

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 : Novo Progresso – Rio Aruri (Div Itaituba/Trairão)
Segmento : km 350,00 – km 508,80
Código PNV : 163BPA1040 – 163BPA1065
Lote : 02

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 : Novo Progresso – Rio Aruri (Div Itaituba/Trairão)
Segmento : km 350,00 – km 508,80
Código PNV : 163BPA1040 – 163BPA1065
Lote : 02

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 SÃO JORGE II	4
2.1 Cálculo da Superestrutura	5
2.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	78
3 PONTE SOBRE O RIO MACHADO	158
3.1 Cálculo da Superestrutura	159
3.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	268
4 PONTE SOBRE O RIO LAURO	384
4.1 Cálculo da Superestrutura	385
4.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	452
5 PONTE SOBRE O RIO JUSCELINO	570
5.1 Cálculo da Superestrutura	571
5.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	571
6 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA I	623
6.1 Cálculo da Superestrutura	624
6.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	624
7 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA II	625
7.1 Cálculo da Superestrutura	626
7.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	626
8 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA III	678
8.1 Cálculo da Superestrutura	679
8.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	679
9 PONTE SOBRE O RIO CAFÉ BAIANO	680
9.1 Cálculo da Superestrutura	681
9.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	681
10 PONTE SOBRE O ARURI	682
10.1 Cálculo da Superestrutura	683
10.2 Cálculo da Infra-estrutura.....	683

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: Novo Progresso – Rio Aruri (Divisa Itaituba/Trairão), segmento: km 350,00 – km 508,80, lote: 02. A seguir, apresenta-se a relação com nome e localização das obras referentes ao trecho citado.

NOME	COMPRIMENTO	LOCALIZAÇÃO
Ponte sobre o Rio Santa Júlia	78,00 m	Km 350,00
Ponte sobre o Rio Natal	78,00 m	Km 359,60
Ponte sobre o Rio São Jorge I	42,50 m	Km 386,60
Ponte sobre o Rio das Arraias (Alargamento)	162,50 m	Km 390,30
Ponte sobre o Rio Bonitinho	36,50 m	Km 395,00
Ponte sobre o Rio Onça I	42,50 m	Km 398,20
Ponte sobre o Rio Onça II	30,00 m	Km 402,40
Ponte sobre o Rio São Jorge II	48,50 m	Km 409,10
Ponte sobre o Rio Machado	72,50 m	Km 448,50
Ponte sobre o Rio Lauro	63,50 m	Km 449,57
Ponte sobre o Rio Juscelino	30,00 m	Km 459,80
Ponte sobre o Rio Estrela I	30,00 m	Km 462,50
Ponte sobre o Rio Estrela II	36,50 m	Km 465,90
Ponte sobre o Rio Estrela III	30,00 m	Km 466,50
Ponte sobre o Rio Café Baiano	30,00 m	Km 467,00
Ponte sobre o Rio Aruri (Alargamento)	168,00 m	Km 508,80

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 SÃO JORGE II

2 PONTE SOBRE O RIO SÃO JORGE II

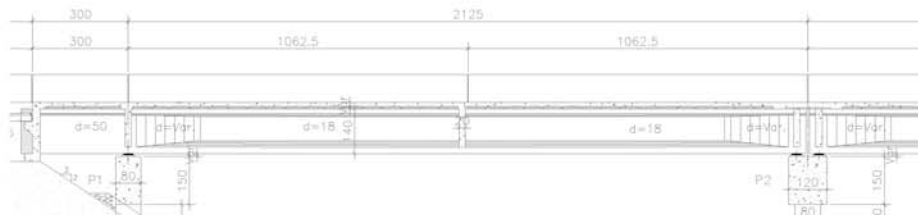
2.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

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

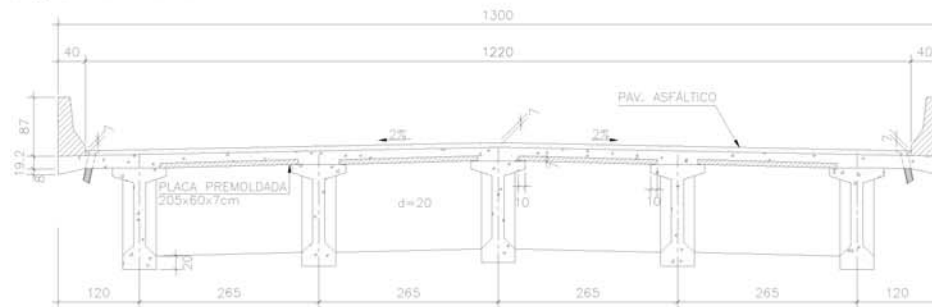
OBRA: Ponte sobre o Rio São Jorge II

1 – Cálculo da superestrutura

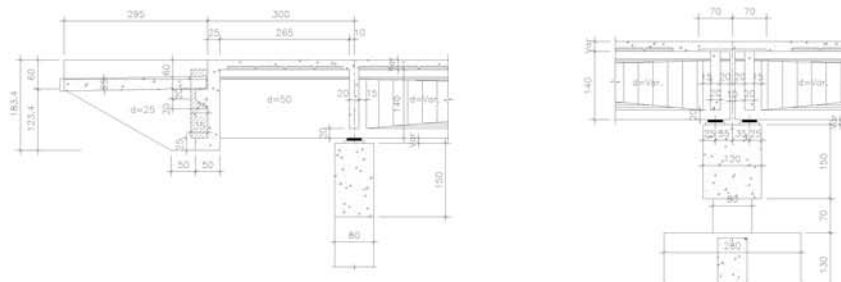
Perfil Longitudinal



Seção Transversal

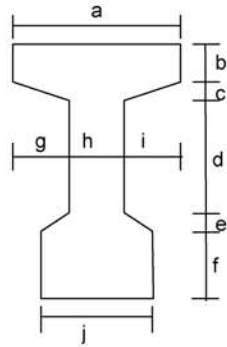


Detalhe das vigas nos apoios



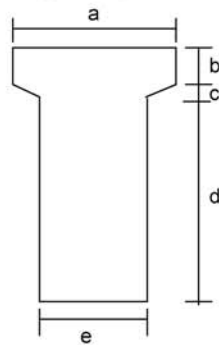
- Seção Transversal das Vigas

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

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

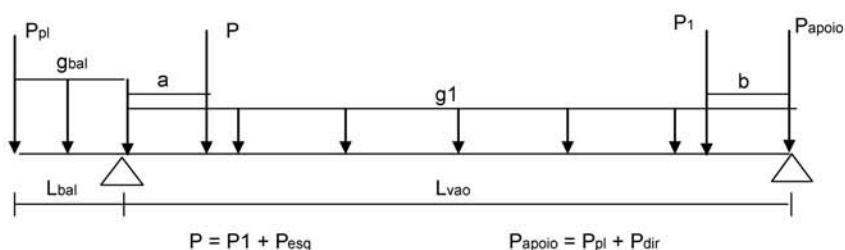
$$L3 \text{ (m)} = 0,350$$

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

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

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

resumo do carregamento peso próprio



$$L_{vão} \text{ (m)} = 20,90$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

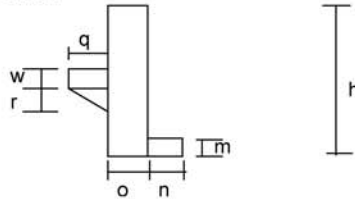
Viga de Bordo	Viga Central
carga distribuída	carga distribuída
$g_2 = h * L * 2,50$	$g_2 = h * L * 2,50$
h (m) = 0,200 g ₂ (tf/m) = 1,263 L (m) = 2,525	h (m) = 0,200 g ₂ (tf/m) = 1,325 L (m) = 2,650
carga concentrada	cargas concentradas
Transversina de apoio	Transversina de apoio
$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio}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



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

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

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

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

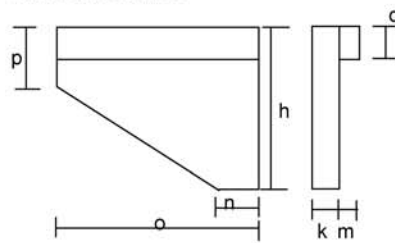
$$m (m) = 0,250 \quad w (m) = 0,200$$

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

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

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

Abas das Cortinas



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

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

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

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

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

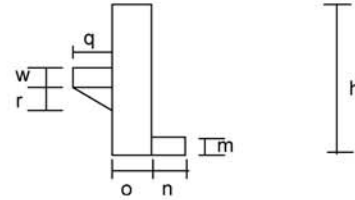
$$P5 (tf) = 2,99$$

Seção fora do vão de cálculo

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

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

Cortina



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

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

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

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

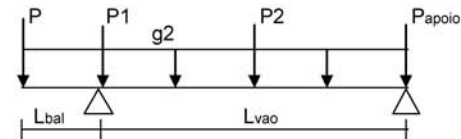
$$m (m) = 0,250 \quad w (m) = 0,200$$

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

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

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

resumo dos esforços



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

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

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

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

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

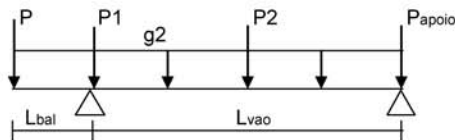
$$P1 (tf) = 1,27$$

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

Esforços Seccionais

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

resumo dos esforços



$$P = P4 + P5 \quad P \text{ (tf)} = 6,77$$

$$P_{\text{apoio}} = P1 + P3 \quad P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1,01$$

$$g2 \text{ (tf/m)} = 1,263$$

$$P \text{ (tf)} = 6,77$$

$$P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1,01$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0,63$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0,31$$

Esforços Seccionais

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

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 25,79$$

$$R2 \text{ (tf)} = 13,12$$

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

$$R1 \text{ (tf)} = 24,41$$

$$R2 \text{ (tf)} = 15,4$$

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

$$P_2 = L * g_3$$

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

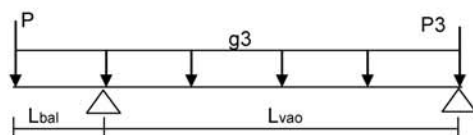
$$\begin{aligned} k \text{ (m)} &= 3,000 \\ h \text{ (m)} &= 0,250 \\ L \text{ (m)} &= 9,900 \end{aligned} \quad P2 \text{ (tf)} = 1,86$$

seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g3 \quad L \text{ (m)} = 0,300$$

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

resumo dos esforços



$$P = P1 + P2$$

$$\begin{aligned} g3 \text{ (tf/m)} &= 0,937 \\ P \text{ (tf)} &= 3,57 \\ P3 \text{ (tf)} &= 0,28 \end{aligned}$$

Reações

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

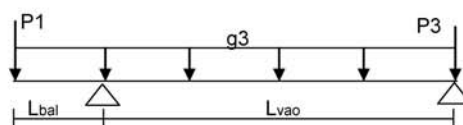
esforços

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



$$\begin{aligned} g3 \text{ (tf/m)} &= 0,445 \\ P1 \text{ (tf)} &= 1,86 \\ P3 \text{ (tf)} &= 0,13 \end{aligned}$$

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.

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 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 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	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	deslocamento	rotacao
		x	y	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      0.00          8.66          -11.58
2 local          2      0.00          -8.66          11.58
                3      0.00          10.56         -25.99
3 local          3      0.00          14.60          25.99
                4      0.00          -11.96         1.76
4 local          4      0.00          11.96          -1.76
                5      0.00          -9.32          23.99
5 local          5      0.00          9.32          -23.99
                6      0.00          -6.68          40.70
6 local          6      0.00          6.68          -40.70
                7      0.00          -4.04          51.90
7 local          7      0.00          4.04          -51.90
                8      0.00          -1.40          57.58
8 local          8      0.00          1.09          -57.58
                9      0.00          1.55          57.10
9 local          9      0.00          -1.55         -57.10
                10     0.00          4.19          51.10
10 local         10     0.00          -4.19         -51.10
                11     0.00          6.83          39.58
11 local         11     0.00          -6.83         -39.58
                12     0.00          9.47          22.55
12 local         12     0.00          -9.47         -22.55
                13     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.

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 9.50E-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		momento
		força x	força y	
1	global	0.00	-3.57	0.00
13	global	0.00	-0.28	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas			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

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	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	

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	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.

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)				
	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	-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

U n i d a d e s U t i l i z a d a s
 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		
		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

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

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		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 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	la		px			py		mz	wyb
			t	lb	wxa	wxb	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
t wxa wxb wya wyb
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
-----

```

carregamento 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
	sistema	nó	força normal	força cortante	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 Central

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	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 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	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		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-1.86	0.00
13	global	0.00	-0.13	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas			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

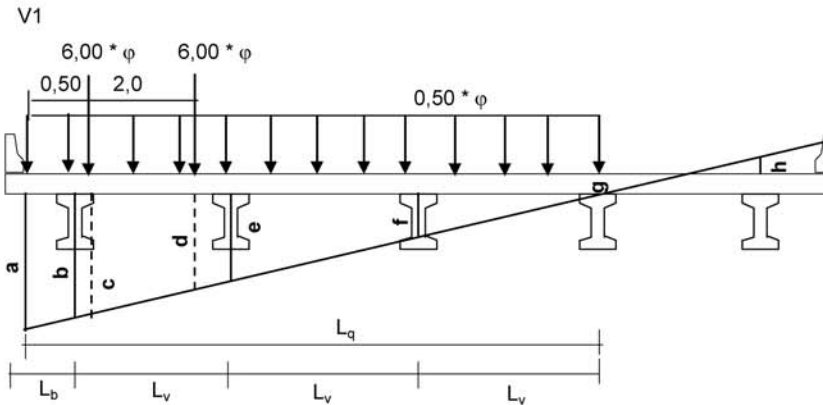
esforços nas barras						
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor	
1	local	1	0.00	-1.86	-0.00	
		2	0.00	2.53	-3.29	
2	local	2	0.00	-2.53	3.29	
		3	0.00	3.19	-7.58	
3	local	3	0.00	5.01	7.58	
		4	0.00	-4.08	1.92	
4	local	4	0.00	4.08	-1.92	
		5	0.00	-3.15	9.48	
5	local	5	0.00	3.15	-9.48	

		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

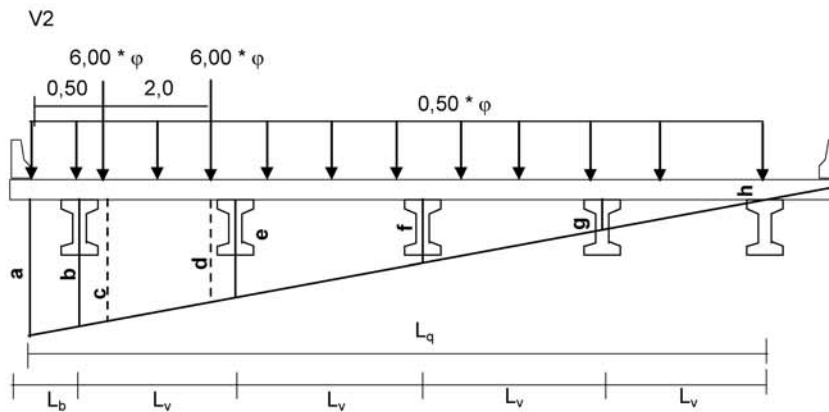
Fim Do Programa

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

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



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



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

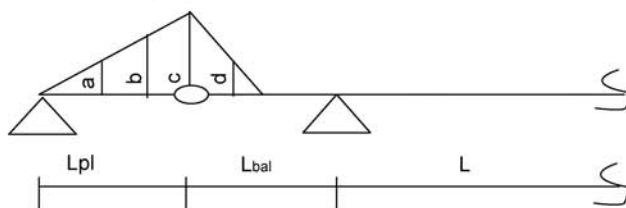
4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

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

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

Linha de Influência Momento Fletor

LI Momento S1/2 balanço



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

$$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) \qquad b = 0,750$$

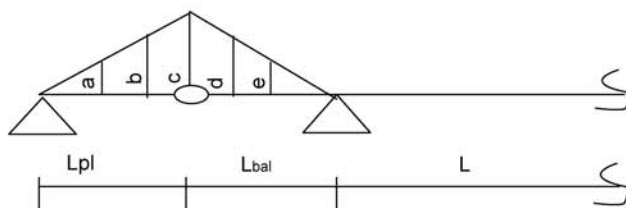
$$c = 0,50 * L_{bal} \qquad c = 1,500$$

$$d = (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})] \qquad d = 0,000$$

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

$$M_{1/2_max} = 0$$

LI Momento S0



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

$$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl}) \qquad b = 1,500$$

$$c = L_{bal} \qquad c = 3,000$$

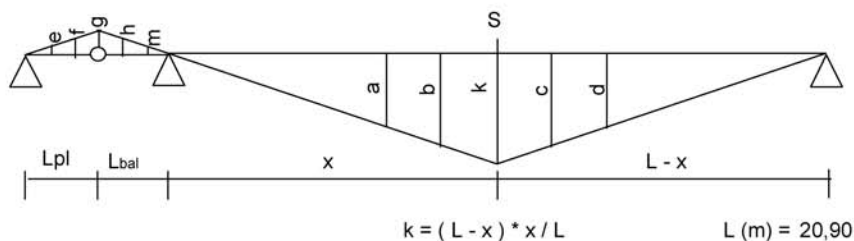
$$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal}) \qquad d = 1,500$$

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

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

$$M_{S0_max} = 0$$

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	2,09	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

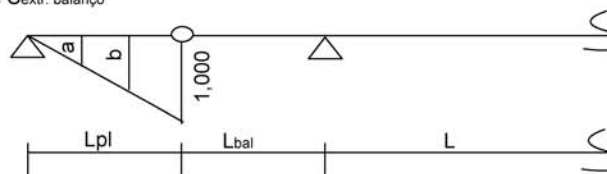
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

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 $S_{extr. balanço}$



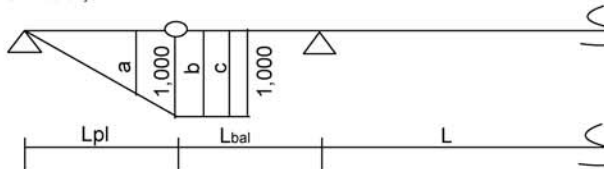
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

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

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

$$Q_{extr_min} = 0$$

LI Cortante S_{1/2}. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0,500$$

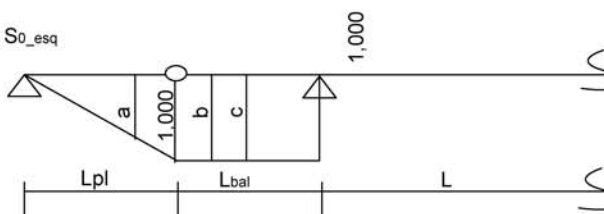
$$b = 0,000$$

$$c = 0,000$$

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

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

LI Cortante S₀.esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0,500$$

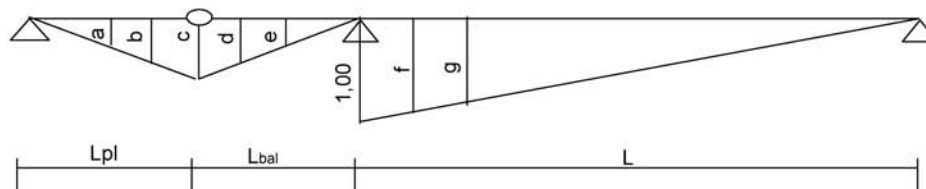
$$b = 0,000$$

$$c = 0,000$$

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

$$Q_{S0esq_min} = 0$$

LI Cortante S₀.dir



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

$$a = 0,000$$

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

$$b = 0,072$$

$$c = L_{bal} * (1 / L)$$

$$c = 0,144$$

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

$$d = 0,072$$

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

$$e = 0,000$$

$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L)$$

$$f = 0,928$$

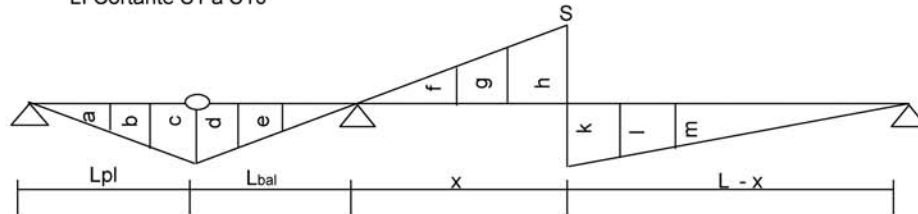
$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$g = 0,856$$

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

$$Q_{S0dir_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



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

$L (m) = 20,900$

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

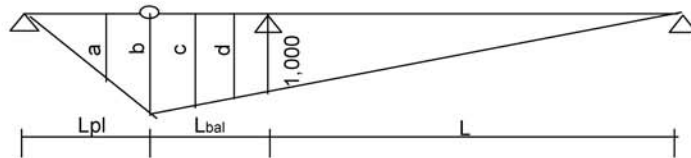
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	2,09	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,900	0,828	0,756
S2	4,18	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,800	0,728	0,656
S3	6,27	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,700	0,628	0,556
S4	8,36	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,600	0,528	0,456
S5	10,45	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,500	0,428	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 (m ²)	W _s (m ³)	W _s ' (m ³)	W _i (m ³)	Tempo T = 0		
					σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
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

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 DEVIDO AOS CARREGAMENTOS ATUANTES (EM T/M2)

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

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

-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 PROTENSAO

APOIO	REAÇÃO (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	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

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	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

1 9 I 964.6 886.6 886.6 527.6 916.6

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

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

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

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 + 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 _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-15	494	479	-36	442	0	442
	σ_i (tf/m ²)	17	147	164	40	204	0	204
S0	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-52	628	576	-88	488	0	488
	σ_i (tf/m ²)	58	28	86	98	184	0	184
S1	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	82	632	714	73	787	0	787
	σ_i (tf/m ²)	-90	566	476	-81	395	0	395
S2	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	193	-78	115	217	332	0	332
	σ_i (tf/m ²)	-212	1388	1176	-239	936	0	936
S3	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	3	3
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	273	-433	-160	326	166	60	226
	σ_i (tf/m ²)	-301	1810	1509	-359	1150	456	1607
S4	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	324	-446	-121	399	277	15	292
	σ_i (tf/m ²)	-357	1808	1451	-439	1012	727	1738
S5	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-98	-98
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	345	-443	-98	436	338	10	349
	σ_i (tf/m ²)	-380	1799	1418	-480	938	768	1706
S6	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	336	-441	-104	420	316	15	331
	σ_i (tf/m ²)	-371	1788	1418	-463	955	727	1682
S7	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	298	-438	-141	368	228	58	285
	σ_i (tf/m ²)	-328	1779	1451	-406	1045	459	1504
S8	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	229	-365	-136	281	145	0	145
	σ_i (tf/m ²)	-253	1672	1419	-310	1110	0	1110
S9	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	131	-35	96	158	254	0	254
	σ_i (tf/m ²)	-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 + $\Delta\sigma$
F8 = F7 + CM_{mínima}

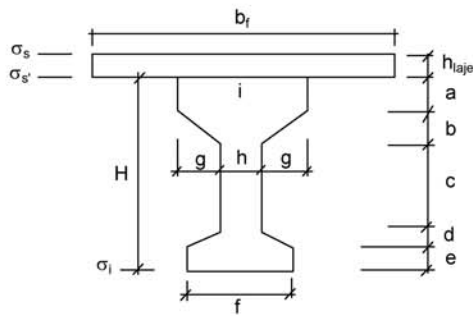
F9 = F7 + CM_{máxima}
 $\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$

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
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
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
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
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:

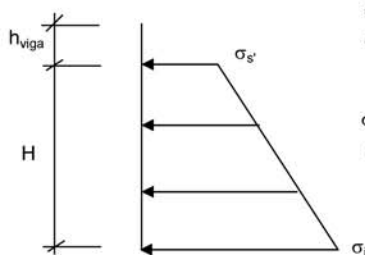
Concreto: f_{ck} (MPa) = 35,0

E_c (kgf/cm²) = 330.000

Aço: CP-190-RB

E_{sp} (kgf/cm²) = 1.950.000

Tensões de peso próprio + protensão em t = 00



$\sigma_s' = \sigma_s'$ 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 = 00)

$$\sigma_{sp}^{t=00} = \sigma_{sp}^{t=00} \cdot 1^{prot.} + \sigma_{sp}^{t=00} \cdot 2^{prot.}$$

$$\sigma_{sp}^{t=00} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 93.468$$

Solicitações atuantes na seção S₅

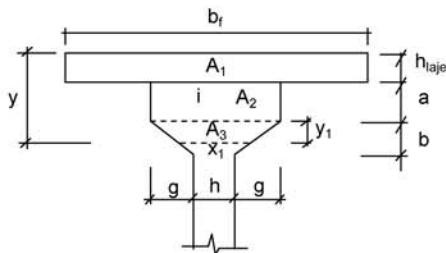
M_{g1} (tf.m) = 56,3

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:

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

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

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

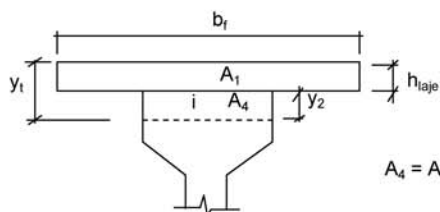
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * s_{sp}$$

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

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

Logo devemos ter:

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



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

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

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

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

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

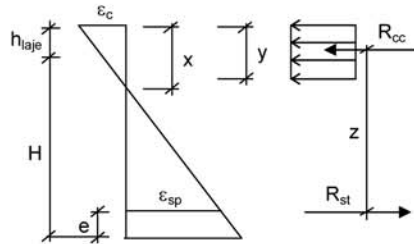
$$(y_t < h_{laje})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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	-5,0	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

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

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

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

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

Seção	V_{sd} (tf)	b_w (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{rd2} (tf)
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}	$\rho_{wu} \times f.f.$	$\rho_{wu} \times f.f.$ 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

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

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 97,2$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{810,0} \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

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

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 42,9$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{357,3} \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

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

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

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 93,6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{779,6} \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

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

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 51,8$$

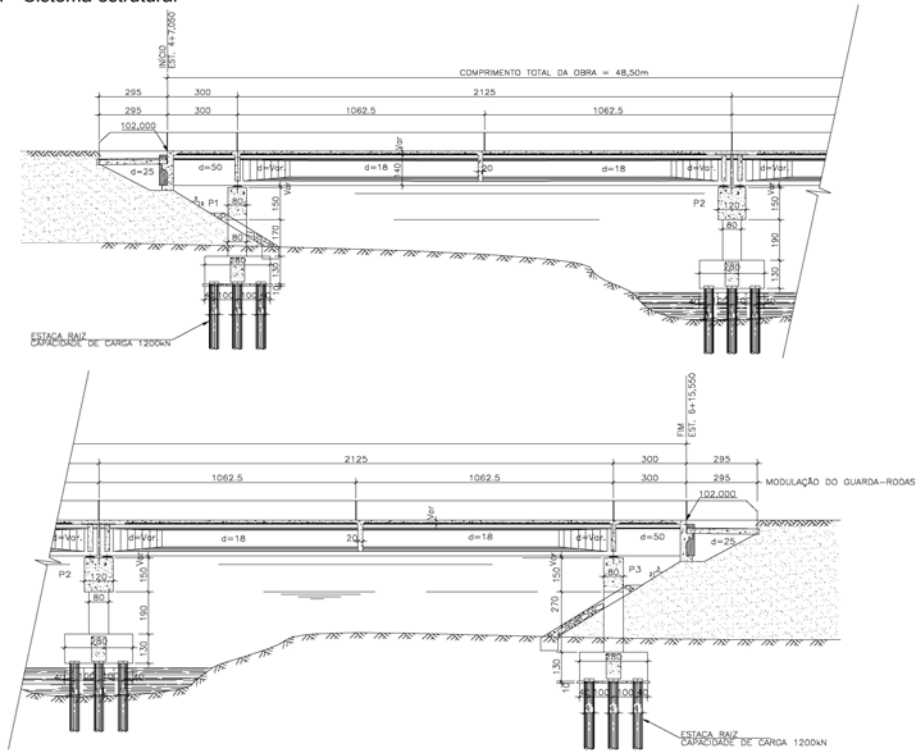
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{432,0} \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

2.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Três linhas de apoio com pilares de respectivamente 1,70 m, 1,90 m e 2,70 m de altura, para as obras de 48,50 m com dois vão de 21,25 m e balanços de 3,00 m.

Cálculo da Infraestrutura - (2 vãos de 21,25m com balanços de 3,00)

1 - Sistema estrutural



$$L^{\text{vão1}} \text{ (m)} = 21.25$$

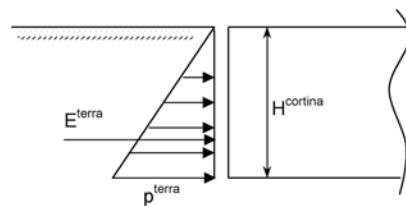
$$L^{\text{vão2}} \text{ (m)} = 21.25$$

$$L^{\text{bal}} \text{ (m)} = 3.00$$

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.85$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

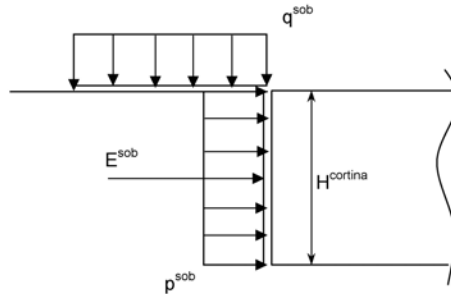
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.110$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}}) / 2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} \text{ (tf)} = 13.3$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$q^{mult} (tf/m^2) = 0.50$



$q^{sob} (tf/m^2) = 0.50$

$L^{obra} (m) = 13.00$

$H^{cortina} (m) = 1.85$

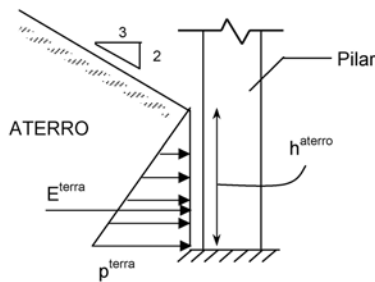
$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$

$p^{sob} (tf/m^2) = 0.167$

$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$

$E_{sob} (tf) = 4.0$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$K_a = 0.75$

$\gamma_{solo} (tf/m^3) = 1.80$

$h^{aterro P1} (m) = 1.60$

$b^{pilar} (m) = 0.80$

$h^{aterro P3} (m) = 2.50$

$b^{pilar} (m) = 0.80$

$p^{terra} = K_a \times \gamma_{solo} \times h^{aterro}$

$p^{terra P1} (tf/m^2) = 2.16$

$p^{terra P3} (tf/m^2) = 3.38$

$E_{terra} = ((p^{terra} \times h^{aterro})/2) \times 3b^{pilar}$

$E_{terra P1} (tf) = 4.15$

$E_{terra P3} (tf) = 10.13$

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

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veiculo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$P^{concentrado} (tf) = 45.0$

$q^{mult} (tf/m^2) = 0.50$

$Larg^{obra} (m) = 13.00$

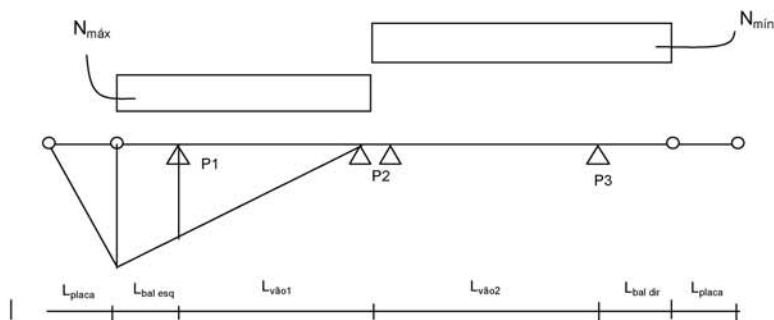
$L^{bal esq} (m) = 3.00$

$L^{bal dir} (m) = 3.00$

$L^{Vao1} (m) = 21.25$

$L^{Vao2} (m) = 21.25$

Linha de influência de reação em P1 e P3



1ª Hipótese - N_{máx}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal esq} + \text{vão1}}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal esq} + \text{vão1}}$ para PMC

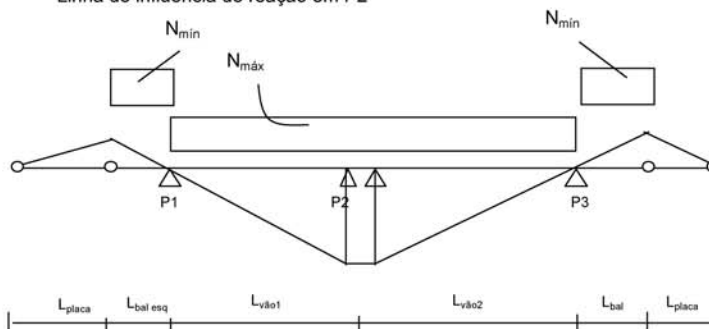
$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 7.40 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 3.70 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - N_{mín}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal dir} + \text{vão2}}$ para PTC
 5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{\text{mult}} \times (L_{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal dir} + \text{vão2}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 7.40 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 3.70 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência de reação em P2



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

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 12.96 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 6.48 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - Nmin

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{concentrado}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{bal\ esq + bal\ dir}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{bal\ esq + bal\ dir}$ para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 1.83 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 0.92 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2.2 Direção transversal

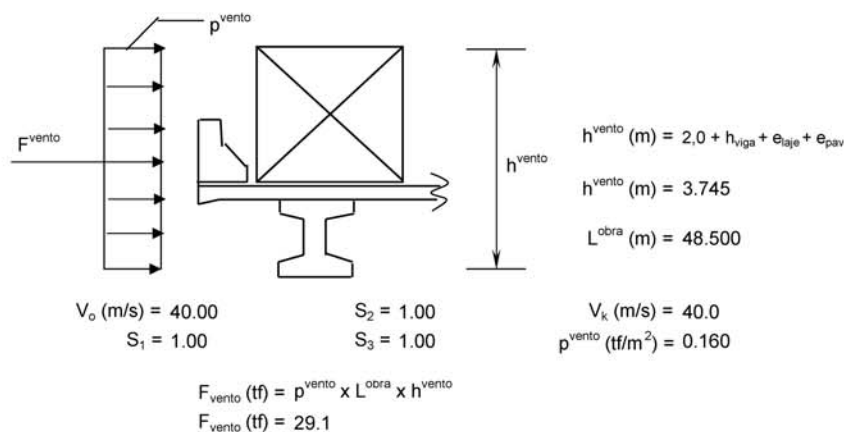
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p^{vento} = Cx \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$Cx = 1.60$$



3 - Cálculo das rizezas dos apoios
3.1 - Linha de apoio 1
3.1.1 - Aparelhos de apoio (50x30)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100.0 \\ h_{\text{barr}} \text{ (m)} &= 0.03 \\ K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} &= 2500.0 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{barr}}$$

3.1.2 - Pilares

$$\begin{aligned} f_{ck \text{ pilar}} \text{ (MPa)} &= 20 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} \text{ (m)} &= 3.85 \\ n^{\circ} \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (tf/m)} &= 10352.8 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} &= 10352.8 \end{aligned}$$

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/K^{\text{neop}}) + (1/K_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (tf/m)} = 2013.7$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (tf/m)} = 2013.7$$

3.2 - Linha de apoio 2
3.2.1 - Aparelhos de apoio (40x30)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 10 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \\ K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} &= 4000.0 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{barr}}$$

3.2.2 - Pilares

$$\begin{aligned} f_{ck \text{ pilar}} \text{ (MPa)} &= 20 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} \text{ (m)} &= 4.05 \\ n^{\circ} \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{2 \text{ pilar}}^{\text{long}} (m^4) = 0.0476$$

$$E_c (tf/m^2) = 9,5 \times (fck_j + 8)^{1/3}$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_{2}^{\text{long}} (tf/m) = 12415.1$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{2 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (m^4) = 0.0667$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_{2}^{\text{transv}} (tf/m) = 17370.2$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/K_{\text{neop}}) + (1/K_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_{2}^{\text{long - conj}} (tf/m) = 3025.3$$

- transversal

$$K_{2}^{\text{transv - conj}} (tf/m) = 3251.3$$

3.3 - Linha de apoio 3

3.3.1 - Aparelhos de apoio (50x30)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 5$$

$$S_{1 \text{ apar}} (m^2) = 0.15$$

$$G (tf/m^2) = 100$$

$$h (m) = 0.03$$

$$K_{\text{transv}}^{\text{neop}} = K_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} (tf/m) = 2500.0$$

3.3.2 - Pilares

$$fck_{\text{pilar}} (MPa) = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} (m) = 4.85$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{3 \text{ pilar}}^{\text{long}} (m^4) = 0.0341$$

$$E_c (tf/m^2) = 9,5 \times (fck_j + 8)^{1/3}$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_{3}^{\text{long}} (tf/m) = 5178.6$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{3 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (m^4) = 0.0341$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_{3}^{\text{transv}} (tf/m) = 5178.6$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{pillar}))$$

- longitudinal

$$K^{long-conj}_3 (tf/m) = 1686.1$$

- transversal

$$K^{transv-conj}_3 (tf/m) = 1686.1$$

3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K^{long}_{conj} = 6725.1$$

$$\mu^{long}_1 = 0.2994$$

$$\mu^{long}_2 = 0.4499$$

$$\mu^{long}_3 = 0.2507$$

- transversal

$$\sum K^{transv}_{conj} = 6951.1$$

$$\mu^{transv}_1 = 0.2897$$

$$\mu^{transv}_2 = 0.4677$$

$$\mu^{transv}_3 = 0.2426$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	2013.7	2013.7	0.2994	0.2897
2	3025.3	3251.3	0.4499	0.4677
3	1686.1	1686.1	0.2507	0.2426
Total	6725.1	6951.1	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{long}^{Apoio1}$$

$$F^2 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{long}^{Apoio2}$$

$$F^3 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{long}^{Apoio3}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 4.00$$

$$F^2 (tf) = 6.00$$

$$F^3 (tf) = 3.35$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 1.20$$

$$F^2 (tf) = 1.80$$

$$F^3 (tf) = 1.00$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar)
(aplicado diretamente sobre os pilares)

Pilar apoio¹ (tf) = 4.15
Pilar apoio³ (tf) = 10.13

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$X_{c.e. Longitudinal} (m) = 23.21$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	2013.7	20.21	26.5
2	3025.3	1.04	2.0
3	1686.1	22.29	24.4

4.4 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de N_{máx}
- PTC

F¹ (tf) = 4.0
F² (tf) = 6.1
F³ (tf) = 3.4

- PMC

F¹ (tf) = 4.0
F² (tf) = 6.1
F³ (tf) = 3.4

Hipótese de N_{mín}
- PTC

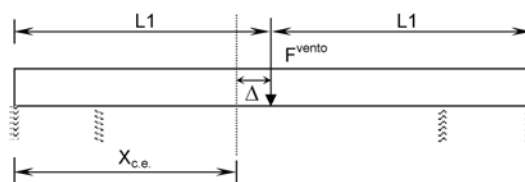
F¹ (tf) = 4.0
F² (tf) = 6.1
F³ (tf) = 3.4

- PMC

F¹ (tf) = 4.0
F² (tf) = 6.1
F³ (tf) = 3.4

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



L1 (m) = 24.25
X_{c.e. Transversal} (m) = 23.25
Δ (m) = 1.002
F_{vento} (tf) = 29.1

$$F_i^T = F_{vento} \cdot K_{i Trans} \cdot \left[\left(1 / \sum K_{i Trans} \right) \pm (\Delta \cdot X_i) / (\sum (K_{i Trans} \cdot X_i^2)) \right]$$

Linha	K _{i Trans} (tf/m)	X _i (m)	K _{i Trans} * X _i ²	F _i ^T (tf)
1	2013.7	-20.25	825612.43	7.71
2	3251.3	1.00	3262.4954	13.65
3	1686.1	22.25	834830.29	7.71
TOTAL	6951.1		1663705.2	29.06

Cálculo das Travessas dos apoios P1 e P2:

1 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos diretamente do programa "SALT"

Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

	g1	g2	g3		Rg (tf)
RV (tf)	19.22	25.79	16.89		61.9

Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

	g1	g2	g3		Rg (tf)
RV (tf)	19.22	24.41	8.21		51.84

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{conc} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.50$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g_{trav} = S * \gamma_{conc}$$

$$g_{trav} \text{ (tf/m)} = 3.00$$

2 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

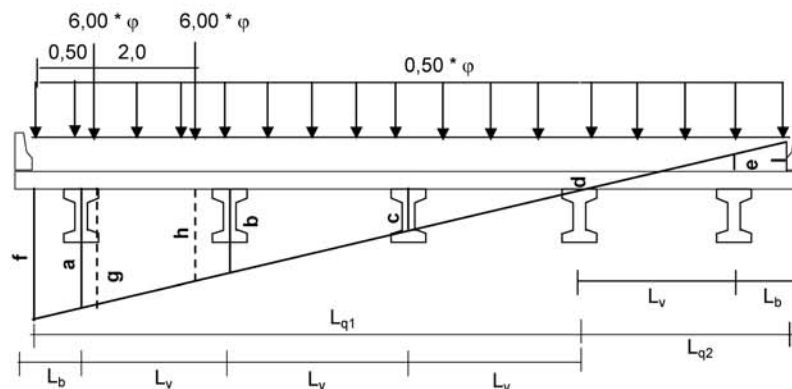
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{teórico}$$

$$L_{teórico} \text{ (m)} = 20.90$$

$$\varphi = 1.254$$

2.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b \text{ (m)} = 1.2$$

$$L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

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

$$L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = 0.600$$

$$b = 0.400$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = 0.660 \quad h = 0.472$$

$$g = 0.623 \quad i = -0.260$$

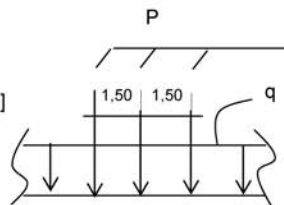
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

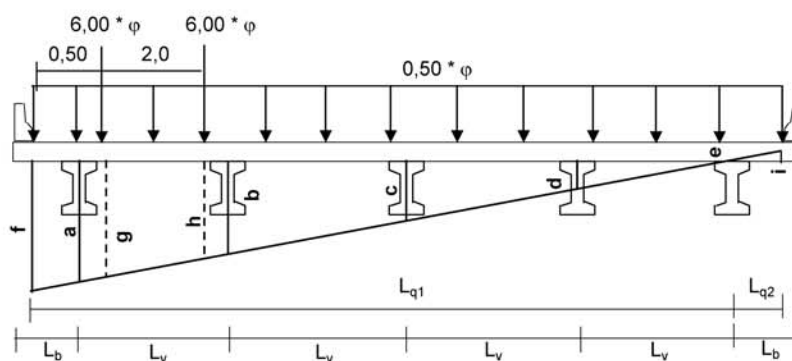
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 8.232$$

$$q (tf/m) = 1.530$$



2.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$L_b (m) = 1.2 \quad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \quad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$a = 0.400 \quad d = 0.100$$

$$b = 0.300 \quad e = 0.000$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = 0.430 \quad h = 0.336$$

$$g = 0.411 \quad i = -0.030$$

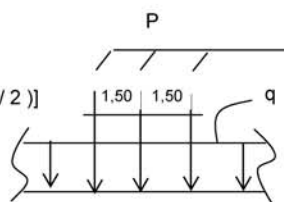
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

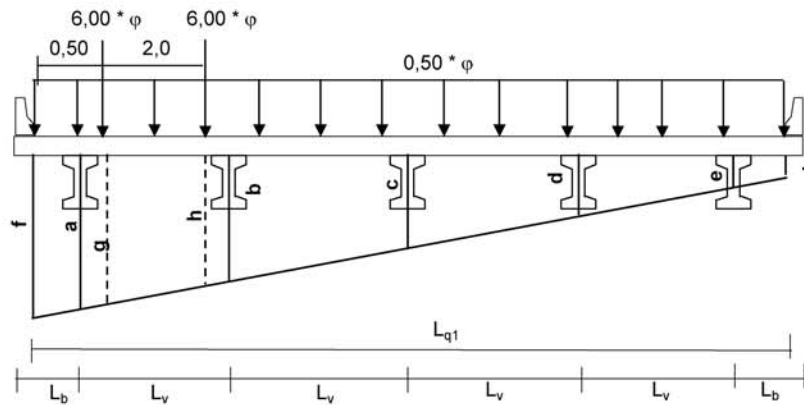
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1}/2) + (i * L_{q2} / 2)]$$

$$P (tf) = 5.620$$

$$q (tf/m) = 1.530$$



2.3 - Para Ponte Total Carregada - V3



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \quad L_{q1} \text{ (m)} = 12.20$$

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

Ordenadas de Courbon para V3:

$$a = 0.200 \quad d = 0.200$$

$$b = 0.200 \quad e = 0.200$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = 0.200 \quad h = 0.200$$

$$g = 0.200 \quad i = 0.200$$

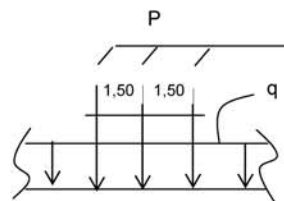
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \phi * (g + h)$$

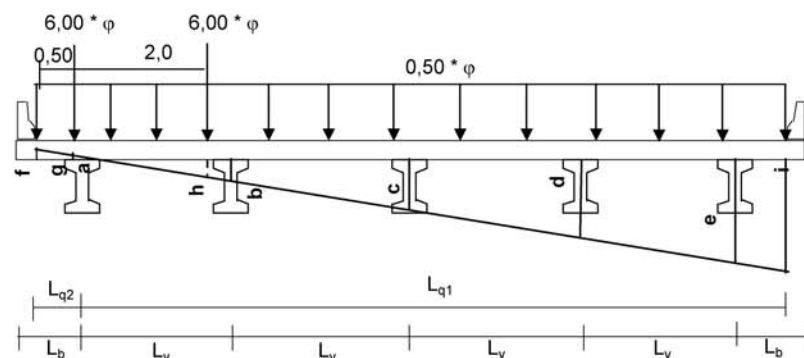
$$q = 0,50 * \phi * [(f + i) * L_{q1}] / 2$$

$$P \text{ (tf)} = 3.009$$

$$q \text{ (tf/m)} = 1.530$$



2.4 - Para Ponte Total Carregada - V4



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 11.40$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100 \qquad d = 0.300$$

$$c = 0.200 \qquad e = 0.400$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

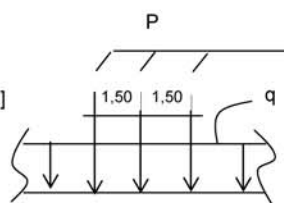
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

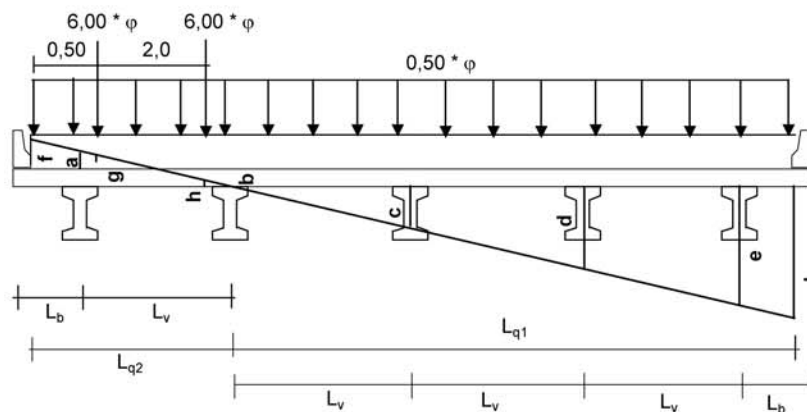
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P \text{ (tf)} = 0.397$$

$$q \text{ (tf/m)} = 1.530$$



2.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V5:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

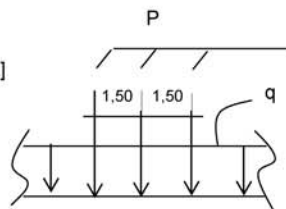
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

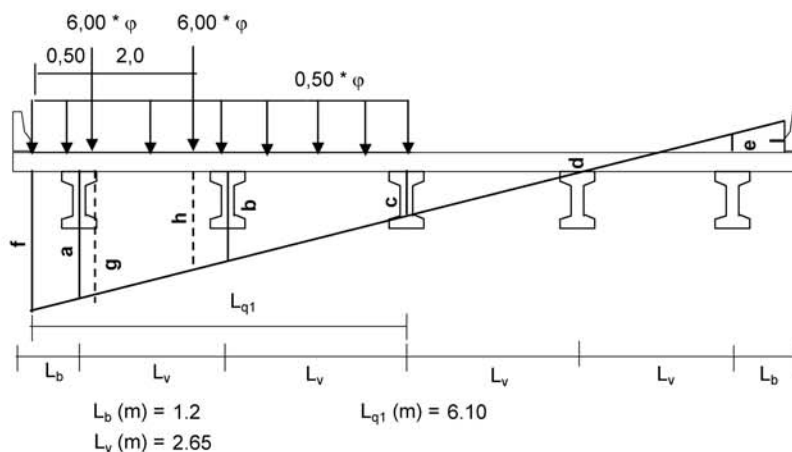
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2]$$

$$P (tf) = -2.214$$

$$q (tf/m) = 1.530$$



2.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



- a = 0.600
- b = 0.400
- c = 0.200
- d = 0.000
- e = -0.200
- f = 0.460
- g = 0.423
- h = 0.272

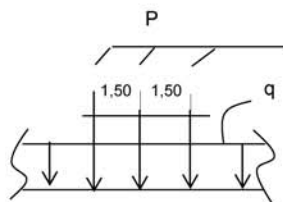
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

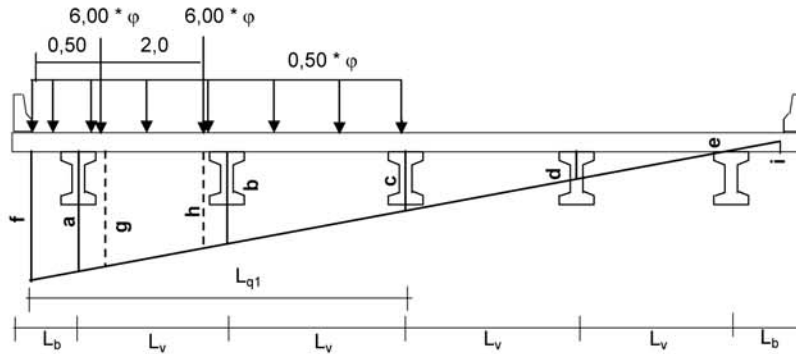
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 8.232$$

$$q (tf/m) = 1.263$$



2.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



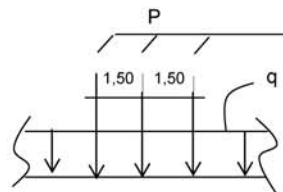
$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

- a = 0.400
- b = 0.300
- c = 0.200
- d = 0.100
- e = 0.000
- f = 0.230
- g = 0.211
- h = 0.136

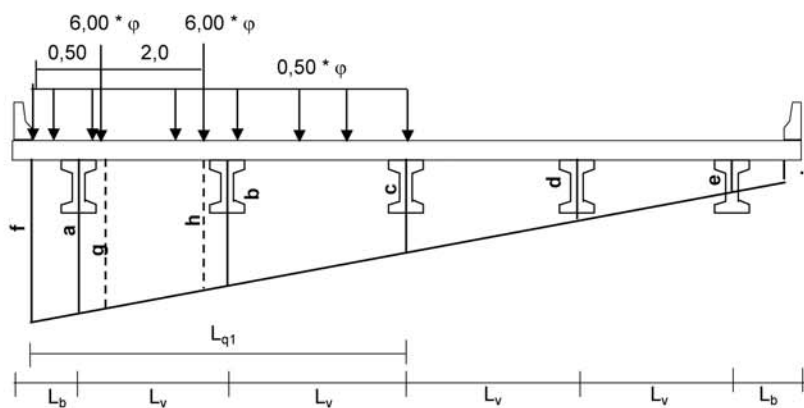
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1})/2$

 $P \text{ (tf)} = 5.620$
 $q \text{ (tf/m)} = 0.822$



2.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

a = 0.200
 b = 0.200
 c = 0.200
 d = 0.200
 e = 0.200
 f = 0.200
 g = 0.200
 h = 0.200

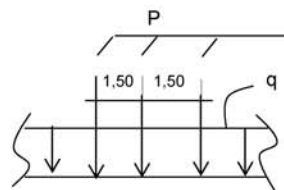
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 \cdot \varphi \cdot (g + h)$$

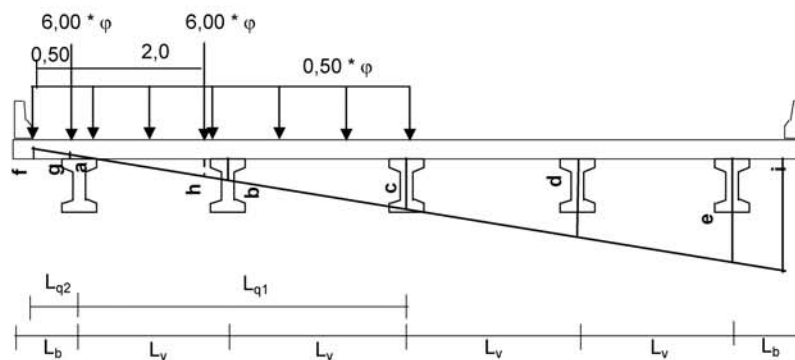
$$q = 0,50 \cdot \varphi \cdot ((f + c) \cdot L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 3.009$$

$$q (tf/m) = 0.765$$



2.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



$$L_b (m) = 1.2$$

$$L_v (m) = 2.65$$

$$L_{q1} (m) = 5.30$$

$$L_{q2} (m) = 0.80$$

a = 0.000
 b = 0.100
 c = 0.200
 d = 0.300
 e = 0.400
 f = -0.030
 g = -0.011
 h = 0.064

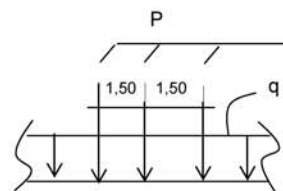
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 \cdot \varphi \cdot (g + h)$$

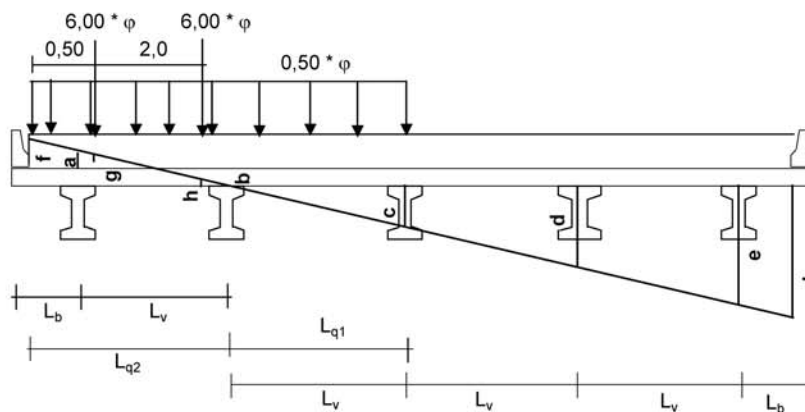
$$q = 0,50 \cdot \varphi \cdot ((f \cdot L_{q2})/2 + (c \cdot L_{q1})/2)$$

$$P (tf) = 0.397$$

$$q (tf/m) = 0.325$$



2.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$ $L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$

Ordenadas de Courbon para V1:

- a = -0.200
- b = 0.000
- c = 0.200
- d = 0.400
- e = 0.600

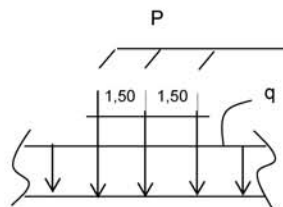
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = -0.260$ $i = 0.660$
 $g = -0.223$
 $h = -0.072$

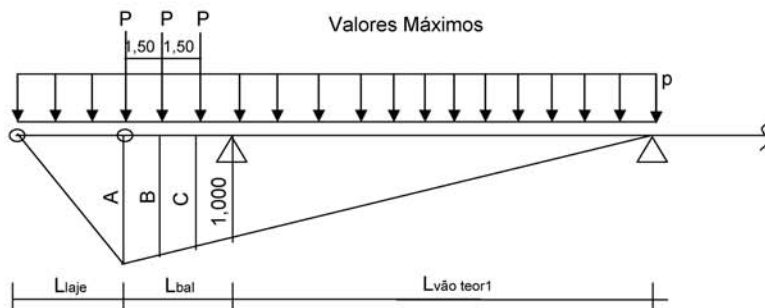
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$

$P \text{ (tf)} = -2.214$
 $q \text{ (tf/m)} = -0.115$



2 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

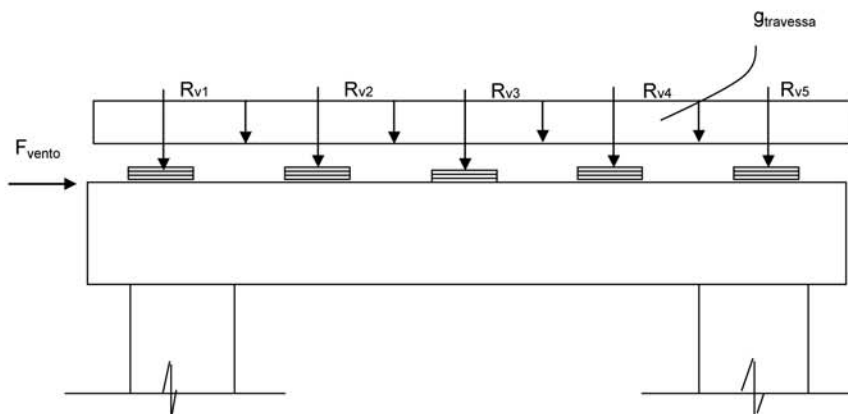


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 2.950 & A &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao teor1}}) * (1,0 / L_{\text{vao teor1}}) & A &= 1.168 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 3.000 & B &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao teor1}} - 1,50) * (1,0 / L_{\text{vao teor1}}) & B &= 1.084 \\
 L_{\text{vao teor1}} \text{ (m)} &= 17.900 & C &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao teor1}} - 3,00) * (1,0 / L_{\text{vao teor1}}) & C &= 1.000
 \end{aligned}$$

$$R_v = P * (A + B + C) + p * [(A * L_{\text{laje}} / 2) + A * (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao1}}) / 2]$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V1	8.232	1.530	48.06	V1	8.232	1.263	44.34
V2	5.620	1.530	39.57	V2	5.620	0.822	29.73
V3	3.009	1.530	31.08	V3	3.009	0.765	20.43
V4	0.397	1.530	22.59	V4	0.397	0.325	5.81
V5	-2.214	1.530	14.10	V5	-2.214	-0.115	-8.81

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



* Para o apoio 1:

- Peso Próprio

$$\begin{aligned}
 R_{v1} \text{ (tf)} &= 61.900 & g_{\text{travessa}} \text{ (tf/m)} &= 3.000 \\
 R_{v2} \text{ (tf)} &= 51.840 \\
 R_{v3} \text{ (tf)} &= 51.840 \\
 R_{v4} \text{ (tf)} &= 51.840 \\
 R_{v5} \text{ (tf)} &= 61.900
 \end{aligned}$$

- Carga Móvel - PTC

$$\begin{aligned}
 R_{v1} \text{ (tf)} &= 48.06 \\
 R_{v2} \text{ (tf)} &= 39.57 \\
 R_{v3} \text{ (tf)} &= 31.08 \\
 R_{v4} \text{ (tf)} &= 22.59 \\
 R_{v5} \text{ (tf)} &= 14.10
 \end{aligned}$$

- Carga Móvel - PMC

$$\begin{aligned}R_{v1} \text{ (tf)} &= 44.34 \\R_{v2} \text{ (tf)} &= 29.73 \\R_{v3} \text{ (tf)} &= 20.43 \\R_{v4} \text{ (tf)} &= 5.81 \\R_{v5} \text{ (tf)} &= -8.81\end{aligned}$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 7.71$$

*** Para o apoio 3:**

- Peso Próprio

$$\begin{aligned}R_{v1} \text{ (tf)} &= 61.900 \\R_{v2} \text{ (tf)} &= 51.840 \\R_{v3} \text{ (tf)} &= 51.840 \\R_{v4} \text{ (tf)} &= 51.840 \\R_{v5} \text{ (tf)} &= 61.900\end{aligned}$$

$$g_{\text{travessa}} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

- Carga Móvel - PTC

$$\begin{aligned}R_{v1} \text{ (tf)} &= 48.061 \\R_{v2} \text{ (tf)} &= 39.570 \\R_{v3} \text{ (tf)} &= 31.079 \\R_{v4} \text{ (tf)} &= 22.588 \\R_{v5} \text{ (tf)} &= 14.097\end{aligned}$$

- Carga Móvel - PMC

$$\begin{aligned}R_{v1} \text{ (tf)} &= 44.345 \\R_{v2} \text{ (tf)} &= 29.726 \\R_{v3} \text{ (tf)} &= 20.431 \\R_{v4} \text{ (tf)} &= 5.813 \\R_{v5} \text{ (tf)} &= -8.806\end{aligned}$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 7.706$$

Cálculo da Travessa do apoio P2

1 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos diretamente do programa "SALT"

 Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

	g1	g2	g3	R_g (tf)
RV viga24,25m(esq) (tf)	12.89	13.12	9.36	70.74
RV viga24,25m(dir) (tf)	12.89	13.12	9.36	

 Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

	g1	g2	g3	R_g (tf)
RV viga24,25m(esq) (tf)	12.89	15.4	4.42	65.42
RV viga24,25m(dir) (tf)	12.89	15.4	4.42	

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{\text{conc}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.50$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.8$$

$$g_{\text{trav}} = S * \gamma_{\text{conc}}$$

$$g_{\text{trav}} \text{ (tf/m)} = 4.50$$

2 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

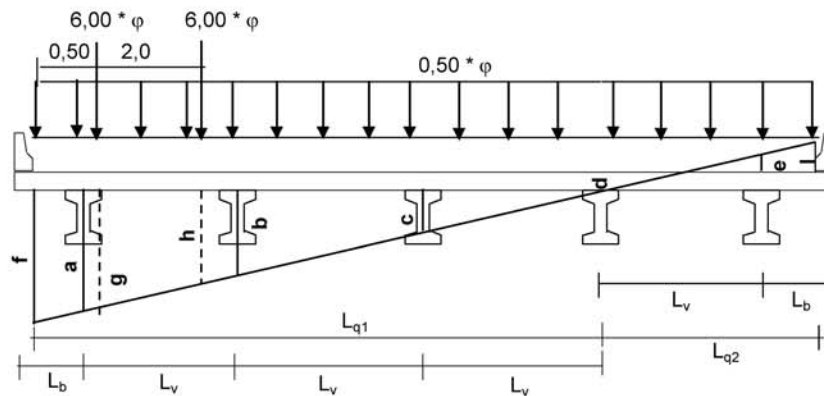
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{\text{teórico}}$$

$$L_{\text{teórico}} \text{ (m)} = 20.90$$

$$\varphi = 1.254$$

2.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b \text{ (m)} = 1.2$$

$$L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

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

$$L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = 0.600$$

$$b = 0.400$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

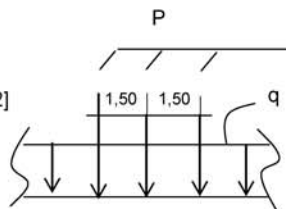
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.660 & h &= 0.472 \\ g &= 0.623 & i &= -0.260 \end{aligned}$$

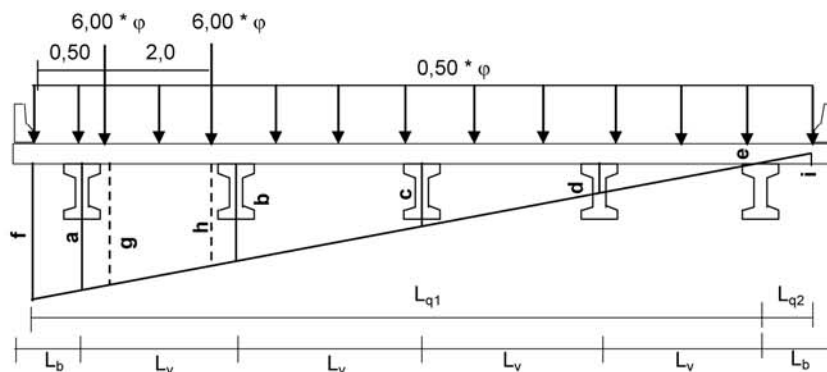
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 8.232 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.530 \end{aligned}$$



2.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$\begin{aligned} L_b \text{ (m)} &= 1.2 & L_{q1} \text{ (m)} &= 11.40 \\ L_v \text{ (m)} &= 2.65 & L_{q2} \text{ (m)} &= 0.80 \end{aligned}$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$\begin{aligned} a &= 0.400 & d &= 0.100 \\ b &= 0.300 & e &= 0.000 \\ c &= 0.200 \end{aligned}$$

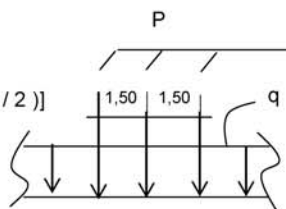
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.430 & h &= 0.336 \\ g &= 0.411 & i &= -0.030 \end{aligned}$$

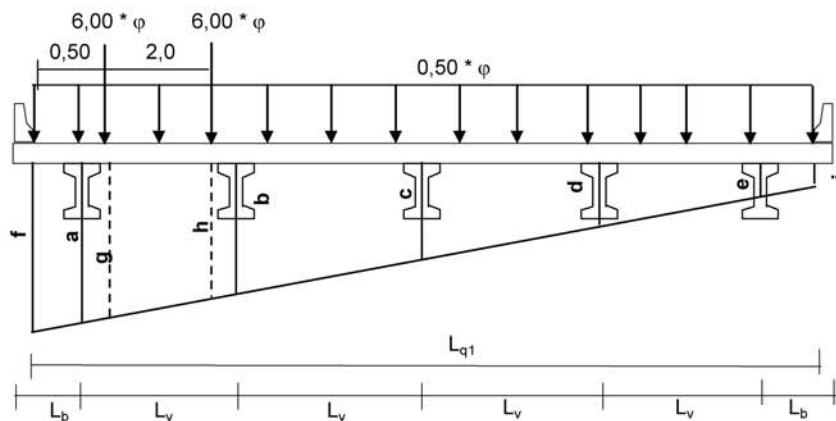
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 5.620 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.530 \end{aligned}$$



2.3 - Para Ponte Total Carregada - V3



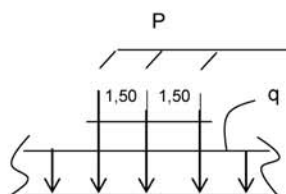
$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 12.20$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$
 Ordenadas de Courbon para V3:
 $a = 0.200$ $d = 0.200$
 $b = 0.200$ $e = 0.200$
 $c = 0.200$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

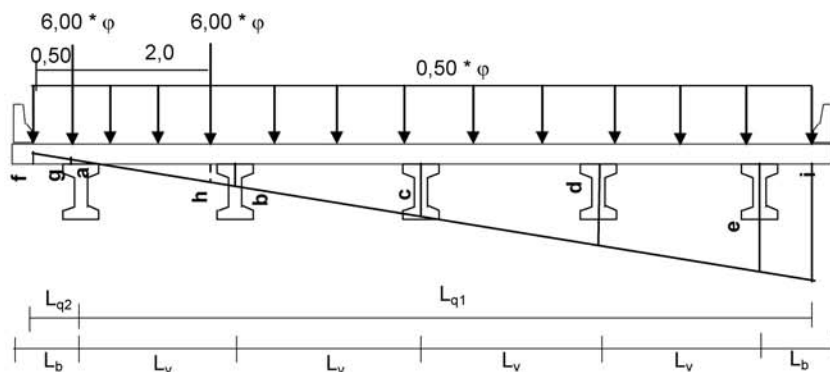
$f = 0.200$ $h = 0.200$
 $g = 0.200$ $i = 0.200$

Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * [(f + i) * L_{q1}] / 2$
 $P \text{ (tf)} = 3.009$
 $q \text{ (tf/m)} = 1.530$



2.4 - Para Ponte Total Carregada - V4



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100 \qquad d = 0.300$$

$$c = 0.200 \qquad e = 0.400$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

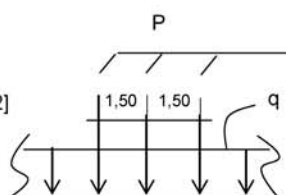
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

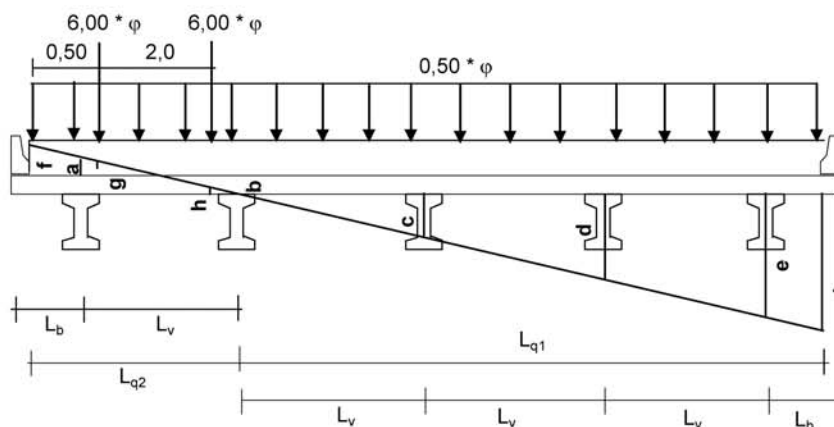
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 0.397$$

$$q (tf/m) = 1.530$$



2.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 8.75$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

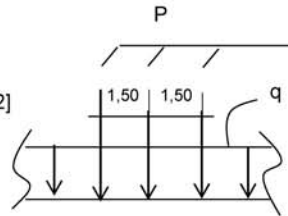
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

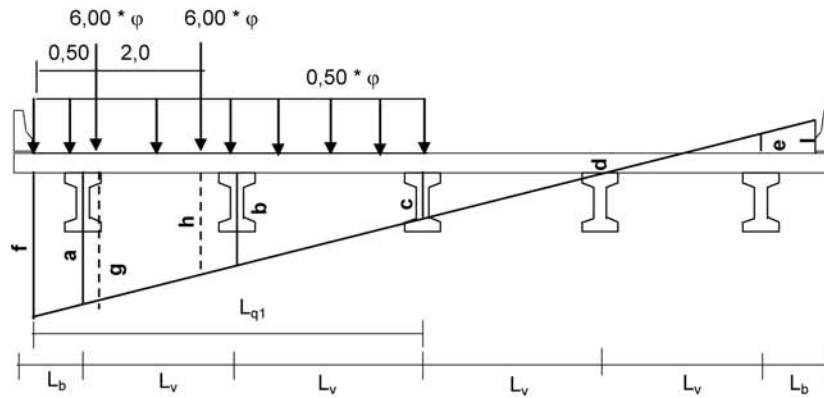
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2]$$

$$P (tf) = -2.214$$

$$q (tf/m) = 1.530$$



2.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



$$L_b (m) = 1.2$$

$$L_v (m) = 2.65$$

$$L_{q1} (m) = 6.10$$

- a = 0.600
- b = 0.400
- c = 0.200
- d = 0.000
- e = -0.200
- f = 0.460
- g = 0.423
- h = 0.272

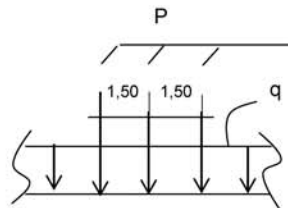
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

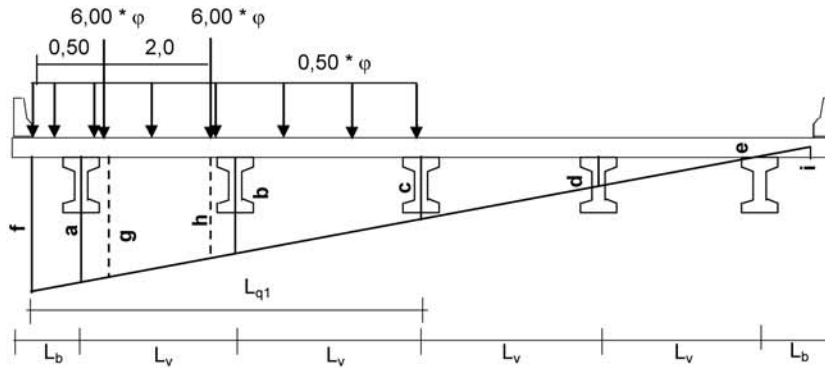
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 8.232$$

$$q (tf/m) = 1.263$$



2.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



L_b (m) = 1.2 L_{q1} (m) = 6.10
 L_v (m) = 2.65

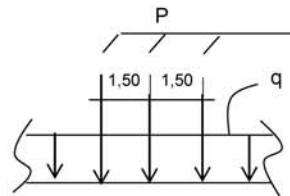
a = 0.400
 b = 0.300
 c = 0.200
 d = 0.100
 e = 0.000
 f = 0.230
 g = 0.211
 h = 0.136

Cálculo do trem-tipo

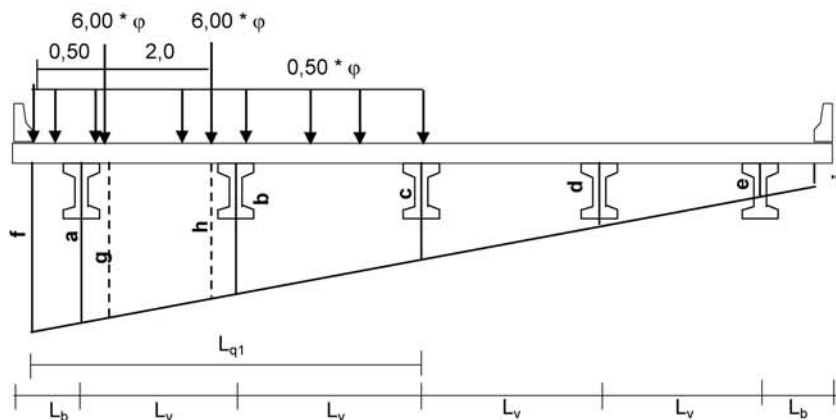
$$P = 6 * \phi * (g + h)$$

$$q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

P (tf) = 5.620
 q (tf/m) = 0.822



2.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$$

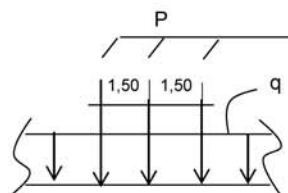
$$L_v \text{ (m)} = 2.65$$

$$\begin{aligned} a &= 0.200 \\ b &= 0.200 \\ c &= 0.200 \\ d &= 0.200 \\ e &= 0.200 \\ f &= 0.200 \\ g &= 0.200 \\ h &= 0.200 \end{aligned}$$

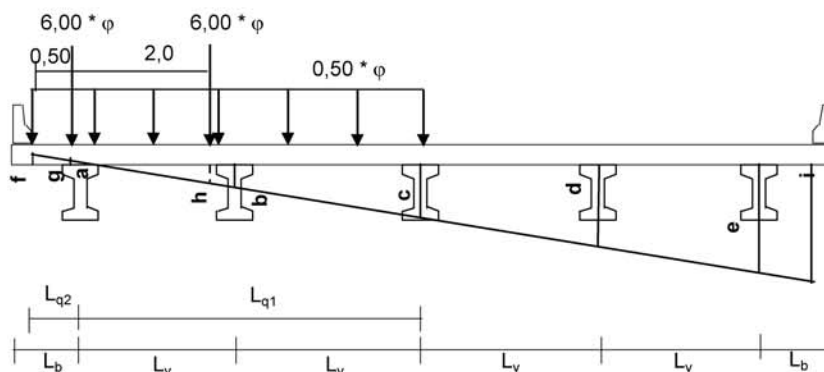
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 3.009 \\ q \text{ (tf/m)} &= 0.765 \end{aligned}$$



2.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \qquad L_{q1} \text{ (m)} = 5.30$$

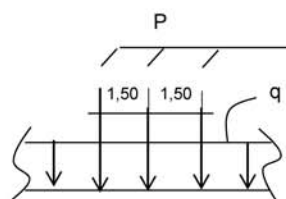
$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \qquad L_{q2} \text{ (m)} = 0.80$$

$$\begin{aligned} a &= 0.000 \\ b &= 0.100 \\ c &= 0.200 \\ d &= 0.300 \\ e &= 0.400 \\ f &= -0.030 \\ g &= -0.011 \\ h &= 0.064 \end{aligned}$$

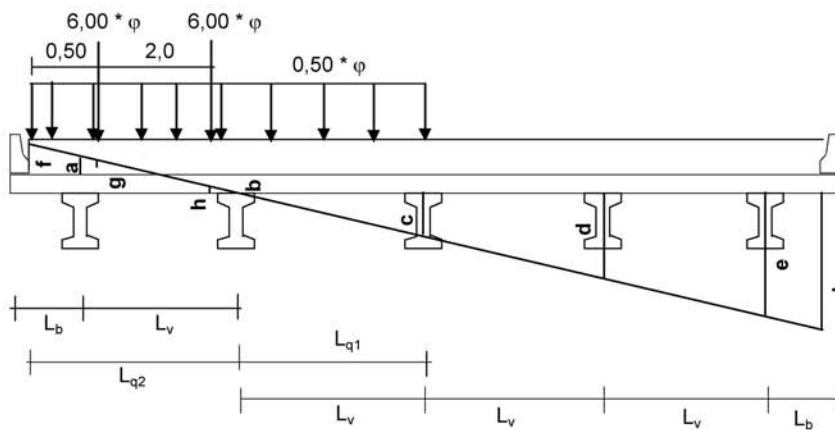
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 0.397 \\ q \text{ (tf/m)} &= 0.325 \end{aligned}$$



2.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$ $L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$

Ordenadas de Courbon para V5:

- a = -0.200
- b = 0.000
- c = 0.200
- d = 0.400
- e = 0.600

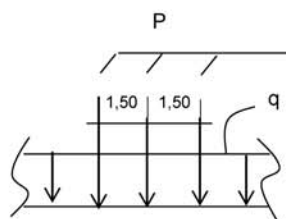
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = -0.260$ $i = 0.660$
 $g = -0.223$
 $h = -0.072$

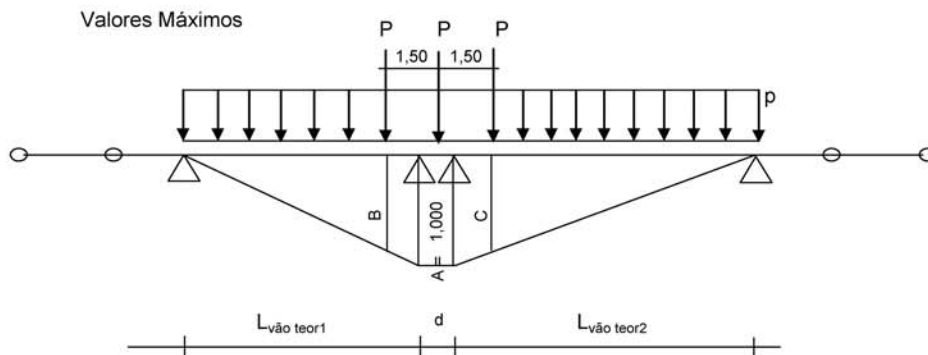
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$

$P \text{ (tf)} = -2.214$
 $q \text{ (tf/m)} = -0.115$



2 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

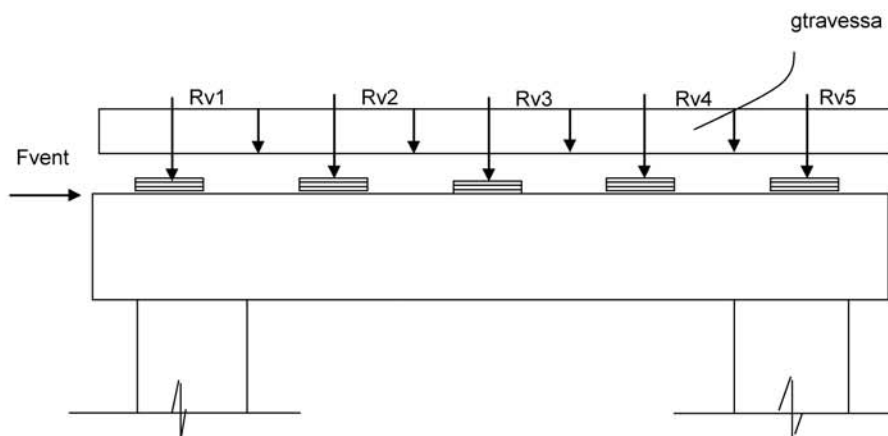


$L_{vão\ teor1} (m) = 17.900$ $B = (L_{vão\ teor1} - 1,15) * (1,000 / L_{vão\ teor1})$ $A = 1.000$
 $L_{vão\ teor2} (m) = 17.900$ $C = (L_{vão\ teor2} - 1,15) * (1,000 / L_{vão\ teor2})$ $B = 0.936$
 $d = 0.700$ $C = 0.936$

$R_v = P * (A + B + C) + p * [(A * d) + (A * L_{vão\ teor1}/2) + (A * L_{vão\ teor2}/2)]$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V1	8.232	1.530	52.09	V1	8.232	1.263	47.12
V2	5.620	1.530	44.59	V2	5.620	0.822	31.44
V3	3.009	1.530	37.09	V3	3.009	0.765	22.86
V4	0.397	1.530	29.59	V4	0.397	0.325	7.18
V5	-2.214	1.530	22.09	V5	-2.214	-0.115	-8.50

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



*** Para o apoio 2:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 70.740$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 65.420$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 65.420$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 65.420$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 70.740$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 4.500$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 52.09$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 44.59$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 37.09$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 29.59$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 22.09$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 47.12$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 31.44$$

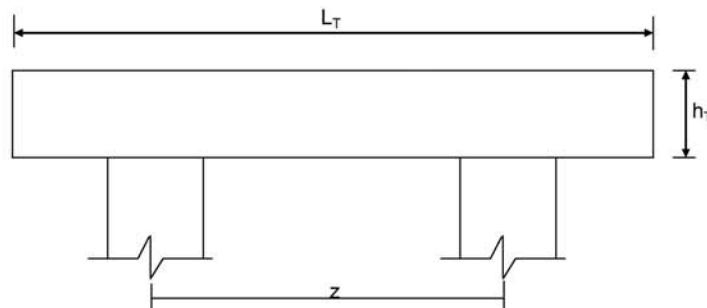
$$R_{v3} \text{ (tf)} = 22.86$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 7.18$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -8.50$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 13.65$$

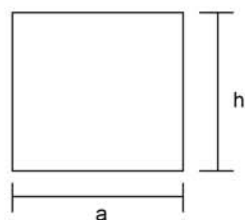
Dimensionamento da Travessa de P1


$$L_T \text{ (m)} = 11.80$$

$$h_T \text{ (m)} = 1.50$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$



$$a \text{ (m)} = 0.800$$

$$h \text{ (m)} = 1.500$$

$$d \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{d é a altura efetiva da seção}$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g = S * 2,50$$

$$N_{trav} = g * L_T$$

$$g \text{ (tf/m)} = 3$$

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 $b_w \text{ (m)} = 0.80$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -133.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -96.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -5.7 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 326.1$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$		290.133	-1015.47	326.1	652728
$c = M_d$					

$$x \text{ (m)} = 0.358$$

$$z \text{ (m)} = 1.257$$

$$x / d = 0.255$$

$$kmd = 0.156$$

$$A_s^- \text{ (cm}^2\text{)} = 59.67$$

b) Seção do vão

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = 19.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 15.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 49.9$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		290.133	-1015.47	49.9	973250
$c = M_d$					
	$x (m) = 0.050$		$k_{md} = 0.024$		
	$z (m) = 1.380$		$A_s^- (cm^2) = 8.32$		
	$x / d = 0.036$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} (cm^2) = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w (m) = 0.80$$

$$V_g (tf) = 69.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q (tf) = 48.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} (tf) = 164.9$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 92.5$$

$$A_{sw}/s = 16.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 21.09 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 87.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 63.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 1.7 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 212.2$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 139.8$$

$$A_{sw}/s = 25.5 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 31.89 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 Ponte 48,5m
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 1.200E+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 -48.060
5 PY -39.570
6 PY -31.080
7 PY -22.590
10 PY -14.100
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -44.340
5 PY -29.730
6 PY -20.430
7 PY -5.810
10 PY 8.810
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 7.710
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 48,5m

 DATA : 2/1/2006(segunda-feira)
 HORA : 17:45:35
 ARQUIVO DE DADOS : travessapl_48,5m.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	3.10E+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			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 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
			ft	f2	wxa	wxb	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	-48.06	0.00
5	global	0.00	-39.57	0.00
6	global	0.00	-31.08	0.00
7	global	0.00	-22.59	0.00
10	global	0.00	-14.10	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-44.34	0.00
5	global	0.00	-29.73	0.00
6	global	0.00	-20.43	0.00
7	global	0.00	-5.81	0.00
10	global	0.00	8.81	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	7.71	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: 1.0E+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	-7.92427E-0006	-1.17361E-0003	3.66343E-0004
2	global	-7.92427E-0006	-9.53461E-0004	3.66177E-0004
3	global	-7.92427E-0006	-2.64220E-0004	1.62070E-0004
4	global	2.88895E-0031	-5.46888E-0030	-2.69053E-0031
5	global	-6.36343E-0006	-2.29518E-0004	7.43098E-0005
6	global	2.00611E-0018	-2.57408E-0004	1.17723E-0019
7	global	6.36343E-0006	-2.29518E-0004	-7.43098E-0005
8	global	7.92427E-0006	-2.64220E-0004	-1.62070E-0004
9	global	-2.88895E-0031	-5.46888E-0030	2.69053E-0031
10	global	7.92427E-0006	-9.53461E-0004	-3.66177E-0004
11	global	7.92427E-0006	-1.17361E-0003	-3.66343E-0004

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-8.31	157.36	7.74
9	global	8.31	157.36	-7.74

Resultante -0.00 314.72 1856.85

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	-63.70	0.54
		3	0.00	69.70	-133.94
3	local	3	-8.31	87.66	115.91
		5	8.31	-85.71	-59.57
4	local	5	-8.31	33.87	59.57
		6	8.31	-25.92	19.65
5	local	6	-8.31	-25.92	-19.65
		7	8.31	33.87	-59.57
6	local	7	-8.31	-85.71	59.57
		8	8.31	87.66	-115.91
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	8.31	18.03
		4	-157.36	-8.31	7.74
10	local	8	157.36	-8.31	-18.03
		9	-157.36	8.31	-7.74

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.12408E-0004	-8.77762E-0004	2.78187E-0004
2	global	-1.12408E-0004	-7.10850E-0004	2.78187E-0004
3	global	-1.12408E-0004	-1.86562E-0004	1.30098E-0004
4	global	1.05976E-0031	-3.86149E-0030	-2.07871E-0032
5	global	-1.11835E-0004	-1.54366E-0004	6.32286E-0005
6	global	-1.09501E-0004	-1.68127E-0004	1.28063E-0006
7	global	-1.07167E-0004	-1.00875E-0004	2.52305E-0005
8	global	-1.06594E-0004	-7.43677E-0005	1.11936E-0005
9	global	-1.05976E-0031	-1.53927E-0030	1.76607E-0031
10	global	-1.06594E-0004	-1.29460E-0004	-3.22530E-0005
11	global	-1.06594E-0004	-1.48812E-0004	-3.22530E-0005

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4	global	-3.05	111.11	0.60
9	global	3.05	44.29	-5.08

Resultante 0.00 155.40 691.87

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 sistema	n ó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	0.00	-48.06	48.06	-96.12
4	local	5	-3.05	63.05	87.27	-46.28
5	local	5	3.05	-63.05	46.28	-15.94
6	local	6	-3.05	23.48	15.94	-4.20
7	local	7	3.05	-23.48	4.20	-23.83
8	local	8	-3.05	-7.60	28.20	0.00
9	local	8	3.05	7.60	0.00	0.00
10	local	10	-3.05	-30.19	-0.00	-0.00
11	local	10	3.05	30.19	0.00	0.00
12	local	11	0.00	14.10	8.85	0.60
13	local	11	-0.00	-14.10	0.60	-4.37
14	local	3	111.11	3.05	-4.37	-5.08
15	local	4	-111.11	-3.05	-5.08	
16	local	8	44.29	-3.05		
17	local	9	-44.29	3.05		

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento			rotacao
	x	y	z	
1	global	-1.73441E-0004	-8.46939E-0004	2.74510E-0004
2	global	-1.73441E-0004	-6.82233E-0004	2.74510E-0004
3	global	-1.73441E-0004	-1.62816E-0004	1.37884E-0004
4	global	4.78301E-0032	-3.37000E-0030	7.79249E-0032
5	global	-1.73183E-0004	-1.19941E-0004	7.27230E-0005
6	global	-1.72129E-0004	-1.19343E-0004	7.66503E-0007
7	global	-1.71076E-0004	-4.12731E-0005	6.60254E-0005
8	global	-1.70817E-0004	9.18030E-0006	8.42185E-0005
9	global	-4.78301E-0032	1.90015E-0031	1.67015E-0031
10	global	-1.70817E-0004	2.26028E-0004	1.11364E-0004
11	global	-1.70817E-0004	2.92847E-0004	1.11364E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força			momento
	x	y	z	
4	global	-1.38	96.97	-2.24
9	global	1.38	-5.47	-4.81

Resultante 0.00 91.50 194.77

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 sistema	n ó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00	0.00
2	local	2	0.00	-0.00	-0.00	0.00
3	local	2	-0.00	-44.34	44.34	-0.00

3	local	3	0.00	44.34	-88.68
		3	-1.38	52.63	82.17
		5	1.38	-52.63	-47.96
4	local	5	-1.38	22.90	47.96
		6	1.38	-22.90	12.71
5	local	6	-1.38	2.47	-12.71
		7	1.38	-2.47	19.25
6	local	7	-1.38	-3.34	-19.25
		8	1.38	3.34	17.08
7	local	8	0.00	-8.81	-17.62
		10	-0.00	8.81	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00	-0.00
		11	0.00	0.00	0.00
9	local	3	96.97	1.38	6.51
		4	-96.97	-1.38	-2.24
10	local	8	-5.47	-1.38	0.54
		9	5.47	1.38	-4.81

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z
1	global	1.40104E-0004	3.44715E-0005	-1.21606E-0005
2	global	1.38768E-0004	2.71751E-0005	-1.21606E-0005
3	global	1.34313E-0004	2.85382E-0006	-1.21606E-0005
4	global	1.37111E-0031	5.90689E-0032	-2.25934E-0031
5	global	1.33606E-0004	-2.53988E-0006	-6.97644E-0006
6	global	1.30724E-0004	-1.01001E-0006	2.70954E-0006
7	global	1.27842E-0004	1.82248E-0006	-5.99333E-0006
8	global	1.27135E-0004	-2.85382E-0006	-1.09364E-0005
9	global	1.30841E-0031	-5.90689E-0032	-2.14865E-0031
10	global	1.27135E-0004	-2.47266E-0005	-1.09364E-0005
11	global	1.27135E-0004	-3.12885E-0005	-1.09364E-0005

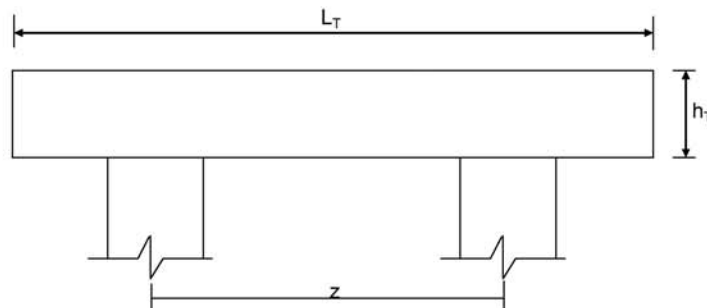
		reações nos apoios		
nó sistema	força	força	momento	
		x	y	z
4	global	-3.95	-1.70	6.50
9	global	-3.76	1.70	6.18
Resultante		-7.71	0.00	23.90

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	nas	barra	momento
sistema	nó	força normal	força cortante	Fletor
1	local	1	7.71	-0.00
		2	-7.71	0.00
2	local	2	7.71	0.00
		3	-7.71	0.00
3	local	3	3.76	-1.70
		5	-3.76	1.70
4	local	5	3.76	-1.70
		6	-3.76	1.70
5	local	6	3.76	-1.70
		7	-3.76	1.70
6	local	7	3.76	-1.70
		8	-3.76	1.70
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	-1.70	3.95
		4	1.70	6.50
10	local	8	1.70	5.49
		9	-1.70	6.18

Fim Do Programa

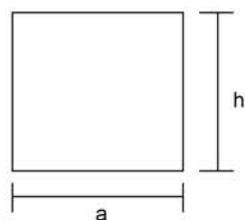
Dimensionamento da Travessa de P2


$$L_T \text{ (m)} = 11.80$$

$$h_T \text{ (m)} = 1.50$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$



$$a \text{ (m)} = 1.200$$

$$h \text{ (m)} = 1.500$$

$$d \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{d é a altura efetiva da seção}$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.8$$

$$g = S * 2.50$$

$$N_{trav} = g * L_T$$

$$g \text{ (tf/m)} = 4.5$$

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 $b_w \text{ (m)} = 1.20$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -156.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -104.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -10.9 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 372.8$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$		435.2	-1523.2	372.8	1671109
$c = M_d$					

$$x \text{ (m)} = 0.265$$

$$z \text{ (m)} = 1.294$$

$$x / d = 0.189$$

$$kmd = 0.119$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 66.26$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 33.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 17.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 71.7$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		435.2	-1523.2	71.7	2195346
$c = M_d$					
	$x \text{ (m)} = 0.048$		$k_{md} = 0.023$		
	$z \text{ (m)} = 1.381$		$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 11.94$		
	$x / d = 0.034$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 27.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 82.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 52.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 188.3$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 672.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 79.7$$

$$A_{sw}/s = 14.6 \quad (cm^2/m)$$

$$\rho_w = 15.00 \quad (cm^2/m^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$V_g (tf) = 113.0$ (reação de carga permanente das vigas)

$V_{q1} (tf) = 70.2$ (reação de carga móvel das vigas)

$V_{q2} (tf) = 3.2$ (vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 258.8$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 108.6$$

$$V_{wd} (tf) = 150.2$$

$$A_{sw}/s = 27.4 \quad (cm^2/m)$$

$$\rho_w = 22.84 \quad (cm^2/m^2)$$

```

Portico Plano Travessa P2 Ponte 48,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.3000
  2      0.6000      3.3000
  3      2.6000      3.3000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.3000
  6      5.9000      3.3000
  7      8.5500      3.3000
  8      9.2000      3.3000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.3000
 11     11.8000      3.3000
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 4
carregamento 1  Peso Proprio
cargas nodais
  2  PY -70.740
  5  PY -65.420
  6  PY -65.420
  7  PY -65.420
 10  PY -70.740
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
cargas nodais
2 PY -52.090
5 PY -44.590
6 PY -37.090
7 PY -29.590
10 PY -22.090
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -47.120
5 PY -31.440
6 PY -22.860
7 PY -7.180
10 PY 8.500
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 13.650
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 48,5m

 DATA : 2/1/2006(segunda-feira)
 HORA : 17:45:39
 ARQUIVO DE DADOS : travessap2_48,5m.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	3.30E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.30E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.30E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.30E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.30E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.30E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.30E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.30E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.30E+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	3.30E+0000
10	1	2	8	9	3.30E+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	-70.74	0.00
5	global	0.00	-65.42	0.00
6	global	0.00	-65.42	0.00
7	global	0.00	-65.42	0.00
10	global	0.00	-70.74	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			t		wxa	wyb	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

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-52.09	0.00
5	global	0.00	-44.59	0.00
6	global	0.00	-37.09	0.00
7	global	0.00	-29.59	0.00
10	global	0.00	-22.09	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-47.12	0.00
5	global	0.00	-31.44	0.00
6	global	0.00	-22.86	0.00
7	global	0.00	-7.18	0.00
10	global	0.00	8.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	13.65	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: 1.4E+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	-4.13934E-0006	-9.50193E-0004	2.70714E-0004
2	global	-4.13934E-0006	-7.87415E-0004	2.70547E-0004
3	global	-4.13934E-0006	-2.79437E-0004	1.12093E-0004
4	global	1.51916E-0031	-4.55800E-0030	-1.53139E-0031
5	global	-3.32402E-0006	-2.65523E-0004	4.18571E-0005
6	global	6.83204E-0019	-3.18938E-0004	-1.02943E-0020
7	global	3.32402E-0006	-2.65523E-0004	-4.18571E-0005

8	global	4.13934E-0006	-2.79437E-0004	-1.12093E-0004
9	global	-1.51916E-0031	-4.55800E-0030	1.53139E-0031
10	global	4.13934E-0006	-7.87415E-0004	-2.70547E-0004
11	global	4.13934E-0006	-9.50193E-0004	-2.70714E-0004

reações nos apoios		forças		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-6.51	195.42	6.57
9	global	6.51	195.42	-6.57
Resultante		-0.00	390.84	2305.96

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	esf. no sistema	força	nas barras	força	barra	momento
	nó		normal	cortante	fletor	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	
		2	0.00	2.70	-0.81	
2	local	2	-0.00	-73.44	0.81	
		3	0.00	82.44	-156.69	
3	local	3	-6.51	112.98	141.76	
		5	6.51	-110.05	-69.28	
4	local	5	-6.51	44.63	69.28	
		6	6.51	-32.71	33.21	
5	local	6	-6.51	-32.71	-33.21	
		7	6.51	44.64	-69.28	
6	local	7	-6.51	-110.06	69.28	
		8	6.51	112.98	-141.76	
7	local	8	-0.00	82.44	156.69	
		10	0.00	-73.44	-0.81	
8	local	10	0.00	2.70	0.81	
		11	-0.00	-0.00	0.00	
9	local	3	195.42	6.51	14.93	
		4	-195.42	-6.51	6.57	
10	local	8	195.42	-6.51	-14.93	
		9	-195.42	6.51	-6.57	

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	-7.57623E-0005	-6.78578E-0004	2.02589E-0004
2	global	-7.57623E-0005	-5.57025E-0004	2.02589E-0004
3	global	-7.57623E-0005	-1.74927E-0004	9.57426E-0005
4	global	6.90733E-0032	-2.85330E-0030	-3.06739E-0032
5	global	-7.53916E-0005	-1.51238E-0004	4.71493E-0005
6	global	-7.38803E-0005	-1.56401E-0004	3.46022E-0006
7	global	-7.23689E-0005	-1.05092E-0004	1.09609E-0005
8	global	-7.19982E-0005	-9.02535E-0005	-6.19073E-0006
9	global	-6.90733E-0032	-1.47216E-0030	1.08584E-0031
10	global	-7.19982E-0005	-1.83469E-0004	-5.15013E-0005
11	global	-7.19982E-0005	-2.14370E-0004	-5.15013E-0005

reações nos apoios		forças		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-2.96	122.33	1.32
9	global	2.96	63.12	-4.66
Resultante		0.00	185.45	895.40

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)

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	força			momento fletor
			x	y	z	
			0.000	-0.000	-0.000	
			n a s b a r r a s			
			força normal	força cortante		
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	-52.09	-0.00	-0.00
		3	0.00	52.09	-104.18	-104.18
3	local	3	-2.96	70.24	-95.72	-95.72
		5	2.96	-70.24	-50.06	-50.06
4	local	5	-2.96	25.65	50.06	50.06
		6	2.96	-25.65	17.91	17.91
5	local	6	-2.96	-11.44	-17.91	-17.91
		7	2.96	11.44	-12.39	-12.39
6	local	7	-2.96	-41.03	12.39	12.39
		8	2.96	41.03	-39.06	-39.06
7	local	8	0.00	22.09	44.18	44.18
		10	-0.00	-22.09	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	122.33	2.96	8.46	8.46
		4	-122.33	-2.96	1.32	1.32
10	local	8	63.12	-2.96	-5.12	-5.12
		9	-63.12	2.96	-4.66	-4.66

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-1.38211E-0004	-6.46299E-0004	1.99677E-0004
2 global	-1.38211E-0004	-5.26493E-0004	1.99677E-0004
3 global	-1.38211E-0004	-1.48017E-0004	1.03025E-0004
4 global	2.67013E-0032	-2.41436E-0030	4.55756E-0032
5 global	-1.38067E-0004	-1.14521E-0004	5.62405E-0005
6 global	-1.37483E-0004	-1.03397E-0004	5.17543E-0006
7 global	-1.36899E-0004	-3.41838E-0005	5.15092E-0005
8 global	-1.36756E-0004	4.88103E-0006	6.36212E-0005
9 global	-2.67013E-0032	7.96165E-0032	9.94082E-0032
10 global	-1.36756E-0004	1.63227E-0004	8.10562E-0005
11 global	-1.36756E-0004	2.11861E-0004	8.10562E-0005

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z
4 global	-1.14	103.51	-1.95
9 global	1.14	-3.41	-4.26
Resultante	0.00	100.10	231.51

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	n ó	força			momento fletor
			x	y	z	
			0.000	-0.000	-0.000	
			n a s b a r r a s			
			força normal	força cortante		
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	-47.12	-0.00	-0.00
		3	0.00	47.12	-94.24	-94.24
3	local	3	-1.14	56.39	88.51	88.51
		5	1.14	-56.39	-51.85	-51.85
4	local	5	-1.14	24.95	51.85	51.85
		6	1.14	-24.95	14.27	14.27
5	local	6	-1.14	2.09	-14.27	-14.27
		7	1.14	-2.09	19.82	19.82
6	local	7	-1.14	-5.09	-19.82	-19.82
		8	1.14	5.09	16.52	16.52
7	local	8	0.00	-8.50	-17.00	-17.00
		10	-0.00	8.50	-0.00	-0.00

8	local	10	-0.00	-0.00	0.00
		11	0.00	0.00	-0.00
9	local	3	103.51	1.14	5.73
		4	-103.51	-1.14	-1.95
10	local	8	-3.41	-1.14	0.48
		9	3.41	1.14	-4.26

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	2.25280E-0004	4.51100E-0005	-1.55663E-0005
2	global	2.23703E-0004	3.57702E-0005	-1.55663E-0005
3	global	2.18446E-0004	4.63754E-0006	-1.55663E-0005
4	global	1.61953E-0031	7.56448E-0032	-2.80766E-0031
5	global	2.17606E-0004	-2.30207E-0006	-9.01852E-0006
6	global	2.14183E-0004	-9.70151E-0007	3.13271E-0006
7	global	2.10761E-0004	1.61299E-0006	-8.07420E-0006
8	global	2.09921E-0004	-4.63754E-0006	-1.43904E-0005
9	global	1.56421E-0031	-7.56448E-0032	-2.70615E-0031
10	global	2.09921E-0004	-3.34183E-0005	-1.43904E-0005
11	global	2.09921E-0004	-4.20526E-0005	-1.43904E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-6.94	-3.24	12.04
9	global	-6.71	3.24	11.60
Resultante		-13.65	0.00	45.05

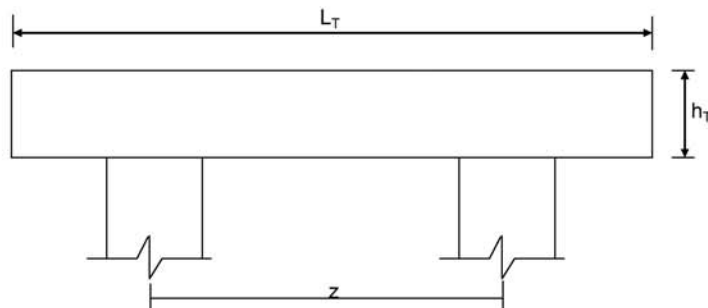
NOTA:
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

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

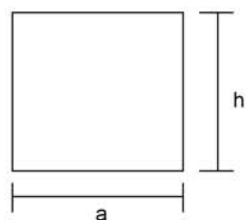
		esforços nas barras		momento	
barra	sistema	força	força	força	fletor
		normal	cortante		
1	local	1	13.65	0.00	0.00
		2	-13.65	-0.00	0.00
2	local	2	13.65	-0.00	0.00
		3	-13.65	0.00	-0.00
3	local	3	6.71	-3.24	-10.88
		5	-6.71	3.24	8.77
4	local	5	6.71	-3.24	-8.77
		6	-6.71	3.24	0.17
5	local	6	6.71	-3.24	-0.17
		7	-6.71	3.24	-8.42
6	local	7	6.71	-3.24	8.42
		8	-6.71	3.24	-10.53
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	-3.24	6.94	10.88
		4	3.24	-6.94	12.04
10	local	8	3.24	6.71	10.53
		9	-3.24	-6.71	11.60

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) = 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

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 (reação de carga permanente das vigas)

M_{q1} (tf.m) = -96.1 (reação de carga móvel das vigas)

M_{q2} (tf.m) = -7.6 (vento na superestrutura)

$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$

M_d (tf.m) = 327.4

$a = fcd * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$		290.133	-1015.47	327.4	651209
$c = M_d$					

x (m) = 0.359 $kmd = 0.157$
 z (m) = 1.256
 $x / d = 0.257$

A_s (cm²) = **59.94**

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 17.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 15.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 45.1$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		290.133	-1015.47	45.1	978791
$c = M_d$					
	$x \text{ (m)} = 0.045$		$k_{md} = 0.022$		
	$z \text{ (m)} = 1.382$		$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 7.51$		
	$x / d = 0.032$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_r$$

$$A_s^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 69.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 48.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 164.9$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 448.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 92.5$$

$$A_{sw}/s = 16.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 21.09 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$V_g (tf) = 87.7$ (reação de carga permanente das vigas)

$V_{q1} (tf) = 63.2$ (reação de carga móvel das vigas)

$V_{q2} (tf) = 2.3$ (vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 212.8$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 140.3$$

$$A_{sw}/s = 25.6 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 32.02 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P3 Ponte 48,5m
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 -48.060
5 PY -39.570
6 PY -31.080
7 PY -22.590
10 PY -14.100
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -44.340
5 PY -29.730
6 PY -20.430
7 PY -5.810
10 PY 8.810
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 7.710
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 48,5m

DATA : 2/1/2006(segunda-feira)
HORA : 17:45:45
ARQUIVO DE DADOS : travessap3_48,5m.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			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	-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
			t		wxa	wyb	wya	
			f1	f2	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	cargas	noda is	momento
		força	força	
		x	y	z
2	global	0.00	-48.06	0.00
5	global	0.00	-39.57	0.00
6	global	0.00	-31.08	0.00
7	global	0.00	-22.59	0.00
10	global	0.00	-14.10	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força	força	
		x	y	z
2	global	0.00	-44.34	0.00
5	global	0.00	-29.73	0.00
6	global	0.00	-20.43	0.00
7	global	0.00	-5.81	0.00
10	global	0.00	8.81	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	cargas	noda is	momento
		força	força	
		x	y	z
1	global	7.71	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

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
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	força	momento
		x	y	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:
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
sistema	nó	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	-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	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-1.59711E-0004	-9.66675E-0004	2.89135E-0004
2	global	-1.59711E-0004	-7.93194E-0004	2.89135E-0004
3	global	-1.59711E-0004	-2.47009E-0004	1.41047E-0004
4	global	7.11637E-0032	-3.89644E-0030	-2.73378E-0032
5	global	-1.59329E-0004	-2.08168E-0004	7.29081E-0005
6	global	-1.57774E-0004	-2.02570E-0004	6.59294E-0006
7	global	-1.56219E-0004	-1.25817E-0004	2.74714E-0005
8	global	-1.55838E-0004	-9.80913E-0005	1.28791E-0005
9	global	-7.11637E-0032	-1.54734E-0030	1.56710E-0031
10	global	-1.55838E-0004	-1.49813E-0004	-3.05676E-0005
11	global	-1.55838E-0004	-1.68154E-0004	-3.05676E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-2.03	111.23	0.78
9	global	2.03	44.17	-4.47

Resultante -0.00 155.40 691.88
 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	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-48.06	-0.00
3	local	3	0.00	48.06	-96.12
3	local	3	-2.03	63.17	88.57
4	local	5	2.03	-63.17	-47.51
4	local	5	-2.03	23.60	47.51
5	local	6	2.03	-23.60	15.03
5	local	6	-2.03	-7.48	-15.03
6	local	7	2.03	7.48	-4.80
6	local	7	-2.03	-30.07	4.80
7	local	8	2.03	30.07	-24.34
7	local	8	-0.00	14.10	28.20
8	local	10	0.00	-14.10	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
9	local	11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	111.23	2.03	7.55
10	local	4	-111.23	-2.03	0.78
10	local	8	44.17	-2.03	-3.86
		9	-44.17	2.03	-4.47

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-2.48469E-0004	-9.30607E-0004	2.86327E-0004
2 global	-2.48469E-0004	-7.58810E-0004	2.86327E-0004
3 global	-2.48469E-0004	-2.15759E-0004	1.49701E-0004
4 global	3.21183E-0032	-3.40349E-0030	5.99789E-0032
5 global	-2.48296E-0004	-1.65612E-0004	8.35631E-0005
6 global	-2.47595E-0004	-1.40675E-0004	8.90166E-0006
7 global	-2.46893E-0004	-4.27120E-0005	7.35083E-0005
8 global	-2.46721E-0004	1.25630E-0005	9.18549E-0005
9 global	-3.21183E-0032	1.98176E-0031	1.43045E-0031
10 global	-2.46721E-0004	2.44684E-0004	1.19001E-0004
11 global	-2.46721E-0004	3.16085E-0004	1.19001E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z
4 global	-0.92	97.16	-1.71
9 global	0.92	-5.66	-4.08

Resultante -0.00 91.50 194.77
 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	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-44.34	-0.00

3	local	3	0.00	44.34	-88.68
		3	-0.92	52.82	83.21
		5	0.92	-52.82	-48.88
4	local	5	-0.92	23.09	48.88
		6	0.92	-23.09	12.30
5	local	6	-0.92	2.66	-12.30
		7	0.92	-2.66	19.35
6	local	7	-0.92	-3.15	-19.35
		8	0.92	3.15	17.30
7	local	8	0.00	-8.81	-17.62
		10	-0.00	8.81	-0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	97.16	0.92	5.47
		4	-97.16	-0.92	-1.71
10	local	8	-5.66	-0.92	0.32
		9	5.66	0.92	-4.08

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	2.87564E-0004	4.73643E-0005	-1.62701E-0005
2	global	2.86228E-0004	3.76023E-0005	-1.62701E-0005
3	global	2.81774E-0004	5.06201E-0006	-1.62701E-0005
4	global	1.36581E-0031	7.98508E-0032	-2.93667E-0031
5	global	2.81058E-0004	-2.17278E-0006	-9.39875E-0006
6	global	2.78141E-0004	-6.72872E-0007	3.25974E-0006
7	global	2.75223E-0004	1.69485E-0006	-8.74379E-0006
8	global	2.74508E-0004	-5.06201E-0006	-1.54545E-0005
9	global	1.33505E-0031	-7.98508E-0032	-2.86676E-0031
10	global	2.74508E-0004	-3.59711E-0005	-1.54545E-0005
11	global	2.74508E-0004	-4.52438E-0005	-1.54545E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-3.90	-2.28	8.38
9	global	-3.81	2.28	8.18
Resultante		-7.71	0.00	31.61

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

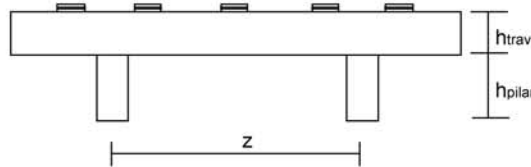
		diferença de equilíbrio		
		(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)		
		força	força	momento
		x	y	z
		0.000	0.000	-0.000

barra	esforços	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	7.71	-0.00	0.00
		2	-7.71	0.00	0.00
2	local	2	7.71	-0.00	0.00
		3	-7.71	0.00	-0.00
3	local	3	3.81	-2.28	-7.60
		5	-3.81	2.28	6.12
4	local	5	3.81	-2.28	-6.12
		6	-3.81	2.28	0.08
5	local	6	3.81	-2.28	-0.08
		7	-3.81	2.28	-5.96
6	local	7	3.81	-2.28	5.96
		8	-3.81	2.28	-7.44
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	-2.28	3.90	7.60
		4	2.28	-3.90	8.38
10	local	8	2.28	3.81	7.44
		9	-2.28	-3.81	8.18

Fim Do Programa

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 1



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 3.76

h^{Pilar} (m) = 2.35

$h^{Traves.}$ (m) = 1.50

h^{aterro} (m) = 1.60

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 distribuição de esforços já calculado por 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)	157.4	111.1	7.5	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	277.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	13.2	2.0	0.0	2.0	0.6	4.1	22.0
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	50.9	7.8	0.0	7.7	2.3	2.2	70.9
M_T (tf.m)	7.7	0.6	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	14.8

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)	157.4	-5.5	7.5	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	161.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	13.2	2.0	0.0	2.0	0.6	4.1	22.0
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	50.9	7.8	0.0	7.7	2.3	2.2	70.9
M_T (tf.m)	7.7	4.8	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	19.1

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0157 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0147$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.035 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.35$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0157 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0147$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.035 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{vento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

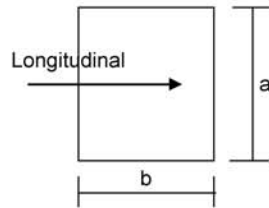
1ª Hipótese : N_{máx}

	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	155.6	10.5	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	387.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	13.2	3.0	0.0	2.8	0.4	5.8	25.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.7
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	50.9	10.9	0.0	10.8	1.6	3.1	90.8
M_{dT}(tf.m)	10.8	0.8	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	29.7

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	-7.7	10.5	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	224.4
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	13.2	3.0	0.0	2.8	0.4	5.8	25.3
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.7
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	50.9	10.9	0.0	10.8	1.6	3.1	85.1
M_{dT}(tf.m)	10.8	6.7	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	29.9

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) = 387.58
M_d^{long} (tf.m) = 90.77
M_d^{transv} (tf.m) = 29.69

v = 0.424
μ_{long} = 0.124
μ_{transv} = 0.041

Ábaco → ω = 0.205

A_s (cm²) = 40.23

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 224.36 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 85.11 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 29.91 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.245 \\ \mu_{\text{long}} = 0.116 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.041 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.140$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 27.48$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 387.58 \\ E \text{ (MPa)} = 288476 \\ \epsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2430$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

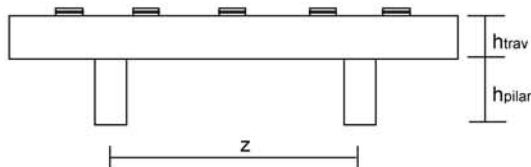
$$\begin{array}{l} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.44 \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00 \end{array} \quad \begin{array}{l} A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\ A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{array}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.23$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 2



$z \text{ (m)} = 6.60$
 $n^\circ \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 4.08

$h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 2.55$

$h^{\text{Traves}} \text{ (m)} = 1.50$

$h^{\text{aterro}} \text{ (m)} = 0.00$

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 distribuição de esforços já calculado por 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 ^{te pilar}	Total
N (tf)	195.4	122.3	8.2	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	329.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	0.0	3.0	0.9	0.0	8.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	6.8
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	4.1	12.3	0.0	12.2	3.7	0.0	32.2
M_T (tf.m)	6.6	1.3	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	19.9

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{te pilar}	Total
N (tf)	195.4	-3.4	8.2	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	203.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	0.0	3.0	0.9	0.0	8.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	6.8
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	4.1	12.3	0.0	12.2	3.7	0.0	32.2
M_T (tf.m)	6.6	4.3	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	22.9

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.55$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0170 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0173$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.037 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.55$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0170 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0137$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.034 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

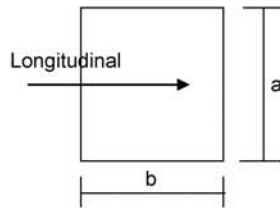
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N _d (tf)	273.6	171.3	11.4	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	458.5
H _{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	4.6	0.0	4.2	0.6	0.0	10.4
H _{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	4.8
M _{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	4.1	17.2	0.0	17.0	2.6	0.0	40.9
M _{dT} (tf.m)	9.2	1.8	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	19.5

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)	273.6	-4.8	11.4	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	282.5
H _{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	1.0	4.6	0.0	4.2	0.6	0.0	10.4
H _{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	4.8
M _{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	4.1	17.2	0.0	17.0	2.6	0.0	40.9
M _{dT} (tf.m)	9.2	6.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	23.6

Dimensionamento dos pilares com os ábacos do Montoya



a (m) = 1.00
b (m) = 0.80

Ac (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) = 458.54
M_{d^{long}} (tf.m) = 40.92
M_{d^{transv}} (tf.m) = 19.47

v = 0.401
μ_{long} = 0.045
μ_{transv} = 0.017

} Ábaco → ω = 0.000

As (cm²) = 0.00

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{ll}
 N_d \text{ (tf)} = 282.51 & v = 0.247 \\
 M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 40.92 & \mu_{\text{long}} = 0.045 \\
 M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 23.59 & \mu_{\text{transv}} = 0.021
 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Ábaco} \\ \omega = 0.000 \end{array}$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 0.00$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{ll}
 N_d \text{ (tf)} = 458.54 & \\
 E \text{ (MPa)} = 288476 & A_c^{\text{nec}} = N_d / (0.85 * f_{cd} + 0.8\% * E * \epsilon_o) \\
 \epsilon_o = 0.002 & \\
 f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 &
 \end{array}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2875$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.00$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0.8\% * A_c^{\text{nec}}$$

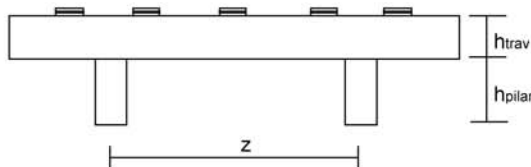
$$A_s^{\text{min}} = 0.5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 3



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
 h^{aterro} (m) = 2.50

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 distribuição de esforços já calculado por 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)	157.4	111.2	10.7	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	281.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	12.2	1.7	0.0	1.7	0.5	10.1	26.2
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	59.2	8.2	0.0	8.1	2.4	8.4	86.4
M_T(tf.m)	7.2	0.8	0.0	0.0	0.0	8.4	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	-5.7	10.7	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	164.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	12.2	1.7	0.0	1.7	0.5	10.1	26.2
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	59.2	8.2	0.0	8.1	2.4	8.4	86.4
M_T(tf.m)	7.2	4.1	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	19.6

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

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0299$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.052 \text{ m}$$

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

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0299$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.052 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

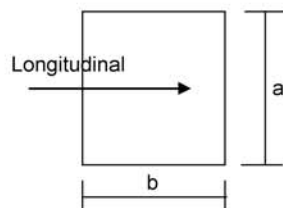
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepar}	Total
N_d (tf)	220.3	155.7	15.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	392.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.2	2.5	0.0	2.3	0.4	14.2	31.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.7
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	59.2	11.5	0.0	11.4	1.7	11.8	116.1
M_{dT} (tf.m)	10.0	1.1	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	37.5

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)	220.3	-7.9	15.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	229.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.2	2.5	0.0	2.3	0.4	14.2	31.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.7
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	59.2	11.5	0.0	11.4	1.7	11.8	107.6
M_{dT} (tf.m)	10.0	5.7	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	33.6

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) = 392.63
M_{d^{long}} (tf.m) = 116.12
M_{d^{transv}} (tf.m) = 37.50

v = 0.429
μ_{long} = 0.159
μ_{transv} = 0.051

Ábaco → ω = 0.340

A_s (cm²) = 66.73

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 228.98 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 107.56 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 33.57 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.250 \\ \mu_{\text{long}} = 0.147 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.046 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.250$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 49.07$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 392.63 \\ E \text{ (MPa)} = 288476 \\ \epsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2462$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.69$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

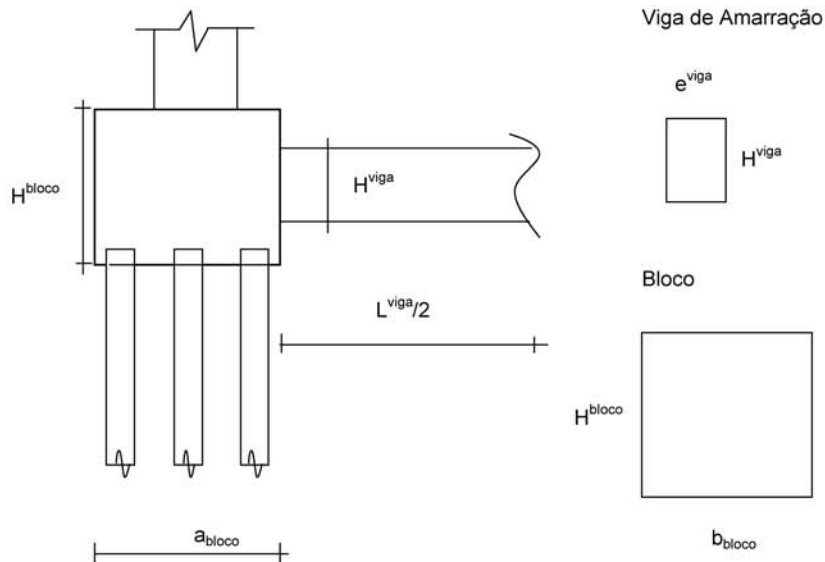
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 66.73$$

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)

- $g1 + g2 + g3 = 314.72$
 - carga móvel Pesq = 111.1
 - carga móvel Pdir = 44.3
 - p.p. pilar = 7.5
 - p.p. bloco = 57.2
- $N = 534.9 \text{ tf}$

* Cálculo de HL

$HL \text{ (tf)} = 44.0$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 7.7$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 141.9$$

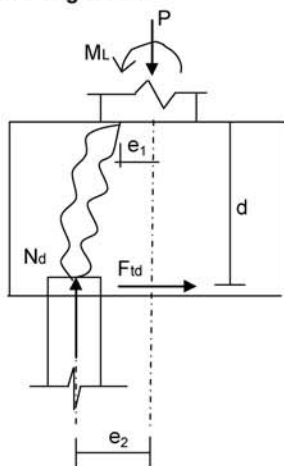
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 39.7$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

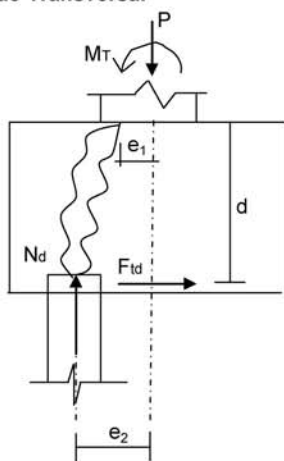
Dimensionamento do Bloco de P1 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 83.2$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 77.6$	$A_s (cm^2) = 17.9$

Direção Transversal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.200$	$N (tf) = 83.2$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 77.6$	$A_s (cm^2) = 17.9$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 48_5_BR163b1
Data: 1/25/2006

Ponte 48,5 - 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

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: 48_5_BR163b1
Data: 1/25/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-7.70	-534.90	-44.00	-141.90	0.00	39.70

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

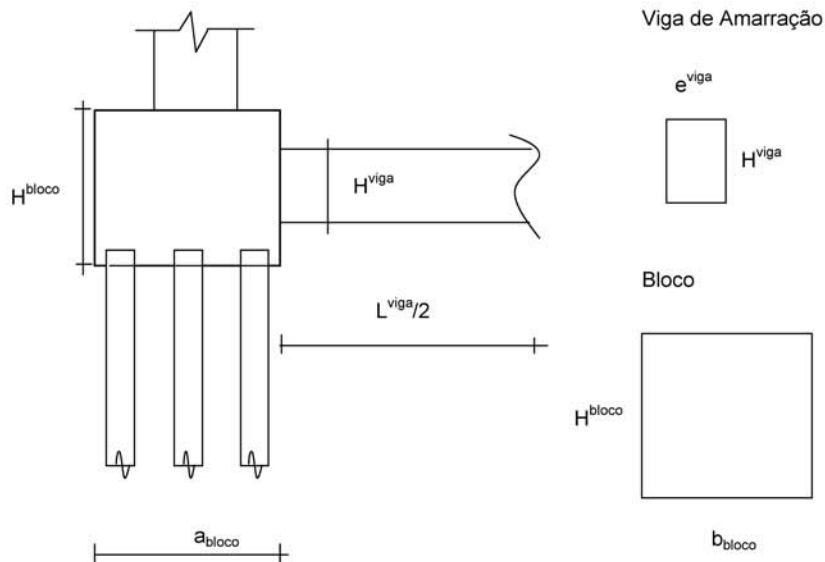
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003357	-0.001930	-0.024455	-0.000994	0.000000	0.000018

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	83.16	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
2	82.18	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
3	79.92	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
4	78.94	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
5	55.11	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
6	51.87	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
7	28.04	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
8	27.06	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
9	24.80	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77
10	23.82	-0.77	-4.40	0.00	7.86	-1.77

Apoio P2

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)

- $g1 + g2 + g3 = 390.84$
 - carga móvel Pesq = 122.3
 - carga móvel Pdir = 63.1
 - p.p. pilar = 16.3
 - p.p. bloco = 57.2
- $N = 649.8 \text{ tf}$

* Cálculo de HL

$HL \text{ (tf)} = 15.9$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 13.7$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 64.5$$

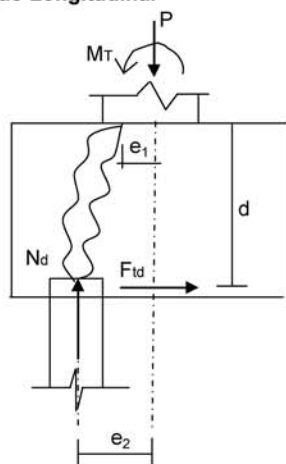
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 73.0$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco Para P2 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

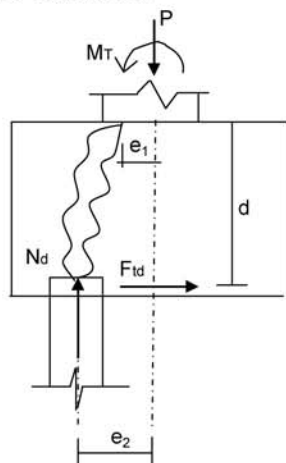
$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 80.4$$

$$e_2 (m) = 1.0$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 75.0 \quad A_s (cm^2) = 17.3$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.200 \quad N (tf) = 80.4$$

$$e_2 (m) = 1.2$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 93.8 \quad A_s (cm^2) = 21.6$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 48_5_BR163b2
Data: 5/1/2006

Ponte 48,5 - 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
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: 48_5_BR163b2
Data: 5/1/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13,70	-649,80	-15,90	-64,50	0,00	73,50

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

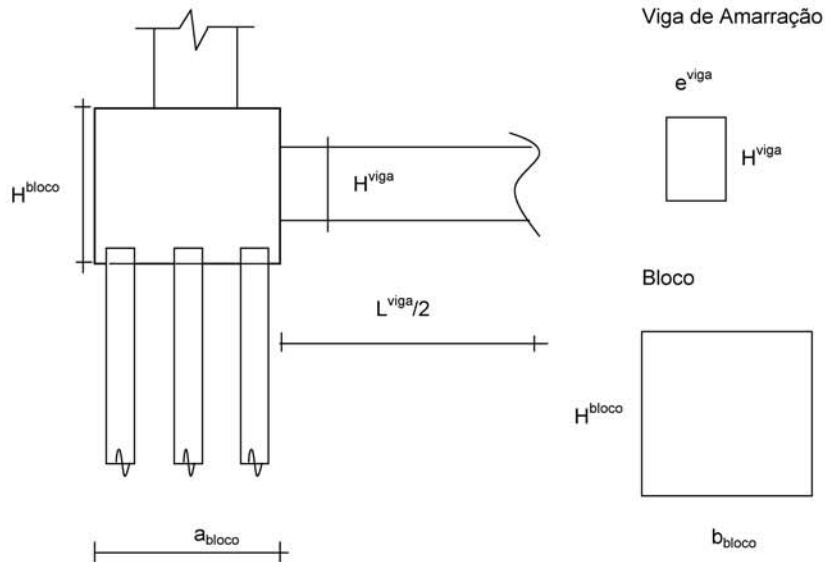
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,005975	-0,002344	-0,008950	-0,000417	0,000000	0,000032

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	80,40	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
2	78,60	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
3	74,47	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
4	72,68	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
5	67,94	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
6	62,02	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
7	57,28	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
8	55,49	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
9	51,36	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14
10	49,56	-1,37	-1,59	0,00	2,80	-3,14

Apoio P3

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)

- $g1 + g2 + g3 = 314.72$
 - carga móvel Pesq = 111.2
 - carga móvel Pdir = 44.2
 - p.p. pilar = 10.7
 - p.p. bloco = 57.2
- $N = 538.1 \quad \text{tf}$

* Cálculo de HL

$HL \text{ (tf)} = 52.4$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 7.7$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 172.8$$

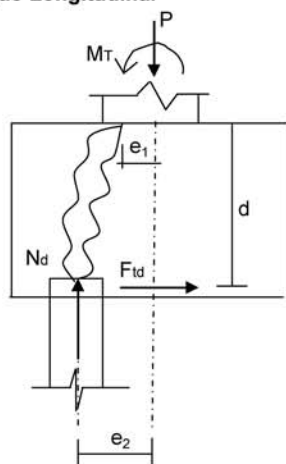
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 47.4$$

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



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

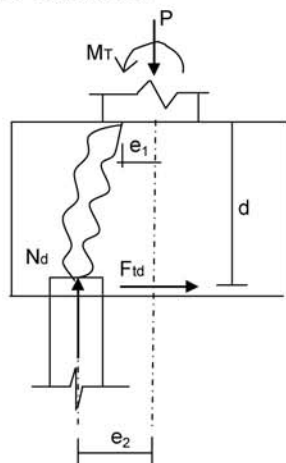
$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 89.5$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 83.5 \quad A_s (cm^2) = 19.2$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.200 \quad N (tf) = 89.5$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 83.5 \quad A_s (cm^2) = 19.2$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 48_5_BR163b3
Data: 5/1/2006

Ponte 48,5 - 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
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: 48_5_BR163b3
Data: 5/1/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-7,70	-538,10	-52,40	-172,80	0,00	47,40

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,003362	-0,001941	-0,029156	-0,001201	0,000000	0,000020

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	89,48	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
2	88,37	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
3	85,81	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
4	84,70	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
5	55,65	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
6	51,97	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
7	22,92	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
8	21,81	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
9	19,25	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76
10	18,14	-0,77	-5,24	0,00	9,35	-1,76

3 PONTE SOBRE O RIO MACHADO

3 PONTE SOBRE O RIO MACHADO

3.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

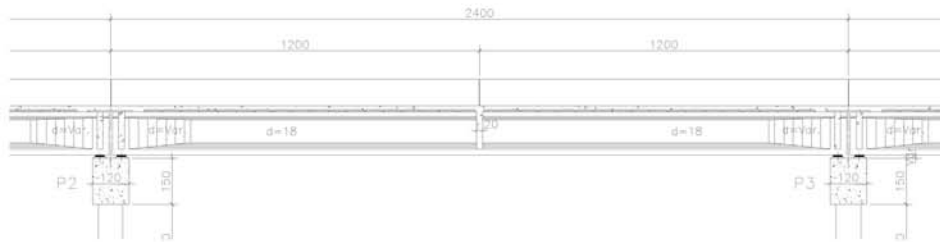
Vão de 24,00 m.

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

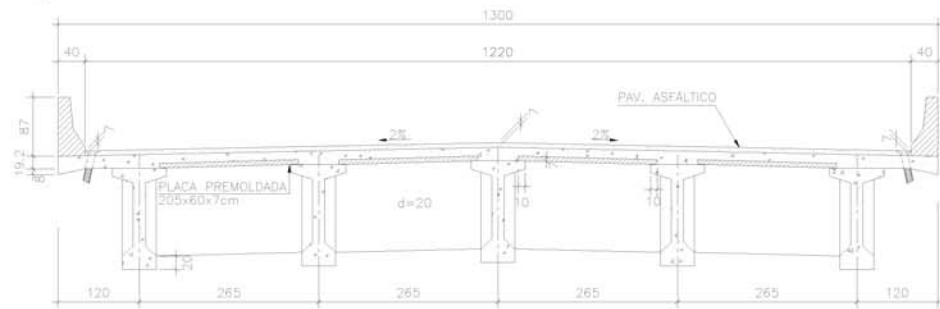
OBRA: Ponte sobre o Rio Machado

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

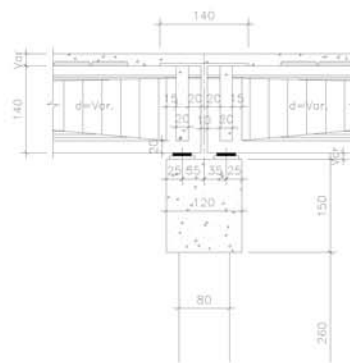
Perfil Longitudinal



Seção Transversal

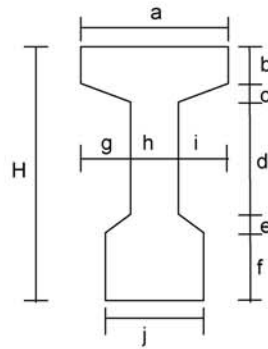


Detalhe das vigas nos apoios



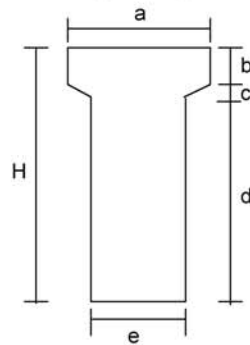
2 - Características das seções transversais

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

$L_2 (m) = 0.250$

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

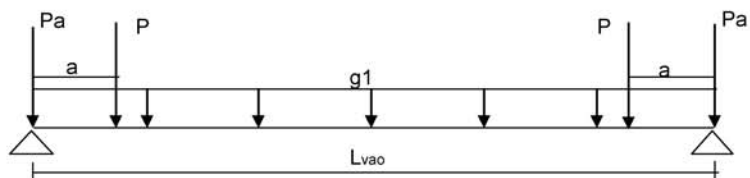
$P_2 (tf) = 0.19$

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

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

$h \text{ (m)} = 0.200$
 $L \text{ (m)} = 2.525 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$

carga concentrada

Transversina de apoio

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

$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$
 $h \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{esp} \text{ (m)} = 0.20$
 $f \text{ (m)} = 0.20$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.77$$

Transversina Central

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

$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$
 $h \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{esp} \text{ (m)} = 0.20$
 $f \text{ (m)} = 0.20$

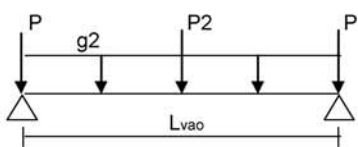
$$P2 \text{ (tf)} = 0.84$$

Seção fora vão de cálculo

$$P3 = g_2 * L1$$

$L1 \text{ (m)} = 0.300$
 $P3 \text{ (tf)} = 0.37875$

resumo dos esforços



$P = P1 + P3 \quad P \text{ (tf)} = 1.15$

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

Viga Central

carga distribuída

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

$h \text{ (m)} = 0.200$
 $L \text{ (m)} = 2.650 \quad g_2 \text{ (tf/m)} = 1.325$

cargas concentradas

Transversina de apoio

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

$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$
 $h \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{esp} \text{ (m)} = 0.20$
 $f \text{ (m)} = 0.20$

$$P1 \text{ (tf)} = 1.53$$

Transversina Central

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

$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$
 $h \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{esp} \text{ (m)} = 0.20$
 $f \text{ (m)} = 0.20$

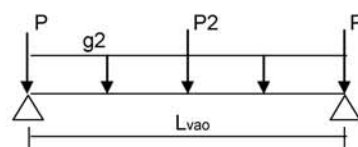
$$P2 \text{ (tf)} = 1.68$$

Seção fora vão de cálculo

$$P3 = g_2 * L1$$

$L1 \text{ (m)} = 0.300$
 $P3 \text{ (tf)} = 0.3975$

resumo dos esforços



$P = P1 + P3 \quad P \text{ (tf)} = 1.93$

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

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

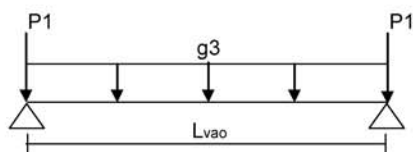
Seção fora vão de cálculo

$$P1 = g3 * L1$$

$$L1 (m) = 0.300$$

$$P1 (tf) = 0.327$$

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

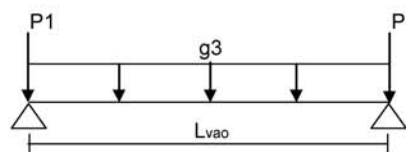
Seção fora vão de cálculo

$$P1 = g3 * L1$$

$$L1 (m) = 0.300$$

$$P1 (tf) = 0.191$$

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

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

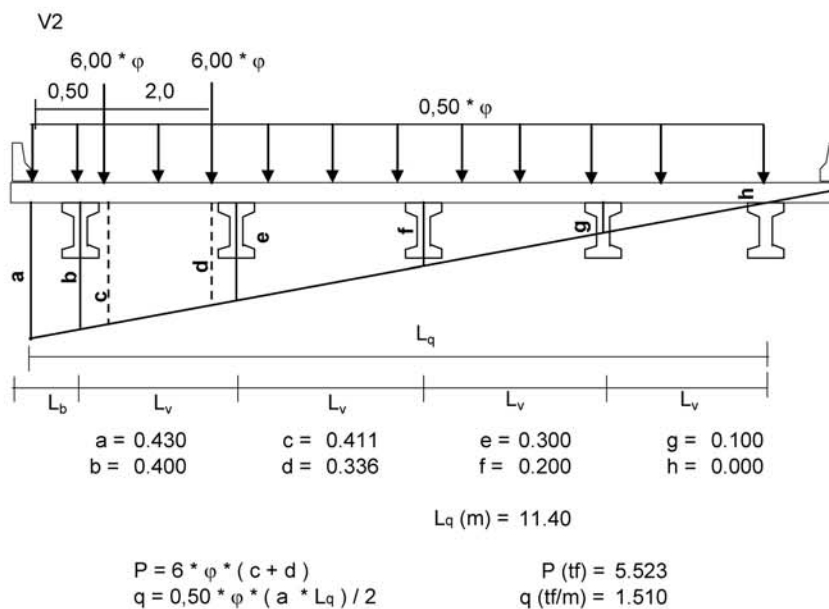
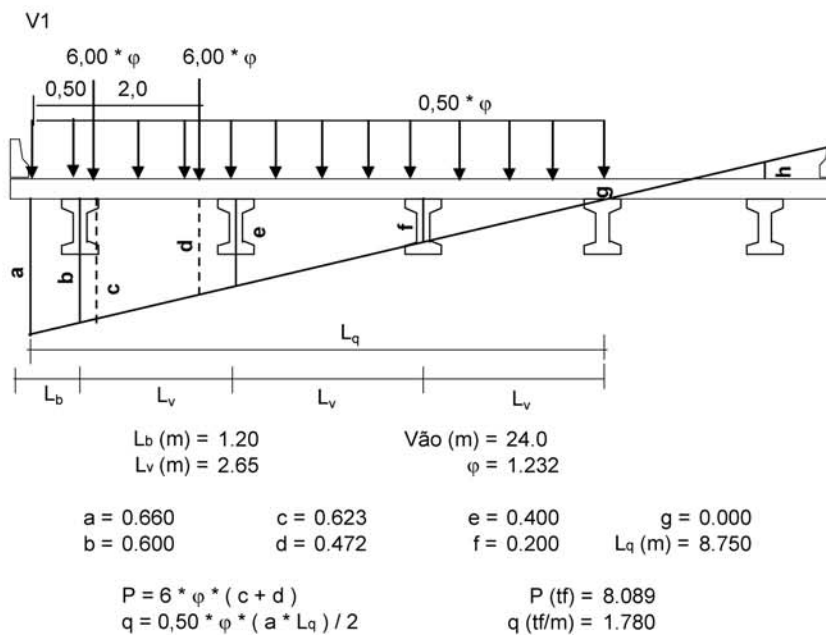
$$\sigma_s' = M / Ws'_{conjunto}$$

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

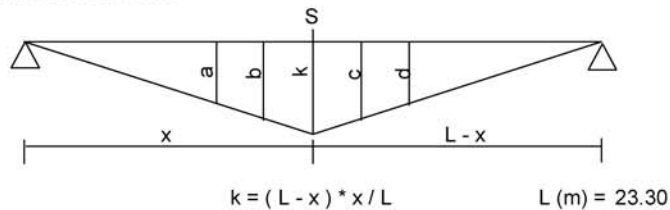
Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
0	0	0	0
1	28	15	-73
2	49	27	-129
3	65	36	-169
4	74	41	-194
5	77	43	-202

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



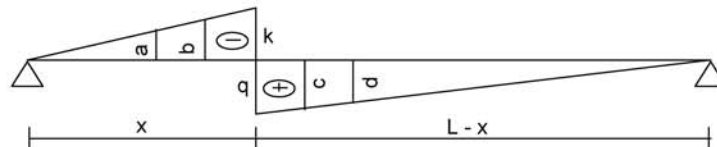
$$a = (x - 3,0) * (L - x) / L \quad c = [(L - x) - 1,5] * x / L$$

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

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



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

$$q = (L - x) / L \quad b = -(x - 1,5) * k / x$$

$$L (m) = 23.3 \quad c = (L - x - 1,5) * q / (L - x)$$

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

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)	Ws (m ³)	Ws' (m ³)	Wi (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)	Ws (m ³)	Ws' (m ³)	Wi (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

TENSÕES 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

TENSÕES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

- NOTAS :
- 1) TENSÕES 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

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
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 1ªPROT.		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

Fase 7 = Fase4 + $\Delta\sigma$

F9 = F7 + CM_{máxima}

F8 = F7 + CM_{mínima}

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

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)
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	$\Delta\sigma_{total}$		
	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/m2)	0	0	0	0	0	0	
	σ_s' (tf/m2)	0	0	0	0	0	0	
	σ_i (tf/m2)	0	0	0	0	0	0	
S ₁	σ_s (tf/m2)	49	0	49	0	167	49	216
	σ_s' (tf/m2)	456	-9	446	0	94	446	541
	σ_i (tf/m2)	318	-128	190	0	-416	190	-226
S ₂	σ_s (tf/m2)	87	0	87	0	296	87	383
	σ_s' (tf/m2)	411	51	462	0	167	462	629
	σ_i (tf/m2)	674	-286	387	0	-736	387	-348
S ₃	σ_s (tf/m2)	109	1	110	0	386	110	495
	σ_s' (tf/m2)	616	47	663	0	218	663	881
	σ_i (tf/m2)	1221	-429	791	0	-959	791	-168
S ₄	σ_s (tf/m2)	-1	30	30	0	441	30	471
	σ_s' (tf/m2)	687	56	742	0	249	742	991
	σ_i (tf/m2)	1439	-524	916	0	-1098	916	-182
S ₅	σ_s (tf/m2)	-4	32	28	0	461	28	489
	σ_s' (tf/m2)	730	55	786	0	260	786	1046
	σ_i (tf/m2)	1414	-521	893	0	-1146	893	-253

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	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)	28	0	28	0	123	28	151
	σ'_s (tf/m ²)	459	-9	449	0	69	449	518
	σ_i (tf/m ²)	350	-128	222	0	-323	222	-101
S ₂	σ_s (tf/m ²)	49	0	49	0	218	49	267
	σ'_s (tf/m ²)	418	51	469	0	121	469	591
	σ_i (tf/m ²)	730	-286	443	0	-572	443	-129
S ₃	σ_s (tf/m ²)	59	1	60	0	285	60	345
	σ'_s (tf/m ²)	627	47	674	0	158	674	833
	σ_i (tf/m ²)	1292	-429	863	0	-746	863	116
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-58	30	-27	0	326	-27	299
	σ'_s (tf/m ²)	703	56	758	0	181	758	940
	σ_i (tf/m ²)	1517	-524	994	0	-854	994	139
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-63	32	-31	0	340	-31	309
	σ'_s (tf/m ²)	752	55	807	0	189	807	997
	σ_i (tf/m ²)	1490	-521	968	0	-891	968	77

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

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

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

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

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

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

Seção	$\sigma_p^{1\text{ºprot.00}}$ (tf/m ²)	$W^{\text{isol.}}$ (m ³)	$\sigma_p^{2\text{ºprot.00}}$ (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

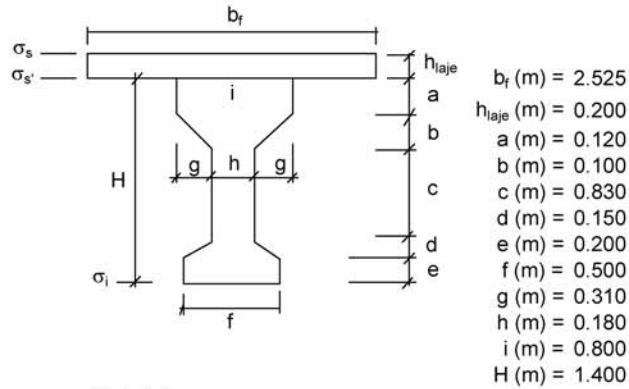
$$\sigma_{min} = N_{min} / (a * b)$$

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

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

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

Verificação da Seção do Meio do Vão (S₅)

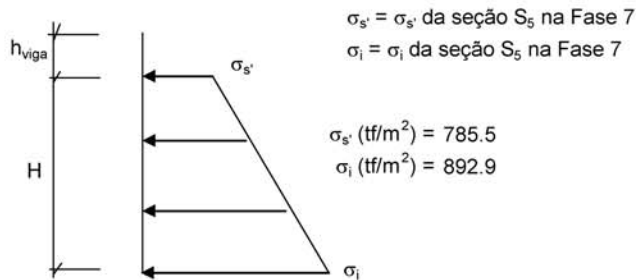


Materiais:

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 $t = \infty$



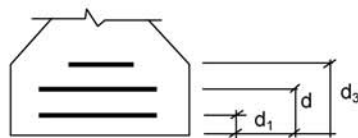
Tensões no aço de protensão após as perdas ($t = \infty$)

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

Solicitações atuantes na seção S₅

M_{g1} (tf.m) = 76.2
 M_{g2} (tf.m) = 90.6 M_p (tf.m) = 250.0
 M_{g3} (tf.m) = 74.0

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

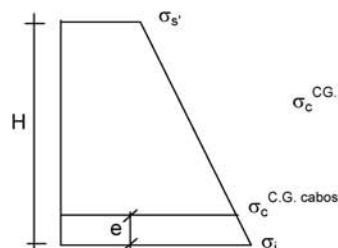
3ª camada: n° cabos = 1
d₃ (m) = 0.33

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



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

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

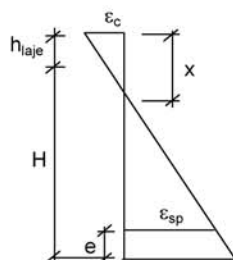
$$\epsilon_{sp}^{descomp.} = \sigma_c^{C.G. cabos} / E_c$$

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

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

1ª Tentativa:

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

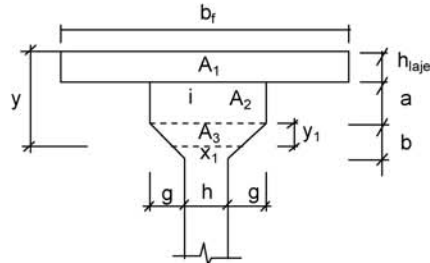


$$x = [\epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{sp})] * [H - e + h_{laje}]$$

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

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

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:

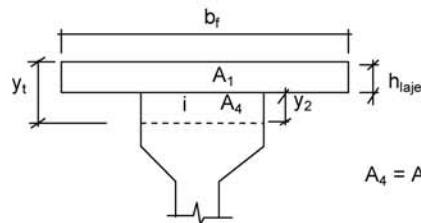
$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,724$$

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

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

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

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

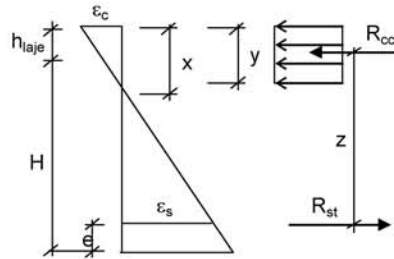
logo: y_2 (m) = 0.0000

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

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

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:

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

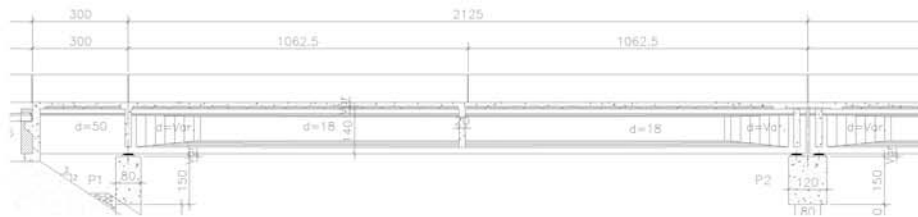
$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d (tf.m) = 687.0$$

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

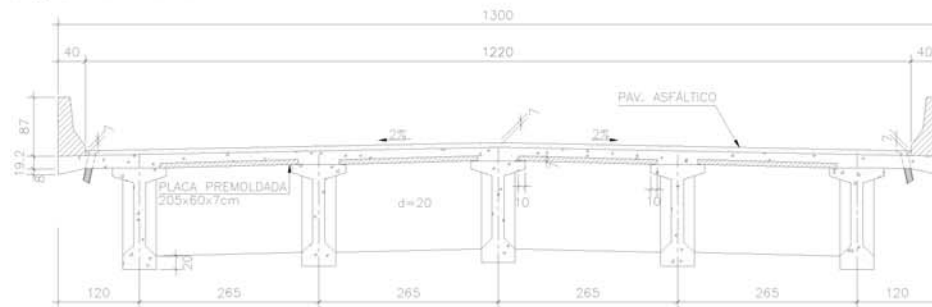
OBRA: Ponte sobre o Rio Machado

1 – Cálculo da superestrutura

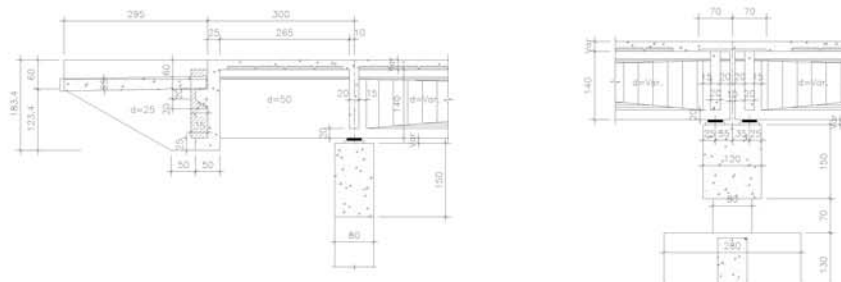
Perfil Longitudinal



Seção Transversal

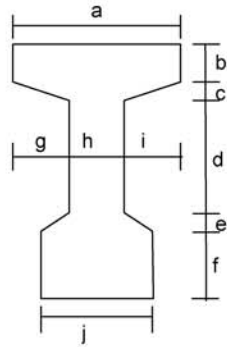


Detalhe das vigas nos apoios



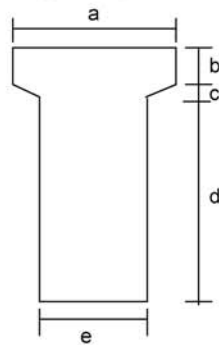
- Seção Transversal das Vigas

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

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

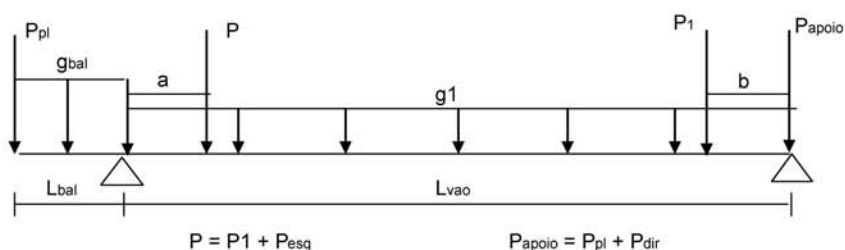
$$L3 \text{ (m)} = 0,350$$

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

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

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

resumo do carregamento peso próprio



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

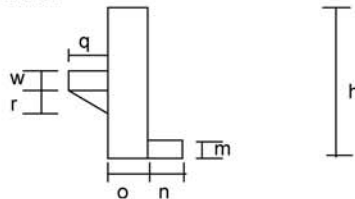
Viga de Bordo	Viga Central
carga distribuída	carga distribuída
$g_2 = h * L * 2,50$	$g_2 = h * L * 2,50$
h (m) = 0,200 g_2 (tf/m) = 1,263 L (m) = 2,525	h (m) = 0,200 g_2 (tf/m) = 1,325 L (m) = 2,650
carga concentrada	cargas concentradas
Transversina de apoio	Transversina de apoio
$P1 = \{ [L * h - (S_{apoio}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



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

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

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

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

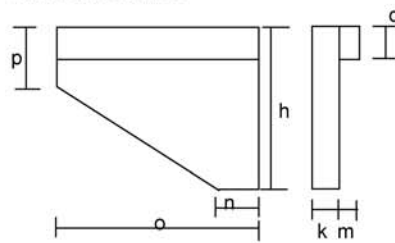
$$m (m) = 0,250 \quad w (m) = 0,200$$

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

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

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

Abas das Cortinas



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

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

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

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

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

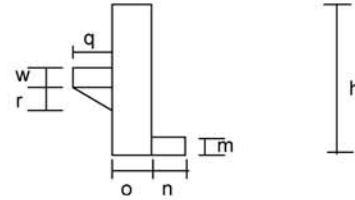
$$P5 (tf) = 2,99$$

Seção fora do vão de cálculo

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

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

Cortina



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

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

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

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

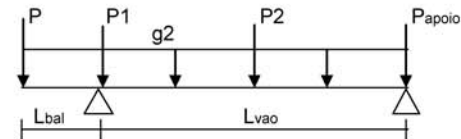
$$m (m) = 0,250 \quad w (m) = 0,200$$

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

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

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

resumo dos esforços



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

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

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

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

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

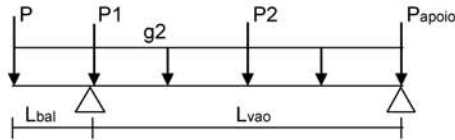
$$P1 (tf) = 1,27$$

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

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
 $P_{apoio} = P1 + P3$ 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

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

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-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

$$P_2 = L * g_3$$

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

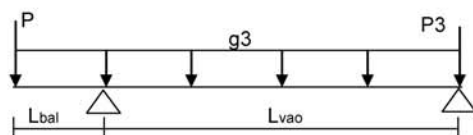
$$\begin{aligned} k \text{ (m)} &= 3,000 \\ h \text{ (m)} &= 0,250 \\ L \text{ (m)} &= 9,900 \end{aligned} \quad P2 \text{ (tf)} = 1,86$$

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

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

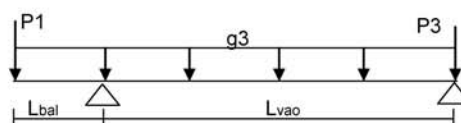
esforços

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
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	propriedades dos elementos			comprimento
	material	seção	nó inicial / nó 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 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		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 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 sistema	n ó	n a s força normal	b a r r a s força cortante	m o m e n t o s 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	deslocamento	rotacao
		x	y	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.

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 9.50E-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		momento
		força x	força y	
1	global	0.00	-3.57	0.00
13	global	0.00	-0.28	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas			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

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	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	

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	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.

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)				
	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	-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_g1g2.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 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	la			lb			px			py			mz			wyb	
			t	f1	f2	wxa	wxb	wyb	f3	p	wya	wyb							
1	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000														
2	local	U	0.00	1.50	0.0E+0000														
3	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
4	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
5	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
6	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
7	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
8	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
9	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
10	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
11	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
12	local	U	0.00	2.09	0.0E+0000														
3	local	C	0.75		0.0E+0000														
12	local	C	1.42		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
t wxa wxb wya wyb
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
-----

```

carregamento 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	n ó	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	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		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

e s f o r ç o s n a s b a r r a s

barra	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		
		força x	força y	momento z
1	global	0.00	-1.86	0.00
13	global	0.00	-0.13	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	cargas			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

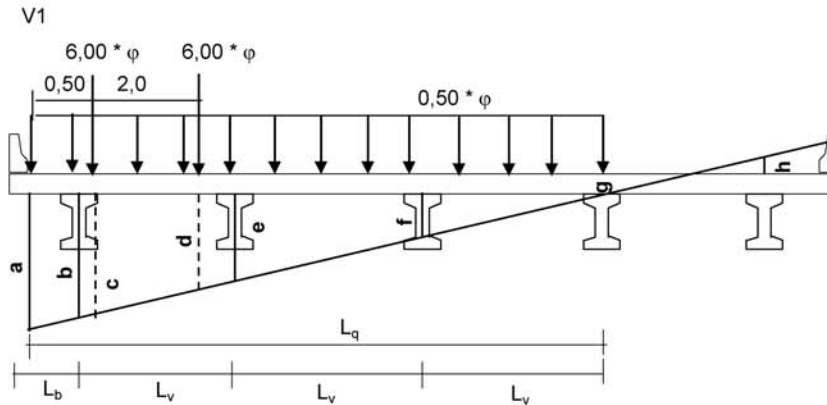
esforços nas barras					
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-1.86	-0.00
		2	0.00	2.53	-3.29
2	local	2	0.00	-2.53	3.29
		3	0.00	3.19	-7.58
3	local	3	0.00	5.01	7.58
		4	0.00	-4.08	1.92
4	local	4	0.00	4.08	-1.92
		5	0.00	-3.15	9.48
5	local	5	0.00	3.15	-9.48

		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

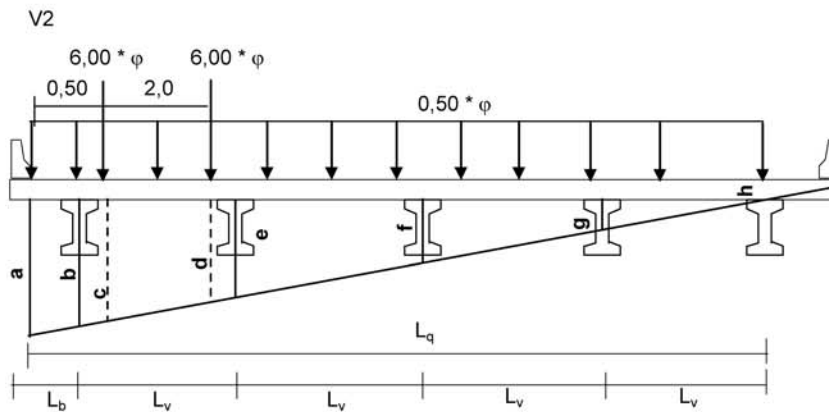
Fim Do Programa

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

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



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



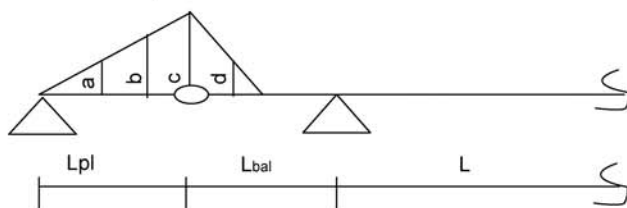
$a = 0,430$	$c = 0,411$	$e = 0,300$	$g = 0,100$
$b = 0,400$	$d = 0,336$	$f = 0,200$	$h = 0,000$
$L_q (m) = 11,40$			
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 5,620$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1,537$	

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

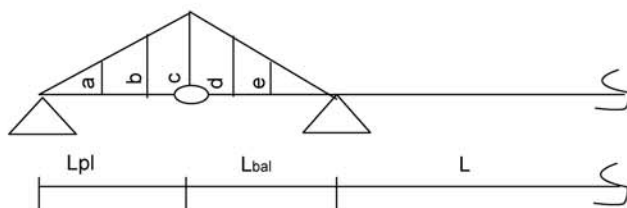
LI Momento S1/2 balanço



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

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

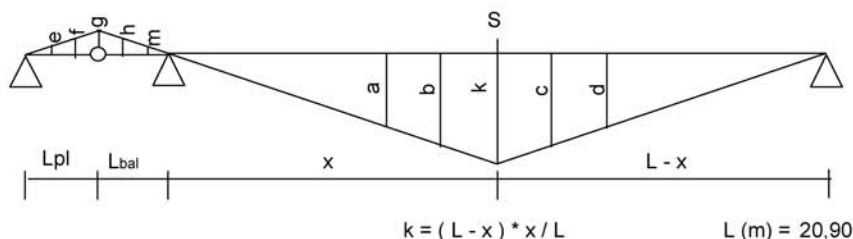
LI Momento S0



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

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

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

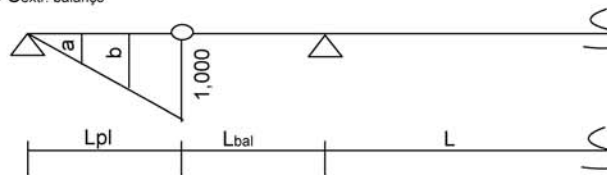
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

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 $S_{extr. balanço}$



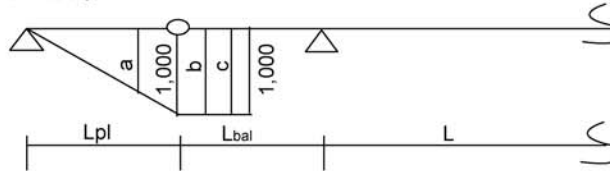
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

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

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

$$Q_{extr_min} = 0$$

LI Cortante S_{1/2}. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0,500$$

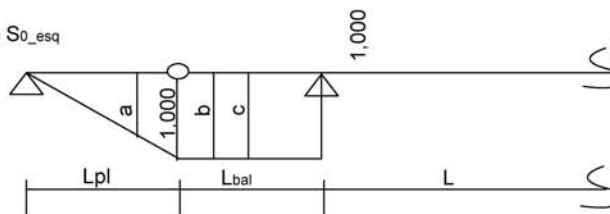
$$b = 0,000$$

$$c = 0,000$$

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

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

LI Cortante S₀.esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0,500$$

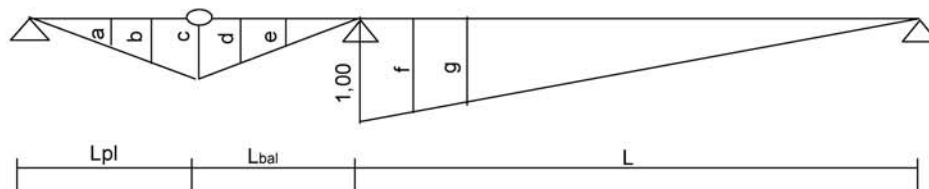
$$b = 0,000$$

$$c = 0,000$$

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

$$Q_{S0esq_min} = 0$$

LI Cortante S₀.dir



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

$$a = 0,000$$

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

$$b = 0,072$$

$$c = L_{bal} * (1 / L)$$

$$c = 0,144$$

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

$$d = 0,072$$

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

$$e = 0,000$$

$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L)$$

$$f = 0,928$$

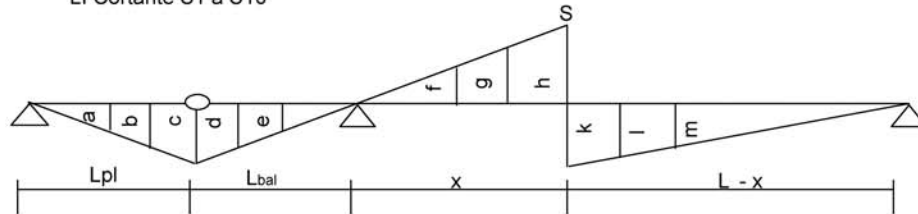
$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$g = 0,856$$

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

$$Q_{S0dir_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



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

$L (m) = 20,900$

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

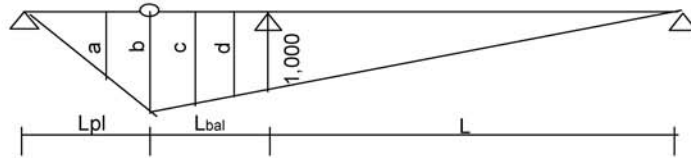
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	2,09	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,900	0,828	0,756
S2	4,18	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,800	0,728	0,656
S3	6,27	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,700	0,628	0,556
S4	8,36	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,600	0,528	0,456
S5	10,45	0,000	0,072	0,144	0,072	0,000	0,500	0,428	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 (m ²)	W _s (m ³)	W _s ' (m ³)	W _i (m ³)	Tempo T = 0		
					σ_s (tf/m ²)	σ'_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
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

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=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

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 PROTENSAO

APOIO	REAÇÃO (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	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

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	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

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	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 + 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 _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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
	$\sigma^{\cdot}s$ (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 + 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 _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-15	494	479	-36	442	0	442
	σ_i (tf/m ²)	17	147	164	40	204	0	204
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-52	628	576	-88	488	0	488
	σ_i (tf/m ²)	58	28	86	98	184	0	184
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	82	632	714	73	787	0	787
	σ_i (tf/m ²)	-90	566	476	-81	395	0	395
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	193	-78	115	217	332	0	332
	σ_i (tf/m ²)	-212	1388	1176	-239	936	0	936
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	3	3
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	273	-433	-160	326	166	60	226
	σ_i (tf/m ²)	-301	1810	1509	-359	1150	456	1607
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	324	-446	-121	399	277	15	292
	σ_i (tf/m ²)	-357	1808	1451	-439	1012	727	1738
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-98	-98
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	345	-443	-98	436	338	10	349
	σ_i (tf/m ²)	-380	1799	1418	-480	938	768	1706
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-86	-86
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	336	-441	-104	420	316	15	331
	σ_i (tf/m ²)	-371	1788	1418	-463	955	727	1682
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	298	-438	-141	368	228	58	285
	σ_i (tf/m ²)	-328	1779	1451	-406	1045	459	1504
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	229	-365	-136	281	145	0	145
	σ_i (tf/m ²)	-253	1672	1419	-310	1110	0	1110
S ₉	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	0	0
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	131	-35	96	158	254	0	254
	σ_i (tf/m ²)	-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}

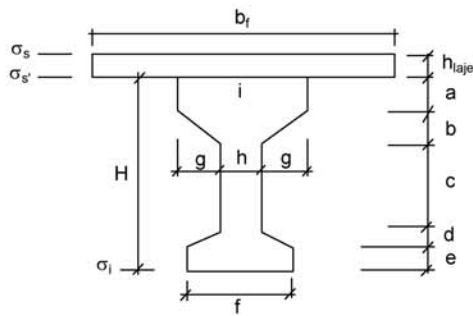
 F8 = F7 + CM_{mínima}
 $\Delta\sigma = \sigma_{t=00} - \sigma_{t=0}$

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
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
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
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
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:

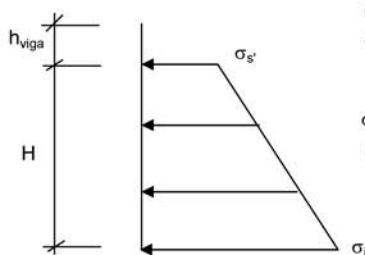
Concreto: f_{ck} (MPa) = 35,0

E_c (kgf/cm²) = 330.000

Aço: CP-190-RB

E_{sp} (kgf/cm²) = 1.950.000

Tensões de peso próprio + protensão em t = 00



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

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

σ_s' (tf/m²) = 391,9

σ_i (tf/m²) = 1072,0

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

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} = \sigma_{sp}^{t=00} - 1^{prot.} + \sigma_{sp}^{t=00} - 2^{prot.}$$

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

Solicitações atuantes na seção S₅

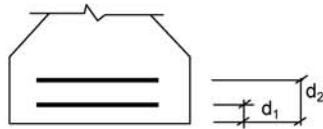
M_{g1} (tf.m) = 56,3

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

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

M_p (tf.m) = 215,6

Cálculo do C.G. da armadura de protensão



1ª camada:

$n^\circ \text{ cabos} = 3$
 $d_1 \text{ (m)} = 0,08$

2ª camada:

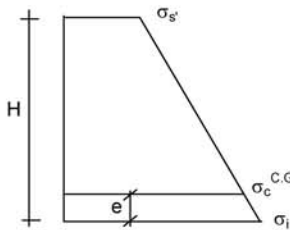
$n^\circ \text{ cabos} = 3$
 $d_2 \text{ (m)} = 0,2$

$\text{C.G (cm)} = 0,140$

Cálculo do pré-alongamento da armadura

$\epsilon_{sp}^{\text{pré-Along.}} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp} \quad \epsilon_{sp}^{\text{pré-Along.}} = 0,0048$

Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concreto



$\sigma_c^{\text{C.G. cabos}} = [(H - e) * (\sigma_i - \sigma_s') / H] + \sigma_s'$

$\sigma_c^{\text{C.G. cabos}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1003,9$

$\epsilon_{sp}^{\text{descomp.}} = \sigma_c^{\text{C.G. cabos}} / E_c \quad \epsilon_{sp}^{\text{descomp.}} = 0,00030$

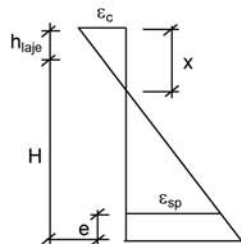
$e \text{ (m)} = 0,140$

1ª Tentativa:

Deformada admitida para a seção S₅

$\epsilon_c \text{ (\%)} = 3,5$

$\epsilon_{sp} \text{ (\%)} = 10,0$

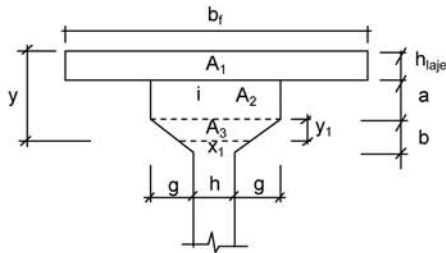


$x = [\epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{sp})] * [H - e + h_{laje}]$

$x \text{ (m)} = 0,379$

$y = 0,8 * x \quad y \text{ (m)} = 0,303$

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:

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

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

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

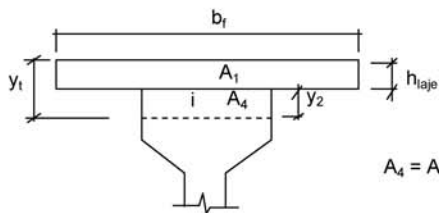
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * s_{sp}$$

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

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

Logo devemos ter:

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



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

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

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

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

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

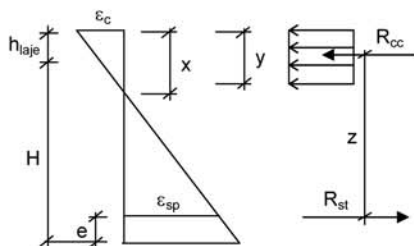
$$(y_t < h_{laje})$$

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

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

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 _{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	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

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

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

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

Seção	V ^{max} (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	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

Δσ _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

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

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 97,2$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{810,0} \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

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

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 42,9$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{357,3} \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

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

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

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 93,6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{779,6} \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

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

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 51,8$$

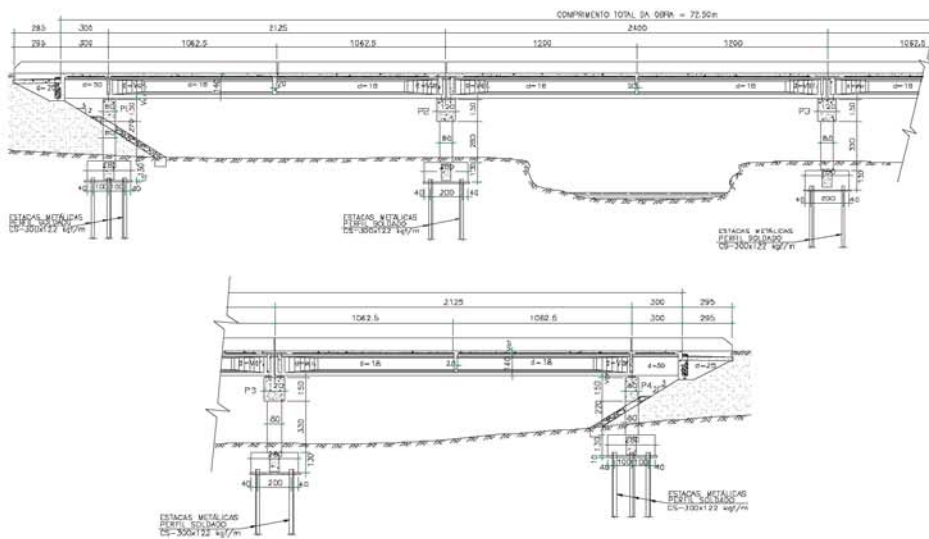
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2 \text{)} = \mathbf{432,0} \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

3.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,70 m, 2,80 m, 3,30 m e 2,20 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

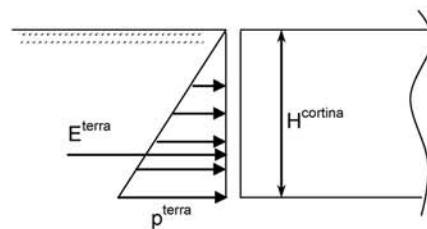


- $L_{vão1}$ (m) = 21.25
- $L_{vão2}$ (m) = 24.00
- $L_{vão3}$ (m) = 21.25
- L_{bal_esq} (m) = 3.00
- L_{bal_dir} (m) = 3.00

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{solo} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 1.85$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{terra} = K_a \times \gamma^{solo} \times H^{cortina}$$

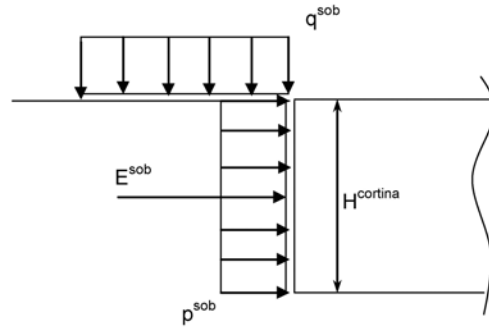
$$p^{terra} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.110$$

$$E_{terra} = ((p^{terra} \times H^{cortina})/2) \times L^{obra}$$

$$E_{terra} \text{ (tf)} = 13.3$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{\text{mult}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.85$$

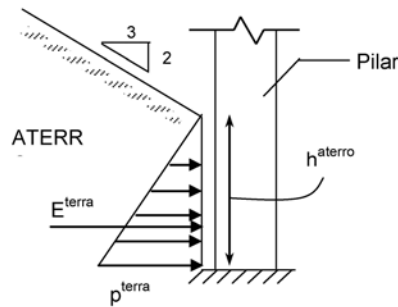
$$p^{\text{sob}} = K_a \times q^{\text{sob}}$$

$$p^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{\text{sob}} = p^{\text{sob}} \times L^{\text{obra}} \times H^{\text{cortina}}$$

$$E_{\text{sob}} \text{ (tf)} = 4.0$$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$$K_a = 0.75$$

$$\gamma_{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$h^{\text{aterro P1}} \text{ (m)} = 2.70$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.80$$

$$h^{\text{aterro P4}} \text{ (m)} = 2.20$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.80$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma_{\text{solo}} \times h^{\text{aterro}}$$

$$p^{\text{terra P1}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 3.65$$

$$p^{\text{terra P2}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2.97$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times h^{\text{aterro}})/2) \times 3b^{\text{pilar}}$$

$$E_{\text{terra P1}} \text{ (tf)} = 11.81$$

$$E_{\text{terra P2}} \text{ (tf)} = 7.84$$

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:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

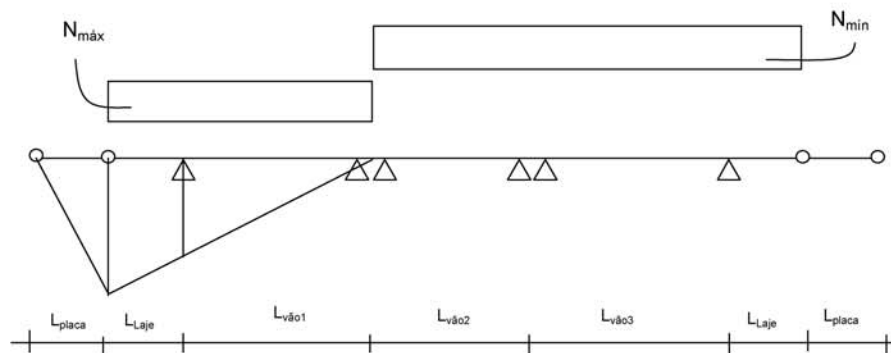
$$\alpha = 0.00001$$

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) = 21.25
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) = 21.25

Linha de influência da reação máxima em P1 e P4



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^{Bal_esq+vão1} para PTC
 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{Bal_esq+vão1} para PMC

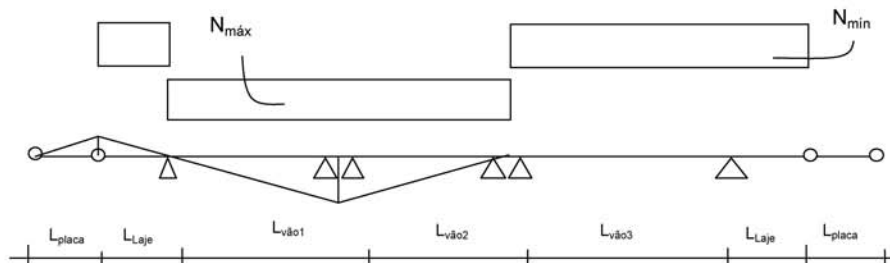
$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 7.40 \\ 3.70 \end{cases} \begin{matrix} \\ \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{matrix}$$

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_dir+vão2+vão3} para PTC
 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{bal_dir+vão2+vão3} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 14.72 \\ 7.36 \end{cases} \begin{matrix} \\ \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{matrix}$$

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

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 13.80 \\ 6.90 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2ª Hipótese - N_{min}

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$
 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

$$F^{\text{fren}}(\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 8.31 \\ 4.16 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

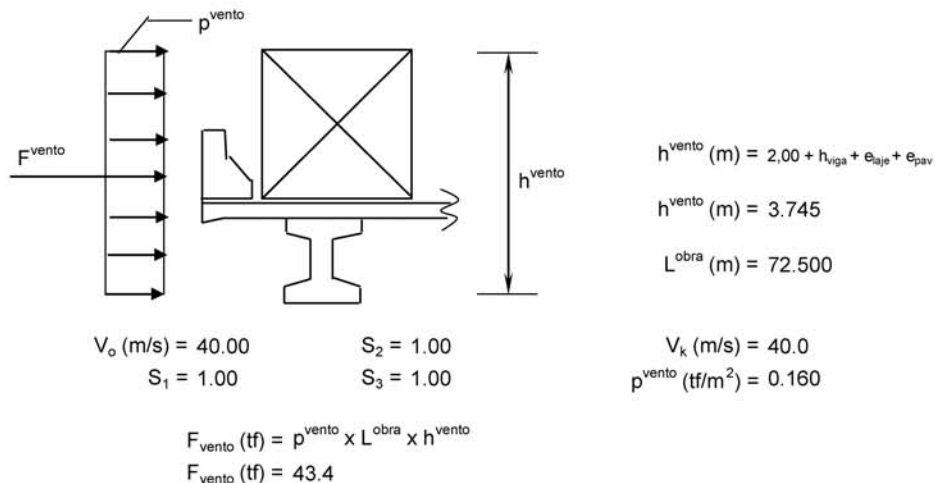
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p_{\text{vento}} = C_x \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$C_x = 1.60$$



3 - Cálculo das rizezas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

n° de aparelhos de apoio (n) = 5
 $S_1 \text{ apar (m}^2\text{)} = 0.15$
 $G \text{ (tf/m}^2\text{)} = 100.0$
 $h_{\text{borr}} \text{ (m)} = 0.03$

$$k_{\text{transv}}^{\text{neop}} = k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n \cdot G \cdot S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2500.0$$

3.1.2 - Pilares

$f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} = 20$
 $h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$
 $h_{\text{total}} = 4.85$
 n° de pilares (n) = 2

- longitudinal

$$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$$

$J_{\text{1 pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$
 $E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (f_{ckj} + 8)^{1/3}$
 $E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$
 $K_{\text{1 pilar}}^{\text{long}} \text{ (tf/m)} = 5178.6$

- transversal

$$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$$

$J_{\text{1 pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$
 $E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$
 $K_{\text{1 pilar}}^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} = 5178.6$

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_1 (tf/m) = 1686.1$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_1 (tf/m) = 1686.1$$

3.2 - Linha de apoio 2

3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 10$$

$$S_1 \text{ apar } (m^2) = 0.12$$

$$G (tf/m^2) = 100$$

$$h (m) = 0.03$$

$$k^{neop}_{transv} = k^{neop}_{long} = (n * G * S) / h_{borr}$$

$$K^{neop} (tf/m) = 4000.0$$

3.2.2 - Pilares

$$fck_{pilar} (MPa) = 20$$

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

$$h_{total} = 4.95$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{long}_{1 \text{ pilar}} (m^4) = 0.0427$$

$$Ec (tf/m^2) = 9,5 * (fck_j + 8)^{1/3}$$

$$Ec (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K^{long}_2 (tf/m) = 6088.8$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J^{transv}_{1 \text{ pilar}} (m^4) = 0.0667$$

$$Ec (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K^{transv}_2 (tf/m) = 9513.8$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_2 (tf/m) = 2414.1$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_2 (tf/m) = 2816.0$$

3.3 - Linha de apoio 3

3.3.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 10 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 4000.0$$

3.3.2 - Pilares

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 5.45 \\ n^{\circ} \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{long}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0427 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{long}}_3 \text{ (tf/m)} &= 4562.1 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{transv}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0667 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{transv}}_3 \text{ (tf/m)} &= 7128.2 \end{aligned}$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 2131.3$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_3 \text{ (tf/m)} = 2562.2$$

3.4 - Linha de apoio 4

3.4.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_{1 \text{ apar}} \text{ (m}^2\text{)} &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.036 \end{aligned} \quad k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2083.3$$

3.3.2 - Pilares

$$fck_{\text{pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 4.35$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (fck_j + 8)^{1/3}$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_4^{\text{long}} \text{ (tf/m)} = 7177.5$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$Ec \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_4^{\text{transv}} \text{ (tf/m)} = 7177.5$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/K_{\text{neop}}) + (1/K_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K_4^{\text{long - conj}} \text{ (tf/m)} = 1614.7$$

- transversal

$$K_4^{\text{transv - conj}} \text{ (tf/m)} = 1614.7$$

3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{long}} = 7846.1$$

$$\mu_1^{\text{long}} = 0.2149$$

$$\mu_2^{\text{long}} = 0.3077$$

$$\mu_3^{\text{long}} = 0.2716$$

$$\mu_4^{\text{long}} = 0.2058$$

- transversal

$$\sum K_{\text{conj}}^{\text{transv}} = 8679.0$$

$$\mu_1^{\text{transv}} = 0.1943$$

$$\mu_2^{\text{transv}} = 0.3245$$

$$\mu_3^{\text{transv}} = 0.2952$$

$$\mu_4^{\text{transv}} = 0.1860$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1686.1	1686.1	0.21489	0.19427
2	2414.1	2816.0	0.30768	0.32447
3	2131.3	2562.2	0.27164	0.29522
4	1614.7	1614.7	0.20579	0.18604
Total	7846.1	8679.0	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

$$F^1 (tf) = 2.87$$

$$F^2 (tf) = 4.11$$

$$F^3 (tf) = 3.63$$

$$F^4 (tf) = 2.75$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 0.86$$

$$F^2 (tf) = 1.23$$

$$F^3 (tf) = 1.09$$

$$F^4 (tf) = 0.82$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar)
(aplicado diretamente sobre os pilares)

$$\text{Pilar}^{\text{apoio1}} (tf) = 11.81$$

$$\text{Pilar}^{\text{apoio2}} (tf) = 7.84$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot a \cdot Dq \quad X_{c.e. \text{ Longitudinal}} (m) = 35.51$$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1686.1	32.51	35.63
2	2414.1	11.26	17.68
3	2131.3	12.74	17.64
4	1614.7	33.99	35.67

4.5 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de $N_{máx}$
- PTC

F^1 (tf) = 2.9
 F^2 (tf) = 4.2
 F^3 (tf) = 3.7
 F^4 (tf) = 2.8

Hipótese de $N_{mín}$
- PTC

F^1 (tf) = 3.2
 F^2 (tf) = 4.2
 F^3 (tf) = 3.7
 F^4 (tf) = 3.0

- PMC

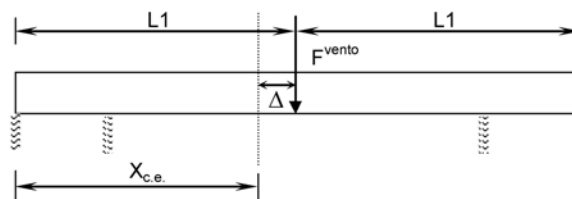
F^1 (tf) = 2.9
 F^2 (tf) = 4.2
 F^3 (tf) = 3.7
 F^4 (tf) = 2.8

- PMC

F^1 (tf) = 2.9
 F^2 (tf) = 4.2
 F^3 (tf) = 3.7
 F^4 (tf) = 2.8

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$L1$ (m) = 36.25
 $X_{c.e. Transversal}$ (m) = 35.63
 Δ (m) = 0.624
 F_{vento} (tf) = 43.4

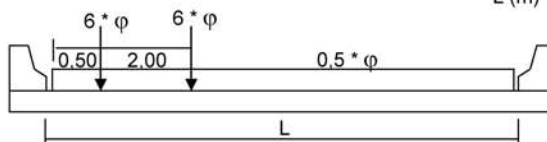
$$F^T_i = F_{vento} * K_{i Trans} * [(1 / \sum K_{i Trans}) \pm (\Delta * X_i) / (\sum (K_{i Trans} * X_i^2))]$$

Linha	$K_{i Trans}$ (tf/m)	X_i (m)	$K_{i Trans} * X_i^2$	F^T_i (tf)
1	1686.1	-32.63	1794679.6	8.10
2	2816.0	-11.38	364403.122	13.90
3	2562.2	12.62	408356.312	13.02
4	1614.7	33.87	1852788.43	8.42
TOTAL	8679.0		4420227.46	43.44

Cálculo dos Esforços na Infra-Estrutura provenientes da superestrutura

PTC

$L (m) = 12.20$



$$P = 2 * 6 * \varphi$$

$$p = 0,5 * \varphi * L$$

$$Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$$

$$mt = 0$$

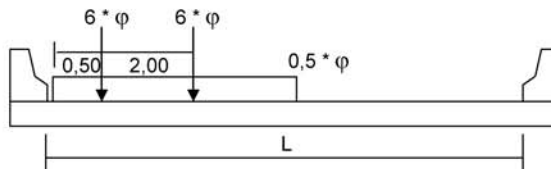
Trem-Tipo Flexão

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

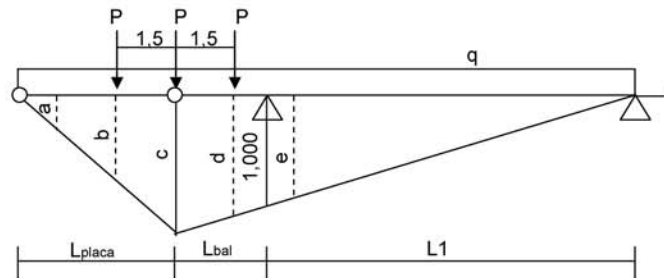
Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	20.9	1.254	15.0
L2	23.3	1.237	14.8
L3	20.9	1.254	15.0

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	20.9	1.254	69.2
L2	23.3	1.237	11.51
L3	20.9	1.254	11.66

Reações de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



$L_{placa} \text{ (m)} = 3.00$	$a \text{ (m)} = 0.000$	$d \text{ (m)} = 1.072$
$L_{bal} \text{ (m)} = 3.00$	$b \text{ (m)} = 0.572$	$e \text{ (m)} = 1.000$
$L1 \text{ (m)} = 20.90$	$c \text{ (m)} = 1.144$	

Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q * [(L_{bal} + L1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

PTC

$P \text{ (tf)} = 15.0$
 $q \text{ (tf/m)} = 7.648$
 $N_p \text{ (tf)} = 152.9$
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$

PMC

$P \text{ (tf)} = 15.0$
 $q \text{ (tf/m)} = 3.824$
 $N_p \text{ (tf)} = 100.6$
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$

Reação Mínima

PTC

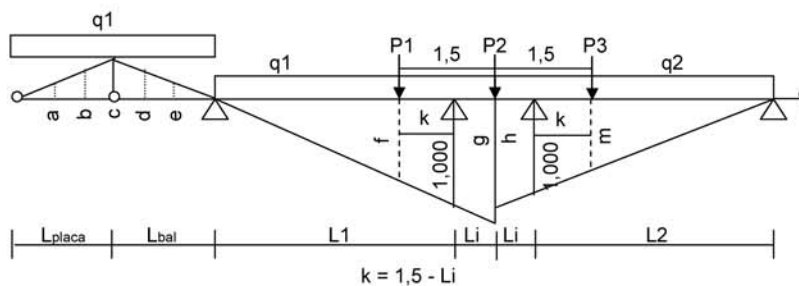
$N_p \text{ (tf)} = 0.0$
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$

PMC

$N_p \text{ (tf)} = 0.0$
 $ML \text{ (tf.m)} = 0.0$

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

$P (tf) = 15.0$
 $q1 (tf/m) = 7.648$

$N_e (tf) = -7.6$
 $ML (tf.m) = 2.66$

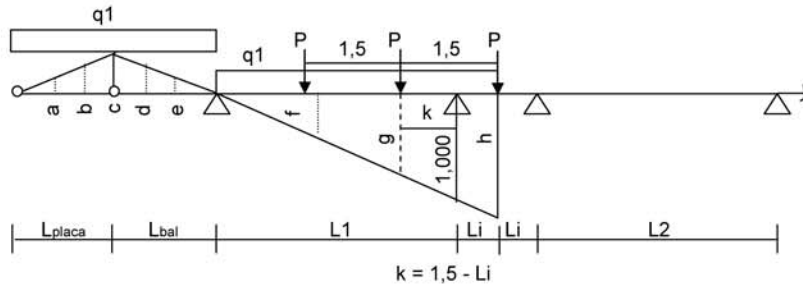
PMC

$P (tf) = 15.0$
 $q1 (tf/m) = 3.824$

$N_e (tf) = -6.0$
 $ML (tf.m) = 2.09$

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
$L1$ (m) = 20.90	c (m) = 0.144	h (m) = 1.017
$L2$ (m) = 23.30	d (m) = 0.072	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	PMC
P (tf) = 15.0	P (tf) = 15.0
$q1$ (tf/m) = 7.648	$q1$ (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

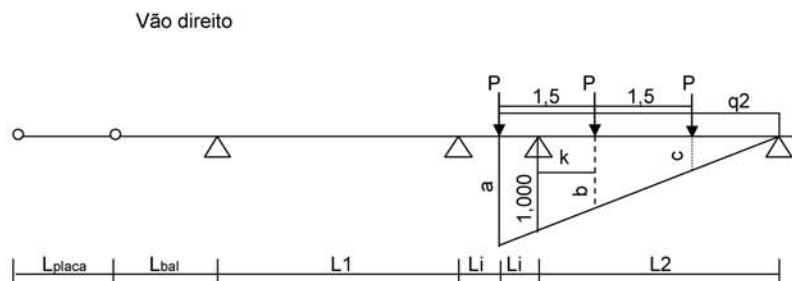
Reação Mínima

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = - N_p * Li$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.0	P (tf) = 15.0
$q1$ (tf/m) = 7.648	$q1$ (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
$L1$ (m) = 20.90	c (m) = 0.886
$L2$ (m) = 23.30	
L_i (m) = 0.35	k (m) = 1.150

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

$$P \text{ (tf)} = 14.8$$

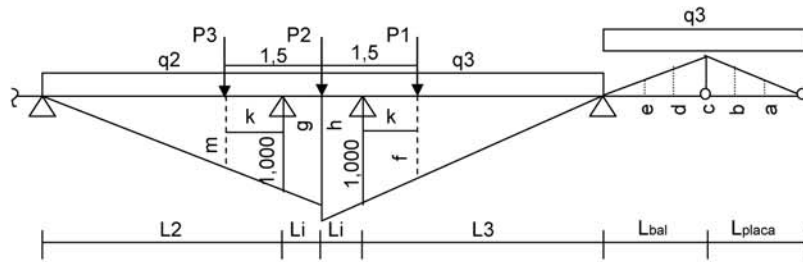
$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_p \text{ (tf)} = 0.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 0.0$$

Apoio P3

Dois vãos carregados



$$k = 1,5 - Li$$

$$P_L2 (tf) = 14.8$$

$$P_L3 (tf) = 15.0$$

Lplaca (m) = 3.00	a (m) = 0.000	f (m) = 0.945	P1 (tf) = 15.0
Lbal (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
q3 (tf/m) = 7.648
Ne (tf) = 112.4
Nd (tf) = 104.4
Np (tf) = 216.8
ML (tf.m) = -2.81

PMC

q2 (tf/m) = 3.773
q3 (tf/m) = 3.824
Ne (tf) = 67.1
Nd (tf) = 63.1
Np (tf) = 130.2
ML (tf.m) = -1.42

Reação Mínima

$$Ne = 0$$

$$Nd = P * [c + maior(a + b ; b + d ; d + e)] + q3 * c * (Lplaca + Lbal) / 2$$

$$ML = Nd * Li$$

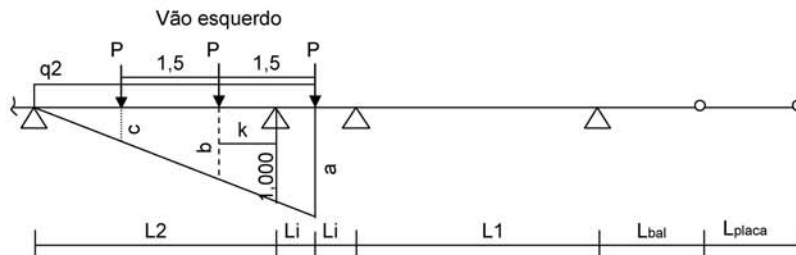
PTC

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

Apenas um vão carregado



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 1.015
L_{bal} (m) = 3.00	b (m) = 0.985
L_2 (m) = 23.30	c (m) = 0.886
L_3 (m) = 20.90	
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

P (tf) = 14.8
q_1 (tf/m) = 7.545
N_e (tf) = 133.4
M_L (tf.m) = -46.7

PMC

P (tf) = 14.8
q_1 (tf/m) = 3.773
N_e (tf) = 88.1
M_L (tf.m) = -30.8

Reação Mínima

$$N_e = N_d = 0$$

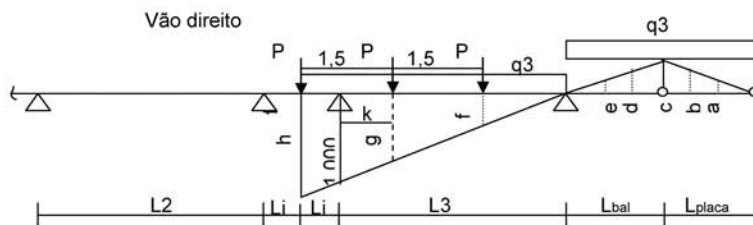
$$M_L = 0$$

PTC

P (tf) = 14.8
q_1 (tf/m) = 7.545
N_p (tf) = 0.0
M_L (tf.m) = 0.0

PMC

P (tf) = 14.8
q_1 (tf/m) = 3.773
N_p (tf) = 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

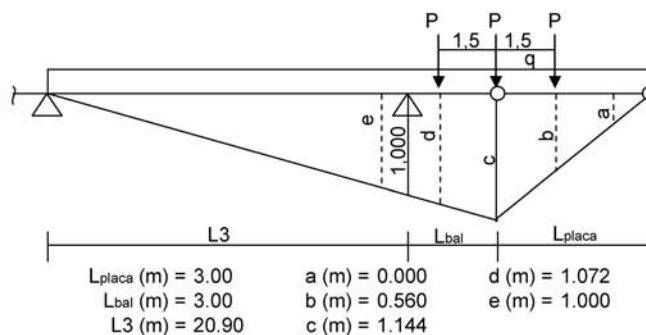
$$P (tf) = 15.0$$

$$q1 (tf/m) = 3.824$$

$$Nd (tf) = -6.0$$

$$ML (tf.m) = -2.09$$

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	PMC	P (tf) = 15.0 q (tf/m) = 3.824
	N _p (tf) = 152.9 ML (tf.m) = 0.0		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
-----	--	-----	--

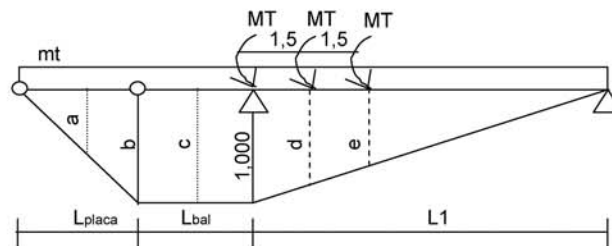
Resumo das Reações nos Apoios

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



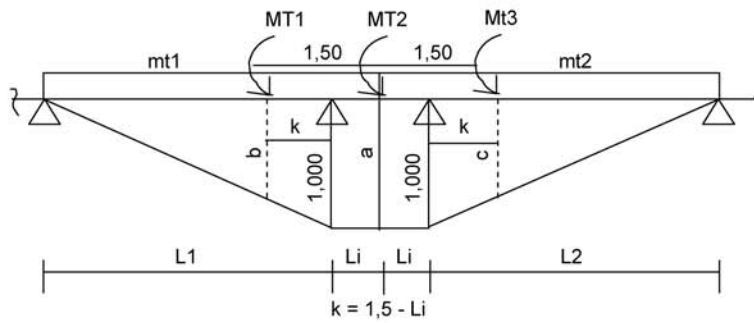
$L_{placa} (m) = 3.00$ $a (m) = 1.000$ $d (m) = 0.928$
 $L_{bal} (m) = 3.00$ $b (m) = 1.000$ $e (m) = 0.856$
 $L1 (m) = 20.90$ $c (m) = 1.000$

$$MT-p = MT * [1,000 + maior(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L1 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

<p>PTC</p> <p>MT (tf) = 69.2</p> <p>mt (tf.m/m) = 0.000</p> <p>Mt-p (tf.m) = 207.6</p>	<p>PMC</p> <p>MT (tf) = 69.2</p> <p>mt (tf.m/m) = 11.663</p> <p>Mt-p (tf.m) = 382.0</p>
--	---

Apoio P2

Dois vãos carregados



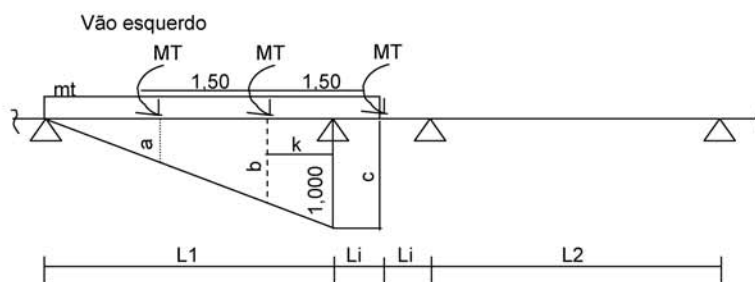
$Mt_L1 (tf.m) = 69.2$ $Mt_L2 (tf.m) = 68.3$

$L1 (m) = 20.90$	$a (m) = 1.000$	$k (m) = 1.15$	$MT1 (tf) = 69.2$
$L2 (m) = 23.30$	$b (m) = 0.945$		$MT2 (tf) = 69.2$
$Li (m) = 0.35$	$c (m) = 0.951$		$MT3 (tf) = 68.3$

$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt1 * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

<p>PTC</p> <p>mt1 (tf.m/m) = 0.000</p> <p>mt2 (tf.m/m) = 0.000</p> <p>Mt-e (tf.m) = 100.00</p> <p>Mt-d (tf.m) = 99.51</p> <p>Mt-p (tf.m) = 199.5</p>	<p>PMC</p> <p>mt1 (tf.m/m) = 11.663</p> <p>mt2 (tf.m/m) = 11.506</p> <p>Mt-e (tf.m) = 225.95</p> <p>Mt-d (tf.m) = 237.58</p> <p>Mt-p (tf.m) = 463.5</p>
--	---

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

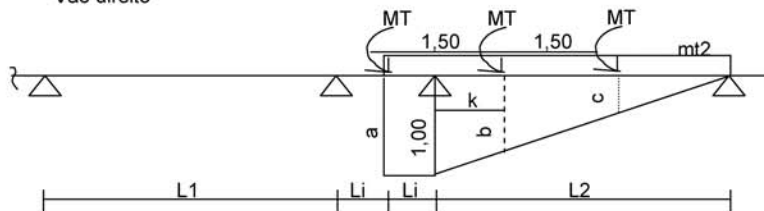
$$mt (tf.m/m) = 0.000$$

PMC

$$mt (tf.m/m) = 11.663$$

$$Mt-e (tf.m) = 195.0$$

$$Mt-e (tf.m) = 321.0$$

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

$$mt (tf.m/m) = 0.000$$

$$Mt-d (tf.m) = 193.7$$

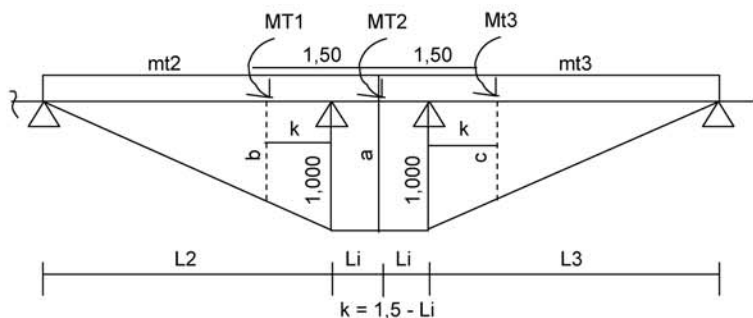
PMC

$$mt (tf.m/m) = 11.506$$

$$Mt-d (tf.m) = 331.8$$

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

PMC

$mt2$ (tf.m/m) = 11.506
 $mt3$ (tf.m/m) = 11.663

$Mt-e$ (tf.m) = 99.51
 $Mt-d$ (tf.m) = 100.00

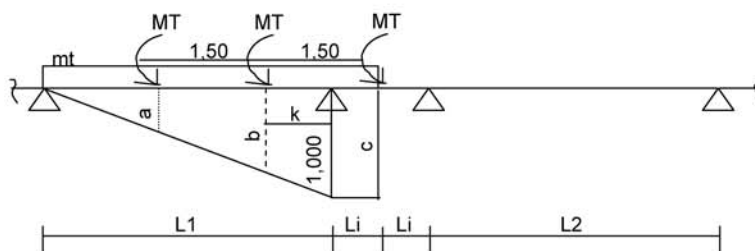
$Mt-e$ (tf.m) = 237.58
 $Mt-d$ (tf.m) = 225.95

$Mt-p$ (tf.m) = 199.5

$Mt-p$ (tf.m) = 463.5

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



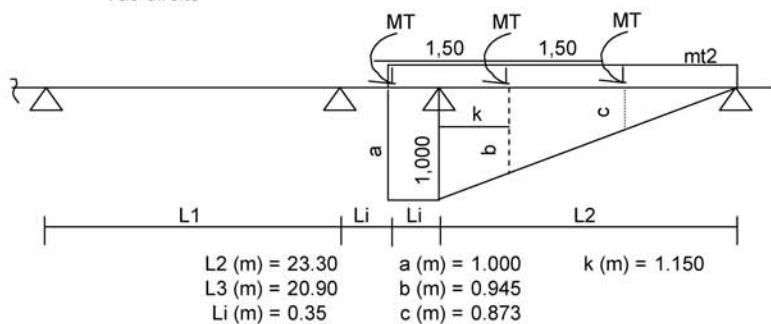
L2 (m) = 23.30 a (m) = 0.886 k (m) = 1.15
 L3 (m) = 20.90 b (m) = 0.951
 Li (m) = 0.35 c (m) = 1.000

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 68.3$$

PTC PMC
 mt (tf.m/m) = 0.000 mt (tf.m/m) = 11.506
 Mt-e (tf.m) = 193.7 Mt-e (tf.m) = 331.8

Vão direito

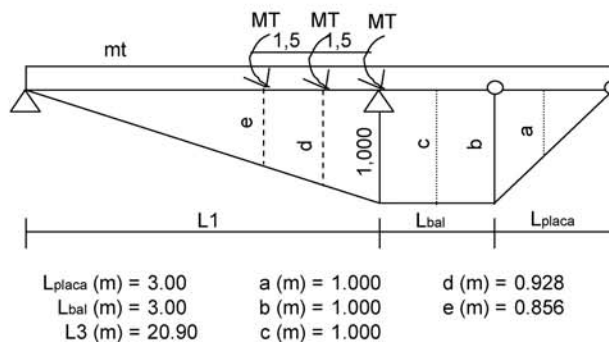


$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT (tf.m) = 69.2$$

PTC PMC
 mt (tf.m/m) = 0.000 mt (tf.m/m) = 11.663
 Mt-d (tf.m) = 195.0 Mt-d (tf.m) = 321.0

Apoio P4



$$MT-p = MT * [1,000 + maior(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L3 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{bal} + b * L_{placa} / 2)$$

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)

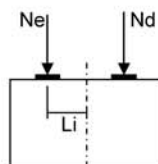
 Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

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

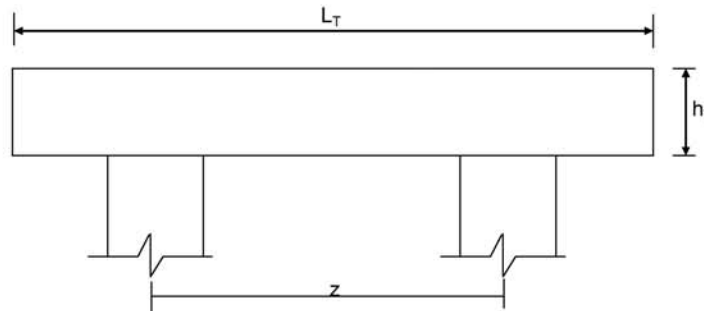
Apoio	1 Vão Carregado - Máxima								
	Permanentes			Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	R _{g1+g2+g3}	M _{Lg1+g2+g3}	M _{Tg1+g2+g3}	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	279.3	0.0	0.0	152.9	0.0	207.6	100.6	0.0	382.0
P2	376.1	13.4	0.0	133.4	46.7	193.7	88.1	30.8	331.8
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

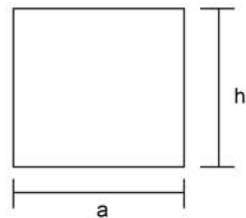
2 Vãos Carregados - Máxima						
Apoio	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N_p (tf)	M_L (tf.m)	M_T (tf.m)	N_p (tf)	M_L (tf.m)	M_T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	216.8	2.7	199.5	130.2	1.3	463.5
P3	216.8	-2.8	199.5	130.2	-1.4	463.5
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

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

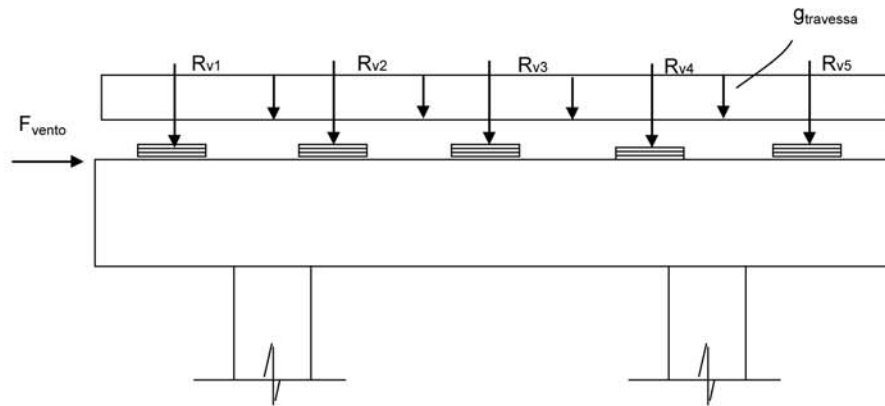
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.2
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 3.0

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

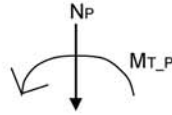


- Peso Próprio

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



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{c.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{lll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & \\ & X5 (m) = -5.30 & \\ \Sigma(x_i)^2 (m) = 70.225 & & \end{array}$$

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

$$F_{vento} (tf) = 8.10$$

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

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -133.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -98.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -8.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 330.3$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 310.857 & -1088 & 330.3 & 773028
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.336$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.266$$

$$\begin{array}{l}
 x / d = 0.240 \\
 kmd = 0.147
 \end{array}$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{60.02}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 18.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 15.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 46.7$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 290.133 & -1015.47 & 46.7 & 976955
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.047$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.381$$

$$\begin{array}{l}
 x / d = 0.033 \\
 kmd = 0.022
 \end{array}$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{7.78}$$

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

$$V_g (tf) = 87.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 58.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.4 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 205.8$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

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

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

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 133.4$$

$$A_{sw}/s = 24.4 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 30.44 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$


```

Portico Plano Travessa P1 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 8.100
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 72,5m

 DATA : 3/9/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:48:35 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 2-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	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	força	momento
		x	y	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

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	-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	força	momento
		x	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	força	força	momento
		x	y	z
1	global	8.10	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

Titulo : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
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		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	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:
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		momento	
x	y	z	
0.000	-0.000	0.000	

barra	esforços	nas barras	forças	momento
	nó sistema	força normal	cortante	fletor
1	local	1	-0.00	0.00
		2	0.00	-0.54
2	local	2	-0.00	0.54
		3	0.00	-133.94
3	local	3	-5.54	118.40
		5	5.54	-62.05
4	local	5	-5.54	62.05
		6	5.54	-17.17
5	local	6	-5.54	17.17
		7	5.54	-62.05
6	local	7	-5.54	62.05
		8	5.54	-118.40
7	local	8	0.00	133.94
		10	-0.00	-0.54
8	local	10	-0.00	0.54
		11	0.00	-0.00
9	local	3	157.36	15.54
		4	-157.36	7.16
10	local	8	157.36	-15.54
		9	-157.36	-7.16

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	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		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	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:
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		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	-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

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	-2.69343E-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

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	-1.32	107.25	-1.42
9	global	1.32	-6.65	-4.85
Resultante				-0.00 100.60 211.41

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	-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 x	deslocamento y	rotacao z
1	global	3.02111E-0004	4.97602E-0005	-1.70931E-0005
2	global	3.00707E-0004	3.95043E-0005	-1.70931E-0005
3	global	2.96027E-0004	5.31807E-0006	-1.70931E-0005
4	global	1.43490E-0031	8.38899E-0032	-3.08522E-0031
5	global	2.95275E-0004	-2.28269E-0006	-9.87417E-0006
6	global	2.92210E-0004	-7.06908E-0007	3.42463E-0006
7	global	2.89145E-0004	1.78058E-0006	-9.18609E-0006
8	global	2.88393E-0004	-5.31807E-0006	-1.62363E-0005
9	global	1.40259E-0031	-8.38899E-0032	-3.01177E-0031
10	global	2.88393E-0004	-3.77906E-0005	-1.62363E-0005
11	global	2.88393E-0004	-4.75324E-0005	-1.62363E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-4.10	-2.39	8.81
9	global	-4.00	2.39	8.60
Resultante		-8.10	0.00	33.21

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

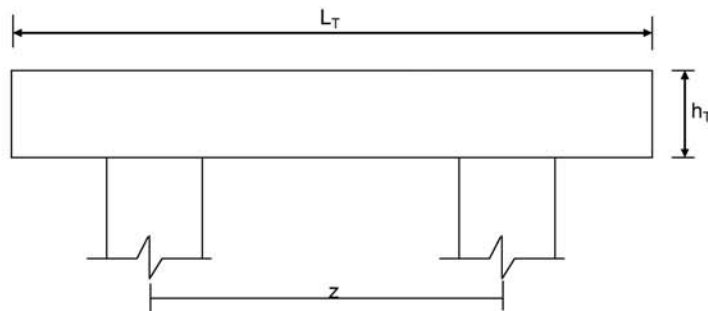
diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

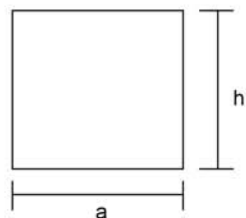
barra	esforços		nas barras		momento fletor
	sistema	nó	força normal	força cortante	
1	local	1	8.10	-0.00	-0.00
		2	-8.10	0.00	-0.00
2	local	2	8.10	-0.00	0.00
		3	-8.10	0.00	-0.00
3	local	3	4.00	-2.39	-7.99
		5	-4.00	2.39	6.43
4	local	5	4.00	-2.39	-6.43
		6	-4.00	2.39	0.08
5	local	6	4.00	-2.39	-0.08
		7	-4.00	2.39	-6.26
6	local	7	4.00	-2.39	6.26
		8	-4.00	2.39	-7.82
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	-2.39	4.10	7.99
		4	2.39	-4.10	8.81
10	local	8	2.39	4.00	7.82
		9	-2.39	-4.00	8.60

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

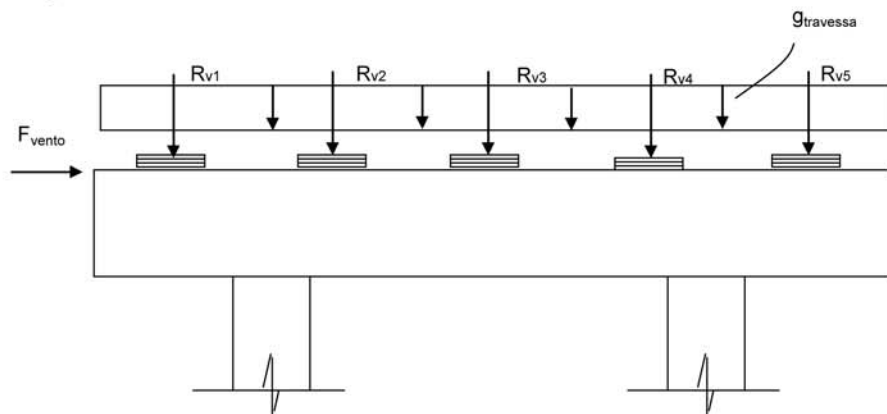
d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**

S (m²) = 1.8
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

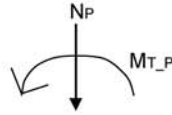


- Peso Próprio

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



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{c.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{aligned} X1 (m) &= 5.30 & X3 (m) &= 0.00 & n &= 5 \\ X2 (m) &= 2.65 & X4 (m) &= -2.65 \\ & & X5 (m) &= -5.30 \\ \sum(x_i)^2 (m) &= 70.225 \end{aligned}$$

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

$$F_{vento} (tf) = 13.90$$

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

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -173.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -122.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -14.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 423.0$$

$$a = f_{cd} * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
435.2	-1523.2	423.0	1583848

$$x \text{ (m)} = 0.304$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z \text{ (m)} = 1.278$$

$$x / d = 0.217$$

$$k_{md} = 0.135$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{76.10}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 33.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 20.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 74.8$$

$$a = f_{cd} * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
435.2	-1523.2	74.8	2189947

$$x \text{ (m)} = 0.050$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z \text{ (m)} = 1.380$$

$$x / d = 0.036$$

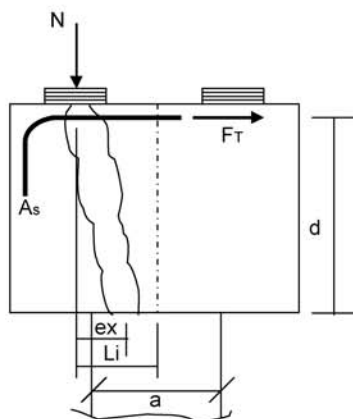
$$k_{md} = 0.024$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{12.46}$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal


$$\begin{aligned} a (m) &= 0.80 \\ d (m) &= 1.40 \\ Li (m) &= 0.35 \end{aligned}$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$\begin{aligned} F_{td} &= N_d * e_x / d_b \\ A_s &= F_{td} / f_{yd} \end{aligned}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

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

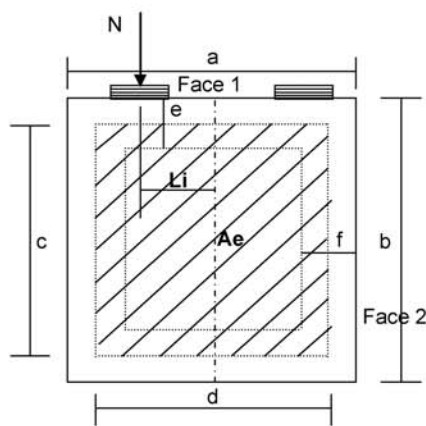
$V_g (tf) = 124.0$	(reação de carga permanente das vigas)
$V_q (tf) = 54.3$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 50.9$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
$V_q (tf) = 79.8$	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
$V_q (tf) = 73.2$	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
$V_{q2} (tf) = 4.2$	(vento na superestrutura)
$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_{q1} + 0,5 \cdot 1,40 \cdot V_{q2}$	
$V_{sd} (tf) = 252.6$	PTC - 1 Vão Carregado
$V_{sd} (tf) = 247.8$	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

$V_{wd} (tf) = 144.0$	$A_{sw}/s = 26.3$	(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
$\rho_w = 21.17$ (cm ² /m ²)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 27.33$ (cm ² /m ²)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 25.93$ (cm ² /m ²)	PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / (2 * Ae * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

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.	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

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	2.3	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

$$M_{T_d} < T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20,0$$

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	0.110	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		
	$\frac{M_{T_{sd}}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	Soma	$\frac{M_{T_{sd}}}{T_{RD1}}$	$\frac{V_{sd}}{V_{RD2}}$	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 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 13.900
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 72,5m

 DATA : 3/9/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:51:44 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 4-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	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	-41.30	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

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	13.90	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: 2.6E+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	-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

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	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	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	2.70	-0.81
2	local	2	-0.00	-81.62	0.81
		3	0.00	90.62	-173.05
3	local	3	-5.08	123.99	158.46
		5	5.08	-121.06	-78.82
4	local	5	-5.08	48.30	78.82
		6	5.08	-36.38	33.39
5	local	6	-5.08	-36.38	-33.39
		7	5.08	48.31	-78.82
6	local	7	-5.08	-121.07	78.82
		8	5.08	123.99	-158.46
7	local	8	-0.00	90.62	173.05
		10	0.00	-81.62	-0.81
8	local	10	-0.00	2.70	0.81
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	214.61	5.08	14.59
		4	-214.61	-5.08	6.76
10	local	8	214.61	-5.08	-14.59
		9	-214.61	5.08	-6.76

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	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

r e a ç õ e s		n o s		a p o i o s	
nó	sistema	força	força	força	momento
		x	y		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.

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)					
		força	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	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	-41.30	-0.00
		3	0.00	41.30	-82.60
3	local	3	-1.48	54.34	76.97
		5	1.48	-54.34	-41.65
4	local	5	-1.48	20.34	41.65
		6	1.48	-20.34	12.26
5	local	6	-1.48	-6.36	-12.26
		7	1.48	6.36	-4.60
6	local	7	-1.48	-25.76	4.60
		8	1.48	25.76	-21.34
7	local	8	-0.00	12.10	24.20
		10	0.00	-12.10	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	95.64	1.48	5.63
		4	-95.64	-1.48	0.58
10	local	8	37.86	-1.48	-2.86
		9	-37.86	1.48	-3.35

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		r o t a ç a o	
no	sistema	deslocamento	deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	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	

r e a ç õ e s		n o s		a p o i o s	
nó	sistema	força	força	força	momento
		x	y		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.

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	x	z
			0.000	-0.000	-0.000	
			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	-42.70	-0.00	
		3	0.00	42.70	-85.40	
3	local	3	-0.98	50.90	80.19	
		5	0.98	-50.90	-47.11	
4	local	5	-0.98	20.80	47.11	
		6	0.98	-20.80	8.01	
5	local	6	-0.98	3.20	-8.01	
		7	0.98	-3.20	16.48	
6	local	7	-0.98	-1.90	-16.48	
		8	0.98	1.90	15.25	
7	local	8	-0.00	-7.40	-14.80	
		10	0.00	7.40	0.00	
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00	
		11	-0.00	0.00	-0.00	
9	local	3	93.60	0.98	5.21	
		4	-93.60	-0.98	-1.07	
10	local	8	-5.50	-0.98	-0.45	
		9	5.50	0.98	-3.69	

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao 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

no sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento 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:

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)

barra	e s f o r ç o s	n o s	força		momento	
			x	y	x	z
			0.000	-0.000	-0.000	
			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	-58.40	-0.00	
		3	0.00	58.40	-116.80	
3	local	3	-2.40	79.80	108.49	
		5	2.40	-79.80	-56.62	
4	local	5	-2.40	28.90	56.62	
		6	2.40	-28.90	19.97	
5	local	6	-2.40	-14.50	-19.97	
		7	2.40	14.50	-18.45	
6	local	7	-2.40	-50.30	18.45	
		8	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 x	deslocamento y	rotacao 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 x	força y	momento 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 x	força y	momento z
		0.000	-0.000	-0.000

barra	esf	forças	nas	barra	momento
sistema	nó	força normal	força cortante	sistema	fletor
1	local	1	0.00	1	-0.00
		2	-0.00	2	0.00
2	local	2	-0.00	2	-61.00
		3	0.00	3	61.00
3	local	3	-1.45	3	73.23
		5	1.45	5	-73.23
4	local	5	-1.45	5	29.73
		6	1.45	6	-29.73
5	local	6	-1.45	6	3.73
		7	1.45	7	-3.73
6	local	7	-1.45	7	-4.77
		8	1.45	8	4.77
7	local	8	-0.00	8	-8.90
		10	0.00	10	8.90
8	local	10	0.00	10	-0.00
		11	-0.00	11	0.00
9	local	3	134.23	3	7.48
		4	-134.23	4	-1.39
10	local	8	-4.13	8	-0.84
		9	4.13	9	-5.25

carregamento 6

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	4.32502E-0004	6.10719E-0005	-2.05184E-0005
2	global	4.30895E-0004	4.87609E-0005	-2.05184E-0005
3	global	4.25542E-0004	7.72404E-0006	-2.05184E-0005
4	global	1.64498E-0031	9.95344E-0032	-3.59548E-0031
5	global	4.24680E-0004	-1.47603E-0006	-1.20193E-0005
6	global	4.21166E-0004	-6.85536E-0007	3.59805E-0006
7	global	4.17651E-0004	9.89113E-0007	-1.13520E-0005
8	global	4.16790E-0004	-7.72404E-0006	-1.96875E-0005
9	global	1.61484E-0031	-9.95344E-0032	-3.52648E-0031

```

10 global 4.16790E-0004 -4.70990E-0005 -1.96875E-0005
11 global 4.16790E-0004 -5.89114E-0005 -1.96875E-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        -7.01         -4.24         15.33
9 global        -6.89          4.24         15.04
-----
Resultante      -13.90         -0.00         58.38
    
```

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

```

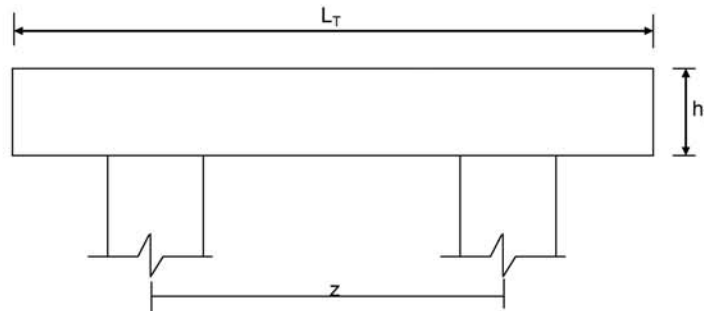
d i f e r e n ç a      d e      e q u i l í b r i o
( o equilíbrio de momento é feito em relação à origem )
                força      força      momento
                x          y          z
                -0.000         -0.000         0.000
    
```

```

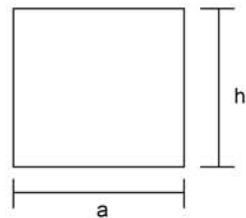
b a r r a      e s f o r ç o s      n a s      b a r r a s      m o m e n t o
sistema      nó      força      força      fletor
                normal      cortante
1 local      1      13.90      -0.00      0.00
2 local      2      -13.90      0.00      -0.00
3 local      3      13.90      -0.00      0.00
4 local      4      -13.90      0.00      -0.00
5 local      5      6.89      -4.24      -14.13
6 local      6      -6.89      4.24      11.37
7 local      7      6.89      -4.24      -11.37
8 local      8      -6.89      4.24      0.12
9 local      9      6.89      -4.24      -0.12
10 local     10      -6.89      4.24      -11.12
11 local     11      6.89      -4.24      11.12
12 local     12      -6.89      4.24      -13.88
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      -4.24      7.01      14.13
18 local     18      4.24      -7.01      15.33
19 local     19      4.24      6.89      13.88
20 local     20      -4.24      -6.89      15.04
    
```

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

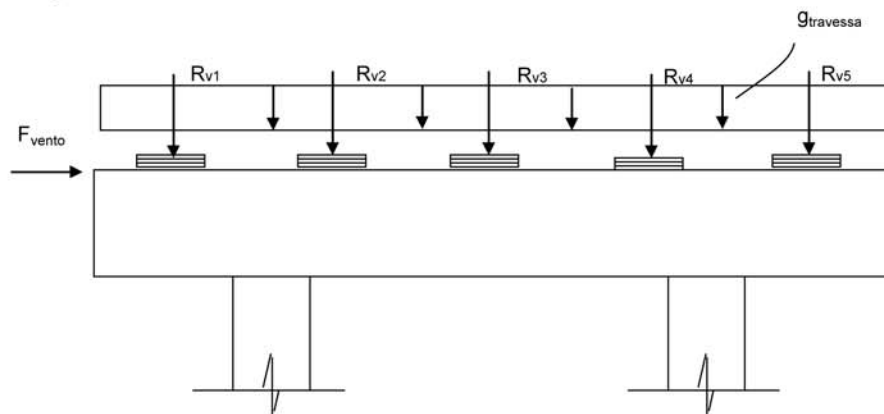
d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**

S (m²) = 1.8
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

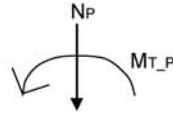


- Peso Próprio

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



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{c.E.} (m) = 5.90$$

$X_1 (m) = 5.30$	$X_3 (m) = 0.00$	$n = 5$
$X_2 (m) = 2.65$	$X_4 (m) = -2.65$	
	$X_5 (m) = -5.30$	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 133.4$	$N_d (tf) = 125.0$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 195.0$
$R_{v1} (tf) = 41.3$	$R_{v1} (tf) = 39.7$
$R_{v2} (tf) = 34.0$	$R_{v2} (tf) = 32.4$
$R_{v3} (tf) = 26.7$	$R_{v3} (tf) = 25.0$
$R_{v4} (tf) = 19.4$	$R_{v4} (tf) = 17.6$
$R_{v5} (tf) = 12.1$	$R_{v5} (tf) = 10.3$

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

$$F_{vento} (tf) = 13.02$$

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

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -173.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -122.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -14.8 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 423.5$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$	435.2	-1523.2	423.5	1582995
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.304$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z \text{ (m)} = 1.278$	$x / d = 0.217$
		$k_{md} = 0.135$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{76.20}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 33.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 20.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 74.8$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$	435.2	-1523.2	74.8	2189947
$c = M_d$				

$$x \text{ (m)} = 0.050$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z \text{ (m)} = 1.380$	$x / d = 0.036$
		$k_{md} = 0.024$

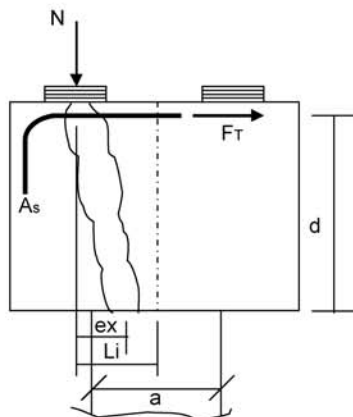
$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{12.46}$$

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} (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

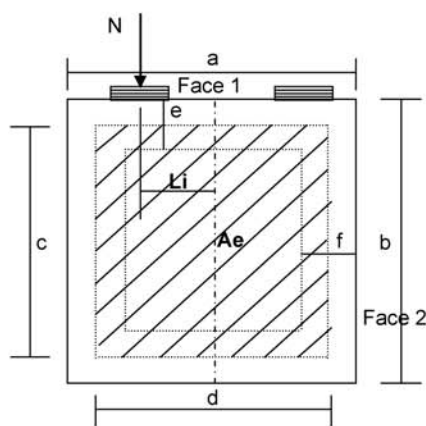
V_g (tf) = 124.0	(reação de carga permanente das vigas)
V_q (tf) = 54.3	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
V_q (tf) = 50.9	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
V_q (tf) = 79.8	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
V_q (tf) = 73.2	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
V_{q2} (tf) = 4.5	(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) = 252.8	PTC - 1 Vão Carregado
V_{sd} (tf) = 248.0	PMC - 1 Vão Carregado
V_{sd} (tf) = 288.4	PTC - 2 Vãos Carregados
V_{sd} (tf) = 279.2	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

V_{wd} (tf) = 144.2	$A_{sw}/s = 26.3$	(cm ² /m)	PTC - 1 Vão Carregado
V_{wd} (tf) = 139.4	$A_{sw}/s = 25.4$	(cm ² /m)	PMC - 1 Vão Carregado
V_{wd} (tf) = 179.8	$A_{sw}/s = 32.8$	(cm ² /m)	PTC - 2 Vãos Carregados
V_{wd} (tf) = 170.6	$A_{sw}/s = 31.1$	(cm ² /m)	PMC - 2 Vãos Carregados

$\rho_w = 21.93$ (cm ² /m ²)	PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 21.20$ (cm ² /m ²)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 27.35$ (cm ² /m ²)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 25.95$ (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

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

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	2.3	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

$$M_{T_d} < T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 * f_{cd} * A_e * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

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	0.110	0.376	0.486	0.113	0.369	0.482
2	0.137	0.376	0.514	0.141	0.369	0.510

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	0.022	0.429	0.451	0.022	0.416	0.437
2	0.027	0.429	0.456	0.027	0.416	0.443


```

Portico Plano Travessa P3 Ponte 72,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      4.7000
  2      0.6000      4.7000
  3      2.6000      4.7000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      4.7000
  6      5.9000      4.7000
  7      8.5500      4.7000
  8      9.2000      4.7000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      4.7000
 11     11.8000      4.7000
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 13.020
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 72,5m

 DATA : 3/9/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:54:48 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 6-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	4.70E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.70E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.70E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.70E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.70E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.70E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.70E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.70E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.70E+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	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	4.70E+0000
10	1	2	8	9	4.70E+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	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	-41.30	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

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	13.02	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: 3.6E+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	-2.69913E-0006	-1.21261E-0003	3.12410E-0004		
2	global	-2.69913E-0006	-1.02481E-0003	3.12244E-0004		
3	global	-2.69913E-0006	-4.37067E-0004	1.37012E-0004		
4	global	9.98127E-0032	-5.04363E-0030	-1.50229E-0031		
5	global	-2.16749E-0006	-4.13587E-0004	5.73482E-0005		
6	global	2.12697E-0018	-4.56808E-0004	1.95491E-0019		
7	global	2.16749E-0006	-4.13587E-0004	-5.73482E-0005		
8	global	2.69913E-0006	-4.37067E-0004	-1.37012E-0004		
9	global	-9.98127E-0032	-5.04363E-0030	1.50229E-0031		
10	global	2.69913E-0006	-1.02481E-0003	-3.12244E-0004		
11	global	2.69913E-0006	-1.21261E-0003	-3.12410E-0004		

nó sistema		reações nos apoios		força	momento
		x	y	z	
4	global	-4.25	214.61	6.39	
9	global	4.25	214.61	-6.39	

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		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	-81.62	0.81
3	local	3	0.00	90.62	-173.05
3	local	3	-4.25	123.99	159.48
4	local	5	4.25	-121.06	-79.84
4	local	5	-4.25	48.30	79.84
5	local	6	4.25	-36.38	32.37
5	local	6	-4.25	-36.38	-32.37
6	local	7	4.25	48.31	-79.84
6	local	7	-4.25	-121.07	79.84
7	local	8	4.25	123.99	-159.48
7	local	8	0.00	90.62	173.05
8	local	10	-0.00	-81.62	-0.81
8	local	10	0.00	2.70	0.81
9	local	11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	214.61	4.25	13.57
10	local	4	-214.61	-4.25	6.39
10	local	8	214.61	-4.25	-13.57
		9	-214.61	4.25	-6.39

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-1.16790E-0004	-6.28787E-0004	1.73942E-0004		
2	global	-1.16790E-0004	-5.24421E-0004	1.73942E-0004		
3	global	-1.16790E-0004	-1.94836E-0004	8.92282E-0005		
4	global	2.90412E-0032	-2.24835E-0030	-1.33268E-0032		

5	global	-1.16635E-0004	-1.67380E-0004	4.94373E-0005
6	global	-1.16004E-0004	-1.47842E-0004	8.58666E-0006
7	global	-1.15374E-0004	-9.44105E-0005	1.82871E-0005
8	global	-1.15219E-0004	-7.70456E-0005	9.49938E-0006
9	global	-2.90412E-0032	-8.89085E-0031	7.40936E-0032
10	global	-1.15219E-0004	-1.02324E-0004	-1.53199E-0005
11	global	-1.15219E-0004	-1.11516E-0004	-1.53199E-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	-1.24	95.67	0.57
9	global	1.24	37.83	-3.15
Resultante		-0.00	133.50	594.20

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	z
		-0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s	n o s	b a r r a 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	-41.30	-0.00
		3	0.00	41.30	-82.60
3	local	3	-1.24	54.37	77.36
		5	1.24	-54.37	-42.02
4	local	5	-1.24	20.37	42.02
		6	1.24	-20.37	11.96
5	local	6	-1.24	-6.33	-11.96
		7	1.24	6.33	-4.82
6	local	7	-1.24	-25.73	4.82
		8	1.24	25.73	-21.54
7	local	8	-0.00	12.10	24.20
		10	0.00	-12.10	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	95.67	1.24	5.24
		4	-95.67	-1.24	0.57
10	local	8	37.83	-1.24	-2.66
		9	-37.83	1.24	-3.15

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	-1.99560E-0004	-6.88716E-0004	1.98813E-0004
2	global	-1.99560E-0004	-5.69428E-0004	1.98813E-0004
3	global	-1.99560E-0004	-1.90719E-0004	1.11228E-0004
4	global	1.93279E-0032	-2.20085E-0030	2.30403E-0032
5	global	-1.99458E-0004	-1.48788E-0004	6.85660E-0005
6	global	-1.99038E-0004	-9.71378E-0005	1.47113E-0005
7	global	-1.98618E-0004	-2.36843E-0005	4.76254E-0005
8	global	-1.98515E-0004	1.12978E-0005	5.81658E-0005
9	global	-1.93279E-0032	1.30374E-0031	8.12216E-0032
10	global	-1.98515E-0004	1.54708E-0004	7.33445E-0005
11	global	-1.98515E-0004	1.98715E-0004	7.33445E-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	-0.82	93.65	-0.98
9	global	0.82	-5.55	-3.46
Resultante		-0.00	88.10	188.01

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)			

barra	e s f o r ç o s	n o s	força		momento
			x	y	z
			-0.000	-0.000	0.000
barra	esforços	nós	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	-42.70	-0.00
		3	0.00	42.70	-85.40
3	local	3	-0.82	50.95	80.55
		5	0.82	-50.95	-47.44
4	local	5	-0.82	20.85	47.44
		6	0.82	-20.85	7.81
5	local	6	-0.82	3.25	-7.81
		7	0.82	-3.25	16.41
6	local	7	-0.82	-1.85	-16.41
		8	0.82	1.85	15.21
7	local	8	-0.00	-7.40	-14.80
		10	0.00	7.40	0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	93.65	0.82	4.85
		4	-93.65	-0.82	-0.98
10	local	8	-5.55	-0.82	-0.41
		9	5.55	0.82	-3.46

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-1.20851E-0004	-8.67401E-0004	2.35292E-0004
2 global	-1.20851E-0004	-7.26225E-0004	2.35292E-0004
3 global	-1.20851E-0004	-2.81515E-0004	1.15503E-0004
4 global	4.70749E-0032	-3.24860E-0030	-3.95337E-0032
5 global	-1.20600E-0004	-2.50304E-0004	6.00910E-0005
6 global	-1.19578E-0004	-2.40375E-0004	8.87251E-0006
7 global	-1.18556E-0004	-1.74992E-0004	9.72773E-0006
8 global	-1.18305E-0004	-1.60012E-0004	-1.37347E-0005
9 global	-4.70749E-0032	-1.84650E-0030	1.02172E-0031
10 global	-1.18305E-0004	-2.91040E-0004	-7.17831E-0005
11 global	-1.18305E-0004	-3.34110E-0004	-7.17831E-0005

no sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-2.00	138.23	1.68
9 global	2.00	78.57	-4.35
Resultante	-0.00	216.80	1079.58

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)

barra	e s f o r ç o s	n o s	força		momento
			x	y	z
			-0.000	-0.000	0.000
barra	esforços	nós	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	-58.40	-0.00
		3	0.00	58.40	-116.80
3	local	3	-2.00	79.83	109.07
		5	2.00	-79.83	-57.18
4	local	5	-2.00	28.93	57.18
		6	2.00	-28.93	19.49
5	local	6	-2.00	-14.47	-19.49
		7	2.00	14.47	-18.86
6	local	7	-2.00	-50.27	18.86
		8	2.00	50.27	-51.53
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	138.23	2.00	7.73
		4	-138.23	-2.00	1.68
10	local	8	78.57	-2.00	-5.07
		9	-78.57	2.00	-4.35

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-2.78464E-0004	-9.80621E-0004	2.82363E-0004
2	global	-2.78464E-0004	-8.11204E-0004	2.82363E-0004
3	global	-2.78464E-0004	-2.73505E-0004	1.57241E-0004
4	global	2.84644E-0032	-3.15617E-0030	2.98902E-0032
5	global	-2.78313E-0004	-2.14801E-0004	9.64344E-0005
6	global	-2.77695E-0004	-1.43650E-0004	2.05762E-0005
7	global	-2.77077E-0004	-4.00322E-0005	6.56937E-0005
8	global	-2.76925E-0004	8.54752E-0006	7.90952E-0005
9	global	-2.84644E-0032	9.86359E-0032	1.15574E-0031
10	global	-2.76925E-0004	1.99306E-0004	9.73507E-0005
11	global	-2.76925E-0004	2.57716E-0004	9.73507E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-1.21	134.30	-1.27
9	global	1.21	-4.20	-4.92
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

barra	esforços	nas	barra	momento
sistema	nó	força	força	fletor
		normal	cortante	
1	local	1	-0.00	-0.00
		2	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-0.00
		3	0.00	-122.00
3	local	3	-1.21	115.04
		5	1.21	-67.39
4	local	5	-1.21	67.39
		6	1.21	11.57
5	local	6	-1.21	-11.57
		7	1.21	21.63
6	local	7	-1.21	-21.63
		8	1.21	18.57
7	local	8	-0.00	-17.80
		10	0.00	0.00
8	local	10	-0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00
9	local	3	134.30	6.96
		4	-134.30	-1.27
10	local	8	-4.20	-0.77
		9	4.20	-4.92

carregamento 6

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	5.50418E-0004	6.56979E-0005	-2.17705E-0005
2	global	5.48913E-0004	5.26356E-0005	-2.17705E-0005
3	global	5.43899E-0004	9.09471E-0006	-2.17705E-0005
4	global	1.54039E-0031	1.04950E-0031	-3.75393E-0031
5	global	5.43089E-0004	-7.10453E-0007	-1.28498E-0005
6	global	5.39790E-0004	-5.36389E-0007	3.49266E-0006
7	global	5.36490E-0004	3.29464E-0007	-1.23277E-0005
8	global	5.35681E-0004	-9.09471E-0006	-2.11203E-0005
9	global	1.51948E-0031	-1.04950E-0031	-3.70078E-0031


```

10 global 5.35681E-0004 -5.13353E-0005 -2.11203E-0005
11 global 5.35681E-0004 -6.40075E-0005 -2.11203E-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 -6.55 -4.47 15.97
9 global -6.47 4.47 15.75
-----
Resultante -13.02 0.00 61.19
    
```

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

```

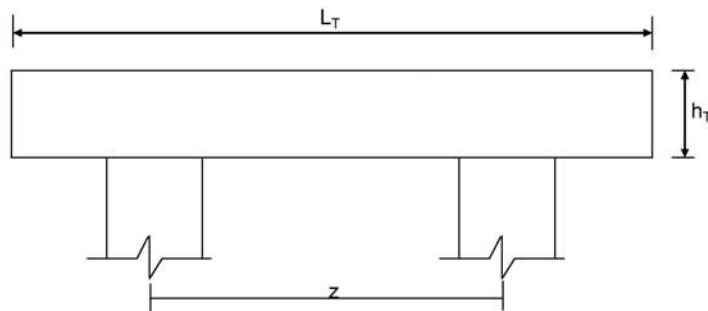
d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o
( o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )
      força força momento
      x y z
0.000 0.000 -0.000
    
```

```

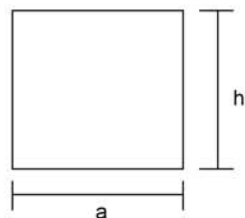
e s f o r ç o s n a s b a r r a s
barra sistema nó força força momento
          normal cortante fletor
1 local 1 13.02 -0.00 0.00
2 local 2 -13.02 0.00 -0.00
3 local 3 13.02 -0.00 0.00
4 local 4 -13.02 0.00 -0.00
5 local 5 6.47 -4.47 -14.83
6 local 6 -6.47 4.47 -11.93
7 local 7 6.47 -4.47 -11.93
8 local 8 -6.47 4.47 0.10
9 local 9 6.47 -4.47 -0.10
10 local 10 -6.47 4.47 -11.74
11 local 11 6.47 -4.47 11.74
12 local 12 -6.47 4.47 -14.64
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 3 -4.47 6.55 14.83
18 local 18 4 4.47 -6.55 15.97
19 local 19 8 4.47 6.47 14.64
20 local 20 9 -4.47 -6.47 15.75
    
```

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

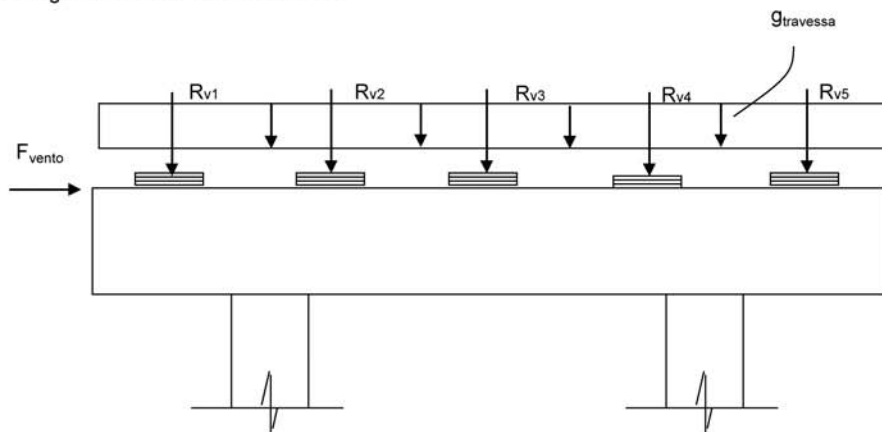
d (m) = 1.40 **d é a altura efetiva da seção**

S (m²) = 1.2
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 3

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

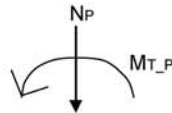


- Peso Próprio

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



$$R_i = N_p / n + (M_T * x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{c.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{lll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & \\ & X5 (m) = -5.30 & \\ \Sigma(x_i)^2 (m) = 70.225 & & \end{array}$$

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

$$F_{vento} (tf) = 8.42$$

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

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -133.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -98.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -7.3 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 329.8$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 290.133 & -1015.47 & 329.8 & 648415
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.362$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.255$$

$$\begin{array}{l}
 x / d = 0.259 \\
 kmd = 0.158
 \end{array}$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{60.44}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 17.2 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 14.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 44.5$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 290.133 & -1015.47 & 44.5 & 979571
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.044$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.382$$

$$\begin{array}{l}
 x / d = 0.032 \\
 kmd = 0.021
 \end{array}$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{7.40}$$

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

$$V_g (tf) = 87.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 58.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 205.7$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

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

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

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 133.3$$

$$A_{sw}/s = 24.3 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 30.41 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P4 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 8.420
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P4 Ponte 72,5m

 DATA : 3/9/2006(quinta-feira)
 HORA : 11:58:15 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 8-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	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			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 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

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb		
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	-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	8.42	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: 1.5E+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	-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		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	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:
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	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		rotacao		
no sistema	deslocamento	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	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		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	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:
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	força	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	-46.62	-0.00	-0.00
		3	0.00	46.62	-93.24	-93.24
3	local	3	-2.48	61.19	85.20	85.20
		5	2.48	-61.19	-45.42	-45.42
4	local	5	-2.48	22.79	45.42	45.42
		6	2.48	-22.79	14.98	14.98
5	local	6	-2.48	-7.81	-14.98	-14.98
		7	2.48	-7.81	-5.70	-5.70
6	local	7	-2.48	-30.51	5.70	5.70
		8	2.48	30.51	-25.53	-25.53
7	local	8	-0.00	14.90	29.80	29.80
		10	0.00	-14.90	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	107.81	2.48	8.04	8.04
		4	-107.81	-2.48	0.87	0.87
10	local	8	45.41	-2.48	-4.27	-4.27
		9	-45.41	2.48	-4.65	-4.65

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	deslocamento 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

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	-1.61	107.16	-1.64		
9	global	1.61	-6.56	-5.22		
Resultante				-0.00	100.60	211.41

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	força	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	-49.00	-0.00	-0.00
		3	0.00	49.00	-98.00	-98.00
3	local	3	-1.61	58.16	90.57	90.57
		5	1.61	-58.16	-52.77	-52.77
4	local	5	-1.61	23.66	52.77	52.77
		6	1.61	-23.66	9.93	9.93
5	local	6	-1.61	3.56	-9.93	-9.93
		7	1.61	-3.56	19.36	19.36
6	local	7	-1.61	-2.14	-19.36	-19.36
		8	1.61	2.14	17.97	17.97
7	local	8	-0.00	-8.70	-17.40	-17.40
		10	0.00	8.70	-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	107.16	1.61	7.43	7.43
		4	-107.16	-1.61	-1.64	-1.64
10	local	8	-6.56	-1.61	-0.57	-0.57

9 6.56 1.61 -5.22

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	2.23265E-0004	4.44889E-0005	-1.54817E-0005
2	global	2.21806E-0004	3.51999E-0005	-1.54817E-0005
3	global	2.16941E-0004	4.23645E-0006	-1.54817E-0005
4	global	1.49329E-0031	7.58515E-0032	-2.83562E-0031
5	global	2.16163E-0004	-2.63266E-0006	-8.90231E-0006
6	global	2.12992E-0004	-8.92466E-0007	3.28532E-0006
7	global	2.09821E-0004	1.99876E-0006	-8.03361E-0006
8	global	2.09043E-0004	-4.23645E-0006	-1.43999E-0005
9	global	1.44629E-0031	-7.58515E-0032	-2.74070E-0031
10	global	2.09043E-0004	-3.30364E-0005	-1.43999E-0005
11	global	2.09043E-0004	-4.16763E-0005	-1.43999E-0005

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-4.28	-2.17	8.12
9	global	-4.14	2.17	7.85
Resultante		-8.42	0.00	30.31

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)

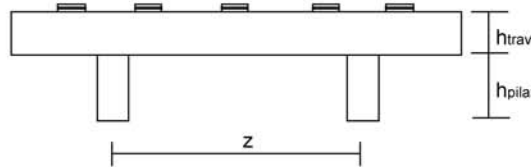
	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	8.42	-0.00	-0.00
2	local	2	-8.42	0.00	-0.00
3	local	3	8.42	-0.00	0.00
4	local	4	-8.42	0.00	-0.00
5	local	5	4.14	-2.17	-7.28
6	local	6	-4.14	2.17	5.86
7	local	7	4.14	-2.17	-5.86
8	local	8	-4.14	2.17	0.11
9	local	9	4.14	-2.17	-0.11
10	local	10	-4.14	2.17	-5.65
11	local	11	4.14	-2.17	5.65
12	local	12	-4.14	2.17	-7.06
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

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) = 4.32

$h^{\text{Pilar}} (m) = 2.70$

$h^{\text{Traves}} (m) = 1.50$

$h^{\text{aterro}} (m) = 2.70$

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 : $N_{\text{máx}}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	157.4	107.8	4.3	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	271.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	1.5	0.0	1.4	0.4	11.8	32.9
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	74.8	6.1	0.0	6.0	1.8	10.6	99.4
M_T (tf.m)	7.5	0.9	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	17.2

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	4.3	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.0	152.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	1.5	0.0	1.4	0.4	11.8	32.9
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	74.8	6.1	0.0	6.0	1.8	10.6	99.4
M_T (tf.m)	7.5	-4.7	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	11.7

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0180 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0194$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.039 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0180 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0194$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.039 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

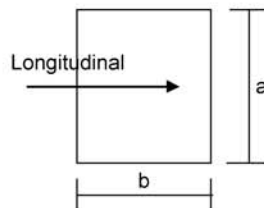
1ª Hipótese : N_{máx}

	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	6.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	379.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	2.2	0.0	2.0	0.3	16.5	38.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	74.8	8.5	0.0	8.4	1.3	14.9	122.9
M_{dT}(tf.m)	10.5	1.2	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	32.8

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	6.0	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	0.0	215.5
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	2.2	0.0	2.0	0.3	16.5	38.8
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8
M_{dL}(tf.m)	0.0	0.0	0.0	74.8	8.5	0.0	8.4	1.3	14.9	116.4
M_{dT}(tf.m)	10.5	-6.5	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	18.7

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) = 379.0	$v = 0.414$	} Ábaco → $\omega = 0.260$
M_d^{long} (tf.m) = 122.9	$\mu_{long} = 0.168$	
M_d^{transv} (tf.m) = 32.8	$\mu_{transv} = 0.045$	

As (cm²) = 51.03

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 215.50 & v = 0.236 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 116.44 & \mu_{\text{long}} = 0.159 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 18.66 & \mu_{\text{transv}} = 0.026 \end{array} \right\} \text{Ábaco} \rightarrow \omega = 0.170$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 33.37$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{ll} N_d \text{ (tf)} = 378.96 & \\ E \text{ (MPa)} = 288476 & A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o = 0.002 & \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 & \end{array}$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2376$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.01$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

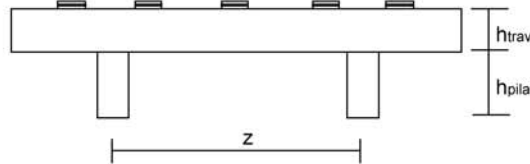
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

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) = 5.60

h^{Pilar} (m) = 2.80

$h^{Traves.}$ (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
 $M_L = H_L * (h_{aterra}/3)$

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)	214.6	95.6	5.6	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	320.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	23.3	0.0	38.0	9.1	0.0	8.8	2.7	88.7
M_T (tf.m)	6.8	0.6	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	22.7

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 (tf)	214.6	93.6	5.6	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	318.1
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	15.4	0.0	38.0	8.9	0.0	8.8	2.7	80.6
M_T (tf.m)	6.8	-1.1	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	21.0

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 (tf)	214.6	138.2	5.6	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	362.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	1.4	0.0	38.0	9.1	0.0	8.8	2.7	66.7
M_T (tf.m)	6.8	1.8	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	23.9

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)	214.6	134.2	5.6	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	358.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	0.7	0.0	38.0	8.9	0.0	8.8	2.7	65.8
M_T (tf.m)	6.8	-1.4	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	20.7

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.80$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0187 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0209$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.041 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.80$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0187 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0165$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.037 \text{ m}$$

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	7.8	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	445.2
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	9.7
M_{dL} (tf.m)	9.4	32.7	0.0	38.0	12.8	0.0	12.4	1.9	125.3
M_{dT} (tf.m)	9.5	0.4	0.0	0.0	0.0	21.5	0.0	0.0	47.6

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)	300.5	131.0	7.8	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	442.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	4.9
M_{dL} (tf.m)	9.4	21.6	0.0	38.0	12.8	0.0	12.4	1.9	114.1
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.5	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	34.8

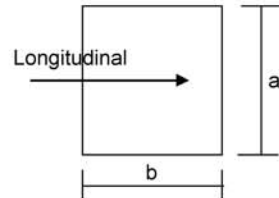
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	193.5	7.8	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	504.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	9.7
M_{dL} (tf.m)	9.4	1.9	0.0	38.0	12.8	0.0	12.4	1.9	97.0
M_{dT} (tf.m)	9.5	1.2	0.0	0.0	0.0	21.5	0.0	0.0	50.6

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	7.8	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	499.2
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.9	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	9.7
M_{dL} (tf.m)	9.4	0.9	0.0	38.0	12.5	0.0	12.4	1.9	95.5
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.0	0.0	0.0	0.0	21.5	0.0	0.0	48.2

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

$N_d \text{ (tf)} = 445.16$	$v = 0.390$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.210$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 125.30$	$\mu_{long} = 0.137$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 47.58$	$\mu_{transv} = 0.042$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 51.52$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 442.30$	$v = 0.387$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.155$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 114.09$	$\mu_{long} = 0.125$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 34.84$	$\mu_{transv} = 0.030$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 38.03$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 504.74$	$v = 0.442$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.100$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 96.97$	$\mu_{long} = 0.106$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 50.58$	$\mu_{transv} = 0.044$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 24.53$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 499.18$	$v = 0.437$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.100$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 95.49$	$\mu_{long} = 0.104$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 48.18$	$\mu_{transv} = 0.042$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 24.53$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 445.16 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{\text{neq}} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{\text{neq}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2791$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

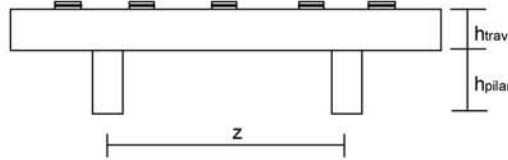
$$\begin{aligned} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 22.33 & A_s^{\text{min}} &= 0,8\% * A_c^{\text{neq}} \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{\text{min}} &= 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 51.52$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 3



$z \text{ (m)} = 6.60$
 $n^\circ \text{ de pilares} = 2$

P.P. do pilar (tf) = 6.60 $h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 3.30$ $h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$

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	6.6	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	321.3
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	23.3	0.0	42.4	10.2	0.0	9.9	3.0	95.5
M_T (tf.m)	6.8	0.6	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	23.3

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)	214.6	93.6	6.6	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	319.3
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	15.4	0.0	42.4	10.2	0.0	9.9	3.0	87.6
M_T (tf.m)	6.8	-1.1	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	21.7

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	6.6	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	363.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	1.4	0.0	42.4	10.2	0.0	9.9	3.0	73.6
M_T (tf.m)	6.8	1.8	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	24.5

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)	214.6	134.2	6.6	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	359.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	2.1	0.0	2.1	0.6	13.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	6.9
M_L (tf.m)	6.7	0.7	0.0	42.4	10.2	0.0	9.9	3.0	72.9
M_T (tf.m)	6.8	-1.4	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	21.3

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.30$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0220 \text{ m} \\ 0.02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_b)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0290$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.051 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.30$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0220 \text{ m} \\ 0.02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_b)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0229$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.045 \text{ m}$$

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	9.2	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	446.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	4.9
M_{dL} (tf.m)	0.0	32.7	0.0	42.4	14.3	0.0	13.8	2.1	128.0
M_{dT} (tf.m)	9.5	0.4	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	41.1

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_d (tf)	300.5	131.0	9.2	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	443.9
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	4.9
M_{dL} (tf.m)	0.0	21.6	0.0	42.4	14.3	0.0	13.8	2.1	116.8
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.5	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	39.1

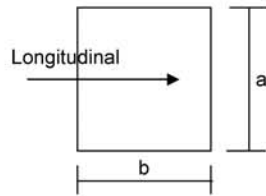
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	300.5	193.5	9.2	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	506.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	4.9
M_{dL} (tf.m)	9.4	2.0	0.0	42.4	14.3	0.0	13.8	2.1	109.8
M_{dT} (tf.m)	9.5	1.2	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	44.6

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	9.2	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	500.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.0	0.0	2.9	0.4	15.1
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	4.9
M_{dL} (tf.m)	9.4	1.0	0.0	42.4	14.3	0.0	13.8	2.1	108.5
M_{dT} (tf.m)	9.5	-1.0	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	42.2

Dimensionamento dos pilares com os âbacos do Montoy;



$a \text{ (m)} = 1.00$
 $b \text{ (m)} = 0.80$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} = 0.80$
 $f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$
 $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500$

$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$
 $\mu_{long} = M_d / (A_c \cdot b \cdot f_{cd})$
 $\mu_{transv} = M_d / (A_c \cdot a \cdot f_{cd})$

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Dimensionamento da Base do Pilar

1ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 446.72$	$v = 0.391$	} Âbaco → $\omega = 0.145$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 128.05$	$\mu_{long} = 0.140$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 41.12$	$\mu_{transv} = 0.036$	
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 35.57$		

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 443.86$	$v = 0.388$	} Âbaco → $\omega = 0.120$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 116.81$	$\mu_{long} = 0.128$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 39.09$	$\mu_{transv} = 0.034$	
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 29.44$		

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 506.30$	$v = 0.443$	} Âbaco → $\omega = 0.095$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 109.78$	$\mu_{long} = 0.120$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 44.62$	$\mu_{transv} = 0.039$	
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 23.31$		

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 500.75$	$v = 0.438$	} Âbaco → $\omega = 0.080$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 108.52$	$\mu_{long} = 0.119$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 42.17$	$\mu_{transv} = 0.037$	
$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 19.63$		

Compressão pela NB-1/78

$$N_d \text{ (tf)} = 446.72$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476$$

$$\varepsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2801$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 22.41$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

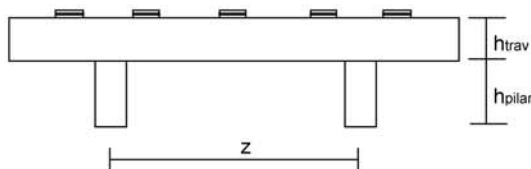
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 4



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 3.52

h^{Pilar} (m) = 2.20

$h^{Traves.}$ (m) = 1.50

h^{aterro} (m) = 2.20

Esforços na base do pilar

- * $g_1 + g_2 + g_3$
 - * Carga móvel
 - * Peso próprio do pilar
 -
 - * Temperatura
 - * Empuxo de terra sobre as cortinas
 - * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas
 -
 - * Vento
 -
 - * Empuxo de terra sobre os pilares
- N e M_T provenientes do SALT

 - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio
 - $M_L = H_L * (h_{pilar} + h_{travessa})$

 - 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

 - 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)	157.4	107.8	3.5	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	270.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	1.4	0.0	1.4	0.4	7.8	28.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	4.2
M_L(tf.m)	0.0	0.0	0.0	66.0	5.1	0.0	5.1	1.5	5.75	83.5
M_T(tf.m)	7.2	0.9	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0	16.2

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	3.5	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	156.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	1.4	0.0	1.4	0.4	7.8	28.8
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	4.2
M_L(tf.m)	0.0	0.0	0.0	66.0	5.1	0.0	5.1	1.5	5.7	83.5
M_T(tf.m)	7.2	-4.9	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0	10.4

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0147 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0129$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.033 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0147 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0129$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.033 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p,p.Pilar} + N_{p,p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

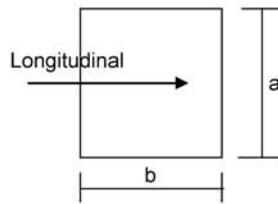
1ª Hipótese : N_{máx}

	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	4.9	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	377.69
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	1.9	0.0	1.9	0.3	11.0	32.97
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.95
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	66.0	7.2	0.0	7.1	1.1	8.0	89.41
M_{dT} (tf.m)	10.0	1.3	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	16.98

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	4.9	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	217.57
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	17.8	1.9	0.0	1.9	0.3	11.0	32.97
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	2.95
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	66.0	7.2	0.0	7.1	1.1	8.0	89.41
M_{dT} (tf.m)	10.0	-6.8	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	8.92

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) = 377.69	v = 0.413	} → Ábaco	ω = 0.185
M _d ^{long} (tf.m) = 89.41	μ _{long} = 0.122		
M _d ^{transv} (tf.m) = 16.98	μ _{transv} = 0.023		

As (cm²) = 36.31

2ª Hipótese

N _d (tf) = 217.57	v = 0.238	} → Ábaco	ω = 0.155
M _d ^{long} (tf.m) = 89.41	μ _{long} = 0.122		
M _d ^{transv} (tf.m) = 8.92	μ _{transv} = 0.012		

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 30.42$$

Compressão pela NB-1/78

$$N_d \text{ (tf)} = 377.69$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476$$

$$\varepsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2368$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.94$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

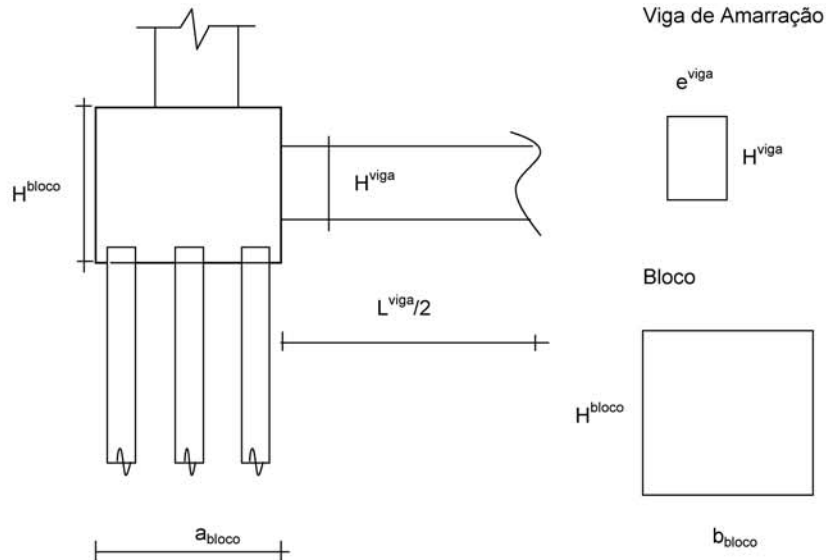
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 36.31$$

Apoio P1

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$
- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

*** Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 314.72$
 - carga móvel Pesq = 107.81
 - carga móvel Pdir = 45.4
 - p.p. pilar = 8.6
 - p.p. bloco = 57.2
- $N = 533.8 \text{ tf}$

*** Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 65.9$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 8.1$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 198.8$$

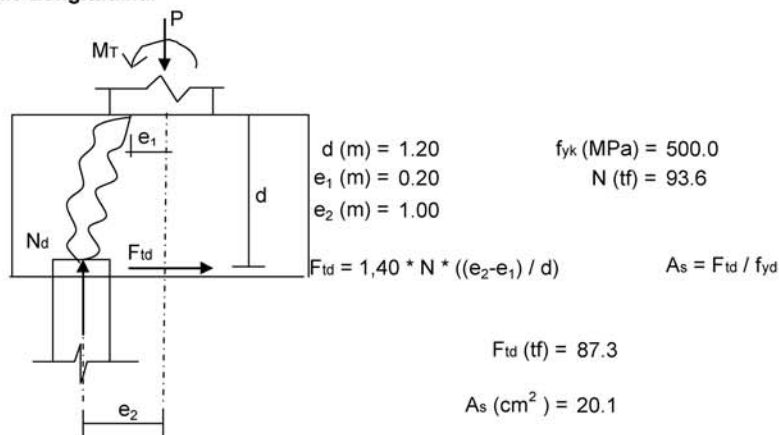
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 44.6$$

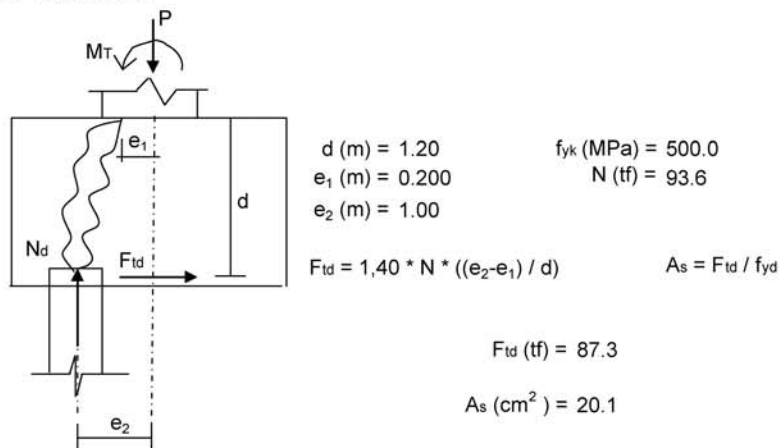
Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

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: 72_5_BR163b1
Data: 3/9/2006

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	21000000.00	8100000.00	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	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 72_5_BR163b1
Data: 3/9/2006

NRO CARREG 1

Nmax						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-8.10	-533.80	-65.90	-198.80	0.00	44.60	

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

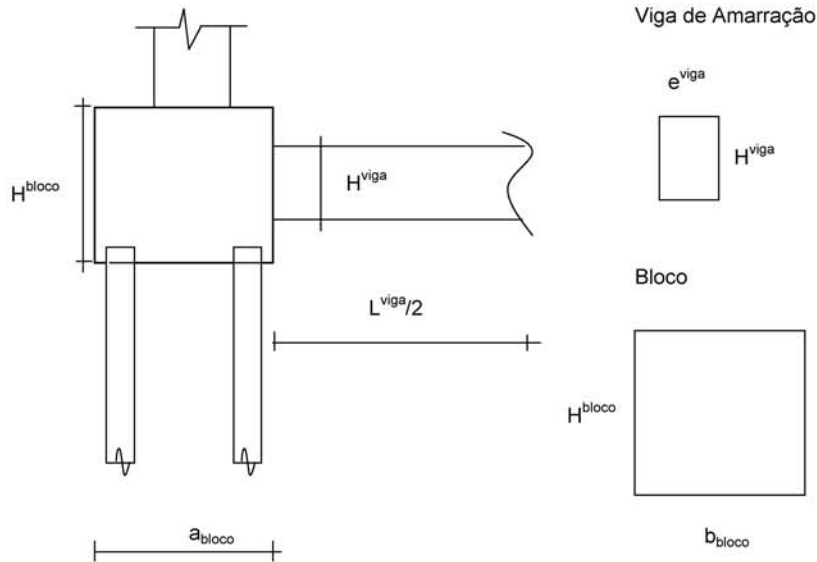
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.012363	-0.001630	-0.040089	-0.001171	0.000000	0.000013

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	93.57	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
2	92.71	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
3	90.75	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
4	89.90	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
5	54.79	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
6	51.97	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
7	16.86	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
8	16.01	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
9	14.05	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53
10	13.19	-0.81	-6.59	0.00	10.80	-0.53

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 = 11.2
 - p.p. bloco = 64.5
- $N \text{ (tf)} = 638.4 \text{ tf}$

- HL (tf) = 27.3
- HT (tf) = 13.9
- ML (tf) = 177.4
- MT (tf) = 77.8

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) =	593.0 tf
p.p. pilar =	11.2		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 27.2	ML (tf) = 161.1
HT (tf) = 13.9	MT (tf) = 77.8

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) =	721.7 tf
p.p. pilar =	11.2		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 27.3	ML (tf) = 133.4
HT (tf) = 13.9	MT (tf) = 77.8

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

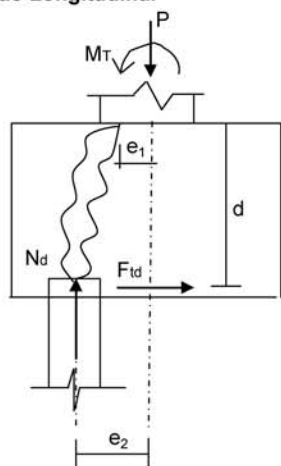
g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	134.2		
carga móvel Pdir =	-4.1	N (tf) =	635.0 tf
p.p. pilar =	11.2		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 27.2	ML (tf) = 131.6
HT (tf) = 13.9	MT (tf) = 77.8

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

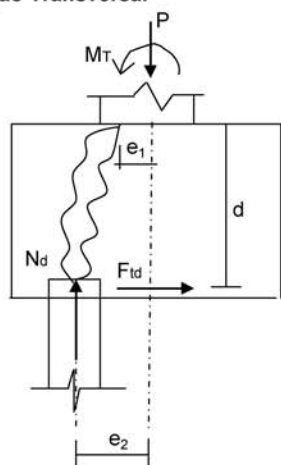
Dimensionamento do Bloco de P2 (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 79.2$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 73.9$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 17.0$

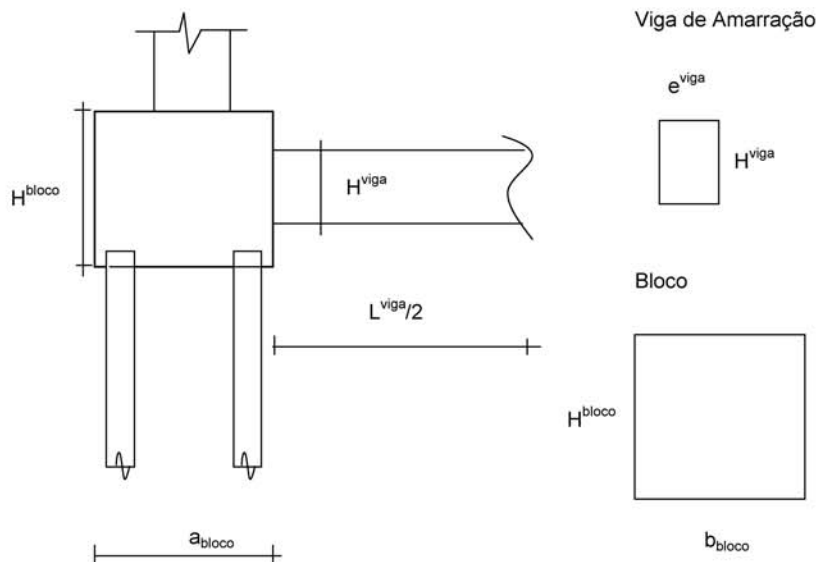
Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 79.2$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 73.9$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 17.0$

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 = 13.2
 - p.p. bloco = 64.5
- $N \text{ (tf)} = 640.4 \text{ tf}$

- HL (tf) = 27.3
- HT (tf) = 13.9
- ML (tf) = 191.0
- MT (tf) = 84.8

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) =	595.0 tf
p.p. pilar =	13.2		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 27.3	ML (tf) = 175.1
HT (tf) = 13.9	MT (tf) = 84.8

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) =	723.7 tf
p.p. pilar =	13.2		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 27.3	ML (tf) = 147.1
HT (tf) = 13.9	MT (tf) = 84.8

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

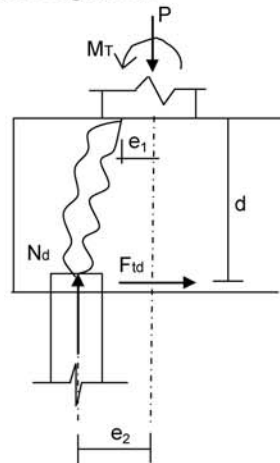
g1 + g2 + g3 =	429.22		
carga móvel Pesq =	134.2		
carga móvel Pdir =	-4.1	N (tf) =	637.0 tf
p.p. pilar =	13.2		
p.p. bloco =	64.5		

HL (tf) = 27.3	ML (tf) = 145.7
HT (tf) = 13.9	MT (tf) = 84.8

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)

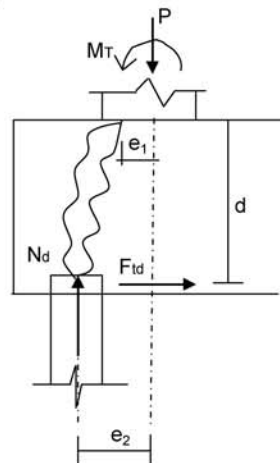
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 79.2$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 73.9$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 17.0$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 79.2$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 73.9$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 17.0$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 3/9/2006

Ponte 72,5 - BR-163 / B2 e 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	21000000.00	8100000.00	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	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
11	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
12	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 3/9/2006

NRO CARREG 1

1Vao_Carregado-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.90	-640.40	-27.30	-191.00	0.00	84.80

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.017680	-0.001630	-0.014173	-0.000597	0.000000	0.000020

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	75.88	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
2	75.09	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
3	74.30	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
4	71.53	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
5	70.73	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
6	69.94	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
7	36.79	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
8	36.00	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
9	35.21	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
10	32.43	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
11	31.64	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76
12	30.85	-1.16	-2.28	0.00	3.63	-0.76

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento

Pag: 3
Ref: 72_5_BR163_B2eB3

Programa ESTEL

Data: 3/9/2006

NRO CARREG 2

1Vao_Carregado-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.90	-595.00	-27.30	-175.10	0.00	84.80

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.017680	-0.001515	-0.014104	-0.000557	0.000000	0.000020

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	70.80	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
2	70.00	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
3	69.21	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
4	66.44	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
5	65.65	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
6	64.85	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
7	34.31	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
8	33.52	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
9	32.73	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
10	29.96	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
11	29.16	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76
12	28.37	-1.16	-2.28	0.00	3.65	-0.76

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 3/9/2006

NRO CARREG 3

2Vaos_Carregados-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.90	-723.70	-27.30	-147.10	0.00	84.80

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.017680	-0.001842	-0.013983	-0.000487	0.000000	0.000020

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	79.22	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
2	78.43	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
3	77.64	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
4	74.87	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
5	74.07	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
6	73.28	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
7	47.34	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
8	46.54	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
9	45.75	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
10	42.98	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
11	42.18	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
12	41.39	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref: 72_5_BR163_B2eB3
Data: 3/9/2006

NRO CARREG 4

2Vaos_Carregados-PMC

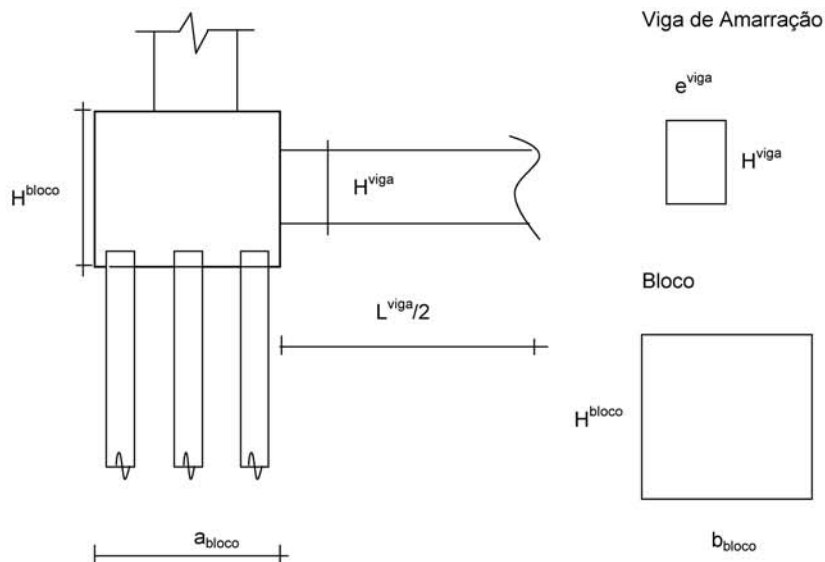
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-13.90	-637.00	-27.30	-145.70	0.00	84.80

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.017680	-0.001621	-0.013977	-0.000484	0.000000	0.000020

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	71.88	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
2	71.09	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
3	70.30	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
4	67.53	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
5	66.73	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
6	65.94	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
7	40.23	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
8	39.43	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
9	38.64	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
10	35.87	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
11	35.07	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76
12	34.28	-1.16	-2.28	0.00	3.69	-0.76

Apoio P4
Esforços em Serviço na Base do Bloco


$$\begin{aligned}
 h_{\text{Bloco}} \text{ (m)} &= 1.30 \\
 a_{\text{bloco}} \text{ (m)} &= 2.80 \\
 b_{\text{bloco}} \text{ (m)} &= 2.80 \\
 h_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} &= 1.10 \\
 L_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} &= 3.80 \\
 e_{\text{Viga de Amarração}} \text{ (m)} &= 0.60 \\
 p.p.\text{bloco} \text{ (tf)} &= 25.48 \\
 p.p.\text{viga de amarração} \text{ (tf)} &= 6.27
 \end{aligned}$$

*** Cálculo de N (tf)**

$$\begin{aligned}
 g1 + g2 + g3 &= 314.72 \\
 \text{carga móvel Pesq} &= 107.81 \\
 \text{carga móvel Pdir} &= 45.4 \\
 p.p.\text{ pilar} &= 7.0 \\
 p.p.\text{ bloco} &= 57.2
 \end{aligned}
 \qquad
 N = 532.2 \text{ tf}$$

*** Cálculo de HL**

$$HL \text{ (tf)} = 57.7$$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 8.4$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 167.0$$

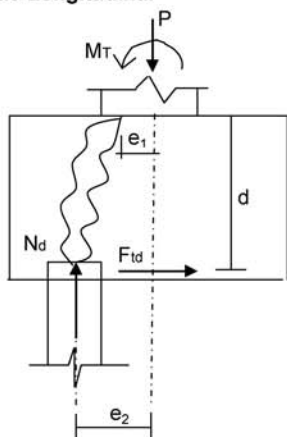
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 42.1$$

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



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

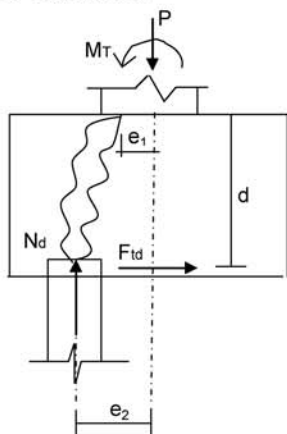
$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 87.7$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 81.8 \quad A_s (cm^2) = 18.8$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.200 \quad N (tf) = 87.7$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 81.8 \quad A_s (cm^2) = 18.8$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 72_5_BR163b4
Data: 3/9/2006

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	21000000.00	8100000.00	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	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 72_5_BR163b4
Data: 3/9/2006

NRO CARREG 1

Nmax						
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt	
-8.40	-532.20	-57.70	-167.00	0.00	42.10	

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.012820	-0.001626	-0.035055	-0.000999	0.000000	0.000012

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	87.69	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
2	86.87	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
3	85.00	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
4	84.18	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
5	54.56	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
6	51.88	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
7	22.26	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
8	21.44	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
9	19.57	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55
10	18.75	-0.84	-5.77	0.00	9.47	-0.55

4 PONTE SOBRE O RIO LAURO

4 PONTE SOBRE O RIO LAURO

4.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

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

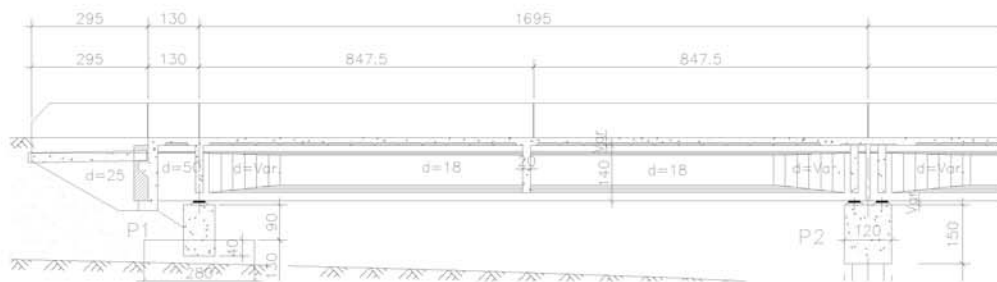
Vão de 18,25 m com balanço de 3,00 (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio São Jorge I no Volume 3 B – 1ª Parte).

Vão de 16,95 m com balanço de 1,30.

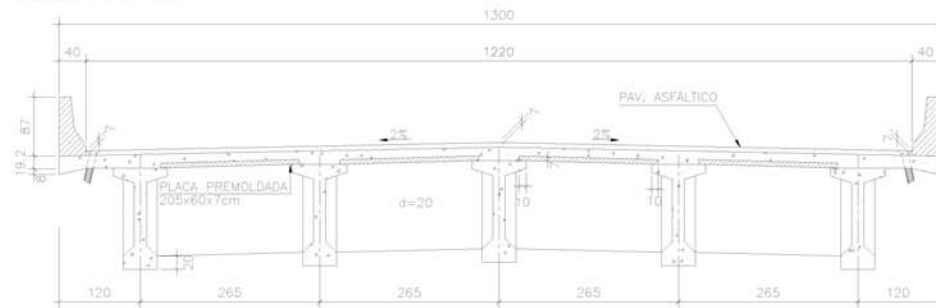
OBRA: Ponte sobre o Rio Lauro

1 – Cálculo da superestrutura – Vão de 16,95 m com balanço de 1,30 m

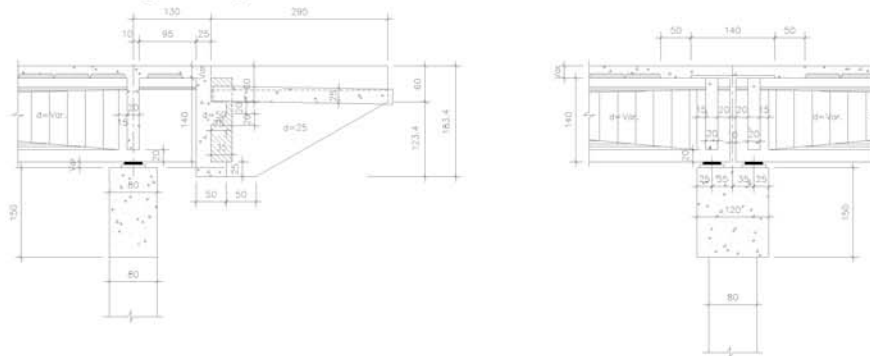
Perfil Longitudinal



Seção Transversal

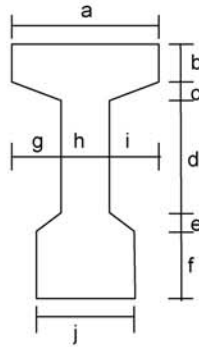


Detalhe das vigas nos apoios



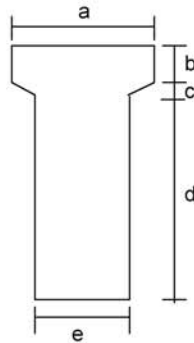
2 - Seção Transversal das Vigas

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

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	
	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	0.573
Ws' (m ³)	1.008	0.905
Wi (m ³)	0.219	0.296

3.2 - Peso próprio da viga (g₁)

Carga distribuída

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

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

Trecho em balanço

$L_{\text{bal}} \text{ (m)} = 1.300$

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

$g_{\text{bal}} \text{ (tf/m)} = 1.858$

Carga Concentrada

Alargamento da Viga

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

$L_1 \text{ (m)} = 2.000$

$P_1 \text{ (tf)} = 0.75$

Alargamento no Apoio

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

$L_{\text{esq}} \text{ (m)} = 0.250$

$P_{\text{esq}} \text{ (tf)} = 0.19$

$L_{\text{dir}} \text{ (m)} = 0.550$

$P_{\text{dir}} \text{ (tf)} = 0.41$

Placa de ancoragem

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

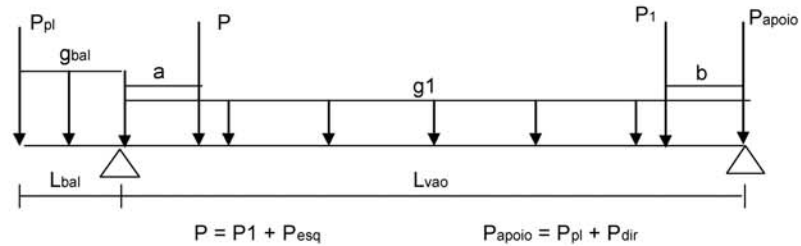
$$L3 \text{ (m)} = 0.350$$

$$L4 \text{ (m)} = 0.500$$

$$h1 \text{ (m)} = 1.400$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.613$$

resumo do carregamento peso próprio



$$L_{vao} \text{ (m)} = 16.60$$

$$L_{bal} \text{ (m)} = 1.300$$

$$a \text{ (m)} = 0.750$$

$$b \text{ (m)} = 0.667$$

$$g_{bal} \text{ (tf/m)} = 1.858$$

$$g1 \text{ (tf/m)} = 1.113$$

$$P_{pl} \text{ (tf)} = 0.61$$

$$P \text{ (tf)} = 0.93$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.75$$

$$P_{apoio} \text{ (tf)} = 1.02$$

Esforços Seccionais

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

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 13.32$$

$$R2 \text{ (tf)} = 10.88$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{Ext} Bal	-0.61	0.00
S _{1/2} Bal	-1.82	-0.79
0 esq	-3.03	-2.36
0 dir	10.30	-2.36
1	7.52	12.35
2	5.67	23.30
3	3.83	31.19
4	1.98	36.00
5	0.13	37.75
6	-1.72	36.44
7	-3.56	32.05
8	-5.41	24.60
9	-7.26	14.09
10	-9.86	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	-	-4	4
0	-	-12	13
1	-	76	-83
2	-	143	-157
3	-	191	-211
4	-	221	-243
5	-	232	-255
6	-	224	-246
7	-	197	-217
8	-	151	-166
9	-	86	-95
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

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

$$L \text{ (m)} = 1.325 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.63$$

Transversina Central

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

$$L \text{ (m)} = 1.325 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.71$$

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

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

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

$$P1 \text{ (tf)} = 1.27$$

Transversina Central

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

$$L \text{ (m)} = 2.65 \quad j \text{ (m)} = 0.50$$

$$h \text{ (m)} = 1.20 \quad esp \text{ (m)} = 0.20$$

$$f \text{ (m)} = 0.20$$

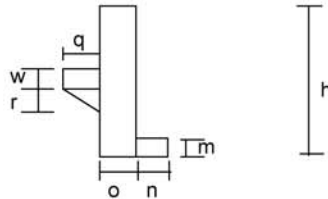
$$P2 \text{ (tf)} = 1.42$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.38$$

Cortina



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

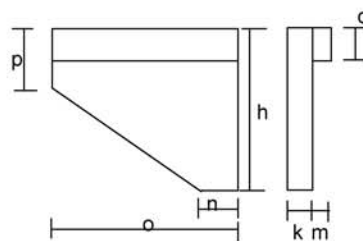
$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.700$$

$$\begin{aligned} h (m) &= 1.850 & q (m) &= 0.250 \\ m (m) &= 0.250 & w (m) &= 0.200 \\ n (m) &= 0.250 & r (m) &= 0.200 \\ o (m) &= 0.250 \end{aligned}$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3.78$$

Abas das Cortinas



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

$$\begin{aligned} h (m) &= 1.850 & n (m) &= 0.750 \\ k (m) &= 0.250 & o (m) &= 2.950 \\ d (m) &= 0.400 & p (m) &= 0.600 \\ m (m) &= 0.150 \end{aligned}$$

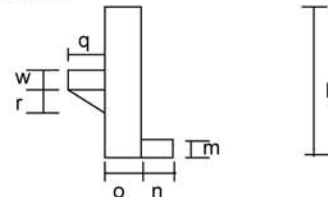
$$P5 (tf) = 2.99$$

Seção fora do vão de cálculo

$$P3 = L * g2 \quad L (m) = 0.300$$

$$P3 (tf) = 0.40$$

Cortina



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

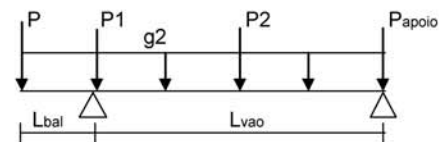
$$L_{total} (m) = 13.000$$

$$L_{cons} (m) = 9.700$$

$$\begin{aligned} h (m) &= 1.850 & q (m) &= 0.250 \\ m (m) &= 0.250 & w (m) &= 0.200 \\ n (m) &= 0.250 & r (m) &= 0.200 \\ o (m) &= 0.250 \end{aligned}$$

$$P4 = P_{cort} / 5 \text{ vigas} \quad P4 (tf) = 3.78$$

resumo dos esforços



$$\begin{aligned} P &= P4 & P (tf) &= 3.78 \\ P_{apoio} &= P1 + P3 & P_{apoio} (tf) &= 1.67 \end{aligned}$$

$$g2 (tf/m) = 1.325$$

$$P (tf) = 3.78$$

$$P_{apoio} (tf) = 1.67$$

$$P1 (tf) = 1.27$$

$$P2 (tf) = 1.42$$

Esforços Seccionais

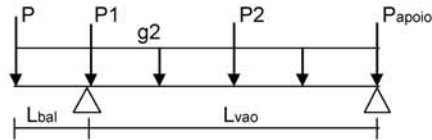
Os esforços seccionais foram obtidos com o uso do programa "SALT", cuja listagem encontra-se anexa.

Reações

$$R1 (tf) = 18.84$$

$$R2 (tf) = 13.01$$

resumo dos esforços



$$P = P4 + P5 \quad P \text{ (tf)} = 6.77$$

$$P_{\text{apoio}} = P1 + P3 \quad P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.01$$

$$g_2 \text{ (tf/m)} = 1.263$$

$$P \text{ (tf)} = 6.77$$

$$P_{\text{apoio}} \text{ (tf)} = 1.01$$

$$P1 \text{ (tf)} = 0.63$$

$$P2 \text{ (tf)} = 0.71$$

Esforços Seccionais

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

Reações

$$R1 \text{ (tf)} = 20.47$$

$$R2 \text{ (tf)} = 11.25$$

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-6.77	0.00
S1/2Bal	-7.59	-4.67
0 esq	-8.41	-9.87
0 dir	11.43	7.37
1	9.34	7.37
2	7.24	21.13
3	5.14	31.40
4	3.05	38.20
5	0.24	41.52
6	-1.86	40.17
7	-3.95	35.35
8	-6.05	27.05
9	-8.15	15.26
10	-10.24	0.00

Esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	-0.61	0.00
S1/2Bal	-1.82	-0.79
0 esq	-3.03	-2.36
0 dir	10.30	-2.36
1	7.52	12.35
2	5.67	23.30
3	3.83	31.19
4	1.98	36.00
5	0.13	37.75
6	-1.72	36.44
7	-3.56	32.05
8	-5.41	24.60
9	-7.26	14.09
10	-9.86	0.00

Tensões

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

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

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s' (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-4	4
0	-	-12	13
1	-	76	-83
2	-	143	-157
3	-	191	-211
4	-	221	-243
5	-	232	-255
6	-	224	-246
7	-	197	-217
8	-	151	-166
9	-	86	-95
10	-	0	0

Tensões

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

$$\sigma_i = - M / W_i \text{ isolada}$$

Seção	σ_s (tf/m ²)	σ_s (tf/m ²)	σ_i (tf/m ²)
SExtBal	-	0	0
S1/2Bal	-	-24	26
0	-	-50	56
1	-	45	-50
2	-	130	-143
3	-	193	-212
4	-	234	-258
5	-	255	-281
6	-	246	-271
7	-	217	-239
8	-	166	-183
9	-	94	-103
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

$$P_1 = g_b * L$$

$$L \text{ (m)} = 2.950 \quad P_1 \text{ (tf)} = 1.71$$

Laje de acesso

$$P_2 = (k * h * L * 2,50 / 2) / 5 \text{ vigas}$$

$$k \text{ (m)} = 3.000$$

$$h \text{ (m)} = 0.250 \quad P_2 \text{ (tf)} = 1.86$$

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

$$P_2 = L * g_3$$

$$L \text{ (m)} = 0.300$$

$$P_3 \text{ (tf)} = 0.13$$

$L (m) = 9.900$

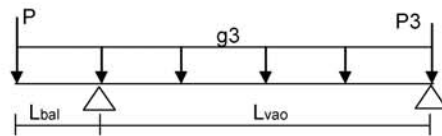
seção fora do vão de cálculo

$P3 = L * g3$

$L (m) = 0.300$

$P3 (tf) = 0.28$

resumo dos esforços



$P = P1 + P2$

$g3 (tf/m) = 0.937$

$P (tf) = 3.57$

$P3 (tf) = 0.28$

Reações

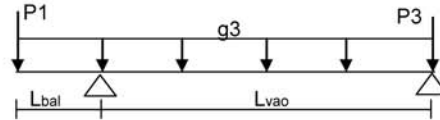
$R1 (tf) = 12.89$

$R2 (tf) = 7.73$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	-3.57	0.00
S _{1/2Bal}	-4.18	-2.52
0 esq	-4.79	-5.43
0 dir	8.10	-5.43
1	6.55	6.73
2	4.99	16.31
3	3.44	23.31
4	1.88	27.72
5	0.33	29.56
6	-1.23	28.81
7	-2.78	25.48
8	-4.34	19.57
9	-5.89	11.08
10	-7.45	0.00

resumo dos esforços



$g3 (tf/m) = 0.445$

$P1 (tf) = 1.86$

$P3 (tf) = 0.13$

Reações

$R1 (tf) = 6.3$

$R2 (tf) = 3.66$

esforços

Seção	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	-1.86	0.00
S _{1/2Bal}	-2.15	-1.30
0 esq	-2.44	-2.79
0 dir	3.86	-2.79
1	3.12	3.00
2	2.38	7.57
3	1.65	10.92
4	0.91	13.04
5	0.17	13.93
6	-0.57	13.60
7	-1.31	12.04
8	-2.05	9.25
9	-2.79	5.24
10	-3.53	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	-5	-3	9
0	-10	-6	18
1	12	7	-31
2	30	17	-75
3	43	24	-107
4	51	29	-127
5	54	31	-136
6	53	30	-132
7	47	27	-117
8	36	20	-90
9	20	12	-51
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	-2	-1	4
0	-5	-3	9
1	5	3	-14
2	13	8	-35
3	19	11	-50
4	23	13	-60
5	25	14	-64
6	24	13	-62
7	21	12	-55
8	16	9	-42
9	9	5	-24
10	0	0	0

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

TÍTULO : Ponte de 18.25 m - Viga Bordo - G1 e G2

 DATA : 17/12/2005(sábado)
 HORA : 20:35:16
 ARQUIVO DE DADOS : vb_1,30+16.95_g1g2.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

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

coordenadas nodais

nó	sistema	coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.79E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós 13

restrições nodais

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

propriedades dos elementos

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.50E-0001
2	1	1	1	3	6.50E-0001
3	1	1	1	4	1.66E+0000
4	1	1	1	5	1.66E+0000
5	1	1	1	6	1.66E+0000
6	1	1	1	7	1.66E+0000
7	1	1	1	8	1.66E+0000
8	1	1	1	9	1.66E+0000
9	1	1	1	10	1.66E+0000
10	1	1	1	11	1.66E+0000
11	1	1	1	12	1.66E+0000

```

12      1      1      12      13  1.66E+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

cargas nodais
nó   sistema   força   força   momento
      x         y         z
1   global    0.00   -0.61   0.00
13  global    0.00   -1.02   0.00

cargas aplicadas nas barras
barra sistema tipo   la   lb   px   py   mz   wyb
      t         f1  f2   wxa  wxb  wya  p
1   local  U   0.00  0.65  0.0E+0000  -1.9E+0000
2   local  U   0.00  0.65  0.0E+0000  -1.9E+0000
3   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
4   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
5   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
6   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
7   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
8   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
9   local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
10  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
11  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
12  local  U   0.00  1.66  0.0E+0000  -1.1E+0000
3   local  C   0.75  0.0E+0000  -9.3E-0001  0.0E+0000
12  local  C   0.99  0.0E+0000  -7.5E-0001  0.0E+0000

                                fim do carregamento ..... 1

```

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

cargas nodais							
nó	sistema	força			momento		
		x	y	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	-0.71	0.00			

cargas aplicadas nas barras							
barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz
			t		wxa	wxb	wya
			f1	f2	f3	p	wyb
1	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
12	local	U	0.00	1.66	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

carregamento 1

Título : Peso Proprio (G1) - Viga Bordo

deslocamentos nodais						
no	sistema	deslocamento			rotacao	
		x	y	z		
1	global	0.00000E+0000	7.55356E-0004	-5.83133E-0004		
2	global	0.00000E+0000	3.77533E-0004	-5.83748E-0004		
3	global	0.00000E+0000	-1.16457E-0030	-5.86572E-0004		
4	global	0.00000E+0000	-9.86658E-0004	-5.60594E-0004		
5	global	0.00000E+0000	-1.87133E-0003	-4.74261E-0004		
6	global	0.00000E+0000	-2.56817E-0003	-3.42968E-0004		
7	global	0.00000E+0000	-3.01469E-0003	-1.81357E-0004		
8	global	0.00000E+0000	-3.17270E-0003	-4.07014E-0006		
9	global	0.00000E+0000	-3.02836E-0003	1.74251E-0004		
10	global	0.00000E+0000	-2.59208E-0003	3.38964E-0004		
11	global	0.00000E+0000	-1.89862E-0003	4.75426E-0004		
12	global	0.00000E+0000	-1.00702E-0003	5.68996E-0004		
13	global	0.00000E+0000	-9.50751E-0031	6.04553E-0004		

		reações nos apoios		
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	13.32	0.00
13	global	-0.00	10.88	-0.00
Resultante		0.00	24.20	212.03

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	força	momento
			normal	cortante	fletor
1	local	1	0.00	-0.61	0.00
		2	0.00	1.82	-0.79
2	local	2	0.00	-1.82	0.79
		3	0.00	3.03	-2.36
3	local	3	0.00	10.30	2.36
		4	0.00	-7.52	12.35
4	local	4	0.00	7.52	-12.35
		5	0.00	-5.67	23.30
5	local	5	0.00	5.67	-23.30
		6	0.00	-3.83	31.19
6	local	6	0.00	3.83	-31.19
		7	0.00	-1.98	36.00
7	local	7	0.00	1.98	-36.00
		8	0.00	-0.13	37.75
8	local	8	0.00	0.13	-37.75
		9	0.00	1.72	36.44
9	local	9	0.00	-1.72	-36.44
		10	0.00	3.56	32.05
10	local	10	0.00	-3.56	-32.05
		11	0.00	5.41	24.60
11	local	11	0.00	-5.41	-24.60
		12	0.00	7.26	14.09
12	local	12	0.00	-7.26	-14.09
		13	0.00	9.86	0.00

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

 Título : Laje + Transversina (g2) - Viga Bordo

d e s l o c a m e n t o s n o d a i s

no	sistema	deslocamento		rotacao
		x	y	z
1	global	0.00000E+0000	7.08020E-0004	-5.51648E-0004
2	global	0.00000E+0000	3.56421E-0004	-5.55927E-0004
3	global	0.00000E+0000	-1.78957E-0030	-5.69430E-0004
4	global	0.00000E+0000	-9.89583E-0004	-5.74011E-0004
5	global	0.00000E+0000	-1.91718E-0003	-5.04605E-0004
6	global	0.00000E+0000	-2.67376E-0003	-3.77828E-0004
7	global	0.00000E+0000	-3.17788E-0003	-2.10297E-0004
8	global	0.00000E+0000	-3.37569E-0003	-1.86249E-0005
9	global	0.00000E+0000	-3.24045E-0003	1.77758E-0004
10	global	0.00000E+0000	-2.78325E-0003	3.59423E-0004
11	global	0.00000E+0000	-2.04231E-0003	5.09756E-0004
12	global	0.00000E+0000	-1.08343E-0003	6.12140E-0004
13	global	0.00000E+0000	-9.83615E-0031	6.49960E-0004

r e a ç õ e s n o s a p o i o s

nó	sistema	força		momento
		x	y	z
3	global	-0.00	20.47	0.00
13	global	-0.00	11.25	-0.00

 Resultante 0.00 31.73 228.05

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	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		momento
			normal	cortante	fletor
1	local	1	0.00	-6.77	0.00
		2	0.00	7.59	-4.67
2	local	2	0.00	-7.59	4.67
		3	0.00	8.41	-9.87
3	local	3	0.00	11.43	9.87
		4	0.00	-9.34	7.37
4	local	4	0.00	9.34	-7.37
		5	0.00	-7.24	21.13
5	local	5	0.00	7.24	-21.13
		6	0.00	-5.14	31.40
6	local	6	0.00	5.14	-31.40
		7	0.00	-3.05	38.20
7	local	7	0.00	3.05	-38.20

		8	0.00	-0.95	41.52
8	local	8	0.00	0.24	-41.52
		9	0.00	1.86	40.17
9	local	9	0.00	-1.86	-40.17
		10	0.00	3.95	35.35
10	local	10	0.00	-3.95	-35.35
		11	0.00	6.05	27.05
11	local	11	0.00	-6.05	-27.05
		12	0.00	8.15	15.26
12	local	12	0.00	-8.15	-15.26
		13	0.00	10.24	-0.00

Fim Do Programa

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

TÍTULO : Ponte de 18,25 m - Viga Bordo - G3

 DATA : 17/12/2005(sábado)
 HORA : 20:35:11
 ARQUIVO DE DADOS : vb_1,30+16,95_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	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
13	global	1.79E+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	6.50E-0001
2	1	1	2	3	6.50E-0001
3	1	1	3	4	1.66E+0000
4	1	1	4	5	1.66E+0000
5	1	1	5	6	1.66E+0000
6	1	1	6	7	1.66E+0000
7	1	1	7	8	1.66E+0000
8	1	1	8	9	1.66E+0000
9	1	1	9	10	1.66E+0000
10	1	1	10	11	1.66E+0000


```

11      1      1      11      12      1.66E+0000
12      1      1      12      13      1.66E+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

cargas nodais

```

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

cargas aplicadas nas barras

```

barra sistema tipo      la      lb      px      py      mz
          t          f1      f2      wxa      wxb      wya      wyb
1      local  U      0.00      0.65  0.0E+0000      p      -9.4E-0001
2      local  U      0.00      0.65  0.0E+0000      -9.4E-0001
3      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
4      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
5      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
6      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
7      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
8      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
9      local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
10     local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
11     local  U      0.00      1.66  0.0E+0000      -9.4E-0001
12     local  U      0.00      1.66  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

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

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Bordo

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	2.34733E-0004	-1.82500E-0004	
2	global	0.00000E+0000	1.17888E-0004	-1.83503E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-5.20623E-0031	-1.86729E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-3.21621E-0004	-1.84925E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-6.18597E-0004	-1.60401E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-8.57694E-0004	-1.18552E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-1.01463E-0003	-6.47779E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-1.07409E-0003	-4.47154E-0006	
9	global	0.00000E+0000	-1.02971E-0003	5.69702E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-8.84080E-0004	1.14151E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-6.48753E-0004	1.61676E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-3.44237E-0004	1.94148E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-3.12145E-0031	2.06171E-0004	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	12.89	0.00
13	global	-0.00	7.73	-0.00

 Resultante 0.00 20.62 155.12

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	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-3.57	0.00	
		2	0.00	4.18	-2.52	
2	local	2	0.00	-4.18	2.52	
		3	0.00	4.79	-5.43	
3	local	3	0.00	8.10	5.43	
		4	0.00	-6.55	6.73	
4	local	4	0.00	6.55	-6.73	

		5	0.00	-4.99	16.31
5	local	5	0.00	4.99	-16.31
		6	0.00	-3.44	23.31
6	local	6	0.00	3.44	-23.31
		7	0.00	-1.88	27.72
7	local	7	0.00	1.88	-27.72
		8	0.00	-0.33	29.56
8	local	8	0.00	0.33	-29.56
		9	0.00	1.23	28.81
9	local	9	0.00	-1.23	-28.81
		10	0.00	2.78	25.48
10	local	10	0.00	-2.78	-25.48
		11	0.00	4.34	19.57
11	local	11	0.00	-4.34	-19.57
		12	0.00	5.89	11.08
12	local	12	0.00	-5.89	-11.08
		13	0.00	7.45	-0.00

Fim Do Programa

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

TÍTULO : Ponte de 18,25 m - Viga Central - G1 e G2

 DATA : 17/12/2005(sábado)
 HORA : 20:35:23
 ARQUIVO DE DADOS : vc_1,30+16,95_g1g2.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	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000	
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000	
13	global	1.79E+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	6.50E-0001
2	1	1	2	3	6.50E-0001
3	1	1	3	4	1.66E+0000
4	1	1	4	5	1.66E+0000
5	1	1	5	6	1.66E+0000
6	1	1	6	7	1.66E+0000
7	1	1	7	8	1.66E+0000
8	1	1	8	9	1.66E+0000
9	1	1	9	10	1.66E+0000
10	1	1	10	11	1.66E+0000

```

11      1      1      11      12      1.66E+0000
12      1      1      12      13      1.66E+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 - Viga Central

```

cargas nodais
nó sistema   força x   força y   momento z
1 global     0.00     -0.61     0.00
13 global     0.00     -1.02     0.00
    
```

cargas aplicadas nas barras

```

barra sistema tipo   la   lb   px   py   mz
                t   f1   f2   wxa  wxb  wya  wyb
                p
1 local U 0.00 0.65 0.0E+0000 -1.9E+0000
2 local U 0.00 0.65 0.0E+0000 -1.9E+0000
3 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
4 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
5 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
6 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
7 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
8 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
9 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
10 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
11 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
12 local U 0.00 1.66 0.0E+0000 -1.1E+0000
3 local C 0.75 0.0E+0000 -9.3E-0001 0.0E+0000
12 local C 0.99 0.0E+0000 -7.5E-0001 0.0E+0000
    
```

fim do carregamento 1

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

cargas nodais							
nó	sistema	força			momento		
		x	y	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
			t		wxa	wxb	wya
			f1	f2	f3	p	wyb
1	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.3E+0000
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-1.3E+0000
12	local	U	0.00	1.66	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

carregamento 1

Título : Peso Proprio - Viga Central

deslocamentos nodais						
no	sistema	deslocamento			rotacao	
		x	y	z		
1	global	0.00000E+0000	7.55356E-0004	-5.83133E-0004		
2	global	0.00000E+0000	3.77533E-0004	-5.83748E-0004		
3	global	0.00000E+0000	-1.16457E-0030	-5.86572E-0004		
4	global	0.00000E+0000	-9.86658E-0004	-5.60594E-0004		
5	global	0.00000E+0000	-1.87133E-0003	-4.74261E-0004		
6	global	0.00000E+0000	-2.56817E-0003	-3.42968E-0004		
7	global	0.00000E+0000	-3.01469E-0003	-1.81357E-0004		
8	global	0.00000E+0000	-3.17270E-0003	-4.07014E-0006		
9	global	0.00000E+0000	-3.02836E-0003	1.74251E-0004		
10	global	0.00000E+0000	-2.59208E-0003	3.38964E-0004		
11	global	0.00000E+0000	-1.89862E-0003	4.75426E-0004		
12	global	0.00000E+0000	-1.00702E-0003	5.68996E-0004		
13	global	0.00000E+0000	-9.50751E-0031	6.04553E-0004		

nó	sistema	reações nos apoios		momento z
		força		
		x	y	
3	global	-0.00	13.32	0.00
13	global	-0.00	10.88	-0.00
Resultante		0.00	24.20	212.03

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	sistema	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	-0.61	0.00	
		2	0.00	1.82	-0.79	
2	local	2	0.00	-1.82	0.79	
		3	0.00	3.03	-2.36	
3	local	3	0.00	10.30	2.36	
		4	0.00	-7.52	12.35	
4	local	4	0.00	7.52	-12.35	
		5	0.00	-5.67	23.30	
5	local	5	0.00	5.67	-23.30	
		6	0.00	-3.83	31.19	
6	local	6	0.00	3.83	-31.19	
		7	0.00	-1.98	36.00	
7	local	7	0.00	1.98	-36.00	
		8	0.00	-0.13	37.75	
8	local	8	0.00	0.13	-37.75	
		9	0.00	1.72	36.44	
9	local	9	0.00	-1.72	-36.44	
		10	0.00	3.56	32.05	
10	local	10	0.00	-3.56	-32.05	
		11	0.00	5.41	24.60	
11	local	11	0.00	-5.41	-24.60	
		12	0.00	7.26	14.09	
12	local	12	0.00	-7.26	-14.09	
		13	0.00	9.86	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	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	8.90472E-0004	-6.89414E-0004	
2	global	0.00000E+0000	4.46454E-0004	-6.91885E-0004	
3	global	0.00000E+0000	-1.64703E-0030	-6.99996E-0004	
4	global	0.00000E+0000	-1.19143E-0003	-6.83875E-0004	
5	global	0.00000E+0000	-2.28258E-0003	-5.89522E-0004	
6	global	0.00000E+0000	-3.15807E-0003	-4.34370E-0004	
7	global	0.00000E+0000	-3.73141E-0003	-2.35848E-0004	
8	global	0.00000E+0000	-3.94510E-0003	-1.13876E-0005	
9	global	0.00000E+0000	-3.76967E-0003	2.15953E-0004	
10	global	0.00000E+0000	-3.22501E-0003	4.23117E-0004	
11	global	0.00000E+0000	-2.35909E-0003	5.92672E-0004	
12	global	0.00000E+0000	-1.24881E-0003	7.07188E-0004	
13	global	0.00000E+0000	-1.13750E-0030	7.49233E-0004	

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	18.84	0.00
13	global	-0.00	13.01	-0.00

Resultante	0.00	31.86	257.45
------------	------	-------	--------

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	-3.78	0.00	
		2	0.00	4.64	-2.74	
2	local	2	0.00	-4.64	2.74	
		3	0.00	5.50	-6.03	
3	local	3	0.00	12.07	6.03	
		4	0.00	-9.87	12.18	
4	local	4	0.00	9.87	-12.18	
		5	0.00	-7.67	26.74	
5	local	5	0.00	7.67	-26.74	
		6	0.00	-5.47	37.65	
6	local	6	0.00	5.47	-37.65	
		7	0.00	-3.27	44.91	
7	local	7	0.00	3.27	-44.91	

		8	0.00	-1.07	48.52
8	local	8	0.00	-0.35	-48.52
		9	0.00	2.55	46.11
9	local	9	0.00	-2.55	-46.11
		10	0.00	4.75	40.06
10	local	10	0.00	-4.75	-40.06
		11	0.00	6.95	30.36
11	local	11	0.00	-6.95	-30.36
		12	0.00	9.14	17.01
12	local	12	0.00	-9.14	-17.01
		13	0.00	11.34	-0.00

Fim Do Programa

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

TÍTULO : Ponte de 18,25 m - Viga Central - G3

 DATA : 17/12/2005(sábado)
 HORA : 20:35:28
 ARQUIVO DE DADOS : vc_1,30+16,95_g3.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

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

nó	sistema	coordenadas nodais		
		coordenada	coordenada	
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	6.50E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	1.30E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	2.96E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.62E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	6.28E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	7.94E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	9.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.29E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.45E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.62E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.79E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

número de nós 13

nó	restrições nodais			
	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

barra	propriedades dos elementos				
	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.50E-0001
2	1	1	2	3	6.50E-0001
3	1	1	3	4	1.66E+0000
4	1	1	4	5	1.66E+0000
5	1	1	5	6	1.66E+0000
6	1	1	6	7	1.66E+0000
7	1	1	7	8	1.66E+0000
8	1	1	8	9	1.66E+0000
9	1	1	9	10	1.66E+0000
10	1	1	10	11	1.66E+0000

```

11      1      1      11      12      1.66E+0000
12      1      1      12      13      1.66E+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

cargas nodais

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	0.00	-1.86	0.00
13	global	0.00	-0.13	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	0.65	0.0E+0000		-4.5E-0001	
2	local	U	0.00	0.65	0.0E+0000		-4.5E-0001	
3	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
4	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
5	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
6	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
7	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
8	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
9	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
10	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
11	local	U	0.00	1.66	0.0E+0000		-4.5E-0001	
12	local	U	0.00	1.66	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

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

Título : Sobrecarga Permanente (G3) - Viga Central

deslocamentos nodais					
no	sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	0.00000E+0000	1.07940E-0004	-8.39873E-0005	
2	global	0.00000E+0000	5.42443E-0005	-8.45015E-0005	
3	global	0.00000E+0000	-2.48610E-0031	-8.61452E-0005	
4	global	0.00000E+0000	-1.48776E-0004	-8.57179E-0005	
5	global	0.00000E+0000	-2.86661E-0004	-7.45850E-0005	
6	global	0.00000E+0000	-3.97984E-0004	-5.52786E-0005	
7	global	0.00000E+0000	-4.71280E-0004	-3.03309E-0005	
8	global	0.00000E+0000	-4.99286E-0004	-2.27413E-0006	
9	global	0.00000E+0000	-4.78942E-0004	2.63597E-0005	
10	global	0.00000E+0000	-4.11393E-0004	5.30382E-0005	
11	global	0.00000E+0000	-3.01985E-0004	7.52294E-0005	
12	global	0.00000E+0000	-1.60269E-0004	9.04011E-0005	
13	global	0.00000E+0000	-1.44233E-0031	9.60210E-0005	

reações nos apoios				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
3	global	-0.00	6.30	0.00
13	global	-0.00	3.66	-0.00
Resultante		0.00	9.96	73.62

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

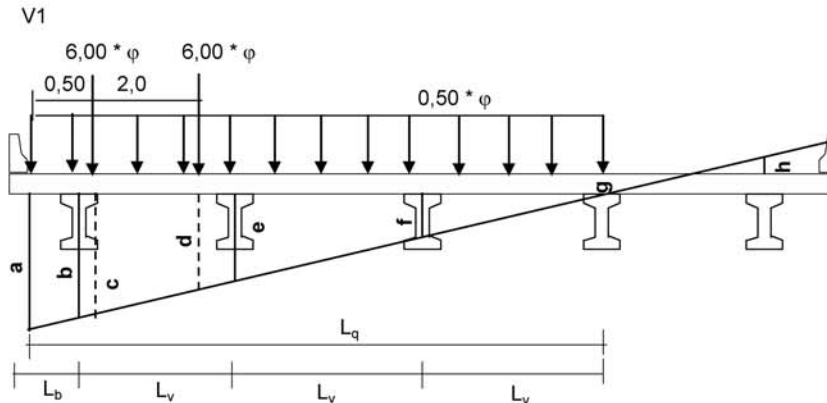
esforços nas barras						
barra	sistema	nó	força	força	momento	
			normal	cortante	fletor	
1	local	1	0.00	-1.86	-0.00	
		2	0.00	2.15	-1.30	
2	local	2	0.00	-2.15	1.30	
		3	0.00	2.44	-2.79	
3	local	3	0.00	3.86	2.79	
		4	0.00	-3.12	3.00	
4	local	4	0.00	3.12	-3.00	

		5	0.00	-2.38	7.57
5	local	5	0.00	2.38	-7.57
		6	0.00	-1.65	10.92
6	local	6	0.00	1.65	-10.92
		7	0.00	-0.91	13.04
7	local	7	0.00	0.91	-13.04
		8	0.00	-0.17	13.93
8	local	8	0.00	0.17	-13.93
		9	0.00	0.57	13.60
9	local	9	0.00	-0.57	-13.60
		10	0.00	1.31	12.04
10	local	10	0.00	-1.31	-12.04
		11	0.00	2.05	9.25
11	local	11	0.00	-2.05	-9.25
		12	0.00	2.79	5.24
12	local	12	0.00	-2.79	-5.24
		13	0.00	3.53	0.00

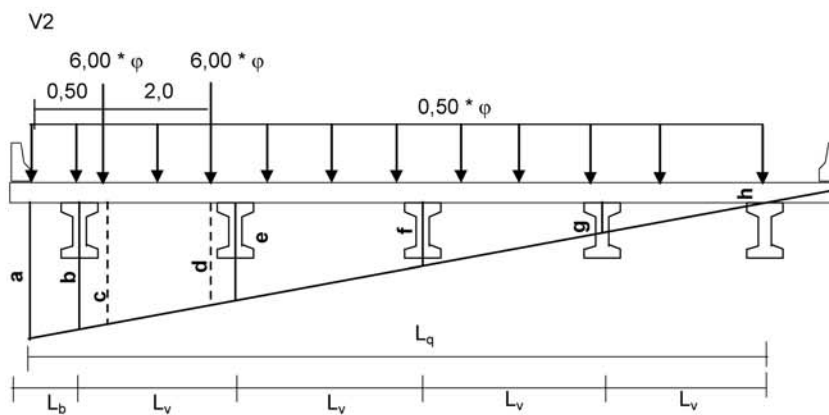
Fim Do Programa

4 - Cálculo Esforços de Carga Móvel

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



$L_b (m) = 1.20$	$V\tilde{a}o (m) = 16.6$		
$L_v (m) = 2.65$	$\varphi = 1.284$		
$a = 0.660$	$c = 0.623$	$e = 0.400$	$g = 0.000$
$b = 0.600$	$d = 0.472$	$f = 0.200$	$L_q (m) = 8.750$
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 8.429$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1.855$	



$a = 0.430$	$c = 0.411$	$e = 0.300$	$g = 0.100$
$b = 0.400$	$d = 0.336$	$f = 0.200$	$h = 0.000$
$L_q (m) = 11.40$			
$P = 6 * \varphi * (c + d)$		$P (tf) = 5.755$	
$q = 0,50 * \varphi * (a * L_q) / 2$		$q (tf/m) = 1.574$	

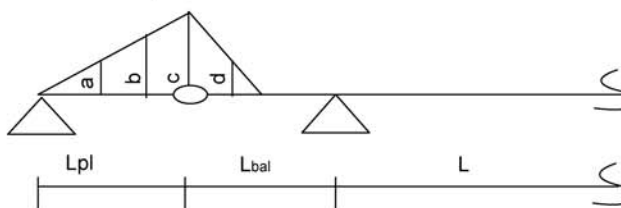
4.2 - Esforços internos devido ao carregamento do trem-tipo longitudinal

as

$L_{pl} \text{ (m)} = 3.000$ $L \text{ (m)} = 16.600$
 $L_{bal} \text{ (m)} = 1.300$

Linha de Influência Momento Fletor

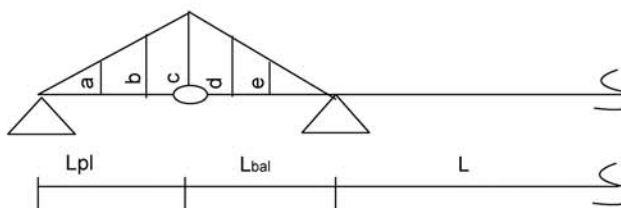
LI Momento S1/2 balanço



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 0,325$
$c = 0,50 * L_{bal}$	$c = 0,650$
$d = (0,5 * L_{bal} - 1,50) * [c / (0,50 * L_{bal})]$	$d = -0,850$

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

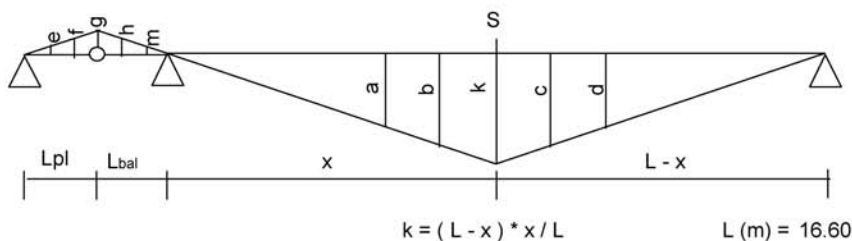
LI Momento S0



$a = (L_{pl} - 3,00) * (c / L_{pl})$	$a = 0,000$
$b = (L_{pl} - 1,50) * (c / L_{pl})$	$b = 0,650$
$c = L_{bal}$	$c = 1,300$
$d = (L_{bal} - 1,50) * (c / L_{bal})$	$d = -0,200$
$e = (L_{bal} - 3,00) * (c / L_{bal})$	$e = -1,700$

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

LI Momento S1 a S10



$k = (L - x) * x / L$

$L \text{ (m)} = 16.60$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Seção	x (m)	k	a	b	c	d
S1	1.66	1.494	-1.206	0.144	1.344	1.194
S2	3.32	2.656	0.256	1.456	2.356	2.056
S3	4.98	3.486	1.386	2.436	3.036	2.586
S4	6.64	3.984	2.184	3.084	3.384	2.784
S5	8.30	4.150	2.650	3.400	3.400	2.650
S6	9.96	3.984	2.784	3.384	3.084	2.184
S7	11.62	3.486	2.586	3.036	2.436	1.386
S8	13.28	2.656	2.056	2.356	1.456	0.256
S9	14.94	1.494	1.194	1.344	0.144	-1.206
S10	16.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

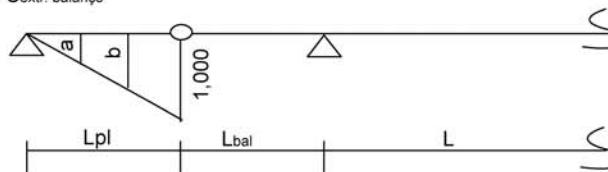
$$M_{max} = P * [k + \text{maior}(a + b; b + c; c + d)] + p * (L * k / 2)$$

Seção	x (m)	e	f	g	h	m
S1	1.66	0.000	0.585	1.170	-0.180	-1.530
S2	3.32	0.000	0.520	1.040	-0.160	-1.360
S3	4.98	0.000	0.455	0.910	-0.140	-1.190
S4	6.64	0.000	0.390	0.780	-0.120	-1.020
S5	8.30	0.000	0.325	0.650	-0.100	-0.850
S6	9.96	0.000	0.260	0.520	-0.080	-0.680
S7	11.62	0.000	0.195	0.390	-0.060	-0.510
S8	13.28	0.000	0.130	0.260	-0.040	-0.340
S9	14.94	0.000	0.065	0.130	-0.020	-0.170
S10	16.60	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 $S_{extr. balanço}$



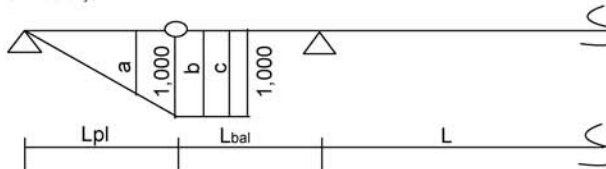
$$a = (L_{pl} - 3,00) / L_{pl} \quad a = 0,000$$

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

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

$$Q_{extr_min} = 0$$

LI Cortante S_{1/2}. balanço



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0.500$$

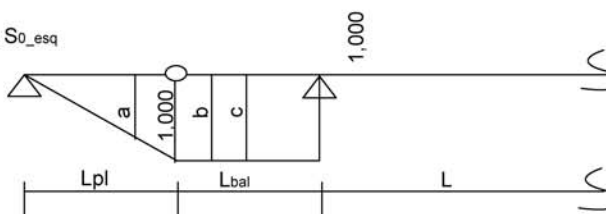
$$b = 0.000$$

$$c = 0.000$$

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

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

LI Cortante S₀_esq



$$a = (L_{pl} - 1,50) / L_{pl}$$

$$a = 0.500$$

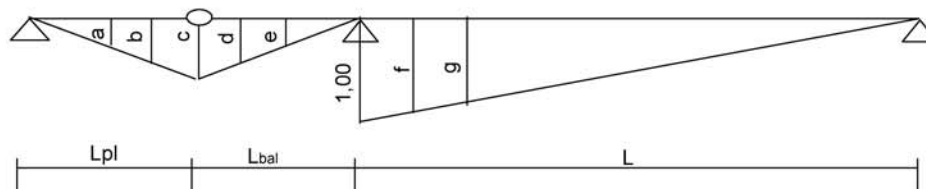
$$b = 0.000$$

$$c = 0.000$$

$$QS_{0esq_max} = p * (L_{pl} / 2 + L_{bal}) + P * [1,000 + \text{maior}(a + b; b + c)]$$

$$QS_{0esq_min} = 0$$

LI Cortante S₀_dir



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

$$a = 0.000$$

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

$$b = 0.039$$

$$c = L_{bal} * (1 / L)$$

$$c = 0.078$$

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

$$d = -0.012$$

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

$$e = -1.700$$

$$f = (L - 1,50) * (1,000 / L)$$

$$f = 0.910$$

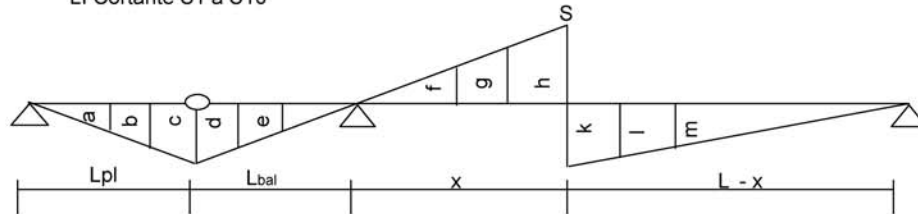
$$g = (L - 3,00) * (1,000 / L)$$

$$g = 0.819$$

$$QS_{0dir_max} = p * [c * (L_{pl} + L_{bal}) / 2 + 1,000 * L / 2] + P * [\text{maior}(a + b + c; b + c + d; c + d + e; 1,000 + f + g)]$$

$$QS_{0dir_min} = 0$$

LI Cortante S1 a S10



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

$L (m) = 16.600$

$L_{pl} (m) = 3.000$
 $L_{bal} (m) = 1.300$

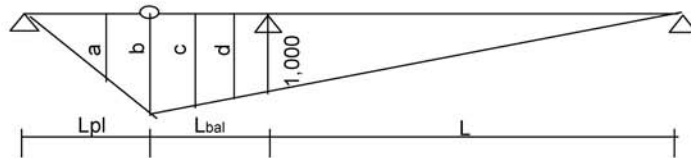
Seção	x (m)	a	b	c	d	e	k	l	m
S1	1.66	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.900	0.810	0.719
S2	3.32	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.800	0.710	0.619
S3	4.98	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.700	0.610	0.519
S4	6.64	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.600	0.510	0.419
S5	8.30	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.500	0.410	0.319
S6	9.96	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.400	0.310	0.219
S7	11.62	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.300	0.210	0.119
S8	13.28	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.200	0.110	0.019
S9	14.94	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	0.100	0.010	-0.081
S10	16.60	0.000	0.039	0.078	-0.012	-0.102	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	1.66	-0.081	0.010	0.100
S2	3.32	0.019	0.110	0.200
S3	4.98	0.119	0.210	0.300
S4	6.64	0.219	0.310	0.400
S5	8.30	0.319	0.410	0.500
S6	9.96	0.419	0.510	0.600
S7	11.62	0.519	0.610	0.700
S8	13.28	0.619	0.710	0.800
S9	14.94	0.719	0.810	0.900
S10	16.60	0.819	0.910	1.000

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

LI Reação de apoio



$$a = (L_{pl} - 1,50) * b / L_{pl} \quad a = 0.539$$

$$b = (L_{bal} + L) * (1 / L) \quad b = 1.078$$

$$c = (L_{bal} + L - 1,50) * (1 / L) \quad c = 0.988$$

$$d = (L_{bal} + L - 3,00) * (1 / L) \quad d = 0.898$$

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

$$R_{min} = 0$$

Esforços Viga V1

$$P \text{ (tf)} = 8.429$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.855$$

$$R_{max} \text{ (tf)} = 45.9$$

$$R_{min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	15.4	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	16.6	0.0	0.0	-10.4
S0 esq	17.8	0.0	0.0	-21.6
S0 dir	38.7	0.0	0.0	-21.6
S1	33.3	-0.4	57.0	-19.5
S2	28.1	-3.4	100.5	-17.3
S3	23.3	-6.7	130.4	-15.1
S4	18.7	-10.3	149.4	-13.0
S5	14.5	-14.2	156.2	-10.8
S6	10.6	-18.4	149.4	-8.6
S7	7.0	-23.0	130.4	-6.5
S8	3.7	-27.8	100.5	-4.3
S9	1.5	-32.9	57.0	-2.2
S10	1.3	-38.4	0.0	0.0

Tensões normais

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

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

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

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	-19	-12	35
0	0.554	0.865	0.294	0	0	0	-39	-25	74
1	0.543	0.961	0.218	105	59	-261	-36	-20	89
2	0.543	0.961	0.218	185	104	-461	-32	-18	79
3	0.543	0.961	0.218	240	136	-598	-28	-16	69
4	0.543	0.961	0.218	275	155	-685	-24	-13	60
5	0.543	0.961	0.218	288	162	-716	-20	-11	50
6	0.543	0.961	0.218	275	155	-685	-16	-9	40
7	0.543	0.961	0.218	240	136	-598	-12	-7	30
8	0.543	0.961	0.218	185	104	-461	-8	-4	20
9	0.543	0.961	0.218	105	59	-261	-4	-2	10
10	0.543	0.961	0.218	0	0	0	0	0	0

Esforços Viga V2

$$P \text{ (tf)} = 5.755$$

$$p \text{ (tf/m)} = 1.574$$

$$R_{\max} \text{ (tf)} = 34.8$$

$$R_{\min} \text{ (tf)} = 0.0$$

Seção	Cortante		Momento	
	Q+ (tf.m)	Q- (tf.m)	M+ (tf.m)	M- (tf.m)
SExtBal	11.0	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	12.0	0.0	0.0	-7.5
S0 esq	13.0	0.0	0.0	-15.6
S0 dir	29.0	0.0	0.0	-15.6
S1	24.8	-0.3	42.7	-14.1
S2	20.9	-2.4	75.4	-12.5
S3	17.2	-4.8	98.0	-10.9
S4	13.8	-7.4	112.2	-9.4
S5	10.6	-10.3	117.2	-7.8
S6	7.7	-13.5	112.2	-6.2
S7	5.1	-16.9	98.0	-4.7
S8	2.7	-20.6	75.4	-3.1
S9	1.1	-24.6	42.7	-1.6
S10	0.9	-28.8	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	-13	-8	25
0	0.573	0.905	0.296	0	0	0	-27	-17	53
1	0.561	1.008	0.219	76	42	-195	-25	-14	64
2	0.561	1.008	0.219	134	75	-344	-22	-12	57
3	0.561	1.008	0.219	175	97	-447	-19	-11	50
4	0.561	1.008	0.219	200	111	-512	-17	-9	43
5	0.561	1.008	0.219	209	116	-535	-14	-8	36
6	0.561	1.008	0.219	200	111	-512	-11	-6	29
7	0.561	1.008	0.219	175	97	-447	-8	-5	21
8	0.561	1.008	0.219	134	75	-344	-6	-3	14
9	0.561	1.008	0.219	76	42	-195	-3	-2	7
10	0.561	1.008	0.219	0	0	0	0	0	0

5 - 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	64.0	7.9	15.7
0 esq	136.5	6.0	0.9
0 dir	136.5	0.0	0.9
1	139.6	-18.3	-13.8
2	141.0	-19.1	-51.9
3	143.9	-12.1	-77.3
4	147.4	-5.0	-95.4
5	149.6	0.0	-98.2
6	149.6	0.0	-98.2
7	148.9	2.5	-97.8
8	145.4	12.1	-82.4
9	144.3	14.1	-59.6
10	0.0	0.0	0.0

Tempo T = ∞			
Seção	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
SExtBal	0.0	0.0	0.0
S1/2Bal	56.4	6.9	13.8
0 esq	119.8	5.2	0.8
0 dir	119.8	0.0	0.8
1	121.2	-15.9	-12.0
2	122.3	-16.5	-45.1
3	124.7	-10.5	-67.0
4	127.5	-4.4	-82.5
5	129.8	0.0	-85.2
6	129.5	0.0	-85.0
7	128.0	2.2	-84.1
8	124.9	10.4	-70.8
9	124.1	12.1	-51.2
10	0.0	0.0	0.0

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

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

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

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)
SExtBal	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S1/2Bal	0.743	-	0.197	0.177	-	166	-3
0	0.743	-	0.197	0.177	-	188	179
1	0.445	-	0.163	0.148	-	229	407
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-2	668
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-151	846
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-254	976
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-266	1000
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-266	1000
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-265	995
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-179	883
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-41	727
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)
S _{ExtBal}	0.743	-	0.197	0.177	-	0	0
S _{1/2Bal}	0.743	-	0.197	0.177	-	146	-2
0	0.743	-	0.197	0.177	-	165	157
1	0.445	-	0.163	0.148	-	199	353
2	0.445	-	0.163	0.148	-	-2	580
3	0.445	-	0.163	0.148	-	-131	733
4	0.445	-	0.163	0.148	-	-220	844
5	0.445	-	0.163	0.148	-	-231	867
6	0.445	-	0.163	0.148	-	-230	865
7	0.445	-	0.163	0.148	-	-228	856
8	0.445	-	0.163	0.148	-	-154	759
9	0.445	-	0.163	0.148	-	-35	625
10	0.445	-	0.163	0.148	-	0	0

Segunda etapa de protensão

Seção	Tempo T = 0		
	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	0.0	0.0	0.0
S _{1/2Bal}	65.4	8.0	-23.8
0 esq	136.6	4.8	-2.3
0 dir	136.6	0.0	-2.3
1	140.2	-19.1	-30.2
2	141.6	-25.6	-72.2
3	144.0	-22.2	-115.6
4	150.2	-7.3	-146.7
5	148.1	0.0	-148.5
6	147.5	0.0	-147.9
7	145.3	5.6	-143.6
8	140.1	18.3	-119.4
9	138.0	22.4	-80.2
10	0.0	0.0	0.0

Seção	Tempo T = oo		
	N (tf)	Q (tf)	M (tf.m)
S _{ExtBal}	0.0	0.0	0.0
S _{1/2Bal}	57.9	7.1	-21.1
0 esq	121.1	4.2	-2.1
0 dir	121.1	0.0	-2.1
1	123.0	-16.7	-26.5
2	121.2	-22.0	-61.8
3	118.8	-18.3	-95.4
4	120.7	-5.8	-117.9
5	118.5	0.0	-118.7
6	117.6	0.0	-117.9
7	114.9	4.5	-113.5
8	112.7	14.7	-96.1
9	115.2	18.7	-67.0
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	9	25	133
0	1.248	0.554	0.865	0.294	105	107	117
1	0.95	0.543	0.961	0.218	92	116	286
2	0.95	0.543	0.961	0.218	16	74	480
3	0.95	0.543	0.961	0.218	-61	31	682
4	0.95	0.543	0.961	0.218	-112	6	831
5	0.95	0.543	0.961	0.218	-118	1	837
6	0.95	0.543	0.961	0.218	-117	1	834
7	0.95	0.543	0.961	0.218	-112	4	812
8	0.95	0.543	0.961	0.218	-72	23	695
9	0.95	0.543	0.961	0.218	-2	62	513
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	8	22	118
0	1.248	0.554	0.865	0.294	93	95	104
1	0.95	0.543	0.961	0.218	81	102	251
2	0.95	0.543	0.961	0.218	14	63	411
3	0.95	0.543	0.961	0.218	-51	26	563
4	0.95	0.543	0.961	0.218	-90	4	668
5	0.95	0.543	0.961	0.218	-94	1	669
6	0.95	0.543	0.961	0.218	-93	1	665
7	0.95	0.543	0.961	0.218	-88	3	642
8	0.95	0.543	0.961	0.218	-58	19	559
9	0.95	0.543	0.961	0.218	-2	52	429
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 Obra de 1,30m+16,95m - Viga de Bordo - Primeira Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

16.60 1.30 .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. C2

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /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	.98	7.00	14153.	10993.
0	1.05	2.50	13855.	11291.
1	.93	-8.50	13441.	11704.
2	.62	-10.00	13298.	11847.
3	.33	-10.00	13243.	11902.
4	.10	-4.00	12847.	12298.
5	.08	.00	12573.	12573.
6	.08	.00	12521.	12521.
7	.08	2.00	12360.	12360.
8	.27	10.00	11887.	11887.
9	.56	10.00	11838.	11838.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)

=====

CABOS NUM. C4

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.65 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= 3.50 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 0 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.
0	.45	2.50	14130.	11983.
1	.36	-6.50	13828.	12285.
2	.13	-5.50	13710.	12402.
3	.08	.00	13330.	12782.
4	.08	.00	13275.	12838.
5	.08	.00	13220.	12893.
6	.08	.00	13165.	12947.
7	.08	.00	13110.	13002.
8	.08	.00	13056.	13056.
9	.11	1.50	12917.	12917.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 99.5 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	.25	.99	10893.3
0	.01	2.00	11537.0
1	-.10	1.98	11895.6
2	-.37	1.98	12026.5
3	-.54	1.98	12246.2
4	-.65	2.00	12468.6
5	-.66	2.00	12633.1
6	-.66	2.00	12634.4
7	-.66	2.00	12581.7
8	-.57	1.98	12376.5
9	-.41	1.98	12282.0

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	64.0	7.9	15.7	165.9	-2.6	.0	.0	.0

0	136.5	6.0	.9	188.3	178.6	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	139.6	-18.3	-13.8	228.9	407.2	.0	.0	.0
2	141.0	-19.1	-51.9	-1.8	667.8	.0	.0	.0
3	143.9	-12.1	-77.3	-150.6	845.4	.0	.0	.0
4	147.4	-5.0	-95.4	-253.7	975.6	.0	.0	.0
5	149.6	.0	-98.2	-266.3	999.6	.0	.0	.0
6	149.6	.0	-98.2	-266.3	999.7	.0	.0	.0
7	148.9	2.5	-97.8	-265.1	995.2	.0	.0	.0
8	145.4	12.1	-82.4	-178.8	883.6	.0	.0	.0
9	144.3	14.1	-59.6	-41.3	726.9	.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		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	-4.0	4.0	-24.0	26.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	-12.0	13.0	-50.0	56.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	76.0	-83.0	45.0	-50.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	143.0	-157.0	130.0	-143.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	191.0	-211.0	193.0	-212.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	221.0	-243.0	234.0	-258.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	232.0	-255.0	255.0	-281.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	224.0	-246.0	246.0	-271.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	197.0	-217.0	217.0	-239.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	151.0	-166.0	166.0	-183.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	86.0	-95.0	94.0	-103.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

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)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	161.9	137.9	137.9	137.9	125.9
-1 I	1.4	27.4	27.4	27.4	62.4
0 S	176.3	126.3	126.3	126.3	101.3
0 I	191.6	247.6	247.6	247.6	321.6
1 S	304.9	349.9	349.9	408.9	329.9
1 I	324.2	274.2	274.2	13.2	363.2
2 S	141.2	271.2	271.2	375.2	253.2
2 I	510.8	367.8	367.8	-93.2	446.8
3 S	40.4	233.4	233.4	369.4	217.4
3 I	634.4	422.4	422.4	-175.6	491.4
4 S	-32.7	201.3	201.3	356.3	188.3
4 I	732.6	474.6	474.6	-210.4	534.6
5 S	-34.3	220.7	220.7	382.7	209.7
5 I	744.6	463.6	463.6	-252.4	513.6
6 S	-42.3	203.7	203.7	358.7	194.7
6 I	753.7	482.7	482.7	-202.3	522.7
7 S	-68.1	148.9	148.9	284.9	141.9
7 I	778.2	539.2	539.2	-58.8	569.2
8 S	-27.8	138.2	138.2	242.2	134.2

8	I	717.6	534.6	534.6	73.6	554.6
9	S	44.7	138.7	138.7	197.7	136.7
9	I	631.9	528.9	528.9	267.9	538.9

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	516.2	155.6	630.0	1301.8	9591.5
0	511.2	266.7	630.0	1407.9	10129.1
1	500.7	440.0	630.0	1570.8	10324.9
2	489.0	476.8	630.0	1595.8	10430.7
3	475.3	535.6	630.0	1640.9	10605.4
4	463.9	604.3	630.0	1698.2	10770.4
5	462.8	593.0	630.0	1685.8	10947.3
6	462.8	615.5	630.0	1708.2	10926.1
7	462.8	681.7	630.0	1774.5	10807.2
8	472.4	655.1	630.0	1757.5	10618.9
9	485.7	607.5	630.0	1723.2	10558.8

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	56.4	6.9	13.8	146.1	-2.3	.0	.0	.0
0	119.8	5.2	.8	165.3	156.8	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	121.2	-15.9	-12.0	198.7	353.4	.0	.0	.0
2	122.3	-16.5	-45.0	-1.6	579.2	.0	.0	.0
3	124.6	-10.5	-66.9	-130.4	732.1	.0	.0	.0
4	127.4	-4.4	-82.4	-219.1	842.8	.0	.0	.0
5	129.6	.0	-85.1	-230.8	866.2	.0	.0	.0
6	129.4	.0	-84.9	-230.3	864.5	.0	.0	.0
7	127.9	2.2	-84.0	-227.7	854.9	.0	.0	.0
8	124.8	10.4	-70.7	-153.4	758.1	.0	.0	.0
9	124.0	12.1	-51.2	-35.5	624.9	.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	-4.0	4.0	-24.0	26.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	-12.0	13.0	-50.0	56.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	76.0	-83.0	45.0	-50.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	143.0	-157.0	130.0	-143.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	191.0	-211.0	193.0	-212.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	221.0	-243.0	234.0	-258.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	232.0	-255.0	255.0	-281.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	224.0	-246.0	246.0	-271.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	197.0	-217.0	217.0	-239.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	151.0	-166.0	166.0	-183.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	86.0	-95.0	94.0	-103.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

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	142.1	118.1	118.1	118.1	106.1
-1	I	1.7	27.7	27.7	27.7	62.7
0	S	153.3	103.3	103.3	103.3	78.3
0	I	169.8	225.8	225.8	225.8	299.8
1	S	274.7	319.7	319.7	378.7	299.7
1	I	270.4	220.4	220.4	-40.6	309.4
2	S	141.4	271.4	271.4	375.4	253.4
2	I	422.2	279.2	279.2	-181.8	358.2
3	S	60.6	253.6	253.6	389.6	237.6
3	I	521.1	309.1	309.1	-288.9	378.1
4	S	1.9	235.9	235.9	390.9	222.9
4	I	599.8	341.8	341.8	-343.2	401.8
5	S	1.2	256.2	256.2	418.2	245.2
5	I	611.2	330.2	330.2	-385.8	380.2
6	S	-6.3	239.7	239.7	394.7	230.7
6	I	618.5	347.5	347.5	-337.5	387.5
7	S	-30.7	186.3	186.3	322.3	179.3
7	I	637.9	398.9	398.9	-199.1	428.9
8	S	-2.4	163.6	163.6	267.6	159.6
8	I	592.1	409.1	409.1	-51.9	429.1
9	S	50.5	144.5	144.5	203.5	142.5
9	I	529.9	426.9	426.9	165.9	436.9

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	114.	0.	114.
2	119.	0.	119.

1

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

1 obra de 1,30m+16,95m - Viga de Bordo - Segunda Protensao

COMPRIMENTO DOS VAOS E DOS BALANCOS (EM METROS)

16.60 1.30 .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	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. C1

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.65 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.50 /FINAL= .00 /

O CABO CONTRIBUI PARA A RESISTENCIA DA VIGA NO INTERVALO ENTRE AS SECOES 0 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.
0	1.30	2.00	14099.	11708.
1	1.20	-7.50	13707.	12099.
2	.88	-11.50	13414.	12392.
3	.54	-12.00	13330.	12477.
4	.25	-5.50	12903.	12903.
5	.20	.00	12545.	12545.
6	.20	.00	12493.	12493.
7	.23	4.50	12200.	12200.
8	.48	11.00	11809.	11809.
9	.81	11.00	11761.	11761.

1

GRUPO DE CABOS NUM. 2 (1 CABOS)

CABOS NUM. C3

ANCORAGENS VIVA-MORTA (CODIGO-1)

DISTANCIA ENTRE A ANCORAGEM DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /FINAL= 1.66 /

DESVIO ANGULAR ENTRE A ANCOR. DO CABO E A SECAO DE CALCULO MAIS PROXIMA /INIC= 1.00 /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	.68	7.00	14153.	11208.
0	.75	2.00	13825.	11536.
1	.65	-8.00	13412.	11949.
2	.38	-9.00	13298.	12062.
3	.14	-5.50	13042.	12318.
4	.08	.00	12680.	12680.
5	.08	.00	12628.	12628.
6	.08	.00	12575.	12575.
7	.08	.00	12523.	12523.
8	.11	4.00	12256.	12256.
9	.32	7.50	12020.	12020.

1

TENSAO MEDIA PONDERADA NOS CABOS (EM KG/CM2)

(NO TEMPO T = 0)

PERDA POR PROTENSAO SUCESSIVA = 74.8 KG/CM2

SECAO	EXCENTR. PONDERADA	NUM. TOTAL PONDERADO DE CABOS	TENSAO NO CABO MEDIO
-1	-.36	.99	11133.0
0	-.02	2.00	11547.1
1	-.22	1.98	11949.3
2	-.51	1.97	12152.0
3	-.80	1.97	12322.1
4	-.98	2.00	12716.8
5	-1.00	2.00	12511.7
6	-1.00	2.00	12459.6
7	-.99	2.00	12287.0
8	-.85	1.98	11959.6
9	-.58	1.97	11816.1

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	65.4	8.0	-23.8	24.9	133.5	.0	.0	.0

0	136.6	4.8	-2.3	106.8	117.5	.0	.0	.0
0 D		.0						
1	140.2	-19.1	-30.2	116.2	286.0	.0	.0	.0
2	141.5	-25.6	-72.2	73.9	480.0	.0	.0	.0
3	144.0	-22.2	-115.6	31.3	681.6	.0	.0	.0
4	150.2	-7.3	-146.7	5.5	831.1	.0	.0	.0
5	148.1	.0	-148.5	1.4	837.1	.0	.0	.0
6	147.5	.0	-147.9	1.4	833.6	.0	.0	.0
7	145.3	5.6	-143.6	3.5	811.4	.0	.0	.0
8	140.1	18.3	-119.4	23.3	695.2	.0	.0	.0
9	138.0	22.4	-80.2	61.8	513.2	.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		CARGA PERMAN. G3		C.MOVEL MAXIMA +		C.MOVEL MAXIMA -	
	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
-1	137.9	27.4	-3.0	9.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	126.3	247.6	-6.0	18.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	349.9	274.2	7.0	-31.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	271.2	367.8	17.0	-75.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	233.4	422.4	24.0	-107.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	201.3	474.6	29.0	-127.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	220.7	463.6	31.0	-136.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	203.7	482.7	30.0	-132.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	148.9	539.2	27.0	-117.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	138.2	534.6	20.0	-90.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	138.7	528.9	12.0	-51.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

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)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	162.8	159.8	159.8	159.8	147.8
-1 I	160.9	169.9	169.9	169.9	204.9
0 S	233.1	227.1	227.1	227.1	202.1
0 I	365.1	383.1	383.1	383.1	457.1
1 S	466.1	473.1	473.1	532.1	453.1
1 I	560.2	529.2	529.2	268.2	618.2
2 S	345.1	362.1	362.1	466.1	344.1
2 I	847.8	772.8	772.8	311.8	851.8
3 S	264.7	288.7	288.7	424.7	272.7
3 I	1104.0	997.0	997.0	399.0	1066.0
4 S	206.8	235.8	235.8	390.8	222.8
4 I	1305.7	1178.7	1178.7	493.7	1238.7
5 S	222.1	253.1	253.1	415.1	242.1
5 I	1300.7	1164.7	1164.7	448.7	1214.7
6 S	205.1	235.1	235.1	390.1	226.1
6 I	1316.3	1184.3	1184.3	499.3	1224.3
7 S	152.4	179.4	179.4	315.4	172.4
7 I	1350.6	1233.6	1233.6	635.6	1263.6
8 S	161.5	181.5	181.5	285.5	177.5

8	I	1229.8	1139.8	1139.8	678.8	1159.8
9	S	200.5	212.5	212.5	271.5	210.5
9	I	1042.1	991.1	991.1	730.1	1001.1

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	519.4	138.2	630.0	1287.6	9845.4
0	517.3	168.0	630.0	1315.3	10231.8
1	512.5	320.5	630.0	1463.1	10486.3
2	503.4	613.1	630.0	1746.5	10405.4
3	487.6	1035.9	630.0	2153.5	10168.6
4	475.1	1395.3	630.0	2500.4	10216.4
5	473.1	1403.3	630.0	2506.4	10005.3
6	473.1	1426.4	630.0	2529.5	9930.1
7	474.2	1469.9	630.0	2574.1	9712.9
8	484.3	1224.9	630.0	2339.2	9620.4
9	500.1	820.1	630.0	1950.2	9865.9

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	57.9	7.1	-21.1	22.0	118.0	.0	.0	.0
0	121.1	4.2	-2.1	94.6	104.1	.0	.0	.0
0 D	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1	123.0	-16.7	-26.5	101.9	251.0	.0	.0	.0
2	121.2	-22.0	-61.8	63.3	411.0	.0	.0	.0
3	118.8	-18.3	-95.4	25.8	562.5	.0	.0	.0
4	120.7	-5.8	-117.9	4.4	667.7	.0	.0	.0
5	118.5	.0	-118.7	1.1	669.4	.0	.0	.0
6	117.6	.0	-117.9	1.1	664.4	.0	.0	.0
7	114.8	4.5	-113.5	2.8	641.4	.0	.0	.0
8	112.7	14.7	-96.1	18.7	559.3	.0	.0	.0
9	115.2	18.7	-67.0	51.6	428.5	.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	118.1	27.7	-3.0	9.0	.0	.0	.0	.0	-12.0	35.0
0	103.3	225.8	-6.0	18.0	.0	.0	.0	.0	-25.0	74.0
1	319.7	220.4	7.0	-31.0	.0	.0	59.0	-261.0	-20.0	89.0
2	271.4	279.2	17.0	-75.0	.0	.0	104.0	-461.0	-18.0	79.0
3	253.6	309.1	24.0	-107.0	.0	.0	136.0	-598.0	-16.0	69.0
4	235.9	341.8	29.0	-127.0	.0	.0	155.0	-685.0	-13.0	60.0
5	256.2	330.2	31.0	-136.0	.0	.0	162.0	-716.0	-11.0	50.0
6	239.7	347.5	30.0	-132.0	.0	.0	155.0	-685.0	-9.0	40.0
7	186.3	398.9	27.0	-117.0	.0	.0	136.0	-598.0	-7.0	30.0
8	163.6	409.1	20.0	-90.0	.0	.0	104.0	-461.0	-4.0	20.0
9	144.5	426.9	12.0	-51.0	.0	.0	59.0	-261.0	-2.0	10.0

1

TENSOES NORMAIS NA VIGA PARA AS DIFERENTES FASES DE CARREGAMENTO

TEMPO T=INFINITO

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	140.1	137.1	137.1	137.1	125.1
-1	I	145.7	154.7	154.7	154.7	189.7
0	S	197.9	191.9	191.9	191.9	166.9
0	I	329.9	347.9	347.9	347.9	421.9
1	S	421.6	428.6	428.6	487.6	408.6
1	I	471.4	440.4	440.4	179.4	529.4
2	S	334.7	351.7	351.7	455.7	333.7
2	I	690.2	615.2	615.2	154.2	694.2
3	S	279.4	303.4	303.4	439.4	287.4
3	I	871.6	764.6	764.6	166.6	833.6
4	S	240.3	269.3	269.3	424.3	256.3
4	I	1009.5	882.5	882.5	197.5	942.5
5	S	257.3	288.3	288.3	450.3	277.3
5	I	999.6	863.6	863.6	147.6	913.6
6	S	240.8	270.8	270.8	425.8	261.8
6	I	1011.9	879.9	879.9	194.9	919.9
7	S	189.1	216.1	216.1	352.1	209.1
7	I	1040.3	923.3	923.3	325.3	953.3
8	S	182.3	202.3	202.3	306.3	198.3
8	I	968.4	878.4	878.4	417.4	898.4
9	S	196.1	208.1	208.1	267.1	206.1
9	I	855.4	804.4	804.4	543.4	814.4

1

ALONGAMENTO TEORICO DOS CABOS (EM MM)

=====

APOS A CRAVACAO DA ANCORAGEM

GRUPO DE CABOS	ALONG ESQ.	ALONG DIR.	ALONG TOTAL
1	114.	0.	114.
2	114.	0.	114.

6 - 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)	-	-	-	-	-	9	9
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-4	166	162	-24	138	25	163
	σ_i (tf/m ²)	4	-3	2	26	28	133	162
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	105	105
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-12	188	176	-50	126	107	233
	σ_i (tf/m ²)	13	179	192	56	248	117	365
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	92	92
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	76	229	305	45	350	116	466
	σ_i (tf/m ²)	-83	407	324	-50	274	286	560
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	16	16
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	143	-2	141	130	271	74	345
	σ_i (tf/m ²)	-157	668	510	-143	367	480	848
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-61	-61
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	191	-151	40	193	233	31	264
	σ_i (tf/m ²)	-211	846	635	-212	423	682	1105
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-112	-112
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	221	-254	-33	234	201	6	207
	σ_i (tf/m ²)	-243	976	733	-258	474	831	1306
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-118	-118
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	232	-266	-35	255	220	1	221
	σ_i (tf/m ²)	-255	1000	745	-281	464	837	1301
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-117	-117
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	224	-266	-43	246	204	1	205
	σ_i (tf/m ²)	-246	1000	753	-271	482	834	1316
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-112	-112
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	197	-265	-69	217	148	4	152
	σ_i (tf/m ²)	-217	995	779	-239	540	812	1352
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-72	-72
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	151	-179	-28	166	138	23	161
	σ_i (tf/m ²)	-166	883	717	-183	535	695	1230
S ₉	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-2	-2
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	86	-41	45	94	139	62	201
	σ_i (tf/m ²)	-95	727	632	-103	529	513	1042

Seção	G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-5	5	-19	0	-14	5
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-3	160	-12	0	148	160
	σ_i (tf/m ²)	9	170	35	0	206	170
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-10	96	-39	0	56	96
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-6	227	-25	0	202	227
	σ_i (tf/m ²)	18	383	74	0	457	383
S ₁	σ_s (tf/m ²)	12	104	-36	105	69	209
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	7	473	-20	59	453	532
	σ_i (tf/m ²)	-31	529	89	-261	618	268
S ₂	σ_s (tf/m ²)	30	46	-32	185	14	231
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	17	362	-18	104	344	466
	σ_i (tf/m ²)	-75	773	79	-461	852	312
S ₃	σ_s (tf/m ²)	43	-18	-28	240	-46	222
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	24	289	-16	136	273	424
	σ_i (tf/m ²)	-107	998	69	-598	1067	399
S ₄	σ_s (tf/m ²)	51	-61	-24	275	-85	214
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	29	236	-13	155	222	391
	σ_i (tf/m ²)	-127	1178	60	-685	1238	493
S ₅	σ_s (tf/m ²)	54	-63	-20	288	-83	224
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	31	252	-11	162	241	415
	σ_i (tf/m ²)	-136	1166	50	-716	1215	449
S ₆	σ_s (tf/m ²)	53	-64	-16	275	-80	211
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	30	235	-9	155	226	391
	σ_i (tf/m ²)	-132	1184	40	-685	1223	498
S ₇	σ_s (tf/m ²)	47	-65	-12	240	-77	176
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	27	178	-7	136	171	314
	σ_i (tf/m ²)	-117	1235	30	-598	1265	636
S ₈	σ_s (tf/m ²)	36	-36	-8	185	-44	149
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	20	182	-4	104	177	286
	σ_i (tf/m ²)	-90	1140	20	-461	1160	679
S ₉	σ_s (tf/m ²)	20	18	-4	105	14	123
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	12	212	-2	59	210	271
	σ_i (tf/m ²)	-51	991	10	-261	1001	730

Tempo T = 00

Fase 7 = Fase4 + $\Delta\sigma$
 F8 = F7 + CM_{mínima}

F9 = F7 + CM_{máxima}
 $\Delta\sigma = \sigma_{t=\infty} - \sigma_{t=0}$

1ª prot

Seção	Tempo T = ∞			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)
SExtBal	-	0	0	-	0	0	-	0	0
S1/2Bal	-	146	-2	-	166	-3	-	-20	1
0	-	165	157	-	188	179	-	-23	-22
1	-	199	353	-	229	407	-	-30	-54
2	-	-2	580	-	-2	668	-	0	-88
3	-	-131	733	-	-151	846	-	20	-113
4	-	-220	844	-	-254	976	-	34	-132
5	-	-231	867	-	-266	1000	-	35	-132
6	-	-230	865	-	-266	1000	-	36	-134
7	-	-228	856	-	-265	995	-	37	-140
8	-	-154	759	-	-179	883	-	25	-124
9	-	-35	625	-	-41	727	-	6	-102
10	-	0	0	-	0	0	-	0	0

2ª prot

Seção	Tempo T = ∞			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)
SExtBal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1/2Bal	8	22	118	9	25	133	-1	-3	-15
0	93	95	104	105	107	117	-12	-12	-13
1	81	102	251	92	116	286	-11	-14	-35
2	14	63	411	16	74	480	-2	-11	-69
3	-51	26	563	-61	31	682	11	-6	-119
4	-90	4	668	-112	6	831	22	-1	-163
5	-94	1	669	-118	1	837	24	0	-168
6	-93	1	665	-117	1	834	24	0	-169
7	-88	3	642	-112	4	812	23	-1	-170
8	-58	19	559	-72	23	695	14	-5	-136
9	-2	52	429	-2	62	513	0	-10	-85
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
S1/2Bal	-1	-23	-15
0	-12	-35	-35
1	-11	-45	-89
2	-2	-11	-157
3	11	15	-232
4	22	33	-295
5	24	35	-300
6	24	36	-303
7	23	36	-310
8	14	20	-260
9	0	-4	-187
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)	5	-1	4	-19	0	-15	4
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	160	-23	137	-12	0	125	137
	σ_i (tf/m ²)	170	-15	156	35	0	191	156
		0						
S ₀	σ_s (tf/m ²)	96	-12	83	-39	0	44	83
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	227	-35	192	-25	0	167	192
	σ_i (tf/m ²)	383	-35	348	74	0	422	348
		0						
S ₁	σ_s (tf/m ²)	104	-11	93	-36	105	57	198
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	473	-45	429	-20	59	408	488
	σ_i (tf/m ²)	529	-89	440	89	-261	530	179
		0						
S ₂	σ_s (tf/m ²)	46	-2	44	-32	185	12	229
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	362	-11	351	-18	104	333	455
	σ_i (tf/m ²)	773	-157	616	79	-461	695	155
		0						
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-18	11	-8	-28	240	-36	233
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	289	15	303	-16	136	287	439
	σ_i (tf/m ²)	998	-232	766	69	-598	835	167
		0						
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-61	22	-39	-24	275	-63	236
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	236	33	269	-13	155	255	424
	σ_i (tf/m ²)	1178	-295	883	60	-685	943	198
		0						
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-63	24	-39	-20	288	-59	248
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	252	35	287	-11	162	276	450
	σ_i (tf/m ²)	1166	-300	865	50	-716	915	149
		0						
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-64	24	-40	-16	275	-56	235
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	235	36	271	-9	155	262	426
	σ_i (tf/m ²)	1184	-303	880	40	-685	920	195
		0						
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-65	23	-41	-12	240	-53	199
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	178	36	215	-7	136	208	350
	σ_i (tf/m ²)	1235	-310	925	30	-598	955	327
		0						
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-36	14	-22	-8	185	-30	163
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	182	20	202	-4	104	198	307
	σ_i (tf/m ²)	1140	-260	880	20	-461	900	419
		0						
S ₉	σ_s (tf/m ²)	18	0	18	-4	105	14	123
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	212	-4	208	-2	59	206	267
	σ_i (tf/m ²)	991	-187	804	10	-261	814	543

7 - 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 _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	9	9
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-4	166	162	-4	158	25	183
	σ_i (tf/m ²)	4	-3	2	4	6	133	140
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	105	105
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	-12	188	176	-12	164	107	271
	σ_i (tf/m ²)	13	179	192	13	205	117	323
S ₁	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	92	92
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	76	229	305	76	381	116	497
	σ_i (tf/m ²)	-83	407	324	-83	240	286	526
S ₂	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	16	16
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	143	-2	141	143	284	74	358
	σ_i (tf/m ²)	-157	668	510	-157	353	480	833
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-61	-61
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	191	-151	40	191	232	31	263
	σ_i (tf/m ²)	-211	846	635	-211	424	682	1106
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-112	-112
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	221	-254	-33	221	188	6	193
	σ_i (tf/m ²)	-243	976	733	-243	489	831	1320
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-118	-118
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	232	-266	-35	232	197	1	198
	σ_i (tf/m ²)	-255	1000	745	-255	490	837	1327
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-117	-117
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	224	-266	-43	224	181	1	182
	σ_i (tf/m ²)	-246	1000	753	-246	507	834	1341
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-112	-112
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	197	-265	-69	197	128	4	131
	σ_i (tf/m ²)	-217	995	779	-217	562	812	1374
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-72	-72
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	151	-179	-28	151	123	23	146
	σ_i (tf/m ²)	-166	883	717	-166	551	695	1246
S ₉	σ_s (tf/m ²)	-	-	-	-	-	-2	-2
	σ^{\cdot}_s (tf/m ²)	86	-41	45	86	132	62	193
	σ_i (tf/m ²)	-95	727	632	-95	537	513	1050

Seção	G3	Fase 4	CM _{mínima}	CM _{máxima}	Fase 5	Fase 6	
S _{1/2Bal}	σ_s (tf/m ²)	-2	7	-13	0	-6	7
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-1	181	-8	0	173	181
	σ_i (tf/m ²)	4	144	25	0	169	144
					0	0	
S ₀	σ_s (tf/m ²)	-5	100	-27	0	73	100
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	-3	268	-17	0	251	268
	σ_i (tf/m ²)	9	332	53	0	385	332
					0	0	
S ₁	σ_s (tf/m ²)	5	97	-25	76	72	173
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	3	500	-14	42	486	542
	σ_i (tf/m ²)	-14	512	64	-195	577	317
					0	0	
S ₂	σ_s (tf/m ²)	13	30	-25	134	5	164
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	8	366	-14	75	352	441
	σ_i (tf/m ²)	-35	798	64	-344	863	454
					0	0	
S ₃	σ_s (tf/m ²)	19	-42	-19	175	-61	133
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	11	274	-11	97	263	371
	σ_i (tf/m ²)	-50	1056	50	-447	1106	609
					0	0	
S ₄	σ_s (tf/m ²)	23	-89	-17	200	-106	111
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	13	206	-9	111	197	317
	σ_i (tf/m ²)	-60	1261	43	-512	1304	749
					0	0	
S ₅	σ_s (tf/m ²)	25	-93	-14	209	-107	116
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	14	212	-8	116	204	328
	σ_i (tf/m ²)	-64	1263	36	-535	1299	728
		0			0	0	
S ₆	σ_s (tf/m ²)	24	-93	-11	200	-104	107
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	13	196	-6	111	190	307
	σ_i (tf/m ²)	-62	1279	29	-512	1307	767
		0			0	0	
S ₇	σ_s (tf/m ²)	21	-90	-8	175	-98	85
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	12	143	-5	97	139	241
	σ_i (tf/m ²)	-55	1319	21	-447	1340	872
		0			0	0	
S ₈	σ_s (tf/m ²)	16	-56	-6	134	-61	78
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	9	156	-3	75	152	230
	σ_i (tf/m ²)	-42	1204	14	-344	1218	860
		0			0	0	
S ₉	σ_s (tf/m ²)	9	7	-3	76	4	83
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	5	199	-2	42	197	241
	σ_i (tf/m ²)	-24	1026	7	-195	1033	831

Tempo T = 00

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

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

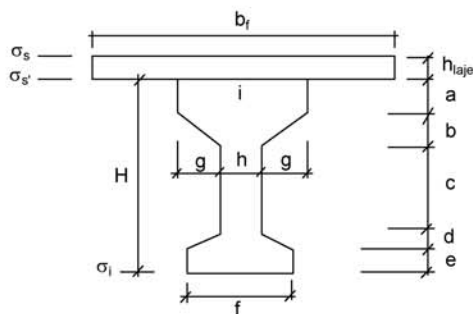
$$\text{F8} = \text{F7} + \text{CM}_{\text{mínima}}$$

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

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)	7	-1	6	-13	0	-7	6
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	181	-23	158	-8	0	150	158
	σ_i (tf/m ²)	144	-15	129	25	0	155	129
S ₀	σ_s (tf/m ²)	100	-12	88	-27	0	61	88
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	268	-35	233	-17	0	216	233
	σ_i (tf/m ²)	332	-35	297	53	0	350	297
S ₁	σ_s (tf/m ²)	97	-11	86	-25	76	61	162
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	500	-45	455	-14	42	441	498
	σ_i (tf/m ²)	512	-89	424	64	-195	488	229
S ₂	σ_s (tf/m ²)	30	-2	27	-25	134	2	162
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	366	-11	355	-14	75	341	430
	σ_i (tf/m ²)	798	-157	641	64	-344	705	297
S ₃	σ_s (tf/m ²)	-42	11	-31	-19	175	-51	143
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	274	15	289	-11	97	278	386
	σ_i (tf/m ²)	1056	-232	824	50	-447	874	377
S ₄	σ_s (tf/m ²)	-89	22	-67	-17	200	-84	133
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	206	33	239	-9	111	230	351
	σ_i (tf/m ²)	1261	-295	966	43	-512	1009	453
S ₅	σ_s (tf/m ²)	-93	24	-69	-14	209	-83	140
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	212	35	247	-8	116	240	364
	σ_i (tf/m ²)	1263	-300	963	36	-535	999	428
S ₆	σ_s (tf/m ²)	-93	24	-69	-11	200	-80	131
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	196	36	231	-6	111	225	343
	σ_i (tf/m ²)	1279	-303	975	29	-512	1004	463
S ₇	σ_s (tf/m ²)	-90	23	-67	-8	175	-75	108
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	143	36	180	-5	97	175	277
	σ_i (tf/m ²)	1319	-310	1009	21	-447	1031	562
S ₈	σ_s (tf/m ²)	-56	14	-42	-6	134	-47	93
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	156	20	176	-3	75	173	251
	σ_i (tf/m ²)	1204	-260	944	14	-344	958	600
S ₉	σ_s (tf/m ²)	7	0	7	-3	76	4	83
	$\sigma^{\cdot}s$ (tf/m ²)	199	-4	194	-2	42	193	237
	σ_i (tf/m ²)	1026	-187	839	7	-195	846	644

8 - 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:

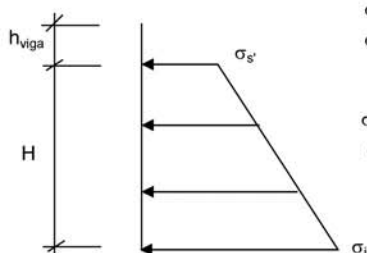
Concreto: f_{ck} (MPa) = 30.0

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

$\sigma_s' \text{ (tf/m}^2\text{)} = 287.3$

$\sigma_i \text{ (tf/m}^2\text{)} = 865.4$

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

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

$$\sigma_{sp}^{t=\infty} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 104,856$$

Solicitações atuantes na seção S₅

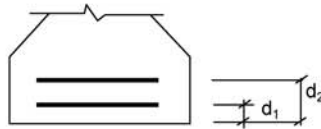
M_{g1} (tf.m) = 37.8

M_{g2} (tf.m) = 41.5

M_{g3} (tf.m) = 29.6

M_p (tf.m) = 156.2

Cálculo do C.G. da armadura de protensão

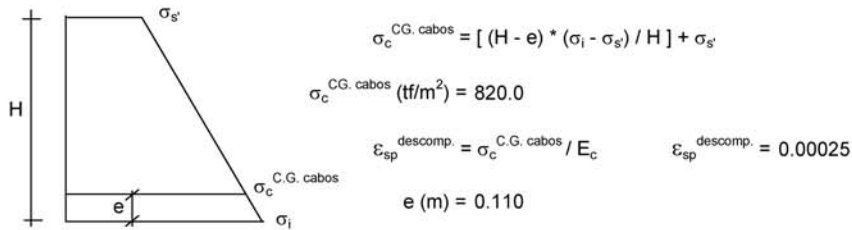


1ª camada: n° cabos = 3
 d_1 (m) = 0.08
 2ª camada: n° cabos = 1
 d_2 (m) = 0.2
 C.G. (cm) = 0.110

Cálculo do pré-alongamento da armadura

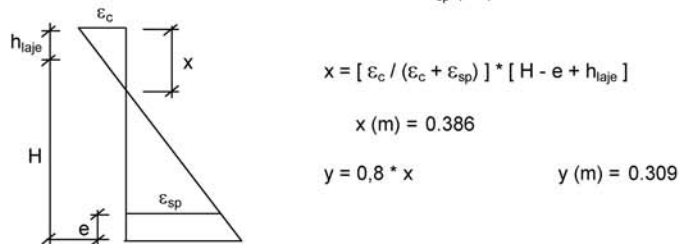
$\epsilon_{sp}^{pré-along.} = \sigma_{sp}^{t=00} / E_{sp}$ $\epsilon_{sp}^{pré-along.} = 0.0054$

Cálculo da deformação específica devida a descompressão do concreto

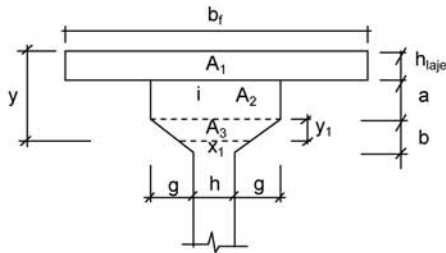


1ª Tentativa:

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



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) = -0.011
- x_1 (m) = 0.868
- y (m) = 0.309

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

- A_1 (m²) = 0.505
- A_2 (m²) = 0.087
- A_3 (m²) = 0.000

$$R_{cc} (tf) = 1078.7$$

Cálculo da resultante de tração

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

$$\epsilon_{sp}^{total} (\%) = 15.63$$

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

$$\sigma_{sp} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 15,763$$

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

$$A_{sp}^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.7$$

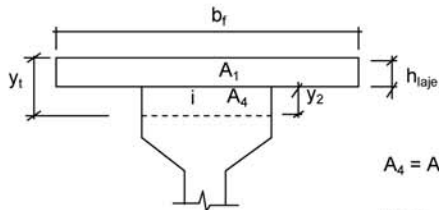
$$R_{st} = A_{sp}^{total} * \sigma_{sp}$$

$$R_{st} (tf) = 373.3$$

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

Logo devemos ter:

$$R_{cc} = R_{st} (tf) = 373.3$$



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

$$A_1 \text{ (m}^2\text{)} = 0.505$$

$$A_c^{total} \text{ (m}^2\text{)} = 0.205$$

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

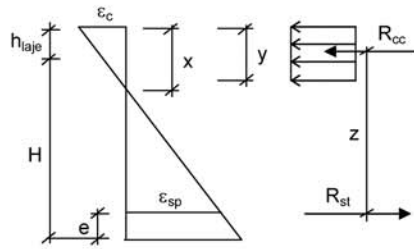
logo: y_2 (m) = 0.000

$$y_t \text{ (m)} = 0.0812 \quad y_t < h_{\text{laje}}$$

$$x = y_t / 0,8 \quad x \text{ (m)} = 0.101$$

Cálculo do C.G da mesa comprimida

$$y_{C.G.} = \Sigma(A_i * y_i) / \Sigma A_i \quad y_{C.G.} \text{ (m)} = 0.0406$$



$$z = H + h_{\text{laje}} - y_{C.G} - e \quad z \text{ (m)} = 1.449$$

Assim temos:

$$M_u = R_{cc} * z \quad M_u \text{ (tf.m)} = 541.0$$

$$M_d = 1,4 * (M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} + M_p) \quad M_d \text{ (tf.m)} = 371.0$$

Então: $M_u / M_d = 1.46 > 1,00$ (Atende)
Ruptura unicamente pelo escoamento do aço

9 - Os quadros a seguir apresentam o cálculo do cisalhamento
Esforços cortantes característicos

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

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

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

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

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

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	-1.8	-7.6	-4.2	14.0	16.6	0.0	8.7	0.4
0 esq	-3.0	-8.4	-4.8	9.4	17.8	0.0	-6.8	2.1
0 dir	10.3	11.4	8.1	0.0	38.7	0.0	49.2	29.8
1	7.5	9.3	6.6	-32.6	33.3	-0.4	-9.4	7.4
2	5.7	7.2	5.0	-38.5	28.1	-3.4	-22.3	-6.5
3	3.8	5.1	3.4	-28.8	23.3	-6.7	-19.7	-4.8
4	2.0	3.1	1.9	-10.2	18.7	-10.3	-8.4	6.1
5	0.1	0.2	0.3	0.0	14.5	-14.2	8.0	-6.4

Verificação do concreto

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

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

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

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

Seção	V_{sd} (tf)	b_w (m)	$\Sigma \phi/2$ (m)	b_w^{nom} (m)	d (m)	V_{rd2} (tf)
1/2 bal	16.9	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
0 esq	-14.3	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
0 dir	96.0	0.50	0.028	0.500	1.45	507.5
1	50.0	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
2	29.8	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
3	24.0	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
4	26.7	0.18	0.028	0.153	1.45	154.8
5	21.3	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	-0.8	-4.7	-2.5	-10.4	-25.8
0 esq	-2.4	-9.9	-5.4	-21.6	-55.0
0 dir	-2.4	7.4	-5.4	-21.6	-30.9
1	12.4	7.4	6.7	57.0	116.8
2	23.3	21.1	16.3	100.5	225.7
3	31.2	31.4	23.3	130.4	302.9
4	36.0	38.2	27.7	149.4	351.9
5	37.8	41.5	29.6	156.2	371.0

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

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

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

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

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

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	146	0.197	22	0.865	43.00	2.000
0 esq	165	0.197	95	0.865	102.94	2.000
0 dir	165	0.197	95	0.865	102.94	2.000
1	580	0.148	251	0.218	126.45	2.000
2	733	0.148	411	0.218	178.28	1.790
3	844	0.148	563	0.218	222.81	1.736
4	867	0.148	668	0.218	246.57	1.701
5	865	0.148	669	0.218	246.57	1.665

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	136.1
0 dir	0.500	1.450	136.1
1	0.153	1.450	41.5
2	0.153	1.450	37.2
3	0.153	1.450	36.0
4	0.153	1.450	35.3
5	0.153	1.450	34.6

Parcela do cortante absorvida pela armadura transversal

Seção	V_{sd} (tf)	V_{cd} (tf)	V_{wd} (tf)
1/2 bal	16.9	136.1	0.00
0 esq	14.3	136.1	0.00
0 dir	96.0	136.1	0.00
1	50.0	41.5	8.47
2	29.8	37.2	0.00
3	24.0	36.0	0.00
4	26.7	35.3	0.00
5	21.3	34.6	0.00

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_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	0.0	0.00	0.00
1	0.18	8.5	1.49	8.29
2	0.18	0.0	0.00	0.00
3	0.18	0.0	0.00	0.00
4	0.18	0.0	0.00	0.00
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	8.73	0.41	90.76	0.00000	0	0
0 esq	-6.83	2.09	90.76	0.00000	0	0
0 dir	49.18	29.83	90.76	0.00000	0	0
1	-9.39	7.44	27.68	0.00083	0	0
2	-22.29	-6.55	24.77	0.00000	0	0
3	-19.73	-4.75	24.02	0.00000	0	0
4	-8.44	6.08	23.54	0.00000	0	0
5	7.96	-6.40	23.04	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}	$\rho_{wu} \times f.f.$	$\rho_{wu} \times f.f.$ 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	0.00	0.00		
				15.0	30.8
1	0.18	8.29	8.29		
				15.0	58.1
2	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
3	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
4	0.18	0.00	0.00		
				15.0	58.1
5	0.18	0.00	0.00		

10 - Verificação dos Aparelhos de Apoio
Apoio1
Viga de Bordo
Dimensões do aparelho

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

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

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 13.3$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 20.5$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 12.9$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 45.9$$

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

Tensão normal máxima

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

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 92.6$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 771.3 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

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

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 46.7$$

$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 389.0 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

Viga Central
Dimensões do aparelho

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

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

Esforços atuantes

$$N_{g1} \text{ (tf)} = 13.3$$

$$N_{g2} \text{ (tf)} = 18.8$$

$$N_{g3} \text{ (tf)} = 6.3$$

$$N_{CM_max} \text{ (tf)} = 34.8$$

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

Tensão normal máxima

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

$$N_{max} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_max} \quad N_{max} \text{ (tf)} = 73.3$$

$$\sigma_{max} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 610.5 \leq 1.500 \text{ tf/m}^2$$

Tensão normal mínima

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

$$N_{min} = N_{g1} + N_{g2} + N_{g3} + N_{CM_min} \quad N_{min} \text{ (tf)} = 38.5$$

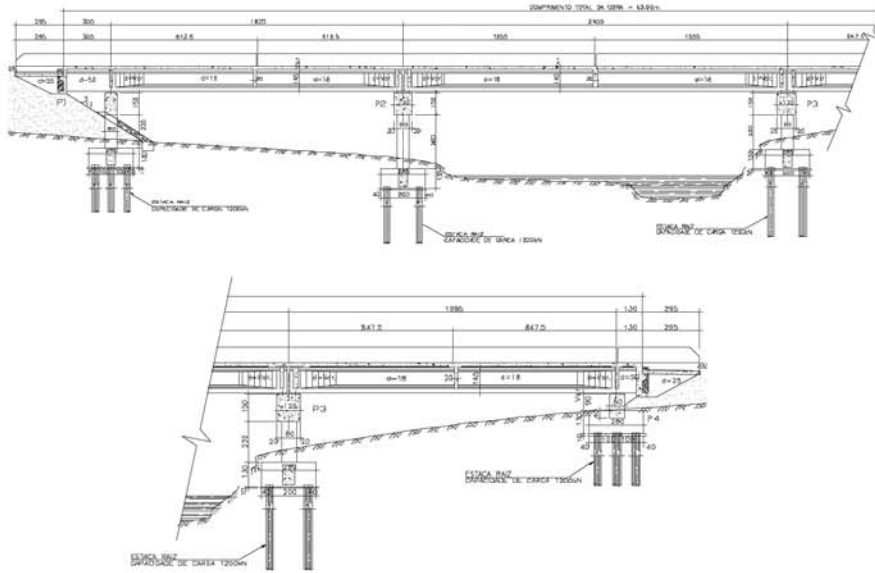
$$\sigma_{min} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 320.5 \geq 200 \text{ tf/m}^2$$

4.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Quatro linhas de apoio, as três primeiras com pilares de respectivamente 2,20 m, 3,60 m e 2,30 m de altura e a última com travessa assentada diretamente sobre os blocos de fundação, para as obras de 63,50 m com um vão de 24,00 m e dois vãos de 16,95 m com balanços de 1,30 m.

Cálculo da Infraestrutura - (1 vão de 18,25m, 1 vão de 16,95m e 1 vão de 24,00m com balanços de 3,00m e 1,30m)

1 - Sistema estrutural

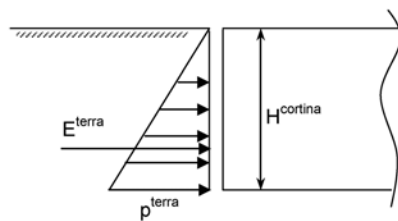


- $L_{vão1}$ (m) = 18.25
- $L_{vão2}$ (m) = 24.00
- $L_{vão3}$ (m) = 16.95
- L_{bal_esq} (m) = 3.00
- L_{bal_dir} (m) = 1.30

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.85$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

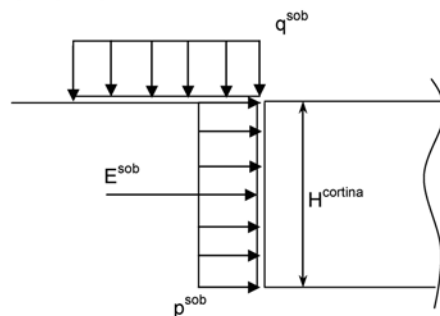
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.110$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} \text{ (tf)} = 13.3$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{\text{mult}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.85$$

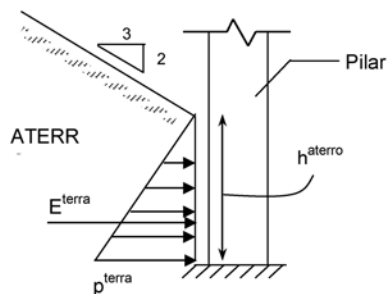
$$p^{\text{sob}} = K_a \times q^{\text{sob}}$$

$$p^{\text{sob}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{\text{sob}} = p^{\text{sob}} \times L^{\text{obra}} \times H^{\text{cortina}}$$

$$E_{\text{sob}} \text{ (tf)} = 4.0$$

2.1.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos



$$K_a = 0.75$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$h^{\text{aterro P1}} \text{ (m)} = 2.20$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.80$$

$$h^{\text{aterro P4}} \text{ (m)} = 0.00$$

$$b^{\text{pilar}} \text{ (m)} = 0.00$$

$$p^{terra} = K_a \times \gamma^{solo} \times h^{aterro}$$

$$p^{terra P1} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2.97$$

$$p^{terra P4} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.00$$

$$E_{terra} = ((p^{terra} \times h^{aterro})/2) \times 3b^{ pilar}$$

$$E_{terra P1} \text{ (tf)} = 7.84$$

$$E_{terra P4} \text{ (tf)} = 0.00$$

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:

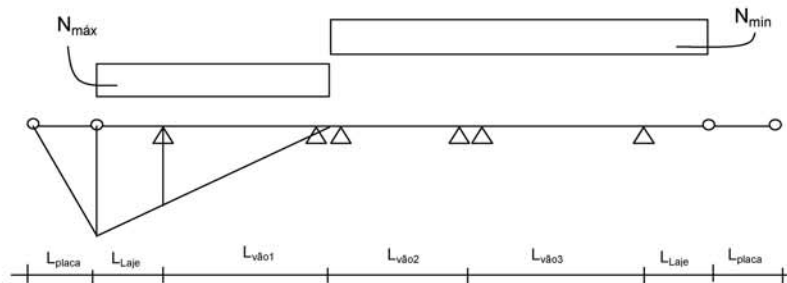
$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65 \qquad \alpha = 0.00001$$

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	$L^{V\grave{a}o1}$ (m) = 18.25
q^{mult} (tf/m ²) = 0.5	L^{bal_esq} (m) = 3.00	$L^{V\grave{a}o2}$ (m) = 24.00
$Larg^{obra}$ (m) = 13.00	L^{bal_dir} (m) = 1.30	$L^{V\grave{a}o3}$ (m) = 16.95

Linha de influência da reação máxima em P1 e P4



1ª Hipótese - N_{máx}

$$30\% \text{ do peso do veículo tipo} = 0,30 \times P^{concentrado}$$

$$5\% \text{ da carga de multidão} = 0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80) \times L^{Bal_esq+V\grave{a}o1} \text{ para PTC}$$

$$5\% \text{ da carga de multidão} = 0,05 \times q^{mult} \times (L^{obra} - 0,80)/2 \times L^{Bal_esq+V\grave{a}o1} \text{ para PMC}$$

$$F^{fren} \text{ (tf)} \geq \begin{cases} 13.50 \\ 6.48 \text{ ponte totalmente carregada} \\ 3.24 \text{ ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - Nmin

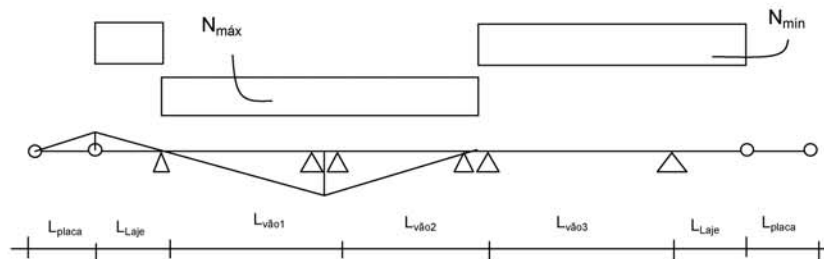
30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times d^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal_dir+v\~ao2+v\~ao3}}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times d^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal_dir+v\~ao2+v\~ao3}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}} (\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 12.89 & \text{ponte totalmente carregada} \\ 6.44 & \text{ponte metade carregada} \end{cases}$$

Linha de influência da reação máxima em P2 e P3



1ª Hipótese - Nmáx

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times d^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{vão1+v\~ao2}}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times d^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{vão1+v\~ao2}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}} (\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 12.89 & \text{ponte totalmente carregada} \\ 6.44 & \text{ponte metade carregada} \end{cases}$$

2ª Hipótese - Nmin

30% do peso do veículo tipo = $0,30 \times P^{\text{concentrado}}$

5% da carga de multidão = $0,05 \times d^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80) \times L^{\text{bal_esq+v\~ao3+bal_dir}}$ para PTC

5% da carga de multidão = $0,05 \times d^{\text{mult}} \times (L^{\text{obra}} - 0,80)/2 \times L^{\text{bal_esq+v\~ao3+bal_dir}}$ para PMC

$$F^{\text{fren}} (\text{tf}) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 6.48 & \text{ponte totalmente carregada} \\ 3.24 & \text{ponte metade carregada} \end{cases}$$

2.2 Direção transversal

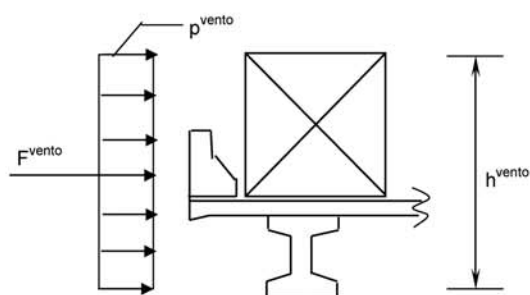
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo com o prescreve a NBR-6123

$$p_{\text{vento}} = C_x \cdot (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$C_x = 1.60$$



$$h_{\text{vento}}^{\text{m}} = 2.00 + h_{\text{viga}} + e_{\text{laje}} + e_{\text{pav}}$$

$$h_{\text{vento}}^{\text{m}} = 3.745$$

$$L^{\text{obra}}^{\text{m}} = 63.500$$

$$V_o \text{ (m/s)} = 40.00$$

$$S_2 = 1.00$$

$$V_k \text{ (m/s)} = 40.0$$

$$S_1 = 1.00$$

$$S_3 = 1.00$$

$$p_{\text{vento}}^{\text{tf/m}^2} = 0.160$$

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = p_{\text{vento}} \times L^{\text{obra}} \times h_{\text{vento}}$$

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 38.0$$

3 - Cálculo das rizezas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio (n)} = 5$$

$$S_1 \text{ apar (m}^2\text{)} = 0.15$$

$$G \text{ (tf/m}^2\text{)} = 100.0$$

$$h_{\text{borr}} \text{ (m)} = 0.03$$

$$k_{\text{transv}}^{\text{neop}} = k_{\text{long}}^{\text{neop}} = (n \cdot G \cdot S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2500.0$$

3.1.2 - Pilares

$$f_{ck}^{\text{pilar}} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 4.35$$

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

- longitudinal

$$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} (m^4) = 0.0341$$

$$E_c (tf/m^2) = 9,5 \times (fckj + 8)^{1/3}$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_1^{\text{long}} (tf/m) = 7177.5$$

- transversal

$$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (m^4) = 0.0341$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_1^{\text{transv}} (tf/m) = 7177.5$$

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_1 (tf/m) = 1854.2$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_1 (tf/m) = 1854.2$$

3.2 - Linha de apoio 2

3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 10$$

$$S_1 \text{ apar } (m^2) = 0.12$$

$$G (tf/m^2) = 100$$

$$h (m) = 0.03$$

$$k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n \cdot G \cdot S) / h_{\text{barr}}$$

$$K^{\text{neop}} (tf/m) = 4000.0$$

3.2.2 - Pilares

$$fck_{\text{pilar}} (MPa) = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 5.75$$

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

- longitudinal

$$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} (m^4) = 0.0427$$

$$E_c (tf/m^2) = 9,5 \times (fckj + 8)^{1/3}$$

$$E_c (tf/m^2) = 2,884,760$$

$$K_2^{\text{long}} (tf/m) = 3884.6$$

- transversal

$$K = n \cdot 3 \cdot E \cdot J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (\text{m}^4) = 0.0667$$

$$E_c (\text{tf/m}^2) = 2,884,760$$

$$K_2^{\text{transv}} (\text{tf/m}) = 6069.7$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_2 (\text{tf/m}) = 1970.7$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_2 (\text{tf/m}) = 2411.1$$

3.3 - Linha de apoio 3
3.3.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) = 10$$

$$S_1 \text{ apar } (\text{m}^2) = 0.12$$

$$G (\text{tf/m}^2) = 100$$

$$h (\text{m}) = 0.03$$

$$k^{\text{neop transv}} = k^{\text{neop long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} (\text{tf/m}) = 4000.0$$

3.3.2 - Pilares

$$f_{ck \text{ pilar}} (\text{MPa}) = 20$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2$$

$$h_{\text{total}} = 4.45$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{long}} (\text{m}^4) = 0.0427$$

$$E_c (\text{tf/m}^2) = 9,5 \times (f_{ck} + 8)^{1/3}$$

$$E_c (\text{tf/m}^2) = 2,884,760$$

$$K_3^{\text{long}} (\text{tf/m}) = 8380.5$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{\text{transv}} (\text{m}^4) = 0.0667$$

$$E_c (\text{tf/m}^2) = 2,884,760$$

$$K_3^{\text{transv}} (\text{tf/m}) = 13094.5$$

3.3.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pillar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_3 (tf/m) = 2707.6$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_3 (tf/m) = 3064.0$$

3.4 - Linha de apoio 4

3.4.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

nº de aparelhos de apoio (n) = 5

$$S_{1 \text{ apar}} (m^2) = 0.15$$

$$G (tf/m^2) = 100$$

$$h (m) = 0.03$$

$$k_{transv}^{neop} = k_{long}^{neop} = (n * G * S) / h_{barr}$$

$$K^{neop} (tf/m) = 2500.0$$

3.4.2 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/k_{neop}) + (1/k_{pillar}))$$

- longitudinal

$$K^{long - conj}_4 (tf/m) = 2500.0$$

- transversal

$$K^{transv - conj}_4 (tf/m) = 2500.0$$

3.5 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K^{long}_{conj} = 9032.5$$

$$\mu^{long}_1 = 0.2053$$

$$\mu^{long}_2 = 0.2182$$

$$\mu^{long}_3 = 0.2998$$

$$\mu^{long}_4 = 0.2768$$

- transversal

$$\sum K^{transv}_{conj} = 9829.3$$

$$\mu^{transv}_1 = 0.1886$$

$$\mu^{transv}_2 = 0.2453$$

$$\mu^{transv}_3 = 0.3117$$

$$\mu^{transv}_4 = 0.2543$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1854.2	1854.2	0.20528	0.18864
2	1970.7	2411.1	0.21818	0.24530
3	2707.6	3064.0	0.29977	0.31172
4	2500.0	2500.0	0.27678	0.25434
Total	9032.5	9829.3	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

$$F^1 (tf) = 2.74$$

$$F^2 (tf) = 2.91$$

$$F^3 (tf) = 4.00$$

$$F^4 (tf) = 3.69$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 0.82$$

$$F^2 (tf) = 0.87$$

$$F^3 (tf) = 1.20$$

$$F^4 (tf) = 1.11$$

4.3 - Empuxo de terra nos pilares extremos (para cada pilar)
(aplicado diretamente sobre os pilares)

$$\text{Pilar}^{\text{apoio1}} (tf) = 7.84$$

$$\text{Pilar}^{\text{apoio4}} (tf) = 0.00$$

4.4 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.c.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \quad F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \quad X_{c.e. \text{ Longitudinal}} (m) = 35.6$$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1854.2	32.56	39.24
2	1970.7	14.31	18.33
3	2707.6	9.69	17.05
4	2500.0	26.64	43.29

4.5 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de $N_{máx}$
- PTC

F^1 (tf) = 2.8
 F^2 (tf) = 2.9
 F^3 (tf) = 4.0
 F^4 (tf) = 3.7

- PMC

F^1 (tf) = 2.8
 F^2 (tf) = 2.9
 F^3 (tf) = 4.0
 F^4 (tf) = 3.7

Hipótese de $N_{mín}$
- PTC

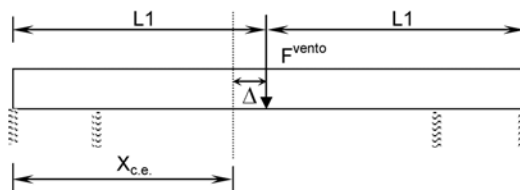
F^1 (tf) = 2.8
 F^2 (tf) = 2.9
 F^3 (tf) = 4.0
 F^4 (tf) = 3.7

- PMC

F^1 (tf) = 2.8
 F^2 (tf) = 2.9
 F^3 (tf) = 4.0
 F^4 (tf) = 3.7

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$L1$ (m) = 31.75
 $X_{c.e. Transversal}$ (m) = 35.70
 Δ (m) = 3.954
 F_{vento} (tf) = 38.05

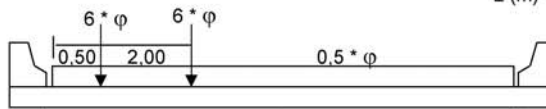
$$F^T_i = F_{vento} * K_{i Trans} * [(1 / \sum K_{i Trans}) \pm (\Delta * X_i) / (\sum (K_{i Trans} * X_i^2))]$$

Linha	$K_{i Trans}$ (tf/m)	X_i (m)	$K_{i Trans} * X_i^2$	F^T_i (tf)
1	1854.2	-32.70	1983141	5.06
2	2411.1	-14.45	503722.2	8.11
3	3064.0	9.55	279208.3	12.88
4	2500.0	24.80	1537094	11.84
TOTAL	9829.3		4303165	37.90

Cálculo dos Esforços na Infra-Estrutura provenientes da superestrutura

PTC

L (m) = 12.20



$$P = 2 * 6 * \varphi$$

$$p = 0,5 * \varphi * L$$

$$Mt = 6 * \varphi * (0,5 * L - 0,5 + 0,5 * L - 2,50)$$

$$mt = 0$$

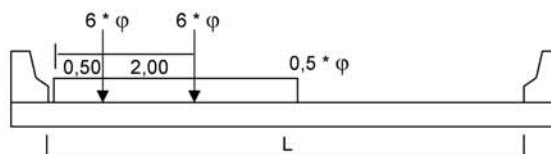
Trem-Tipo Flexão

Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	17.90	1.275	7.776
L2	23.30	1.237	7.545
L3	16.60	1.284	7.831

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	17.90	1.275	0.000
L2	23.30	1.237	0.000
L3	16.60	1.284	0.000

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

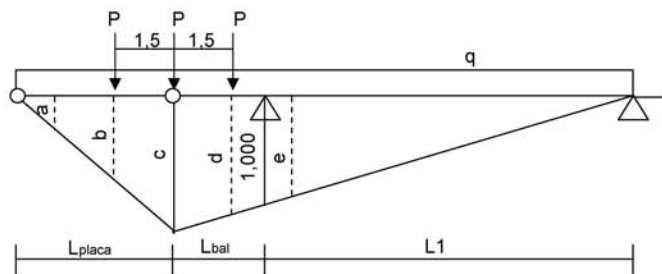
Vão teórico (m)	φ	P (tf)	p (tf/m)
L1	17.90	1.275	3.888
L2	23.30	1.237	3.773
L3	16.60	1.284	3.916

Trem-Tipo Torsão

Vão teórico (m)	φ	Mt	mt
L1	17.90	1.275	11.86
L2	23.30	1.237	11.51
L3	16.60	1.284	11.94

Reações de Carga Móvel nos Apoios

Apoio P1



$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$d (m) = 1.084$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.584$	$e (m) = 1.000$
$L1 (m) = 17.90$	$c (m) = 1.168$	

Reação Máxima

$$N_p = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q * [(L_{bal} + L1) * c + c * L_{placa}] / 2$$

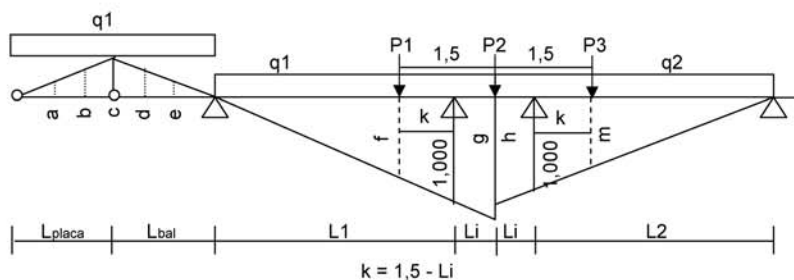
PTC	PMC
$P (tf) = 15.3$	$P (tf) = 15.3$
$q (tf/m) = 7.776$	$q (tf/m) = 3.888$
$N_p (tf) = 144.6$	$N_p (tf) = 97.2$
$ML (tf.m) = 0.0$	$ML (tf.m) = 0.0$

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



$P_{L1} (tf) = 15.3$	$P_{L2} (tf) = 14.8$
----------------------	----------------------

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.936$	$P1 (tf) = 15.3$
$L_{bal} (m) = 3.00$	$b (m) = 0.084$	$g (m) = 1.020$	$P2 (tf) = 15.3$
$L1 (m) = 17.90$	$c (m) = 0.168$	$h (m) = 1.015$	$P3 (tf) = 14.8$
$L2 (m) = 23.30$	$d (m) = 0.084$	$m (m) = 0.951$	
$Li (m) = 0.35$	$e (m) = 0.000$	$k (m) = 1.15$	

Reação Máxima

$$N_e = P_1 * f + (P_2 / 2) * g + q_1 * [g * (L_1 + L_i) / 2]$$

$$N_d = (P_2 / 2) * h + P_3 * m + q_2 * [h * (L_2 + L_i) / 2]$$

$$M_L = (N_d - N_e) * L_i$$

PTC

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.776$$

$$q_2 \text{ (tf/m)} = 7.545$$

$$N_e \text{ (tf)} = 94.5$$

$$N_d \text{ (tf)} = 112.4$$

$$N_p \text{ (tf)} = 206.9$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 6.29$$

PMC

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.888$$

$$q_2 \text{ (tf/m)} = 3.773$$

$$N_e \text{ (tf)} = 58.3$$

$$N_d \text{ (tf)} = 67.2$$

$$N_p \text{ (tf)} = 125.4$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 3.11$$

Reação Mínima

$$N_e = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q_1 * c * (L_{\text{placa}} + L_{\text{bal}}) / 2$$

$$N_d = 0$$

$$M_L = -N_e * L_i$$

PTC

$$P \text{ (tf)} = 15.3$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.776$$

$$N_e \text{ (tf)} = -9.0$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 3.16$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 15.3$$

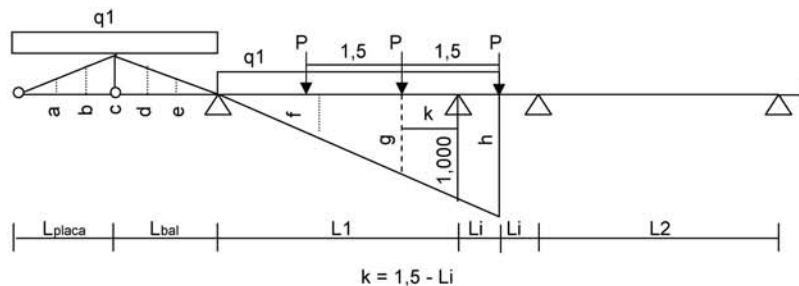
$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.888$$

$$N_e \text{ (tf)} = -7.1$$

$$M_L \text{ (tf.m)} = 2.48$$

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



$L_{\text{placa}} \text{ (m)} = 3.00$	$a \text{ (m)} = 0.000$	$f \text{ (m)} = 0.832$
$L_{\text{bal}} \text{ (m)} = 3.00$	$b \text{ (m)} = 0.084$	$g \text{ (m)} = 0.936$
$L_1 \text{ (m)} = 17.90$	$c \text{ (m)} = 0.168$	$h \text{ (m)} = 1.020$
$L_2 \text{ (m)} = 23.30$	$d \text{ (m)} = 0.084$	$k \text{ (m)} = 1.150$
$L_i \text{ (m)} = 0.35$	$e \text{ (m)} = 0.000$	

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

$$P \text{ (tf)} = 15.3$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 7.776$$

PMC

$$P \text{ (tf)} = 15.3$$

$$q_1 \text{ (tf/m)} = 3.888$$

Ne (tf) = 115.0
ML (tf.m) = -40.2

Ne (tf) = 78.8
ML (tf.m) = -27.6

Reação Mínima

$Ne = P * [c + maior(a + b ; b + d ; d + e)] + q1 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$
Nd = 0
ML = - Np * Li

PTC

P (tf) = 15.3
q1 (tf/m) = 7.776

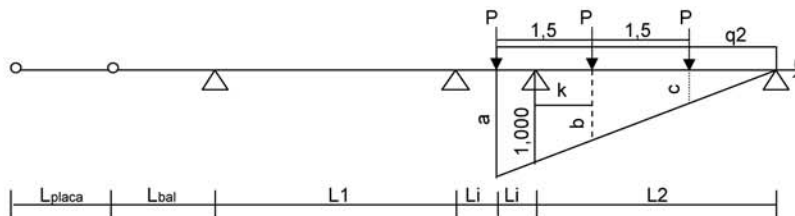
Ne (tf) = -9.0
ML (tf.m) = 3.16

PMC

P (tf) = 15.3
q1 (tf/m) = 3.888

Nd (tf) = -7.1
ML (tf.m) = 2.48

Vão direito



$L_{placa} (m) = 3.00$ $a (m) = 1.015$
 $L_{bal} (m) = 3.00$ $b (m) = 0.985$
 $L1 (m) = 17.90$ $c (m) = 0.886$
 $L2 (m) = 23.30$
 $Li (m) = 0.35$ $k (m) = 1.150$

Reação Máxima

Ne = 0
 $Nd = P * (a + b + c) + q2 * [a * (L2 + Li) / 2]$
ML = Np * Li

PTC

P (tf) = 14.8
q1 (tf/m) = 7.545

Nd (tf) = 133.4
ML (tf.m) = 46.7

PMC

P (tf) = 14.8
q1 (tf/m) = 3.773

Nd (tf) = 88.1
ML (tf.m) = 30.8

Reação Mínima

Ne = Nd = 0
ML = 0

PTC

P (tf) = 14.8
q1 (tf/m) = 7.545

Np (tf) = 0.0
ML (tf.m) = 0.0

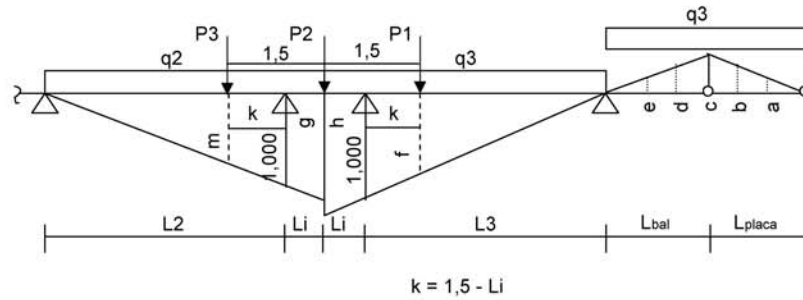
PMC

P (tf) = 14.8
q1 (tf/m) = 3.773

Np (tf) = 0.0
ML (tf.m) = 0.0

Apoio P3

Dois vãos carregados



$P_L2 (tf) = 14.8$

$P_L3 (tf) = 15.4$

$L_{placa} (m) = 3.00$	$a (m) = 0.000$	$f (m) = 0.931$	$P1 (tf) = 15.4$
$L_{bal} (m) = 1.30$	$b (m) = 0.039$	$g (m) = 1.015$	$P2 (tf) = 15.4$
$L2 (m) = 23.30$	$c (m) = 0.078$	$h (m) = 1.021$	$P3 (tf) = 14.8$
$L3 (m) = 16.60$	$d (m) = -0.012$	$m (m) = 0.951$	
$Li (m) = 0.35$	$e (m) = -0.102$	$k (m) = 1.150$	

Reação Máxima

$$N_e = P3 * m + (P2 / 2) * g + q2 * [g * (L2 + Li) / 2]$$

$$N_d = P1 * f + (P2 / 2) * h + q3 * [h * (L3 + Li) / 2]$$

$$M_L = (N_d - N_e) * Li$$

PTC	PMC
$q2 (tf/m) = 7.545$	$q2 (tf/m) = 3.773$
$q3 (tf/m) = 7.831$	$q3 (tf/m) = 3.916$
$N_e (tf) = 112.7$	$N_e (tf) = 67.4$
$N_d (tf) = 89.7$	$N_d (tf) = 55.9$
$N_p (tf) = 202.5$	$N_p (tf) = 123.3$
$ML (tf.m) = -8.04$	$ML (tf.m) = -4.05$

Reação Mínima

$$N_e = 0$$

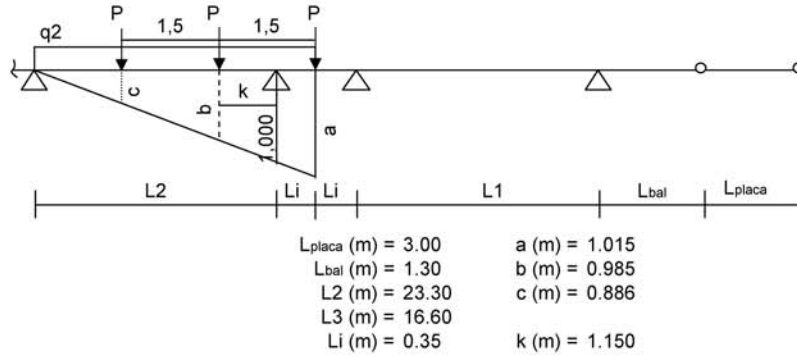
$$N_d = P * [c + \text{maior}(a + b; b + d; d + e)] + q3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$M_L = N_d * Li$$

PTC	PMC
$P (tf) = 15.4$	$P (tf) = 15.4$
$q1 (tf/m) = 7.831$	$q1 (tf/m) = 3.916$
$N_d (tf) = -3.1$	$N_d (tf) = -2.5$
$ML (tf.m) = -1.09$	$ML (tf.m) = -0.86$

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



Reação Máxima

$$Ne = P * (a + b + c) + q2 * [a * (L2 + Li) / 2]$$

$$ML = - Np * Li$$

PTC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q1 (tf/m) = 7.545$$

$$Ne (tf) = 133.4$$

$$ML (tf.m) = -46.7$$

PMC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q1 (tf/m) = 3.773$$

$$Ne (tf) = 88.1$$

$$ML (tf.m) = -30.8$$

Reação Mínima

$$Ne = Nd = 0$$

$$ML = 0$$

PTC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q1 (tf/m) = 7.545$$

$$Np (tf) = 0.0$$

$$ML (tf.m) = 0.0$$

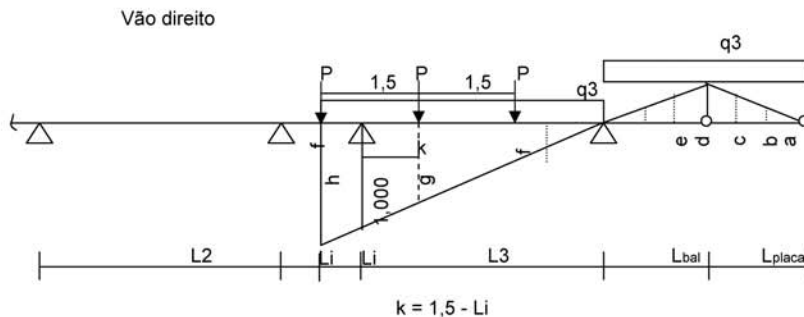
PMC

$$P (tf) = 14.8$$

$$q1 (tf/m) = 3.773$$

$$Np (tf) = 0.0$$

$$ML (tf.m) = 0.0$$



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	f (m) = 0.819
L_{bal} (m) = 1.30	b (m) = 0.039	g (m) = 0.931
L_2 (m) = 23.30	c (m) = 0.078	h (m) = 1.021
L_3 (m) = 16.60	d (m) = -0.012	k (m) = 1.150
Li (m) = 0.35	e (m) = -0.102	

Reação Máxima

$$N_d = P * (f + g + h) + q_3 * [h * (L_3 + Li) / 2]$$

$$M_L = N_p * Li$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.4	P (tf) = 15.4
q_3 (tf/m) = 7.831	q_3 (tf/m) = 3.916
N_d (tf) = 110.5	N_d (tf) = 76.6
M_L (tf.m) = 38.7	M_L (tf.m) = 26.8

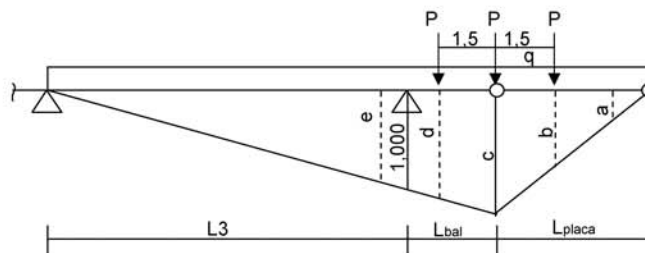
Reação Mínima

$$N_d = P * [c + \text{maior}(a + b ; b + d ; d + e)] + q_3 * c * (L_{placa} + L_{bal}) / 2$$

$$M_L = N_p * Li$$

PTC	PMC
P (tf) = 15.4	P (tf) = 15.4
q_1 (tf/m) = 7.831	q_1 (tf/m) = 3.916
N_d (tf) = -3.1	N_d (tf) = -2.5
M_L (tf.m) = -1.09	M_L (tf.m) = -0.86

Apoio P4



L_{placa} (m) = 3.00	a (m) = 0.000	d (m) = 0.988
L_{bal} (m) = 1.30	b (m) = 0.528	e (m) = 0.898
L_3 (m) = 16.60	c (m) = 1.078	

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 (tf) = 15.4 q (tf/m) = 7.831	PMC	P (tf) = 15.4 q (tf/m) = 3.916
	N _p (tf) = 128.4 ML (tf.m) = 0.0		N _p (tf) = 87.0 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
-----	--	-----	--

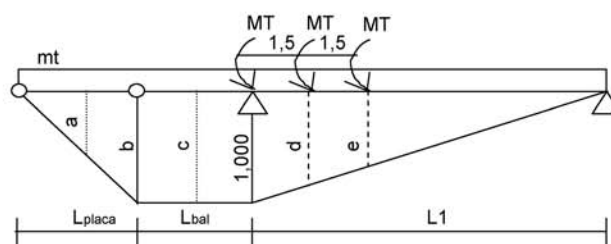
Resumo das Reações nos Apoios

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	144.6	0.0	97.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	133.4	46.7	88.1	30.8	-9.0	3.2	-7.1	2.5
P3	133.4	-46.7	88.1	-30.8	-3.1	-1.1	-2.5	-0.9
P4	128.4	0.0	87.0	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	206.9	6.3	125.4	3.1	-9.0	3.16	-7.1	2.48
P3	202.5	-8.0	123.3	-4.1	-3.1	-1.09	-2.5	-0.86
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) = 0.916
L _{bal} (m) = 3.00	b (m) = 1.000	e (m) = 0.832
L ₁ (m) = 17.90	c (m) = 1.000	

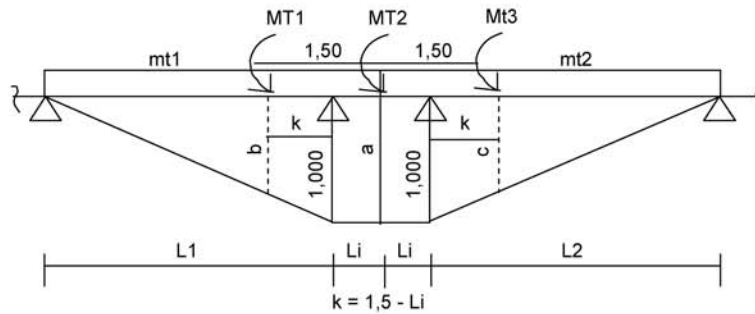
$$MT-p = MT * [1,000 + \text{maior}(a + b ; b + c ; c + d ; d + e)] + mt * (L_1 * 1,000 / 2 + 1,000 * L_{\text{bal}} + b * L_{\text{placa}} / 2)$$

PTC	PMC
-----	-----

MT (tf) = 70.4	MT (tf) = 70.4
mt (tf.m/m) = 0.000	mt (tf.m/m) = 11.858
Mt-p (tf.m) = 211.1	Mt-p (tf.m) = 370.6

Apoio P2

Dois vãos carregados



Mt_L1 (tf.m) = 70.4 Mt_L2 (tf.m) = 68.3

L1 (m) = 17.90	a (m) = 1.000	k (m) = 1.15	MT1 (tf) = 70.4
L2 (m) = 23.30	b (m) = 0.936		MT2 (tf) = 70.4
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
mt2 (tf.m/m) = 0.000

Mt-e (tf.m) = 101.02
Mt-d (tf.m) = 100.09

Mt-p (tf.m) = 201.1

PMC

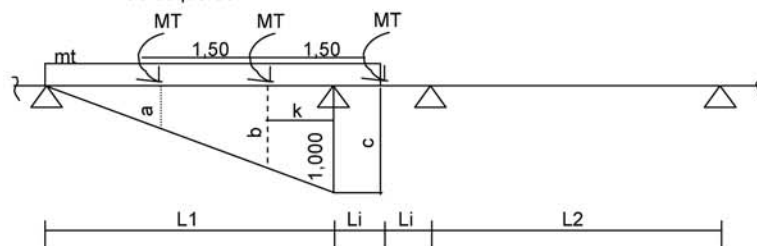
mt1 (tf.m/m) = 11.858
mt2 (tf.m/m) = 11.506

Mt-e (tf.m) = 211.30
Mt-d (tf.m) = 238.16

Mt-p (tf.m) = 449.5

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



$k = 1,5 - Li$

L1 (m) = 17.90 a (m) = 0.852 k (m) = 1.15

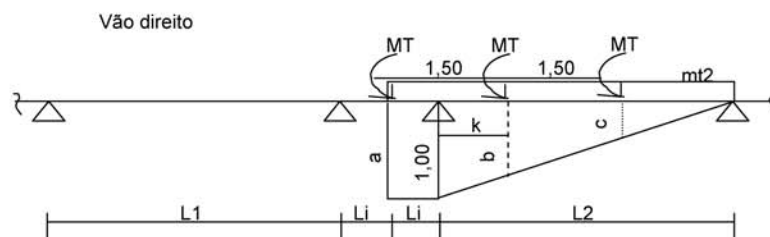
$$L2 \text{ (m)} = 23.30 \quad b \text{ (m)} = 0.936$$

$$Li \text{ (m)} = 0.35 \quad c \text{ (m)} = 1.000$$

$$Mt-e = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT \text{ (tf.m)} = 70.4$$

PTC	mt (tf.m/m) = 0.000	PMC	mt (tf.m/m) = 11.858
	Mt-e (tf.m) = 196.2		Mt-e (tf.m) = 306.4



$$L1 \text{ (m)} = 17.90 \quad a \text{ (m)} = 1.000 \quad k \text{ (m)} = 1.150$$

$$L2 \text{ (m)} = 23.30 \quad b \text{ (m)} = 0.951$$

$$Li \text{ (m)} = 0.35 \quad c \text{ (m)} = 0.886$$

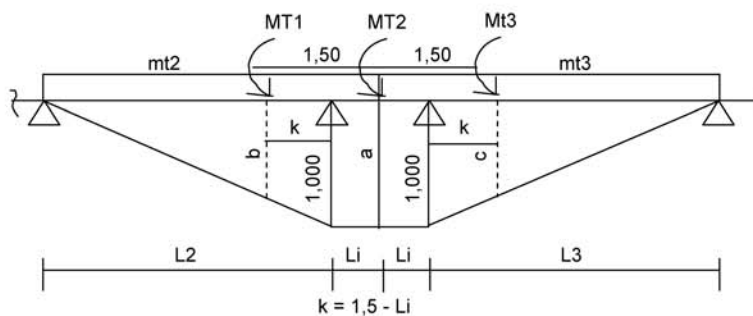
$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

$$MT \text{ (tf.m)} = 68.3$$

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



$$Mt_L2 \text{ (tf.m)} = 68.3$$

$$Mt_L3 \text{ (tf.m)} = 70.9$$

$L2 \text{ (m)} = 23.30$	$a \text{ (m)} = 1.000$	$k \text{ (m)} = 1.15$	$MT1 \text{ (tf)} = 68.3$
$L3 \text{ (m)} = 16.60$	$b \text{ (m)} = 0.951$		$MT2 \text{ (tf)} = 70.9$
$Li \text{ (m)} = 0.35$	$c \text{ (m)} = 0.931$		$MT3 \text{ (tf)} = 70.9$

$$Mt-e = MT1 * b + MT2 * a / 2 + mt2 * [(1,00 * L2 / 2) + Li * 1,00]$$

$$Mt-d = MT3 * c + MT2 * a / 2 + mt3 * [(1,00 * L3 / 2) + Li * 1,00]$$

PTC

mt2 (tf.m/m) = 0.000
mt3 (tf.m/m) = 0.000

Mt-e (tf.m) = 100.34
Mt-d (tf.m) = 101.39

Mt-p (tf.m) = 201.7

PMC

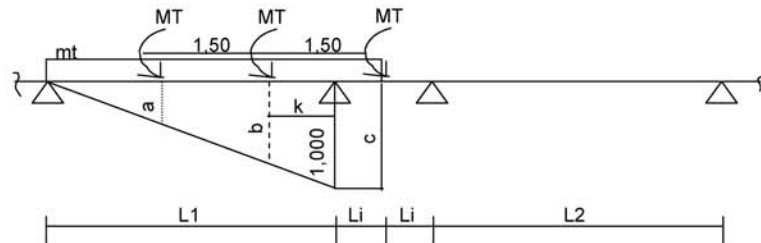
mt2 (tf.m/m) = 11.506
mt3 (tf.m/m) = 11.943

Mt-e (tf.m) = 238.42
Mt-d (tf.m) = 204.69

Mt-p (tf.m) = 443.1

Apenas um vão carregado

Vão esquerdo



L2 (m) = 23.30 a (m) = 0.886 k (m) = 1.15
L3 (m) = 16.60 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

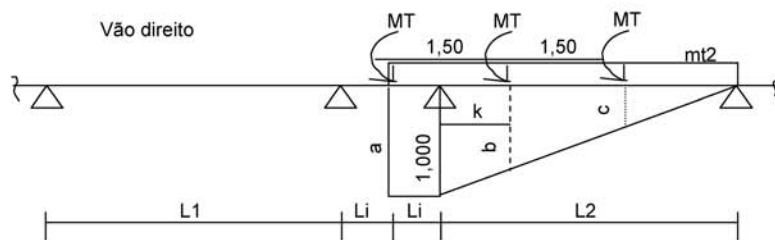
Mt-e (tf.m) = 193.7

PMC

mt (tf.m/m) = 11.506

Mt-e (tf.m) = 331.8

Vão direito



L2 (m) = 23.30 a (m) = 1.000 k (m) = 1.150
L3 (m) = 16.60 b (m) = 0.931
Li (m) = 0.35 c (m) = 0.840

$$Mt-d = MT * (a + b + c) + mt * [(1,00 * L1 / 2) + Li * 1,00]$$

MT (tf.m) = 70.9

Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P1	Rv (tf)	17.56	22.56	7.60	47.72
P2	Rv (tf)	11.09	13.27	3.69	28.05

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)

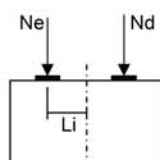
 Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	Rv (tf)	10.88	13.01	7.73	31.62
P4	Rv (tf)	13.32	18.84	12.89	45.05

 Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

Apoio		g1	g2	g3	R _g (tf)
P3	Rv (tf)	10.88	13.27	3.66	27.81
P4	Rv (tf)	13.32	22.56	6.30	42.18

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	258.1	0.0	0.0	0.0
P2	144.4	207.2	0.35	22.0
P3	207.2	146.7	0.35	-21.2
P4	216.6	0.0	0.0	0.0

Resumo dos esforços permanentes

Apoio	N _g (tf)	M _L (tf.m)
P1	258.1	0.0
P2	351.7	22.0
P3	353.9	-21.2
P4	216.6	0.0

Resumo dos Esforços em Serviço Provenientes da Superestrutura

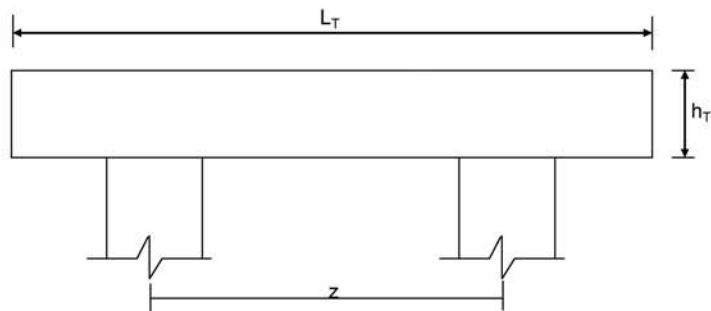
Apoio	Permanentes			1 Vão Carregado - Máxima					
	R _{g1+g2+g3}	ML _{g1+g2+g3}	MT _{g1+g2+g3}	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
				N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	258.1	0.0	0.0	144.6	0.0	211.1	97.2	0.0	370.6
P2	351.7	22.0	0.0	133.4	46.7	193.7	88.1	30.8	331.8
P3	353.9	-21.2	0.0	133.4	-46.7	193.7	88.1	-30.8	331.8
P4	216.6	0.0	0.0	128.4	0.0	212.6	87.0	0.0	345.2

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	-9.0	3.2	0.0	-7.1	2.5	0.0
P3	-3.1	-1.1	0.0	-2.5	-0.9	0.0
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

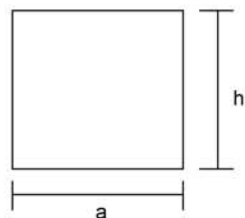
Apoio	2 Vãos Carregados - Máxima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)	N _p (tf)	M _L (tf.m)	M _T (tf.m)
P1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P2	206.9	6.3	201.1	125.4	3.1	449.5
P3	202.5	-8.0	201.7	123.3	-4.1	443.1
P4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Apoio	2 Vãos Carregados - Mínima					
	Carga Móvel PTC			Carga Móvel PMC		
	N _p (tf)	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	-9.0	3.2	0.0	-7.1	2.5	0.0
P3	-3.1	-1.1	0.0	-2.5	-0.9	0.0
P4	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

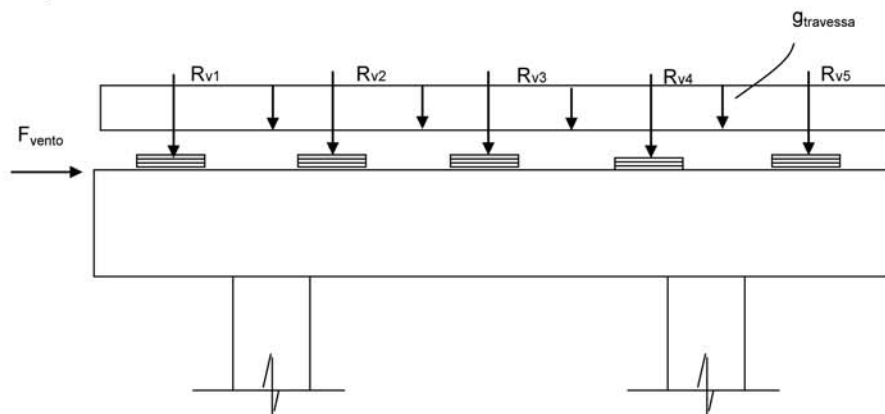
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.2
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 3

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

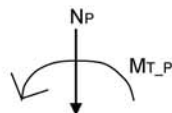


- Peso Próprio

g (tf/m) = 3.000

R_{v1} (tf) = 57.46
 R_{v2} (tf) = 47.72
 R_{v3} (tf) = 47.72
 R_{v4} (tf) = 47.72
 R_{v5} (tf) = 57.46

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T \cdot x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{array}{lll} X1 (m) = 5.30 & X3 (m) = 0.00 & n = 5 \\ X2 (m) = 2.65 & X4 (m) = -2.65 & \\ & X5 (m) = -5.30 & \\ \Sigma(x_i)^2 (m) = 70.225 & & \end{array}$$

PTC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 144.6 \\ M_{T-P} (tf.m) = 211.1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 44.9 \\ R_{v2} (tf) = 36.9 \\ R_{v3} (tf) = 28.9 \\ R_{v4} (tf) = 21.0 \\ R_{v5} (tf) = 13.0 \end{array}$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$\begin{array}{l} N_P (tf) = 97.2 \\ M_{T-P} (tf.m) = 370.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R_{v1} (tf) = 47.4 \\ R_{v2} (tf) = 33.4 \\ R_{v3} (tf) = 19.4 \\ R_{v4} (tf) = 5.5 \\ R_{v5} (tf) = -8.5 \end{array}$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 5.06$$

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

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -125.1 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -94.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -5.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 311.3$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 310.857 & -1088 & 311.3 & 796651
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.314$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x \qquad z \text{ (m)} = 1.274 \qquad \begin{array}{l} x / d = 0.225 \\ kmd = 0.139 \end{array}$$

$$As^- \text{ (cm}^2\text{)} = 56.19$$

b) Seção do vão

$$bw \text{ (m)} = 0.80$$

$$Mg \text{ (tf.m)} = 16.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$Mq1 \text{ (tf.m)} = 14.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$Mq2 \text{ (tf.m)} = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$Md = 1,40 \cdot Mg + 1,40 \cdot Mq1 + 0,70 \cdot Mq2$$

$$Md \text{ (tf.m)} = 43.5$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 a & b & c & \Delta \\
 310.857 & -1088 & 43.5 & 1129596
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.040$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x \qquad z \text{ (m)} = 1.384 \qquad \begin{array}{l} x / d = 0.029 \\ kmd = 0.019 \end{array}$$

$$As^+ \text{ (cm}^2\text{)} = 7.24$$

c) Armadura mínima

$$As_{\text{min}} = 0,15 \% (bw \cdot hT)$$

$$As_{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$bw \text{ (m)} = 0.80$$

$$Vg \text{ (tf)} = 65.3 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$Vq \text{ (tf)} = 47.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$Vsd = 1,40 \cdot Vg + 1,40 \cdot Vq$$

$$Vsd \text{ (tf)} = 157.7$$

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

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

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

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

$$V_{wd} (tf) = 85,3$$

$$A_{sw}/s = 15,6 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 19,47 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 81.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 56.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 1.5 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 193.9$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

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

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

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 121.5$$

$$A_{sw}/s = 22,2 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 27,72 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 Ponte 63,5m
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 -57.460
  5  PY -47.720
  6  PY -47.720
  7  PY -47.720
 10  PY -57.460
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 -44.900
5 PY -36.900
6 PY -28.900
7 PY -21.000
10 PY -13.000
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -47.400
5 PY -33.400
6 PY -19.400
7 PY -5.500
10 PY 8.500
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 5.800
0
fim
```


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

TÍTULO : Travessa Pl Ponte 63,5m

 DATA : 3/9/2006(quinta-feira)
 HORA : 10:07:45 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 2-travessapl_63,5m.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	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-57.46	0.00
5	global	0.00	-47.72	0.00
6	global	0.00	-47.72	0.00
7	global	0.00	-47.72	0.00
10	global	0.00	-57.46	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	-44.90	0.00
5	global	0.00	-36.90	0.00
6	global	0.00	-28.90	0.00
7	global	0.00	-21.00	0.00
10	global	0.00	-13.00	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-47.40	0.00
5	global	0.00	-33.40	0.00
6	global	0.00	-19.40	0.00
7	global	0.00	-5.50	0.00
10	global	0.00	8.50	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	5.80	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: 1.5E+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	-6.01758E-0006	-1.15328E-0003	3.48955E-0004
2	global	-6.01758E-0006	-9.43558E-0004	3.48789E-0004
3	global	-6.01758E-0006	-2.86129E-0004	1.58363E-0004
4	global	2.20381E-0031	-5.12298E-0030	-2.45611E-0031
5	global	-4.83230E-0006	-2.49357E-0004	7.51433E-0005
6	global	2.62567E-0018	-2.67437E-0004	2.09377E-0019
7	global	4.83230E-0006	-2.49357E-0004	-7.51433E-0005

8	global	6.01758E-0006	-2.86129E-0004	-1.58363E-0004
9	global	-2.20381E-0031	-5.12298E-0030	2.45611E-0031
10	global	6.01758E-0006	-9.43558E-0004	-3.48789E-0004
11	global	6.01758E-0006	-1.15328E-0003	-3.48955E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-6.31	146.74		7.04
9 global	6.31	146.74		-7.04
Resultante		0.00	293.48	1731.53

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	nos	nas	barra	momento
	sistema	nó	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	-59.26	0.54
		3	0.00	65.26	-125.06
3	local	3	-6.31	81.48	109.37
		5	6.31	-79.53	-57.04
4	local	5	-6.31	31.81	57.04
		6	6.31	-23.86	16.72
5	local	6	-6.31	-23.86	-16.72
		7	6.31	31.81	-57.04
6	local	7	-6.31	-79.53	57.04
		8	6.31	81.48	-109.37
7	local	8	0.00	65.26	125.06
		10	-0.00	-59.26	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	146.74	6.31	15.69
		4	-146.74	-6.31	7.04
10	local	8	146.74	-6.31	-15.69
		9	-146.74	6.31	-7.04

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1 global	-1.27083E-0004	-8.62748E-0004	2.65527E-0004	
2 global	-1.27083E-0004	-7.03431E-0004	2.65527E-0004	
3 global	-1.27083E-0004	-2.02354E-0004	1.27175E-0004	
4 global	8.04269E-0032	-3.62304E-0030	-2.34465E-0032	
5 global	-1.26651E-0004	-1.68816E-0004	6.40417E-0005	
6 global	-1.24887E-0004	-1.71998E-0004	3.65713E-0006	
7 global	-1.23123E-0004	-1.05159E-0004	2.47014E-0005	
8 global	-1.22691E-0004	-7.97973E-0005	1.15879E-0005	
9 global	-8.04269E-0032	-1.42872E-0030	1.55823E-0031	
10 global	-1.22691E-0004	-1.28057E-0004	-2.84693E-0005	
11 global	-1.22691E-0004	-1.45139E-0004	-2.84693E-0005	

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-2.30	103.78		0.67
9 global	2.30	40.92		-4.46
Resultante		-0.00	144.70	642.53

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	força	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-0.00	0.00	0.00
3	local	3	-0.00	-44.90	-44.90	-0.00
4	local	5	0.00	44.90	44.90	-89.80
5	local	5	-2.30	58.88	58.88	82.18
6	local	6	2.30	-58.88	-58.88	-43.91
7	local	7	-2.30	21.98	21.98	43.91
8	local	6	2.30	-21.98	-21.98	14.33
9	local	6	-2.30	-6.92	-6.92	-14.33
10	local	7	2.30	6.92	6.92	-4.02
11	local	7	-2.30	-27.92	-27.92	4.02
12	local	8	2.30	27.92	27.92	-22.17
13	local	8	-0.00	13.00	13.00	26.00
14	local	10	0.00	-13.00	-13.00	0.00
15	local	10	0.00	0.00	0.00	0.00
16	local	11	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
17	local	3	103.78	2.30	2.30	7.62
18	local	4	-103.78	-2.30	-2.30	0.67
19	local	8	40.92	-2.30	-2.30	-3.83
20	local	9	-40.92	2.30	2.30	-4.46

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais			rotacao
	deslocamento	deslocamento	deslocamento	
1	global	-2.20313E-0004	-9.67442E-0004	3.06505E-0004
2	global	-2.20313E-0004	-7.83540E-0004	3.06505E-0004
3	global	-2.20313E-0004	-2.02176E-0004	1.60450E-0004
4	global	5.40983E-0032	-3.61985E-0030	5.56877E-0032
5	global	-2.20022E-0004	-1.47798E-0004	9.10166E-0005
6	global	-2.18836E-0004	-1.15408E-0004	6.42739E-0006
7	global	-2.17649E-0004	-3.61713E-0005	6.44906E-0005
8	global	-2.17358E-0004	1.26450E-0005	8.27009E-0005
9	global	-5.40983E-0032	2.26404E-0031	1.76271E-0031
10	global	-2.17358E-0004	2.24755E-0004	1.08892E-0004
11	global	-2.17358E-0004	2.90090E-0004	1.08892E-0004

nó sistema	reações nos apoios					
	força	força	momento			
4	global	-1.55	103.68	-1.60		
9	global	1.55	-6.48	-5.05		
Resultante				-0.00	97.20	203.28

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	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	0.00	0.00
2	local	2	0.00	-0.00	0.00	0.00
3	local	3	-0.00	-47.40	-47.40	-0.00
4	local	5	0.00	47.40	47.40	-94.80
5	local	5	-1.55	56.28	56.28	87.63
6	local	6	1.55	-56.28	-56.28	-51.04
7	local	6	-1.55	22.88	22.88	51.04
8	local	7	1.55	-22.88	-22.88	9.60
9	local	7	-1.55	3.48	3.48	-9.60
10	local	8	1.55	-3.48	-3.48	18.84
11	local	8	-1.55	-2.02	-2.02	-18.84
12	local	9	1.55	2.02	2.02	17.53
13	local	10	-0.00	-8.50	-8.50	-17.00
14	local	10	0.00	8.50	8.50	-0.00
15	local	11	0.00	-0.00	-0.00	0.00
16	local	11	-0.00	0.00	0.00	-0.00
17	local	3	103.68	1.55	1.55	7.17
18	local	4	-103.68	-1.55	-1.55	-1.60
19	local	8	-6.48	-1.55	-1.55	-0.53

9 6.48 1.55 -5.05

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	1.53793E-0004	3.06456E-0005	-1.06643E-0005
2	global	1.52788E-0004	2.42470E-0005	-1.06643E-0005
3	global	1.49437E-0004	2.91822E-0006	-1.06643E-0005
4	global	1.02863E-0031	5.22492E-0032	-1.95328E-0031
5	global	1.48901E-0004	-1.81347E-0006	-6.13223E-0006
6	global	1.46716E-0004	-6.14763E-0007	2.26305E-0006
7	global	1.44532E-0004	1.37681E-0006	-5.53384E-0006
8	global	1.43996E-0004	-2.91822E-0006	-9.91921E-0006
9	global	9.96259E-0032	-5.22492E-0032	-1.88789E-0031
10	global	1.43996E-0004	-2.27566E-0005	-9.91921E-0006
11	global	1.43996E-0004	-2.87082E-0005	-9.91921E-0006

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-2.95	-1.50	5.59
9	global	-2.85	1.50	5.41
Resultante		-5.80	0.00	20.88

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

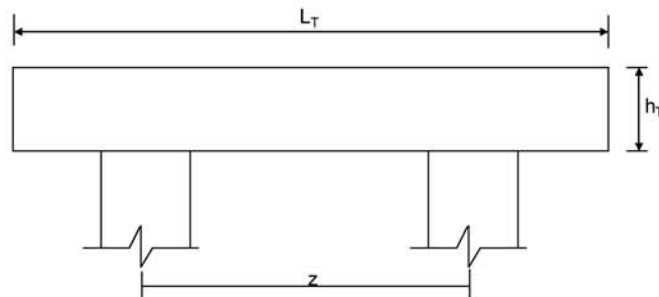
diferença de equilíbrio
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

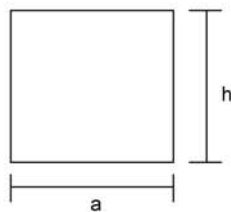
barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		momento fletor
			força normal	força cortante	
1	local	1	5.80	-0.00	0.00
		2	-5.80	0.00	-0.00
2	local	2	5.80	-0.00	0.00
		3	-5.80	0.00	-0.00
3	local	3	2.85	-1.50	-5.01
		5	-2.85	1.50	4.04
4	local	5	2.85	-1.50	-4.04
		6	-2.85	1.50	0.07
5	local	6	2.85	-1.50	-0.07
		7	-2.85	1.50	-3.89
6	local	7	2.85	-1.50	3.89
		8	-2.85	1.50	-4.87
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	-1.50	2.95	5.01
		4	1.50	-2.95	5.59
10	local	8	1.50	2.85	4.87
		9	-1.50	-2.85	5.41

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

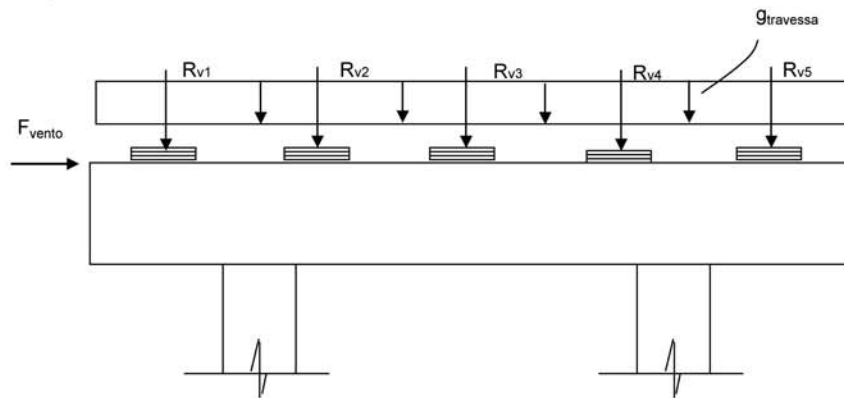
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.8
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 4.50

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

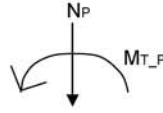


- Peso Próprio

g (tf/m) = 4.500

R_{v1} (tf) = 73.69
 R_{v2} (tf) = 68.10
 R_{v3} (tf) = 68.10
 R_{v4} (tf) = 68.10
 R_{v5} (tf) = 73.69

- 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

$N_e (tf) = 115.0$	$N_d (tf) = 133.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 196.2$	$M_{T-d} (tf.m) = 193.7$
$R_{v1} (tf) = 37.8$	$R_{v1} (tf) = 41.3$
$R_{v2} (tf) = 30.4$	$R_{v2} (tf) = 34.0$
$R_{v3} (tf) = 23.0$	$R_{v3} (tf) = 26.7$
$R_{v4} (tf) = 15.6$	$R_{v4} (tf) = 19.4$
$R_{v5} (tf) = 8.2$	$R_{v5} (tf) = 12.1$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 78.8$	$N_d (tf) = 88.1$
$M_{T-e} (tf.m) = 306.4$	$M_{T-d} (tf.m) = 331.8$
$R_{v1} (tf) = 38.9$	$R_{v1} (tf) = 42.7$
$R_{v2} (tf) = 27.3$	$R_{v2} (tf) = 30.1$
$R_{v3} (tf) = 15.8$	$R_{v3} (tf) = 17.6$
$R_{v4} (tf) = 4.2$	$R_{v4} (tf) = 5.1$
$R_{v5} (tf) = -7.4$	$R_{v5} (tf) = -7.4$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 94.5$	$N_d (tf) = 112.4$	$N_P (tf) = 206.9$
$M_{T-e} (tf.m) = 101.0$	$M_{T-d} (tf.m) = 100.1$	$M_{T-P} (tf.m) = 201.1$
$R_{v1} (tf) = 26.5$	$R_{v1} (tf) = 30.0$	$R_{v1} (tf) = 56.6$
$R_{v2} (tf) = 22.7$	$R_{v2} (tf) = 26.3$	$R_{v2} (tf) = 49.0$
$R_{v3} (tf) = 18.9$	$R_{v3} (tf) = 22.5$	$R_{v3} (tf) = 41.4$
$R_{v4} (tf) = 15.1$	$R_{v4} (tf) = 18.7$	$R_{v4} (tf) = 33.8$
$R_{v5} (tf) = 11.3$	$R_{v5} (tf) = 14.9$	$R_{v5} (tf) = 26.2$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 58.3$	$N_d (tf) = 67.2$	$N_P (tf) = 125.4$
$M_{T-e} (tf.m) = 211.3$	$M_{T-d} (tf.m) = 238.2$	$M_{T-P} (tf.m) = 449.5$
$R_{v1} (tf) = 27.6$	$R_{v1} (tf) = 31.4$	$R_{v1} (tf) = 59.0$
$R_{v2} (tf) = 19.6$	$R_{v2} (tf) = 22.4$	$R_{v2} (tf) = 42.0$
$R_{v3} (tf) = 11.7$	$R_{v3} (tf) = 13.4$	$R_{v3} (tf) = 25.1$
$R_{v4} (tf) = 3.7$	$R_{v4} (tf) = 4.4$	$R_{v4} (tf) = 8.1$
$R_{v5} (tf) = -4.3$	$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -8.8$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 8.11$$

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

$$b_w (m) = 1.20$$

$$M_g (tf.m) = -162.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -118.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -9.8 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 399.7$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1632	399.7	1917900

$$x (m) = 0.265$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (m) = 1.294$$

$$x / d = 0.189$$

$$kmd = 0.119$$

$$A_s^- (cm^2) = 71.05$$

b) Seção do vão

$$b_w (m) = 1.20$$

$$M_g (tf.m) = 30.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 18.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 68.5$$

$$a = fcd * b_w * 0,272$$

$$b = -0,68 * b_w * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
466.286	-1632	68.5	2535658

$$x (m) = 0.042$$

$$Z = d - 0,4 * x$$

$$z (m) = 1.383$$

$$x / d = 0.030$$

$$kmd = 0.020$$

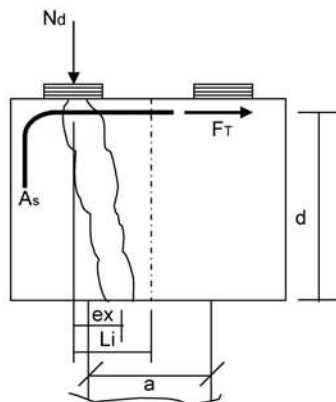
$$A_s^+ (cm^2) = 11.39$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudina



$$a (m) = 0.80$$

$$d (m) = 1.40$$

$$Li (m) = 0.35$$

$$f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_x = Li - a / 4$$

$$F_{td} = N_d * e_x / d$$

$$A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$e_x (m) = 0.150$$

Apoio esquerdo

$$N_g (tf) = 30.14$$

$$N_p (tf) = 38.9 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 99.0$$

$$F_{td} (tf) = 10.6$$

$$A_s (cm^2) = 2.4$$

Apoio direito

$$N_g (tf) = 43.55$$

$$N_p (tf) = 42.7 \quad (\text{reação máxima viga extrema})$$

$$N_d (tf) = 122.8$$

$$F_{td} (tf) = 13.2$$

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

logo será adotado :

$$A_s (cm^2) = 3.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 1.20$$

$$V_g \text{ (tf)} = 85.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 41.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 42.7 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_1 \text{ Vão Carregado})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 56.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PTC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 59.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas - PMC}_2 \text{ Vãos Carregados})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 177.4 \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 179.3 \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 198.8 \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 202.1 \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

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

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

$$A_{sw} / s = V_{wd} / (0,90 \cdot d \cdot f_{yd})$$

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

$$V_{wd} \text{ (tf)} = 68.7 \quad A_{sw}/s = 12.5 \quad (\text{cm}^2/\text{m}) \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{wd} \text{ (tf)} = 70.7 \quad A_{sw}/s = 12.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m}) \quad \text{PMC - 1 Vão Carregado}$$

$$V_{wd} \text{ (tf)} = 90.2 \quad A_{sw}/s = 16.5 \quad (\text{cm}^2/\text{m}) \quad \text{PTC - 2 Vãos Carregados}$$

$$V_{wd} \text{ (tf)} = 93.5 \quad A_{sw}/s = 17.1 \quad (\text{cm}^2/\text{m}) \quad \text{PMC - 2 Vãos Carregados}$$

$$\rho_w = 15.00 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2) \quad \text{PTC - 1 Vão Carregado}$$

$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 15.00$	(cm^2/m^2)	PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

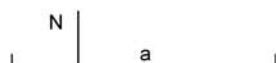
V_g (tf) = 117.0	(reação de carga permanente das vigas)
V_q (tf) = 54.4	(reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
V_q (tf) = 51.0	(reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
V_q (tf) = 77.0	(reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
V_q (tf) = 77.9	(reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
V_{q2} (tf) = 3.0	(vento na superestrutura)

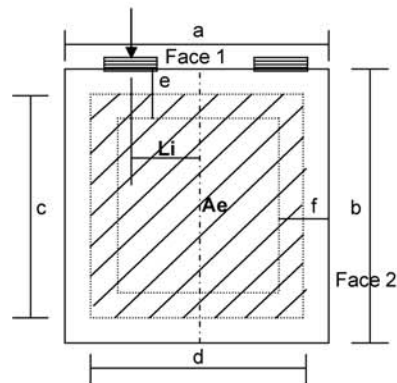
$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_{q1} + 0,5 \cdot 1,40 \cdot V_{q2}$$

V_{sd} (tf) = 242.0	PTC - 1 Vão Carregado
V_{sd} (tf) = 237.2	PMC - 1 Vão Carregado
V_{sd} (tf) = 273.7	PTC - 2 Vãos Carregados
V_{sd} (tf) = 274.9	PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

V_{wd} (tf) = 133.4	$A_{sw}/s = 24.3$	(cm^2/m)	PTC - 1 Vão Carregado
V_{wd} (tf) = 128.6	$A_{sw}/s = 23.5$	(cm^2/m)	PMC - 1 Vão Carregado
V_{wd} (tf) = 165.1	$A_{sw}/s = 30.1$	(cm^2/m)	PTC - 2 Vãos Carregados
V_{wd} (tf) = 166.3	$A_{sw}/s = 30.4$	(cm^2/m)	PMC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 20.29$	(cm^2/m^2)		PTC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 19.56$	(cm^2/m^2)		PMC - 1 Vão Carregado
$\rho_w = 25.11$	(cm^2/m^2)		PTC - 2 Vãos Carregados
$\rho_w = 25.29$	(cm^2/m^2)		PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsões




$$M_{Tsd} = 1,40 * M_{T_g} + 1,40 * M_{T_P}$$

$$A_{sw} / s = M_{Tsd} / (2 * Ae * f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

$$a \text{ (m)} = 1.200 \quad e \text{ (m)} = 0.200$$

$$b \text{ (m)} = 1.500 \quad f \text{ (m)} = 0.250$$

$$c \text{ (m)} = 1.300$$

$$d \text{ (m)} = 0.950$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$A_e = c * d \quad A_e \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (N_e - N_d) * Li$$

Para 1 vão carregado

$$M_{T_{CM}} = \text{maior} (N_e ; N_d) * Li$$

Para 2 vãos carregados

$$M_{T_{CM}} = (N_e - N_d) * Li$$

Carga	Ne (tf)	Nd (tf)	Li (m)	M _T (tf.m)
Peso Prop.	30.14	43.55	0.35	4.69
1 Vão - PTC	37.8	41.3	0.35	14.5
1 Vão - PMC	38.9	42.7	0.35	14.9
2 Vãos - PTC	26.5	30.0	0.35	1.23
2 Vãos - PMC	27.6	31.4	0.35	1.33

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)	26.8	27.5	8.3	8.4

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	2.5	10.0	2.6	10.2	0.8	3.1	0.8	3.1
2	0.20	2.5	12.5	2.6	12.8	0.8	3.9	0.8	3.9

Verificação do concreto

$$M_{T_d} \leq T_{RD1}$$

$$T_{RD1} = 0,50 * f_{cd} * Ae * b_w$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

Face	b _w (m)	T _{RD1}
1	0.25	220.5
2	0.20	176.4

Verificação das Solicitações Combinadas

$$M_{T_sd} / T_{RD1} + V_{sd} / V_{RD2} \leq 1$$

1 Vão Carregado						
Face	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	0.122	0.360	0.482	0.125	0.353	0.478
2	0.152	0.360	0.512	0.156	0.353	0.509

2 Vãos Carregados						
Face	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	0.038	0.407	0.445	0.038	0.409	0.447
2	0.047	0.407	0.454	0.048	0.409	0.457

```

Portico Plano Travessa P2 Ponte 63,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      5.0000
  2      0.6000      5.0000
  3      2.6000      5.0000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      5.0000
  6      5.9000      5.0000
  7      8.5500      5.0000
  8      9.2000      5.0000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      5.0000
 11     11.8000      5.0000
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 -73.690
  5  PY -68.100
  6  PY -68.100
  7  PY -68.100
 10  PY -73.690
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 -56.600
5 PY -49.000
6 PY -41.400
7 PY -33.800
10 PY -26.200
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -59.000
5 PY -42.000
6 PY -25.100
7 PY -8.100
10 PY 8.800
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 8.110
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P2 Ponte 63,5m

 DATA : 3/20/2006(segunda-feira)
 HORA : 10:33:24 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 4-travessap2_63,5m.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	5.00E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	5.00E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	5.00E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	5.00E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	5.00E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	5.00E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	5.00E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	5.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	5.00E+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	5.00E+0000
10	1	2	8	9	5.00E+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	-73.69	0.00
5	global	0.00	-68.10	0.00
6	global	0.00	-68.10	0.00
7	global	0.00	-68.10	0.00
10	global	0.00	-73.69	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		-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	-56.60	0.00
5	global	0.00	-49.00	0.00
6	global	0.00	-41.40	0.00
7	global	0.00	-33.80	0.00
10	global	0.00	-26.20	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-59.00	0.00
5	global	0.00	-42.00	0.00
6	global	0.00	-25.10	0.00
7	global	0.00	-8.10	0.00
10	global	0.00	8.80	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	8.11	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: 4.2E+002
 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	-2.26404E-0006	-1.16737E-0003	2.93575E-0004		
2	global	-2.26404E-0006	-9.90884E-0004	2.93409E-0004		
3	global	-2.26404E-0006	-4.38490E-0004	1.28904E-0004		
4	global	8.38117E-0032	-4.76147E-0030	-1.34870E-0031		
5	global	-1.81809E-0006	-4.16564E-0004	5.37067E-0005		
6	global	3.18692E-0018	-4.58050E-0004	1.40461E-0019		
7	global	1.81809E-0006	-4.16564E-0004	-5.37067E-0005		
8	global	2.26404E-0006	-4.38490E-0004	-1.28904E-0004		
9	global	-8.38117E-0032	-4.76147E-0030	1.34870E-0031		
10	global	2.26404E-0006	-9.90884E-0004	-2.93409E-0004		
11	global	2.26404E-0006	-1.16737E-0003	-2.93575E-0004		

nó sistema		reações nos apoios		força	momento
		x	y	z	
4	global	-3.56	202.39	5.73	
9	global	3.56	202.39	-5.73	

Resultante	0.00	404.78	2388.20
------------	------	--------	---------

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

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	-76.39	0.81
3	local	3	0.00	85.39	-162.59
3	local	3	-3.56	117.00	150.51
4	local	5	3.56	-114.07	-75.41
4	local	5	-3.56	45.97	75.41
5	local	6	3.56	-34.05	30.62
5	local	6	-3.56	-34.05	-30.62
6	local	7	3.56	45.98	-75.41
6	local	7	-3.56	-114.08	75.41
7	local	8	3.56	117.00	-150.51
7	local	8	0.00	85.39	162.59
8	local	10	-0.00	-76.39	-0.81
8	local	10	0.00	2.70	0.81
9	local	11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	202.39	3.56	12.08
10	local	4	-202.39	-3.56	5.73
10	local	8	202.39	-3.56	-12.08
10	local	9	-202.39	3.56	-5.73

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

no sistema		deslocamento		deslocamento		rotacao
		x	y	z		
1	global	-1.27142E-0004	-6.45817E-0004	1.75697E-0004		
2	global	-1.27142E-0004	-5.40399E-0004	1.75697E-0004		
3	global	-1.27142E-0004	-2.07303E-0004	9.09830E-0005		
4	global	2.62739E-0032	-2.25107E-0030	-1.29891E-0032		

5	global	-1.27003E-0004	-1.78756E-0004	5.10560E-0005
6	global	-1.26433E-0004	-1.55619E-0004	9.71507E-0006
7	global	-1.25863E-0004	-9.97493E-0005	1.90296E-0005
8	global	-1.25723E-0004	-8.19320E-0005	1.01631E-0005
9	global	-2.62739E-0032	-8.89684E-0031	7.15711E-0032
10	global	-1.25723E-0004	-1.05883E-0004	-1.46561E-0005
11	global	-1.25723E-0004	-1.14676E-0004	-1.46561E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4	global	-1.12	95.68	0.55
9	global	1.12	37.82	-3.04

Resultante	-0.00	133.50	594.20	

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 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	-41.30	-0.00
		3	0.00	41.30	-82.60
3	local	3	-1.12	54.38	77.57
		5	1.12	-54.38	-42.22
4	local	5	-1.12	20.38	42.22
		6	1.12	-20.38	11.80
5	local	6	-1.12	-6.32	-11.80
		7	1.12	6.32	-4.94
6	local	7	-1.12	-25.72	4.94
		8	1.12	25.72	-21.66
7	local	8	-0.00	12.10	24.20
		10	0.00	-12.10	-0.00
8	local	10	0.00	-0.00	0.00
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	95.68	1.12	5.03
		4	-95.68	-1.12	0.55
10	local	8	37.82	-1.12	-2.54
		9	-37.82	1.12	-3.04

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	-2.17400E-0004	-7.07280E-0004	2.01251E-0004
2	global	-2.17400E-0004	-5.86529E-0004	2.01251E-0004
3	global	-2.17400E-0004	-2.02947E-0004	1.13665E-0004
4	global	1.74862E-0032	-2.20376E-0030	2.21173E-0032
5	global	-2.17307E-0004	-1.59479E-0004	7.08823E-0005
6	global	-2.16928E-0004	-1.02265E-0004	1.66467E-0005
7	global	-2.16548E-0004	-2.40206E-0005	4.93587E-0005
8	global	-2.16455E-0004	1.20728E-0005	5.98768E-0005
9	global	-1.74862E-0032	1.31096E-0031	7.83951E-0032
10	global	-2.16455E-0004	1.58905E-0004	7.50556E-0005
11	global	-2.16455E-0004	2.03939E-0004	7.50556E-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	-0.74	93.67	-0.94
9	global	0.74	-5.57	-3.33

Resultante	-0.00	88.10	188.01	

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)			

barra	e s f o r ç o s	n o s	força		momento
			x	y	z
			-0.000	-0.000	-0.000
barra	e s f o r ç o s	n o 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	-42.70	-0.00
		3	0.00	42.70	-85.40
3	local	3	-0.74	50.97	80.74
		5	0.74	-50.97	-47.61
4	local	5	-0.74	20.87	47.61
		6	0.74	-20.87	7.70
5	local	6	-0.74	3.27	-7.70
		7	0.74	-3.27	16.37
6	local	7	-0.74	-1.83	-16.37
		8	0.74	1.83	15.18
7	local	8	-0.00	-7.40	-14.80
		10	0.00	7.40	0.00
8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	93.67	0.74	4.66
		4	-93.67	-0.74	-0.94
10	local	8	-5.57	-0.74	-0.38
		9	5.57	0.74	-3.33

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-1.32729E-0004	-8.66080E-0004	2.31406E-0004
2 global	-1.32729E-0004	-7.27236E-0004	2.31406E-0004
3 global	-1.32729E-0004	-2.89501E-0004	1.15309E-0004
4 global	4.07393E-0032	-3.14363E-0030	-3.50631E-0032
5 global	-1.32512E-0004	-2.57046E-0004	6.13123E-0005
6 global	-1.31629E-0004	-2.41298E-0004	1.01143E-0005
7 global	-1.30745E-0004	-1.74793E-0004	1.16534E-0005
8 global	-1.30528E-0004	-1.58977E-0004	-1.00066E-0005
9 global	-4.07393E-0032	-1.72630E-0030	9.60526E-0032
10 global	-1.30528E-0004	-2.74864E-0004	-6.37475E-0005
11 global	-1.30528E-0004	-3.13112E-0004	-6.37475E-0005

no sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-1.73	133.62	1.49
9 global	1.73	73.38	-4.08
Resultante	-0.00	207.00	1019.90

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	n o s	força		momento
			x	y	z
			-0.000	-0.000	0.000
barra	e s f o r ç o s	n o 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	-56.60	-0.00
		3	0.00	56.60	-113.20
3	local	3	-1.73	77.02	106.03
		5	1.73	-77.02	-55.97
4	local	5	-1.73	28.02	55.97
		6	1.73	-28.02	18.29
5	local	6	-1.73	-13.38	-18.29
		7	1.73	13.38	-17.16
6	local	7	-1.73	-47.18	17.16
		8	1.73	47.18	-47.82
7	local	8	-0.00	26.20	52.40
		10	0.00	-26.20	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	0.00
		11	0.00	-0.00	-0.00

9	local	3	133.62	1.73	7.17
		4	-133.62	-1.73	1.49
10	local	8	73.38	-1.73	-4.58
		9	-73.38	1.73	-4.08

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	-2.94235E-0004	-9.74179E-0004	2.76510E-0004	
2	global	-2.94235E-0004	-8.08274E-0004	2.76510E-0004	
3	global	-2.94235E-0004	-2.81394E-0004	1.55490E-0004	
4	global	2.47484E-0032	-3.05561E-0030	2.81861E-0032	
5	global	-2.94103E-0004	-2.22459E-0004	9.64892E-0005	
6	global	-2.93566E-0004	-1.46031E-0004	2.25576E-0005	
7	global	-2.93030E-0004	-3.90132E-0005	6.62437E-0005	
8	global	-2.92898E-0004	9.70791E-0006	7.93629E-0005	
9	global	-2.47484E-0032	1.05416E-0031	1.07836E-0031	
10	global	-2.92898E-0004	2.00636E-0004	9.74133E-0005	
11	global	-2.92898E-0004	2.59084E-0004	9.74133E-0005	

reações nos apoios					
nó sistema		força	força	momento	
		x	y	z	
4	global	-1.05	129.88	-1.20	
9	global	1.05	-4.48	-4.58	
Resultante		-0.00	125.40	290.68	

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	força	fletor	
		normal	cortante		
1	local	1	0.00	-0.00	
		2	-0.00	-0.00	
2	local	2	-0.00	-0.00	
		3	0.00	-118.00	
3	local	3	-1.05	111.54	
		5	1.05	-65.47	
4	local	5	-1.05	65.47	
		6	1.05	11.06	
5	local	6	-1.05	-11.06	
		7	1.05	21.08	
6	local	7	-1.05	-21.08	
		8	1.05	18.28	
7	local	8	-0.00	-17.60	
		10	0.00	0.00	
8	local	10	0.00	-0.00	
		11	-0.00	-0.00	
9	local	3	129.88	6.46	
		4	-129.88	-1.20	
10	local	8	-4.48	-0.68	
		9	4.48	-4.58	

carregamento 6

Título : Vento

deslocamentos nodais					
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao	
		x	y	z	
1	global	4.06748E-0004	4.42219E-0005	-1.45378E-0005	
2	global	4.05810E-0004	3.54993E-0005	-1.45378E-0005	
3	global	4.02687E-0004	6.42359E-0006	-1.45378E-0005	
4	global	9.59501E-0032	6.97525E-0032	-2.48295E-0031	
5	global	4.02182E-0004	-1.42948E-0007	-8.62174E-0006	
6	global	4.00125E-0004	-3.01954E-0007	2.20206E-0006	
7	global	3.98067E-0004	-7.15252E-0008	-8.32782E-0006	
8	global	3.97562E-0004	-6.42359E-0006	-1.41718E-0005	
9	global	9.48476E-0032	-6.97525E-0032	-2.45327E-0031	

10 global 3.97562E-0004 -3.47672E-0005 -1.41718E-0005
 11 global 3.97562E-0004 -4.32703E-0005 -1.41718E-0005

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-4.08	-2.96	10.55
9	global	-4.03	2.96	10.43
Resultante		-8.11	0.00	40.55

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

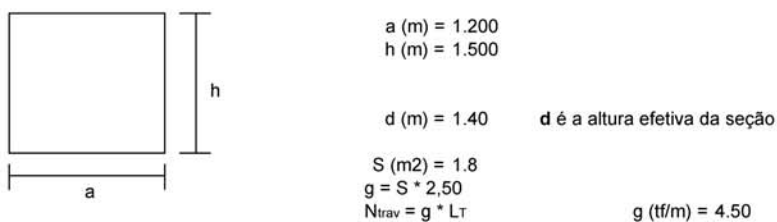
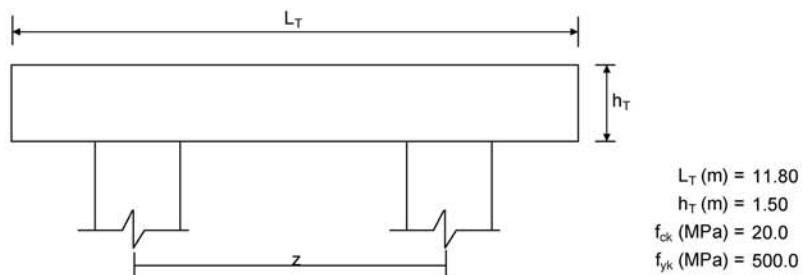
diferença de equilíbrio
 (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)

	força x	força y	momento z
	0.000	0.000	-0.000

barra	e s f o r ç o s	n ó	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
	sistema		força normal	força cortante	fletor
1	local	1	8.11	-0.00	-0.00
		2	-8.11	0.00	-0.00
2	local	2	8.11	-0.00	0.00
		3	-8.11	0.00	-0.00
3	local	3	4.03	-2.96	-9.84
		5	-4.03	2.96	7.91
4	local	5	4.03	-2.96	-7.91
		6	-4.03	2.96	0.05
5	local	6	4.03	-2.96	-0.05
		7	-4.03	2.96	-7.80
6	local	7	4.03	-2.96	7.80
		8	-4.03	2.96	-9.73
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	-2.96	4.08	9.84
		4	2.96	-4.08	10.55
10	local	8	2.96	4.03	9.73
		9	-2.96	-4.03	10.43

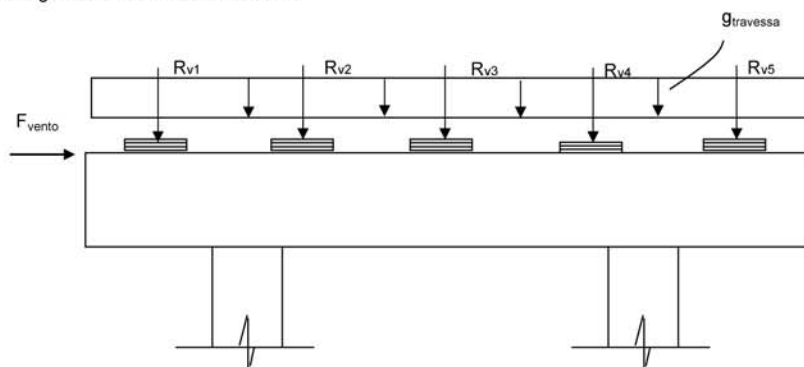
Fim Do Programa

Dimensionamento da Travessa de P3



Direção transversal

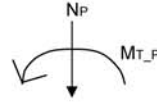
Carregamentos atuantes na travessa



- Peso Próprio

$g (tf/m) = 4.500$	$R_{v1} (tf) = 75.17$
	$R_{v2} (tf) = 67.86$
	$R_{v3} (tf) = 67.86$
	$R_{v4} (tf) = 67.86$
	$R_{v5} (tf) = 75.17$

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_t * x) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$$\begin{aligned} X1 (m) &= 5.30 & X3 (m) &= 0.00 & n &= 5 \\ X2 (m) &= 2.65 & X4 (m) &= -2.65 \\ & & X5 (m) &= -5.30 \\ \Sigma(x_i)^2 (m) &= 70.225 \end{aligned}$$

PTC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 133.4$	$N_d (tf) = 110.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 193.7$	$M_{T-d} (tf.m) = 196.4$
$R_{v1} (tf) = 41.3$	$R_{v1} (tf) = 36.9$
$R_{v2} (tf) = 34.0$	$R_{v2} (tf) = 29.5$
$R_{v3} (tf) = 26.7$	$R_{v3} (tf) = 22.1$
$R_{v4} (tf) = 19.4$	$R_{v4} (tf) = 14.7$
$R_{v5} (tf) = 12.1$	$R_{v5} (tf) = 7.3$

PMC - 1 Vão Carregado

$N_e (tf) = 88.1$	$N_d (tf) = 76.6$
$M_{T-e} (tf.m) = 331.8$	$M_{T-d} (tf.m) = 299.7$
$R_{v1} (tf) = 42.7$	$R_{v1} (tf) = 37.9$
$R_{v2} (tf) = 30.1$	$R_{v2} (tf) = 26.6$
$R_{v3} (tf) = 17.6$	$R_{v3} (tf) = 15.3$
$R_{v4} (tf) = 5.1$	$R_{v4} (tf) = 4.0$
$R_{v5} (tf) = -7.4$	$R_{v5} (tf) = -7.3$

PTC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 112.7$	$N_d (tf) = 89.7$	$N_P (tf) = 202.5$
$M_{T-e} (tf.m) = 100.3$	$M_{T-d} (tf.m) = 101.4$	$M_{T-P} (tf.m) = 201.7$
$R_{v1} (tf) = 30.1$	$R_{v1} (tf) = 25.6$	$R_{v1} (tf) = 55.7$
$R_{v2} (tf) = 26.3$	$R_{v2} (tf) = 21.8$	$R_{v2} (tf) = 48.1$
$R_{v3} (tf) = 22.5$	$R_{v3} (tf) = 17.9$	$R_{v3} (tf) = 40.5$
$R_{v4} (tf) = 18.8$	$R_{v4} (tf) = 14.1$	$R_{v4} (tf) = 32.9$
$R_{v5} (tf) = 15.0$	$R_{v5} (tf) = 10.3$	$R_{v5} (tf) = 25.3$

PMC - 2 Vãos Carregados

$N_e (tf) = 67.4$	$N_d (tf) = 55.9$	$N_P (tf) = 123.3$
$M_{T-e} (tf.m) = 238.4$	$M_{T-d} (tf.m) = 204.7$	$M_{T-P} (tf.m) = 443.1$
$R_{v1} (tf) = 31.5$	$R_{v1} (tf) = 26.6$	$R_{v1} (tf) = 58.1$
$R_{v2} (tf) = 22.5$	$R_{v2} (tf) = 18.9$	$R_{v2} (tf) = 41.4$
$R_{v3} (tf) = 13.5$	$R_{v3} (tf) = 11.2$	$R_{v3} (tf) = 24.7$
$R_{v4} (tf) = 4.5$	$R_{v4} (tf) = 3.4$	$R_{v4} (tf) = 7.9$
$R_{v5} (tf) = -4.5$	$R_{v5} (tf) = -4.3$	$R_{v5} (tf) = -8.8$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 12.88$$

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

$$b_w (m) = 1.20$$

$$M_g (tf.m) = -165.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -116.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -11.5 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 402.5$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	466.286	-1632	402.5	1912678
$c = M_d$				

$$x (m) = 0.267$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z (m) = 1.293$	$x / d = 0.191$
		$kmd = 0.120$

$$A_s^- (cm^2) = 71.59$$

b) Seção do vão

$$b_w (m) = 1.20$$

$$M_g (tf.m) = 30.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 19.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 * M_g + 1,40 * M_{q1} + 0,70 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 69.6$$

$a = fcd * b_w * 0,272$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * fcd$	466.286	-1632	69.6	2533582
$c = M_d$				

$$x (m) = 0.043$$

$Z = d - 0,4 * x$	$z (m) = 1.383$	$x / d = 0.031$
		$kmd = 0.021$

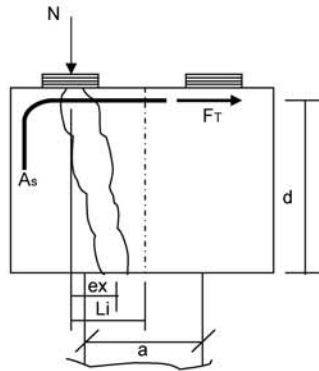
$$A_s^- (cm^2) = 11.58$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w * h_T)$$

$$A_{s_min} (cm^2) = 27.0$$

Direção Longitudinal



$a \text{ (m)} = 0.80$
 $d \text{ (m)} = 1.40$
 $L_i \text{ (m)} = 0.35$

$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$

$e_x = L_i - a / 4$

$F_{td} = N_d * e_x / d_b$

$A_s = F_{td} / f_{yd}$

$e_x \text{ (m)} = 0.150$

Apoio esquerdo

$N_g \text{ (tf)} = 43.55$
 $N_P \text{ (tf)} = 42.7$ (reação máxima viga extrema)

$N_d \text{ (tf)} = 120.7$

$F_{td} \text{ (tf)} = 12.9$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 3.0$

Apoio direito

$N_g \text{ (tf)} = 31.62$
 $N_P \text{ (tf)} = 37.9$ (reação máxima viga extrema)

$N_d \text{ (tf)} = 97.4$

$F_{td} \text{ (tf)} = 10.4$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 2.4$

logo será adotado :

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 3.0$

Dimensionamento ao Cisalhamento

Parcela do esforço cortante

a) Seção do apoio à esquerda

$b_w \text{ (m)} = 1.20$

$V_g \text{ (tf)} = 86.9$ (reação de carga permanente das vigas)

$V_q \text{ (tf)} = 36.9$ (reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)

$V_q \text{ (tf)} = 37.9$ (reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)

$V_q \text{ (tf)} = 55.7$ (reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)

$V_q \text{ (tf)} = 58.1$ (reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)

$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_q$

Vsd (tf) = 173.3	PTC - 1 Vão Carregado
Vsd (tf) = 174.7	PMC - 1 Vão Carregado
Vsd (tf) = 199.6	PTC - 2 Vãos Carregados
Vsd (tf) = 203.0	PMC - 2 Vãos Carregados

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

onde: $V_{Rd2} = 0,30 * f_{cd} * b_w * d$

$$V_{Rd2} (tf) = 672.0$$

Contribuição do Concreto

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

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \text{ (concreto armado)}$$

$$V_{cd} (tf) = 108.6$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

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

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

V _{wd} (tf) = 64.7	A _{sw} /s = 11.8	(cm ² /m)	PTC - 1 Vão Carregado
V _{wd} (tf) = 66.1	A _{sw} /s = 12.1	(cm ² /m)	PMC - 1 Vão Carregado
V _{wd} (tf) = 91.0	A _{sw} /s = 16.6	(cm ² /m)	PTC - 2 Vãos Carregados
V _{wd} (tf) = 94.3	A _{sw} /s = 17.2	(cm ² /m)	PMC - 2 Vãos Carregados
	ρ _w = 15.00	(cm ² /m ²)	PTC - 1 Vão Carregado
	ρ _w = 15.00	(cm ² /m ²)	PMC - 1 Vão Carregado
	ρ _w = 15.00	(cm ² /m ²)	PTC - 2 Vãos Carregados
	ρ _w = 15.00	(cm ² /m ²)	PMC - 2 Vãos Carregados

b) Seção do apoio à direita

- Vg (tf) = 116.6 (reação de carga permanente das vigas)
- Vq (tf) = 47.5 (reação de carga móvel das vigas - PTC_1 Vão Carregado)
- Vq (tf) = 45.0 (reação de carga móvel das vigas - PMC_1 Vão Carregado)
- Vq (tf) = 75.6 (reação de carga móvel das vigas - PTC_2 Vãos Carregados)
- Vq (tf) = 69.7 (reação de carga móvel das vigas - PMC_2 Vãos Carregados)
- Vq2 (tf) = 3.5 (vento na superestrutura)

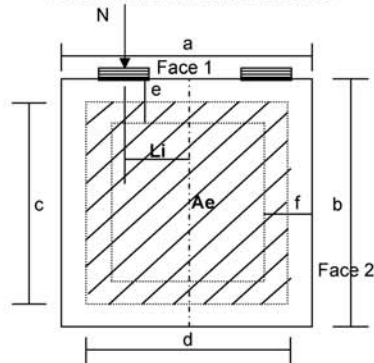
$$Vsd = 1,40 \cdot Vg + 1,40 \cdot Vq1 + 0,5 \cdot 1,40 \cdot Vq2$$

- Vsd (tf) = 232.3 PTC - 1 Vão Carregado
- Vsd (tf) = 228.7 PMC - 1 Vão Carregado
- Vsd (tf) = 271.5 PTC - 2 Vãos Carregados
- Vsd (tf) = 263.3 PMC - 2 Vãos Carregados

Cálculo da Armadura Transversal

- V_{wd} (tf) = 123.6 A_{sw}/s = 22.6 (cm²/m) PTC - 1 Vão Carregado
- V_{wd} (tf) = 120.1 A_{sw}/s = 21.9 (cm²/m) PMC - 1 Vão Carregado
- V_{wd} (tf) = 162.9 A_{sw}/s = 29.7 (cm²/m) PTC - 2 Vãos Carregados
- V_{wd} (tf) = 154.6 A_{sw}/s = 28.2 (cm²/m) PMC - 2 Vãos Carregados
- ρ_w = 18.81 (cm²/m²) PTC - 1 Vão Carregado
- ρ_w = 18.27 (cm²/m²) PMC - 1 Vão Carregado
- ρ_w = 24.78 (cm²/m²) PTC - 2 Vãos Carregados
- ρ_w = 23.52 (cm²/m²) PMC - 2 Vãos Carregados

Parcela dos momentos torsores



$$MT_{sd} = 1,40 \cdot M_{T,g} + 1,40 \cdot M_{T,P}$$

$$A_{sw} / s = MT_{sd} / (2 \cdot Ae \cdot f_{yd})$$

$$\rho_{wT} = (A_{sw} / s) / b_w$$

- a (m) = 1.200 e (m) = 0.200
- b (m) = 1.500 f (m) = 0.250
- c (m) = 1.300
- d (m) = 0.950

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$

$$Ae = c \cdot d \quad Ae \text{ (m}^2\text{)} = 1.235$$

$$M_T = (N_e - N_d) \cdot Li$$

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	31.62	0.35	4.18
1 Vão - PTC	41.3	36.9	0.35	14.5
1 Vão - PMC	42.7	37.9	0.35	14.9
2 Vãos - PTC	30.1	25.6	0.35	1.58
2 Vãos - PMC	31.5	26.6	0.35	1.70

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)	26.1	26.8	8.1	8.2

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	2.4	9.7	2.5	10.0	0.8	3.0	0.8	3.1
2	0.20	2.4	12.1	2.5	12.5	0.8	3.8	0.8	3.8

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	0.118	0.346	0.464	0.121	0.340	0.462
2	0.148	0.346	0.493	0.152	0.340	0.492

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	0.037	0.404	0.441	0.037	0.392	0.429
2	0.046	0.404	0.450	0.047	0.392	0.438

```

Portico Plano Travessa P3 Ponte 63,5m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      3.7000
  2      0.6000      3.7000
  3      2.6000      3.7000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      3.7000
  6      5.9000      3.7000
  7      8.5500      3.7000
  8      9.2000      3.7000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      3.7000
 11     11.8000      3.7000
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 -75.170
  5  PY -67.860
  6  PY -67.860
  7  PY -67.860
 10  PY -75.170
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 -36.900
5 PY -29.500
6 PY -22.100
7 PY -14.100
10 PY -7.300
0
fim
carregamento 3 PMC - 1 Vão Carregado
cargas nodais
2 PY -37.900
5 PY -26.600
6 PY -15.300
7 PY -4.000
10 PY 7.300
0
fim
carregamento 4 PTC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -55.700
5 PY -48.100
6 PY -40.500
7 PY -32.900
10 PY -25.300
0
fim
carregamento 5 PMC - 2 Vãos Carregados
cargas nodais
2 PY -58.100
5 PY -41.400
6 PY -24.700
7 PY -7.900
10 PY 8.800
0
fim
carregamento 6 Vento
cargas nodais
1 PX 12.880
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P3 Ponte 63,5m

 DATA : 3/20/2006(segunda-feira)
 HORA : 10:37:51 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 6-travessap3_63,5m.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	3.70E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	3.70E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	3.70E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	3.70E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	3.70E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	3.70E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	3.70E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	3.70E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	3.70E+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	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	-75.17	0.00
5	global	0.00	-67.86	0.00
6	global	0.00	-67.86	0.00
7	global	0.00	-67.86	0.00
10	global	0.00	-75.17	0.00

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb	py	wya
					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	-36.90	0.00
5	global	0.00	-29.50	0.00
6	global	0.00	-22.10	0.00
7	global	0.00	-14.10	0.00
10	global	0.00	-7.30	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC - 1 Vão Carregado

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-37.90	0.00
5	global	0.00	-26.60	0.00
6	global	0.00	-15.30	0.00
7	global	0.00	-4.00	0.00
10	global	0.00	7.30	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - PTC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-55.70	0.00
5	global	0.00	-48.10	0.00
6	global	0.00	-40.50	0.00
7	global	0.00	-32.90	0.00
10	global	0.00	-25.30	0.00

fim do carregamento 4

carregamento 5 - PMC - 2 Vãos Carregados

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-58.10	0.00
5	global	0.00	-41.40	0.00
6	global	0.00	-24.70	0.00
7	global	0.00	-7.90	0.00
10	global	0.00	8.80	0.00

fim do carregamento 5

carregamento 6 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	12.88	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: 1.9E+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	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-3.88762E-0006	-1.06060E-0003	2.95920E-0004
2	global	-3.88762E-0006	-8.82707E-0004	2.95754E-0004
3	global	-3.88762E-0006	-3.26278E-0004	1.28214E-0004
4	global	1.43073E-0031	-4.75985E-0030	-1.64923E-0031
5	global	-3.12188E-0006	-3.04592E-0004	5.33000E-0005
6	global	-7.78165E-0019	-3.46279E-0004	8.70832E-0020
7	global	3.12188E-0006	-3.04592E-0004	-5.33000E-0005
8	global	3.88762E-0006	-3.26278E-0004	-1.28214E-0004
9	global	-1.43073E-0031	-4.75985E-0030	1.64923E-0031
10	global	3.88762E-0006	-8.82707E-0004	-2.95754E-0004
11	global	3.88762E-0006	-1.06060E-0003	-2.95920E-0004

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-6.12	203.51	7.05
9	global	6.12	203.51	-7.05

Resultante -0.00 407.02 2401.42

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)

	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	86.87	-165.55
4	local	5	-6.12	116.64	149.97
5	local	6	6.12	-113.71	-75.10
6	local	7	-6.12	45.86	75.10
7	local	8	6.12	-33.93	30.61
8	local	10	-6.12	-33.93	-30.61
9	local	11	6.12	45.85	-75.10
10	local	3	-6.12	-113.71	75.10
		4	6.12	116.64	-149.97
		8	0.00	86.87	165.55
		10	-0.00	-77.87	-0.81
		11	0.00	2.70	0.81
9	local	3	-0.00	0.00	-0.00
		4	203.51	6.12	15.58
10	local	8	-203.51	-6.12	7.05
		9	203.51	-6.12	-15.58
		11	-203.51	6.12	-7.05

carregamento 2

Título : PTC - 1 Vão Carregado

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	-8.57721E-0005	-5.17276E-0004	1.53171E-0004
2	global	-8.57721E-0005	-4.25373E-0004	1.53171E-0004
3	global	-8.57721E-0005	-1.35380E-0004	7.74825E-0005
4	global	3.53046E-0032	-1.97497E-0030	-5.02388E-0033

5	global	-8.55831E-0005	-1.11893E-0004	4.21649E-0005
6	global	-8.48128E-0005	-1.00008E-0004	5.13721E-0006
7	global	-8.40424E-0005	-5.73157E-0005	1.84590E-0005
8	global	-8.38535E-0005	-4.08174E-0005	1.42069E-0005
9	global	-3.53046E-0032	-5.95459E-0031	7.63680E-0032
10	global	-8.38535E-0005	-3.91164E-0005	-7.66619E-0007
11	global	-8.38535E-0005	-3.95764E-0005	-7.66619E-0007

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	-1.51	84.44	0.21
9	global	1.51	25.46	-3.27

Resultante	0.00	109.90	450.72	

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

barra	e s f o r ç o s	n ó	n a s	b a r r a s	m o m e n t o
	sistema		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	-36.90	-0.00
		3	0.00	36.90	-73.80
3	local	3	-1.51	47.54	68.43
		5	1.51	-47.54	-37.53
4	local	5	-1.51	18.04	37.53
		6	1.51	-18.04	10.28
5	local	6	-1.51	-4.06	-10.28
		7	1.51	4.06	-0.48
6	local	7	-1.51	-18.16	0.48
		8	1.51	18.16	-12.28
7	local	8	0.00	7.30	14.60
		10	-0.00	-7.30	-0.00
8	local	10	-0.00	0.00	-0.00
		11	0.00	-0.00	0.00
9	local	3	84.44	1.51	5.37
		4	-84.44	-1.51	0.21
10	local	8	25.46	-1.51	-2.32
		9	-25.46	1.51	-3.27

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	-1.30281E-0004	-5.56630E-0004	1.69419E-0004
2	global	-1.30281E-0004	-4.54979E-0004	1.69419E-0004
3	global	-1.30281E-0004	-1.32933E-0004	9.16789E-0005
4	global	2.41159E-0032	-1.93928E-0030	2.67214E-0032
5	global	-1.30152E-0004	-1.00101E-0004	5.42057E-0005
6	global	-1.29625E-0004	-7.01781E-0005	7.50505E-0006
7	global	-1.29099E-0004	-1.82093E-0005	3.83349E-0005
8	global	-1.28970E-0004	1.02846E-0005	4.84565E-0005
9	global	-2.41159E-0032	1.50035E-0031	8.23188E-0032
10	global	-1.28970E-0004	1.33911E-0004	6.34301E-0005
11	global	-1.28970E-0004	1.71969E-0004	6.34301E-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	-1.03	82.91	-1.14
9	global	1.03	-6.41	-3.52

Resultante	0.00	76.50	151.90	

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)			

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	força		momento	
			x	y	x	z
			0.000	0.000	0.000	
			n a s		b a r r a s	
			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	-37.90	-0.00	-0.00
		3	-0.00	37.90	-75.80	-75.80
3	local	3	-1.03	45.01	70.84	70.84
		5	1.03	-45.01	-41.58	-41.58
4	local	5	-1.03	18.41	41.58	41.58
		6	1.03	-18.41	7.22	7.22
5	local	6	-1.03	3.11	-7.22	-7.22
		7	1.03	-3.11	15.47	15.47
6	local	7	-1.03	0.89	-15.47	-15.47
		8	1.03	0.89	14.90	14.90
7	local	8	-0.00	-7.30	-14.60	-14.60
		10	0.00	7.30	-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	82.91	1.03	4.96	4.96
		4	-82.91	-1.03	-1.14	-1.14
10	local	8	-6.41	-1.03	-0.30	-0.30
		9	6.41	1.03	-3.52	-3.52

carregamento 4

Título : PTC - 2 Vãos Carregados

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-8.89162E-0005	-7.54126E-0004	2.18582E-0004
2 global	-8.89162E-0005	-6.22977E-0004	2.18582E-0004
3 global	-8.89162E-0005	-2.10491E-0004	1.04331E-0004
4 global	6.38363E-0032	-3.07072E-0030	-3.69164E-0032
5 global	-8.85745E-0005	-1.84126E-0004	5.21253E-0005
6 global	-8.71816E-0005	-1.85765E-0004	5.04765E-0006
7 global	-8.57887E-0005	-1.29049E-0004	1.01144E-0005
8 global	-8.54470E-0005	-1.14167E-0004	-1.00809E-0005
9 global	-6.38363E-0032	-1.66551E-0030	1.10253E-0031
10 global	-8.54470E-0005	-2.26910E-0004	-6.19758E-0005
11 global	-8.54470E-0005	-2.64095E-0004	-6.19758E-0005

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4 global	-2.73	131.29	1.58
9 global	2.73	71.21	-4.71
Resultante	0.00	202.50	993.35

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)

barra	e s f o r ç o s sistema	nó	força		momento	
			x	y	x	z
			0.000	-0.000	-0.000	
			n a s		b a r r a s	
			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	-55.70	-0.00	-0.00
		3	0.00	55.70	-111.40	-111.40
3	local	3	-2.73	75.59	102.88	102.88
		5	2.73	-75.59	-53.75	-53.75
4	local	5	-2.73	27.49	53.75	53.75
		6	2.73	-27.49	19.10	19.10
5	local	6	-2.73	-13.01	-19.10	-19.10
		7	2.73	13.01	-15.37	-15.37
6	local	7	-2.73	-45.91	15.37	15.37
		8	2.73	45.91	-45.22	-45.22
7	local	8	0.00	25.30	50.60	50.60
		10	-0.00	-25.30	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	131.29	2.73	8.52
		4	-131.29	-2.73	1.58
10	local	8	71.21	-2.73	-5.38
		9	-71.21	2.73	-4.71

carregamento 5

Título : PMC - 2 Vãos Carregados

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	-1.92903E-0004	-8.48868E-0004	2.57596E-0004
2	global	-1.92903E-0004	-6.94310E-0004	2.57596E-0004
3	global	-1.92903E-0004	-2.04860E-0004	1.38422E-0004
4	global	3.87431E-0032	-2.98857E-0030	3.60324E-0032
5	global	-1.92696E-0004	-1.56062E-0004	8.11684E-0005
6	global	-1.91851E-0004	-1.13382E-0004	1.11266E-0005
7	global	-1.91005E-0004	-3.47759E-0005	5.58018E-0005
8	global	-1.90798E-0004	7.17940E-0006	6.89839E-0005
9	global	-3.87431E-0032	1.04735E-0031	1.25351E-0031
10	global	-1.90798E-0004	1.77349E-0004	8.70343E-0005
11	global	-1.90798E-0004	2.29570E-0004	8.70343E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-1.66	127.78	-1.54
9	global	1.66	-4.48	-5.36
Resultante		0.00	123.30	284.12

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	esf	forças	nas	barra	s
no sistema		força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	0.00	0.00	-0.00
		2	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	-0.00	-58.10	-0.00
		3	0.00	58.10	-116.20
3	local	3	-1.66	69.68	108.53
		5	1.66	-69.68	-63.24
4	local	5	-1.66	28.28	63.24
		6	1.66	-28.28	11.70
5	local	6	-1.66	3.58	-11.70
		7	1.66	-3.58	21.18
6	local	7	-1.66	-4.32	-21.18
		8	1.66	4.32	18.37
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	127.78	1.66	7.67
		4	-127.78	-1.66	-1.54
10	local	8	-4.48	-1.66	-0.77
		9	4.48	1.66	-5.36

carregamento 6

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	2.85903E-0004	4.86186E-0005	-1.65733E-0005
2	global	2.84415E-0004	3.86746E-0005	-1.65733E-0005
3	global	2.79454E-0004	5.52792E-0006	-1.65733E-0005
4	global	1.52570E-0031	8.06432E-0032	-2.95150E-0031
5	global	2.78658E-0004	-1.87561E-0006	-9.64304E-0006
6	global	2.75414E-0004	-7.72645E-0007	3.14939E-0006
7	global	2.72170E-0004	1.32681E-0006	-8.89097E-0006
8	global	2.71374E-0004	-5.52792E-0006	-1.56368E-0005
9	global	1.48677E-0031	-8.06432E-0032	-2.87221E-0031

```

10 global 2.71374E-0004 -3.68015E-0005 -1.56368E-0005
11 global 2.71374E-0004 -4.61836E-0005 -1.56368E-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 -6.52 -3.45 12.62
9 global -6.36 3.45 12.28
-----
Resultante -12.88 -0.00 47.66
    
```

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

```

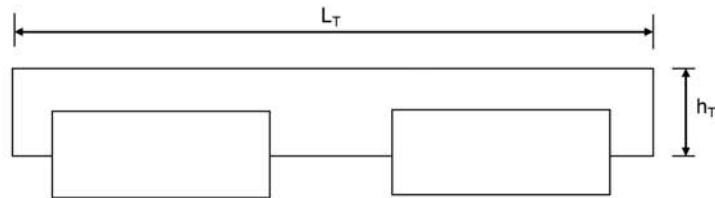
d i f e r e n ç a d e e q u i l i b r i o
( o e q u i l i b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m )
      força força momento
      x y z
-0.000 -0.000 0.000
    
```

```

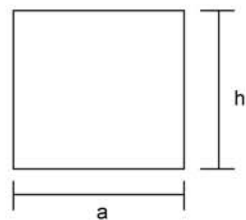
b a r r a e s f o r ç o s n a s b a r r a s m o m e n t o
sistema nó força normal força cortante fletor
1 local 1 12.88 0.00 0.00
2 local 2 -12.88 -0.00 -0.00
3 local 3 12.88 -0.00 0.00
4 local 4 -12.88 0.00 -0.00
5 local 5 6.36 -3.45 -11.52
6 local 6 -6.36 3.45 9.28
7 local 7 6.36 -3.45 -9.28
8 local 8 -6.36 3.45 0.14
9 local 9 6.36 -3.45 -0.14
10 local 10 -6.36 3.45 -9.00
11 local 11 6.36 -3.45 9.00
12 local 12 -6.36 3.45 -11.24
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 3.45 6.52 11.52
18 local 18 -3.45 -6.52 -11.52
19 local 19 3.45 6.36 12.62
20 local 20 -3.45 -6.36 -12.28
    
```

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) = 0.800
 h (m) = 1.300

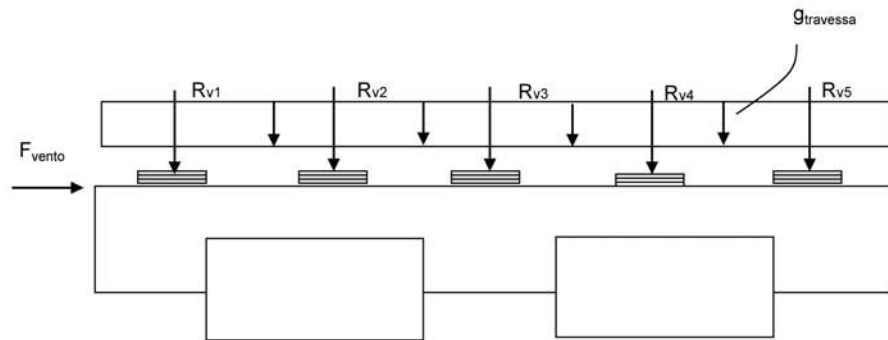
d (m) = 1.40 d é a altura efetiva da seção

S (m²) = 1.04
 $g = S * 2,50$
 $N_{trav} = g * L_T$

g (tf/m) = 2.6

Direção transversal

Carregamentos atuantes na travessa

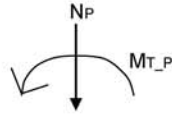


- Peso Próprio

g_a (tf/m) = 2.600
 g_b (tf/m) = 10.900

R_{v1} (tf) = 45.05
 R_{v2} (tf) = 42.18
 R_{v3} (tf) = 42.18
 R_{v4} (tf) = 42.18
 R_{v5} (tf) = 45.05

- Carga Móvel



$$R_i = N_p / n + (M_T \cdot x_i) / \sum(x_i)^2 \quad X_{C.E.} (m) = 5.90$$

$X_1 (m) = 5.30$	$X_3 (m) = 0.00$	$n = 5$
$X_2 (m) = 2.65$	$X_4 (m) = -2.65$	
	$X_5 (m) = -5.30$	
$\sum(x_i)^2 (m) = 70.225$		

PTC - 1 Vão Carregado

$$N_P (tf) = 128.4$$

$$M_{T-P} (tf.m) = 212.6$$

$$R_{v1} (tf) = 41.7$$

$$R_{v2} (tf) = 33.7$$

$$R_{v3} (tf) = 25.7$$

$$R_{v4} (tf) = 17.7$$

$$R_{v5} (tf) = 9.6$$

PMC - 1 Vão Carregado

$$N_P (tf) = 87.0$$

$$M_{T-P} (tf.m) = 345.2$$

$$R_{v1} (tf) = 43.5$$

$$R_{v2} (tf) = 30.4$$

$$R_{v3} (tf) = 17.4$$

$$R_{v4} (tf) = 4.4$$

$$R_{v5} (tf) = -8.6$$

- Vento

$$F_{vento} (tf) = 11.84$$

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

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = -48.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = -43.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = -11.8 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 136.4$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 310.857 & -1088 & 136.4 & 1014190
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.130$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.348$$

$$x / d = 0.093$$

$$kmd = 0.061$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 23.27$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 17.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 10.3 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,40 \cdot M_g + 1,40 \cdot M_{q1} + 0,70 \cdot M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 38.7$$

$$\begin{array}{l}
 a = fcd \cdot bw \cdot 0,272 \\
 b = -0,68 \cdot bw \cdot d \cdot fcd \\
 c = Md
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{cccc}
 & a & b & c & \Delta \\
 & 310.857 & -1088 & 38.7 & 1135602
 \end{array}$$

$$x \text{ (m)} = 0.036$$

$$Z = d - 0,4 \cdot x$$

$$z \text{ (m)} = 1.386$$

$$x / d = 0.026$$

$$kmd = 0.017$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 6.43$$

c) Armadura mínima

$$A_{s_min} = 0,15 \% (b_w \cdot h_T)$$

$$A_{s_min} \text{ (cm}^2\text{)} = 15.6$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 52.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 43.5 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,40 \cdot V_g + 1,40 \cdot V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 134.4$$

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

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

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

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

$$V_{wd} (tf) = 62.0$$

$$A_{sw}/s = 11.3 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 15.00 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 30.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 18.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 7.6 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,40 * V_g + 1,40 * V_{q1} + 0,5 * 1,4 * V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 73.2$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

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

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

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 0.8$$

$$A_{sw}/s = 0.1 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\rho_w = 15.00 \text{ (cm}^2/\text{m}^2)$$

Portico Plano Travessa P4

coordenadas dos nos

1	0.00	0.00
2	0.60	0.00
3	1.20	0.00
4	1.60	0.00
5	2.60	0.00
6	3.25	0.00
7	3.60	0.00
8	4.00	0.00
9	5.90	0.00
10	7.80	0.00
11	8.20	0.00
12	8.55	0.00
13	9.20	0.00
14	10.20	0.00
15	10.60	0.00
16	11.20	0.00
17	11.80	0.00
18	1.60	-10.00
19	2.60	-10.00
20	3.60	-10.00
21	8.20	-10.00
22	9.20	-10.00
23	10.20	-10.00

0

condicoes de contorno

18	111
19	111
20	111
21	111
22	111
23	111

0

tipos de material

1	2884760.0000	0.2000	0.0000100000	2.5000
---	--------------	--------	--------------	--------

0

tipos de secao

1	1.040E+0000	1.040E+0000	0.146E+0000	1.0
2	4.360E+0000	4.360E+0000	1.289E+0000	1.0
3	0.264E+0000	0.264E+0000	0.278E-0002	1.0
4	0.132E+0000	0.132E+0000	0.139E-0002	1.0

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1
2	2	3	1	1
3	3	4	1	2
4	4	5	1	2
5	5	6	1	2
6	6	7	1	2
7	7	8	1	2
8	8	9	1	1
9	9	10	1	1
10	10	11	1	2
11	11	12	1	2
12	12	13	1	2
13	13	14	1	2

14	14	15	1	2
15	15	16	1	1
16	16	17	1	1
17	4	18	1	3
18	5	19	1	4
19	7	20	1	3
20	11	21	1	3
21	13	22	1	4
22	14	23	1	3

0

numero de carregamentos 4

carregamento 1 Peso Proprio

cargas nodais

2 PY -45.050

6 PY -42.180

9 PY -42.180

12 PY -42.180

16 PY -45.050

0

cargas nos elementos

1 U 0.000 0.000 WYA -2.600

2 U 0.000 0.000 WYA -2.600

3 U 0.000 0.000 WYA -10.900

4 U 0.000 0.000 WYA -10.900

5 U 0.000 0.000 WYA -10.900

6 U 0.000 0.000 WYA -10.900

7 U 0.000 0.000 WYA -10.900

8 U 0.000 0.000 WYA -2.600

9 U 0.000 0.000 WYA -2.600

10 U 0.000 0.000 WYA -10.900

11 U 0.000 0.000 WYA -10.900

12 U 0.000 0.000 WYA -10.900

13 U 0.000 0.000 WYA -10.900

14 U 0.000 0.000 WYA -10.900

15 U 0.000 0.000 WYA -2.600

16 U 0.000 0.000 WYA -2.6000

0

fim

carregamento 2 PTC

cargas nodais

2 PY -41.700

6 PY -33.700

9 PY -25.700

12 PY -17.700

16 PY -9.600

0

fim

carregamento 3 PMC

cargas nodais

2 PY -43.500

6 PY -30.400

9 PY -17.400

12 PY -4.400

16 PY 8.600

0

fim

carregamento 4 Vento

```
cargas nodais  
1 PX 11.840  
0  
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P4

 DATA : 3/20/2006(segunda-feira)
 HORA : 10:43:01 AM
 ARQUIVO DE DADOS : 8-travessap4_63,5m.slt
 TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

U n i d a d e s U t i l i z a d a s
 força : não informada.
 comprimento : não informada.

nó	sistema	c o o r d e n a d a s		
		coordenada	coordenada	coordenada
		x	y	z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	1.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	1.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	3.25E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	3.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	4.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	5.90E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	7.80E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	8.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	8.55E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
14	global	1.02E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
15	global	1.06E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
16	global	1.12E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
17	global	1.18E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
18	global	1.60E+0000	-1.00E+0001	0.00E+0000
19	global	2.60E+0000	-1.00E+0001	0.00E+0000
20	global	3.60E+0000	-1.00E+0001	0.00E+0000
21	global	8.20E+0000	-1.00E+0001	0.00E+0000
22	global	9.20E+0000	-1.00E+0001	0.00E+0000
23	global	1.02E+0001	-1.00E+0001	0.00E+0000

número de nós 23

nó	código	r e s t r i ç õ e s		
		transl. x	transl. y	rotação z
18	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
19	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
20	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
21	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
22	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
23	111	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 6

barra	p r o p r i e d a d e s			d o s e l e m e n t o s	
	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	6.00E-0001
2	1	1	2	3	6.00E-0001
3	1	2	3	4	4.00E-0001
4	1	2	4	5	1.00E+0000
5	1	2	5	6	6.50E-0001
6	1	2	6	7	3.50E-0001
7	1	2	7	8	4.00E-0001
8	1	1	8	9	1.90E+0000
9	1	1	9	10	1.90E+0000
10	1	2	10	11	4.00E-0001
11	1	2	11	12	3.50E-0001
12	1	2	12	13	6.50E-0001
13	1	2	13	14	1.00E+0000
14	1	2	14	15	4.00E-0001
15	1	1	15	16	6.00E-0001
16	1	1	16	17	6.00E-0001
17	1	3	4	18	1.00E+0001
18	1	4	5	19	1.00E+0001
19	1	3	7	20	1.00E+0001
20	1	3	11	21	1.00E+0001
21	1	4	13	22	1.00E+0001
22	1	3	14	23	1.00E+0001

número de elementos 22

p r o p r i e d a d e s d o s m a t e r i a i s

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

propriedades das seções

tipo	área x	área y	inércia z
1	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-0001
2	4.36E+0000	4.36E+0000	1.29E+0000
3	2.64E-0001	2.64E-0001	2.78E-0003
4	1.32E-0001	1.32E-0001	1.39E-0003

módulos de flexão

tipo	wz
1	1.00E+0000
2	1.00E+0000
3	1.00E+0000
4	1.00E+0000

número de tipos seções 4

carregamento 1 - Peso Proprio

nó	sistema	cargas nodais		momento z
		força x	força y	
2	global	0.00	-45.05	0.00
6	global	0.00	-42.18	0.00
9	global	0.00	-42.18	0.00
12	global	0.00	-42.18	0.00
16	global	0.00	-45.05	0.00

barra	sistema	tipo	cargas aplicadas nas barras		px	py	mz	wyb
			la	lb				
1	local	u	f1	f2	f3	p		
2	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-2.6E+0000	
3	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-2.6E+0000	
4	local	u	0.00	0.40	0.0E+0000		-1.0E+0001	
5	local	u	0.00	1.00	0.0E+0000		-1.0E+0001	
6	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.0E+0001	
7	local	u	0.00	0.35	0.0E+0000		-1.0E+0001	
8	local	u	0.00	0.40	0.0E+0000		-1.0E+0001	
9	local	u	0.00	1.90	0.0E+0000		-2.6E+0000	
10	local	u	0.00	1.90	0.0E+0000		-2.6E+0000	
11	local	u	0.00	0.40	0.0E+0000		-1.0E+0001	
12	local	u	0.00	0.35	0.0E+0000		-1.0E+0001	
13	local	u	0.00	0.65	0.0E+0000		-1.0E+0001	
14	local	u	0.00	1.00	0.0E+0000		-1.0E+0001	
15	local	u	0.00	0.40	0.0E+0000		-1.0E+0001	
16	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-2.6E+0000	
16	local	u	0.00	0.60	0.0E+0000		-2.6E+0000	

fim do carregamento 1

carregamento 2 - PTC

nó	sistema	cargas nodais		momento z
		força x	força y	
2	global	0.00	-41.70	0.00
6	global	0.00	-33.70	0.00
9	global	0.00	-25.70	0.00
12	global	0.00	-17.70	0.00
16	global	0.00	-9.60	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas nodais		momento z
		força x	força y	
2	global	0.00	-43.50	0.00
6	global	0.00	-30.40	0.00
9	global	0.00	-17.40	0.00
12	global	0.00	-4.40	0.00
16	global	0.00	8.60	0.00

```

                                fim do carregamento ..... 3
carregamento 4 - Vento
nó sistema cargas nodais
      força      força      momento
      x          y          z
1 global      11.84      0.00      0.00
                                fim do carregamento ..... 4
                                número de carregamentos ..... 4

```

resultado da renumeração nodal
 perfil antes da renumeração : 108
 perfil após a renumeração : 45

 DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 1.0E+0004
 Existe probabilidade de que o número de algarismos
 corretos nos deslocamentos calculados seja 6

carregamento 1

Título : Peso Proprio

		deslocamentos nodais			rotacao
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	deslocamento z	
1	global	-3.06249E-0008	-9.29918E-0004	6.99531E-0005	
2	global	-3.06249E-0008	-8.87605E-0004	6.97309E-0005	
3	global	-3.06249E-0008	-8.27238E-0004	4.89220E-0005	
4	global	-3.06249E-0008	-8.04589E-0004	4.47453E-0005	
5	global	-2.89185E-0008	-7.66778E-0004	3.22824E-0005	
6	global	-2.74092E-0008	-7.50986E-0004	2.57221E-0005	
7	global	-2.65966E-0008	-7.40915E-0004	2.24854E-0005	
8	global	-2.53248E-0008	-7.34822E-0004	1.89504E-0005	
9	global	-6.45176E-0018	-7.84602E-0004	1.85338E-0018	
10	global	2.53248E-0008	-7.34822E-0004	-1.89504E-0005	
11	global	2.65966E-0008	-7.40915E-0004	-2.24854E-0005	
12	global	2.74092E-0008	-7.50986E-0004	-2.57221E-0005	
13	global	2.89185E-0008	-7.66778E-0004	-3.22824E-0005	
14	global	3.06249E-0008	-8.04589E-0004	-4.47453E-0005	
15	global	3.06249E-0008	-8.27238E-0004	-4.89220E-0005	
16	global	3.06249E-0008	-8.87605E-0004	-6.97309E-0005	
17	global	3.06249E-0008	-9.29918E-0004	-6.99531E-0005	
18	global	1.51757E-0034	-4.33271E-0031	-5.05057E-0034	
19	global	5.47421E-0035	-2.06455E-0031	-1.82180E-0034	
20	global	7.62536E-0035	-3.98983E-0031	-2.53763E-0034	
21	global	-7.62536E-0035	-3.98983E-0031	2.53763E-0034	
22	global	-5.47421E-0035	-2.06455E-0031	1.82180E-0034	
23	global	-1.51757E-0034	-4.33271E-0031	5.05057E-0034	

		reações nos apoios			momento
nó	sistema	força x	força y	força z	
18	global	-0.02	61.28	0.07	
19	global	-0.01	29.20	0.03	
20	global	-0.01	56.43	0.04	
21	global	0.01	56.43	-0.04	
22	global	0.01	29.20	-0.03	
23	global	0.02	61.28	-0.07	

Resultante 0.00 293.80 1733.42

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 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	-0.00	-0.00
		2	0.00	1.56
2	local	2	-0.00	-46.61
		3	0.00	48.17

3	local	3	-0.00	-48.17	28.90
		4	0.00	52.53	-49.04
4	local	4	-0.02	8.75	48.90
		5	0.02	2.15	-45.60
5	local	5	-0.03	27.04	45.55
		6	0.03	-19.96	-30.28
6	local	6	-0.03	-22.22	30.28
		7	0.03	26.04	-38.72
7	local	7	-0.04	30.39	38.65
		8	0.04	-26.03	-27.36
8	local	8	-0.04	26.03	27.36
		9	0.04	-21.09	17.40
9	local	9	-0.04	-21.09	-17.40
		10	0.04	26.03	-27.36
10	local	10	-0.04	-26.03	27.36
		11	0.04	30.39	-38.65
11	local	11	-0.03	26.04	38.72
		12	0.03	-22.22	-30.28
12	local	12	-0.03	-19.96	30.28
		13	0.03	27.04	-45.55
13	local	13	-0.02	2.15	45.60
		14	0.02	8.75	-48.90
14	local	14	-0.00	52.53	49.04
		15	0.00	-48.17	-28.90
15	local	15	0.00	48.17	28.90
		16	-0.00	-46.61	-0.47
16	local	16	0.00	1.56	0.47
		17	-0.00	-0.00	-0.00
17	local	4	61.28	0.02	0.14
		18	-61.28	-0.02	0.07
18	local	5	29.20	0.01	0.05
		19	-29.20	-0.01	0.03
19	local	7	56.43	0.01	0.07
		20	-56.43	-0.01	0.04
20	local	11	56.43	-0.01	-0.07
		21	-56.43	0.01	-0.04
21	local	13	29.20	-0.01	-0.05
		22	-29.20	0.01	-0.03
22	local	14	61.28	-0.02	-0.14
		23	-61.28	0.02	-0.07

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

Título : PTC

deslocamentos nodais					
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao		
	x	y	z		
1	global	-3.08351E-0004	-7.55683E-0004	1.09334E-0004	
2	global	-3.08351E-0004	-6.90082E-0004	1.09334E-0004	
3	global	-3.08351E-0004	-6.08031E-0004	9.15127E-0005	
4	global	-3.08351E-0004	-5.68901E-0004	8.79242E-0005	
5	global	-3.08350E-0004	-4.86804E-0004	7.69644E-0005	
6	global	-3.08350E-0004	-4.41296E-0004	7.11368E-0005	
7	global	-3.08349E-0004	-4.15961E-0004	6.83926E-0005	
8	global	-3.08349E-0004	-3.90613E-0004	6.53996E-0005	
9	global	-3.08336E-0004	-3.48380E-0004	3.39984E-0005	
10	global	-3.08324E-0004	-2.48779E-0004	4.79540E-0005	
11	global	-3.08323E-0004	-2.29130E-0004	4.73518E-0005	
12	global	-3.08323E-0004	-2.13316E-0004	4.68458E-0005	
13	global	-3.08322E-0004	-1.82201E-0004	4.57652E-0005	
14	global	-3.08322E-0004	-1.37481E-0004	4.33030E-0005	
15	global	-3.08322E-0004	-1.21071E-0004	4.24768E-0005	
16	global	-3.08322E-0004	-1.01834E-0004	3.83740E-0005	
17	global	-3.08322E-0004	-7.88101E-0005	3.83740E-0005	
18	global	8.90545E-0035	-3.06353E-0031	5.33074E-0035	
19	global	2.59395E-0035	-1.31071E-0031	8.85183E-0035	
20	global	2.28041E-0035	-2.23995E-0031	2.73805E-0034	
21	global	-4.85500E-0035	-1.23386E-0031	5.11261E-0034	
22	global	-2.69656E-0035	-4.90576E-0032	2.64585E-0034	
23	global	-6.22825E-0035	-7.40336E-0032	5.56965E-0034	

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
18	global	-0.01	43.33	-0.01
19	global	-0.00	18.54	-0.01
20	global	-0.00	31.68	-0.04
21	global	0.01	17.45	-0.07
22	global	0.00	6.94	-0.04
23	global	0.01	10.47	-0.08

Resultante 0.00 128.40 545.03

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	n ó s	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
			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	local	2	0.00	0.00	-0.00
3	local	3	-0.00	-41.70	0.00
4	local	4	0.00	41.70	-25.02
5	local	5	-0.00	-41.70	25.02
6	local	6	0.00	41.70	-41.70
7	local	7	-0.01	1.63	41.57
8	local	8	0.01	-1.63	-39.94
9	local	9	-0.02	20.16	39.89
10	local	10	0.02	-20.16	-26.79
11	local	11	-0.02	-13.54	26.79
12	local	12	0.02	13.54	-31.52
13	local	13	-0.02	18.14	31.45
14	local	14	0.02	-18.14	-24.20
15	local	15	-0.02	18.14	24.20
16	local	16	0.02	-18.14	10.27
17	local	17	-0.02	-7.56	-10.27
18	local	18	0.02	7.56	-4.09
19	local	19	-0.02	-7.56	4.09
20	local	20	0.02	7.56	-7.11
21	local	21	-0.01	9.89	7.11
22	local	22	0.01	-9.89	-3.64
23	local	23	-0.01	-7.81	3.64
24	local	24	0.01	7.81	-8.72
25	local	25	-0.01	-0.87	8.72
26	local	26	0.01	0.87	-9.59
27	local	27	0.00	9.60	9.60
28	local	28	-0.00	-9.60	-5.76
29	local	29	0.00	9.60	5.76
30	local	30	-0.00	-9.60	-0.00
31	local	31	0.00	0.00	0.00
32	local	32	0.00	-0.00	0.00
33	local	33	43.33	0.01	0.13
34	local	34	-43.33	-0.01	-0.01
35	local	35	18.54	0.00	0.05
36	local	36	-18.54	-0.00	-0.01
37	local	37	31.68	0.00	0.07
38	local	38	-31.68	-0.00	-0.04
39	local	39	17.45	-0.01	0.00
40	local	40	-17.45	0.01	-0.07
41	local	41	6.94	-0.00	-0.00
42	local	42	-6.94	0.00	-0.04
43	local	43	10.47	-0.01	-0.01
44	local	44	-10.47	0.01	-0.08

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no	sistema	deslocamento		rotacao
		x	y	
1	global	-5.00509E-0004	-8.33651E-0004	1.44426E-0004
2	global	-5.00509E-0004	-7.46995E-0004	1.44426E-0004
3	global	-5.00509E-0004	-6.43179E-0004	1.25836E-0004
4	global	-5.00509E-0004	-5.90211E-0004	1.22092E-0004
5	global	-5.00508E-0004	-4.74159E-0004	1.10629E-0004
6	global	-5.00507E-0004	-4.06806E-0004	1.04422E-0004
7	global	-5.00507E-0004	-3.70032E-0004	1.01498E-0004
8	global	-5.00507E-0004	-3.31410E-0004	9.83315E-0005
9	global	-5.00498E-0004	-2.35277E-0004	5.52091E-0005
10	global	-5.00489E-0004	-1.01108E-0004	8.56730E-0005
11	global	-5.00489E-0004	-6.66881E-0005	8.63853E-0005
12	global	-5.00488E-0004	-3.66659E-0005	8.70915E-0005
13	global	-5.00488E-0004	2.03562E-0005	8.85870E-0005
14	global	-5.00488E-0004	1.10151E-0004	9.09145E-0005
15	global	-5.00488E-0004	1.47334E-0004	9.16546E-0005
16	global	-5.00488E-0004	2.07925E-0004	9.53300E-0005
17	global	-5.00488E-0004	2.65123E-0004	9.53300E-0005
18	global	7.45925E-0035	-3.17828E-0031	3.19369E-0034
19	global	1.78549E-0035	-1.27667E-0031	2.24390E-0034
20	global	4.73782E-0036	-1.99262E-0031	5.51863E-0034

21	global	-4.65134E-0035	-3.59115E-0032	7.22420E-0034
22	global	-1.95223E-0035	5.48090E-0033	3.48781E-0034
23	global	-3.11495E-0035	5.93168E-0032	6.71284E-0034

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
18	global	-0.01	44.95	-0.05
19	global	-0.00	18.06	-0.03
20	global	-0.00	28.18	-0.08
21	global	0.01	5.08	-0.10
22	global	0.00	-0.78	-0.05
23	global	0.00	-8.39	-0.09

Resultante		0.00	87.10	168.86
------------	--	------	-------	--------

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
2	local	2	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-43.50	0.00
3	local	3	0.00	43.50	-26.10
3	local	3	-0.00	-43.50	26.10
4	local	4	0.00	43.50	-43.50
4	local	4	-0.01	1.45	43.35
5	local	5	0.01	-1.45	-41.90
5	local	5	-0.01	19.50	41.84
6	local	6	0.01	-19.50	-29.17
6	local	6	-0.01	-10.90	29.17
7	local	7	0.01	10.90	-32.98
7	local	7	-0.01	17.29	32.89
8	local	8	0.01	-17.29	-25.98
8	local	8	-0.01	17.29	25.98
9	local	9	0.01	-17.29	6.86
9	local	9	-0.01	-0.11	-6.86
10	local	10	0.01	0.11	6.64
10	local	10	-0.01	-0.11	-6.64
11	local	11	0.01	0.11	6.60
11	local	11	-0.01	4.96	-6.63
12	local	12	0.01	-4.96	8.37
12	local	12	-0.01	0.56	-8.37
13	local	13	0.01	-0.56	8.74
13	local	13	-0.00	-0.21	-8.76
14	local	14	0.00	0.21	8.55
14	local	14	0.00	-8.60	-8.60
15	local	15	-0.00	8.60	5.16
15	local	15	-0.00	-8.60	-5.16
16	local	16	0.00	8.60	0.00
16	local	16	-0.00	0.00	0.00
17	local	17	0.00	-0.00	-0.00
17	local	4	44.95	0.01	0.15
18	local	18	-44.95	-0.01	-0.05
18	local	5	18.06	0.00	0.06
19	local	19	-18.06	-0.00	-0.03
19	local	7	28.18	0.00	0.08
20	local	20	-28.18	-0.00	-0.08
20	local	11	5.08	-0.01	0.04
21	local	21	-5.08	0.01	-0.10
21	local	13	-0.78	-0.00	0.02
22	local	22	0.78	0.00	-0.05
22	local	14	-8.39	-0.00	0.05
23	local	23	8.39	0.00	-0.09

c a r r e g a m e n t o 4

Título : Vento

deslocamentos nodais				
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	2.48481E-0002	1.24255E-0004	-3.38486E-0005
2	global	2.48457E-0002	1.03946E-0004	-3.38486E-0005
3	global	2.48434E-0002	8.36369E-0005	-3.38486E-0005

4	global	2.48430E-0002	7.00974E-0005	-3.38486E-0005
5	global	2.48422E-0002	3.86161E-0005	-3.13906E-0005
6	global	2.48418E-0002	1.96762E-0005	-2.96134E-0005
7	global	2.48416E-0002	9.88421E-0006	-2.89769E-0005
8	global	2.48414E-0002	-7.76861E-0007	-2.72684E-0005
9	global	2.48376E-0002	-3.25330E-0008	5.15169E-0006
10	global	2.48339E-0002	7.37633E-0007	-2.72412E-0005
11	global	2.48337E-0002	-9.91243E-0006	-2.89491E-0005
12	global	2.48336E-0002	-1.96948E-0005	-2.95853E-0005
13	global	2.48334E-0002	-3.86165E-0005	-3.13618E-0005
14	global	2.48332E-0002	-7.00690E-0005	-3.38189E-0005
15	global	2.48332E-0002	-8.35966E-0005	-3.38189E-0005
16	global	2.48332E-0002	-1.03887E-0004	-3.38189E-0005
17	global	2.48332E-0002	-1.24179E-0004	-3.38189E-0005
18	global	1.67389E-0032	3.77475E-0032	-8.38866E-0032
19	global	8.37338E-0033	1.03973E-0032	-4.19559E-0032
20	global	1.67545E-0032	5.32265E-0033	-8.39368E-0032
21	global	1.67493E-0032	-5.33784E-0033	-8.39104E-0032
22	global	8.37044E-0033	-1.03974E-0032	-4.19411E-0032
23	global	1.67324E-0032	-3.77322E-0032	-8.38539E-0032

reações nos apoios				
nó	sistema	força x	força y	momento z
18	global	-2.37	-5.34	11.86
19	global	-1.18	-1.47	5.93
20	global	-2.37	-0.75	11.87
21	global	-2.37	0.75	11.87
22	global	-1.18	1.47	5.93
23	global	-2.37	5.34	11.86
Resultante		-11.84	-0.00	-0.00

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

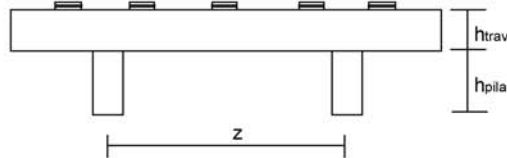
barra	e s f o r ç o s sistema	nó	n a s b a r r a s		
			força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	11.84	0.00	-0.00
2	local	2	-11.84	-0.00	0.00
3	local	3	11.84	0.00	-0.00
4	local	4	-11.84	-0.00	0.00
5	local	5	9.47	-5.34	-11.81
6	local	6	-9.47	5.34	6.47
7	local	7	8.29	-6.81	-12.38
8	local	8	-8.29	6.81	7.95
9	local	9	8.29	-6.81	-7.95
10	local	10	-8.29	6.81	5.57
11	local	11	5.92	-7.56	-17.39
12	local	12	-5.92	7.56	14.37
13	local	13	5.92	-7.56	-14.37
14	local	14	-5.92	7.56	0.00
15	local	15	-5.92	-7.56	-0.00
16	local	16	5.92	7.56	-14.36
17	local	17	-5.92	-7.56	14.36
18	local	18	-5.92	7.56	-17.39
19	local	19	3.55	-6.81	5.57
20	local	20	-3.55	6.81	-7.95
21	local	21	3.55	-6.81	7.95
22	local	22	-3.55	6.81	-12.37
23	local	23	2.37	-5.34	6.47
24	local	24	-2.37	5.34	-11.80
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	-5.34	2.37	11.81
32	local	32	5.34	-2.37	11.86
33	local	33	-1.47	1.18	5.91
34	local	34	1.47	-1.18	5.93
35	local	35	-0.75	2.37	11.82
36	local	36	0.75	-2.37	11.87
37	local	37	0.75	2.37	11.82
38	local	38	-0.75	-2.37	11.87

21	local	13	1.47	1.18	5.91
		22	-1.47	-1.18	5.93
22	local	14	5.34	2.37	11.80
		23	-5.34	-2.37	11.86

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) = 3.52

$h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 2.20$

$h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$

$h^{\text{aterro}} \text{ (m)} = 2.20$

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
 - $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- * 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 ^{te pilar}	Total
N (tf)	146.7	103.7	3.5	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	256.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	19.6	1.4	0.0	1.4	0.4	7.8	30.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	72.6	5.1	0.0	5.1	1.5	5.7	90.1
M_T (tf.m)	7.0	1.6	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	17.1

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. Pilar	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{te pilar}	Total
N (tf)	146.7	-6.5	3.5	0.0	0.0	-3.2	0.0	0.0	0.0	140.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	19.6	1.4	0.0	1.4	0.4	7.8	30.6
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	72.6	5.1	0.0	5.1	1.5	5.7	90.1
M_T (tf.m)	7.0	-5.1	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	12.6

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0147 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_b)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0129$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.033 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0147 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_b)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0129$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.033 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{\text{cargamóvel}}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,00 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_T = 1,40 * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N * e_{\text{Total_Transv.}}$$

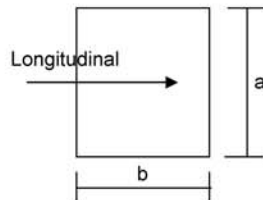
1ª Hipótese : N_{máx}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepar}	Total
N_d (tf)	205.4	145.2	4.9	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	357.1
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	19.6	2.1	0.0	1.9	0.3	11.0	34.9
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	72.6	7.2	0.0	7.1	1.1	8.0	107.7
M_{dT} (tf.m)	9.9	2.2	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	29.7

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)	205.4	-9.1	4.9	0.0	0.0	-2.2	0.0	0.0	0.0	199.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	19.6	2.1	0.0	1.9	0.3	11.0	34.9
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	72.6	7.2	0.0	7.1	1.1	8.0	102.5
M_{dT} (tf.m)	9.9	-7.1	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	16.7

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) = 357.1	$v = 0.391$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$ $\omega = 0.215$
M_d^{long} (tf.m) = 107.7	$\mu_{long} = 0.147$	
M_d^{transv} (tf.m) = 29.7	$\mu_{transv} = 0.041$	

A_s (cm²) = 42.20

2ª Hipótese

N_d (tf) = 199.05	$v = 0.218$	} $\xrightarrow{\text{Ábaco}}$
---------------------	-------------	--------------------------------

$$\begin{array}{l}
 M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 102.54 \\
 M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 16.73
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \mu_{\text{long}} = 0.140 \\
 \mu_{\text{transv}} = 0.023
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Ábaco} \\ \\ \end{array} \rightarrow \omega = 0.165$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 32.38$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l}
 N_d \text{ (tf)} = 357.09 \\
 E \text{ (MPa)} = 288476 \\
 \varepsilon_o = 0.002 \\
 f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0
 \end{array}
 \quad
 A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2239$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

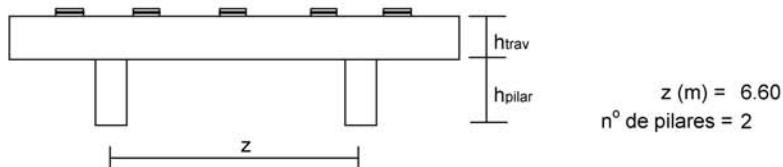
$$\begin{array}{l}
 A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 17.91 \\
 A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\
 A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}
 \end{array}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 42.20$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 2



P.P. do pilar (tf) = 7.20 $h^{\text{Pilar}} \text{ (m)} = 3.60$ $h^{\text{Traves.}} \text{ (m)} = 1.50$

Esforços na base do pilar

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> * $g_1 + g_2 + g_3$ * Carga móvel * Peso próprio do pilar | } | <ul style="list-style-type: none"> - N e M_T provenientes do SALT |
| <ul style="list-style-type: none"> * Temperatura * Empuxo de terra sobre as cortinas * Empuxo de sobrecarga sobre as cortinas | } | <ul style="list-style-type: none"> - H_L proveniente da distribuição de esforços por apoio e dividido pelo número de pilares de cada apoio - $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$ |
| <ul style="list-style-type: none"> * Vento | } | <ul style="list-style-type: none"> - 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 |
| <ul style="list-style-type: none"> * Empuxo de terra sobre os pilares | } | <ul style="list-style-type: none"> - 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)	202.4	95.7	7.2	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	308.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	11.0	23.3	0.0	46.7	7.5	0.0	7.4	2.2	98.3
M_T (tf.m)	5.7	0.6	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	16.8

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)	202.4	93.7	7.2	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	306.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	11.0	15.4	0.0	46.7	7.5	0.0	7.4	2.2	90.3
M_T (tf.m)	5.7	-0.9	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	15.3

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)	202.4	133.6	7.2	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	346.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	11.0	3.1	0.0	46.7	7.5	0.0	7.4	2.2	78.1
M_T (tf.m)	5.7	1.5	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	17.8

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)	202.4	129.9	7.2	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	342.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	11.0	1.6	0.0	46.7	7.5	0.0	7.4	2.2	76.5
M_T (tf.m)	5.7	-1.2	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	15.1

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 3.60$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0240 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0346$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.059 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 3.60$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x / 300 = 0.0240 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad 1/r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0273$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.051 \text{ m}$$

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)	283.3	134.0	10.1	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	429.5
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
M_{dL} (tf.m)	15.4	32.7	0.0	46.7	10.5	0.0	10.4	1.6	142.4
M_{dT} (tf.m)	8.0	0.4	0.0	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	45.2

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)	283.3	131.1	10.1	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	426.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8
M_{dL} (tf.m)	15.4	21.6	0.0	46.7	10.5	0.0	10.4	1.6	131.2
M_{dT} (tf.m)	8.0	-1.3	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	36.0

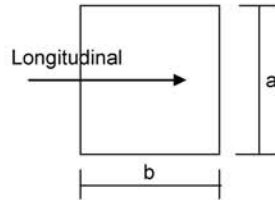
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	283.3	187.1	10.1	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	482.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
M_{dL} (tf.m)	15.4	4.4	0.0	46.7	10.5	0.0	10.4	1.6	117.3
M_{dT} (tf.m)	8.0	1.0	0.0	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	48.6

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)	283.3	181.8	10.1	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	477.3
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	5.7
M_{dL} (tf.m)	15.4	2.2	0.0	46.7	10.5	0.0	10.4	1.6	114.7
M_{dT} (tf.m)	8.0	-0.8	0.0	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	46.4

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

$N_d \text{ (tf)} = 429.45$	$v = 0.376$	} Ábaco →	$\omega = 0.295$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 142.44$	$\mu_{long} = 0.156$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 45.20$	$\mu_{transv} = 0.040$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 72.37$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 426.64$	$v = 0.373$	} Ábaco →	$\omega = 0.250$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 131.19$	$\mu_{long} = 0.143$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 35.97$	$\mu_{transv} = 0.031$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 61.33$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 482.57$	$v = 0.422$	} Ábaco →	$\omega = 0.230$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 117.28$	$\mu_{long} = 0.128$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 48.58$	$\mu_{transv} = 0.043$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 56.43$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 477.33$	$v = 0.418$	} Ábaco →	$\omega = 0.220$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 114.74$	$\mu_{long} = 0.125$		
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 46.43$	$\mu_{transv} = 0.041$		

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 53.97$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{aligned} N_d \text{ (tf)} &= 429.45 \\ E \text{ (MPa)} &= 288476 & A_c^{nec} &= N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o) \\ \epsilon_o &= 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} &= 20.0 \end{aligned}$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2693$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

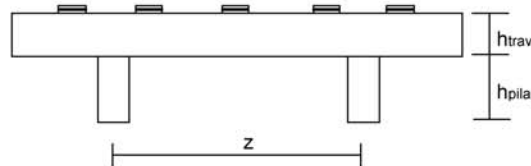
$$\begin{aligned} A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} &= 21.54 & A_s^{min} &= 0,8\% * A_c^{nec} \\ A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} &= 40.00 & A_s^{min} &= 0,5\% * A_c^{exist} \end{aligned}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 72.37$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 3



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 4.60

h^{Pilar} (m) = 2.30

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
 $M_L = H_L * (h_{aterro}/3)$

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)	203.5	84.4	4.6	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	296.0
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	10.6	23.3	0.0	34.8	5.6	0.0	5.5	1.7	81.6
M_T (tf.m)	7.1	0.2	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	19.9

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)	203.5	82.9	4.6	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	294.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	10.6	15.4	0.0	34.8	5.6	0.0	5.5	1.7	73.6
M_T (tf.m)	7.1	-1.1	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	18.5

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 (tf)	203.5	131.3	4.6	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	342.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	10.6	4.0	0.0	34.8	5.6	0.0	5.5	1.7	62.2
M_T (tf.m)	7.1	1.6	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	21.3

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)	203.5	127.8	4.6	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	339.3
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	1.5	0.0	1.5	0.4	12.5
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	4.1
M_L (tf.m)	10.6	2.0	0.0	34.8	5.6	0.0	5.5	1.7	60.3
M_T (tf.m)	7.1	-1.5	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	18.1

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$l_x \text{ (m)} = 2.30$$

$$d \text{ (m)} = 0.75$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0153 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) \cdot (1/r) \quad r = (5 \cdot 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0141$$

$$e_{\text{total_long.}} \text{ (m)} = 0.034 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$l_x \text{ (m)} = 2.30$$

$$d \text{ (m)} = 0.95$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} l_x/300 = 0.0153 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2/10) \cdot (1/r) \quad 1/r = (5 \cdot 10^{-3})/d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0111$$

$$e_{\text{total_transv.}} \text{ (m)} = 0.031 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N = 1,4 * (N_{g_1+g_2+g_3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + 1,40 * N_{cargamóvel}$$

$$H_L = 1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}$$

$$M_L = (1,4 * (H_{EmpTerra} + H_{EmpTerPilar}) + 1,00 * H_{Temp} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{fren} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{EmpSob}) * h_{pil+trav} + N * e_{Total_Long.}$$

$$H_T = 1,40 * H_{Tvento}$$

$$M_T = (1,4 * M_{T(g_1+g_2+g_3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tcargamóvel} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{Tvento}) + N * e_{Total_Transv.}$$

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)	284.9	118.2	6.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	412.0
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8
M_{dL} (tf.m)	0.0	32.7	0.0	34.8	7.8	0.0	7.7	1.2	98.3
M_{dT} (tf.m)	9.9	0.1	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	31.7

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)	284.9	116.1	6.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	409.8
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8
M_{dL} (tf.m)	0.0	21.6	0.0	34.8	7.8	0.0	7.7	1.2	87.1
M_{dT} (tf.m)	9.9	-1.6	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	29.9

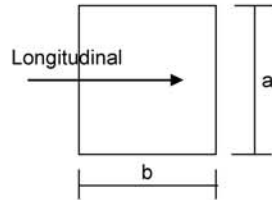
3ª Hipótese : 2 Vãos Carregados - PTC

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Total
N_d (tf)	284.9	183.8	6.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	477.6
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8
M_{dL} (tf.m)	14.8	5.6	0.0	34.8	7.8	0.0	7.7	1.2	88.3
M_{dT} (tf.m)	9.9	1.1	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	34.7

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_d (tf)	284.9	178.9	6.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	472.7
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	2.0	0.3	13.6
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8
M_{dL} (tf.m)	14.8	2.8	0.0	34.8	7.8	0.0	7.7	1.2	85.4
M_{dT} (tf.m)	9.9	-1.1	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	32.3

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

$N_d \text{ (tf)} = 411.99$	$v = 0.360$	} Ábaco → $\omega = 0.335$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 98.31$	$\mu_{long} = 0.108$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 31.68$	$\mu_{transv} = 0.028$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 82.19$

2ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 409.84$	$v = 0.359$	} Ábaco → $\omega = 0.315$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 87.14$	$\mu_{long} = 0.095$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 29.87$	$\mu_{transv} = 0.026$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 77.28$

3ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 477.58$	$v = 0.418$	} Ábaco → $\omega = 0.365$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 88.34$	$\mu_{long} = 0.097$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 34.68$	$\mu_{transv} = 0.030$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 89.55$

4ª Hipótese

$N_d \text{ (tf)} = 472.66$	$v = 0.414$	} Ábaco → $\omega = 0.355$
$M_d^{long} \text{ (tf.m)} = 85.38$	$\mu_{long} = 0.093$	
$M_d^{transv} \text{ (tf.m)} = 32.34$	$\mu_{transv} = 0.028$	

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 87.09$

Compressão pela NB-1/78

$$N_d \text{ (tf)} = 411.99$$

$$E \text{ (MPa)} = 288476 \quad A_c^{nec} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \epsilon_o)$$

$$\epsilon_o = 0.002$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$A_c^{nec} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2583$$

$$A_c^{exist} \text{ (m}^2\text{)} = 0.8000$$

$$A_{s1}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 20.67$$

$$A_s^{min} = 0,8\% * A_c^{nec}$$

$$A_{s2}^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 40.00$$

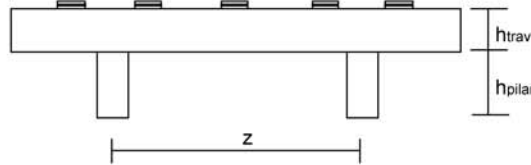
$$A_s^{min} = 0,5\% * A_c^{exist}$$

logo será adotado :

$$A_s^{total} \text{ (cm}^2\text{)} = 89.55$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 4



z (m) = 6.60
nº de pilares = 2

P.P. do pilar (tf) = 0.00 h^{Pilar} (m) = 0.00 $h^{Traves.}$ (m) = 1.50
 h^{aterro} (m) = 0.00

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 : $N_{máx}$

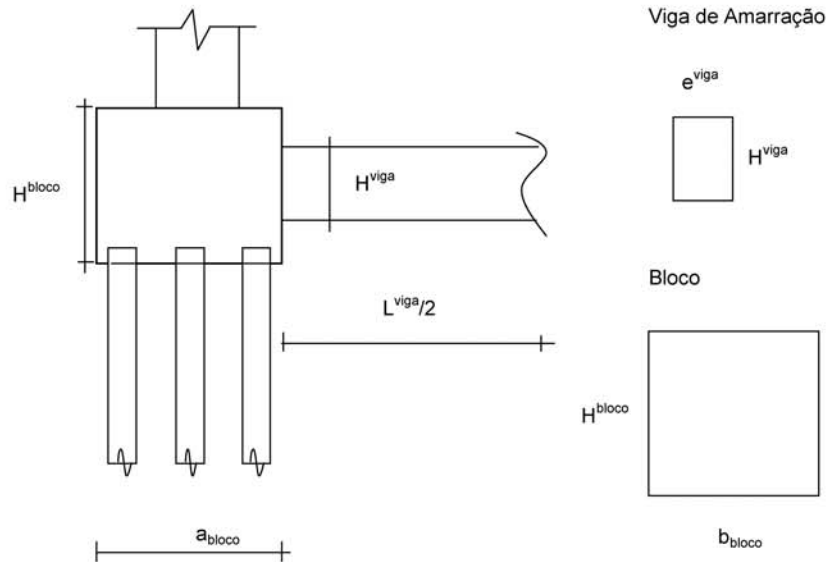
	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{tepillar}	Total
N (tf)	146.9	93.6	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	248.0
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	21.6	1.9	0.0	1.8	0.6	0.0	25.9
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	5.9
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	32.5	2.8	0.0	2.8	0.8	0.0	38.9
M_T (tf.m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

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)	146.9	91.2	0.0	0.0	0.0	-7.6	0.0	0.0	0.0	230.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	21.6	1.9	0.0	1.8	0.6	0.0	25.9
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	5.9
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	32.5	2.8	0.0	2.8	0.8	0.0	38.9
M_T (tf.m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

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)

- $g1 + g2 + g3 = 293.48$
 - carga móvel Pesq = 103.7
 - carga móvel Pdir = 40.9
 - p.p. pilar = 7.0
 - p.p. bloco = 57.2
- $N = 502.4 \quad \text{tf}$

* Cálculo de HL

$HL \text{ (tf)} = 61.3$

* Cálculo de HT

HT (tf) = 5.1

* Cálculo de ML

ML (tf) = 239.4

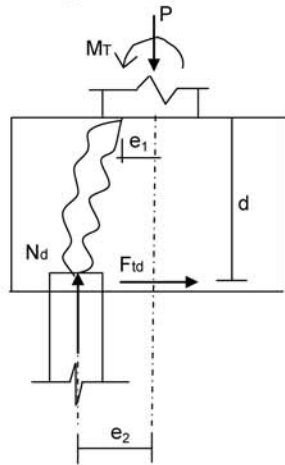
* Cálculo de MT

MT (tf) = 25.3

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)

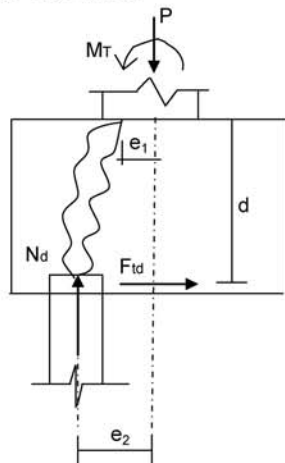
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 94.3$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$

$F_{td} \text{ (tf)} = 88.0$
 $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.2$

Direção Transversal

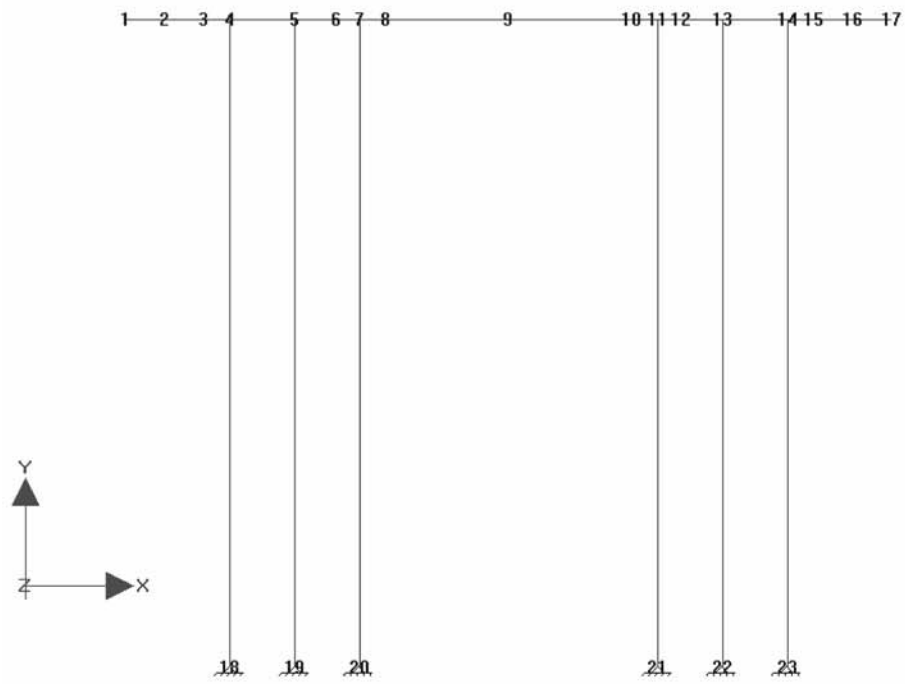


$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 94.3$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$

$F_{td} \text{ (tf)} = 88.0$
 $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.2$

OBRA: Ponte sobre o Rio Lauro

Modelo da Travessa do apoio P4



ARTE PONTIS Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b1
Data: 3/9/2006

Ponte 21,25x21x21,25 - 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 PONTIS Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b1
Data: 3/9/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-5.80	-502.40	-60.20	-234.00	0.00	29.00

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

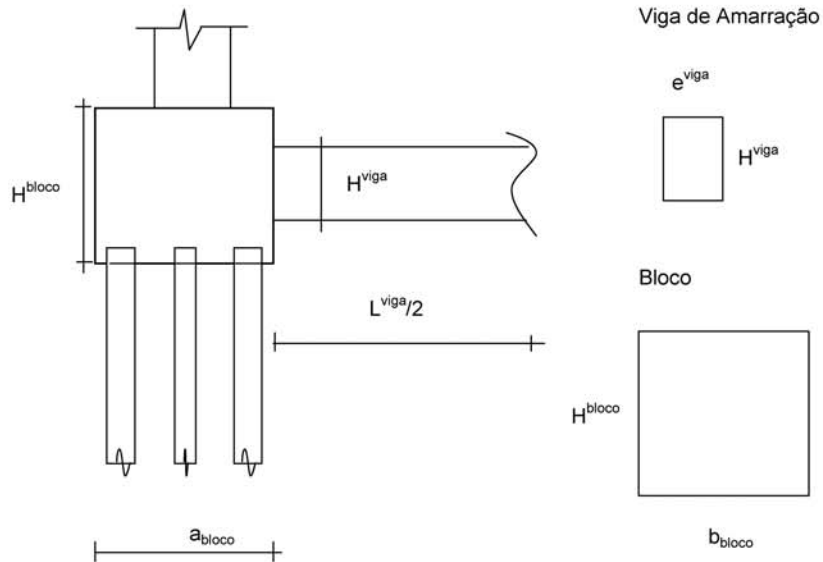
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.002528	-0.001812	-0.033798	-0.001534	0.000000	0.000013

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	94.32	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
2	93.60	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
3	91.93	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
4	91.21	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
5	51.43	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
6	49.05	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
7	9.27	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
8	8.55	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
9	6.88	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33
10	6.16	-0.58	-6.02	0.00	10.62	-1.33

Apoio P2

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 404.78$
 - carga móvel Pesq = 95.7
 - carga móvel Pdir = 32.6
 - p.p. pilar = 14.4
 - p.p. bloco = 57.2
- $N \text{ (tf)} = 604.7 \text{ tf}$

- $HL \text{ (tf)} = 25.1$
- $HT \text{ (tf)} = 8.1$
- $ML \text{ (tf)} = 196.5$
- $MT \text{ (tf)} = 51.9$

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 404.78 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 93.7 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.9 \\ \text{p.p. pilar} &= 14.4 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 564.2 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 25.1 & \text{ML (tf)} &= 180.7 \\ \text{HT (tf)} &= 8.1 & \text{MT (tf)} &= 51.9 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 404.78 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 133.6 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 68.3 \\ \text{p.p. pilar} &= 14.4 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 678.4 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 25.1 & \text{ML (tf)} &= 156.1 \\ \text{HT (tf)} &= 8.1 & \text{MT (tf)} &= 51.9 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

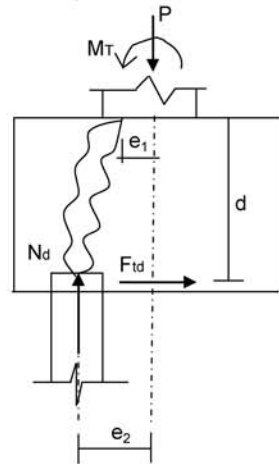
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 404.78 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 129.9 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -4.9 \\ \text{p.p. pilar} &= 14.4 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 601.4 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 25.1 & \text{ML (tf)} &= 152.9 \\ \text{HT (tf)} &= 8.1 & \text{MT (tf)} &= 51.9 \end{aligned}$$

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)

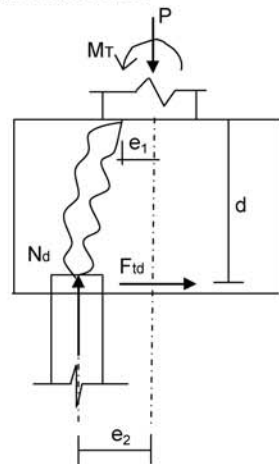
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 95.2$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 88.9$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.4$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 95.2$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 88.9$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 20.4$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b2
Data: 3/20/2006

Ponte 21,25x21x21,25 - 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
10	4	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: 21,25x21x21,25 - 63,5m b2
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 1

lvaoCarregado-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-604.70	-25.10	-196.50	0.00	51.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003538	-0.002181	-0.014936	-0.001071	0.000000	0.000022

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	92.76	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
2	91.55	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
3	88.78	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
4	87.57	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
5	62.46	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
6	58.48	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
7	33.37	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
8	32.16	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
9	29.39	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85
10	28.18	-0.81	-2.51	0.00	4.11	-1.85

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b2
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 2

1VaoCarregado-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-564.20	-25.10	-180.70	0.00	51.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003538	-0.002035	-0.014801	-0.001002	0.000000	0.000022

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.80	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
2	85.59	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
3	82.82	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
4	81.61	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
5	58.41	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
6	54.43	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
7	31.23	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
8	30.02	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
9	27.25	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85
10	26.04	-0.81	-2.51	0.00	4.16	-1.85

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b2
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 3

2VaosCarregados-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-678.40	-25.10	-156.10	0.00	51.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003538	-0.002447	-0.014591	-0.000895	0.000000	0.000022

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	95.24	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
2	94.04	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
3	91.26	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
4	90.06	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
5	69.83	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
6	65.85	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
7	45.62	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
8	44.42	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
9	41.64	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85
10	40.44	-0.81	-2.51	0.00	4.24	-1.85

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b2
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 4

2VaosCarregados-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-601.40	-25.10	-152.90	0.00	51.90

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003538	-0.002170	-0.014564	-0.000881	0.000000	0.000022

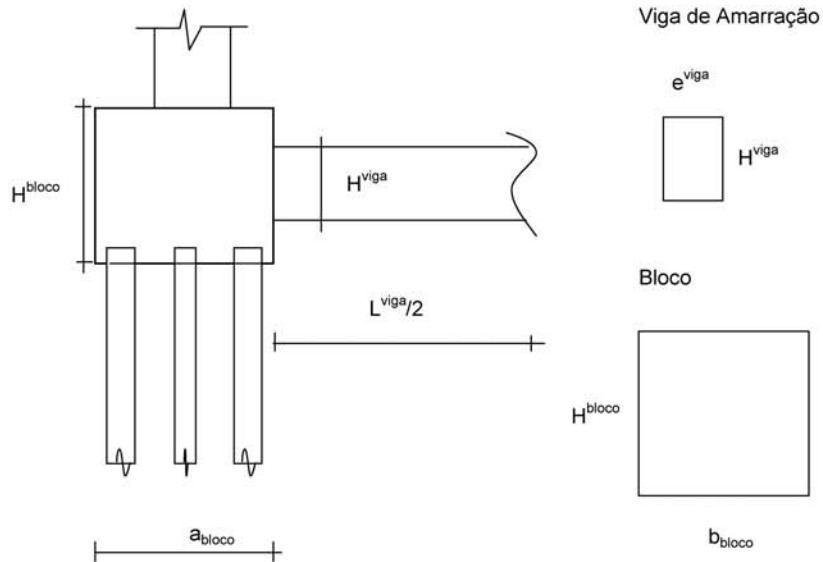
ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	87.15	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
2	85.95	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
3	83.18	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
4	81.97	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
5	62.13	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85

6	58.15	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
7	38.31	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
8	37.10	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
9	34.33	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85
10	33.13	-0.81	-2.51	0.00	4.25	-1.85

Apoio P3

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- $h_{Bloco} \text{ (m)} = 1.30$
- $a_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$
- $h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$
- $L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.80$
- $e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$

- $p.p. \text{ bloco (tf)} = 25.48$
- $p.p. \text{ viga de amarração (tf)} = 6.27$

1 Vão Carregado - PTC

* Cálculo de N (tf)

- $g1 + g2 + g3 = 407.02$
 - carga móvel Pesq = 84.4
 - carga móvel Pdir = 32.6
 - p.p. pilar = 9.2
 - p.p. bloco = 57.2
- $N \text{ (tf)} = 590.5 \text{ tf}$

- $HL \text{ (tf)} = 25.1$
- $HT \text{ (tf)} = 8.1$
- $ML \text{ (tf)} = 163.1$
- $MT \text{ (tf)} = 41.4$

1 Vão Carregado - PMC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 407.02 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 82.9 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -5.9 \\ \text{p.p. pilar} &= 9.2 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 550.4 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 25.1 & \text{ML (tf)} &= 147.3 \\ \text{HT (tf)} &= 8.1 & \text{MT (tf)} &= 41.4 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PTC

* Cálculo de N (tf)

$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 407.02 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 131.3 \\ \text{carga móvel Pdir} &= 68.3 \\ \text{p.p. pilar} &= 9.2 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 673.0 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 25.1 & \text{ML (tf)} &= 124.5 \\ \text{HT (tf)} &= 8.1 & \text{MT (tf)} &= 41.4 \end{aligned}$$

2 Vãos Carregados - PMC

* Cálculo de N (tf)

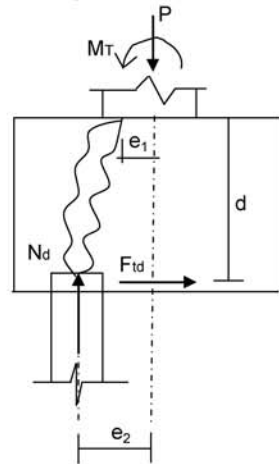
$$\begin{aligned} g1 + g2 + g3 &= 407.02 \\ \text{carga móvel Pesq} &= 127.8 \\ \text{carga móvel Pdir} &= -4.9 \\ \text{p.p. pilar} &= 9.2 \\ \text{p.p. bloco} &= 57.2 \end{aligned} \quad N \text{ (tf)} = 596.3 \quad \text{tf}$$

$$\begin{aligned} \text{HL (tf)} &= 25.1 & \text{ML (tf)} &= 120.5 \\ \text{HT (tf)} &= 8.1 & \text{MT (tf)} &= 41.4 \end{aligned}$$

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)

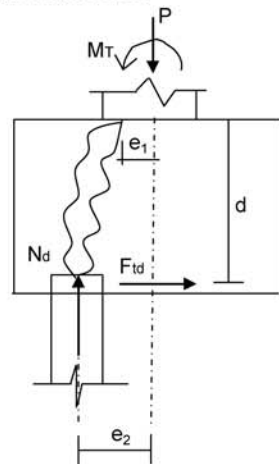
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.20$ $N \text{ (tf)} = 90.5$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 84.5$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 19.4$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.200$ $N \text{ (tf)} = 90.5$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$

$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$
 $F_{td} \text{ (tf)} = 84.5$ $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 19.4$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b3
Data: 3/20/2006

Ponte 21,25x21x21,25 - 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
10	4	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: 21,25x21x21,25 - 63,5m b3
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 1

1VaoCarregado-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-590.50	-25.10	-163.10	0.00	41.40

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003531	-0.002130	-0.014651	-0.000926	0.000000	0.000019

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	86.91	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
2	85.89	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
3	83.53	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
4	82.50	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
5	60.74	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
6	57.36	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
7	35.60	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
8	34.57	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
9	32.21	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86
10	31.19	-0.81	-2.51	0.00	4.21	-1.86

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 3
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b3
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 2

1VaoCarregado-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-550.40	-25.10	-147.30	0.00	41.40

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003531	-0.001986	-0.014516	-0.000857	0.000000	0.000019

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	80.99	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
2	79.97	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
3	77.61	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
4	76.58	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
5	56.73	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
6	53.35	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
7	33.50	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
8	32.47	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
9	30.11	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86
10	29.09	-0.81	-2.51	0.00	4.27	-1.86

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 4
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b3
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 3

2VaosCarregados-PTC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-673.00	-25.10	-124.50	0.00	41.40

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003531	-0.002428	-0.014322	-0.000757	0.000000	0.000019

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	90.49	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
2	89.47	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
3	87.11	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
4	86.08	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
5	68.99	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
6	65.61	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
7	48.52	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
8	47.49	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
9	45.13	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86
10	44.11	-0.81	-2.51	0.00	4.34	-1.86

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 5
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b3
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 4

2VaosCarregados-PMC

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-8.10	-596.30	-25.10	-120.50	0.00	41.40

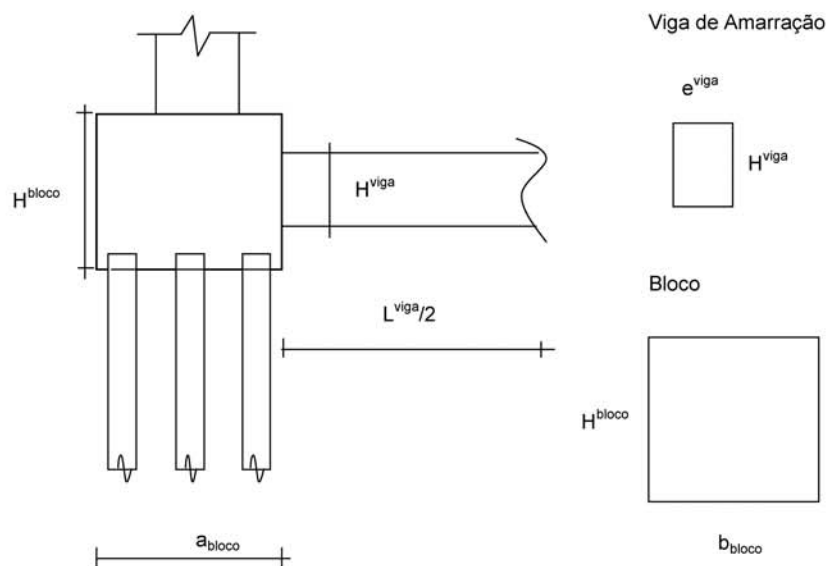
DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.003531	-0.002151	-0.014288	-0.000740	0.000000	0.000019

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	82.34	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
2	81.31	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86

3	78.95	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
4	77.93	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
5	61.32	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
6	57.94	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
7	41.33	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
8	40.31	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
9	37.95	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86
10	36.92	-0.81	-2.51	0.00	4.35	-1.86

Apoio P4
Esforços em Serviço na Base do Bloco


$$h_{bloco} \text{ (m)} = 1.30$$

$$a_{bloco} \text{ (m)} = 3.20$$

$$b_{bloco} \text{ (m)} = 2.80$$

$$h_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 1.10$$

$$L_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 3.40$$

$$e_{Viga \text{ de Amarração}} \text{ (m)} = 0.60$$

$$p.p. \text{ bloco} \text{ (tf)} = 29.12$$

$$p.p. \text{ viga de amarração} \text{ (tf)} = 5.61$$

*** Cálculo de N (tf)**

$$g1 + g2 + g3 = 293.82$$

$$\text{carga móvel Pesq} = 93.6$$

$$\text{carga móvel Pdir} = 40.6$$

$$p.p. \text{ pilar} = 0.0$$

$$p.p. \text{ bloco} = 63.9$$

$$N = 491.9 \quad \text{tf}$$

*** Cálculo de HL**

$$HL \text{ (tf)} = 51.8$$

*** Cálculo de HT**

HT (tf) = 11.8

* Cálculo de ML

ML (tf) = 145.1

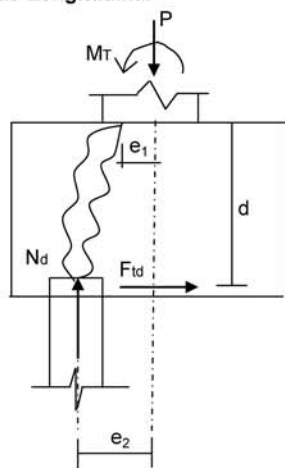
* Cálculo de MT

MT (tf) = 33.2

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)

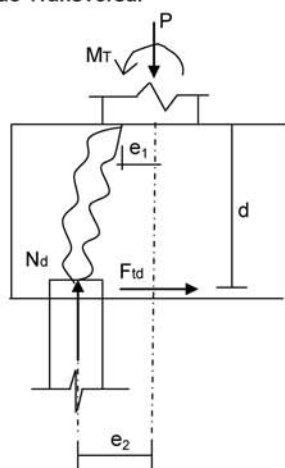
Direção Longitudinal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.30$ $N \text{ (tf)} = 62.9$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$

$F_{td} \text{ (tf)} = 51.4$
 $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 11.8$

Direção Transversal



$d \text{ (m)} = 1.20$ $f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$
 $e_1 \text{ (m)} = 0.175$ $N \text{ (tf)} = 62.9$
 $e_2 \text{ (m)} = 1.00$
 $F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$ $A_s = F_{td} / f_{yd}$

$F_{td} \text{ (tf)} = 60.5$
 $A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 13.9$

PONTIS Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b4
Data: 3/20/2006

Ponte 21,25x21x21,25 - 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	1	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

PONTIS Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: 21,25x21x21,25 - 63,5m b4
Data: 3/20/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-11.80	-491.90	-51.80	-145.10	0.00	33.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.004270	-0.001479	-0.023495	-0.000721	0.000000	0.000015

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	62.89	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
2	62.38	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
3	61.87	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
4	60.09	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
5	59.58	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
6	59.07	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
7	22.91	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
8	22.40	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
9	21.89	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
10	20.11	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
11	19.60	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26
12	19.09	-0.98	-4.32	0.00	7.90	-2.26

5 PONTE SOBRE O RIO JUSCELINO

5 PONTE SOBRE O RIO JUSCELINO

5.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

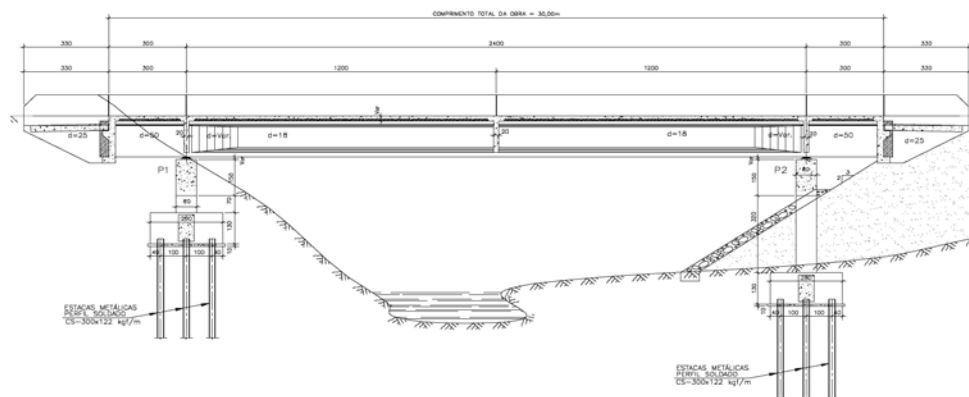
Vão de 24,00 m com dois balanços de 3,00 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Onça II no Volume 3 B – 1ª Parte).

5.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de respectivamente 0,70 m e 3,20 m de altura, para as obras de 30,00 m constituídas por vão de 24,00 m com balanços de 3,00.

Cálculo da Infraestrutura - Vigas de 30,00m

1 - Sistema estrutural



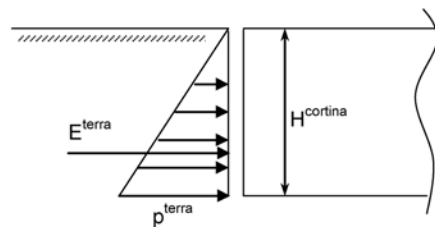
$$L^{\text{vão}} \text{ (m)} = 24.00$$

$$L^{\text{bal}} \text{ (m)} = 3.00$$

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 1.95$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

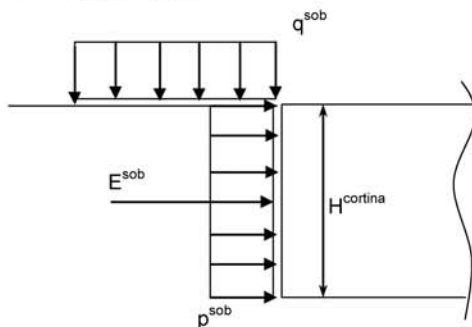
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.170$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} \text{ (tf)} = 14.8$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 1.95$$

$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} \text{ (tf)} = 4.2$$

2.1.3 - 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:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65 \qquad \alpha = 0.00001$$

2.1.4 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veiculo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$$P^{concentrado} \text{ (tf)} = 45.0$$

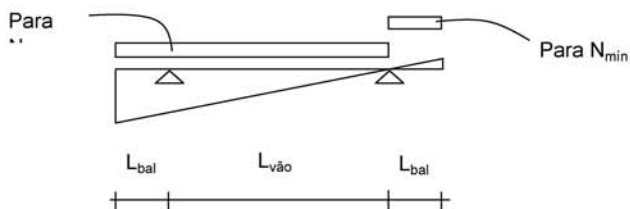
$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.5$$

$$Larg^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$L^{Bal} \text{ (m)} = 3.00$$

$$L^{Vão} \text{ (m)} = 24.00$$

Linha de influência da reação máxima em P1



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^{bal+vão} para PTC
 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{bal+vão} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 8.24 \\ 4.12 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

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} para PTC
 5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{bal} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 0.92 \\ 0.46 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

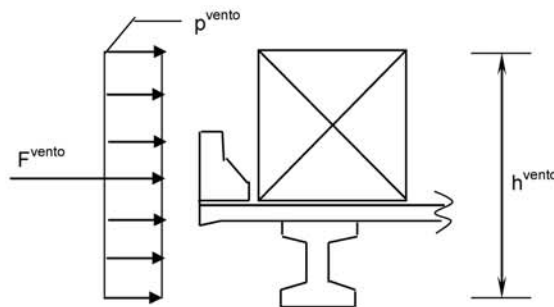
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo como prescrito na NBR-6123

$$p_{vento} = C_x * (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$$

$$C_x = 1.60$$



$$h_{vento} (m) = 2,00 + h_{viga} + e_{laje} + e_{pav}$$

$$h_{vento} (m) = 3.800$$

$$L_{obra} (m) = 30.00$$

$$V_o (m/s) = 40.00$$

$$S_2 = 1.00$$

$$V_k (m/s) = 40.0$$

$$S_1 = 1.00$$

$$S_3 = 1.00$$

$$p_{vento} (tf/m^2) = 0.160$$

$$F_{vento} (tf) = p_{vento} \times L_{obra} \times h_{vento}$$

$$F_{vento} (tf) = 18.2$$

3 - Cálculo das rizezas dos apoios
3.1 - Linha de apoio 1
3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_1 \text{ apar (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100.0 \\ h_{\text{borr}} \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad K^{\text{neop}}_{\text{transv}} = K^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,000$$

3.1.2 - Pilares (80x80)

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20.0 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 2.85 \\ \text{n}^\circ \text{ de pilares (n)} &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{long}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{long}}_1 \text{ (tf/m)} &= 25,521 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{transv}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4\text{)} &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 2,884,760 \\ K^{\text{transv}}_1 \text{ (tf/m)} &= 25,521 \end{aligned}$$

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/K^{\text{neop}}) + (1/K_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1,855$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1,855$$

3.2 - Linha de apoio 2
3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x40)

$$\begin{aligned} \text{n}^\circ \text{ de aparelhos de apoio (n)} &= 5 \\ S_1 \text{ apar (m}^2\text{)} &= 0.12 \\ G \text{ (tf/m}^2\text{)} &= 100 \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned} \quad K^{\text{neop}}_{\text{transv}} = K^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}}$$

$$K^{neop} \text{ (tf/m)} = 2,000$$

3.2.2 - Pilares (80x80)

$$f_{ck,pilar} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

$$h_{total} = 5.35$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{long} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9,5 \times (f_{ck} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{long} \text{ (tf/m)} = 3,858$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{transv} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{transv} \text{ (tf/m)} = 3,858$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/K^{neop}) + (1/K_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K_2^{long-conj} \text{ (tf/m)} = 1,317$$

- transversal

$$K_2^{transv-conj} \text{ (tf/m)} = 1,317$$

3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{conj}^{long} = 3,172$$

$$\mu_1^{long} = 0.5847$$

$$\mu_2^{long} = 0.4153$$

- transversal

$$\sum K_{conj}^{transv} = 3,172$$

$$\mu_1^{transv} = 0.5847$$

$$\mu_2^{transv} = 0.4153$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1,854.7	1,854.7	0.58472	0.58472
2	1,317.2	1,317.2	0.41528	0.41528
Total	3,171.8	3,171.8	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 8.67$$

$$F^2 (tf) = 6.16$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 2.47$$

$$F^2 (tf) = 1.75$$

4.3 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i}$$

X_{c.e.} Longitudinal (m) = 13.0

$$F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1,854.7	9.97	12.0
2	1,317.2	14.03	12.0

4.4 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de N_{máx}
- PTC

$$F^1 (tf) = 7.9$$

$$F^2 (tf) = 5.6$$

- PMC

$$F^1 (tf) = 7.9$$

$$F^2 (tf) = 5.6$$

Hipótese de N_{mín}
- PTC

$$F^1 (tf) = 7.9$$

$$F^2 (tf) = 5.6$$

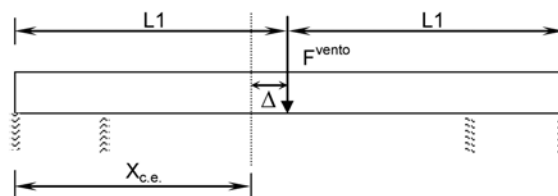
- PMC

$$F^1 (tf) = 7.9$$

$$F^2 (tf) = 5.6$$

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$$\begin{aligned}
 L1 \text{ (m)} &= 15.00 \\
 X_{c.e.Transversal} \text{ (m)} &= 12.97 \\
 \Delta \text{ (m)} &= 2.033 \\
 F_{\text{vento}} \text{ (tf)} &= 18.24
 \end{aligned}$$

$$F_i^T = F_{\text{vento}} * K_{i \text{ Trans}} * [(1 / \sum K_{i \text{ Trans}}) \pm (\Delta * X_i) / (\sum (K_{i \text{ Trans}} * X_i^2))]$$

Linha	$K_{i \text{ Trans}}$ (tf/m)	X_i (m)	$K_{i \text{ Trans}} * X_i^2$	F_i^T (tf)
1	1854.7	-9.97	184229.1	9.12
2	1317.2	14.03	259402.4	9.12
TOTAL	3171.8		443631.5	18.24

Cálculo das Travessas

5 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos do cálculo da Superestrutura

Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

	g1	g2	g3	R_g (tf)
Rv (tf)	21.53	27.05	20.34	68.920

Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

	g1	g2	g3	R_g (tf)
Rv (tf)	21.53	25.95	11.82	59.30

Peso próprio da Travessa

γ_{conc} (tf/m³) = 2.50

S (m²) = 1.2

$g_{trav} = S * \gamma_{conc}$

g_{trav} (tf/m) = 3.00

6 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

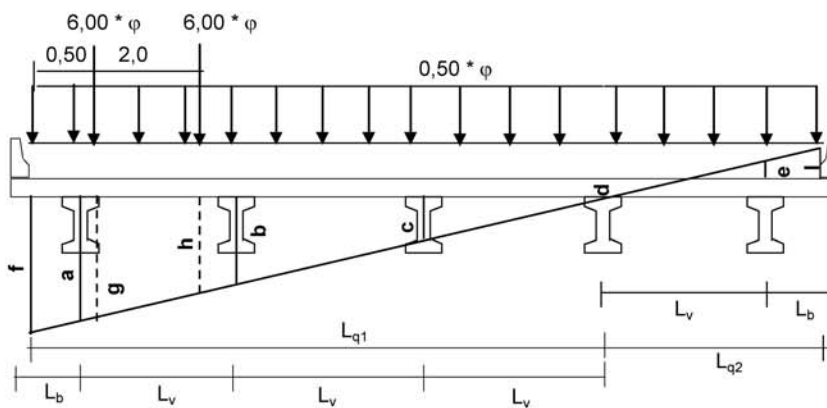
Cálculo do coeficiente de impacto

$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{teórico}$

$L_{teórico}$ (m) = 24.00

$\varphi = 1.232$

6.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



L_b (m) = 1.2 L_{q1} (m) = 8.75

L_v (m) = 2.65 L_{q2} (m) = 3.45

Ordenadas de Courbon para V1:

a = 0.600

b = 0.400

c = 0.200

d = 0.000

e = -0.200

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = 0.660 \quad h = 0.472$$

$$g = 0.623 \quad i = -0.260$$

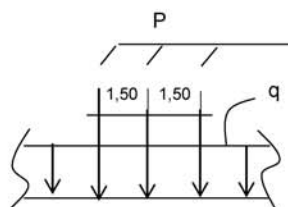
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

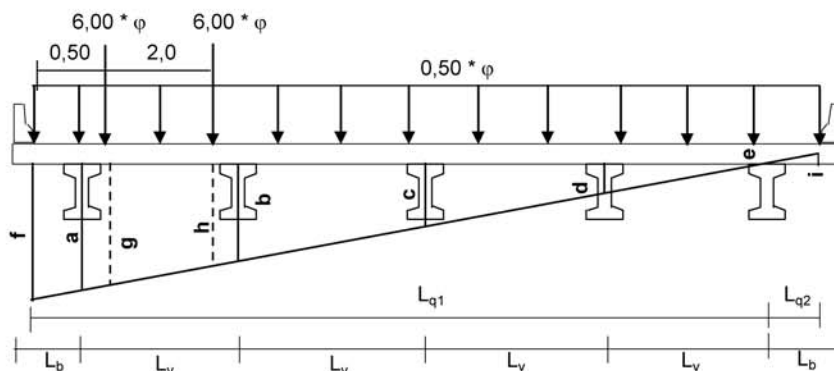
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2]$$

$$P \text{ (tf)} = 8.089$$

$$q \text{ (tf/m)} = 1.503$$



6.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$L_b \text{ (m)} = 1.2 \quad L_{q1} \text{ (m)} = 11.40$$

$$L_v \text{ (m)} = 2.65 \quad L_{q2} \text{ (m)} = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$a = 0.400 \quad d = 0.100$$

$$b = 0.300 \quad e = 0.000$$

$$c = 0.200$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = 0.430 \quad h = 0.336$$

$$g = 0.411 \quad i = -0.030$$

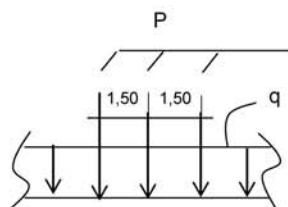
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1}/2) + (i * L_{q2}/2)]$$

$$P \text{ (tf)} = 5.523$$

$$q \text{ (tf/m)} = 1.503$$



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100 \qquad d = 0.300$$

$$c = 0.200 \qquad e = 0.400$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

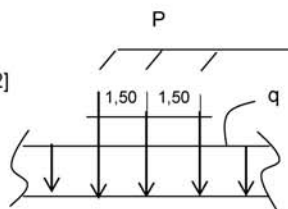
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

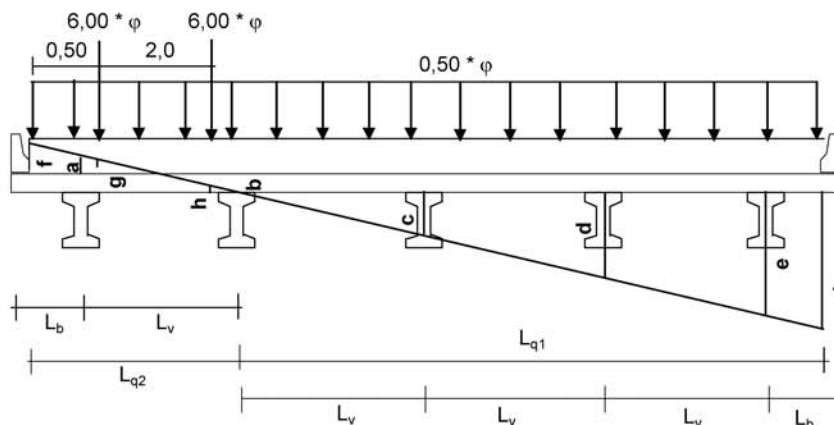
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 0.391$$

$$q (tf/m) = 1.503$$



6.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 8.75$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

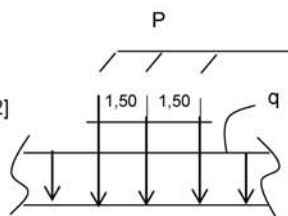
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= -0.260 & i &= 0.660 \\ g &= -0.223 \\ h &= -0.072 \end{aligned}$$

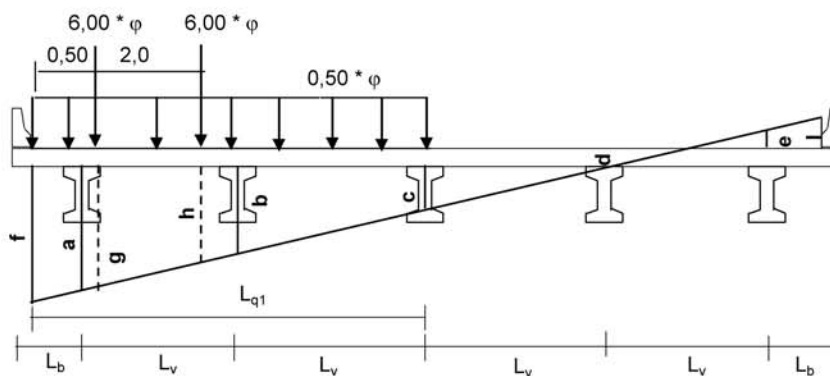
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P (tf) &= -2.176 \\ q (tf/m) &= 1.503 \end{aligned}$$



6.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



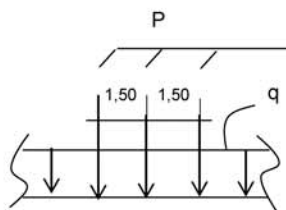
$$\begin{aligned} L_b (m) &= 1.2 & L_{q1} (m) &= 6.10 \\ L_v (m) &= 2.65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.600 & f &= 0.660 \\ b &= 0.400 & g &= 0.623 \\ c &= 0.200 & h &= 0.472 \\ d &= 0.000 \\ e &= -0.200 \end{aligned}$$

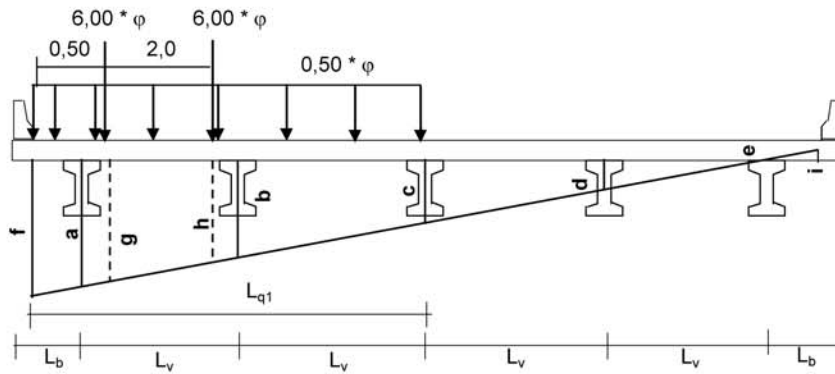
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P (tf) &= 8.089 \\ q (tf/m) &= 1.616 \end{aligned}$$



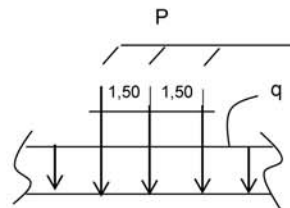
6.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



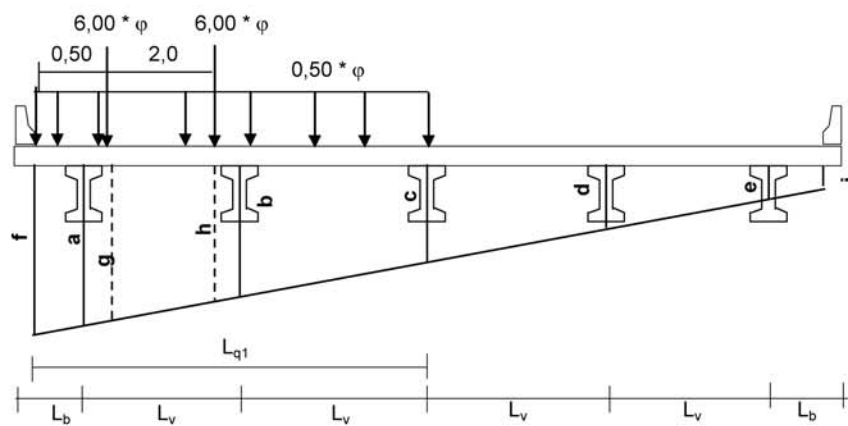
$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$
 $a = 0.400$ $f = 0.430$
 $b = 0.300$ $g = 0.411$
 $c = 0.200$ $h = 0.336$
 $d = 0.100$
 $e = 0.000$

Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1}) / 2$
 $P \text{ (tf)} = 5.523$
 $q \text{ (tf/m)} = 1.184$



6.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



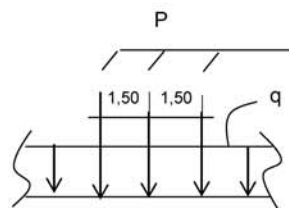
$L_b (m) = 1.2$ $L_v (m) = 2.65$ $L_{q1} (m) = 6.10$

$a = 0.200$ $f = 0.200$
 $b = 0.200$ $g = 0.200$
 $c = 0.200$ $h = 0.200$
 $d = 0.200$
 $e = 0.200$

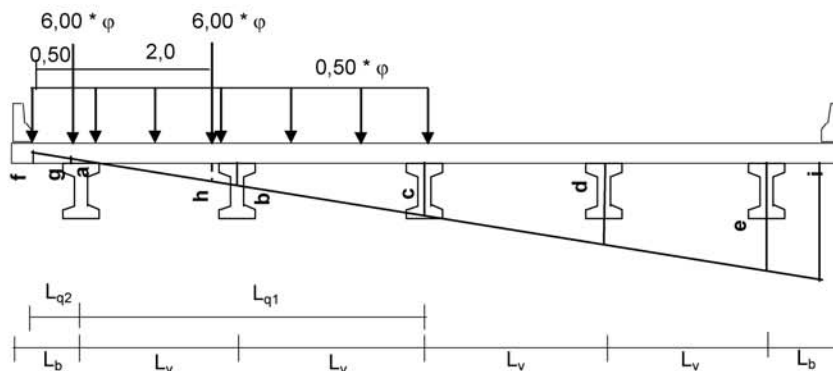
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \varphi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$

$P (tf) = 2.957$
 $q (tf/m) = 0.752$



6.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



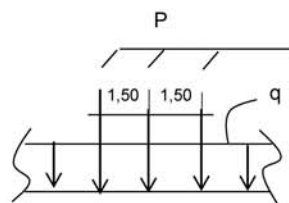
$L_b (m) = 1.20$ $L_{q1} (m) = 5.30$
 $L_v (m) = 2.65$ $L_{q2} (m) = 0.80$

$a = 0.000$ $f = -0.030$
 $b = 0.100$ $g = -0.011$
 $c = 0.200$ $h = 0.064$
 $d = 0.300$
 $e = 0.400$

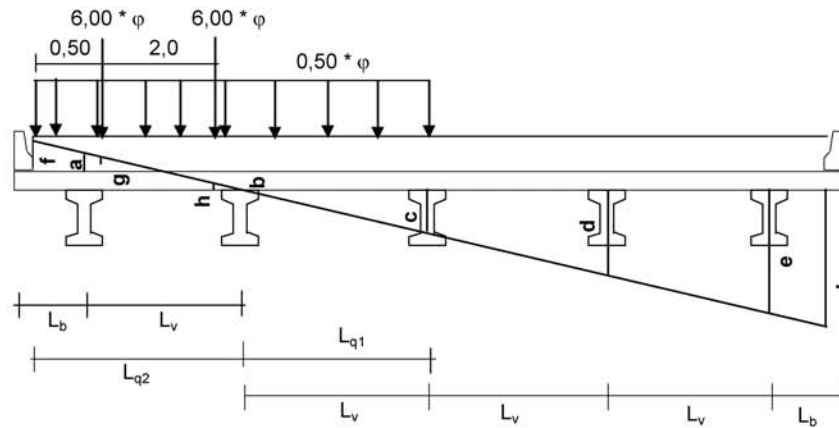
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \varphi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2)$

$P (tf) = 0.391$
 $q (tf/m) = 0.319$



6.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$L_b (m) = 1.2$ $L_{q1} (m) = 2.65$
 $L_v (m) = 2.65$ $L_{q2} (m) = 3.45$

Ordenadas de Courbon para V1:

$a = -0.200$ $d = 0.400$
 $b = 0.000$ $e = 0.600$
 $c = 0.200$

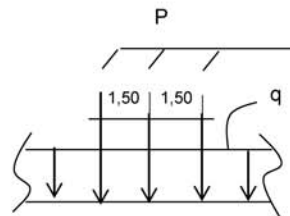
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = -0.260$ $i = 0.660$
 $g = -0.223$
 $h = -0.072$

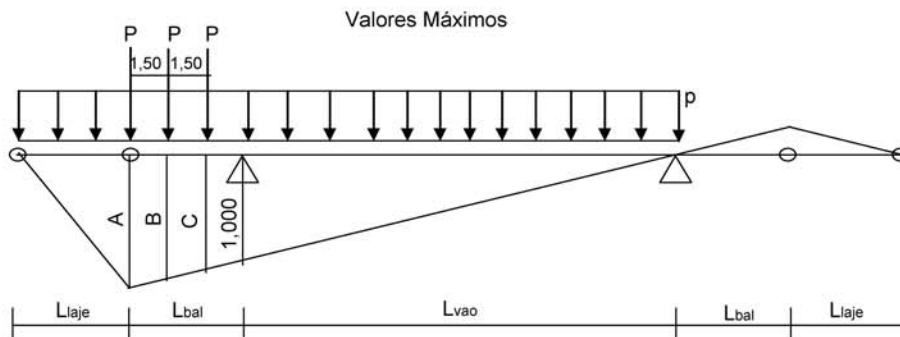
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$

$P (tf) = -2.176$
 $q (tf/m) = -0.113$



7 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

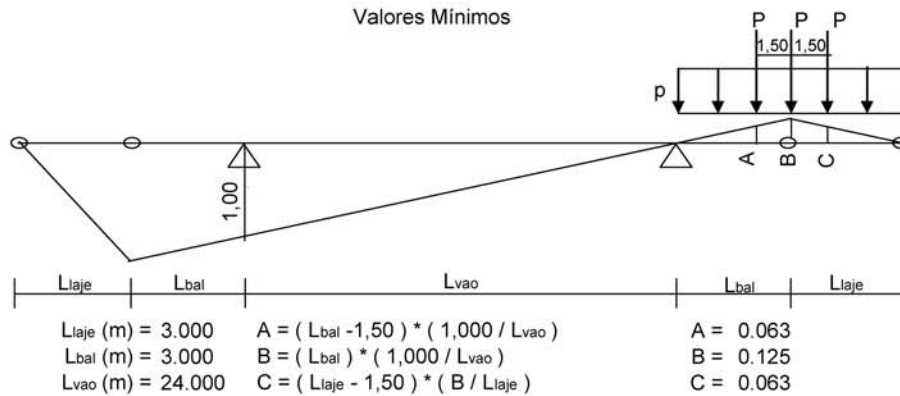


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 1.125 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 3.000 & B &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 1.063 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 24.000 & C &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 3,00) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & C &= 1.000
 \end{aligned}$$

$$R_v = P * (A + B + C) + p * [(A * L_{\text{laje}} / 2) + A * (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) / 2]$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V ₁	8.089	1.503	51.15	V ₁	8.089	1.616	53.06
V ₂	5.523	1.503	42.97	V ₂	5.523	1.184	37.58
V ₃	2.957	1.503	34.79	V ₃	2.957	0.752	22.11
V ₄	0.391	1.503	26.61	V ₄	0.391	0.319	6.63
V ₅	-2.176	1.503	18.43	V ₅	-2.176	-0.113	-8.85

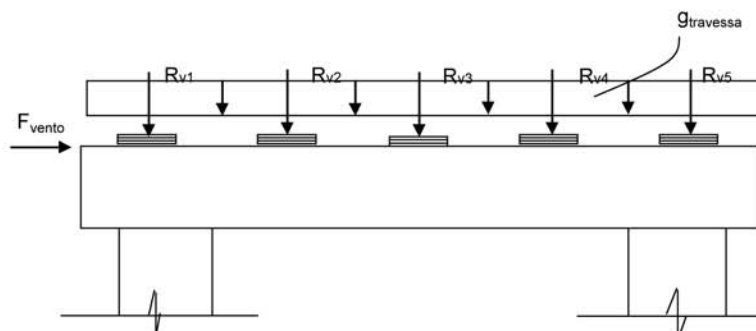
Valores Mínimos



$$R_v = -\{P * (A + B + C) + p * [B * (L_{\text{laje}} + L_{\text{bal}}) / 2]\}$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V ₁	8.089	1.503	-2.59	V ₁	8.089	1.616	-2.63
V ₂	5.523	1.503	-1.94	V ₂	5.523	1.184	-1.82
V ₃	2.957	1.503	-1.30	V ₃	2.957	0.752	-1.02
V ₄	0.391	1.503	-0.66	V ₄	0.391	0.319	-0.22
V ₅	-2.176	1.503	-0.02	V ₅	-2.176	-0.113	0.59

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



*** Para os apoios 1 e 2:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 68.920$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 59.300$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 59.300$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 59.300$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 68.920$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 51.149$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 42.969$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 34.789$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 26.609$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 18.429$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 53.063$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 37.585$$

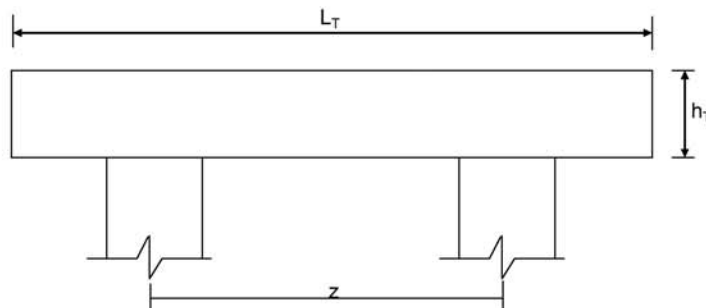
$$R_{v3} \text{ (tf)} = 22.107$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 6.629$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -8.849$$

- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 9.120$$

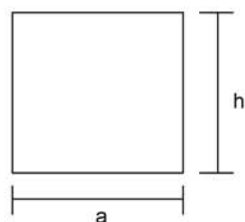
8-Dimensionamento da Travessa de P1


$$L_T \text{ (m)} = 11.80$$

$$h_T \text{ (m)} = 1.50$$

$$f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0$$

$$f_{yk} \text{ (MPa)} = 500.0$$



$$a \text{ (m)} = 0.800$$

$$h \text{ (m)} = 1.500$$

$$d \text{ (m)} = 1.40 \quad \text{d é a altura efetiva da seção}$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g = S * 2,50$$

$$N_{trav} = g * L_T$$

$$g \text{ (tf/m)} = 3.00$$

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 $b_w \text{ (m)} = 0.80$

$$M_g \text{ (tf.m)} = -148.0 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = -106.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = -4.4 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 358.8$$

$$a = fcd * bw * 0,272 \quad Z = d - 0,4 * x$$

$$b = -0,68 * bw * d * fcd$$

$$c = M_d$$

a	b	c	Δ
310.857	-1088	358.8	737542

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

$$z \text{ (m)} = 1.253$$

$$x / d = 0.263$$

$$kmd = 0.160$$

$$As^- \text{ (cm}^2\text{)} = \mathbf{65.89}$$

b) Seção do vão

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$M_g \text{ (tf.m)} = 32.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} \text{ (tf.m)} = 21.2 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} \text{ (tf.m)} = 0.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d \text{ (tf.m)} = 75.7$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	75.7	1089628
$c = M_d$					
	$x \text{ (m)} = 0.071$		$k_{md} = 0.034$		
	$z \text{ (m)} = 1.372$		$A_s^+ \text{ (cm}^2\text{)} = 12.69$		
	$x / d = 0.051$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} \text{ (cm}^2\text{)} = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento
a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w \text{ (m)} = 0.80$$

$$V_g \text{ (tf)} = 76.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q \text{ (tf)} = 53.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} \text{ (tf)} = 181.7$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} \text{ (tf)} = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} \text{ (tf)} = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 109.3$$

$$A_{sw}/s = 19.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 24.93 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$V_g (tf) = 98.9$ (reação de carga permanente das vigas)

$V_{q1} (tf) = 67.5$ (reação de carga móvel das vigas)

$V_{q2} (tf) = 1.3$ (vento na superestrutura)

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 233.8$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 161.4$$

$$A_{sw}/s = 29.5 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 36.82 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 - Ponte 30,0m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      2.1000
  2      0.6000      2.1000
  3      2.6000      2.1000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      2.1000
  6      5.9000      2.1000
  7      8.5500      2.1000
  8      9.2000      2.1000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      2.1000
 11     11.8000      2.1000
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 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-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 -68.920
  5  PY -59.300
  6  PY -59.300
  7  PY -59.300
 10  PY -68.920
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 -51.149
5 PY -42.969
6 PY -34.789
7 PY -26.609
10 PY -18.429
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -53.063
5 PY -37.585
6 PY -22.107
7 PY -6.629
10 PY 8.849
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 9.120
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa Pl - Ponte 30,0m

 DATA : 26/12/2005(segunda-feira)
 HORA : 13:25:27
 ARQUIVO DE DADOS : trav pl-viga30,0m.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	2.10E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	2.10E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	2.10E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	2.10E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	2.10E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	2.10E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	2.10E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	2.10E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	2.10E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	restrições nodais			
	constante de mola	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 / nó final	
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	2.10E+0000
10	1	2	8 / 9	2.10E+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	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-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

nó	sistema	cargas nodais		
		força	força	momento

		x	y	z
2	global	0.00	-68.92	0.00
5	global	0.00	-59.30	0.00
6	global	0.00	-59.30	0.00
7	global	0.00	-59.30	0.00
10	global	0.00	-68.92	0.00

cargas aplicadas nas barras		lb		px		py		mz		wya		wyb	
barra	sistema	tipo	f1	f2	wxa	f3	wxb	p	wya	wyb			
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	nó da is		momento	
		força	força	força	força	momento
		x	y	z	x	y
2	global	0.00	-51.15	0.00		
5	global	0.00	-42.97	0.00		
6	global	0.00	-34.79	0.00		
7	global	0.00	-26.61	0.00		
10	global	0.00	-18.43	0.00		

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas	nó da is		momento	
		força	força	força	força	momento
		x	y	z	x	y
2	global	0.00	-53.06	0.00		
5	global	0.00	-37.59	0.00		
6	global	0.00	-22.11	0.00		
7	global	0.00	-6.63	0.00		
10	global	0.00	8.85	0.00		

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	cargas	nó da is		momento	
		força	força	força	força	momento
		x	y	z	x	y
1	global	9.12	0.00	0.00		

fim do carregamento 4
número de carregamentos 4

DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 3.8E+0001
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 9

carregamento 1

=====

Título : Peso Proprio

		deslocamentos		nó da is		rotacao	
no	sistema	deslocamento	deslocamento	deslocamento	deslocamento	rotacao	rotacao
		x	y	z	x	y	z
1	global	-1.96259E-0005	-1.50548E-0003	5.45585E-0004			
2	global	-1.96259E-0005	-1.17774E-0003	5.45329E-0004			
3	global	-1.96259E-0005	-1.99701E-0004	1.98396E-0004			
4	global	7.28237E-0031	-7.16580E-0030	-3.85342E-0031			
5	global	-1.57602E-0005	-1.70976E-0004	6.28997E-0005			
6	global	1.13781E-0018	-2.82387E-0004	3.10888E-0019			
7	global	1.57602E-0005	-1.70976E-0004	-6.28997E-0005			
8	global	1.96259E-0005	-1.99701E-0004	-1.98396E-0004			
9	global	-7.28237E-0031	-7.16580E-0030	3.85342E-0031			
10	global	1.96259E-0005	-1.17774E-0003	-5.45329E-0004			

11 global 1.96259E-0005 -1.50548E-0003 -5.45585E-0004

reações nos apoios		força			momento		
nó sistema		x	y	z			
4	global	-17.84	175.57	9.44			
9	global	17.84	175.57	-9.44			

Resultante 0.00 351.14 2071.73

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	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	-70.72	0.54
		3	0.00	76.72	-147.98
3	local	3	-17.84	98.85	119.95
		5	17.84	-96.90	-56.33
4	local	5	-17.84	37.60	56.33
		6	17.84	-29.65	32.77
5	local	6	-17.84	-29.65	-32.77
		7	17.84	37.60	-56.33
6	local	7	-17.84	-96.90	56.33
		8	17.84	98.85	-119.95
7	local	8	0.00	76.72	147.98
		10	-0.00	-70.72	-0.54
8	local	10	-0.00	1.80	0.54
		11	0.00	-0.00	-0.00
9	local	3	175.57	17.84	28.03
		4	-175.57	-17.84	9.44
10	local	8	175.57	-17.84	-28.03
		9	-175.57	17.84	-9.44

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global -9.46546E-0005	-1.09869E-0003	4.01305E-0004
2	global -9.46546E-0005	-8.57907E-0004	4.01305E-0004
3	global -9.46546E-0005	-1.34945E-0004	1.59081E-0004
4	global 2.79350E-0031	-4.84217E-0030	1.08258E-0032
5	global -9.31717E-0005	-1.03167E-0004	5.79245E-0005
6	global -8.71262E-0005	-1.85650E-0004	-1.29895E-0005
7	global -8.10806E-0005	-9.75568E-0005	3.45893E-0005
8	global -7.95977E-0005	-6.29079E-0005	6.87315E-0006
9	global -2.79350E-0031	-2.25730E-0030	3.06458E-0031
10	global -7.95977E-0005	-1.95011E-0004	-8.04001E-0005
11	global -7.95977E-0005	-2.43251E-0004	-8.04001E-0005

reações nos apoios		força			momento		
nó sistema		x	y	z			
4	global	-6.84	118.64	-0.27			
9	global	6.84	55.31	-7.51			

Resultante 0.00 173.94 809.51

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)

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	força			momento fletor
			n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	momento	
			0.000 ^x	-0.000 ^y	0.000 ^z	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-51.15	0.00	0.00
3	local	3	0.00	51.15	-102.30	-102.30
4	local	5	-6.84	67.49	87.66	87.66
5	local	5	6.84	-67.49	-43.79	-43.79
6	local	6	-6.84	24.52	43.79	43.79
7	local	6	6.84	-24.52	-21.19	-21.19
8	local	7	-6.84	-10.27	-6.02	-6.02
9	local	7	6.84	36.88	6.02	6.02
10	local	8	-6.84	-36.88	-29.99	-29.99
11	local	8	6.84	36.88	36.86	36.86
12	local	10	-0.00	-18.43	-0.00	-0.00
13	local	10	0.00	-0.00	0.00	0.00
14	local	11	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
15	local	3	118.64	6.84	14.64	14.64
16	local	4	-118.64	-6.84	-0.27	-0.27
17	local	8	55.31	-6.84	-6.86	-6.86
18	local	9	-55.31	6.84	-7.51	-7.51

c a r r e g a m e n t o 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-1.69642E-0004	-1.23569E-0003	4.56656E-0004
2 global	-1.69642E-0004	-9.61701E-0004	4.56656E-0004
3 global	-1.69642E-0004	-1.31017E-0004	2.05369E-0004
4 global	1.77516E-0031	-4.70123E-0030	2.06247E-0031
5 global	-1.68700E-0004	-6.90845E-0005	9.49404E-0005
6 global	-1.64858E-0004	-1.17973E-0004	-2.45785E-0005
7 global	-1.61016E-0004	-5.84677E-0005	8.01119E-0005
8 global	-1.60074E-0004	5.28947E-0006	1.08646E-0004
9 global	-1.77516E-0031	1.89800E-0031	3.94110E-0031
10 global	-1.60074E-0004	2.92615E-0004	1.50552E-0004
11 global	-1.60074E-0004	3.82946E-0004	1.50552E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força	força	momento
	x	y	z
4 global	-4.35	115.19	-5.05
9 global	4.35	-4.65	-9.66
Resultante	0.00	110.53	241.99

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)

barra	e s f o r ç o s sistema	n ó	força			momento fletor
			n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	momento	
			0.000 ^x	-0.000 ^y	-0.000 ^z	
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	0.00	-0.00	-0.00	0.00
3	local	3	-0.00	-53.06	0.00	0.00
4	local	3	0.00	53.06	-106.13	-106.13
5	local	5	-4.35	62.12	91.94	91.94
6	local	5	4.35	-62.12	-51.56	-51.56
7	local	6	-4.35	24.54	51.56	51.56
8	local	6	4.35	-24.54	-13.46	-13.46
9	local	7	-4.35	2.43	-13.46	-13.46
10	local	7	4.35	-2.43	19.90	19.90
11	local	7	-4.35	-4.20	-19.90	-19.90
12	local	8	4.35	4.20	17.18	17.18
13	local	8	-0.00	-8.85	-17.70	-17.70
14	local	10	0.00	8.85	0.00	0.00

8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	115.19	4.35	14.19
		4	-115.19	-4.35	-5.05
10	local	8	-4.65	-4.35	0.52
		9	4.65	4.35	-9.66

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	7.38714E-0005	3.80851E-0005	-1.40904E-0005
2	global	7.20475E-0005	2.96309E-0005	-1.40904E-0005
3	global	6.59678E-0005	1.44987E-0006	-1.40904E-0005
4	global	1.97499E-0031	5.20253E-0032	-2.34313E-0031
5	global	6.50403E-0005	-4.97298E-0006	-7.92403E-0006
6	global	6.12589E-0005	-2.76431E-0006	4.01901E-0006
7	global	5.74775E-0005	3.00953E-0006	-5.23334E-0006
8	global	5.65500E-0005	-1.44987E-0006	-1.07398E-0005
9	global	1.74729E-0031	-5.20253E-0032	-2.03999E-0031
10	global	5.65500E-0005	-2.29295E-0005	-1.07398E-0005
11	global	5.65500E-0005	-2.93734E-0005	-1.07398E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-4.84	-1.27	5.74
9	global	-4.28	1.27	5.00
Resultante		-9.12	0.00	19.15

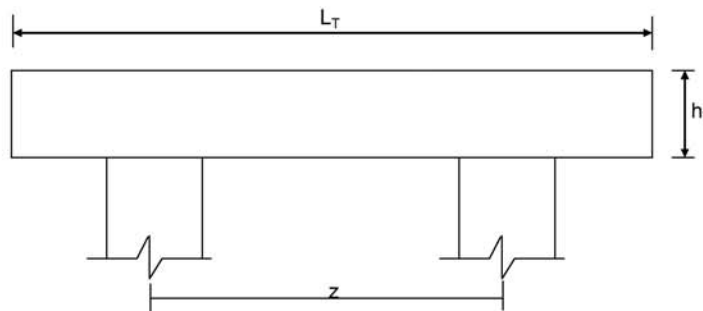
NOTA:
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

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

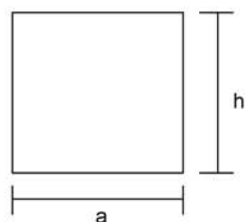
		esforços nas barras			momento	
barra sistema	nó	força normal	força cortante	fletor		
1	local	1	9.12	0.00	-0.00	
		2	-9.12	-0.00	-0.00	
2	local	2	9.12	-0.00	-0.00	
		3	-9.12	0.00	-0.00	
3	local	3	4.28	-1.27	-4.42	
		5	-4.28	1.27	3.59	
4	local	5	4.28	-1.27	-3.59	
		6	-4.28	1.27	0.21	
5	local	6	4.28	-1.27	-0.21	
		7	-4.28	1.27	-3.16	
6	local	7	4.28	-1.27	3.16	
		8	-4.28	1.27	-3.99	
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	-1.27	4.84	4.42	
		4	1.27	-4.84	5.74	
10	local	8	1.27	4.28	3.99	
		9	-1.27	-4.28	5.00	

Fim Do Programa

9-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) = 0.800
 h (m) = 1.500
 d (m) = 1.40 **d** é a altura efetiva da seção
 S (m²) = 1.2
 $g = S * 2,50$ g (tf/m) = 3.00
 $N_{trav} = g * L_T$

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) = -148.0 (reação de carga permanente das vigas)

M_{q1} (tf.m) = -106.1 (reação de carga móvel das vigas)

M_{q2} (tf.m) = -9.9 (vento na superestrutura)

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d$$
 (tf.m) = 362.7

$a = fcd * bw * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * bw * d * fcd$		310.857	-1088	362.7	732755
$c = M_d$					
	x (m) = 0.373		$kmd = 0.162$		
	z (m) = 1.251		As^- (cm ²) = 66.70		
	$x / d = 0.267$				

b) Seção do vão

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = 25.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 18.4 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 61.3$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	61.3	1107567
$c = M_d$					
	$x (m) = 0.057$		$k_{md} = 0.027$		
	$z (m) = 1.377$		$A_s^+ (cm^2) = 10.23$		
	$x / d = 0.041$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} (cm^2) = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w (m) = 0.80$$

$$V_g (tf) = 76.7 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q (tf) = 53.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} (tf) = 181.7$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{Rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 109.3$$

$$A_{sw}/s = 19.9 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 24.93 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 98.9 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 68.0 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 3.0 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 235.7$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 163.3$$

$$A_{sw}/s = 29.8 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 37.26 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P2 - Ponte 30,0m
coordenadas dos nos
  1      0.0000      4.6000
  2      0.6000      4.6000
  3      2.6000      4.6000
  4      2.6000      0.0000
  5      3.2500      4.6000
  6      5.9000      4.6000
  7      8.5500      4.6000
  8      9.2000      4.6000
  9      9.2000      0.0000
 10     11.2000      4.6000
 11     11.8000      4.6000
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 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-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 -68.920
  5  PY -59.300
  6  PY -59.300
  7  PY -59.300
 10  PY -68.920
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 -51.149
5 PY -42.969
6 PY -34.789
7 PY -26.609
10 PY -18.429
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -53.063
5 PY -37.585
6 PY -22.107
7 PY -6.629
10 PY 8.849
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 9.120
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa P2 - Ponte 30,0m

 DATA : 26/12/2005(segunda-feira)
 HORA : 13:25:51
 ARQUIVO DE DADOS : trav p2-viga30,0m.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	4.60E+0000	0.00E+0000
2	global	6.00E-0001	4.60E+0000	0.00E+0000
3	global	2.60E+0000	4.60E+0000	0.00E+0000
4	global	2.60E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	3.25E+0000	4.60E+0000	0.00E+0000
6	global	5.90E+0000	4.60E+0000	0.00E+0000
7	global	8.55E+0000	4.60E+0000	0.00E+0000
8	global	9.20E+0000	4.60E+0000	0.00E+0000
9	global	9.20E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	1.12E+0001	4.60E+0000	0.00E+0000
11	global	1.18E+0001	4.60E+0000	0.00E+0000

número de nós 11

nó	restrições nodais			
	constante de mola	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 / nó final	
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	4.60E+0000
10	1	2	8 / 9	4.60E+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	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-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

nó	sistema	cargas nodais		
		força	força	momento

		x	y	z
2	global	0.00	-68.92	0.00
5	global	0.00	-59.30	0.00
6	global	0.00	-59.30	0.00
7	global	0.00	-59.30	0.00
10	global	0.00	-68.92	0.00

cargas aplicadas nas barras		lx		ly		lz	
barra	sistema	tipo	f1	f2	px	py	mz
					wxa	wxb	wya
					f3	p	wyb
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	nó da is		momento
		força	força	força	
		x	y	z	
2	global	0.00	-51.15	0.00	
5	global	0.00	-42.97	0.00	
6	global	0.00	-34.79	0.00	
7	global	0.00	-26.61	0.00	
10	global	0.00	-18.43	0.00	

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	cargas	nó da is		momento
		força	força	força	
		x	y	z	
2	global	0.00	-53.06	0.00	
5	global	0.00	-37.59	0.00	
6	global	0.00	-22.11	0.00	
7	global	0.00	-6.63	0.00	
10	global	0.00	8.85	0.00	

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	cargas	nó da is		momento
		força	força	força	
		x	y	z	
1	global	9.12	0.00	0.00	

fim do carregamento 4
número de carregamentos 4

 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 Proprio

deslocamentos		nó da is		rotacao
no	sistema	deslocamento	deslocamento	
		x	y	z
1	global	-7.24099E-0006	-1.89370E-0003	6.03461E-0004
2	global	-7.24099E-0006	-1.53123E-0003	6.03205E-0004
3	global	-7.24099E-0006	-4.37440E-0004	2.56272E-0004
4	global	2.77341E-0031	-7.39668E-0030	-4.07000E-0031
5	global	-5.81473E-0006	-3.74801E-0004	1.09375E-0004
6	global	-1.11781E-0018	-4.24631E-0004	7.84711E-0020
7	global	5.81473E-0006	-3.74801E-0004	-1.09375E-0004
8	global	7.24099E-0006	-4.37440E-0004	-2.56272E-0004
9	global	-2.77341E-0031	-7.39668E-0030	4.07000E-0031
10	global	7.24099E-0006	-1.53123E-0003	-6.03205E-0004

11 global 7.24099E-0006 -1.89370E-0003 -6.03461E-0004

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4 global	-6.58	175.57	9.66	
9 global	6.58	175.57	-9.66	

Resultante 0.00 351.14 2071.73

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	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	-70.72	0.54
		3	0.00	76.72	-147.98
3	local	3	-6.58	98.85	127.36
		5	6.58	-96.90	-63.74
4	local	5	-6.58	37.60	63.74
		6	6.58	-29.65	25.37
5	local	6	-6.58	-29.65	-25.37
		7	6.58	37.60	-63.74
6	local	7	-6.58	-96.90	63.74
		8	6.58	98.85	-127.36
7	local	8	0.00	76.72	147.98
		10	-0.00	-70.72	-0.54
8	local	10	0.00	1.80	0.54
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	175.57	6.58	20.62
		4	-175.57	-6.58	9.66
10	local	8	175.57	-6.58	-20.62
		9	-175.57	6.58	-9.66

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao
	x	y	z
1 global	-2.35688E-0004	-1.36591E-0003	4.41794E-0004
2 global	-2.35688E-0004	-1.10083E-0003	4.41794E-0004
3 global	-2.35688E-0004	-2.96893E-0004	1.99571E-0004
4 global	1.06387E-0031	-5.02016E-0030	-6.48907E-0032
5 global	-2.35141E-0004	-2.41295E-0004	9.16524E-0005
6 global	-2.32911E-0004	-2.66788E-0004	-1.42654E-0006
7 global	-2.30680E-0004	-1.68950E-0004	3.26610E-0005
8 global	-2.30133E-0004	-1.36499E-0004	2.96029E-0006
9 global	-1.06387E-0031	-2.30806E-0030	2.47358E-0031
10 global	-2.30133E-0004	-2.76427E-0004	-8.43129E-0005
11 global	-2.30133E-0004	-3.27015E-0004	-8.43129E-0005

reações nos apoios				
nó sistema	força	força	momento	
	x	y	z	
4 global	-2.53	119.16	1.54	
9 global	2.53	54.78	-5.87	

Resultante 0.00 173.94 809.51

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)

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
			força x	força y	momento z
			0.000	-0.000	-0.000
1	local	1	-0.00	0.00	0.00
		2	0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-51.15	0.00
		3	0.00	51.15	-102.30
3	local	3	-2.53	68.01	92.22
		5	2.53	-68.01	-48.01
4	local	5	-2.53	25.04	48.01
		6	2.53	-25.04	18.35
5	local	6	-2.53	-9.75	-18.35
		7	2.53	9.75	-7.48
6	local	7	-2.53	-36.36	7.48
		8	2.53	36.36	-31.11
7	local	8	0.00	18.43	36.86
		10	-0.00	-18.43	0.00
8	local	10	0.00	0.00	0.00
		11	-0.00	-0.00	0.00
9	local	3	119.16	2.53	10.08
		4	-119.16	-2.53	1.54
10	local	8	54.78	-2.53	-5.74
		9	-54.78	2.53	-5.87

carregamento 3

Título : PMC

deslocamentos nodais

no sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1 global	-4.42473E-0004	-1.52077E-0003	5.05369E-0004
2 global	-4.42473E-0004	-1.21755E-0003	5.05369E-0004
3 global	-4.42473E-0004	-2.89448E-0004	2.54081E-0004
4 global	6.76048E-0032	-4.89428E-0030	7.34193E-0032
5 global	-4.42125E-0004	-1.98792E-0004	1.36355E-0004
6 global	-4.40708E-0004	-1.69533E-0004	-2.69928E-0006
7 global	-4.39291E-0004	-6.19021E-0005	9.88680E-0005
8 global	-4.38943E-0004	1.40456E-0005	1.29143E-0004
9 global	-6.76048E-0032	2.37498E-0031	2.71840E-0031
10 global	-4.38943E-0004	3.42364E-0004	1.71049E-0004
11 global	-4.38943E-0004	4.44993E-0004	1.71049E-0004

reações nos apoios

nó sistema	força x	força y	momento z
4 global	-1.60	116.17	-1.74
9 global	1.60	-5.64	-6.45
Resultante	0.00	110.53	241.99

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)

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
			força x	força y	momento z
			0.000	-0.000	-0.000
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00
		2	0.00	0.00	-0.00
2	local	2	-0.00	-53.06	0.00
		3	0.00	53.06	-106.13
3	local	3	-1.60	63.11	97.00
		5	1.60	-63.11	-55.98
4	local	5	-1.60	25.52	55.98
		6	1.60	-25.52	11.66
5	local	6	-1.60	3.42	-11.66
		7	1.60	-3.42	20.71
6	local	7	-1.60	-3.21	-20.71
		8	1.60	3.21	18.63
7	local	8	0.00	-8.85	-17.70
		10	-0.00	8.85	-0.00

8	local	10	0.00	-0.00	-0.00
		11	-0.00	0.00	0.00
9	local	3	116.17	1.60	9.12
		4	-116.17	-1.60	-1.74
10	local	8	-5.64	-1.60	-0.93
		9	5.64	1.60	-6.45

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento	deslocamento	rotacao
		x	y	z
1	global	4.85764E-0004	8.77342E-0005	-3.08863E-0005
2	global	4.83940E-0004	6.92025E-0005	-3.08863E-0005
3	global	4.77860E-0004	7.42987E-0006	-3.08863E-0005
4	global	1.93802E-0031	1.25631E-0031	-4.73571E-0031
5	global	4.76881E-0004	-6.45690E-0006	-1.71105E-0005
6	global	4.72889E-0004	-1.01989E-0006	8.17861E-0006
7	global	4.68896E-0004	5.73249E-0006	-1.61177E-0005
8	global	4.67917E-0004	-7.42987E-0006	-2.96501E-0005
9	global	1.90420E-0031	-1.25631E-0031	-4.64678E-0031
10	global	4.67917E-0004	-6.67300E-0005	-2.96501E-0005
11	global	4.67917E-0004	-8.45200E-0005	-2.96501E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força	força	momento
		x	y	z
4	global	-4.60	-2.98	11.24
9	global	-4.52	2.98	11.03
Resultante		-9.12	-0.00	41.95

NOTA:
o(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

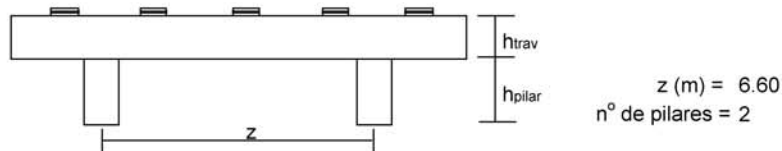
diferença de equilíbrio			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	-0.000	-0.000	0.000

barra	esforços		nas barras		
	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	9.12	0.00	0.00
		2	-9.12	-0.00	0.00
2	local	2	9.12	-0.00	-0.00
		3	-9.12	0.00	-0.00
3	local	3	4.52	-2.98	-9.92
		5	-4.52	2.98	7.98
4	local	5	4.52	-2.98	-7.98
		6	-4.52	2.98	0.08
5	local	6	4.52	-2.98	-0.08
		7	-4.52	2.98	-7.82
6	local	7	4.52	-2.98	7.82
		8	-4.52	2.98	-9.76
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	-2.98	4.60	9.92
		4	2.98	-4.60	11.24
10	local	8	2.98	4.52	9.76
		9	-2.98	-4.52	11.03

Fim Do Programa

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

10 - Apoio 1



P.P. do pilar (tf) = 0.96 $h^{Pilar} (m) = 0.60$ $h^{Traves.} (m) = 1.50$

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

1ª Hipótese : $N_{máx}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	175.6	118.6	1.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	296.4
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	6.0	3.9	0.0	4.3	1.2	0.0	15.5
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	12.6	8.3	0.0	9.1	2.6	0.0	32.6
M_T (tf.m)	9.4	-0.3	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	14.2

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	175.6	-4.7	1.0	0.0	0.0	-1.3	0.0	0.0	0.0	170.6
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	6.0	3.9	0.0	4.3	1.2	0.0	15.5
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	12.6	8.3	0.0	9.1	2.6	0.0	32.6
M_T (tf.m)	9.4	-9.7	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	5.5

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$I_x \text{ (m)} = 0.60 \quad d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0040 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0010$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.021 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$I_x \text{ (m)} = 0.60 \quad d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0040 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((l_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0010$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.021 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

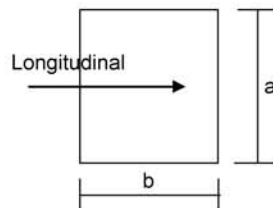
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	245.8	166.1	1.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	414.13
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	7.2	5.5	0.0	6.1	0.9	0.0	19.67
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.19
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	15.1	11.6	0.0	12.7	1.8	0.0	49.99
M_{dT} (tf.m)	13.2	-0.4	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	25.02

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	245.8	-6.5	1.3	0.0	0.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	239.74
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.7	5.5	0.0	6.1	0.9	0.0	21.11
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.19
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	18.2	11.6	0.0	12.7	1.8	0.0	49.36
M_{dT} (tf.m)	13.2	-13.5	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	8.74

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) = 414.1
M_{d^{long}} (tf.m) = 50.0
M_{d^{transv}} (tf.m) = 25.0

v = 0.453
μ_{long} = 0.068
μ_{transv} = 0.034

Ábaco → ω = 0.000

A_s (cm²) = 0.00

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 239.7 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 49.4 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 8.7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.262 \\ \mu_{\text{long}} = 0.067 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.012 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.000$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 0.00$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 414.1 \\ E \text{ (MPa)} = 288,476 \\ \varepsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2471$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 19.77$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

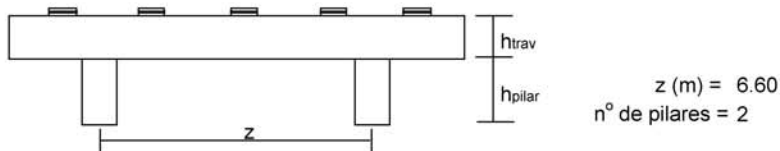
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

11 - Apoio 2



P.P. do pilar (tf) = 4.96 h^{Pilar} (m) = 3.10 $h^{Traves.}$ (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

1ª Hipótese : $N_{máx}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	175.6	119.2	5.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	302.7
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	6.0	2.8	0.0	3.1	0.9	0.0	12.8
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	27.6	12.9	0.0	14.2	4.0	0.0	58.7
M_T(tf.m)	9.7	1.5	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	22.2

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	175.6	-5.6	5.0	0.0	0.0	-3.0	0.0	0.0	0.0	171.9
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	6.0	2.8	0.0	3.1	0.9	0.0	12.8
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	27.6	12.9	0.0	14.2	4.0	0.0	58.7
M_T(tf.m)	9.7	-6.5	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	14.5

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$I_x \text{ (m)} = 3.10$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0207 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0260$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.047 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$I_x \text{ (m)} = 3.10$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0207 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0260$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.047 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

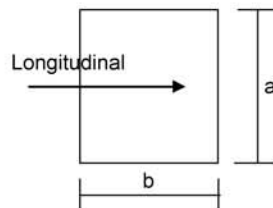
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	245.8	166.8	6.9	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	421.65
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	7.2	3.9	0.0	4.3	0.6	0.0	16.06
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.19
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	33.2	18.1	0.0	19.8	2.8	0.0	93.53
M_{dT} (tf.m)	13.5	2.2	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	43.07

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	245.8	-7.9	6.9	0.0	0.0	-2.1	0.0	0.0	0.0	242.76
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	8.7	3.9	0.0	4.3	0.6	0.0	17.50
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.19
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	39.8	18.1	0.0	19.8	2.8	0.0	91.82
M_{dT} (tf.m)	13.5	-9.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	23.68

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) = 421.7
 M_d^{long} (tf.m) = 93.5
 M_d^{transv} (tf.m) = 43.1

$v = 0.461$
 $\mu_{long} = 0.128$
 $\mu_{transv} = 0.059$

Ábaco $\omega = 0.230$

As (cm²) = 48.37

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 242.8 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 91.8 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 23.7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.266 \\ \mu_{\text{long}} = 0.126 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.032 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.180$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 37.85$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 421.7 \\ E \text{ (MPa)} = 288,476 \\ \varepsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2516$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 20.13$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

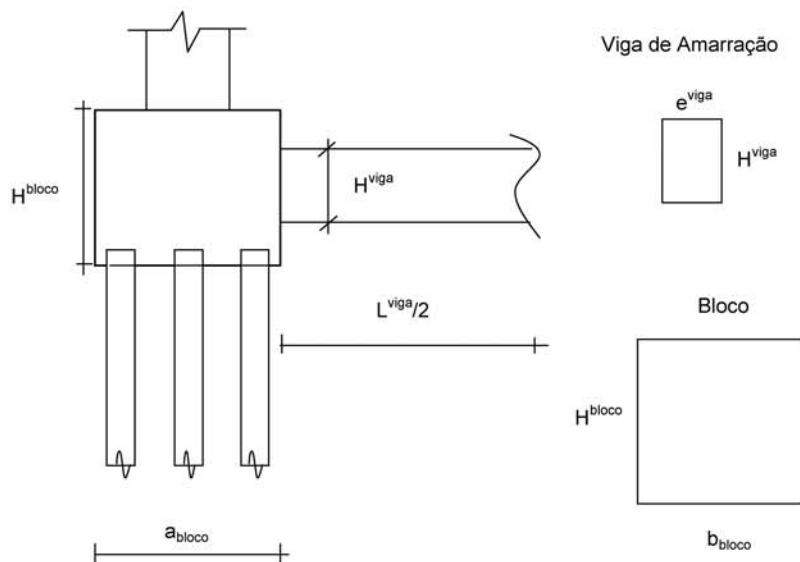
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 48.37$$

Apoio P1

12 - 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)**

- $g1 + g2 + g3 = 351.14$
- carga móvel Pesq = 118.6
- carga móvel Pdir = 55.3
- $p.p. \text{ pilar} = 1.9$
- $p.p. \text{ bloco} = 57.2$
- $N = 584.2 \text{ tf}$

*** Cálculo de HL**

$HL \text{ (tf)} = 31.1$

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 9.1$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 105.6$$

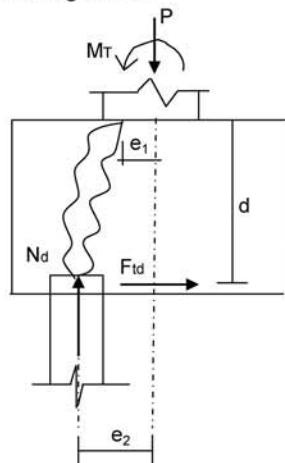
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 31.0$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

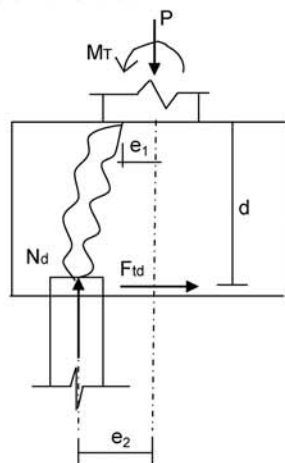
Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 76.0$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 70.9$	$A_s (cm^2) = 16.3$

Direção Transversal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 76.0$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 70.9$	$A_s (cm^2) = 16.3$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: viga30mM
Data: 19/12/05

Viga de 30,0 m Estaca Metálica - Apoio P1

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	21000000,00	8100000,00	500,00

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	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
2	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
3	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
4	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
5	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
6	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
7	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
8	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
9	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
10	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: viga30mM
Data: 19/12/05

NRO CARREG 1

Nmax

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-9,10	-580,20	-31,10	-105,80	0,00	31,00

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

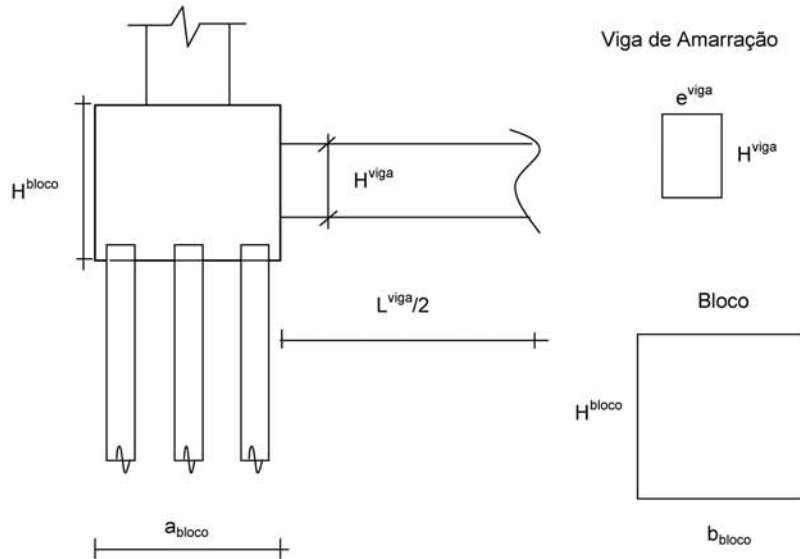
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,002471	-0,001772	-0,003683	-0,000502	0,000000	0,000009

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	75,71	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
2	75,13	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
3	73,78	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
4	73,19	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
5	58,99	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
6	57,05	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
7	42,85	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
8	42,26	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
9	40,91	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34
10	40,33	-0,91	-3,11	0,00	2,56	-0,34

Apoio P2

13 - Esforços em Serviço na Base do Bloco



- h_{bloco} (m) = 1.30
- a_{bloco} (m) = 2.80
- b_{bloco} (m) = 2.80
- h_{Viga de Amarração} (m) = 1.10
- L_{Viga de Amarração} (m) = 3.80
- e_{Viga de Amarração} (m) = 0.60
- p.p.bloco (tf) = 25.48
- p.p.viga de amarração (tf) = 6.27

*** Cálculo de N (tf)**

- g1 + g2 + g3 = 351.14
- carga móvel Pesq = 119.2
- carga móvel Pdir = 54.8
- p.p. pilar = 9.9
- p.p. bloco = 57.2
- N = 592.2 tf

*** Cálculo de HL**

HL (tf) = 25.5

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 9.1$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 150.7$$

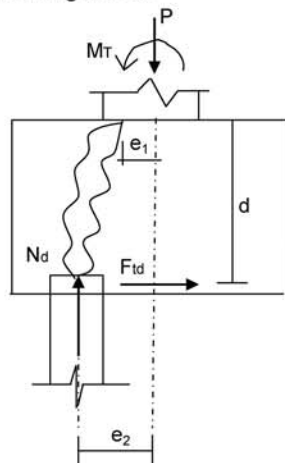
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 53.8$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

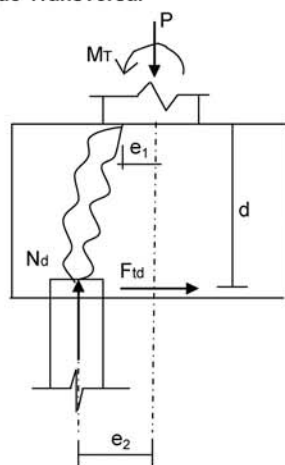
Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 82.0$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 76.5$	$A_s (cm^2) = 17.6$

Direção Transversal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 82.0$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 76.5$	$A_s (cm^2) = 17.6$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref: viga30mM
Data: 19/12/05

Viga de 30,0 m Estaca Metálica (Hpilar=3,30m) - Apoio P2

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	21000000,00	8100000,00	500,00

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	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
2	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
3	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
4	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
5	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
6	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
7	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
8	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
9	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000
10	10,00	0,016	0,00025	0,00009	0,00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref: viga30mM
Data: 19/12/05

NRO CARREG 1

Nmax

Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-9,10	-588,20	-25,80	-152,20	0,00	53,80

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0,002474	-0,001797	-0,003287	-0,000654	0,000000	0,000015

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	82,33	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
2	81,35	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
3	79,11	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
4	78,13	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
5	60,43	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
6	57,21	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
7	39,51	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
8	38,53	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
9	36,29	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33
10	35,31	-0,91	-2,58	0,00	1,91	-0,33

6 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA I

6 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA I

6.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

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

6.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,70 m e 1,00 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 Onça II no Volume 3 B – 1ª Parte).

7 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA II

7 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA II

7.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

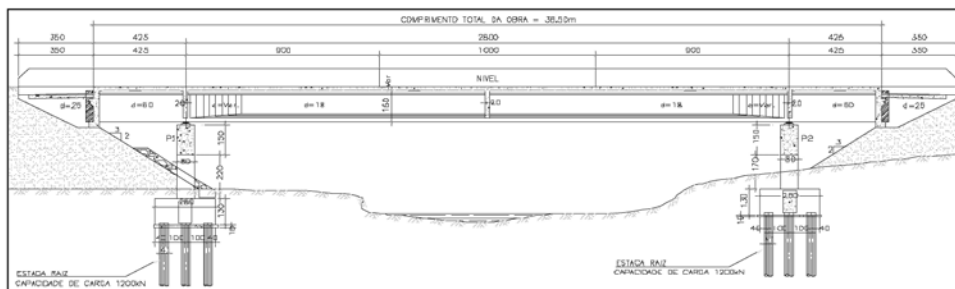
Vão de 28,00 m com balanços de 4,25 m (Ver Cálculo da Superestrutura da Ponte sobre o Rio Bonitinho no Volume 3 B – 1ª Parte).

7.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,20 m e 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.

Cálculo da Infraestrutura - Vigas de 36,50m

1 - Sistema estrutural



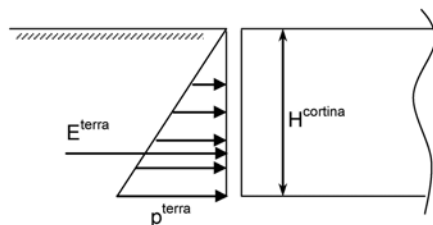
$$L^{\text{vão}} \text{ (m)} = 28.00$$

$$L^{\text{bal}} \text{ (m)} = 4.25$$

2 - Cálculo dos esforços solicitantes horizontais

2.1 - Direção longitudinal

2.1.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas



$$K_a = 0.333$$

$$\gamma^{\text{solo}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 1.80$$

$$H^{\text{cortina}} \text{ (m)} = 2.05$$

$$L^{\text{obra}} \text{ (m)} = 13.00$$

$$p^{\text{terra}} = K_a \times \gamma^{\text{solo}} \times H^{\text{cortina}}$$

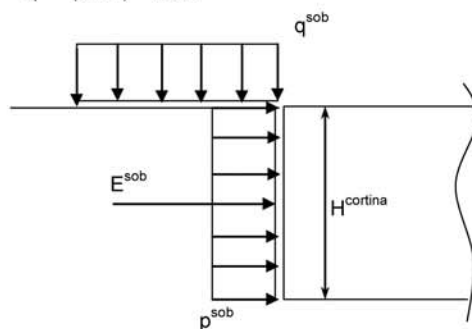
$$p^{\text{terra}} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 1.230$$

$$E_{\text{terra}} = ((p^{\text{terra}} \times H^{\text{cortina}})/2) \times L^{\text{obra}}$$

$$E_{\text{terra}} \text{ (tf)} = 16.4$$

2.1.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas

$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$



$$q^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.50$$

$$L^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$H^{cortina} \text{ (m)} = 2.05$$

$$p^{sob} = K_a \times q^{sob}$$

$$p^{sob} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.167$$

$$E_{sob} = p^{sob} \times L^{obra} \times H^{cortina}$$

$$E_{sob} \text{ (tf)} = 4.4$$

2.1.3 - 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:

$$\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = -65$$

$$\alpha = 0.00001$$

2.1.4 - Frenagem e aceleração

$$F^{fren} \geq \begin{cases} 30\% \text{ do peso do veiculo tipo} \\ 5\% \text{ da carga de multidão} \end{cases}$$

$$P^{concentrado} \text{ (tf)} = 45.0$$

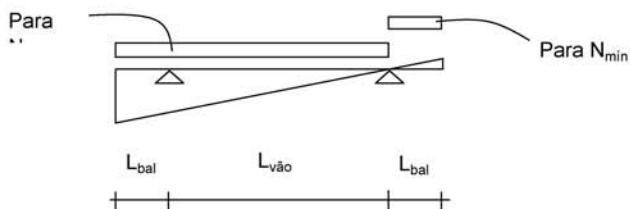
$$q^{mult} \text{ (tf/m}^2\text{)} = 0.5$$

$$Larg^{obra} \text{ (m)} = 13.00$$

$$L^{Bal} \text{ (m)} = 4.25$$

$$L^{Vão} \text{ (m)} = 28.00$$

Linha de influência da reação máxima em P1



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^{bal+vão} para PTC

5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{bal+vão} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 9.84 \\ 4.92 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

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} para PTC

5% da carga de multidão = 0,05 x q^{mult} x (L^{obra} - 0,80)/2 x L^{bal} para PMC

$$F^{fren} (tf) \geq \begin{cases} 13.50 \\ 1.30 \\ 0.65 \end{cases} \begin{array}{l} \text{ponte totalmente carregada} \\ \text{ponte metade carregada} \end{array}$$

2.2 Direção transversal

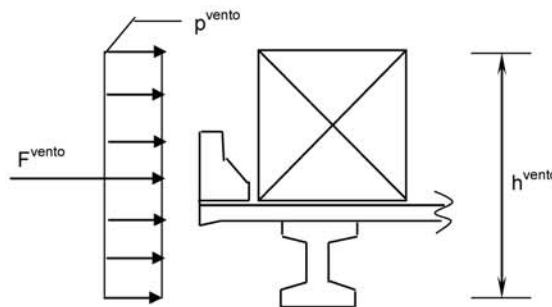
2.2.1 - Vento na superestrutura

o cálculo da pressão do vento será feito de acordo como prescrito na NBR-6123

$$p_{vento} = C_x * (V_k^2) / 16$$

$$V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$$

$$C_x = 1.60$$



$$h_{vento} (m) = 2,00 + h_{viga} + e_{laje} + e_{pav}$$

$$h_{vento} (m) = 3.900$$

$$L_{obra} (m) = 36.50$$

$$V_o (m/s) = 40.00$$

$$S_2 = 1.00$$

$$V_k (m/s) = 40.0$$

$$S_1 = 1.00$$

$$S_3 = 1.00$$

$$p_{vento} (tf/m^2) = 0.160$$

$$F_{vento} (tf) = p_{vento} \times L_{obra} \times h_{vento}$$

$$F_{vento} (tf) = 22.8$$

3 - Cálculo das rizezas dos apoios

3.1 - Linha de apoio 1

3.1.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) &= 5 \\ S_1 \text{ apar } (m^2) &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2) &= 100.0 & k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}} \\ h_{\text{borr}} \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,500$$

3.1.2 - Pilares (80x80)

$$\begin{aligned} f_{ck_{\text{pilar}}} \text{ (MPa)} &= 20.0 \\ h_{\text{total}} &= h_{\text{travessa}} + H_{\text{pilar}} + h_{\text{bloco}}/2 \\ h_{\text{total}} &= 4.35 \\ n^{\circ} \text{ de pilares } (n) &= 2 \end{aligned}$$

- longitudinal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{long}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4) &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2) &= 9,5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3} \\ E_c \text{ (tf/m}^2) &= 2,884,760 \\ K^{\text{long}}_1 \text{ (tf/m)} &= 7,177 \end{aligned}$$

- transversal

$$\begin{aligned} K &= n * 3 * E * J / (H^3) \\ J^{\text{transv}}_{1 \text{ pilar}} \text{ (m}^4) &= 0.0341 \\ E_c \text{ (tf/m}^2) &= 2,884,760 \\ K^{\text{transv}}_1 \text{ (tf/m)} &= 7,177 \end{aligned}$$

3.1.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{\text{conj}} = 1 / ((1/k_{\text{neop}}) + (1/k_{\text{pilar}}))$$

- longitudinal

$$K^{\text{long - conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1,854$$

- transversal

$$K^{\text{transv - conj}}_1 \text{ (tf/m)} = 1,854$$

3.2 - Linha de apoio 2

3.2.1 - Aparelhos de apoio (30x50)

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ de aparelhos de apoio } (n) &= 5 \\ S_1 \text{ apar } (m^2) &= 0.15 \\ G \text{ (tf/m}^2) &= 100 & k^{\text{neop}}_{\text{transv}} = k^{\text{neop}}_{\text{long}} = (n * G * S) / h_{\text{borr}} \\ h \text{ (m)} &= 0.03 \end{aligned}$$

$$K^{\text{neop}} \text{ (tf/m)} = 2,500$$

3.2.2 - Pilares (80x80)

$$f_{ck,pilar} \text{ (MPa)} = 20$$

$$h_{total} = h_{travessa} + H_{pilar} + h_{bloco}/2$$

$$h_{total} = 3.85$$

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

- longitudinal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{long} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 9.5 * (f_{ckj} + 8)^{1/3}$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{long} \text{ (tf/m)} = 10,353$$

- transversal

$$K = n * 3 * E * J / (H^3)$$

$$J_{1 \text{ pilar}}^{transv} \text{ (m}^4\text{)} = 0.0341$$

$$E_c \text{ (tf/m}^2\text{)} = 2,884,760$$

$$K_2^{transv} \text{ (tf/m)} = 10,353$$

3.2.3 - Rigidez do conjunto

$$K^{conj} = 1 / ((1/K_{neop}) + (1/K_{pilar}))$$

- longitudinal

$$K_2^{long - conj} \text{ (tf/m)} = 2,014$$

- transversal

$$K_2^{transv - conj} \text{ (tf/m)} = 2,014$$

3.4 - Cálculo dos coeficientes de distribuição

$$\mu = k_i / \sum k_i$$

- longitudinal

$$\sum K_{conj}^{long} = 3,868$$

$$\mu_1^{long} = 0.4794$$

$$\mu_2^{long} = 0.5206$$

- transversal

$$\sum K_{conj}^{transv} = 3,868$$

$$\mu_1^{transv} = 0.4794$$

$$\mu_2^{transv} = 0.5206$$

Resumo				
Linha Apoio	Rigidez		Coef. de distribuição	
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal
1	1,854.2	1,854.2	0.47937	0.47937
2	2,013.7	2,013.7	0.52063	0.52063
Total	3,867.9	3,867.9	1.0	1.0

4 - Distribuição dos esforços longitudinais

$$F^1 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio1}}$$

$$F^2 (tf) = \text{Esforço} \times \mu_{\text{long}}^{\text{Apoio2}}$$

4.1 - Empuxo de terra unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 7.86$$

$$F^2 (tf) = 8.53$$

4.2 - Empuxo de sobrecarga unilateral nas cortinas por linha de apoio

$$F^1 (tf) = 2.13$$

$$F^2 (tf) = 2.31$$

4.3 - Deformações impostas por linha de apoio

centro elástico longitudinal

$$X_{c.e.} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum K_i} \qquad X_{c.e. \text{ Longitudinal (m)}} = 18.8$$

$$F = K_i \cdot X_i \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Apoio	K _{long} (tf/m)	X _i (m)	F (tf)
1	1,854.2	14.58	17.6
2	2,013.7	13.42	17.6

4.4 - Frenagem e aceleração por linha de apoio

Hipótese de N_{máx}
- PTC

$$F^1 (tf) = 6.5$$

$$F^2 (tf) = 7.0$$

- PMC

$$F^1 (tf) = 6.5$$

$$F^2 (tf) = 7.0$$

Hipótese de N_{mín}
- PTC

$$F^1 (tf) = 6.5$$

$$F^2 (tf) = 7.0$$

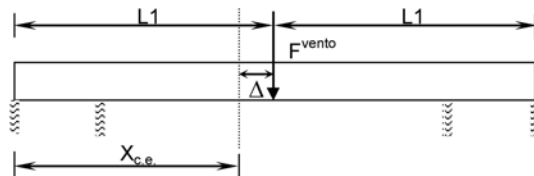
- PMC

$$F^1 (tf) = 6.5$$

$$F^2 (tf) = 7.0$$

5 - Distribuição dos esforços transversais por linha de apoio

5.1 - Vento na superestrutura



$$\begin{aligned}
 L1 \text{ (m)} &= 18.25 \\
 X_{c,e,Transversal} \text{ (m)} &= 18.83 \\
 \Delta \text{ (m)} &= 0.578 \\
 F_{vento} \text{ (tf)} &= 22.78
 \end{aligned}$$

$$F_i^T = F_{vento} * K_{i \text{ Trans}} * [(1 / \sum K_{i \text{ Trans}}) \pm (\Delta * X_i) / (\sum (K_{i \text{ Trans}} * X_i^2))]$$

Linha	$K_{i \text{ Trans}}$ (tf/m)	X_i (m)	$K_{i \text{ Trans}} * X_i^2$	F_i^T (tf)
1	1854.2	-14.58	394018.3	10.45
2	2013.7	13.42	362799	12.33
TOTAL	3867.9		756817.4	22.78

Cálculo das Travessas

6 - Reação das vigas devido aos carregamentos permanentes e peso próprio da travessa

Obtidos do cálculo da Superestrutura

Vigas de Bordo ($V_1 = V_5$)

	g1	g2	g3	R _g (tf)
R _v (tf)	32.75	32.01	24.2	88.960

Vigas Centrais ($V_2 = V_3 = V_4$)

	g1	g2	g3	R _g (tf)
R _v (tf)	32.75	30.50	13.89	77.14

Peso próprio da Travessa

$$\gamma_{\text{conc}} \text{ (tf/m}^3\text{)} = 2.50$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1.2$$

$$g_{\text{trav}} = S * \gamma_{\text{conc}}$$

$$g_{\text{trav}} \text{ (tf/m)} = 3.00$$

7 - Distribuição transversal da carga móvel para obtenção do trem-tipo longitudinal por Courbon

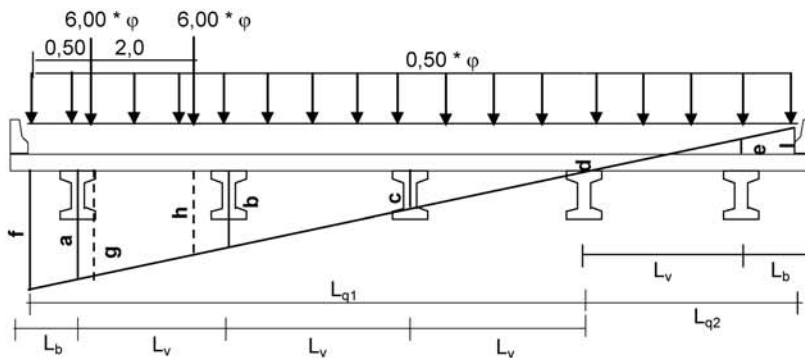
Cálculo do coeficiente de impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,007 * L_{\text{teórico}}$$

$$L_{\text{teórico}} \text{ (m)} = 28,00$$

$$\varphi = 1,204$$

7.1 - Para Ponte Total Carregada - V1



$$L_b \text{ (m)} = 1.2$$

$$L_{q1} \text{ (m)} = 8.75$$

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

$$L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = 0.600$$

$$b = 0.400$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

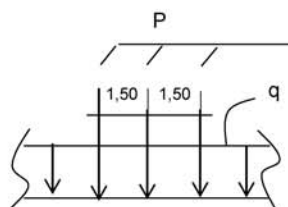
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.660 & h &= 0.472 \\ g &= 0.623 & i &= -0.260 \end{aligned}$$

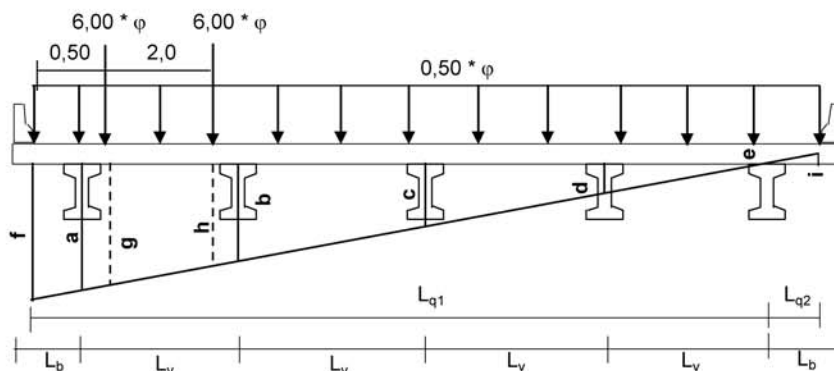
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1})/2 + (i * L_{q2})/2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 7.906 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.469 \end{aligned}$$



7.2 - Para Ponte Total Carregada - V2



$$\begin{aligned} L_b \text{ (m)} &= 1.2 & L_{q1} \text{ (m)} &= 11.40 \\ L_v \text{ (m)} &= 2.65 & L_{q2} \text{ (m)} &= 0.80 \end{aligned}$$

Ordenadas de Courbon para V2:

$$\begin{aligned} a &= 0.400 & d &= 0.100 \\ b &= 0.300 & e &= 0.000 \\ c &= 0.200 \end{aligned}$$

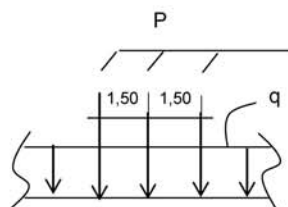
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$\begin{aligned} f &= 0.430 & h &= 0.336 \\ g &= 0.411 & i &= -0.030 \end{aligned}$$

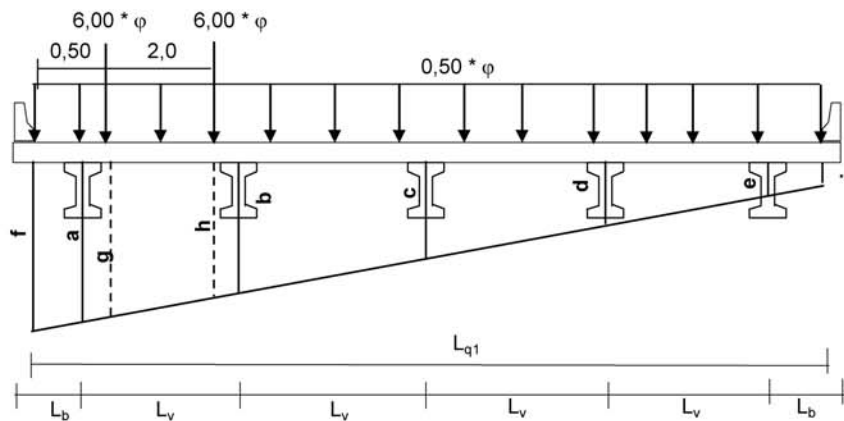
Cálculo do trem-tipo

$$\begin{aligned} P &= 6 * \varphi * (g + h) \\ q &= 0,50 * \varphi * [(f * L_{q1}/2) + (i * L_{q2}/2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (tf)} &= 5.398 \\ q \text{ (tf/m)} &= 1.469 \end{aligned}$$



7.3 - Para Ponte Total Carregada - V3



$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 12.20$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

Ordenadas de Courbon para V3:

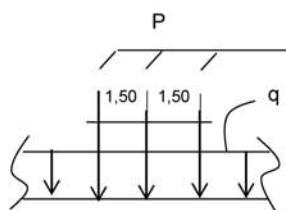
$a = 0.200$ $d = 0.200$
 $b = 0.200$ $e = 0.200$
 $c = 0.200$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

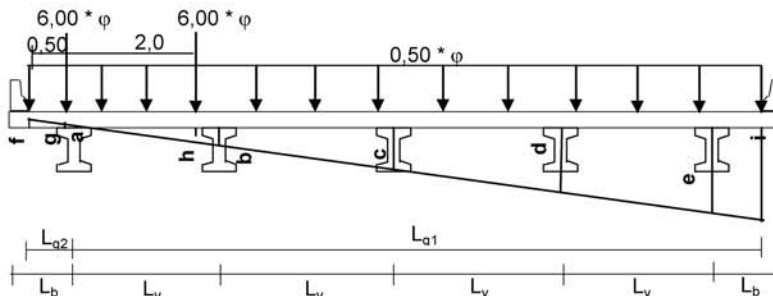
$f = 0.200$ $h = 0.200$
 $g = 0.200$ $i = 0.200$

Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \varphi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \varphi * [(f + i) * L_{q1}] / 2$
 $P \text{ (tf)} = 2.890$
 $q \text{ (tf/m)} = 1.469$



7.4 - Para Ponte Total Carregada - V4



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 11.40$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 0.80$$

Ordenadas de Courbon para V4:

$$a = 0.000$$

$$b = 0.100 \qquad d = 0.300$$

$$c = 0.200 \qquad e = 0.400$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.030 \qquad h = 0.064$$

$$g = -0.011 \qquad i = 0.430$$

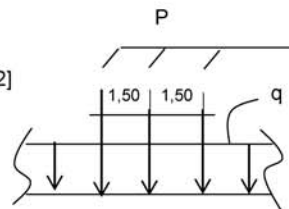
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

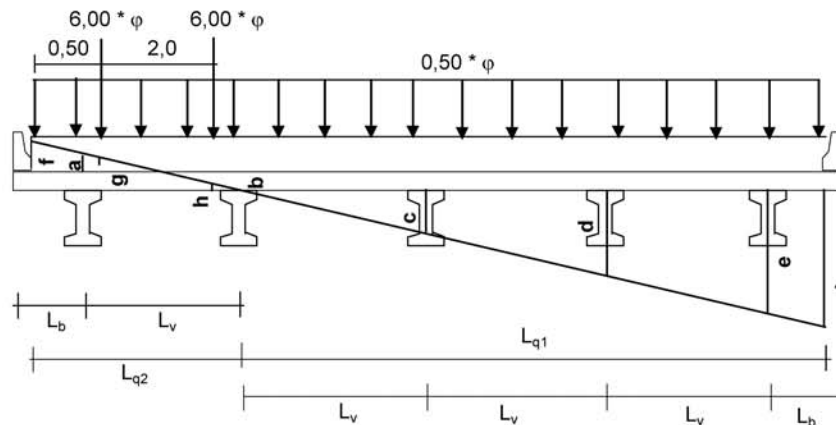
$$q = 0,50 * \varphi * [(i * L_{q1})/2 + (f * L_{q2})/2]$$

$$P (tf) = 0.382$$

$$q (tf/m) = 1.469$$



7.5 - Para Ponte Total Carregada - V5



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 8.75$$

$$L_v (m) = 2.65 \qquad L_{q2} (m) = 3.45$$

Ordenadas de Courbon para V1:

$$a = -0.200$$

$$b = 0.000$$

$$c = 0.200$$

$$d = 0.400$$

$$e = 0.600$$

Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$$f = -0.260 \qquad i = 0.660$$

$$g = -0.223$$

$$h = -0.072$$

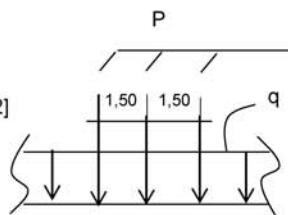
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

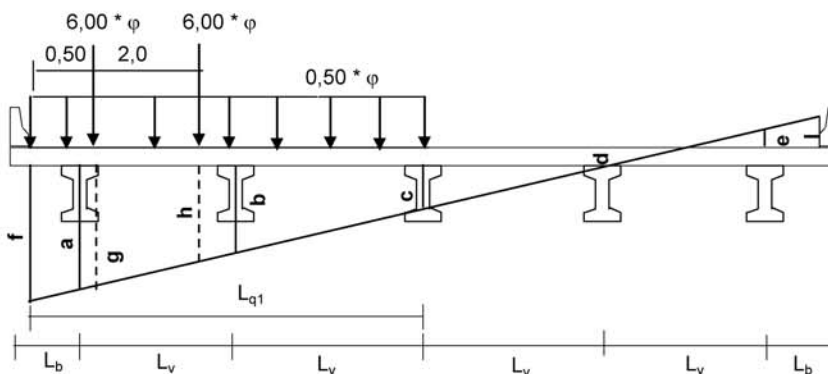
$$q = 0,50 * \varphi * [(f * L_{q2})/2 + (i * L_{q1})/2]$$

$$P (tf) = -2.126$$

$$q (tf/m) = 1.469$$



7.6 - Para Ponte Metade Carregada - V1



$$L_b (m) = 1.2 \qquad L_{q1} (m) = 6.10$$

$$L_v (m) = 2.65$$

$$a = 0.600 \qquad f = 0.660$$

$$b = 0.400 \qquad g = 0.623$$

$$c = 0.200 \qquad h = 0.472$$

$$d = 0.000$$

$$e = -0.200$$

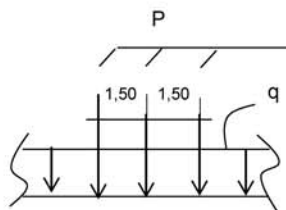
Cálculo do trem-tipo

$$P = 6 * \varphi * (g + h)$$

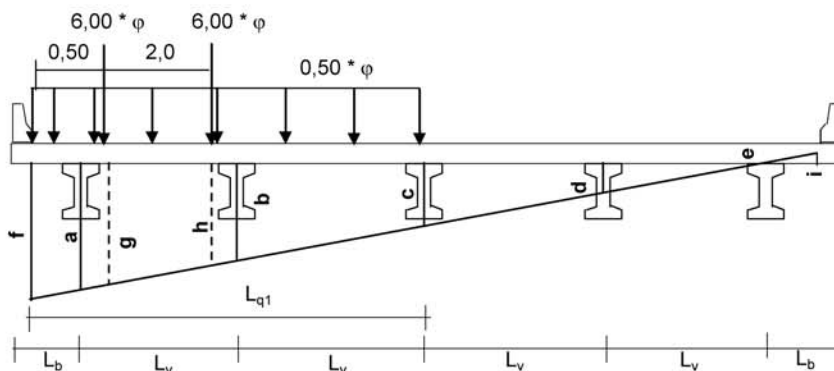
$$q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$$

$$P (tf) = 7.906$$

$$q (tf/m) = 1.580$$



7.7 - Para Ponte Metade Carregada - V2



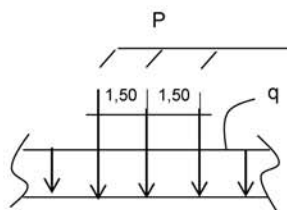
$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 6.10$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$

$a = 0.400$ $f = 0.430$
 $b = 0.300$ $g = 0.411$
 $c = 0.200$ $h = 0.336$
 $d = 0.100$
 $e = 0.000$

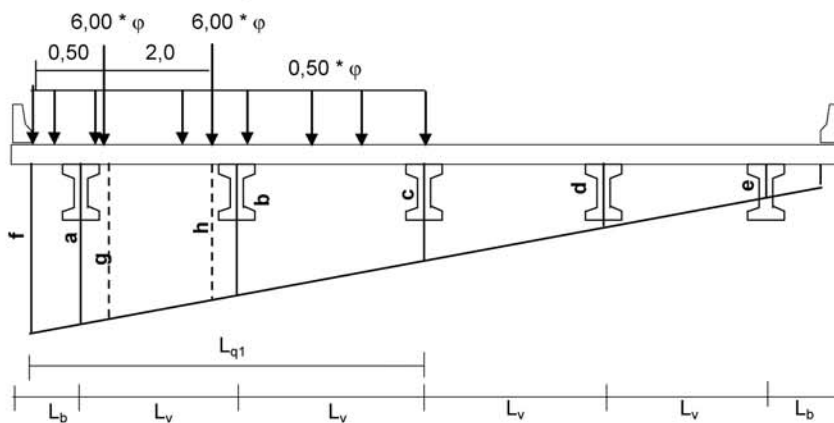
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * ((f + c) * L_{q1})/2$

$P \text{ (tf)} = 5.398$
 $q \text{ (tf/m)} = 1.157$



7.8 - Para Ponte Metade Carregada - V3



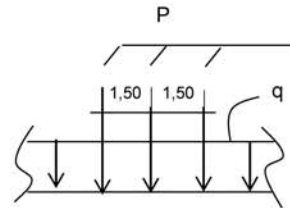
$L_b (m) = 1.2$ $L_v (m) = 2.65$ $L_{q1} (m) = 6.10$

$a = 0.200$ $f = 0.200$
 $b = 0.200$ $g = 0.200$
 $c = 0.200$ $h = 0.200$
 $d = 0.200$
 $e = 0.200$

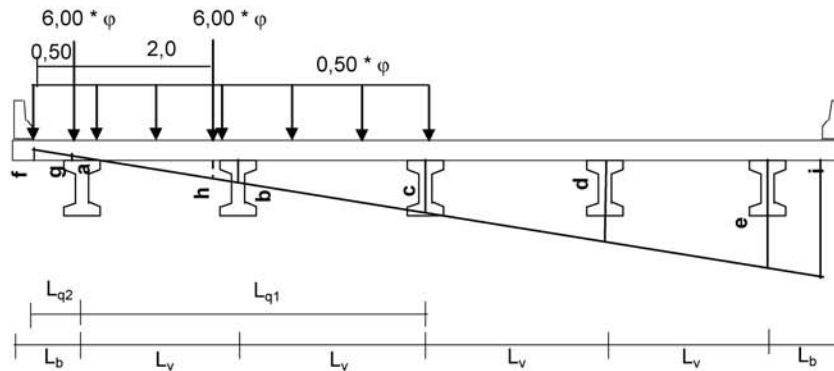
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \varphi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \varphi * ((f + c) * L_{q1})/2$

$P (tf) = 2.890$
 $q (tf/m) = 0.734$



7.9 - Para Ponte Metade Carregada - V4



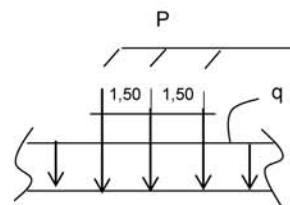
$L_b (m) = 1.20$ $L_{q1} (m) = 5.30$
 $L_v (m) = 2.65$ $L_{q2} (m) = 0.80$

$a = 0.000$ $f = -0.030$
 $b = 0.100$ $g = -0.011$
 $c = 0.200$ $h = 0.064$
 $d = 0.300$
 $e = 0.400$

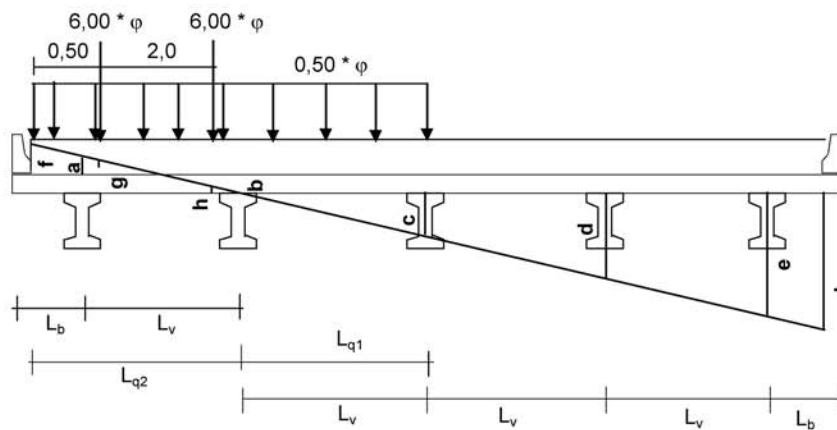
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \varphi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \varphi * ((f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2)$

$P (tf) = 0.382$
 $q (tf/m) = 0.312$



7.10 - Para Ponte Metade Carregada - V5



$L_b \text{ (m)} = 1.2$ $L_{q1} \text{ (m)} = 2.65$
 $L_v \text{ (m)} = 2.65$ $L_{q2} \text{ (m)} = 3.45$

Ordenadas de Courbon para V1:

$a = -0.200$ $d = 0.400$
 $b = 0.000$ $e = 0.600$
 $c = 0.200$

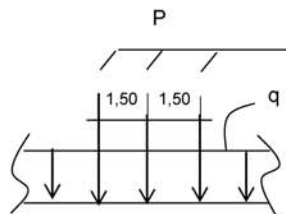
Cálculo das ordenadas nas posições de aplicação dos carregamentos

$f = -0.260$ $i = 0.660$
 $g = -0.223$
 $h = -0.072$

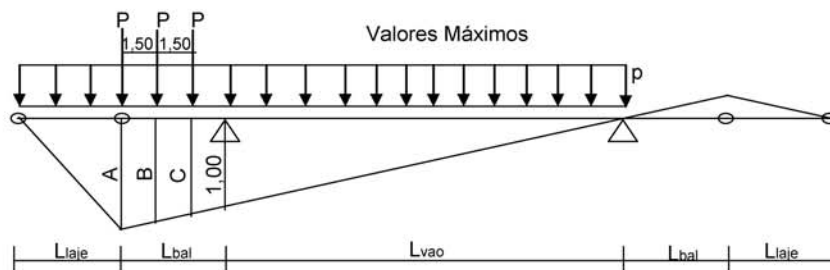
Cálculo do trem-tipo

$P = 6 * \phi * (g + h)$
 $q = 0,50 * \phi * [(f * L_{q2})/2 + (c * L_{q1})/2]$

$P \text{ (tf)} = -2.126$
 $q \text{ (tf/m)} = -0.111$



8 - Cálculo das reações das vigas na travessa devido à Carga Móvel

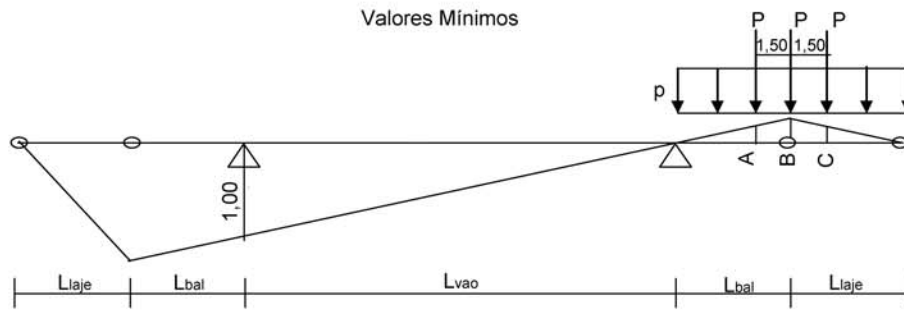


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 1.152 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 4.250 & B &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 1.098 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 28.000 & C &= (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}} - 3,00) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & C &= 1.045
 \end{aligned}$$

$$R_v = P * (A + B + C) + p * [(A * L_{\text{laje}} / 2) + A * (L_{\text{bal}} + L_{\text{vao}}) / 2]$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V ₁	7.906	1.469	55.86	V ₁	7.906	1.580	58.11
V ₂	5.398	1.469	47.60	V ₂	5.398	1.157	41.27
V ₃	2.890	1.469	39.34	V ₃	2.890	0.734	24.43
V ₄	0.382	1.469	31.08	V ₄	0.382	0.312	7.59
V ₅	-2.126	1.469	22.81	V ₅	-2.126	-0.111	-9.26

Valores Mínimos

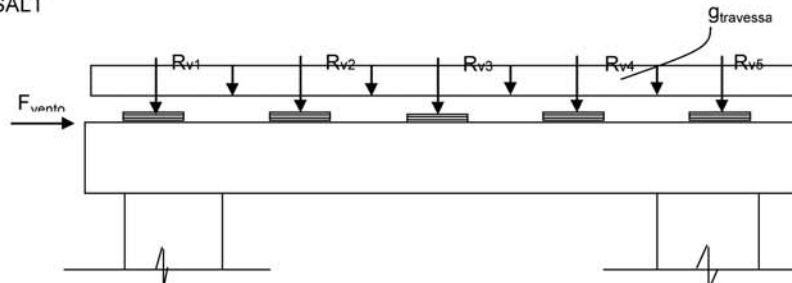


$$\begin{aligned}
 L_{\text{laje}} \text{ (m)} &= 3.000 & A &= (L_{\text{bal}} - 1,50) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & A &= 0.098 \\
 L_{\text{bal}} \text{ (m)} &= 4.250 & B &= (L_{\text{bal}}) * (1,000 / L_{\text{vao}}) & B &= 0.152 \\
 L_{\text{vao}} \text{ (m)} &= 28.000 & C &= (L_{\text{laje}} - 1,50) * (B / L_{\text{laje}}) & C &= 0.076
 \end{aligned}$$

$$R_v = - \{ P * (A + B + C) + p * [B * (L_{\text{laje}} + L_{\text{bal}}) / 2] \}$$

Ponte Totalmente Carregada				Ponte Metade Carregada			
Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)	Viga	P (tf)	p (tf/m)	Rv (tf)
V ₁	7.906	1.469	-3.38	V ₁	7.906	1.580	-3.45
V ₂	5.398	1.469	-2.57	V ₂	5.398	1.157	-2.40
V ₃	2.890	1.469	-1.75	V ₃	2.890	0.734	-1.35
V ₄	0.382	1.469	-0.93	V ₄	0.382	0.312	-0.30
V ₅	-2.126	1.469	-0.12	V ₅	-2.126	-0.111	0.75

O Cálculo dos esforços para o dimensionamento da travessa e dos pilares será feito pelo programa SALT



*** Para os apoios 1 e 2:**

- Peso Próprio

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 88.960$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 77.140$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 77.140$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 77.140$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 88.960$$

$$g_{travessa} \text{ (tf/m)} = 3.000$$

- Carga Móvel - PTC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 55.864$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 47.602$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 39.339$$

$$R_{v4} \text{ (tf)} = 31.076$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = 22.813$$

- Carga Móvel - PMC

$$R_{v1} \text{ (tf)} = 58.115$$

$$R_{v2} \text{ (tf)} = 41.272$$

$$R_{v3} \text{ (tf)} = 24.429$$

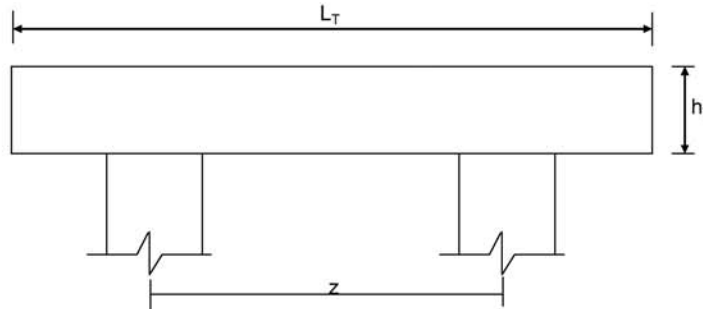
$$R_{v4} \text{ (tf)} = 7.587$$

$$R_{v5} \text{ (tf)} = -9.256$$

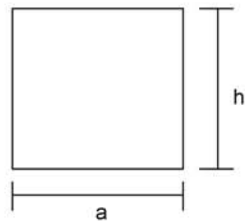
- Vento

$$F_{\text{vento}} \text{ (tf)} = 12.33$$

9 - 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) = 1.2
 $g = S * 2,50$ g (tf/m) = 3.00
 $N_{trav} = g * L_T$

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) = -188.1 (reação de carga permanente das vigas)

M_{q1} (tf.m) = -116.2 (reação de carga móvel das vigas)

M_{q2} (tf.m) = -8.8 (vento na superestrutura)

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d$$
 (tf.m) = 432.2

$a = fcd * bw * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * bw * d * fcd$		310.857	-1088	432.2	646359
$c = M_d$					
	x (m) = 0.457		$kmd = 0.193$		
	z (m) = 1.217		As^- (cm ²) = 81.66		
	$x / d = 0.326$				

b) Seção do vão

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = 37.4 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 22.6 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.2 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 84.1$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	84.1	1079200
$c = M_d$					
	$x (m) = 0.079$		$k_{md} = 0.038$		
	$z (m) = 1.368$		$A_s^+ (cm^2) = 14.13$		
	$x / d = 0.056$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} (cm^2) = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w (m) = 0.80$$

$$V_g (tf) = 96.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q (tf) = 58.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} (tf) = 216.8$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 144.4$$

$$A_{sw}/s = 26.4 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 32.95 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 125.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 74.8 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.6 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 282.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 210.0$$

$$A_{sw}/s = 38.3 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 47.91 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P1 - Ponte 36,5m
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 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-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 -88.960
  5  PY -77.140
  6  PY -77.140
  7  PY -77.140
 10  PY -88.960
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 -55.864
5 PY -47.602
6 PY -39.339
7 PY -31.076
10 PY -22.813
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -58.115
5 PY -41.272
6 PY -24.429
7 PY -7.587
10 PY 9.256
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 10.450
0
fim
```

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

TÍTULO : Travessa Pl - Ponte 36,5m

 DATA : 3/8/2006(quarta-feira)
 HORA : 2:08:50 PM
 ARQUIVO DE DADOS : 2-trav pl -viga36,5m(1,8).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			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	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-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	-88.96	0.00
5	global	0.00	-77.14	0.00
6	global	0.00	-77.14	0.00
7	global	0.00	-77.14	0.00
10	global	0.00	-88.96	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	-55.86	0.00
5	global	0.00	-47.60	0.00
6	global	0.00	-39.34	0.00
7	global	0.00	-31.08	0.00
10	global	0.00	-22.81	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
2	global	0.00	-58.12	0.00
5	global	0.00	-41.27	0.00
6	global	0.00	-24.43	0.00
7	global	0.00	-7.59	0.00
10	global	0.00	9.26	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	10.45	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: 1.3E+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	-1.31648E-0005	-2.22231E-0003	7.43328E-0004
2	global	-1.31648E-0005	-1.77592E-0003	7.43072E-0004
3	global	-1.31648E-0005	-4.33600E-0004	3.01236E-0004
4	global	5.00598E-0031	-9.30079E-0030	-5.56795E-0031
5	global	-1.05717E-0005	-3.68217E-0004	1.20127E-0004
6	global	3.27351E-0019	-4.55466E-0004	2.04082E-0019
7	global	1.05717E-0005	-3.68217E-0004	-1.20127E-0004

8	global	1.31648E-0005	-4.33600E-0004	-3.01236E-0004
9	global	-5.00598E-0031	-9.30079E-0030	5.56795E-0031
10	global	1.31648E-0005	-1.77592E-0003	-7.43072E-0004
11	global	1.31648E-0005	-2.22231E-0003	-7.43328E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-11.97	222.37		13.31
9 global	11.97	222.37		-13.31
Resultante		0.00	444.74	2623.97

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	nos	nas	barra	s	momento
	sistema	nó	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	-90.76		0.54
		3	0.00	96.76		-188.06
3	local	3	-11.97	125.61		158.29
		5	11.97	-123.66		-77.27
4	local	5	-11.97	46.52		77.27
		6	11.97	-38.57		35.47
5	local	6	-11.97	-38.57		-35.47
		7	11.97	46.52		-77.27
6	local	7	-11.97	-123.66		77.27
		8	11.97	125.61		-158.29
7	local	8	-0.00	96.76		188.06
		10	0.00	-90.76		-0.54
8	local	10	-0.00	1.80		0.54
		11	0.00	0.00		-0.00
9	local	3	222.37	11.97		29.77
		4	-222.37	-11.97		13.31
10	local	8	222.37	-11.97		-29.77
		9	-222.37	11.97		-13.31

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1 global	-1.76657E-0004	-1.37007E-0003	4.62367E-0004	
2 global	-1.76657E-0004	-1.09265E-0003	4.62367E-0004	
3 global	-1.76657E-0004	-2.54913E-0004	1.97815E-0004	
4 global	1.69758E-0031	-5.46793E-0030	-7.94830E-0032	
5 global	-1.75778E-0004	-2.06677E-0004	8.28680E-0005	
6 global	-1.72193E-0004	-2.63277E-0004	-6.40147E-0006	
7 global	-1.68608E-0004	-1.61242E-0004	3.06319E-0005	
8 global	-1.67728E-0004	-1.28621E-0004	-6.48985E-0006	
9 global	-1.69758E-0031	-2.75894E-0030	2.98147E-0031	
10 global	-1.67728E-0004	-3.22145E-0004	-1.14524E-0004	
11 global	-1.67728E-0004	-3.90860E-0004	-1.14524E-0004	

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força	força	momento
	x	y	z	
4 global	-4.06	130.73		1.90
9 global	4.06	65.96		-7.13
Resultante		0.00	196.69	941.53

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	n ó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
2	local	2	0.00	0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	-0.00	-55.86	55.86	0.00
4	local	5	4.06	74.87	-111.73	99.02
5	local	6	4.06	-74.87	-50.35	50.35
6	local	7	-4.06	27.27	50.35	21.90
7	local	8	4.06	-27.27	-21.90	-10.10
8	local	10	-4.06	12.07	10.10	-10.10
9	local	11	4.06	-43.15	-38.14	45.63
10	local	3	0.00	22.81	0.00	-0.00
10	local	4	-0.00	-22.81	-0.00	-0.00
10	local	8	0.00	0.00	12.71	1.90
10	local	9	130.73	-4.06	-7.48	-7.13
10	local	8	-130.73	4.06		
10	local	9	65.96	-4.06		
10	local	8	-65.96	4.06		

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais		
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global -3.53770E-0004	-1.54480E-0003	5.33652E-0004
2	global -3.53770E-0004	-1.22461E-0003	5.33652E-0004
3	global -3.53770E-0004	-2.47803E-0004	2.58440E-0004
4	global 1.05427E-0031	-5.31542E-0030	1.05599E-0031
5	global -3.53224E-0004	-1.60542E-0004	1.31903E-0004
6	global -3.50997E-0004	-1.63485E-0004	-1.30496E-0005
7	global -3.48771E-0004	-6.79303E-0005	9.94556E-0005
8	global -3.48225E-0004	9.62831E-0006	1.31557E-0004
9	global -1.05427E-0031	2.06529E-0031	3.40125E-0031
10	global -3.48225E-0004	3.45996E-0004	1.75391E-0004
11	global -3.48225E-0004	4.51230E-0004	1.75391E-0004

nó sistema	reações nos apoios		
	força x	força y	momento z
4	global -2.52	127.08	-2.52
9	global 2.52	-4.94	-8.13

Resultante 0.00 122.15 274.34

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 ó	n a s		b a r r a s	
			força normal	força cortante	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	0.00	0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	-0.00	-58.11	58.11	0.00
4	local	5	2.52	68.97	-116.23	104.63
5	local	6	2.52	-68.97	-59.80	59.80
6	local	7	-2.52	27.70	59.80	13.60
7	local	8	-2.52	-27.70	-13.60	-22.26
8	local	10	-2.52	3.27	-22.26	-18.51
9	local	11	2.52	-3.27	19.45	-0.00
10	local	3	0.00	-9.26	-18.51	-0.00
10	local	4	-0.00	9.26	-0.00	-0.00
10	local	8	0.00	-0.00	11.60	-2.52
10	local	9	127.08	-2.52	-0.94	-0.94
10	local	8	-127.08	2.52		
10	local	9	-4.94	-2.52		
10	local	8	4.94	2.52		

9 4.94 2.52 -8.13

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no sistema		deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	2.92989E-0004	7.60955E-0005	-2.72934E-0005
2	global	2.90899E-0004	5.97195E-0005	-2.72934E-0005
3	global	2.83933E-0004	5.13280E-0006	-2.72934E-0005
4	global	2.22173E-0031	1.10099E-0031	-4.31104E-0031
5	global	2.82820E-0004	-7.11485E-0006	-1.50421E-0005
6	global	2.78281E-0004	-1.66110E-0006	7.65157E-0006
7	global	2.73743E-0004	5.93500E-0006	-1.34253E-0005
8	global	2.72630E-0004	-5.13280E-0006	-2.52799E-0005
9	global	2.14907E-0031	-1.10099E-0031	-4.15724E-0031
10	global	2.72630E-0004	-5.56926E-0005	-2.52799E-0005
11	global	2.72630E-0004	-7.08605E-0005	-2.52799E-0005

		reações nos apoios		
nó sistema		força x	força y	momento z
4	global	-5.31	-2.63	10.31
9	global	-5.14	2.63	9.94
Resultante		-10.45	0.00	37.62

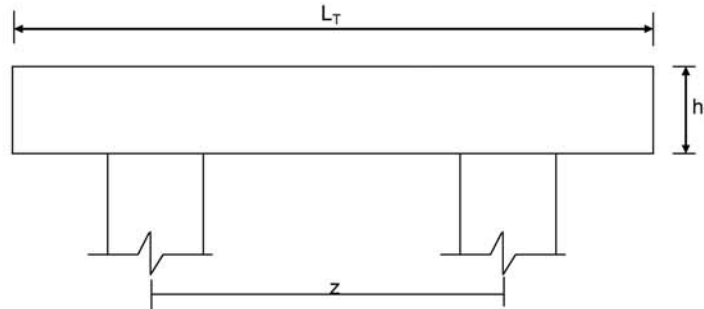
NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

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

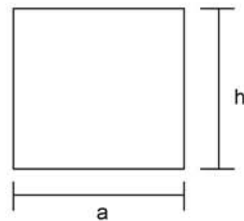
barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	10.45	-0.00	-0.00
2	local	2	-10.45	0.00	-0.00
3	local	3	-10.45	0.00	-0.00
4	local	5	5.14	-2.63	-8.82
5	local	6	-5.14	2.63	7.10
6	local	7	5.14	-2.63	-7.10
7	local	8	-5.14	2.63	0.13
8	local	9	5.14	-2.63	-0.13
9	local	10	-5.14	2.63	-6.85
10	local	11	5.14	-2.63	6.85
11	local	1	-5.14	2.63	-8.56
12	local	2	-0.00	-0.00	-0.00
13	local	3	0.00	0.00	0.00
14	local	4	-0.00	-0.00	-0.00
15	local	5	0.00	0.00	-0.00
16	local	6	-2.63	5.31	8.82
17	local	7	2.63	-5.31	10.31
18	local	8	2.63	5.14	8.56
19	local	9	-2.63	-5.14	9.94

Fim Do Programa

10 - 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) = 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) = 3.00

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) = -188.1 (reação de carga permanente das vigas)

M_{q1} (tf.m) = -116.2 (reação de carga móvel das vigas)

M_{q2} (tf.m) = -8.9 (vento na superestrutura)

$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$

M_d (tf.m) = 432.2

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	432.2	646281
$c = M_d$					

x (m) = 0.457

z (m) = 1.217

$x / d = 0.326$

$k_{md} = 0.193$

A_s^- (cm²) = 81.67

b) Seção do vão

$$b_w (m) = 0.80$$

$$M_g (tf.m) = 35.5 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$M_{q1} (tf.m) = 21.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$M_{q2} (tf.m) = 0.1 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$M_d = 1,4 * M_g + 1,4 * M_{q1} + 0,7 * M_{q2}$$

$$M_d (tf.m) = 80.4$$

$a = f_{cd} * b_w * 0,272$	$Z = d - 0,4 * x$	a	b	c	Δ
$b = -0,68 * b_w * d * f_{cd}$		310.857	-1088	80.4	1083752
$c = M_d$					
	$x (m) = 0.076$		$k_{md} = 0.036$		
	$z (m) = 1.370$		$A_s^+ (cm^2) = 13.50$		
	$x / d = 0.054$				

c) Armadura mínima

$$A_s^{min} = \frac{0.15}{100} \cdot b_w \cdot h_f$$

$$A_s^{min} (cm^2) = 18.0$$

Dimensionamento ao Cisalhamento

a) Seção do apoio à esquerda

$$b_w (m) = 0.80$$

$$V_g (tf) = 96.8 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_q (tf) = 58.1 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{sd} = 1,4 * V_g + 1,4 * V_q$$

$$V_{sd} (tf) = 216.8$$

Verificação do Concreto

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad \text{onde :}$$

$$V_{Rd2} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} (tf) = 480.0$$

Contribuição do Concreto

$$V_{cd} = 2.5 \cdot \beta_1 \cdot \tau_{rd} \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{rd} = 0,0351 * (f_{ck})^{2/3} \text{ (MPa)} \quad \tau_{rd} \text{ (MPa)} = 0.259$$

$$\beta_1 = 1,00 \quad (\text{concreto armado})$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{wd} (tf) = 144.4$$

$$A_{sw}/s = 26.4 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 32.95 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

b) Seção do apoio à direita

$$V_g (tf) = 125.6 \quad (\text{reação de carga permanente das vigas})$$

$$V_{q1} (tf) = 74.9 \quad (\text{reação de carga móvel das vigas})$$

$$V_{q2} (tf) = 2.6 \quad (\text{vento na superestrutura})$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{q1} + 0,7 \cdot V_{q2}$$

$$V_{sd} (tf) = 282.5$$

Cálculo da Armadura Transversal

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

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{b_w} \geq 0,015$$

$$V_{cd} (tf) = 72.4$$

$$V_{wd} (tf) = 210.1$$

$$A_{sw}/s = 38.4 \quad (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_w = 47.94 \quad (\text{cm}^2/\text{m}^2)$$

```

Portico Plano Travessa P2 - Ponte 36,5m
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 1.040E+0000 1.040E+0000 1.464E-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 -88.960
  5  PY -77.140
  6  PY -77.140
  7  PY -77.140
 10  PY -88.960
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 -55.864
5 PY -47.602
6 PY -39.339
7 PY -31.076
10 PY -22.813
0
fim
carregamento 3 PMC
cargas nodais
2 PY -58.115
5 PY -41.272
6 PY -24.429
7 PY -7.587
10 PY 9.256
0
fim
carregamento 4 Vento
cargas nodais
1 PX 12.330
0
fim
```


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

TÍTULO : Travessa P2 - Ponte 36,5m

 DATA : 3/8/2006(quarta-feira)
 HORA : 2:09:57 PM
 ARQUIVO DE DADOS : 4-trav p2 -viga36,5m(2,3).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			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	1.04E+0000	1.04E+0000	1.46E-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	-88.96	0.00
5	global	0.00	-77.14	0.00
6	global	0.00	-77.14	0.00
7	global	0.00	-77.14	0.00
10	global	0.00	-88.96	0.00

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	wyb
			f1	f2	wxa	wyb		
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	-55.86	0.00
5	global	0.00	-47.60	0.00
6	global	0.00	-39.34	0.00
7	global	0.00	-31.08	0.00
10	global	0.00	-22.81	0.00

fim do carregamento 2

carregamento 3 - PMC

nó	sistema	força x	força y	momento z
2	global	0.00	-58.12	0.00
5	global	0.00	-41.27	0.00
6	global	0.00	-24.43	0.00
7	global	0.00	-7.59	0.00
10	global	0.00	9.26	0.00

fim do carregamento 3

carregamento 4 - Vento

nó	sistema	força x	força y	momento z
1	global	12.33	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: 9.2E+0001
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 9

carregamento 1

Título : Peso Proprio

no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	-1.60624E-0005	-2.12272E-0003	7.28184E-0004
2	global	-1.60624E-0005	-1.68541E-0003	7.27929E-0004
3	global	-1.60624E-0005	-3.73378E-0004	2.86093E-0004
4	global	6.07468E-0031	-9.25040E-0030	-5.63921E-0031
5	global	-1.28985E-0005	-3.16869E-0004	1.07966E-0004
6	global	1.63963E-0018	-4.20230E-0004	1.66427E-0019
7	global	1.28985E-0005	-3.16869E-0004	-1.07966E-0004

8	global	1.60624E-0005	-3.73378E-0004	-2.86093E-0004
9	global	-6.07468E-0031	-9.25040E-0030	5.63921E-0031
10	global	1.60624E-0005	-1.68541E-0003	-7.27929E-0004
11	global	1.60624E-0005	-2.12272E-0003	-7.28184E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-14.60	222.37	13.56
9	global	14.60	222.37	-13.56
Resultante		0.00	444.74	2623.97

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	0.00	1.80	-0.54
2	local	2	-0.00	-90.76	0.54
		3	0.00	96.76	-188.06
3	local	3	-14.60	125.61	156.35
		5	14.60	-123.66	-75.33
4	local	5	-14.60	46.52	75.33
		6	14.60	-38.57	37.41
5	local	6	-14.60	-38.57	-37.41
		7	14.60	46.52	-75.33
6	local	7	-14.60	-123.66	75.33
		8	14.60	125.61	-156.35
7	local	8	0.00	96.76	188.06
		10	-0.00	-90.76	-0.54
8	local	10	0.00	1.80	0.54
		11	-0.00	0.00	-0.00
9	local	3	222.37	14.60	31.71
		4	-222.37	-14.60	13.56
10	local	8	222.37	-14.60	-31.71
		9	-222.37	14.60	-13.56

carregamento 2

Título : PTC

deslocamentos nodais				
no sistema	deslocamento	deslocamento	rotacao	
	x	y	z	
1	global	-1.48172E-0004	-1.31185E-0003	4.53650E-0004
2	global	-1.48172E-0004	-1.03966E-0003	4.53650E-0004
3	global	-1.48172E-0004	-2.19352E-0004	1.89098E-0004
4	global	2.05999E-0031	-5.43442E-0030	-6.96815E-0032
5	global	-1.47099E-0004	-1.76261E-0004	7.55897E-0005
6	global	-1.42725E-0004	-2.45116E-0004	-8.78022E-0006
7	global	-1.38351E-0004	-1.44408E-0004	3.16011E-0005
8	global	-1.37278E-0004	-1.10913E-0004	-4.93647E-0006
9	global	-2.05999E-0031	-2.74787E-0030	3.12781E-0031
10	global	-1.37278E-0004	-3.01331E-0004	-1.12970E-0004
11	global	-1.37278E-0004	-3.69114E-0004	-1.12970E-0004

reações nos apoios		momento		
nó sistema	força	força		
	x	y	z	
4	global	-4.95	130.64	1.68
9	global	4.95	66.06	-7.52
Resultante		0.00	196.69	941.53

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	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	0.00	0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	-0.00	-55.86	0.00	0.00
4	local	5	4.95	74.77	-111.73	98.05
5	local	5	-4.95	-74.77	-49.45	49.45
6	local	6	4.95	27.17	22.56	-22.56
7	local	6	-4.95	-27.17	-9.69	9.69
8	local	7	4.95	43.24	-37.79	45.63
9	local	7	-4.95	-43.24	-0.00	-0.00
10	local	8	4.95	22.81	0.00	0.00
11	local	8	-0.00	-22.81	-0.00	-0.00
9	local	10	0.00	0.00	13.68	1.68
10	local	11	-0.00	-0.00	-7.83	-7.52
10	local	3	130.64	4.95		
10	local	4	-130.64	-4.95		
10	local	8	66.06	-4.95		
10	local	9	-66.06	4.95		

carregamento 3

Título : PMC

no sistema	deslocamentos nodais			
	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z	
1	global	-2.94314E-0004	-1.48279E-0003	5.23161E-0004
2	global	-2.94314E-0004	-1.16889E-0003	5.23161E-0004
3	global	-2.94314E-0004	-2.13067E-0004	2.47949E-0004
4	global	1.27934E-0031	-5.27870E-0030	1.29004E-0031
5	global	-2.93647E-0004	-1.32028E-0004	1.22911E-0004
6	global	-2.90931E-0004	-1.52208E-0004	-1.78985E-0005
7	global	-2.88214E-0004	-6.71022E-0005	9.55864E-0005
8	global	-2.87548E-0004	7.97165E-0006	1.27445E-0004
9	global	-1.27934E-0031	1.97497E-0031	3.66531E-0031
10	global	-2.87548E-0004	3.36115E-0004	1.71279E-0004
11	global	-2.87548E-0004	4.38883E-0004	1.71279E-0004

nó sistema	reações nos apoios			
	força x	força y	momento z	
4	global	-3.08	126.89	-3.10
9	global	3.08	-4.75	-8.81
Resultante		0.00	122.15	274.34

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	força	momento fletor
1	local	1	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2	local	2	0.00	0.00	-0.00	-0.00
3	local	3	-0.00	-58.11	0.00	0.00
4	local	5	3.08	68.78	-116.23	103.60
5	local	5	-3.08	-68.78	-58.89	58.89
6	local	6	3.08	27.51	14.01	-14.01
7	local	6	-3.08	-27.51	-14.01	14.01
8	local	7	3.08	3.08	22.17	-22.17
9	local	7	-3.08	-3.08	-18.51	19.23
10	local	8	3.08	4.51	0.00	0.00
11	local	8	-0.00	-9.26	-0.00	-0.00
9	local	10	0.00	9.26	12.63	-3.10
10	local	11	0.00	-0.00	-0.72	-0.72
10	local	3	126.89	3.08		
10	local	4	-126.89	-3.08		
10	local	8	-4.75	-3.08		

9 4.75 3.08 -8.81

carregamento 4

Título : Vento

		deslocamentos nodais		
no	sistema	deslocamento x	deslocamento y	rotacao z
1	global	2.38320E-0004	7.62885E-0005	-2.76343E-0005
2	global	2.35854E-0004	5.97079E-0005	-2.76343E-0005
3	global	2.27634E-0004	4.43931E-0006	-2.76343E-0005
4	global	2.62671E-0031	1.09983E-0031	-4.43618E-0031
5	global	2.26331E-0004	-7.97780E-0006	-1.52430E-0005
6	global	2.21017E-0004	-2.39132E-0006	7.90213E-0006
7	global	2.15704E-0004	6.27929E-0006	-1.29154E-0005
8	global	2.14400E-0004	-4.43931E-0006	-2.47357E-0005
9	global	2.50246E-0031	-1.09983E-0031	-4.20534E-0031
10	global	2.14400E-0004	-5.39108E-0005	-2.47357E-0005
11	global	2.14400E-0004	-6.87522E-0005	-2.47357E-0005

		reações nos apoios		
nó	sistema	força x	força y	momento z
4	global	-6.31	-2.64	10.66
9	global	-6.02	2.64	10.11
Resultante		-12.33	0.00	38.22

NOTA:
0(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

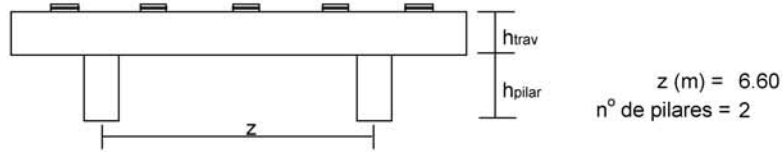
diferença de equilíbrio (o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)				
		força x	força y	momento z
		-0.000	0.000	0.000

barra	esforços sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	12.33	0.00	0.00
		2	-12.33	-0.00	0.00
2	local	2	12.33	-0.00	-0.00
		3	-12.33	0.00	-0.00
3	local	3	6.02	-2.64	-8.91
		5	-6.02	2.64	7.19
4	local	5	6.02	-2.64	-7.19
		6	-6.02	2.64	0.19
5	local	6	6.02	-2.64	-0.19
		7	-6.02	2.64	-6.82
6	local	7	6.02	-2.64	6.82
		8	-6.02	2.64	-8.54
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	-2.64	6.31	8.91
		4	2.64	-6.31	10.66
10	local	8	2.64	6.02	8.54
		9	-2.64	-6.02	10.11

Fim Do Programa

11 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 1



P.P. do pilar (tf) = 3.52 $h^{\text{Pilar}} (m) = 2.20$ $h^{\text{Traves.}} (m) = 1.50$

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
- $M_L = H_L * (h_{\text{pilar}} + h_{\text{travessa}})$
- * 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

1ª Hipótese : $N_{\text{máx}}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	222.4	130.6	3.5	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	359.2
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.2	0.0	3.9	1.1	0.0	17.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	5.2
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	32.5	12.0	0.0	14.5	3.9	0.0	62.9
M_T (tf.m)	13.6	1.7	0.0	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	25.6

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	222.4	-4.8	3.5	0.0	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	218.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.2	0.0	3.9	1.1	0.0	17.0
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	5.2
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	32.5	12.0	0.0	14.5	3.9	0.0	62.9
M_T (tf.m)	13.6	-8.8	0.0	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	15.1

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$I_x \text{ (m)} = 2.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0147 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0131$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.033 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$I_x \text{ (m)} = 2.20$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0147 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0131$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.033 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{T\text{vento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

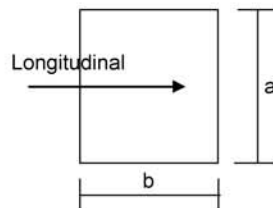
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	311.3	182.9	4.9	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	500.98
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.5	4.5	0.0	5.5	0.7	0.0	21.32
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.66
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	39.0	16.8	0.0	20.3	2.8	0.0	95.44
M_{dT} (tf.m)	19.0	2.4	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	45.13

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	311.3	-6.7	4.9	0.0	0.0	-1.8	0.0	0.0	0.0	307.76
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.6	4.5	0.0	5.5	0.7	0.0	23.42
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.66
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	46.8	16.8	0.0	20.3	2.8	0.0	96.85
M_{dT} (tf.m)	19.0	-12.3	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	24.05

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) = 501.0	v = 0.548	} Ábaco → ω = 0.186
M _d ^{long} (tf.m) = 95.4	μ _{long} = 0.130	
M _d ^{transv} (tf.m) = 45.1	μ _{transv} = 0.062	

As (cm²) = 39.11

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 307.8 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 96.9 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 24.0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.337 \\ \mu_{\text{long}} = 0.132 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.033 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.100$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 21.03$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 501.0 \\ E \text{ (MPa)} = 288,476 \\ \varepsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2989$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

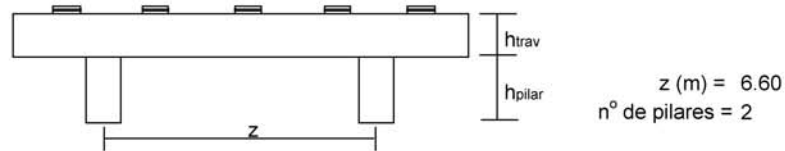
$$\begin{array}{l} A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.92 \\ A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00 \end{array} \quad \begin{array}{l} A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}} \\ A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}} \end{array}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 39.11$$

12 - Cálculo dos esforços em serviço em cada pilar

Apoio 2



P.P. do pilar (tf) = 2.72 $h^{Pilar} (m) = 1.70$ $h^{Traves.} (m) = 1.50$

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

1ª Hipótese : $N_{máx}$

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	222.4	130.7	2.7	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	358.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.5	0.0	4.3	1.2	0.0	17.7
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	6.2
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	28.1	11.2	0.0	13.7	3.7	0.0	56.7
M_T (tf.m)	13.3	1.9	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	25.9

2ª Hipótese : N_{min}

	$g_1 + g_2 + g_3$	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N (tf)	222.4	-4.9	2.7	0.0	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	217.5
H_L (tf)	0.0	0.0	0.0	8.8	3.5	0.0	4.3	1.2	0.0	17.7
H_T (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	6.2
M_L (tf.m)	0.0	0.0	0.0	28.1	11.2	0.0	13.7	3.7	0.0	56.7
M_T (tf.m)	13.3	-8.1	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	15.8

Cálculo das Excentricidades (item 10.10.4 da NBR-7187)

Direção Longitudinal

$$I_x \text{ (m)} = 1.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0113 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0078$$

$$e_{\text{total_long. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

Direção Transversal

$$I_x \text{ (m)} = 1.70$$

$$d \text{ (m)} = 0.74$$

Excentricidade Acidental

$$e_a \geq \begin{cases} I_x / 300 = 0.0113 \text{ m} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases}$$

Excentricidade Segunda Ordem

$$e_2 = ((I_0)^2 / 10) * (1/r) \quad r = (5 * 10^{-3}) / d$$

$$e_2 \text{ (m)} = 0.0078$$

$$e_{\text{total_transv. (m)}} = 0.028 \text{ m}$$

Esforços de projeto na base do pilar para as diversas hipóteses

$$N_d = 1,40 * (N_{g1+g2+g3} + N_{p.p.Pilar} + N_{p.p.Travessa}) + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{cargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * N_{\text{vento}}$$

$$H_{Ld} = 1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}$$

$$M_{Ld} = (1,40 * (H_{\text{EmpTerra}} + H_{\text{EmpTerPilar}}) + 1,20 * H_{\text{Temp}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{fren}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{EmpSob}}) * h_{\text{pil+trav}} + N_d * e_{\text{Total_Long.}}$$

$$H_{Td} = (1,40 \text{ ou } 0,70) * H_{\text{Tvento}}$$

$$M_{Td} = (1,40 * M_{T(g1+g2+g3)} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tcargamóvel}} + (1,40 \text{ ou } 0,70) * M_{\text{Tvento}}) + N_d * e_{\text{Total_Transv.}}$$

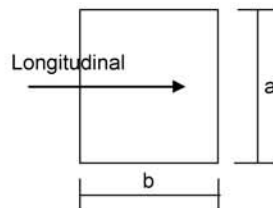
1ª Hipótese : N_{máx}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	311.3	183.0	3.8	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	500.00
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	10.5	4.9	0.0	6.0	0.8	0.0	22.24
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	4.31
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	33.7	15.7	0.0	19.1	2.6	0.0	85.09
M_{dT} (tf.m)	18.6	2.7	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	42.66

2ª Hipótese : N_{min}

	g ₁ + g ₂ + g ₃	C. Móvel	p.p. ^{Pilar}	Temper.	Frenagem	Vento	Emp ^{terra}	Emp ^{sobrec}	Emp ^{teplia}	Total
N_d (tf)	311.3	-6.9	3.8	0.0	0.0	-1.8	0.0	0.0	0.0	306.36
H_{dL} (tf)	0.0	0.0	0.0	12.6	4.9	0.0	6.0	0.8	0.0	24.35
H_{dT} (tf)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	4.31
M_{dL} (tf.m)	0.0	0.0	0.0	40.5	15.7	0.0	19.1	2.6	0.0	86.45
M_{dT} (tf.m)	18.6	-11.4	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	23.23

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) = 500.0
 M_d^{long} (tf.m) = 85.1
 M_d^{transv} (tf.m) = 42.7

$v = 0.547$
 $\mu_{long} = 0.116$
 $\mu_{transv} = 0.058$

Ábaco $\omega = 0.215$

As (cm²) = 45.21

2ª Hipótese

$$\left. \begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 306.4 \\ M_d^{\text{long}} \text{ (tf.m)} = 86.4 \\ M_d^{\text{transv}} \text{ (tf.m)} = 23.2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = 0.335 \\ \mu_{\text{long}} = 0.118 \\ \mu_{\text{transv}} = 0.032 \end{array} \xrightarrow{\text{Ábaco}} \omega = 0.170$$

$$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 35.75$$

Compressão pela NB-1/78

$$\begin{array}{l} N_d \text{ (tf)} = 500.0 \\ E \text{ (MPa)} = 288,476 \\ \varepsilon_o = 0.002 \\ f_{ck} \text{ (MPa)} = 20.0 \end{array} \quad A_c^{\text{nec}} = N_d / (0,85 * f_{cd} + 0,8\% * E * \varepsilon_o)$$

$$A_c^{\text{nec}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.2984$$

$$A_c^{\text{exist}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.6400$$

$$A_{s1}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 23.87$$

$$A_{s2}^{\text{min}} \text{ (cm}^2\text{)} = 32.00$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,8\% * A_c^{\text{nec}}$$

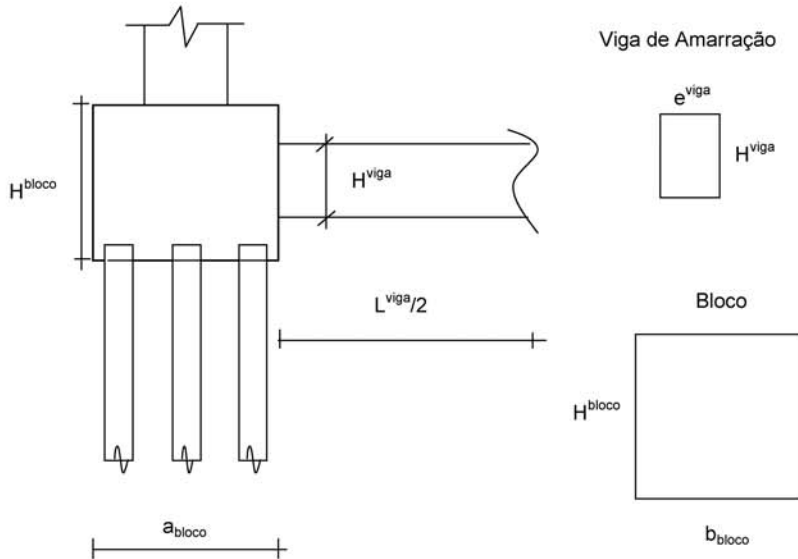
$$A_s^{\text{min}} = 0,5\% * A_c^{\text{exist}}$$

logo será adotado :

$$A_s^{\text{total}} \text{ (cm}^2\text{)} = 45.21$$

13 - Apoio P1

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- hBloco (m) = 1.30
- abloco (m) = 2.80
- bloco (m) = 2.80
- hViga de Amarração (m) = 1.10
- LViga de Amarração (m) = 3.80
- eViga de Amarração (m) = 0.60
- p.p.bloco (tf) = 25.48
- p.p.viga de amarração (tf) = 6.27

*** Cálculo de N (tf)**

- g1 + g2 + g3 = 444.74
- carga móvel Pesq = 130.6
- carga móvel Pdir = 66.1
- p.p. pilar = 7.0
- p.p. bloco = 57.2
- N = 705.7 tf

*** Cálculo de HL**

HL (tf) = 34.0

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 10.4$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 170.1$$

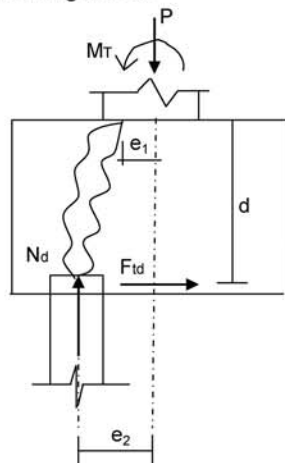
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 52.2$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

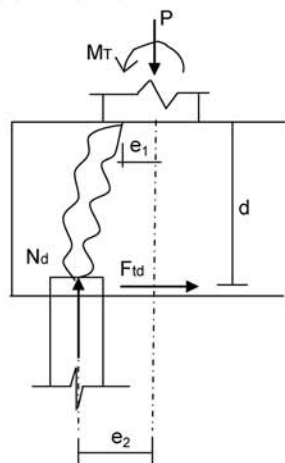
Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 100.8$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 94.1$	$A_s (cm^2) = 21.6$

Direção Transversal



$d (m) = 1.20$	$f_{yk} (MPa) = 500.0$
$e_1 (m) = 0.20$	$N (tf) = 100.8$
$e_2 (m) = 1.00$	
$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d)$	$A_s = F_{td} / f_{yd}$
$F_{td} (tf) = 94.1$	$A_s (cm^2) = 21.6$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:6-viga36,5m
Data: 3/8/2006

Viga de 36,5 m Estaca Metálica - Apoio P1

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	21000000.00	8100000.00	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	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:Viga36,5mM
Data: 3/8/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-10.40	-705.70	-34.00	-170.10	0.00	52.20

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

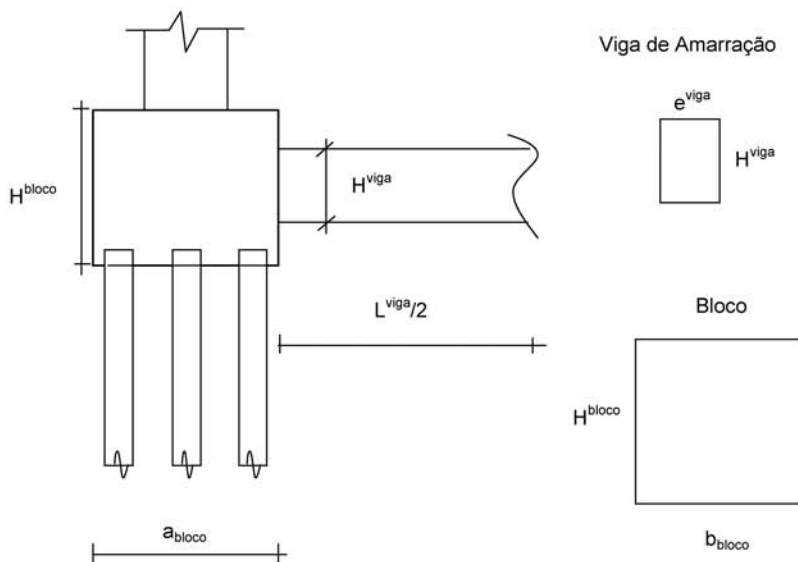
DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.015872	-0.002156	-0.021121	-0.000857	0.000000	0.000015

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	100.81	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
2	99.80	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
3	97.47	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
4	96.46	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
5	72.24	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
6	68.90	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
7	44.68	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
8	43.67	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
9	41.34	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68
10	40.33	-1.04	-3.40	0.00	5.44	-0.68

14 - Apoio P2

Esforços em Serviço na Base do Bloco



- h_{bloco} (m) = 1.30
- a_{bloco} (m) = 2.80
- b_{bloco} (m) = 2.80
- $h_{Viga\ de\ Amarração}$ (m) = 1.10
- $L_{Viga\ de\ Amarração}$ (m) = 3.80
- $e_{Viga\ de\ Amarração}$ (m) = 0.60
- p.p.bloco (tf) = 25.48
- p.p.viga de amarração (tf) = 6.27

*** Cálculo de N (tf)**

- $g1 + g2 + g3 = 444.74$
 - carga móvel Pesq = 130.7
 - carga móvel Pdir = 66.0
 - p.p. pilar = 5.4
 - p.p. bloco = 57.2
- N = 704.1 tf**

*** Cálculo de HL**

HL (tf) = 35.4

* Cálculo de HT

$$HT (tf) = 12.3$$

* Cálculo de ML

$$ML (tf) = 159.5$$

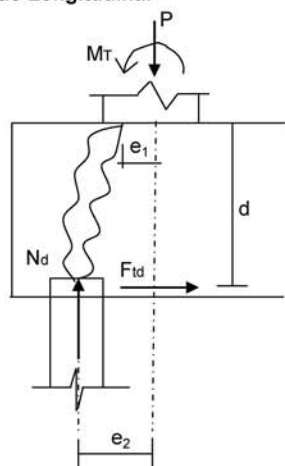
* Cálculo de MT

$$MT (tf) = 55.5$$

Os esforços resultantes em cada estaca foram obtidos através do programa "ESTEL" cuja listagem encontra-se anexa.

Dimensionamento do Bloco (Para 1/2 bloco)

Direção Longitudinal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

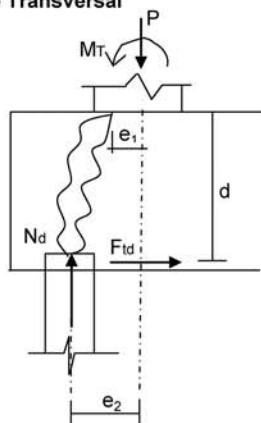
$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 99.8$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 93.2 \quad A_s (cm^2) = 21.4$$

Direção Transversal



$$d (m) = 1.20 \quad f_{yk} (MPa) = 500.0$$

$$e_1 (m) = 0.20 \quad N (tf) = 99.8$$

$$e_2 (m) = 1.00$$

$$F_{td} = 1,40 * N * ((e_2 - e_1) / d) \quad A_s = F_{td} / f_{yd}$$

$$F_{td} (tf) = 93.2 \quad A_s (cm^2) = 21.4$$

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 1
Ref:viga36,5mM
Data: 3/8/2006

Viga de 36,5 m Estaca Metálica - Apoio P2

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	21000000.00	8100000.00	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	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
2	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
3	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
4	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
5	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
6	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
7	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
8	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
9	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000
10	10.00	0.016	0.00025	0.00009	0.00000

ARTE PONTES Consultoria e Projetos
Cálculo dos esforços de estaqueamento
Programa ESTEL

Pag: 2
Ref:viga36,5mM
Data: 3/8/2006

NRO CARREG 1

Nmax					
Ht	N	H1	M1	Mtor	Mt
-12.30	-704.10	-35.40	-159.50	0.00	55.50

DESLOCAMENTOS DO BLOCO

DES X	DES Y	DES Z	ROT X	ROT Y	ROT Z
-0.018771	-0.002151	-0.021877	-0.000827	0.000000	0.000017

ESFORÇOS TOPO ESTACA(SL)

N EST	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	99.81	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
2	98.72	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
3	96.22	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
4	95.13	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
5	72.20	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
6	68.62	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
7	45.69	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
8	44.60	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
9	42.10	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81
10	41.01	-1.23	-3.54	0.00	5.70	-0.81

8 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA III

8 PONTE SOBRE O RIO ESTRELA III

8.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

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

8.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de respectivamente 1,70 m e 1,20 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 Juscelino no Volume 3 B – 1ª Parte).

9 PONTE SOBRE O RIO CAFÉ BAIANO

9 PONTE SOBRE O RIO CAFÉ BAIANO

9.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

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

9.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Duas linhas de apoio com pilares de respectivamente 2,20 m e 1,00 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 Juscelino no Volume 3 B – 1ª Parte).

10 PONTE SOBRE O ARURI

10 PONTE SOBRE O ARURI

10.1 CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

Nos dispensamos de apresentar o cálculo das vigas e da laje do alargamento tendo em vista que as mesmas possuem as mesmas características das dimensionadas no projeto original implantado e atualmente em tráfego.

10.2 CÁLCULO DA INFRA-ESTRUTURA

Nos dispensamos em apresentar o cálculo da Infra-estrutura tendo em vista que a viga acrescentada na seção transversal para materialização dos treze metros de largura descarrega diretamente sobre o novo tubulão, não solicitando por tanto o acréscimo da travessa. Por sua vez o tubulão que possui armadura mínima da norma está folgado em relação as solicitações atuantes no mesmo.