

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT
Superintendência Regional nos Estados do Pará e Amapá

ADEQUAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA
CONSTRUÇÃO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

Rodovia : BR-163/PA
Trecho : Divisa MT/PA - Fronteira Brasil/Suriname
Subtrecho : Igarapé do Lauro – Início Trecho Pavimentado
Segmento : km 518,00 – km 658,60
Código PNV : 163BPA1065 – 163BPA1105
Lote : 03

VOLUME 3 B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS
(2ª PARTE)

MARÇO / 2006



Exército Brasileiro

DNITDepartamento Nacional de
Infra-Estrutura de Transportes

ADEQUAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

Rodovia : BR-163/PA
Trecho : Divisa MT/PA - Fronteira Brasil/Suriname
Subtrecho : Igarapé do Lauro – Início Trecho Pavimentado
Segmento : km 518,00 – km 658,60
Código PNV : 163BPA1065 – 163BPA1105
Lote : 03

VOLUME 3 B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS (2ª PARTE)

MARÇO / 2006

EQUIPE TÉCNICA

EQUIPE TÉCNICA

ARTE PONTES CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

Engenheiro Sérgio Marques Ferreira de Almeida

Engenheira Rosane Roque Jacobson

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	1
1.1 Condições Gerais.....	2
1.2 Volumes Componentes do Relatório	2
2 PONTE SOBRE O RIO HEITOR	4
2.1 Cálculo da Superestrutura	5
2.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	6
3 PONTE SOBRE O RIO SÃO JOAQUIM	7
3.1 Cálculo da Superestrutura	8
3.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	9
4 PONTE SOBRE O RIO TUCUNARÉ	10
4.1 Cálculo da Superestrutura	11
4.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	120
5 PONTE SOBRE O RIO SERRA	121
5.1 Cálculo da Superestrutura	122
5.2 Cálculo DA Infra-estrutura.....	123
6 PONTE SOBRE O RIO ITABORAÍ	124
6.1 Cálculo da Superestrutura	125
6.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	176
7 PONTE SOBRE O RIO BATÚ	294
7.1 Cálculo da Superestrutura	295
7.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	296
8 PONTE SOBRE O RIO TRAIRÃO	297
8.1 Cálculo da Superestrutura	298
8.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	299
9 PONTE SOBRE O RIO ESPINHO	300
9.1 Cálculo da Superestrutura	301
9.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	302
10 PONTE SOBRE O RIO PARADA	418
10.1 Cálculo da Superestrutura	419
10.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	420
11 PONTE SOBRE O RIO ITAPACURÁ	421
11.1 Cálculo da Superestrutura	422
11.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	423
12 PONTE SOBRE O RIO ITAPACURAZINHO	575
12.1 Cálculo da Superestrutura	576
12.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	577

1 APRESENTAÇÃO

1 APRESENTAÇÃO

1.1 CONDIÇÕES GERAIS

O presente volume refere-se ao Relatório Final da Adequação de Projeto Executivo de Engenharia para Construção de Obras-de-Arte Especiais da Rodovia BR-163/PA, trecho: Divisa MT/PA – Fronteira Brasil/Suriname, subtrecho: Igarapé do Lauro – Início do Trecho Pavimentado, segmento: km 518,00 – km 658,60, lote: 03. A seguir, apresenta-se a relação com nome e localização das obras referentes ao trecho citado.

NOME	COMPRIMENTO	LOCALIZAÇÃO
- Ponte sobre o Rio Maurício	36,50 m	Km 518,00
- Ponte sobre o Rio Holanda	30,00 m	Km 526,00
- Ponte sobre o Rio José Preto	36,50 m	Km 527,40
- Ponte sobre o Rio Santa Luzia	36,50 m	Km 531,60
- Ponte sobre o Rio Jamanxinzinho	42,50 m	Km 552,30
- Ponte sobre o Rio Iriri	57,50 m	Km 559,00
- Ponte sobre o Rio Heitor	30,00 m	Km 564,40
- Ponte sobre o Rio São Joaquim	30,00 m	Km 583,00
- Ponte sobre o Rio Tucunaré	72,50 m	Km 592,00
- Ponte sobre o Rio Serra	36,50 m	Km 596,00
- Ponte sobre o Rio Itaboraí	78,00 m	Km 608,00
- Ponte sobre o Rio Batú	36,50 m	Km 610,00
- Ponte sobre o Rio Trairão	57,50 m	Km 623,70
- Ponte sobre o Rio Espinho	72,50 m	Km 638,00
- Ponte sobre o Rio Parada	36,50 m	Km 640,00
- Ponte sobre o Rio Itapacurá	102,00 m	Km 640,90
- Ponte sobre o Rio Itapacurazinho	78,00 m	Km 658,60

Dados Contratuais:

Destaque de Crédito DNIT / DEC – N° 30.001.05.01.06.01

1.2 VOLUMES COMPONENTES DO RELATÓRIO

O Relatório Final é composto dos volumes discriminados a seguir:

- Volume 1 - Relatório do Projeto
- Volume 2 – Projeto de Execução
- Volume 3 – Memória Justificativa

- Volume 3A – Estudos Geotécnicos
- Volume 3B – Memória de Cálculo das Estruturas
- Volume 3C – Relatório Final de Avaliação Ambiental - RFAA
- Volume 4 – Orçamento das Obras

O conteúdo de cada volume é descrito a seguir:

Volume 1 - Relatório do Projeto - Este volume contém uma síntese dos serviços a executar, os documentos necessários para a licitação, informações para a elaboração do Plano de Execução das Obras e as especificações pertinentes aos serviços a serem executados. Apresentado em tamanho A4.

Volume 2 – Projeto de Execução - Este volume contém plantas e demais informações de interesse para a execução do projeto. Apresentado em tamanho A3 alongado.

Volume 3 – Memória Justificativa - Este volume reúne todas as metodologias que possibilitaram a definição das soluções a serem adotadas para os diversos itens de serviço. Apresentado em tamanho A4.

Volume 3A – Estudos Geotécnicos - Este volume reúne todas as informações de campo e de laboratório utilizadas no projeto. Apresentado em tamanho A4.

Volume 3B – Memória de Cálculo das Estruturas - Este volume reúne todos os cálculos realizados para a definição das infraestruturas e das superestruturas do projeto. Apresentado em tamanho A4.

Volume 3C – Relatório Final de Avaliação Ambiental – RFAA - Este volume constitui no documento para entendimento do DNIT com o órgão ambiental competente para proceder ao licenciamento do empreendimento. É composto de dados do empreendimento, resumo do projeto das obras e componentes ambientais. Apresentado em tamanho A4.

Volume 4 – Orçamento das Obras - Este volume apresenta o resumo dos preços, o demonstrativo do orçamento e as composições de preços unitários, elaboradas com base na metodologia vigente no Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte – DNIT. Apresentado em tamanho A4.

2 PONTE SOBRE O RIO HEITOR

2 PONTE SOBRE O RIO HEITOR

2.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 24,00 m com dois balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Holanda no Volume 3 B – 1ª Parte).

2.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 30,00 m constituídas por vão de 24,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio Holanda no Volume 3 B – 1ª Parte).

3 PONTE SOBRE O RIO SÃO JOAQUIM

3 PONTE SOBRE O RIO SÃO JOAQUIM

3.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 24,00 m com dois balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Holanda no Volume 3 B – 1ª Parte).

3.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 30,00 m constituídas por vão de 24,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio Holanda no Volume 3 B – 1ª Parte).

4 PONTE SOBRE O RIO TUCUNARÉ

4 PONTE SOBRE O RIO TUCUNARÉ

4.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

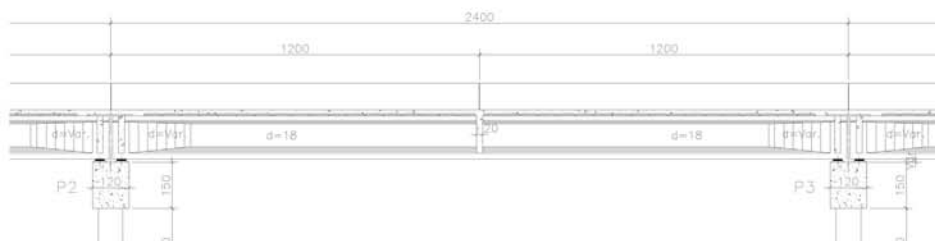
Vão de 24,00 m.

Vãos de 21,25 m com balanços de 3,00 m.

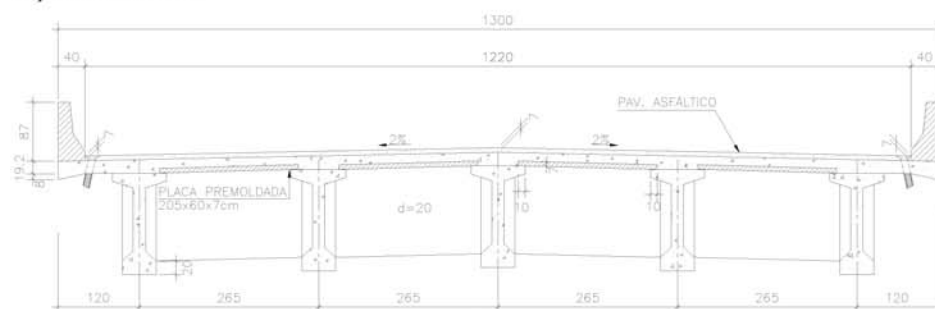
OBRA: Ponte sobre o Rio Tucunaré

1 – Cálculo da superestrutura – Vão de 24,0 m

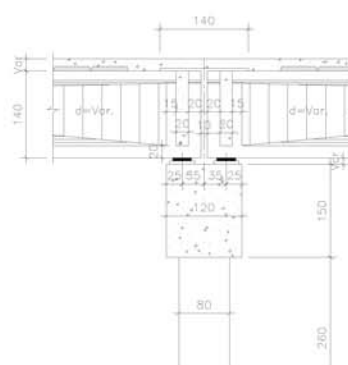
Perfil Longitudinal



Seção Transversal

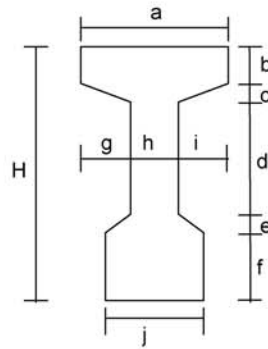


Detalhe das vigas nos apoios



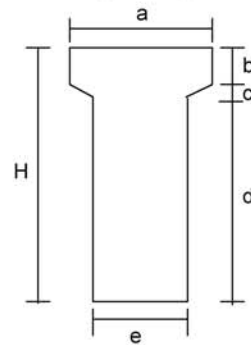
2 - Características das seções transversais

Seção Corrente



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.100
- d (m) = 0.830
- e (m) = 0.150
- f (m) = 0.200
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.310
- j (m) = 0.500
- H (m) = 1.400

Seção no Apoio



- a (m) = 0.800
- b (m) = 0.120
- c (m) = 0.048
- d (m) = 1.232
- e (m) = 0.500
- H (m) = 1.400

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0.445	0.743
J (m ⁴)	0.109	0.130
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.666	0.664
Vi (m)	0.734	0.736
Ws (m ³)	-	-
Ws' (m ³)	0.163	0.197
Wi (m ³)	0.148	0.177

Viga de Bordo

$h_{laje} (m) = 0.20$

$bf (m) = 2.53$

Viga Central

$bf (m) = 2.65$

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0.950	1.248
J (m ⁴)	0.249	0.307
Vs (m)	0.459	0.555
Vs' (m)	0.259	0.355
Vi (m)	1.141	1.045
Ws (m ³)	0.543	0.554
Ws' (m ³)	0.961	0.865
Wi (m ³)	0.218	0.294

	Viga Conjunto	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0.975	1.273
J (m ⁴)	0.252	0.313
Vs (m)	0.450	0.546
Vs' (m)	0.250	0.346
Vi (m)	1.150	1.054
Ws (m ³)	0.561	0.578
Ws' (m ³)	1.008	0.905
Wi (m ³)	0.214	0.295

3.2 - Peso próprio da viga (g₁)

Carga distribuída

$g_1 = S_{corrente} * 2,50$

$g_1 (tf/m) = 1.113$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$L_1 (m) = 2.000$

$P_1 = (S_{apoio} - S_{corrente}) * (L_1 / 2) * 2,50$

$P_1 (tf) = 0.75$

Alargamento no Apoio

$L_2 (m) = 0.250$

$P_2 = (S_{apoio} - S_{corrente}) * L_2 * 2,5$

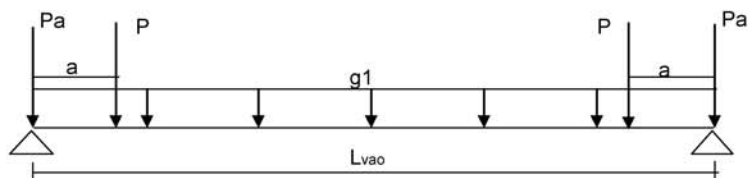
$P_2 (tf) = 0.19$

Seção fora do vão de cálculo

$L_3 (m) = 0.300$

$P_3 = g_1 * L_3$

$P_3 (tf) = 0.33$

Resumo g1


$$P_a = P_2 + P_3$$

$$L_{vao} \text{ (m)} = 23.30$$

$$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$$

$$a \text{ (m)} = 0.917$$

$$P \text{ (tf)} = 0.75$$

$$P_a \text{ (tf)} = 0.52$$

Esforços Seccionais
Reações

$$R_1 \text{ (tf)} = 14.23$$

$$R_2 \text{ (tf)} = 14.23$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	13.7	0.0
1	10.4	27.9
2	7.8	49.0
3	5.2	64.1
4	2.6	73.2
5	0.0	76.2

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	-	0	0
1	-	171	-188
2	-	301	-331
3	-	393	-433
4	-	449	-494
5	-	467	-515

3.3 - Laje + Transversina (g2)

Viga de Bordo

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$h (m) = 0.200$
 $L (m) = 2.525$ $g_2 (tf/m) = 1.263$

carga concentrada

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio} - j * f)] / 2 \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65$ $j (m) = 0.50$
 $h (m) = 1.40$ $esp (m) = 0.20$
 $f (m) = 0.20$

$P1 (tf) = 0.77$

Transversina Central

$$P2 = \{ [L * h - (S_{corrent} - j * f)] / 2 \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65$ $j (m) = 0.50$
 $h (m) = 1.40$ $esp (m) = 0.20$
 $f (m) = 0.20$

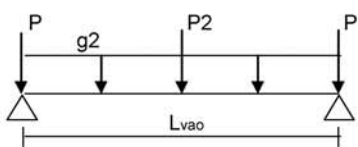
$P2 (tf) = 0.84$

Seção fora vão de cálculo

$$P3 = g_2 * L1$$

$L1 (m) = 0.300$
 $P3 (tf) = 0.37875$

resumo dos esforços



$P = P1 + P3$ $P (tf) = 1.15$

$g_2 (tf/m) = 1.263$
 $P (tf) = 1.15$
 $P2 (tf) = 0.84$
 $L_{vao} (m) = 23.30$

Viga Central

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$h (m) = 0.200$
 $L (m) = 2.650$ $g_2 (tf/m) = 1.325$

cargas concentradas

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio} - j * f)] \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65$ $j (m) = 0.50$
 $h (m) = 1.40$ $esp (m) = 0.20$
 $f (m) = 0.20$

$P1 (tf) = 1.53$

Transversina Central

$$P2 = \{ [L * h - (S_{corrent} - j * f)] \} * esp * 2,50$$

$L (m) = 2.65$ $j (m) = 0.50$
 $h (m) = 1.40$ $esp (m) = 0.20$
 $f (m) = 0.20$

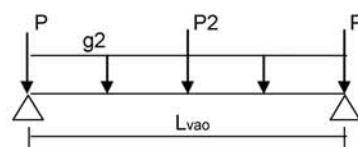
$P2 (tf) = 1.68$

Seção fora vão de cálculo

$$P3 = g_2 * L1$$

$L1 (m) = 0.300$
 $P3 (tf) = 0.3975$

resumo dos esforços



$P = P1 + P3$ $P (tf) = 1.93$

$g_2 (tf/m) = 1.325$
 $P (tf) = 1.93$
 $P2 (tf) = 1.68$
 $L_{vao} (m) = 23.30$

Esforços Seccionais
Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 16.27$$

$$R2 \text{ (tf)} = 16.27$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	15.1	0.0
1	12.2	31.8
2	9.2	56.8
3	6.3	74.9
4	3.4	86.2
5	0.4	90.6

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	-	0	0
1	-	195	-215
2	-	348	-384
3	-	460	-506
4	-	529	-582
5	-	556	-612

Esforços Seccionais
Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 18.21$$

$$R2 \text{ (tf)} = 18.21$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	16.3	0.0
1	13.2	34.3
2	10.1	61.5
3	7.0	81.4
4	3.9	94.2
5	0.8	99.7

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	-	0	0
1	-	211	-232
2	-	377	-415
3	-	499	-550
4	-	578	-636
5	-	612	-674

3.4 - Sobrecarga Permanente (g3)
Viga de Bordo
carga distribuída
Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.13$$

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0.510$$

guarda-rodas

$$g_b \text{ (tf/m)} = 0.580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

Viga Central
carga distribuída
Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.636$$

carga concentrada

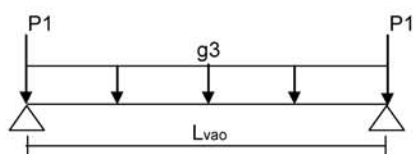
Seção fora vão de cálculo

$$P1 = g3 * L1$$

$$L1 (m) = 0.300$$

$$P1 (tf) = 0.327$$

resumo dos esforços



$$P1 (tf) = 0.33$$

$$g3 (tf/m) = 1.090$$

$$Lvao (m) = 23.30$$

Reações

$$R1 (tf) = 13.03$$

$$R2 (tf) = 13.03$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	12.7	0.0
1	10.2	26.6
2	7.6	47.3
3	5.1	62.1
4	2.5	71.0
5	0.0	74.0

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{conjunto}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0	0	0
1	49	28	-122
2	87	49	-217
3	114	65	-285
4	131	74	-325
5	136	77	-339

carga concentrada

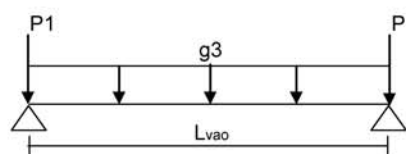
Seção fora vão de cálculo

$$P1 = g3 * L1$$

$$L1 (m) = 0.300$$

$$P1 (tf) = 0.191$$

resumo dos esforços



$$P1 (tf) = 0.19$$

$$g3 (tf/m) = 0.636$$

$$Lvao (m) = 23.30$$

Reações

$$R1 (tf) = 7.60$$

$$R2 (tf) = 7.60$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
0	7.4	0.0
1	5.9	15.5
2	4.4	27.6
3	3.0	36.3
4	1.5	41.4
5	0.0	43.2

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

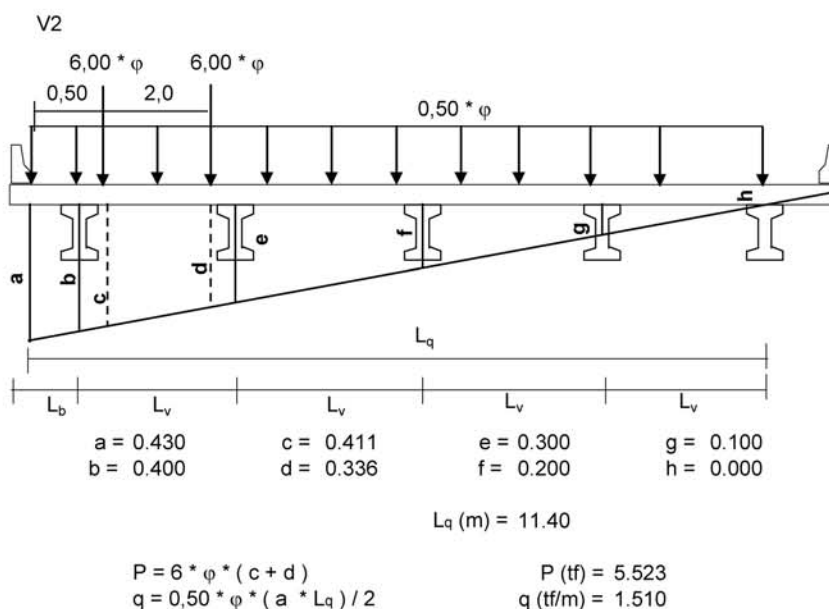
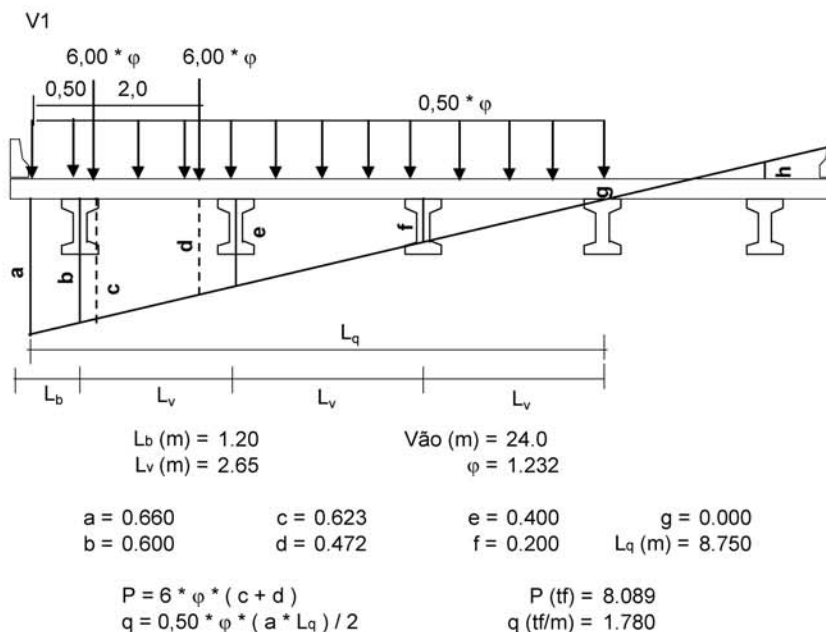
$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = -M / Wi_{conjunto}$$

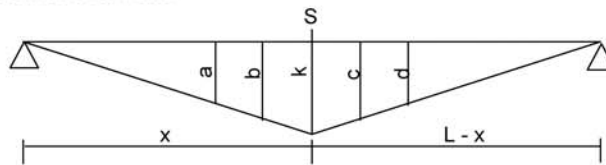
Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0	0	0
1	28	15	-73
2	49	27	-129
3	65	36	-169
4	74	41	-194
5	77	43	-202

4 - Cálculo dos esforços de carga móvel do vão de 24,0 metros

4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



Linha de Influência Momento Fletor



$$k = (L - x) * x / L \quad L (m) = 23.30$$

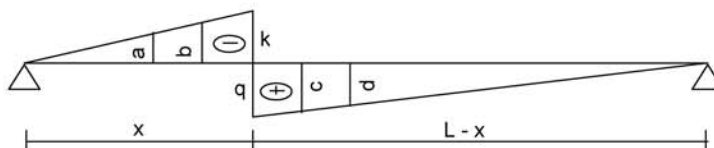
$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L \quad c = [(L - x) - 1,5] * x / L$$

$$b = (x - 1,5) * (L - x) / L \quad d = [(L - x) - 3,0] * x / L$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S0	0.000	0.000	-3.000	-1.500	0.000	0.000
S1	2.33	2.097	-0.603	0.747	1.947	1.797
S2	4.66	3.728	1.328	2.528	3.428	3.128
S3	6.99	4.893	2.793	3.843	4.443	3.993
S4	9.32	5.592	3.792	4.692	4.992	4.392
S5	11.65	5.825	4.325	5.075	5.075	4.325

$$M+ = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

Linha de Influência de Esforço Cortante



$$k = -x / L$$

$$q = (L - x) / L$$

$$L (m) = 23.3$$

$$a = -(x - 3,0) * k / x$$

$$b = -(x - 1,5) * k / x$$

$$c = (L - x - 1,5) * q / (L - x)$$

$$d = (L - x - 3,0) * q / (L - x)$$

Seção	x (m)	k	q	a	b	c	d
S0	0.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.936	0.871
S1	2.33	-0.100	0.900	0.000	-0.036	0.836	0.771
S2	4.66	-0.200	0.800	-0.071	-0.136	0.736	0.671
S3	6.99	-0.300	0.700	-0.171	-0.236	0.636	0.571
S4	9.32	-0.400	0.600	-0.271	-0.336	0.536	0.471
S5	11.65	-0.500	0.500	-0.371	-0.436	0.436	0.371

$$V+ = P * (q + c + d) + p * q * (L - x) / 2$$

$$V- = P * (k + a + b) + p * k * x / 2$$

Esforços Viga V1

P (tf) = 8.089
 ρ (tf/m) = 1.780

Seção	Cortante		Momento	
	V+ (tf.m)	V- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
S0	43.4	0.0	0.0	0.0
S1	37.1	-1.3	90.7	0.0
S2	31.1	-4.1	160.5	0.0
S3	25.6	-7.6	209.3	0.0
S4	20.5	-11.5	239.5	0.0
S5	15.8	-15.8	250.0	0.0

Tensões normais

$$\sigma_s = M / W_{s\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s'\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = -M / W_{i\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
0	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.5428	0.961	0.2182	167	94	-416
2	0.5428	0.961	0.2182	296	167	-736
3	0.5428	0.961	0.2182	386	218	-959
4	0.5428	0.961	0.2182	441	249	-1098
5	0.5428	0.961	0.2182	461	260	-1146

Esforços Viga V2

P (tf) = 5.523
 ρ (tf/m) = 1.510

Seção	Cortante		Momento	
	V+ (tf.m)	V- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
S0	33.1	0.0	0.0	0.0
S1	28.1	-0.9	69.2	0.0
S2	23.5	-3.0	122.4	0.0
S3	19.2	-5.5	159.7	0.0
S4	15.2	-8.4	182.8	0.0
S5	11.6	-11.6	190.7	0.0

Tensões normais

$$\sigma_s = M / W_{s\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s'\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = -M / W_{i\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
0	0.578	0.905	0.295	0	0	0
1	0.561	1.008	0.214	123	69	-323
2	0.561	1.008	0.214	218	121	-572
3	0.561	1.008	0.214	285	158	-746
4	0.561	1.008	0.214	326	181	-854
5	0.561	1.008	0.214	340	189	-891

Esforços de Protensão

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

Primeira etapa de protensão

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	192.9	-40.0	-60.6
2	273.0	-22.4	-146.8
3	283.1	0.0	-166.0
4	283.9	0.0	-166.6
5	284.8	0.0	-167.2

Tempo T = oo			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	163.6	-33.9	-51.4
2	224.3	-18.4	-120.6
3	235.7	0.0	-138.3
4	239.6	0.0	-140.6
5	241.4	0.0	-141.7

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Tempo T = 0							
Seção	S (m ²)	W _s (m ³)	W' _s (m ³)	W _i (m ³)	σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
1	0.445	-	0.163	0.148	-	62	843
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-287	1605
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-382	1758
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-384	1764
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-386	1770

Tempo T = oo							
Seção	S (m ²)	W _s (m ³)	W' _s (m ³)	W _i (m ³)	σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
1	0.445	-	0.163	0.148	-	52	715
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-236	1319
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-319	1464
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-324	1488
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-327	1500

Segunda etapa de protensão

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	183.2	-48.3	-107.8
4	204.5	-5.4	-188.2
5	207.6	0.0	-194.6

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	146.9	-38.7	-86.5
4	157.4	-4.2	-144.8
5	160.6	0.0	-150.5

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m ²)	Ws (m ³)	Ws' (m ³)	Wi (m ³)	Tempo T = 0		
					σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.9504	0.543	0.961	0.218	0	0	0
2	0.9504	0.543	0.961	0.218	0	0	0
3	0.9504	0.543	0.961	0.218	-6	81	687
4	0.9504	0.543	0.961	0.218	-132	19	1078
5	0.9504	0.543	0.961	0.218	-140	16	1110

Seção	S (m ²)	Ws (m ³)	Ws' (m ³)	Wi (m ³)	Tempo T = ∞		
					σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.9504	0.543	0.961	0.218	0	0	0
2	0.9504	0.543	0.961	0.218	0	0	0
3	0.9504	0.543	0.961	0.218	-5	65	551
4	0.9504	0.543	0.961	0.218	-101	15	829
5	0.9504	0.543	0.961	0.218	-108	12	859

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA
=====

1

Viga de 24,0m - Viga de Bordo - 1 Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

23.30 .00 .00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
1	.445	.109	.163	.148	.736
2	.445	.109	.163	.148	.736
3	.445	.109	.163	.148	.736
4	.445	.109	.163	.148	.736
5	.445	.109	.163	.148	.736
6	.445	.109	.163	.148	.736
7	.445	.109	.163	.148	.736
8	.445	.109	.163	.148	.736
9	.445	.109	.163	.148	.736

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.68 /FINAL= 2.33 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 4.00 /FINAL= .40 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO COTAS DECL. TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO

			ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
1	.64	-21.00	13945.	10917.
2	.11	-4.50	12901.	11961.
3	.09	.00	12576.	12285.
4	.09	.00	12503.	12358.
5	.09	.00	12431.	12431.
6	.09	.00	12359.	12359.
7	.09	.00	12287.	12287.
8	.09	1.95	12112.	12112.
9	.20	3.93	11938.	11938.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.61 /FINAL= 2.33 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 12.15 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 2 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
2	.40	-12.85	13426.	11377.
3	.21	.00	12621.	12183.
4	.21	.00	12547.	12257.
5	.21	.00	12474.	12329.
6	.21	.00	12402.	12402.
7	.21	.00	12330.	12330.
8	.21	.00	12258.	12258.
9	.46	11.00	11616.	11616.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 (1 CABOS)

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS MORTA-VIVA (CODIGO 1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.33 /FINAL= 2.61 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= 12.15 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 1 E 8

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
1	.46	-11.00	11616.	11616.
2	.21	.00	12258.	12258.
3	.21	.00	12330.	12330.
4	.21	.00	12402.	12258.
5	.21	.00	12474.	12185.
6	.21	.00	12547.	12113.
7	.21	.00	12621.	12039.
8	.40	12.85	13426.	11233.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 4 (1 CABOS)

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS MORTA-VIVA (CODIGO 1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.33 /FINAL= 1.68 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .40 /FINAL= 4.00 /
O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO APOS CRAV.
1	.20	-3.93	11938.	11938.
2	.09	-1.95	12112.	12112.
3	.09	.00	12287.	12287.
4	.09	.00	12359.	12359.
5	.09	.00	12431.	12431.
6	.09	.00	12503.	12503.
7	.09	.00	12576.	12576.
8	.11	4.50	12901.	12252.
9	.64	21.00	13945.	11208.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 316.8 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
1	-.31	2.91	11185.3
2	-.54	3.97	11613.7
3	-.59	4.00	11954.4
4	-.59	4.00	11990.9
5	-.59	4.00	12027.2
6	-.59	4.00	12027.2
7	-.59	4.00	11991.2
8	-.54	3.97	11651.4
9	-.31	2.91	11278.7

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
1	192.9	-40.0	-60.6	61.7	842.9	.0	.0	.0
2	273.0	-22.4	-146.8	-287.3	1605.8	.0	.0	.0
3	283.1	.0	-166.0	-382.5	1758.0	.0	.0	.0
4	283.9	.0	-166.6	-384.0	1763.8	.0	.0	.0
5	284.8	.0	-167.2	-385.5	1769.4	.0	.0	.0
6	284.8	.0	-167.2	-385.5	1769.4	.0	.0	.0
7	284.0	.0	-166.7	-384.6	1764.5	.0	.0	.0
8	273.9	22.3	-147.6	-290.2	1613.1	.0	.0	.0
9	194.5	40.6	-60.8	64.3	847.6	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
1	171.0	-189.0	195.0	-215.0
2	300.0	-331.0	343.0	-378.0
3	393.0	-433.0	460.0	-506.0
4	449.0	-495.0	529.0	-582.0
5	467.0	-515.0	556.0	-612.0

6	449.0	-495.0	529.0	-582.0
7	393.0	-433.0	460.0	-506.0
8	300.0	-331.0	343.0	-378.0
9	171.0	-189.0	195.0	-215.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :
 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 3)F1=1*PROT.+G1
 F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
1	S	232.7	427.7
1	I	653.9	438.9
2	S	12.7	355.7
2	I	1274.8	896.8
3	S	10.5	470.5
3	I	1325.0	819.0
4	S	65.0	594.0
4	I	1268.8	686.8
5	S	81.5	637.5
5	I	1254.4	642.4
6	S	63.5	592.5
6	I	1274.4	692.4
7	S	8.4	468.4
7	I	1331.5	825.5
8	S	9.8	352.8
8	I	1282.1	904.1
9	S	235.3	430.3
9	I	658.6	443.6

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
1	477.8	593.2	630.0	1701.0	9484.3
2	433.0	1012.0	630.0	2074.9	9538.7
3	424.6	945.8	630.0	2000.4	9954.0
4	424.6	818.8	630.0	1873.4	10117.6
5	424.6	776.5	630.0	1831.1	10196.2
6	424.6	824.7	630.0	1879.3	10148.0
7	424.5	952.4	630.0	2007.0	9984.2
8	432.8	1019.4	630.0	2082.1	9569.3
9	477.9	598.9	630.0	1706.8	9571.8

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
1	163.5	-33.9	-51.4	52.3	714.7	.0	.0	.0
2	224.3	-18.4	-120.6	-236.0	1318.9	.0	.0	.0
3	235.7	.0	-138.3	-318.5	1463.9	.0	.0	.0
4	239.6	.0	-140.6	-324.0	1488.2	.0	.0	.0

5	241.4	.0	-141.7	-326.8	1500.0	.0	.0	.0
6	240.3	.0	-141.0	-325.2	1493.0	.0	.0	.0
7	236.4	.0	-138.8	-320.3	1469.2	.0	.0	.0
8	225.0	18.3	-121.3	-238.3	1324.8	.0	.0	.0
9	165.1	34.5	-51.6	54.6	719.3	.0	.0	.0

REAÇÕES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTÁTICO DA PROTENSAO

	APOIO	REAÇÃO (T)
1	1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
1	171.0	-189.0	195.0	-215.0
2	300.0	-331.0	343.0	-378.0
3	393.0	-433.0	460.0	-506.0
4	449.0	-495.0	529.0	-582.0
5	467.0	-515.0	556.0	-612.0
6	449.0	-495.0	529.0	-582.0
7	393.0	-433.0	460.0	-506.0
8	300.0	-331.0	343.0	-378.0
9	171.0	-189.0	195.0	-215.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

- NOTAS :
- 1) TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 - 2) COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 - 3) $F1 = 1 \cdot PROT. + G1$
 $F2 = F1 + G2$
 $F3 = F2 + G3$
 $F4 = F3 + I. QMAX$
 $F5 = F3 + I. QMIN$

SECAO		F1	F2
1	S	223.3	418.3
1	I	525.7	310.7
2	S	64.0	407.0
2	I	987.9	609.9
3	S	74.5	534.5
3	I	1030.9	524.9
4	S	125.0	654.0
4	I	993.2	411.2
5	S	140.2	696.2
5	I	985.0	373.0
6	S	123.8	652.8
6	I	998.0	416.0
7	S	72.7	532.7
7	I	1036.2	530.2
8	S	61.7	404.7
8	I	993.8	615.8
9	S	225.6	420.6
9	I	530.3	315.3

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	140.	0.	140.
2	130.	0.	130.
3	0.	130.	130.
4	0.	140.	140.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA
=====

1

Viga de 24,0m - Viga de Bordo - 2 Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

23.30 .00 .00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
1	.950	.249	.961	.218	1.142
2	.950	.249	.961	.218	1.142
3	.950	.249	.961	.218	1.142
4	.950	.249	.961	.218	1.142
5	.950	.249	.961	.218	1.142
6	.950	.249	.961	.218	1.142
7	.950	.249	.961	.218	1.142
8	.950	.249	.961	.218	1.142
9	.950	.249	.961	.218	1.142

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C5

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 3.54 /FINAL= 3.54 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 14.50 /FINAL= 14.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO COTAS DECL. TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO

			ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
3	.21	-10.50	13258.	11670.
4	.09	.00	12591.	12337.
5	.09	.00	12518.	12411.
6	.09	.00	12591.	12337.
7	.21	10.50	13258.	11670.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C6

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.14 /FINAL= 2.14 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 12.00 /FINAL= 12.00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
3	.51	-13.00	13451.	11118.
4	.21	.00	12635.	11934.
5	.21	.00	12562.	12007.
6	.21	.00	12635.	11934.
7	.51	13.00	13451.	11118.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 3 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C7

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .74 /FINAL= .74 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 20.00 /FINAL= 20.00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
3	1.05	-22.00	13035.	9596.
4	.39	-5.00	12033.	10598.
5	.33	.00	11705.	10926.
6	.39	5.00	12033.	10598.
7	1.05	22.00	13035.	9596.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 92.4 KG/CM2

1

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
1	.00	.00	-92.4
2	.00	.00	-92.4
3	-.59	2.88	10724.7
4	-.92	3.00	11532.0
5	-.94	3.00	11688.9
6	-.92	3.00	11532.0
7	-.59	2.88	10724.7
8	.00	.00	-92.4
9	.00	.00	-92.4

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	183.2	-48.3	-107.8	80.6	687.3	.0	.0	.0
4	204.5	-5.4	-188.2	19.5	1078.7	.0	.0	.0
5	207.6	.0	-194.6	16.1	1111.0	.0	.0	.0
6	204.5	5.4	-188.2	19.5	1078.7	.0	.0	.0
7	183.2	48.3	-107.8	80.6	687.3	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

1

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

1

SECAO	F2 1ªPROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
1	427.7	438.9	28.0	-122.0	94.0	-416.0	.0	.0
2	355.7	896.8	49.0	-217.0	167.0	-736.0	.0	.0
3	470.5	819.0	65.0	-285.0	218.0	-959.0	.0	.0
4	594.0	686.8	74.0	-325.0	249.0	-1098.0	.0	.0
5	637.5	642.4	77.0	-339.0	260.0	-1146.0	.0	.0
6	592.5	692.4	74.0	-325.0	249.0	-1098.0	.0	.0
7	468.4	825.5	65.0	-285.0	218.0	-959.0	.0	.0
8	352.8	904.1	49.0	-217.0	167.0	-736.0	.0	.0
9	430.3	443.6	28.0	-122.0	94.0	-416.0	.0	.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :

- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3)F3=F2+2ªPROT.
F4=F3+G3
F5=F4+I.QMAX
F6=F4+I.QMIN

SECAO		F3	F4	F5	F6
1	S	427.7	455.7	549.7	455.7
1	I	438.9	316.9	-99.1	316.9
2	S	355.7	404.7	571.7	404.7
2	I	896.8	679.8	-56.2	679.8
3	S	551.1	616.1	834.1	616.1

3	I	1506.3	1221.3	262.3	1221.3
4	S	613.5	687.5	936.5	687.5
4	I	1765.5	1440.5	342.5	1440.5
5	S	653.6	730.6	990.6	730.6
5	I	1753.4	1414.4	268.4	1414.4
6	S	612.0	686.0	935.0	686.0
6	I	1771.1	1446.1	348.1	1446.1
7	S	549.0	614.0	832.0	614.0
7	I	1512.8	1227.8	268.8	1227.8
8	S	352.8	401.8	568.8	401.8
8	I	904.1	687.1	-48.9	687.1
9	S	430.3	458.3	552.3	458.3
9	I	443.6	321.6	-94.4	321.6

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM²)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1248.9
2	526.5	.0	630.0	1156.5	-1248.9
3	488.3	1005.4	630.0	2123.7	8600.9
4	458.6	1570.8	630.0	2659.4	8872.6
5	456.8	1561.6	630.0	2648.4	9040.5
6	458.6	1576.7	630.0	2665.3	8866.7
7	488.3	1010.1	630.0	2128.4	8596.3
8	526.5	.0	630.0	1156.5	-1248.9
9	526.5	.0	630.0	1156.5	-1248.9

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M ²)	TENSAO ISOST INF. (T/M ²)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M ²)	TENSAO HIPER INF (T/M ²)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	146.9	-38.7	-86.5	64.7	551.2	.0	.0	.0
4	157.4	-4.2	-144.8	15.0	829.9	.0	.0	.0
5	160.6	.0	-150.5	12.4	859.3	.0	.0	.0
6	157.3	4.2	-144.7	15.0	829.4	.0	.0	.0
7	146.8	38.7	-86.4	64.6	550.9	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M²)

SECAO	F2 1ª PROT.		CARGA PERMAN. G3		C. MOVEL MAXIMA +		C. MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
1	418.3	310.7	28.0	-122.0	94.0	-416.0	.0	.0
2	407.0	609.9	49.0	-217.0	167.0	-736.0	.0	.0
3	534.5	524.9	65.0	-285.0	218.0	-959.0	.0	.0
4	654.0	411.2	74.0	-325.0	249.0	-1098.0	.0	.0
5	696.2	373.0	77.0	-339.0	260.0	-1146.0	.0	.0
6	652.8	416.0	74.0	-325.0	249.0	-1098.0	.0	.0
7	532.7	530.2	65.0	-285.0	218.0	-959.0	.0	.0
8	404.7	615.8	49.0	-217.0	167.0	-736.0	.0	.0
9	420.6	315.3	28.0	-122.0	94.0	-416.0	.0	.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

- 1) TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
- 2) COMPRESSAO = + / TRACAO = -
- 3) F3=F2+2ª PROT.
 F4=F3+G3
 F5=F4+I.QMAX
 F6=F4+I.QMIN

SECAO		F3	F4	F5	F6
1	S	418.3	446.3	540.3	446.3
1	I	310.7	188.7	-227.3	188.7
2	S	407.0	456.0	623.0	456.0
2	I	609.9	392.9	-343.1	392.9
3	S	599.2	664.2	882.2	664.2
3	I	1076.1	791.1	-167.9	791.1
4	S	669.0	743.0	992.0	743.0
4	I	1241.1	916.1	-181.9	916.1
5	S	708.6	785.6	1045.6	785.6
5	I	1232.3	893.3	-252.7	893.3
6	S	667.8	741.8	990.8	741.8
6	I	1245.4	920.4	-177.6	920.4
7	S	597.3	662.3	880.3	662.3
7	I	1081.1	796.1	-162.9	796.1
8	S	404.7	453.7	620.7	453.7
8	I	615.8	398.8	-337.2	398.8
9	S	420.6	448.6	542.6	448.6
9	I	315.3	193.3	-222.7	193.3

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	49.	49.	99.
2	40.	40.	80.
3	28.	28.	57.

Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo

Fases de verificação das tensões

F1 = G1 + 1ª Protensão
F2 = F1 + G2

F3 = F2 + 2ª Protensão
F4 = F3 + G3

F5 = F4 + CM_{mínima}
F6 = F4 + CM_{máxima}

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0	0
	σ_i (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0	0
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	171	62	233	195	428	0	428
	σ_i (tf/m ²)	-188	843	655	-215	440	0	440
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	301	-287	13	348	362	0	362
	σ_i (tf/m ²)	-331	1605	1274	-384	891	0	891
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-6	-6
	σ'_s (tf/m ²)	393	-382	11	460	471	81	551
	σ_i (tf/m ²)	-433	1758	1325	-506	819	687	1505
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-132	-132
	σ'_s (tf/m ²)	449	-384	65	529	593	19	613
	σ_i (tf/m ²)	-494	1764	1269	-582	687	1078	1765
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-140	-140
	σ'_s (tf/m ²)	467	-386	82	556	637	16	653
	σ_i (tf/m ²)	-515	1770	1255	-612	643	1110	1753

Seção		G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6
S ₀	σ_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ_i (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
S ₁	σ_s (tf/m ²)	49	49	0	167	49	216
	σ'_s (tf/m ²)	28	456	0	94	456	550
	σ_i (tf/m ²)	-122	318	0	-416	318	-98
S ₂	σ_s (tf/m ²)	87	87	0	296	87	383
	σ'_s (tf/m ²)	49	411	0	167	411	578
	σ_i (tf/m ²)	-217	674	0	-736	674	-62
S ₃	σ_s (tf/m ²)	114	109	0	386	109	494
	σ'_s (tf/m ²)	65	616	0	218	616	834
	σ_i (tf/m ²)	-285	1221	0	-959	1221	262
S ₄	σ_s (tf/m ²)	131	-1	0	441	-1	441
	σ'_s (tf/m ²)	74	687	0	249	687	936
	σ_i (tf/m ²)	-325	1439	0	-1098	1439	342
S ₅	σ_s (tf/m ²)	136	-4	0	461	-4	457
	σ'_s (tf/m ²)	77	730	0	260	730	990
	σ_i (tf/m ²)	-339	1414	0	-1146	1414	269

Tempo T = 00

$$\text{Fase 7} = \text{Fase 4} + \Delta\sigma$$

$$\text{F9} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{máxima}}$$

$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=\infty} - \sigma_{t=0}$$

1ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
1	-	52	715	-	62	843	-	-9	-128
2	-	-236	1319	-	-287	1605	-	51	-286
3	-	-319	1464	-	-382	1758	-	63	-294
4	-	-324	1488	-	-384	1764	-	60	-275
5	-	-327	1500	-	-386	1770	-	59	-270

2ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-5	65	551	-6	81	687	1	-16	-136
4	-101	15	829	-132	19	1078	30	-4	-248
5	-108	12	859	-140	16	1110	32	-4	-252

Perda total de protensão

Seção	$\Delta\sigma_{\text{total}}$		
	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0	0	0
1	0	-9	-128
2	0	51	-286
3	1	47	-429
4	30	56	-524
5	32	55	-521

Tempo T = 00

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{\text{total}}$	Fase 7	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 8	Fase 9
S ₀	σ_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ_s' (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ_i (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
S ₁	σ_s (tf/m ²)	49	0	49	0	167	49
	σ_s' (tf/m ²)	456	-9	446	0	94	446
	σ_i (tf/m ²)	318	-128	190	0	-416	190
S ₂	σ_s (tf/m ²)	87	0	87	0	296	87
	σ_s' (tf/m ²)	411	51	462	0	167	462
	σ_i (tf/m ²)	674	-286	387	0	-736	387
S ₃	σ_s (tf/m ²)	109	1	110	0	386	110
	σ_s' (tf/m ²)	616	47	663	0	218	663
	σ_i (tf/m ²)	1221	-429	791	0	-959	791
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-1	30	30	0	441	30
	σ_s' (tf/m ²)	687	56	742	0	249	742
	σ_i (tf/m ²)	1439	-524	916	0	-1098	916
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-4	32	28	0	461	28
	σ_s' (tf/m ²)	730	55	786	0	260	786
	σ_i (tf/m ²)	1414	-521	893	0	-1146	893

Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central

Fases de verificação das tensões

F1 = G1 + 1ª Protensão
F2 = F1 + G2

F3 = F2 + 2ª Protensão
F4 = F3 + G3

F5 = F4 + CM_{mínima}
F6 = F4 + CM_{máxima}

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0	0
	σ_i (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0	0
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	171	62	233	211	443	0	443
	σ_i (tf/m ²)	-188	843	655	-232	423	0	423
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	301	-287	13	377	391	0	391
	σ_i (tf/m ²)	-331	1605	1274	-415	859	0	859
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-6	-6
	σ'_s (tf/m ²)	393	-382	11	499	510	81	591
	σ_i (tf/m ²)	-433	1758	1325	-550	775	687	1461
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-132	-132
	σ'_s (tf/m ²)	449	-384	65	578	642	19	662
	σ_i (tf/m ²)	-494	1764	1269	-636	633	1078	1711
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-140	-140
	σ'_s (tf/m ²)	467	-386	82	612	693	16	709
	σ_i (tf/m ²)	-515	1770	1255	-674	581	1110	1692

Seção		G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6
S ₀	σ_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ'_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ_i (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
S ₁	σ_s (tf/m ²)	28	28	0	123	28	151
	σ'_s (tf/m ²)	15	459	0	69	459	527
	σ_i (tf/m ²)	-73	350	0	-323	350	27
S ₂	σ_s (tf/m ²)	49	49	0	218	49	267
	σ'_s (tf/m ²)	27	418	0	121	418	539
	σ_i (tf/m ²)	-129	730	0	-572	730	158
S ₃	σ_s (tf/m ²)	65	59	0	285	59	343
	σ'_s (tf/m ²)	36	627	0	158	627	785
	σ_i (tf/m ²)	-169	1292	0	-746	1292	546
S ₄	σ_s (tf/m ²)	74	-58	0	326	-58	268
	σ'_s (tf/m ²)	41	703	0	181	703	884
	σ_i (tf/m ²)	-194	1517	0	-854	1517	663
S ₅	σ_s (tf/m ²)	77	-63	0	340	-63	277
	σ'_s (tf/m ²)	43	752	0	189	752	941
	σ_i (tf/m ²)	-202	1490	0	-891	1490	599

Tempo T = 00

$$\text{Fase 7} = \text{Fase4} + \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$$

$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

$$\text{F9} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{máxima}}$$

1ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
1	-	52	715	-	62	843	-	-9	-128
2	-	-236	1319	-	-287	1605	-	51	-286
3	-	-319	1464	-	-382	1758	-	63	-294
4	-	-324	1488	-	-384	1764	-	60	-275
5	-	-327	1500	-	-386	1770	-	59	-270

2ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-5	65	551	-6	81	687	1	-16	-136
4	-101	15	829	-132	19	1078	30	-4	-248
5	-108	12	859	-140	16	1110	32	-4	-252

Perda total de protensão

Seção	$\Delta\sigma_{\text{total}}$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
0	0	0	0
1	0	-9	-128
2	0	51	-286
3	1	47	-429
4	30	56	-524
5	32	55	-521

Tempo T = 00

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	$CM_{mínima}$	$CM_{máxima}$	Fase 8	Fase 9
S ₀	σ_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
	σ_i (tf/m ²)	0	0	0	0	0	0
S ₁	σ_s (tf/m ²)	28	0	28	0	123	28
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	459	-9	449	0	69	449
	σ_i (tf/m ²)	350	-128	222	0	-323	222
S ₂	σ_s (tf/m ²)	49	0	49	0	218	49
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	418	51	469	0	121	469
	σ_i (tf/m ²)	730	-286	443	0	-572	443
S ₃	σ_s (tf/m ²)	59	1	60	0	285	60
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	627	47	674	0	158	674
	σ_i (tf/m ²)	1292	-429	863	0	-746	863
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-58	30	-27	0	326	-27
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	703	56	758	0	181	758
	σ_i (tf/m ²)	1517	-524	994	0	-854	994
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-63	32	-31	0	340	-31
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	752	55	807	0	189	807
	σ_i (tf/m ²)	1490	-521	968	0	-891	968

Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento

Esforços cortantes característicos

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max} \quad f_{ck} \text{ (MPa)} = 35,0$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min} \quad f_{yk} \text{ (MPa)} = 500,0$$

onde: $V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}}$ em tempo $t = \infty$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	V_k^{max} (tf)	V_k^{min} (tf)
0	13.7	15.1	12.7	0.0	43.4	0.0	63.3	41.5
1	10.4	12.2	10.2	-33.9	37.1	-1.3	17.4	-1.8
2	7.8	9.2	7.6	-18.4	31.1	-4.1	21.8	4.2
3	5.2	6.3	5.1	-38.7	25.6	-7.6	-25.9	-9.3
4	2.6	3.4	2.5	-4.2	20.5	-11.5	14.5	-1.4
5	0.0	0.4	0.0	0.0	15.8	-15.8	8.3	-7.5

Verificação do concreto

$$\phi_{bainha} \text{ (m)} = 0,055$$

$$V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$d = H_{viga} + h_{laje} - 0,15$$

Seção	V_{sd} (tf)	b_w (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{rd2} (tf)
0	119.0	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
1	67.2	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
2	61.5	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
3	24.2	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
4	36.8	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
5	22.6	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8

Para todas as seções $V_{rd2} > V_{sd}$

Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	M_{sdu} (tf.m)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	27.9	31.8	26.6	90.7	247.9
2	49.0	56.8	47.3	160.5	439.1
3	64.1	74.9	62.1	209.3	574.6
4	73.2	86.2	71.0	239.5	657.8
5	76.2	90.6	74.0	250.0	687.0

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w \cdot \text{nom} * d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.376$$

$$\beta_1 = 1 + (M_o / M_{sdu}) \leq 2$$

$$M_o = 0,90 * (\sigma_p^{1^{\text{prot.00}}} * W^{\text{isol.}} + \sigma_p^{2^{\text{prot.00}}} * W^{\text{conj.}})$$

Seção	$\sigma_p^{1^{\text{prot.00}}}$ (tf/m ²)	$W^{\text{isol.}}$ (m ³)	$\sigma_p^{2^{\text{prot.00}}}$ (tf/m ²)	$W^{\text{conj.}}$ (m ³)	M_o (tf.m)	β_1
0	0	0.177	0	0.294	0.00	1.000
1	715	0.148	0	0.218	95.23	1.384
2	1319	0.148	0	0.218	175.68	1.400
3	1464	0.148	551	0.218	303.22	1.528
4	1488	0.148	829	0.218	361.10	1.549
5	1500	0.148	859	0.218	368.42	1.536

Seção	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{cd} (tf)
0	0.500	1.450	68.1
1	0.153	1.450	28.7
2	0.153	1.450	29.1
3	0.153	1.450	31.7
4	0.153	1.450	32.2
5	0.153	1.450	31.9

Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal

Seção	V_{sd} (tf)	V_{cd} (tf)	V_{wd} (tf)
0	119.0	68.1	50.89
1	67.2	28.7	38.45
2	61.5	29.1	32.44
3	24.2	31.7	0.00
4	36.8	32.2	4.60
5	22.6	31.9	0.00

Cálculo da taxa volumétrica de armadura transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$

Seção	b_w (m)	V_{wd} (tf)	A_{sw}/s (cm ² /m)	ρ_w (cm ² /m ²)
0	0.50	50.9	8.97	17.94
1	0.18	38.5	6.78	37.65
2	0.18	32.4	5.72	31.76
3	0.18	0.0	0.00	0.00
4	0.18	4.6	0.81	4.50
5	0.18	0.0	0.00	0.00

Cálculo do Fator de Fadiga

$$\Delta\sigma_w = (V_{\max} - V_c) / (b_w * d * \rho_{wu}) - (V_{\min} - V_c) / (b_w * d * \rho_{wu})$$

$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta\sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	V ^{máx} (tf)	V ^{min} (tf)	V _c (tf)	ρ _{wu} (cm ² /cm ²)	σ _{wmax} (tf/m ²)	σ _{wmin} (tf/m ²)
0	63.25	41.53	45.38	0.00179	13742	0
1	17.35	-1.84	19.16	0.00377	0	0
2	21.80	4.18	19.38	0.00318	2922	0
3	-25.92	-9.34	21.15	0.00000	0	0
4	14.53	-1.44	21.44	0.00045	0	0
5	8.30	-7.46	21.26	0.00000	0	0

Δσ _w (tf/m ²)	f.f.
13742	1.62
0	1.00
2922	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00

Cálculo dos estribos e seus espaçamentos

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

$$s = 2 * A_{s1perna} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00 \quad A_{s1perna} \text{ (cm}^2) = 0.785$$

Seção	b _w (m)	ρ _{wu}	ρ _{wu} x f.f	ρ _{wu} x f.f (Médio)	Espaçam. (m)
0	0.50	17.94	29.00		
				33.3	13.9
1	0.18	37.65	37.65		
				34.7	25.1
2	0.18	31.76	31.76		
				15.9	54.9
3	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
4	0.18	4.50	4.50		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

Verificação dos Aparelhos de Apoio

Apoio1

Viga de Bordo

Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 14.2$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 16.3$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 13.0$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 43.4$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 87.0$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 724.7 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 43.5$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 362.7 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

Viga Central

Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 14.2$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 18.2$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 7.6$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 33.1$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 73.1$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 609.4 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

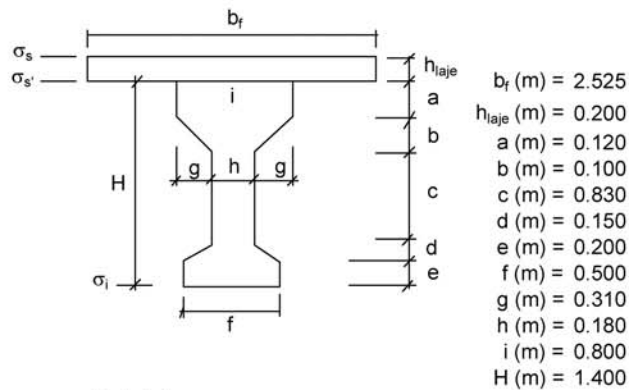
$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 40.0$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 333.6 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

Verificação do Estado Limite Último (Verificação à Ruptura da Seção S₅)

Verificação da Seção do Meio do Vão (S₅)

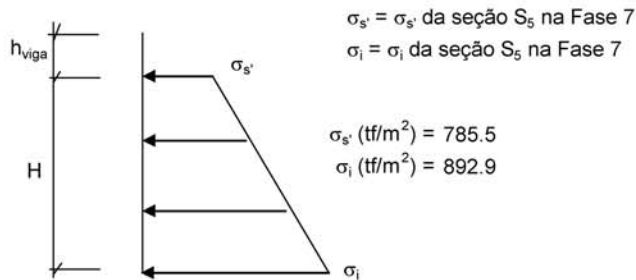


Materiais:

Concreto: f_{ck} (MPa) = 35.0 E_c (kgf/cm²) = 332,406

Aço: CP-190-RB E_{sp} (kgf/cm²) = 1,950,000

Tensões de peso próprio + protensão em t = ∞



$\sigma_s = \sigma_s'$ da seção S₅ na Fase 7

$\sigma_i = \sigma_i$ da seção S₅ na Fase 7

σ_s' (tf/m²) = 785.5

σ_i (tf/m²) = 892.9

Tensões no aço de protensão após as perdas (t = ∞)

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=0} - \sigma_{1^{prot.}}^{t=0} + \sigma_{sp}^{t=0} - \sigma_{2^{prot.}}^{t=0} \quad \sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 97,008$$

Solicitações atuantes na seção S₅

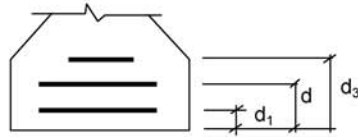
M_{g1} (tf.m) = 76.2

M_{g2} (tf.m) = 90.6

M_{g3} (tf.m) = 74.0

M_p (tf.m) = 250.0

Cálculo do C.G. da armadura de protensão



1ª camada: n° cabos = 3
d₁ (m) = 0.09

2ª camada: n° cabos = 3
d₂ (m) = 0.21

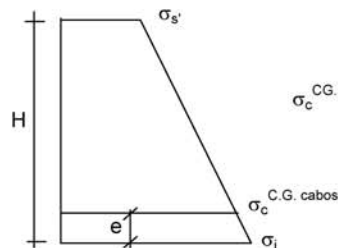
3ª camada: n° cabos = 1
d₃ (m) = 0.33

C.G (cm) = 0.176

Cálculo do pré-alongamento da armadura

$$\epsilon_{sp}^{\text{pré-along.}} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp} \quad \epsilon_{sp}^{\text{pré-along.}} = 0.0050$$

Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concreto



$$\sigma_c^{C.G. cabos} = [(H - e) * (\sigma_1 - \sigma_2) / H] + \sigma_2$$

$$\sigma_c^{C.G. cabos} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 879.4$$

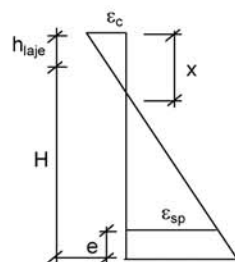
$$\epsilon_{sp}^{descomp.} = \sigma_c^{C.G. cabos} / E_c$$

$$\epsilon_{sp}^{descomp.} = 0.00026$$

$$e \text{ (m)} = 0.176$$

1ª Tentativa:

Deformada admitida para a seção S₅ ϵ_c (‰) = 3.5
 ϵ_{sp} (‰) = 10.0

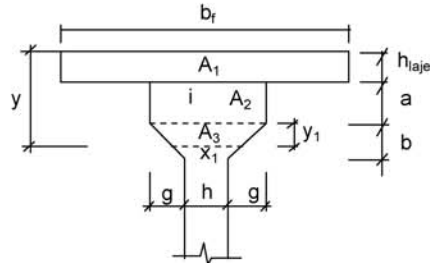


$$x = [\epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{sp})] * [H - e + h_{laje}]$$

$$x \text{ (m)} = 0.369$$

$$y = 0,8 * x \quad y \text{ (m)} = 0.295$$

Cálculo da resultante de compressão



- b_f (m) = 2.525
- h_{laje} (m) = 0.200
- a (m) = 0.120
- b (m) = 0.100
- g (m) = 0.310
- h (m) = 0.180
- i (m) = 0.800
- y_1 (m) = 0.000
- x_1 (m) = 0.000
- y (m) = 0.295

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- A_1 (m²) = 0.505
- A_2 (m²) = 0.076
- A_3 (m²) = 0.000

$$R_{cc} \text{ (tf)} = 1,235.3$$

Cálculo da resultante de tração

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} \text{ (‰)} = 15.24$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

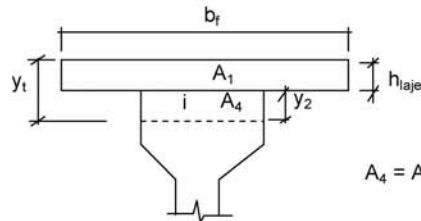
$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,724$$

$$A_{sp}^{1cabo\ 6\phi 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5.92 \quad A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 41.4$$

$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp} \quad R_{st} \text{ (tf)} = 651.6$$

Como $R_{st} < R_{cc}$, devemos diminuir o valor de x para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente R_{cc} .

Logo devemos ter: $R_{cc} = R_{st} \text{ (tf)} = 651.6$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

- A_1 (m²) = 0.505
- A_c^{total} (m²) = 0.307

$$A_4 = A_c^{total} - A_1 \quad A_4 \text{ (m}^2\text{)} = 0.000 \quad (y_t < h_{laje})$$

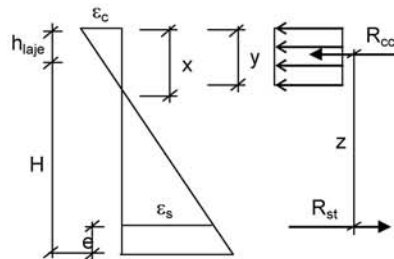
logo: y_2 (m) = 0.0000

$$y_t \text{ (m)} = 0.1214 \quad y_t < h_{laje}$$

$$x = y_t / 0,8 \quad x \text{ (m)} = 0.152$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \frac{\Sigma(A_i * y_i)}{\Sigma A_i} \quad y_{C.G.} (m) = 0.0607$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e \quad z (m) = 1.364$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u (tf.m) = 888.5$$

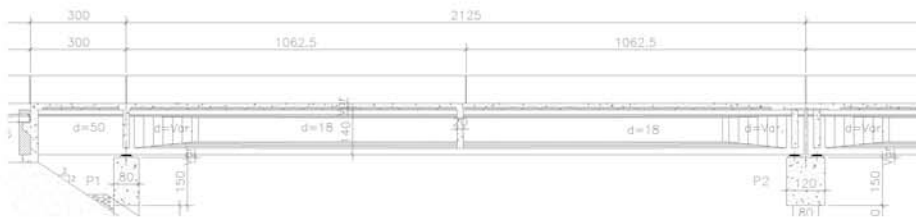
$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d (tf.m) = 687.0$$

$$\text{Então: } M_u / M_d = 1.29 > 1,00 \text{ (Atende)}$$

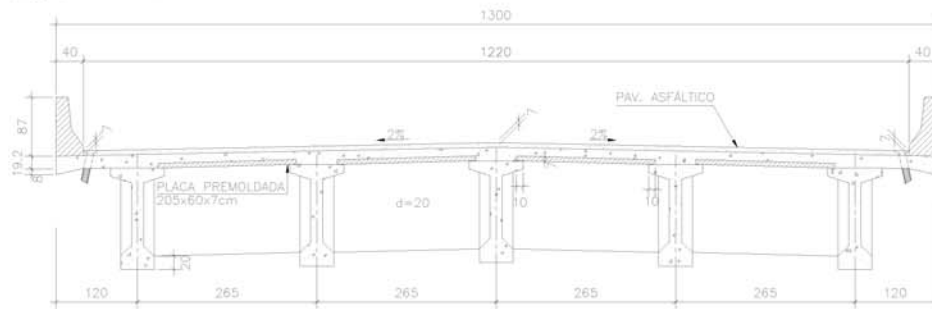
OBRA: Ponte sobre o Rio Tucunaré

1 – Cálculo da superestrutura

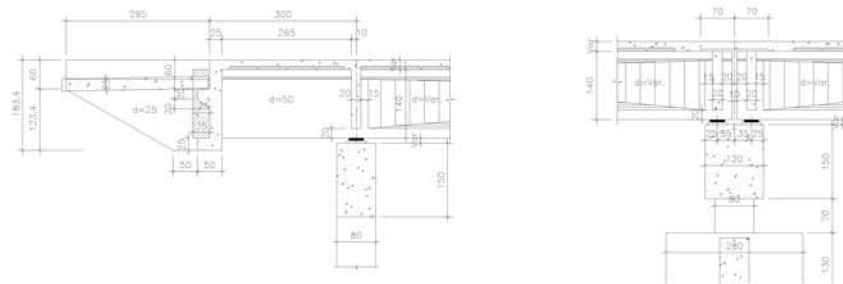
Perfil Longitudinal



Seção Transversal

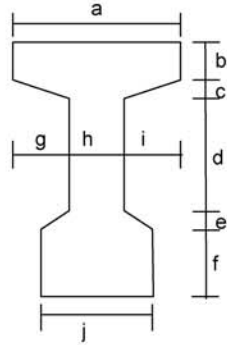


Detalhe das vigas nos apoios



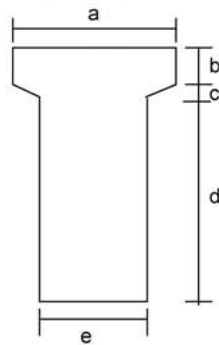
- Seção Transversal das Vigas

Seção Corrente



- a (m) = 0,800
- b (m) = 0,120
- c (m) = 0,100
- d (m) = 0,830
- e (m) = 0,150
- f (m) = 0,200
- g (m) = 0,310
- h (m) = 0,180
- i (m) = 0,310
- j (m) = 0,500

Seção no Apoio



- a (m) = 0,800
- b (m) = 0,120
- c (m) = 0,048
- d (m) = 1,232
- e (m) = 0,500

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0,445	0,743
J (m ⁴)	0,109	0,130
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0,666	0,664
Vi (m)	0,734	0,736
Ws (m ³)	-	-
Ws' (m ³)	0,163	0,197
Wi (m ³)	0,148	0,177

Viga de Bordo

$$bf (m) = 2,525$$

Viga Central

$$bf (m) = 2,65$$

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

	Viga Conjunto t = oo	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0,950	1,248
J (m ⁴)	0,249	0,307
Vs (m)	0,459	0,555
Vs' (m)	0,259	0,355
Vi (m)	1,141	1,045
Ws (m ³)	0,543	0,554
Ws' (m ³)	0,961	0,865
Wi (m ³)	0,218	0,294

	Viga Conjunto t = oo	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0,975	1,273
J (m ⁴)	0,252	0,313
Vs (m)	0,450	0,546
Vs' (m)	0,250	0,346
Vi (m)	1,150	1,054
Ws (m ³)	0,561	0,573
Ws' (m ³)	1,008	0,905
Wi (m ³)	0,219	0,296

3.2 - Peso próprio da viga (g₁)

Carga distribuída

$$g_1 = S_{corrente} * 2,50$$

$$g_1 (tf/m) = 1,113$$

Trecho em balanço

$$L_{bal} (m) = 3,000$$

$$g_{bal} = S_{apoio} * 2,50$$

$$g_{bal} (tf/m) = 1,858$$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$$P_1 = (S_{apoio} - S_{corrente}) * (L_1 / 2) * 2,50$$

$$L_1 (m) = 2,000$$

$$P_1 (tf) = 0,75$$

Alargamento no Apoio

$$P_{apoio} = (S_{apoio} - S_{corrente}) * L_{apoio} * 2,5$$

$$L_{esq} (m) = 0,250$$

$$P_{esq} (tf) = 0,19$$

$$L_{dir} (m) = 0,500$$

$$P_{dir} (tf) = 0,37$$

Placa de ancoragem

$$P_{pl} = L3 * h1 * L4 * 2,50$$

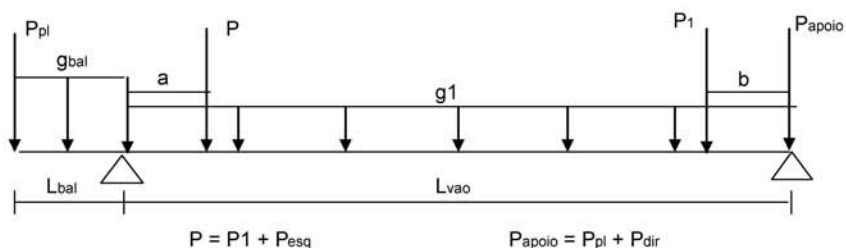
$$L3 \text{ (m)} = 0,350$$

$$L4 \text{ (m)} = 0,500$$

$$h1 \text{ (m)} = 1,400$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0,613$$

resumo do carregamento peso próprio



$$P = P1 + P_{esq}$$

$$P_{apiro} = P_{pl} + P_{dir}$$

$$L_{vao} \text{ (m)} = 20,90$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 3,000$$

$$a \text{ (m)} = 0,750$$

$$b \text{ (m)} = 0,667$$

$$g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1,858$$

$$g1 \text{ (tf/m)} = 1,113$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0,61$$

$$P \text{ (tf)} = 0,93$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0,75$$

$$P_{apiro} \text{ (tf)} = 0,99$$

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 19,22$$

$$R2 \text{ (tf)} = 12,89$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0,61	0,00
S1/2Bal	-3,40	-3,01
0 esq	-6,18	-10,19
0 dir	13,04	-10,19
1	9,78	13,38
2	7,46	31,40
3	5,13	44,55
4	2,80	52,84
5	0,48	56,27
6	-1,85	54,84
7	-4,17	48,55
8	-6,50	37,40
9	-8,83	21,38
10	-11,90	0,00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = -M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-15	17
0	-	-52	58
1	-	82	-90
2	-	193	-212
3	-	273	-301
4	-	324	-357
5	-	345	-380
6	-	336	-371
7	-	298	-328
8	-	229	-253
9	-	131	-144
10	-	0	0

3.3 - Laje + Transversina (g2)

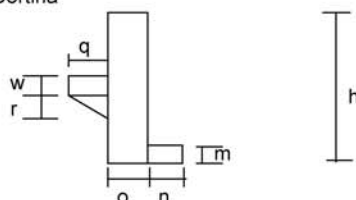
Viga de Bordo	Viga Central
carga distribuída	carga distribuída
$g_2 = h * L * 2,50$	$g_2 = h * L * 2,50$
h (m) = 0,200 g ₂ (tf/m) = 1,263 L (m) = 2,525	h (m) = 0,200 g ₂ (tf/m) = 1,325 L (m) = 2,650
carga concentrada	cargas concentradas
Transversina de apoio	Transversina de apoio
$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio} - j * f)] / 2 \} * esp * 2,50$	$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio} - j * f)] \} * esp * 2,50$
L (m) = 1,325 j (m) = 0,50 h (m) = 1,20 esp (m) = 0,20 f (m) = 0,20	L (m) = 2,65 j (m) = 0,50 h (m) = 1,20 esp (m) = 0,20 f (m) = 0,20
P1 (tf) = 0,63	P1 (tf) = 1,27
Transversina Central	Transversina Central
$P2 = \{ [L * h - (S_{corrent} - j * f)] / 2 \} * esp * 2,50$	$P2 = \{ [L * h - (S_{corrent} - j * f)] \} * esp * 2,50$
L (m) = 1,325 j (m) = 0,50 h (m) = 1,20 esp (m) = 0,20 f (m) = 0,20	L (m) = 2,65 j (m) = 0,50 h (m) = 1,20 esp (m) = 0,20 f (m) = 0,20
P2 (tf) = 0,31	P2 (tf) = 1,42

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0,300$$

$$P3 (tf) = 0,38$$

Cortina



$$P_{cort} = [(m * n * L_{total}) + (w + r + w) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total}] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13,000$$

$$L_{cons} (m) = 9,700$$

$$h (m) = 1,850 \quad q (m) = 0,250$$

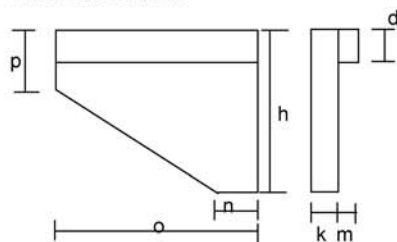
$$m (m) = 0,250 \quad w (m) = 0,200$$

$$n (m) = 0,250 \quad r (m) = 0,200$$

$$o (m) = 0,250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3,78$$

Abas das Cortinas



$$P5 = [d * o * (k + m) + (o + n) * 0,5 * (h - p) * k + (p - d) * k * o] * \gamma_{conc}$$

$$h (m) = 1,850 \quad n (m) = 0,750$$

$$k (m) = 0,250 \quad o (m) = 2,950$$

$$d (m) = 0,400 \quad p (m) = 0,600$$

$$m (m) = 0,150$$

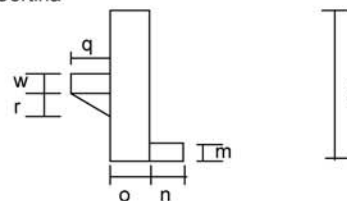
$$P5 (tf) = 2,99$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0,300$$

$$P3 (tf) = 0,40$$

Cortina



$$P_{cort} = [(m * n * L_{total}) + (w + r + w) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total}] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13,000$$

$$L_{cons} (m) = 9,700$$

$$h (m) = 1,850 \quad q (m) = 0,250$$

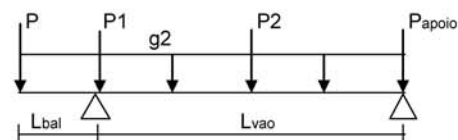
$$m (m) = 0,250 \quad w (m) = 0,200$$

$$n (m) = 0,250 \quad r (m) = 0,200$$

$$o (m) = 0,250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3,78$$

resumo dos esforços



$$P = P4 \quad P (tf) = 3,78$$

$$P_{papoio} = P1 + P3 \quad P_{papoio} (tf) = 1,67$$

$$g2 (tf/m) = 1,325$$

$$P (tf) = 3,78$$

$$P_{papoio} (tf) = 1,67$$

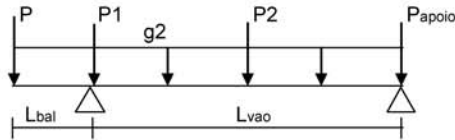
$$P1 (tf) = 1,27$$

$$P2 (tf) = 1,42$$

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

resumo dos esforços



$P = P4 + P5$ P (tf) = 6,77
 $P_{\text{apoio}} = P1 + P3$ P_{apoio} (tf) = 1,01

$g2$ (tf/m) = 1,263
 P (tf) = 6,77
 P_{apoio} (tf) = 1,01
 $P1$ (tf) = 0,63
 $P2$ (tf) = 0,31

Esforços Seccionais

Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$R1$ (tf) = 25,79
 $R2$ (tf) = 13,12

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-6,77	0,00
S1/2Bal	-8,66	-11,58
0 esq	-10,56	-25,99
0 dir	14,60	-25,99
1	11,96	1,76
2	9,32	23,99
3	6,68	40,70
4	4,04	51,90
5	1,09	57,58
6	-1,55	57,10
7	-4,19	51,10
8	-6,83	39,58
9	-9,47	22,55
10	-12,11	0,00

Reações

$R1$ (tf) = 24,41
 $R2$ (tf) = 15,4

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-3,78	0,00
S1/2Bal	-5,77	-7,16
0 esq	-7,76	-17,30
0 dir	15,38	-17,30
1	12,61	11,96
2	9,85	35,43
3	7,08	53,11
4	4,31	65,01
5	0,12	71,11
6	-2,65	68,47
7	-5,42	60,03
8	-8,19	45,81
9	-10,96	25,80
10	-13,73	0,00

Tensões

$\sigma_s = M / W_{\text{isolada}}$
 $\sigma_i = -M / W_{\text{isolada}}$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-36	40
0	-	-88	98
1	-	73	-81
2	-	217	-239
3	-	326	-359
4	-	399	-439
5	-	436	-480
6	-	420	-463
7	-	368	-406
8	-	281	-310
9	-	158	-174
10	-	0	0

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-59	65
0	-	-132	147
1	-	11	-12
2	-	147	-162
3	-	250	-275
4	-	318	-351
5	-	353	-389
6	-	350	-386
7	-	313	-345
8	-	243	-267
9	-	138	-152
10	-	0	0

3.4 - Sobrecarga Permanente (g3)
Viga de Bordo

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0,07$$

$$L \text{ (m)} = 2,125$$

guarda-rodas

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0,357$$

$$g_b \text{ (tf/m)} = 0,580$$

$$g_3 = g_a + g_b$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0,937$$

carga concentrada

Guarda rodas sobre a aba

$$P_1 = g_b * L$$

$$L \text{ (m)} = 2,950$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 1,71$$

Laje de acesso

Viga Central

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0,07$$

$$L \text{ (m)} = 2,65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0,445$$

carga concentrada

Laje de acesso

$$P_1 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3,000$$

$$h \text{ (m)} = 0,250$$

$$L \text{ (m)} = 9,900$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 1,86$$

seção fora do vão de cálculo

$$P_2 = L * g_3$$

$$P2 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

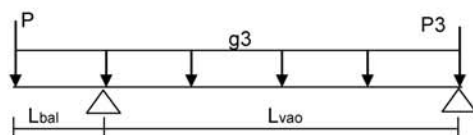
$$\begin{aligned} k \text{ (m)} &= 3,000 \\ h \text{ (m)} &= 0,250 \\ L \text{ (m)} &= 9,900 \end{aligned} \quad P2 \text{ (tf)} = 1,86$$

seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g_3 \quad L \text{ (m)} = 0,300$$

$$P3 \text{ (tf)} = 0,28$$

resumo dos esforços



$$P = P1 + P2$$

$$\begin{aligned} g_3 \text{ (tf/m)} &= 0,937 \\ P \text{ (tf)} &= 3,57 \\ P3 \text{ (tf)} &= 0,28 \end{aligned}$$

Reações

$$\begin{aligned} R1 \text{ (tf)} &= 16,89 \\ R2 \text{ (tf)} &= 9,36 \end{aligned}$$

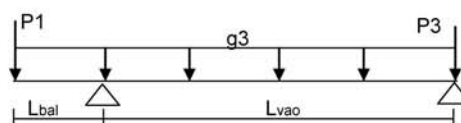
esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	-3,57	0,00
S _{1/2Bal}	-4,98	-6,41
0 esq	-6,38	-14,93
0 dir	10,51	-14,93
1	8,55	4,98
2	6,59	20,80
3	4,63	32,53
4	2,67	40,16
5	0,71	43,70
6	-1,24	43,14
7	-3,20	38,50
8	-5,16	29,76
9	-7,12	16,93
10	-9,08	0,00

$$L \text{ (m)} = 0,300$$

$$P3 \text{ (tf)} = 0,13$$

resumo dos esforços



$$\begin{aligned} g_3 \text{ (tf/m)} &= 0,445 \\ P1 \text{ (tf)} &= 1,86 \\ P3 \text{ (tf)} &= 0,13 \end{aligned}$$

Reações

$$\begin{aligned} R1 \text{ (tf)} &= 8,21 \\ R2 \text{ (tf)} &= 4,42 \end{aligned}$$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	-1,86	0,00
S _{1/2Bal}	-2,53	-3,29
0 esq	-3,19	-7,58
0 dir	5,01	-7,58
1	4,08	1,92
2	3,15	9,48
3	2,22	15,10
4	1,29	18,78
5	0,36	20,51
6	-0,57	20,29
7	-1,50	18,14
8	-2,43	14,03
9	-3,36	7,99
10	-4,29	0,00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{s\text{conjunto}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s'\text{conjunto}}$$

$$\sigma_i = - M / W_{i\text{conjunto}}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-12	-7	22
0	-27	-17	51
1	9	5	-23
2	38	22	-95
3	60	34	-149
4	74	42	-184
5	80	45	-200
6	79	45	-198
7	71	40	-177
8	55	31	-137
9	31	18	-78
10	0	0	0

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{s\text{conjunto}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s'\text{conjunto}}$$

$$\sigma_i = - M / W_{i\text{conjunto}}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-6	-4	11
0	-13	-8	26
1	3	2	-9
2	17	9	-43
3	27	15	-69
4	33	19	-86
5	37	20	-94
6	36	20	-93
7	32	18	-83
8	25	14	-64
9	14	8	-36
10	0	0	0

```
Portico plano Ponte de 24.25 m - Viga Bordo - G1 e G2
coordenadas dos nos
1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 5.090 0.00
5 7.180 0.00
6 9.270 0.00
7 11.360 0.00
8 13.450 0.00
9 15.540 0.00
10 17.630 0.00
11 19.720 0.00
12 21.810 0.00
13 23.900 0.00
0
condicoes de contorno
3 110
13 010
0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5
0
tipos de secao
1 0.44500 0.44500 0.1090
0
propriedades dos elementos
1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1
0
numero de carregamentos 2
carregamento 1 Peso Proprio (G1) - Viga Bordo
cargas nodais
1 py -0.61
13 py -0.99
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -1.858
2 u 0.0 0.0 wya -1.858
3 u 0.0 0.0 wya -1.113 g 9 1
3 c 0.750 py -0.930
12 c 1.423 py -0.750
0
fim
carregamento 2 Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo
cargas nodais
1 py -6.77
3 py -0.63
13 py -1.01
8 py -0.31
0
```



```
cargas nos elementos  
1 u 0.0 0.0 wya -1.263 g 11 1  
0  
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 24.25 m - Viga Bordo - G1 e G2

 DATA : 30/12/2005(sexta-feira)
 HORA : 19:30:21
 ARQUIVO DE DADOS : vb_3,00+18,25_glg2.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	5.09E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	7.18E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	9.27E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.13E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.34E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.76E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.97E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	2.18E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.39E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós 13

nó	código	restrições nodais		
		constante de mola	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	material	seção	propriedades dos elementos		
			nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	2.09E+0000
4	1	1	4	5	2.09E+0000
5	1	1	5	6	2.09E+0000
6	1	1	6	7	2.09E+0000
7	1	1	7	8	2.09E+0000
8	1	1	8	9	2.09E+0000
9	1	1	9	10	2.09E+0000
10	1	1	10	11	2.09E+0000
11	1	1	11	12	2.09E+0000
12	1	1	12	13	2.09E+0000

número de elementos 12

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 3.190E+0006
 M. E. Transversal ... 1.329E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo área x área y inércia z
 1 4.45E-0001 4.45E-0001 1.09E-0001

módulos de flexão

tipo wz
 1 1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1 - Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

nó	sistema	cargas nodais		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-0.61	0.00
13	global	0.00	-0.99	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas aplicadas nas barras			mz	wyb	
			la	lb	px			
			t	f1	f2	wxa	wxb	wya
						f3	p	
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000			-1.9E+0000
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000			-1.9E+0000
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000			-1.1E+0000
3	local	C	0.75		0.0E+0000	-9.3E-0001	0.0E+0000	
12	local	C	1.42		0.0E+0000	-7.5E-0001	0.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

nó	sistema	cargas nodais		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-6.77	0.00
3	global	0.00	-0.63	0.00

13	global		0.00		-1.01		0.00		
8	global		0.00		-0.31		0.00		

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	f3	p		
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.3E+0000	
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.3E+0000	
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	

fim do carregamento 2
 número de carregamentos 2

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10

c a r r e g a m e n t o 1

Título : Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

deslocamentos nodais				
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	0.00000E+0000	3.00537E-0003	-9.98891E-0004
2	global	0.00000E+0000	1.51000E-0003	-1.00387E-0003
3	global	0.00000E+0000	-2.43363E-0030	-1.03083E-0003
4	global	0.00000E+0000	-2.20465E-0003	-1.01745E-0003
5	global	0.00000E+0000	-4.23727E-0003	-8.80434E-0004
6	global	0.00000E+0000	-5.87231E-0003	-6.49737E-0004
7	global	0.00000E+0000	-6.94452E-0003	-3.54588E-0004
8	global	0.00000E+0000	-7.34976E-0003	-2.42089E-0005
9	global	0.00000E+0000	-7.04491E-0003	3.12177E-0004
10	global	0.00000E+0000	-6.04797E-0003	6.25347E-0004
11	global	0.00000E+0000	-4.43799E-0003	8.86080E-0004
12	global	0.00000E+0000	-2.35511E-0003	1.06515E-0003
13	global	0.00000E+0000	-1.63221E-0030	1.13286E-0003

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	19.22	0.00
13	global	-0.00	12.89	-0.00

 Resultante 0.00 32.12 365.80

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o
 (o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)

força	força	momento
x	y	z
0.000	0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s		n a s b a r r a s		
	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	3.40	-3.01
2	local	2	0.00	-3.40	3.01
		3	0.00	6.18	-10.19
3	local	3	0.00	13.04	10.19
		4	0.00	-9.78	13.38
4	local	4	0.00	9.78	-13.38
		5	0.00	-7.46	31.40
5	local	5	0.00	7.46	-31.40
		6	0.00	-5.13	44.55
6	local	6	0.00	5.13	-44.55
		7	0.00	-2.80	52.84
7	local	7	0.00	2.80	-52.84
		8	0.00	-0.48	56.27
8	local	8	0.00	0.48	-56.27
		9	0.00	1.85	54.84
9	local	9	0.00	-1.85	-54.84
		10	0.00	4.17	48.55
10	local	10	0.00	-4.17	-48.55
		11	0.00	6.50	37.40
11	local	11	0.00	-6.50	-37.40
		12	0.00	8.83	21.38
12	local	12	0.00	-8.83	-21.38
		13	0.00	11.90	0.00

c a r r e g a m e n t o 2

Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

no	sistema	d e s l o c a m e n t o s n o d a i s		
		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	0.00000E+0000	2.39345E-0003	-7.79174E-0004
2	global	0.00000E+0000	1.23254E-0003	-8.03121E-0004
3	global	0.00000E+0000	-3.26452E-0030	-8.83135E-0004
4	global	0.00000E+0000	-1.99495E-0003	-9.53215E-0004
5	global	0.00000E+0000	-3.96429E-0003	-8.73080E-0004
6	global	0.00000E+0000	-5.62873E-0003	-6.75892E-0004
7	global	0.00000E+0000	-6.77827E-0003	-3.94811E-0004
8	global	0.00000E+0000	-7.27223E-0003	-6.29975E-0005

```

9 global 0.00000E+0000 -7.03950E-0003 2.84440E-0004
10 global 0.00000E+0000 -6.08589E-0003 6.12393E-0004
11 global 0.00000E+0000 -4.48676E-0003 8.87702E-0004
12 global 0.00000E+0000 -2.38680E-0003 1.07720E-0003
13 global 0.00000E+0000 -1.66095E-0030 1.14774E-0003
    
```

```

      r e a ç õ e s   n o s   a p o i o s
nó sistema      força      força      momento
              x              y              z
3 global      -0.00      25.79      0.00
13 global      -0.00      13.12      -0.00
    
```

```

-----
Resultante      0.00      38.91      390.92
    
```

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

```

d i f e r e n ç a   d e   e q u i l í b r i o
( o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )
              força      força      momento
              x              y              z
              0.000      0.000      0.000
    
```

```

e s f o r ç o s   n a s   b a r r a s
barra sistema      nó      força      força      momento
              normal      cortante      fletor
1 local 1 0.00 -6.77 0.00
2 local 2 0.00 8.66 -11.58
3 local 3 0.00 -8.66 11.58
4 local 4 0.00 10.56 -25.99
5 local 5 0.00 14.60 25.99
6 local 6 0.00 -11.96 1.76
7 local 7 0.00 11.96 -1.76
8 local 8 0.00 -9.32 23.99
9 local 9 0.00 9.32 -23.99
10 local 10 0.00 -6.68 40.70
11 local 11 0.00 6.68 -40.70
12 local 12 0.00 -4.04 51.90
13 local 13 0.00 4.04 -51.90
14 local 14 0.00 -1.40 57.58
15 local 15 0.00 1.09 -57.58
16 local 16 0.00 1.55 57.10
17 local 17 0.00 -1.55 -57.10
18 local 18 0.00 4.19 51.10
19 local 19 0.00 -4.19 -51.10
20 local 20 0.00 6.83 39.58
21 local 21 0.00 -6.83 -39.58
22 local 22 0.00 9.47 22.55
23 local 23 0.00 -9.47 -22.55
24 local 24 0.00 12.11 0.00
    
```

Fim Do Programa

```

Portico plano Ponte de 24,25 m - Viga Bordo - G3
coordenadas dos nos
1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 5.090 0.00
5 7.180 0.00
6 9.270 0.00
7 11.360 0.00
8 13.450 0.00
9 15.540 0.00
10 17.630 0.00
11 19.720 0.00
12 21.810 0.00
13 23.900 0.00
0
condicoes de contorno
3 110
13 010
0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5
0
tipos de secao
1 0.95000 0.95000 0.2490
0
propriedades dos elementos
1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1
0
numero de carregamentos 1
carregamento 1 Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo
cargas nodais
1 py -3.57
13 py -0.28
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -0.937 g 11 1
0
fim
    
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 24,25 m - Viga Bordo - G3

 DATA : 30/12/2005(sexta-feira)
 HORA : 19:30:28
 ARQUIVO DE DADOS : vb_3,00+18,25_g3.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

c o o r d e n a d a s n o d a i s				
nó	sistema	coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	5.09E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	7.18E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	9.27E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.13E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.34E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.76E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.97E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	2.18E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.39E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós 13

r e s t r i ç õ e s n o d a i s				
constante de mola				
nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s					
barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	2.09E+0000
4	1	1	4	5	2.09E+0000
5	1	1	5	6	2.09E+0000
6	1	1	6	7	2.09E+0000
7	1	1	7	8	2.09E+0000
8	1	1	8	9	2.09E+0000
9	1	1	9	10	2.09E+0000
10	1	1	10	11	2.09E+0000
11	1	1	11	12	2.09E+0000
12	1	1	12	13	2.09E+0000

número de elementos 12

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 3.190E+0006
 M. E. Transversal ... 1.329E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo área x área y inércia z
 1 9.50E-0001 9.50E-0001 2.49E-0001

módulos de flexão

tipo wz
 1 1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1 - Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

nó	sistema	cargas nodais		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-3.57	0.00
13	global	0.00	-0.28	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas aplicadas nas barras			mz	wyb
			la	lb	px		
			t		wxa	py	wya
			f1	f2	f3	p	
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-9.4E-0001
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-9.4E-0001
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-9.4E-0001

fim do carregamento 1
 número de carregamentos 1

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10

carregamento 1

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	8.87505E-0004	-2.91707E-0004	
2	global	0.00000E+0000	4.52244E-0004	-2.97426E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-9.84929E-0031	-3.17240E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-7.00656E-0004	-3.29423E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-1.37253E-0003	-2.94601E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-1.92865E-0003	-2.23543E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-2.30453E-0003	-1.27019E-0004	
8	global	0.00000E+0000	-2.45820E-0003	-1.57989E-0005	
9	global	0.00000E+0000	-2.37020E-0003	9.93491E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-2.04357E-0003	2.07655E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-1.50387E-0003	2.98350E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-7.99157E-0004	3.60665E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-5.45776E-0031	3.83829E-0004	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	16.89	0.00
13	global	-0.00	9.36	-0.00

Resultante	0.00	26.24	274.30
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

esforços nas barras					
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-3.57	0.00
		2	0.00	4.98	-6.41
2	local	2	0.00	-4.98	6.41
		3	0.00	6.38	-14.93
3	local	3	0.00	10.51	14.93
		4	0.00	-8.55	4.98
4	local	4	0.00	8.55	-4.98
		5	0.00	-6.59	20.80
5	local	5	0.00	6.59	-20.80

		6	0.00	-4.63	32.53
6	local	6	0.00	4.63	-32.53
		7	0.00	-2.67	40.16
7	local	7	0.00	2.67	-40.16
		8	0.00	-0.71	43.70
8	local	8	0.00	0.71	-43.70
		9	0.00	1.24	43.14
9	local	9	0.00	-1.24	-43.14
		10	0.00	3.20	38.50
10	local	10	0.00	-3.20	-38.50
		11	0.00	5.16	29.76
11	local	11	0.00	-5.16	-29.76
		12	0.00	7.12	16.93
12	local	12	0.00	-7.12	-16.93
		13	0.00	9.08	0.00

Fim Do Programa

Portico plano Ponte de 24.25 m - Viga Central - G1 e G2
coordenadas dos nos

1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 5.090 0.00
5 7.180 0.00
6 9.270 0.00
7 11.360 0.00
8 13.450 0.00
9 15.540 0.00
10 17.630 0.00
11 19.720 0.00
12 21.810 0.00
13 23.900 0.00

0
condicoes de contorno

3 110
13 010

0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5

0
tipos de secao
1 0.44500 0.44500 0.1090

0
propriedades dos elementos

1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1

0
numero de carregamentos 2
carregamento 1 Peso Proprio (G1) - Viga Central

cargas nodais
1 py -0.61
13 py -0.99

0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -1.858
2 u 0.0 0.0 wya -1.858
3 u 0.0 0.0 wya -1.113 g 9 1
3 c 0.750 py -0.930
12 c 1.423 py -0.750

0
fim
carregamento 2 Laje + Transversina (g2) - Viga Central

cargas nodais
1 py -3.78
3 py -1.27
13 py -1.67
8 py -1.42
0

```
cargas nos elementos  
1 u 0.0 0.0 wya -1.325 g 11 1  
0  
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 24.25 m - Viga Central - G1 e G2

 DATA : 30/12/2005(sexta-feira)
 HORA : 19:30:33
 ARQUIVO DE DADOS : vc_3,00+18,25_glg2.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	coordenadas nodais			
	sistema	coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	5.09E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	7.18E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	9.27E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.13E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.34E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.76E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.97E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	2.18E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.39E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós 13

nó	restrições nodais				
	código	constante de mola	transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos				
	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	2.09E+0000
4	1	1	4	5	2.09E+0000
5	1	1	5	6	2.09E+0000
6	1	1	6	7	2.09E+0000
7	1	1	7	8	2.09E+0000
8	1	1	8	9	2.09E+0000
9	1	1	9	10	2.09E+0000
10	1	1	10	11	2.09E+0000
11	1	1	11	12	2.09E+0000
12	1	1	12	13	2.09E+0000

número de elementos 12

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 3.190E+0006
 M. E. Transversal ... 1.329E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo área x área y inércia z
 1 4.45E-0001 4.45E-0001 1.09E-0001

módulos de flexão

tipo wz
 1 1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1 - Peso Proprio (G1) - Viga Central

nó	sistema	cargas nodais		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-0.61	0.00
13	global	0.00	-0.99	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas aplicadas nas barras			mz	wyb
			la	lb	px		
			t		wxa	py	wya
			f1	f2	f3	p	
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.9E+0000
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.9E+0000
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.1E+0000
3	local	C	0.75		0.0E+0000	-9.3E-0001	0.0E+0000
12	local	C	1.42		0.0E+0000	-7.5E-0001	0.0E+0000

fim do carregamento 1

carregamento 2 - Laje + Transversina (g2) - Viga Central

nó	sistema	cargas nodais		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-3.78	0.00
3	global	0.00	-1.27	0.00

13	global		0.00		-1.67		0.00		
8	global		0.00		-1.42		0.00		

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	f3	p		
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.3E+0000	
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-1.3E+0000	
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-1.3E+0000	

fim do carregamento 2
 número de carregamentos 2

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 10

c a r r e g a m e n t o 1

Título : Peso Proprio (G1) - Viga Central

deslocamentos nodais				
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	0.00000E+0000	3.00537E-0003	-9.98891E-0004
2	global	0.00000E+0000	1.51000E-0003	-1.00387E-0003
3	global	0.00000E+0000	-2.43363E-0030	-1.03083E-0003
4	global	0.00000E+0000	-2.20465E-0003	-1.01745E-0003
5	global	0.00000E+0000	-4.23727E-0003	-8.80434E-0004
6	global	0.00000E+0000	-5.87231E-0003	-6.49737E-0004
7	global	0.00000E+0000	-6.94452E-0003	-3.54588E-0004
8	global	0.00000E+0000	-7.34976E-0003	-2.42089E-0005
9	global	0.00000E+0000	-7.04491E-0003	3.12177E-0004
10	global	0.00000E+0000	-6.04797E-0003	6.25347E-0004
11	global	0.00000E+0000	-4.43799E-0003	8.86080E-0004
12	global	0.00000E+0000	-2.35511E-0003	1.06515E-0003
13	global	0.00000E+0000	-1.63221E-0030	1.13286E-0003

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	19.22	0.00
13	global	-0.00	12.89	-0.00

 Resultante 0.00 32.12 365.80

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o
 (o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)

força	força	momento
x	y	z
0.000	0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s	n o s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
	s i s t e m a		f o r ç a	f o r ç a	f l e t o r
			n o r m a l	c o r t a n t e	
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	3.40	-3.01
2	local	2	0.00	-3.40	3.01
		3	0.00	6.18	-10.19
3	local	3	0.00	13.04	10.19
		4	0.00	-9.78	13.38
4	local	4	0.00	9.78	-13.38
		5	0.00	-7.46	31.40
5	local	5	0.00	7.46	-31.40
		6	0.00	-5.13	44.55
6	local	6	0.00	5.13	-44.55
		7	0.00	-2.80	52.84
7	local	7	0.00	2.80	-52.84
		8	0.00	-0.48	56.27
8	local	8	0.00	0.48	-56.27
		9	0.00	1.85	54.84
9	local	9	0.00	-1.85	-54.84
		10	0.00	4.17	48.55
10	local	10	0.00	-4.17	-48.55
		11	0.00	6.50	37.40
11	local	11	0.00	-6.50	-37.40
		12	0.00	8.83	21.38
12	local	12	0.00	-8.83	-21.38
		13	0.00	11.90	0.00

c a r r e g a m e n t o 2

=====

Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Central

d e s l o c a m e n t o s n o d a i s				
no	s i s t e m a	d e s l o c a m e n t o	d e s l o c a m e n t o	r o t a ç a o
		x	y	z
1	global	0.00000E+0000	3.47317E-0003	-1.14688E-0003
2	global	0.00000E+0000	1.75804E-0003	-1.16125E-0003
3	global	0.00000E+0000	-3.09020E-0030	-1.21294E-0003
4	global	0.00000E+0000	-2.62892E-0003	-1.22611E-0003
5	global	0.00000E+0000	-5.10391E-0003	-1.08081E-0003
6	global	0.00000E+0000	-7.13012E-0003	-8.11819E-0004
7	global	0.00000E+0000	-8.48540E-0003	-4.53931E-0004
8	global	0.00000E+0000	-9.02030E-0003	-4.19341E-0005
9	global	0.00000E+0000	-8.65929E-0003	3.80462E-0004
10	global	0.00000E+0000	-7.43443E-0003	7.69551E-0004
11	global	0.00000E+0000	-5.45169E-0003	1.09054E-0003
12	global	0.00000E+0000	-2.88976E-0003	1.30865E-0003
13	global	0.00000E+0000	-1.94944E-0030	1.38908E-0003

r e a ç õ e s n o s a p o i o s

nó	sistema	força x	força y	momento z
3	global	-0.00	24.41	0.00
13	global	-0.00	15.40	-0.00

Resultante		0.00	39.81	441.25

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o
 (o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)

força x	força y	momento z
0.000	0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s		n a s b a r r a s		
	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-3.78	-0.00
		2	0.00	5.77	-7.16
2	local	2	0.00	-5.77	7.16
		3	0.00	7.76	-17.30
3	local	3	0.00	15.38	17.30
		4	0.00	-12.61	11.96
4	local	4	0.00	12.61	-11.96
		5	0.00	-9.85	35.43
5	local	5	0.00	9.85	-35.43
		6	0.00	-7.08	53.11
6	local	6	0.00	7.08	-53.11
		7	0.00	-4.31	65.01
7	local	7	0.00	4.31	-65.01
		8	0.00	-1.54	71.11
8	local	8	0.00	0.12	-71.11
		9	0.00	2.65	68.47
9	local	9	0.00	-2.65	-68.47
		10	0.00	5.42	60.03
10	local	10	0.00	-5.42	-60.03
		11	0.00	8.19	45.81
11	local	11	0.00	-8.19	-45.81
		12	0.00	10.96	25.80
12	local	12	0.00	-10.96	-25.80
		13	0.00	13.73	0.00

Fim Do Programa

```

Portico plano Ponte de 21,25 m - Viga Central - G3
coordenadas dos nos
1 0.000 0.00
2 1.500 0.00
3 3.000 0.00
4 5.090 0.00
5 7.180 0.00
6 9.270 0.00
7 11.360 0.00
8 13.450 0.00
9 15.540 0.00
10 17.630 0.00
11 19.720 0.00
12 21.810 0.00
13 23.900 0.00
0
condicoes de contorno
3 110
13 010
0
tipos de material
1 3.19e6 0.2 1.0e-5 2.5
0
tipos de secao
1 0.97500 0.97500 0.2520
0
propriedades dos elementos
1 1 2 1 1
2 2 3 1 1
3 3 4 1 1
4 4 5 1 1
5 5 6 1 1
6 6 7 1 1
7 7 8 1 1
8 8 9 1 1
9 9 10 1 1
10 10 11 1 1
11 11 12 1 1
12 12 13 1 1
0
numero de carregamentos 1
carregamento 1 Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Central
cargas nodais
1 py -1.86
13 py -0.13
0
cargas nos elementos
1 u 0.0 0.0 wya -0.445 g 11 1
0
fim
    
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Ponte de 21,25 m - Viga Central - G3

 DATA : 30/12/2005(sexta-feira)
 HORA : 19:30:39
 ARQUIVO DE DADOS : vc_3,00+18,25_g3.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

coordenadas nodais

nó	sistema	coordenada		
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.50E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	5.09E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	7.18E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	9.27E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	1.13E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	1.34E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.55E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.76E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.97E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	2.18E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	2.39E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós 13

restrições nodais

nó	código	constante de mola		
		transl. x	transl. y	rotação z
3	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
13	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

propriedades dos elementos

barra	material	seção	nó		comprimento
			inicial	final	
1	1	1	1	2	1.50E+0000
2	1	1	2	3	1.50E+0000
3	1	1	3	4	2.09E+0000
4	1	1	4	5	2.09E+0000
5	1	1	5	6	2.09E+0000
6	1	1	6	7	2.09E+0000
7	1	1	7	8	2.09E+0000
8	1	1	8	9	2.09E+0000
9	1	1	9	10	2.09E+0000
10	1	1	10	11	2.09E+0000
11	1	1	11	12	2.09E+0000
12	1	1	12	13	2.09E+0000

número de elementos 12

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 3.190E+0006
 M. E. Transversal ... 1.329E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo área x área y inércia z
 1 9.75E-0001 9.75E-0001 2.52E-0001

módulos de flexão

tipo wz
 1 1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1 - Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Centra

nó	sistema	cargas nodais		momento z
		força x	força y	
1	global	0.00	-1.86	0.00
13	global	0.00	-0.13	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas aplicadas nas barras			mz	wyb
			la	lb	px		
			t		wxa	py	wya
			f1	f2	f3	p	
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-4.5E-0001
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000		-4.5E-0001
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000		-4.5E-0001

fim do carregamento 1
 número de carregamentos 1

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0001
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9

carregamento 1

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Vigas Central

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	4.01453E-0004	-1.31675E-0004	
2	global	0.00000E+0000	2.05062E-0004	-1.34589E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-4.68075E-0031	-1.44578E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-3.21055E-0004	-1.51514E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-6.31041E-0004	-1.36264E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-8.88872E-0004	-1.03881E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-1.06402E-0003	-5.94203E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-1.13652E-0003	-7.93408E-0006	
9	global	0.00000E+0000	-1.09698E-0003	4.55235E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-9.46554E-0004	9.58987E-0005	
11	global	0.00000E+0000	-6.96964E-0004	1.38138E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-3.70497E-0004	1.67188E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-2.51911E-0031	1.77994E-0004	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	8.21	0.00
13	global	-0.00	4.42	-0.00

Resultante	0.00	12.63	130.20
------------	------	-------	--------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

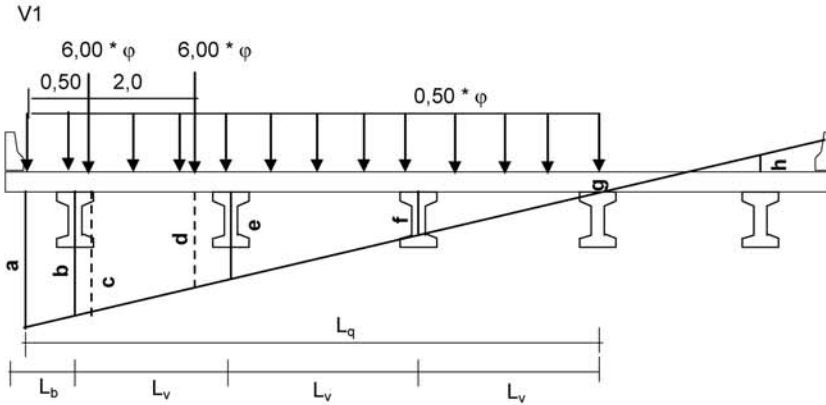
esforços nas barras					
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-1.86	-0.00
		2	0.00	2.53	-3.29
2	local	2	0.00	-2.53	3.29
		3	0.00	3.19	-7.58
3	local	3	0.00	5.01	7.58
		4	0.00	-4.08	1.92
4	local	4	0.00	4.08	-1.92
		5	0.00	-3.15	9.48
5	local	5	0.00	3.15	-9.48

		6	0.00	-2.22	15.10
6	local	6	0.00	2.22	-15.10
		7	0.00	-1.29	18.78
7	local	7	0.00	1.29	-18.78
		8	0.00	-0.36	20.51
8	local	8	0.00	0.36	-20.51
		9	0.00	0.57	20.29
9	local	9	0.00	-0.57	-20.29
		10	0.00	1.50	18.14
10	local	10	0.00	-1.50	-18.14
		11	0.00	2.43	14.03
11	local	11	0.00	-2.43	-14.03
		12	0.00	3.36	7.99
12	local	12	0.00	-3.36	-7.99
		13	0.00	4.29	0.00

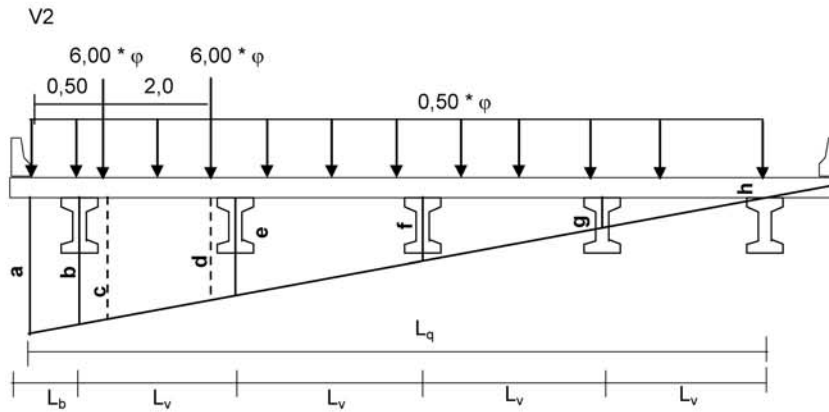
Fim Do Programa

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



$L_b (m) = 1,20$	$V\tilde{a}o (m) = 20,9$		
$L_v (m) = 2,65$	$\varphi = 1,254$		
$a = 0,660$	$c = 0,623$	$e = 0,400$	$g = 0,000$
$b = 0,600$	$d = 0,472$	$f = 0,200$	$L_q (m) = 8,750$
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 8,232$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1,811$	



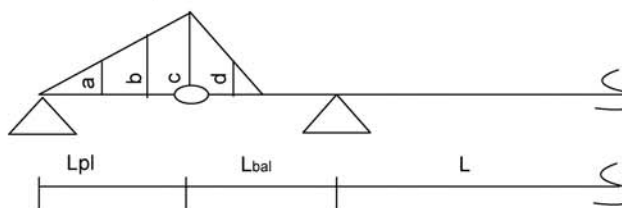
$a = 0,430$	$c = 0,411$	$e = 0,300$	$g = 0,100$
$b = 0,400$	$d = 0,336$	$f = 0,200$	$h = 0,000$
$L_q (m) = 11,40$			
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 5,620$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1,537$	

4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

$L_{pl} \text{ (m)} = 3,000$ $L \text{ (m)} = 20,900$
 $L_{bal} \text{ (m)} = 3,000$

Linha de Influência Momento Fletor

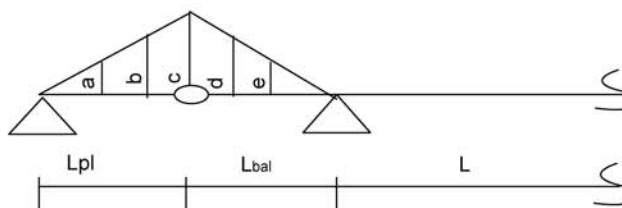
LI Momento S1/2 balanço



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 0,750$
$c = 0,50 * L_{bal}$	$c = 1,500$
$d = (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})]$	$d = 0,000$

$M_{1/2_min} = -p * [c * (L_{pl} + 0,50 * L_{bal}) * 0,50] - P * \text{maior} (a + b + c ; b + c + d)$
 $M_{1/2_max} = 0$

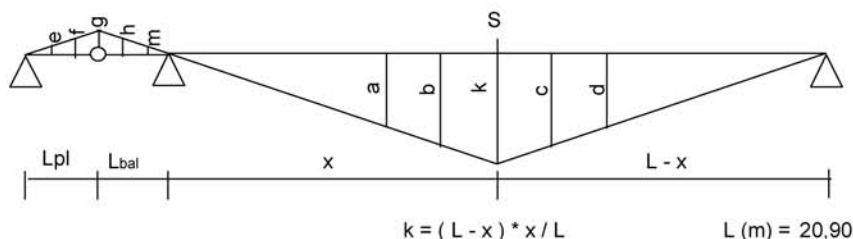
LI Momento S0



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 1,500$
$c = L_{bal}$	$c = 3,000$
$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$	$d = 1,500$
$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$	$e = 0,000$

$M_{S0_min} = -p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) * 0,50] - P * [c + \text{maior} (a + b ; b + d ; d + e)]$
 $M_{S0_max} = 0$

LI Momento S1 a S10



$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L$$

$$b = (x - 1,5) * (L - x) / L$$

$$c = [(L - x) - 1,5] * k / (L - x)$$

$$d = [(L - x) - 3,0] * k / (L - x)$$

$$e = (L_{pl} - 3,00) * (g / L_{pl})$$

$$f = (L_{pl} - 1,50) * (g / L_{pl})$$

$$g = L_{bal} * (k / x)$$

$$h = (L_{bal} - 1,50) * (g / L_{bal})$$

$$m = (L_{bal} - 3,00) * (g / L_{bal})$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	2,09	1,881	-0,819	0,531	1,731	1,581
S2	4,18	3,344	0,944	2,144	3,044	2,744
S3	6,27	4,389	2,289	3,339	3,939	3,489
S4	8,36	5,016	3,216	4,116	4,416	3,816
S5	10,45	5,225	3,725	4,475	4,475	3,725
S6	12,54	5,016	3,816	4,416	4,116	3,216
S7	14,63	4,389	3,489	3,939	3,339	2,289
S8	16,72	3,344	2,744	3,044	2,144	0,944
S9	18,81	1,881	1,581	1,731	0,531	-0,819
S10	20,90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

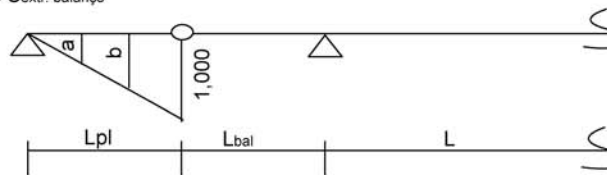
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	2,09	0,000	1,350	2,700	1,350	0,000
S2	4,18	0,000	1,200	2,400	1,200	0,000
S3	6,27	0,000	1,050	2,100	1,050	0,000
S4	8,36	0,000	0,900	1,800	0,900	0,000
S5	10,45	0,000	0,750	1,500	0,750	0,000
S6	12,54	0,000	0,600	1,200	0,600	0,000
S7	14,63	0,000	0,450	0,900	0,450	0,000
S8	16,72	0,000	0,300	0,600	0,300	0,000
S9	18,81	0,000	0,150	0,300	0,150	0,000
S10	20,90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

$$M_{min} = - P * [\text{maior}(e + f + g; f + g + h; g + h + m)] - p * [(L_{pl} + L_{bal}) * g / 2]$$

Linha de Influência de Esforço Cortante

LI Cortante $S_{extr. balanço}$



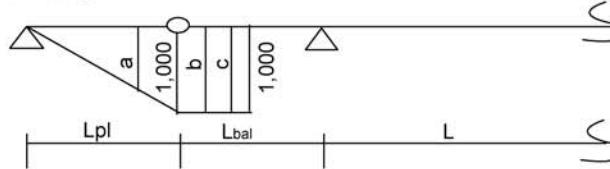
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \quad b = 0,500$$

$$Q_{extr_max} = p * L_{pl} / 2 + P * (a + b + 1,000)$$

$$Q_{extr_min} = 0$$

LI Cortante S_{1/2}. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \qquad a = 0,500$$

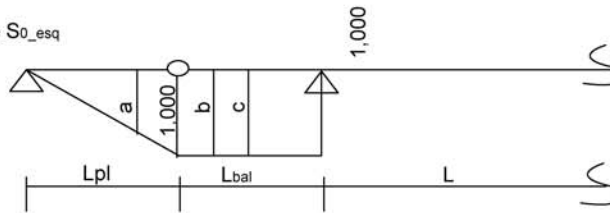
$$b = 0,000$$

$$c = 0,000$$

$$Q_{1/2bal_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal} / 2) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{1/2bal_min} = 0$$

LI Cortante S₀_esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \qquad a = 0,500$$

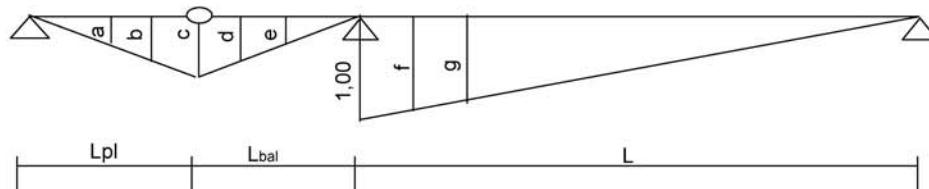
$$b = 0,000$$

$$c = 0,000$$

$$Q_{S0esq_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{S0esq_min} = 0$$

LI Cortante S₀_dir



$$a = (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} \qquad a = 0,000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} \qquad b = 0,072$$

$$c = L_{bal} * (1 / L) \qquad c = 0,144$$

$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) \qquad d = 0,072$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal}) \qquad e = 0,000$$

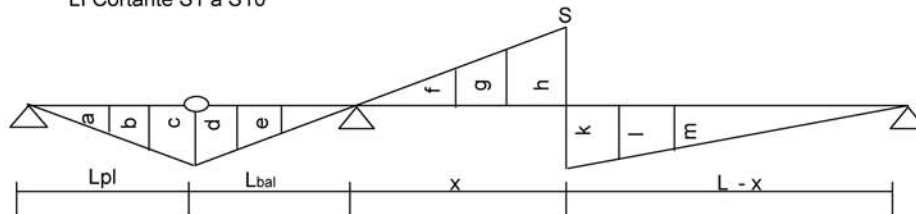
$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L) \qquad f = 0,928$$

$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L) \qquad g = 0,856$$

$$Q_{S0dir_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; 1,000 + f + g)]$$

$$Q_{S0dir_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} & e &= (L_{bal} - 3,00) * c / L_{bal} & k &= (L - x) / L \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} & f &= (x - 3,00) * h / x & l &= (L - x - 1,50) * k / (L - x) \\
 c &= L_{bal} * h / x & g &= (x - 1,5) * h / x & m &= (L - x - 3,00) * k / (L - x) \\
 d &= (L_{bal} - 1,50) * c / L_{bal} & h &= x / L
 \end{aligned}$$

$L (m) = 20,900$

$L_{pl} (m) = 3,000$
 $L_{bal} (m) = 3,000$

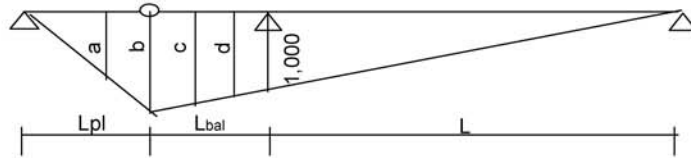
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	2,09	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,900	0,828	0,756
S2	4,18	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,800	0,728	0,656
S3	6,27	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,700	0,628	0,556
S4	8,36	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,600	0,528	0,456
S5	10,45	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,500	0,428	0,356
S6	12,54	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,400	0,328	0,256
S7	14,63	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,300	0,228	0,156
S8	16,72	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,200	0,128	0,056
S9	18,81	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,100	0,028	-0,044
S10	20,90	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,000	0,000	0,000

$Q_{max} = P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; k + l + m)] + p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + k * (L - x) / 2]$

Seção	x (m)	f	g	h
S1	2,09	-0,044	0,028	0,100
S2	4,18	0,056	0,128	0,200
S3	6,27	0,156	0,228	0,300
S4	8,36	0,256	0,328	0,400
S5	10,45	0,356	0,428	0,500
S6	12,54	0,456	0,528	0,600
S7	14,63	0,556	0,628	0,700
S8	16,72	0,656	0,728	0,800
S9	18,81	0,756	0,828	0,900
S10	20,90	0,856	0,928	1,000

$Q_{min} = -P * (f + g + h) - p * h * x / 2$

LI Reação de apoio



$$a = (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} \quad a = 0,572$$

$$b = (L_{bal} + L) * (1 / L) \quad b = 1,144$$

$$c = (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) \quad c = 1,072$$

$$d = (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) \quad d = 1,000$$

$$R_{max} = p * [b * (L_{pl} + L_{bal} + L) / 2] + P * [\text{maior} (a + b + c ; b + c + d)]$$

$$R_{min} = 0$$

Esforços Viga V1

$$P \text{ (tf)} = 8,232$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1,811$$

$$R_{max} \text{ (tf)} = 54,3$$

$$R_{min} \text{ (tf)} = 0,0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	15,1	0,0	0,0	0,0
S1/2Bal	17,8	0,0	0,0	-24,6
S0 esq	20,5	0,0	0,0	-65,7
S0 dir	42,6	0,0	0,0	-65,7
S1	36,6	-0,9	78,3	-59,1
S2	30,9	-3,9	138,5	-52,6
S3	25,6	-7,3	180,3	-46,0
S4	20,6	-11,1	206,5	-39,4
S5	16,1	-15,3	215,6	-32,8
S6	11,9	-19,9	206,5	-26,3
S7	8,1	-24,8	180,3	-19,7
S8	4,7	-30,1	138,5	-13,1
S9	3,3	-35,8	78,3	-6,6
S10	3,1	-41,8	0,0	0,0

Tensões normais

$$\sigma_s = M / W_{s\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s'\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = - M / W_{i\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0,554	0,865	0,294	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0,554	0,865	0,294	0	0	0	-44	-28	84
0	0,554	0,865	0,294	0	0	0	-119	-76	223
1	0,543	0,961	0,218	144	81	-359	-109	-61	271
2	0,543	0,961	0,218	255	144	-635	-97	-55	241
3	0,543	0,961	0,218	332	188	-827	-85	-48	211
4	0,543	0,961	0,218	380	215	-947	-73	-41	181
5	0,543	0,961	0,218	397	224	-989	-60	-34	151
6	0,543	0,961	0,218	380	215	-947	-48	-27	121
7	0,543	0,961	0,218	332	188	-827	-36	-20	90
8	0,543	0,961	0,218	255	144	-635	-24	-14	60
9	0,543	0,961	0,218	144	81	-359	-12	-7	30
10	0,543	0,961	0,218	0	0	0	0	0	0

Esforços Viga V2

P (tf) = 5,620
 p (tf/m) = 1,537

R_{max} (tf) = 41,7
 R_{min} (tf) = 0,0

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	10,7	0,0	0,0	0,0
S1/2Bal	13,0	0,0	0,0	-17,8
S0 esq	15,3	0,0	0,0	-47,6
S0 dir	32,4	0,0	0,0	-47,6
S1	27,6	-0,6	59,4	-42,8
S2	23,2	-2,8	105,0	-38,0
S3	19,1	-5,3	136,9	-33,3
S4	15,4	-8,1	156,7	-28,5
S5	11,9	-11,2	163,6	-23,8
S6	8,8	-14,7	156,7	-19,0
S7	6,0	-18,5	136,9	-14,3
S8	3,5	-22,6	105,0	-9,5
S9	2,4	-27,0	59,4	-4,8
S10	2,3	-31,7	0,0	0,0

Tensões normais

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	0,573	0,905	0,296	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0,573	0,905	0,296	0	0	0	-31	-20	60
0	0,573	0,905	0,296	0	0	0	-83	-53	161
1	0,561	1,008	0,219	106	59	-271	-76	-42	195
2	0,561	1,008	0,219	187	104	-480	-68	-38	174
3	0,561	1,008	0,219	244	136	-625	-59	-33	152
4	0,561	1,008	0,219	279	155	-716	-51	-28	130
5	0,561	1,008	0,219	292	162	-747	-42	-24	109
6	0,561	1,008	0,219	279	155	-716	-34	-19	87
7	0,561	1,008	0,219	244	136	-625	-25	-14	65
8	0,561	1,008	0,219	187	104	-480	-17	-9	43
9	0,561	1,008	0,219	106	59	-271	-8	-5	22
10	0,561	1,008	0,219	0	0	0	0	0	0

Esforços de Protensão

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

Primeira etapa de protensão

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	0,0	0,0	0,0
S _{1/2Bal}	244,9	24,1	32,4
0 esq	255,6	0,0	55,9
0 dir	255,6	0,0	55,9
1	267,3	-50,7	5,1
2	275,8	-45,6	-113,7
3	282,4	-8,7	-174,0
4	278,9	0,0	-174,8
5	277,5	0,0	-173,9
6	276,0	0,0	-172,9
7	274,5	0,0	-172,0
8	268,9	14,0	-158,0
9	258,6	37,2	-100,5
10	0,0	0,0	0,0

Tempo T = oo			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	0,0	0,0	0,0
S _{1/2Bal}	206,9	20,3	27,4
0 esq	216,6	0,0	47,4
0 dir	216,6	0,0	47,4
1	222,3	-42,2	4,2
2	225,5	-37,3	-93,0
3	225,4	-6,9	-138,9
4	225,1	0,0	-141,1
5	225,3	0,0	-141,2
6	223,8	0,0	-140,2
7	220,6	0,0	-138,2
8	214,2	11,1	-125,9
9	209,6	30,1	-81,5
10	0,0	0,0	0,0

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = 0		
					σ_s (tf/m2)	σ'_s (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
S _{ExtBal}	0,743	-	0,197	0,177	-	0	0
S _{1/2Bal}	0,743	-	0,197	0,177	-	494	147
0	0,743	-	0,197	0,177	-	628	28
1	0,445	-	0,163	0,148	-	632	566
2	0,445	-	0,163	0,148	-	-78	1388
3	0,445	-	0,163	0,148	-	-433	1810
4	0,445	-	0,163	0,148	-	-446	1808
5	0,445	-	0,163	0,148	-	-443	1799
6	0,445	-	0,163	0,148	-	-441	1788
7	0,445	-	0,163	0,148	-	-438	1779
8	0,445	-	0,163	0,148	-	-365	1672
9	0,445	-	0,163	0,148	-	-35	1260
10	0,445	-	0,163	0,148	-	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0,743	-	0,197	0,177	-	0	0
S1/2Bal	0,743	-	0,197	0,177	-	418	124
0	0,743	-	0,197	0,177	-	532	24
1	0,445	-	0,163	0,148	-	525	471
2	0,445	-	0,163	0,148	-	-64	1135
3	0,445	-	0,163	0,148	-	-346	1445
4	0,445	-	0,163	0,148	-	-360	1459
5	0,445	-	0,163	0,148	-	-360	1460
6	0,445	-	0,163	0,148	-	-357	1450
7	0,445	-	0,163	0,148	-	-352	1430
8	0,445	-	0,163	0,148	-	-291	1332
9	0,445	-	0,163	0,148	-	-29	1022
10	0,445	-	0,163	0,148	-	0	0

Segunda etapa de protensão

Seção	Tempo T = 0		
	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0,0	0,0	0,0
S1/2Bal	0,0	0,0	0
0 esq	0,0	0,0	0,0
0 dir	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0
3	126,2	-34,3	-70,5
4	139,3	-8,4	-126,5
5	142,9	0,0	-134,7
6	139,3	8,4	-126,5
7	125,2	35,7	-71,3
8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0

Seção	Tempo T = oo		
	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0,0	0,0	0,0
S1/2Bal	0,0	0,0	0
0 esq	0,0	0,0	0,0
0 dir	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0
3	99,9	-27,2	-55,8
4	104,7	-6,3	-95,0
5	108,2	0,0	-101,9
6	105,7	6,4	-96,0
7	100,1	28,7	-56,9
8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = 0		
					σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	1,248	0,554	0,865	0,294	0	0	0
S1/2Bal	1,248	0,554	0,865	0,294	0	0	0
0	1,248	0,554	0,865	0,294	0	0	0
1	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
2	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
3	0,95	0,543	0,961	0,218	3	60	456
4	0,95	0,543	0,961	0,218	-86	15	727
5	0,95	0,543	0,961	0,218	-98	10	768
6	0,95	0,543	0,961	0,218	-86	15	727
7	0,95	0,543	0,961	0,218	0	58	459
8	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
9	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
10	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	1,248	0,554	0,865	0,294	0	0	0
S1/2Bal	1,248	0,554	0,865	0,294	0	0	0
0	1,248	0,554	0,865	0,294	0	0	0
1	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
2	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
3	0,95	0,543	0,961	0,218	2	47	361
4	0,95	0,543	0,961	0,218	-65	11	546
5	0,95	0,543	0,961	0,218	-74	8	581
6	0,95	0,543	0,961	0,218	-66	11	552
7	0,95	0,543	0,961	0,218	1	46	366
8	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
9	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0
10	0,95	0,543	0,961	0,218	0	0	0

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA
=====

1 Viga de 24,25 m - Viga de Bordo - Primeira Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

20.90 3.00 .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	.743	.130	.197	.177	.734
0	.743	.130	.197	.177	.734
1	.445	.109	.163	.148	.736
2	.445	.109	.163	.148	.736
3	.445	.109	.163	.148	.736
4	.445	.109	.163	.148	.736
5	.445	.109	.163	.148	.736
6	.445	.109	.163	.148	.736
7	.445	.109	.163	.148	.736
8	.445	.109	.163	.148	.736
9	.445	.109	.163	.148	.736

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.09 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= 3.00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.26	3.00	14092.	10531.
0	1.30	.00	13856.	10767.
1	1.12	-10.00	13196.	11427.
2	.63	-14.00	12900.	11723.
3	.24	-4.50	12312.	12312.
4	.20	.00	12009.	12009.
5	.20	.00	11947.	11947.
6	.20	.00	11884.	11884.
7	.20	.00	11822.	11822.
8	.28	5.50	11482.	11482.
9	.60	12.00	11103.	11103.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)

=====

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.09 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.01	5.50	14184.	11503.
0	1.10	.00	13796.	11891.
1	.91	-10.00	13138.	12549.
2	.41	-14.00	12844.	12844.
3	.08	-2.50	12151.	12151.
4	.08	.00	11957.	11957.
5	.08	.00	11895.	11895.
6	.08	.00	11833.	11833.
7	.08	.00	11771.	11771.
8	.15	4.50	11482.	11482.
9	.42	11.00	11103.	11103.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 (1 CABOS)

=====

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.09 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.73	6.50	14184.	10385.
0	.85	.00	13736.	10833.
1	.65	-11.00	13024.	11545.
2	.19	-8.50	12816.	11754.
3	.08	.00	12285.	12285.
4	.08	.00	12221.	12221.
5	.08	.00	12157.	12157.
6	.08	.00	12094.	12094.
7	.08	.00	12031.	12031.
8	.09	2.00	11864.	11864.
9	.27	7.00	11547.	11547.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 4 (1 CABOS)

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.09 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.44	7.50	14184.	10299.
0	.55	.00	13676.	10807.
1	.33	-12.00	12911.	11573.
2	.08	-1.00	12242.	12242.
3	.08	.00	12125.	12125.
4	.08	.00	12062.	12062.
5	.08	.00	11999.	11999.
6	.08	.00	11936.	11936.
7	.08	.00	11874.	11874.
8	.08	.00	11812.	11812.
9	.12	3.00	11598.	11598.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 282.2 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.13	3.98	10397.8
0	.22	4.00	10792.4
1	.02	3.93	11491.9
2	-.41	3.93	11857.3
3	-.62	4.00	11935.9
4	-.63	4.00	11779.9
5	-.63	4.00	11717.1
6	-.63	4.00	11654.5
7	-.63	4.00	11592.3
8	-.59	3.99	11378.1
9	-.39	3.95	11057.4

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	244.9	24.1	32.4	494.3	146.4	.0	.0	.0
0	255.6	.0	55.9	627.8	28.0	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	267.3	-50.7	5.1	631.9	566.4	.0	.0	.0
2	275.8	-45.6	-113.7	-77.9	1388.3	.0	.0	.0
3	282.4	-8.7	-174.0	-433.0	1810.2	.0	.0	.0
4	278.9	.0	-174.8	-445.5	1807.9	.0	.0	.0
5	277.5	.0	-173.9	-443.1	1798.2	.0	.0	.0
6	276.0	.0	-172.9	-440.8	1788.6	.0	.0	.0
7	274.5	.0	-172.0	-438.4	1779.1	.0	.0	.0
8	268.9	14.0	-158.0	-365.1	1671.7	.0	.0	.0
9	258.6	37.2	-100.5	-35.7	1260.6	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

1

APOIO REACAO
1 (T)
.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-59.0	65.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	-52.0	58.0	-132.0	147.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	82.0	-90.0	11.0	-12.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	193.0	-212.0	147.0	-162.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	273.0	-301.0	250.0	-275.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
4	324.0	-357.0	318.0	-351.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
5	345.0	-380.0	353.0	-389.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
6	336.0	-371.0	350.0	-386.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
7	298.0	-328.0	313.0	-345.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	229.0	-253.0	243.0	-267.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	131.0	-144.0	138.0	-152.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :
 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 3)F1=P+G1
 F2=F1+G2
 F3=F2+G3
 F4=F3+I.QMAX
 F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	479.3	420.3	420.3	420.3	420.3
-1	I	163.4	228.4	228.4	228.4	228.4
0	S	575.8	443.8	443.8	443.8	443.8
0	I	86.0	233.0	233.0	233.0	233.0
1	S	713.9	724.9	724.9	724.9	724.9
1	I	476.4	464.4	464.4	464.4	464.4
2	S	115.1	262.1	262.1	262.1	262.1
2	I	1176.3	1014.3	1014.3	1014.3	1014.3
3	S	-160.0	90.0	90.0	90.0	90.0
3	I	1509.2	1234.2	1234.2	1234.2	1234.2
4	S	-121.5	196.5	196.5	196.5	196.5
4	I	1450.9	1099.9	1099.9	1099.9	1099.9
5	S	-98.1	254.9	254.9	254.9	254.9
5	I	1418.2	1029.2	1029.2	1029.2	1029.2
6	S	-104.8	245.2	245.2	245.2	245.2
6	I	1417.6	1031.6	1031.6	1031.6	1031.6
7	S	-140.4	172.6	172.6	172.6	172.6
7	I	1451.1	1106.1	1106.1	1106.1	1106.1
8	S	-136.1	106.9	106.9	106.9	106.9
8	I	1418.7	1151.7	1151.7	1151.7	1151.7
9	S	95.3	233.3	233.3	233.3	233.3
9	I	1116.6	964.6	964.6	964.6	964.6

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-------	--------------------	---------------	------------------	-------------	----------------------

1

-1	494.2	489.8	630.0	1614.0	8783.8
0	489.3	525.5	630.0	1644.8	9147.6
1	479.4	825.4	630.0	1934.8	9557.1
2	451.5	1081.4	630.0	2163.0	9694.3
3	419.8	1359.0	630.0	2408.8	9527.1
4	418.0	1225.7	630.0	2273.6	9506.3
5	418.0	1153.5	630.0	2201.4	9515.6
6	418.0	1155.3	630.0	2203.3	9451.2
7	418.0	1230.2	630.0	2278.1	9314.2
8	424.6	1259.4	630.0	2314.1	9064.1
9	454.1	1013.8	630.0	2097.9	8959.5

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	206.9	20.3	27.4	417.6	123.6	.0	.0	.0
0	216.6	.0	47.4	532.2	23.7	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	222.3	-42.2	4.2	525.5	471.1	.0	.0	.0
2	225.5	-37.3	-93.0	-63.7	1135.0	.0	.0	.0
3	225.4	-6.9	-138.9	-345.6	1444.9	.0	.0	.0
4	225.1	.0	-141.1	-359.5	1459.0	.0	.0	.0
5	225.3	.0	-141.2	-359.9	1460.4	.0	.0	.0
6	223.8	.0	-140.2	-357.4	1450.5	.0	.0	.0
7	220.6	.0	-138.2	-352.3	1429.5	.0	.0	.0
8	214.2	11.1	-125.9	-290.8	1331.8	.0	.0	.0
9	209.6	30.1	-81.5	-28.9	1021.4	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

1

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

1

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-59.0	65.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	-52.0	58.0	-132.0	147.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	82.0	-90.0	11.0	-12.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	193.0	-212.0	147.0	-162.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	273.0	-301.0	250.0	-275.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
4	324.0	-357.0	318.0	-351.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
5	345.0	-380.0	353.0	-389.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
6	336.0	-371.0	350.0	-386.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
7	298.0	-328.0	313.0	-345.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	229.0	-253.0	243.0	-267.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	131.0	-144.0	138.0	-152.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

- NOTAS :
- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 - 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 - 3)F1=P+G1
 - F2=F1+G2
 - F3=F2+G3
 - F4=F3+I.QMAX
 - F5=F3+I.QMIN

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	402.6	343.6	343.6	343.6	343.6
-1	I	140.6	205.6	205.6	205.6	205.6
0	S	480.2	348.2	348.2	348.2	348.2
0	I	81.7	228.7	228.7	228.7	228.7

1	S	607.5	618.5	618.5	618.5	618.5
1	I	381.1	369.1	369.1	369.1	369.1
2	S	129.3	276.3	276.3	276.3	276.3
2	I	923.0	761.0	761.0	761.0	761.0
3	S	-72.6	177.4	177.4	177.4	177.4
3	I	1143.9	868.9	868.9	868.9	868.9
4	S	-35.5	282.5	282.5	282.5	282.5
4	I	1102.0	751.0	751.0	751.0	751.0
5	S	-14.9	338.1	338.1	338.1	338.1
5	I	1080.4	691.4	691.4	691.4	691.4
6	S	-21.4	328.6	328.6	328.6	328.6
6	I	1079.5	693.5	693.5	693.5	693.5
7	S	-54.3	258.7	258.7	258.7	258.7
7	I	1101.5	756.5	756.5	756.5	756.5
8	S	-61.8	181.2	181.2	181.2	181.2
8	I	1078.8	811.8	811.8	811.8	811.8
9	S	102.1	240.1	240.1	240.1	240.1
9	I	877.4	725.4	725.4	725.4	725.4

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	148.	0.	148.
2	147.	0.	147.
3	150.	0.	150.
4	148.	0.	148.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA
=====

1 Viga de 24,25 m - Viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

20.90 3.00 .00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.248	.307	.865	.294	1.044
0	1.248	.307	.865	.294	1.044
1	.950	.249	.961	.218	1.142
2	.950	.249	.961	.218	1.142
3	.950	.249	.961	.218	1.142
4	.950	.249	.961	.218	1.142
5	.950	.249	.961	.218	1.142
6	.950	.249	.961	.218	1.142
7	.950	.249	.961	.218	1.142
8	.950	.249	.961	.218	1.142
9	.950	.249	.961	.218	1.142

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C5

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.70 /FINAL= 2.70 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 13.00 /FINAL= 12.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
3	.42	-12.00	13374.	11335.
4	.20	.00	12625.	12084.
5	.20	.00	12559.	12149.
6	.20	.00	12625.	12084.
7	.41	12.50	13403.	11306.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)

CABOS NUM. C6

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= 1.50 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 6.50 /FINAL= 5.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
3	.76	-18.50	13800.	10869.
4	.27	-7.00	13056.	11613.
5	.20	.00	12597.	12071.
6	.27	7.00	13056.	11613.
7	.75	19.50	13860.	10809.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 38.1 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.00	.00	-38.1
0	.00	.00	-38.1
1	.00	.00	-38.1
2	.00	.00	-38.1
3	-.56	1.93	11067.6
4	-.91	1.99	11810.9
5	-.94	2.00	12072.3
6	-.91	1.99	11810.9
7	-.57	1.92	11023.6
8	.00	.00	-38.1
9	.00	.00	-38.1

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	126.2	-34.3	-70.5	59.5	456.2	.0	.0	.0
4	139.3	-8.4	-126.5	15.0	727.0	.0	.0	.0
5	142.9	.0	-134.7	10.3	768.2	.0	.0	.0
6	139.3	8.4	-126.5	15.0	727.0	.0	.0	.0
7	125.2	35.7	-71.3	57.7	458.7	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

REAÇÕES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTÁTICO DA PROTENSÃO

APOIO	REAÇÃO (T)
1	.00

1

TENSÕES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	420.3	228.4	-7.0	22.0	.0	.0	.0	.0	-28.0	84.0
0	443.8	233.0	-17.0	51.0	.0	.0	.0	.0	-76.0	223.0
1	724.9	464.4	5.0	-23.0	.0	.0	81.0	-359.0	-61.0	271.0
2	262.1	1014.3	22.0	-95.0	.0	.0	144.0	-635.0	-55.0	241.0
3	90.0	1234.2	34.0	-149.0	.0	.0	188.0	-827.0	-48.0	211.0
4	196.5	1099.9	42.0	-184.0	.0	.0	215.0	-947.0	-41.0	181.0
5	254.9	1029.2	45.0	-200.0	.0	.0	224.0	-989.0	-34.0	151.0
6	245.2	1031.6	45.0	-198.0	.0	.0	215.0	-947.0	-27.0	121.0
7	172.6	1106.1	40.0	-177.0	.0	.0	188.0	-827.0	-20.0	90.0
8	106.9	1151.7	31.0	-137.0	.0	.0	144.0	-635.0	-14.0	60.0
9	233.3	964.6	18.0	-78.0	.0	.0	81.0	-359.0	-7.0	30.0

1

TENSÕES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

- NOTAS :
- 1) TENSÕES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 - 2) COMPRESSÃO = + / TRACAO = -
 - 3) F1=P+G1
F2=F1+G2
F3=F2+G3
F4=F3+I.QMAX
F5=F3+I.QMIN

SECAO	F1	F2	F3	F4	F5
-1 S	420.3	413.3	413.3	413.3	385.3
-1 I	228.4	250.4	250.4	250.4	334.4
0 S	443.8	426.8	426.8	426.8	350.8
0 I	233.0	284.0	284.0	284.0	507.0
1 S	724.9	729.9	729.9	810.9	668.9
1 I	464.4	441.4	441.4	82.4	712.4
2 S	262.1	284.1	284.1	428.1	229.1
2 I	1014.3	919.3	919.3	284.3	1160.3
3 S	149.5	183.5	183.5	371.5	135.5
3 I	1690.4	1541.4	1541.4	714.4	1752.4
4 S	211.5	253.5	253.5	468.5	212.5
4 I	1826.9	1642.9	1642.9	695.9	1823.9
5 S	265.2	310.2	310.2	534.2	276.2
5 I	1797.4	1597.4	1597.4	608.4	1748.4
6 S	260.2	305.2	305.2	520.2	278.2
6 I	1758.6	1560.6	1560.6	613.6	1681.6
7 S	230.3	270.3	270.3	458.3	250.3
7 I	1564.8	1387.8	1387.8	560.8	1477.8
8 S	106.9	137.9	137.9	281.9	123.9
8 I	1151.7	1014.7	1014.7	379.7	1074.7
9 S	233.3	251.3	251.3	332.3	244.3

9 I 964.6 886.6 886.6 527.6 916.6

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1194.6
0	526.5	.0	630.0	1156.5	-1194.6
1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1194.6
2	526.5	.0	630.0	1156.5	-1194.6
3	501.8	1174.3	630.0	2306.1	8761.5
4	480.2	1827.8	630.0	2937.9	8873.0
5	477.5	1828.6	630.0	2936.2	9136.1
6	480.2	1738.2	630.0	2848.4	8962.5
7	501.4	1082.0	630.0	2213.4	8810.2
8	526.5	.0	630.0	1156.5	-1194.6
9	526.5	.0	630.0	1156.5	-1194.6

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	99.9	-27.1	-55.8	47.1	361.1	.0	.0	.0
4	104.7	-6.3	-95.0	11.3	546.1	.0	.0	.0
5	108.2	.0	-101.9	7.8	581.4	.0	.0	.0
6	105.7	6.3	-96.0	11.4	551.6	.0	.0	.0
7	100.1	28.5	-56.9	46.1	366.6	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	343.6	205.6	-7.0	22.0	.0	.0	.0	.0	-28.0	84.0
0	348.2	228.7	-17.0	51.0	.0	.0	.0	.0	-76.0	223.0
1	618.5	369.1	5.0	-23.0	.0	.0	81.0	-359.0	-61.0	271.0
2	276.3	761.0	22.0	-95.0	.0	.0	144.0	-635.0	-55.0	241.0
3	177.4	868.9	34.0	-149.0	.0	.0	188.0	-827.0	-48.0	211.0
4	282.5	751.0	42.0	-184.0	.0	.0	215.0	-947.0	-41.0	181.0
5	338.1	691.4	45.0	-200.0	.0	.0	224.0	-989.0	-34.0	151.0
6	328.6	693.5	45.0	-198.0	.0	.0	215.0	-947.0	-27.0	121.0
7	258.7	756.5	40.0	-177.0	.0	.0	188.0	-827.0	-20.0	90.0
8	181.2	811.8	31.0	-137.0	.0	.0	144.0	-635.0	-14.0	60.0
9	240.1	725.4	18.0	-78.0	.0	.0	81.0	-359.0	-7.0	30.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

=====

TEMPO T=INFINITO

NOTAS :

1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2

2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -

3)F1=P+G1

$$F2=F1+G2$$

$$F3=F2+G3$$

$$F4=F3+I.QMAX$$

$$F5=F3+I.QMIN$$

SECAO		F1	F2	F3	F4	F5
-1	S	343.6	336.6	336.6	336.6	308.6
-1	I	205.6	227.6	227.6	227.6	311.6
0	S	348.2	331.2	331.2	331.2	255.2
0	I	228.7	279.7	279.7	279.7	502.7
1	S	618.5	623.5	623.5	704.5	562.5
1	I	369.1	346.1	346.1	-12.9	617.1
2	S	276.3	298.3	298.3	442.3	243.3
2	I	761.0	666.0	666.0	31.0	907.0
3	S	224.5	258.5	258.5	446.5	210.5
3	I	1230.0	1081.0	1081.0	254.0	1292.0
4	S	293.8	335.8	335.8	550.8	294.8
4	I	1297.1	1113.1	1113.1	166.1	1294.1
5	S	345.9	390.9	390.9	614.9	356.9
5	I	1272.8	1072.8	1072.8	83.8	1223.8
6	S	340.0	385.0	385.0	600.0	358.0
6	I	1245.1	1047.1	1047.1	100.1	1168.1
7	S	304.8	344.8	344.8	532.8	324.8
7	I	1123.1	946.1	946.1	119.1	1036.1
8	S	181.2	212.2	212.2	356.2	198.2
8	I	811.8	674.8	674.8	39.8	734.8
9	S	240.1	258.1	258.1	339.1	251.1
9	I	725.4	647.4	647.4	288.4	677.4

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	41.	41.	81.
2	33.	33.	66.

Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo
Fases de verificação das tensões

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-15	494	479	-59	420	0	420
	σ_i (tf/m ²)	17	147	164	65	229	0	229
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-52	628	576	-132	444	0	444
	σ_i (tf/m ²)	58	28	86	147	233	0	233
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	82	632	714	11	725	0	725
	σ_i (tf/m ²)	-90	566	476	-12	464	0	464
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	193	-78	115	147	262	0	262
	σ_i (tf/m ²)	-212	1388	1176	-162	1014	0	1014
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	3	3
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	273	-433	-160	250	90	60	150
	σ_i (tf/m ²)	-301	1810	1509	-275	1234	456	1691
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	324	-446	-121	318	197	15	212
	σ_i (tf/m ²)	-357	1808	1451	-351	1100	727	1827
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-98	-98
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	345	-443	-98	353	255	10	266
	σ_i (tf/m ²)	-380	1799	1418	-389	1029	768	1798
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	336	-441	-104	350	246	15	261
	σ_i (tf/m ²)	-371	1788	1418	-386	1032	727	1759
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	298	-438	-141	313	173	58	231
	σ_i (tf/m ²)	-328	1779	1451	-345	1106	459	1565
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	229	-365	-136	243	107	0	107
	σ_i (tf/m ²)	-253	1672	1419	-267	1152	0	1152
S ₉	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	131	-35	96	138	234	0	234
	σ_i (tf/m ²)	-144	1260	1116	-152	963	0	963

Seção	G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-12	-12	-44	0	-56	-12
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-7	413	-28	0	384	413
	σ_i (tf/m ²)	22	251	84	0	335	251
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-27	-27	-119	0	-146	-27
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-17	427	-76	0	351	427
	σ_i (tf/m ²)	51	283	223	0	507	283
S ₁	σ_s (tf/m ²)	9	9	-109	144	-100	153
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	5	730	-61	81	669	812
	σ_i (tf/m ²)	-23	441	271	-359	712	82
S ₂	σ_s (tf/m ²)	38	38	-97	255	-58	293
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	22	284	-55	144	229	428
	σ_i (tf/m ²)	-95	918	241	-635	1159	283
S ₃	σ_s (tf/m ²)	60	63	-85	332	-22	395
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	34	183	-48	188	136	371
	σ_i (tf/m ²)	-149	1541	211	-827	1752	714
S ₄	σ_s (tf/m ²)	74	-12	-73	380	-85	368
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	42	254	-41	215	213	468
	σ_i (tf/m ²)	-184	1643	181	-947	1824	696
S ₅	σ_s (tf/m ²)	80	-17	-60	397	-78	380
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	45	311	-34	224	277	535
	σ_i (tf/m ²)	-200	1597	151	-989	1748	608
S ₆	σ_s (tf/m ²)	79	-7	-48	380	-55	373
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	45	306	-27	215	279	521
	σ_i (tf/m ²)	-198	1561	121	-947	1682	614
S ₇	σ_s (tf/m ²)	71	71	-36	332	35	404
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	40	271	-20	188	250	458
	σ_i (tf/m ²)	-177	1388	90	-827	1478	561
S ₈	σ_s (tf/m ²)	55	55	-24	255	31	310
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	31	138	-14	144	125	282
	σ_i (tf/m ²)	-137	1015	60	-635	1075	380
S ₉	σ_s (tf/m ²)	31	31	-12	144	19	175
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	18	252	-7	81	245	333
	σ_i (tf/m ²)	-78	886	30	-359	916	526

Tempo T = 00

Fase 7 = Fase4 + $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$

F8 = F7 + CM_{mínima}

F9 = F7 + CM_{máxima}

1ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	418	124	-	494	147	-	-77	-23
0	-	532	24	-	628	28	-	-96	-4
1	-	525	471	-	632	566	-	-107	-95
2	-	-64	1135	-	-78	1388	-	14	-253
3	-	-346	1445	-	-433	1810	-	87	-365
4	-	-360	1459	-	-446	1808	-	86	-349
5	-	-360	1460	-	-443	1799	-	83	-338
6	-	-357	1450	-	-441	1788	-	83	-338
7	-	-352	1430	-	-438	1779	-	86	-350
8	-	-291	1332	-	-365	1672	-	74	-340
9	-	-29	1022	-	-35	1260	-	6	-238
10	-	0	0	-	0	0	-	0	0

2ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	47	361	3	60	456	-1	-12	-95
4	-65	11	546	-86	15	727	22	-4	-181
5	-74	8	581	-98	10	768	24	-2	-187
6	-66	11	552	-86	15	727	21	-4	-175
7	1	46	366	0	58	459	0	-11	-92
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Perda total de protensão

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
S _{ExtBal}	0	0	0
S _{1/2Bal}	0	-77	-23
0	0	-96	-4
1	0	-107	-95
2	0	14	-253
3	-1	75	-460
4	22	82	-530
5	24	81	-525
6	21	80	-514
7	0	75	-442
8	0	74	-340
9	0	6	-238
10	0	0	0

Tempo T = 00

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 8	Fase 9	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-12	0	-12	-44	0	-56	-12
	σ'_s (tf/m ²)	413	-77	336	-28	0	308	336
	σ_i (tf/m ²)	251	-23	228	84	0	312	228
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-27	0	-27	-119	0	-146	-27
	σ'_s (tf/m ²)	427	-96	331	-76	0	255	331
	σ_i (tf/m ²)	283	-4	279	223	0	502	279
S ₁	σ_s (tf/m ²)	9	0	9	-109	144	-100	153
	σ'_s (tf/m ²)	730	-107	623	-61	81	562	705
	σ_i (tf/m ²)	441	-95	346	271	-359	617	-13
S ₂	σ_s (tf/m ²)	38	0	38	-97	255	-58	293
	σ'_s (tf/m ²)	284	14	298	-55	144	243	442
	σ_i (tf/m ²)	918	-253	665	241	-635	907	30
S ₃	σ_s (tf/m ²)	63	-1	62	-85	332	-22	394
	σ'_s (tf/m ²)	183	75	258	-48	188	210	446
	σ_i (tf/m ²)	1541	-460	1081	211	-827	1292	254
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-12	22	9	-73	380	-63	389
	σ'_s (tf/m ²)	254	82	336	-41	215	295	551
	σ_i (tf/m ²)	1643	-530	1113	181	-947	1294	166
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-17	24	7	-60	397	-54	404
	σ'_s (tf/m ²)	311	81	392	-34	224	358	616
	σ_i (tf/m ²)	1597	-525	1072	151	-989	1223	83
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-7	21	14	-48	380	-34	394
	σ'_s (tf/m ²)	306	80	386	-27	215	358	601
	σ_i (tf/m ²)	1561	-514	1048	121	-947	1168	101
S ₇	σ_s (tf/m ²)	71	0	71	-36	332	35	404
	σ'_s (tf/m ²)	271	75	345	-20	188	325	533
	σ_i (tf/m ²)	1388	-442	946	90	-827	1036	119
S ₈	σ_s (tf/m ²)	55	0	55	-24	255	31	310
	σ'_s (tf/m ²)	138	74	212	-14	144	199	356
	σ_i (tf/m ²)	1015	-340	675	60	-635	736	40
S ₉	σ_s (tf/m ²)	31	0	31	-12	144	19	175
	σ'_s (tf/m ²)	252	6	258	-7	81	251	340
	σ_i (tf/m ²)	886	-238	647	30	-359	677	288

Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central
Fases de verificação das tensões

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S1/2Bal	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	-15	494	479	-36	442	0	442
	σ_i (tf/m2)	17	147	164	40	204	0	204
S0	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	-52	628	576	-88	488	0	488
	σ_i (tf/m2)	58	28	86	98	184	0	184
S1	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	82	632	714	73	787	0	787
	σ_i (tf/m2)	-90	566	476	-81	395	0	395
S2	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	193	-78	115	217	332	0	332
	σ_i (tf/m2)	-212	1388	1176	-239	936	0	936
S3	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	3	3
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	273	-433	-160	326	166	60	226
	σ_i (tf/m2)	-301	1810	1509	-359	1150	456	1607
S4	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	324	-446	-121	399	277	15	292
	σ_i (tf/m2)	-357	1808	1451	-439	1012	727	1738
S5	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	-98	-98
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	345	-443	-98	436	338	10	349
	σ_i (tf/m2)	-380	1799	1418	-480	938	768	1706
S6	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	336	-441	-104	420	316	15	331
	σ_i (tf/m2)	-371	1788	1418	-463	955	727	1682
S7	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	298	-438	-141	368	228	58	285
	σ_i (tf/m2)	-328	1779	1451	-406	1045	459	1504
S8	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	229	-365	-136	281	145	0	145
	σ_i (tf/m2)	-253	1672	1419	-310	1110	0	1110
S9	σ_s (tf/m2)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m2)	131	-35	96	158	254	0	254
	σ_i (tf/m2)	-144	1260	1116	-174	941	0	941

Seção	G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-6	-6	-31	0	-37	-6
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-4	439	-20	0	419	439
	σ_i (tf/m ²)	11	215	60	0	275	215
					0	0	
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-13	-13	-83	0	-96	-13
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-8	480	-53	0	427	480
	σ_i (tf/m ²)	26	209	161	0	370	209
					0	0	
S ₁	σ_s (tf/m ²)	3	3	-76	106	-73	109
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	2	789	-42	59	747	848
	σ_i (tf/m ²)	-9	386	195	-271	582	115
					0	0	
S ₂	σ_s (tf/m ²)	17	17	-76	187	-59	204
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	9	342	-42	104	299	446
	σ_i (tf/m ²)	-43	893	195	-480	1089	414
					0	0	
S ₃	σ_s (tf/m ²)	27	30	-59	244	-29	274
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	15	241	-33	136	208	377
	σ_i (tf/m ²)	-69	1538	152	-625	1690	913
					0	0	
S ₄	σ_s (tf/m ²)	33	-53	-51	279	-104	226
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	19	311	-28	155	283	467
	σ_i (tf/m ²)	-86	1653	130	-716	1783	937
					0	0	
S ₅	σ_s (tf/m ²)	37	-61	-42	292	-103	231
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	20	369	-24	162	345	531
	σ_i (tf/m ²)	-94	1613	109	-747	1721	866
		0			0	0	
S ₆	σ_s (tf/m ²)	36	-50	-34	279	-84	229
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	20	351	-19	155	332	507
	σ_i (tf/m ²)	-93	1590	87	-716	1676	874
		0			0	0	
S ₇	σ_s (tf/m ²)	32	33	-25	244	7	277
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	18	303	-14	136	289	439
	σ_i (tf/m ²)	-83	1421	65	-625	1487	796
		0			0	0	
S ₈	σ_s (tf/m ²)	25	25	-17	187	8	212
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	14	159	-9	104	150	264
	σ_i (tf/m ²)	-64	1046	43	-480	1089	566
		0			0	0	
S ₉	σ_s (tf/m ²)	14	14	-8	106	6	120
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	8	262	-5	59	257	321
	σ_i (tf/m ²)	-36	905	22	-271	927	634

Tempo T = 00

 Fase 7 = Fase4 + $\Delta\sigma$

 F9 = F7 + CM_{máxima}

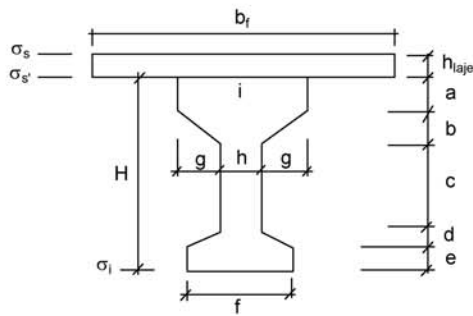
 F8 = F7 + CM_{mínima}
 $\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 8	Fase 9	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-6	0	-6	-31	0	-37	-6
	σ^s (tf/m ²)	439	-77	362	-20	0	343	362
	σ_i (tf/m ²)	215	-23	192	60	0	252	192
						0	0	
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-13	0	-13	-83	0	-96	-13
	σ^s (tf/m ²)	480	-96	384	-53	0	332	384
	σ_i (tf/m ²)	209	-4	205	161	0	365	205
						0	0	
S ₁	σ_s (tf/m ²)	3	0	3	-76	106	-73	109
	σ^s (tf/m ²)	789	-107	683	-42	59	640	742
	σ_i (tf/m ²)	386	-95	291	195	-271	487	20
						0	0	
S ₂	σ_s (tf/m ²)	17	0	17	-76	187	-59	204
	σ^s (tf/m ²)	342	14	356	-42	104	313	460
	σ_i (tf/m ²)	893	-253	640	195	-480	836	161
						0	0	
S ₃	σ_s (tf/m ²)	30	-1	29	-59	244	-30	273
	σ^s (tf/m ²)	241	75	316	-33	136	283	451
	σ_i (tf/m ²)	1538	-460	1077	152	-625	1229	452
						0	0	
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-53	22	-31	-51	279	-82	248
	σ^s (tf/m ²)	311	82	393	-28	155	365	549
	σ_i (tf/m ²)	1653	-530	1123	130	-716	1253	408
						0	0	
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-61	24	-37	-42	292	-80	254
	σ^s (tf/m ²)	369	81	450	-24	162	426	612
	σ_i (tf/m ²)	1613	-525	1087	109	-747	1196	340
						0	0	
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-50	21	-29	-34	279	-63	250
	σ^s (tf/m ²)	351	80	431	-19	155	412	586
	σ_i (tf/m ²)	1590	-514	1076	87	-716	1163	360
						0	0	
S ₇	σ_s (tf/m ²)	33	0	33	-25	244	7	277
	σ^s (tf/m ²)	303	75	378	-14	136	364	514
	σ_i (tf/m ²)	1421	-442	979	65	-625	1045	354
						0	0	
S ₈	σ_s (tf/m ²)	25	0	25	-17	187	8	212
	σ^s (tf/m ²)	159	74	233	-9	104	224	338
	σ_i (tf/m ²)	1046	-340	706	43	-480	749	226
						0	0	
S ₉	σ_s (tf/m ²)	14	0	14	-8	106	6	120
	σ^s (tf/m ²)	262	6	268	-5	59	264	327

σ_i (tf/m ²)	905	-238	666	22	-271	688	395
---------------------------------	------------	-------------	------------	-----------	-------------	------------	------------

Verificação do Estado Limite Último (Verificação à Ruptura da Seção S₅)

Verificação da Seção do Meio do Vão (S₅)



- b_f (m) = 2,525
- h_{laje} (m) = 0,200
- a (m) = 0,120
- b (m) = 0,100
- c (m) = 0,830
- d (m) = 0,150
- e (m) = 0,200
- f (m) = 0,500
- g (m) = 0,310
- h (m) = 0,180
- i (m) = 0,800
- H (m) = 1,400

Materiais:

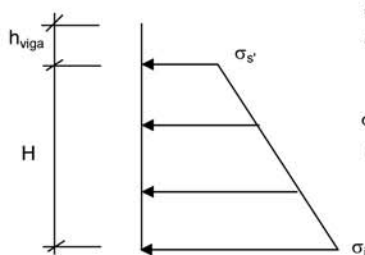
Concreto: f_{ck} (MPa) = 35,0

E_c (kgf/cm²) = 330.000

Aço: CP-190-RB

E_{sp} (kgf/cm²) = 1.950.000

Tensões de peso próprio + protensão em t = ∞



$\sigma_s' = \sigma_s'$ da seção S₅ na Fase 7

$\sigma_i = \sigma_i$ da seção S₅ na Fase 7

$\sigma_s' \text{ (tf/m}^2\text{)} = 391,9$

$\sigma_i \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1072,0$

Tensões no aço de protensão após as perdas (t = ∞)

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=0} - 1^{\text{prot.}} + \sigma_{sp}^{t=0} - 2^{\text{prot.}}$$

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 93.468$$

Solicitações atuantes na seção S₅

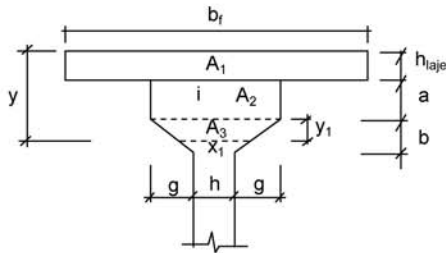
M_{g1} (tf.m) = 56,3

M_{g2} (tf.m) = 57,6

M_{g3} (tf.m) = 43,7

M_p (tf.m) = 215,6

Cálculo da resultante de compressão



- b_f (m) = 2,525
- h_{laje} (m) = 0,200
- a (m) = 0,120
- b (m) = 0,100
- g (m) = 0,310
- h (m) = 0,180
- i (m) = 0,800
- y_1 (m) = -0,017
- x_1 (m) = 0,907
- y (m) = 0,303

$$R_{cc} = 0,85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1,4$$

- A_1 (m²) = 0,505
- A_2 (m²) = 0,082
- A_3 (m²) = 0,000

$$R_{cc} \text{ (tf)} = 1247,9$$

Cálculo da resultante de tração

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} \text{ (‰)} = 15,10$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15.710$$

$$A_{sp}^{1cabo\ 6\phi\ 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5,92$$

$$A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 35,5$$

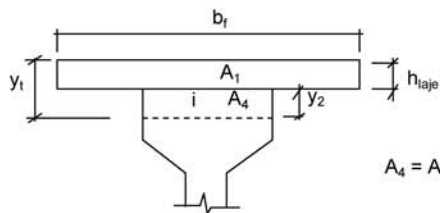
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * s_{sp}$$

$$R_{st} \text{ (tf)} = 558,0$$

Como $R_{st} < R_{cc}$, devemos diminuir o valor de x para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente R_{cc} .

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} \text{ (tf)} = 558,0$$



$$A_c^{total} = A_1 + A_4 = R_{cc} / (0,85 * f_{cd})$$

$$A_1 \text{ (m}^2\text{)} = 0,505$$

$$A_c^{total} \text{ (m}^2\text{)} = 0,263$$

$$A_4 = A_c^{total} - A_1$$

$$A_4 \text{ (m}^2\text{)} = 0,000$$

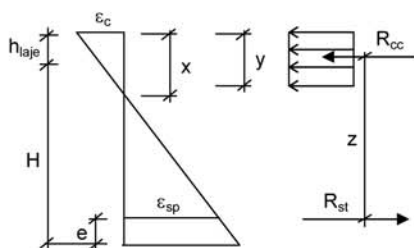
$$(y_t < h_{laje})$$

$$y_1 (m) = 0,1040 \quad \text{logo:} \quad y_2 (m) = 0,000$$

$$x = y_1 / 0,8 \quad \text{yt} < \text{hlaje} \quad x (m) = 0,130$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \quad y_{C.G.} (m) = 0,0520$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e \quad z (m) = 1,408$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u (tf.m) = 785,7$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d (tf.m) = 522,4$$

Então: $M_u / M_d = 1,50 > 1,00$ (Atende)
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento

Esforços cortantes característicos

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max}$$

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

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min}$$

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

$$\text{onde: } V_{p,k} = V_p^{1^{\text{prot}}} + V_p^{2^{\text{prot}}} \text{ em tempo } t = \infty$$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	V_k^{max} (tf)	V_k^{min} (tf)
1/2 bal	-3,4	-8,7	-5,0	20,3	17,8	0,0	12,2	3,3
0 esq	-6,2	-10,6	-6,4	0,0	20,5	0,0	-23,1	-12,9
0 dir	13,0	14,6	10,5	0,0	42,6	0,0	59,5	38,2
1	9,8	12,0	8,6	-42,2	36,6	-0,9	-12,4	6,4
2	7,5	9,3	6,6	-37,3	30,9	-3,9	-15,9	1,5
3	5,1	6,7	4,6	-34,1	25,6	-7,3	-21,3	-4,9
4	2,8	4,0	2,7	-6,3	20,6	-11,1	13,5	-2,4
5	0,5	1,1	0,7	0,0	16,1	-15,3	10,3	-5,4

Verificação do concreto

$$\phi \text{ bainha (m)} = 0,055$$

$$V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$d = H_{\text{vig}} + h_{\text{laje}} - 0,15$$

Seção	V_{sd} (tf)	b_w (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{rd2} (tf)
1/2 bal	19,3	0,50	0,028	0,500	1,45	507,5
0 esq	-32,4	0,50	0,028	0,500	1,45	507,5
0 dir	113,1	0,50	0,028	0,500	1,45	507,5
1	55,6	0,18	0,028	0,153	1,45	154,8
2	42,4	0,18	0,028	0,153	1,45	154,8
3	28,1	0,18	0,028	0,153	1,45	154,8
4	36,5	0,18	0,028	0,153	1,45	154,8
5	25,7	0,18	0,028	0,153	1,45	154,8

Para todas as seções $V_{rd2} > V_{sd}$

Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	$M_{g1,k}$	$M_{g2,k}$	$M_{g3,k}$	$M_{q,k}$	M_{sdu} (tf.m)
1/2 bal	-3,0	-11,6	-6,4	-24,6	-63,9
0 esq	-10,2	-26,0	-14,9	-65,7	-163,5
0 dir	-10,2	-26,0	-14,9	-65,7	-163,5
1	13,4	1,8	5,0	78,3	137,9
2	31,4	24,0	20,8	138,5	300,5
3	44,6	40,7	32,5	180,3	417,4
4	52,8	51,9	40,2	206,5	491,9
5	56,3	57,6	43,7	215,6	522,4

$$V_{cd} = 2,5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot \text{nom} \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 \cdot (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0,376$$

$$\beta_1 = 1 + (M_o / M_{sdu}) \leq 2$$

$$M_o = 0,90 \cdot (\sigma_p^{1\text{prot.}} \cdot W^{\text{isol.}} + \sigma_p^{2\text{prot.}} \cdot W^{\text{conj.}})$$

Seção	$\sigma_p^{1\text{prot.00}}$ (tf/m ²)	$W^{\text{isol.}}$ (m ³)	$\sigma_p^{2\text{prot.00}}$ (tf/m ²)	$W^{\text{conj.}}$ (m ³)	M_o (tf.m)	β_1
1/2 bal	418	0,197	0	0,294	74,03	2,000
0 esq	532	0,197	0	0,294	94,35	1,577
0 dir	532	0,197	0	0,294	94,35	1,577
1	1135	0,148	0	0,000	151,20	2,000
2	1445	0,148	0	0,000	192,48	1,641
3	1459	0,148	361	0,000	194,37	1,466
4	1460	0,148	546	0,000	194,52	1,395
5	1450	0,148	581	0,000	193,17	1,370

Seção	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{cd} (tf)
1/2 bal	0,500	1,450	136,1
0 esq	0,500	1,450	107,3
0 dir	0,500	1,450	107,3
1	0,153	1,450	41,5
2	0,153	1,450	34,1
3	0,153	1,450	30,4
4	0,153	1,450	29,0
5	0,153	1,450	28,4

Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal

Seção	V_{sd} (tf)	V_{cd} (tf)	V_{wd} (tf)
1/2 bal	19,3	136,1	0,00
0 esq	32,4	107,3	0,00
0 dir	113,1	107,3	5,74
1	55,6	41,5	14,09
2	42,4	34,1	8,32
3	28,1	30,4	0,00
4	36,5	29,0	7,57
5	25,7	28,4	0,00

Cálculo da taxa volumétrica de armadura transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$

Seção	b_w (m)	V_{wd} (tf)	A_{sw}/s (cm ² /m)	ρ_w (cm ² /m ²)
1/2 bal	0,50	0,0	0,00	0,00
0 esq	0,50	0,0	0,00	0,00
0 dir	0,50	5,7	1,01	2,02
1	0,18	14,1	2,48	13,80
2	0,18	8,3	1,47	8,14
3	0,18	0,0	0,00	0,00
4	0,18	7,6	1,33	7,41
5	0,18	0,0	0,00	0,00

Cálculo do Fator de Fadiga

$$\Delta\sigma_w = (V_{max} - V_c) / (b_w * d * \rho_w) - (V_{min} - V_c) / (b_w * d * \rho_w)$$

$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta\sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	V_{max} (tf)	V_{min} (tf)	V_c (tf)	ρ_w (cm ² /cm ²)	σ_{wmax} (tf/m ²)	σ_{wmin} (tf/m ²)
1/2 bal	12,15	3,26	90,76	0,00000	0	0
0 esq	-23,12	-12,87	71,56	0,00000	0	0
0 dir	59,46	38,15	71,56	0,00020	0	0
1	-12,35	6,37	27,68	0,00138	0	0
2	-15,89	1,51	22,71	0,00081	0	0
3	-21,33	-4,88	20,29	0,00000	0	0
4	13,53	-2,36	19,31	0,00074	0	0
5	10,32	-5,37	18,96	0,00000	0	0

$\Delta\sigma_w$ (tf/m ²)	f.f.
0	1,00
0	1,00
0	1,00
0	1,00
0	1,00
0	1,00
0	1,00
0	1,00
0	1,00

Cálculo dos estribos e seus espaçamentos

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2\text{)}$$

$$s = 2 * A_{s1\text{perna}} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10,00$$

$$A_{s1\text{perna}} \text{ (cm}^2\text{)} = 0,785$$

Seção	b _w (m)	ρ _{wu}	ρ _{wu} x f.f.	ρ _{wu} x f.f. Médio	Espaçam. (m)
1/2 bal	0,50	0,00	0,00		
				15,0	20,9
0 esq	0,50	0,00	0,00		
0 dir	0,50	2,02	2,02		
				15,0	30,8
1	0,18	13,80	13,80		
				15,0	58,1
2	0,18	8,14	8,14		
				15,0	58,1
3	0,18	0,00	0,00		
				15,0	58,1
4	0,18	7,41	7,41		
				15,0	58,1
5	0,18	0,00	0,00		

Verificação dos Aparelhos de Apoio

Apoio1

Viga de Bordo

Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0,30$$

$$b \text{ (m)} = 0,40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 19,2$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 6,8$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 16,9$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 54,3$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0,0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 97,2$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 810,0 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 42,9$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 357,3 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

Viga Central

Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0,30$$

$$b \text{ (m)} = 0,40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 19,2$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 24,4$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 8,2$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 41,7$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0,0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 93,6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 779,6 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 51,8$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = 432,0 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

4.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio com pilares de respectivamente 1,70 m, 2,30 m, 2,30 m e 1,90 m de altura, para as obras de 72,50 m com um vão de 24,00 m e dois vãos de 21,25 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio Espinho no Volume 3 B – 2ª Parte).

5 PONTE SOBRE O RIO SERRA

5 PONTE SOBRE O RIO SERRA

5.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Maurício no Volume 3 B – 1ª Parte).

5.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 36,50 m constituídas por vão de 28,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio José Preto no Volume 3 B – 1ª Parte).

6 PONTE SOBRE O RIO ITABORAÍ

6 PONTE SOBRE O RIO ITABORAÍ

6.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

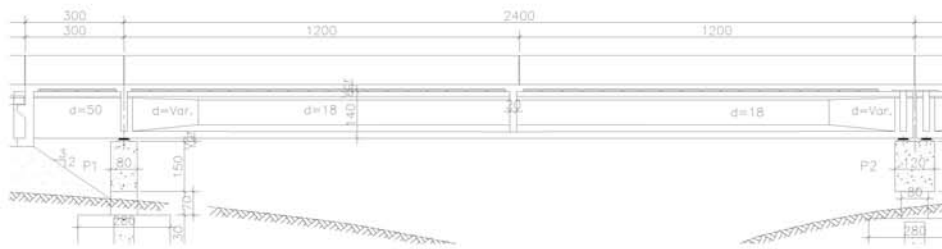
Vão de 24,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Tucunaré o no Volume 3 B – 2ª Parte).

Vãos de 24,00 m com balanços de 3,00 m.

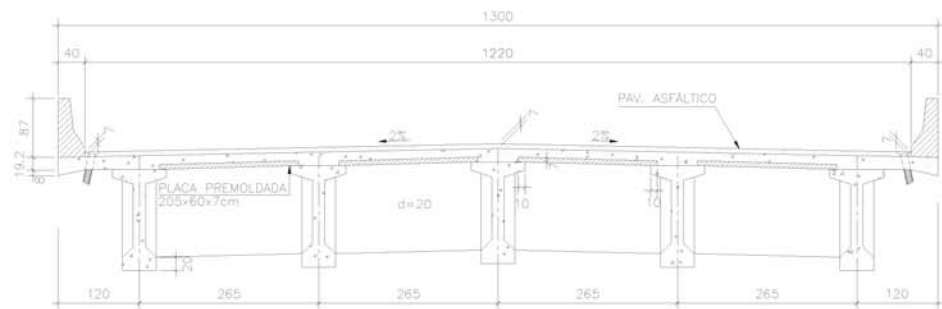
OBRA: Ponte sobre o Rio Itaboraí

1 – Cálculo da superestrutura

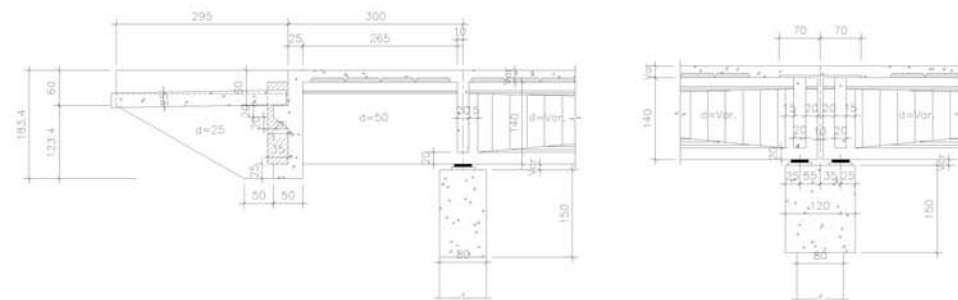
Perfil Longitudinal

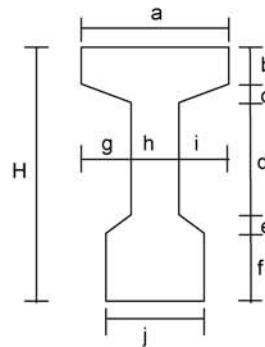


Seção Transversal

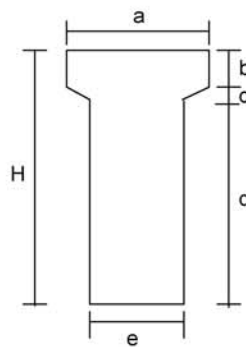


Detalhe das vigas nos apoios



2 - Seção Transversal das Vigas
Seção Corrente


a (m) =	0.800
b (m) =	0.120
c (m) =	0.100
d (m) =	0.830
e (m) =	0.150
f (m) =	0.200
g (m) =	0.310
h (m) =	0.180
i (m) =	0.310
j (m) =	0.500
H (m) =	1.400

Seção no Apoio


a (m) =	0.800
b (m) =	0.120
c (m) =	0.048
d (m) =	1.232
e (m) =	0.500
H (m) =	1.400

3 - Cálculo das cargas permanentes

3.1 - Características geométricas das vigas

	Viga Isolada	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0.445	0.743
J (m ⁴)	0.109	0.130
Vs (m)	-	-
Vs' (m)	0.666	0.664
Vi (m)	0.734	0.736
Ws (m ³)	-	-
Ws' (m ³)	0.163	0.197
Wi (m ³)	0.148	0.177

Viga de Bordo

$bf (m) = 2.53$

$h_{laje} (m) = 0.20$

Viga Central

$bf (m) = 2.65$

bf é a largura efetiva da mesa de contribuição

	Viga Conjunto t = oo	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0.950	1.248
J (m ⁴)	0.248	0.307
Vs (m)	0.459	0.555
Vs' (m)	0.259	0.355
Vi (m)	1.141	1.045
Ws (m ³)	0.540	0.554
Ws' (m ³)	0.958	0.865
Wi (m ³)	0.217	0.294

	Viga Conjunto t = oo	
	Seção Corrente	Seção Apoio
S (m ²)	0.975	1.273
J (m ⁴)	0.251	0.313
Vs (m)	0.449	0.546
Vs' (m)	0.249	0.346
Vi (m)	1.151	1.054
Ws (m ³)	0.559	0.573
Ws' (m ³)	1.008	0.905
Wi (m ³)	0.218	0.296

3.2 - Peso próprio da viga (g₁)

Carga distribuída

$g_1 = S_{corrente} * 2,50$

$g_1 (tf/m) = 1.113$

Trecho em balanço

$L_{bal} (m) = 3.000$

$g_{bal} = S_{apoio} * 2,50$

$g_{bal} (tf/m) = 1.858$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

$P_1 = (S_{apoio} - S_{corrente}) * (L_1 / 2) * 2,50$

$L_1 (m) = 2.000$

$P_1 (tf) = 0.75$

Alargamento no Apoio

$P_{apoio} = (S_{apoio} - S_{corrente}) * L_{apoio} * 2,5$

$L_{esq} (m) = 0.250$

$P_{esq} (tf) = 0.19$

$L_{dir} (m) = 0.550$

$P_{dir} (tf) = 0.41$

Placa de ancoragem

$$L3 \text{ (m)} = 0.350$$

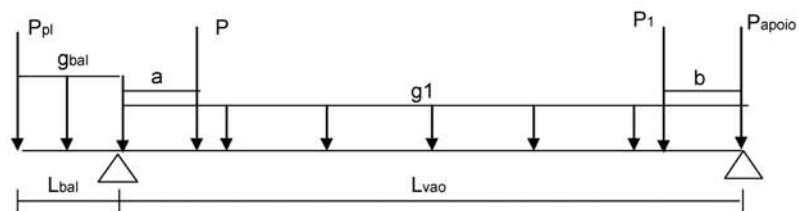
$$L4 \text{ (m)} = 0.500$$

$$h1 \text{ (m)} = 1.400$$

$$P_{pl} = L3 * h1 * L4 * 2,50$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.613$$

Resumo do carregamento de peso próprio



$$P = P1 + P_{esq}$$

$$P_{apoio} = P_{dir}$$

$$L_{vao} \text{ (m)} = 23.65$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 3.000$$

$$a \text{ (m)} = 0.750$$

$$b \text{ (m)} = 0.667$$

$$g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1.858$$

$$g_1 \text{ (tf/m)} = 1.113$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.61$$

$$P \text{ (tf)} = 0.93$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 0.75$$

$$P_{apoio} \text{ (tf)} = 0.41$$

Esforços Seccionais

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 20.69$$

$$R2 \text{ (tf)} = 13.89$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{Ext} Bal	-0.61	0.00
S _{1/2} Bal	-3.40	-3.01
0 esq	-6.19	-10.20
0 dir	14.51	-10.20
1	10.95	19.50
2	8.32	42.28
3	5.68	58.84
4	3.05	69.17
5	0.42	73.28
6	-2.21	71.17
7	-4.84	62.83
8	-7.47	48.28
9	-10.10	27.50
10	-13.48	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
S _{ExtBal}	-	0	0
S _{1/2Bal}	-	-15	17
0	-	-52	58
1	-	120	-132
2	-	259	-286
3	-	361	-398
4	-	424	-467
5	-	450	-495
6	-	437	-481
7	-	385	-425
8	-	296	-326
9	-	169	-186
10	-	0	0

3.3 - Laje + Transversina (g2)

Viga de Bordo

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$$h \text{ (m)} = 0.200 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$L \text{ (m)} = 2.525$$

carga concentrada

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio} - j * f)] / 2 \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.40 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.77$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [L * h - (S_{corrent} - j * f)] / 2 \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.40 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.84$$

Viga Central

carga distribuída

$$g_2 = h * L * 2,50$$

$$h \text{ (m)} = 0.200 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.325$$

$$L \text{ (m)} = 2.650$$

cargas concentradas

Transversina de apoio

$$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio} - j * f)] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.40 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 1.53$$

Transversina Central

$$P2 = \{ [L * h - (S_{corrent} - j * f)] \} * esp * 2,50$$

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.40 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

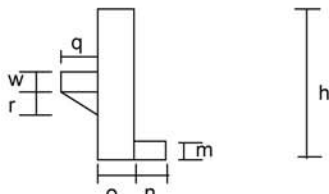
$$P2 \text{ (tf)} = 1.68$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.38$$

Cortina



$$P_{cort} = [(m * n * L_{total}) + (w + r + w) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total}] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.400$$

$$h (m) = 1.900 \quad q (m) = 0.250$$

$$m (m) = 0.250 \quad w (m) = 0.200$$

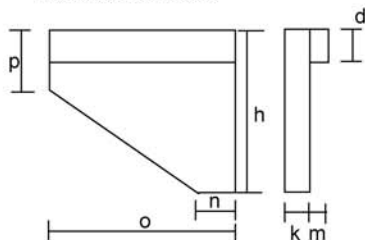
$$n (m) = 0.250 \quad r (m) = 0.200$$

$$o (m) = 0.250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas}$$

$$P4 (tf) = 3.85$$

Abas das Cortinas



$$P5 = [d * o * (k + m) + (o + n) * 0,5 * (h - p) * k + (p - d) * k * o] * \gamma_{conc}$$

$$h (m) = 1.826 \quad n (m) = 0.750$$

$$k (m) = 0.250 \quad o (m) = 2.950$$

$$d (m) = 0.400 \quad p (m) = 0.600$$

$$m (m) = 0.150$$

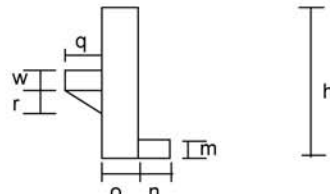
$$P5 (tf) = 2.97$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.40$$

Cortina



$$P_{cort} = [(m * n * L_{total}) + (w + r + w) * 0,5 * q * L_{cons} + o * h * L_{total}] * \gamma_{conc}$$

$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.400$$

$$h (m) = 1.900 \quad q (m) = 0.250$$

$$m (m) = 0.250 \quad w (m) = 0.200$$

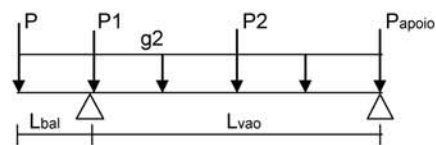
$$n (m) = 0.250 \quad r (m) = 0.200$$

$$o (m) = 0.250$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas}$$

$$P4 (tf) = 3.85$$

Resumo dos esforços



$$P = P4$$

$$P_{apoio} = P1 + P3$$

$$P (tf) = 3.85$$

$$P_{apoio} (tf) = 1.93$$

$$g2 (tf/m) = 1.325$$

$$P (tf) = 3.85$$

$$P_{apoio} (tf) = 1.93$$

$$P1 (tf) = 1.53$$

$$P2 (tf) = 1.68$$

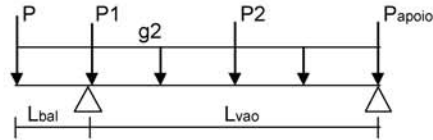
Esforços Seccionais

Reações

$$R1 (tf) = 26.60$$

$$R2 (tf) = 17.70$$

Resumo dos esforços



$$P = P4 + P5 \quad P \text{ (tf)} = 6.81$$

$$P_{\text{apoio}} = P1 + P3 \quad P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.15$$

$$g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$P \text{ (tf)} = 6.81$$

$$P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.15$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.77$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.84$$

Esforços Seccionais

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 27.82$$

$$R2 \text{ (tf)} = 15.39$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-6.81	0.00
S1/2Bal	-8.71	-11.64
0 esq	-10.60	-26.12
0 dir	16.45	-26.12
1	13.47	9.26
2	10.48	37.59
3	7.50	58.85
4	4.51	73.05
5	0.68	80.18
6	-2.30	78.27
7	-5.29	69.29
8	-8.27	53.26
9	-11.26	30.16
10	-14.25	0.00

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-3.85	0.00
S1/2Bal	-5.83	-7.26
0 esq	-7.82	-17.50
0 dir	17.25	-17.50
1	14.12	19.59
2	10.98	49.27
3	7.85	71.53
4	4.71	86.39
5	-0.10	93.83
6	-3.23	89.89
7	-6.37	78.53
8	-9.50	59.77
9	-12.64	33.59
10	-15.77	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{s\text{isolada}}$$

$$\sigma_i = -M / W_{i\text{isolada}}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-37	41
0	-	-89	99
1	-	120	-132
2	-	302	-333
3	-	439	-483
4	-	530	-584
5	-	576	-634
6	-	551	-607
7	-	482	-531
8	-	367	-404
9	-	206	-227
10	-	0	0

Tensões

$$\sigma_s = M / W_{isolada}$$

$$\sigma_i = - M / W_{isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
S _{ExtBal}	-	0	0
S _{1/2Bal}	-	-59	66
0	-	-133	148
1	-	57	-63
2	-	231	-254
3	-	361	-398
4	-	448	-494
5	-	492	-542
6	-	480	-529
7	-	425	-468
8	-	327	-360
9	-	185	-204
10	-	0	0

3.4 - Sobrecarga Permanente (g₃)
Viga de Bordo

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_a = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10 \quad L \text{ (m)} = 2.125$$

$$g_a \text{ (tf/m)} = 0.510$$

guarda-rodas

$$g_3 = g_a + g_b \quad g_b \text{ (tf/m)} = 0.580$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 1.090$$

carga concentrada

Guarda rodas sobre a aba

$$P1 = g_b * L$$

$$L \text{ (m)} = 2.950 \quad P1 \text{ (tf)} = 1.71$$

Laje de acesso

$$P2 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

Viga Central

carga distribuída

Pavimentação asfáltica

$$g_3 = L * h * 2,40$$

$$h \text{ (m)} = 0.10$$

$$L \text{ (m)} = 2.65$$

$$g_3 \text{ (tf/m)} = 0.636$$

carga concentrada

Laje de acesso

$$P1 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250 \quad P1 \text{ (tf)} = 1.86$$

$$L \text{ (m)} = 9.900$$

seção fora do vão de cálculo

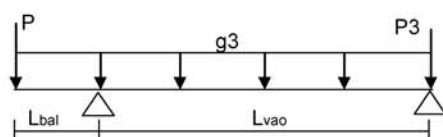
$$P2 = L * g_3$$

$k (m) = 3.000$
 $h (m) = 0.250$ $P2 (tf) = 2.28$
 $L (m) = 12.15$

seção fora do vão de cálculo

$P3 = L * g_3$ $L (m) = 0.300$
 $P3 (tf) = 0.33$

Resumo dos esforços



$P = P1 + P2$
 $g_3 (tf/m) = 1.090$
 $P (tf) = 3.99$
 $P3 (tf) = 0.33$

Reações

$R1 (tf) = 20.86$
 $R2 (tf) = 12.50$

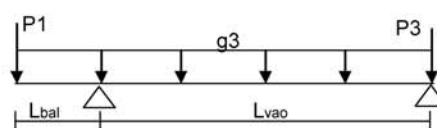
Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{Ext} Bal	-3.99	0.00
S _{1/2} Bal	-5.62	-7.21
0 esq	-7.26	-16.87
0 dir	13.60	-16.87
1	11.02	12.25
2	8.45	35.28
3	5.87	52.20
4	3.29	63.04
5	0.71	67.77
6	-1.86	66.41
7	-4.44	58.95
8	-7.02	45.40
9	-9.60	25.75
10	-12.18	0.00

$L (m) = 0.300$

$P3 (tf) = 0.19$

Resumo dos esforços



$g_3 (tf/m) = 0.636$
 $P1 (tf) = 1.86$
 $P3 (tf) = 0.19$

Reações

$R1 (tf) = 11.64$
 $R2 (tf) = 7.36$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{Ext} Bal	-1.86	0.00
S _{1/2} Bal	-2.81	-2.07
0 esq	-3.76	-8.43
0 dir	7.88	-8.43
1	6.37	8.42
2	4.87	21.71
3	3.36	31.45
4	1.86	37.63
5	0.36	40.25
6	-1.15	39.32
7	-2.65	34.82
8	-4.16	26.77
9	-5.66	15.16
10	-7.16	0.00

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{conjunto}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-13	-8	25
0	-30	-20	57
1	23	13	-56
2	65	37	-163
3	97	55	-241
4	117	66	-290
5	126	71	-312
6	123	69	-306
7	109	62	-272
8	84	47	-209
9	48	27	-119
10	0	0	0

Tensões

$$\sigma_s = M / Ws_{conjunto}$$

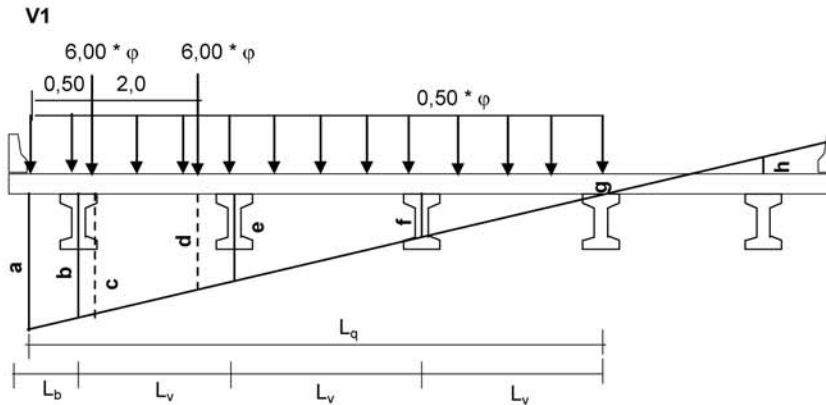
$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

$$\sigma_i = - M / Wi_{conjunto}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	0	0	0
S1/2Bal	-4	-2	7
0	-15	-9	28
1	15	8	-39
2	39	22	-100
3	56	31	-144
4	67	37	-173
5	72	40	-185
6	70	39	-180
7	62	35	-160
8	48	27	-123
9	27	15	-70
10	0	0	0

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

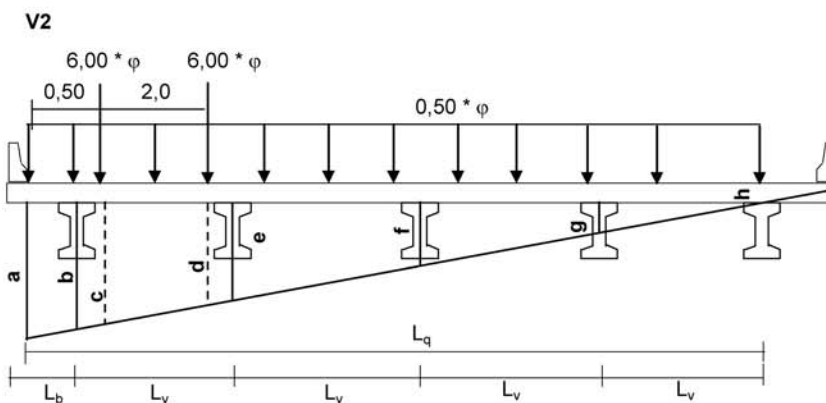
4.1 - Distribuição transversal do trem-tipo para obtenção do trem-tipo longitudinal



$L_b (m) = 1.20$ Vão (m) = 23.65
 $L_v (m) = 2.65$ $\varphi = 1.234$

$a = 0.660$ $c = 0.623$ $e = 0.400$ $g = 0.000$
 $b = 0.600$ $d = 0.472$ $f = 0.200$ $L_q (m) = 8.750$

$P = 6 * \varphi * (c + d)$ $P (tf) = 8.105$
 $q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$ $q (tf/m) = 1.783$



$a = 0.430$ $c = 0.411$ $e = 0.300$ $g = 0.100$
 $b = 0.400$ $d = 0.336$ $f = 0.200$ $h = 0.000$

$L_q (m) = 11.40$

$P = 6 * \varphi * (c + d)$ $P (tf) = 5.534$
 $q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$ $q (tf/m) = 1.513$

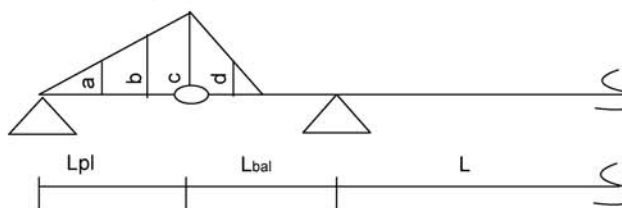
4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

$$L_{pl} \text{ (m)} = 3.000 \qquad L \text{ (m)} = 23.65$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 3.000$$

Linha de Influência Momento Fletor

LI Momento S_{1/2} balanço



$$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl}) \qquad a = 0.000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) \qquad b = 0.750$$

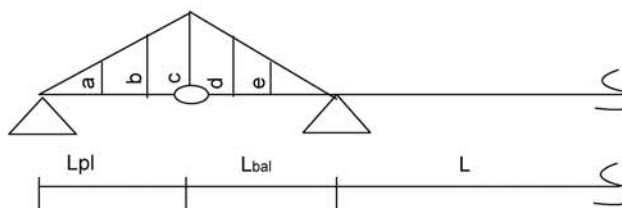
$$c = 0,50 * L_{bal} \qquad c = 1.500$$

$$d = (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})] \qquad d = 0.000$$

$$M_{1/2_min} = -p * [c * (L_{pl} + 0,50 * L_{bal}) * 0,50] - P * \text{maior} (a + b + c; b + c + d)$$

$$M_{1/2_max} = 0$$

LI Momento S₀



$$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl}) \qquad a = 0.000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) \qquad b = 1.500$$

$$c = L_{bal} \qquad c = 3.000$$

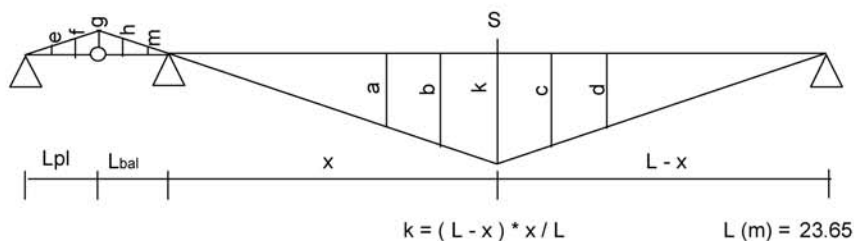
$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) \qquad d = 1.500$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal}) \qquad e = 0.000$$

$$M_{S0_min} = -p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) * 0,50] - P * [c + \text{maior} (a + b; b + d; d + e)]$$

$$M_{S0_max} = 0$$

LI Momento S₁ a S₁₀



$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L$$

$$b = (x - 1,5) * (L - x) / L$$

$$c = [(L - x) - 1,5] * k / (L - x)$$

$$d = [(L - x) - 3,0] * k / (L - x)$$

$$e = (L_{pl} - 3,00) * (g / L_{pl})$$

$$f = (L_{pl} - 1,50) * (g / L_{pl})$$

$$g = L_{bal} * (k / x)$$

$$h = (L_{bal} - 1,50) * (g / L_{bal})$$

$$m = (L_{bal} - 3,00) * (g / L_{bal})$$

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	2.37	2.129	-0.572	0.779	1.979	1.829
S2	4.73	3.784	1.384	2.584	3.484	3.184
S3	7.10	4.967	2.867	3.917	4.517	4.067
S4	9.46	5.676	3.876	4.776	5.076	4.476
S5	11.83	5.913	4.413	5.163	5.163	4.413
S6	14.19	5.676	4.476	5.076	4.776	3.876
S7	16.56	4.967	4.067	4.517	3.917	2.867
S8	18.92	3.784	3.184	3.484	2.584	1.384
S9	21.29	2.129	1.829	1.979	0.779	-0.571
S10	23.65	0.000	0.000	0.000	-1.500	-3.000

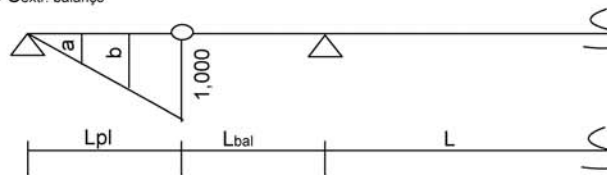
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	2.37	0.000	1.350	2.700	1.350	0.000
S2	4.73	0.000	1.200	2.400	1.200	0.000
S3	7.10	0.000	1.050	2.100	1.050	0.000
S4	9.46	0.000	0.900	1.800	0.900	0.000
S5	11.83	0.000	0.750	1.500	0.750	0.000
S6	14.19	0.000	0.600	1.200	0.600	0.000
S7	16.56	0.000	0.450	0.900	0.450	0.000
S8	18.92	0.000	0.300	0.600	0.300	0.000
S9	21.29	0.000	0.150	0.300	0.150	0.000
S10	23.65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$$M_{min} = -P * [\text{maior}(e + f + g; f + g + h; g + h + m)] - p * [(L_{pl} + L_{bal}) * g / 2]$$

Linha de Influência de Esforço Cortante

LI Cortante $S_{extr. balanço}$



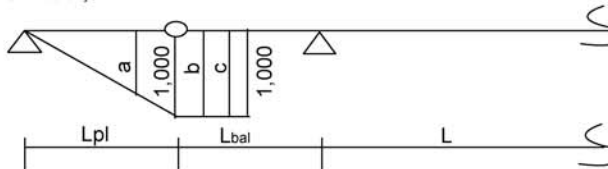
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl} \quad b = 0,500$$

$$Q_{extr_max} = p * L_{pl} / 2 + P * (a + b + 1,000)$$

$$Q_{extr_min} = 0$$

LI Cortante S_{1/2}. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0.500$$

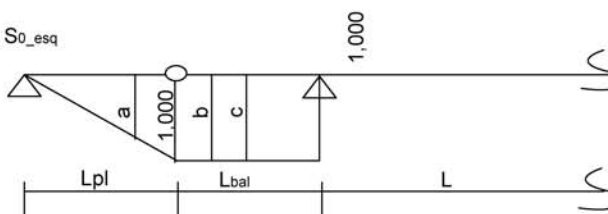
$$b = 1.000$$

$$c = 1.000$$

$$Q_{1/2bal_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal} / 2) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$Q_{1/2bal_min} = 0$$

LI Cortante S₀_esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0.500$$

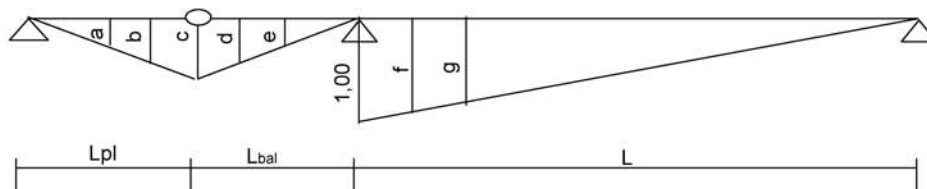
$$b = 1.000$$

$$c = 1.000$$

$$QS_{0esq_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$QS_{0esq_min} = 0$$

LI Cortante S₀_dir



$$a = (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl}$$

$$a = 0.000$$

$$b = (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl}$$

$$b = 0.063$$

$$c = L_{bal} * (1 / L)$$

$$c = 0.127$$

$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$$

$$d = 0.063$$

$$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$$

$$e = 0.000$$

$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L)$$

$$f = 0.937$$

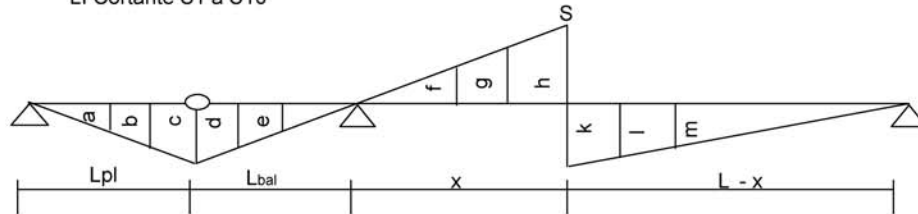
$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$g = 0.873$$

$$QS_{0dir_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; 1,000 + f + g)]$$

$$QS_{0dir_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



$$\begin{aligned}
 a &= (L_{pl} - 3,00) * c / L_{pl} & e &= (L_{bal} - 3,00) * c / L_{bal} & k &= (L - x) / L \\
 b &= (L_{pl} - 1,50) * c / L_{pl} & f &= (x - 3,00) * h / x & l &= (L - x - 1,50) * k / (L - x) \\
 c &= L_{bal} * h / x & g &= (x - 1,5) * h / x & m &= (L - x - 3,00) * k / (L - x) \\
 d &= (L_{bal} - 1,50) * c / L_{bal} & h &= x / L
 \end{aligned}$$

$$L (m) = 23.650$$

$$\begin{aligned}
 L_{pl} (m) &= 3.000 \\
 L_{bal} (m) &= 3.000
 \end{aligned}$$

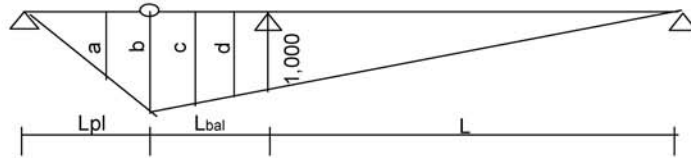
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	2.37	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.900	0.837	0.773
S2	4.73	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.800	0.737	0.673
S3	7.10	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.700	0.637	0.573
S4	9.46	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.600	0.537	0.473
S5	11.83	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.500	0.437	0.373
S6	14.19	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.400	0.337	0.273
S7	16.56	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.300	0.237	0.173
S8	18.92	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.200	0.137	0.073
S9	21.29	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.100	0.037	-0.027
S10	23.65	0.000	0.063	0.127	0.063	0.000	0.000	-0.063	-0.127

$$Q_{max} = P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; k + l + m)] + p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + k * (L - x) / 2]$$

Seção	x (m)	f	g	h
S1	2.37	-0.027	0.037	0.100
S2	4.73	0.073	0.137	0.200
S3	7.10	0.173	0.237	0.300
S4	9.46	0.273	0.337	0.400
S5	11.83	0.373	0.437	0.500
S6	14.19	0.473	0.537	0.600
S7	16.56	0.573	0.637	0.700
S8	18.92	0.673	0.737	0.800
S9	21.29	0.773	0.837	0.900
S10	23.65	0.873	0.937	1.000

$$Q_{min} = -P * (f + g + h) - p * h * x / 2$$

LI Reação de apoio



$$a = (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} \quad a = 0.563$$

$$b = (L_{bal} + L) * (1 / L) \quad b = 1.127$$

$$c = (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) \quad c = 1.063$$

$$d = (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) \quad d = 1.000$$

$$R_{max} = p * [b * (L_{pl} + L_{bal} + L) / 2] + P * [\text{maior} (a + b + c ; b + c + d)]$$

$$R_{min} = 0$$

Esforços Viga V1

$$P \text{ (tf)} = 8.105$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.783$$

$$R_{max} \text{ (tf)} = 55.6$$

$$R_{min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	14.8	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	29.7	0.0	0.0	-24.3
S0 esq	32.3	0.0	0.0	-64.7
S0 dir	44.5	0.0	0.0	-64.7
S1	38.1	-1.1	93.0	-58.2
S2	32.1	-4.2	164.5	-51.7
S3	26.5	-7.7	214.6	-45.3
S4	21.3	-11.6	245.6	-38.8
S5	16.6	-15.9	256.3	-32.3
S6	12.2	-20.6	245.6	-25.9
S7	8.3	-25.8	214.6	-19.4
S8	4.8	-31.4	164.5	-12.9
S9	2.9	-37.4	93.0	-6.5
S10	2.7	-43.9	0.0	0.0

Tensões normais

$$\sigma_s = M / W_{s\text{corrente}}$$

$$\sigma_s' = M / W_{s'\text{corrente}}$$

$$\sigma_i = - M / W_{i\text{corrente}}$$

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0.554	0.865	0.294	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-44	-28	83
0	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-117	-75	220
1	0.540	0.958	0.217	172	97	-429	-108	-61	268
2	0.540	0.958	0.217	305	172	-758	-96	-54	238
3	0.540	0.958	0.217	397	224	-989	-84	-47	209
4	0.540	0.958	0.217	455	256	-1132	-72	-41	179
5	0.540	0.958	0.217	475	268	-1181	-60	-34	149
6	0.540	0.958	0.217	455	256	-1132	-48	-27	119
7	0.540	0.958	0.217	397	224	-989	-36	-20	89
8	0.540	0.958	0.217	305	172	-758	-24	-14	60
9	0.540	0.958	0.217	172	97	-429	-12	-7	30
10	0.540	0.958	0.217	0	0	0	0	0	0

Esforços Viga V2

$P \text{ (tf)} = 5.534$
 $p \text{ (tf/m)} = 1.513$

$R_{\max} \text{ (tf)} = 17.7$
 $R_{\min} \text{ (tf)} = 0.0$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	10.6	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	21.1	0.0	0.0	-17.6
S0 esq	23.4	0.0	0.0	-46.8
S0 dir	34.0	0.0	0.0	-46.8
S1	29.0	-0.8	70.9	-42.1
S2	24.3	-3.0	125.6	-37.5
S3	19.9	-5.5	163.9	-32.8
S4	15.9	-8.5	187.5	-28.1
S5	12.3	-11.7	195.7	-23.4
S6	9.0	-15.4	187.5	-18.7
S7	6.1	-19.3	163.9	-14.0
S8	3.6	-23.7	125.6	-9.4
S9	2.2	-28.4	70.9	-4.7
S10	2.0	-33.4	0.0	0.0

Tensões normais

Seção	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Momento Máximo			Momento Mínimo		
				σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0.573	0.905	0.296	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-31	-19	59
0	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-82	-52	158
1	0.559	1.008	0.218	127	70	-325	-75	-42	193
2	0.559	1.008	0.218	225	125	-576	-67	-37	172
3	0.559	1.008	0.218	293	163	-752	-59	-33	150
4	0.559	1.008	0.218	335	186	-860	-50	-28	129
5	0.559	1.008	0.218	350	194	-898	-42	-23	107
6	0.559	1.008	0.218	335	186	-860	-34	-19	86
7	0.559	1.008	0.218	293	163	-752	-25	-14	64
8	0.559	1.008	0.218	225	125	-576	-17	-9	43
9	0.559	1.008	0.218	127	70	-325	-8	-5	21
10	0.559	1.008	0.218	0	0	0	0	0	0

Esforços de Protensão

Os esforços de protensão foram obtidos com o uso do programa "VEPRO" cuja listagem encontra-se anexa. Os resumos dos esforços em cada etapa de protensão estão resumidos a seguir.

Primeira etapa de protensão

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	240.0	23.8	34.1
0 esq	250.6	0.0	51.8
0 dir	250.6	0.0	51.8
1	262.5	-48.2	-11.2
2	272.1	-36.2	-137.4
3	282.3	-0.6	-176.9
4	280.4	0.0	-175.7
5	278.7	0.0	-174.7
6	277.0	0.0	-173.6
7	275.3	0.0	-172.6
8	271.4	8.0	-164.8
9	261.3	32.0	-113.8
10	0.0	0.0	0.0

Tempo T = oo			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	202.1	20.0	28.7
0 esq	212.2	0.0	43.8
0 dir	212.2	0.0	43.8
1	218.1	-40.1	-9.3
2	221.6	-29.5	-111.8
3	230.0	-0.5	-144.1
4	232.4	0.0	-145.6
5	232.8	0.0	-145.9
6	230.7	0.0	-144.6
7	226.5	0.0	-142.0
8	219.2	6.5	-133.1
9	211.7	26.0	-92.2
10	0.0	0.0	0.0

$$\sigma_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma'_s = N / S + M / W'_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Tempo T = 0							
Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	σ_s (tf/m2)	σ'_s (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	496	130
0	0.743	-	0.197	0.177	-	600	45
1	0.445	-	0.163	0.148	-	521	666
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-231	1540
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-451	1830
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-448	1817
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-445	1807
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-443	1795
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-440	1785
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-401	1723
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-111	1356
10	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0

Tempo T = oo							
Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	σ_s (tf/m2)	σ'_s (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	418	110
0	0.743	-	0.197	0.177	-	508	38
1	0.445	-	0.163	0.148	-	433	553
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-188	1253
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-367	1491
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-371	1506
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-372	1509
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-369	1495
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-362	1468
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-324	1392
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-90	1099
10	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0

Segunda etapa de protensão

Tempo T = 0			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	0.0	0.0	0
0 esq	0.0	0.0	0.0
0 dir	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	189.9	-47.7	-113.9
4	211.4	-4.3	-190.4
5	214.1	0.0	-193.4
6	211.4	4.3	-190.4
7	189.8	47.9	-114.5
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0

Tempo T = oo			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	0.0	0.0	0
0 esq	0.0	0.0	0.0
0 dir	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0
3	149.6	-37.6	-89.7
4	160.4	-3.3	-144.5
5	164.6	0.0	-148.7
6	162.0	3.3	-145.9
7	151.5	38.3	-91.4
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0

$$\sigma'_s = N / S + M / W_s$$

$$\sigma_i = N / S - M / W_s$$

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = 0		
					σ_s (tf/m2)	σ'_s (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
S1/2Bal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
0	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
2	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
3	0.95	0.540	0.958	0.217	-11	81	725
4	0.95	0.540	0.958	0.217	-130	24	1100
5	0.95	0.540	0.958	0.217	-133	23	1117
6	0.95	0.540	0.958	0.217	-130	24	1100
7	0.95	0.540	0.958	0.217	-12	80	727
8	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
9	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
10	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0

Seção	S (m2)	Ws (m3)	Ws' (m3)	Wi (m3)	Tempo T = oo		
					σ_s (tf/m2)	σ'_s (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
S1/2Bal	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
0	1.248	0.554	0.865	0.294	0	0	0
1	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
2	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
3	0.95	0.540	0.958	0.217	-9	64	571
4	0.95	0.540	0.958	0.217	-99	18	835
5	0.95	0.540	0.958	0.217	-102	18	859
6	0.95	0.540	0.958	0.217	-100	18	843
7	0.95	0.540	0.958	0.217	-10	64	581
8	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
9	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0
10	0.95	0.540	0.958	0.217	0	0	0

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA
=====

1

BR-163 - Viga de 27,00m - Viga de Bordo - Primeira Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

23.65 3.00 .01

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	.743	.130	.197	.177	.734
0	.743	.130	.197	.177	.734
1	.445	.109	.163	.148	.736
2	.445	.109	.163	.148	.736
3	.445	.109	.163	.148	.736
4	.445	.109	.163	.148	.736
5	.445	.109	.163	.148	.736
6	.445	.109	.163	.148	.736
7	.445	.109	.163	.148	.736
8	.445	.109	.163	.148	.736
9	.445	.109	.163	.148	.736

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C1

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= 4.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.26	3.00	14092.	10197.
0	1.30	.00	13856.	10432.
1	1.07	-10.20	13175.	11114.
2	.49	-13.33	12920.	11369.
3	.20	-.50	12144.	12144.
4	.20	.00	12046.	12046.
5	.20	.00	11975.	11975.
6	.20	.00	11905.	11905.
7	.20	.00	11835.	11835.
8	.24	3.62	11581.	11581.
9	.53	10.50	11172.	11172.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)

=====

CABOS NUM. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= 2.80 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	1.02	5.50	14184.	10113.
0	1.10	.00	13796.	10501.
1	.86	-10.20	13118.	11179.
2	.27	-12.54	12908.	11389.
3	.08	.00	12149.	12149.
4	.08	.00	12077.	12077.
5	.08	.00	12006.	12006.
6	.08	.00	11935.	11935.
7	.08	.00	11865.	11865.
8	.12	3.22	11630.	11630.
9	.36	8.70	11288.	11288.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 3 (1 CABOS)

=====

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS ANTES DA CRAV.	P/ATRITO APOS CRAV.
-1	.76	6.50	14184.	10936.
0	.85	.00	13736.	11384.
1	.60	-11.60	12981.	12139.
2	.12	-5.40	12560.	12560.
3	.08	.00	12195.	12195.
4	.08	.00	12123.	12123.
5	.08	.00	12052.	12052.
6	.08	.00	11981.	11981.
7	.08	.00	11910.	11910.
8	.08	.00	11840.	11840.
9	.23	7.00	11416.	11416.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 4 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.85 /FINAL= 2.37 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= .00 /FINAL= 1.46 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES -1 E 9

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	PERDAS APOS CRAV.
-1	.49	7.50	14184.	10674.
0	.55	.00	13676.	11182.
1	.28	-9.60	13038.	11821.
2	.08	.00	12429.	12429.
3	.08	.00	12356.	12356.
4	.08	.00	12283.	12283.
5	.08	.00	12211.	12211.
6	.08	.00	12139.	12139.
7	.08	.00	12067.	12067.
8	.08	.00	11996.	11996.
9	.10	2.04	11820.	11820.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 291.4 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.14	3.98	10188.1
0	.21	4.00	10583.6
1	-.04	3.93	11271.3
2	-.50	3.94	11652.0
3	-.63	4.00	11919.7
4	-.63	4.00	11841.1
5	-.63	4.00	11769.6
6	-.63	4.00	11698.5
7	-.63	4.00	11627.8
8	-.61	4.00	11470.5
9	-.44	3.96	11134.1

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	240.0	23.8	34.1	495.8	130.6	.0	.0	.0
0	250.6	.0	51.8	600.3	44.7	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	262.5	-48.2	-11.2	521.3	665.4	.0	.0	.0
2	272.1	-36.2	-137.4	-231.2	1539.5	.0	.0	.0
3	282.3	-.6	-176.9	-450.8	1829.4	.0	.0	.0
4	280.4	.0	-175.7	-448.0	1817.4	.0	.0	.0
5	278.7	.0	-174.7	-445.3	1806.5	.0	.0	.0
6	277.0	.0	-173.6	-442.6	1795.5	.0	.0	.0
7	275.3	.0	-172.6	-439.9	1784.7	.0	.0	.0
8	271.4	8.0	-164.8	-401.2	1723.3	.0	.0	.0
9	261.3	32.0	-113.8	-111.1	1356.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

1

APOIO REACAO
 (T)
 1 .00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-59.0	66.0
0	-52.0	58.0	-133.0	148.0
1	120.0	-132.0	57.0	-63.0
2	259.0	-286.0	231.0	-254.0
3	361.0	-398.0	361.0	-398.0
4	424.0	-467.0	448.0	-494.0
5	450.0	-495.0	492.0	-542.0
6	437.0	-481.0	480.0	-529.0
7	385.0	-425.0	425.0	-468.0
8	296.0	-326.0	327.0	-360.0
9	169.0	-186.0	185.0	-204.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO
=====

TEMPO T=0

NOTAS :

1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
3)F1=1ªPROT.+G1
F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	480.8	421.8
-1	I	147.6	213.6
0	S	548.3	415.3
0	I	102.7	250.7
1	S	641.3	698.3
1	I	533.4	470.4
2	S	27.8	258.8
2	I	1253.5	999.5
3	S	-89.8	271.2
3	I	1431.4	1033.4
4	S	-24.0	424.0
4	I	1350.4	856.4
5	S	4.7	496.7
5	I	1311.5	769.5
6	S	-5.6	474.4
6	I	1314.5	785.5
7	S	-54.9	370.1
7	I	1359.7	891.7
8	S	-105.2	221.8
8	I	1397.3	1037.3
9	S	57.9	242.9
9	I	1170.0	966.0

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-------	--------------------	---------------	------------------	-------------	----------------------

	-1	493.8	484.1	630.0	1607.9	8580.2
	0	490.1	505.0	630.0	1625.1	8958.6
	1	479.1	795.8	630.0	1904.9	9366.4
	2	438.5	1096.1	630.0	2164.6	9487.4
	3	417.9	1159.6	630.0	2207.6	9712.1
	4	417.9	979.6	630.0	2027.5	9813.6
	5	417.9	890.8	630.0	1938.7	9830.9
	6	417.9	906.4	630.0	1954.4	9744.2
	7	417.9	1013.3	630.0	2061.2	9566.6
	8	421.3	1155.0	630.0	2206.3	9264.2
	9	447.9	1035.2	630.0	2113.1	9020.9

1

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF (T/M2)
-1	202.1	20.0	28.7	417.6	110.0	.0	.0	.0
0	212.1	.0	43.8	508.1	37.8	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	218.1	-40.1	-9.3	433.2	552.9	.0	.0	.0
2	221.6	-29.5	-111.8	-188.2	1253.5	.0	.0	.0
3	230.0	-.5	-144.1	-367.3	1490.6	.0	.0	.0
4	232.4	.0	-145.6	-371.3	1506.2	.0	.0	.0
5	232.8	.0	-145.9	-371.9	1508.9	.0	.0	.0
6	230.7	.0	-144.6	-368.6	1495.6	.0	.0	.0
7	226.5	.0	-142.0	-361.9	1468.3	.0	.0	.0
8	219.2	6.5	-133.1	-324.0	1391.9	.0	.0	.0
9	211.7	26.0	-92.2	-90.0	1098.7	.0	.0	.0

1

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	CARGA PERMAN. G1		CARGA PERMAN. G2	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-15.0	17.0	-60.0	67.0
0	-52.0	58.0	-135.0	150.0
1	120.0	-132.0	61.0	-67.0
2	260.0	-286.0	240.0	-264.0
3	361.0	-398.0	374.0	-412.0
4	425.0	-468.0	463.0	-510.0
5	450.0	-495.0	509.0	-560.0
6	437.0	-481.0	496.0	-546.0
7	386.0	-425.0	439.0	-483.0
8	296.0	-326.0	337.0	-371.0
9	169.0	-186.0	191.0	-210.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

- NOTAS :
- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 - 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 - 3)F1=1ªPROT.+G1
F2=F1+G2

SECAO		F1	F2
-1	S	402.6	342.6
-1	I	127.0	194.0

0	S	456.1	321.1
0	I	95.8	245.8
1	S	553.2	614.2
1	I	420.9	353.9
2	S	71.8	311.8
2	I	967.5	703.5
3	S	-6.3	367.7
3	I	1092.6	680.6
4	S	53.7	516.7
4	I	1038.2	528.2
5	S	78.1	587.1
5	I	1013.9	453.9
6	S	68.4	564.4
6	I	1014.6	468.6
7	S	24.1	463.1
7	I	1043.3	560.3
8	S	-28.0	309.0
8	I	1065.9	694.9
9	S	79.0	270.0
9	I	912.7	702.7

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	165.	0.	165.
2	166.	0.	166.
3	166.	0.	166.
4	167.	0.	167.

1

PROGRAMA PARA CALCULO DA PROTENSAO E VERIFICACAO DA VIGA NA FASE ELASTICA
=====

1

BR-163 - viga de 27,00m - viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

23.65 3.00 .00

UNIDADE DE PROTENSAO CABO DE 6 CORDOALHAS DIAM. 12.7mm CP 190 RB

FPTK=19000.0 KG/CM2 FP(0.1)K=17200.0 KG/CM2 ASP= 5.92 CM2

MODULO E= 1950000. KC/CM2 ENCURTAMENTO NA CRAVACAO= 6.0 MM

TENSAO MAXIMA INICIAL= 14250. KG/CM2 (APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

COEF. ATRITO = .25 DESV. PARASITA = .010 RAD/M

PARAMETROS PARA O CALCULO DAS PERDAS DIFERIDAS:

ECS= 27.00/100000 (DEF. DE RETRACAO)

FI= 2.50 (FUNCAO DE FLUENCIA)

PRP= 840.0 KG/CM2 (PERDA POR RELAXACAO PURA)

P0+G1+G2+G3 SAO CONSIDERADOS NA FLUENCIA

1

CARACTERISTICAS DAS SECOES

SECAO	AC (M2)	I (M4)	WS (M3)	WI (M3)	YI (M)
-1	1.248	.307	.865	.294	1.044
0	1.248	.307	.865	.294	1.044
1	.950	.248	.958	.217	1.143
2	.950	.248	.958	.217	1.143
3	.950	.248	.958	.217	1.143
4	.950	.248	.958	.217	1.143
5	.950	.248	.958	.217	1.143
6	.950	.248	.958	.217	1.143
7	.950	.248	.958	.217	1.143
8	.950	.248	.958	.217	1.143
9	.950	.248	.958	.217	1.143

1

GRUPO DE CABOS NUM. 1 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C5

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 3.53 /FINAL= 3.53 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 17.80 /FINAL= 17.51 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	APOS CRAV.
-------	-------	-------	--	------------

3	.28	-7.20	13069.	11723.
4	.20	.00	12591.	12202.
5	.20	.00	12516.	12276.
6	.20	.00	12591.	12202.
7	.27	7.49	13086.	11707.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C6

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 2.33 /FINAL= 2.33 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 10.46 /FINAL= 10.53 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	PERDAS APOS CRAV.
3	.51	-14.54	13535.	11173.
4	.20	.00	12628.	12080.
5	.20	.00	12554.	12154.
6	.20	.00	12628.	12080.
7	.51	14.47	13531.	11177.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

GRUPO DE CABOS NUM. 3 (1 CABOS)
=====

CABOS NUM. C7

ANCORAGENS VIVA-VIVA (CODIGO 0)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.13 /FINAL= 1.13 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 3.73 /FINAL= 3.73 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 3 E 7

COTAS,DECLIVIDADES E TENSOES NO CABO APOS PERDAS POR ATRITO

SECAO	COTAS	DECL.	TENSOES APOS PERDAS P/ATRITO ANTES DA CRAV.	PERDAS APOS CRAV.
3	.89	-21.27	13981.	10572.
4	.33	-3.58	12866.	11687.
5	.32	.00	12592.	11961.
6	.33	3.58	12866.	11687.
7	.89	21.27	13981.	10572.

1 PERDAS POR CRAVACAO DO CONE ATINGIRAM O PONTO INDESLOCAVEL DO CABO

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 77.6 KG/CM2

1

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.00	.00	-77.6
0	.00	.00	-77.6
1	.00	.00	-77.6
2	.00	.00	-77.6
3	-.60	2.89	11090.6
4	-.90	3.00	11912.3
5	-.90	3.00	12053.1
6	-.90	3.00	11912.3
7	-.60	2.89	11086.2
8	.00	.00	-77.6
9	.00	.00	-77.6

ESFORÇOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M2)	TENSAO ISOST INF. (T/M2)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M2)	TENSAO HIPER INF. (T/M2)
-1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	189.9	-47.7	-113.9	81.0	724.7	.0	.0	.0
4	211.4	-4.3	-190.4	23.8	1100.1	.0	.0	.0
5	214.1	.0	-193.4	23.5	1116.5	.0	.0	.0
6	211.4	4.3	-190.4	23.8	1100.1	.0	.0	.0
7	189.8	47.9	-114.5	80.3	727.3	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

1

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

SECAO	F2 1ªPROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	421.8	213.6	-8.0	25.0	.0	.0	-28.0	83.0
0	415.3	250.7	-20.0	57.0	.0	.0	-75.0	220.0
1	698.3	470.4	13.0	-56.0	97.0	-429.0	-61.0	268.0
2	258.8	999.5	37.0	-163.0	172.0	-758.0	-54.0	238.0
3	271.2	1033.4	55.0	-241.0	224.0	-989.0	-47.0	209.0
4	424.0	856.4	66.0	-290.0	256.0	-1132.0	-41.0	179.0
5	496.7	769.5	71.0	-312.0	268.0	-1181.0	-34.0	149.0
6	474.4	785.5	69.0	-306.0	256.0	-1132.0	-27.0	119.0
7	370.1	891.7	62.0	-272.0	224.0	-989.0	-20.0	89.0
8	221.8	1037.3	47.0	-209.0	172.0	-758.0	-14.0	60.0
9	242.9	966.0	27.0	-119.0	97.0	-429.0	-7.0	30.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=0

NOTAS :
 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 3)F3=F2+2ªPROT.
 F4=F3+G3
 F5=F4+I.QMAX
 F6=F4+I.QMIN

SECAO	F3	F4	F5	F6
-1 S	421.8	413.8	413.8	385.8
-1 I	213.6	238.6	238.6	321.6

0	S	415.3	395.3	395.3	320.3
0	I	250.7	307.7	307.7	527.7
1	S	698.3	711.3	808.3	650.3
1	I	470.4	414.4	-14.6	682.4
2	S	258.8	295.8	467.8	241.8
2	I	999.5	836.5	78.5	1074.5
3	S	352.2	407.2	631.2	360.2
3	I	1758.1	1517.1	528.1	1726.1
4	S	447.8	513.8	769.8	472.8
4	I	1956.5	1666.5	534.5	1845.5
5	S	520.2	591.2	859.2	557.2
5	I	1886.0	1574.0	393.0	1723.0
6	S	498.2	567.2	823.2	540.2
6	I	1885.6	1579.6	447.6	1698.6
7	S	450.4	512.4	736.4	492.4
7	I	1619.0	1347.0	358.0	1436.0
8	S	221.8	268.8	440.8	254.8
8	I	1037.3	828.3	70.3	888.3
9	S	242.9	269.9	366.9	262.9
9	I	966.0	847.0	418.0	877.0

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM²)

(NO TEMPO T=INFINITO)

SECAO	RETRACAO DO CONCR.	DEFORM. LENTA	RELAXACAO DO ACO	PERDA TOTAL	TENSAO FINAL NO CABO
-1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1234.1
0	526.5	.0	630.0	1156.5	-1234.1
1	526.5	.0	630.0	1156.5	-1234.1
2	526.5	.0	630.0	1156.5	-1234.1
3	487.3	1237.3	630.0	2354.6	8736.0
4	460.3	1784.1	630.0	2874.3	9038.0
5	460.0	1692.4	630.0	2782.4	9270.7
6	460.3	1694.3	630.0	2784.5	9127.8
7	487.1	1117.5	630.0	2234.6	8851.6
8	526.5	.0	630.0	1156.5	-1234.1
9	526.5	.0	630.0	1156.5	-1234.1

1

ESFORCOS RESULTANTES DA PROTENSAO

SECAO	ESFORCO NORMAL PROT (T)	ESFORCO CORT. PROT (T)	MOM ISOST PROT (TM)	TENSAO ISOST SUP. (T/M ²)	TENSAO ISOST INF. (T/M ²)	MOM HIPER PROT (TM)	TENSAO HIPER SUP. (T/M ²)	TENSAO HIPER INF. (T/M ²)
-1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	149.6	-37.6	-89.7	63.8	570.8	.0	.0	.0
4	160.4	-3.3	-144.5	18.0	834.6	.0	.0	.0
5	164.6	.0	-148.7	18.0	858.8	.0	.0	.0
6	162.0	3.3	-145.9	18.2	842.9	.0	.0	.0
7	151.5	38.3	-91.4	64.1	580.7	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

REACOES DE APOIO DEVIDO AO HIPERESTATICO DA PROTENSAO

APOIO	REACAO (T)
1	.00

1

TENSOES NORMAIS DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M²)

SECAO	F2 1ªPROT.		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	342.6	194.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0	321.1	245.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	614.2	353.9	-8.0	25.0	.0	.0	-28.0	83.0
2	311.8	703.5	-20.0	57.0	.0	.0	-75.0	220.0
3	367.7	680.6	13.0	-56.0	97.0	-429.0	-61.0	268.0
4	516.7	528.2	37.0	-163.0	172.0	-758.0	-54.0	238.0
5	587.1	453.9	55.0	-241.0	224.0	-989.0	-47.0	209.0
6	564.4	468.6	66.0	-290.0	256.0	-1132.0	-41.0	179.0
7	463.1	560.3	71.0	-312.0	268.0	-1181.0	-34.0	149.0
8	309.0	694.9	69.0	-306.0	256.0	-1132.0	-27.0	119.0
9	270.0	702.7	62.0	-272.0	224.0	-989.0	-20.0	89.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

- NOTAS :
- 1)TENSOES NO CONCRETO NO ESTADIO I , EM T/M2
 - 2)COMPRESSAO = + / TRACAO = -
 - 3)F3=F2+2ªPROT.
 - F4=F3+G3
 - F5=F4+I.QMAX
 - F6=F4+I.QMIN

SECAO		F3	F4	F5	F6
-1	S	342.6	342.6	342.6	342.6
-1	I	194.0	194.0	194.0	194.0
0	S	321.1	321.1	321.1	321.1
0	I	245.8	245.8	245.8	245.8
1	S	614.2	606.2	606.2	578.2
1	I	353.9	378.9	378.9	461.9
2	S	311.8	291.8	291.8	216.8
2	I	703.5	760.5	760.5	980.5
3	S	431.5	444.5	541.5	383.5
3	I	1251.4	1195.4	766.4	1463.4
4	S	534.7	571.7	743.7	517.7
4	I	1362.8	1199.8	441.8	1437.8
5	S	605.1	660.1	884.1	613.1
5	I	1312.7	1071.7	82.7	1280.7
6	S	582.6	648.6	904.6	607.6
6	I	1311.5	1021.5	-110.5	1200.5
7	S	527.2	598.2	866.2	564.2
7	I	1141.0	829.0	-352.0	978.0
8	S	309.0	378.0	634.0	351.0
8	I	694.9	388.9	-743.1	507.9
9	S	270.0	332.0	556.0	312.0
9	I	702.7	430.7	-558.3	519.7

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	49.	50.	99.
2	42.	42.	83.
3	34.	34.	68.

Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga de bordo
Fases de verificação das tensões

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-15	496	481	-59	422	0	422
	σ_i (tf/m ²)	17	130	147	66	213	0	213
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-52	600	548	-133	416	0	416
	σ_i (tf/m ²)	58	45	102	148	250	0	250
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	120	521	641	57	698	0	698
	σ_i (tf/m ²)	-132	666	534	-63	471	0	471
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	259	-231	28	231	258	0	258
	σ_i (tf/m ²)	-286	1540	1254	-254	1000	0	1000
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-11	-11
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	361	-451	-90	361	271	81	352
	σ_i (tf/m ²)	-398	1830	1432	-398	1034	725	1759
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-130	-130
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	424	-448	-23	448	425	24	448
	σ_i (tf/m ²)	-467	1817	1350	-494	856	1100	1956
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-133	-133
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	450	-445	4	492	496	23	519
	σ_i (tf/m ²)	-495	1807	1312	-542	770	1117	1886
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-130	-130
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	437	-443	-6	480	474	24	498
	σ_i (tf/m ²)	-481	1795	1315	-529	786	1100	1886
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-12	-12
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	385	-440	-55	425	370	80	451
	σ_i (tf/m ²)	-425	1785	1360	-468	892	727	1620
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	296	-401	-105	327	222	0	222
	σ_i (tf/m ²)	-326	1723	1397	-360	1037	0	1037
S ₉	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	169	-111	58	185	243	0	243
	σ_i (tf/m ²)	-186	1356	1170	-204	967	0	967

Seção		G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-13	-13	-44	0	-57	-13
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-8	413	-28	0	385	413
	σ_i (tf/m ²)	25	238	83	0	320	238
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-30	-30	-117	0	-147	-30
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-20	396	-75	0	322	396
	σ_i (tf/m ²)	57	307	220	0	527	307
S ₁	σ_s (tf/m ²)	23	23	-108	172	-85	195
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	13	710	-61	97	650	808
	σ_i (tf/m ²)	-56	415	268	-429	683	-14
S ₂	σ_s (tf/m ²)	65	65	-96	305	-31	370
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	37	295	-54	172	241	467
	σ_i (tf/m ²)	-163	838	238	-758	1076	80
S ₃	σ_s (tf/m ²)	97	86	-84	397	2	483
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	55	407	-47	224	359	631
	σ_i (tf/m ²)	-241	1519	209	-989	1727	530
S ₄	σ_s (tf/m ²)	117	-13	-72	455	-85	441
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	66	514	-41	256	474	771
	σ_i (tf/m ²)	-290	1666	179	-1132	1845	534
S ₅	σ_s (tf/m ²)	126	-7	-60	475	-67	467
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	71	590	-34	268	556	858
	σ_i (tf/m ²)	-312	1574	149	-1181	1723	393
S ₆	σ_s (tf/m ²)	123	-7	-48	455	-55	448
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	69	567	-27	256	540	824
	σ_i (tf/m ²)	-306	1580	119	-1132	1699	448
S ₇	σ_s (tf/m ²)	109	97	-36	397	61	494
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	62	512	-20	224	492	736
	σ_i (tf/m ²)	-272	1348	89	-989	1437	359
S ₈	σ_s (tf/m ²)	84	84	-24	305	60	389
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	47	269	-14	172	256	441
	σ_i (tf/m ²)	-209	828	60	-758	888	70
S ₉	σ_s (tf/m ²)	48	48	-12	172	36	220
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	27	270	-7	97	263	367
	σ_i (tf/m ²)	-119	848	30	-429	878	419

Tempo T = 00

Fase 7 = Fase4 + $\Delta\sigma$
 F8 = F7 + CM_{mínima}
 F9 = F7 + CM_{máxima}

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$$

1ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	418	110	-	496	130	-	-78	-21
0	-	508	38	-	600	45	-	-92	-6
1	-	433	553	-	521	666	-	-88	-113
2	-	-188	1253	-	-231	1540	-	44	-286
3	-	-367	1491	-	-451	1830	-	84	-339
4	-	-371	1506	-	-448	1817	-	77	-311
5	-	-372	1509	-	-445	1807	-	74	-298
6	-	-369	1495	-	-443	1795	-	74	-300
7	-	-362	1468	-	-440	1785	-	78	-316
8	-	-324	1392	-	-401	1723	-	77	-331
9	-	-90	1099	-	-111	1356	-	21	-257
10	-	0	0	-	0	0	-	0	0

2ª prot

Seção	Tempo T = oo			Tempo T = 0			$\Delta\sigma$		
	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)	σ_s (tf/m2)	σ_s' (tf/m2)	σ_i (tf/m2)
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-9	64	571	-11	81	725	2	-17	-154
4	-99	18	835	-130	24	1100	31	-6	-265
5	-102	18	859	-133	23	1117	31	-5	-258
6	-100	18	843	-130	24	1100	30	-6	-257
7	-10	64	581	-12	80	727	2	-16	-147
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Perda total de protensão

Seção	$\Delta\sigma_{total}$		
	σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	0	0	0
S _{1/2} Bal	0	-78	-21
0	0	-92	-6
1	0	-88	-113
2	0	44	-286
3	2	67	-493
4	31	71	-576
5	31	68	-556
6	30	68	-557
7	2	62	-463
8	0	77	-331
9	0	21	-257
10	0	0	0

Tempo T = 00

Seção	Fase 4	$\Delta\sigma_{total}$	Fase 7	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 8	Fase 9	
S _{1/2} Bal	σ_s (tf/m ²)	-13	0	-13	-44	0	-57	-13
	σ'_s (tf/m ²)	413	-78	335	-28	0	307	335
	σ_i (tf/m ²)	238	-21	217	83	0	300	217
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-30	0	-30	-117	0	-147	-30
	σ'_s (tf/m ²)	396	-92	304	-75	0	229	304
	σ_i (tf/m ²)	307	-6	301	220	0	521	301
S ₁	σ_s (tf/m ²)	23	0	23	-108	172	-85	195
	σ'_s (tf/m ²)	710	-88	622	-61	97	562	719
	σ_i (tf/m ²)	415	-113	302	268	-429	570	-126
S ₂	σ_s (tf/m ²)	65	0	65	-96	305	-31	370
	σ'_s (tf/m ²)	295	44	339	-54	172	285	511
	σ_i (tf/m ²)	838	-286	551	238	-758	790	-207
S ₃	σ_s (tf/m ²)	86	2	88	-84	397	4	485
	σ'_s (tf/m ²)	407	67	473	-47	224	426	697
	σ_i (tf/m ²)	1519	-493	1026	209	-989	1234	37
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-13	31	18	-72	455	-54	473
	σ'_s (tf/m ²)	514	71	585	-41	256	545	842
	σ_i (tf/m ²)	1666	-576	1089	179	-1132	1268	-42
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-7	31	23	-60	475	-36	498
	σ'_s (tf/m ²)	590	68	658	-34	268	625	926
	σ_i (tf/m ²)	1574	-556	1018	149	-1181	1167	-163
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-7	30	23	-48	455	-25	478
	σ'_s (tf/m ²)	567	68	636	-27	256	609	892
	σ_i (tf/m ²)	1580	-557	1023	119	-1132	1142	-109
S ₇	σ_s (tf/m ²)	97	2	99	-36	397	63	497
	σ'_s (tf/m ²)	512	62	574	-20	224	554	798
	σ_i (tf/m ²)	1348	-463	885	89	-989	974	-104
S ₈	σ_s (tf/m ²)	84	0	84	-24	305	60	389
	σ'_s (tf/m ²)	269	77	346	-14	172	333	518
	σ_i (tf/m ²)	828	-331	497	60	-758	556	-261
S ₉	σ_s (tf/m ²)	48	0	48	-12	172	36	220
	σ'_s (tf/m ²)	270	21	291	-7	97	284	388
	σ_i (tf/m ²)	848	-257	590	30	-429	620	162

Verificação das tensões normais em cada fase de carregamento viga central
Fases de verificação das tensões

$$F1 = G1 + 1^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F2 = F1 + G2$$

$$F3 = F2 + 2^{\text{a}} \text{ Protensão}$$

$$F4 = F3 + G3$$

$$F5 = F4 + CM_{\text{mínima}}$$

$$F6 = F4 + CM_{\text{máxima}}$$

Tempo T = 0

Seção		G1	1ª Prot	Fase 1	G2	Fase 2	2ª Prot	Fase 3
S1/2Bal	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-15	496	481	-37	444	0	444
	σ_i (tf/m ²)	17	130	147	41	188	0	188
S0	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-52	600	548	-89	460	0	460
	σ_i (tf/m ²)	58	45	102	99	201	0	201
S1	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	120	521	641	120	761	0	761
	σ_i (tf/m ²)	-132	666	534	-132	401	0	401
S2	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	259	-231	28	302	330	0	330
	σ_i (tf/m ²)	-286	1540	1254	-333	921	0	921
S3	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-11	-11
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	361	-451	-90	439	349	81	430
	σ_i (tf/m ²)	-398	1830	1432	-483	949	725	1674
S4	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-130	-130
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	424	-448	-23	530	507	24	530
	σ_i (tf/m ²)	-467	1817	1350	-584	766	1100	1866
S5	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-133	-133
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	450	-445	4	576	580	23	603
	σ_i (tf/m ²)	-495	1807	1312	-634	678	1117	1794
S6	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-130	-130
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	437	-443	-6	551	546	24	569
	σ_i (tf/m ²)	-481	1795	1315	-607	707	1100	1807
S7	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-12	-12
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	385	-440	-55	482	427	80	507
	σ_i (tf/m ²)	-425	1785	1360	-531	830	727	1557
S8	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	296	-401	-105	367	262	0	262
	σ_i (tf/m ²)	-326	1723	1397	-404	993	0	993
S9	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	169	-111	58	206	264	0	264
	σ_i (tf/m ²)	-186	1356	1170	-227	943	0	943

Seção	G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-4	-4	-31	0	-34	-4
	σ'_s (tf/m ²)	-2	442	-19	0	422	442
	σ_i (tf/m ²)	7	195	59	0	255	195
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-15	-15	-82	0	-96	-15
	σ'_s (tf/m ²)	-9	450	-52	0	399	450
	σ_i (tf/m ²)	28	230	158	0	388	230
S ₁	σ_s (tf/m ²)	15	15	-75	127	-60	142
	σ'_s (tf/m ²)	8	769	-42	70	728	840
	σ_i (tf/m ²)	-39	363	193	-325	556	37
S ₂	σ_s (tf/m ²)	39	39	-75	225	-37	263
	σ'_s (tf/m ²)	22	352	-42	125	310	476
	σ_i (tf/m ²)	-100	822	193	-576	1015	246
S ₃	σ_s (tf/m ²)	56	45	-59	293	-13	338
	σ'_s (tf/m ²)	31	461	-33	163	429	624
	σ_i (tf/m ²)	-144	1529	150	-752	1680	778
S ₄	σ_s (tf/m ²)	67	-63	-50	335	-113	273
	σ'_s (tf/m ²)	37	568	-28	186	540	754
	σ_i (tf/m ²)	-173	1694	129	-860	1822	833
S ₅	σ_s (tf/m ²)	72	-61	-42	350	-103	289
	σ'_s (tf/m ²)	40	643	-23	194	620	837
	σ_i (tf/m ²)	-185	1610	107	-898	1717	712
		0					
S ₆	σ_s (tf/m ²)	70	-60	-34	335	-93	276
	σ'_s (tf/m ²)	39	608	-19	186	590	794
	σ_i (tf/m ²)	-180	1627	86	-860	1713	767
		0					
S ₇	σ_s (tf/m ²)	62	50	-25	293	25	343
	σ'_s (tf/m ²)	35	542	-14	163	528	704
	σ_i (tf/m ²)	-160	1397	64	-752	1462	646
		0					
S ₈	σ_s (tf/m ²)	48	48	-17	225	31	273
	σ'_s (tf/m ²)	27	288	-9	125	279	413
	σ_i (tf/m ²)	-123	871	43	-576	914	295
		0					
S ₉	σ_s (tf/m ²)	27	27	-8	127	19	154
	σ'_s (tf/m ²)	15	279	-5	70	274	349
	σ_i (tf/m ²)	-70	874	21	-325	895	548

Tempo T = 00

$$\text{Fase 7} = \text{Fase 4} + \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$$

$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

$$\text{F9} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{máxima}}$$

Seção		Fase 4	$\Delta\sigma_{\text{total}}$	Fase 7	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 8	Fase 9
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-4	0	-4	-31	0	-34	-4
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	442	-78	363	-19	0	344	363
	σ_i (tf/m ²)	195	-21	175	59	0	234	175
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-15	0	-15	-82	0	-96	-15
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	450	-92	358	-52	0	306	358
	σ_i (tf/m ²)	230	-6	223	158	0	381	223
S ₁	σ_s (tf/m ²)	15	0	15	-75	127	-60	142
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	769	-88	681	-42	70	639	752
	σ_i (tf/m ²)	363	-113	250	193	-325	444	-75
S ₂	σ_s (tf/m ²)	39	0	39	-75	225	-37	263
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	352	44	395	-42	125	353	520
	σ_i (tf/m ²)	822	-286	535	193	-576	729	-41
S ₃	σ_s (tf/m ²)	45	2	48	-59	293	-11	341
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	461	67	528	-33	163	495	690
	σ_i (tf/m ²)	1529	-493	1036	150	-752	1187	285
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-63	31	-31	-50	335	-82	304
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	568	71	639	-28	186	611	825
	σ_i (tf/m ²)	1694	-576	1117	129	-860	1246	257
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-61	31	-30	-42	350	-72	320
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	643	68	711	-23	194	688	905
	σ_i (tf/m ²)	1610	-556	1054	107	-898	1161	156
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-60	30	-29	-34	335	-63	306
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	608	68	677	-19	186	658	863
	σ_i (tf/m ²)	1627	-557	1070	86	-860	1156	210
S ₇	σ_s (tf/m ²)	50	2	53	-25	293	27	346
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	542	62	604	-14	163	590	766
	σ_i (tf/m ²)	1397	-463	934	64	-752	999	183
S ₈	σ_s (tf/m ²)	48	0	48	-17	225	31	273
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	288	77	365	-9	125	356	490
	σ_i (tf/m ²)	871	-331	539	43	-576	582	-37
S ₉	σ_s (tf/m ²)	27	0	27	-8	127	19	154
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	279	21	300	-5	70	295	370
	σ_i (tf/m ²)	874	-257	616	21	-325	638	291

Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento

Esforços cortantes característicos

$$V_{k,max} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,max}$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 30,0$$

$$V_{k,min} = V_{g1,k} + V_{g2,k} + V_{g3,k} + V_{p,k} + 0,5 * V_{q,min}$$

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

$$\text{onde: } V_{p,k} = V_p^{1^{prot}} + V_p^{2^{prot}} \text{ em tempo } t = \infty$$

Seção	$V_{g1,k}$ (tf)	$V_{g2,k}$ (tf)	$V_{g3,k}$ (tf)	$V_{p,k}$ (tf)	$V_{q,max,k}$ (tf)	$V_{q,min,k}$ (tf)	V_k^{max} (tf)	V_k^{min} (tf)
1/2 bal	-3.4	-8.7	-5.6	20.0	29.7	0.0	17.1	2.3
0 esq	-6.2	-10.6	-7.3	0.0	32.3	0.0	-24.0	-7.9
0 dir	14.5	16.5	13.6	0.0	44.5	0.0	66.8	44.6
1	10.9	13.5	11.0	-40.1	38.1	-1.1	14.4	-5.2
2	8.3	10.5	8.4	-29.5	32.1	-4.2	13.8	-4.3
3	5.7	7.5	5.9	-38.1	26.5	-7.7	-22.9	-5.8
4	3.1	4.5	3.3	-3.3	21.3	-11.6	18.2	1.8
5	0.4	0.7	0.7	0.0	16.6	-15.9	10.1	-6.1
6	-2.2	-2.3	-1.9	3.3	12.2	-20.6	-13.4	3.0
7	-4.8	-5.3	-4.4	38.3	8.3	-25.8	27.9	10.8
8	-7.5	-8.3	-7.0	6.5	4.8	-31.4	-32.0	-13.8
9	-10.1	-11.3	-9.6	26.0	2.9	-37.4	-23.7	-3.5
10	-13.5	-14.2	-12.2	0.0	2.7	-43.9	-61.8	-38.5

Verificação do concreto

$$\phi_{\text{bainha}} \text{ (m)} = 0,055$$

$$V_{sd} = 1,40 * (V_{g1} + V_{g2} + V_{g3}) + 0,90 * V_p + 1,40 * V_q$$

$$V_{rd2} = 0,3 * f_{cd} * b_w * \text{nom} * d$$

$$d = H_{\text{viga}} + h_{\text{laje}} - 0,15$$

Seção	V_{sd} (tf)	b_w (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{rd2} (tf)
1/2 bal	34.7	0.50	0.028	0.500	1.45	435.0
0 esq	-33.7	0.50	0.028	0.500	1.45	435.0
0 dir	124.7	0.50	0.028	0.500	1.45	435.0
1	66.9	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
2	56.5	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
3	29.5	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
4	42.1	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
5	25.7	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
6	-34.8	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
7	25.7	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
8	-70.0	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
9	-72.3	0.18	0.028	0.153	1.45	132.7
10	-117.3	0.50	0.028	0.500	1.45	435.0

Para todas as seções $V_{rd2} > V_{sd}$

Parcela do esforço cortante absorvida pelo concreto

$$M_{sdu} = 1,40 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3}) + 1,40 * M_q$$

Seção	M _{g1,k}	M _{g2,k}	M _{g3,k}	M _{q,k}	M _{sdu} (tf.m)
1/2 bal	-3.0	-11.6	-7.2	-24.3	-64.6
0 esq	-10.2	-26.1	-16.9	-64.7	-165.0
0 dir	-10.2	-26.1	-16.9	-64.7	-165.0
1	19.5	9.3	12.2	93.0	187.6
2	42.3	37.6	35.3	164.5	391.5
3	58.8	58.8	52.2	214.6	538.2
4	69.2	73.0	63.0	245.6	631.1
5	73.3	80.2	67.8	256.3	668.5
6	71.2	78.3	66.4	245.6	646.0
7	62.8	69.3	59.0	214.6	567.9
8	48.3	53.3	45.4	164.5	436.0
9	27.5	30.2	25.7	93.0	247.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w \text{ nom} * d$$

$$\beta_1 = 1 + (M_o / M_{sdu}) \leq 2$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

$$M_o = 0,90 * (\sigma_p^{1\text{prot.}} * W^{\text{isol.}} + \sigma_p^{2\text{prot.}} * W^{\text{conj.}})$$

$$\tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.339$$

Seção	$\sigma_p^{1\text{prot.00}}$ (tf/m ²)	W ^{isol.} (m ³)	$\sigma_p^{2\text{prot.00}}$ (tf/m ²)	W ^{conj.} (m ³)	M _o (tf.m)	β_1
1/2 bal	418	0.197	0	0.865	74.06	2.000
0 esq	508	0.197	0	0.865	90.06	1.546
0 dir	508	0.197	0	0.865	90.06	1.546
1	553	0.148	0	0.217	73.65	1.393
2	1253	0.148	0	0.217	166.95	1.426
3	1491	0.148	571	0.217	310.02	1.576
4	1506	0.148	835	0.217	363.63	1.576
5	1509	0.148	859	0.217	368.66	1.551
6	1495	0.148	843	0.217	363.81	1.563
7	1468	0.148	581	0.217	309.00	1.544
8	1392	0.148	0	0.217	185.40	1.425
9	1099	0.148	0	0.217	146.35	1.593
10	0	0.197	0	0.865	0.00	1.000

Seção	b _w ^{nom} (m)	d (m)	V _{cd} (tf)
1/2 bal	0.500	1.450	122.8
0 esq	0.500	1.450	94.9
0 dir	0.500	1.450	94.9
1	0.153	1.450	26.1
2	0.153	1.450	26.7
3	0.153	1.450	29.5
4	0.153	1.450	29.5
5	0.153	1.450	29.1
6	0.153	1.450	29.3
7	0.153	1.450	28.9
8	0.153	1.450	26.7
9	0.153	1.450	29.8

10	0.500	1.450	61.4
----	-------	-------	------

Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal

Seção	V _{sd} (tf)	V _{cd} (tf)	V _{wd} (tf)
1/2 bal	34.7	122.8	0.00
0 esq	33.7	94.9	0.00
0 dir	124.7	94.9	29.80
1	66.9	26.1	40.78
2	56.5	26.7	29.79
3	29.5	29.5	0.00
4	42.1	29.5	12.54
5	25.7	29.1	0.00
6	34.8	29.3	5.56
7	25.7	28.9	0.00
8	70.0	26.7	43.29
9	72.3	29.8	42.50
10	117.3	61.4	55.84

Cálculo da taxa volumétrica de armação transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{ywd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w)$$

Seção	b _w (m)	V _{wd} (tf)	A _{sw} /s (cm ² /m)	ρ _{wu} (cm ² /m ²)
1/2 bal	0.50	0.0	0.00	0.00
0 esq	0.50	0.0	0.00	0.00
0 dir	0.50	29.8	5.25	10.51
1	0.18	40.8	7.19	39.93
2	0.18	29.8	5.25	29.17
3	0.18	0.0	0.00	0.00
4	0.18	12.5	2.21	12.28
5	0.18	0.0	0.00	0.00
6	0.18	5.6	0.98	5.45
7	0.18	0.0	0.00	0.00
8	0.18	43.3	7.63	42.39
9	0.18	42.5	7.49	41.61
10	0.50	55.8	9.84	19.68

Cálculo do Fator de Fadiga

$$\Delta\sigma_w = (V_{max} - V_c) / (b_w * d * \rho_{wu}) - (V_{min} - V_c) / (b_w * d * \rho_{wu})$$

$$\Delta f_{sd}^{fad} = 850 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f.f. = \Delta\sigma_w / \Delta f_{sd}$$

Seção	V ^{máx} (tf)	V ^{min} (tf)	V _c (tf)	ρ _{wu} (cm ² /cm ²)	σ _{wmax} (tf/m ²)	σ _{wmin} (tf/m ²)
1/2 bal	17.10	2.27	81.90	0.00000	0	0
0 esq	-24.04	-7.87	63.30	0.00000	0	0
0 dir	66.84	44.57	63.30	0.00105	54	0
1	14.39	-5.21	17.39	0.00399	0	0
2	13.79	-4.34	17.82	0.00292	0	0
3	-22.87	-5.80	19.68	0.00000	0	0
4	18.21	1.78	19.69	0.00123	0	0
5	10.10	-6.12	19.38	0.00000	0	0
6	-13.39	3.04	19.52	0.00054	0	0
7	27.89	10.82	19.29	0.00000	0	0
8	-31.97	-13.84	17.80	0.00424	265	0
9	-23.67	-3.49	19.89	0.00416	70	0
10	-61.83	-38.53	40.95	0.00197	181	0

Δσ _w (tf/m ²)	f.f.
0	1.00
0	1.00
54	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
0	1.00
265	1.00
70	1.00
181	1.00

Cálculo dos estribos e seus espaçamentos

$$\rho_w = (A_{sw} / s) * (1 / b_w) \geq 15 \text{ (cm}^2/\text{m}^2\text{)}$$

$$s = 2 * A_{stperna} / (\rho_w * f.f. * b_w)$$

$$\phi \text{ (mm)} = 10.00 \quad A_{stperna} \text{ (cm}^2\text{)} = 0.785$$

Seção	b _w (m)	ρ _{wu}	ρ _{wu} x f.f	ρ _{wu} x f.f (Médio)	Espaçam. (m)
1/2 bal	0.50	0.00	0.00	15.0	20.9
0 esq	0.50	0.00	0.00		
0 dir	0.50	10.51	10.51	25.2	18.3
1	0.18	39.93	39.93	34.5	25.2
2	0.18	29.17	29.17	15.0	58.1
3	0.18	0.00	0.00	15.0	58.1
4	0.18	12.28	12.28	15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00	15.0	58.1
6	0.18	5.45	5.45	15.0	58.1
7	0.18	0.00	0.00	15.0	58.1

				21.2	41.2
8	0.18	42.39	42.39	42.0	20.8
9	0.18	41.61	41.61	30.6	15.1
10	0.50	19.68	19.68		

Verificação dos Aparelhos de Apoio
Apoios 1 e 4
Viga de Bordo
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.50$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 20.7$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 27.8$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 20.9$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 55.6$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 125.0$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 833.5 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 69.4$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 462.5 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

Viga Central
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.50$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 20.7$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 26.6$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 11.6$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 17.7$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 76.6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 510.6 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 58.9$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 392.9 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

Apoios 2 e 3
Viga de Bordo
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 13.9$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 15.4$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 12.5$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 55.6$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 97.4$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = \mathbf{811.9} \leq \mathbf{1.500 \text{ tf/m}^2}$$

Tensão normal mínima

$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 41.8$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = \mathbf{348.2} \geq \mathbf{200 \text{ tf/m}^2}$$

Viga Central
Dimensões do aparelho

$$a \text{ (m)} = 0.30$$

$$b \text{ (m)} = 0.40$$

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 13.9$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 17.7$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 7.4$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 17.7$$

$$N_{CM_min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Tensão normal máxima

$$\sigma_{max} = N_{max} / (a * b)$$

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 56.6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = \mathbf{471.7} \leq \mathbf{1.500 \text{ tf/m}^2}$$

Tensão normal mínima

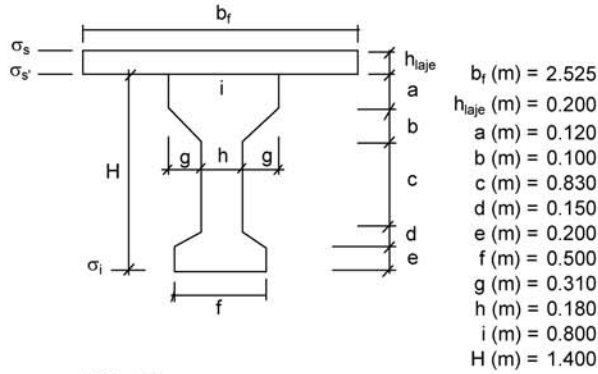
$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 38.9$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = \mathbf{324.5} \geq \mathbf{200 \text{ tf/m}^2}$$

Verificação do Estado Limite Ultimo (Verificação à Ruptura das Seções S₃ e S₀)

Verificação da Seção do Meio do Vão (S₅)

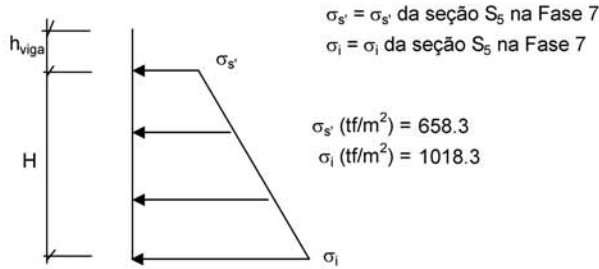


Materiais:

Concreto: f_{ck} (MPa) = 35.0 E_c (kgf/cm²) = 330,000

Aço: CP-190-RB E_{sp} (kgf/cm²) = 1,950,000

Tensões de peso próprio + protensão em t = ∞



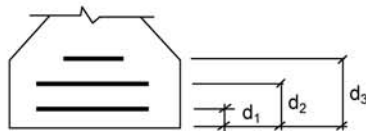
Tensões no aço de protensão após as perdas (t = ∞)

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=0} - \sigma_{1^{prot.}}^{t=0} + \sigma_{sp}^{t=0} - \sigma_{2^{prot.}}^{t=0} \quad \sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 95,898$$

Solicitações atuantes na seção S₅

M_{g1} (tf.m) = 73.3 M_p (tf.m) = 256.3
M_{g2} (tf.m) = 80.2
M_{g3} (tf.m) = 67.8

Cálculo do C.G. da armadura de protensãc

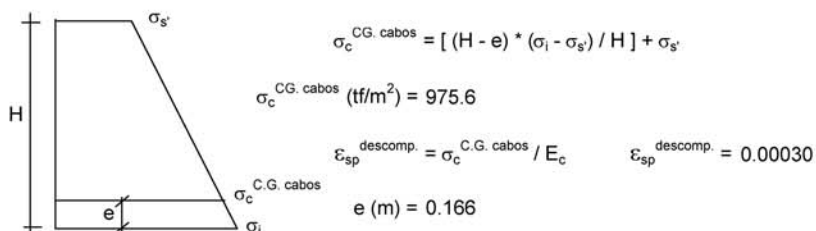


1ª camada: n° cabos = 3 d₁ (m) = 0.08 C.G (cm) = 0.166
 2ª camada: n° cabos = 3 d₂ (m) = 0.2
 3ª camada: n° cabos = 1 d₃ (m) = 0.32

Cálculo do pré-alongamento da armadur:

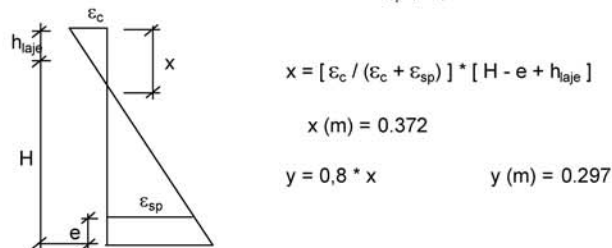
$$\epsilon_{sp}^{pré-Along.} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp} \quad \epsilon_{sp}^{pré-Along.} = 0.0049$$

Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concret:

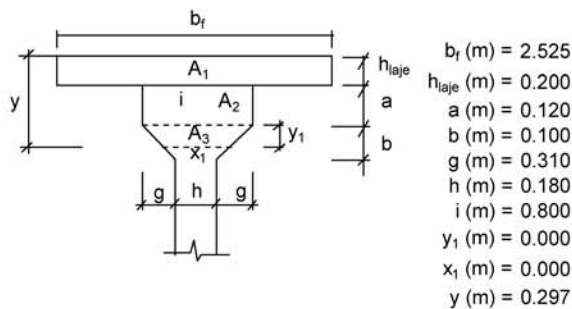


1ª Tentativa:

Deformada admitida para a seção S_s ϵ_c (‰) = 3.5
 ϵ_{sp} (‰) = 10.0



Cálculo da resultante de compressão



$$R_{cc} = 0.85 * f_{cd} * (A_1 + A_2 + A_3) / 1.4$$

A_1 (m²) = 0.505
 A_2 (m²) = 0.078
 A_3 (m²) = 0.000

$$R_{cc} \text{ (tf)} = 1238.8$$

Cálculo da resultante de tração

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} (\%) = 15.21$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

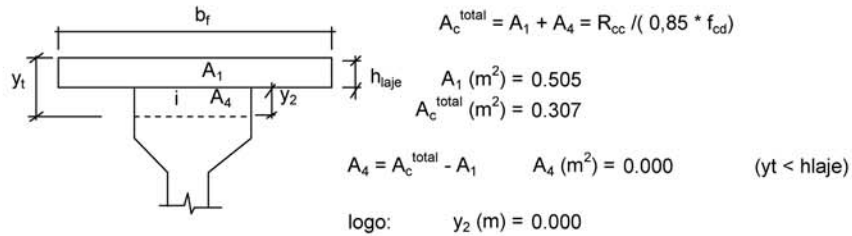
$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,721$$

$$A_{sp}^{1\text{cabo } 6\phi 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5.92 \qquad A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 41.4$$

$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp} \qquad R_{st} \text{ (tf)} = 651.5$$

Como $R_{st} < R_{cc}$, devemos diminuir o valor de x para reduzir a mesa de compressão e conseqüentemente Rcc.

Logo devemos ter: $R_{cc} = R_{st} \text{ (tf)} = 651.5$

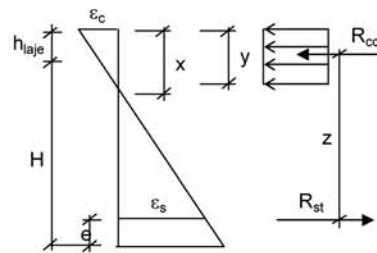


$$y_t \text{ (m)} = 0.1214 \qquad y_t < h_{laje}$$

$$x = y_t / 0,8 \qquad x \text{ (m)} = 0.152$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \qquad y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.0607$$



$$z = H + h_{laje} - y_{C.G.} - e \qquad z \text{ (m)} = 1.374$$

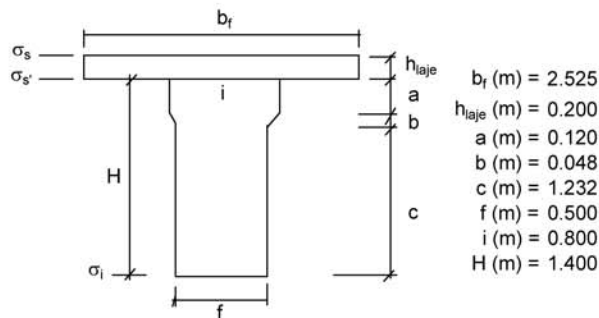
Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \qquad M_u \text{ (tf.m)} = 894.9$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \qquad M_d \text{ (tf.m)} = 668.5$$

Então: $M_u / M_d = 1.34 > 1,00$ (Atende)
 Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

Verificação da Seção do Apoio (S₀)

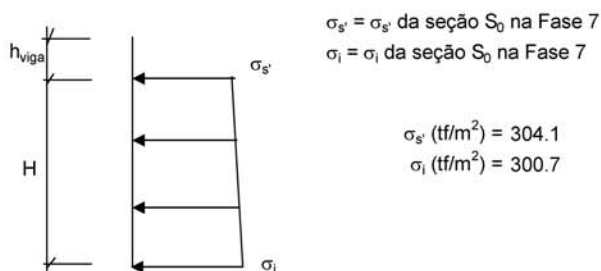


Materiais:

Concreto: f_{ck} (MPa) = 35.0 E_c (kgf/cm²) = 330,000

Aço: CP-190-RB E_{sp} (kgf/cm²) = 1,950,000

Tensões de peso próprio + protensão em $t = \infty$



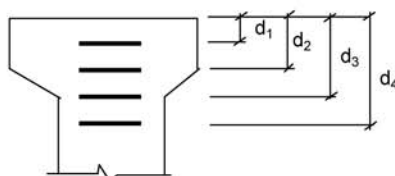
Tensões no aço de protensão após as perdas ($t = \infty$)

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=0} - \sigma_{1^{prot.}} - \sigma_{2^{prot.}}$$

$\sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 89,611$

Solicitações atuantes na seção S₀

$M_{g1} \text{ (tf.m)} = -10.2$
 $M_{g2} \text{ (tf.m)} = -26.1$ $M_p \text{ (tf.m)} = -64.7$
 $M_{g3} \text{ (tf.m)} = -16.9$



1ª camada: **2ª camada:** **3ª camada:**
 $n^\circ \text{ cabos} = 1$ $n^\circ \text{ cabos} = 1$ $n^\circ \text{ cabos} = 1$
 $d_1 \text{ (m)} = 0.10$ $d_2 \text{ (m)} = 0.3$ $d_3 \text{ (m)} = 0.55$

4ª camada:

$$n^{\circ} \text{ cabos} = 1$$

$$d_4 \text{ (m)} = 0.85$$

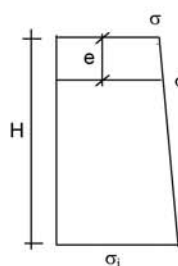
$$\text{C.G (cm)} = 0.450$$

Cálculo do pré-alongamento da armadura:

$$\epsilon_{sp}^{\text{pré-along.}} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{\text{pré-along.}} = 0.0046$$

Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concreto:



$$\sigma_c^{\text{C.G. cabos}} = [e * (\sigma_i - \sigma_s) / H] + \sigma_s$$

$$\sigma_c^{\text{C.G. cabos}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 303.0$$

$$\epsilon_{sp}^{\text{descomp.}} = \sigma_c^{\text{C.G. cabos}} / E_c$$

$$\epsilon_{sp}^{\text{descomp.}} = 0.00009$$

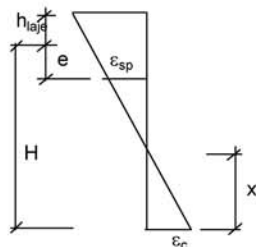
$$e \text{ (m)} = 0.450$$

1ª Tentativa:

Deformada admitida para a seção S_0

$$\epsilon_c \text{ (‰)} = 3.5$$

$$\epsilon_{sp} \text{ (‰)} = 10.0$$



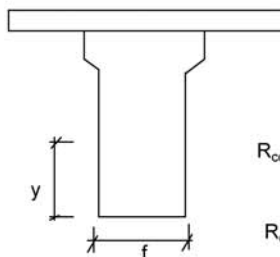
$$x = [\epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{sp})] * [H - e + h_{ajed}]$$

$$x \text{ (m)} = 0.298$$

$$y = 0.8 * x$$

$$y \text{ (m)} = 0.239$$

Cálculo da resultante de compressão



$$f \text{ (m)} = 0.500$$

$$y \text{ (m)} = 0.239$$

$$R_{cc} = 0.85 * f_{cd} * (y * f) / 1.4$$

$$R_{cc} \text{ (tf)} = 253.4$$

Cálculo da resultante de tração

$$\epsilon_{sp}^{total} = \epsilon_{sp}^{pré-along.} + \epsilon_{sp}^{descomp.} + \epsilon_{sp}$$

$$\epsilon_{sp}^{total} (\%) = 14.69$$

Da tabela do livro de concreto protendido do Prof. Walter do Couto Pfeil tem-se:

$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,669$$

$$A_{sp}^{1\text{cabo } 6\phi 12,7} \text{ (cm}^2\text{)} = 5.92$$

$$A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.7$$

$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp}$$

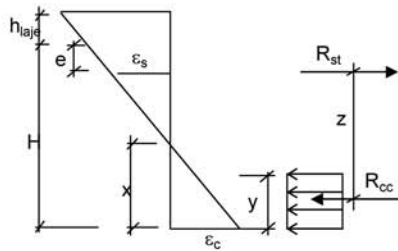
$$R_{st} \text{ (tf)} = 371.0$$

Como $R_{st} > R_{cc}$, devemos manter o valor de x e com isso também a área de compressão.

$$R_{cc} = R_{st} \text{ (tf)} = 253.4$$

Cálculo do C.G da área comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \quad y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.119$$



$$z = H - y_{C.G.} - e \quad z \text{ (m)} = 0.831$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u \text{ (tf.m)} = 210.5$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d \text{ (tf.m)} = 165.0$$

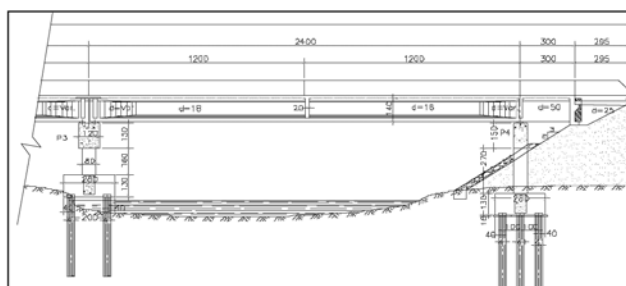
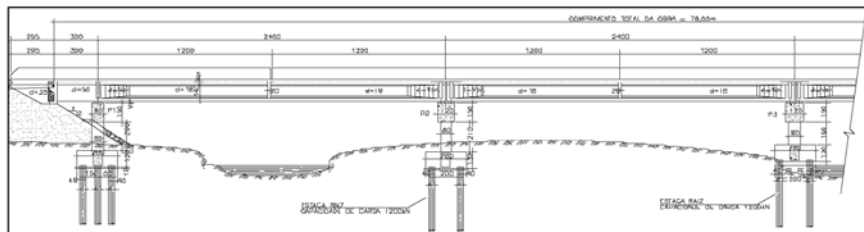
Então: $M_u / M_d = 1.28 > 1.00$ (Atende)
Ruptura pelo esmagamento do concreto

6.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,00 m, 2,10 m, 1,60 m e 2,70 m de altura para as obras de 78,00 m com um vão de 24,00 m e dois vãos de 24,00 m com balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - (1 vão de 24,00m e 2 vãos de 24,00m com balanços de 3,00m)

1 - Sistema estrutural

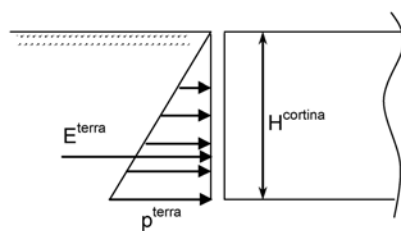


- $L_{vão1}$ (m) = 24.00
- $L_{vão2}$ (m) = 24.00
- $L_{vão3}$ (m) = 24.00
- L_{bal_esq} (m) = 3.00
- L_{bal_dir} (m) = 3.00

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{solo} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 1.90$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{terra} = K_a \times \gamma^{solo} \times H^{cortina}$$

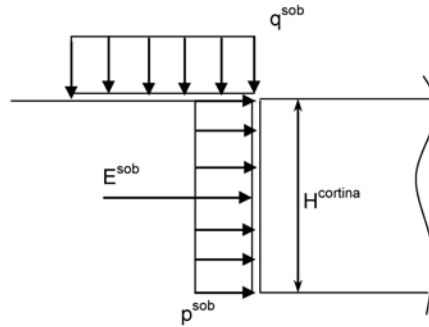
$$p^{terra} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.140$$

$$E_{terra} = ((p^{terra} \times H^{cortina})/2) \times L^{obra}$$

$$E_{terra} \text{ (tf)} = 14.1$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 1.90$$

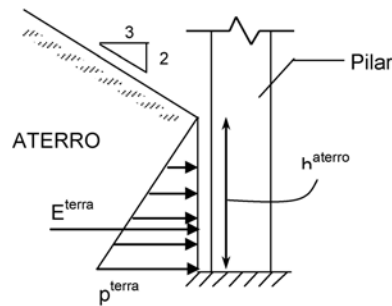
$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} \text{ (tf)} = 4.1$$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$$K_a = 0.75$$

$$\gamma_{solo} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$h^{aterro P1} \text{ (m)} = 2.00$$

$$b^{pilar} \text{ (m)} = 0.80$$

$$h^{aterro P4} \text{ (m)} = 2.70$$

$$b^{pilar} \text{ (m)} = 0.80$$

$$p^{terra} = K_a \times \gamma^{solo} \times h^{aterro}$$

$$p^{terra P1} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2.70$$

$$p^{terra P4} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 3.65$$

$$E_{terra} = ((p^{terra} \times h^{aterro})/2) \times 3 \times b^{pilar}$$

$$E_{terra P1} \text{ (tf)} = 6.48$$

$$E_{terra P4} \text{ (tf)} = 11.81$$

2.1.4 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

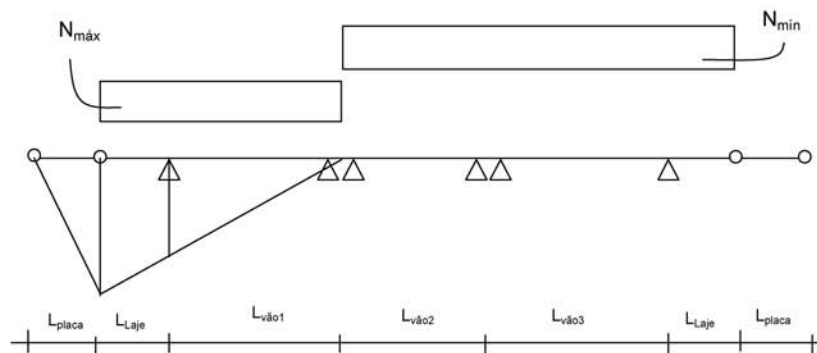
$$\alpha = 0.00001$$

2.1.5 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veículo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$P^{concentrado} (tf) = 45.0$	$Larg^{obra} (m) = 13.00$	$L^{Vão1} (m) = 24.00$
$q^{mult} (tf/m^2) = 0.5$	$L^{bal_esq} (m) = 3.00$	$L^{Vão2} (m) = 24.00$
$Larg^{obra} (m) = 13.00$	$L^{bal_dir} (m) = 3.00$	$L^{Vão3} (m) = 24.00$

Linha de influência da reação máxima em P1 e P4



1ª Hipótese - N_{máx}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{concentrado}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal_esq+Vão1}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal_esq+Vão1}$ para PMC

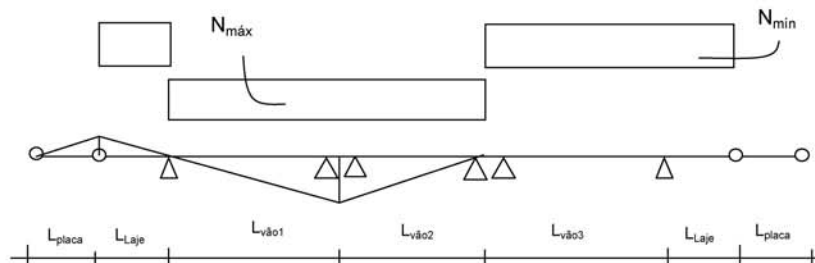
$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 8.24 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 4.12 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - N_{min}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{concentrado}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal_dir+vão2+vão3}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal_dir+vão2+vão3}$ para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 15.56 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 7.78 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência da reação máxima em P2 e P3



1ª Hipótese - N_{máx}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{vão1}+\text{vão2}}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{vão1}+\text{vão2}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 14.64 \\ 7.32 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2ª Hipótese - N_{min}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal_esq}+\text{vão3}+\text{bal_dir}}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal_esq}+\text{vão3}+\text{bal_dir}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 9.15 \\ 4.58 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

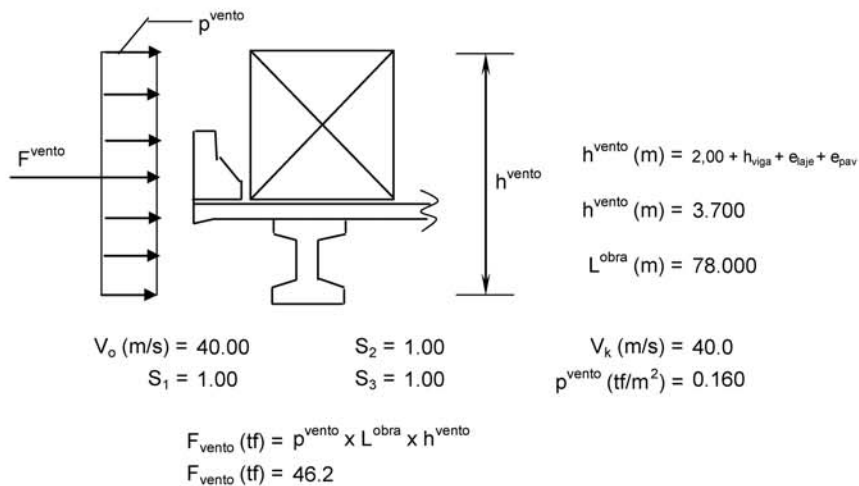
2.2 Direção transversal

2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p^{\text{vento}} = C_x \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \qquad C_x = 1.60$$



3 - Cálculo das rizejas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

n° de aparelhos de apoio (n) = 5
 S_1 apar (m²) = 0.15
 G (tf/m²) = 100.0 $k^{neop}_{transv} = k^{neop}_{long} = (n \cdot G \cdot S) / h_{borr}$
 h_{borr} (m) = 0.04
 K^{neop} (tf/m) = 1,875.0

3.1.2 - Pilares (80x80)

fck_{pilar} (MPa) = 20
 $h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$
 $h_{total} = 4.15$
 n° de pilares (n) = 2

- longitudinal

$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$
 $J^{long}_{1 pilar}$ (m⁴) = 0.0341
 E_c (tf/m²) = $9,5 \times (fck_j + 8)^{1/3}$
 E_c (tf/m²) = 2,884,760
 K^{long}_1 (tf/m) = 8,266.0

- transversal

$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$
 $J^{transv}_{1 pilar}$ (m⁴) = 0.0341
 E_c (tf/m²) = 2,884,760
 K^{transv}_1 (tf/m) = 8,266.0

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long-conj}_1 (tf/m) = 1,528.3$$

- transversal

$$K^{transv-conj}_1 (tf/m) = 1,528.3$$

3.2 - Linha de apoio 2

3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 10$$

$$S_{1 \text{ apar}} (m^2) = 0.12$$

$$G (tf/m^2) = 100$$

$$h (m) = 0.04$$

$$k^{neop}_{transv} = k^{neop}_{long} = (n * G * S) / h_{borr}$$

$$K^{neop} (tf/m) = 3,000.0$$

3.2.2 - Pilares (80x100)

$$fck_{pilar} (MPa) = 20$$

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

$$h_{total} = 4.25$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{long}_{1 \text{ pilar}} (m^4) = 0.0427$$

$$Ec (tf/m^2) = 9,5 * (fck_j + 8)^{1/3}$$

$$Ec (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K^{long}_2 (tf/m) = 9,620.2$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{transv}_{1 \text{ pilar}} (m^4) = 0.0667$$

$$Ec (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K^{transv}_2 (tf/m) = 15,031.5$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long-conj}_2 (tf/m) = 2,286.9$$

- transversal

$$K^{transv-conj}_2 (tf/m) = 2,500.9$$

3.3 - Linha de apoio 3

3.3.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 10 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.04 \end{aligned} \quad k_{\text{transv}}^{\text{neop}} = k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 3,000.0$$

3.3.2 - Pilares (80x100)

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 3.75 \\ \text{n}^\circ \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$\begin{aligned} J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0427 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_3^{\text{long}} \text{ (tf/m)} &= 14,004.1 \end{aligned}$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$\begin{aligned} J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0667 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_3^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} &= 21,881.4 \end{aligned}$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_3^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 2,470.7$$

- transversal

$$K_3^{\text{transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 2,638.3$$

3.4 - Linha de apoio 4

3.4.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.04 \end{aligned} \quad k_{\text{transv}}^{\text{neop}} = k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 1,875.0$$

3.4.2 - Pilares (80x80)

$$f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 4.85$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{1 pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_4^{\text{long}} \text{ (tf/m)} = 5,178.6$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{1 pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_4^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} = 5,178.6$$

3.4.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_4^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1,376.6$$

- transversal

$$K_4^{\text{transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 1,376.6$$

3.5 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{long}} = 7,662.5$$

$$\mu_1^{\text{long}} = 0.1995$$

$$\mu_2^{\text{long}} = 0.2984$$

$$\mu_3^{\text{long}} = 0.3224$$

$$\mu_4^{\text{long}} = 0.1797$$

- transversal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{transv}} = 8,044.1$$

$$\mu_1^{\text{transv}} = 0.1900$$

$$\mu_2^{\text{transv}} = 0.3109$$

$$\mu_3^{\text{transv}} = 0.3280$$

$$\mu_4^{\text{transv}} = 0.1711$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1,528.3	1,528.3	0.19946	0.18999
2	2,286.9	2,500.9	0.29845	0.31090
3	2,470.7	2,638.3	0.32244	0.32798
4	1,376.6	1,376.6	0.17965	0.17113
Total	7,662.5	8,044.1	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

$$F^3 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio3}}$$

$$F^4 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio4}}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 2.81$$

$$F^2 (tf) = 4.20$$

$$F^3 (tf) = 4.54$$

$$F^4 (tf) = 2.53$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 0.82$$

$$F^2 (tf) = 1.23$$

$$F^3 (tf) = 1.33$$

$$F^4 (tf) = 0.74$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar) (aplicado diretamente sobre os pilares)

$$\text{Pilar}^{\text{apoio1}} (tf) = 6.48$$

$$\text{Pilar}^{\text{apoio4}} (tf) = 11.81$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.c.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Xc.e.Longitudinal (m) = 38.6

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1,528.3	35.58	35.34
2	2,286.9	11.58	17.21
3	2,470.7	12.42	19.95
4	1,376.6	36.42	32.59

4.5 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de $N_{m\acute{a}x}$

- PTC

$$F^1 (tf) = 2.7$$

$$F^2 (tf) = 4.4$$

$$F^3 (tf) = 4.7$$

$$F^4 (tf) = 2.4$$

- PMC

$$F^1 (tf) = 2.7$$

$$F^2 (tf) = 4.0$$

$$F^3 (tf) = 4.4$$

$$F^4 (tf) = 2.4$$

Hipótese de $N_{m\acute{i}n}$

- PTC

$$F^1 (tf) = 3.1$$

$$F^2 (tf) = 4.0$$

$$F^3 (tf) = 4.4$$

$$F^4 (tf) = 2.8$$

- PMC

$$F^1 (tf) = 2.7$$

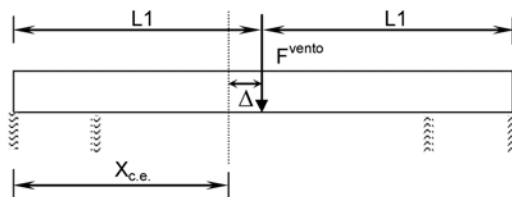
$$F^2 (tf) = 4.0$$

$$F^3 (tf) = 4.4$$

$$F^4 (tf) = 2.4$$

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$$L1 (m) = 39.00$$

$$X_{c.e.Transversal} (m) = 38.53$$

$$\Delta (m) = 0.474$$

$$F_{vento} (tf) = 46.18$$

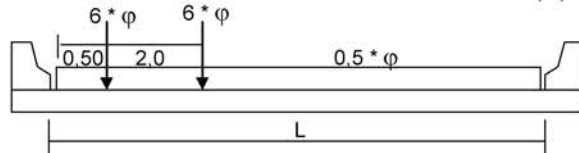
$$F^T_i = F_{vento} * K_{i Trans} * [(1 / \sum K_{i Trans}) \pm (\Delta * X_i) / (\sum (K_{i Trans} * X_i^2))]$$

Linha	$K_{i Trans} (tf/m)$	$X_i (m)$	$K_{i Trans} * X_i^2$	$F^T_i (tf)$
1	1,528.3	-35.53	1928884	8.51
2	2,500.9	-11.53	332232	14.22
3	2,638.3	12.47	410525	15.30
4	1,376.6	36.47	1831355	8.15
TOTAL	8,044.1		4502996	46.18

6 - Cálculo dos Esforços na Infra-Estrutura provenientes da superestrutura

PTC

$L (m) = 12.20$



$$P = 2 * 6 * \varphi \qquad Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$$

$$p = 0,5 * \varphi * L \qquad mt = 0$$

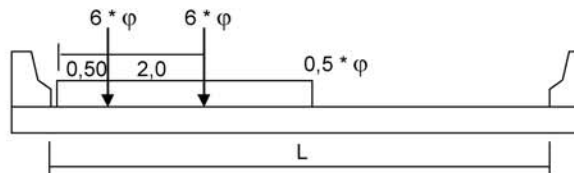
Trem-Tipo Flexão

Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	23.65	1.234	7.530
L2	23.30	1.237	7.545
L3	23.65	1.234	7.530

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	23.65	1.234	0.000
L2	23.30	1.237	0.000
L3	23.65	1.234	0.000

PMC



$$P = 2 * 6 * \varphi \qquad Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$$

$$p = 0,5 * \varphi * 0,50 * L \qquad mt = 0,50 * \varphi * 0,50 * L * 0,25 * L$$

Trem-Tipo Flexão

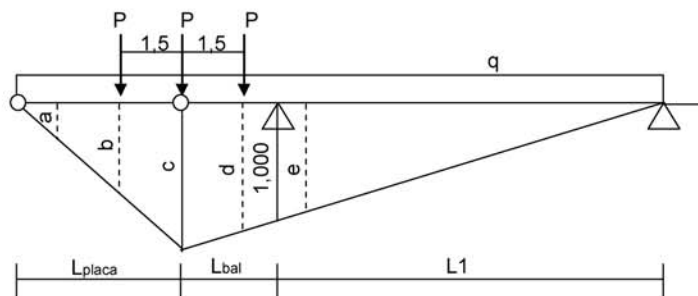
Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	23.65	1.234	3.765
L2	23.30	1.237	3.773
L3	23.65	1.234	3.765

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	23.65	1.234	11.48
L2	23.30	1.237	11.51
L3	23.65	1.234	11.48

Reações de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	d (m) = 1.063
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.563	e (m) = 1.000
L_1 (m) = 23.65	c (m) = 1.127	

Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L_1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

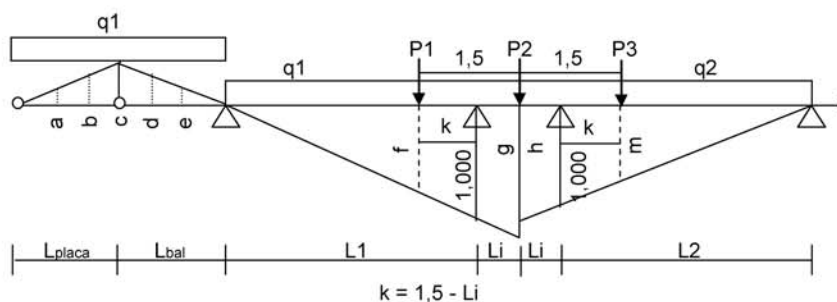
PTC	PMC
P (tf) = 14.8 q (tf/m) = 7.530	P (tf) = 14.8 q (tf/m) = 3.765
N_p (tf) = 173.1 ML (tf.m) = 0.0	N_p (tf) = 110.2 ML (tf.m) = 0.0

Reação Mínima

PTC	PMC
N_p (tf) = 0.0 ML (tf.m) = 0.0	N_p (tf) = 0.0 ML (tf.m) = 0.0

Apoio P2

Dois vãos carregados



P_{L1} (tf) = 14.8	P_{L2} (tf) = 14.8
----------------------	----------------------

L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	f (m) = 0.951	$P1$ (tf) = 14.8
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.063	g (m) = 1.015	$P2$ (tf) = 14.8
$L1$ (m) = 23.65	c (m) = 0.127	h (m) = 1.015	$P3$ (tf) = 14.8
$L2$ (m) = 23.30	d (m) = 0.063	m (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	e (m) = 0.000	k (m) = 1.15	

Reação Máxima

$$N_e = P1 * f + (P2 / 2) * g + q1 * [g * (L1 + Li) / 2]$$

$$N_d = (P2 / 2) * h + P3 * m + q2 * [h * (L2 + Li) / 2]$$

$$M_L = (N_d - N_e) * Li$$

PTC

$$q1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$q2 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

PMC

$$q1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$q2 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_e \text{ (tf)} = 113.3$$

$$N_d \text{ (tf)} = 112.2$$

$$N_e \text{ (tf)} = 67.5$$

$$N_d \text{ (tf)} = 66.9$$

$$N_p \text{ (tf)} = 225.5$$

$$ML \text{ (tf.m)} = -0.39$$

$$N_p \text{ (tf)} = 134.4$$

$$ML \text{ (tf.m)} = -0.19$$

Reação Mínima

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = -N_e * Li$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$N_e \text{ (tf)} = -6.6$$

$$ML \text{ (tf.m)} = 2.32$$

PMC

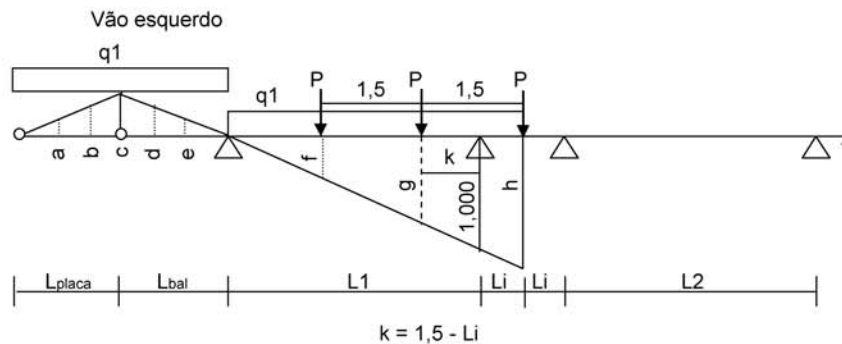
$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$N_e \text{ (tf)} = -5.2$$

$$ML \text{ (tf.m)} = 1.82$$

Apenas um vão carregado



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	f (m) = 0.888
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.063	g (m) = 0.951
$L1$ (m) = 23.65	c (m) = 0.127	h (m) = 1.015
$L2$ (m) = 23.30	d (m) = 0.063	k (m) = 1.150
Li (m) = 0.35	e (m) = 0.000	

Reação Máxima

$$N_e = P * (f + g + h) + q_1 * [h * (L_1 + L_i) / 2]$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 14.8	P (tf) = 14.8
q1 (tf/m) = 7.530	q1 (tf/m) = 3.765
Ne (tf) = 134.0	Ne (tf) = 88.1
ML (tf.m) = -46.9	ML (tf.m) = -30.8

Reação Mínima

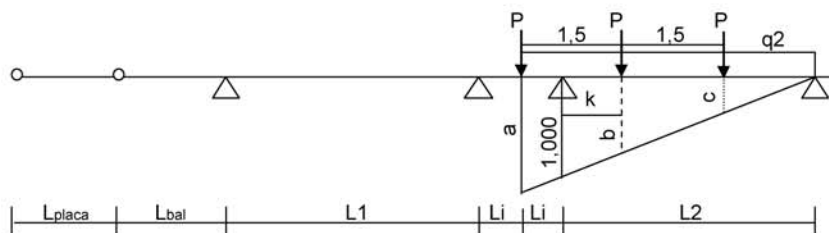
$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q_1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 14.8	P (tf) = 14.8
q1 (tf/m) = 7.530	q1 (tf/m) = 3.765
Ne (tf) = -6.6	Nd (tf) = -5.2
ML (tf.m) = 2.32	ML (tf.m) = 1.82

Vão direito



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 1.015
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.951
L_1 (m) = 23.65	c (m) = 0.886
L_2 (m) = 23.30	k (m) = 1.150
L_i (m) = 0.35	

Reação Máxima

$$N_e = 0$$

$$N_d = P * (a + b + c) + q_2 * [a * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 14.8 q1 (tf/m) = 7.545	P (tf) = 14.8 q1 (tf/m) = 3.773
Nd (tf) = 132.9 ML (tf.m) = 46.5	Nd (tf) = 87.6 ML (tf.m) = 30.7

Reação Mínima

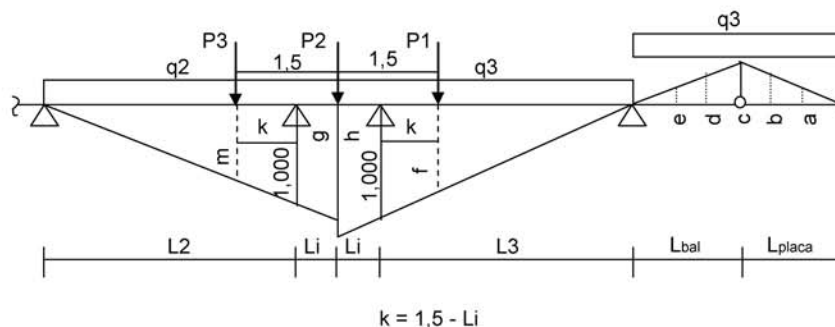
$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = 0$$

PTC	PMC
P (tf) = 14.8 q1 (tf/m) = 7.545	P (tf) = 14.8 q1 (tf/m) = 3.773
Np (tf) = 0.0 ML (tf.m) = 0.0	Np (tf) = 0.0 ML (tf.m) = 0.0

Apoio P3

Dois vãos carregados



$$P_{L2} (tf) = 14.8 \qquad P_{L3} (tf) = 14.8$$

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.951$	$P1 (tf) = 14.8$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.063$	$g (m) = 1.015$	$P2 (tf) = 14.8$
$L2 (m) = 23.30$	$c (m) = 0.127$	$h (m) = 1.015$	$P3 (tf) = 14.8$
$L3 (m) = 23.65$	$d (m) = 0.063$	$m (m) = 0.951$	
$L_i (m) = 0.35$	$e (m) = 0.000$	$k (m) = 1.150$	

Reação Máxima

$$N_e = P_3 * m + (P_2 / 2) * g + q_2 * [g * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$N_d = P_1 * f + (P_2 / 2) * h + q_3 * [h * (L_3 + L_i) / 2]$$

$$M_L = (N_d - N_e) * L_i$$

PTC		PMC	
q2 (tf/m) = 7.545		q2 (tf/m) = 3.773	
q3 (tf/m) = 7.530		q3 (tf/m) = 3.765	
Ne (tf) = 112.2		Ne (tf) = 66.9	
Nd (tf) = 113.3		Nd (tf) = 67.5	
Np (tf) = 225.5		Np (tf) = 134.4	
ML (tf.m) = 0.39		ML (tf.m) = 0.20	

Reação Mínima

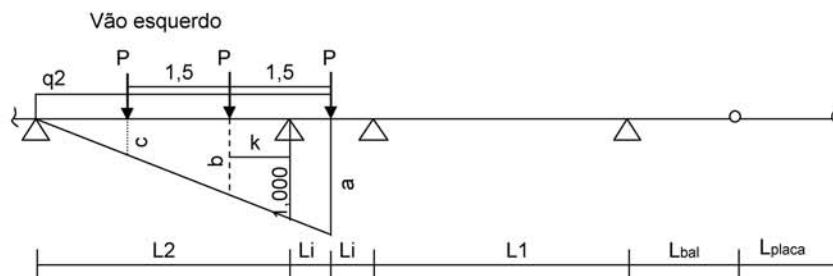
$$N_e = 0$$

$$N_d = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q_3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$M_L = N_d * L_i$$

PTC		PMC	
P (tf) = 14.8		P (tf) = 14.8	
q3 (tf/m) = 7.530		q3 (tf/m) = 3.765	
Nd (tf) = -6.6		Nd (tf) = -5.2	
ML (tf.m) = -2.32		ML (tf.m) = -1.82	

Apenas um vão carregado



L _{placa} (m) = 3.00	a (m) = 1.015
L _{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.951
L ₂ (m) = 23.30	c (m) = 0.886
L ₃ (m) = 23.65	
L _i (m) = 0.35	k (m) = 1.150

Reação Máxima

$$N_e = P * (a + b + c) + q_2 * [a * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

PTC		PMC	
P (tf)	= 14.8	P (tf)	= 14.8
q1 (tf/m)	= 7.545	q1 (tf/m)	= 3.773
N _e (tf)	= 132.9	N _e (tf)	= 87.6
M _L (tf.m)	= -46.5	M _L (tf.m)	= -30.7

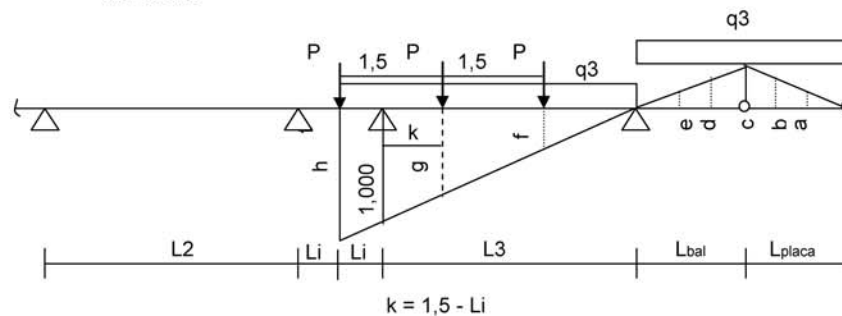
Reação Mínima

$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = 0$$

PTC		PMC	
P (tf)	= 14.8	P (tf)	= 14.8
q1 (tf/m)	= 7.545	q1 (tf/m)	= 3.773
N _p (tf)	= 0.0	N _p (tf)	= 0.0
M _L (tf.m)	= 0.0	M _L (tf.m)	= 0.0

Vão direito



L _{placa} (m)	= 3.00	a (m)	= 0.000	f (m)	= 0.888
L _{bal} (m)	= 3.00	b (m)	= 0.063	g (m)	= 0.951
L ₂ (m)	= 23.30	c (m)	= 0.127	h (m)	= 1.015
L ₃ (m)	= 23.65	d (m)	= 0.063	k (m)	= 1.150
L _i (m)	= 0.35	e (m)	= 0.000		

Reação Máxima

$$N_d = P * (f + g + h) + q_3 * [h * (L_3 + L_i) / 2]$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC		PMC	
P (tf)	= 14.8	P (tf)	= 14.8
q3 (tf/m)	= 7.530	q3 (tf/m)	= 3.765
N _d (tf)	= 134.0	N _d (tf)	= 88.1
M _L (tf.m)	= 46.9	M _L (tf.m)	= 30.8

Reação Mínima

$$N_d = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q_3 * c * (L_{\text{placa}} + L_{\text{bal}}) / 2$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$N_d \text{ (tf)} = -6.6$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = -2.32$$

PMC

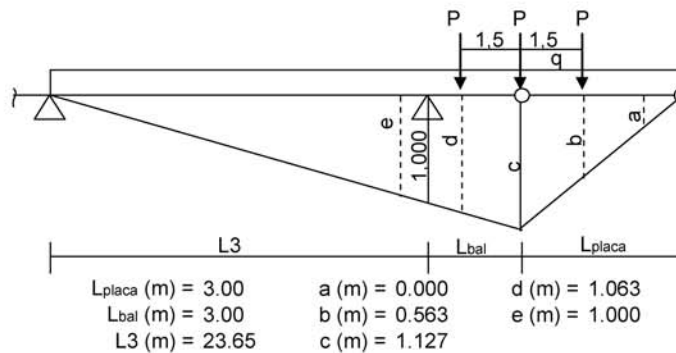
$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$N_d \text{ (tf)} = -5.2$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = -1.82$$

Apoio P4



Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{\text{bal}} + L_1) * c + c * L_{\text{placa}}] / 2$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$N_p \text{ (tf)} = 173.1$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$N_p \text{ (tf)} = 110.2$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

Reação Mínima

PTC

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

PMC

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

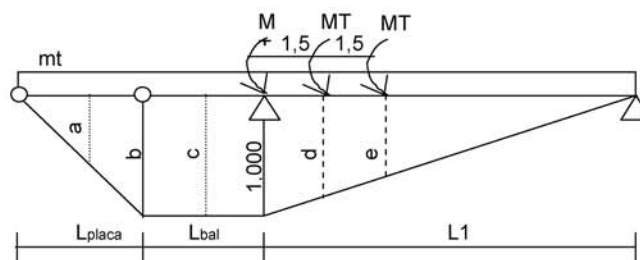
Resumo das Reações nos Apoios

Apoio	1 vão carregado							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
$N_p \text{ (tf)}$	$M_{Lp} \text{ (tf.m)}$	$N_p \text{ (tf)}$	$M_{Lp} \text{ (tf.m)}$	$N_p \text{ (tf)}$	$M_{Lp} \text{ (tf.m)}$	$N_p \text{ (tf)}$	$M_{Lp} \text{ (tf.m)}$	
P1	173.1	0.0	110.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	134.0	-46.9	88.1	-30.8	-6.6	2.3	-5.2	1.8
P3	134.0	46.9	88.1	30.8	-6.6	-2.3	-5.2	-1.8
P4	173.1	0.0	110.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 vãos carregados							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	225.5	-0.4	134.4	-0.2	-6.6	2.32	-5.2	1.82
P3	225.5	0.4	134.4	0.2	-6.6	-2.32	-5.2	-1.82
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Momento Transversal de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



$L_{placa} (m) = 3.00$ $a (m) = 1.000$ $d (m) = 0.937$
 $L_{bal} (m) = 3.00$ $b (m) = 1.000$ $e (m) = 0.873$
 $L1 (m) = 23.65$ $c (m) = 1.000$

$$MT-p = MT * [1,000 + \text{maior}(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L1 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

PTC

MT (tf) = 68.1
mt (tf.m/m) = 0.00

Mt-p (tf.m) = 204.4

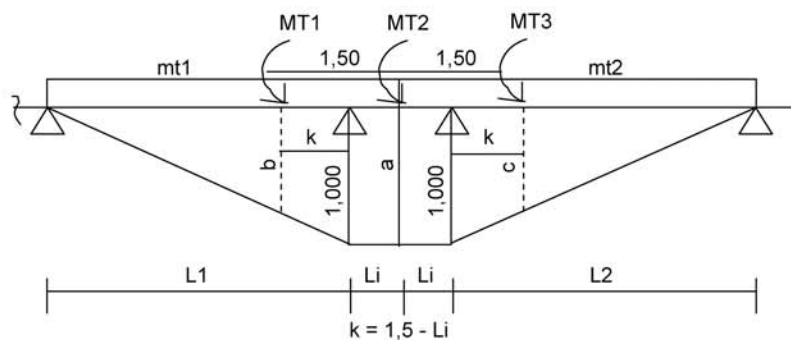
PMC

MT (tf) = 68.1
mt (tf.m/m) = 11.48

Mt-p (tf.m) = 391.9

Apoio P2

Dois vãos carregados

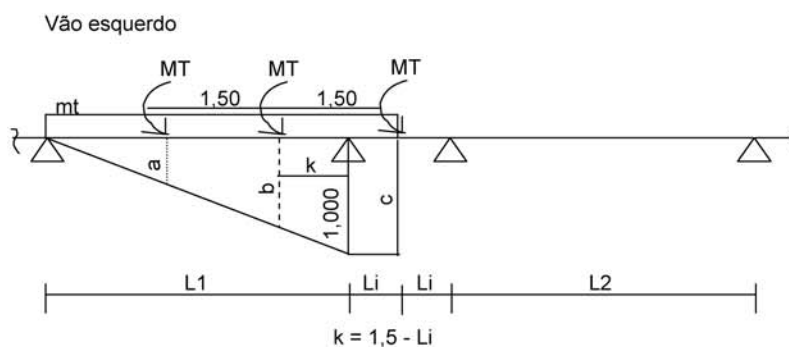


$$\begin{aligned}
 &Mt_L1 \text{ (tf.m)} = 68.1 && Mt_L2 \text{ (tf.m)} = 68.3 \\
 &L1 \text{ (m)} = 23.65 && a \text{ (m)} = 1.000 && k \text{ (m)} = 1.15 && MT1 \text{ (tf)} = 68.1 \\
 &L2 \text{ (m)} = 23.30 && b \text{ (m)} = 0.951 && && MT2 \text{ (tf)} = 68.3 \\
 &Li \text{ (m)} = 0.35 && c \text{ (m)} = 0.951 && && MT3 \text{ (tf)} = 68.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mt-e &= MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt1 * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00] \\
 Mt-d &= MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]
 \end{aligned}$$

PTC	PMC
mt1 (tf.m/m) = 0.00	mt1 (tf.m/m) = 11.48
mt2 (tf.m/m) = 0.00	mt2 (tf.m/m) = 11.51
Mt-e (tf.m) = 98.97	Mt-e (tf.m) = 238.78
Mt-d (tf.m) = 99.05	Mt-d (tf.m) = 237.12
Mt-p (tf.m) = 198.0	Mt-p (tf.m) = 475.9

Apenas um vão carregado

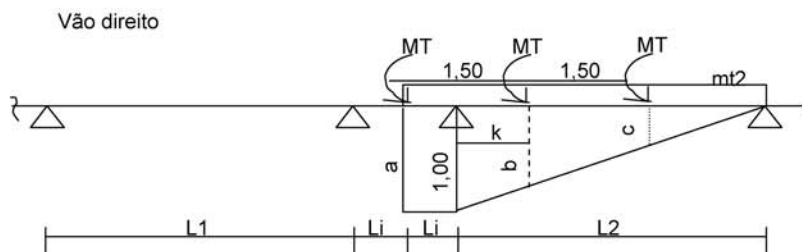


$$\begin{aligned}
 L1 \text{ (m)} &= 23.65 && a \text{ (m)} &= 0.888 && k \text{ (m)} &= 1.15 \\
 L2 \text{ (m)} &= 23.30 && b \text{ (m)} &= 0.951 && & \\
 Li \text{ (m)} &= 0.35 && c \text{ (m)} &= 1.000 && &
 \end{aligned}$$

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT \text{ (tf.m)} = 68.1$$

PTC	PMC
mt (tf.m/m) = 0.00	mt (tf.m/m) = 11.48
Mt-e (tf.m) = 193.5	Mt-e (tf.m) = 333.3



$L1 (m) = 23.65$ $a (m) = 1.000$ $k (m) = 1.150$
 $L2 (m) = 23.30$ $b (m) = 0.951$
 $Li (m) = 0.35$ $c (m) = 0.886$

$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC

$$mt (tf.m/m) = 0.00$$

PMC

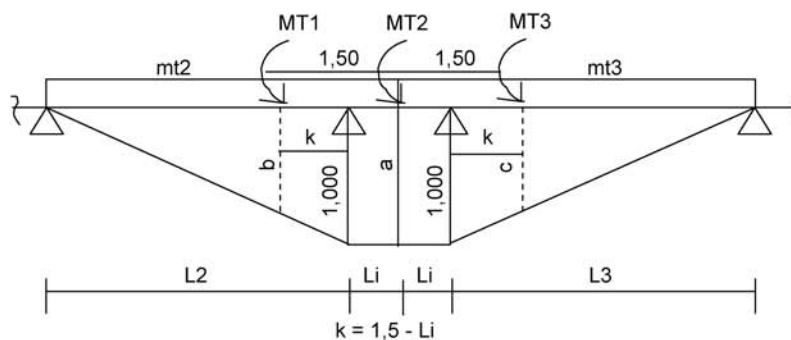
$$mt (tf.m/m) = 11.51$$

$$Mt-d (tf.m) = 193.7$$

$$Mt-d (tf.m) = 331.8$$

Apoio P3

Dois vãos carregados



$$Mt_{L2} (tf.m) = 68.3$$

$$Mt_{L3} (tf.m) = 68.1$$

$L2 (m) = 23.30$ $a (m) = 1.000$ $k (m) = 1.15$ $MT1 (tf) = 68.3$
 $L3 (m) = 23.65$ $b (m) = 0.951$ $MT2 (tf) = 68.3$
 $Li (m) = 0.35$ $c (m) = 0.951$ $MT3 (tf) = 68.1$

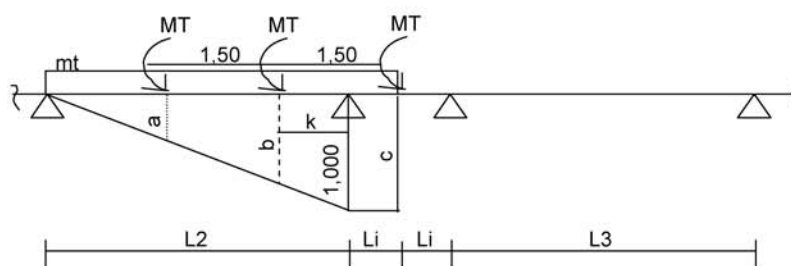
$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$$

PTC	PMC
mt2 (tf.m/m) = 0.00	mt2 (tf.m/m) = 11.51
mt3 (tf.m/m) = 0.00	mt3 (tf.m/m) = 11.48
Mt-e (tf.m) = 99.05	Mt-e (tf.m) = 237.12
Mt-d (tf.m) = 98.97	Mt-d (tf.m) = 238.78
Mt-p (tf.m) = 198.0	Mt-p (tf.m) = 475.9

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



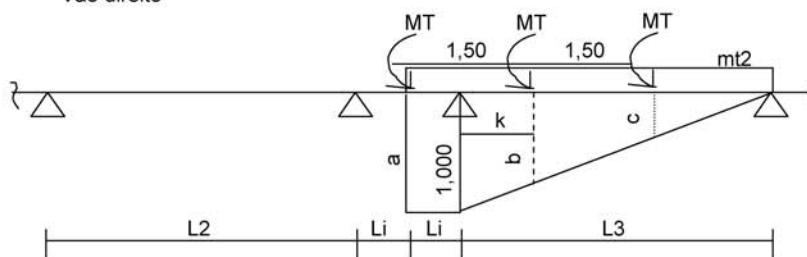
L2 (m) = 23.30	a (m) = 0.886	k (m) = 1.15
L3 (m) = 23.65	b (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	c (m) = 1.000	

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC	PMC
mt (tf.m/m) = 0.00	mt (tf.m/m) = 11.51
Mt-e (tf.m) = 193.7	Mt-e (tf.m) = 331.8

Vão direito



L2 (m) = 23.30	a (m) = 1.000	k (m) = 1.150
L3 (m) = 23.65	b (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	c (m) = 0.888	

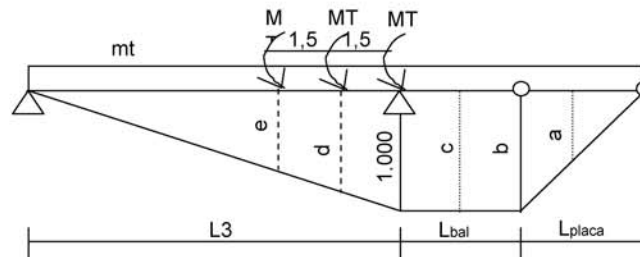
$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.1$$

PTC
 mt (tf.m/m) = 0.00
 Mt-d (tf.m) = 193.5

PMC
 mt (tf.m/m) = 11.48
 Mt-d (tf.m) = 333.3

Apoio P4



$L_{placa} (m) = 3.00$ $a (m) = 1.000$ $d (m) = 0.937$
 $L_{bal} (m) = 3.00$ $b (m) = 1.000$ $e (m) = 0.873$
 $L_3 (m) = 23.65$ $c (m) = 1.000$

$$MT-p = MT * [1,000 + \text{maior}(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L_3 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

PTC
 MT (tf) = 68.1
 mt (tf.m/m) = 0.00
 Mt-p (tf.m) = 204.4

PMC
 MT (tf) = 68.1
 mt (tf.m/m) = 11.48
 Mt-p (tf.m) = 391.9

Resumo dos momentos transversais

Apoio	Máximo			
	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	M _T (tf.m)	M _T (tf.m)	M _T (tf.m)	M _T (tf.m)
	PTC	PMC	PTC	PMC
P1	204.4	391.9	0.0	0.0
P2	193.5	333.3	198.0	475.9
P3	193.5	333.3	198.0	475.9
P4	204.4	391.9	0.0	0.0

Esforços Permanentes

Esforços verticais

Vão L1

Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	R _v (tf)	20.69	27.82	20.86	69.37
P2	R _v (tf)	13.89	15.39	12.50	41.78

Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	Rv (tf)	20.69	26.60	11.64	58.93
P2	Rv (tf)	13.89	17.70	7.36	38.95

Vão (L2)

 Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P2	Rv (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55
P3	Rv (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55

 Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P2	Rv (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05
P3	Rv (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05

Vão (L3)

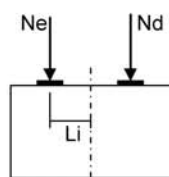
 Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	Rv (tf)	13.89	15.39	12.50	41.78
P4	Rv (tf)	20.69	27.82	20.86	69.37

 Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	Rv (tf)	13.89	17.70	7.36	38.95
P4	Rv (tf)	20.69	26.60	11.64	58.93

Momentos longitudinais



$$M_L = (N_d - N_e) * L_i$$

Apoio	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _L (tf.m)
P1	315.5	0.0	0.0	0.0
P2	200.4	207.3	0.35	2.4
P3	207.3	200.4	0.35	-2.4
P4	315.5	0.0	0.0	0.0

Resumo dos esforços permanentes

Apoio	Ng (tf)	M _L (tf.m)
P1	315.5	0.0
P2	407.7	2.4
P3	407.7	-2.4
P4	315.5	0.0

Resumo dos Esforços em Serviço Provenientes da Superestrutura

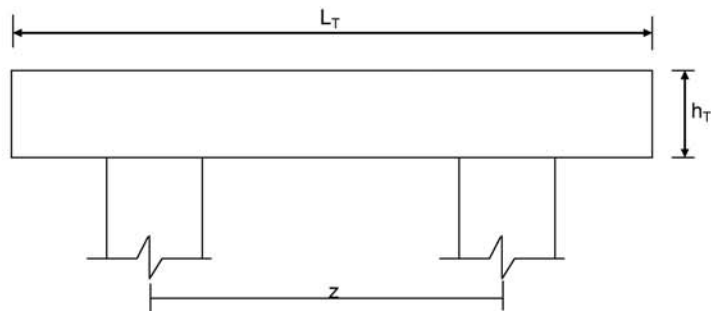
Apoio	Permanentes			1 Vão Carregado - Máxima					
	R _{g1+g2+g3}	ML _{g1+g2+g3}	MT _{g1+g2+g3}	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
				N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	315.5	0.0	0.0	173.1	0.0	204.4	110.2	0.0	391.9
P2	407.7	2.4	0.0	134.0	-46.9	193.5	88.1	-30.8	333.3
P3	407.7	-2.4	0.0	134.0	46.9	193.5	88.1	30.8	333.3
P4	315.5	0.0	0.0	173.1	0.0	204.4	110.2	0.0	391.9

Apoio	1 Vão Carregado - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-6.6	2.3	0.0	-5.2	1.8	0.0
P3	-6.6	-2.3	0.0	-5.2	-1.8	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

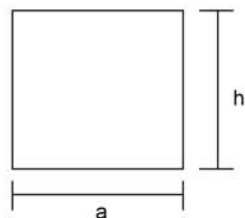
Apoio	2 Vãos Carregados - Máxima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	225.5	-0.4	198.0	134.4	-0.2	475.9
P3	225.5	0.4	198.0	134.4	0.2	475.9
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 Vãos Carregados - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	ML (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-6.6	2.3	0.0	-5.2	1.8	0.0
P3	-6.6	-2.3	0.0	-5.2	-1.8	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

7 - Dimensionamento da Travessa de P1



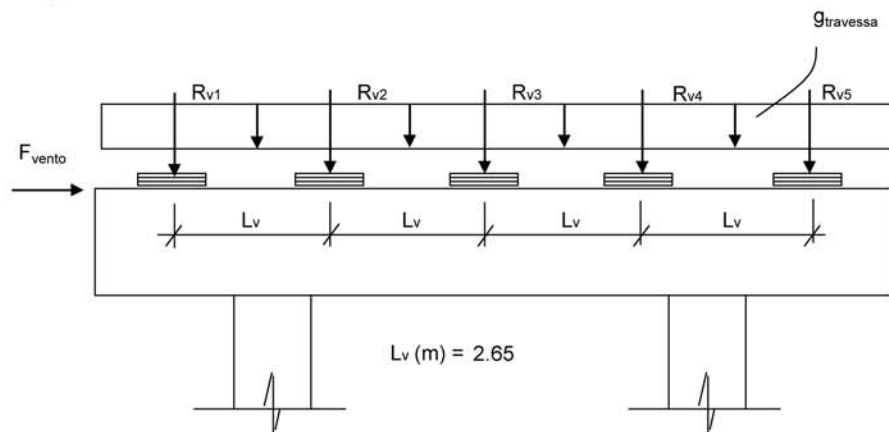
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 0.800
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**
 S (m²) = 1.20
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 3.0

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

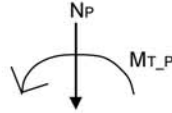


L_v (m) = 2.65

- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000
 R_{v1} (tf) = 69.37
 R_{v2} (tf) = 58.93
 R_{v3} (tf) = 58.93
 R_{v4} (tf) = 58.93
 R_{v5} (tf) = 69.37

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X_1 (m) = 5.30 & X_3 (m) = 0.00 & X_5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X_2 (m) = 2.65 & X_4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 173.1 \\ M_{T-P} (tf.m) = 204.4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 50.0 \\ R_{v2} (tf) = 42.3 \\ R_{v3} (tf) = 34.6 \\ R_{v4} (tf) = 26.9 \\ R_{v5} (tf) = 19.2 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 110.2 \\ M_{T-P} (tf.m) = 391.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 51.6 \\ R_{v2} (tf) = 36.8 \\ R_{v3} (tf) = 22.0 \\ R_{v4} (tf) = 7.2 \\ R_{v5} (tf) = -7.5 \end{array}$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 8.51$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -148.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -103.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -6.9 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 357.8$$

$a = f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$	310.857	-1088	357.8	738883
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.367$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.253$$

$$x / d = 0.262$$

$$k_{md} = 0.160$$

$$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{65.67}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 22.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 17.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 55.5$$

$a = f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$	310.857	-1088	55.5	1114782
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.052$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.379$$

$$x / d = 0.037$$

$$k_{md} = 0.025$$

$$A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{9.25}$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w \cdot h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{18.0}$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 77.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 51.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 180.3$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 107.9$$

$$A_{sw}/s = 19.7 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 24.61 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 98.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 66.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,40 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 232.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 160.2$$

$$A_{sw}/s = 29.2 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 36.55 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 Ponte 27x24x27 - 78,00m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.4000
  2      0.6000      3.4000
  3      2.6000      3.4000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.4000
  6      5.9000      3.4000
  7      8.5500      3.4000
  8      9.2000      3.4000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.4000
 11     11.8000      3.4000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -69.370
  5  PY -58.930
  6  PY -58.930
  7  PY -58.930
 10  PY -69.370
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -50.000
5 PY -42.300
6 PY -34.600
7 PY -26.900
10 PY -19.200
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -51.600
5 PY -36.800
6 PY -22.000
7 PY -7.200
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 8.510
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 27x24x27 - 78,00m

 DATA : 3/23/2006(quinta-feira)
 HORA : 10:11:42 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 2-travessapl_27x24x27_78,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.40E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.40E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.40E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.40E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	3.40E+0000
10	1	2	8	9	3.40E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-69.37	0.00
5	global	0.00	-58.93	0.00
6	global	0.00	-58.93	0.00
7	global	0.00	-58.93	0.00
10	global	0.00	-69.37	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-50.00	0.00
5	global	0.00	-42.30	0.00
6	global	0.00	-34.60	0.00
7	global	0.00	-26.90	0.00
10	global	0.00	-19.20	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-51.60	0.00
5	global	0.00	-36.80	0.00
6	global	0.00	-22.00	0.00
7	global	0.00	-7.20	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	8.51	0.00	0.00

fim do carregamento 4
número de carregamentos 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
perfil após a renumeração : 21

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.2E+0002
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Titulo : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-7.65197E-0006	-1.34072E-0003	4.09876E-0004
2	global	-7.65197E-0006	-1.09445E-0003	4.09709E-0004
3	global	-7.65197E-0006	-3.23132E-0004	1.82585E-0004
4	global	2.79775E-0031	-6.11574E-0030	-2.91494E-0031
5	global	-6.14476E-0006	-2.83706E-0004	8.42271E-0005
6	global	2.66750E-0018	-3.13439E-0004	1.32835E-0019
7	global	6.14476E-0006	-2.83706E-0004	-8.42271E-0005

8	global	7.65197E-0006	-3.23132E-0004	-1.82585E-0004
9	global	-2.79775E-0031	-6.11574E-0030	2.91494E-0031
10	global	7.65197E-0006	-1.09445E-0003	-4.09709E-0004
11	global	7.65197E-0006	-1.34072E-0003	-4.09876E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-8.03	175.46	8.36
9	global	8.03	175.47	-8.36
Resultante		-0.00	350.93	2070.49

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	0.000	0.000

barra	esforços	nas	barra	s	momento
	nó sistema	força	força	força	fletor
		normal	cortante		
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-71.17	0.54
		3	0.00	77.17	-148.88
3	local	3	-8.03	98.29	129.95
		5	8.03	-96.34	-66.69
4	local	5	-8.03	37.41	66.69
		6	8.03	-29.46	21.92
5	local	6	-8.03	-29.47	-21.92
		7	8.03	37.42	-66.69
6	local	7	-8.03	-96.35	66.69
		8	8.03	98.30	-129.95
7	local	8	-0.00	77.17	148.88
		10	0.00	-71.17	-0.54
8	local	10	0.00	1.80	0.54
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	175.46	8.03	18.93
		4	-175.46	-8.03	8.36
10	local	8	175.47	-8.03	-18.93
		9	-175.47	8.03	-8.36

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.14756E-0004	-9.29936E-0004	2.87749E-0004
2	global	-1.14756E-0004	-7.57287E-0004	2.87749E-0004
3	global	-1.14756E-0004	-2.15169E-0004	1.33683E-0004
4	global	1.03970E-0031	-4.07238E-0030	-4.19397E-0032
5	global	-1.14196E-0004	-1.83319E-0004	6.42456E-0005
6	global	-1.11912E-0004	-1.98474E-0004	2.59330E-0006
7	global	-1.09629E-0004	-1.26988E-0004	1.92674E-0005
8	global	-1.09068E-0004	-1.03423E-0004	-2.02132E-0006
9	global	-1.03970E-0031	-1.95744E-0030	1.74711E-0031
10	global	-1.09068E-0004	-2.12971E-0004	-6.11828E-0005
11	global	-1.09068E-0004	-2.49681E-0004	-6.11828E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-2.98	116.84	1.20
9	global	2.98	56.16	-5.01
Resultante		0.00	173.00	816.65

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-50.00	-0.00
		3	0.00	50.00	-100.00
3	local	3	-2.98	66.84	91.06
		5	2.98	-66.84	-47.62
4	local	5	-2.98	24.54	47.62
		6	2.98	-24.54	17.41
5	local	6	-2.98	-10.06	-17.41
		7	2.98	10.06	-9.25
6	local	7	-2.98	-36.96	9.25
		8	2.98	36.96	-33.27
7	local	8	0.00	19.20	38.40
		10	-0.00	-19.20	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	116.84	2.98	8.94
		4	-116.84	-2.98	1.20
10	local	8	56.16	-2.98	-5.13
		9	-56.16	2.98	-5.01

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC

no sistema	d e s l o c a m e n t o s n o d a i s			
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.16549E-0004	-1.02901E-0003	3.28783E-0004
2	global	-2.16549E-0004	-8.31742E-0004	3.28783E-0004
3	global	-2.16549E-0004	-2.08626E-0004	1.69786E-0004
4	global	6.66183E-0032	-3.94854E-0030	5.79655E-0032
5	global	-2.16190E-0004	-1.52645E-0004	9.46885E-0005
6	global	-2.14727E-0004	-1.25740E-0004	5.00042E-0006
7	global	-2.13264E-0004	-4.44542E-0005	6.55550E-0005
8	global	-2.12905E-0004	5.86823E-0006	8.28342E-0005
9	global	-6.66183E-0032	1.11064E-0031	1.96783E-0031
10	global	-2.12905E-0004	2.12749E-0004	1.05944E-0004
11	global	-2.12905E-0004	2.76316E-0004	1.05944E-0004

nó sistema	r e a ç õ e s n o s a p o i o s			
	força x	força y	momento z	
4	global	-1.91	113.29	-1.66
9	global	1.91	-3.19	-5.65
Resultante		0.00	110.10	257.92

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o
(o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)

força x	força y	momento z
0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-51.60	-0.00
		3	0.00	51.60	-103.20
3	local	3	-1.91	61.69	95.04
		5	1.91	-61.69	-54.94
4	local	5	-1.91	24.89	54.94
		6	1.91	-24.89	11.01
5	local	6	-1.91	2.89	-11.01
		7	1.91	-2.89	18.66
6	local	7	-1.91	-4.31	-18.66
		8	1.91	4.31	15.85
7	local	8	0.00	-7.50	-15.00
		10	-0.00	7.50	-0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	113.29	1.91	8.16
		4	-113.29	-1.91	-1.66
10	local	8	-3.19	-1.91	-0.85

9 3.19 1.91 -5.65

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	1.94913E-0004	4.21484E-0005	-1.47462E-0005
2	global	1.93438E-0004	3.33007E-0005	-1.47462E-0005
3	global	1.88521E-0004	3.80817E-0006	-1.47462E-0005
4	global	1.51052E-0031	7.20752E-0032	-2.71659E-0031
5	global	1.87737E-0004	-2.73184E-0006	-8.46854E-0006
6	global	1.84540E-0004	-9.79612E-0007	3.19479E-0006
7	global	1.81343E-0004	2.03604E-0006	-7.51501E-0006
8	global	1.80559E-0004	-3.80817E-0006	-1.35588E-0005
9	global	1.45559E-0031	-7.20752E-0032	-2.61124E-0031
10	global	1.80559E-0004	-3.09259E-0005	-1.35588E-0005
11	global	1.80559E-0004	-3.90612E-0005	-1.35588E-0005

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-4.33	-2.07	7.79
9	global	-4.18	2.07	7.49
Resultante		-8.51	0.00	28.93

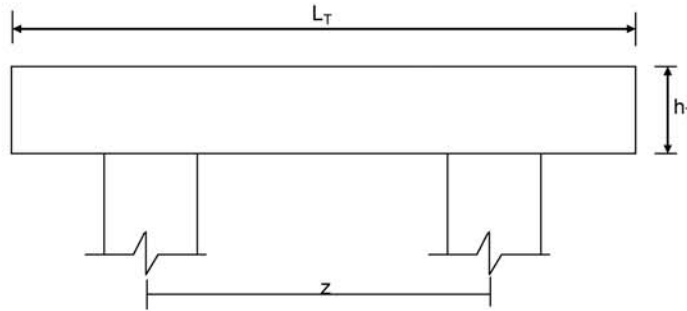
NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)				
		força x	força y	momento z
		-0.000	0.000	0.000

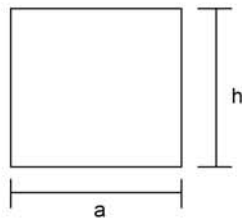
barra	e s f o r ç o s sistema	n o s	n a s b a r r a s		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	8.51	-0.00	-0.00
2	local	2	-8.51	0.00	-0.00
3	local	3	8.51	-0.00	0.00
4	local	4	-8.51	0.00	-0.00
5	local	5	4.18	-2.07	-6.94
6	local	6	-4.18	2.07	5.60
7	local	7	4.18	-2.07	-5.60
8	local	8	-4.18	2.07	0.12
9	local	9	4.18	-2.07	-0.12
10	local	10	-4.18	2.07	-5.36
11	local	11	4.18	-2.07	5.36
12	local	12	-4.18	2.07	-6.71
13	local	13	0.00	0.00	0.00
14	local	14	0.00	0.00	0.00
15	local	15	0.00	0.00	0.00
16	local	16	0.00	0.00	0.00
17	local	17	0.00	0.00	0.00
18	local	18	0.00	0.00	0.00
19	local	19	0.00	0.00	0.00
20	local	20	0.00	0.00	0.00
21	local	21	0.00	0.00	0.00
22	local	22	0.00	0.00	0.00
23	local	23	0.00	0.00	0.00
24	local	24	0.00	0.00	0.00
25	local	25	0.00	0.00	0.00
26	local	26	0.00	0.00	0.00
27	local	27	0.00	0.00	0.00
28	local	28	0.00	0.00	0.00
29	local	29	0.00	0.00	0.00
30	local	30	0.00	0.00	0.00
31	local	31	0.00	0.00	0.00
32	local	32	0.00	0.00	0.00
33	local	33	0.00	0.00	0.00
34	local	34	0.00	0.00	0.00
35	local	35	0.00	0.00	0.00
36	local	36	0.00	0.00	0.00
37	local	37	0.00	0.00	0.00
38	local	38	0.00	0.00	0.00
39	local	39	0.00	0.00	0.00
40	local	40	0.00	0.00	0.00
41	local	41	0.00	0.00	0.00
42	local	42	0.00	0.00	0.00
43	local	43	0.00	0.00	0.00
44	local	44	0.00	0.00	0.00
45	local	45	0.00	0.00	0.00
46	local	46	0.00	0.00	0.00
47	local	47	0.00	0.00	0.00
48	local	48	0.00	0.00	0.00
49	local	49	0.00	0.00	0.00
50	local	50	0.00	0.00	0.00
51	local	51	0.00	0.00	0.00
52	local	52	0.00	0.00	0.00
53	local	53	0.00	0.00	0.00
54	local	54	0.00	0.00	0.00
55	local	55	0.00	0.00	0.00
56	local	56	0.00	0.00	0.00
57	local	57	0.00	0.00	0.00
58	local	58	0.00	0.00	0.00
59	local	59	0.00	0.00	0.00
60	local	60	0.00	0.00	0.00
61	local	61	0.00	0.00	0.00
62	local	62	0.00	0.00	0.00
63	local	63	0.00	0.00	0.00
64	local	64	0.00	0.00	0.00
65	local	65	0.00	0.00	0.00
66	local	66	0.00	0.00	0.00
67	local	67	0.00	0.00	0.00
68	local	68	0.00	0.00	0.00
69	local	69	0.00	0.00	0.00
70	local	70	0.00	0.00	0.00
71	local	71	0.00	0.00	0.00
72	local	72	0.00	0.00	0.00
73	local	73	0.00	0.00	0.00
74	local	74	0.00	0.00	0.00
75	local	75	0.00	0.00	0.00
76	local	76	0.00	0.00	0.00
77	local	77	0.00	0.00	0.00
78	local	78	0.00	0.00	0.00
79	local	79	0.00	0.00	0.00
80	local	80	0.00	0.00	0.00
81	local	81	0.00	0.00	0.00
82	local	82	0.00	0.00	0.00
83	local	83	0.00	0.00	0.00
84	local	84	0.00	0.00	0.00
85	local	85	0.00	0.00	0.00
86	local	86	0.00	0.00	0.00
87	local	87	0.00	0.00	0.00
88	local	88	0.00	0.00	0.00
89	local	89	0.00	0.00	0.00
90	local	90	0.00	0.00	0.00
91	local	91	0.00	0.00	0.00
92	local	92	0.00	0.00	0.00
93	local	93	0.00	0.00	0.00
94	local	94	0.00	0.00	0.00
95	local	95	0.00	0.00	0.00
96	local	96	0.00	0.00	0.00
97	local	97	0.00	0.00	0.00
98	local	98	0.00	0.00	0.00
99	local	99	0.00	0.00	0.00
100	local	100	0.00	0.00	0.00

Fim Do Programa

8 - Dimensionamento da Travessa de P2



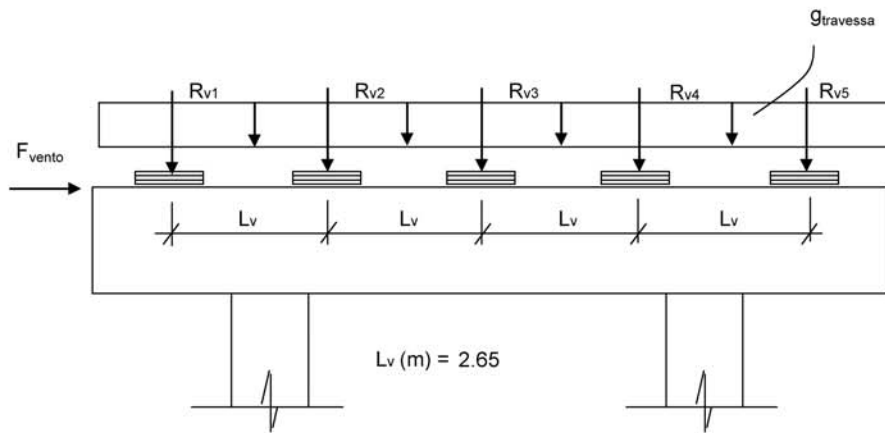
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d** é a altura efetiva da seção
 S (m²) = 1.80
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

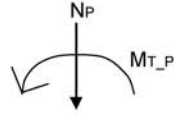


- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

R_{v1} (tf) = 85.33
R_{v2} (tf) = 79.00
R_{v3} (tf) = 79.00
R_{v4} (tf) = 79.00
R_{v5} (tf) = 85.33

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & X5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 134.0$	$N_d (tf) = 132.9$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.5$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.7$
$R_{v1} (tf) = 41.4$	$R_{v1} (tf) = 41.2$
$R_{v2} (tf) = 34.1$	$R_{v2} (tf) = 33.9$
$R_{v3} (tf) = 26.8$	$R_{v3} (tf) = 26.6$
$R_{v4} (tf) = 19.5$	$R_{v4} (tf) = 19.3$
$R_{v5} (tf) = 12.2$	$R_{v5} (tf) = 12.0$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 88.1$	$N_d (tf) = 87.6$
$M_{T-e} (tf.m) = 333.3$	$M_{T-d} (tf.m) = 331.8$
$R_{v1} (tf) = 42.8$	$R_{v1} (tf) = 42.6$
$R_{v2} (tf) = 30.2$	$R_{v2} (tf) = 30.0$
$R_{v3} (tf) = 17.6$	$R_{v3} (tf) = 17.5$
$R_{v4} (tf) = 5.0$	$R_{v4} (tf) = 5.0$
$R_{v5} (tf) = -7.5$	$R_{v5} (tf) = -7.5$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 113.3$	$N_d (tf) = 112.2$	$N_P (tf) = 225.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 198.0$
$R_{v1} (tf) = 30.1$	$R_{v1} (tf) = 29.9$	$R_{v1} (tf) = 60.0$
$R_{v2} (tf) = 26.4$	$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 52.6$
$R_{v3} (tf) = 22.7$	$R_{v3} (tf) = 22.4$	$R_{v3} (tf) = 45.1$
$R_{v4} (tf) = 18.9$	$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 37.6$
$R_{v5} (tf) = 15.2$	$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 30.2$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 67.5$	$N_d (tf) = 66.9$	$N_P (tf) = 134.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 238.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 237.1$	$M_{T-P} (tf.m) = 475.9$
$R_{v1} (tf) = 31.5$	$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 62.8$
$R_{v2} (tf) = 22.5$	$R_{v2} (tf) = 22.3$	$R_{v2} (tf) = 44.8$
$R_{v3} (tf) = 13.5$	$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 26.9$
$R_{v4} (tf) = 4.5$	$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 8.9$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -9.0$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (\text{tf}) = 14.22$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = -185.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = -125.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = -11.8 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 444.3$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	466.286	-1632	444.3	1834760
$c = M_d$				

$$x (\text{m}) = 0.298$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z (\text{m}) = 1.281$	$x / d = 0.213$
		$k_{md} = 0.132$

$$A_s (\text{cm}^2) = 79.77$$

b) Seção do vão

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = 36.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = 20.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 80.4$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	466.286	-1632	80.4	2513424
$c = M_d$				

$$x (\text{m}) = 0.050$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z (\text{m}) = 1.380$	$x / d = 0.036$
		$k_{md} = 0.024$

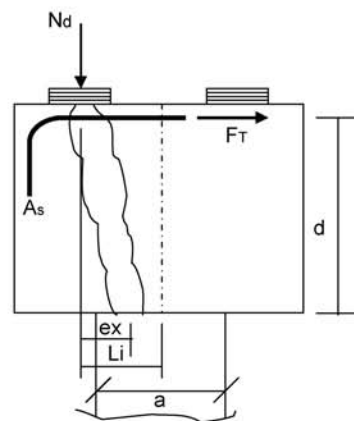
$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 13.40$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = 27.0$$

Direção Longitudinal



$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 0.80 \\ d \text{ (m)} &= 1.40 \\ Li \text{ (m)} &= 0.35 \end{aligned}$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x \text{ (m)} = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g \text{ (tf)} = 41.78$$

$$N_p \text{ (tf)} = 42.8 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d \text{ (tf)} = 118.4$$

$$F_{td} \text{ (tf)} = 12.7$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 2.9$$

Apoio direito

$$N_g \text{ (tf)} = 43.55$$

$$N_p \text{ (tf)} = 42.6 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d \text{ (tf)} = 120.6$$

$$F_{td} \text{ (tf)} = 12.9$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 3.0$$

logo será adotado :

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 97.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 60.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 62.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 193.8 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 195.8 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 219.8 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 223.8 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 720.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd} (tf) = 85.2$	$A_{sw/s} = 15.5$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 87.1$	$A_{sw/s} = 15.9$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 111.2$	$A_{sw/s} = 20.3$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 115.1$	$A_{sw/s} = 21.0$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PTC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PMC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w = 16.92$	(cm^2/m^2)	PTC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w = 17.51$	(cm^2/m^2)	PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

$V_g (tf) = 133.4$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q (tf) = 54.4$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 82.2$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q (tf) = 75.2$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} (tf) = 3.5$	(vento na superestrutura)

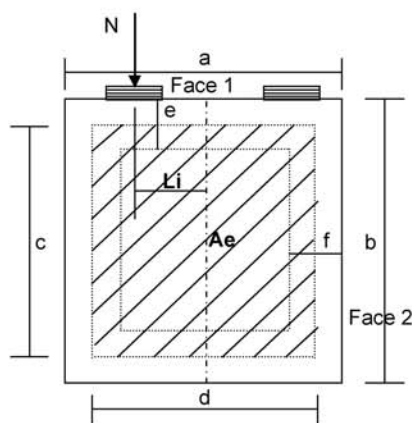
$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,40 * V_{q2}$$

$V_{sd} (tf) = 265.3$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 260.4$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 304.2$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} (tf) = 294.5$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} (tf) = 156.7$	$A_{sw/s} = 28.6$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 151.8$	$A_{sw/s} = 27.7$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 195.6$	$A_{sw/s} = 35.7$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 185.9$	$A_{sw/s} = 33.9$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 23.84$ (cm^2/m^2)	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 23.09$ (cm^2/m^2)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 29.75$ (cm^2/m^2)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 28.27$ (cm^2/m^2)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores


$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / (2 * A_e * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

a (m) = 1.200	e (m) = 0.200
b (m) = 1.500	f (m) = 0.250
c (m) = 1.300	
d (m) = 0.950	

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (N_e - N_d) * L_i$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (N_e ; N_d) * L_i$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (N_e - N_d) * L_i$$

Carga	N_e (tf)	N_d (tf)	L_i (m)	M_T (tf.m)
Peso Prop.	41.78	43.55	0.35	0.62
1 Vão - PTC	41.4	41.2	0.35	14.5
1 Vão - PMC	42.8	42.6	0.35	15.0
2 Vãos - PTC	30.1	29.9	0.35	-0.08
2 Vãos - PMC	31.5	31.3	0.35	-0.08

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M_{Td} (tf.m)	21.2	21.8	0.8	0.8

Face	b _w (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)
1	0.25	2.0	7.9	2.0	8.1	0.1	0.3	0.1	0.3
2	0.20	2.0	9.8	2.0	10.2	0.1	0.4	0.1	0.4

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq TR_{D1}$$

$$TR_{D1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	TR _{D1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / TR_{D1} + V_{sd} / VR_{D2} \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma
1	0.096	0.368	0.464	0.099	0.362	0.461
2	0.120	0.368	0.488	0.124	0.362	0.485

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma
1	0.003	0.423	0.426	0.003	0.409	0.412
2	0.004	0.423	0.427	0.004	0.409	0.413

```

Portico Plano Travessa P2 Ponte 27x24x27 - 78,00m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.5000
  2      0.6000      3.5000
  3      2.6000      3.5000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.5000
  6      5.9000      3.5000
  7      8.5500      3.5000
  8      9.2000      3.5000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.5000
 11     11.8000      3.5000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
  2 8.000E-0001 8.000E-0001 6.667E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 6
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -85.330
  5  PY -79.000
  6  PY -79.000
  7  PY -79.000
 10  PY -85.330
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  2 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  3 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  4 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  5 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  6 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  7 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  8 U 0.000 0.000 WYA -4.500
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.400
5 PY -34.100
6 PY -26.800
7 PY -19.500
10 PY -12.200
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.800
5 PY -30.200
6 PY -17.600
7 PY -5.000
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -60.000
5 PY -52.600
6 PY -45.100
7 PY -37.600
10 PY -30.200
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -62.800
5 PY -44.800
6 PY -26.900
7 PY -8.900
10 PY 9.000
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 14.220
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 27x24x27 - 78,00m

 DATA : 3/23/2006(quinta-feira)
 HORA : 10:13:22 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 4-travessap2_27x24x27_78,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.50E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.50E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.50E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.50E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.50E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.50E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.50E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.50E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.50E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	3.50E+0000
10	1	2	8	9	3.50E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	6.67E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-85.33	0.00
5	global	0.00	-79.00	0.00
6	global	0.00	-79.00	0.00
7	global	0.00	-79.00	0.00
10	global	0.00	-85.33	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb		
			f1	f2	wxa	wyb		
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.40	0.00
5	global	0.00	-34.10	0.00
6	global	0.00	-26.80	0.00
7	global	0.00	-19.50	0.00
10	global	0.00	-12.20	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.80	0.00
5	global	0.00	-30.20	0.00
6	global	0.00	-17.60	0.00
7	global	0.00	-5.00	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-60.00	0.00
5	global	0.00	-52.60	0.00
6	global	0.00	-45.10	0.00
7	global	0.00	-37.60	0.00
10	global	0.00	-30.20	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-62.80	0.00
5	global	0.00	-44.80	0.00
6	global	0.00	-26.90	0.00
7	global	0.00	-8.90	0.00
10	global	0.00	9.00	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	14.22	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.1E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x		y		z
1	global	-5.83354E-0006	-1.11170E-0003	3.08413E-0004		
2	global	-5.83354E-0006	-9.26306E-0004	3.08247E-0004		
3	global	-5.83354E-0006	-3.49392E-0004	1.19866E-0004		
4	global	2.13935E-0031	-5.36940E-0030	-2.20871E-0031		
5	global	-4.68451E-0006	-3.40239E-0004	3.97390E-0005		
6	global	1.30475E-0018	-4.15576E-0004	1.19256E-0019		
7	global	4.68451E-0006	-3.40239E-0004	-3.97390E-0005		
8	global	5.83354E-0006	-3.49392E-0004	-1.19866E-0004		
9	global	-2.13935E-0031	-5.36940E-0030	2.20871E-0031		
10	global	5.83354E-0006	-9.26306E-0004	-3.08247E-0004		
11	global	5.83354E-0006	-1.11170E-0003	-3.08413E-0004		

nó sistema		reações nos apoios		força	momento
		força		x	z
				y	
4	global	-9.18	230.38	9.48	
9	global	9.18	230.38	-9.48	

Resultante -0.00 460.76 2718.48

NOTA:
 o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem
 do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força		força		momento
x		y		z
-0.000		-0.000		-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	2.70	-0.81
3	local	3	-0.00	-88.03	0.81
4	local	4	0.00	97.03	-185.87
5	local	5	-9.18	133.35	163.22
6	local	6	9.18	-130.42	-77.49
7	local	7	-9.18	51.42	77.49
8	local	8	9.18	-39.50	42.98
9	local	9	-9.18	51.43	-42.98
10	local	10	9.18	-130.43	77.49
11	local	11	-9.18	133.35	-163.22
10	local	8	0.00	97.03	185.87
9	local	10	-0.00	-88.03	-0.81
8	local	10	-0.00	2.70	0.81
10	local	11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	230.38	9.18	22.65
10	local	4	-230.38	-9.18	9.48
8	local	8	230.38	-9.18	-22.65
9	local	9	-230.38	9.18	-9.48

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x		y		z
1	global	-7.73249E-0005	-5.44667E-0004	1.60784E-0004		
2	global	-7.73249E-0005	-4.48197E-0004	1.60784E-0004		
3	global	-7.73249E-0005	-1.44971E-0004	7.58653E-0005		
4	global	5.81584E-0032	-2.22789E-0030	-4.61512E-0033		

5	global	-7.70125E-0005	-1.25485E-0004	3.80989E-0005
6	global	-7.57390E-0005	-1.25814E-0004	4.33904E-0006
7	global	-7.44655E-0005	-7.63147E-0005	1.87615E-0005
8	global	-7.41532E-0005	-5.82524E-0005	1.06935E-0005
9	global	-5.81584E-0032	-8.95213E-0031	1.15472E-0031
10	global	-7.41532E-0005	-8.15088E-0005	-1.43308E-0005
11	global	-7.41532E-0005	-9.01073E-0005	-1.43308E-0005

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-2.50	95.59	0.20
9 global	2.50	38.41	-4.95
Resultante	0.00	134.00	597.15

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	-0.000

barra sistema	nó	esforços nas barras		
		força normal	força cortante	momento fletor
1 local	1	0.00	-0.00	-0.00
	2	-0.00	0.00	0.00
2 local	2	-0.00	-41.40	-0.00
	3	0.00	41.40	-82.80
3 local	3	-2.50	54.19	74.26
	5	2.50	-54.19	-39.04
4 local	5	-2.50	20.09	39.04
	6	2.50	-20.09	14.20
5 local	6	-2.50	-6.71	-14.20
	7	2.50	6.71	-3.58
6 local	7	-2.50	-26.21	3.58
	8	2.50	26.21	-20.62
7 local	8	0.00	12.20	24.40
	10	-0.00	-12.20	-0.00
8 local	10	0.00	-0.00	0.00
	11	-0.00	0.00	-0.00
9 local	3	95.59	2.50	8.54
	4	-95.59	-2.50	0.20
10 local	8	38.41	-2.50	-3.78
	9	-38.41	2.50	-4.95

carregamento 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-1.31513E-0004	-6.00824E-0004	1.83946E-0004
2 global	-1.31513E-0004	-4.90457E-0004	1.83946E-0004
3 global	-1.31513E-0004	-1.41527E-0004	9.61557E-0005
4 global	3.85620E-0032	-2.17497E-0030	5.56647E-0032
5 global	-1.31306E-0004	-1.08605E-0004	5.54897E-0005
6 global	-1.30462E-0004	-8.23592E-0005	7.49243E-0006
7 global	-1.29617E-0004	-2.38291E-0005	4.24590E-0005
8 global	-1.29410E-0004	7.91544E-0006	5.29434E-0005
9 global	-3.85620E-0032	1.21643E-0031	1.35289E-0031
10 global	-1.29410E-0004	1.41247E-0004	6.83273E-0005
11 global	-1.29410E-0004	1.82243E-0004	6.83273E-0005

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-1.65	93.32	-2.39
9 global	1.65	-5.22	-5.80
Resultante	0.00	88.10	186.42

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	força		momento	
			x	y	x	z
			0.000	-0.000		-0.000
			força normal	força cortante		momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
		2	0.00	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-42.80	-0.00	-0.00
		3	0.00	42.80	-85.60	-85.60
3	local	3	-1.65	50.52	77.42	77.42
		5	1.65	-50.52	-44.58	-44.58
4	local	5	-1.65	20.32	44.58	44.58
		6	1.65	-20.32	9.26	9.26
5	local	6	-1.65	2.72	-9.26	-9.26
		7	1.65	-2.72	16.47	16.47
6	local	7	-1.65	-2.28	-16.47	-16.47
		8	1.65	2.28	14.99	14.99
7	local	8	0.00	-7.50	-15.00	-15.00
		10	-0.00	7.50	0.00	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	0.00	0.00
9	local	3	93.32	1.65	8.18	8.18
		4	-93.32	-1.65	-2.39	-2.39
10	local	8	-5.22	-1.65	0.01	0.01
		9	5.22	1.65	-5.80	-5.80

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-7.99509E-0005	-7.66102E-0004	2.22069E-0004
2 global	-7.99509E-0005	-6.32861E-0004	2.22069E-0004
3 global	-7.99509E-0005	-2.15307E-0004	9.89980E-0005
4 global	9.78710E-0032	-3.30880E-0030	-4.44859E-0032
5 global	-7.94252E-0005	-1.94964E-0004	4.52861E-0005
6 global	-7.72822E-0005	-2.11724E-0004	4.46416E-0006
7 global	-7.51391E-0005	-1.44631E-0004	1.27444E-0005
8 global	-7.46134E-0005	-1.26684E-0004	-1.06754E-0005
9 global	-9.78710E-0032	-1.94686E-0030	1.57602E-0031
10 global	-7.46134E-0005	-2.58546E-0004	-7.26211E-0005
11 global	-7.46134E-0005	-3.02119E-0004	-7.26211E-0005

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-4.20	141.97	1.91
9 global	4.20	83.53	-6.76
Resultante	0.00	225.50	1132.76

 NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	força		momento	
			x	y	x	z
			0.000	-0.000		-0.000
			força normal	força cortante		momento fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
		2	0.00	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-60.00	-0.00	-0.00
		3	0.00	60.00	-120.00	-120.00
3	local	3	-4.20	81.97	107.21	107.21
		5	4.20	-81.97	-53.93	-53.93
4	local	5	-4.20	29.37	53.93	53.93
		6	4.20	-29.37	23.89	23.89
5	local	6	-4.20	-15.73	-23.89	-23.89
		7	4.20	15.73	-17.80	-17.80
6	local	7	-4.20	-53.33	17.80	17.80
		8	4.20	53.33	-52.46	-52.46
7	local	8	0.00	30.20	60.40	60.40
		10	-0.00	-30.20	-0.00	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00	-0.00

9	local	3	141.97	4.20	12.79
		4	-141.97	-4.20	1.91
10	local	8	83.53	-4.20	-7.94
		9	-83.53	4.20	-6.76

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-1.87830E-0004	-8.77512E-0004	2.68002E-0004	
2	global	-1.87830E-0004	-7.16711E-0004	2.68002E-0004	
3	global	-1.87830E-0004	-2.08531E-0004	1.39188E-0004	
4	global	5.84833E-0032	-3.20467E-0030	7.59146E-0032	
5	global	-1.87516E-0004	-1.61598E-0004	7.96691E-0005	
6	global	-1.86235E-0004	-1.26077E-0004	1.06692E-0005	
7	global	-1.84954E-0004	-4.06938E-0005	6.01450E-0005	
8	global	-1.84640E-0004	4.70128E-0006	7.36520E-0005	
9	global	-5.84833E-0032	7.22484E-0032	1.96673E-0031	
10	global	-1.84640E-0004	1.84939E-0004	9.21127E-0005	
11	global	-1.84640E-0004	2.40207E-0004	9.21127E-0005	

reações nos apoios					
nó sistema		força	força	momento	
		x	y	z	
4	global	-2.51	137.50	-3.26	
9	global	2.51	-3.10	-8.44	
Resultante		0.00	134.40	317.28	

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio					
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)					
		força	força	momento	
		x	y	z	
		0.000	-0.000	-0.000	

barra	esf	forças	nas	barra	momento
sistema	nó	força	força	força	fletor
		normal	cortante		
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-62.80	-0.00
		3	0.00	62.80	-125.60
3	local	3	-2.51	74.70	113.56
		5	2.51	-74.70	-65.01
4	local	5	-2.51	29.90	65.01
		6	2.51	-29.90	14.23
5	local	6	-2.51	3.00	-14.23
		7	2.51	-3.00	22.18
6	local	7	-2.51	-5.90	-22.18
		8	2.51	5.90	18.34
7	local	8	0.00	-9.00	-18.00
		10	-0.00	9.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	137.50	2.51	12.04
		4	-137.50	-2.51	-3.26
10	local	8	-3.10	-2.51	-0.34
		9	3.10	2.51	-8.44

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	1.97958E-0004	4.94286E-0005	-1.69696E-0005	
2	global	1.96315E-0004	3.92469E-0005	-1.69696E-0005	
3	global	1.90838E-0004	5.30773E-0006	-1.69696E-0005	
4	global	1.69044E-0031	8.15683E-0032	-3.17561E-0031	
5	global	1.89966E-0004	-2.28740E-0006	-9.88800E-0006	
6	global	1.86410E-0004	-1.17857E-0006	3.28865E-0006	
7	global	1.82855E-0004	1.45028E-0006	-8.74081E-0006	
8	global	1.81983E-0004	-5.30773E-0006	-1.55410E-0005	
9	global	1.62377E-0031	-8.15683E-0032	-3.04064E-0031	

```

10 global 1.81983E-0004 -3.63897E-0005 -1.55410E-0005
11 global 1.81983E-0004 -4.57143E-0005 -1.55410E-0005
    
```

```

          r e a ç õ e s      n o s      a p o i o s
nó sistema      força      força      momento
                x          y          z
4 global      -7.25      -3.50      13.63
9 global      -6.97      3.50      13.05
-----
Resultante      -14.22      0.00      49.77
    
```

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

```

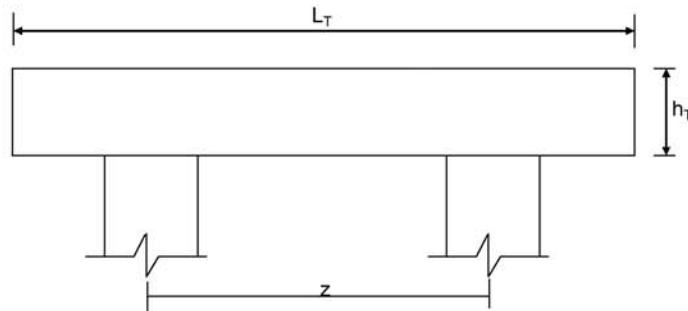
          d i f e r e n ç a      d e      e q u i l i b r i o
          ( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )
                força      força      momento
                x          y          z
          -0.000      0.000      0.000
    
```

```

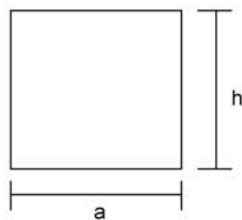
          e s f o r ç o s      n a s      b a r r a s
barra sistema      nó      força      força      momento
                normal      cortante      fletor
1 local      1      14.22      -0.00      0.00
2 local      2      -14.22      0.00      -0.00
3 local      3      14.22      -0.00      0.00
4 local      4      -14.22      0.00      -0.00
5 local      5      6.97      -3.50      -11.76
6 local      6      -6.97      3.50      9.49
7 local      7      6.97      -3.50      -9.49
8 local      8      -6.97      3.50      0.21
9 local      9      6.97      -3.50      -0.21
10 local     10     -6.97      3.50      -9.06
11 local     11     6.97      -3.50      9.06
12 local     12     -6.97      3.50      -11.34
13 local     13     0.00      -0.00      0.00
14 local     14     0.00      0.00      -0.00
15 local     15     -0.00      -0.00      -0.00
16 local     16     0.00      0.00      -0.00
17 local     17     -0.00      -0.00      -0.00
18 local     18     3.50      7.25      11.76
19 local     19     3.50      -7.25      13.63
20 local     20     3.50      6.97      11.34
21 local     21     -3.50      -6.97      13.05
    
```

Fim Do Programa

9 - Dimensionamento da Travessa de P3



L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500

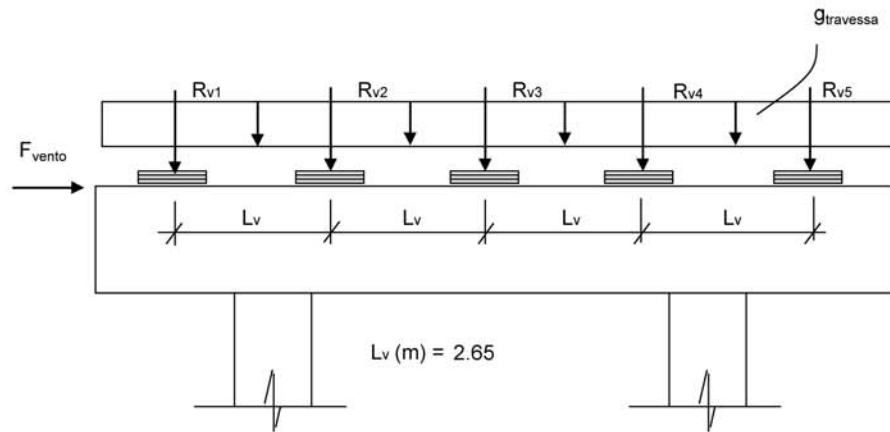
d (m) = 1.40 **d** é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.8
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa



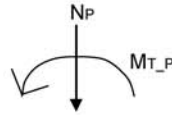
- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

L_v (m) = 2.65

R_{v1} (tf) = 85.33
 R_{v2} (tf) = 79.00
 R_{v3} (tf) = 79.00
 R_{v4} (tf) = 79.00
 R_{v5} (tf) = 85.33

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & X5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 132.9$	$N_d (tf) = 134.0$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.5$
$R_{v1} (tf) = 41.2$	$R_{v1} (tf) = 41.4$
$R_{v2} (tf) = 33.9$	$R_{v2} (tf) = 34.1$
$R_{v3} (tf) = 26.6$	$R_{v3} (tf) = 26.8$
$R_{v4} (tf) = 19.3$	$R_{v4} (tf) = 19.5$
$R_{v5} (tf) = 12.0$	$R_{v5} (tf) = 12.2$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 87.6$	$N_d (tf) = 88.1$
$M_{T-e} (tf.m) = 331.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 333.3$
$R_{v1} (tf) = 42.6$	$R_{v1} (tf) = 42.8$
$R_{v2} (tf) = 30.0$	$R_{v2} (tf) = 30.2$
$R_{v3} (tf) = 17.5$	$R_{v3} (tf) = 17.6$
$R_{v4} (tf) = 5.0$	$R_{v4} (tf) = 5.0$
$R_{v5} (tf) = -7.5$	$R_{v5} (tf) = -7.5$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 112.2$	$N_d (tf) = 113.3$	$N_P (tf) = 225.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 198.0$
$R_{v1} (tf) = 29.9$	$R_{v1} (tf) = 30.1$	$R_{v1} (tf) = 60.1$
$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 26.4$	$R_{v2} (tf) = 52.6$
$R_{v3} (tf) = 22.4$	$R_{v3} (tf) = 22.7$	$R_{v3} (tf) = 45.1$
$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 18.9$	$R_{v4} (tf) = 37.6$
$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 15.2$	$R_{v5} (tf) = 30.2$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 66.9$	$N_d (tf) = 67.5$	$N_P (tf) = 134.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 237.1$	$M_{T-d} (tf.m) = 238.8$	$M_{T-P} (tf.m) = 475.9$
$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 31.5$	$R_{v1} (tf) = 62.8$
$R_{v2} (tf) = 22.3$	$R_{v2} (tf) = 22.5$	$R_{v2} (tf) = 44.8$
$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 13.5$	$R_{v3} (tf) = 26.9$
$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 4.5$	$R_{v4} (tf) = 8.9$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -9.0$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (\text{tf}) = 15.30$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = -185.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = -125.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = -11.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 443.9$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1632	443.9	1835517

$$x (\text{m}) = 0.297$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.281$$

$$x / d = 0.212$$

$$k_{md} = 0.132$$

$$A_s (\text{cm}^2) = 79.69$$

b) Seção do vão

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = 36.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = 20.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 80.3$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1632	80.3	2513593

$$x (\text{m}) = 0.050$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.380$$

$$x / d = 0.036$$

$$k_{md} = 0.024$$

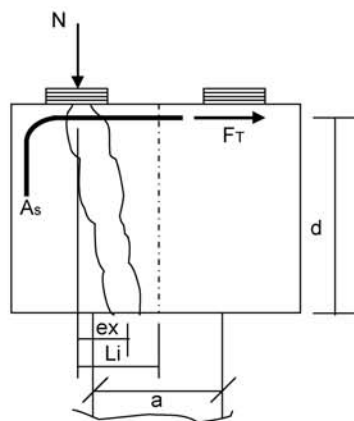
$$A_s^- (\text{cm}^2) = 13.39$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (\text{cm}^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal



$$\begin{aligned} a (\text{m}) &= 0.80 \\ d (\text{m}) &= 1.40 \\ Li (\text{m}) &= 0.35 \end{aligned}$$

$$f_{yk} (\text{MPa}) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d_b$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (\text{m}) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (\text{tf}) = 43.55$$

$$N_p (\text{tf}) = 42.6 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (\text{tf}) = 120.6$$

$$F_{td} (\text{tf}) = 12.9$$

$$A_s (\text{cm}^2) = 3.0$$

Apoio direito

$$N_g (\text{tf}) = 41.78$$

$$N_p (\text{tf}) = 42.8 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (\text{tf}) = 118.4$$

$$F_{td} (\text{tf}) = 12.7$$

$$A_s (\text{cm}^2) = 2.9$$

logo será adotado :

$$A_s (\text{cm}^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 97.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 60.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 62.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 193.8 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 195.8 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 220.0 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 223.8 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 720.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$


```

Portico Plano Travessa P3 Ponte 27x24x27 - 78,00m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.1000
  2      0.6000      3.1000
  3      2.6000      3.1000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.1000
  6      5.9000      3.1000
  7      8.5500      3.1000
  8      9.2000      3.1000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.1000
 11     11.8000      3.1000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
  2 8.000E-0001 8.000E-0001 6.667E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 6
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2 PY -85.330
  5 PY -79.000
  6 PY -79.000
  7 PY -79.000
 10 PY -85.330
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  2 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  3 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  4 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  5 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  6 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  7 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  8 U 0.000 0.000 WYA -4.500
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.400
5 PY -34.100
6 PY -26.800
7 PY -19.500
10 PY -12.200
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.800
5 PY -30.200
6 PY -17.600
7 PY -5.000
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -60.100
5 PY -52.600
6 PY -45.100
7 PY -37.600
10 PY -30.200
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -62.800
5 PY -44.800
6 PY -26.900
7 PY -8.900
10 PY 9.000
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 15.300
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 27x24x27 - 78,00m

 DATA : 3/23/2006(quinta-feira)
 HORA : 10:14:57 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 6-travessap3_27x24x27_78,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.10E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.10E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.10E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.10E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	3.10E+0000
10	1	2	8	9	3.10E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	6.67E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-85.33	0.00
5	global	0.00	-79.00	0.00
6	global	0.00	-79.00	0.00
7	global	0.00	-79.00	0.00
10	global	0.00	-85.33	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	wx3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.40	0.00
5	global	0.00	-34.10	0.00
6	global	0.00	-26.80	0.00
7	global	0.00	-19.50	0.00
10	global	0.00	-12.20	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.80	0.00
5	global	0.00	-30.20	0.00
6	global	0.00	-17.60	0.00
7	global	0.00	-5.00	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-60.10	0.00
5	global	0.00	-52.60	0.00
6	global	0.00	-45.10	0.00
7	global	0.00	-37.60	0.00
10	global	0.00	-30.20	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-62.80	0.00
5	global	0.00	-44.80	0.00
6	global	0.00	-26.90	0.00
7	global	0.00	-8.90	0.00
10	global	0.00	9.00	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	15.30	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 8.6E+0001
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 9

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-6.81188E-0006	-1.06159E-0003	3.04497E-0004		
2	global	-6.81188E-0006	-8.78542E-0004	3.04331E-0004		
3	global	-6.81188E-0006	-3.09462E-0004	1.15950E-0004		
4	global	2.48968E-0031	-5.35123E-0030	-2.18807E-0031		
5	global	-5.47015E-0006	-3.02603E-0004	3.65939E-0005		
6	global	-8.04415E-0019	-3.82107E-0004	6.64201E-0020		
7	global	5.47015E-0006	-3.02603E-0004	-3.65939E-0005		
8	global	6.81188E-0006	-3.09462E-0004	-1.15950E-0004		
9	global	-2.48968E-0031	-5.35123E-0030	2.18807E-0031		
10	global	6.81188E-0006	-8.78542E-0004	-3.04331E-0004		
11	global	6.81188E-0006	-1.06159E-0003	-3.04497E-0004		

nó sistema		reações nos apoios		momento
		força	força	
		x	y	z
4	global	-10.72	230.38	9.42
9	global	10.72	230.38	-9.42

Resultante	0.00	460.76	2718.48
------------	------	--------	---------

NOTA:
 o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem
 do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força		força		momento
x		y		z
0.000		-0.000		-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	0.00	2.70	-0.81
2	local	2	-0.00	-88.03	0.81
3	local	3	0.00	97.03	-185.87
3	local	3	-10.72	133.35	162.06
4	local	5	10.72	-130.43	-76.34
4	local	5	-10.72	51.43	76.34
5	local	6	10.72	-39.50	44.14
5	local	6	-10.72	-39.50	-44.14
6	local	7	10.72	51.42	-76.34
6	local	7	-10.72	-130.43	76.34
7	local	8	10.72	133.35	-162.06
7	local	8	0.00	97.03	185.87
8	local	10	-0.00	-88.03	-0.81
8	local	10	-0.00	2.70	0.81
9	local	11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	230.38	10.72	23.81
10	local	4	-230.38	-10.72	9.42
10	local	8	230.38	-10.72	-23.81
10	local	9	-230.38	10.72	-9.42

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-6.61831E-0005	-5.20635E-0004	1.57944E-0004		
2	global	-6.61831E-0005	-4.25868E-0004	1.57944E-0004		
3	global	-6.61831E-0005	-1.28323E-0004	7.30253E-0005		
4	global	6.76822E-0032	-2.21896E-0030	3.27572E-0034		

5	global	-6.58184E-0005	-1.10556E-0004	3.55867E-0005
6	global	-6.43313E-0005	-1.15957E-0004	2.89657E-0006
7	global	-6.28443E-0005	-6.92650E-0005	1.79593E-0005
8	global	-6.24795E-0005	-5.16750E-0005	9.98288E-0006
9	global	-6.76822E-0032	-8.93567E-0031	1.19293E-0031
10	global	-6.24795E-0005	-7.63528E-0005	-1.50415E-0005
11	global	-6.24795E-0005	-8.53777E-0005	-1.50415E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s		m o m e n t o		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-2.91	95.53	-0.01
9	global	2.91	38.47	-5.14

Resultante	0.00	134.00		597.15

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o			
(o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s n a s b a r r a s	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
		2	-0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-41.40	-0.00
		3	0.00	41.40	-82.80
3	local	3	-2.91	54.13	73.75
		5	2.91	-54.13	-38.57
4	local	5	-2.91	20.03	38.57
		6	2.91	-20.03	14.51
5	local	6	-2.91	-6.77	-14.51
		7	2.91	6.77	-3.43
6	local	7	-2.91	-26.27	3.43
		8	2.91	26.27	-20.50
7	local	8	-0.00	12.20	24.40
		10	0.00	-12.20	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	95.53	2.91	9.05
		4	-95.53	-2.91	-0.01
10	local	8	38.47	-2.91	-3.90
		9	-38.47	2.91	-5.14

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

d e s l o c a m e n t o s n o d a i s				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.12037E-0004	-5.74722E-0004	1.80181E-0004
2	global	-1.12037E-0004	-4.66614E-0004	1.80181E-0004
3	global	-1.12037E-0004	-1.25215E-0004	9.23905E-0005
4	global	4.48768E-0032	-2.16522E-0030	6.35828E-0032
5	global	-1.11796E-0004	-9.45958E-0005	5.20672E-0005
6	global	-1.10810E-0004	-7.58891E-0005	5.00654E-0006
7	global	-1.09824E-0004	-2.33962E-0005	4.01703E-0005
8	global	-1.09582E-0004	6.87291E-0006	5.05902E-0005
9	global	-4.48768E-0032	1.18846E-0031	1.42463E-0031
10	global	-1.09582E-0004	1.35498E-0004	6.59740E-0005
11	global	-1.09582E-0004	1.75082E-0004	6.59740E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-1.93	93.22	-2.74
9	global	1.93	-5.12	-6.13

Resultante	0.00	88.10	186.42	

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o			
(o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)			

barra	e s f o r ç o s	n o s	força		momento
			x	y	Z
			0.000	0.000	0.000
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-42.80	-0.00
3	local	3	0.00	42.80	-85.60
4	local	5	-1.93	50.42	76.87
5	local	5	1.93	-50.42	-44.10
6	local	6	-1.93	20.22	44.10
7	local	6	1.93	-20.22	9.47
8	local	7	-1.93	2.62	-9.47
9	local	7	1.93	-2.62	16.41
10	local	8	-1.93	-2.38	-16.41
11	local	8	1.93	2.38	14.86
12	local	10	-0.00	-7.50	-15.00
13	local	10	0.00	7.50	-0.00
14	local	10	0.00	-0.00	-0.00
15	local	11	-0.00	0.00	-0.00
16	local	3	93.22	1.93	8.73
17	local	4	-93.22	-1.93	-2.74
18	local	8	-5.12	-1.93	0.14
19	local	9	5.12	1.93	-6.13

c a r r e g a m e n t o 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global -6.89943E-0005	-7.33601E-0004	2.19015E-0004
2	global -6.89943E-0005	-6.02192E-0004	2.19015E-0004
3	global -6.89943E-0005	-1.90790E-0004	9.57390E-0005
4	global 1.14326E-0031	-3.29915E-0030	-3.92393E-0032
5	global -6.83781E-0005	-1.72431E-0004	4.24067E-0005
6	global -6.58662E-0005	-1.94876E-0004	2.98291E-0006
7	global -6.33543E-0005	-1.30079E-0004	1.24219E-0005
8	global -6.27382E-0005	-1.12250E-0004	-1.07503E-0005
9	global -1.14326E-0031	-1.94105E-0030	1.61714E-0031
10	global -6.27382E-0005	-2.44262E-0004	-7.26959E-0005
11	global -6.27382E-0005	-2.87880E-0004	-7.26959E-0005

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4	global -4.92	142.03	1.69
9	global 4.92	83.57	-6.96
Resultante			0.00 225.60 1132.82

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

barra	e s f o r ç o s	n o s	força		momento
			x	y	Z
			0.000	-0.000	-0.000
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	0.00
3	local	3	-0.00	-60.10	-0.00
4	local	5	0.00	60.10	-120.20
5	local	5	-4.92	81.93	106.63
6	local	6	4.92	-81.93	-53.37
7	local	7	-4.92	29.33	53.37
8	local	6	4.92	-29.33	24.36
9	local	7	-4.92	-15.77	-24.36
10	local	7	4.92	15.77	-17.42
11	local	8	-4.92	-53.37	17.42
12	local	8	4.92	53.37	-52.10
13	local	10	-0.00	30.20	60.40
14	local	10	0.00	-30.20	0.00
15	local	10	0.00	0.00	-0.00
16	local	11	-0.00	-0.00	0.00

9	local	3	142.03	4.92	13.57
		4	-142.03	-4.92	1.69
10	local	8	83.57	-4.92	-8.30
		9	-83.57	4.92	-6.96

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-1.60047E-0004	-8.39350E-0004	2.62566E-0004	
2	global	-1.60047E-0004	-6.81810E-0004	2.62566E-0004	
3	global	-1.60047E-0004	-1.84502E-0004	1.33752E-0004	
4	global	6.80604E-0032	-3.19042E-0030	8.72531E-0032	
5	global	-1.59680E-0004	-1.40892E-0004	7.47346E-0005	
6	global	-1.58185E-0004	-1.16196E-0004	7.12240E-0006	
7	global	-1.56689E-0004	-3.93598E-0005	5.69300E-0005	
8	global	-1.56322E-0004	3.96709E-0006	7.03572E-0005	
9	global	-6.80604E-0032	6.85991E-0032	2.06884E-0031	
10	global	-1.56322E-0004	1.77615E-0004	8.88178E-0005	
11	global	-1.56322E-0004	2.30906E-0004	8.88178E-0005	

reações nos apoios					
nó sistema		força	força	momento	
		x	y	z	
4	global	-2.93	137.35	-3.76	
9	global	2.93	-2.95	-8.91	
Resultante		0.00	134.40	317.29	

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)					
		força	força	momento	
		x	y	z	
		0.000	0.000	0.000	

barra	esf	forças	nas	barra	s
no sistema		força	força	força	momento
		normal	cortante	fletor	
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00
		2	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-62.80	-0.00
		3	0.00	62.80	-125.60
3	local	3	-2.93	74.55	112.76
		5	2.93	-74.55	-64.30
4	local	5	-2.93	29.75	64.30
		6	2.93	-29.75	14.55
5	local	6	-2.93	2.85	-14.55
		7	2.93	-2.85	22.11
6	local	7	-2.93	-6.05	-22.11
		8	2.93	6.05	18.18
7	local	8	-0.00	-9.00	-18.00
		10	0.00	9.00	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	137.35	2.93	12.84
		4	-137.35	-2.93	-3.76
10	local	8	-2.95	-2.93	-0.18
		9	2.95	2.93	-8.91

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	1.59344E-0004	4.62679E-0005	-1.60865E-0005	
2	global	1.57576E-0004	3.66160E-0005	-1.60865E-0005	
3	global	1.51683E-0004	4.44302E-0006	-1.60865E-0005	
4	global	1.82501E-0031	7.68289E-0032	-3.06058E-0031	
5	global	1.50751E-0004	-2.75248E-0006	-9.34994E-0006	
6	global	1.46953E-0004	-1.48075E-0006	3.28181E-0006	
7	global	1.43154E-0004	1.70073E-0006	-7.90862E-0006	
8	global	1.42222E-0004	-4.44302E-0006	-1.42916E-0005	
9	global	1.72885E-0031	-7.68289E-0032	-2.88567E-0031	

10 global 1.42222E-0004 -3.30263E-0005 -1.42916E-0005
 11 global 1.42222E-0004 -4.16013E-0005 -1.42916E-0005

nó sistema	reações nos apoios		momento z
	força x	força y	
4 global	-7.86	-3.31	13.18
9 global	-7.44	3.31	12.42

Resultante	-15.30	-0.00	47.43

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	15.30	-0.00	0.00
		2	-15.30	0.00	-0.00
2	local	2	15.30	-0.00	0.00
		3	-15.30	0.00	-0.00
3	local	3	7.44	-3.31	-11.18
		5	-7.44	3.31	9.03
4	local	5	7.44	-3.31	-9.03
		6	-7.44	3.31	0.27
5	local	6	7.44	-3.31	-0.27
		7	-7.44	3.31	-8.50
6	local	7	7.44	-3.31	8.50
		8	-7.44	3.31	-10.65
7	local	8	0.00	-0.00	-0.00
		10	-0.00	0.00	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	-3.31	7.86	11.18
		4	3.31	-7.86	13.18
10	local	8	3.31	7.44	10.65
		9	-3.31	-7.44	12.42

Fim Do Programa

$V_{wd} (tf) = 85.2$	$A_{sw}/s = 15.5$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 87.1$	$A_{sw}/s = 15.9$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 111.4$	$A_{sw}/s = 20.3$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 115.1$	$A_{sw}/s = 21.0$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 16.94$	(cm^2/m^2)		PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 17.51$	(cm^2/m^2)		PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

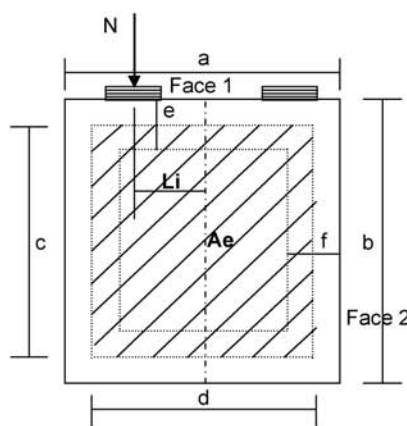
$V_g (tf) = 133.4$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q (tf) = 54.4$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 82.2$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q (tf) = 75.2$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} (tf) = 3.3$	(vento na superestrutura)
$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,40 * V_{q2}$	
$V_{sd} (tf) = 265.2$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 260.3$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 304.1$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} (tf) = 294.3$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} (tf) = 156.6$	$A_{sw}/s = 28.6$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 151.6$	$A_{sw}/s = 27.7$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 195.5$	$A_{sw}/s = 35.7$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 185.7$	$A_{sw}/s = 33.9$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 23.82$ (cm ² /m ²)	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 23.07$ (cm ² /m ²)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 29.74$ (cm ² /m ²)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 28.25$ (cm ² /m ²)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / (2 * A_e * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

a (m) = 1.200	e (m) = 0.200
b (m) = 1.500	f (m) = 0.250
c (m) = 1.300	
d (m) = 0.950	

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (N_e - N_d) * L_i$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (N_e ; N_d) * L_i$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (N_e - N_d) * L_i$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	MT (tf.m)
Peso Prop.	43.55	41.78	0.35	0.62
1 Vão - PTC	41.2	41.4	0.35	14.5
1 Vão - PMC	42.6	42.8	0.35	15.0
2 Vãos - PTC	29.9	30.1	0.35	0.08
2 Vãos - PMC	31.3	31.5	0.35	0.08

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M _{Td} (tf.m)	21.2	21.8	1.0	1.0

Face	b _w (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)
1	0.25	2.0	7.9	2.0	8.1	0.1	0.4	0.1	0.4
2	0.20	2.0	9.8	2.0	10.2	0.1	0.5	0.1	0.5

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 \cdot f_{cd} \cdot A_e \cdot b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	T _{RD1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

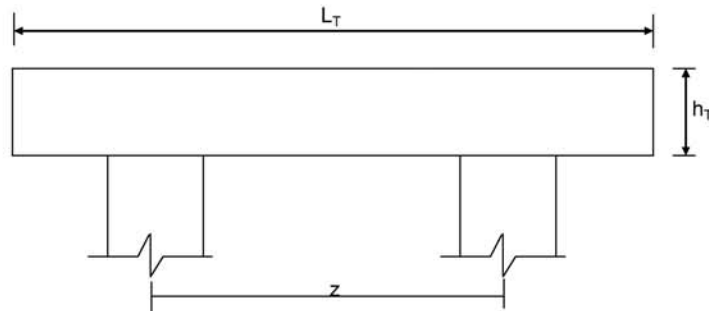
Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / T_{RD1} + V_{sd} / V_{RD2} \leq 1$$

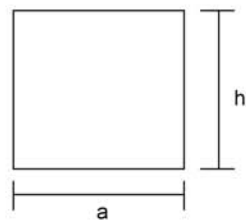
Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.096	0.368	0.464	0.099	0.361	0.460
2	0.120	0.368	0.488	0.124	0.361	0.485

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.004	0.422	0.427	0.004	0.409	0.413
2	0.006	0.422	0.428	0.006	0.409	0.414

10 - Dimensionamento da Travessa de P4



L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 0.800
 h (m) = 1.500

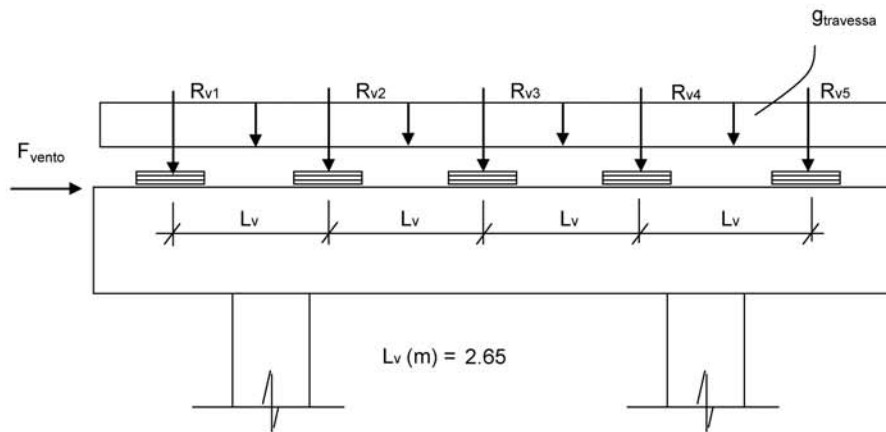
d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**

S (m²) = 1.20
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 3.00

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa



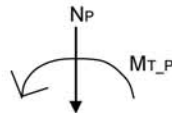
- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000

L_v (m) = 2.65

R_{v1} (tf) = 69.37
 R_{v2} (tf) = 58.93
 R_{v3} (tf) = 58.93
 R_{v4} (tf) = 58.93
 R_{v5} (tf) = 69.37

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X_1 (m) = 5.30 & X_3 (m) = 0.00 & X_5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X_2 (m) = 2.65 & X_4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 173.1 \\ M_{T-P} (tf.m) = 204.4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 50.0 \\ R_{v2} (tf) = 42.3 \\ R_{v3} (tf) = 34.6 \\ R_{v4} (tf) = 26.9 \\ R_{v5} (tf) = 19.2 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 110.2 \\ M_{T-P} (tf.m) = 391.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 51.6 \\ R_{v2} (tf) = 36.8 \\ R_{v3} (tf) = 22.0 \\ R_{v4} (tf) = 7.2 \\ R_{v5} (tf) = -7.5 \end{array}$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 8.15$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -148.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -103.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -8.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 358.5$$

$$\begin{aligned}
 a &= f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272 & a &= 310.857 & b &= -1088 & c &= 358.5 & \Delta &= 737925 \\
 b &= -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \\
 c &= M_d \\
 x \text{ (m)} &= 0.368 \\
 Z = d - 0,4 \cdot x & & z \text{ (m)} &= 1.253 & & & x / d &= 0.263 & & \\
 & & & & & & k_{md} &= 0.160 \\
 A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{65.83}
 \end{aligned}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 17.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 15.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 46.5$$

$$\begin{aligned}
 a &= f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272 & a &= 310.857 & b &= -1088 & c &= 46.5 & \Delta &= 1125889 \\
 b &= -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \\
 c &= M_d \\
 x \text{ (m)} &= 0.043 \\
 Z = d - 0,4 \cdot x & & z \text{ (m)} &= 1.383 & & & x / d &= 0.031 & & \\
 & & & & & & k_{md} &= 0.021 \\
 A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{7.74}
 \end{aligned}$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w \cdot h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{18.0}$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 77.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 51.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 180.3$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{Rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 107.9$$

$$A_{sw}/s = 19.7 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 24.61 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 98.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 67.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.4 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,40 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 233.1$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 160.7$$

$$A_{sw}/s = 29.3 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 36.66 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$


```

Portico Plano Travessa P4 Ponte 27x24x27 - 78,00m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      4.1000
  2      0.6000      4.1000
  3      2.6000      4.1000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      4.1000
  6      5.9000      4.1000
  7      8.5500      4.1000
  8      9.2000      4.1000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      4.1000
 11     11.8000      4.1000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -69.370
  5  PY -58.930
  6  PY -58.930
  7  PY -58.930
 10  PY -69.370
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -50.000
5 PY -42.300
6 PY -34.600
7 PY -26.900
10 PY -19.200
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -51.600
5 PY -36.800
6 PY -22.000
7 PY -7.200
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 8.150
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P4 Ponte 27x24x27 - 78,00m

 DATA : 3/23/2006(quinta-feira)
 HORA : 10:16:04 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 8-travessap4_27x24x27_78,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.10E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.10E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.10E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	4.10E+0000
10	1	2	8	9	4.10E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-69.37	0.00
5	global	0.00	-58.93	0.00
6	global	0.00	-58.93	0.00
7	global	0.00	-58.93	0.00
10	global	0.00	-69.37	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-50.00	0.00
5	global	0.00	-42.30	0.00
6	global	0.00	-34.60	0.00
7	global	0.00	-26.90	0.00
10	global	0.00	-19.20	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-51.60	0.00
5	global	0.00	-36.80	0.00
6	global	0.00	-22.00	0.00
7	global	0.00	-7.20	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	8.15	0.00	0.00

fim do carregamento 4
número de carregamentos 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
perfil após a renumeração : 21

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.1E+0002
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

=====

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	-5.80132E-0006	-1.43166E-0003	4.19266E-0004
2	global	-5.80132E-0006	-1.17975E-0003	4.19099E-0004
3	global	-5.80132E-0006	-3.89659E-0004	1.91975E-0004
4	global	2.13184E-0031	-6.14668E-0030	-2.75674E-0031
5	global	-4.65864E-0006	-3.44731E-0004	9.17677E-0005
6	global	2.22392E-0018	-3.64473E-0004	7.63725E-0020
7	global	4.65864E-0006	-3.44731E-0004	-9.17677E-0005

8	global	5.80132E-0006	-3.89659E-0004	-1.91975E-0004
9	global	-2.13184E-0031	-6.14668E-0030	2.75674E-0031
10	global	5.80132E-0006	-1.17975E-0003	-4.19099E-0004
11	global	5.80132E-0006	-1.43166E-0003	-4.19266E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-6.09	175.46		7.87
9 global	6.09	175.47		-7.87
Resultante		0.00	350.93	2070.49

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio de momento é feito em relação à origem			
força	força	momento	
x	y	z	
0.000	-0.000	0.000	

barra	esforços	nas	barra	momento
	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local 1	0.00	0.00	0.00
	2	-0.00	1.80	-0.54
2	local 2	-0.00	-71.17	0.54
	3	0.00	77.17	-148.88
3	local 3	-6.09	98.29	131.80
	5	6.09	-96.34	-68.54
4	local 5	-6.09	37.41	68.54
	6	6.09	-29.46	20.08
5	local 6	-6.09	-29.47	-20.08
	7	6.09	37.42	-68.54
6	local 7	-6.09	-96.35	68.54
	8	6.09	98.30	-131.80
7	local 8	-0.00	77.17	148.88
	10	0.00	-71.17	-0.54
8	local 10	-0.00	1.80	0.54
	11	0.00	-0.00	-0.00
9	local 3	175.46	6.09	17.08
	4	-175.46	-6.09	7.87
10	local 8	175.47	-6.09	-17.08
	9	-175.47	6.09	-7.87

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1 global	-1.45249E-0004	-9.93787E-0004	2.95210E-0004	
2 global	-1.45249E-0004	-8.16661E-0004	2.95210E-0004	
3 global	-1.45249E-0004	-2.59623E-0004	1.41143E-0004	
4 global	7.92234E-0032	-4.09542E-0030	-4.37792E-0032	
5 global	-1.44824E-0004	-2.23249E-0004	7.08109E-0005	
6 global	-1.43093E-0004	-2.25513E-0004	5.97946E-0006	
7 global	-1.41362E-0004	-1.48561E-0004	2.02283E-0005	
8 global	-1.40937E-0004	-1.24562E-0004	-1.54023E-0006	
9 global	-7.92234E-0032	-1.96491E-0030	1.61114E-0031	
10 global	-1.40937E-0004	-2.33147E-0004	-6.07017E-0005	
11 global	-1.40937E-0004	-2.69568E-0004	-6.07017E-0005	

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-2.26	116.91		1.25
9 global	2.26	56.09		-4.60
Resultante		-0.00	173.00	816.65

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio de momento é feito em relação à origem			
força	força	momento	
x	y	z	
-0.000	-0.000	0.000	

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-50.00	-0.00
		3	0.00	50.00	-100.00
3	local	3	-2.26	66.91	91.98
		5	2.26	-66.91	-48.49
4	local	5	-2.26	24.61	48.49
		6	2.26	-24.61	16.73
5	local	6	-2.26	-9.99	-16.73
		7	2.26	9.99	-9.75
6	local	7	-2.26	-36.89	9.75
		8	2.26	36.89	-33.73
7	local	8	-0.00	19.20	38.40
		10	0.00	-19.20	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	116.91	2.26	8.02
		4	-116.91	-2.26	1.25
10	local	8	56.09	-2.26	-4.67
		9	-56.09	2.26	-4.67

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC

no sistema	d e s l o c a m e n t o s n o d a i s			rotacao
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.75940E-0004	-1.09788E-0003	3.38640E-0004
2	global	-2.75940E-0004	-8.94705E-0004	3.38640E-0004
3	global	-2.75940E-0004	-2.51875E-0004	1.79643E-0004
4	global	5.07620E-0032	-3.97320E-0030	4.69253E-0032
5	global	-2.75668E-0004	-1.89825E-0004	1.03706E-0004
6	global	-2.74559E-0004	-1.42923E-0004	1.15002E-0005
7	global	-2.73450E-0004	-4.63983E-0005	7.09824E-0005
8	global	-2.73178E-0004	7.37321E-0006	8.82194E-0005
9	global	-5.07620E-0032	1.16308E-0031	1.78209E-0031
10	global	-2.73178E-0004	2.25025E-0004	1.11329E-0004
11	global	-2.73178E-0004	2.91822E-0004	1.11329E-0004

nó sistema	r e a ç õ e s n o s a p o i o s			
	força x	força y	momento z	
4	global	-1.45	113.42	-1.34
9	global	1.45	-3.32	-5.09
Resultante				-0.00 110.10 257.92

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o
(o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)

força x	força y	momento z
-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-51.60	-0.00
		3	0.00	51.60	-103.20
3	local	3	-1.45	61.82	95.92
		5	1.45	-61.82	-55.74
4	local	5	-1.45	25.02	55.74
		6	1.45	-25.02	10.57
5	local	6	-1.45	3.02	-10.57
		7	1.45	-3.02	18.57
6	local	7	-1.45	-4.18	-18.57
		8	1.45	4.18	15.85
7	local	8	0.00	-7.50	-15.00
		10	-0.00	7.50	-0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	113.42	1.45	7.28
		4	-113.42	-1.45	-1.34
10	local	8	-3.32	-1.45	-0.85

9 3.32 1.45 -5.09

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	3.03975E-0004	5.00674E-0005	-1.71986E-0005
2	global	3.02563E-0004	3.97482E-0005	-1.71986E-0005
3	global	2.97854E-0004	5.35090E-0006	-1.71986E-0005
4	global	1.44376E-0031	8.44077E-0032	-3.10426E-0031
5	global	2.97098E-0004	-2.29678E-0006	-9.93512E-0006
6	global	2.94014E-0004	-7.11272E-0007	3.44577E-0006
7	global	2.90930E-0004	1.79157E-0006	-9.24279E-0006
8	global	2.90173E-0004	-5.35090E-0006	-1.63365E-0005
9	global	1.41124E-0031	-8.44077E-0032	-3.03037E-0031
10	global	2.90173E-0004	-3.80239E-0005	-1.63365E-0005
11	global	2.90173E-0004	-4.78258E-0005	-1.63365E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-4.12	-2.41	8.86
9	global	-4.03	2.41	8.65
Resultante		-8.15	0.00	33.41

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

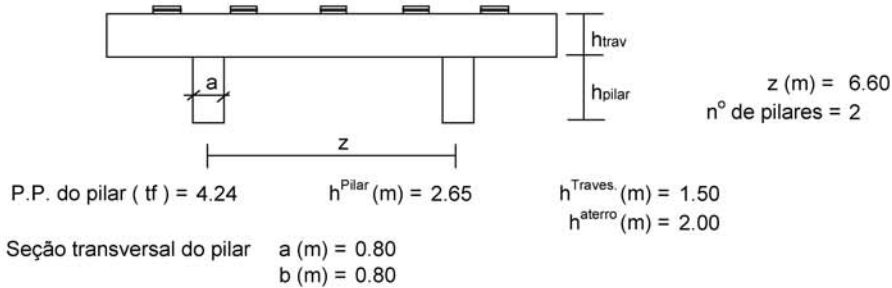
	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nó	na s força normal	barra s força cortante	momento fletor
1	local	1	8.15	-0.00	-0.00
		2	-8.15	0.00	0.00
2	local	2	8.15	-0.00	0.00
		3	-8.15	0.00	-0.00
3	local	3	4.03	-2.41	-8.04
		5	-4.03	2.41	6.47
4	local	5	4.03	-2.41	-6.47
		6	-4.03	2.41	0.08
5	local	6	4.03	-2.41	-0.08
		7	-4.03	2.41	-6.30
6	local	7	4.03	-2.41	6.30
		8	-4.03	2.41	-7.87
7	local	8	-0.00	0.00	0.00
		10	0.00	-0.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-2.41	4.12	8.04
		4	2.41	-4.12	8.86
10	local	8	2.41	4.03	7.87
		9	-2.41	-4.03	8.65

Fim Do Programa

11- Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 1



Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - N e M_T provenientes do SALT
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

1ª Hipótese : $N_{máx}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	175.5	116.8	4.2	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	298.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	17.7	1.3	0.0	1.4	0.4	6.5	27.3
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	4.3
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	73.3	5.6	0.0	5.8	1.7	4.3	90.8
M_T (tf.m)	8.4	1.2	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	17.4

2ª Hipótese : $N_{mín}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	175.5	-3.2	4.2	0.0	0.0	-2.1	0.0	0.0	0.0	174.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	17.7	1.3	0.0	1.4	0.4	6.5	27.3
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	4.3
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	73.3	5.6	0.0	5.8	1.7	4.3	90.8
M_T (tf.m)	8.4	-5.7	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	10.5

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.65$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0177 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0190$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.039 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.65$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0177 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0190$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.039 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{vento}}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{vento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

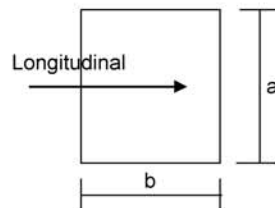
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	245.6	163.6	5.9	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	416.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	21.2	1.9	0.0	2.0	0.3	9.1	34.4
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	3.0
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	88.0	7.8	0.0	8.2	1.2	6.0	127.5
M_{dT} (tf.m)	11.7	1.7	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	35.1

2ª Hipótese : N_{mín}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	245.6	-4.4	5.9	0.0	0.0	-1.4	0.0	0.0	0.0	245.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	21.2	1.9	0.0	2.0	0.3	9.1	34.4
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	3.0
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	88.0	7.8	0.0	8.2	1.2	6.0	120.8
M_{dT} (tf.m)	11.7	-8.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	18.8

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

Ac (m²) = 0.64
f_{ck} (MPa) = 20.0
f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N _d (tf) = 416.6	v = 0.456	} Ábaco → ω = 0.150
M _d ^{long} (tf.m) = 127.5	μ _{long} = 0.174	
M _d ^{transv} (tf.m) = 35.1	μ _{transv} = 0.048	

As (cm²) = 31.54

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 245.69 & v = 0.269 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 120.80 & \mu \text{ long} = 0.165 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 18.81 & \mu \text{ transv} = 0.026 \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.105$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 22.08$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 416.59 & A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ E \text{ (MPa)} = 288476 & \\ \epsilon_o = 0.002 & \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 & \end{array}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2486$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.89$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

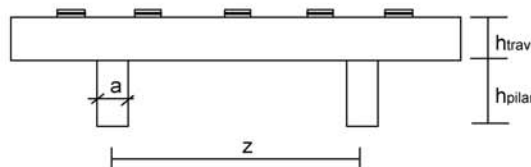
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

12 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 2



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 5.50

h^{Pilar} (m) = 2.75

$h^{Traves.}$ (m) = 1.50

Seção transversal do pilar a (m) = 1.00
 b (m) = 0.80

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
- * Carga móvel
- * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT

- * Temperatura
- * Empuxo de terra sobre as cortinas
- * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$

- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT

- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
- $M_L = H_L * (h_{aterra}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	95.8	5.5	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	335.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.2	0.0	2.1	0.6	13.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L(tf.m)	1.2	23.4	0.0	36.6	9.3	0.0	8.9	2.6	82.0
M_T(tf.m)	7.7	0.4	0.0	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	21.8

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	93.7	5.5	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	333.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.0	0.0	2.1	0.6	13.3
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L(tf.m)	1.2	15.4	0.0	36.6	8.6	0.0	8.9	2.6	73.3
M_T(tf.m)	7.7	-1.5	0.0	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	19.9

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	142.2	5.5	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	381.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.2	0.0	2.1	0.6	13.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L (tf.m)	1.2	0.2	0.0	36.6	9.3	0.0	8.9	2.6	58.8
M_T (tf.m)	7.7	1.8	0.0	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	23.2

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	138.0	5.5	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	377.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.0	0.0	2.1	0.6	13.3
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L (tf.m)	1.2	0.1	0.0	36.6	8.6	0.0	8.9	2.6	58.0
M_T (tf.m)	7.7	-2.0	0.0	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	19.4

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0183 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0204$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.040 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.75$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0183 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0204$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.040 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p,p.Pilar} + N_{p,p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	134.1	7.7	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	466.8
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	3.1	0.0	2.9	0.4	16.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL} (tf.m)	1.7	32.8	0.0	43.9	13.0	0.0	12.5	1.8	124.6
M_{dT} (tf.m)	10.8	0.6	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	39.8

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	131.2	7.7	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	463.9
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	2.8	0.0	2.9	0.4	16.5
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL} (tf.m)	1.7	21.6	0.0	43.9	12.0	0.0	12.5	1.8	112.2
M_{dT} (tf.m)	10.8	-2.0	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	37.0

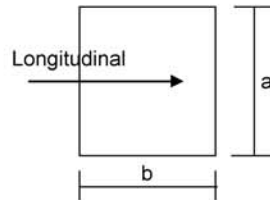
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	199.1	7.7	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	531.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	3.1	0.0	2.9	0.4	16.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL} (tf.m)	1.7	0.3	0.0	43.9	13.0	0.0	12.5	1.8	94.7
M_{dT} (tf.m)	10.8	2.6	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	44.4

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	193.3	7.7	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	525.9
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	2.8	0.0	2.9	0.4	16.5
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL} (tf.m)	1.7	0.1	0.0	43.9	12.0	0.0	12.5	1.8	93.3
M_{dT} (tf.m)	10.8	-2.7	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	38.8

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$

$\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$

$\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 466.82$
 $M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 124.58$
 $M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 39.81$

$v = 0.408$
 $\mu_{long} = 0.136$
 $\mu_{transv} = 0.035$

Ábaco $\rightarrow \omega = 0.265$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 69.66$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 463.86$
 $M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 112.21$
 $M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 37.04$

$v = 0.406$
 $\mu_{long} = 0.123$
 $\mu_{transv} = 0.032$

Ábaco $\rightarrow \omega = 0.235$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 61.77$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 531.75$
 $M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 94.65$
 $M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 44.40$

$v = 0.465$
 $\mu_{long} = 0.104$
 $\mu_{transv} = 0.039$

Ábaco $\rightarrow \omega = 0.180$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 47.31$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 525.94$
 $M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 93.27$
 $M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 38.85$

$v = 0.460$
 $\mu_{long} = 0.102$
 $\mu_{transv} = 0.034$

Ábaco $\rightarrow \omega = 0.175$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 46.00$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 466.82 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{nec} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

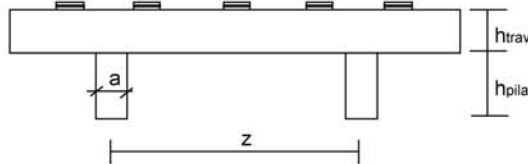
$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2786$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$\begin{aligned} A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.28 & A_s^{min} &= 0,8\% * A_c^{nec} \\ A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{min} &= 0,5\% * A_c^{exist} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 69.66$$

13 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar
Apoio 3


$$z \text{ (m)} = 6.60$$

$$n^\circ \text{ de pilares} = 2$$

$$\text{P.P. do pilar (tf)} = 4.70 \quad h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 2.35 \quad h^{\text{Traves}} \text{ (m)} = 1.50$$

$$\text{Seção transversal do pilar} \quad a \text{ (m)} = 1.00$$

$$b \text{ (m)} = 0.80$$

Esforços na base do pilar

* $g_1 + g_2 + g_3$	}	- N e M_T provenientes do SALT
* Carga móvel		
* Peso próprio do pilar		
* Temperatura	}	- H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
* Empuxo de terra sobre as cortinas		
* Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas		
* Vento	}	- H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
		- N e M_T provenientes do SALT
* Empuxo de terra sobre os pilares	}	- H_L proveniente da aplicação direta no pilar
		$M_L = H_L * (h_{\text{aterra}}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	95.8	4.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	334.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.2	0.0	2.1	0.6	13.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L (tf.m)	1.2	23.4	0.0	33.1	8.4	0.0	8.1	2.4	76.6
M_T (tf.m)	7.7	0.4	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	21.3

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	93.7	4.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	332.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.2	0.0	2.1	0.6	13.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L (tf.m)	1.2	15.4	0.0	33.1	8.4	0.0	8.1	2.4	68.6
M_T (tf.m)	7.7	-1.5	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	19.4

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	142.3	4.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	380.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.2	0.0	2.1	0.6	13.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L(tf.m)	1.2	0.2	0.0	33.1	8.4	0.0	8.1	2.4	53.4
M_T(tf.m)	7.7	1.8	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	22.7

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	138.0	4.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	376.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.6	2.2	0.0	2.1	0.6	13.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
M_L(tf.m)	1.2	0.1	0.0	33.1	8.4	0.0	8.1	2.4	53.3
M_T(tf.m)	7.7	-2.0	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	18.9

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0157 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10)*(1/r) \quad r = (5*10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0149$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.035 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0157 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10)*(1/r) \quad 1/r = (5*10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0149$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.035 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g_1+g_2+g_3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g_1+g_2+g_3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	134.1	6.6	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	465.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	3.1	0.0	2.9	0.4	16.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL}(tf.m)	1.7	32.8	0.0	39.7	11.8	0.0	11.3	1.7	115.3
M_{dT}(tf.m)	10.8	0.6	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	36.9

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	131.2	6.6	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	462.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	3.1	0.0	2.9	0.4	16.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL}(tf.m)	1.7	21.6	0.0	39.7	11.8	0.0	11.3	1.7	103.9
M_{dT}(tf.m)	10.8	-2.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	34.1

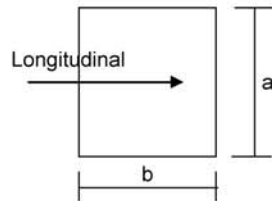
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	199.2	6.6	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	530.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	3.1	0.0	2.9	0.4	16.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL}(tf.m)	1.7	0.3	0.0	39.7	11.8	0.0	11.3	1.7	85.0
M_{dT}(tf.m)	10.8	2.6	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	41.1

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	193.3	6.6	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	524.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.3	3.1	0.0	2.9	0.4	16.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0
M_{dL}(tf.m)	1.7	0.1	0.0	39.7	11.8	0.0	11.3	1.7	84.6
M_{dT}(tf.m)	10.8	-2.7	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	35.6

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 465.56$	$v = 0.407$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.265$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 115.26$	$\mu_{long} = 0.126$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 36.88$	$\mu_{transv} = 0.032$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 69.66$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 462.61$	$v = 0.405$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.240$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 103.92$	$\mu_{long} = 0.114$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 34.12$	$\mu_{transv} = 0.030$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 63.09$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 530.68$	$v = 0.464$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.185$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 84.98$	$\mu_{long} = 0.093$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 41.12$	$\mu_{transv} = 0.036$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 48.63$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 524.69$	$v = 0.459$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.165$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 84.64$	$\mu_{long} = 0.093$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 35.59$	$\mu_{transv} = 0.031$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 43.37$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 465.56 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{\text{nec}} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2778$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

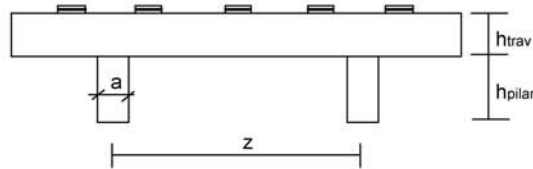
$$\begin{aligned} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.22 & A_s^{\text{min}} &= 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{\text{min}} &= 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 69.66$$

14 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 4



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 5.36 $h^{Pilar} (m) = 3.35$ $h^{Traves} (m) = 1.50$

Seção transversal do pilar a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

$h^{aterra} (m) = 2.70$

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
- * Carga móvel
- * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT

- * Temperatura
- * Empuxo de terra sobre as cortinas
- * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$

- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT

- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{aterra}/3)$

1ª Hipótese : N_{máx}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{te pilar}	Total
N (tf)	175.5	117.0	5.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	300.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	16.3	1.2	0.0	1.3	0.4	11.8	31.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	79.0	5.9	0.0	6.1	1.8	10.6	103.5
M_T (tf.m)	6.9	1.2	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	16.9

2ª Hipótese : N_{mín}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{te pilar}	Total
N (tf)	175.5	-3.5	5.4	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.0	174.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	16.3	1.2	0.0	1.3	0.4	11.8	31.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	79.0	5.9	0.0	6.1	1.8	10.6	103.5
M_T (tf.m)	6.9	-4.4	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	11.4

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0223 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0303$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.053 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0223 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0303$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.053 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p,p.Pilar} + N_{p,p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

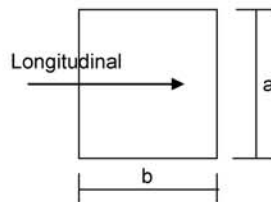
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N _d (tf)	245.6	163.8	7.5	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	418.62
H _{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	19.6	1.7	0.0	1.8	0.3	16.5	39.82
H _{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.85
M _{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	94.8	8.2	0.0	8.6	1.3	14.9	149.85
M _{dT} (tf.m)	9.7	1.6	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	39.53

2ª Hipótese : N_{mín}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N _d (tf)	245.6	-4.9	7.5	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	0.0	246.60
H _{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	19.6	1.7	0.0	1.8	0.3	16.5	39.82
H _{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.85
M _{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	94.8	8.2	0.0	8.6	1.3	14.9	140.79
M _{dT} (tf.m)	9.7	-6.1	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	22.76

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

Ac (m²) = 0.64
f_{ck} (MPa) = 20.0
f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N _d (tf) = 418.62	v = 0.458	} Ábaco → ω = 0.455
M _{d^{long}} (tf.m) = 149.85	μ _{long} = 0.205	
M _{d^{transv}} (tf.m) = 39.53	μ _{transv} = 0.054	

As (cm²) = 95.68

2ª Hipótese

N _d (tf) = 246.60	v = 0.270	} Ábaco → ω = 0.415
M _{d^{long}} (tf.m) = 140.79	μ _{long} = 0.192	
M _{d^{transv}} (tf.m) = 22.76	μ _{transv} = 0.031	

As (cm²) = 87.27

Compressão pela NB-1/78

$$N_d (tf) = 418.62$$

$$E (MPa) = 288476$$

$$\varepsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} (MPa) = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{nec} (m^2) = 0.2498$$

$$A_c^{exist} (m^2) = 0.6400$$

$$A_{s1}^{min} (cm^2) = 19.98$$

$$A_{s2}^{min} (cm^2) = 32.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

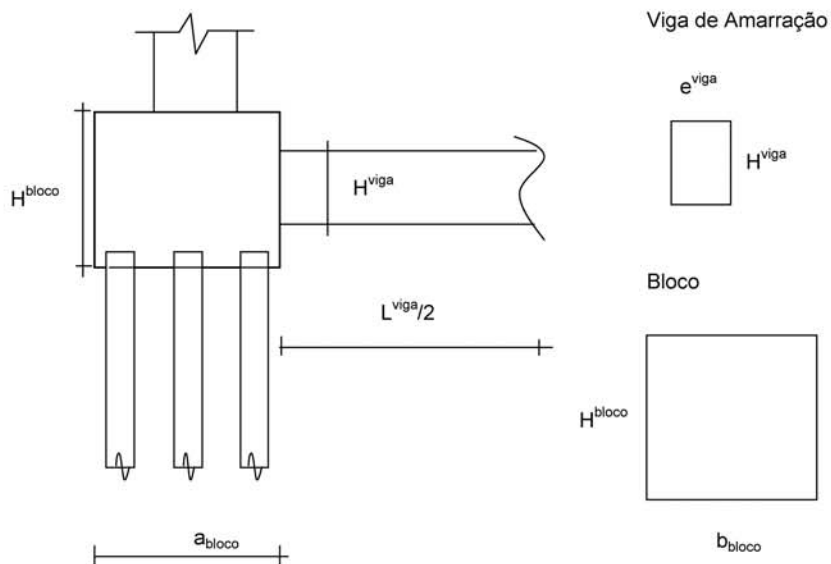
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} (cm^2) = 95.68$$

15 - Apoio P1

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{\text{bloco}} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{\text{bloco}} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{\text{bloco}} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 6.27$

*** Cálculo de N (tf)**

$$\begin{aligned}
 &g_1 + g_2 + g_3 = 350.92 \\
 &\text{carga móvel Pesq} = 116.8 \\
 &\text{carga móvel Pdir} = 56.2 \\
 &\quad p.p. \text{ pilar} = 8.5 \\
 &\quad p.p. \text{ bloco} = 57.2 \\
 &N = 589.6 \text{ tf}
 \end{aligned}$$

*** Cálculo de HL**

$$HL \text{ (tf)} = 54.6$$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 8.5$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 235.7$$

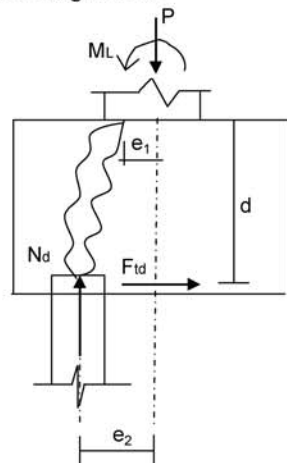
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 46.4$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P1 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 102.8$$

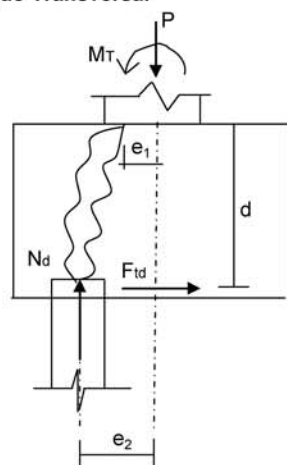
$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 95.9$$

$$A_s (cm^2) = 22.1$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 102.8$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 95.9$$

$$A_s (cm^2) = 22.1$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 27x24x27_BR163b1
Data: 3/23/2006

Ponte 27x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B1

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 27x24x27_BR163b1
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.50	-589.60	-54.60	-235.70	0.00	46.40

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

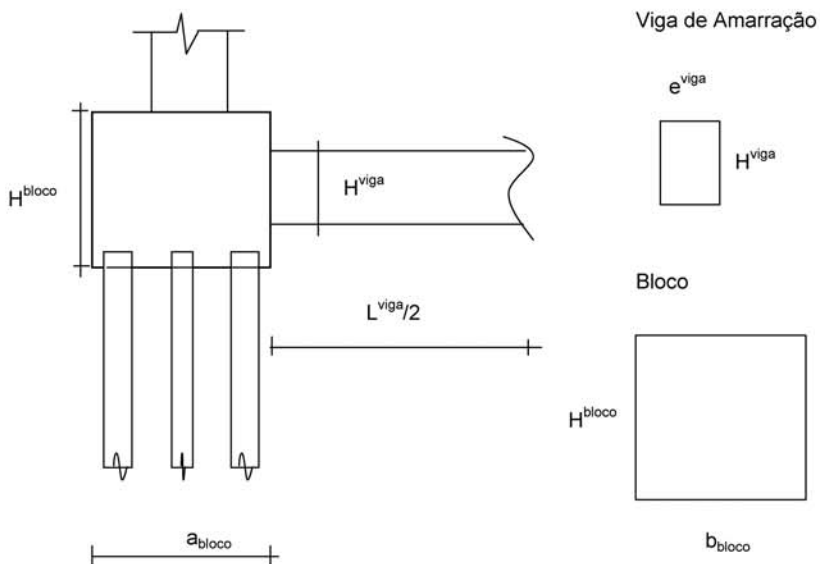
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003707	-0.002128	-0.030871	-0.001494	0.000000	0.000020

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	102.79	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
2	101.66	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
3	99.07	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
4	97.94	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
5	60.82	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
6	57.10	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
7	19.98	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
8	18.85	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
9	16.26	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95
10	15.13	-0.85	-5.46	0.00	9.55	-1.95

16 - Apoio P2

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} (m) = 1.30$
- $a_{bloco} (m) = 3.20$
- $b_{bloco} (m) = 2.80$
- $h_{Viga de Amarração} (m) = 1.10$
- $L_{Viga de Amarração} (m) = 3.40$
- $e_{Viga de Amarração} (m) = 0.60$

- p.p. bloco (tf) = 29.12
- p.p. viga de amarração (tf) = 5.61

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 460.76$
 - carga móvel Pesq = 95.8
 - carga móvel Pdir = 38.2
 - p.p. pilar = 11.0
 - p.p. bloco = 63.9
- $N (tf) = 669.6 \text{ tf}$

- $H_L (tf) = 27.0$
- $M_L (tf) = 164.1$
- $H_T (tf) = 14.2$
- $M_T (tf) = 78.9$

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 93.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 11.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 623.7 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ (tf)} &= 26.7 & M_L \text{ (tf)} &= 146.6 \\ H_T \text{ (tf)} &= 14.2 & M_T \text{ (tf)} &= 78.9 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 142.2 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 83.3 \\ \text{p.p. pilar} &= 11.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 761.1 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ (tf)} &= 27.0 & M_L \text{ (tf)} &= 117.6 \\ H_T \text{ (tf)} &= 14.2 & M_T \text{ (tf)} &= 78.9 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

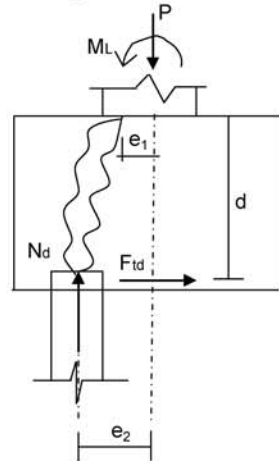
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 138.0 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -3.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 11.0 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 670.0 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ (tf)} &= 26.7 & M_L \text{ (tf)} &= 115.9 \\ H_T \text{ (tf)} &= 14.2 & M_T \text{ (tf)} &= 78.9 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P2 (Para 1/2 bloco)

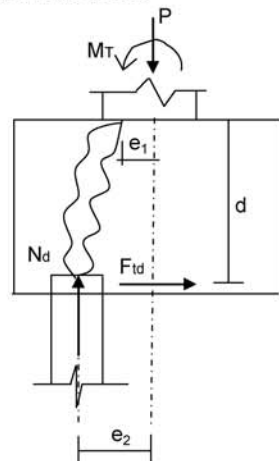
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 80.7$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 75.3$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 17.3$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.25$ $N \text{ (tf)} = 80.7$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.20$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 89.5$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.6$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 27x24x27_BR163b2
Data: 3/23/2006

Ponte 27x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
12	4	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	-2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
11	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
12	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 27x24x27_BR163b2
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 1

1	Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
	-14.20	-669.60	-26.70	-164.10	0.00	78.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005160	-0.002014	-0.012628	-0.000633	0.000000	0.000028

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	76.88	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
2	75.94	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
3	75.00	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
4	71.70	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
5	70.76	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
6	69.82	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
7	41.78	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
8	40.84	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
9	39.90	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
10	36.60	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
11	35.66	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71
12	34.72	-1.18	-2.23	0.00	3.87	-2.71

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref: 27x24x27_BR163b2
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 2

1						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-14.20	-623.70	-26.70	-146.60	0.00	78.90	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.005160	-0.001876	-0.012528	-0.000582	0.000000	0.000028	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	71.63	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
2	70.69	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
3	69.75	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
4	66.46	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
5	65.52	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
6	64.58	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
7	39.37	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
8	38.43	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
9	37.49	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
10	34.20	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
11	33.26	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71
12	32.32	-1.18	-2.23	0.00	3.91	-2.71

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref: 27x24x27_BR163b2
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 3

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-14.20	-761.10	-26.70	-117.60	0.00	78.90	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.005160	-0.002289	-0.012362	-0.000497	0.000000	0.000028	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	80.73	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
2	79.79	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
3	78.85	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
4	75.55	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
5	74.61	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
6	73.67	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
7	53.18	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
8	52.24	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
9	51.30	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
10	48.00	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
11	47.06	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
12	46.12	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref: 27x24x27_BR163b2
Data: 3/23/2006

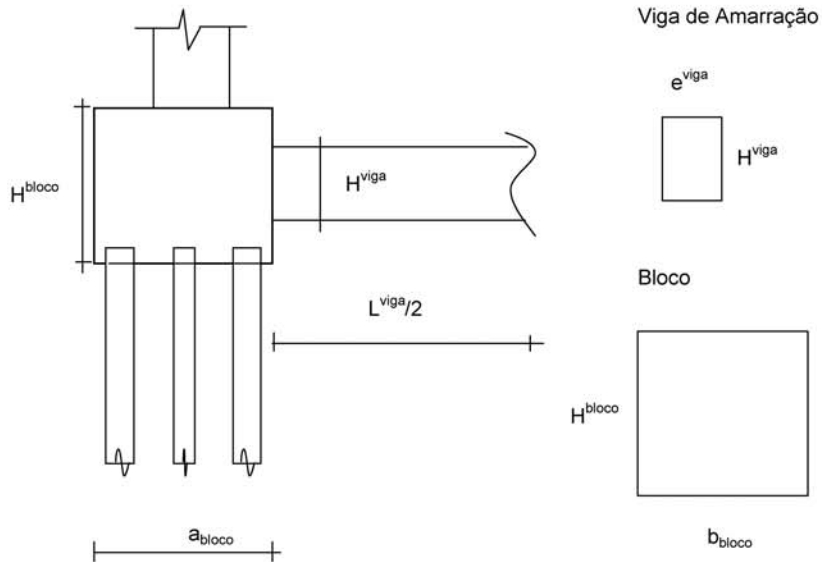
NRO CARREG 4

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-14.20	-670.00	-26.70	-115.90	0.00	78.90	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.005160	-0.002015	-0.012352	-0.000492	0.000000	0.000028	

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	73.00	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
2	72.06	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
3	71.12	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
4	67.82	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
5	66.88	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
6	65.94	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
7	45.72	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
8	44.78	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
9	43.84	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
10	40.55	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
11	39.61	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71
12	38.67	-1.18	-2.23	0.00	3.98	-2.71

17 - Apoio P3

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- hBloco (m) = 1.30
- a_bloco (m) = 3.20
- b_bloco (m) = 2.80
- hViga de Amarração (m) = 1.10
- LViga de Amarração (m) = 3.40
- eViga de Amarração (m) = 0.60

- p.p. bloco (tf) = 29.12
- p.p. viga de amarração (tf) = 5.61

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- g1 + g2 + g3 = 460.76
 - carga móvel Pesq = 95.8
 - carga móvel Pdir = 38.2
 - p.p. pilar = 9.4
 - p.p. bloco = 63.9
- N (tf) = 668.0 tf

- H_L (tf) = 27.0
- M_L (tf) = 153.3
- H_T (tf) = 14.2
- M_T (tf) = 73.2

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 93.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 9.4 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 622.1 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ (tf)} &= 27.0 & M_L \text{ (tf)} &= 137.2 \\ H_T \text{ (tf)} &= 14.2 & M_T \text{ (tf)} &= 73.2 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 142.3 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 83.3 \\ \text{p.p. pilar} &= 9.4 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 759.6 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ (tf)} &= 27.0 & M_L \text{ (tf)} &= 106.8 \\ H_T \text{ (tf)} &= 14.2 & M_T \text{ (tf)} &= 73.2 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

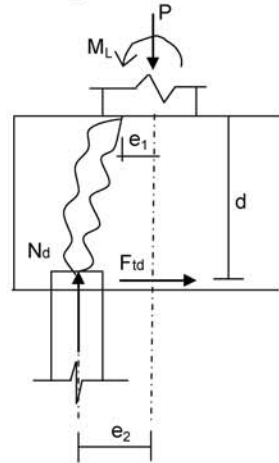
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 138.0 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -3.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 9.4 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 668.4 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ (tf)} &= 27.0 & M_L \text{ (tf)} &= 106.6 \\ H_T \text{ (tf)} &= 14.2 & M_T \text{ (tf)} &= 73.2 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P3 (Para 1/2 bloco)

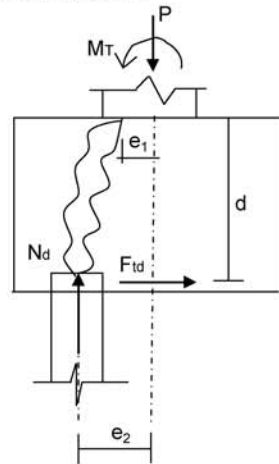
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 79.6$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 74.3$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 17.1$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.25$ $N \text{ (tf)} = 79.6$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.20$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 88.2$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.3$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 27x24x27_BR163b3
Data: 3/23/2006

Ponte 27x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B3

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2,M,M2,M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
12	4	210000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	-2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
11	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
12	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 27x24x27_BR163b3
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 1

1	Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
	-14.20	-668.00	-27.00	-153.30	0.00	73.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005157	-0.002009	-0.012698	-0.000603	0.000000	0.000027

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	75.73	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
2	74.84	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
3	73.95	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
4	70.82	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
5	69.93	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
6	69.04	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
7	42.29	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
8	41.40	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
9	40.51	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
10	37.38	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
11	36.49	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72
12	35.60	-1.18	-2.25	0.00	3.95	-2.72

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref: 27x24x27_BR163b3
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 2

1

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-14.20	-622.10	-27.00	-137.20	0.00	73.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005157	-0.001871	-0.012605	-0.000556	0.000000	0.000027

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	70.60	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
2	69.71	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
3	68.82	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
4	65.69	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
5	64.80	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
6	63.91	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
7	39.78	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
8	38.88	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
9	37.99	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
10	34.87	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
11	33.97	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72
12	33.08	-1.18	-2.25	0.00	3.98	-2.72

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref: 27x24x27_BR163b3
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 3

2

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-14.20	-759.60	-27.00	-106.80	0.00	73.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005157	-0.002284	-0.012432	-0.000467	0.000000	0.000027

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	79.59	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
2	78.70	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
3	77.81	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
4	74.68	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
5	73.79	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
6	72.90	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
7	53.70	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
8	52.81	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
9	51.92	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
10	48.79	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
11	47.90	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
12	47.01	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
 Cálculo dos esforços de estaqueamento
 Programa ESTEL

Pag: 5
 Ref: 27x24x27_BR163b3
 Data: 3/23/2006

NRO CARREG 4

2

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-14.20	-668.40	-27.00	-106.60	0.00	73.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

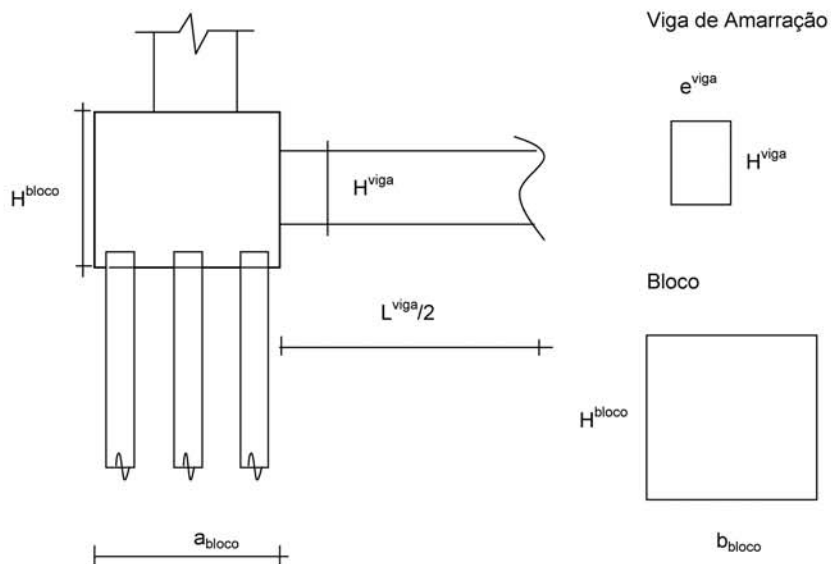
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005157	-0.002010	-0.012430	-0.000467	0.000000	0.000027

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	71.98	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
2	71.09	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
3	70.19	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
4	67.07	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
5	66.18	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
6	65.28	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
7	46.12	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
8	45.22	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
9	44.33	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
10	41.21	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
11	40.31	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72
12	39.42	-1.18	-2.25	0.00	4.05	-2.72

18 - Apoio P4

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.40$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 5.61$

*** Cálculo de N (tf)**

$$\begin{aligned}
 &g1 + g2 + g3 = 350.92 \\
 &\text{carga móvel Pesq} = 117.0 \\
 &\text{carga móvel Pdir} = 56.0 \\
 &\quad p.p. \text{ pilar} = 10.7 \\
 &\quad p.p. \text{ bloco} = 56.6 \\
 &N = 591.2 \text{ tf}
 \end{aligned}$$

*** Cálculo de HL**

$$HL \text{ (tf)} = 61.9$$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 8.1$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 256.7$$

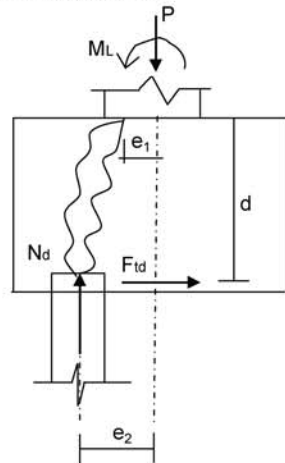
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 50.1$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P4 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 107.3$$

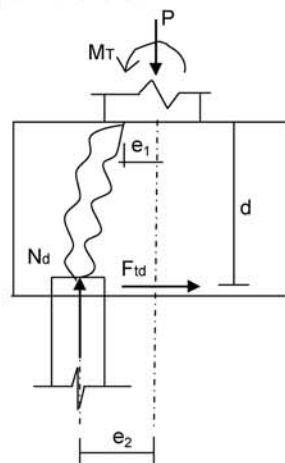
$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 100.2$$

$$A_s (cm^2) = 23.0$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 107.3$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 100.2$$

$$A_s (cm^2) = 23.0$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 27x24x27_BR163b4
Data: 3/23/2006

Ponte 27x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B4

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 27x24x27_BR163b4
Data: 3/23/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-591.20	-61.90	-256.70	0.00	50.10

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003536	-0.002133	-0.034909	-0.001648	0.000000	0.000021

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	107.31	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
2	106.14	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
3	103.44	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
4	102.26	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
5	61.06	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
6	57.18	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
7	15.98	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
8	14.80	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
9	12.10	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85
10	10.93	-0.81	-6.19	0.00	10.86	-1.85

7 PONTE SOBRE O RIO BATÚ

7 PONTE SOBRE O RIO BATÚ

7.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Maurício no Volume 3 B – 1ª Parte).

7.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 36,50 m constituídas por vão de 28,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio José Preto no Volume 3 B – 1ª Parte).

8 PONTE SOBRE O RIO TRAIRÃO

8 PONTE SOBRE O RIO TRAIRÃO

8.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 21,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Iriri no Volume 3 B – 1ª Parte).

Vãos de 16,95 m com balanços de 1,30 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Iriri no Volume 3 B – 1ª Parte).

8.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,20 m, 2,30 m, 0,80 m e 0,50 m de altura, para obras de 57,50 m com vãos de 21,00 m e 16,95 m com balanços de 1,30 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio Iriri no Volume 3 B – 1ª Parte).

9 PONTE SOBRE O RIO ESPINHO

9 PONTE SOBRE O RIO ESPINHO

9.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 24,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Tucunaré no Volume 3 B – 2ª Parte).

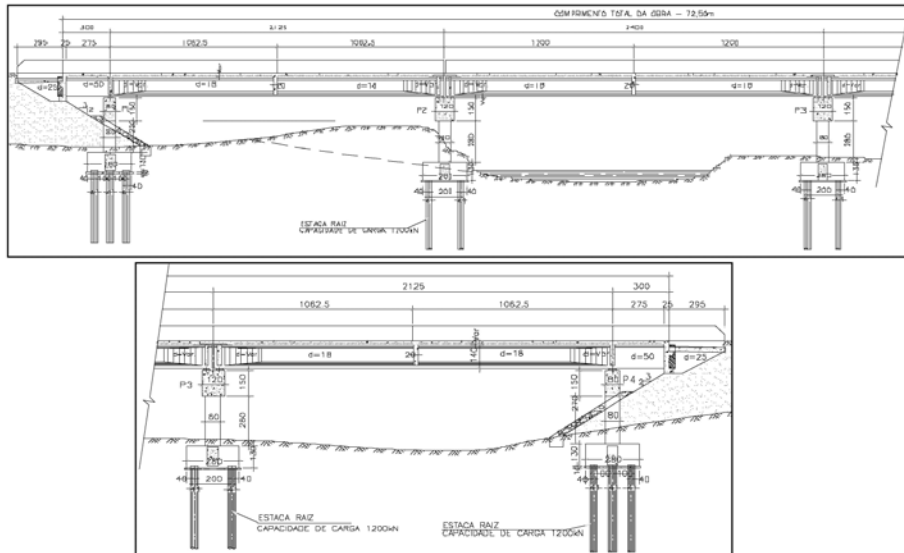
Vãos de 21,25 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Tucunaré n no Volume 3 B – 2ª Parte).

9.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,20 m, 2,80 m, 2,80 m e 2,70 m de altura, para as obras de 72,50 m com um vão de 24,00 m e dois vãos de 21,25 m com balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - (2 vãos de 21,25m e 1 vão de 24,00m com balanços de 3,00m)

1 - Sistema estrutural

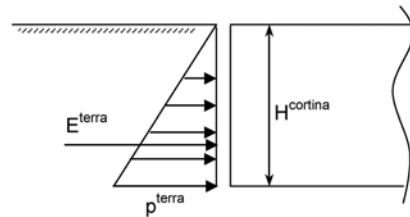


- Lvão1 (m) = 21.25
- Lvão2 (m) = 24.00
- Lvão3 (m) = 21.25
- Lbal_esq (m) = 3.00
- Lbal_dir (m) = 3.00

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma_{solo} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H_{cortina} \text{ (m)} = 1.85$$

$$L_{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p_{terra} = K_a \times \gamma_{solo} \times H_{cortina}$$

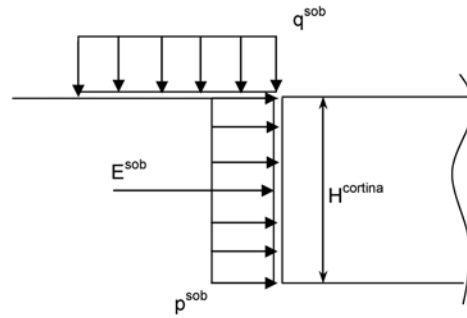
$$p_{terra} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.110$$

$$E_{terra} = ((p_{terra} \times H_{cortina})/2) \times L_{obra}$$

$$E_{terra} \text{ (tf)} = 13.3$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} (tf/m^2) = 0.50$$



$$q^{sob} (tf/m^2) = 0.50$$

$$L^{obra} (m) = 13.00$$

$$H^{cortina} (m) = 1.85$$

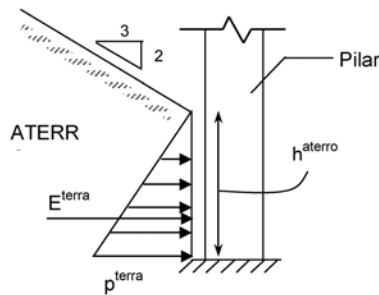
$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} (tf/m^2) = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} (tf) = 4.0$$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$$K_a = 0.75$$

$$\gamma_{solo} (tf/m^3) = 1.80$$

$$h^{aterro P1} (m) = 2.20$$

$$b^{pilar} (m) = 0.80$$

$$h^{aterro P4} (m) = 2.70$$

$$b^{pilar} (m) = 0.80$$

$$p^{terra} = K_a \times \gamma_{solo} \times h^{aterro}$$

$$p^{terra P1} (tf/m^2) = 2.97$$

$$p^{terra P2} (tf/m^2) = 3.65$$

$$E_{terra} = ((p^{terra} \times h^{aterro})/2) \times 3b^{pilar}$$

$$E_{terra P1} (tf) = 7.84$$

$$E_{terra P2} (tf) = 11.81$$

2.1.4 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta (^{\circ}C) = -65$$

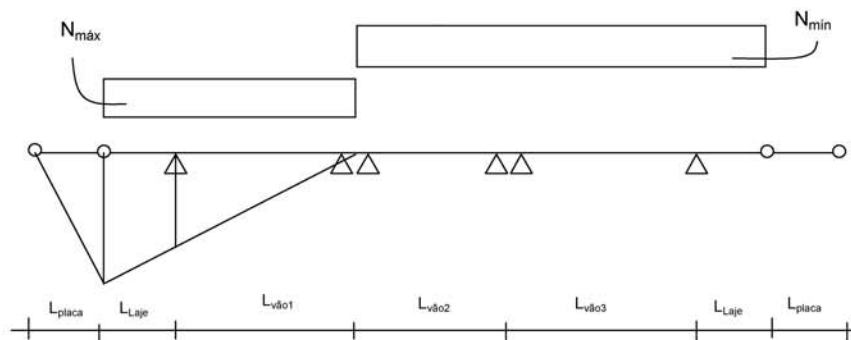
$$\alpha = 0.00001$$

2.1.5 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veículo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$P^{\text{concentrado}} \text{ (tf)} = 45.0$	$Larg^{obra} \text{ (m)} = 13.00$	$L^{V\grave{a}o1} \text{ (m)} = 21.25$
$q^{\text{mult}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.5$	$L^{bal_esq} \text{ (m)} = 3.00$	$L^{V\grave{a}o2} \text{ (m)} = 24.00$
$Larg^{obra} \text{ (m)} = 13.00$	$L^{bal_dir} \text{ (m)} = 3.00$	$L^{V\grave{a}o3} \text{ (m)} = 21.25$

Linha de influência da reação máxima em P1 e P4



1ª Hipótese - $N_{m\acute{a}x}$

$$30\% \text{ do peso do veículo tipo} = 0,30 \times P^{\text{concentrado}}$$

$$5\% \text{ da carga de multidão} = 0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal_esq+V\grave{a}o1} \text{ para PTC}$$

$$5\% \text{ da carga de multidão} = 0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal_esq+V\grave{a}o1} \text{ para PMC}$$

$$F^{fren} \text{ (tf)} \geq \begin{cases} 13.50 \\ 7.40 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 3.70 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - $N_{m\acute{i}n}$

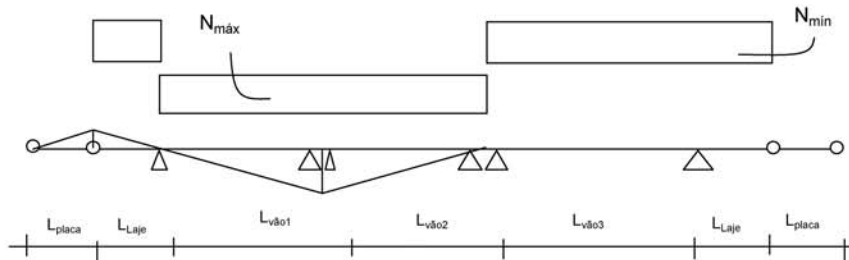
$$30\% \text{ do peso do veículo tipo} = 0,30 \times P^{\text{concentrado}}$$

$$5\% \text{ da carga de multidão} = 0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal_dir+v\grave{a}o2+v\grave{a}o3} \text{ para PTC}$$

$$5\% \text{ da carga de multidão} = 0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal_dir+v\grave{a}o2+v\grave{a}o3} \text{ para PMC}$$

$$F^{fren} \text{ (tf)} \geq \begin{cases} 13.50 \\ 14.72 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 7.36 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência da reação máxima em P2 e P3



1ª Hipótese - N_{máx}

- 30% do peso do veículo tipo = 0,30 x P^{concentrado}
- 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80) x L^{Vão1+Vão2} para PTC
- 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{Vão1+Vão2} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 13.80 \\ 6.90 \end{cases} \begin{array}{l} \\ \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2ª Hipótese - N_{min}

- 30% do peso do veículo tipo = 0,30 x P^{concentrado}
- 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80) x L^{bal_esq+vão3+bal_dir} para PTC
- 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{bal_esq+vão3+bal_dir} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 8.31 \\ 4.16 \end{cases} \begin{array}{l} \\ \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

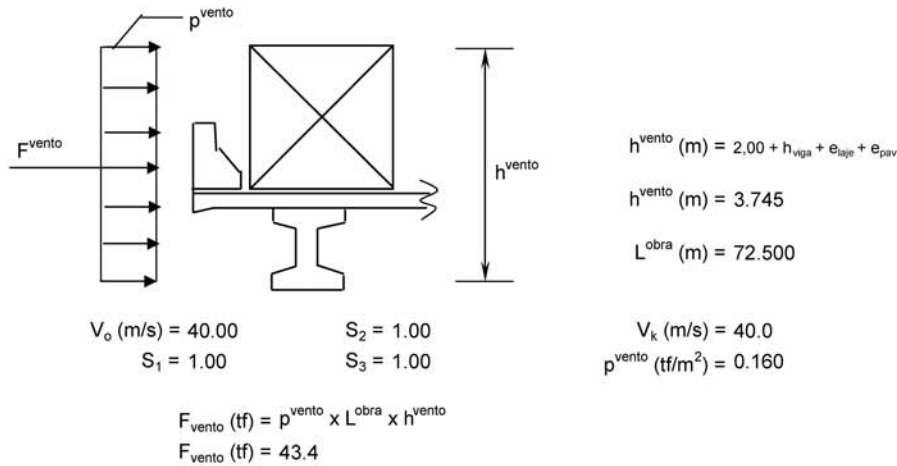
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p_{vento} = C_x * (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$$

$$C_x = 1.60$$



3 - Cálculo das rizezas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$n^\circ \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 5$
 $S1 \text{ apar } (m^2) = 0.15$
 $G (tf/m^2) = 100.0$
 $h_{borr} (m) = 0.03$
 $k_{transv}^{neop} = k_{long}^{neop} = (n \cdot G \cdot S) / h_{borr}$
 $K^{neop} (tf/m) = 2500.0$

3.1.2 - Pilares

$fck_{pilar} (MPa) = 20$
 $h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$
 $h_{total} = 4.35$
 $n^\circ \text{ de pilares } (n) = 2$

- longitudinal

$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$
 $J_{1 \text{ pilar}}^{long} (m^4) = 0.0341$
 $Ec (tf/m^2) = 9,5 \times (fck_j + 8)^{1/3}$
 $Ec (tf/m^2) = 2,884,760$
 $K_1^{long} (tf/m) = 7177.5$

- transversal

$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$
 $J_{1 \text{ pilar}}^{transv} (m^4) = 0.0341$
 $Ec (tf/m^2) = 2,884,760$
 $K_1^{transv} (tf/m) = 7177.5$

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$K^{conj} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{pilar}))$

- longitudinal

$$K^{\text{long-conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1854.2$$

- transversal

$$K^{\text{transv-conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1854.2$$

3.2 - Linha de apoio 2

3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$\begin{aligned} n^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 10 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad K^{\text{neop}}_{\text{transv}} = K^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 4000.0$$

3.2.2 - Pilares

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 4.95 \\ n^\circ \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{long}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0427 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{long}}_2 \text{ (tf/m)} &= 6088.8 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{transv}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0667 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{transv}}_2 \text{ (tf/m)} &= 9513.8 \end{aligned}$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long-conj}}_2 \text{ (tf/m)} = 2414.1$$

- transversal

$$K^{\text{transv-conj}}_2 \text{ (tf/m)} = 2816.0$$

3.3 - Linha de apoio 3

3.3.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$\begin{aligned}
 n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) &= 10 \\
 S_{1 \text{ apar}} (m^2) &= 0.12 \\
 G (tf/m^2) &= 100 \\
 h (m) &= 0.03
 \end{aligned}
 \qquad
 k_{\text{transv}}^{\text{neop}} = k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} (tf/m) = 4000.0$$

3.3.2 - Pilares

$$\begin{aligned}
 f_{ck, \text{ pilar}} (MPa) &= 20 \\
 h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\
 h_{\text{total}} &= 4.95 \\
 n^{\circ} \text{ de pilares } (n) &= 2
 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned}
 K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\
 J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} (m^4) &= 0.0427 \\
 E_c (tf/m^2) &= 9,5 * (f_{ck} + 8)^{1/3} \\
 E_c (tf/m^2) &= 2,884,760 \\
 K_3^{\text{long}} (tf/m) &= 6088.8
 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned}
 K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\
 J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (m^4) &= 0.0667 \\
 E_c (tf/m^2) &= 2,884,760 \\
 K_3^{\text{transv}} (tf/m) &= 9513.8
 \end{aligned}$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/K_{\text{neop}}) + (1/K_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_3 (tf/m) = 2414.1$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_3 (tf/m) = 2816.0$$

3.4 - Linha de apoio 4

3.4.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$\begin{aligned}
 n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) &= 5 \\
 S_{1 \text{ apar}} (m^2) &= 0.15 \\
 G (tf/m^2) &= 100 \\
 h (m) &= 0.036
 \end{aligned}
 \qquad
 k_{\text{transv}}^{\text{neop}} = k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} (tf/m) = 2083.3$$

3.3.2 - Pilares

$$\begin{aligned}
 f_{ck, \text{ pilar}} (MPa) &= 20 \\
 h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2
 \end{aligned}$$

$$h_{\text{total}} = 4.85$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} (m^4) = 0.0341$$

$$Ec (tf/m^2) = 9,5 \times (fckj + 8)^{1/3}$$

$$Ec (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_4^{\text{long}} (tf/m) = 5178.6$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (m^4) = 0.0341$$

$$Ec (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_4^{\text{transv}} (tf/m) = 5178.6$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_4^{\text{long - conj}} (tf/m) = 1485.7$$

- transversal

$$K_4^{\text{transv - conj}} (tf/m) = 1485.7$$

3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{long}} = 8168.0$$

$$\mu_1^{\text{long}} = 0.2270$$

$$\mu_2^{\text{long}} = 0.2956$$

$$\mu_3^{\text{long}} = 0.2956$$

$$\mu_4^{\text{long}} = 0.1819$$

- transversal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{transv}} = 8971.9$$

$$\mu_1^{\text{transv}} = 0.2067$$

$$\mu_2^{\text{transv}} = 0.3139$$

$$\mu_3^{\text{transv}} = 0.3139$$

$$\mu_4^{\text{transv}} = 0.1656$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1854.2	1854.2	0.22700	0.20666
2	2414.1	2816.0	0.29555	0.31387
3	2414.1	2816.0	0.29555	0.31387
4	1485.7	1485.7	0.18189	0.16559
Total	8168.0	8971.9	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1 \text{ (tf)} = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2 \text{ (tf)} = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

$$F^3 \text{ (tf)} = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio3}}$$

$$F^4 \text{ (tf)} = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio4}}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 \text{ (tf)} = 3.03$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 3.94$$

$$F^3 \text{ (tf)} = 3.94$$

$$F^4 \text{ (tf)} = 2.43$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 \text{ (tf)} = 0.91$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 1.18$$

$$F^3 \text{ (tf)} = 1.18$$

$$F^4 \text{ (tf)} = 0.73$$

**4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar)
(aplicado diretamente sobre os pilares)**

$$\text{Pilar}^{\text{apoio1}} \text{ (tf)} = 7.84$$

$$\text{Pilar}^{\text{apoio2}} \text{ (tf)} = 11.81$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.c.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot a \cdot Dq \quad X_{c.e. \text{ Longitudinal}} \text{ (m)} = 34.75$$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1854.2	31.75	38.27
2	2414.1	10.50	16.48
3	2414.1	13.50	21.18
4	1485.7	34.75	33.56

4.5 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

 Hipótese de N_{máx}
- PTC

 Hipótese de N_{mín}
- PTC

$$F^1 \text{ (tf)} = 3.1$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 4.1$$

$$F^1 \text{ (tf)} = 3.3$$

$$F^2 \text{ (tf)} = 4.0$$

$$F^3 \text{ (tf)} = 4.1 \qquad F^3 \text{ (tf)} = 4.0$$

$$F^4 \text{ (tf)} = 2.5 \qquad F^4 \text{ (tf)} = 2.7$$

- PMC

- PMC

$$F^1 \text{ (tf)} = 3.1 \qquad F^1 \text{ (tf)} = 3.1$$

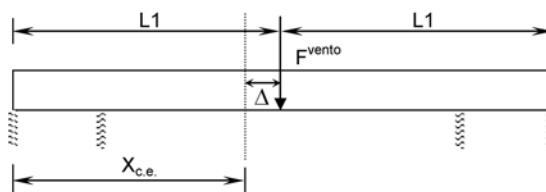
$$F^2 \text{ (tf)} = 4.0 \qquad F^2 \text{ (tf)} = 4.0$$

$$F^3 \text{ (tf)} = 4.0 \qquad F^3 \text{ (tf)} = 4.0$$

$$F^4 \text{ (tf)} = 2.5 \qquad F^4 \text{ (tf)} = 2.5$$

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$$L1 \text{ (m)} = 36.25$$

$$X_{c.e. \text{ Transversal}} \text{ (m)} = 34.88$$

$$\Delta \text{ (m)} = 1.366$$

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 43.4$$

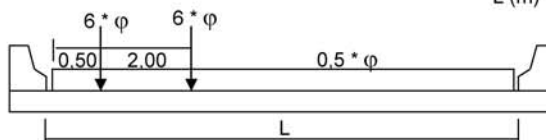
$$F^T_i = F_{\text{vento}} * K_i \text{ Trans} * [(1 / \sum K_i \text{ Trans}) \pm (\Delta * X_i) / (\sum (K_i \text{ Trans} * X_i^2))]$$

Linha	$K_i \text{ Trans}$ (tf/m)	X_i (m)	$K_i \text{ Trans} * X_i^2$	F^T_i (tf)
1	1854.2	-31.88	1884964.66	8.20
2	2816.0	-10.63	318459.089	13.24
3	2816.0	13.37	503060.807	14.13
4	1485.7	34.62	1780188.08	7.87
TOTAL	8971.9		4486672.64	43.44

Cálculo dos Esforços na Infra-Estrutura provenientes da superestrutura

PTC

L (m) = 12.20



$P = 2 * 6 * \varphi$
 $p = 0,5 * \varphi * L$

$Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$
 $mt = 0$

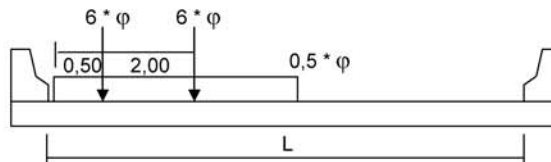
Trem-Tipo Flexão

Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	20.9	1.254	15.0
L2	23.3	1.237	14.8
L3	20.9	1.254	15.0

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	20.9	1.254	69.2
L2	23.3	1.237	68.3
L3	20.9	1.254	69.2

PMC



$P = 2 * 6 * \varphi$
 $p = 0,5 * \varphi * 0,50 * L$

$Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$
 $mt = 0,50 * \varphi * 0,50 * L * 0,25 * L$

Trem-Tipo Flexão

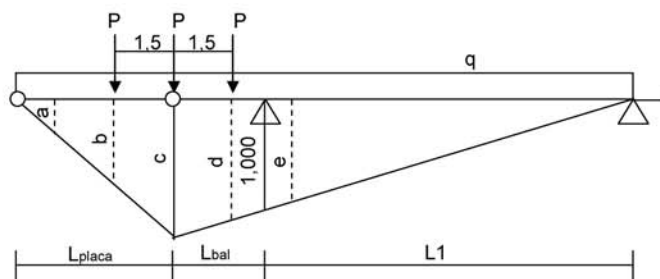
Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	20.9	1.254	15.0
L2	23.3	1.237	14.8
L3	20.9	1.254	15.0

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	20.9	1.254	69.2
L2	23.3	1.237	68.3
L3	20.9	1.254	69.2

Reações de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$d (m) = 1.072$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.572$	$e (m) = 1.000$
$L1 (m) = 20.90$	$c (m) = 1.144$	

Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

PTC

$P (tf) = 15.0$
 $q (tf/m) = 7.648$

$N_p (tf) = 152.9$
 $ML (tf.m) = 0.0$

PMC

$P (tf) = 15.0$
 $q (tf/m) = 3.824$

$N_p (tf) = 100.6$
 $ML (tf.m) = 0.0$

Reação Mínima

PTC

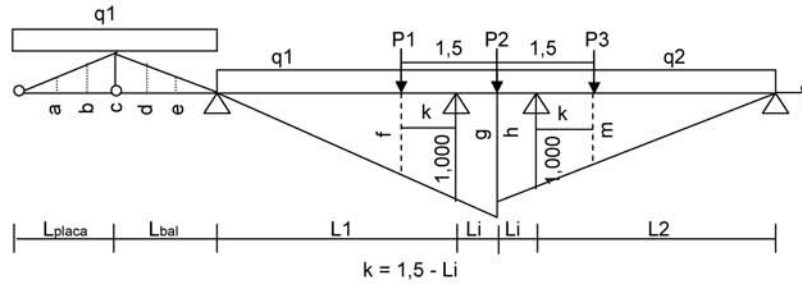
$N_p (tf) = 0.0$
 $ML (tf.m) = 0.0$

PMC

$N_p (tf) = 0.0$
 $ML (tf.m) = 0.0$

Apoio P2

Dois vãos carregados



$P_{L1} (tf) = 15.0$ $P_{L2} (tf) = 14.8$

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.945$	$P1 (tf) = 15.0$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.072$	$g (m) = 1.017$	$P2 (tf) = 15.0$
$L1 (m) = 20.9$	$c (m) = 0.144$	$h (m) = 1.015$	$P3 (tf) = 14.8$
$L2 (m) = 23.3$	$d (m) = 0.072$	$m (m) = 0.951$	
$Li (m) = 0.35$	$e (m) = 0.000$	$k (m) = 1.15$	

Reação Máxima

$$N_e = P1 * f + (P2 / 2) * g + q1 * [g * (L1 + Li) / 2]$$

$$N_d = (P2 / 2) * h + P3 * m + q2 * [h * (L2 + Li) / 2]$$

$$ML = (N_d - N_e) * Li$$

PTC

$q1 (tf/m) = 7.648$
 $q2 (tf/m) = 7.545$

$N_e (tf) = 104.5$ $N_d (tf) = 112.3$

$N_p (tf) = 216.8$
 $ML (tf.m) = 2.74$

PMC

$q1 (tf/m) = 3.824$
 $q2 (tf/m) = 3.773$

$N_e (tf) = 63.2$ $N_d (tf) = 67.0$

$N_p (tf) = 130.2$
 $ML (tf.m) = 1.35$

Reação Mínima

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q1 * c * (Lplaca + Lbal) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$ML = -N_e * Li$$

PTC

$P (tf) = 15.0$
 $q1 (tf/m) = 7.648$

$N_e (tf) = -7.6$
 $ML (tf.m) = 2.66$

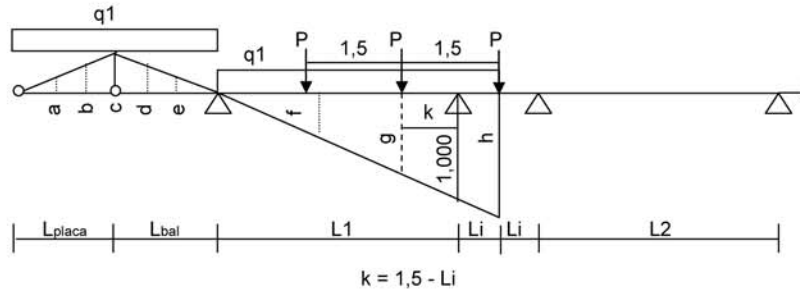
PMC

$P (tf) = 15.0$
 $q1 (tf/m) = 3.824$

$N_e (tf) = -6.0$
 $ML (tf.m) = 2.09$

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	f (m) = 0.856
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.072	g (m) = 0.945
L_1 (m) = 20.90	c (m) = 0.144	h (m) = 1.017
L_2 (m) = 23.30	d (m) = 0.072	k (m) = 1.150
L_i (m) = 0.35	e (m) = 0.000	

Reação Máxima

$$N_e = P * (f + g + h) + q_1 * [h * (L_1 + L_i) / 2]$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.0	P (tf) = 15.0
q_1 (tf/m) = 7.648	q_1 (tf/m) = 3.824
N_e (tf) = 125.0	N_e (tf) = 83.7
M_L (tf.m) = -43.8	M_L (tf.m) = -29.3

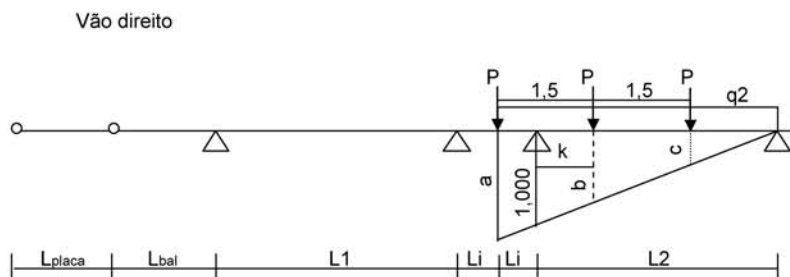
Reação Mínima

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q_1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.0	P (tf) = 15.0
q_1 (tf/m) = 7.648	q_1 (tf/m) = 3.824
N_e (tf) = -7.6	N_d (tf) = -6.0
M_L (tf.m) = 2.66	M_L (tf.m) = 2.09



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 1.015
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.985
L_1 (m) = 20.90	c (m) = 0.886
L_2 (m) = 23.30	k (m) = 1.150
L_i (m) = 0.35	

Reação Máxima

$$N_e = 0$$

$$N_d = P * (a + b + c) + q_2 * [a * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

$$N_d \text{ (tf)} = 133.4$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 46.7$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_d \text{ (tf)} = 88.1$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 30.8$$

Reação Mínima

$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = 0$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

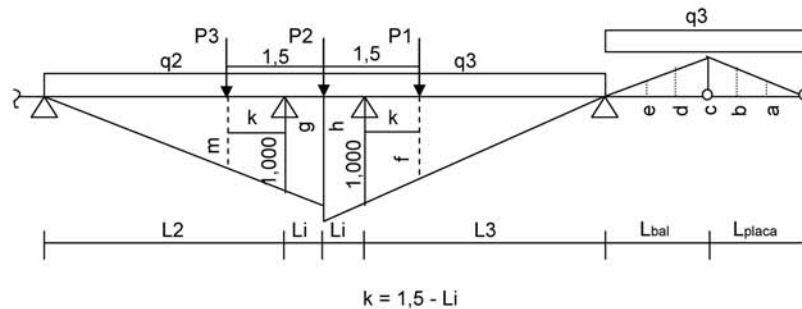
$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

Apoio P3

Dois vãos carregados



$P_{L2} (tf) = 14.8$ $P_{L3} (tf) = 15.0$

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.945$	$P1 (tf) = 15.0$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.072$	$g (m) = 1.015$	$P2 (tf) = 15.0$
$L2 (m) = 23.3$	$c (m) = 0.144$	$h (m) = 1.017$	$P3 (tf) = 14.8$
$L3 (m) = 20.9$	$d (m) = 0.072$	$m (m) = 0.951$	
$Li (m) = 0.35$	$e (m) = 0.000$	$k (m) = 1.150$	

Reação Máxima

$Ne = P3 * m + (P2 / 2) * g + q2 * [g * (L2 + Li) / 2]$
 $Nd = P1 * f + (P2 / 2) * h + q3 * [h * (L3 + Li) / 2]$
 $ML = (Nd - Ne) * Li$

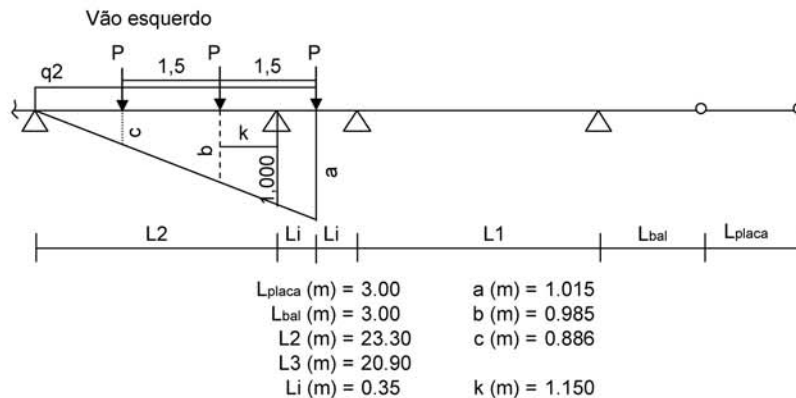
PTC	$q2 (tf/m) = 7.545$	PMC	$q2 (tf/m) = 3.773$
	$q3 (tf/m) = 7.648$		$q3 (tf/m) = 3.824$
	$Ne (tf) = 112.4$		$Ne (tf) = 67.1$
	$Nd (tf) = 104.4$		$Nd (tf) = 63.1$
	$Np (tf) = 216.8$		$Np (tf) = 130.2$
	$ML (tf.m) = -2.81$		$ML (tf.m) = -1.42$

Reação Mínima

$Ne = 0$
 $Nd = P * [c + maior(a + b ; b + d ; d + e)] + q3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$
 $ML = Nd * Li$

PTC	$P (tf) = 15.0$	PMC	$P (tf) = 15.0$
	$q1 (tf/m) = 7.648$		$q1 (tf/m) = 3.824$
	$Nd (tf) = -7.6$		$Nd (tf) = -6.0$
	$ML (tf.m) = -2.66$		$ML (tf.m) = -2.09$

Apenas um vão carregado



Reação Máxima

$$N_e = P * (a + b + c) + q2 * [a * (L2 + Li) / 2]$$

$$M_L = - N_p * L_i$$

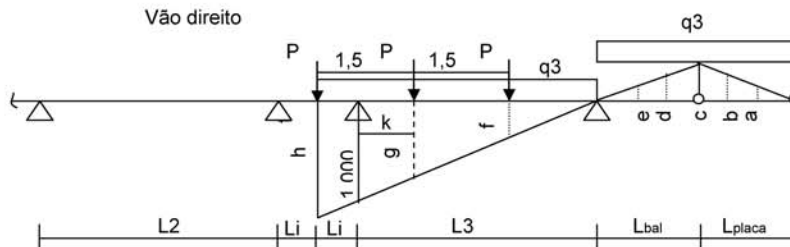
PTC	PMC
$P (tf) = 14.8$	$P (tf) = 14.8$
$q1 (tf/m) = 7.545$	$q1 (tf/m) = 3.773$
$N_e (tf) = 133.4$	$N_e (tf) = 88.1$
$M_L (tf.m) = -46.7$	$M_L (tf.m) = -30.8$

Reação Mínima

$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = 0$$

PTC	PMC
$P (tf) = 14.8$	$P (tf) = 14.8$
$q1 (tf/m) = 7.545$	$q1 (tf/m) = 3.773$
$N_p (tf) = 0.0$	$N_p (tf) = 0.0$
$M_L (tf.m) = 0.0$	$M_L (tf.m) = 0.0$



$$k = 1,5 - Li$$

$L_{placa} (m) = 3,00$	$a (m) = 0,000$	$f (m) = 0,856$
$L_{bal} (m) = 3,00$	$b (m) = 0,072$	$g (m) = 0,945$
$L2 (m) = 23,30$	$c (m) = 0,144$	$h (m) = 1,017$
$L3 (m) = 20,90$	$d (m) = 0,072$	$k (m) = 1,150$
$Li (m) = 0,35$	$e (m) = 0,000$	

Reação Máxima

$$Nd = P * (f + g + h) + q3 * [h * (L3 + Li) / 2]$$

$$ML = Np * Li$$

PTC

$$P (tf) = 15,0$$

$$q3 (tf/m) = 7,648$$

$$Nd (tf) = 125,0$$

$$ML (tf.m) = 43,8$$

PMC

$$P (tf) = 15,0$$

$$q3 (tf/m) = 3,824$$

$$Nd (tf) = 83,7$$

$$ML (tf.m) = 29,3$$

Reação Mínima

$$Nd = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$ML = Np * Li$$

PTC

$$P (tf) = 15,0$$

$$q1 (tf/m) = 7,648$$

$$Nd (tf) = -7,6$$

$$ML (tf.m) = -2,66$$

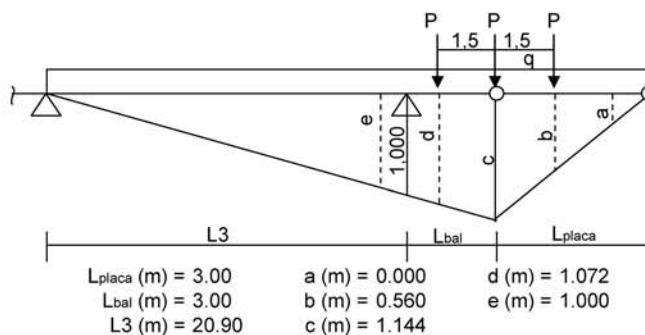
PMC

$$P (tf) = 15,0$$

$$q1 (tf/m) = 3,824$$

$$Nd (tf) = -6,0$$

$$ML (tf.m) = -2,09$$

Apoio P4


Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L_1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

PTC

P (tf) = 15.0
q (tf/m) = 7.648

N_p (tf) = 152.9
ML (tf.m) = 0.0

PMC

P (tf) = 15.0
q (tf/m) = 3.824

N_p (tf) = 100.6
ML (tf.m) = 0.0

Reação Mínima

PTC

N_p (tf) = 0.0
ML (tf.m) = 0.0

PMC

N_p (tf) = 0.0
ML (tf.m) = 0.0

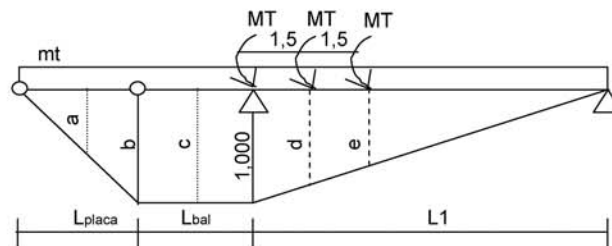
Resumo das Reações nos Apoios

Apoio	1 vão carregado							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)
P1	152.9	0.0	100.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	133.4	46.7	88.1	30.8	-7.6	2.7	-6.0	2.1
P3	133.4	-46.7	88.1	-30.8	-7.6	-2.7	-6.0	-2.1
P4	152.9	0.0	100.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 vãos carregados							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)	N _p (tf)	M _{Lp} (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	216.8	2.7	130.2	1.3	-7.6	2.66	-6.0	2.09
P3	216.8	-2.8	130.2	-1.4	-7.6	-2.66	-6.0	-2.09
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Momento Transversal de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



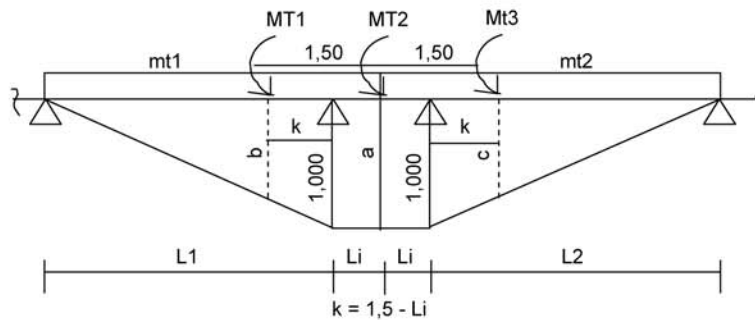
$L_{placa} (m) = 3.00$ $a (m) = 1.000$ $d (m) = 0.928$
 $L_{bal} (m) = 3.00$ $b (m) = 1.000$ $e (m) = 0.856$
 $L1 (m) = 20.90$ $c (m) = 1.000$

$$MT-p = MT * [1,000 + maior(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L1 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

PTC	MT (tf) = 69.2	PMC	MT (tf) = 69.2
	mt (tf.m/m) = 0.000		mt (tf.m/m) = 11.663
	Mt-p (tf.m) = 207.6		Mt-p (tf.m) = 382.0

Apoio P2

Dois vãos carregados



$Mt_L1 (tf.m) = 69.2$ $Mt_L2 (tf.m) = 68.3$

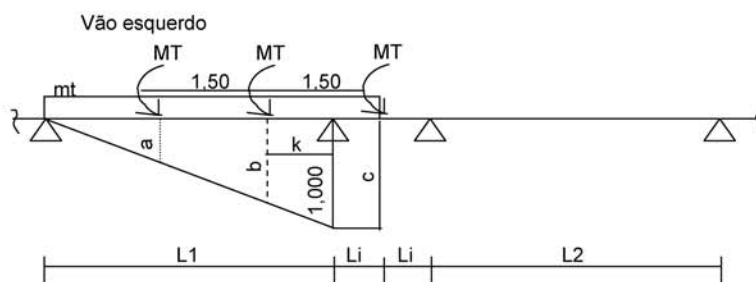
$L1 (m) = 20.90$	$a (m) = 1.000$	$k (m) = 1.15$	$MT1 (tf) = 69.2$
$L2 (m) = 23.30$	$b (m) = 0.945$		$MT2 (tf) = 69.2$
$Li (m) = 0.35$	$c (m) = 0.951$		$MT3 (tf) = 68.3$

$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt1 * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

PTC	mt1 (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt1 (tf.m/m) = 11.663
	mt2 (tf.m/m) = 0.000		mt2 (tf.m/m) = 11.506
	Mt-e (tf.m) = 100.00		Mt-e (tf.m) = 225.95
	Mt-d (tf.m) = 99.51		Mt-d (tf.m) = 237.58
	Mt-p (tf.m) = 199.5		Mt-p (tf.m) = 463.5

Apenas um vão carregado



$$k = 1,5 - Li$$

L1 (m) = 20.90	a (m) = 0.873	k (m) = 1.15
L2 (m) = 23.30	b (m) = 0.945	
Li (m) = 0.35	c (m) = 1.000	

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 69.2$$

PTC

$$mt (tf.m/m) = 0.000$$

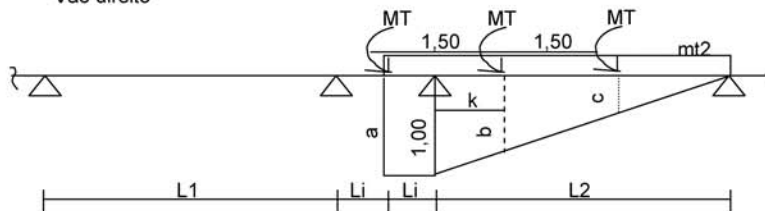
$$Mt-e (tf.m) = 195.0$$

PMC

$$mt (tf.m/m) = 11.663$$

$$Mt-e (tf.m) = 321.0$$

Vão direito



L1 (m) = 20.90	a (m) = 1.000	k (m) = 1.150
L2 (m) = 23.30	b (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	c (m) = 0.886	

$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC

$$mt (tf.m/m) = 0.000$$

$$Mt-d (tf.m) = 193.7$$

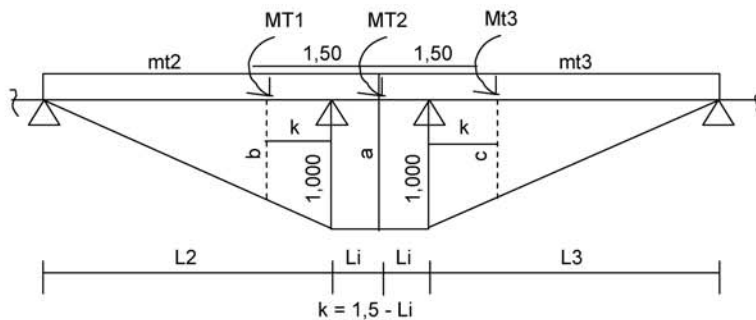
PMC

$$mt (tf.m/m) = 11.506$$

$$Mt-d (tf.m) = 331.8$$

Apoio P3

Dois vãos carregados



Mt_L2 (tf.m) = 68.3

Mt_L3 (tf.m) = 69.2

L2 (m) = 23.30	a (m) = 1.000	k (m) = 1.15	MT1 (tf) = 68.3
L3 (m) = 20.90	b (m) = 0.951		MT2 (tf) = 69.2
Li (m) = 0.35	c (m) = 0.945		MT3 (tf) = 69.2

Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]
 Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]

PTC

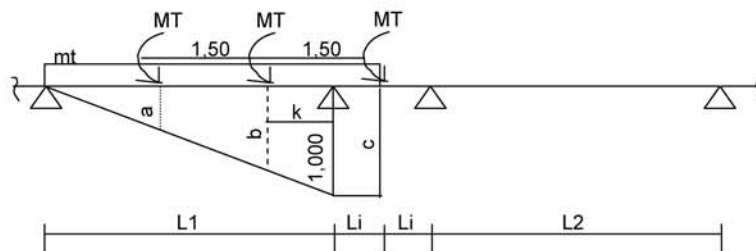
mt2 (tf.m/m) = 0.000
mt3 (tf.m/m) = 0.000
Mt-e (tf.m) = 99.51
Mt-d (tf.m) = 100.00
Mt-p (tf.m) = 199.5

PMC

mt2 (tf.m/m) = 11.506
mt3 (tf.m/m) = 11.663
Mt-e (tf.m) = 237.58
Mt-d (tf.m) = 225.95
Mt-p (tf.m) = 463.5

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



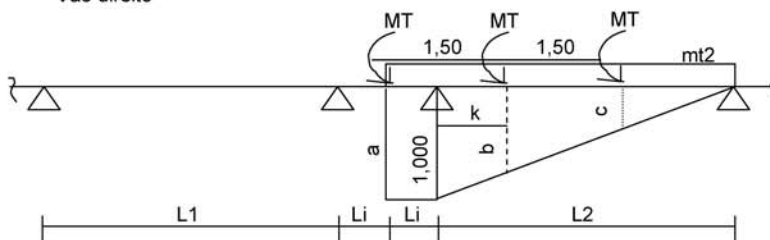
L2 (m) = 23.30 a (m) = 0.886 k (m) = 1.15
 L3 (m) = 20.90 b (m) = 0.951
 Li (m) = 0.35 c (m) = 1.000

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC	mt (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt (tf.m/m) = 11.506
	Mt-e (tf.m) = 193.7		Mt-e (tf.m) = 331.8

Vão direito



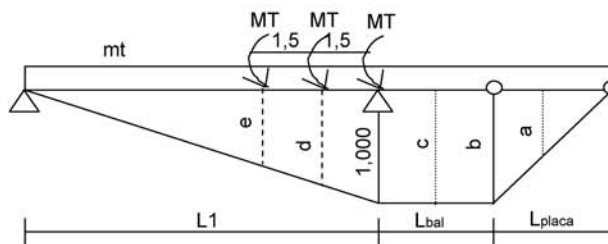
L2 (m) = 23.30 a (m) = 1.000 k (m) = 1.150
 L3 (m) = 20.90 b (m) = 0.945
 Li (m) = 0.35 c (m) = 0.873

$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 69.2$$

PTC	mt (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt (tf.m/m) = 11.663
	Mt-d (tf.m) = 195.0		Mt-d (tf.m) = 321.0

Apoio P4



Lplaca (m) = 3.00 a (m) = 1.000 d (m) = 0.928
 Lbal (m) = 3.00 b (m) = 1.000 e (m) = 0.856
 L3 (m) = 20.90 c (m) = 1.000

$$MT-p = MT * [1,000 + maior(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L3 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

PTC

$$MT (tf) = 69.2$$

$$mt (tf.m/m) = 0.000$$

$$Mt-p (tf.m) = 207.6$$

PMC

$$MT (tf) = 69.2$$

$$mt (tf.m/m) = 11.663$$

$$Mt-p (tf.m) = 382.0$$

Resumo dos momentos transversais

Apoio	Máximo			
	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	M _T (tf.m)	M _T (tf.m)	M _T (tf.m)	M _T (tf.m)
	PTC	PMC	PTC	PMC
P1	207.6	382.0	0.0	0.0
P2	193.7	331.8	199.5	463.5
P3	193.7	331.8	199.5	463.5
P4	207.6	382.0	0.0	0.0

Esforços Permanentes
Esforços verticais
Vão L1

 Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	R _v (tf)	19.22	25.79	16.89	61.9
P2	R _v (tf)	12.89	13.12	9.36	35.37

 Vigas Centrais (V₂ = V₃ = V₄)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	R _v (tf)	19.22	24.41	8.21	51.84
P2	R _v (tf)	12.89	15.4	4.42	32.71

Vão (L2)

 Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P2	R _v (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55
P3	R _v (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55

 Vigas Centrais (V₂ = V₃ = V₄)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P2	R _v (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05
P3	R _v (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05

Vão (L3)

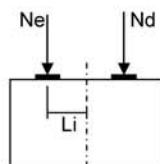
 Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	R _v (tf)	12.89	13.12	9.36	35.37
P4	R _v (tf)	19.22	25.79	16.89	61.9

 Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	R _v (tf)	12.89	15.4	4.42	32.71
P4	R _v (tf)	19.22	24.41	8.21	51.84

Momentos longitudinais



$$M_L = (N_d - N_e) \cdot L_i$$

Apoio	N _e (tf)	N _d (tf)	L _i (m)	M _L (tf.m)
P1	279.3	0.0	0.0	0.0
P2	168.9	207.2	0.35	13.4
P3	207.2	168.9	0.35	-13.4
P4	279.3	0.0	0.0	0.0

Resumo dos esforços permanentes

Apoio	N _g (tf)	M _L (tf.m)
P1	279.3	0.0
P2	376.1	13.4
P3	376.1	-13.4
P4	279.3	0.0

Resumo dos Esforços em Serviço Provenientes da Superestrutura

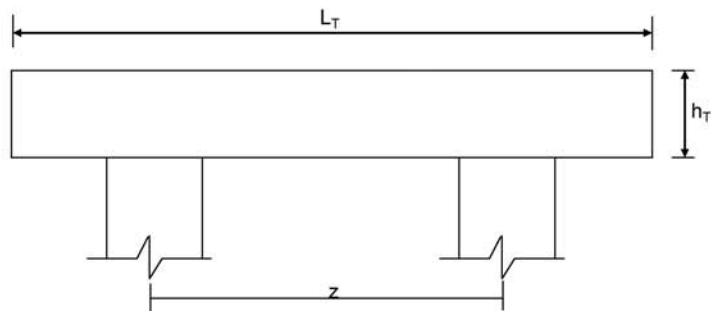
Apoio	1 Vão Carregado - Máxima								
	Permanentes			Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	R _{g1+g2+g3}	M _{Lg1+g2+g3}	M _{Tg1+g2+g3}	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	279.3	0.0	0.0	152.9	0.0	207.6	100.6	0.0	382.0
P2	376.1	13.4	0.0	133.4	46.7	193.7	88.1	30.8	331.8
P3	376.1	-13.4	0.0	133.4	-46.7	193.7	88.1	-30.8	331.8
P4	279.3	0.0	0.0	152.9	0.0	207.6	100.6	0.0	382.0

Apoio	1 Vão Carregado - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-7.6	2.7	0.0	-6.0	2.1	0.0
P3	-7.6	-2.7	0.0	-6.0	-2.1	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

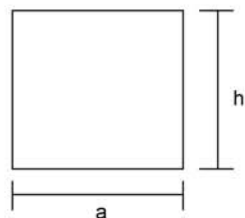
2 Vãos Carregados - Máxima						
Apoio	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N_p (tf)	M_L (tf.m)	M_T (tf.m)	N_p (tf)	M_L (tf.m)	M_T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	216.8	2.7	199.5	130.2	1.3	463.5
P3	216.8	-2.8	199.5	130.2	-1.4	463.5
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2 Vãos Carregados - Mínima						
Apoio	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N_p (tf)	M_L (tf.m)	M_T (tf.m)	N_p (tf)	M_L (tf.m)	M_T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-7.6	2.7	0.0	-6.0	2.1	0.0
P3	-7.6	-2.7	0.0	-6.0	-2.1	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dimensionamento das Travessas de P1



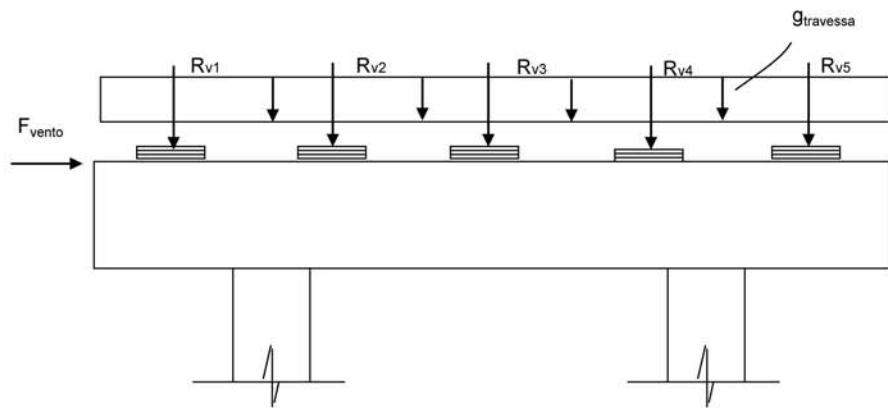
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 0.800
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção
 S (m²) = 1.2
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 3.0

Direção transversal

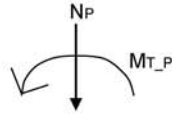
Carregamentos atuantes na travessa



- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000
 R_{v1} (tf) = 61.90
 R_{v2} (tf) = 51.84
 R_{v3} (tf) = 51.84
 R_{v4} (tf) = 51.84
 R_{v5} (tf) = 61.90

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x)^2 \quad X_{c.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{lll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & \\ & X5 (m) = -5.30 & \\ \Sigma(x)^2 (m) = 70.225 & & \end{array}$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 152.9 \\ M_{T-P} (tf.m) = 207.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 46.2 \\ R_{v2} (tf) = 38.4 \\ R_{v3} (tf) = 30.6 \\ R_{v4} (tf) = 22.7 \\ R_{v5} (tf) = 14.9 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 100.6 \\ M_{T-P} (tf.m) = 382.0 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 49.0 \\ R_{v2} (tf) = 34.5 \\ R_{v3} (tf) = 20.1 \\ R_{v4} (tf) = 5.7 \\ R_{v5} (tf) = -8.7 \end{array}$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 8.20$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -133.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -98.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -7.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 329.7$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 310.857 & -1088 & 329.7 & 773812
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.335$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.266$$

$$x / d = 0.239$$

$$kmd = 0.147$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{59.90}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 18.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 15.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 46.7$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 290.133 & -1015.47 & 46.7 & 976955
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.047$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.381$$

$$x / d = 0.033$$

$$kmd = 0.022$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{7.78}$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w \cdot h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{18.0}$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 69.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 49.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 166.2$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 448.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 93,8$$

$$A_{sw}/s = 17.1 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 21.40 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 87.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 58.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 205.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 133.2$$

$$A_{sw}/s = 24.3 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 30.40 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 Ponte 72,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.6000
  2      0.6000      3.6000
  3      2.6000      3.6000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.6000
  6      5.9000      3.6000
  7      8.5500      3.6000
  8      9.2000      3.6000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.6000
 11     11.8000      3.6000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -61.900
  5  PY -51.840
  6  PY -51.840
  7  PY -51.840
 10  PY -61.900
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -46.620
5 PY -38.400
6 PY -30.600
7 PY -22.700
10 PY -14.900
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -49.000
5 PY -34.500
6 PY -20.100
7 PY -5.700
10 PY 8.700
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 8.200
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 72,5m

 DATA : 31/12/2005(sábado)
 HORA : 09:38:13
 ARQUIVO DE DADOS : travessapl_72,5m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.60E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.60E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.60E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.60E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	3.60E+0000
10	1	2	8	9	3.60E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-61.90	0.00
5	global	0.00	-51.84	0.00
6	global	0.00	-51.84	0.00
7	global	0.00	-51.84	0.00
10	global	0.00	-61.90	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			fi	f2	wxa	wxb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força x	força y	z
2	global	0.00	-46.62	0.00
5	global	0.00	-38.40	0.00
6	global	0.00	-30.60	0.00
7	global	0.00	-22.70	0.00
10	global	0.00	-14.90	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força x	força y	z
2	global	0.00	-49.00	0.00
5	global	0.00	-34.50	0.00
6	global	0.00	-20.10	0.00
7	global	0.00	-5.70	0.00
10	global	0.00	8.70	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força x	força y	z
1	global	8.20	0.00	0.00

fim do carregamento 4
número de carregamentos 4

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.5E+0002
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-6.41159E-0006	-1.23355E-0003	3.73005E-0004
2	global	-6.41159E-0006	-1.00940E-0003	3.72839E-0004
3	global	-6.41159E-0006	-3.06837E-0004	1.68732E-0004
4	global	2.34810E-0031	-5.49375E-0030	-2.61693E-0031
5	global	-5.14870E-0006	-2.68230E-0004	7.96597E-0005
6	global	2.74078E-0018	-2.89032E-0004	2.13225E-0019
7	global	5.14870E-0006	-2.68230E-0004	-7.96597E-0005
8	global	6.41159E-0006	-3.06837E-0004	-1.68732E-0004
9	global	-2.34810E-0031	-5.49375E-0030	2.61693E-0031
10	global	6.41159E-0006	-1.00940E-0003	-3.72839E-0004

11 global 6.41159E-0006 -1.23355E-0003 -3.73005E-0004

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-6.73	157.36	7.50
9	global	6.73	157.36	-7.50
Resultante		0.00	314.72	1856.85

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-63.70	0.54
		3	0.00	69.70	-133.94
3	local	3	-6.73	87.66	117.22
		5	6.73	-85.71	-60.88
4	local	5	-6.73	33.87	60.88
		6	6.73	-25.92	18.34
5	local	6	-6.73	-25.92	-18.34
		7	6.73	33.87	-60.88
6	local	7	-6.73	-85.71	60.88
		8	6.73	87.66	-117.22
7	local	8	0.00	69.70	133.94
		10	-0.00	-63.70	-0.54
8	local	10	0.00	1.80	0.54
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	157.36	6.73	16.72
		4	-157.36	-6.73	7.50
10	local	8	157.36	-6.73	-16.72
		9	-157.36	6.73	-7.50

carregamento 2

Título : PTC

		deslocamentos nodais		
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	-1.26573E-0004	-8.93531E-0004	2.74780E-0004
2	global	-1.26573E-0004	-7.28663E-0004	2.74780E-0004
3	global	-1.26573E-0004	-2.10228E-0004	1.31128E-0004
4	global	8.64492E-0032	-3.76402E-0030	-3.05156E-0032
5	global	-1.26108E-0004	-1.75986E-0004	6.57233E-0005
6	global	-1.24213E-0004	-1.80498E-0004	3.58135E-0006
7	global	-1.22317E-0004	-1.12917E-0004	2.25248E-0005
8	global	-1.21852E-0004	-8.85363E-0005	6.88572E-0006
9	global	-8.64492E-0032	-1.58520E-0030	1.62177E-0031
10	global	-1.21852E-0004	-1.56641E-0004	-3.90260E-0005
11	global	-1.21852E-0004	-1.80056E-0004	-3.90260E-0005

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-2.48	107.81	0.87
9	global	2.48	45.41	-4.65
Resultante		-0.00	153.22	694.28

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força	força	momento
x	y	z
-0.000	-0.000	0.000

barra	esforços	nós	na s	barra s	momento
	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-46.62	-0.00
		3	0.00	46.62	-93.24
3	local	3	-2.48	61.19	85.20
		5	2.48	-61.19	-45.42
4	local	5	-2.48	22.79	45.42
		6	2.48	-22.79	14.98
5	local	6	-2.48	-7.81	-14.98
		7	2.48	7.81	-5.70
6	local	7	-2.48	-30.51	5.70
		8	2.48	30.51	-25.53
7	local	8	-0.00	14.90	29.80
		10	0.00	-14.90	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	107.81	2.48	8.04
		4	-107.81	-2.48	0.87
10	local	8	45.41	-2.48	-4.27
		9	-45.41	2.48	-4.65

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-2.27416E-0004	-1.00002E-0003	3.16842E-0004
2 global	-2.27416E-0004	-8.09922E-0004	3.16842E-0004
3 global	-2.27416E-0004	-2.08950E-0004	1.65857E-0004
4 global	5.61762E-0032	-3.74115E-0030	5.71063E-0032
5 global	-2.27113E-0004	-1.52729E-0004	9.40850E-0005
6 global	-2.25882E-0004	-1.19271E-0004	6.63516E-0006
7 global	-2.24650E-0004	-3.75043E-0005	6.64295E-0005
8 global	-2.24348E-0004	1.27901E-0005	8.51223E-0005
9 global	-5.61762E-0032	2.29001E-0031	1.82322E-0031
10 global	-2.24348E-0004	2.30842E-0004	1.11929E-0004
11 global	-2.24348E-0004	2.97999E-0004	1.11929E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força	força	momento
	x	y	z
4 global	-1.61	107.16	-1.64
9 global	1.61	-6.56	-5.22
Resultante	-0.00	100.60	211.41

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força	força	momento
x	y	z
-0.000	-0.000	0.000

barra	esforços	nós	na s	barra s	momento
	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-49.00	-0.00

3	local	3	0.00	49.00	-98.00
		3	-1.61	58.16	90.57
		5	1.61	-58.16	-52.77
4	local	5	-1.61	23.66	52.77
		6	1.61	-23.66	9.93
5	local	6	-1.61	3.56	-9.93
		7	1.61	-3.56	19.36
6	local	7	-1.61	-2.14	-19.36
		8	1.61	2.14	17.97
7	local	8	-0.00	-8.70	-17.40
		10	0.00	8.70	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	107.16	1.61	7.43
		4	-107.16	-1.61	-1.64
10	local	8	-6.56	-1.61	-0.57
		9	6.56	1.61	-5.22

carregamento 4

Título : Vento

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento		
	x	y	z	
1	global	2.17432E-0004	4.33265E-0005	-1.50772E-0005
2	global	2.16010E-0004	3.42802E-0005	-1.50772E-0005
3	global	2.11273E-0004	4.12576E-0006	-1.50772E-0005
4	global	1.45427E-0031	7.38696E-0032	-2.76153E-0031
5	global	2.10515E-0004	-2.56388E-0006	-8.66971E-0006
6	global	2.07427E-0004	-8.69147E-0007	3.19948E-0006
7	global	2.04338E-0004	1.94654E-0006	-7.82371E-0006
8	global	2.03581E-0004	-4.12576E-0006	-1.40237E-0005
9	global	1.40850E-0031	-7.38696E-0032	-2.66909E-0031
10	global	2.03581E-0004	-3.21732E-0005	-1.40237E-0005
11	global	2.03581E-0004	-4.05874E-0005	-1.40237E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-4.17	-2.12	7.91
9	global	-4.03	2.12	7.65
Resultante		-8.20	0.00	29.52

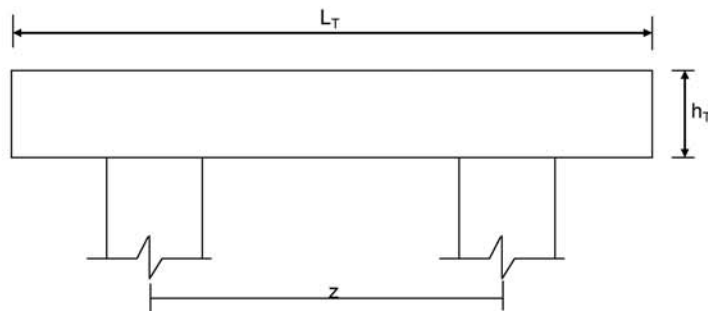
NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	-0.000

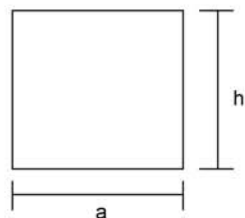
barra	esforços sistema	nó	nas barras		momento Fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	8.20	-0.00	-0.00
		2	-8.20	0.00	-0.00
2	local	2	8.20	-0.00	0.00
		3	-8.20	0.00	-0.00
3	local	3	4.03	-2.12	-7.09
		5	-4.03	2.12	5.71
4	local	5	4.03	-2.12	-5.71
		6	-4.03	2.12	0.10
5	local	6	4.03	-2.12	-0.10
		7	-4.03	2.12	-5.50
6	local	7	4.03	-2.12	5.50
		8	-4.03	2.12	-6.88
7	local	8	0.00	0.00	0.00
		10	-0.00	-0.00	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	-2.12	4.17	7.09
		4	2.12	-4.17	7.91
10	local	8	2.12	4.03	6.88
		9	-2.12	-4.03	7.65

Fim Do Programa

Dimensionamento das Travessas de P2



L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500

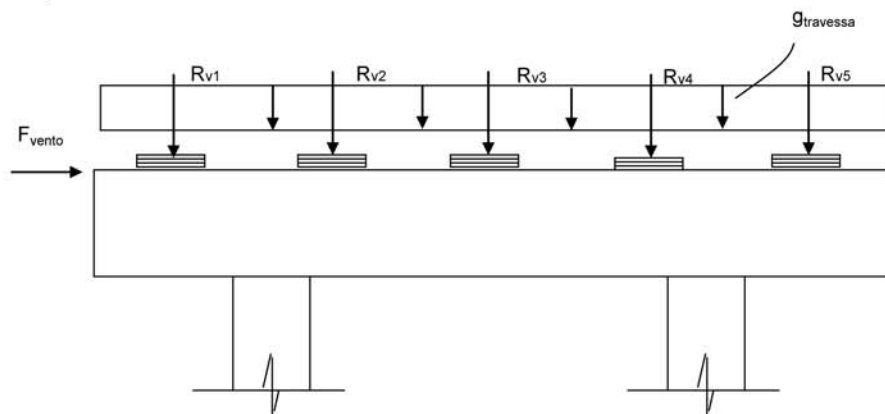
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.8
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

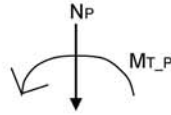


- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

R_{v1} (tf) = 78.92
 R_{v2} (tf) = 72.76
 R_{v3} (tf) = 72.76
 R_{v4} (tf) = 72.76
 R_{v5} (tf) = 78.92

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T \cdot x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

X1 (m) = 5.30	X3 (m) = 0.00	n = 5
X2 (m) = 2.65	X4 (m) = -2.65	
	X5 (m) = -5.30	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 125.0$	$N_d (tf) = 133.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 195.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.7$
$R_{v1} (tf) = 39.7$	$R_{v1} (tf) = 41.3$
$R_{v2} (tf) = 32.4$	$R_{v2} (tf) = 34.0$
$R_{v3} (tf) = 25.0$	$R_{v3} (tf) = 26.7$
$R_{v4} (tf) = 17.6$	$R_{v4} (tf) = 19.4$
$R_{v5} (tf) = 10.3$	$R_{v5} (tf) = 12.1$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 83.7$	$N_d (tf) = 88.1$
$M_{T-e} (tf.m) = 321.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 331.8$
$R_{v1} (tf) = 41.0$	$R_{v1} (tf) = 42.7$
$R_{v2} (tf) = 28.9$	$R_{v2} (tf) = 30.1$
$R_{v3} (tf) = 16.7$	$R_{v3} (tf) = 17.6$
$R_{v4} (tf) = 4.6$	$R_{v4} (tf) = 5.1$
$R_{v5} (tf) = -7.5$	$R_{v5} (tf) = -7.4$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 104.5$	$N_d (tf) = 112.3$	$N_p (tf) = 216.8$
$M_{T-e} (tf.m) = 100.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 99.5$	$M_{T-P} (tf.m) = 199.5$
$R_{v1} (tf) = 28.4$	$R_{v1} (tf) = 30.0$	$R_{v1} (tf) = 58.4$
$R_{v2} (tf) = 24.7$	$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 50.9$
$R_{v3} (tf) = 20.9$	$R_{v3} (tf) = 22.5$	$R_{v3} (tf) = 43.4$
$R_{v4} (tf) = 17.1$	$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 35.8$
$R_{v5} (tf) = 13.3$	$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 28.3$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 63.2$	$N_d (tf) = 67.0$	$N_p (tf) = 130.2$
$M_{T-e} (tf.m) = 226.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 237.6$	$M_{T-P} (tf.m) = 463.5$
$R_{v1} (tf) = 29.7$	$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 61.0$
$R_{v2} (tf) = 21.2$	$R_{v2} (tf) = 22.4$	$R_{v2} (tf) = 43.5$
$R_{v3} (tf) = 12.6$	$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 26.0$
$R_{v4} (tf) = 4.1$	$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 8.5$
$R_{v5} (tf) = -4.4$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -8.9$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 13.24$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -173.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -122.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -13.5 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 422.5$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	435.2	-1523.2	422.5	1584664
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.304$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z \text{ (m)} = 1.279$	$x / d = 0.217$
		$kmd = 0.135$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 76.01$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 33.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 20.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 74.8$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	435.2	-1523.2	74.8	2189947
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.050$$

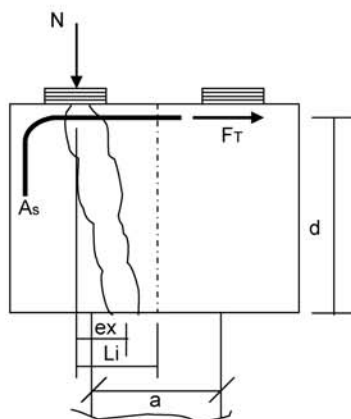
$Z = d - 0,4 * x$	$z \text{ (m)} = 1.380$	$x / d = 0.036$
		$kmd = 0.024$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 12.46$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal


$$a (m) = 0.80$$

$$d (m) = 1.40$$

$$L_i (m) = 0.35$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = L_i - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d_b$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (tf) = 35.37$$

$$N_P (tf) = 41.0 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 106.9$$

$$F_{td} (tf) = 11.5$$

$$A_s (cm^2) = 2.6$$

Apoio direito

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_P (tf) = 42.7 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 120.7$$

$$F_{td} (tf) = 12.9$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

logo será adotado :

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 90.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 58.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 61.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 184.7 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 186.6 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 208.6 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 212.3 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 672.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 \cdot (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 \cdot d \cdot f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd} (tf) = 76.1$	$A_{sw}/s = 13.9$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 78.0$	$A_{sw}/s = 14.2$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 100.0$	$A_{sw}/s = 18.3$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 103.6$	$A_{sw}/s = 18.9$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.21$	(cm^2/m^2)		PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.77$	(cm^2/m^2)		PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

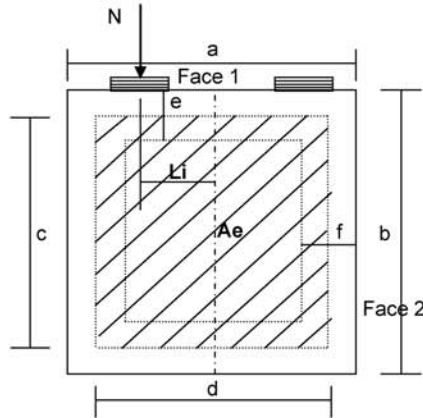
$V_g (tf) = 124.0$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q (tf) = 54.3$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 79.8$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q (tf) = 73.2$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} (tf) = 4.0$	(vento na superestrutura)
$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_{q1} + 0,5 \cdot 1,40 \cdot V_{q2}$	
$V_{sd} (tf) = 252.5$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 247.7$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 288.1$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} (tf) = 278.9$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} (tf) = 143.9$	$A_{sw}/s = 26.3$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 139.1$	$A_{sw}/s = 25.4$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 179.5$	$A_{sw}/s = 32.8$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 170.3$	$A_{sw}/s = 31.1$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 21.88$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado

$\rho_w = 21.15$ (cm ⁴ /m ⁴)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 27.31$ (cm ⁴ /m ⁴)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 25.91$ (cm ⁴ /m ⁴)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$MT_{sd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = MT_{sd} / (2 * A_e * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

a (m) = 1.200	e (m) = 0.200
b (m) = 1.500	f (m) = 0.250
c (m) = 1.300	
d (m) = 0.950	

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (N_e - N_d) * L_i$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (N_e ; N_d) * L_i$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (N_e - N_d) * L_i$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _T (tf.m)
Peso Prop.	35.37	43.55	0.35	2.86
1 Vão - PTC	39.7	41.3	0.35	14.5
1 Vão - PMC	41.0	42.7	0.35	14.9
2 Vãos - PTC	28.4	30.0	0.35	0.53
2 Vãos - PMC	29.7	31.3	0.35	0.58

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M _{Td} (tf.m)	24.2	24.9	4.8	4.8

1 Vão Carregado	2 Vãos Carregados
-----------------	-------------------

Face	b _w (m)	PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / S (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / S (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / S (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / S (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)
1	0.25	2.3	9.0	2.3	9.3	0.4	1.8	0.4	1.8
2	0.20	2.3	11.3	2.3	11.6	0.4	2.2	0.4	2.2

Verificação do concreto

$$M_{T,d} < TRD_1$$

$$TRD_1 = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20,0$$

Face	b _w (m)	TRD ₁
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / TRD_1 + V_{sd} / VRD_2 \leq 1$$

1 Vão Carregado						
Face	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TRD_1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD_2}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TRD_1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD_2}$	Soma
1	0.110	0.376	0.486	0.113	0.369	0.482
2	0.137	0.376	0.513	0.141	0.369	0.510

2 Vãos Carregados						
Face	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TRD_1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD_2}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TRD_1}$	$\frac{V_{sd}}{VRD_2}$	Soma
1	0.022	0.429	0.450	0.022	0.415	0.437
2	0.027	0.429	0.456	0.027	0.415	0.442

```

Portico Plano Travessa P2 Ponte 72,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      4.2000
  2      0.6000      4.2000
  3      2.6000      4.2000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      4.2000
  6      5.9000      4.2000
  7      8.5500      4.2000
  8      9.2000      4.2000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      4.2000
 11     11.8000      4.2000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
  2 8.000E-0001 8.000E-0001 4.267E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 6
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -78.920
  5  PY -72.760
  6  PY -72.760
  7  PY -72.760
 10  PY -78.920
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  2 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  3 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  4 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  5 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  6 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  7 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  8 U 0.000 0.000 WYA -4.500
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.300
5 PY -34.000
6 PY -26.700
7 PY -19.400
10 PY -12.100
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.700
5 PY -30.100
6 PY -17.600
7 PY -5.100
10 PY 7.400
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -58.400
5 PY -50.900
6 PY -43.400
7 PY -35.800
10 PY -28.300
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -61.000
5 PY -43.500
6 PY -26.000
7 PY -8.500
10 PY 8.900
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 13.240
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 72,5m

 DATA : 31/12/2005(sábado)
 HORA : 09:38:19
 ARQUIVO DE DADOS : travessap2_72,5m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.20E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.20E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.20E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	4.20E+0000
10	1	2	8	9	4.20E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	4.27E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-78.92	0.00
5	global	0.00	-72.76	0.00
6	global	0.00	-72.76	0.00
7	global	0.00	-72.76	0.00
10	global	0.00	-78.92	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	wxa	wxb	wya	wyb
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.30	0.00
5	global	0.00	-34.00	0.00
6	global	0.00	-26.70	0.00
7	global	0.00	-19.40	0.00
10	global	0.00	-12.10	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.70	0.00
5	global	0.00	-30.10	0.00
6	global	0.00	-17.60	0.00
7	global	0.00	-5.10	0.00
10	global	0.00	7.40	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-58.40	0.00
5	global	0.00	-50.90	0.00
6	global	0.00	-43.40	0.00
7	global	0.00	-35.80	0.00
10	global	0.00	-28.30	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-61.00	0.00
5	global	0.00	-43.50	0.00
6	global	0.00	-26.00	0.00
7	global	0.00	-8.50	0.00
10	global	0.00	8.90	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

cargas nodais

nó	sistema	força _x	força _y	momento _z
1	global	13.24	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.6E+002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamentos nodais		
		deslocamento _x	deslocamento _y	rotacao _z
1	global	-3.23125E-0006	-1.15711E-0003	3.08950E-0004
2	global	-3.23125E-0006	-9.71398E-0004	3.08784E-0004
3	global	-3.23125E-0006	-3.90571E-0004	1.33552E-0004
4	global	1.19238E-0031	-5.03302E-0030	-1.58608E-0031
5	global	-2.59479E-0006	-3.69118E-0004	5.45697E-0005
6	global	1.00872E-0018	-4.16020E-0004	1.18425E-0019
7	global	2.59479E-0006	-3.69118E-0004	-5.45697E-0005
8	global	3.23125E-0006	-3.90571E-0004	-1.33552E-0004
9	global	-1.19238E-0031	-5.03302E-0030	1.58608E-0031
10	global	3.23125E-0006	-9.71398E-0004	-3.08784E-0004
11	global	3.23125E-0006	-1.15711E-0003	-3.08950E-0004

nó	sistema	reações nos apoios		
		força _x	força _y	momento _z
4	global	-5.08	214.61	6.76
9	global	5.08	214.61	-6.76

Resultante -0.00 429.22 2532.40

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força _x	força _y	momento _z
-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
1	local	2	0.00	2.70	-0.81
2	local	2	-0.00	-81.62	0.81
2	local	3	0.00	90.62	-173.05
3	local	3	-5.08	123.99	158.46
3	local	4	5.08	-121.06	-78.82
4	local	4	-5.08	48.30	78.82
4	local	5	5.08	-36.38	33.39
5	local	5	-5.08	-36.38	-33.39
5	local	6	5.08	48.31	-78.82
6	local	6	-5.08	-121.07	78.82
6	local	7	5.08	123.99	-158.46
7	local	7	-0.00	90.62	173.05
7	local	8	0.00	-81.62	-0.81
8	local	8	-0.00	2.70	0.81
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	214.61	5.08	14.59
9	local	4	-214.61	-5.08	6.76
10	local	8	214.61	-5.08	-14.59
10	local	9	-214.61	5.08	-6.76

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no	sistema	deslocamentos nodais		
		deslocamento _x	deslocamento _y	rotacao _z

1	global	-1.00332E-0004	-6.00102E-0004	1.70901E-0004
2	global	-1.00332E-0004	-4.97561E-0004	1.70901E-0004
3	global	-1.00332E-0004	-1.74057E-0004	8.61875E-0005
4	global	3.46933E-0032	-2.24295E-0030	-1.36172E-0032
5	global	-1.00147E-0004	-1.48485E-0004	4.66516E-0005
6	global	-9.93926E-0005	-1.35042E-0004	6.71227E-0006
7	global	-9.86377E-0005	-8.55617E-0005	1.71182E-0005
8	global	-9.84525E-0005	-6.89013E-0005	8.47212E-0006
9	global	-3.46933E-0032	-8.87884E-0031	7.86791E-0032
10	global	-9.84525E-0005	-9.62346E-0005	-1.63472E-0005
11	global	-9.84525E-0005	-1.06042E-0004	-1.63472E-0005

reações nos apoios		forças e momentos		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-1.48	95.64	0.58
9	global	1.48	37.86	-3.35
Resultante		0.00	133.50	594.20

NOTA: O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)		
	força x	força y
	0.000	-0.000
		momento z
		-0.000

barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
2	local	2	0.00	-41.30	-0.00
3	local	3	0.00	41.30	-82.60
4	local	5	-1.48	54.34	76.97
5	local	5	1.48	-54.34	-41.65
6	local	6	-1.48	20.34	41.65
7	local	6	1.48	-20.34	12.26
8	local	7	-1.48	-6.36	-12.26
9	local	7	1.48	6.36	-4.60
10	local	8	-1.48	-25.76	4.60
11	local	8	1.48	25.76	-21.34
12	local	10	-0.00	12.10	24.20
13	local	10	0.00	-12.10	-0.00
14	local	11	-0.00	0.00	-0.00
15	local	3	0.00	-0.00	0.00
16	local	3	95.64	1.48	5.63
17	local	4	-95.64	-1.48	0.58
18	local	8	37.86	-1.48	-2.86
19	local	9	-37.86	1.48	-3.35

carregamento 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-1.71163E-0004	-6.57525E-0004	1.94655E-0004
2	global	-1.71163E-0004	-5.40732E-0004	1.94655E-0004
3	global	-1.71163E-0004	-1.70341E-0004	1.07069E-0004
4	global	2.30896E-0032	-2.19506E-0030	2.51033E-0032
5	global	-1.71040E-0004	-1.31022E-0004	6.46367E-0005
6	global	-1.70538E-0004	-8.86996E-0005	1.14967E-0005
7	global	-1.70035E-0004	-2.31480E-0005	4.47722E-0005
8	global	-1.69912E-0004	1.00067E-0005	5.53473E-0005
9	global	-2.30896E-0032	1.28949E-0031	8.65297E-0032
10	global	-1.69912E-0004	1.47780E-0004	7.05260E-0005
11	global	-1.69912E-0004	1.90096E-0004	7.05260E-0005

reações nos apoios		forças e momentos		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-0.98	93.60	-1.07
9	global	0.98	-5.50	-3.69
Resultante		0.00	88.10	188.01

NOTA: O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força	força	momento
x	y	z
0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n ó s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	0.00
3	local	3	0.00	-42.70	-0.00
4	local	5	-0.98	42.70	-85.40
5	local	6	0.98	50.90	80.19
6	local	7	-0.98	-50.90	-47.11
7	local	8	0.98	20.80	47.11
8	local	10	-0.98	-20.80	8.01
9	local	11	0.98	3.20	-8.01
10	local	3	-0.98	-3.20	16.48
		4	0.98	-1.90	-16.48
		8	0.98	1.90	15.25
		9	-0.00	-7.40	-14.80
		10	0.00	7.40	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
		3	-0.00	0.00	-0.00
		4	93.60	0.98	5.21
		8	-93.60	-0.98	-1.07
		9	-5.50	-0.98	-0.45
		10	5.50	0.98	-3.69

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-1.03975E-0004	-8.27701E-0004	2.31563E-0004
2 global	-1.03975E-0004	-6.88764E-0004	2.31563E-0004
3 global	-1.03975E-0004	-2.51513E-0004	1.11773E-0004
4 global	5.62369E-0032	-3.24108E-0030	-4.12727E-0032
5 global	-1.03675E-0004	-2.22593E-0004	5.67411E-0005
6 global	-1.02451E-0004	-2.19582E-0004	6.93902E-0006
7 global	-1.01227E-0004	-1.57645E-0004	8.99863E-0006
8 global	-1.00927E-0004	-1.43043E-0004	-1.42007E-0005
9 global	-5.62369E-0032	-1.84330E-0030	1.08337E-0031
10 global	-1.00927E-0004	-2.75003E-0004	-7.22491E-0005
11 global	-1.00927E-0004	-3.18353E-0004	-7.22491E-0005

reações nos apoios

nó sistema	força	força	momento
	x	y	z
4 global	-2.40	138.20	1.76
9 global	2.40	78.60	-4.62

Resultante 0.00 216.80 1079.57

NOTA:
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força	força	momento
x	y	z
0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n ó s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	0.00
3	local	3	-0.00	-58.40	-0.00
4	local	5	0.00	58.40	-116.80
5	local	6	-2.40	79.80	108.49
6	local	7	2.40	-79.80	-56.62
7	local	8	-2.40	28.90	56.62
8	local	9	2.40	-28.90	19.97
9	local	10	-2.40	-14.50	-19.97
10	local	11	2.40	14.50	-18.45
11	local	3	-2.40	-50.30	18.45
		4	2.40	50.30	-51.15

7	local	8	-0.00	28.30	56.60
		10	0.00	-28.30	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	-0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	138.20	2.40	8.31
		4	-138.20	-2.40	1.76
10	local	8	78.60	-2.40	-5.45
		9	-78.60	2.40	-4.62

carregamento 5

Título : PMC - 2 vãos Carregados

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-2.38847E-0004	-9.36172E-0004	2.76506E-0004	
2	global	-2.38847E-0004	-7.70269E-0004	2.76506E-0004	
3	global	-2.38847E-0004	-2.44284E-0004	1.51384E-0004	
4	global	3.40044E-0032	-3.14792E-0030	3.26406E-0032	
5	global	-2.38665E-0004	-1.89258E-0004	9.09074E-0005	
6	global	-2.37925E-0004	-1.31185E-0004	1.60879E-0005	
7	global	-2.37185E-0004	-3.85447E-0005	6.17515E-0005	
8	global	-2.37004E-0004	7.51374E-0006	7.52117E-0005	
9	global	-3.40044E-0032	9.68244E-0032	1.23103E-0031	
10	global	-2.37004E-0004	1.90505E-0004	9.34672E-0005	
11	global	-2.37004E-0004	2.46585E-0004	9.34672E-0005	

reações nos apoios				
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-1.45	134.23	-1.39
9	global	1.45	-4.13	-5.25
Resultante		0.00	130.10	304.37

NOTA: o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

esforços nas barras					
barra sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-61.00	-0.00
		3	0.00	61.00	-122.00
3	local	3	-1.45	73.23	114.52
		5	1.45	-73.23	-66.92
4	local	5	-1.45	29.73	66.92
		6	1.45	-29.73	11.86
5	local	6	-1.45	3.73	-11.86
		7	1.45	-3.73	21.74
6	local	7	-1.45	-4.77	-21.74
		8	1.45	4.77	18.64
7	local	8	-0.00	-8.90	-17.80
		10	0.00	8.90	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	134.23	1.45	7.48
		4	-134.23	-1.45	-1.39
10	local	8	-4.13	-1.45	-0.84
		9	4.13	1.45	-5.25

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais				
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	4.11966E-0004	5.81721E-0005	-1.95442E-0005

2	global	4.10436E-0004	4.64456E-0005	-1.95442E-0005
3	global	4.05336E-0004	7.35729E-0006	-1.95442E-0005
4	global	1.56687E-0031	9.48083E-0032	-3.42476E-0031
5	global	4.04515E-0004	-1.40595E-0006	-1.14486E-0005
6	global	4.01168E-0004	-6.52985E-0007	3.42721E-0006
7	global	3.97821E-0004	9.42148E-0007	-1.08130E-0005
8	global	3.97000E-0004	-7.35729E-0006	-1.87527E-0005
9	global	1.53816E-0031	-9.48083E-0032	-3.35904E-0031
10	global	3.97000E-0004	-4.48626E-0005	-1.87527E-0005
11	global	3.97000E-0004	-5.61142E-0005	-1.87527E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força x	força y	z	
4	global	-6.68	-4.04	14.60
9	global	-6.56	4.04	14.32
Resultante		-13.24	0.00	55.61

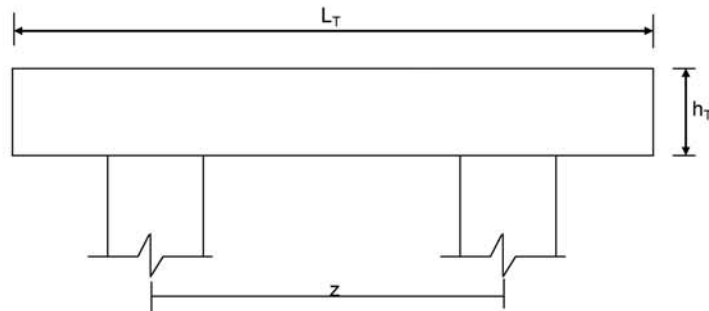
NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio de momento é feito em relação à origem)					
força x		força y		momento z	
-0.000		0.000		0.000	

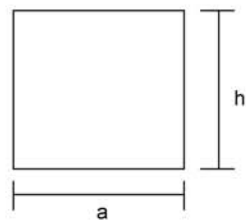
barra	esforços	nas barras	força cortante	momento fletor
barra sistema	nó	força normal		
1	local	1	-13.24	-0.00
		2	-13.24	-0.00
2	local	2	13.24	0.00
		3	-13.24	-0.00
3	local	3	6.56	-13.46
		5	-6.56	10.83
4	local	5	6.56	-10.83
		6	-6.56	0.12
5	local	6	6.56	-0.12
		7	-6.56	-10.60
6	local	7	6.56	10.60
		8	-6.56	-13.22
7	local	8	0.00	-0.00
		10	-0.00	-0.00
8	local	10	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00
9	local	3	-4.04	13.46
		4	4.04	14.60
10	local	8	4.04	13.22
		9	-4.04	14.32

Fim Do Programa

Dimensionamento das Travessas de P3



L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500

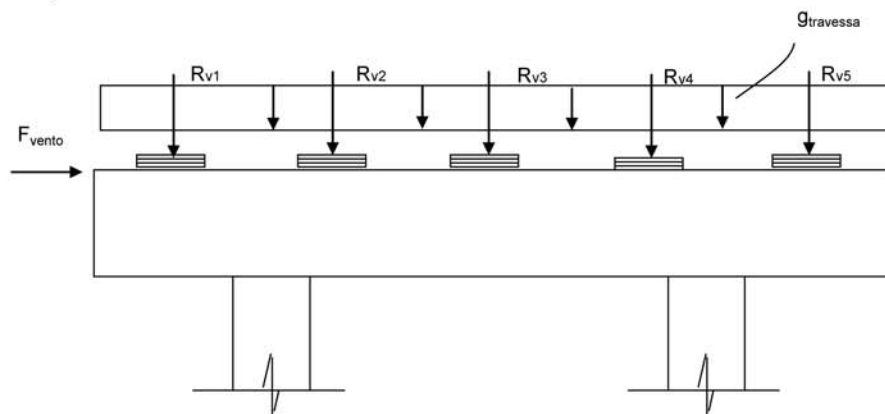
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.8
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

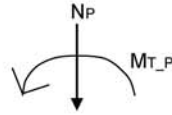


- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

R_{v1} (tf) = 78.92
 R_{v2} (tf) = 72.76
 R_{v3} (tf) = 72.76
 R_{v4} (tf) = 72.76
 R_{v5} (tf) = 78.92

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T \cdot x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

X1 (m) = 5.30	X3 (m) = 0.00	n = 5
X2 (m) = 2.65	X4 (m) = -2.65	
	X5 (m) = -5.30	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 133.4$	$N_d (tf) = 125.0$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 195.0$
$R_{v1} (tf) = 41.3$	$R_{v1} (tf) = 39.7$
$R_{v2} (tf) = 34.0$	$R_{v2} (tf) = 32.4$
$R_{v3} (tf) = 26.7$	$R_{v3} (tf) = 25.0$
$R_{v4} (tf) = 19.4$	$R_{v4} (tf) = 17.6$
$R_{v5} (tf) = 12.1$	$R_{v5} (tf) = 10.3$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 88.1$	$N_d (tf) = 83.7$
$M_{T-e} (tf.m) = 331.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 321.0$
$R_{v1} (tf) = 42.7$	$R_{v1} (tf) = 41.0$
$R_{v2} (tf) = 30.1$	$R_{v2} (tf) = 28.9$
$R_{v3} (tf) = 17.6$	$R_{v3} (tf) = 16.7$
$R_{v4} (tf) = 5.1$	$R_{v4} (tf) = 4.6$
$R_{v5} (tf) = -7.4$	$R_{v5} (tf) = -7.5$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 112.4$	$N_d (tf) = 104.4$	$N_p (tf) = 216.8$
$M_{T-e} (tf.m) = 99.5$	$M_{T-d} (tf.m) = 100.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 199.5$
$R_{v1} (tf) = 30.0$	$R_{v1} (tf) = 28.4$	$R_{v1} (tf) = 58.4$
$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 24.6$	$R_{v2} (tf) = 50.9$
$R_{v3} (tf) = 22.5$	$R_{v3} (tf) = 20.9$	$R_{v3} (tf) = 43.4$
$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 17.1$	$R_{v4} (tf) = 35.8$
$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 13.3$	$R_{v5} (tf) = 28.3$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 67.1$	$N_d (tf) = 63.1$	$N_p (tf) = 130.2$
$M_{T-e} (tf.m) = 237.6$	$M_{T-d} (tf.m) = 226.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 463.5$
$R_{v1} (tf) = 31.4$	$R_{v1} (tf) = 29.7$	$R_{v1} (tf) = 61.0$
$R_{v2} (tf) = 22.4$	$R_{v2} (tf) = 21.1$	$R_{v2} (tf) = 43.5$
$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 12.6$	$R_{v3} (tf) = 26.0$
$R_{v4} (tf) = 4.5$	$R_{v4} (tf) = 4.1$	$R_{v4} (tf) = 8.5$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.4$	$R_{v5} (tf) = -8.9$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 14.13$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -173.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -122.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -14.4 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 423.1$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	435.2	-1523.2	423.1	1583567
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.304$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z \text{ (m)} = 1.278$	$x / d = 0.217$
		$k_{md} = 0.135$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 76.13$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 33.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 20.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 74.8$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	435.2	-1523.2	74.8	2189947
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.050$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z \text{ (m)} = 1.380$	$x / d = 0.036$
		$k_{md} = 0.024$

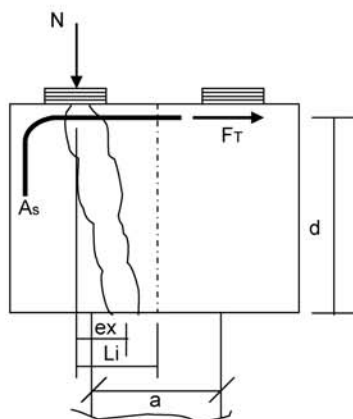
$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 12.46$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal



$$a (m) = 0.80$$

$$d (m) = 1.40$$

$$Li (m) = 0.35$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d_b$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_P (tf) = 42.7 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 120.7$$

$$F_{td} (tf) = 12.9$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Apoio direito

$$N_g (tf) = 35.37$$

$$N_P (tf) = 41.0 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 106.9$$

$$F_{td} (tf) = 11.5$$

$$A_s (cm^2) = 2.6$$

logo será adotado :

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 90.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 58.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 61.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 184.7 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 186.6 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 208.6 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 212.3 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 672.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 \cdot (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 \cdot d \cdot f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} \text{ (tf)} = 76.1 \quad A_{sw}/s = 13.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m}) \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$V_{wd} (tf) = 78.0$	$A_{sw}/s = 14.2$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 100.0$	$A_{sw}/s = 18.3$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 103.6$	$A_{sw}/s = 18.9$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.21$	(cm^2/m^2)		PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.77$	(cm^2/m^2)		PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

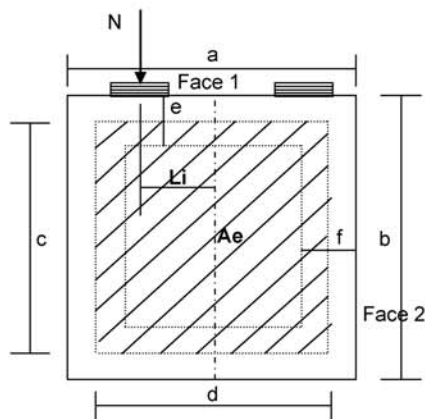
$V_g (tf) = 124.0$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q (tf) = 54.3$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 79.8$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q (tf) = 73.2$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} (tf) = 4.3$	(vento na superestrutura)
$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_{q1} + 0,5 \cdot 1,40 \cdot V_{q2}$	
$V_{sd} (tf) = 252.7$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 247.9$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 288.3$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} (tf) = 279.1$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} (tf) = 144.1$	$A_{sw}/s = 26.3$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 139.2$	$A_{sw}/s = 25.4$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 179.7$	$A_{sw}/s = 32.8$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 170.5$	$A_{sw}/s = 31.1$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 21.91$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado

$\rho_w = 21.18$ (cm ² /m ²)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 27.34$ (cm ² /m ²)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 25.94$ (cm ² /m ²)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / (2 * A_e * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

a (m) = 1.200	e (m) = 0.200
b (m) = 1.500	f (m) = 0.250
c (m) = 1.300	
d (m) = 0.950	

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (N_e - N_d) * L_i$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (N_e ; N_d) * L_i$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (N_e - N_d) * L_i$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _T (tf.m)
Peso Prop.	43.55	35.37	0.35	2.86
1 Vão - PTC	41.3	39.7	0.35	14.5
1 Vão - PMC	42.7	41.0	0.35	14.9
2 Vãos - PTC	30.0	28.4	0.35	0.55
2 Vãos - PMC	31.4	29.7	0.35	0.59

Esforoço de projeto

$$M_{Td} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M _{Td} (tf.m)	24.2	24.9	4.8	4.8

Face	b _w (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _w t (cm ² / m ²)
1	0.25	2.3	9.0	2.3	9.3	0.4	1.8	0.5	1.8
2	0.20	2.3	11.3	2.3	11.6	0.4	2.2	0.5	2.3

Verificação do concreto

$$M_{T_d} < TR_{D1}$$

$$TR_{D1} = 0,50 \cdot f_{cd} \cdot A_e \cdot b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	TR _{D1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T_{sd}} / TR_{D1} + V_{sd} / VR_{D2} \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T_{sd}}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma	$\frac{M_{T_{sd}}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma
1	0.110	0.376	0.486	0.113	0.369	0.482
2	0.137	0.376	0.513	0.141	0.369	0.510

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T_{sd}}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma	$\frac{M_{T_{sd}}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma
1	0.022	0.429	0.451	0.022	0.415	0.437
2	0.027	0.429	0.456	0.027	0.415	0.443

```

Portico Plano Travessa P3 Ponte 72,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      4.2000
  2      0.6000      4.2000
  3      2.6000      4.2000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      4.2000
  6      5.9000      4.2000
  7      8.5500      4.2000
  8      9.2000      4.2000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      4.2000
 11     11.8000      4.2000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
  2 8.000E-0001 8.000E-0001 4.267E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 6
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -78.920
  5  PY -72.760
  6  PY -72.760
  7  PY -72.760
 10  PY -78.920
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  2 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  3 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  4 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  5 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  6 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  7 U 0.000 0.000 WYA -4.500
  8 U 0.000 0.000 WYA -4.500
0
fim
    
```

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.300
5 PY -34.000
6 PY -26.700
7 PY -19.400
10 PY -12.100
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.700
5 PY -30.100
6 PY -17.600
7 PY -5.100
10 PY 7.400
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -58.400
5 PY -50.900
6 PY -43.400
7 PY -35.800
10 PY -28.300
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -61.000
5 PY -43.500
6 PY -26.000
7 PY -8.500
10 PY 8.900
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 14.130
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 72,5m

 DATA : 31/12/2005(sábado)
 HORA : 09:38:24
 ARQUIVO DE DADOS : travessap3_72,5m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.20E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.20E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.20E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.20E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	4.20E+0000
10	1	2	8	9	4.20E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	4.27E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-78.92	0.00
5	global	0.00	-72.76	0.00
6	global	0.00	-72.76	0.00
7	global	0.00	-72.76	0.00
10	global	0.00	-78.92	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	wxa	wxb	wya	wyb
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.30	0.00
5	global	0.00	-34.00	0.00
6	global	0.00	-26.70	0.00
7	global	0.00	-19.40	0.00
10	global	0.00	-12.10	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.70	0.00
5	global	0.00	-30.10	0.00
6	global	0.00	-17.60	0.00
7	global	0.00	-5.10	0.00
10	global	0.00	7.40	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-58.40	0.00
5	global	0.00	-50.90	0.00
6	global	0.00	-43.40	0.00
7	global	0.00	-35.80	0.00
10	global	0.00	-28.30	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-61.00	0.00
5	global	0.00	-43.50	0.00
6	global	0.00	-26.00	0.00
7	global	0.00	-8.50	0.00
10	global	0.00	8.90	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

cargas nodais

nó	sistema	força _x	força _y	momento _z
1	global	14.13	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.6E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Próprio

no	sistema	deslocamentos nodais		
		deslocamento _x	deslocamento _y	rotacao _z
1	global	-3.23125E-0006	-1.15711E-0003	3.08950E-0004
2	global	-3.23125E-0006	-9.71398E-0004	3.08784E-0004
3	global	-3.23125E-0006	-3.90571E-0004	1.33552E-0004
4	global	1.19238E-0031	-5.03302E-0030	-1.58608E-0031
5	global	-2.59479E-0006	-3.69118E-0004	5.45697E-0005
6	global	1.00872E-0018	-4.16020E-0004	1.18425E-0019
7	global	2.59479E-0006	-3.69118E-0004	-5.45697E-0005
8	global	3.23125E-0006	-3.90571E-0004	-1.33552E-0004
9	global	-1.19238E-0031	-5.03302E-0030	1.58608E-0031
10	global	3.23125E-0006	-9.71398E-0004	-3.08784E-0004
11	global	3.23125E-0006	-1.15711E-0003	-3.08950E-0004

nó	sistema	reações nos apoios		
		força _x	força _y	momento _z
4	global	-5.08	214.61	6.76
9	global	5.08	214.61	-6.76

Resultante -0.00 429.22 2532.40

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força _x	força _y	momento _z
-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
1	local	2	0.00	2.70	-0.81
2	local	2	-0.00	-81.62	0.81
2	local	3	0.00	90.62	-173.05
3	local	3	-5.08	123.99	158.46
3	local	4	5.08	-121.06	-78.82
4	local	4	-5.08	48.30	78.82
4	local	5	5.08	-36.38	33.39
5	local	5	-5.08	-36.38	-33.39
5	local	6	5.08	48.31	-78.82
6	local	6	-5.08	-121.07	78.82
6	local	7	5.08	123.99	-158.46
7	local	7	-0.00	90.62	173.05
7	local	8	0.00	-81.62	-0.81
8	local	8	-0.00	2.70	0.81
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	214.61	5.08	14.59
9	local	4	-214.61	-5.08	6.76
10	local	8	214.61	-5.08	-14.59
10	local	9	-214.61	5.08	-6.76

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no	sistema	deslocamentos nodais		
		deslocamento _x	deslocamento _y	rotacao _z

1	global	-1.00332E-0004	-6.00102E-0004	1.70901E-0004
2	global	-1.00332E-0004	-4.97561E-0004	1.70901E-0004
3	global	-1.00332E-0004	-1.74057E-0004	8.61875E-0005
4	global	3.46933E-0032	-2.24295E-0030	-1.36172E-0032
5	global	-1.00147E-0004	-1.48485E-0004	4.66516E-0005
6	global	-9.93926E-0005	-1.35042E-0004	6.71227E-0006
7	global	-9.86377E-0005	-8.55617E-0005	1.71182E-0005
8	global	-9.84525E-0005	-6.89013E-0005	8.47212E-0006
9	global	-3.46933E-0032	-8.87884E-0031	7.86791E-0032
10	global	-9.84525E-0005	-9.62346E-0005	-1.63472E-0005
11	global	-9.84525E-0005	-1.06042E-0004	-1.63472E-0005

reações nos apoios		forças		
nó sistema		x	y	momento z
4	global	-1.48	95.64	0.58
9	global	1.48	37.86	-3.35
Resultante		0.00	133.50	594.20

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
2	local	2	0.00	-41.30	-0.00
3	local	3	0.00	41.30	-82.60
4	local	5	-1.48	54.34	76.97
5	local	5	1.48	-54.34	-41.65
6	local	6	-1.48	20.34	41.65
7	local	6	1.48	-20.34	12.26
8	local	7	-1.48	-6.36	-12.26
9	local	7	1.48	6.36	-4.60
10	local	8	-1.48	-25.76	4.60
11	local	8	1.48	25.76	-21.34
12	local	10	-0.00	12.10	24.20
13	local	10	0.00	-12.10	-0.00
14	local	11	-0.00	0.00	-0.00
15	local	3	95.64	1.48	5.63
16	local	4	-95.64	-1.48	0.58
17	local	8	37.86	-1.48	-2.86
18	local	9	-37.86	1.48	-3.35

carregamento 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-1.71163E-0004	-6.57525E-0004	1.94655E-0004
2	global	-1.71163E-0004	-5.40732E-0004	1.94655E-0004
3	global	-1.71163E-0004	-1.70341E-0004	1.07069E-0004
4	global	2.30896E-0032	-2.19506E-0030	2.51033E-0032
5	global	-1.71040E-0004	-1.31022E-0004	6.46367E-0005
6	global	-1.70538E-0004	-8.86996E-0005	1.14967E-0005
7	global	-1.70035E-0004	-2.31480E-0005	4.47722E-0005
8	global	-1.69912E-0004	1.00067E-0005	5.53473E-0005
9	global	-2.30896E-0032	1.28949E-0031	8.65297E-0032
10	global	-1.69912E-0004	1.47780E-0004	7.05260E-0005
11	global	-1.69912E-0004	1.90096E-0004	7.05260E-0005

reações nos apoios		forças		
nó sistema		x	y	momento z
4	global	-0.98	93.60	-1.07
9	global	0.98	-5.50	-3.69
Resultante		0.00	88.10	188.01

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força	força	momento
x	y	z
0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n ó s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	0.00
3	local	3	0.00	-42.70	-0.00
4	local	5	-0.98	42.70	-85.40
5	local	6	0.98	50.90	80.19
6	local	7	-0.98	-50.90	-47.11
7	local	8	0.98	20.80	47.11
8	local	9	-0.98	-20.80	8.01
9	local	10	0.98	3.20	-8.01
10	local	11	-0.98	-3.20	16.48
11	local	1	0.98	-1.90	-16.48
12	local	2	-0.98	1.90	15.25
13	local	3	0.00	-7.40	-14.80
14	local	4	0.00	7.40	0.00
15	local	5	0.00	-0.00	-0.00
16	local	6	-0.00	0.00	-0.00
17	local	7	93.60	0.98	5.21
18	local	8	-93.60	-0.98	-1.07
19	local	9	-5.50	-0.98	-0.45
20	local	10	5.50	0.98	-3.69

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-1.03975E-0004	-8.27701E-0004	2.31563E-0004
2 global	-1.03975E-0004	-6.88764E-0004	2.31563E-0004
3 global	-1.03975E-0004	-2.51513E-0004	1.11773E-0004
4 global	5.62369E-0032	-3.24108E-0030	-4.12727E-0032
5 global	-1.03675E-0004	-2.22593E-0004	5.67411E-0005
6 global	-1.02451E-0004	-2.19582E-0004	6.93902E-0006
7 global	-1.01227E-0004	-1.57645E-0004	8.99863E-0006
8 global	-1.00927E-0004	-1.43043E-0004	-1.42007E-0005
9 global	-5.62369E-0032	-1.84330E-0030	1.08337E-0031
10 global	-1.00927E-0004	-2.75003E-0004	-7.22491E-0005
11 global	-1.00927E-0004	-3.18353E-0004	-7.22491E-0005

reações nos apoios

nó sistema	força	força	momento
	x	y	z
4 global	-2.40	138.20	1.76
9 global	2.40	78.60	-4.62
Resultante	0.00	216.80	1079.57

NOTA:
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força	força	momento
x	y	z
0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n ó s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	0.00
3	local	3	-0.00	-58.40	-0.00
4	local	5	0.00	58.40	-116.80
5	local	6	-2.40	79.80	108.49
6	local	7	2.40	-79.80	-56.62
7	local	8	-2.40	28.90	56.62
8	local	9	2.40	-28.90	19.97
9	local	10	-2.40	-14.50	-19.97
10	local	11	2.40	14.50	-18.45
11	local	1	-2.40	-50.30	18.45
12	local	2	2.40	50.30	-51.15

7	local	8	-0.00	28.30	56.60
		10	0.00	-28.30	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	-0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	138.20	2.40	8.31
		4	-138.20	-2.40	1.76
10	local	8	78.60	-2.40	-5.45
		9	-78.60	2.40	-4.62

carregamento 5

Título : PMC - 2 vãos Carregados

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-2.38847E-0004	-9.36172E-0004	2.76506E-0004	
2	global	-2.38847E-0004	-7.70269E-0004	2.76506E-0004	
3	global	-2.38847E-0004	-2.44284E-0004	1.51384E-0004	
4	global	3.40044E-0032	-3.14792E-0030	3.26406E-0032	
5	global	-2.38665E-0004	-1.89258E-0004	9.09074E-0005	
6	global	-2.37925E-0004	-1.31185E-0004	1.60879E-0005	
7	global	-2.37185E-0004	-3.85447E-0005	6.17515E-0005	
8	global	-2.37004E-0004	7.51374E-0006	7.52117E-0005	
9	global	-3.40044E-0032	9.68244E-0032	1.23103E-0031	
10	global	-2.37004E-0004	1.90505E-0004	9.34672E-0005	
11	global	-2.37004E-0004	2.46585E-0004	9.34672E-0005	

reações nos apoios				
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-1.45	134.23	-1.39
9	global	1.45	-4.13	-5.25
Resultante		0.00	130.10	304.37

NOTA: o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
		força	momento
		x	z
		0.000	-0.000

esforços nas barras					
barra sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-61.00	-0.00
		3	0.00	61.00	-122.00
3	local	3	-1.45	73.23	114.52
		5	1.45	-73.23	-66.92
4	local	5	-1.45	29.73	66.92
		6	1.45	-29.73	11.86
5	local	6	-1.45	3.73	-11.86
		7	1.45	-3.73	21.74
6	local	7	-1.45	-4.77	-21.74
		8	1.45	4.77	18.64
7	local	8	-0.00	-8.90	-17.80
		10	0.00	8.90	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	134.23	1.45	7.48
		4	-134.23	-1.45	-1.39
10	local	8	-4.13	-1.45	-0.84
		9	4.13	1.45	-5.25

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais				
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	4.39658E-0004	6.20824E-0005	-2.08579E-0005

2	global	4.38025E-0004	4.95677E-0005	-2.08579E-0005
3	global	4.32583E-0004	7.85185E-0006	-2.08579E-0005
4	global	1.67220E-0031	1.01181E-0031	-3.65498E-0031
5	global	4.31707E-0004	-1.50046E-0006	-1.22182E-0005
6	global	4.28135E-0004	-6.96879E-0007	3.65758E-0006
7	global	4.24562E-0004	1.00547E-0006	-1.15399E-0005
8	global	4.23686E-0004	-7.85185E-0006	-2.00132E-0005
9	global	1.64156E-0031	-1.01181E-0031	-3.58483E-0031
10	global	4.23686E-0004	-4.78783E-0005	-2.00132E-0005
11	global	4.23686E-0004	-5.98862E-0005	-2.00132E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s		força		
nó	sistema	x	y	z
4	global	-7.13	-4.31	15.58
9	global	-7.00	4.31	15.29
Resultante		-14.13	0.00	59.35

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

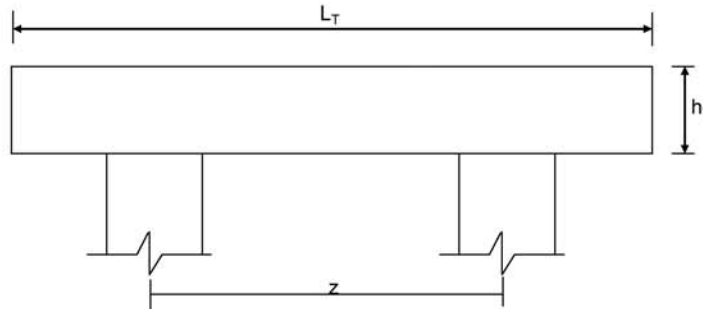
d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o
(o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)

força		momento		
x	y	x	y	z
-0.000	0.000			0.000

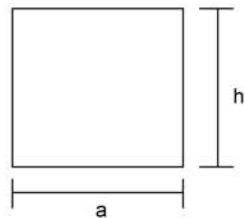
barra	e s f o r ç o s n a s b a r r a s		momento		
	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	14.13	0.00	0.00
		2	-14.13	-0.00	-0.00
2	local	2	14.13	-0.00	0.00
		3	-14.13	0.00	-0.00
3	local	3	7.00	-4.31	-14.36
		5	-7.00	4.31	11.56
4	local	5	7.00	-4.31	-11.56
		6	-7.00	4.31	0.12
5	local	6	7.00	-4.31	-0.12
		7	-7.00	4.31	-11.31
6	local	7	7.00	-4.31	11.31
		8	-7.00	4.31	-14.11
7	local	8	0.00	-0.00	-0.00
		10	-0.00	0.00	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	-4.31	7.13	14.36
		4	4.31	-7.13	15.58
10	local	8	4.31	7.00	14.11
		9	-4.31	-7.00	15.29

Fim Do Programa

Dimensionamento das Travessas de P4



L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 0.800
 h (m) = 1.500

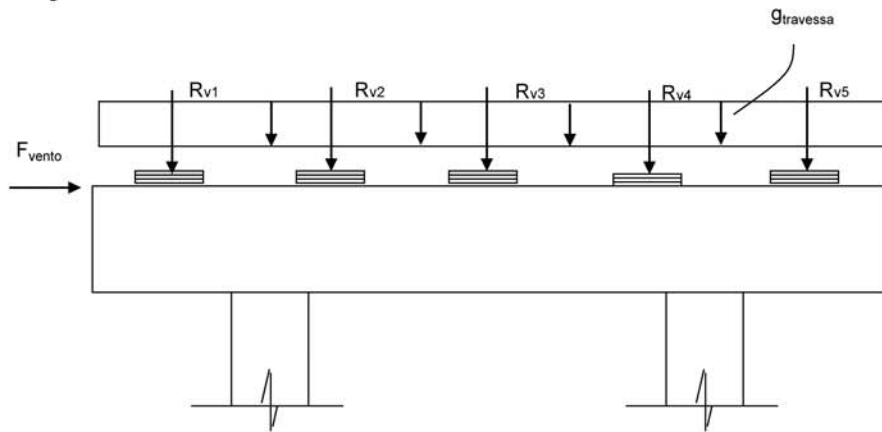
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.2
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 3

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

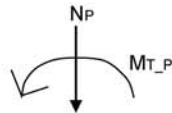


- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000

R_{v1} (tf) = 61.90
 R_{v2} (tf) = 51.84
 R_{v3} (tf) = 51.84
 R_{v4} (tf) = 51.84
 R_{v5} (tf) = 61.90

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$X_1 (m) = 5.30$	$X_3 (m) = 0.00$	$n = 5$
$X_2 (m) = 2.65$	$X_4 (m) = -2.65$	
	$X_5 (m) = -5.30$	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

$$N_P (tf) = 152.9$$

$$M_{T-P} (tf.m) = 207.6$$

$$R_{v1} (tf) = 46.2$$

$$R_{v2} (tf) = 38.4$$

$$R_{v3} (tf) = 30.6$$

$$R_{v4} (tf) = 22.7$$

$$R_{v5} (tf) = 14.9$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$N_P (tf) = 100.6$$

$$M_{T-P} (tf.m) = 382.0$$

$$R_{v1} (tf) = 49.0$$

$$R_{v2} (tf) = 34.5$$

$$R_{v3} (tf) = 20.1$$

$$R_{v4} (tf) = 5.7$$

$$R_{v5} (tf) = -8.7$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 7.87$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -133.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -98.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -7.8 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 330.1$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 290.133 & -1015.47 & 330.1 & 648025
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.363$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.255$$

$$x / d = 0.259$$

$$kmd = 0.158$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{60.51}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 17.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 14.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 44.5$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 290.133 & -1015.47 & 44.5 & 979571
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.044$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.382$$

$$x / d = 0.032$$

$$kmd = 0.021$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{7.40}$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w \cdot h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{18.0}$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 69.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 49.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 166.2$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 448.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 93.8$$

$$A_{sw}/s = 17.1 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 21.40 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 87.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 58.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.3 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 205.8$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 133.4$$

$$A_{sw}/s = 24.3 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 30.43 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P4 Ponte 72,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      4.1000
  2      0.6000      4.1000
  3      2.6000      4.1000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      4.1000
  6      5.9000      4.1000
  7      8.5500      4.1000
  8      9.2000      4.1000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      4.1000
 11     11.8000      4.1000
0
condicoes de contorno
  4 111
  9 111
0
tipos de material
  1 2884760.0000      0.2000 0.0000100000      2.5000
0
tipos de secao
  1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
  2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0
0
propriedades dos elementos
  1  1  2  1  1
  2  2  3  1  1
  3  3  5  1  1
  4  5  6  1  1
  5  6  7  1  1
  6  7  8  1  1
  7  8 10  1  1
  8 10 11  1  1
  9  3  4  1  2
 10  8  9  1  2
0
numero de carregamentos 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -61.900
  5  PY -51.840
  6  PY -51.840
  7  PY -51.840
 10  PY -61.900
0
cargas nos elementos
  1 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  2 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  3 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  4 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  5 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  6 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  7 U 0.000 0.000 WYA -3.000
  8 U 0.000 0.000 WYA -3.000
0
fim
    
```



```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -46.620
5 PY -38.400
6 PY -30.600
7 PY -22.700
10 PY -14.900
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -49.000
5 PY -34.500
6 PY -20.100
7 PY -5.700
10 PY 8.700
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 7.870
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P4 Ponte 72,5m

 DATA : 31/12/2005(sábado)
 HORA : 09:38:30
 ARQUIVO DE DADOS : travessap4_72,5m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.10E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.10E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.10E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.10E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			nó final	comprimento
	material	seção	nó inicial		
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	2.00E+0000
3	1	1	3	5	6.50E-0001
4	1	1	5	6	2.65E+0000
5	1	1	6	7	2.65E+0000
6	1	1	7	8	6.50E-0001
7	1	1	8	10	2.00E+0000
8	1	1	10	11	6.00E-0001
9	1	2	3	4	4.10E+0000
10	1	2	8	9	4.10E+0000

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-61.90	0.00
5	global	0.00	-51.84	0.00
6	global	0.00	-51.84	0.00
7	global	0.00	-51.84	0.00
10	global	0.00	-61.90	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000	p	-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-46.62	0.00
5	global	0.00	-38.40	0.00
6	global	0.00	-30.60	0.00
7	global	0.00	-22.70	0.00
10	global	0.00	-14.90	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-49.00	0.00
5	global	0.00	-34.50	0.00
6	global	0.00	-20.10	0.00
7	global	0.00	-5.70	0.00
10	global	0.00	8.70	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	7.87	0.00	0.00

fim do carregamento 4
número de carregamentos 4

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.1E+0002
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	deslocamento z	rotacao
1	global	-5.27915E-0006	-1.29167E-0003	3.78969E-0004	
2	global	-5.27915E-0006	-1.06394E-0003	3.78803E-0004	
3	global	-5.27915E-0006	-3.49453E-0004	1.74695E-0004	
4	global	1.93995E-0031	-5.51245E-0030	-2.50861E-0031	
5	global	-4.23932E-0006	-3.07351E-0004	8.44487E-0005	
6	global	2.25527E-0018	-3.21808E-0004	6.59407E-0020	
7	global	4.23932E-0006	-3.07351E-0004	-8.44487E-0005	
8	global	5.27915E-0006	-3.49453E-0004	-1.74695E-0004	
9	global	-1.93995E-0031	-5.51245E-0030	2.50861E-0031	
10	global	5.27915E-0006	-1.06394E-0003	-3.78803E-0004	

11 global 5.27915E-0006 -1.29167E-0003 -3.78969E-0004

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-5.54	157.36	7.16
9	global	5.54	157.36	-7.16
Resultante		0.00	314.72	1856.85

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força			momento z
		x	y	z	
		0.000	-0.000	0.000	
barra	esforços no sistema	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-63.70	0.54
		3	0.00	69.70	-133.94
3	local	3	-5.54	87.66	118.40
		5	5.54	-85.71	-62.05
4	local	5	-5.54	33.87	62.05
		6	5.54	-25.92	17.17
5	local	6	-5.54	-25.92	-17.17
		7	5.54	33.87	-62.05
6	local	7	-5.54	-85.71	62.05
		8	5.54	87.66	-118.40
7	local	8	0.00	69.70	133.94
		10	-0.00	-63.70	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	157.36	5.54	15.54
		4	-157.36	-5.54	7.16
10	local	8	157.36	-5.54	-15.54
		9	-157.36	5.54	-7.16

carregamento 2

Título : PTC

		deslocamentos nodais		
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	-1.49351E-0004	-9.36083E-0004	2.79875E-0004
2	global	-1.49351E-0004	-7.68159E-0004	2.79875E-0004
3	global	-1.49351E-0004	-2.39534E-0004	1.36223E-0004
4	global	7.14225E-0032	-3.77853E-0030	-3.19227E-0032
5	global	-1.48968E-0004	-2.02191E-0004	7.02408E-0005
6	global	-1.47408E-0004	-1.97623E-0004	6.07269E-0006
7	global	-1.45847E-0004	-1.25633E-0004	2.35159E-0005
8	global	-1.45464E-0004	-1.00725E-0004	7.58918E-0006
9	global	-7.14225E-0032	-1.58889E-0030	1.52794E-0031
10	global	-1.45464E-0004	-1.67423E-0004	-3.83226E-0005
11	global	-1.45464E-0004	-1.90416E-0004	-3.83226E-0005

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-2.04	107.86	0.91
9	global	2.04	45.36	-4.36
Resultante		-0.00	153.22	694.28

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força			momento	
		x	y	z		
		-0.000	-0.000	0.000		
barra	e s f o r ç o s	n ó	n a s	b a r r a s	momento	
	sistema		força normal	força cortante	fletor	
1	local	1	0.00	0.00	0.00	
		2	-0.00	-0.00	-0.00	
2	local	2	-0.00	-46.62	-0.00	
		3	0.00	46.62	-93.24	
3	local	3	-2.04	61.24	85.79	
		5	2.04	-61.24	-45.98	
4	local	5	-2.04	22.84	45.98	
		6	2.04	-22.84	14.55	
5	local	6	-2.04	-7.76	-14.55	
		7	2.04	7.76	-6.01	
6	local	7	-2.04	-30.46	6.01	
		8	2.04	30.46	-25.80	
7	local	8	-0.00	14.90	29.80	
		10	0.00	-14.90	0.00	
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00	
		11	-0.00	0.00	-0.00	
9	local	3	107.86	2.04	7.45	
		4	-107.86	-2.04	0.91	
10	local	8	45.36	-2.04	-4.00	
		9	-45.36	2.04	-4.36	

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-2.69343E-0004	-1.04668E-0003	3.23550E-0004
2 global	-2.69343E-0004	-8.52554E-0004	3.23550E-0004
3 global	-2.69343E-0004	-2.38167E-0004	1.72565E-0004
4 global	4.64116E-0032	-3.75697E-0030	4.98946E-0032
5 global	-2.69094E-0004	-1.77806E-0004	1.00248E-0004
6 global	-2.68080E-0004	-1.30539E-0004	1.11751E-0005
7 global	-2.67066E-0004	-3.79998E-0005	7.03015E-0005
8 global	-2.66817E-0004	1.47627E-0005	8.89764E-0005
9 global	-4.64116E-0032	2.32875E-0031	1.69927E-0031
10 global	-2.66817E-0004	2.40522E-0004	1.15784E-0004
11 global	-2.66817E-0004	3.09993E-0004	1.15784E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força	força	momento
	x	y	z
4 global	-1.32	107.25	-1.42
9 global	1.32	-6.65	-4.85
Resultante	-0.00	100.60	211.41

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força			momento	
		x	y	z		
		-0.000	-0.000	-0.000		
barra	e s f o r ç o s	n ó	n a s	b a r r a s	momento	
	sistema		força normal	força cortante	fletor	
1	local	1	-0.00	-0.00	0.00	
		2	0.00	0.00	0.00	
2	local	2	-0.00	-49.00	-0.00	
		3	0.00	49.00	-98.00	
3	local	3	-1.32	58.25	91.14	
		5	1.32	-58.25	-53.28	
4	local	5	-1.32	23.75	53.28	
		6	1.32	-23.75	9.65	
5	local	6	-1.32	3.65	-9.65	
		7	1.32	-3.65	19.32	
6	local	7	-1.32	-2.05	-19.32	
		8	1.32	2.05	17.98	
7	local	8	-0.00	-8.70	-17.40	
		10	0.00	8.70	-0.00	

8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	107.25	1.32	6.86
		4	-107.25	-1.32	-1.42
10	local	8	-6.65	-1.32	-0.58
		9	6.65	1.32	-4.85

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	2.93532E-0004	4.83473E-0005	-1.66078E-0005
2	global	2.92168E-0004	3.83826E-0005	-1.66078E-0005
3	global	2.87621E-0004	5.16706E-0006	-1.66078E-0005
4	global	1.39415E-0031	8.15078E-0032	-2.99761E-0031
5	global	2.86891E-0004	-2.21787E-0006	-9.59379E-0006
6	global	2.83913E-0004	-6.86836E-0007	3.32739E-0006
7	global	2.80935E-0004	1.73002E-0006	-8.92525E-0006
8	global	2.80204E-0004	-5.16706E-0006	-1.57752E-0005
9	global	1.36276E-0031	-8.15078E-0032	-2.92625E-0031
10	global	2.80204E-0004	-3.67175E-0005	-1.57752E-0005
11	global	2.80204E-0004	-4.61827E-0005	-1.57752E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-3.98	-2.33	8.56
9	global	-3.89	2.33	8.35
Resultante		-7.87	0.00	32.27

NOTA:
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

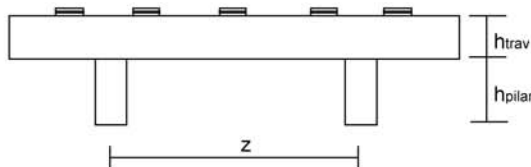
diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	-0.000

barra	esforços	nas	barra	momento
sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	7.87	-0.00
		2	-7.87	0.00
2	local	2	7.87	-0.00
		3	-7.87	0.00
3	local	3	3.89	-2.33
		5	-3.89	2.33
4	local	5	3.89	-2.33
		6	-3.89	2.33
5	local	6	3.89	-2.33
		7	-3.89	2.33
6	local	7	3.89	-2.33
		8	-3.89	2.33
7	local	8	0.00	0.00
		10	-0.00	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00
9	local	3	-2.33	3.98
		4	2.33	-3.98
10	local	8	2.33	3.89
		9	-2.33	-3.89

Fim Do Programa

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 1



$z (m) = 6.60$
 $n^{\circ} \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 4.56

$h^{\text{Pilar}} (m) = 2.85$

$h^{\text{Traves}} (m) = 1.50$

$h^{\text{aterro}} (m) = 2.20$

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e MT provenientes do SALT
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - HL proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - $ML = HL * (hpilar + htravessa)$
- * Vento
- } - HL proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - N e MT provenientes do SALT
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - HL proveniente da aplicação direta no pilar
 $ML = HL * (haterro/3)$

1ª Hipótese : N_{\max}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	157.4	107.8	4.6	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	271.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	19.1	1.5	0.0	1.5	0.5	7.8	30.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	83.2	6.7	0.0	6.6	2.0	5.7	104.2
M_T (tf.m)	7.5	0.9	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	16.3

2ª Hipótese : N_{\min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	157.4	-6.6	4.6	0.0	0.0	-2.1	0.0	0.0	0.0	153.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	19.1	1.5	0.0	1.5	0.5	7.8	30.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	83.2	6.7	0.0	6.6	2.0	5.7	104.2
M_T (tf.m)	7.5	-4.7	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	10.8

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.85$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0190 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0217$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.042 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.85$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0190 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0217$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.042 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

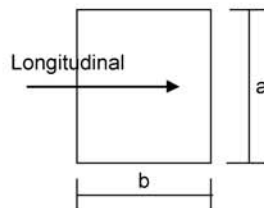
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	220.3	150.9	6.4	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	379.1
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	19.1	2.3	0.0	2.1	0.3	11.0	34.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.9
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	83.2	9.3	0.0	9.2	1.4	8.0	127.0
M_{dT}(tf.m)	10.5	1.2	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	33.0

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	220.3	-9.2	6.4	0.0	0.0	-1.5	0.0	0.0	0.0	216.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	19.1	2.3	0.0	2.1	0.3	11.0	34.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.9
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	83.2	9.3	0.0	9.2	1.4	8.0	120.2
M_{dT}(tf.m)	10.5	-6.5	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	18.5

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

Ac (m²) = 0.64
f_{ck} (MPa) = 20.0
f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N_d (tf) = 379.1	$v = 0.415$	} Ábaco → $\omega = 0.260$
M_d^{long} (tf.m) = 127.0	$\mu_{long} = 0.174$	
M_d^{transv} (tf.m) = 33.0	$\mu_{transv} = 0.045$	

As (cm²) = 51.03

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 216.02 & v = 0.236 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 120.22 & \mu_{\text{long}} = 0.164 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 18.53 & \mu_{\text{transv}} = 0.025 \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.170$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 33.37$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 379.11 & \\ E \text{ (MPa)} = 288476 & A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o = 0.002 & \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 & \end{array}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2377$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.02$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

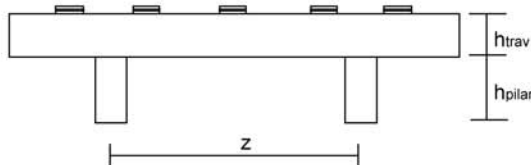
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 51.03$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 2



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 6.90

h^{Pilar} (m) = 3.45

$h^{Traves.}$ (m) = 1.50

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
-
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
-
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT
-
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{aterr}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	95.6	6.9	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	321.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	23.3	0.0	40.8	10.1	0.0	9.8	2.9	93.6
M_T (tf.m)	6.8	0.6	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	21.9

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	93.6	6.9	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	319.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	15.4	0.0	40.8	9.9	0.0	9.8	2.9	85.5
M_T (tf.m)	6.8	-1.1	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	20.3

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	138.2	6.9	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	363.8
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	1.4	0.0	40.8	10.1	0.0	9.8	2.9	71.7
M_T (tf.m)	6.8	1.8	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	23.1

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	134.2	6.9	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	359.8
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	0.7	0.0	40.8	9.9	0.0	9.8	2.9	70.7
M_T (tf.m)	6.8	-1.4	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	20.0

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.45$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0230 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0317$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.055 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.45$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0230 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0251$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.048 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	133.9	9.7	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	446.8
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	9.3
M_{dL} (tf.m)	9.4	32.7	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	137.2
M_{dT} (tf.m)	9.5	0.4	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0	51.8

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	131.0	9.7	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	444.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	9.4	21.6	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	125.9
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.5	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	39.5

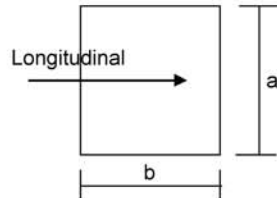
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	193.5	9.7	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	506.4
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	9.3
M_{dL} (tf.m)	9.4	1.9	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	109.7
M_{dT} (tf.m)	9.5	1.2	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0	55.5

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	187.9	9.7	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	500.9
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.8	0.0	2.8	0.4	14.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	9.3
M_{dL} (tf.m)	9.4	0.9	0.0	40.8	13.8	0.0	13.7	2.1	108.1
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.0	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0	53.0

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 446.84$	$v = 0.391$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.210$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 137.18$	$\mu_{long} = 0.150$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 51.78$	$\mu_{transv} = 0.045$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 51.52$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 443.98$	$v = 0.388$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.155$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 125.93$	$\mu_{long} = 0.138$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 39.52$	$\mu_{transv} = 0.035$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 38.03$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 506.42$	$v = 0.443$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.100$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 109.68$	$\mu_{long} = 0.120$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 55.47$	$\mu_{transv} = 0.049$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 24.53$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 500.86$	$v = 0.438$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.100$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 108.09$	$\mu_{long} = 0.118$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 53.00$	$\mu_{transv} = 0.046$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 24.53$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 446.84 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{\text{nec}} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2802$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

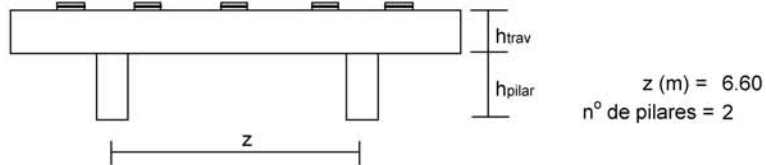
$$\begin{aligned} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.41 & A_s^{\text{min}} &= 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{\text{min}} &= 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 51.52$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 3



P.P. do pilar (tf) = 6.90 $h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 3.45$ $h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
- * Carga móvel
- * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT

- * Temperatura
- * Empuxo de terra sobre as cortinas
- * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- } - $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$

- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- } - N e M_T provenientes do SALT

- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
- } - $M_L = H_L * (h_{\text{aterro}}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	95.6	6.9	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	321.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	23.3	0.0	40.8	10.1	0.0	9.8	2.9	93.6
M_T (tf.m)	6.8	0.6	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	22.9

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	93.6	6.9	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	319.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	15.4	0.0	40.8	10.1	0.0	9.8	2.9	85.7
M_T (tf.m)	6.8	-1.1	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	21.3

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	138.2	6.9	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	364.0
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	1.4	0.0	40.8	10.1	0.0	9.8	2.9	71.7
M_T (tf.m)	6.8	1.8	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	24.1

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	214.6	134.2	6.9	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	360.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.0	0.0	2.0	0.6	12.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
M_L (tf.m)	6.7	0.7	0.0	40.8	10.1	0.0	9.8	2.9	71.0
M_T (tf.m)	6.8	-1.4	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	21.0

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.45$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0230 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0317$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.055 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.45$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0230 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0251$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.048 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	133.9	9.7	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	447.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	0.0	32.7	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	127.8
M_{dT} (tf.m)	9.5	0.4	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	42.3

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	131.0	9.7	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	444.2
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	0.0	21.6	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	116.5
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.5	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	40.2

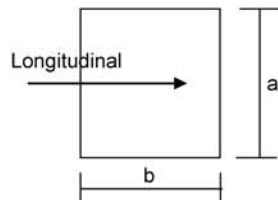
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	193.5	9.7	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	506.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	9.4	2.0	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	109.7
M_{dT} (tf.m)	9.5	1.2	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	45.9

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	187.9	9.7	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	501.1
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.2	2.9	0.0	2.8	0.4	14.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	9.4	1.0	0.0	40.8	14.1	0.0	13.7	2.1	108.5
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.0	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	43.5

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 447.03$	$v = 0.391$	} Ábaco →	$\omega = 0.145$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 127.79$	$\mu_{long} = 0.140$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 42.26$	$\mu_{transv} = 0.037$		
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 35.57$			

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 444.17$	$v = 0.389$	} Ábaco →	$\omega = 0.120$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 116.54$	$\mu_{long} = 0.127$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 40.22$	$\mu_{transv} = 0.035$		
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 29.44$			

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 506.61$	$v = 0.443$	} Ábaco →	$\omega = 0.095$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 109.74$	$\mu_{long} = 0.120$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 45.95$	$\mu_{transv} = 0.040$		
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 23.31$			

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 501.05$	$v = 0.438$	} Ábaco →	$\omega = 0.080$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 108.46$	$\mu_{long} = 0.119$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 43.48$	$\mu_{transv} = 0.038$		
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 19.63$			

Compressão pela NB-1/78

$$N_d \text{ (tf)} = 447.03$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476$$

$$\epsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2803$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 22.42$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

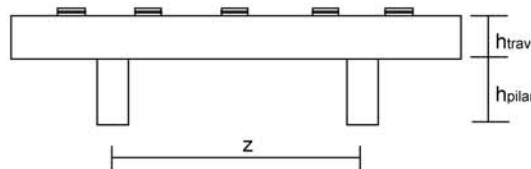
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 4



$z \text{ (m)} = 6.60$
 $n^\circ \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 5.36

$h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 3.35$

$h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$

$h^{\text{aterro}} \text{ (m)} = 2.70$

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - N e M_T provenientes do SALT
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{\text{aterro}}/3)$

1ª Hipótese : $N_{\text{máx}}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	157.4	107.8	5.4	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	272.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	16.8	1.2	0.0	1.2	0.4	11.8	31.4
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	3.9
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	81.4	6.0	0.0	5.9	1.8	10.63	105.6
M_T (tf.m)	7.2	0.9	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	16.6

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	157.4	-6.6	5.4	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	158.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	16.8	1.2	0.0	1.2	0.4	11.8	31.4
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	3.9
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	81.4	6.0	0.0	5.9	1.8	10.6	105.6
M_T (tf.m)	7.2	-4.9	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	10.9

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0223 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0299$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.052 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0223 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0299$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.052 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p,p.Pilar} + N_{p,p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

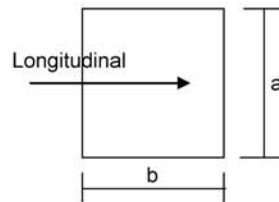
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	220.3	150.9	7.5	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	380.37
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	16.8	1.7	0.0	1.7	0.3	16.5	36.99
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.76
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	81.4	8.3	0.0	8.2	1.2	14.9	114.07
M_{dT}(tf.m)	10.0	1.3	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	17.29

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	220.3	-9.2	7.5	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	220.26
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	16.8	1.7	0.0	1.7	0.3	16.5	36.99
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.76
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	81.4	8.3	0.0	8.2	1.2	14.9	114.07
M_{dT}(tf.m)	10.0	-6.8	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	9.23

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

Ac (m²) = 0.64
f_{ck} (MPa) = 20.0
f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N _d (tf) = 380.37	v = 0.416	} Ábaco → ω = 0.185
M _d ^{long} (tf.m) = 114.07	μ _{long} = 0.156	
M _d ^{transv} (tf.m) = 17.29	μ _{transv} = 0.024	

As (cm²) = 36.31

2ª Hipótese

N _d (tf) = 220.26	v = 0.241	} Ábaco → ω = 0.155
M _d ^{long} (tf.m) = 114.07	μ _{long} = 0.156	
M _d ^{transv} (tf.m) = 9.23	μ _{transv} = 0.013	

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 30.42$$

Compressão pela NB-1/78

$$N_d \text{ (tf)} = 380.37$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476$$

$$\varepsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2385$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.08$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

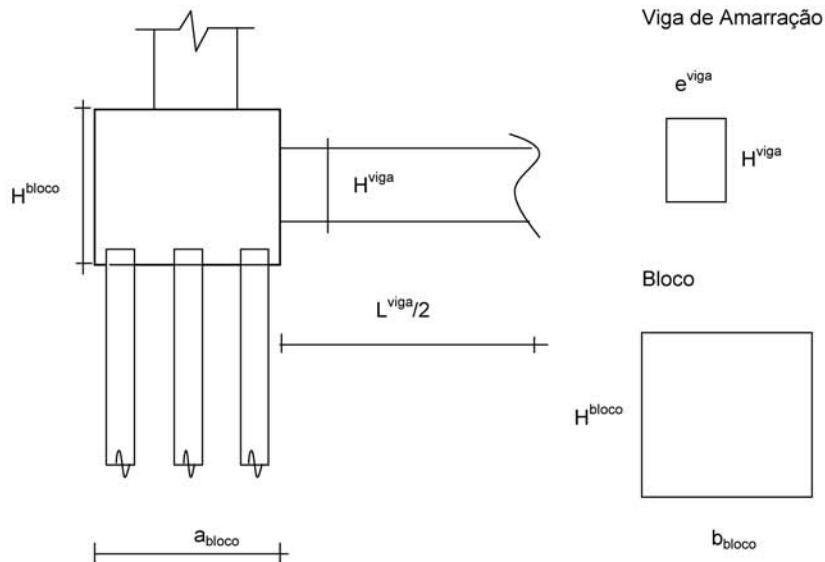
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 36.31$$

Apoio P1

Esforços em Serviço na Base do Bloco



$h_{Bloco} (m) = 1.30$
 $a_{bloco} (m) = 2.80$
 $b_{bloco} (m) = 2.80$
 $h_{Viga \text{ de Amarração}} (m) = 1.10$
 $L_{Viga \text{ de Amarração}} (m) = 3.80$
 $e_{Viga \text{ de Amarração}} (m) = 0.60$
 $p.p. bloco (tf) = 25.48$
 $p.p. viga \text{ de amarração} (tf) = 6.27$

*** Cálculo de N (tf)**

$g1 + g2 + g3 = 314.72$
 $carga \text{ móvel Pesq} = 107.81$
 $carga \text{ móvel Pdir} = 45.4$
 $p.p. pilar = 9.1$
 $p.p. bloco = 57.2$

$N = 534.3 \quad tf$

*** Cálculo de HL**

$HL (tf) = 61.0$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 8.2$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 208.4$$

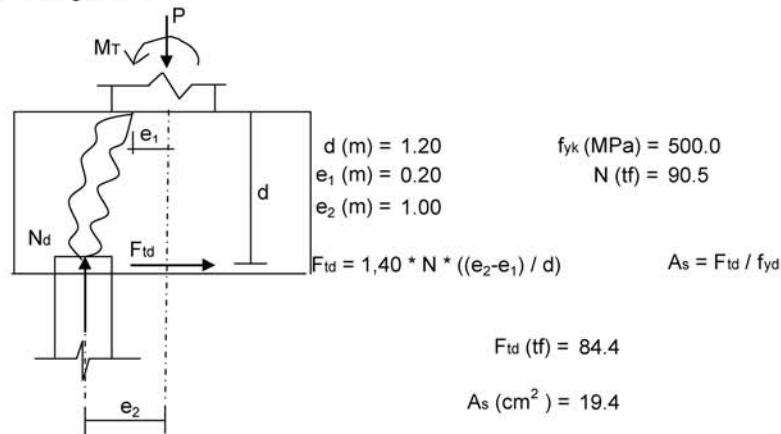
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 46.3$$

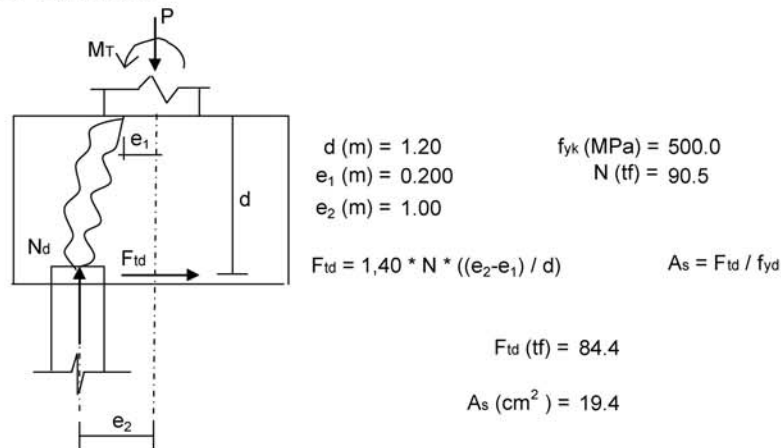
Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P1 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



Direção Transversal



ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 57_5_BR163b1
Data: 1/1/2006

Ponte 72,5 - BR-163 / B1

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000,00	810000,00	50,00

N EST	COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA	
1	-4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
2	-2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
3	2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
4	4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
5	-3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	-4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
8	-2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
9	2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
10	4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
2	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
3	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
4	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
5	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
6	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
7	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
8	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
9	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
10	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 57_5_BR163b1
Data: 1/1/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8,20	-532,20	-58,20	-176,10	0,00	41,00

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

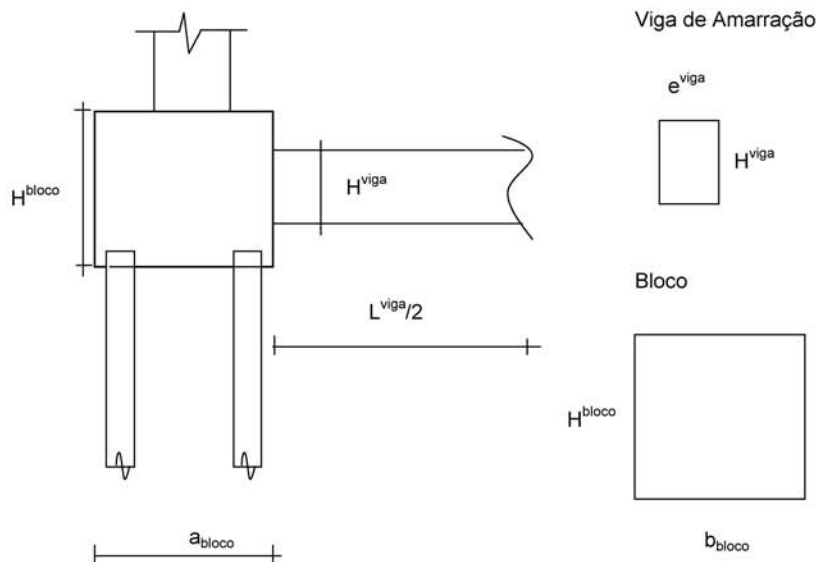
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,003574	-0,001920	-0,032248	-0,001264	0,000000	0,000018

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	90,47	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
2	89,45	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
3	87,09	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
4	86,07	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
5	54,91	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
6	51,53	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
7	20,37	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
8	19,35	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
9	16,99	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88
10	15,97	-0,82	-5,82	0,00	10,43	-1,88

Apoios P2

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 3.20$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- p.p. bloco (tf) = 29.12
- p.p. viga de amarração (tf) = 6.27

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 429.22$
 - carga móvel Pesq = 95.6
 - carga móvel Pdir = 37.9
 - p.p. pilar = 13.8
 - p.p. bloco = 64.5
- $N \text{ (tf)} = 641.0 \text{ tf}$

- HL (tf) = 25.7
- HT (tf) = 13.2
- ML (tf) = 187.3
- MT (tf) = 82.7

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	93.6		
carga móvel Pdir =	-5.5	N (tf) =	595.6 tf
p.p. pilar =	13.8		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 25.6	ML (tf) = 171.0
HT (tf) = 13.2	MT (tf) = 82.7

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	138.2		
carga móvel Pdir =	78.6	N (tf) =	724.3 tf
p.p. pilar =	13.8		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 25.7	ML (tf) = 143.3
HT (tf) = 13.2	MT (tf) = 82.7

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

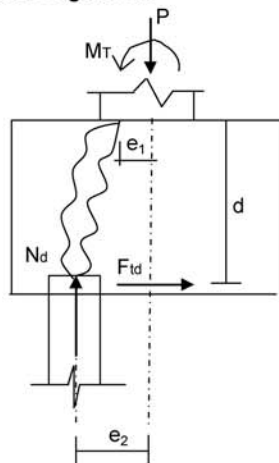
g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	134.2		
carga móvel Pdir =	-4.1	N (tf) =	637.6 tf
p.p. pilar =	13.8		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 25.6	ML (tf) = 141.5
HT (tf) = 13.2	MT (tf) = 82.7

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P2 (Para 1/2 bloco)

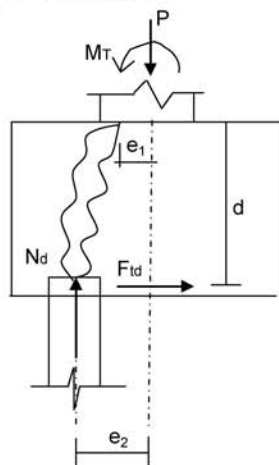
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 77.8$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 72.6$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 16.7$

Direção Transversal

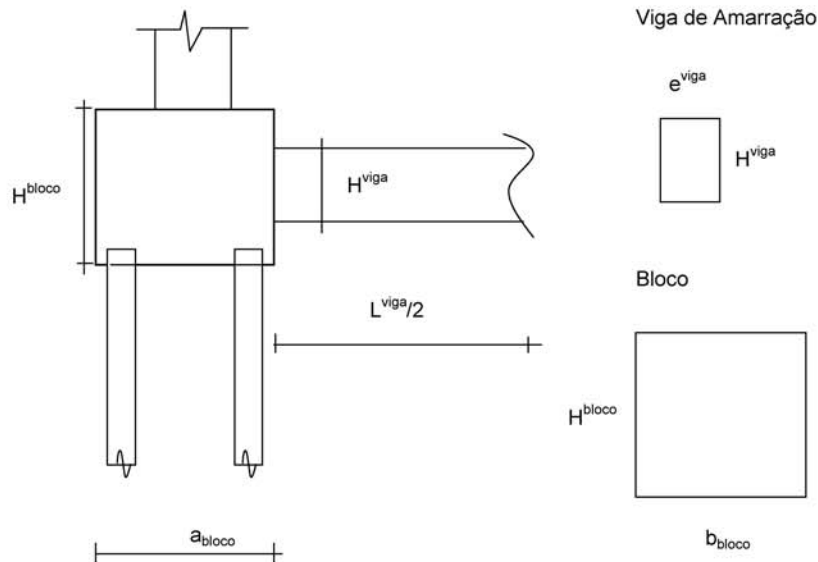


$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 77.8$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 72.6$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 16.7$

Apoios P3

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 3.20$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- p.p. bloco (tf) = 29.12
- p.p. viga de amarração (tf) = 6.27

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 429.22$
 - carga móvel Pesq = 95.6
 - carga móvel Pdir = 37.9
 - p.p. pilar = 13.8
 - p.p. bloco = 64.5
- $N \text{ (tf)} = 641.0 \text{ tf}$

- HL (tf) = 25.7
- HT (tf) = 13.2
- ML (tf) = 187.3
- MT (tf) = 82.7

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	93.6		
carga móvel Pdir =	-5.5	N (tf) =	595.6 tf
p.p. pilar =	13.8		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 25.7	ML (tf) = 171.4
HT (tf) = 13.2	MT (tf) = 82.7

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	138.2		
carga móvel Pdir =	78.6	N (tf) =	724.3 tf
p.p. pilar =	13.8		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 25.7	ML (tf) = 143.4
HT (tf) = 13.2	MT (tf) = 82.7

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

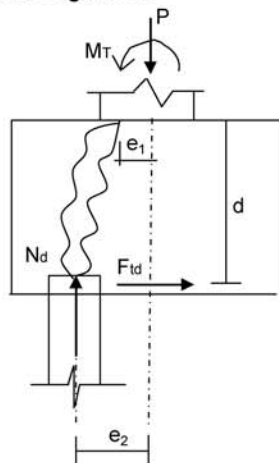
g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	134.2		
carga móvel Pdir =	-4.1	N (tf) =	637.6 tf
p.p. pilar =	13.8		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 25.7	ML (tf) = 142.0
HT (tf) = 13.2	MT (tf) = 82.7

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P3 (Para 1/2 bloco)

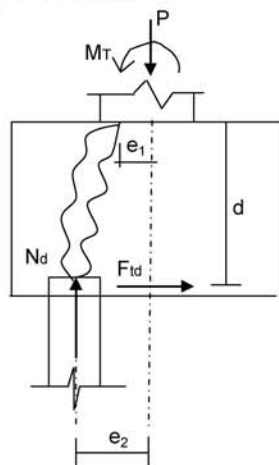
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 77.8$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 72.6$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 16.7$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 77.8$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 72.6$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 16.7$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 2/2/2006

Ponte 72,5 - BR-163 / B2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
12	4	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	-2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
11	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
12	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 2/2/2006

NRO CARREG 1

lvao_Carregado-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.20	-638.40	-25.70	-170.60	0.00	74.10

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004798	-0.001919	-0.012221	-0.000646	0.000000	0.000026

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	74.42	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
2	73.54	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
3	72.66	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
4	69.58	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
5	68.70	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
6	67.82	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
7	38.58	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
8	37.70	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
9	36.82	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
10	33.74	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
11	32.86	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52
12	31.98	-1.10	-2.14	0.00	3.70	-2.52

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 2/2/2006

NRO CARREG 2

1Vao_Carregado-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.20	-593.00	-25.70	-154.70	0.00	74.10

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004798	-0.001783	-0.012130	-0.000600	0.000000	0.000026

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	69.35	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
2	68.47	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
3	67.59	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
4	64.51	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
5	63.62	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
6	62.74	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
7	36.09	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
8	35.21	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
9	34.33	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
10	31.25	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
11	30.37	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52
12	29.48	-1.10	-2.14	0.00	3.74	-2.52

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 2/2/2006

NRO CARREG 3

2Vaos_Carregados-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.20	-721.70	-25.70	-126.70	0.00	74.10

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004798	-0.002170	-0.011970	-0.000518	0.000000	0.000026

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	77.80	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
2	76.92	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
3	76.04	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
4	72.96	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
5	72.08	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
6	71.20	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
7	49.09	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
8	48.21	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
9	47.33	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
10	44.24	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
11	43.36	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52
12	42.48	-1.10	-2.14	0.00	3.80	-2.52

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 2/2/2006

NRO CARREG 4

2Vaos_Carregados-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.20	-635.00	-25.60	-125.30	0.00	74.10

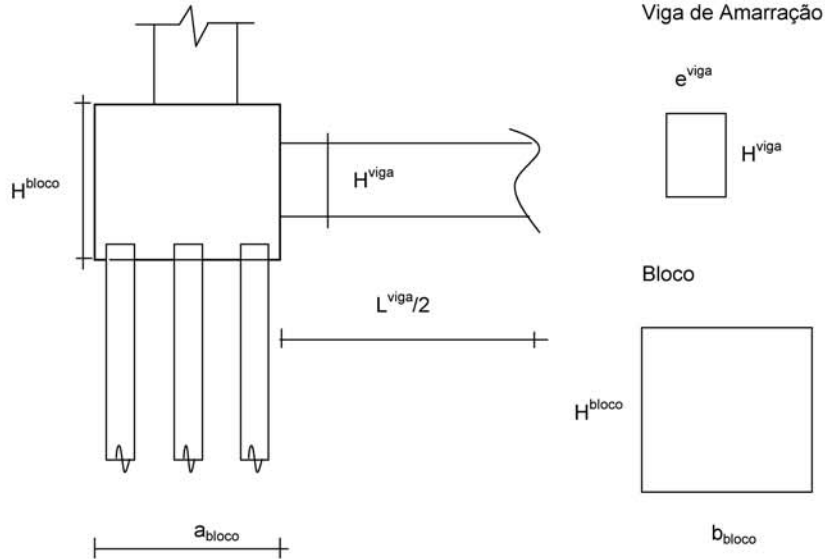
DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004798	-0.001909	-0.011918	-0.000513	0.000000	0.000026

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	70.45	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
2	69.57	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
3	68.69	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
4	65.60	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
5	64.72	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
6	63.84	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
7	41.99	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
8	41.11	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
9	40.23	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
10	37.15	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
11	36.27	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52
12	35.39	-1.10	-2.13	0.00	3.79	-2.52

Apoio P4

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

*** Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 314.72$
 - $\text{carga móvel Pesq} = 107.81$
 - $\text{carga móvel Pdir} = 45.4$
 - $p.p. \text{ pilar} = 10.7$
 - $p.p. \text{ bloco} = 57.2$
- $N = 535.8 \text{ tf}$

*** Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 62.8$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 7.9$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 211.2$$

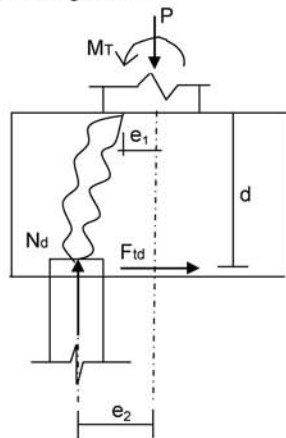
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 48.4$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P4 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

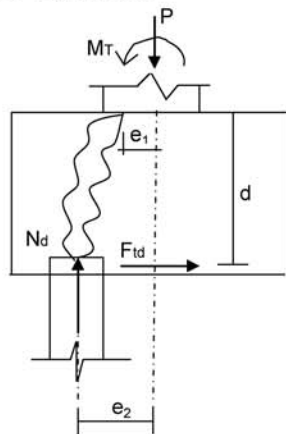
$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 91.6$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 85.5 \quad A_s (cm^2) = 19.7$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.200 \quad N (tf) = 91.6$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 85.5 \quad A_s (cm^2) = 19.7$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 57_5_BR163b4
Data: 1/1/2006

Ponte 72,5 - BR-163 / B4

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000,00	810000,00	50,00

N EST	COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA	
1	-4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
2	-2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
3	2,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
4	4,30	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	
5	-3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	-4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
8	-2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
9	2,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
10	4,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
2	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
3	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
4	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
5	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
6	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
7	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
8	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
9	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277
10	10,00	0,132	0,00139	0,00139	0,00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 57_5_BR163b4
Data: 1/1/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-7,90	-533,80	-59,40	-181,40	0,00	43,30

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,003446	-0,001926	-0,032927	-0,001298	0,000000	0,000019

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	91,62	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
2	90,56	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
3	88,15	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
4	87,10	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
5	55,11	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
6	51,65	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
7	19,66	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
8	18,61	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
9	16,20	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81
10	15,14	-0,79	-5,94	0,00	10,64	-1,81

10 PONTE SOBRE O RIO PARADA

10 PONTE SOBRE O RIO PARADA

10.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Maurício no Volume 3 B – 1ª Parte).

10.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de 1,70 m de altura, para as obras de 36,50 m constituídas por vão de 28,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio José Preto no Volume 3 B – 1ª Parte).

11 PONTE SOBRE O RIO ITAPACURÁ

11 PONTE SOBRE O RIO ITAPACURÁ

11.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 24,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Tucunaré no Volume 3 B – 2ª Parte).

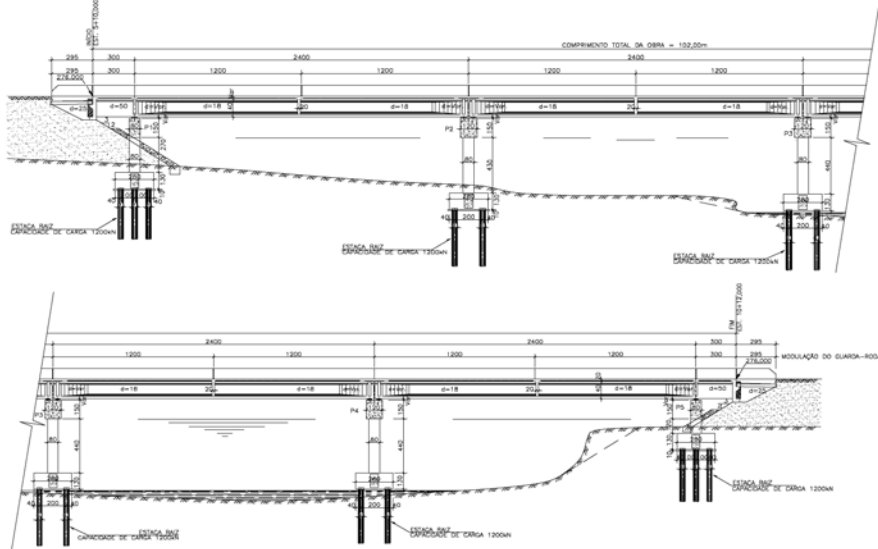
Vãos de 24,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Itaboraí no Volume 3 B – 2ª Parte).

11.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Cinco linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,70 m, 4,30 m, 4,40 m, 4,40 m e 1,20 m de altura, para obras de 102,00 m com vãos de 24,00 m e 24,00 m com balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - (2 vãos extremos de 24,00m c/ balanços de 3,00m e 2 vão intermediários de 24,00m)

1 - Sistema estrutural

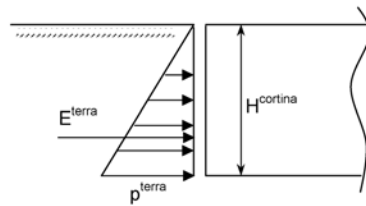


- Lvão1 (m) = 24.00
- Lvão2 (m) = 24.00
- Lvão3 (m) = 24.00
- Lvão4 (m) = 24.00
- Lbal_esq (m) = 3.00
- Lbal_dir (m) = 3.00

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} (\text{tf/m}^3) = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} (\text{m}) = 1.89$$

$$L^{\text{obra}} (\text{m}) = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

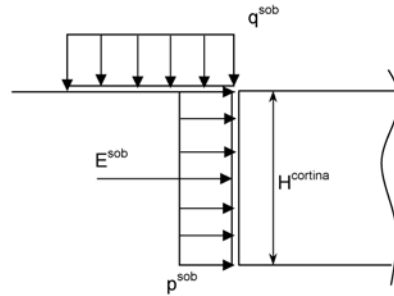
$$p^{\text{terra}} (\text{tf/m}^2) = 1.135$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} (\text{tf}) = 13.9$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{\text{mult}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

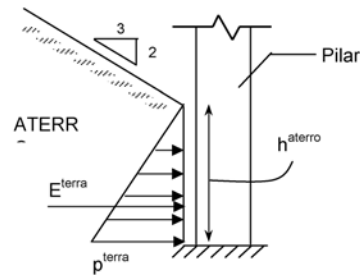
$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.89$$

$$p^{\text{sob}} = K_a \times q^{\text{sob}}$$

$$p^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{\text{sob}} = p^{\text{sob}} \times L^{\text{obra}} \times H^{\text{cortina}}$$

$$E_{\text{sob}} \text{ (tf)} = 4.1$$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos


$$K_a = 0.75$$

$$\gamma_{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$h^{\text{aterro P1}} \text{ (m)} = 2.70$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.80$$

$$h^{\text{aterro P5}} \text{ (m)} = 1.20$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.80$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma_{\text{solo}} \times h^{\text{aterro}}$$

$$p^{\text{terra P1}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 3.65$$

$$p^{\text{terra P5}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.62$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times h^{\text{aterro}})/2) \times 3b^{\text{pilar}}$$

$$E_{\text{terra P1}} \text{ (tf)} = 11.81$$

$$E_{\text{terra P4}} \text{ (tf)} = 2.33$$

2.1.4 - Deformações impostas

Para simular os efeitos de retração do concreto, deformação imediata e lenta do concreto devidas à protensão e variação ambiental de temperatura assumiremos queda de temperatura e coeficiente de dilatação térmica respectivamente de:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

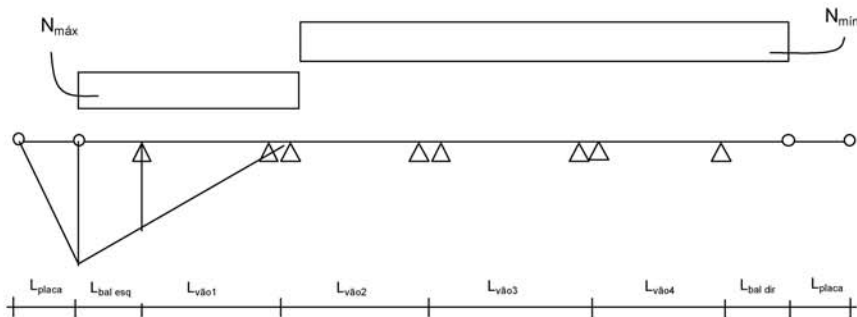
$$\alpha = 0.00001$$

2.1.5 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veiculo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$P^{concentrado} (tf) = 45.0$	$Larg^{obra} (m) = 13.00$	$L^{Vão1} (m) = 24.00$
$q^{mult} (tf/m^2) = 0.5$	$L^{bal_esq} (m) = 3.00$	$L^{Vão2} (m) = 24.00$
$Larg^{obra} (m) = 13.00$	$L^{bal_dir} (m) = 3.00$	$L^{Vão3} (m) = 24.00$
		$L^{Vão4} (m) = 24.00$

Linha de influência da reação máxima em P1 e P5



1ª Hipótese - N_{máx}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{concentrado}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{Bal_esq+Vão1}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{Bal_esq+Vão1}$ para PMC

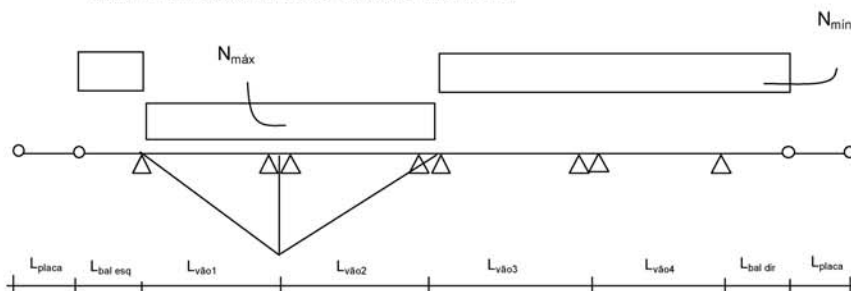
$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 8.24 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 4.12 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - N_{min}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{concentrado}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal_dir+vão2+vão3+vão4}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal_dir+vão2+vão3+vão4}$ para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 22.88 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 11.44 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência da reação máxima em P2 e P4



1ª Hipótese - N_{máx}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{vão1}+\text{vão2}}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{vão1}+\text{vão2}}$ para PMC

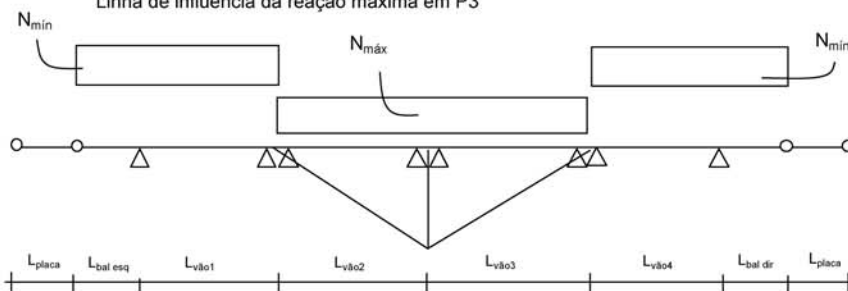
$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 14.64 & \text{ponte totalmente carregada} \\ 7.32 & \text{ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - N_{min}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal esq}+\text{vão3}+\text{vão4}+\text{bal dr}}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal esq}+\text{vão3}+\text{vão4}+\text{bal dr}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 16.47 & \text{ponte totalmente carregada} \\ 8.24 & \text{ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência da reação máxima em P3



1ª Hipótese - N_{máx}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{vão2}+\text{vão3}}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{vão2+vão3}$ para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 14.64 \\ 7.32 \end{cases} \begin{array}{l} \\ \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2ª Hipótese - Nmin

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{concentrado}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal_esq+vão1+vão4+bal_dir}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal_esq+vão1+vão4+bal_dir}$ para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 16.47 \\ 8.24 \end{cases} \begin{array}{l} \\ \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

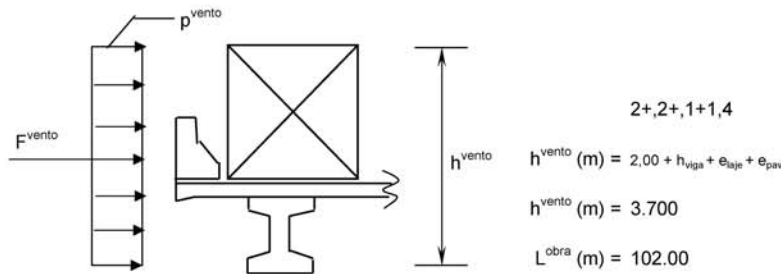
2.2.1 - Vento na superestrutura

O cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o que prescreve a NBR-6123

$$p^{vento} = Cx \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$Cx = 1.60$$



$$h^{vento} (m) = 2,00 + h_{viga} + e_{laje} + e_{pav}$$

$$h^{vento} (m) = 3.700$$

$$L^{obra} (m) = 102.00$$

$$V_o (m/s) = 40.00$$

$$S_1 = 1.00$$

$$S_2 = 1.00$$

$$S_3 = 1.00$$

$$V_k (m/s) = 40.0$$

$$p^{vento} (tf/m^2) = 0.160$$

$$F_{vento} (tf) = p^{vento} \times L^{obra} \times h^{vento}$$

$$F_{vento} (tf) = 60.38$$

3 - Cálculo das rizezas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 5$$

$$S_{1 \text{ apar}} (m^2) = 0.15$$

$$G (tf/m^2) = 100.0$$

$$k_{transv}^{neop} = k_{long}^{neop} = (n \cdot G \cdot S) / h_{barr}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{\text{long}} \text{ (tf/m)} = 2752.1$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0667$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} = 4300.2$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_2^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1435.4$$

- transversal

$$K_2^{\text{transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 1767.2$$

3.3 - Linha de apoio 3

3.3.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} = 10$$

$$S_1 \text{ apar (m}^2\text{)} = 0.12$$

$$G \text{ (tf/m}^2\text{)} = 100$$

$$h \text{ (m)} = 0.04$$

$$K_{\text{transv}}^{\text{neop}} = K_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{barr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 3000.0$$

3.3.2 - Pilares (100x80)

$$f_{ck, \text{ pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 6.55$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0427$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_3^{\text{long}} \text{ (tf/m)} = 2628.0$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0667$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_3^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} = 4106.3$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_3^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1400.9$$

- transversal

$$K^{\text{transv-conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 1733.5$$

3.4 - Linha de apoio 4

3.4.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

nº de aparelhos de apoio (n) = 10

$$S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.12$$

$$G \text{ (tf/m}^2\text{)} = 100$$

$$h \text{ (m)} = 0.04$$

$$k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 3000.0$$

3.4.2 - Pilares (100x80)

$$f_{ck \text{ pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 6.55$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{\text{long}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0427$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9.5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K^{\text{long}}_4 \text{ (tf/m)} = 2628.0$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{\text{transv}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0667$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K^{\text{transv}}_4 \text{ (tf/m)} = 4106.3$$

3.4.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long-conj}}_4 \text{ (tf/m)} = 1400.9$$

- transversal

$$K^{\text{transv-conj}}_4 \text{ (tf/m)} = 1733.5$$

3.5 - Linha de apoio 5

3.5.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

nº de aparelhos de apoio (n) = 5

$$S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.15$$

$$G \text{ (tf/m}^2\text{)} = 100$$

$$h \text{ (m)} = 0.04$$

$$k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 1875.0$$

3.5.2 - Pilares (80x80)

$$fck_{\text{pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 3.35$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{1 pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (fckj + 8)^{1/3}$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_5^{\text{long}} \text{ (tf/m)} = 15714.7$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{\text{1 pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_5^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} = 15714.7$$

3.5.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/K_{\text{neop}}) + (1/K_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_5^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1675.1$$

- transversal

$$K_5^{\text{transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 1675.1$$

3.6 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{long}} = 7288.8$$

$$\mu_1^{\text{long}} = 0.1889$$

$$\mu_2^{\text{long}} = 0.1969$$

$$\mu_3^{\text{long}} = 0.1922$$

$$\mu_4^{\text{long}} = 0.1922$$

$$\mu_5^{\text{long}} = 0.2298$$

- transversal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{transv}} = 8285.9$$

$$\mu_1^{\text{transv}} = 0.1661$$

$$\mu_2^{\text{transv}} = 0.2133$$

$$\mu_3^{\text{transv}} = 0.2092$$

$$\mu_4^{\text{transv}} = 0.2092$$

$$\mu_5^{\text{transv}} = 0.2022$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1376.6	1376.6	0.18886	0.16614
2	1435.4	1767.2	0.19693	0.21327
3	1400.9	1733.5	0.19219	0.20921
4	1400.9	1733.5	0.19219	0.20921
5	1675.1	1675.1	0.22982	0.20217
Total	7288.8	8285.9	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

$$F^3(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio3}}$$

$$F^4(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio4}}$$

$$F^5(\text{tf}) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio5}}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1(\text{tf}) = 2.63$$

$$F^2(\text{tf}) = 2.75$$

$$F^3(\text{tf}) = 2.68$$

$$F^4(\text{tf}) = 2.68$$

$$F^5(\text{tf}) = 3.21$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1(\text{tf}) = 0.77$$

$$F^2(\text{tf}) = 0.81$$

$$F^3(\text{tf}) = 0.79$$

$$F^4(\text{tf}) = 0.79$$

$$F^5(\text{tf}) = 0.94$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar) (aplicado diretamente sobre os pilares)

$$\text{Pilar}_{\text{apoio1}}(\text{tf}) = 11.81$$

$$\text{Pilar}_{\text{apoio5}}(\text{tf}) = 2.33$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$X_{c.e. \text{ Longitudinal}} (\text{m}) = 52.85$$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1376.6	49.85	44.61
2	1435.4	25.85	24.12
3	1400.9	1.85	1.69
4	1400.9	22.15	20.17
5	1675.1	46.15	50.25

4.5 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de N_{máx}

- PTC

F¹ (tf) = 2.5
 F² (tf) = 2.9
 F³ (tf) = 2.8
 F⁴ (tf) = 2.8
 F⁵ (tf) = 3.1

- PMC

F¹ (tf) = 2.5
 F² (tf) = 2.7
 F³ (tf) = 2.6
 F⁴ (tf) = 2.6
 F⁵ (tf) = 3.1

Hipótese de N_{mín}

- PTC

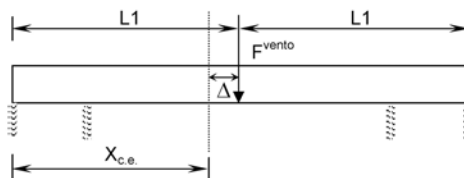
F¹ (tf) = 4.3
 F² (tf) = 3.2
 F³ (tf) = 3.2
 F⁴ (tf) = 3.2
 F⁵ (tf) = 5.3

- PMC

F¹ (tf) = 2.5
 F² (tf) = 2.7
 F³ (tf) = 2.6
 F⁴ (tf) = 2.6
 F⁵ (tf) = 3.1

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



L1 (m) = 51.00
 X_{c.e.Transversal} (m) = 52.63
 Δ (m) = 1.632
 F_{vento} (tf) = 60.38

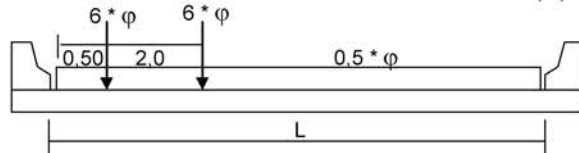
$$F_i^T = F_{\text{vento}} \cdot K_{i \text{ Trans}} \cdot \left[\left(1 / \sum K_{i \text{ Trans}} \right) \pm (\Delta \cdot X_i) / (\sum (K_{i \text{ Trans}} \cdot X_i^2)) \right]$$

Linha	K _{i Trans} (tf/m)	X _i (m)	K _{i Trans} * X _i ²	F ^T _i (tf)
1	1376.6	-49.63	3390993	9.29
2	1767.2	-25.63	1161023	12.38
3	1733.5	-1.63	4617.06	12.60
4	1733.5	22.37	867323	13.06
5	1675.1	46.37	3601518	13.06
TOTAL	8285.9		9025473	60.38

Cálculo dos Esforços na Infra-Estrutura provenientes da superestrutura

PTC

L (m) = 12.20



$$P = 2 * 6 * \varphi \quad Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$$

$$p = 0,5 * \varphi * L \quad mt = 0$$

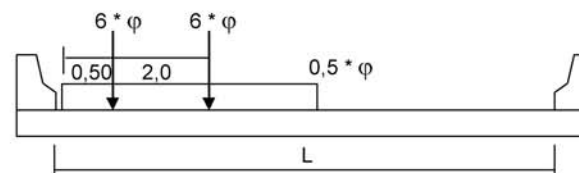
Trem-Tipo Flexão

Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	23.65	1.234	7.530
L2	23.30	1.237	7.545
L3	23.30	1.237	7.545
L4	23.65	1.234	7.530

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	23.65	1.234	0.000
L2	23.30	1.237	0.000
L3	23.30	1.237	0.000
L4	23.65	1.234	0.000

PMC



$$P = 2 * 6 * \varphi \quad Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$$

$$p = 0,5 * \varphi * 0,50 * L \quad mt = 0,50 * \varphi * 0,50 * L * 0,25 * L$$

Trem-Tipo Flexão

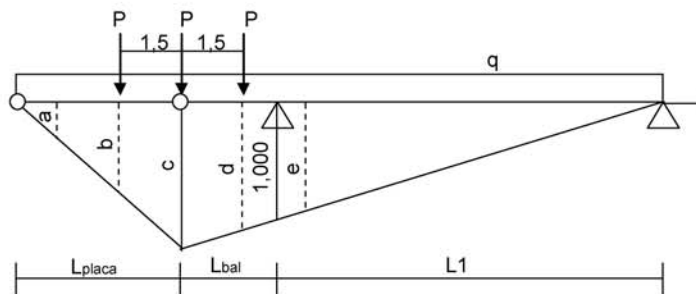
Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	23.65	1.234	3.765
L2	23.30	1.237	3.773
L3	23.30	1.237	3.773
L4	23.65	1.234	3.765

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	23.65	1.234	11.48
L2	23.30	1.237	11.51
L3	23.30	1.237	11.51
L4	23.65	1.234	11.48

Reações de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$d (m) = 1.063$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.563$	$e (m) = 1.000$
$L1 (m) = 23.65$	$c (m) = 1.127$	

Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

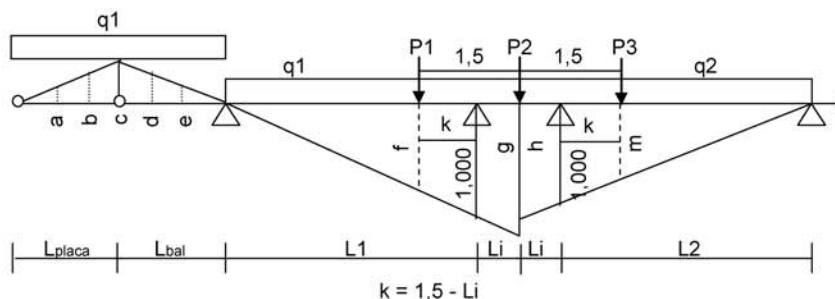
PTC	PMC
$P (tf) = 14.8$	$P (tf) = 14.8$
$q (tf/m) = 7.530$	$q (tf/m) = 3.765$
$N_p (tf) = 160.3$	$N_p (tf) = 103.8$
$ML (tf.m) = 0.0$	$ML (tf.m) = 0.0$

Reação Mínima

PTC	PMC
$N_p (tf) = 0.0$	$N_p (tf) = 0.0$
$ML (tf.m) = 0.0$	$ML (tf.m) = 0.0$

Apoio P2

Dois vãos carregados



$$P_{L1} \text{ (tf)} = 14.8$$

$$P_{L2} \text{ (tf)} = 14.8$$

$L_{placa} \text{ (m)} = 3.00$	$a \text{ (m)} = 0.000$	$f \text{ (m)} = 0.951$	$P1 \text{ (tf)} = 14.8$
$L_{bal} \text{ (m)} = 3.00$	$b \text{ (m)} = 0.063$	$g \text{ (m)} = 1.015$	$P2 \text{ (tf)} = 14.8$
$L1 \text{ (m)} = 23.65$	$c \text{ (m)} = 0.127$	$h \text{ (m)} = 1.015$	$P3 \text{ (tf)} = 14.8$
$L2 \text{ (m)} = 23.30$	$d \text{ (m)} = 0.063$	$m \text{ (m)} = 0.951$	
$Li \text{ (m)} = 0.35$	$e \text{ (m)} = 0.000$	$k \text{ (m)} = 1.15$	

Reação Máxima

$$Ne = P1 * f + (P2 / 2) * g + q1 * [g * (L1 + Li) / 2]$$

$$Nd = (P2 / 2) * h + P3 * m + q2 * [h * (L2 + Li) / 2]$$

$$M_L = (Nd - Ne) * Li$$

PTC

$$q1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$q2 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

PMC

$$q1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$q2 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$Ne \text{ (tf)} = 113.3$$

$$Nd \text{ (tf)} = 112.2$$

$$Ne \text{ (tf)} = 67.5$$

$$Nd \text{ (tf)} = 66.9$$

$$Np \text{ (tf)} = 225.5$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = -0.39$$

$$Np \text{ (tf)} = 134.4$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = -0.19$$

Reação Mínima

$$Ne = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$Nd = 0$$

$$M_L = -Ne * Li$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$Ne \text{ (tf)} = -6.6$$

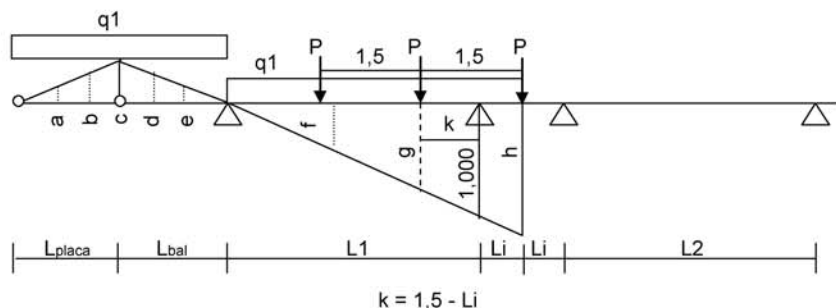
$$M_L \text{ (tf.m)} = 2.32$$

$$Ne \text{ (tf)} = -5.2$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 1.82$$

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	f (m) = 0.888
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.063	g (m) = 0.951
$L1$ (m) = 23.65	c (m) = 0.127	h (m) = 1.015
$L2$ (m) = 23.30	d (m) = 0.063	k (m) = 1.150
Li (m) = 0.35	e (m) = 0.000	

Reação Máxima

$$N_e = P * (f + g + h) + q1 * [h * (L1 + Li) / 2]$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * Li$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$N_e \text{ (tf)} = 134.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = -46.9$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$N_e \text{ (tf)} = 88.1$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = -30.8$$

Reação Mínima

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * Li$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 7.530$$

$$N_e \text{ (tf)} = -6.6$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 2.32$$

PMC

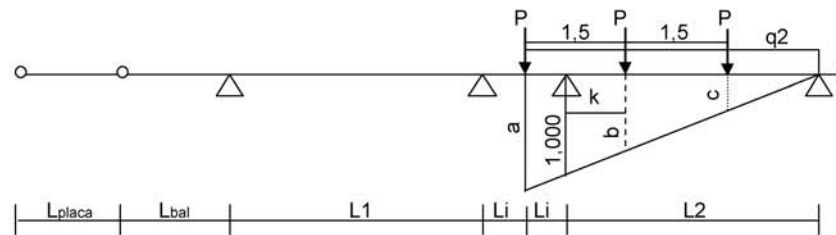
$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q1 \text{ (tf/m)} = 3.765$$

$$N_d \text{ (tf)} = -5.2$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 1.82$$

Vão direito



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 1.015
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.951
$L1$ (m) = 23.65	c (m) = 0.886
$L2$ (m) = 23.30	k (m) = 1.150
Li (m) = 0.35	

Reação Máxima

$$N_e = 0$$

$$N_d = P * (a + b + c) + q_2 * [a * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$M_L = N_p * L_i$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

$$N_d \text{ (tf)} = 132.9$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 46.5$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_d \text{ (tf)} = 87.6$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 30.7$$

Reação Mínima

$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = 0$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

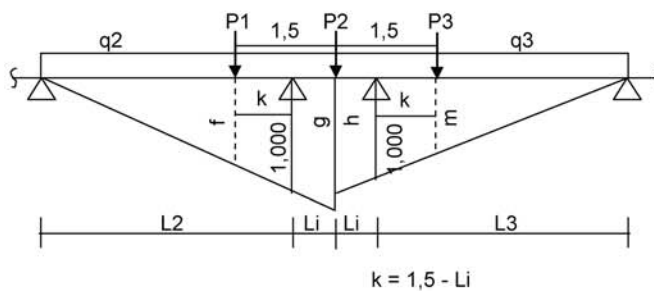
PMC

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

Apoio P3
Dois vãos carregados


$$P_{L2} \text{ (tf)} = 14.8$$

$$P_{L3} \text{ (tf)} = 14.8$$

$$L_2 \text{ (m)} = 23.30$$

$$f \text{ (m)} = 0.951$$

$$m \text{ (m)} = 0.951$$

$$P_1 \text{ (tf)} = 14.8$$

$$L_3 \text{ (m)} = 23.30$$

$$g \text{ (m)} = 1.015$$

$$k \text{ (m)} = 1.15$$

$$P_2 \text{ (tf)} = 14.8$$

$$L_i \text{ (m)} = 0.35$$

$$h \text{ (m)} = 1.015$$

$$P_3 \text{ (tf)} = 14.8$$

Reação Máxima

$$N_e = P_1 * f + (P_2 / 2) * g + q_2 * [g * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$N_d = (P_2 / 2) * h + P_3 * m + q_3 * [h * (L_3 + L_i) / 2]$$

$$M_L = (N_d - N_e) * L_i$$

PTC		PMC	
q2 (tf/m) = 7.545		q2 (tf/m) = 3.773	
q3 (tf/m) = 7.545		q3 (tf/m) = 3.773	
Ne (tf) = 112.2	Nd (tf) = 112.2	Ne (tf) = 66.9	Nd (tf) = 66.9
Np (tf) = 224.4		Np (tf) = 133.8	
M _L (tf.m) = 0.00		M _L (tf.m) = 0.00	

Reação Mínima

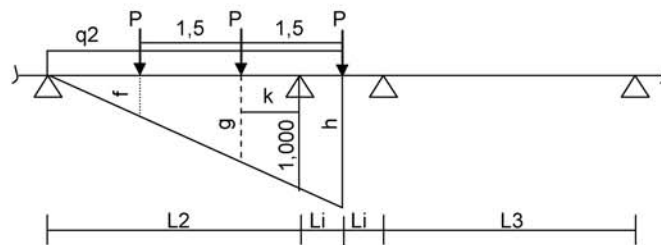
$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = -N_e * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 0.0	P (tf) = 0.0
q2 (tf/m) = 0.000	q3 (tf/m) = 0.000
Ne (tf) = 0.0	Ne (tf) = 0.0
M _L (tf.m) = 0.00	M _L (tf.m) = 0.00

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



$$k = 1,5 - L_i$$

L2 (m) = 23.30	f (m) = 0.886	h (m) = 1.015
L3 (m) = 23.30	g (m) = 0.951	k (m) = 1.150
L _i (m) = 0.35		

Reação Máxima

$$N_e = P * (f + g + h) + q_2 * [h * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = -N_p * L_i$$

PTC	PMC
P (tf) = 14.8	P (tf) = 14.8
q2 (tf/m) = 7.545	q2 (tf/m) = 3.773

$N_e (tf) = 132.9$	$N_e (tf) = 87.6$
$M_L (tf.m) = -46.5$	$M_L (tf.m) = -30.7$

Reação Mínima

$N_e = N_d = 0$
 $M_L = - N_p * L_i$

PTC

$P (tf) = 0.0$
 $q_2 (tf/m) = 0.000$

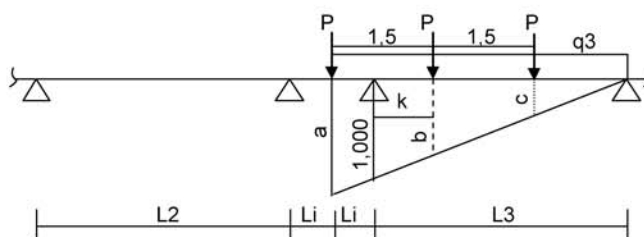
$N_e (tf) = 0.0$
 $M_L (tf.m) = 0.00$

PMC

$P (tf) = 0.0$
 $q_2 (tf/m) = 0.000$

$N_d (tf) = 0.0$
 $M_L (tf.m) = 0.00$

Vão direito



$L_2 (m) = 23.30$	$a (m) = 1.015$	
$L_3 (m) = 23.30$	$b (m) = 0.951$	
$L_i (m) = 0.35$	$c (m) = 0.886$	$k (m) = 1.150$

Reação Máxima

$N_e = 0$
 $N_d = P * (a + b + c) + q_3 * [a * (L_3 + L_i) / 2]$
 $M_L = N_p * L_i$

PTC

$P (tf) = 14.8$
 $q_3 (tf/m) = 7.545$

$N_d (tf) = 132.9$
 $M_L (tf.m) = 46.5$

PMC

$P (tf) = 14.8$
 $q_3 (tf/m) = 3.773$

$N_d (tf) = 87.6$
 $M_L (tf.m) = 30.7$

Reação Mínima

$N_e = N_d = 0$
 $M_L = 0$

PTC

$P (tf) = 14.8$
 $q_3 (tf/m) = 7.545$

PMC

$P (tf) = 14.8$
 $q_3 (tf/m) = 3.773$

$$N_p (tf) = 0.0$$

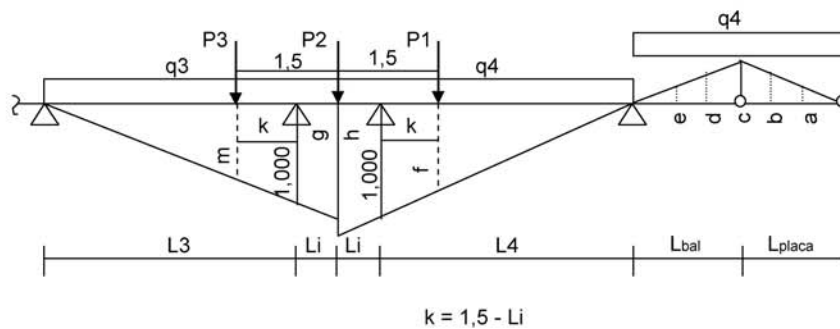
$$M_L (tf.m) = 0.0$$

$$N_p (tf) = 0.0$$

$$M_L (tf.m) = 0.0$$

Apoio P4

Dois vãos carregados



$$P_{L3} (tf) = 14.8$$

$$P_{L4} (tf) = 14.8$$

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.951$	$P1 (tf) = 14.8$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.063$	$g (m) = 1.015$	$P2 (tf) = 14.8$
$L3 (m) = 23.30$	$c (m) = 0.127$	$h (m) = 1.015$	$P3 (tf) = 14.8$
$L4 (m) = 23.65$	$d (m) = 0.063$	$m (m) = 0.951$	
$Li (m) = 0.35$	$e (m) = 0.000$	$k (m) = 1.150$	

Reação Máxima

$$N_e = P3 * m + (P2 / 2) * g + q3 * [g * (L3 + Li) / 2]$$

$$N_d = P1 * f + (P2 / 2) * h + q4 * [h * (L4 + Li) / 2]$$

$$M_L = (N_d - N_e) * Li$$

PTC

$$q3 (tf/m) = 7.545$$

$$q4 (tf/m) = 7.530$$

$$N_e (tf) = 112.2$$

$$N_d (tf) = 113.3$$

$$N_p (tf) = 225.5$$

$$M_L (tf.m) = 0.40$$

PMC

$$q3 (tf/m) = 3.773$$

$$q4 (tf/m) = 3.765$$

$$N_e (tf) = 66.9$$

$$N_d (tf) = 67.5$$

$$N_p (tf) = 134.4$$

$$M_L (tf.m) = 0.20$$

Reação Mínima

$$N_e = 0$$

$$N_d = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q4 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$M_L = N_d * Li$$

PTC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q4 (tf/m) = 7.530$$

PMC

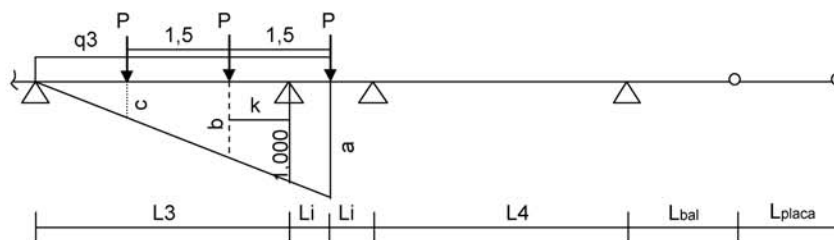
$$P (tf) = 14.8$$

$$q4 (tf/m) = 3.765$$

$N_d (tf) = -6.6$	$N_d (tf) = -5.2$
$M_L (tf.m) = -2.32$	$M_L (tf.m) = -1.82$

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 1.015$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.951$
$L3 (m) = 23.30$	$c (m) = 0.886$
$L4 (m) = 23.65$	
$Li (m) = 0.35$	$k (m) = 1.150$

Reação Máxima

$$N_e = P * (a + b + c) + q3 * [a * (L3 + Li) / 2]$$

$$M_L = - N_p * Li$$

PTC	PMC
$P (tf) = 14.8$	$P (tf) = 14.8$
$q3 (tf/m) = 7.545$	$q3 (tf/m) = 3.773$
$N_e (tf) = 132.9$	$N_e (tf) = 87.6$
$M_L (tf.m) = -46.5$	$M_L (tf.m) = -30.7$

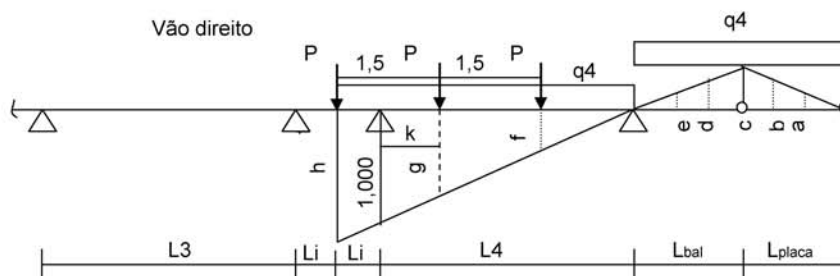
Reação Mínima

$$N_e = N_d = 0$$

$$M_L = 0$$

PTC	PMC
$P (tf) = 14.8$	$P (tf) = 14.8$
$q3 (tf/m) = 7.545$	$q3 (tf/m) = 3.773$
$N_p (tf) = 0.0$	$N_p (tf) = 0.0$
$M_L (tf.m) = 0.0$	$M_L (tf.m) = 0.0$

q4



$$k = 1,5 - Li$$

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.888$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.063$	$g (m) = 0.951$
$L3 (m) = 23.30$	$c (m) = 0.127$	$h (m) = 1.015$
$L4 (m) = 23.65$	$d (m) = 0.063$	$k (m) = 1.150$
$Li (m) = 0.35$	$e (m) = 0.000$	

Reação Máxima

$$Nd = P * (f + g + h) + q4 * [h * (L4 + Li) / 2]$$

$$M_L = Np * Li$$

PTC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q4 (tf/m) = 7.530$$

$$Nd (tf) = 134.0$$

$$M_L (tf.m) = 46.9$$

PMC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q4 (tf/m) = 3.765$$

$$Nd (tf) = 88.1$$

$$M_L (tf.m) = 30.8$$

Reação Mínima

$$Nd = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q4 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$M_L = Np * Li$$

PTC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q4 (tf/m) = 7.530$$

$$Nd (tf) = -6.6$$

$$M_L (tf.m) = -2.32$$

PMC

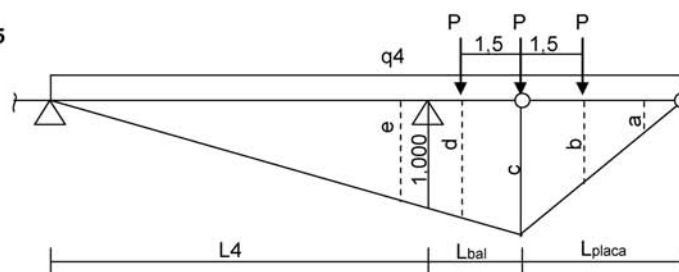
$$P (tf) = 14.8$$

$$q4 (tf/m) = 3.765$$

$$Nd (tf) = -5.2$$

$$M_L (tf.m) = -1.82$$

Apoio P5



$$\begin{aligned}
 L_{placa} \text{ (m)} &= 3.00 & a \text{ (m)} &= 0.000 & d \text{ (m)} &= 1.063 \\
 L_{bal} \text{ (m)} &= 3.00 & b \text{ (m)} &= 0.563 & e \text{ (m)} &= 1.000 \\
 L_4 \text{ (m)} &= 23.65 & c \text{ (m)} &= 1.127 & &
 \end{aligned}$$

Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q_4 * [(L_{bal} + L_4) * c + c * L_{placa}] / 2$$

PTC

$$\begin{aligned}
 P \text{ (tf)} &= 14.8 \\
 q \text{ (tf/m)} &= 7.530
 \end{aligned}$$

PMC

$$\begin{aligned}
 P \text{ (tf)} &= 14.8 \\
 q \text{ (tf/m)} &= 3.765
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_p \text{ (tf)} &= 160.3 \\
 M_L \text{ (tf.m)} &= 0.0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_p \text{ (tf)} &= 103.8 \\
 M_L \text{ (tf.m)} &= 0.0
 \end{aligned}$$

Reação Mínima

PTC

$$\begin{aligned}
 N_p \text{ (tf)} &= 0.0 \\
 M_L \text{ (tf.m)} &= 0.0
 \end{aligned}$$

PMC

$$\begin{aligned}
 N_p \text{ (tf)} &= 0.0 \\
 M_L \text{ (tf.m)} &= 0.0
 \end{aligned}$$

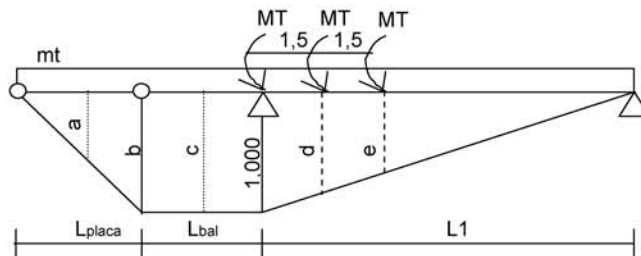
Resumo das Reações nos Apoios

Apoio	1 vão carregado							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)
P1	160.3	0.0	103.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	134.0	-46.9	88.1	-30.8	-6.6	2.3	-5.2	1.8
P3	132.9	46.5	87.6	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0
P4	134.0	46.9	88.1	30.8	-6.6	-2.3	-5.2	-1.8
P5	160.3	0.0	103.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 vãos carregados							
	Máxima				Mínima			
	PTC		PMC		PTC		PMC	
	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)	N_p (tf)	M_{Lp} (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	225.5	-0.4	134.4	-0.2	-6.6	2.32	-5.2	1.82
P3	224.4	0.0	133.8	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00
P4	225.5	0.4	134.4	0.2	-6.6	-2.32	-5.2	-1.82
P5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Momento Transversal de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



$L_{placa} (m) = 3.00$ $a (m) = 1.000$ $d (m) = 0.937$
 $L_{bal} (m) = 3.00$ $b (m) = 1.000$ $e (m) = 0.873$
 $L1 (m) = 23.65$ $c (m) = 1.000$

$$MT-p = MT * [1,000 + maior(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L1 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

PTC

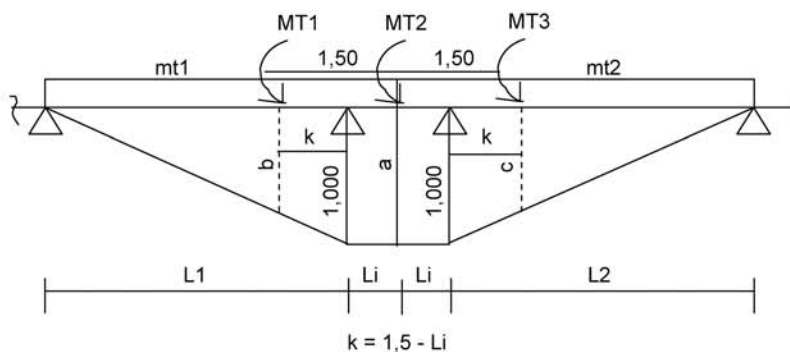
$M_T (tf.m) = 68.1$
 $mt (tf.m/m) = 0.000$
 $Mt-p (tf.m) = 204.4$

PMC

$M_T (tf.m) = 68.1$
 $mt (tf.m/m) = 11.483$
 $Mt-p (tf.m) = 391.9$

Apoio P2

Dois vãos carregados



$Mt_{L1} (tf.m) = 68.1$ $Mt_{L2} (tf.m) = 68.3$

$L1 (m) = 23.65$ $a (m) = 1.000$ $k (m) = 1.15$ $MT1 (tf) = 68.1$
 $L2 (m) = 23.30$ $b (m) = 0.951$ $MT2 (tf) = 68.3$
 $Li (m) = 0.35$ $c (m) = 0.951$ $MT3 (tf) = 68.3$

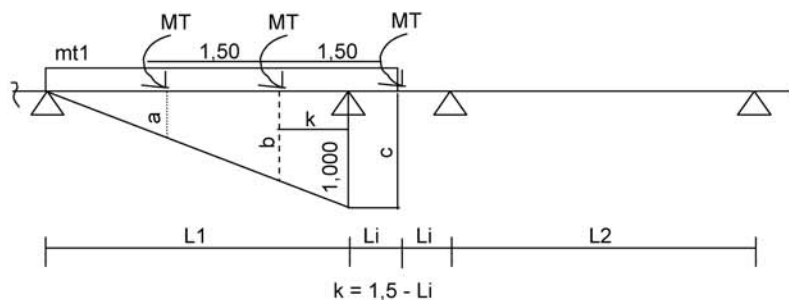
$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt1 * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

PTC	PMC
mt1 (tf.m/m) = 0.000	mt1 (tf.m/m) = 11.483
mt2 (tf.m/m) = 0.000	mt2 (tf.m/m) = 11.506
Mt-e (tf.m) = 98.97	Mt-e (tf.m) = 238.78
Mt-d (tf.m) = 99.05	Mt-d (tf.m) = 237.12
Mt-p (tf.m) = 198.0	Mt-p (tf.m) = 475.9

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo

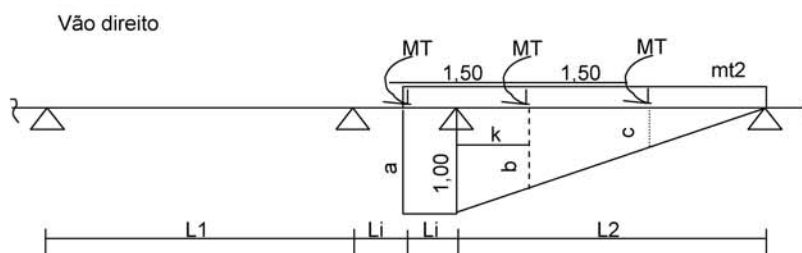


L1 (m) = 23.65	a (m) = 0.888	k (m) = 1.15
L2 (m) = 23.30	b (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	c (m) = 1.000	

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt1 * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$M_T (tf.m) = 68.1$$

PTC	PMC
mt (tf.m/m) = 0.000	mt (tf.m/m) = 11.483
Mt-e (tf.m) = 193.5	Mt-e (tf.m) = 333.3



$L1 (m) = 23.65$ $a (m) = 1.000$ $k (m) = 1.150$
 $L2 (m) = 23.30$ $b (m) = 0.951$
 $Li (m) = 0.35$ $c (m) = 0.886$

$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC

$$mt (tf.m/m) = 0.000$$

PMC

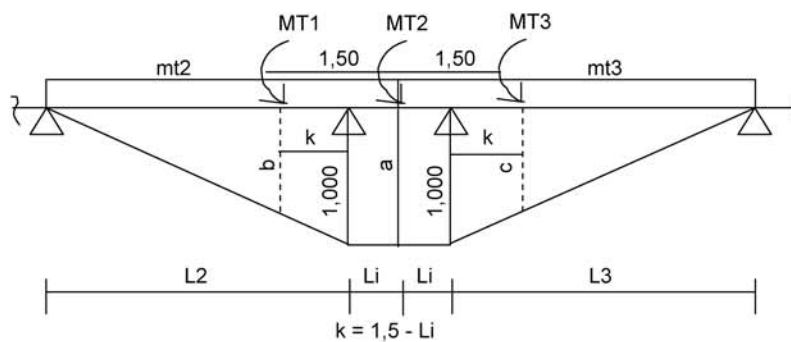
$$mt (tf.m/m) = 11.506$$

$$Mt-d (tf.m) = 193.7$$

$$Mt-d (tf.m) = 331.8$$

Apoio P3

Dois vãos carregados



$$Mt_L2 (tf.m) = 68.3$$

$$Mt_L3 (tf.m) = 68.3$$

$L2 (m) = 23.30$ $a (m) = 1.000$ $k (m) = 1.15$ $MT1 (tf) = 68.3$
 $L3 (m) = 23.30$ $b (m) = 0.951$ $MT2 (tf) = 68.3$
 $Li (m) = 0.35$ $c (m) = 0.951$ $MT3 (tf) = 68.3$

$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$$

PTC

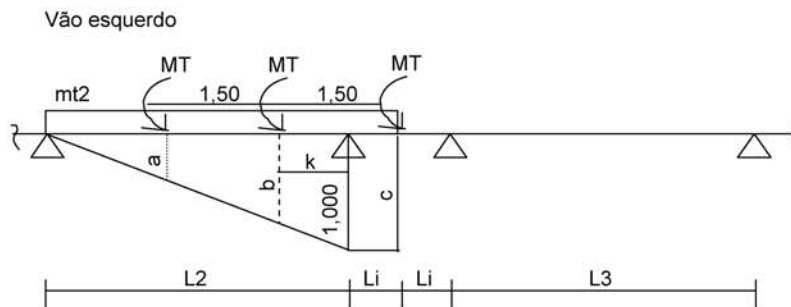
$$mt2 (tf.m/m) = 0.000$$

PMC

$$mt2 (tf.m/m) = 11.506$$

mt3 (tf.m/m) = 0.000	mt3 (tf.m/m) = 11.506
Mt-e (tf.m) = 99.05	Mt-e (tf.m) = 237.12
Mt-d (tf.m) = 99.05	Mt-d (tf.m) = 237.12
Mt-p (tf.m) = 198.1	Mt-p (tf.m) = 474.2

Apenas um vão carregado

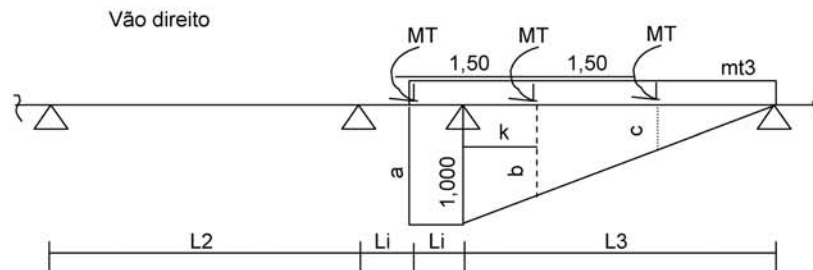


L2 (m) = 23.30	a (m) = 0.886	k (m) = 1.15
L3 (m) = 23.30	b (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	c (m) = 1.000	

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC	mt (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt (tf.m/m) = 11.506
	Mt-e (tf.m) = 193.7		Mt-e (tf.m) = 331.8



L2 (m) = 23.30	a (m) = 1.000	k (m) = 1.150
L3 (m) = 23.30	b (m) = 0.951	
Li (m) = 0.35	c (m) = 0.886	

$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

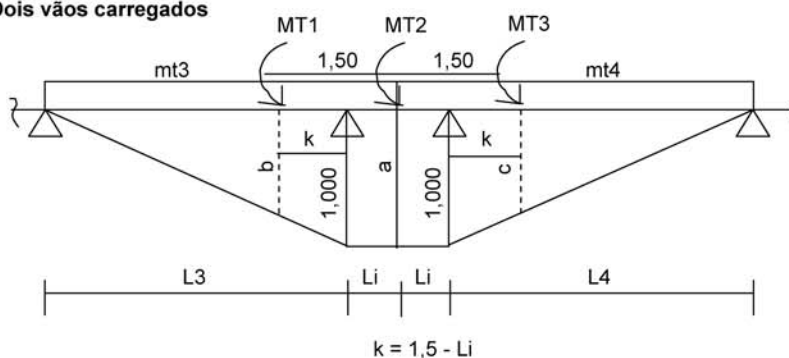
PTC	PMC
-----	-----

$mt \text{ (tf.m/m)} = 0.000$ $mt \text{ (tf.m/m)} = 11.506$

$Mt-d \text{ (tf.m)} = 193.7$ $Mt-d \text{ (tf.m)} = 331.8$

Apoio P4

Dois vãos carregados



$Mt_L3 \text{ (tf.m)} = 68.3$ $Mt_L4 \text{ (tf.m)} = 68.1$

$L3 \text{ (m)} = 23.30$	$a \text{ (m)} = 1.000$	$k \text{ (m)} = 1.15$	$MT1 \text{ (tf)} = 68.3$
$L4 \text{ (m)} = 23.65$	$b \text{ (m)} = 0.951$		$MT2 \text{ (tf)} = 68.3$
$Li \text{ (m)} = 0.35$	$c \text{ (m)} = 0.951$		$MT3 \text{ (tf)} = 68.1$

$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$
 $Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt4 * [(1,00 * L4 / 2) + Li * 1,00]$

PTC

$mt2 \text{ (tf.m/m)} = 0.000$
 $mt3 \text{ (tf.m/m)} = 0.000$

$Mt-e \text{ (tf.m)} = 99.05$
 $Mt-d \text{ (tf.m)} = 98.97$

$Mt-p \text{ (tf.m)} = 198.0$

PMC

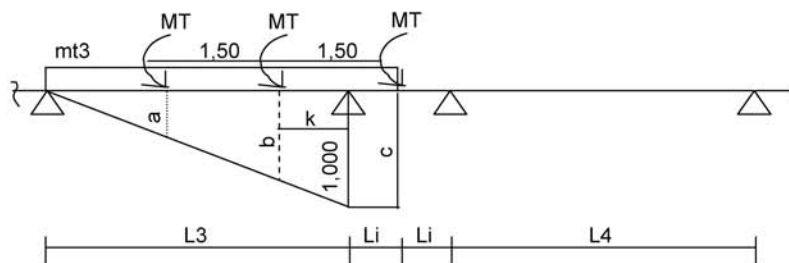
$mt2 \text{ (tf.m/m)} = 11.506$
 $mt3 \text{ (tf.m/m)} = 11.483$

$Mt-e \text{ (tf.m)} = 237.12$
 $Mt-d \text{ (tf.m)} = 238.78$

$Mt-p \text{ (tf.m)} = 475.9$

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



$L3 \text{ (m)} = 23.30$ $a \text{ (m)} = 0.886$ $k \text{ (m)} = 1.15$

$L4 (m) = 23.65$ $b (m) = 0.951$
 $Li (m) = 0.35$ $c (m) = 1.000$

$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$

$MT (tf.m) = 68.3$

PTC

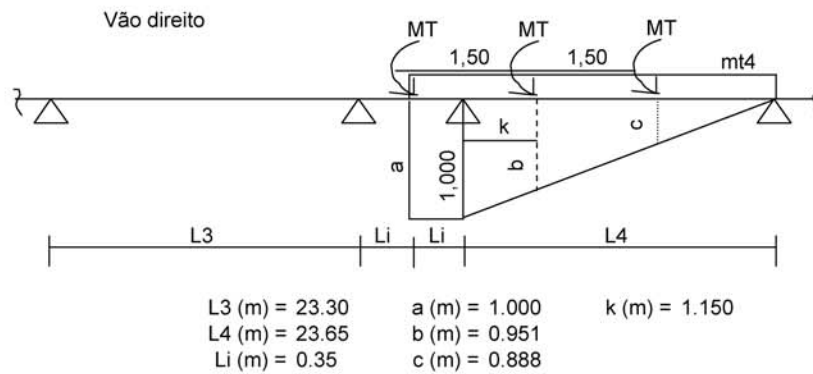
$mt (tf.m/m) = 0.000$

$Mt-e (tf.m) = 193.7$

PMC

$mt (tf.m/m) = 11.506$

$Mt-e (tf.m) = 331.8$



$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt4 * [(1,00 * L4 / 2) + Li * 1,00]$

$MT (tf.m) = 68.1$

PTC

$mt (tf.m/m) = 0.000$

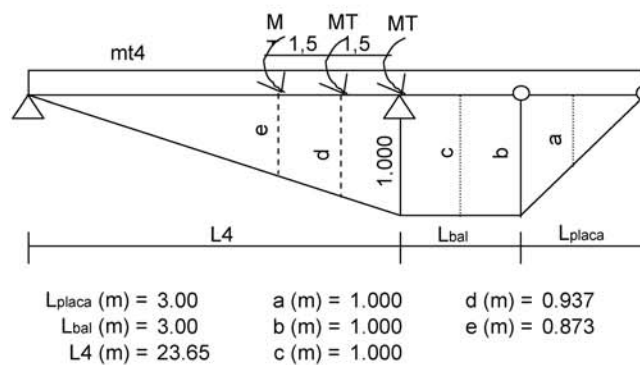
$Mt-d (tf.m) = 193.5$

PMC

$mt (tf.m/m) = 11.483$

$Mt-d (tf.m) = 333.3$

Apoio P5



$MT-p = MT * [1,000 + maior(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] +$
 $+ mt4 * (L4 * 1,000 / 2 + 1,000 * Lbal + b * Lplaca / 2)$

PTC

PMC

$$\begin{array}{ll}
 \text{MT (tf)} = 68.1 & \text{MT (tf)} = 68.1 \\
 \text{mt (tf.m/m)} = 0.000 & \text{mt (tf.m/m)} = 11.483 \\
 \\
 \text{Mt-p (tf.m)} = 204.4 & \text{Mt-p (tf.m)} = 391.9
 \end{array}$$

Resumo dos momentos transversais

Apoio	Máximo			
	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	M _T (tf.m) PTC	M _T (tf.m) PMC	M _T (tf.m) PTC	M _T (tf.m) PMC
P1	204.4	391.9	0.0	0.0
P2	193.5	333.3	198.0	475.9
P3	193.7	331.8	198.1	474.2
P4	193.5	333.3	198.0	475.9
P5	204.4	391.9	0.0	0.0

Esforços Permanentes
Esforços verticais
Vão L1

 Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	R _v (tf)	20.69	27.82	20.86	69.37
P2	R _v (tf)	13.89	15.39	12.50	41.78

 Vigas Centrais (V₂ = V₃ = V₄)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	R _v (tf)	20.69	26.60	11.64	58.93
P2	R _v (tf)	13.89	17.70	7.36	38.95

Vão L2

 Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P2	R _v (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55
P3	R _v (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55

 Vigas Centrais (V₂ = V₃ = V₄)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P2	Rv (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05
P3	Rv (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05

Vão L3

 Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	Rv (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55
P4	Rv (tf)	14.24	16.28	13.03	43.55

 Vigas Centrais (V₂ = V₃ = V₄)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	Rv (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05
P4	Rv (tf)	14.24	18.21	7.60	40.05

Vão L4

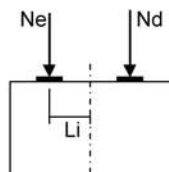
 Vigas de Bordo (V₁ = V₅)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P4	Rv (tf)	13.89	15.39	12.50	41.78
P5	Rv (tf)	20.69	27.82	20.86	69.37

 Vigas Centrais (V₂ = V₃ = V₄)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P4	Rv (tf)	13.89	17.70	7.36	38.95
P5	Rv (tf)	20.69	26.60	11.64	58.93

Momentos longitudinais



$$M_L = (N_d - N_e) * L_i$$

Apoio	N _e (tf)	N _d (tf)	L _i (m)	M _L (tf.m)
P1	315.5	0.0	0.0	0.0
P2	200.4	207.3	0.35	2.4
P3	207.3	207.3	0.35	0.0
P4	207.3	200.4	0.35	-2.4
P5	315.5	0.0	0.0	0.0

Resumo dos esforços permanentes

Apoio	Ng (tf)	M _L (tf.m)
P1	315.5	0.0
P2	407.7	2.4
P3	414.5	0.0
P4	407.7	-2.4
P5	315.5	0.0

Resumo dos Esforços em Serviço Provenientes da Superestrutura

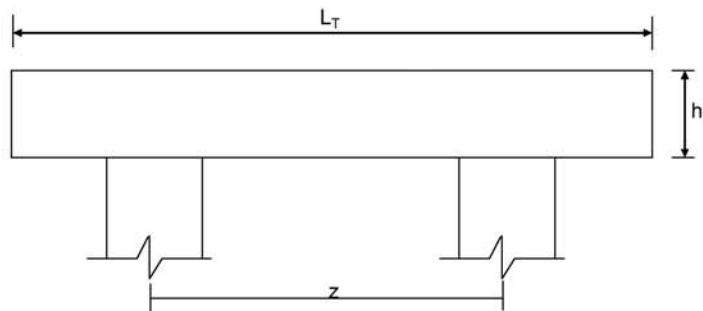
Apoio	1 Vão Carregado - Máxima								
	Permanentes			Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	R _{g1+g2+g3}	M _{Lg1+g2+g3}	M _{Tg1+g2+g3}	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	315.5	0.0	0.0	160.3	0.0	204.4	103.8	0.0	391.9
P2	407.7	2.4	0.0	134.0	-46.9	193.5	88.1	-30.8	333.3
P3	414.5	0.0	0.0	132.9	46.5	193.7	87.6	30.7	331.8
P4	407.7	-2.4	0.0	134.0	46.9	193.5	88.1	30.8	333.3
P5	315.5	0.0	0.0	160.3	0.0	204.4	103.8	0.0	391.9

Apoio	1 Vão Carregado - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-6.6	2.3	0.0	-5.2	1.8	0.0
P3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P4	-6.6	-2.3	0.0	-5.2	-1.8	0.0
P5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

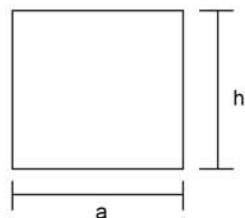
Apoio	2 Vãos Carregados - Máxima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	225.5	-0.4	198.0	134.4	-0.2	475.9
P3	224.4	0.0	198.1	133.8	0.0	474.2
P4	225.5	0.4	198.0	134.4	0.2	475.9
P5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 Vãos Carregados - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	-6.6	2.3	0.0	-5.2	1.8	0.0
P3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P4	-6.6	-2.3	0.0	-5.2	-1.8	0.0
P5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dimensionamento da Travessa de P1



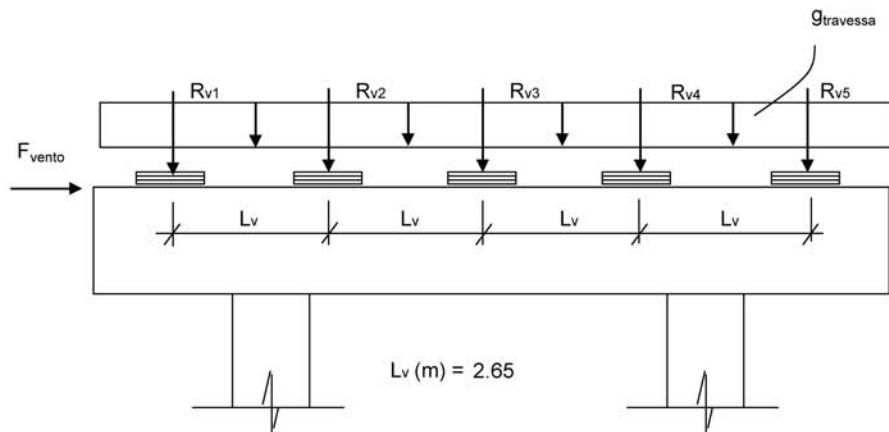
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 0.800
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**
 S (m²) = 1.20
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 3.00

Direção transversal

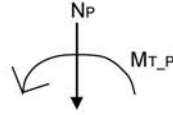
Carregamentos atuantes na travessa



- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000
 R_{v1} (tf) = 69.37
 R_{v2} (tf) = 58.93
 R_{v3} (tf) = 58.93
 R_{v4} (tf) = 58.93
 R_{v5} (tf) = 69.37

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X_1 (m) = 5.30 & X_3 (m) = 0.00 & X_5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X_2 (m) = 2.65 & X_4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 160.3 \\ M_{T-P} (tf.m) = 204.4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 47.5 \\ R_{v2} (tf) = 39.8 \\ R_{v3} (tf) = 32.1 \\ R_{v4} (tf) = 24.4 \\ R_{v5} (tf) = 16.6 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 103.8 \\ M_{T-P} (tf.m) = 391.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 50.3 \\ R_{v2} (tf) = 35.5 \\ R_{v3} (tf) = 20.8 \\ R_{v4} (tf) = 6.0 \\ R_{v5} (tf) = -8.8 \end{array}$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 9.29$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -148.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -100.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -10.9 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 356.9$$

$$\begin{array}{l}
 a = f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \\
 c = M_d
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 310.857 & -1088 & 356.9 & 739988
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.366$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x \qquad z \text{ (m)} = 1.253 \qquad \begin{array}{l} x / d = 0.262 \\ k_{md} = 0.159 \end{array}$$

$$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{65.49}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 18.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 15.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 \cdot M_g + 1,4 \cdot M_{q1} + 0,7 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 46.9$$

$$\begin{array}{l}
 a = f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \\
 c = M_d
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 310.857 & -1088 & 46.9 & 1125488
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.044$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x \qquad z \text{ (m)} = 1.383 \qquad \begin{array}{l} x / d = 0.031 \\ k_{md} = 0.021 \end{array}$$

$$A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{7.79}$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w \cdot h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{18.0}$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 77.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 50.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 178.5$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 106.0$$

$$A_{sw}/s = 19.4 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 24.20 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 98.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 63.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 3.3 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 228.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 156.0$$

$$A_{sw}/s = 28.5 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 35.60 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

Portico Plano Travessa P1 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

coordenadas dos nos

1	0.0000	4.8500
2	0.6000	4.8500
3	2.6000	4.8500
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	4.8500
6	5.9000	4.8500
7	8.5500	4.8500
8	9.2000	4.8500
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	4.8500
11	11.8000	4.8500

0

condicoes de contorno

4 111
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 4

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -69.370
5 PY -58.930
6 PY -58.930
7 PY -58.930
10 PY -69.370

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
2	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
3	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
4	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
5	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
6	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
7	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
8	U	0.000	0.000	WYA	-3.000

0

fim

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -47.500
5 PY -39.800
6 PY -32.100
7 PY -24.400
10 PY -16.600
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -50.300
5 PY -35.500
6 PY -20.800
7 PY -6.000
10 PY 8.800
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 9.290
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

 DATA : 1/26/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:24:12 AM
 ARQUIVO DE DADOS : travessapl_27x24x24x27_102,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	4.85E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.85E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.85E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.85E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.85E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.85E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.85E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.85E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.85E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó inicial	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-69.37	0.00
5	global	0.00	-58.93	0.00
6	global	0.00	-58.93	0.00
7	global	0.00	-58.93	0.00
10	global	0.00	-69.37	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	wxa	wxb	wya	
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-47.50	0.00
5	global	0.00	-39.80	0.00
6	global	0.00	-32.10	0.00
7	global	0.00	-24.40	0.00
10	global	0.00	-16.60	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-50.30	0.00
5	global	0.00	-35.50	0.00
6	global	0.00	-20.80	0.00
7	global	0.00	-6.00	0.00
10	global	0.00	8.80	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	9.29	0.00	0.00

fim do carregamento 4
 número de carregamentos 4

resultado da renumeração nodal
 perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 3.3E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1
 =====

Título : Peso Proprio

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-4.46009E-0006	-1.52501E-0003	4.27756E-0004
2	global	-4.46009E-0006	-1.26801E-0003	4.27589E-0004
3	global	-4.46009E-0006	-4.60938E-0004	2.00465E-0004
4	global	1.64513E-0031	-6.16977E-0030	-2.55976E-0031
5	global	-3.58159E-0006	-4.11035E-0004	9.85852E-0005
6	global	3.40999E-0018	-4.21744E-0004	2.44079E-0019
7	global	3.58159E-0006	-4.11035E-0004	-9.85852E-0005
8	global	4.46009E-0006	-4.60938E-0004	-2.00465E-0004
9	global	-1.64513E-0031	-6.16977E-0030	2.55976E-0031
10	global	4.46009E-0006	-1.26801E-0003	-4.27589E-0004
11	global	4.46009E-0006	-1.52501E-0003	-4.27756E-0004

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-4.68	175.46	7.28
9	global	4.68	175.46	-7.28

Resultante -0.00 350.93 2070.49

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)				
	força	força	momento	
	x	y	z	
	-0.000	-0.000	-0.000	

esforços nas barras					
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
		2	-0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-71.17	0.54
		3	0.00	77.17	-148.88
3	local	3	-4.68	98.29	133.47
		5	4.68	-96.34	-70.21
4	local	5	-4.68	37.41	70.21
		6	4.68	-29.46	18.41
5	local	6	-4.68	-29.47	-18.41
		7	4.68	37.42	-70.21
6	local	7	-4.68	-96.35	70.21
		8	4.68	98.30	-133.47
7	local	8	-0.00	77.17	148.88
		10	0.00	-71.17	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	175.46	4.68	15.41
		4	-175.46	-4.68	7.28
10	local	8	175.46	-4.68	-15.41
		9	-175.46	4.68	-7.28

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.81380E-0004	-1.01131E-0003	2.89277E-0004
2	global	-1.81380E-0004	-8.37753E-0004	2.89277E-0004
3	global	-1.81380E-0004	-2.90912E-0004	1.42914E-0004
4	global	5.64190E-0032	-3.89393E-0030	-3.48924E-0032
5	global	-1.81079E-0004	-2.50767E-0004	7.51598E-0005
6	global	-1.79851E-0004	-2.37461E-0004	9.65551E-0006
7	global	-1.78622E-0004	-1.56114E-0004	2.41182E-0005
8	global	-1.78321E-0004	-1.30451E-0004	5.41667E-0006
9	global	-5.64190E-0032	-1.74613E-0030	1.40679E-0031
10	global	-1.78321E-0004	-2.10836E-0004	-4.57334E-0005
11	global	-1.78321E-0004	-2.38276E-0004	-4.57334E-0005

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-1.60	110.74	0.99
9	global	1.60	49.66	-4.00

Resultante 0.00 160.40 741.78

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nó	nas forças normal	nas barras forças cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-47.50	-0.00
3	local	3	0.00	47.50	-95.00
3	local	3	-1.60	63.24	88.21
4	local	5	1.60	-63.24	-47.10
4	local	5	-1.60	23.44	47.10
5	local	6	1.60	-23.44	15.02
5	local	6	-1.60	-8.66	-15.02
6	local	7	1.60	8.66	-7.93
6	local	7	-1.60	-33.06	7.93
7	local	8	1.60	33.06	-29.42
7	local	8	0.00	16.60	33.20
8	local	10	-0.00	-16.60	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
9	local	11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	110.74	1.60	6.79
10	local	4	-110.74	-1.60	0.99
10	local	8	49.66	-1.60	-3.78
		9	-49.66	1.60	-4.00

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-3.44968E-0004	-1.14379E-0003	3.41363E-0004
2	global	-3.44968E-0004	-9.38981E-0004	3.41363E-0004
3	global	-3.44968E-0004	-2.89837E-0004	1.86372E-0004
4	global	3.65404E-0032	-3.87954E-0030	4.43070E-0032
5	global	-3.44773E-0004	-2.22206E-0004	1.11475E-0004
6	global	-3.43978E-0004	-1.53681E-0004	1.84940E-0005
7	global	-3.43182E-0004	-4.10555E-0005	7.84104E-0005
8	global	-3.42987E-0004	1.71592E-0005	9.73207E-0005
9	global	-3.65404E-0032	2.29680E-0031	1.58017E-0031
10	global	-3.42987E-0004	2.60157E-0004	1.24436E-0004
11	global	-3.42987E-0004	3.34819E-0004	1.24436E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z	
4	global	-1.04	110.33	-1.26
9	global	1.04	-6.53	-4.49

Resultante 0.00 103.80 221.01

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nó	nas forças normal	nas barras forças cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-50.30	-0.00

3	local	3	0.00	50.30	-100.60
		3	-1.04	60.03	94.30
		5	1.04	-60.03	-55.28
4	local	5	-1.04	24.53	55.28
		6	1.04	-24.53	9.73
5	local	6	-1.04	3.73	-9.73
		7	1.04	-3.73	19.62
6	local	7	-1.04	-2.27	-19.62
		8	1.04	2.27	18.15
7	local	8	0.00	-8.80	-17.60
		10	-0.00	8.80	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	110.33	1.04	6.30
		4	-110.33	-1.04	-1.26
10	local	8	-6.53	-1.04	-0.55
		9	6.53	1.04	-4.49

carregamento 4

Título : Vento

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento		
	x	y	z	
1	global	5.45750E-0004	6.98040E-0005	-2.35428E-0005
2	global	5.44140E-0004	5.56783E-0005	-2.35428E-0005
3	global	5.38773E-0004	8.59274E-0006	-2.35428E-0005
4	global	1.64518E-0031	1.15016E-0031	-4.15746E-0031
5	global	5.37907E-0004	-1.92934E-0006	-1.37232E-0005
6	global	5.34377E-0004	-6.23320E-0007	4.27506E-0006
7	global	5.30847E-0004	1.48660E-0006	-1.31165E-0005
8	global	5.29981E-0004	-8.59274E-0006	-2.27873E-0005
9	global	1.62141E-0031	-1.15016E-0031	-4.09443E-0031
10	global	5.29981E-0004	-5.41673E-0005	-2.27873E-0005
11	global	5.29981E-0004	-6.78396E-0005	-2.27873E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-4.68	-3.27	11.82
9	global	-4.61	3.27	11.64
Resultante		-9.29	0.00	45.06

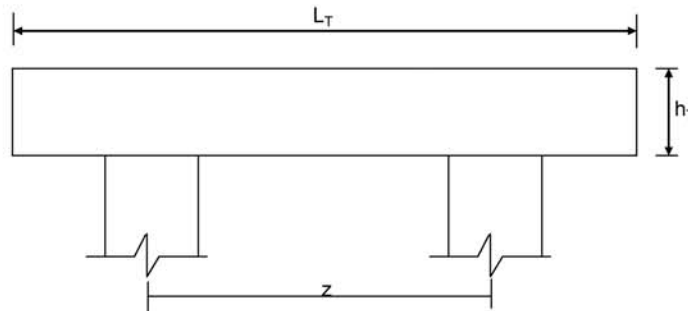
NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	0.000	0.000

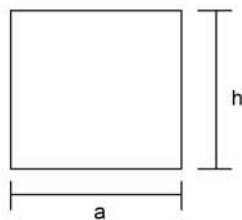
barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		momento Fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	9.29	-0.00	-0.00
		2	-9.29	0.00	-0.00
2	local	2	9.29	-0.00	0.00
		3	-9.29	0.00	-0.00
3	local	3	4.61	-3.27	-10.87
		5	-4.61	3.27	8.74
4	local	5	4.61	-3.27	-8.74
		6	-4.61	3.27	0.07
5	local	6	4.61	-3.27	-0.07
		7	-4.61	3.27	-8.59
6	local	7	4.61	-3.27	8.59
		8	-4.61	3.27	-10.72
7	local	8	-0.00	0.00	0.00
		10	0.00	-0.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	-3.27	4.68	10.87
		4	3.27	-4.68	11.82
10	local	8	3.27	4.61	10.72
		9	-3.27	-4.61	11.64

Fim Do Programa

Dimensionamento da Travessa de P2



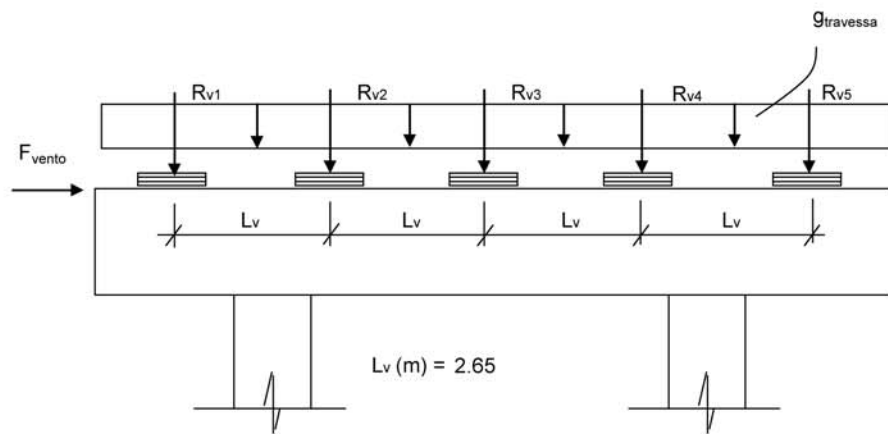
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**
 d apoio (m) = 1.50
 S (m²) = 1.80
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa



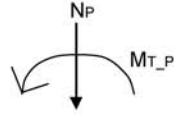
- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

L_v (m) = 2.65

R_{v1} (tf) = 85.33
 R_{v2} (tf) = 79.00
 R_{v3} (tf) = 79.00
 R_{v4} (tf) = 79.00
 R_{v5} (tf) = 85.33

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{matrix} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & X5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & & \end{matrix}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 134.0$	$N_d (tf) = 132.9$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.5$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.7$
$R_{v1} (tf) = 41.4$	$R_{v1} (tf) = 41.2$
$R_{v2} (tf) = 34.1$	$R_{v2} (tf) = 33.9$
$R_{v3} (tf) = 26.8$	$R_{v3} (tf) = 26.6$
$R_{v4} (tf) = 19.5$	$R_{v4} (tf) = 19.3$
$R_{v5} (tf) = 12.2$	$R_{v5} (tf) = 12.0$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 88.1$	$N_d (tf) = 87.6$
$M_{T-e} (tf.m) = 333.3$	$M_{T-d} (tf.m) = 331.8$
$R_{v1} (tf) = 42.8$	$R_{v1} (tf) = 42.6$
$R_{v2} (tf) = 30.2$	$R_{v2} (tf) = 30.0$
$R_{v3} (tf) = 17.6$	$R_{v3} (tf) = 17.5$
$R_{v4} (tf) = 5.0$	$R_{v4} (tf) = 5.0$
$R_{v5} (tf) = -7.5$	$R_{v5} (tf) = -7.5$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 113.3$	$N_d (tf) = 112.2$	$N_P (tf) = 225.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 198.0$
$R_{v1} (tf) = 30.1$	$R_{v1} (tf) = 29.9$	$R_{v1} (tf) = 60.0$
$R_{v2} (tf) = 26.4$	$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 52.6$
$R_{v3} (tf) = 22.7$	$R_{v3} (tf) = 22.4$	$R_{v3} (tf) = 45.1$
$R_{v4} (tf) = 18.9$	$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 37.6$
$R_{v5} (tf) = 15.2$	$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 30.2$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 67.5$	$N_d (tf) = 66.9$	$N_P (tf) = 134.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 238.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 237.1$	$M_{T-P} (tf.m) = 475.9$
$R_{v1} (tf) = 31.5$	$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 62.8$
$R_{v2} (tf) = 22.5$	$R_{v2} (tf) = 22.3$	$R_{v2} (tf) = 44.8$
$R_{v3} (tf) = 13.5$	$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 26.9$
$R_{v4} (tf) = 4.5$	$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 8.9$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -9.0$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (\text{tf}) = 12.38$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = -185.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = -125.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = -19.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 449.5$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

	a	b	c	Δ
	466.286	-1748.57	449.5	2219163

$$x (\text{m}) = 0.278$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.389$$

$$x / d = 0.185$$

$$k_{md} = 0.117$$

$$A_s^- (\text{cm}^2) = 74.43$$

b) Seção do vão

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = 36.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = 20.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 80.4$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

	a	b	c	Δ
	466.286	-1632	80.4	2513424

$$x (\text{m}) = 0.050$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.380$$

$$x / d = 0.036$$

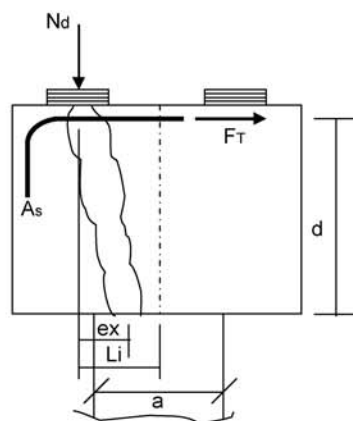
$$k_{md} = 0.024$$

$$A_s^+ (\text{cm}^2) = 13.40$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal


$$\begin{aligned} a (m) &= 0.80 \\ d (m) &= 1.40 \\ Li (m) &= 0.35 \end{aligned}$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = Nd * e_x / d$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (tf) = 41.78$$

$$N_p (tf) = 42.8 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 118.4$$

$$F_{td} (tf) = 12.7$$

$$A_s (cm^2) = 2.9$$

Apoio direito

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_p (tf) = 42.6 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 120.6$$

$$F_{td} (tf) = 12.9$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

logo será adotado :

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 97.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 60.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 62.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 193.8 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 195.8 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 219.8 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 223.8 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 720.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd} (tf) = 85.2$	$A_{sw/s} = 15.5$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 87.1$	$A_{sw/s} = 15.9$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 111.2$	$A_{sw/s} = 20.3$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 115.1$	$A_{sw/s} = 21.0$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PTC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PMC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w = 16.92$	(cm^2/m^2)	PTC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w = 17.51$	(cm^2/m^2)	PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

$V_g (tf) = 133.4$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q (tf) = 54.4$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 82.2$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q (tf) = 75.2$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} (tf) = 5.8$	(vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

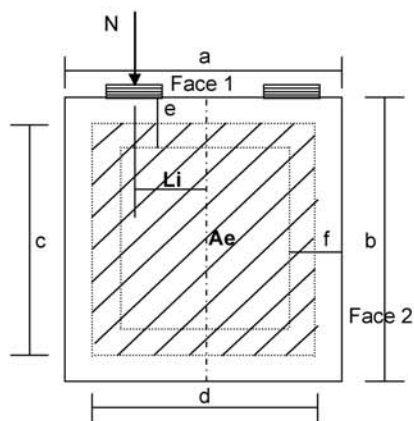
$V_{sd} (tf) = 266.9$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 262.0$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 305.8$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} (tf) = 296.1$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} (tf) = 158.3$	$A_{sw/s} = 28.9$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 153.4$	$A_{sw/s} = 28.0$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} (tf) = 197.2$	$A_{sw/s} = 36.0$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} (tf) = 187.5$	$A_{sw/s} = 34.2$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 24.08$ (cm^2/m^2)	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 23.33$ (cm^2/m^2)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 30.00$ (cm^2/m^2)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 28.52$ (cm^2/m^2)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$MT_{sd} = 1,4 * MT_{g} + 1,4 * MT_{p}$$

$$A_{sw} / s = MT_{sd} / (2 * Ae * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

a (m) = 1.200	e (m) = 0.200
b (m) = 1.500	f (m) = 0.250
c (m) = 1.300	
d (m) = 0.950	

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$Ae = c * d \quad Ae \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (Ne - Nd) * Li$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (Ne ; Nd) * Li$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (Ne - Nd) * Li$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _T (tf.m)
Peso Prop.	41.78	43.6	0.35	0.62
1 Vão - PTC	41.4	41.2	0.35	14.49
1 Vão - PMC	42.8	42.6	0.35	14.97
2 Vãos - PTC	30.1	29.9	0.35	0.08
2 Vãos - PMC	31.5	31.3	0.35	0.08

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,4 * M_{T_g} + 1,4 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M _{Td} (tf.m)	21.2	21.8	1.0	1.0

Face	b _w (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)
1	0.25	2.0	7.9	2.0	8.1	0.1	0.4	0.1	0.4
2	0.20	2.0	9.8	2.0	10.2	0.1	0.5	0.1	0.5

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq TR_{D1}$$

$$TR_{D1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	TR _{D1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / TR_{D1} + V_{sd} / VR_{D2} \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma
1	0.096	0.371	0.467	0.099	0.364	0.463
2	0.120	0.371	0.491	0.124	0.364	0.488

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{TR_{D1}}$	$\frac{V_{sd}}{VR_{D2}}$	Soma
1	0.004	0.425	0.429	0.004	0.411	0.416
2	0.006	0.425	0.430	0.006	0.411	0.417

Portico Plano Travessa P2 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

coordenadas dos nos

1	0.0000	6.4500
2	0.6000	6.4500
3	2.6000	6.4500
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	6.4500
6	5.9000	6.4500
7	8.5500	6.4500
8	9.2000	6.4500
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	6.4500
11	11.8000	6.4500

0

condicoes de contorno

4 111
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
2 8.000E-0001 8.000E-0001 6.667E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 6

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -85.330
5 PY -79.000
6 PY -79.000
7 PY -79.000
10 PY -85.330

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
2	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
3	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
4	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
5	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
6	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
7	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
8	U	0.000	0.000	WYA	-4.500

0

fim


```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.400
5 PY -34.100
6 PY -26.800
7 PY -19.500
10 PY -12.200
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.800
5 PY -30.200
6 PY -17.600
7 PY -5.000
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -60.000
5 PY -52.600
6 PY -45.100
7 PY -37.600
10 PY -30.200
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -62.800
5 PY -44.800
6 PY -26.900
7 PY -8.900
10 PY 9.000
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 12.380
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

 DATA : 1/26/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:24:08 AM
 ARQUIVO DE DADOS : travessap2_27x24x24x27_102,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	6.45E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	6.45E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	6.45E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	6.45E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	6.45E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	6.45E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	6.45E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	6.45E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	6.45E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade	.....	2.885E+0006
M. E. Transversal	...	1.202E+0006
C. Poisson	.....	2.000E-0001
C. D. Térmica	.....	1.000E-0005
P. Específico	.....	2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	6.67E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-85.33	0.00
5	global	0.00	-79.00	0.00
6	global	0.00	-79.00	0.00
7	global	0.00	-79.00	0.00
10	global	0.00	-85.33	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.40	0.00
5	global	0.00	-34.10	0.00
6	global	0.00	-26.80	0.00
7	global	0.00	-19.50	0.00
10	global	0.00	-12.20	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.80	0.00
5	global	0.00	-30.20	0.00
6	global	0.00	-17.60	0.00
7	global	0.00	-5.00	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-60.00	0.00
5	global	0.00	-52.60	0.00
6	global	0.00	-45.10	0.00
7	global	0.00	-37.60	0.00
10	global	0.00	-30.20	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-62.80	0.00
5	global	0.00	-44.80	0.00
6	global	0.00	-26.90	0.00
7	global	0.00	-8.90	0.00
10	global	0.00	9.00	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

cargas nodais

nó	sistema	força _x	força _y	momento _z
1	global	12.38	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 5.9E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

deslocamentos nodais				
no	sistema	deslocamento _x	deslocamento _y	rotacao _z
1	global	-2.35158E-0006	-1.46328E-0003	3.30372E-0004
2	global	-2.35158E-0006	-1.26471E-0003	3.30206E-0004
3	global	-2.35158E-0006	-6.43880E-0004	1.41825E-0004
4	global	8.72677E-0032	-5.43339E-0030	-1.81701E-0031
5	global	-1.88839E-0006	-6.21859E-0004	5.73722E-0005
6	global	1.22429E-0018	-6.73832E-0004	2.10153E-0019
7	global	1.88839E-0006	-6.21859E-0004	-5.73722E-0005
8	global	2.35158E-0006	-6.43880E-0004	-1.41825E-0004
9	global	-8.72677E-0032	-5.43339E-0030	1.81701E-0031
10	global	2.35158E-0006	-1.26471E-0003	-3.30206E-0004
11	global	2.35158E-0006	-1.46328E-0003	-3.30372E-0004

reações nos apoios				
nó	sistema	força _x	força _y	momento _z
4	global	-3.70	230.38	7.70
9	global	3.70	230.38	-7.70

Resultante -0.00 460.76 2718.48

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem
 do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força _x	força _y	momento _z
-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s			b a r r a s	
		nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	
2	local	2	0.00	2.70	-0.81	
3	local	3	-0.00	-88.03	0.81	
4	local	5	0.00	97.03	-185.87	
5	local	3	-3.70	133.35	169.71	
6	local	5	3.70	-130.42	-83.98	
7	local	5	-3.70	51.42	83.98	
8	local	6	3.70	-39.50	36.49	
9	local	6	-3.70	-39.50	-36.49	
10	local	7	3.70	51.43	-83.98	
11	local	7	-3.70	-130.42	83.98	
12	local	8	3.70	133.35	-169.71	
13	local	8	-0.00	97.03	185.87	
14	local	10	0.00	-88.03	-0.81	
15	local	10	-0.00	2.70	0.81	
16	local	11	0.00	-0.00	0.00	
17	local	3	230.38	3.70	16.16	
18	local	4	-230.38	-3.70	7.70	
19	local	8	230.38	-3.70	-16.16	
20	local	9	-230.38	3.70	-7.70	

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.79494E-0004	-7.14657E-0004	1.78933E-0004
2	global	-1.79494E-0004	-6.07297E-0004	1.78933E-0004
3	global	-1.79494E-0004	-2.67774E-0004	9.40140E-0005
4	global	2.37238E-0032	-2.25961E-0030	-1.03944E-0032
5	global	-1.79368E-0004	-2.37086E-0004	5.46363E-0005
6	global	-1.78854E-0004	-2.01608E-0004	1.52922E-0005
7	global	-1.78341E-0004	-1.29005E-0004	2.57117E-0005
8	global	-1.78215E-0004	-1.06737E-0004	1.69034E-0005
9	global	-2.37238E-0032	-9.00702E-0031	8.83965E-0032
10	global	-1.78215E-0004	-1.17573E-0004	-8.12096E-0006
11	global	-1.78215E-0004	-1.22446E-0004	-8.12096E-0006

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-1.01	95.81	0.44
9	global	1.01	38.19	-3.75

Resultante	0.00	134.00	597.15	

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s			b a r r a s	momento
		força	força	momento		
sistema	nó	normal	cortante	fletor		
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00	
2	local	2	-0.00	0.00	-0.00	
3	local	3	-0.00	-41.40	-0.00	
4	local	5	0.00	41.40	-82.80	
5	local	3	-1.01	54.41	76.75	
6	local	5	1.01	-54.41	-41.39	
7	local	6	-1.01	20.31	41.39	
8	local	6	1.01	-20.31	12.43	
9	local	7	-1.01	-6.49	-12.43	
10	local	7	1.01	6.49	-4.77	
11	local	8	-1.01	-25.99	4.77	
12	local	8	1.01	25.99	-21.66	
13	local	10	-0.00	12.20	24.40	
14	local	10	0.00	-12.20	0.00	
15	local	10	0.00	-0.00	-0.00	
16	local	11	-0.00	0.00	-0.00	
17	local	3	95.81	1.01	6.05	
18	local	4	-95.81	-1.01	0.44	
19	local	8	38.19	-1.01	-2.74	
20	local	9	-38.19	1.01	-3.75	

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-3.08530E-0004	-7.86026E-0004	2.08892E-0004
2	global	-3.08530E-0004	-6.60691E-0004	2.08892E-0004
3	global	-3.08530E-0004	-2.61871E-0004	1.21101E-0004
4	global	1.57301E-0032	-2.20980E-0030	3.44341E-0032
5	global	-3.08447E-0004	-2.13355E-0004	7.89056E-0005
6	global	-3.08107E-0004	-1.32136E-0004	2.63682E-0005
7	global	-3.07766E-0004	-2.70570E-0005	5.95180E-0005
8	global	-3.07683E-0004	1.56438E-0005	6.99728E-0005
9	global	-1.57301E-0032	1.32010E-0031	9.99375E-0032
10	global	-3.07683E-0004	1.83034E-0004	8.53566E-0005
11	global	-3.07683E-0004	2.34248E-0004	8.53566E-0005

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-0.67	93.70	-1.46
9	global	0.67	-5.60	-4.24

Resultante	0.00	88.10	186.42
------------	------	-------	--------

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento
		x	y	z
		0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s	b a r r a s	momento	
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-42.80	-0.00
		3	0.00	42.80	-85.60
3	local	3	-0.67	50.90	79.84
		5	0.67	-50.90	-46.75
4	local	5	-0.67	20.70	46.75
		6	0.67	-20.70	8.09
5	local	6	-0.67	3.10	-8.09
		7	0.67	-3.10	16.30
6	local	7	-0.67	-1.90	-16.30
		8	0.67	1.90	15.06
7	local	8	-0.00	-7.50	-15.06
		10	0.00	7.50	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	93.70	0.67	5.76
		4	-93.70	-0.67	-1.46
10	local	8	-5.60	-0.67	-0.06
		9	5.60	0.67	-4.24

c a r r e g a m e n t o 4

=====

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-1.83628E-0004	-1.00667E-0003	2.44558E-0004
2 global	-1.83628E-0004	-8.59939E-0004	2.44558E-0004
3 global	-1.83628E-0004	-3.97405E-0004	1.21487E-0004
4 global	3.99232E-0032	-3.35351E-0030	-4.33170E-0032
5 global	-1.83416E-0004	-3.63304E-0004	6.53531E-0005
6 global	-1.82552E-0004	-3.39274E-0004	1.56581E-0005
7 global	-1.81689E-0004	-2.52768E-0004	1.66778E-0005
8 global	-1.81477E-0004	-2.32835E-0004	-8.27680E-0006
9 global	-3.99232E-0032	-1.96478E-0030	1.22931E-0031
10 global	-1.81477E-0004	-3.59900E-0004	-7.02224E-0005
11 global	-1.81477E-0004	-4.02033E-0004	-7.02224E-0005

reações nos apoios

nó sistema	força	força	momento
	x	y	z
4 global	-1.69	142.19	1.84
9 global	1.69	83.31	-5.21

Resultante	0.00	225.50	1132.76
------------	------	--------	---------

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento
		x	y	z
		0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s	b a r r a s	momento	
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	0.00
		2	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-60.00	-0.00
		3	0.00	60.00	-120.00
3	local	3	-1.69	82.19	110.92
		5	1.69	-82.19	-57.49

4	local	5	-1.69	29.59	57.49
		6	1.69	-29.59	20.92
5	local	6	-1.69	-15.51	-20.92
		7	1.69	15.51	-20.17
6	local	7	-1.69	-53.11	20.17
		8	1.69	53.11	-54.69
7	local	8	-0.00	30.20	60.40
		10	0.00	-30.20	-0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	142.19	1.69	9.08
		4	-142.19	-1.69	1.84
10	local	8	83.31	-1.69	-5.71
		9	-83.31	1.69	-5.21

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento		
	x	y	z	
1	global	-4.40429E-0004	-1.14825E-0003	3.03952E-0004
2	global	-4.40429E-0004	-9.65883E-0004	3.03952E-0004
3	global	-4.40429E-0004	-3.85802E-0004	1.75138E-0004
4	global	2.38563E-0032	-3.25559E-0030	4.62284E-0032
5	global	-4.40302E-0004	-3.16408E-0004	1.13366E-0004
6	global	-4.39786E-0004	-2.02072E-0004	3.76021E-0005
7	global	-4.39270E-0004	-5.06480E-0005	8.42016E-0005
8	global	-4.39143E-0004	1.01726E-0005	9.75970E-0005
9	global	-2.38563E-0032	8.58422E-0032	1.45571E-0031
10	global	-4.39143E-0004	2.38300E-0004	1.16057E-0004
11	global	-4.39143E-0004	3.07935E-0004	1.16057E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-1.01	138.04	-1.96
9	global	1.01	-3.64	-6.17
Resultante		0.00	134.40	317.28

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nós	forças		momento fletor
			normal	cortante	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-62.80	-0.00
		3	0.00	62.80	-125.60
3	local	3	-1.01	75.24	117.12
		5	1.01	-75.24	-68.21
4	local	5	-1.01	30.44	68.21
		6	1.01	-30.44	12.46
5	local	6	-1.01	3.54	-12.46
		7	1.01	-3.54	21.84
6	local	7	-1.01	-5.36	-21.84
		8	1.01	5.36	18.35
7	local	8	-0.00	-9.00	-18.00
		10	0.00	9.00	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	138.04	1.01	8.48
		4	-138.04	-1.01	-1.96
10	local	8	-3.64	-1.01	-0.35
		9	3.64	1.01	-6.17

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento		
	x	y	z	
1	global	8.65232E-0004	9.25261E-0005	-2.93671E-0005
2	global	8.63802E-0004	7.49059E-0005	-2.93671E-0005
3	global	8.59034E-0004	1.61717E-0005	-2.93671E-0005
4	global	1.46584E-0031	1.36465E-0031	-4.93386E-0031
5	global	8.58262E-0004	2.70283E-0006	-1.78423E-0005
6	global	8.55116E-0004	-4.13622E-0007	3.19584E-0006
7	global	8.51970E-0004	-2.99662E-0006	-1.74396E-0005
8	global	8.51198E-0004	-1.61717E-0005	-2.88657E-0005
9	global	1.45391E-0031	-1.36465E-0031	-4.89187E-0031
10	global	8.51198E-0004	-7.39031E-0005	-2.88657E-0005
11	global	8.51198E-0004	-9.12226E-0005	-2.88657E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-6.22	-5.79	20.92
9	global	-6.16	5.79	20.74

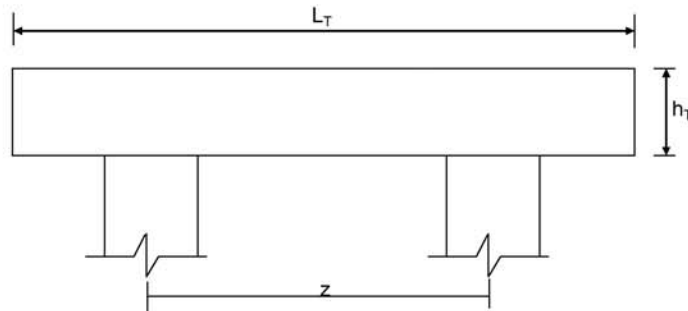
Resultante	-12.38	-0.00	79.85	

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

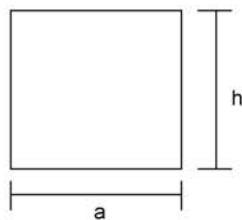
diferença de equilíbrio		(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)		
		força	força	momento
		x	y	z
		-0.000	-0.000	0.000
barra	e s f o r ç o s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
sistema	nó	força normal	força cortante	fletor
1	local	1	12.38	-0.00
		2	-12.38	0.00
2	local	2	12.38	-0.00
		3	-12.38	0.00
3	local	3	6.16	-19.17
		5	-6.16	15.41
4	local	5	6.16	-15.41
		6	-6.16	0.07
5	local	6	6.16	-0.07
		7	-6.16	-15.26
6	local	7	6.16	15.26
		8	-6.16	-19.02
7	local	8	0.00	-0.00
		10	-0.00	0.00
8	local	10	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00
9	local	3	-5.79	19.17
		4	5.79	20.92
10	local	8	5.79	19.02
		9	-5.79	20.74

Fim Do Programa

Dimensionamento da Travessa de P3



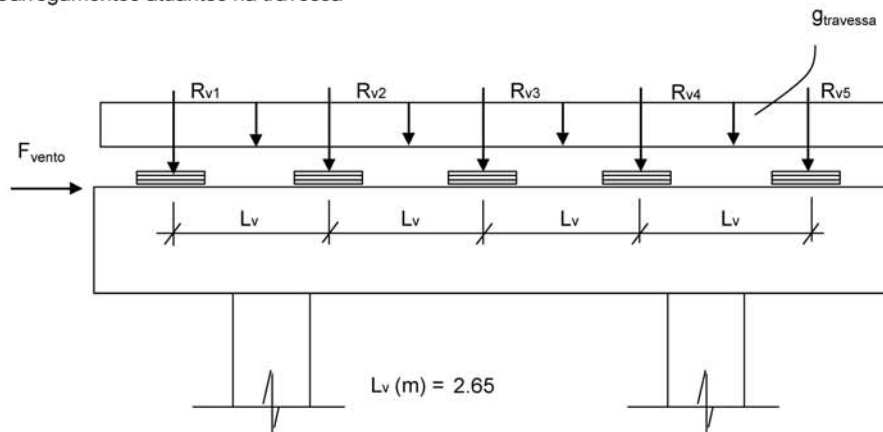
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d** é a altura efetiva da seção
 d apoio (m) = 1.50
 S (m²) = 1.80
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

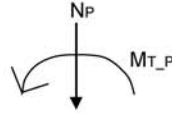


- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

R_{v1} (tf) = 87.10
 R_{v2} (tf) = 80.10
 R_{v3} (tf) = 80.10
 R_{v4} (tf) = 80.10
 R_{v5} (tf) = 87.10

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & X5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 132.9$	$N_d (tf) = 132.9$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.7$
$R_{v1} (tf) = 41.2$	$R_{v1} (tf) = 41.2$
$R_{v2} (tf) = 33.9$	$R_{v2} (tf) = 33.9$
$R_{v3} (tf) = 26.6$	$R_{v3} (tf) = 26.6$
$R_{v4} (tf) = 19.3$	$R_{v4} (tf) = 19.3$
$R_{v5} (tf) = 12.0$	$R_{v5} (tf) = 12.0$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 87.6$	$N_d (tf) = 87.6$
$M_{T-e} (tf.m) = 331.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 331.8$
$R_{v1} (tf) = 42.6$	$R_{v1} (tf) = 42.6$
$R_{v2} (tf) = 30.0$	$R_{v2} (tf) = 30.0$
$R_{v3} (tf) = 17.5$	$R_{v3} (tf) = 17.5$
$R_{v4} (tf) = 5.0$	$R_{v4} (tf) = 5.0$
$R_{v5} (tf) = -7.5$	$R_{v5} (tf) = -7.5$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 112.2$	$N_d (tf) = 112.2$	$N_P (tf) = 224.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 198.1$
$R_{v1} (tf) = 29.9$	$R_{v1} (tf) = 29.9$	$R_{v1} (tf) = 59.8$
$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 52.4$
$R_{v3} (tf) = 22.4$	$R_{v3} (tf) = 22.4$	$R_{v3} (tf) = 44.9$
$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 37.4$
$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 29.9$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 66.9$	$N_d (tf) = 66.9$	$N_P (tf) = 133.8$
$M_{T-e} (tf.m) = 237.1$	$M_{T-d} (tf.m) = 237.1$	$M_{T-P} (tf.m) = 474.2$
$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 62.6$
$R_{v2} (tf) = 22.3$	$R_{v2} (tf) = 22.3$	$R_{v2} (tf) = 44.7$
$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 26.8$
$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 8.9$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -9.0$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (\text{tf}) = 12.60$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = -189.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = -125.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = -19.8 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 454.3$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1748.57	454.3	2210115

$$x (\text{m}) = 0.281$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.388$$

$$x / d = 0.187$$

$$k_{md} = 0.118$$

$$A_s^- (\text{cm}^2) = 75.30$$

b) Seção do vão

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = 35.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = 20.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 79.4$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1632	79.4	2515278

$$x (\text{m}) = 0.049$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.380$$

$$x / d = 0.035$$

$$k_{md} = 0.024$$

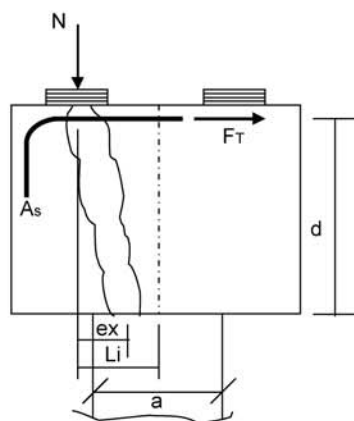
$$A_s^- (\text{cm}^2) = 13.24$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal



$$a (m) = 0.80$$

$$d (m) = 1.40$$

$$L_i (m) = 0.35$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = L_i - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d_b$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_p (tf) = 42.6 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 120.6$$

$$F_{td} (tf) = 12.9$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Apoio direito

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_p (tf) = 42.6 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 120.6$$

$$F_{td} (tf) = 12.9$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

logo será adotado :

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 98.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 59.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 62.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 196.0 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 198.0 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 222.0 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 226.0 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 720.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd} \text{ (tf)} = 87.4$	$A_{sw}/s = 16.0$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 89.3$	$A_{sw}/s = 16.3$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 113.4$	$A_{sw}/s = 20.7$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} \text{ (tf)} = 117.3$	$A_{sw}/s = 21.4$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)		PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 17.25$	(cm^2/m^2)		PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 17.85$	(cm^2/m^2)		PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

$V_g \text{ (tf)} = 135.0$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q \text{ (tf)} = 54.1$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q \text{ (tf)} = 50.6$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q \text{ (tf)} = 81.9$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q \text{ (tf)} = 75.1$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} \text{ (tf)} = 6.0$	(vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_{q1} + 0,5*1,4 * V_{q2}$$

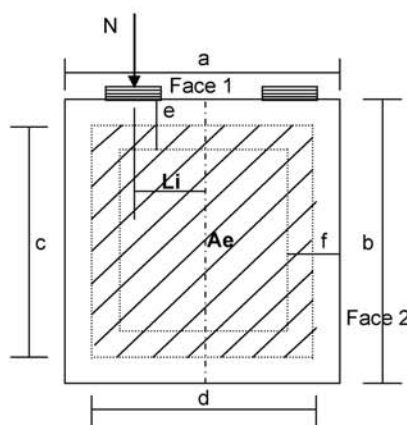
$V_{sd} \text{ (tf)} = 268.9$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} \text{ (tf)} = 264.1$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} \text{ (tf)} = 307.9$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} \text{ (tf)} = 298.3$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} \text{ (tf)} = 160.3$	$A_{sw}/s = 29.3$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 155.4$	$A_{sw}/s = 28.4$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 199.3$	$A_{sw}/s = 36.4$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} \text{ (tf)} = 189.6$	$A_{sw}/s = 34.6$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 24.39 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 23.64 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 30.31 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 28.85 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$MT_{sd} = 1,4 * M_{T_g} + 1,4 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = MT_{sd} / (2 * Ae * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

- a (m) = 1.200 e (m) = 0.200
- b (m) = 1.500 f (m) = 0.250
- c (m) = 1.300
- d (m) = 0.950

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$Ae = c * d \quad Ae \text{ (m}^2) = 1.235$$

$$M_T = (Ne - Nd) * Li$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (Ne ; Nd) * Li$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (Ne - Nd) * Li$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _T (tf.m)
Peso Prop.	43.55	43.55	0.35	0.00
1 Vão - PTC	41.2	41.2	0.35	14.4
1 Vão - PMC	42.6	42.6	0.35	14.9
2 Vãos - PTC	29.9	29.9	0.35	0.00
2 Vãos - PMC	31.3	31.3	0.35	0.00

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,4 * M_{T_g} + 1,4 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M _{Td} (tf.m)	20.2	20.9	0.0	0.0

Face	b _w (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)
1	0.25	1.9	7.5	1.9	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.20	1.9	9.4	1.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	T _{RD1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / T_{RD1} + V_{sd} / V_{RD2} \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.092	0.374	0.465	0.095	0.367	0.461
2	0.114	0.374	0.488	0.118	0.367	0.485

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.000	0.428	0.428	0.000	0.414	0.414
2	0.000	0.428	0.428	0.000	0.414	0.414

Portico Plano Travessa P3 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

coordenadas dos nos

1	0.0000	6.5500
2	0.6000	6.5500
3	2.6000	6.5500
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	6.5500
6	5.9000	6.5500
7	8.5500	6.5500
8	9.2000	6.5500
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	6.5500
11	11.8000	6.5500

0

condicoes de contorno

4 111
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
2 8.000E-0001 8.000E-0001 6.667E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 6

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -87.100
5 PY -80.100
6 PY -80.100
7 PY -80.100
10 PY -87.100

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
2	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
3	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
4	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
5	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
6	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
7	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
8	U	0.000	0.000	WYA	-4.500

0

fim

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.200
5 PY -33.900
6 PY -26.600
7 PY -19.300
10 PY -12.000
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.600
5 PY -30.000
6 PY -17.500
7 PY -5.000
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -59.800
5 PY -52.400
6 PY -44.900
7 PY -37.400
10 PY -29.900
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -62.600
5 PY -44.700
6 PY -26.800
7 PY -8.900
10 PY 9.000
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 12.600
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

 DATA : 1/26/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:24:04 AM
 ARQUIVO DE DADOS : travessap3_27x24x24x27_102,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	6.55E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	6.55E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	6.55E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó inicial	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	6.67E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-87.10	0.00
5	global	0.00	-80.10	0.00
6	global	0.00	-80.10	0.00
7	global	0.00	-80.10	0.00
10	global	0.00	-87.10	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	wxa	wxb	wya	wyb
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.20	0.00
5	global	0.00	-33.90	0.00
6	global	0.00	-26.60	0.00
7	global	0.00	-19.30	0.00
10	global	0.00	-12.00	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.60	0.00
5	global	0.00	-30.00	0.00
6	global	0.00	-17.50	0.00
7	global	0.00	-5.00	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-59.80	0.00
5	global	0.00	-52.40	0.00
6	global	0.00	-44.90	0.00
7	global	0.00	-37.40	0.00
10	global	0.00	-29.90	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-62.60	0.00
5	global	0.00	-44.70	0.00
6	global	0.00	-26.80	0.00
7	global	0.00	-8.90	0.00
10	global	0.00	9.00	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

cargas nodais

nó	sistema	força _x	força _y	momento _z
1	global	12.60	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 6.1E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

deslocamentos nodais				
no	sistema	deslocamento _x	deslocamento _y	rotacao _z
1	global	-2.37200E-0006	-1.50573E-0003	3.39427E-0004
2	global	-2.37200E-0006	-1.30172E-0003	3.39261E-0004
3	global	-2.37200E-0006	-6.63569E-0004	1.47250E-0004
4	global	8.80442E-0032	-5.51522E-0030	-1.86351E-0031
5	global	-1.90479E-0006	-6.39124E-0004	6.10515E-0005
6	global	2.81444E-0018	-6.87770E-0004	2.54789E-0019
7	global	1.90479E-0006	-6.39124E-0004	-6.10515E-0005
8	global	2.37200E-0006	-6.63569E-0004	-1.47250E-0004
9	global	-8.80442E-0032	-5.51522E-0030	1.86351E-0031
10	global	2.37200E-0006	-1.30172E-0003	-3.39261E-0004
11	global	2.37200E-0006	-1.50573E-0003	-3.39427E-0004

reações nos apoios				
nó	sistema	força _x	força _y	momento _z
4	global	-3.73	233.80	7.90
9	global	3.73	233.80	-7.90

Resultante -0.00 467.60 2758.84

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem
 do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

força _x	força _y	momento _z
-0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s			b a r r a s	
		sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	2	0.00	0.00	0.00
2	local	2	3	-0.00	2.70	-0.81
3	local	3	4	-0.00	-89.80	0.81
4	local	4	5	0.00	98.80	-189.41
5	local	5	6	-3.73	135.00	172.86
6	local	6	7	3.73	-132.07	-86.06
7	local	7	8	-3.73	51.97	86.06
8	local	8	9	3.73	-40.05	35.87
9	local	9	10	-3.73	-40.05	-35.87
10	local	10	11	3.73	51.98	-86.06
11	local	11	1	-3.73	-132.08	86.06
12	local	1	2	3.73	135.00	-172.86
13	local	2	3	-0.00	98.80	189.41
14	local	3	4	0.00	-89.80	-0.81
15	local	4	5	-0.00	2.70	0.81
16	local	5	6	0.00	-0.00	0.00
17	local	6	7	233.80	3.73	16.55
18	local	7	8	-233.80	-3.73	7.90
19	local	8	9	233.80	-3.73	-16.55
20	local	9	10	-233.80	3.73	-7.90

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.83553E-0004	-7.17099E-0004	1.78782E-0004
2	global	-1.83553E-0004	-6.09829E-0004	1.78782E-0004
3	global	-1.83553E-0004	-2.70518E-0004	9.42739E-0005
4	global	2.29699E-0032	-2.24840E-0030	-9.92715E-0033
5	global	-1.83431E-0004	-2.39519E-0004	5.50386E-0005
6	global	-1.82934E-0004	-2.02740E-0004	1.56683E-0005
7	global	-1.82437E-0004	-1.29429E-0004	2.60911E-0005
8	global	-1.82315E-0004	-1.06961E-0004	1.74415E-0005
9	global	-2.29699E-0032	-8.89002E-0031	8.73074E-0032
10	global	-1.82315E-0004	-1.15989E-0004	-7.17265E-0006
11	global	-1.82315E-0004	-1.20293E-0004	-7.17265E-0006

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-0.97	95.31	0.42
9	global	0.97	37.69	-3.70

Resultante	0.00	133.00	591.25	

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s			b a r r a s	momento
		força	força	momento		
	sistema	nó	normal	cortante	fletor	
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	
		2	0.00	0.00	0.00	
2	local	2	-0.00	-41.20	-0.00	
		3	0.00	41.20	-82.40	
3	local	3	-0.97	54.11	76.44	
		5	0.97	-54.11	-41.27	
4	local	5	-0.97	20.21	41.27	
		6	0.97	-20.21	12.30	
5	local	6	-0.97	-6.39	-12.30	
		7	0.97	6.39	-4.63	
6	local	7	-0.97	-25.69	4.63	
		8	0.97	25.69	-21.32	
7	local	8	0.00	12.00	24.00	
		10	-0.00	-12.00	-0.00	
8	local	10	0.00	-0.00	0.00	
		11	-0.00	0.00	0.00	
9	local	3	95.31	0.97	5.96	
		4	-95.31	-0.97	0.42	
10	local	8	37.69	-0.97	-2.68	
		9	-37.69	0.97	-3.70	

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-3.14268E-0004	-7.88400E-0004	2.08733E-0004
2	global	-3.14268E-0004	-6.63160E-0004	2.08733E-0004
3	global	-3.14268E-0004	-2.64568E-0004	1.21353E-0004
4	global	1.52584E-0032	-2.19894E-0030	3.40847E-0032
5	global	-3.14187E-0004	-2.15747E-0004	7.93101E-0005
6	global	-3.13857E-0004	-1.33119E-0004	2.68568E-0005
7	global	-3.13527E-0004	-2.69787E-0005	5.98719E-0005
8	global	-3.13446E-0004	1.59421E-0005	7.03152E-0005
9	global	-1.52584E-0032	1.32501E-0031	9.86754E-0032
10	global	-3.13446E-0004	1.84017E-0004	8.56990E-0005
11	global	-3.13446E-0004	2.35437E-0004	8.56990E-0005

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-0.65	93.22	-1.44
9	global	0.65	-5.62	-4.18

 Resultante 0.00 87.60 185.06
 NOTA:
 0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento	
		x	y	x	z
		0.000	-0.000		-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-0.00	0.00
		2	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-42.60	-0.00
		3	0.00	42.60	-85.20
3	local	3	-0.65	50.62	79.52
		5	0.65	-50.62	-46.62
4	local	5	-0.65	20.62	46.62
		6	0.65	-20.62	8.02
5	local	6	-0.65	3.12	-8.02
		7	0.65	-3.12	16.28
6	local	7	-0.65	-1.88	-16.28
		8	0.65	1.88	15.05
7	local	8	0.00	-7.50	-15.00
		10	-0.00	7.50	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	93.22	0.65	5.68
		4	-93.22	-0.65	-1.44
10	local	8	-5.62	-0.65	-0.05
		9	5.62	0.65	-4.18

c a r r e g a m e n t o 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-1.88372E-0004	-1.01134E-0003	2.44461E-0004
2 global	-1.88372E-0004	-8.64669E-0004	2.44461E-0004
3 global	-1.88372E-0004	-4.02241E-0004	1.21800E-0004
4 global	3.86259E-0032	-3.34320E-0030	-4.21339E-0032
5 global	-1.88168E-0004	-3.67812E-0004	6.57798E-0005
6 global	-1.87332E-0004	-3.42482E-0004	1.60700E-0005
7 global	-1.86496E-0004	-2.54965E-0004	1.73112E-0005
8 global	-1.86291E-0004	-2.34649E-0004	-7.39962E-0006
9 global	-3.86259E-0032	-1.95027E-0030	1.21374E-0031
10 global	-1.86291E-0004	-3.58862E-0004	-6.87299E-0005
11 global	-1.86291E-0004	-4.00100E-0004	-6.87299E-0005

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z
4 global	-1.64	141.72	1.79
9 global	1.64	82.68	-5.15

 Resultante 0.00 224.40 1125.74
 NOTA:
 0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento	
		x	y	x	z
		0.000	-0.000		-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
		2	0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-59.80	-0.00
		3	0.00	59.80	-119.60
3	local	3	-1.64	81.92	110.66
		5	1.64	-81.92	-57.41

4	local	5	-1.64	29.52	57.41
		6	1.64	-29.52	20.83
5	local	6	-1.64	-15.38	-20.83
		7	1.64	15.38	-19.92
6	local	7	-1.64	-52.78	19.92
		8	1.64	52.78	-54.22
7	local	8	0.00	29.90	59.80
		10	-0.00	-29.90	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	-0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	141.72	1.64	8.94
		4	-141.72	-1.64	1.79
10	local	8	82.68	-1.64	-5.58
		9	-82.68	1.64	-5.15

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais			rotacao
	deslocamento	deslocamento	deslocamento	
	x	y	z	
1	global	-4.49188E-0004	-1.15354E-0003	3.04075E-0004
2	global	-4.49188E-0004	-9.71099E-0004	3.04075E-0004
3	global	-4.49188E-0004	-3.90684E-0004	1.75671E-0004
4	global	2.31426E-0032	-3.24715E-0030	4.58875E-0032
5	global	-4.49065E-0004	-3.20834E-0004	1.14049E-0004
6	global	-4.48564E-0004	-2.04264E-0004	3.84195E-0005
7	global	-4.48063E-0004	-5.08879E-0005	8.48846E-0005
8	global	-4.47941E-0004	1.03665E-0005	9.82611E-0005
9	global	-2.31426E-0032	8.61607E-0032	1.43853E-0031
10	global	-4.47941E-0004	2.39822E-0004	1.16721E-0004
11	global	-4.47941E-0004	3.09855E-0004	1.16721E-0004

nó sistema	reações nos apoios			momento
	força	força	força	
	x	y	z	
4	global	-0.98	137.65	-1.95
9	global	0.98	-3.65	-6.10

Resultante		0.00	134.00	316.25

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nós	nas barras		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-62.60	-0.00
		3	0.00	62.60	-125.20
3	local	3	-0.98	75.05	116.83
		5	0.98	-75.05	-68.04
4	local	5	-0.98	30.35	68.04
		6	0.98	-30.35	12.39
5	local	6	-0.98	3.55	-12.39
		7	0.98	-3.55	21.80
6	local	7	-0.98	-5.35	-21.80
		8	0.98	5.35	18.33
7	local	8	0.00	-9.00	-18.00
		10	-0.00	9.00	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	137.65	0.98	8.37
		4	-137.65	-0.98	-1.95
10	local	8	-3.65	-0.98	-0.33
		9	3.65	0.98	-6.10

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento		
	x	y	z	
1	global	9.19162E-0004	9.61197E-0005	-3.04373E-0005
2	global	9.17706E-0004	7.78573E-0005	-3.04373E-0005
3	global	9.12853E-0004	1.69828E-0005	-3.04373E-0005
4	global	1.49195E-0031	1.41151E-0031	-5.09699E-0031
5	global	9.12067E-0004	3.00935E-0006	-1.85213E-0005
6	global	9.08865E-0004	-4.10572E-0007	3.22632E-0006
7	global	9.05662E-0004	-3.30098E-0006	-1.81216E-0005
8	global	9.04877E-0004	-1.69828E-0005	-2.99396E-0005
9	global	1.48031E-0031	-1.41151E-0031	-5.05541E-0031
10	global	9.04877E-0004	-7.68620E-0005	-2.99396E-0005
11	global	9.04877E-0004	-9.48258E-0005	-2.99396E-0005

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-6.32	-5.98	21.61
9	global	-6.28	5.98	21.43

Resultante	-12.60	0.00	82.53	

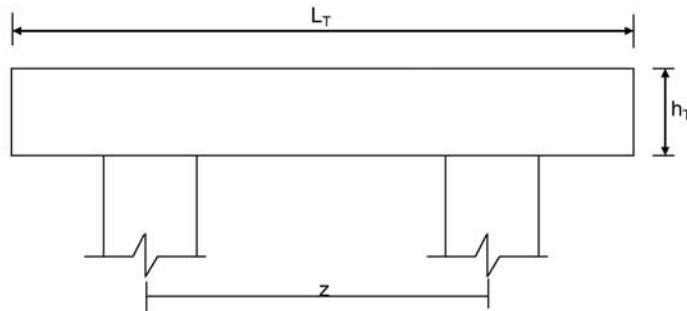
NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	0.000	0.000

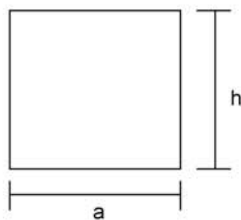
barra	e s f sistema	o r ç o s nó	n a s b a r r a s		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	12.60	-0.00	0.00
		2	-12.60	0.00	-0.00
2	local	2	12.60	-0.00	0.00
		3	-12.60	0.00	-0.00
3	local	3	6.28	-5.98	-19.82
		5	-6.28	5.98	15.93
4	local	5	6.28	-5.98	-15.93
		6	-6.28	5.98	0.07
5	local	6	6.28	-5.98	-0.07
		7	-6.28	5.98	-15.78
6	local	7	6.28	-5.98	15.78
		8	-6.28	5.98	-19.67
7	local	8	-0.00	-0.00	-0.00
		10	0.00	0.00	-0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	-5.98	6.32	19.82
		4	5.98	-6.32	21.61
10	local	8	5.98	6.28	19.67
		9	-5.98	-6.28	21.43

Fim Do Programa

Dimensionamento da Travessa de P4



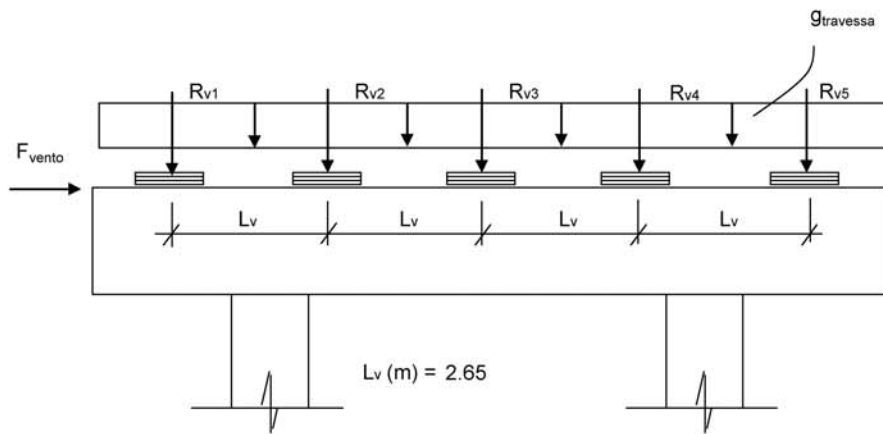
L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 1.200
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d** é a altura efetiva da seção
 d apoio (m) = 1.50
 S (m²) = 1.80
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$ g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

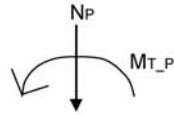


- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

R_{v1} (tf) = 85.33
 R_{v2} (tf) = 79.00
 R_{v3} (tf) = 79.00
 R_{v4} (tf) = 79.00
 R_{v5} (tf) = 85.33

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & X5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 132.9$	$N_d (tf) = 134.0$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.5$
$R_{v1} (tf) = 41.2$	$R_{v1} (tf) = 41.4$
$R_{v2} (tf) = 33.9$	$R_{v2} (tf) = 34.1$
$R_{v3} (tf) = 26.6$	$R_{v3} (tf) = 26.8$
$R_{v4} (tf) = 19.3$	$R_{v4} (tf) = 19.5$
$R_{v5} (tf) = 12.0$	$R_{v5} (tf) = 12.2$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 87.6$	$N_d (tf) = 88.1$
$M_{T-e} (tf.m) = 331.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 333.3$
$R_{v1} (tf) = 42.6$	$R_{v1} (tf) = 42.8$
$R_{v2} (tf) = 30.0$	$R_{v2} (tf) = 30.2$
$R_{v3} (tf) = 17.5$	$R_{v3} (tf) = 17.6$
$R_{v4} (tf) = 5.0$	$R_{v4} (tf) = 5.0$
$R_{v5} (tf) = -7.5$	$R_{v5} (tf) = -7.5$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 112.2$	$N_d (tf) = 113.3$	$N_P (tf) = 225.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 99.0$	$M_{T-P} (tf.m) = 198.0$
$R_{v1} (tf) = 29.9$	$R_{v1} (tf) = 30.1$	$R_{v1} (tf) = 60.0$
$R_{v2} (tf) = 26.2$	$R_{v2} (tf) = 26.4$	$R_{v2} (tf) = 52.6$
$R_{v3} (tf) = 22.4$	$R_{v3} (tf) = 22.7$	$R_{v3} (tf) = 45.1$
$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 18.9$	$R_{v4} (tf) = 37.6$
$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 15.2$	$R_{v5} (tf) = 30.2$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 66.9$	$N_d (tf) = 67.5$	$N_P (tf) = 134.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 237.1$	$M_{T-d} (tf.m) = 238.8$	$M_{T-P} (tf.m) = 475.9$
$R_{v1} (tf) = 31.3$	$R_{v1} (tf) = 31.5$	$R_{v1} (tf) = 62.8$
$R_{v2} (tf) = 22.3$	$R_{v2} (tf) = 22.5$	$R_{v2} (tf) = 44.8$
$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 13.5$	$R_{v3} (tf) = 26.9$
$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 4.5$	$R_{v4} (tf) = 8.9$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -9.0$

- Vento

$$F_{\text{vento}} (\text{tf}) = 13.06$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = -185.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = -125.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = -20.5 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 450.4$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1748.57	450.4	2217375

$$x (\text{m}) = 0.278$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.389$$

$$x / d = 0.185$$

$$k_{md} = 0.117$$

$$A_s^- (\text{cm}^2) = 74.60$$

b) Seção do vão

$$b_w (\text{m}) = 1.20$$

$$M_g (\text{tf.m}) = 36.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (\text{tf.m}) = 20.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (\text{tf.m}) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (\text{tf.m}) = 80.1$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1632	80.1	2514024

$$x (\text{m}) = 0.050$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (\text{m}) = 1.380$$

$$x / d = 0.036$$

$$k_{md} = 0.024$$

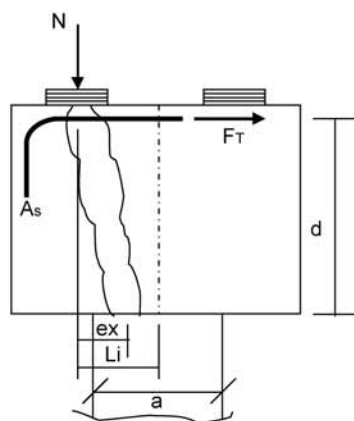
$$A_s^- (\text{cm}^2) = 13.35$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal



$$a (m) = 0.80$$

$$d (m) = 1.40$$

$$L_i (m) = 0.35$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = L_i - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d_b$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_p (tf) = 42.6 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 120.6$$

$$F_{td} (tf) = 12.9$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Apoio direito

$$N_g (tf) = 41.78$$

$$N_p (tf) = 42.8 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 118.4$$

$$F_{td} (tf) = 12.7$$

$$A_s (cm^2) = 2.9$$

logo será adotado :

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 97.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 60.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 62.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 193.8 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 195.8 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 219.8 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 223.8 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

$$\text{onde: } V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 720.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$V_{wd} \text{ (tf)} = 85.2$	$A_{sw}/s = 15.5$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 87.1$	$A_{sw}/s = 15.9$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 111.2$	$A_{sw}/s = 20.3$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} \text{ (tf)} = 115.1$	$A_{sw}/s = 21.0$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PTC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PMC - 1 Vão Carregado
	$\rho_w = 16.92$	(cm^2/m^2)	PTC - 2 Vãos Carregados
	$\rho_w = 17.51$	(cm^2/m^2)	PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

$V_g \text{ (tf)} = 133.4$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q \text{ (tf)} = 54.4$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q \text{ (tf)} = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q \text{ (tf)} = 82.2$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q \text{ (tf)} = 75.3$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} \text{ (tf)} = 6.2$	(vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

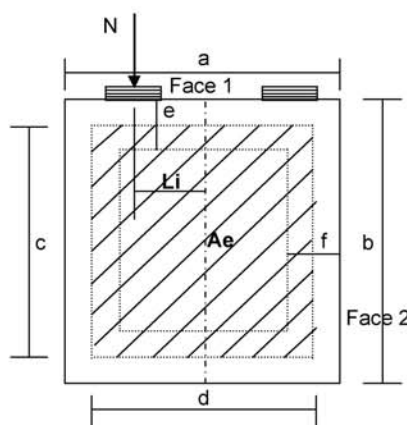
$V_{sd} \text{ (tf)} = 267.2$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} \text{ (tf)} = 262.3$	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} \text{ (tf)} = 306.1$	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{sd} \text{ (tf)} = 296.4$	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

$V_{wd} \text{ (tf)} = 158.6$	$A_{sw}/s = 28.9$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 153.7$	$A_{sw}/s = 28.1$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
$V_{wd} \text{ (tf)} = 197.5$	$A_{sw}/s = 36.0$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
$V_{wd} \text{ (tf)} = 187.8$	$A_{sw}/s = 34.3$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 24.12$ (cm ² /m ²)	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 23.38$ (cm ² /m ²)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 30.04$ (cm ² /m ²)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 28.56$ (cm ² /m ²)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$M_{Tsd} = 1,4 * M_{T_g} + 1,4 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / (2 * Ae * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

- a (m) = 1.200 e (m) = 0.200
- b (m) = 1.500 f (m) = 0.250
- c (m) = 1.300
- d (m) = 0.950

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$Ae = c * d \quad Ae \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (Ne - Nd) * Li$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (Ne ; Nd) * Li$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (Ne - Nd) * Li$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _T (tf.m)
Peso Prop.	43.55	41.78	0.35	0.62
1 Vão - PTC	41.2	41.4	0.35	14.5
1 Vão - PMC	42.6	42.8	0.35	15.0
2 Vãos - PTC	29.9	30.1	0.35	0.08
2 Vãos - PMC	31.3	31.5	0.35	0.08

Esforço de projeto

$$M_{Td} = 1,4 * M_{T_g} + 1,4 * M_{T_{CM}}$$

C.M.	1 Vão Carregado		2 Vãos Carregados	
	PTC	PMC	PTC	PMC
M _{Td} (tf.m)	21.2	21.8	1.0	1.0

Face	b _w (m)	1 Vão Carregado				2 Vãos Carregados			
		PTC		PMC		PTC		PMC	
		A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)	A _{sw} / s (cm ² / m)	ρ _{wt} (cm ² / m ²)
1	0.25	2.0	7.9	2.0	8.1	0.1	0.4	0.1	0.4
2	0.20	2.0	9.8	2.0	10.2	0.1	0.5	0.1	0.5

Verificação do concreto

$$M_{T,d} \leq T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	T _{RD1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T,sd} / T_{RD1} + V_{sd} / V_{RD2} \leq 1$$

Face	1 Vão Carregado					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.096	0.371	0.467	0.099	0.364	0.463
2	0.120	0.371	0.491	0.124	0.364	0.488

Face	2 Vãos Carregados					
	PTC			PMC		
	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T,sd}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma
1	0.004	0.425	0.430	0.004	0.412	0.416
2	0.006	0.425	0.431	0.006	0.412	0.417

Portico Plano Travessa P4 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

coordenadas dos nos

1	0.0000	6.5500
2	0.6000	6.5500
3	2.6000	6.5500
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	6.5500
6	5.9000	6.5500
7	8.5500	6.5500
8	9.2000	6.5500
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	6.5500
11	11.8000	6.5500

0

condicoes de contorno

4 111
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.800E+0000 1.800E+0000 3.380E-0001 1.0
2 8.000E-0001 8.000E-0001 6.667E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 6

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -85.330
5 PY -79.000
6 PY -79.000
7 PY -79.000
10 PY -85.330

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
2	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
3	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
4	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
5	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
6	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
7	U	0.000	0.000	WYA	-4.500
8	U	0.000	0.000	WYA	-4.500

0

fim

```
carregamento 2 PTC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -41.400
5 PY -34.100
6 PY -26.800
7 PY -19.500
10 PY -12.200
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -42.800
5 PY -30.200
6 PY -17.600
7 PY -5.000
10 PY 7.500
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -60.000
5 PY -52.600
6 PY -45.100
7 PY -37.600
10 PY -30.200
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -62.800
5 PY -44.800
6 PY -26.900
7 PY -8.900
10 PY 9.000
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 13.060
0
fim
```

SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P4 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

 DATA : 1/26/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:24:00 AM
 ARQUIVO DE DADOS : travessap4_27x24x24x27_102,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	6.55E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	6.55E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	6.55E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	6.55E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade 2.885E+0006
 M. E. Transversal ... 1.202E+0006
 C. Poisson 2.000E-0001
 C. D. Térmica 1.000E-0005
 P. Específico 2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.80E+0000	1.80E+0000	3.38E-0001
2	8.00E-0001	8.00E-0001	6.67E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-85.33	0.00
5	global	0.00	-79.00	0.00
6	global	0.00	-79.00	0.00
7	global	0.00	-79.00	0.00
10	global	0.00	-85.33	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wxb	wya	
			f1	f2	wxa	wxb	wya	wyb
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-4.5E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-4.5E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-41.40	0.00
5	global	0.00	-34.10	0.00
6	global	0.00	-26.80	0.00
7	global	0.00	-19.50	0.00
10	global	0.00	-12.20	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-42.80	0.00
5	global	0.00	-30.20	0.00
6	global	0.00	-17.60	0.00
7	global	0.00	-5.00	0.00
10	global	0.00	7.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-60.00	0.00
5	global	0.00	-52.60	0.00
6	global	0.00	-45.10	0.00
7	global	0.00	-37.60	0.00
10	global	0.00	-30.20	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-62.80	0.00
5	global	0.00	-44.80	0.00
6	global	0.00	-26.90	0.00
7	global	0.00	-8.90	0.00
10	global	0.00	9.00	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

cargas nodais

nó	sistema	força ^x	força ^y	momento ^z
1	global	13.06	0.00	0.00

fim do carregamento 6
 número de carregamentos 6

resultado da renumeração nodal
 perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 6.1E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

Título : Peso Proprio

deslocamentos nodais				
no	sistema	deslocamento ^x	deslocamento ^y	rotacao ^z
1	global	-2.29348E-0006	-1.47469E-0003	3.30923E-0004
2	global	-2.29348E-0006	-1.27579E-0003	3.30756E-0004
3	global	-2.29348E-0006	-6.53862E-0004	1.42376E-0004
4	global	8.51298E-0032	-5.43454E-0030	-1.80183E-0031
5	global	-1.84174E-0006	-6.31519E-0004	5.78145E-0005
6	global	2.96631E-0018	-6.82906E-0004	2.18617E-0019
7	global	1.84174E-0006	-6.31519E-0004	-5.78145E-0005
8	global	2.29348E-0006	-6.53862E-0004	-1.42376E-0004
9	global	-8.51298E-0032	-5.43454E-0030	1.80183E-0031
10	global	2.29348E-0006	-1.27579E-0003	-3.30756E-0004
11	global	2.29348E-0006	-1.47469E-0003	-3.30923E-0004

reações nos apoios				
nó	sistema	força ^x	força ^y	momento ^z
4	global	-3.61	230.38	7.64
9	global	3.61	230.38	-7.64

Resultante -0.00 460.76 2718.48

NOTA:
 O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem
 do sistema global.

diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)
 força^x força^y momento^z
 -0.000 -0.000 -0.000

barra	e s f o r ç o s	n o s	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força normal	momento fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	0.00	2.70	-0.81	-0.81
3	local	3	-0.00	-88.03	0.81	0.81
4	local	5	0.00	97.03	-185.87	-185.87
5	local	3	-3.61	133.35	169.87	169.87
6	local	5	3.61	-130.43	-84.14	-84.14
7	local	6	-3.61	51.42	84.14	84.14
8	local	6	3.61	-39.50	36.33	36.33
9	local	6	-3.61	-39.50	-36.33	-36.33
10	local	7	3.61	51.43	-84.14	-84.14
11	local	7	-3.61	-130.42	84.14	84.14
12	local	8	3.61	133.35	-169.87	-169.87
13	local	8	-0.00	97.03	185.87	185.87
14	local	10	0.00	-88.03	-0.81	-0.81
15	local	10	-0.00	2.70	0.81	0.81
16	local	11	0.00	0.00	-0.00	-0.00
17	local	3	230.38	3.61	16.00	16.00
18	local	4	-230.38	-3.61	7.64	7.64
19	local	8	230.38	-3.61	-16.00	-16.00
20	local	9	-230.38	3.61	-7.64	-7.64

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.83557E-0004	-7.20247E-0004	1.79482E-0004
2	global	-1.83557E-0004	-6.12558E-0004	1.79482E-0004
3	global	-1.83557E-0004	-2.71937E-0004	9.45627E-0005
4	global	2.31426E-0032	-2.26019E-0030	-1.02926E-0032
5	global	-1.83435E-0004	-2.40906E-0004	5.51474E-0005
6	global	-1.82934E-0004	-2.04264E-0004	1.56683E-0005
7	global	-1.82433E-0004	-1.30816E-0004	2.59823E-0005
8	global	-1.82310E-0004	-1.08380E-0004	1.71527E-0005
9	global	-2.31426E-0032	-9.00797E-0031	8.76729E-0032
10	global	-1.82310E-0004	-1.18718E-0004	-7.87173E-0006
11	global	-1.82310E-0004	-1.23442E-0004	-7.87173E-0006

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-0.98	95.81	0.44
9	global	0.98	38.19	-3.72

Resultante	0.00	134.00	597.15	

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio						
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)						
		força	força	momento		
		x	y	z		
		0.000	-0.000	-0.000		

barra	esforços	nas	barra	s		
	sistema	nó	força	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	0.00	-0.00	
		2	-0.00	-0.00	0.00	
2	local	2	-0.00	-41.40	-0.00	
		3	0.00	41.40	-82.80	
3	local	3	-0.98	54.41	76.81	
		5	0.98	-54.41	-41.44	
4	local	5	-0.98	20.31	41.44	
		6	0.98	-20.31	12.39	
5	local	6	-0.98	-6.49	-12.39	
		7	0.98	6.49	-4.80	
6	local	7	-0.98	-25.99	4.80	
		8	0.98	25.99	-21.69	
7	local	8	0.00	12.20	24.40	
		10	-0.00	-12.20	0.00	
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00	
		11	-0.00	0.00	0.00	
9	local	3	95.81	0.98	5.99	
		4	-95.81	-0.98	0.44	
10	local	8	38.19	-0.98	-2.71	
		9	-38.19	0.98	-3.72	

carregamento 3

Título : PMC - 1 Vão Carregado

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-3.15548E-0004	-7.92152E-0004	2.09678E-0004
2	global	-3.15548E-0004	-6.66345E-0004	2.09678E-0004
3	global	-3.15548E-0004	-2.65951E-0004	1.21887E-0004
4	global	1.53447E-0032	-2.21044E-0030	3.41722E-0032
5	global	-3.15467E-0004	-2.16936E-0004	7.96588E-0005
6	global	-3.15135E-0004	-1.33881E-0004	2.70163E-0005
7	global	-3.14803E-0004	-2.71763E-0005	6.01118E-0005
8	global	-3.14722E-0004	1.59064E-0005	7.05610E-0005
9	global	-1.53447E-0032	1.32205E-0031	9.91284E-0032
10	global	-3.14722E-0004	1.84473E-0004	8.59449E-0005
11	global	-3.14722E-0004	2.36040E-0004	8.59449E-0005

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-0.65	93.70	-1.45
9	global	0.65	-5.60	-4.20

Resultante	0.00	88.10	186.42
------------	------	-------	--------

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento
		x	y	z
		0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
		2	-0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-42.80	-0.00
		3	0.00	42.80	-85.60
3	local	3	-0.65	50.90	79.89
		5	0.65	-50.90	-46.80
4	local	5	-0.65	20.70	46.80
		6	0.65	-20.70	8.06
5	local	6	-0.65	3.10	-8.06
		7	0.65	-3.10	16.29
6	local	7	-0.65	-1.90	-16.29
		8	0.65	1.90	15.06
7	local	8	0.00	-7.50	-15.00
		10	-0.00	7.50	0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	93.70	0.65	5.71
		4	-93.70	-0.65	-1.45
10	local	8	-5.60	-0.65	-0.06
		9	5.60	0.65	-4.20

c a r r e g a m e n t o 4

=====

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-1.87767E-0004	-1.01456E-0003	2.45218E-0004
2 global	-1.87767E-0004	-8.67432E-0004	2.45218E-0004
3 global	-1.87767E-0004	-4.03579E-0004	1.22147E-0004
4 global	3.89452E-0032	-3.35432E-0030	-4.29396E-0032
5 global	-1.87560E-0004	-3.69069E-0004	6.59549E-0005
6 global	-1.86718E-0004	-3.43744E-0004	1.60424E-0005
7 global	-1.85875E-0004	-2.56479E-0004	1.68748E-0005
8 global	-1.85669E-0004	-2.36433E-0004	-8.12113E-0006
9 global	-3.89452E-0032	-1.96510E-0030	1.21920E-0031
10 global	-1.85669E-0004	-3.63187E-0004	-7.00667E-0005
11 global	-1.85669E-0004	-4.05227E-0004	-7.00667E-0005

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z
4 global	-1.65	142.20	1.82
9 global	1.65	83.30	-5.17

Resultante	0.00	225.50	1132.76
------------	------	--------	---------

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

		força		momento
		x	y	z
		0.000	-0.000	-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-60.00	-0.00
		3	0.00	60.00	-120.00
3	local	3	-1.65	82.20	111.01
		5	1.65	-82.20	-57.58

4	local	5	-1.65	29.60	57.58
		6	1.65	-29.60	20.85
5	local	6	-1.65	-15.50	-20.85
		7	1.65	15.50	-20.24
6	local	7	-1.65	-53.10	20.24
		8	1.65	53.10	-54.75
7	local	8	0.00	30.20	60.40
		10	-0.00	-30.20	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	142.20	1.65	8.99
		4	-142.20	-1.65	1.82
10	local	8	83.30	-1.65	-5.65
		9	-83.30	1.65	-5.17

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento		
	x	y	z	
1	global	-4.50444E-0004	-1.15720E-0003	3.05084E-0004
2	global	-4.50444E-0004	-9.74156E-0004	3.05084E-0004
3	global	-4.50444E-0004	-3.91812E-0004	1.76270E-0004
4	global	2.32719E-0032	-3.25652E-0030	4.58788E-0032
5	global	-4.50321E-0004	-3.21702E-0004	1.14448E-0004
6	global	-4.49817E-0004	-2.04736E-0004	3.85268E-0005
7	global	-4.49314E-0004	-5.10014E-0005	8.50417E-0005
8	global	-4.49190E-0004	1.03590E-0005	9.84274E-0005
9	global	-2.32719E-0032	8.60983E-0032	1.44391E-0031
10	global	-4.49190E-0004	2.40148E-0004	1.16888E-0004
11	global	-4.49190E-0004	3.10280E-0004	1.16888E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-0.99	138.05	-1.94
9	global	0.99	-3.65	-6.12
Resultante		0.00	134.40	317.28

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio		
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)		
	força	momento
	x	z
	0.000	-0.000

barra	esforços no sistema	nós	nas barras		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	0.00	-0.00	-0.00
		2	-0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-62.80	-0.00
		3	0.00	62.80	-125.60
3	local	3	-0.99	75.25	117.19
		5	0.99	-75.25	-68.28
4	local	5	-0.99	30.45	68.28
		6	0.99	-30.45	12.41
5	local	6	-0.99	3.55	-12.41
		7	0.99	-3.55	21.82
6	local	7	-0.99	-5.35	-21.82
		8	0.99	5.35	18.34
7	local	8	0.00	-9.00	-18.00
		10	-0.00	9.00	0.00
8	local	10	0.00	0.00	-0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	138.05	0.99	8.41
		4	-138.05	-0.99	-1.94
10	local	8	-3.65	-0.99	-0.34
		9	3.65	0.99	-6.12

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	9.52719E-0004	9.96288E-0005	-3.15485E-0005	
2	global	9.51210E-0004	8.06997E-0005	-3.15485E-0005	
3	global	9.46179E-0004	1.76028E-0005	-3.15485E-0005	
4	global	1.54642E-0031	1.46304E-0031	-5.28307E-0031	
5	global	9.45365E-0004	3.11922E-0006	-1.91974E-0005	
6	global	9.42046E-0004	-4.25561E-0007	3.34411E-0006	
7	global	9.38726E-0004	-3.42149E-0006	-1.87832E-0005	
8	global	9.37912E-0004	-1.76028E-0005	-3.10327E-0005	
9	global	1.53435E-0031	-1.46304E-0031	-5.23997E-0031	
10	global	9.37912E-0004	-7.96681E-0005	-3.10327E-0005	
11	global	9.37912E-0004	-9.82877E-0005	-3.10327E-0005	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
4	global	-6.56	-6.20	22.40
9	global	-6.50	6.20	22.21

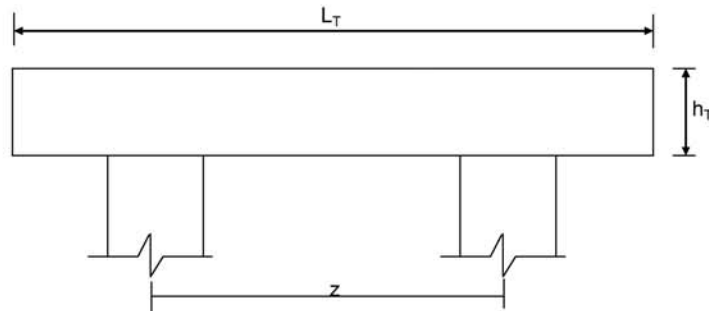
Resultante		-13.06	0.00	85.54

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

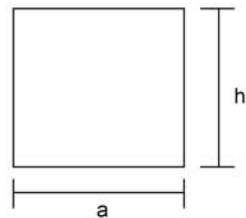
diferença de equilíbrio						
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)						
		força	força	momento		
		x	y	z		
		-0.000	0.000	0.000		
barra	e s f o r ç o s	n o s	n a s	b a r r a s	m o m e n t o	
	sistema	nó	força normal	força cortante	fletor	
1	local	1	13.06	0.00	0.00	
		2	-13.06	-0.00	-0.00	
2	local	2	13.06	-0.00	0.00	
		3	-13.06	0.00	-0.00	
3	local	3	6.50	-6.20	-20.54	
		5	-6.50	6.20	16.51	
4	local	5	6.50	-6.20	-16.51	
		6	-6.50	6.20	0.08	
5	local	6	6.50	-6.20	-0.08	
		7	-6.50	6.20	-16.36	
6	local	7	6.50	-6.20	16.36	
		8	-6.50	6.20	-20.39	
7	local	8	-0.00	-0.00	-0.00	
		10	0.00	0.00	-0.00	
8	local	10	-0.00	0.00	0.00	
		11	0.00	-0.00	0.00	
9	local	3	-6.20	6.56	20.54	
		4	6.20	-6.56	22.40	
10	local	8	6.20	6.50	20.39	
		9	-6.20	-6.50	22.21	

Fim Do Programa

Dimensionamento da Travessa de P5



L_T (m) = 11.80
 h_T (m) = 1.50
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500.0



a (m) = 0.800
 h (m) = 1.500

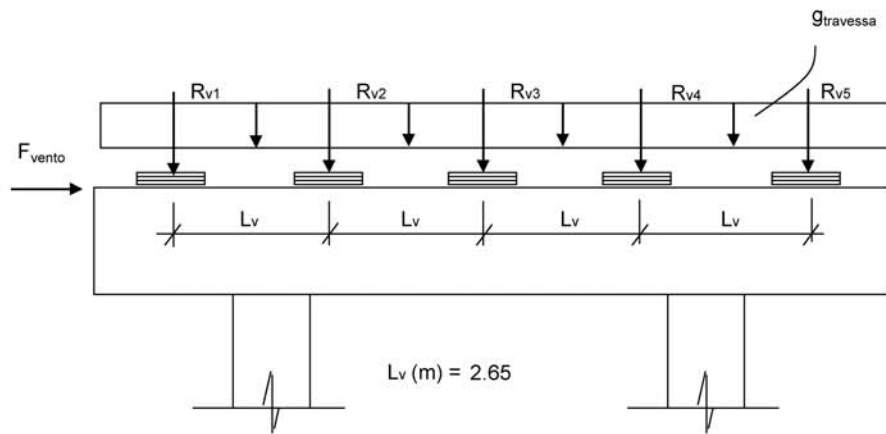
d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**

S (m²) = 1.20
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 3.00

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa



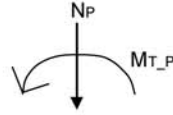
L_v (m) = 2.65

- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000

R_{v1} (tf) = 69.37
 R_{v2} (tf) = 58.93
 R_{v3} (tf) = 58.93
 R_{v4} (tf) = 58.93
 R_{v5} (tf) = 69.37

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{llll} X_1 (m) = 5.30 & X_3 (m) = 0.00 & X_5 (m) = -5.30 & n = 5 \\ X_2 (m) = 2.65 & X_4 (m) = -2.65 & & \end{array}$$

$$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 160.3 \\ M_{T-P} (tf.m) = 204.4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 47.5 \\ R_{v2} (tf) = 39.8 \\ R_{v3} (tf) = 32.1 \\ R_{v4} (tf) = 24.4 \\ R_{v5} (tf) = 16.6 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 103.8 \\ M_{T-P} (tf.m) = 391.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 50.3 \\ R_{v2} (tf) = 35.5 \\ R_{v3} (tf) = 20.8 \\ R_{v4} (tf) = 6.0 \\ R_{v5} (tf) = -8.8 \end{array}$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 13.06$$

Os esforços na travessa foram obtidos pelo uso do programa de computador "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento à Flexão

a) Seção do apoio

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -148.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -100.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -10.5 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 356.6$$

$$\begin{aligned}
 a &= f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272 & a &= 310.857 & b &= -1088 & c &= 356.6 & \Delta &= 740319 \\
 b &= -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \\
 c &= M_d \\
 x \text{ (m)} &= 0.366 \\
 Z &= d - 0,4 \cdot x & z \text{ (m)} &= 1.254 & x / d &= 0.261 & k_{md} &= 0.159 \\
 A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{65.43}
 \end{aligned}$$

b) Seção do vão

$$\begin{aligned}
 b_w \text{ (m)} &= 0.80 \\
 M_g \text{ (tf.m)} &= 22.1 & \text{(reação de carga permanente das vigas)} \\
 M_{q1} \text{ (tf.m)} &= 16.3 & \text{(reação de carga móvel das vigas)} \\
 M_{q2} \text{ (tf.m)} &= 0.2 & \text{(vento na superestrutura)} \\
 M_d &= 1,4 \cdot M_g + 1,4 \cdot M_{q1} + 0,7 \cdot M_{q2} \\
 M_d \text{ (tf.m)} &= 53.8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,272 & a &= 310.857 & b &= -1088 & c &= 53.8 & \Delta &= 1116828 \\
 b &= -0,68 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \\
 c &= M_d \\
 x \text{ (m)} &= 0.050 \\
 Z &= d - 0,4 \cdot x & z \text{ (m)} &= 1.380 & x / d &= 0.036 & k_{md} &= 0.024 \\
 A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{8.97}
 \end{aligned}$$

c) Armadura mínima

$$\begin{aligned}
 A_{s_min} &= 0,15 \% (b_w \cdot h_T) \\
 A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} &= \mathbf{18.0}
 \end{aligned}$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$\begin{aligned}
 b_w \text{ (m)} &= 0.80 \\
 V_g \text{ (tf)} &= 77.2 & \text{(reação de carga permanente das vigas)} \\
 V_q \text{ (tf)} &= 50.3 & \text{(reação de carga móvel das vigas)} \\
 V_{sd} &= 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_q \\
 V_{sd} \text{ (tf)} &= 178.5
 \end{aligned}$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2,5 * \beta_1 * \tau_{rd} * b_w * d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{wd} (tf) = 106.0$$

$$A_{sw}/s = 19.4 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 24.20 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 98.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 63.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 3.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 228.1$$

Cálculo da Armadura Transversal

$$V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$$

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 * d * f_{yd})$$

$$\rho_w = (A_{sw} / s) / b_w \geq 15 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 155.7$$

$$A_{sw}/s = 28.4 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 35.53 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

Portico Plano Travessa P5 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

coordenadas dos nos

1	0.0000	3.3500
2	0.6000	3.3500
3	2.6000	3.3500
4	2.6000	0.0000
5	3.2500	3.3500
6	5.9000	3.3500
7	8.5500	3.3500
8	9.2000	3.3500
9	9.2000	0.0000
10	11.2000	3.3500
11	11.8000	3.3500

0

condicoes de contorno

4 111
9 111

0

tipos de material

1 2884760.0000 0.2000 0.0000100000 2.5000

0

tipos de secao

1 1.200E+0000 1.200E+0000 2.250E-0001 1.0
2 6.400E-0001 6.400E-0001 3.410E-0002 1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	5	1	1
4	5	6	1	1
5	6	7	1	1
6	7	8	1	1
7	8	10	1	1
8	10	11	1	1
9	3	4	1	2
10	8	9	1	2

0

numero de carregamentos 4

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -69.370
5 PY -58.930
6 PY -58.930
7 PY -58.930
10 PY -69.370

0

cargas nos elementos

1	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
2	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
3	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
4	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
5	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
6	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
7	U	0.000	0.000	WYA	-3.000
8	U	0.000	0.000	WYA	-3.000

0

fim

```
carregamento 2 PTC
cargas nodais
2 PY -47.500
5 PY -39.800
6 PY -32.100
7 PY -24.400
10 PY -16.600
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -50.300
5 PY -35.500
6 PY -20.800
7 PY -6.000
10 PY 8.800
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 13.060
0
fim
```


SALT - Marca Registrada da UFRJ
 SALTE - análise estática linear - versão 9.07

TÍTULO : Travessa P5 Ponte 27x24x24x27 - 102,00m

 DATA : 1/26/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:23:57 AM
 ARQUIVO DE DADOS : travessap5_27x24x24x27_102,00m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	3.35E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.35E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.35E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.35E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.35E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.35E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.35E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.35E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.35E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	código	restrições nodais		
		transl. x	transl. y	rotação z
4	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
9	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 2

barra	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó	
1	1	1	1	2
2	1	1	2	3
3	1	1	3	5
4	1	1	5	6
5	1	1	6	7
6	1	1	7	8
7	1	1	8	10
8	1	1	10	11
9	1	2	3	4
10	1	2	8	9

número de elementos 10

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade	.....	2.885E+0006
M. E. Transversal	...	1.202E+0006
C. Poisson	.....	2.000E-0001
C. D. Térmica	.....	1.000E-0005
P. Específico	.....	2.500E+0000

número de tipos de material 1

tipo	propriedades das seções		
	área x	área y	inércia z
1	1.20E+0000	1.20E+0000	2.25E-0001
2	6.40E-0001	6.40E-0001	3.41E-0002

tipo	módulos de flexão	
	wz	
1	1.00E+0000	
2	1.00E+0000	

número de tipos seções 2

carregamento 1 - Peso Proprio

cargas nodais

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-69.37	0.00
5	global	0.00	-58.93	0.00
6	global	0.00	-58.93	0.00
7	global	0.00	-58.93	0.00
10	global	0.00	-69.37	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	wxa	wyb	wya	
					f3	p		
1	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	
2	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
3	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
4	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
5	local	u	0.00	2.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-3.0E+0000	
7	local	u	0.00	2.00	0.0E+0000		-3.0E+0000	
8	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-3.0E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-47.50	0.00
5	global	0.00	-39.80	0.00
6	global	0.00	-32.10	0.00
7	global	0.00	-24.40	0.00
10	global	0.00	-16.60	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-50.30	0.00
5	global	0.00	-35.50	0.00
6	global	0.00	-20.80	0.00
7	global	0.00	-6.00	0.00
10	global	0.00	8.80	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	13.06	0.00	0.00

fim do carregamento 4
 número de carregamentos 4

resultado da renumeração nodal

perfil antes da renumeração : 23
 perfil após a renumeração : 21

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.2E+0002
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 8

carregamento 1

=====

Título : Peso Proprio

deslocamentos nodais				
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-7.81502E-0006	-1.33407E-0003	4.09147E-0004
2	global	-7.81502E-0006	-1.08824E-0003	4.08981E-0004
3	global	-7.81502E-0006	-3.18380E-0004	1.81856E-0004
4	global	2.85610E-0031	-6.11302E-0030	-2.92353E-0031
5	global	-6.27570E-0006	-2.79381E-0004	8.36421E-0005
6	global	3.39721E-0018	-3.09890E-0004	8.82315E-0020
7	global	6.27570E-0006	-2.79381E-0004	-8.36421E-0005
8	global	7.81502E-0006	-3.18380E-0004	-1.81856E-0004
9	global	-2.85610E-0031	-6.11302E-0030	2.92353E-0031
10	global	7.81502E-0006	-1.08824E-0003	-4.08981E-0004
11	global	7.81502E-0006	-1.33407E-0003	-4.09147E-0004

reações nos apoios				
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-8.20	175.46	8.39
9	global	8.20	175.47	-8.39

Resultante -0.00 350.93 2070.49

NOTA:
O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	0.000	0.000

esforços nas barras					
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-71.17	0.54
		3	0.00	77.17	-148.88
3	local	3	-8.20	98.29	129.81
		5	8.20	-96.34	-66.55
4	local	5	-8.20	37.41	66.55
		6	8.20	-29.46	22.07
5	local	6	-8.20	-29.47	-22.07
		7	8.20	37.42	-66.55
6	local	7	-8.20	-96.35	66.55
		8	8.20	98.30	-129.81
7	local	8	0.00	77.17	148.88
		10	-0.00	-71.17	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	175.46	8.20	19.07
		4	-175.46	-8.20	8.39
10	local	8	175.47	-8.20	-19.07
		9	-175.47	8.20	-8.39

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-1.12831E-0004	-8.82671E-0004	2.74492E-0004
2	global	-1.12831E-0004	-7.17976E-0004	2.74492E-0004
3	global	-1.12831E-0004	-2.00704E-0004	1.28129E-0004
4	global	9.79487E-0032	-3.85360E-0030	-3.29855E-0032
5	global	-1.12303E-0004	-1.69573E-0004	6.20172E-0005
6	global	-1.10151E-0004	-1.82831E-0004	2.33716E-0006
7	global	-1.07998E-0004	-1.14468E-0004	2.12248E-0005
8	global	-1.07471E-0004	-9.03403E-0005	3.39503E-0006
9	global	-9.79487E-0032	-1.73457E-0030	1.67537E-0031
10	global	-1.07471E-0004	-1.74768E-0004	-4.77550E-0005
11	global	-1.07471E-0004	-2.03421E-0004	-4.77550E-0005

reações nos apoios				
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-2.81	110.61	0.95
9	global	2.81	49.79	-4.81

Resultante -0.00 160.40 741.78

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-47.50	-0.00
3	local	3	0.00	47.50	-95.00
4	local	5	-2.81	63.11	86.53
5	local	5	2.81	-63.11	-45.51
6	local	6	-2.81	23.31	45.51
7	local	6	2.81	-23.31	16.27
8	local	7	-2.81	-8.79	-16.27
9	local	7	2.81	8.79	-7.02
10	local	8	-2.81	-33.19	7.02
11	local	8	2.81	33.19	-28.59
12	local	10	0.00	16.60	33.20
13	local	10	-0.00	-16.60	-0.00
14	local	11	0.00	0.00	0.00
15	local	11	0.00	0.00	-0.00
16	local	3	110.61	2.81	8.47
17	local	4	-110.61	-2.81	0.95
18	local	8	49.79	-2.81	-4.61
19	local	9	-49.79	2.81	-4.81

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.12400E-0004	-1.00116E-0003	3.21153E-0004
2	global	-2.12400E-0004	-8.08473E-0004	3.21153E-0004
3	global	-2.12400E-0004	-1.99748E-0004	1.66163E-0004
4	global	6.34376E-0032	-3.83524E-0030	6.37300E-0032
5	global	-2.12059E-0004	-1.44629E-0004	9.28169E-0005
6	global	-2.10665E-0004	-1.18333E-0004	4.49215E-0006
7	global	-2.09271E-0004	-3.91431E-0005	6.63898E-0005
8	global	-2.08929E-0004	1.14034E-0005	8.53773E-0005
9	global	-6.34376E-0032	2.18951E-0031	1.93601E-0031
10	global	-2.08929E-0004	2.30514E-0004	1.12493E-0004
11	global	-2.08929E-0004	2.98010E-0004	1.12493E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z	
4	global	-1.82	110.08	-1.83
9	global	1.82	-6.28	-5.56

Resultante -0.00 103.80 221.02

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
2	local	2	0.00	-50.30	-0.00

3	local	3	0.00	50.30	-100.60
		3	-1.82	59.78	92.67
		5	1.82	-59.78	-53.81
4	local	5	-1.82	24.28	53.81
		6	1.82	-24.28	10.54
5	local	6	-1.82	3.48	-10.54
		7	1.82	-3.48	19.78
6	local	7	-1.82	-2.52	-19.78
		8	1.82	2.52	18.14
7	local	8	0.00	-8.80	-17.60
		10	-0.00	8.80	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	110.08	1.82	7.93
		4	-110.08	-1.82	-1.83
10	local	8	-6.28	-1.82	-0.54
		9	6.28	1.82	-5.56

carregamento 4

Título : Vento

deslocamentos nodais		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1 global	2.88096E-0004	6.36189E-0005	-2.22883E-0005	
2 global	2.85832E-0004	5.02459E-0005	-2.22883E-0005	
3 global	2.78287E-0004	5.66924E-0006	-2.22883E-0005	
4 global	2.31874E-0031	1.08851E-0031	-4.11190E-0031	
5 global	2.77084E-0004	-4.21519E-0006	-1.27965E-0005	
6 global	2.72182E-0004	-1.53541E-0006	4.85273E-0006	
7 global	2.67279E-0004	3.12461E-0006	-1.13020E-0005	
8 global	2.66077E-0004	-5.66924E-0006	-2.04272E-0005	
9 global	2.23123E-0031	-1.08851E-0031	-3.94629E-0031	
10 global	2.66077E-0004	-4.65237E-0005	-2.04272E-0005	
11 global	2.66077E-0004	-5.87800E-0005	-2.04272E-0005	

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4 global	-6.66	-3.12	11.80	
9 global	-6.40	3.12	11.33	
Resultante	-13.06	0.00	43.75	

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

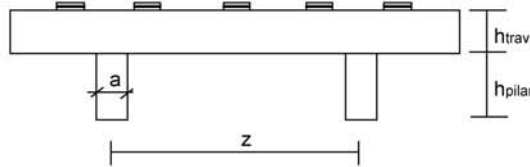
diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	-0.000

barra	esforços sistema	nó	nas barras		momento Fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	13.06	-0.00	-0.00
		2	-13.06	0.00	-0.00
2	local	2	13.06	-0.00	0.00
		3	-13.06	0.00	-0.00
3	local	3	6.40	-3.12	-10.49
		5	-6.40	3.12	8.46
4	local	5	6.40	-3.12	-8.46
		6	-6.40	3.12	0.18
5	local	6	6.40	-3.12	-0.18
		7	-6.40	3.12	-8.10
6	local	7	6.40	-3.12	8.10
		8	-6.40	3.12	-10.13
7	local	8	0.00	0.00	0.00
		10	-0.00	-0.00	0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	-3.12	6.66	10.49
		4	3.12	-6.66	11.80
10	local	8	3.12	6.40	10.13
		9	-3.12	-6.40	11.33

Fim Do Programa

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 1



$z \text{ (m)} = 6.60$
 $n^\circ \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 4.32 $h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 2.70$ $h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$
 $h^{\text{aterro}} \text{ (m)} = 2.70$

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - N e M_T provenientes do SALT
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{\text{aterro}}/3)$

1ª Hipótese : $N_{\text{máx}}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	175.5	110.7	4.3	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	293.8
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	22.3	1.3	0.0	1.3	0.4	11.8	37.1
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.6
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	93.7	5.4	0.0	5.5	1.6	10.6	116.8
M_T (tf.m)	7.3	1.0	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	20.1

2ª Hipótese : $N_{\text{mín}}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	175.5	-6.5	4.3	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.0	0.0	170.0
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	22.3	1.3	0.0	1.3	0.4	11.8	37.1
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.6
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	93.7	5.4	0.0	5.5	1.6	10.6	116.8
M_T (tf.m)	7.3	-4.5	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	14.5

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0180 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0197$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.040 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0180 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0197$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.040 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p,p.Pilar} + N_{p,p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

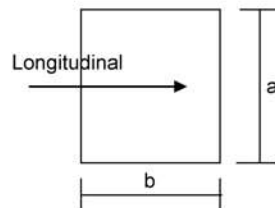
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	245.6	155.0	6.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	409.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	26.8	1.8	0.0	1.8	0.3	16.5	47.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	3.3
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	112.4	7.5	0.0	7.7	1.1	14.9	159.9
M_{dT} (tf.m)	10.2	1.4	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	36.1

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N_d (tf)	245.6	-9.1	6.0	0.0	0.0	-2.3	0.0	0.0	0.0	240.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	26.8	1.8	0.0	1.8	0.3	16.5	47.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	3.3
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	112.4	7.5	0.0	7.7	1.1	14.9	153.2
M_{dT} (tf.m)	10.2	-6.3	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	21.7

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

A_c (m²) = 0.64
f_{ck} (MPa) = 20.0
f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N_d (tf) = 409.0
M_d^{long} (tf.m) = 159.9
M_d^{transv} (tf.m) = 36.1

v = 0.447
μ_{long} = 0.219
μ_{transv} = 0.049

Ábaco → ω = 0.490

A_s (cm²) = 103.04

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 240.28 & v = 0.263 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 153.21 & \mu_{\text{long}} = 0.209 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 21.67 & \mu_{\text{transv}} = 0.030 \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.420$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 88.32$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 409.02 & A_c^{\text{nec}} = N_d / (0.85 * f_{cd} + 0.8\% * E * \epsilon_o) \\ E \text{ (MPa)} = 288476 & \\ \epsilon_o = 0.002 & \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 & \end{array}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2441$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.53$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0.8\% * A_c^{\text{nec}}$$

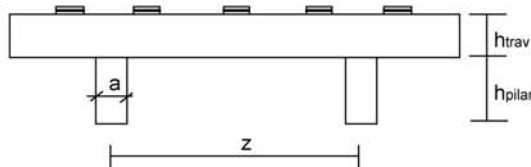
$$A_s^{\text{min}} = 0.5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 103.04$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 2



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 8.60 h^{Pilar} (m) = 4.30 h^{Traves} (m) = 1.50

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{terro}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	95.8	8.6	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	340.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	1.4	0.0	1.4	0.4	15.3
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	6.2
M_L (tf.m)	1.2	23.4	0.0	69.9	8.4	0.0	8.0	2.3	113.3
M_T (tf.m)	7.7	0.4	0.0	0.0	0.0	20.9	0.0	0.0	29.1

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	93.7	8.6	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	338.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	1.3	0.0	1.4	0.4	15.2
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	6.2
M_L (tf.m)	1.2	15.4	0.0	69.9	7.7	0.0	8.0	2.3	104.6
M_T (tf.m)	7.7	-1.5	0.0	0.0	0.0	20.9	0.0	0.0	27.2

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	142.2	8.6	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	387.0
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	1.4	0.0	1.4	0.4	15.3
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	6.2
M_L(tf.m)	1.2	0.2	0.0	69.9	8.4	0.0	8.0	2.3	90.0
M_T(tf.m)	7.7	1.8	0.0	0.0	0.0	20.9	0.0	0.0	30.5

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	138.0	8.6	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	382.8
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	1.3	0.0	1.4	0.4	15.2
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	6.2
M_L(tf.m)	1.2	0.1	0.0	69.9	7.7	0.0	8.0	2.3	89.3
M_T(tf.m)	7.7	-2.0	0.0	0.0	0.0	20.9	0.0	0.0	26.7

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 4.30$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0287 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0500$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.079 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 4.30$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0287 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0500$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.079 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	134.1	12.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	472.8
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	14.5	2.0	0.0	1.9	0.3	18.7
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3
M_{dL} (tf.m)	1.7	32.8	0.0	83.9	11.7	0.0	11.2	1.6	180.1
M_{dT} (tf.m)	10.8	0.6	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	63.2

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	131.2	12.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	469.8
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	14.5	1.9	0.0	1.9	0.3	18.5
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3
M_{dL} (tf.m)	1.7	21.6	0.0	83.9	10.8	0.0	11.2	1.6	167.7
M_{dT} (tf.m)	10.8	-2.0	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	60.3

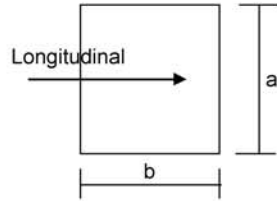
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	199.1	12.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	537.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	14.5	2.0	0.0	1.9	0.3	18.7
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3
M_{dL} (tf.m)	1.7	0.3	0.0	83.9	11.7	0.0	11.2	1.6	152.7
M_{dT} (tf.m)	10.8	2.6	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	70.3

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	193.3	12.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	531.9
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	14.5	1.9	0.0	1.9	0.3	18.5
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3
M_{dL} (tf.m)	1.7	0.1	0.0	83.9	10.8	0.0	11.2	1.6	151.2
M_{dT} (tf.m)	10.8	-2.7	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	64.5

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 1.00
b (m) = 0.80

A_c (m²) = 0.80
 f_{ck} (MPa) = 20.0
 f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N_d (tf) = 472.76	$v = 0.414$	} Ábaco →	$\omega = 0.410$
M_d^{long} (tf.m) = 180.11	$\mu_{long} = 0.197$		
M_d^{transv} (tf.m) = 63.22	$\mu_{transv} = 0.055$		

A_s (cm²) = 107.77

2ª Hipótese

N_d (tf) = 469.81	$v = 0.411$	} Ábaco →	$\omega = 0.355$
M_d^{long} (tf.m) = 167.73	$\mu_{long} = 0.183$		
M_d^{transv} (tf.m) = 60.33	$\mu_{transv} = 0.053$		

A_s (cm²) = 93.31

3ª Hipótese

N_d (tf) = 537.69	$v = 0.470$	} Ábaco →	$\omega = 0.365$
M_d^{long} (tf.m) = 152.66	$\mu_{long} = 0.167$		
M_d^{transv} (tf.m) = 70.28	$\mu_{transv} = 0.061$		

A_s (cm²) = 95.94

4ª Hipótese

N_d (tf) = 531.88	$v = 0.465$	} Ábaco →	$\omega = 0.360$
M_d^{long} (tf.m) = 151.16	$\mu_{long} = 0.165$		
M_d^{transv} (tf.m) = 64.51	$\mu_{transv} = 0.056$		

A_s (cm²) = 94.63

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 472.76 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{\text{nec}} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o) \\ \varepsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2821$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

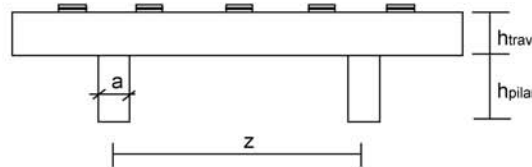
$$\begin{aligned} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.57 & A_s^{\text{min}} &= 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{\text{min}} &= 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 107.77$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 3



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 8.80

h^{Pilar} (m) = 4.40

$h^{Traves.}$ (m) = 1.50

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	233.8	95.3	8.8	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	343.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	0.0	1.3	0.4	4.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	6.3
M_L (tf.m)	0.0	23.3	0.0	5.0	8.3	0.0	7.9	2.3	46.8
M_T (tf.m)	7.9	0.4	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	0.0	29.9

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	233.8	93.2	8.8	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	341.8
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	0.0	1.3	0.4	4.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	6.3
M_L (tf.m)	0.0	15.3	0.0	5.0	8.3	0.0	7.9	2.3	38.8
M_T (tf.m)	7.9	-1.4	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	0.0	28.1

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	233.8	141.7	8.8	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	390.3
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	0.0	1.3	0.4	4.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	6.3
M_L(tf.m)	0.0	0.0	0.0	5.0	8.3	0.0	7.9	2.3	23.5
M_T(tf.m)	7.9	1.8	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	0.0	31.3

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	233.8	137.7	8.8	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	386.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	0.0	1.3	0.4	4.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	6.3
M_L(tf.m)	0.0	0.0	0.0	5.0	8.3	0.0	7.9	2.3	23.5
M_T(tf.m)	7.9	-2.0	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	0.0	27.6

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 4.40$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0293 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10)*(1/r) \quad r = (5*10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0523$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.082 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 4.40$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0293 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10)*(1/r) \quad 1/r = (5*10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0523$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.082 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	327.3	133.4	12.3	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	477.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.9	0.3	5.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	4.4
M_{dL} (tf.m)	0.0	32.6	0.0	6.0	11.6	0.0	11.1	1.6	101.8
M_{dT} (tf.m)	11.1	0.6	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	65.7

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	327.3	130.5	12.3	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	474.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.9	0.3	5.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	4.4
M_{dL} (tf.m)	0.0	21.5	0.0	6.0	11.6	0.0	11.1	1.6	90.5
M_{dT} (tf.m)	11.1	-2.0	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	62.9

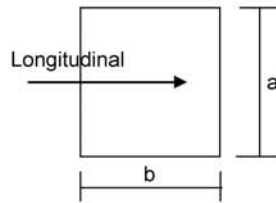
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	327.3	198.4	12.3	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	542.2
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.9	0.3	5.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	4.4
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	6.0	11.6	0.0	11.1	1.6	74.6
M_{dT} (tf.m)	11.1	2.5	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	73.0

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	327.3	192.7	12.3	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	536.5
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.9	0.3	5.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	4.4
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	6.0	11.6	0.0	11.1	1.6	74.1
M_{dT} (tf.m)	11.1	-2.7	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	67.3

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 477.26$	$v = 0.418$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.180$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 101.82$	$\mu_{long} = 0.111$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 65.75$	$\mu_{transv} = 0.058$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 47.31$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 474.33$	$v = 0.415$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.130$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 90.49$	$\mu_{long} = 0.099$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 62.90$	$\mu_{transv} = 0.055$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 34.17$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 542.23$	$v = 0.474$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.100$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 74.56$	$\mu_{long} = 0.082$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 72.97$	$\mu_{transv} = 0.064$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 26.29$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 536.54$	$v = 0.469$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.080$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 74.10$	$\mu_{long} = 0.081$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 67.27$	$\mu_{transv} = 0.059$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 21.03$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 477.26 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{\text{neq}} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{\text{neq}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2848$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

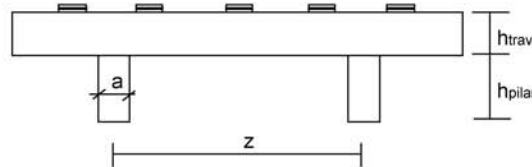
$$\begin{aligned} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.78 & A_s^{\text{min}} &= 0,8\% * A_c^{\text{neq}} \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{\text{min}} &= 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 47.31$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 4



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 8.80 h^{Pilar} (m) = 4.40 $h^{Traves.}$ (m) = 1.50

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
-
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
-
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT
-
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	95.8	8.8	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	341.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	10.1	1.4	0.0	1.3	0.4	13.2
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	6.5
M_L (tf.m)	0.0	23.4	0.0	59.5	8.3	0.0	7.9	2.3	101.5
M_T (tf.m)	7.6	0.4	0.0	0.0	0.0	22.4	0.0	0.0	30.5

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	93.7	8.8	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	339.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	10.1	1.4	0.0	1.3	0.4	13.2
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	6.5
M_L (tf.m)	0.0	15.4	0.0	59.5	8.3	0.0	7.9	2.3	93.4
M_T (tf.m)	7.6	-1.5	0.0	0.0	0.0	22.4	0.0	0.0	28.6

3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	142.2	8.8	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	387.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	10.1	1.4	0.0	1.3	0.4	13.2
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	6.5
M_L (tf.m)	0.0	0.2	0.0	59.5	8.3	0.0	7.9	2.3	78.2
M_T (tf.m)	7.6	1.8	0.0	0.0	0.0	22.4	0.0	0.0	31.9

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N (tf)	230.4	138.1	8.8	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	383.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	10.1	1.4	0.0	1.3	0.4	13.2
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	6.5
M_L (tf.m)	0.0	0.1	0.0	59.5	8.3	0.0	7.9	2.3	78.1
M_T (tf.m)	7.6	-1.9	0.0	0.0	0.0	22.4	0.0	0.0	28.1

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 4.40$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0293 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0523$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.082 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 4.40$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0293 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0523$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.082 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,20 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

1ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	134.1	12.3	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	473.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	2.0	0.0	1.9	0.3	16.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	0.0	32.8	0.0	71.4	11.6	0.0	11.1	1.6	167.2
M_{dT} (tf.m)	10.7	0.6	0.0	0.0	0.0	15.7	0.0	0.0	65.6

2ª Hipótese : 1 Vão Carregado - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	131.2	12.3	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	470.4
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	2.0	0.0	1.9	0.3	16.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	0.0	21.6	0.0	71.4	11.6	0.0	11.1	1.6	155.7
M_{dT} (tf.m)	10.7	-2.0	0.0	0.0	0.0	15.7	0.0	0.0	62.8

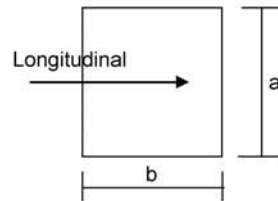
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	199.1	12.3	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	538.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	2.0	0.0	1.9	0.3	16.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.3	0.0	71.4	11.6	0.0	11.1	1.6	139.9
M_{dT} (tf.m)	10.7	2.5	0.0	0.0	0.0	15.7	0.0	0.0	72.9

4ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PMC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	322.5	193.3	12.3	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	532.5
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.1	2.0	0.0	1.9	0.3	16.2
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	4.6
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.1	0.0	71.4	11.6	0.0	11.1	1.6	139.3
M_{dT} (tf.m)	10.7	-2.7	0.0	0.0	0.0	15.7	0.0	0.0	67.1

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 473.33$	$v = 0.414$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$	$\omega = 0.380$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 167.18$	$\mu_{long} = 0.183$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 65.64$	$\mu_{transv} = 0.057$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 99.89$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 470.37$	$v = 0.412$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$	$\omega = 0.340$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 155.71$	$\mu_{long} = 0.170$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 62.76$	$\mu_{transv} = 0.055$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 89.37$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 538.27$	$v = 0.471$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$	$\omega = 0.320$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 139.94$	$\mu_{long} = 0.153$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 72.88$	$\mu_{transv} = 0.064$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 84.11$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 532.46$	$v = 0.466$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$	$\omega = 0.305$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 139.33$	$\mu_{long} = 0.152$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 67.14$	$\mu_{transv} = 0.059$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 80.17$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 473.33 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{\text{neq}} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{\text{neq}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2824$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

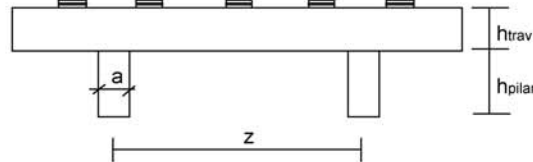
$$\begin{aligned} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.60 & A_s^{\text{min}} &= 0,8\% * A_c^{\text{neq}} \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{\text{min}} &= 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 99.89$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 5



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 1.92

h^{Pilar} (m) = 1.20

h^{Traves} (m) = 1.50

h^{aterro} (m) = 1.20

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
- } - N e M_T provenientes do SALT
-
- * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$
-
- * Vento
- } - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
- N e M_T provenientes do SALT
-
- * Empuxo de terra sobre os pilares
- } - H_L proveniente da aplicação direta no pilar
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

1ª Hipótese : $N_{máx}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	175.5	110.6	1.9	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	291.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	25.1	1.6	0.0	1.6	0.5	2.3	31.1
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	6.5
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	67.8	4.2	0.0	4.3	1.3	0.9	78.6
M_T (tf.m)	8.4	1.0	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	21.1

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	175.5	-6.3	1.9	0.0	0.0	-3.4	0.0	0.0	0.0	167.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	25.1	1.6	0.0	1.6	0.5	2.3	31.1
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	6.5
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	67.8	4.2	0.0	4.3	1.3	0.9	78.6
M_T (tf.m)	8.4	-5.6	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0	0.0	15.7

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 1.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0080 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0039$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.024 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 1.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0080 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0039$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.024 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

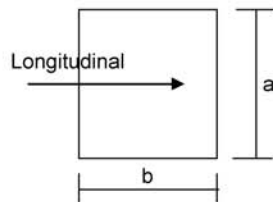
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepar}	Total
N _d (tf)	245.6	154.9	2.7	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	405.37
H _{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	30.1	2.2	0.0	2.2	0.3	3.3	38.16
H _{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.57
M _{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	81.4	5.9	0.0	6.1	0.9	1.3	105.20
M _{dT} (tf.m)	11.7	1.3	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	31.02

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepar}	Total
N _d (tf)	245.6	-8.8	2.7	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.0	237.16
H _{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	30.1	2.2	0.0	2.2	0.3	3.3	38.16
H _{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.57
M _{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	81.4	5.9	0.0	6.1	0.9	1.3	101.18
M _{dT} (tf.m)	11.7	-7.8	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	18.62

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 0.80
b (m) = 0.80

Ac (m²) = 0.64
f_{ck} (MPa) = 20.0
f_{yk} (MPa) = 500

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

N _d (tf) = 405.37	v = 0.443	} Ábaco → ω = 0.255
M _{d^{long}} (tf.m) = 105.20	μ _{long} = 0.144	
M _{d^{transv}} (tf.m) = 31.02	μ _{transv} = 0.042	

As (cm²) = 53.62

2ª Hipótese

N _d (tf) = 237.16	v = 0.259	} Ábaco → ω = 0.175
M _{d^{long}} (tf.m) = 101.18	μ _{long} = 0.138	
M _{d^{transv}} (tf.m) = 18.62	μ _{transv} = 0.025	

As (cm²) = 36.80

Compressão pela NB-1/78

$$N_d \text{ (tf)} = 405.37$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476 \quad A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$\epsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2419$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.35$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

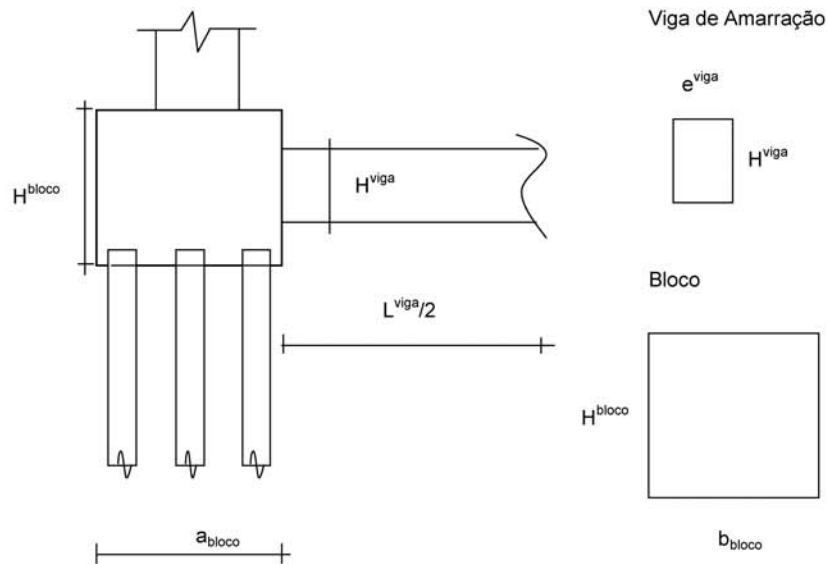
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 53.62$$

Apoio P1

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 6.27$

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned}
 &g1 + g2 + g3 = 350.92 \\
 &\text{carga móvel Pesq} = 110.7 \\
 &\text{carga móvel Pdir} = 49.7 \\
 &\quad p.p. \text{ pilar} = 8.6 \\
 &\quad p.p. \text{ bloco} = 57.2 \\
 &N = 577.2 \text{ tf}
 \end{aligned}$$

* Cálculo de HL

$$HL \text{ (tf)} = 74.2$$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 9.3$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 299.4$$

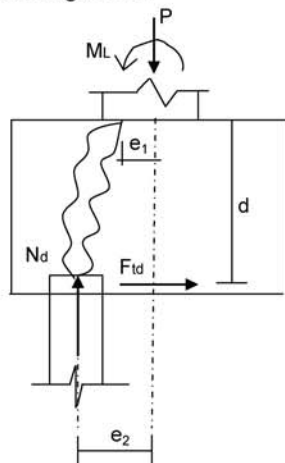
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 51.1$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P1 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 114.1$$

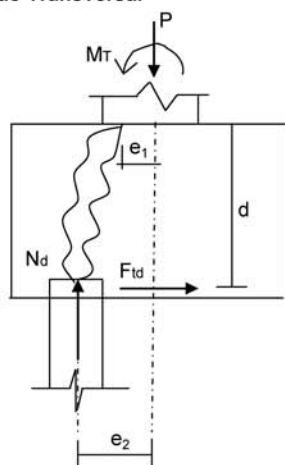
$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 106.5$$

$$A_s (cm^2) = 24.5$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 114.1$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 106.5$$

$$A_s (cm^2) = 24.5$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:27x24x24x27_BR163 B1
Data: 1/26/2006

Ponte 27x24x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B1

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:27x24x24x27_BR163 B1
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-9.30	-577.20	-74.20	-299.40	0.00	51.10

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

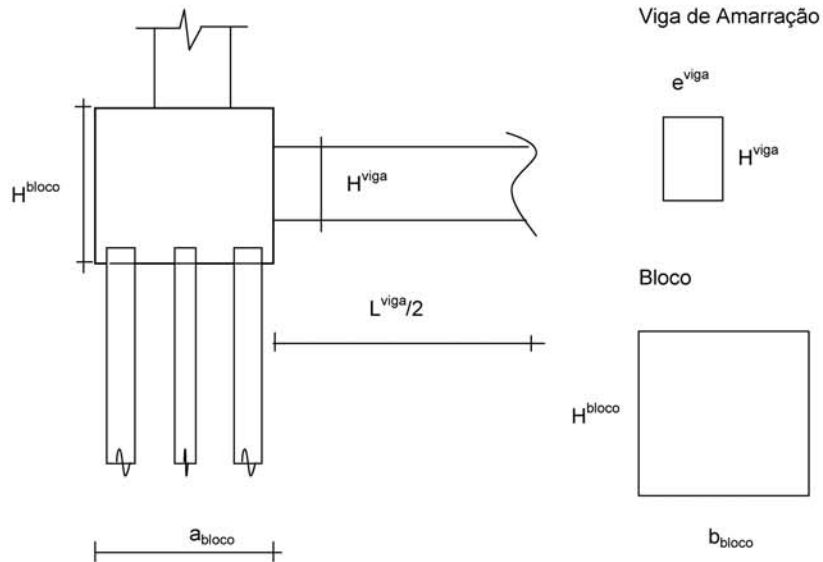
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004056	-0.002083	-0.041775	-0.001939	0.000000	0.000022

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	114.12	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
2	112.88	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
3	110.03	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
4	108.79	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
5	59.76	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
6	55.68	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
7	6.65	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
8	5.41	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
9	2.56	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13
10	1.32	-0.93	-7.42	0.00	13.05	-2.13

Apoio P2

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 3.20$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.40$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 29.12$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 5.61$

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 460.76$
 - carga móvel Pesq = 95.8
 - carga móvel Pdir = 38.2
 - p.p. pilar = 17.2
 - p.p. bloco = 63.9
- $N \text{ (tf)} = 675.8 \text{ tf}$

- HL (tf) = 30.6
- HT (tf) = 12.4
- ML (tf) = 226.5
- MT (tf) = 87.9

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 93.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.2 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 629.9 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 30.3 & \text{ML (tf)} &= 209.2 \\ \text{HT (tf)} &= 12.4 & \text{MT (tf)} &= 87.9 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 142.2 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 83.3 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.2 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 767.3 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 30.6 & \text{ML (tf)} &= 180.0 \\ \text{HT (tf)} &= 12.4 & \text{MT (tf)} &= 87.9 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

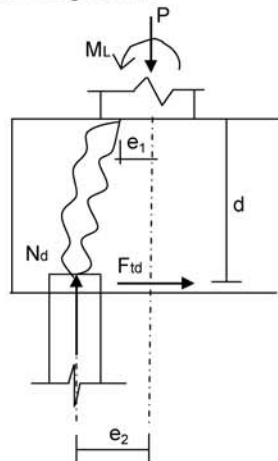
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 138.0 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -3.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.2 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 676.2 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 30.3 & \text{ML (tf)} &= 178.5 \\ \text{HT (tf)} &= 12.4 & \text{MT (tf)} &= 87.9 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P2 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal

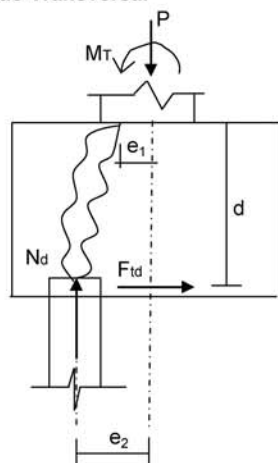


$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 87.1$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \qquad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$F_{td} \text{ (tf)} = 81.3$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 18.7$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.25$ $N \text{ (tf)} = 87.1$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.20$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \qquad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$F_{td} \text{ (tf)} = 96.5$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 22.2$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:27x24x24x27_BR163 B2
Data: 1/26/2006

Ponte 27x24x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B2

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2,M,M2,M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
12	4	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	-2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
11	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
12	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:27x24x24x27_BR163 B2
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 1

1	Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
	-12.40	-675.80	-30.60	-226.50	0.00	87.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004517	-0.002032	-0.014692	-0.000838	0.000000	0.000030

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	83.23	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
2	82.25	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
3	81.26	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
4	77.83	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
5	76.85	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
6	75.87	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
7	36.76	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
8	35.78	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
9	34.80	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
10	31.37	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
11	30.39	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36
12	29.41	-1.03	-2.55	0.00	4.36	-2.36

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref:27x24x24x27_BR163 B2
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 2

1

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-12.40	-629.90	-30.30	-209.20	0.00	87.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004517	-0.001894	-0.014462	-0.000786	0.000000	0.000030

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	77.95	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
2	76.97	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
3	75.99	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
4	72.55	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
5	71.57	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
6	70.59	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
7	34.39	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
8	33.41	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
9	32.43	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
10	29.00	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
11	28.01	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36
12	27.03	-1.03	-2.53	0.00	4.35	-2.36

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref:27x24x24x27_BR163 B2
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 3

2

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-12.40	-767.30	-30.60	-180.00	0.00	87.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004517	-0.002307	-0.014426	-0.000702	0.000000	0.000030

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	87.08	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
2	86.10	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
3	85.12	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
4	81.68	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
5	80.70	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
6	79.72	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
7	48.16	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
8	47.18	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
9	46.20	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
10	42.77	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
11	41.79	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36
12	40.80	-1.03	-2.55	0.00	4.46	-2.36

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref:27x24x24x27_BR163 B2
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 4

2

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-12.40	-676.20	-30.30	-178.50	0.00	87.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

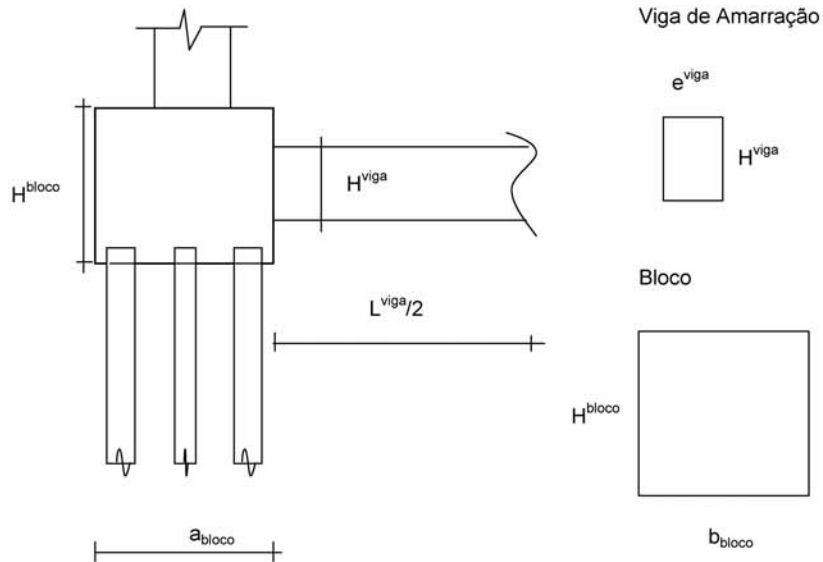
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004517	-0.002033	-0.014286	-0.000696	0.000000	0.000030

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	79.32	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
2	78.34	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
3	77.36	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
4	73.92	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
5	72.94	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
6	71.96	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
7	40.74	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
8	39.76	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
9	38.78	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
10	35.34	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
11	34.36	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36
12	33.38	-1.03	-2.53	0.00	4.41	-2.36

Apoio P3

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- hBloco (m) = 1.30
- a_bloco (m) = 3.20
- b_bloco (m) = 2.80
- hViga de Amarração (m) = 1.10
- L Viga de Amarração (m) = 3.40
- eViga de Amarração (m) = 0.60

- p.p. bloco (tf) = 29.12
- p.p. viga de amarração (tf) = 5.61

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- g1 + g2 + g3 = 467.6
 - carga móvel Pesq = 95.3
 - carga móvel Pdir = 37.7
 - p.p. pilar = 17.6
 - p.p. bloco = 63.9
- N (tf) = 682.1 tf

- HL (tf) = 8.0
- HT (tf) = 12.6
- ML (tf) = 93.5
- MT (tf) = 90.7

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 467.6 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 93.2 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.6 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 636.7 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 8.0 & \text{ML (tf)} &= 77.7 \\ \text{HT (tf)} &= 12.6 & \text{MT (tf)} &= 90.7 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 467.6 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 141.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 82.7 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.6 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 773.5 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 8.0 & \text{ML (tf)} &= 47.0 \\ \text{HT (tf)} &= 12.6 & \text{MT (tf)} &= 90.7 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

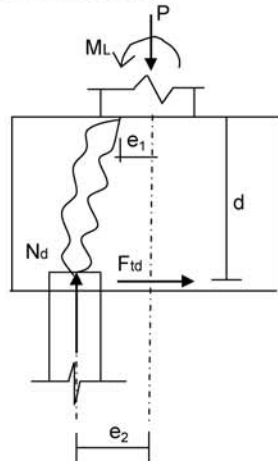
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 467.6 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 137.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -3.7 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.6 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 683.1 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 8.0 & \text{ML (tf)} &= 47.0 \\ \text{HT (tf)} &= 12.6 & \text{MT (tf)} &= 90.7 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

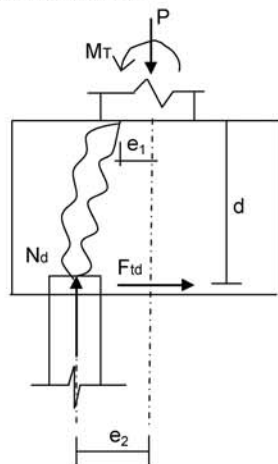
Dimensionamento do Bloco de P3 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 73.3$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 68.4$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 15.7$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.25$ $N \text{ (tf)} = 73.3$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.20$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 81.3$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 18.7$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:27x24x24x27_BR163 B3
Data: 1/26/2006

Ponte 27x24x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B3

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2,M,M2,M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
12	4	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	-2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
11	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
12	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:27x24x24x27_BR163 B3
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 1

1	Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
	-12.60	-682.10	-8.00	-93.50	0.00	90.70

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004591	-0.002051	-0.004037	-0.000320	0.000000	0.000030

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	69.48	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
2	68.47	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
3	67.46	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
4	63.93	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
5	62.92	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
6	61.92	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
7	51.77	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
8	50.76	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
9	49.75	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
10	46.22	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
11	45.21	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40
12	44.20	-1.05	-0.67	0.00	1.06	-2.40

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref:27x24x24x27_BR163 B3
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 2

1						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-12.60	-636.70	-8.00	-77.70	0.00	90.70	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.004591	-0.001915	-0.003947	-0.000273	0.000000	0.000030	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	64.41	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
2	63.41	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
3	62.40	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
4	58.87	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
5	57.86	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
6	56.85	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
7	49.27	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
8	48.26	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
9	47.25	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
10	43.72	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
11	42.71	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40
12	41.70	-1.05	-0.67	0.00	1.10	-2.40

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref:27x24x24x27_BR163 B3
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 3

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-12.60	-773.50	-8.00	-47.00	0.00	90.70	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.004591	-0.002326	-0.003771	-0.000183	0.000000	0.000030	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	73.32	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
2	72.31	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
3	71.31	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
4	67.78	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
5	66.77	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
6	65.76	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
7	63.16	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
8	62.15	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
9	61.14	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
10	57.61	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
11	56.60	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
12	55.59	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref:27x24x24x27_BR163 B3
Data: 1/26/2006

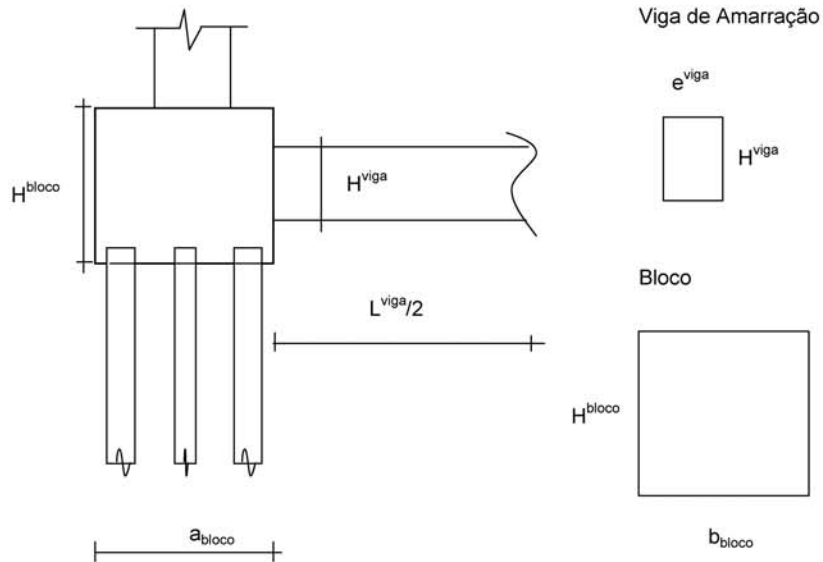
NRO CARREG 4

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-12.60	-683.10	-8.00	-47.00	0.00	90.70	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.004591	-0.002054	-0.003771	-0.000183	0.000000	0.000030	

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	65.79	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
2	64.78	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
3	63.77	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
4	60.24	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
5	59.23	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
6	58.23	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
7	55.62	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
8	54.62	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
9	53.61	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
10	50.08	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
11	49.07	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40
12	48.06	-1.05	-0.67	0.00	1.17	-2.40

Apoio P4

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- hBloco (m) = 1.30
- a_bloco (m) = 3.20
- b_bloco (m) = 2.80
- hViga de Amarração (m) = 1.10
- LViga de Amarração (m) = 3.40
- eViga de Amarração (m) = 0.60

- p.p. bloco (tf) = 29.12
- p.p. viga de amarração (tf) = 5.61

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- g1 + g2 + g3 = 460.76
 - carga móvel Pesq = 95.8
 - carga móvel Pdir = 38.2
 - p.p. pilar = 17.6
 - p.p. bloco = 63.9
- N (tf) = 676.2 tf

- HL (tf) = 26.4
- HT (tf) = 13.1
- ML (tf) = 202.9
- MT (tf) = 94.0

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 93.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.6 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.6 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 630.3 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 26.4 & \text{ML (tf)} &= 186.9 \\ \text{HT (tf)} &= 13.1 & \text{MT (tf)} &= 94.0 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 142.2 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 83.3 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.6 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 767.7 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 26.4 & \text{ML (tf)} &= 156.4 \\ \text{HT (tf)} &= 13.1 & \text{MT (tf)} &= 94.0 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

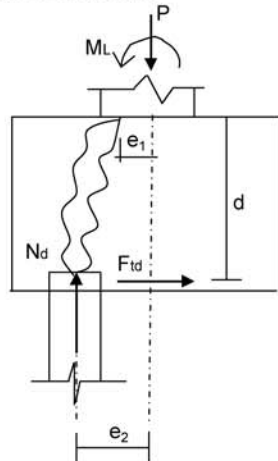
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 460.76 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 138.1 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -3.7 \\ \text{p.p. pilar} &= 17.6 \\ \text{p.p. bloco} &= 63.9 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 676.6 \text{ tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 26.4 & \text{ML (tf)} &= 156.2 \\ \text{HT (tf)} &= 13.1 & \text{MT (tf)} &= 94.0 \end{aligned}$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P4 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal

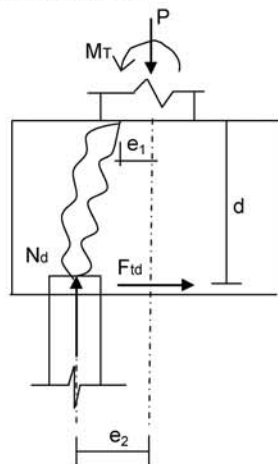


$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 84.8$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \qquad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$F_{td} \text{ (tf)} = 79.1$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 18.2$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.25$ $N \text{ (tf)} = 84.8$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.20$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \qquad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$F_{td} \text{ (tf)} = 94.0$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 21.6$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:27x24x24x27_BR163 B4
Data: 1/26/2006

Ponte 27x24x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B4

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2,M,M2,M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
12	4	210000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	2.10	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	3.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	4.50	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	-2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	3.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
11	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
12	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:27x24x24x27_BR163 B4
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 1

1	Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
	-13.10	-676.20	-26.40	-202.90	0.00	94.00

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004773	-0.002033	-0.012719	-0.000745	0.000000	0.000031

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	80.92	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
2	79.88	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
3	78.83	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
4	75.17	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
5	74.12	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
6	73.08	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
7	39.62	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
8	38.58	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
9	37.53	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
10	33.87	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
11	32.82	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50
12	31.78	-1.09	-2.20	0.00	3.74	-2.50

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref:27x24x24x27_BR163 B4
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 2

1						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-13.10	-630.30	-26.40	-186.90	0.00	94.00	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.004773	-0.001895	-0.012627	-0.000698	0.000000	0.000031	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	75.80	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
2	74.75	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
3	73.71	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
4	70.05	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
5	69.00	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
6	67.95	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
7	37.10	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
8	36.05	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
9	35.00	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
10	31.34	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
11	30.30	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50
12	29.25	-1.09	-2.20	0.00	3.78	-2.50

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref:27x24x24x27_BR163 B4
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 3

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-13.10	-767.70	-26.40	-156.40	0.00	94.00	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.004773	-0.002309	-0.012453	-0.000609	0.000000	0.000031	
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	84.77	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
2	83.73	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
3	82.68	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
4	79.02	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
5	77.98	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
6	76.93	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
7	51.02	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
8	49.97	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
9	48.93	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
10	45.27	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
11	44.22	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
12	43.18	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref:27x24x24x27_BR163 B4
Data: 1/26/2006

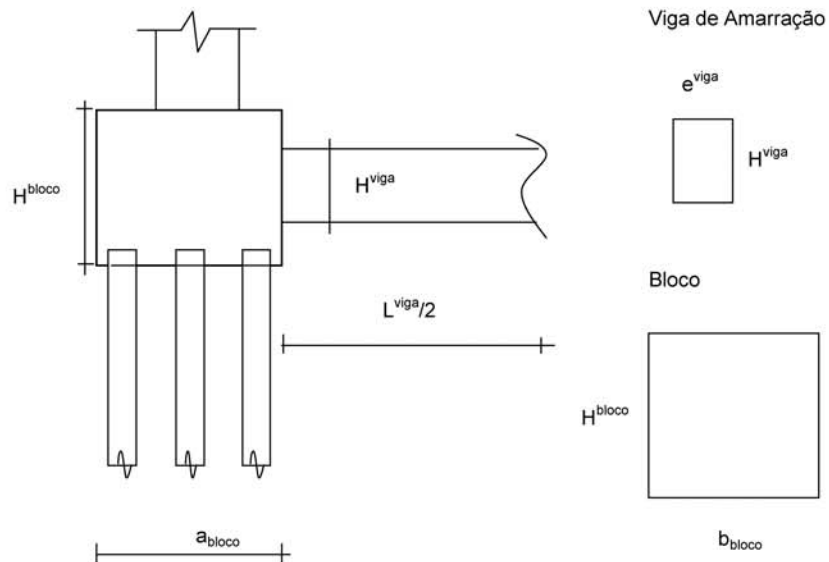
NRO CARREG 4

2						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-13.10	-676.20	-26.40	-156.20	0.00	94.00	
DESLOCAMENTOS DO BLOCO						
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z	
-0.004773	-0.002033	-0.012451	-0.000608	0.000000	0.000031	

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)						
N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	77.13	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
2	76.09	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
3	75.04	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
4	71.38	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
5	70.33	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
6	69.29	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
7	43.41	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
8	42.37	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
9	41.32	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
10	37.66	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
11	36.61	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50
12	35.57	-1.09	-2.20	0.00	3.84	-2.50

Apoio P5

Esforços em Serviço na Base do Bloco



$h_{\text{bloco}} \text{ (m)} = 1.30$
 $a_{\text{bloco}} \text{ (m)} = 2.80$
 $b_{\text{bloco}} \text{ (m)} = 2.80$
 $h_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
 $L_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
 $e_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

$p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 25.48$
 $p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 6.27$

* Cálculo de N (tf)

$g1 + g2 + g3 = 350.92$
 $\text{carga móvel Pesq} = 110.6$
 $\text{carga móvel Pdir} = 49.8$
 $p.p. \text{ pilar} = 3.8$
 $p.p. \text{ bloco} = 57.2$

$N = 572.4 \text{ tf}$

* Cálculo de HL

$HL \text{ (tf)} = 62.2$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 13.1$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 231.9$$

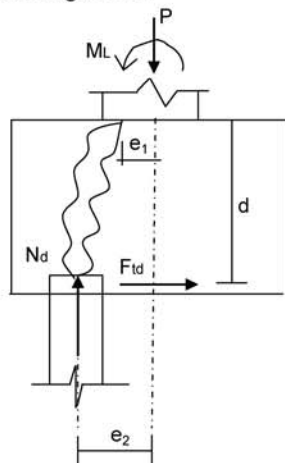
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 52.2$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco de P5 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 103.0$$

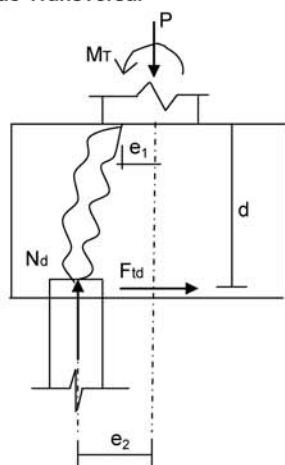
$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 96.1$$

$$A_s (cm^2) = 22.1$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 103.0$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 96.1$$

$$A_s (cm^2) = 22.1$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:27x24x24x27_BR163 B5
Data: 1/26/2006

Ponte 27x24x24x27 (Estaca Raiz) - BR-163 / B5

ESTACAS ENGASTADAS NO BLOCO E NO TERRENO COM CONFINAMENTO LATERAL

DADOS DAS ESTACAS-UNIDAD-(T/M2, M, M2, M4, GRAU, T, TM)

N EST	N CARREG	M ELAST E	M ELAST G	CONST XK
10	1	2100000.00	810000.00	50.00

COORDENADAS TOPO ESTACA				ÂNGULOS		
N EST	XI	YI	ZI	ANCR	TETA	ALFA
1	-4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
3	2.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	4.30	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
5	-3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	2.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	4.30	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

N EST	COMP	ÁREA	XIN	YIN	ZIN
1	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
2	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
3	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
4	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
5	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
6	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
7	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
8	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
9	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277
10	10.00	0.132	0.00139	0.00139	0.00277

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:27x24x24x27_BR163 B5
Data: 1/26/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.10	-572.40	-62.20	-231.90	0.00	52.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.005699	-0.002066	-0.034856	-0.001542	0.000000	0.000025

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	103.01	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
2	101.60	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
3	98.36	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
4	96.95	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
5	59.56	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
6	54.92	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
7	17.53	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
8	16.12	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
9	12.88	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01
10	11.47	-1.31	-6.22	0.00	11.00	-3.01

12 PONTE SOBRE O RIO ITAPACURAZINHO

12 PONTE SOBRE O RIO ITAPACURAZINHO

12.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Vão de 24,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Tucunaré no Volume 3 B – 2ª Parte).

Vãos de 24,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Itaboraí no Volume 3 B – 2ª Parte).

12.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio, sendo a primeira com travessa assentada diretamente sobre os blocos de fundação, e as demais com pilares de respectivamente 2,50 m, 2,50 m e 1,20 m de altura para as obras de 78,00 m com um vão de 24,00 m e dois vãos de 24,00 m com balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Infra-estrutura da Ponte sobre o Rio Itaboraí no Volume 3 B – 2ª Parte).