



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>		<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>2/197</b></p>	
		<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>	

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>3/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1.0</b>	<b>PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS</b>	<b>6</b>
1.1	MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL	6
<b>2.0</b>	<b>GEOMETRIA</b>	<b>7</b>
<b>3.0</b>	<b>PROPRIEDADES DOS MATERIAIS</b>	<b>10</b>
3.1	CONCRETO ESTRUTURAL	10
3.2	AÇO PARA ARMADURA PASSIVA	12
3.3	AÇO PARA ARMADURA ATIVA	12
<b>4.0</b>	<b>NORMAS E BIBLIOGRAFIA ADOTADAS</b>	<b>13</b>
4.1	PADRÕES INTERNACIONAIS E NACIONAIS	13
4.2	REFERÊNCIAS PRÁTICAS	14
<b>5.0</b>	<b>MODELO DE CÁLCULO</b>	<b>15</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
5.2	MODELO ESTRUTURAL	19
5.3	CONDIÇÕES DE CONTORNO - SUPERESTRUTURA	21
<b>6.0</b>	<b>CARREGAMENTOS</b>	<b>24</b>
6.1	CARGAS PERMANENTES	24
6.2	CARGAS NOS ENCONTROS	24
6.3	CARGAS MÓVEIS	28
6.4	CARGA DE VENTO	33
6.5	VARIAÇÃO DE TEMPERATURA	34
6.6	PRESSÃO HIDRODINÂMICA	34
6.7	PRESSÃO HIDRODINÂMICA EM FUNÇÃO DO ACÚMULO DE DETRITOS	35
<b>7.0</b>	<b>COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS</b>	<b>38</b>
7.1	COMBINAÇÕES ÚLTIMAS NORMAIS	38
7.2	COMBINAÇÕES ÚLTIMAS ESPECIAIS OU DE CONSTRUÇÃO	39
7.3	COMBINAÇÕES ÚLTIMAS EXCEPCIONAIS	39
7.4	COMBINAÇÕES QUASE PERMANENTES DE SERVIÇO	40

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>4/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

7.5	COMBINAÇÕES FREQUENTES DE SERVIÇO	40
7.6	COMBINAÇÕES RARAS DE SERVIÇO	40
7.7	FATORES PARA AS COMBINAÇÕES ÚLTIMAS	40
7.8	FATORES PARA AS COMBINAÇÕES DE SERVIÇO	41
7.9	COMBINAÇÕES ADOTADAS	43
<b>8.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DA LAJE DO TABULEIRO</b>	<b>45</b>
8.1	ESFORÇOS SOLICITANTES	45
8.2	DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES NORMAIS	49
8.3	DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES TANGENCIAIS	51
8.4	DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DA LAJE DE CONTINUIDADE	53
<b>9.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO GUARDA RODAS</b>	<b>56</b>
<b>10.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DAS LONGARINAS</b>	<b>58</b>
10.1	PROTENSÃO	58
10.2	VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES	59
10.3	ALONGAMENTO DOS CABOS DE PROTENSÃO	69
10.4	ARMADURA PASSIVA	74
10.5	VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DAS LONGARINAS	84
<b>11.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DAS TRANSVERSINAS</b>	<b>91</b>
11.1	ESFORÇOS SOLICITANTES:	91
11.2	CÁLCULO DAS ARMADURAS	92
<b>12.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DOS APARELHOS DE APOIO</b>	<b>93</b>
<b>13.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DAS LAJES DE TRANSIÇÃO</b>	<b>97</b>
13.1	DISPOSIÇÃO DO CARREGAMENTO ADOTADO	97
13.2	ESFORÇOS SOLICITANTES	100
13.3	DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES NORMAIS	102
13.4	DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES TANGENCIAIS	103
<b>14.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DAS CORTINAS</b>	<b>106</b>
14.1	ESFORÇOS SOLICITANTES	106
14.1	DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES NORMAIS	109
14.1	DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES TANGENCIAIS	110

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>5/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

<b>15.0</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO</b>	<b>112</b>
15.1	COEFICIENTE DE MOLA DAS ESTACAS	112
15.2	CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS	117
15.3	CARGAS NAS ESTACAS	166
15.4	CÁLCULO DAS ARMADURAS	169
15.5	RESUMO ESTACAS	188
15.6	DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS	189
<b>16.0</b>	<b>TERMO DE ENCERRAMENTO</b>	<b>197</b>

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>6/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 1.0 PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

### 1.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

O presente documento apresenta o dimensionamento estrutural da Ponte do Complexo Viário Barra do Piraí, no município de Barra do Piraí – RJ.

A intervenção é constituída de 5 (cinco) vãos isostáticos, sendo os dois vão de extremidade com comprimento de 26,45m e o vão central com comprimento de 27,0m, totalizando 133,9 metros de extensão. A seção transversal do tabuleiro possui 12,20 m de largura e é composto de 5 vigas em concreto protendido, por vão, que por sua vez, sustentam uma laje em concreto armado com 0,22 m de espessura.

Serão adotadas vigas denominadas transversinas, ligando as longarinas transversalmente, na região dos apoios das mesmas. O apoio das longarinas nas vigas travessas se dará sobre aparelhos de apoio em neoprenes fretados com chapas de aço.

A infraestrutura da O.A.E. será definida por blocos de fundação sobre estacas raíz, solução definida após análise dos boletins de sondagem e os devidos estudos de capacidade de carga e interação estaca-solo. Os blocos serão ligados entre si através de uma cinta em seção transversal retangular.

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº MRS EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	PÁGINA 7/197
		Nº JMSOUTO JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	REV. 1

## 2.0 GEOMETRIA

A figuras abaixo ilustram a seção transversal e o perfil longitudinal da ponte.

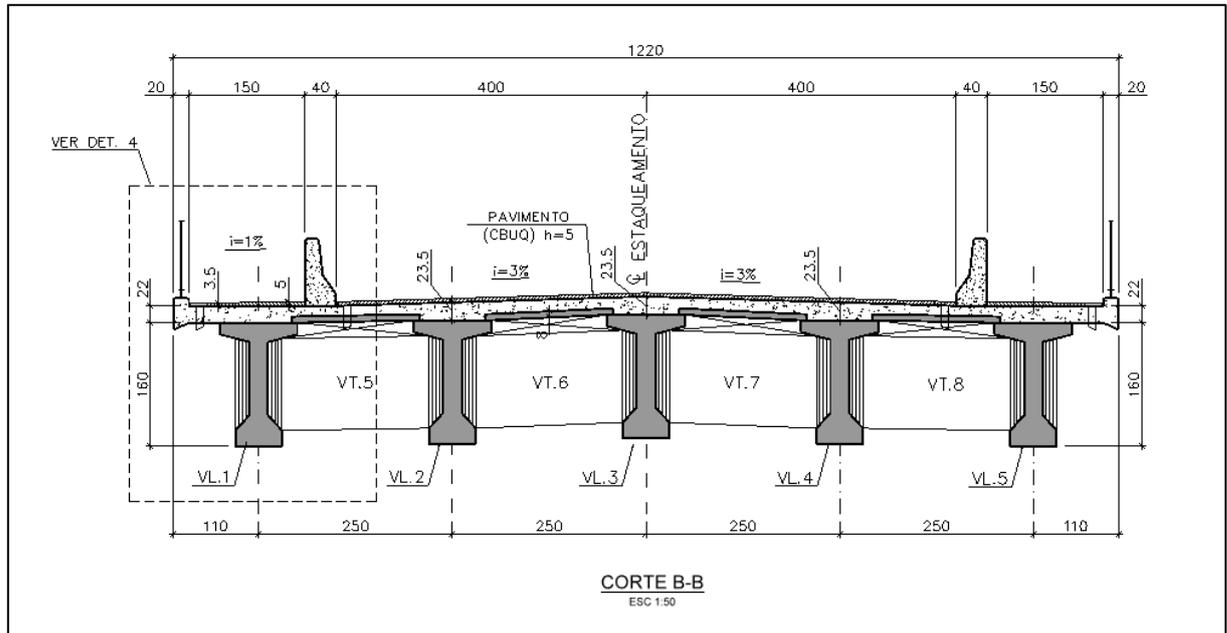


Figura 1- Seção transversal típica

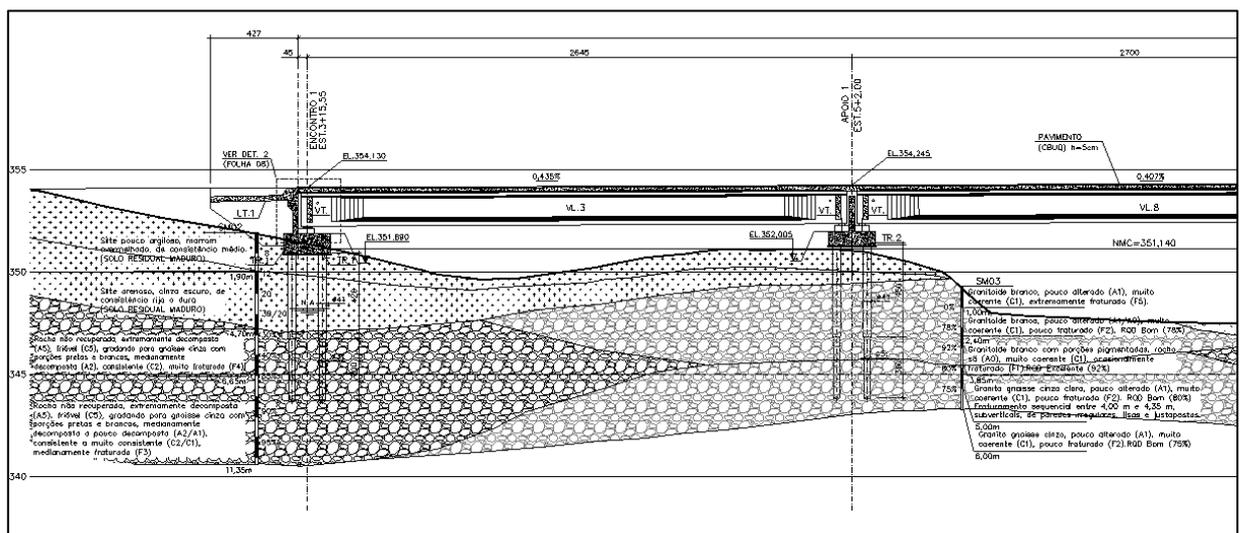


Figura 2- Perfil Longitudinal da ponte – 1/4



CLASSIFICAÇÃO  
RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ  
OBRA DE ARTE ESPECIAIS  
MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE

Nº MRS  
EI2204-LC-109-4-MC-J00-001  
Nº JMSOUTO  
JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA  
8/197  
REV.  
1

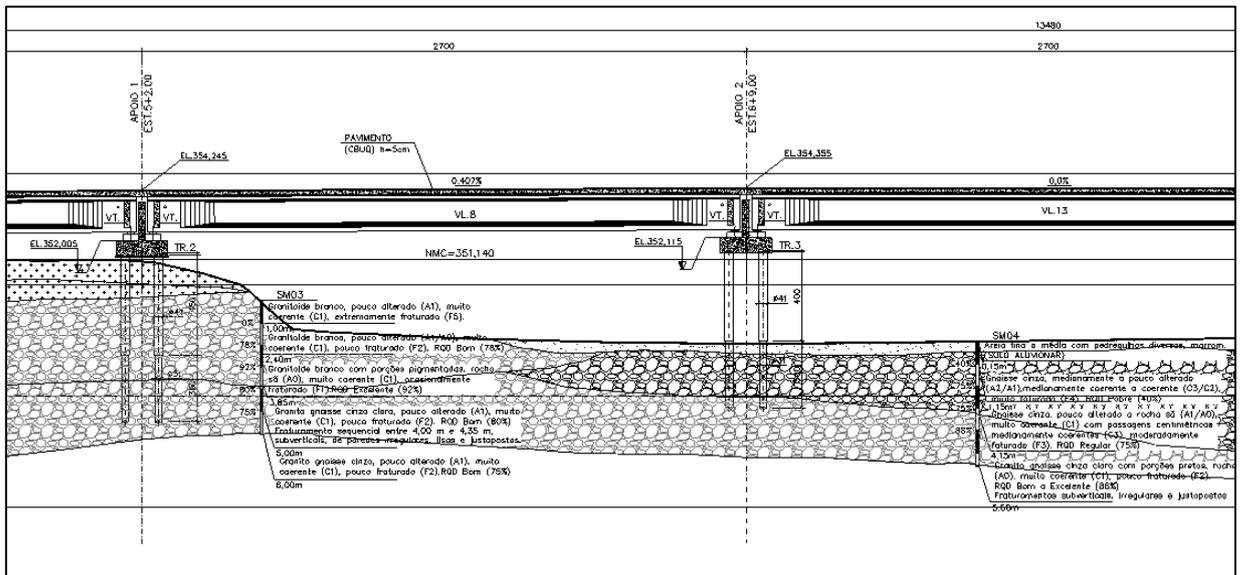


Figura 3- Perfil Longitudinal da ponte – 2/4

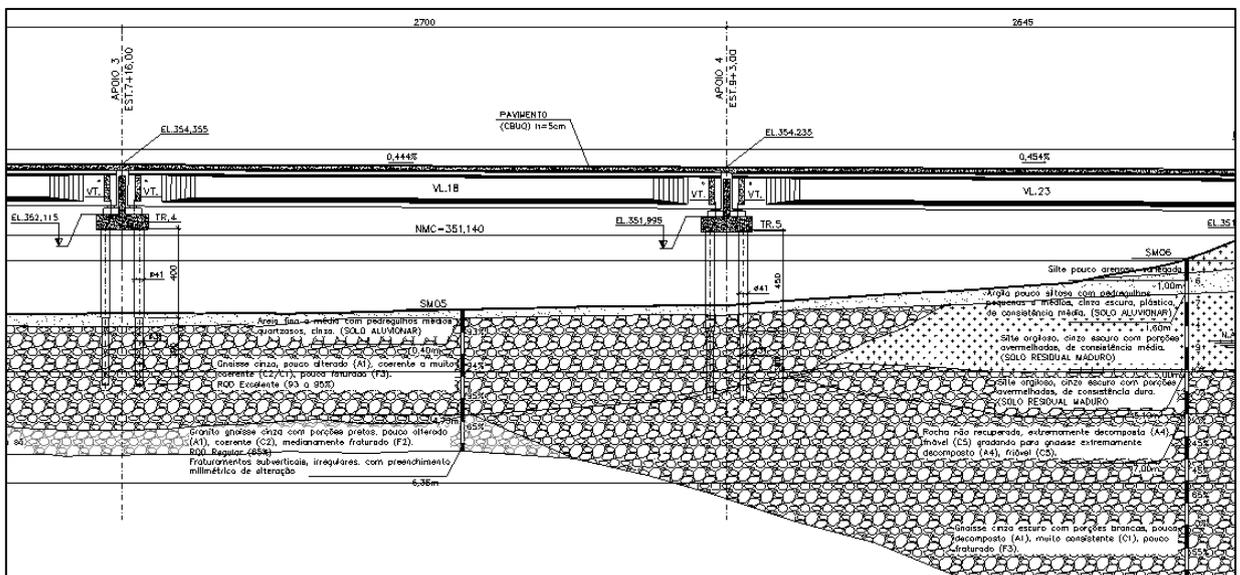


Figura 4- Perfil Longitudinal da ponte – 3/4

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	9/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

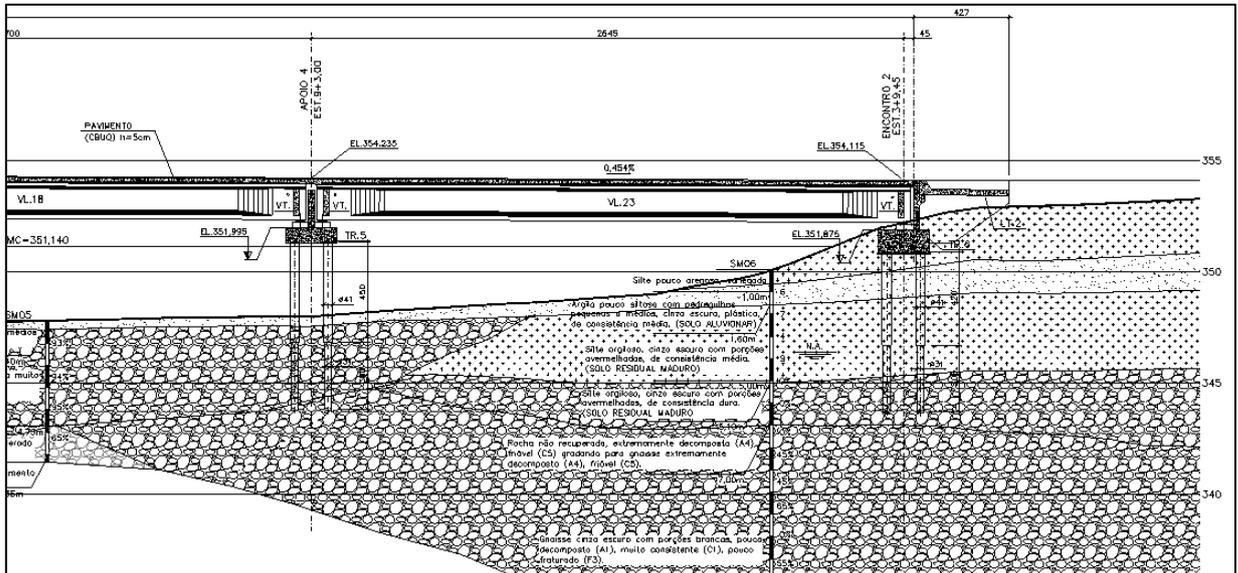


Figura 5- Perfil Longitudinal da ponte – 4/4

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>10/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

### 3.0 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

#### 3.1 CONCRETO ESTRUTURAL

Resistência característica a compressão <sup>1</sup> ( $f_{ck}$ ) para a superestrutura.....	40MPa
Resistência característica média a tração <sup>2</sup> ( $f_{tk, med}$ ) para a superestrutura.....	3,5MPa
Resistência característica a compressão <sup>1</sup> ( $f_{ck}$ ) para as demais estruturas.....	35MPa
Resistência característica média a tração <sup>2</sup> ( $f_{tk, med}$ ) para as demais estruturas.....	3,2MPa
Resistência característica a compressão <sup>1</sup> ( $f_{ck}$ ) para as estacas.....	20MPa
Módulo de elasticidade secante <sup>3</sup> ( $E_{cs}$ ) para a superestrutura.....	28.688MPa
Módulo de elasticidade secante <sup>3</sup> ( $E_{cs}$ ) para as demais estruturas.....	26.462MPa
Coeficiente de poisson.....	0,2
Coeficiente de dilatação térmica.....	$10^{-5} \text{C}^{-1}$
Peso específico do concreto.....	25kN/m <sup>3</sup>
Tipo de cimento previsto <sup>4</sup> .....	CPIII ou CPIV
Fator água cimento (CAA II).....	$\leq 0,55$
Cobrimento Nominal <sup>5</sup> (CAA II) – Armaduras passivas.....	30mm
Cobrimento Nominal <sup>5</sup> – Armaduras Ativas.....	65mm

#### Notas

1 - Resistência característica aos 28 dias;

2 - A resistência média a tração foi determinada segundo as prescrições do item 8.2.5 (pg. 23) da NBR 6118:2014. Para os concretos especificados tem-se:

$$\text{Para } f_{ck} = 40\text{MPa} \rightarrow f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3,5\text{MPa}$$

$$\text{Para } f_{ck} = 35\text{MPa} \rightarrow f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3,2\text{MPa};$$

3 - A determinação do módulo de elasticidade secante foi determinada seguindo as recomendações do item 8.2.8 (pg.24) da NBR 6118:2014.

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot \alpha_E \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>11/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

$$\alpha_i = \left( 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \right) \leq 1,0$$

Adotando-se a hipótese que será utilizada agregados provenientes de jazidas de calcário tem-se:

$$\alpha_E = 0,9$$

Para os concretos especificados tem-se:

$$\text{Para } f_{ck} = 40\text{MPa} \rightarrow \alpha_i = 0,9 \rightarrow E_{cs} = 28.688\text{MPa}$$

$$\text{Para } f_{ck} = 35\text{MPa} \rightarrow \alpha_i = 0,8875 \rightarrow E_{cs} = 26.462\text{MPa};$$

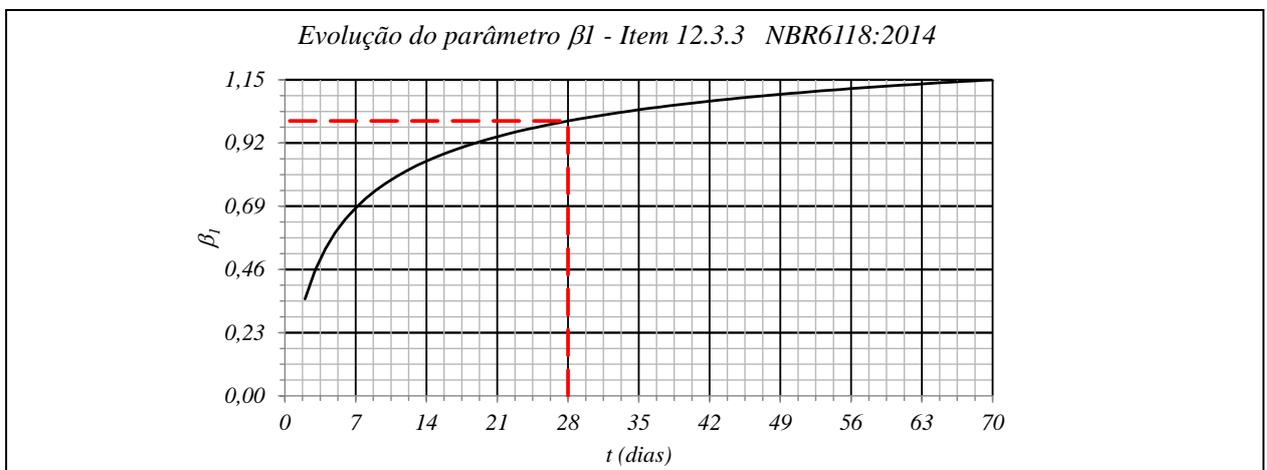
4 – A previsão do tipo de cimento a ser utilizado visa estabelecer critério para estudo da evolução da resistência do concreto e conseqüentemente, estudar deformações na fase construtiva, bem como estudar perdas de protensão provenientes dos fenômenos de fluência e retração. Para o estudo da evolução da resistência do concreto utilizou-se as prescrições do item 12.3.3 (pg. 70) da NBR 6118:2014. Segundo o referido item tem-se:

$$f_{ck,j} = \beta_1 \cdot f_{ck}$$

Onde:

$$\beta_1 = e^{-s \left[ 1 - \sqrt{\left( \frac{28}{t} \right)} \right]}$$

Para o cimento previsto tem-se S igual a 0,38. A figura apresenta a evolução do fator  $\beta_1$  no decorrer da vida útil da estrutura.



		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>12/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Figura 6 – Evolução do fator  $\beta_1$

5 – Os cobrimentos nominais adotados consideram tolerância de execução de 10 mm conforme prescrições do item 7.4.7.2 (pg. 19) da NBR6118:2014 e classe de agressividade ambiental II. Para os trechos em contato com o solo será adotado cobrimento nominal  $\geq 5$ mm.

Cobrimentos adotados para a armadura passiva: blocos, cintas e pilares = 5cm; travessas = 4cm; longarinas, transversinas e laje = 3cm.

Cobrimento adotado para a armadura ativa = 3,5cm.

### 3.2 AÇO PARA ARMADURA PASSIVA

Tensão de escoamento nominal.....	500MPa
Módulo de Elasticidade.....	210GPa
Coefficiente de poisson.....	0,3
Coefficiente de dilatação térmica.....	10-5 °C <sup>-1</sup>
Peso específico.....	78,50kN/m <sup>3</sup>

### 3.3 AÇO PARA ARMADURA ATIVA

Resistência característica ao escoamento.....	$f_{pyk} = 1.710$ MPa
Resistência característica à tração.....	$f_{ptk} = 1.900$ MPa
Módulo de elasticidade.....	$E_s = 202$ GPa

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>13/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 4.0 NORMAS E BIBLIOGRAFIA ADOTADAS

### 4.1 PADRÕES INTERNACIONAIS E NACIONAIS

- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials
- Bridge Design Specifications – 8 th edition
- AS 3600 – Australian Standard – Concrete Structures.
- ASTM D4428 – Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing.
- ASTM D6760 – Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing.
- ASTM E2924 – Standard Practice for Intumescent Coatings.
- DIN – Geprüft Surface Treatment Inspector.
- EN 1998-1 – Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.
- EN 1998-2 – Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 2: Bridges
- ISO 12944 – Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Parts 1 to 9.
- ABNT NBR 6123: Forças Devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ABNT NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT NBR 7187: Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT NBR 6118: Procedimento de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>14/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- ABNT NBR 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.

## 4.2 REFERÊNCIAS PRÁTICAS

- EABC – Committee on Technical Cooperation in the Development of the Rail Transport System/ 11th July 2016 – Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS) and Life Cycle Costs (LCC).
- FHWA – Bridge Inspectors Reference Manual.
- Computers and Structures Inc. CSI Analysis Reference Manual For: SAP2000®, ETABS® and SAFE®. Berkeley, 2011.
- Computers and Structures Inc. Introduction to SAP2000/Bridge™. Berkeley, 2011.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais. Rio de Janeiro, 1996.
- APARELHOS DE APOIO PROFIP. Catálogo Técnico. São Paulo, 2015.
- PFEIL, W. Pontes de Concreto Armado. Rio de Janeiro: LTC, 1977
- Bowles, J. E. et al. (1996), Foundation analysis and design, McGraw-hill.
- Cintra, J. A., Aoki, N., Albiero and Henrique, J. (2011), Fundações diretas: projeto geotécnico, Oficina de Textos.
- FERREIRA, Priscila Feitosa de Sá (2017), Estacas de seção circular semienterradas submetidas a cargas laterais

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>15/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 5.0 MODELO DE CÁLCULO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em uma primeira análise da ponte em estudo, percebe-se que o comportamento global da superestrutura se dá de forma isostática. Contudo, a distribuição dos esforços entre cada um dos elementos que compõe a superestrutura e a sua interação com os demais elementos que compõe a ponte se dá de forma mais complexa. Salienta-se também, que a interação solo-estrutura não é algo que se possa quantificar analiticamente sem uso de equações diferenciais com razoável nível de complexidade. Frente a esta conjuntura, a determinação dos esforços solicitantes em cada elemento da estrutura foi feita por meio de modelos numéricos.

Dentre os diversos métodos de modelagem numérica existentes na literatura (Métodos dos Elementos Finitos, Método dos Elementos de Contorno, Métodos das Faixas Finitas, Método dos Elementos Finitos Generalizados, etc) optou-se pelo o uso do Método dos Elementos Finitos clássico, de agora em diante denominado no presente texto como MEF. Frente esta escolha, fez necessário o uso de um software capaz de gerar modelos de elementos finitos com facilidade de uso e confiabilidade garantida. Dentre os diversos softwares disponíveis no mercado optou-se pelo o uso do “CSiBridge” (versão 21.0.2).

Nos modelos elaborados, quando se fez necessário modelar elementos estruturais planos delgados sujeitos a solicitações normais e tangenciais, utilizaram-se elementos finitos de casca delgada denominados pelo programa como “shell thin”. As shell’s thin são elementos planos de quatro ou três nós cuja formulação combina o comportamento de membrana ao comportamento de flexão de placas delgadas.

A idealização matemática do comportamento de membrana usa uma formulação paramétrica que inclui todos os esforços decorrentes de deslocamentos no plano médio da casca e esforços decorrente do momento de torção paralelo ao eixo ortogonal ao plano médio da casca.

O comportamento a flexão da “shell thin” é formulado segundo a teoria de placas delgadas de Kirchhoff - Love.

Cada “shell thin” possui um sistema de eixos locais na qual são definidas as orientações das propriedades dos materiais (recurso que possibilita a simulação de materiais anisotrópico e ortotrópico), carregamentos e esforços solicitantes. A Figura 7

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	PÁGINA 16/197
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	REV. 1	

e Figura 8 apresentam o sistema de coordenadas locais para uma “shell thin” com quatro e três nós respectivamente.

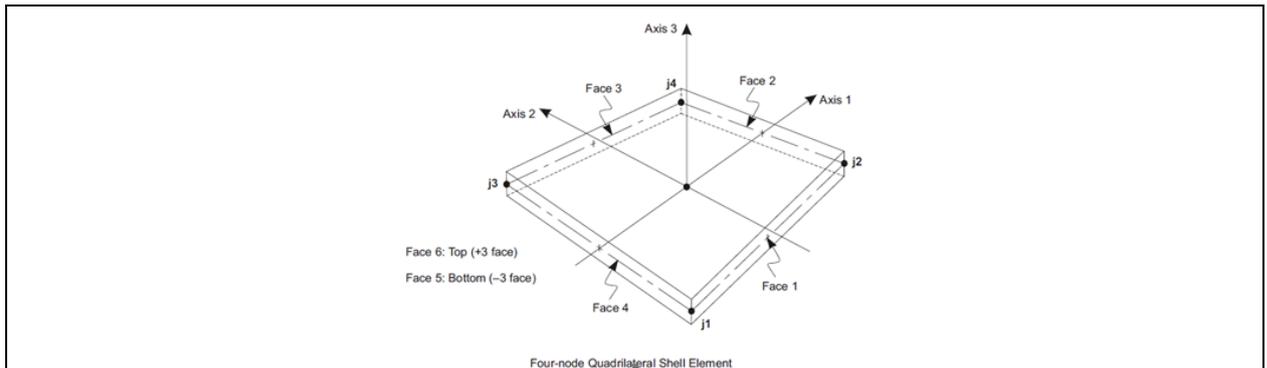


Figura 7 – Sistema de coordenadas de um elemento do tipo shell com quatro nós

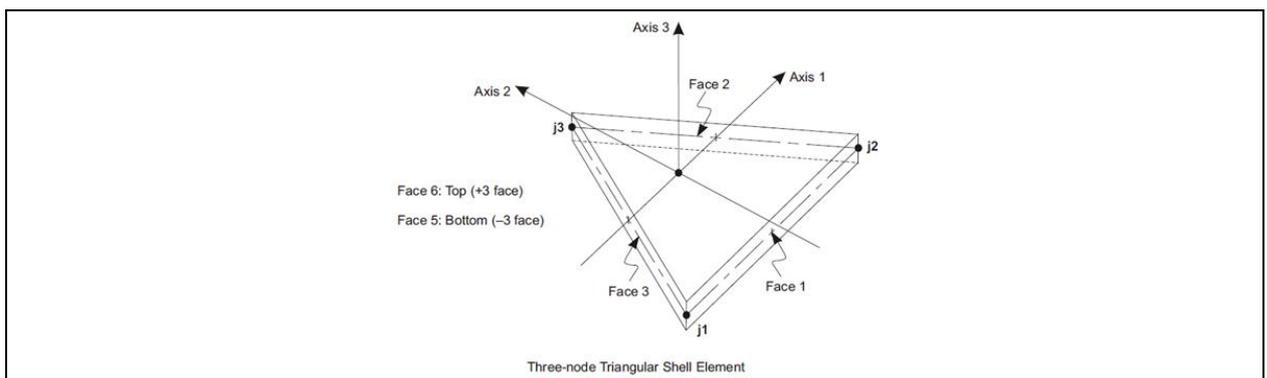


Figura 8 – Sistema de coordenadas de um elemento do tipo shell com três nós

A matriz de rigidez destes elementos é obtida por meio de uma formulação isoparamétrica e integração numérica com o uso de quatro pontos de integração. As tensões e forças internas nos elementos são determinadas em 2x2 pontos de Gauss e extrapoladas para os nós do elemento.

Quando se fez necessário modelar elementos estruturais planos medianamente espessos (espessura maior que um décimo do vão) sujeitos a solicitações normais e tangenciais, utilizaram-se elementos finitos de casca medianamente espessa e denominados pelo programa como “shell thick”. O elemento “shell thick” se difere do elemento “shell thin” no seu comportamento a flexão. O elemento de shell thick possui seu comportamento a flexão baseado na teoria de Mindlin–Reissner para placas medianamente espessas.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	17/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

Elementos estruturais que permitem a sua idealização por meio de elementos unidimensionais, tais como, pilares, vigas e estacas, foram modelados utilizando elementos finitos de pórtico espacial generalizado e denominados pelo programa com “Frame”. A formulação das frame’s inclui os efeitos da flexão biaxial, torção, deformação axial e distorções causadas pelas tensões tangenciais (formulação baseada na viga de Timoshenko). Cada elemento do tipo frame possui dois nós com seis graus de liberdade cada.

As frames possuem um sistema de eixo local onde são definidas as orientações das propriedades dos materiais, carregamentos e esforços solicitantes. A Figura 9 apresenta o sistema de coordenadas local do de um do tipo frame.

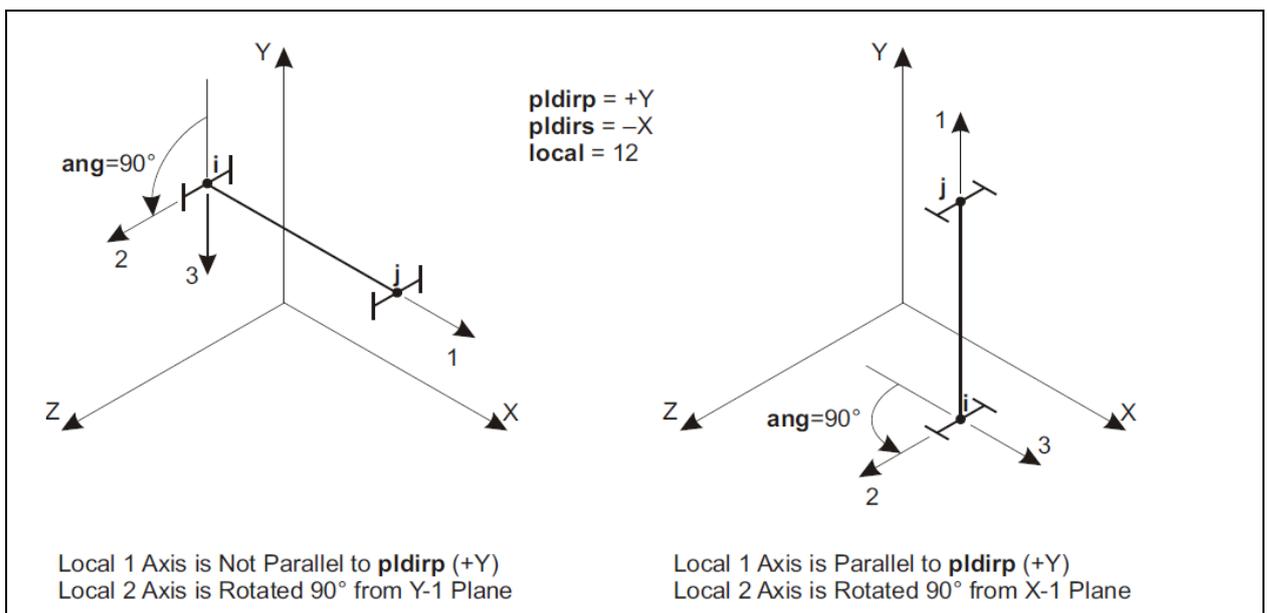


Figura 9 – Sistema de coordenadas de um elemento do tipo frame

A transferência de carga da superestrutura para a mesoestrutura foi feita por intermédio de um elemento que simula o aparelho de apoio.

A interface da estrutura com o solo foi modelada com o uso de molas elásticas, fisicamente não lineares (distinção entre o comportamento a compressão e tração) e cujas rijezas foram calculadas com base nas propriedades do solo.

A acurácia dos modelos elaborados foi garantida com o uso de um número de elementos suficientes para que não haja diferença significativa entre os resultados obtidos com a presente malha e os resultados de uma malha com maior discretização.

Em malhas elaboradas com elementos de cascas e elementos sólidos, evitou-se o uso

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>18/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

de elementos com elevado grau de distorção e o uso de elementos triangulares (elementos com acurácia inferior aos elementos quadrilaterais).

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	<b>19/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	<b>1</b>

## 5.2 MODELO ESTRUTURAL

A seguir são apresentados os dados de entrada referentes aos materiais e à geometria dos elementos estruturais da ponte.

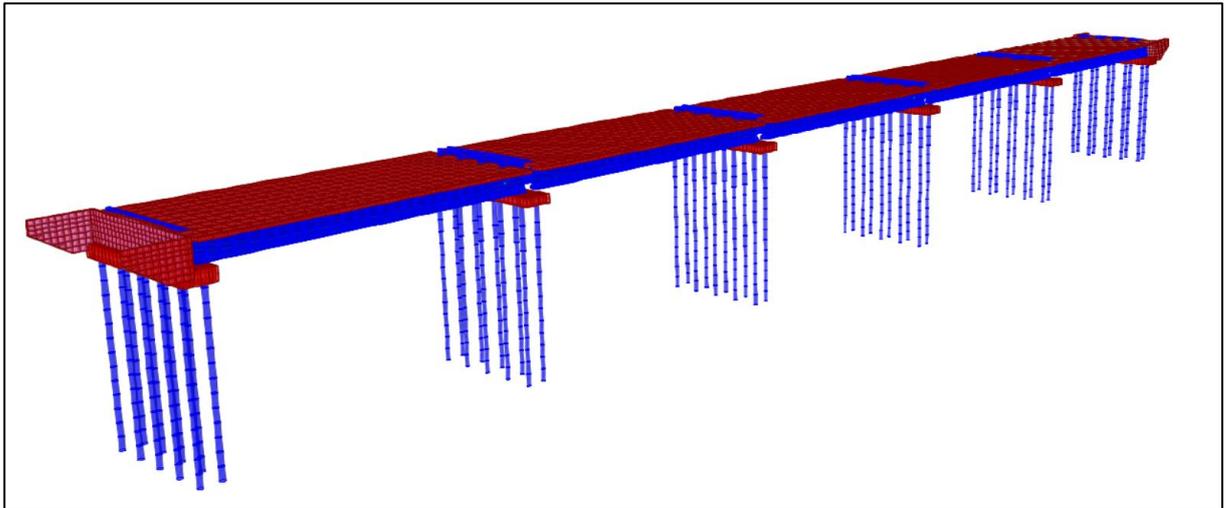


Figura 10 – Modelo Estrutural da ponte no programa CSiBridge

**Material Property Data** ✕

---

**General Data**

Material Name and Display Color: 40 MPa ■

Material Type: Concrete

Material Grade:

Material Notes:

---

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 25,

Mass per Unit Volume: 2,5493

**Units**

KN, m, C

---

**Isotropic Property Data**

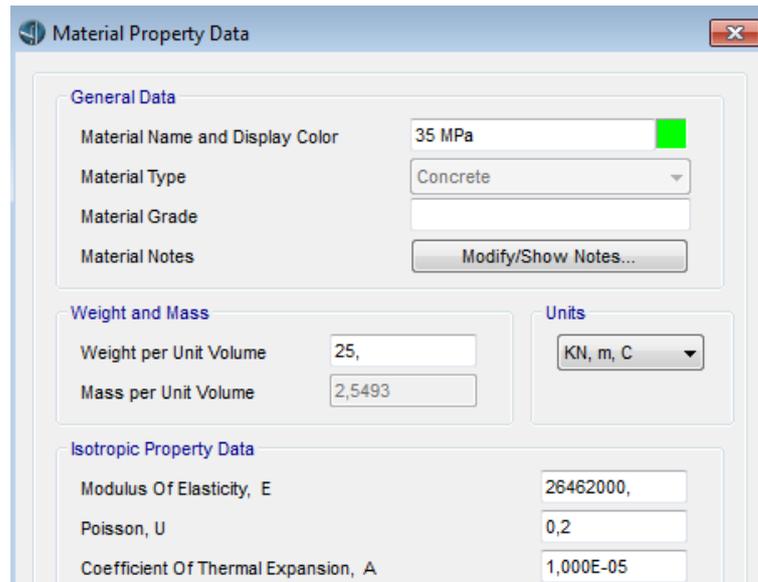
Modulus Of Elasticity, E: 28688000,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,000E-05

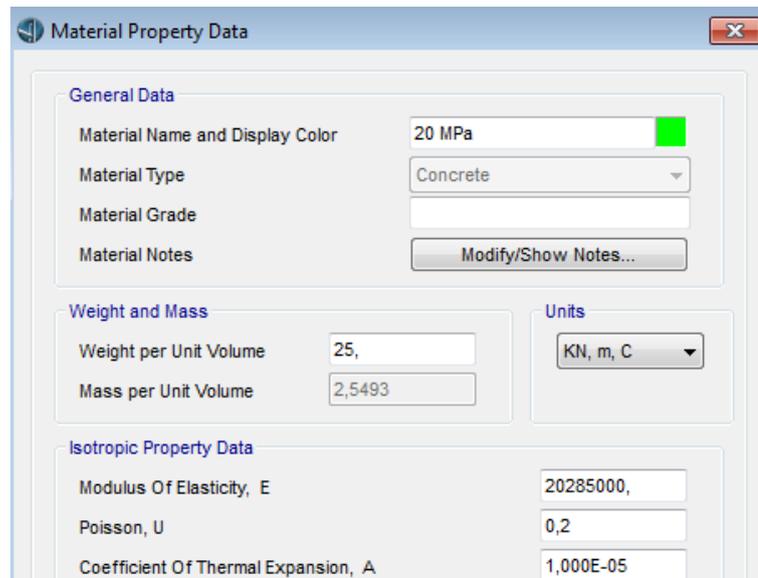
 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	20/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

Figura 11 – Propriedades do concreto do tabuleiro,  $f_{ck} = 40$  MPa



The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box. Under 'General Data', the 'Material Name and Display Color' is set to '35 MPa' with a green color swatch. 'Material Type' is 'Concrete'. Under 'Weight and Mass', 'Weight per Unit Volume' is 25 and 'Mass per Unit Volume' is 2,5493. Under 'Isotropic Property Data', 'Modulus Of Elasticity, E' is 26462000, 'Poisson, U' is 0,2, and 'Coefficient Of Thermal Expansion, A' is 1,000E-05. The 'Units' dropdown is set to 'KN, m, C'.

Figura 12 – Propriedades do concreto dos demais elementos,  $f_{ck} = 35$  MPa



The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box. Under 'General Data', the 'Material Name and Display Color' is set to '20 MPa' with a green color swatch. 'Material Type' is 'Concrete'. Under 'Weight and Mass', 'Weight per Unit Volume' is 25 and 'Mass per Unit Volume' is 2,5493. Under 'Isotropic Property Data', 'Modulus Of Elasticity, E' is 20285000, 'Poisson, U' is 0,2, and 'Coefficient Of Thermal Expansion, A' is 1,000E-05. The 'Units' dropdown is set to 'KN, m, C'.

Figura 13 – Propriedades do concreto das estacas,  $f_{ck} = 20$  MPa

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>21/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

### 5.3 CONDIÇÕES DE CONTORNO - SUPERESTRUTURA

Os aparelhos de apoio que promovem a interação entre a infraestrutura e a superestrutura serão modelados com o uso de elementos especiais denominados como links. Para determinar a rigidez dos links em cada uma das direções ortogonais, foram utilizadas as propriedades geométricas e mecânicas dos aparelhos de apoio. Assim sendo, apresenta-se a seguir a determinação da rigidez em cada uma das direções ortogonais.

#### 5.3.1 RIGIDEZ A TRANSLAÇÃO VERTICAL

A rigidez a translação vertical foi determinada por meio da lei de Hooke simplificada para corpos reticulares. Assim sendo tem-se que:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \longrightarrow \frac{F}{A} = \frac{\delta}{L} \cdot E \longrightarrow F = \frac{E \cdot A}{L} \cdot \delta$$

Onde:

- $\sigma$  é a tensão axial no elemento,
- $\varepsilon$  é a deformação do elemento;
- $\delta$  é o deslocamento na extremidade do elemento;
- E é o módulo de elasticidade do elemento;
- A é a área da seção transversal do elemento;
- L é o comprimento original do elemento.

Sendo a rigidez definida como a constante que correlaciona uma força ao deslocamento provocado por esta força, tem-se que.

$$k_z = \frac{E \cdot A}{L}$$

Tomando “L” como espessura, a equação pode ser reescrita como:

$$k_z = \frac{E \cdot A}{t}$$

#### 5.3.2 RIGIDEZ A TRANSLAÇÃO HORIZONTAL

De forma análoga ao apresentado no item 5.3.1, a lei de Hooke pode ser rearranjada da seguinte forma:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	<b>22/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	<b>1</b>

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \rightarrow \text{tg}\gamma = \frac{\Delta}{t} = \frac{\tau}{G} \rightarrow \frac{F}{A \cdot G} = \frac{\Delta}{t}$$

Tomando “ $\Delta$ ” igual a um, a equação pode ser reescrita como:

$$k_x = k_y = \frac{A \cdot G}{t}$$

Onde

A é área da seção transversal do elemento;  
 G é o módulo de elasticidade transversal do neoprene;  
 t é a espessura do elemento.

### 5.3.3 APLICAÇÃO NO MODELO ELABORADO

Com as dimensões dos aparelhos de apoio e as formulações apresentadas nos itens 5.3.1 e 5.3.2, é calculada a rigidez equivalente em todas as direções. O dimensionamento dos aparelhos de apoio é apresentado no item 12.0 e apresentado nos desenhos de projeto conforme abaixo.

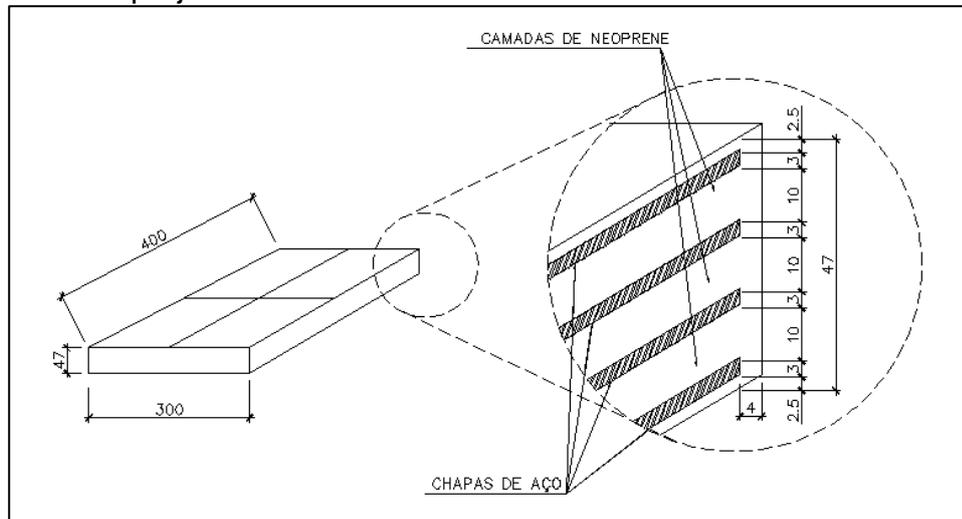


Figura 14 – Detalhe do Aparelho de Apoio

- Rigidez equivalente dos aparelhos de apoio:

$$k_x = k_y = \frac{(0,40m \cdot 0,30m) \cdot 1000kN/m^2}{0,047m} = 2553 \text{ kN/m}$$

$$k_z = \frac{(0,40m \cdot 0,30m) \cdot 2000000kN/m^2}{0,047m} = 5106383 \text{ kN/m}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>23/197</b>
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

**Bridge Bearing Name**

**Units**

**Bridge Bearing Is Defined By:**

Link/Support Property    
 User Definition

**User Bearing Properties**

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Partial Fixity	5106383,
Translation Normal to Layout Line (U2)	Partial Fixity	2553,
Translation Along Layout Line (U3)	Partial Fixity	2553,
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

Figura 15 – Aplicação no modelo elaborado

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>24/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 6.0 CARREGAMENTOS

### 6.1 CARGAS PERMANENTES

#### 6.1.1 PESO PRÓPRIO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

O peso próprio dos elementos estruturais é calculado automaticamente pelo programa CSiBridge, uma vez que são atribuídas seção, propriedades geométricas e propriedades dos materiais que os compõe.

- PP: calculado pelo programa *CSiBridge*, considerando-se  $\gamma_{conc.}=25\text{kN/m}^3$ ;
- Capeamento: espessura de 5cm  $\rightarrow q = 0,05\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 = 1,2\text{kN/m}^2$ ;
- Recapeamentos futuros:  $q = 2,0\text{kN/m}^2$ ;
- Guarda-Rodas tipo New Jersey:  $A = 0,232\text{m}^2/\text{m} \rightarrow q = 5,8 \text{ kN/m}$  (cada lado).

### 6.2 CARGAS NOS ENCONTROS

Foram lançados carregamentos simplificados em nós deslocados da cortina, representando o console de apoio da laje de transição:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>25/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

### 6.2.1 Carga Permanente

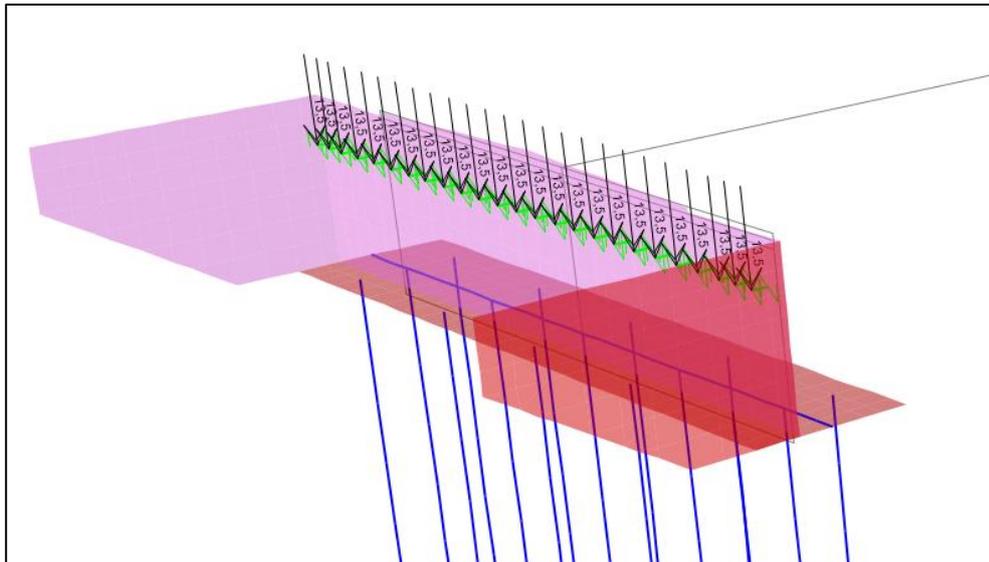


Figura 16 – Aplicação das cargas permanentes na cortina do encontro.

### 6.2.2 Carga Móvel na LT

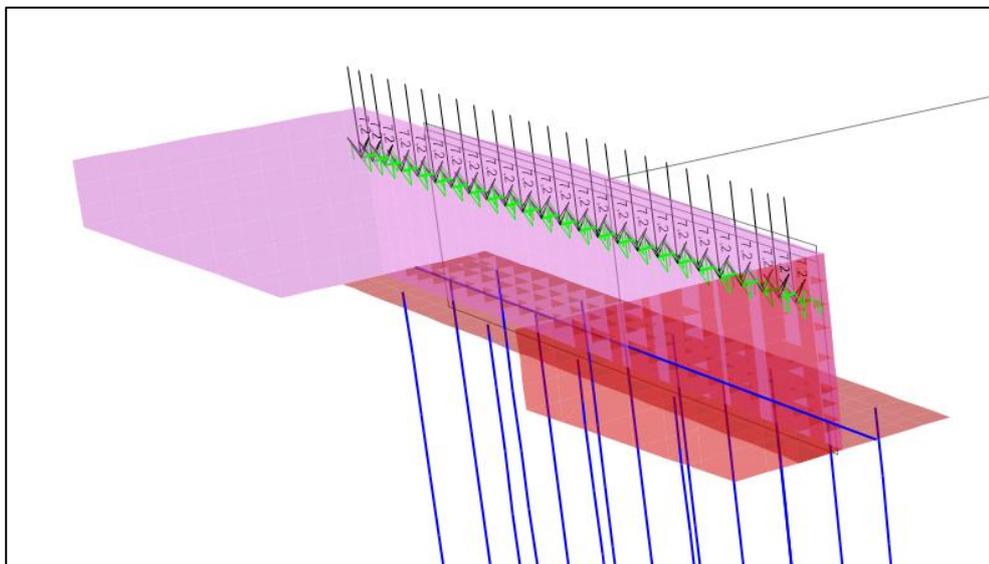


Figura 17 – Aplicação de carga móvel simplificada na cortina do encontro

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>			<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>26/197</b></p>
			<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>

### 6.2.1 Carga de Multidão na LT

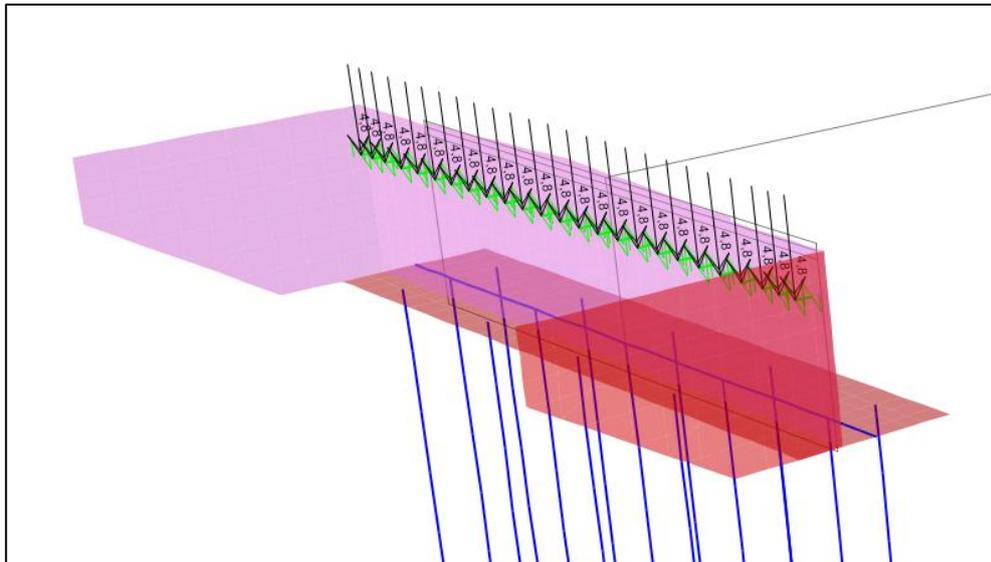


Figura 18 – Aplicação de carga de multidão simplificada na cortina do encontro

### 6.2.1 Cargas de Frenagem na LT

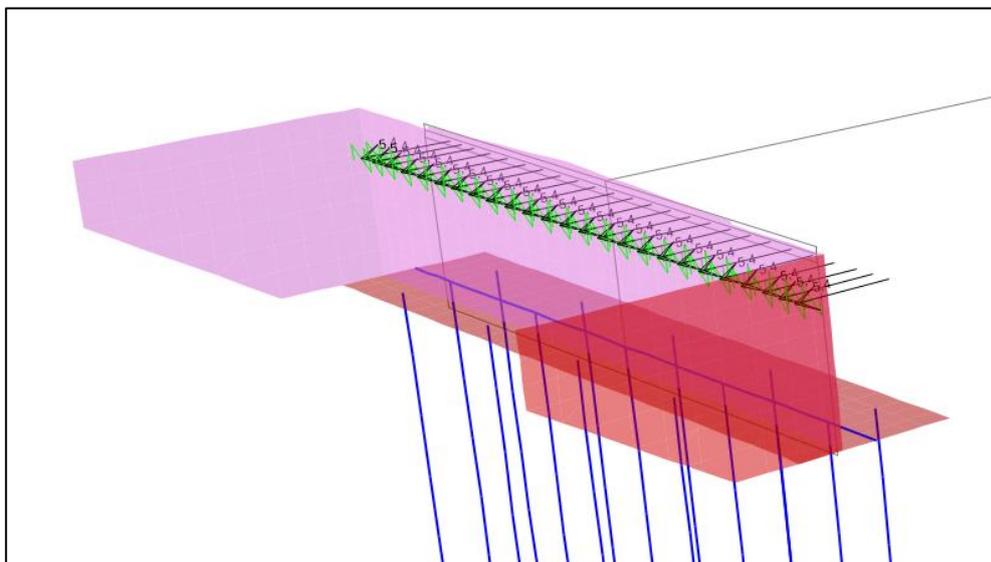


Figura 19 – Aplicação de carga de frenagem (-) simplificada na cortina do encontro

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>27/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

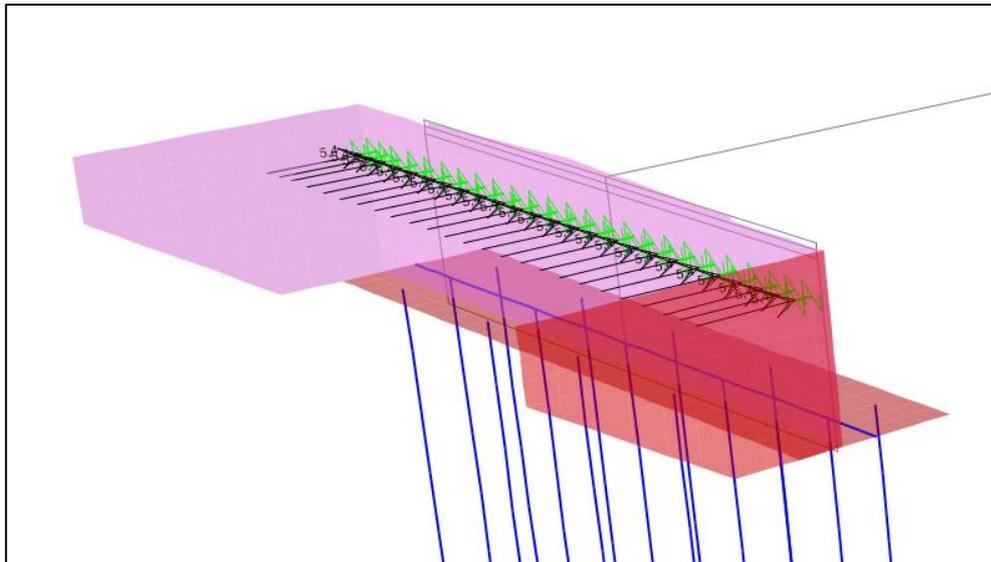


Figura 20 – Aplicação de carga de frenagem (+) simplificada na cortina do encontro

### 6.2.2 Empuxo do Solo Nos Encontros

Foi considerado carregamento distribuído nas cortinas e alas dos encontros, com altura de 2,70m, de acordo com a equação  $q = \gamma_{solo} * \kappa_a * h$ :

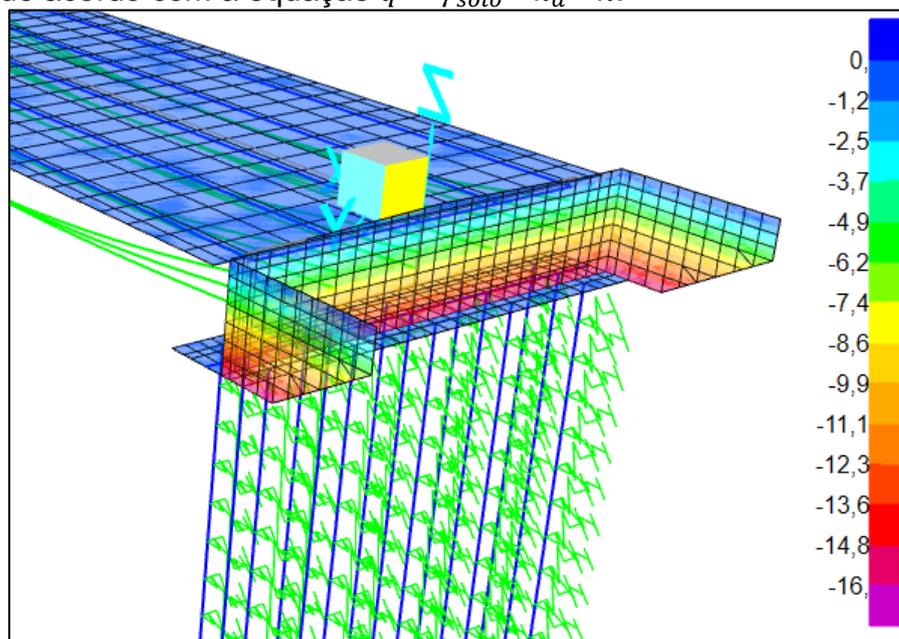


Figura 21 – Aplicação do empuxo de solo no modelo.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>28/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

## 6.3 CARGAS MÓVEIS

### 6.3.1 CARGAS MÓVEIS VERTICAIS

A carga móvel vertical é representada pelo carregamento gerado pelo tráfego de veículos conforme especificado pela NBR7188:2013 item 5.1 (pg.3 a pg.5). Foi considerado veículo tipo TB-450, que possui uma carga concentrada “P” de 75 kN/roda e carga distribuída “p” de 5kN/m<sup>2</sup> em seu entorno, conforme ilustrado abaixo.

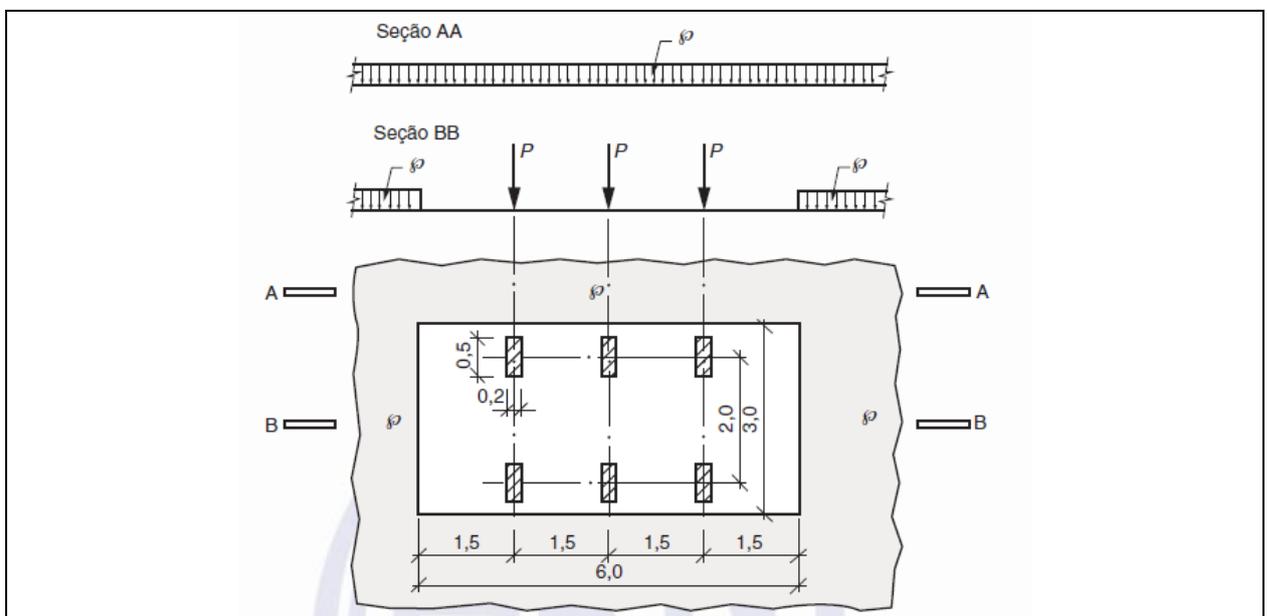


Figura 22 – Disposição das cargas estáticas do TB-450

A carga móvel assume posição qualquer em toda a pista rodoviária com as rodas na posição mais desfavorável, inclusive acostamento e faixas de segurança. A carga distribuída é aplicada na posição mais desfavorável, independentemente das faixas rodoviárias.

A fim de considerar o efeito dinâmico das cargas móveis, serão calculados a seguir os coeficientes de ponderação CIV, CNF e CIA conforme o item 5.1.2 da NBR 7188/2013.

- Coeficiente de Impacto Vertical (CIV):

CIV = 1,35, para estruturas com vão menor do que 10,0 m;

CIV =  $1 + 1,06 \cdot \left(\frac{20}{L_{iv}+50}\right)$ , para estruturas com vão entre 10,0 m e 200,0 m;

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>29/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

onde

*Liv* é o vão em metros para o cálculo *CIV*, conforme o tipo de estrutura,

sendo;

*Liv* usado para estruturas de vão isostático. *Liv*: média aritmética dos vãos nos casos de vãos contínuos;

*Liv* é o comprimento do próprio balanço para estruturas em balanço;

*L* é o vão, expresso em metros (m).

Para estruturas com vãos acima de 200,0 m, deve ser realizado estudo específico para a consideração da amplificação dinâmica e definição do coeficiente de impacto vertical.

$$CIV = 1 + 1,06. \left( \frac{20}{27 + 50} \right) = 1,275$$

Para o dimensionamento das lajes e transversinas,  $CIV = 1,35$ .

Para o dimensionamento das travessas, pilares, blocos e cintas de fundação será adotado  $CIV = 1,300$ , conforme longarinas.

- Coeficiente de Número de Faixas (CNF):

$$CNF = 1 - 0,05. (n - 2) > 0,9$$

onde “n” é o número (inteiro) de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo. Acostamentos e faixas de segurança não são faixas de tráfego da rodovia.

$$CNF = 1 - 0,05. (2 - 2) = 1$$

- Coeficiente de Impacto Adicional (CIA):

Os esforços das cargas móveis definidas devem ser majorados na região das juntas estruturais e extremidades da obra. Todas as seções dos elementos estruturais a uma distância horizontal, normal à junta, inferior a 5,0 m para cada lado da junta ou descontinuidade estrutural, devem ser dimensionadas com os esforços das cargas móveis majorados pelo coeficiente de impacto adicional, abaixo definido:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	30/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

$CIA = 1,25$ , para obras em concreto ou mistas.

As cargas móveis são introduzidas no modelo estrutural por meio de veículos fictícios, conforme mostrado abaixo:

- Carga concentrada com TB simplificado:

$$\text{Desconto: } 3,0m * 6,0m * 5,0 \frac{kN}{m^2} = 90kN \rightarrow \text{Carga por eixo} = \frac{450kN - 90kN}{3} = 120kN$$



Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	150,		0,	Zero Width		120,	Two Points	200,
Fixed Length	150,		0,	Zero Width		120,	Two Points	200,
Fixed Length	150,		0,	Zero Width		120,	Two Points	200,

Figura 23 – Lançamento das cargas concentradas do TB-450

- Carga distribuída ( $5,0 kN/m^2 * 11,4m = 57kN/m$ )

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	31/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

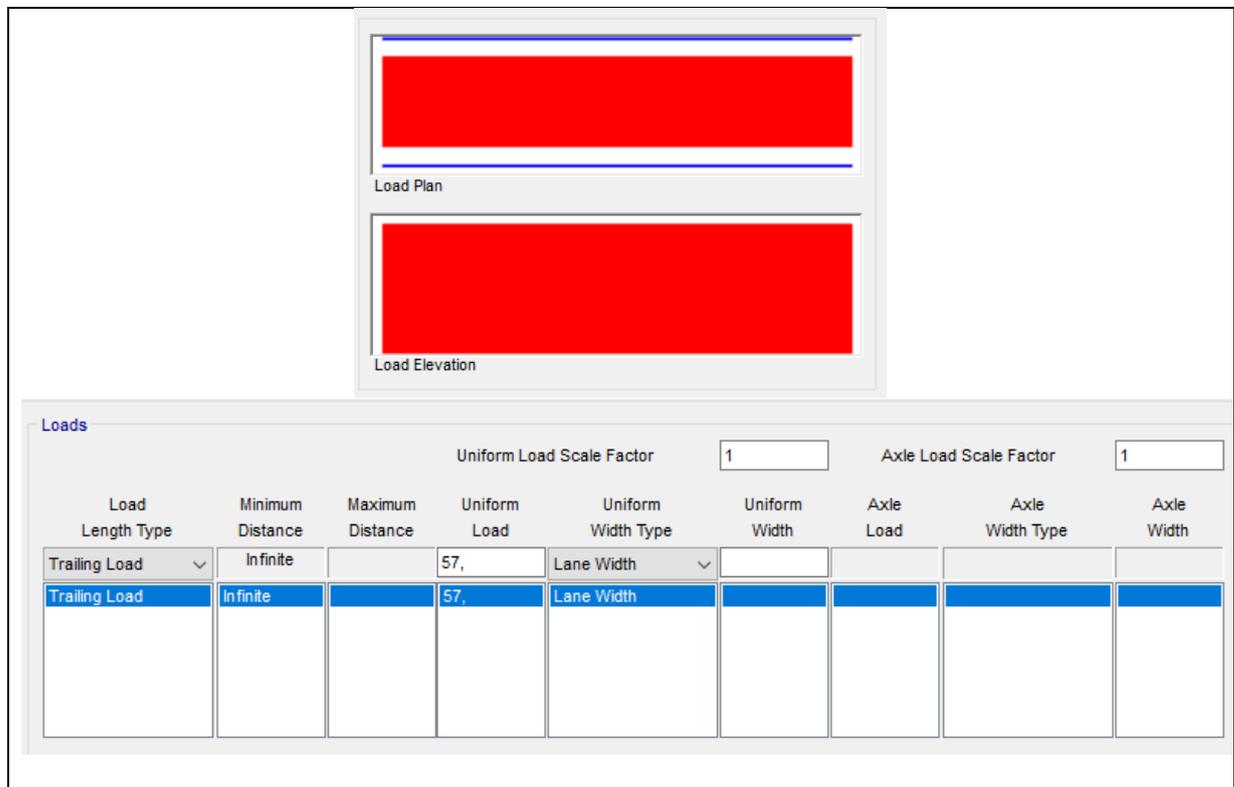


Figura 24 – Lançamento da carga de multidão do TB-450

### 6.3.2 FRENAGEM E/OU ACELERAÇÃO

As forças horizontais devido à frenagem e/ou aceleração aplicadas no nível do pavimento são um percentual da carga característica dos veículos aplicados sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável, concomitantemente com a respectiva carga:

$$H_f = 0,25 \cdot B \cdot L \cdot CNF$$

Onde:

$$H_f \geq 135 \text{ kN};$$

B é a largura efetiva, expressa em metros (m), da carga distribuída de 5 kN/m<sup>2</sup>;

L é o comprimento concomitante, expresso em metros (m), da carga distribuída.

Portanto, tem se:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	32/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

$$H_f = 0,25 * 11,4 * 134,8 * 1 = 384,18 \text{ kN} > 135 \text{ kN} \rightarrow H_f = 384,18 \text{ kN}.$$

- Carga de frenagem ( $0,85 * TB450 = 0,854 * 450 = 384,3 \text{ kN}$ )

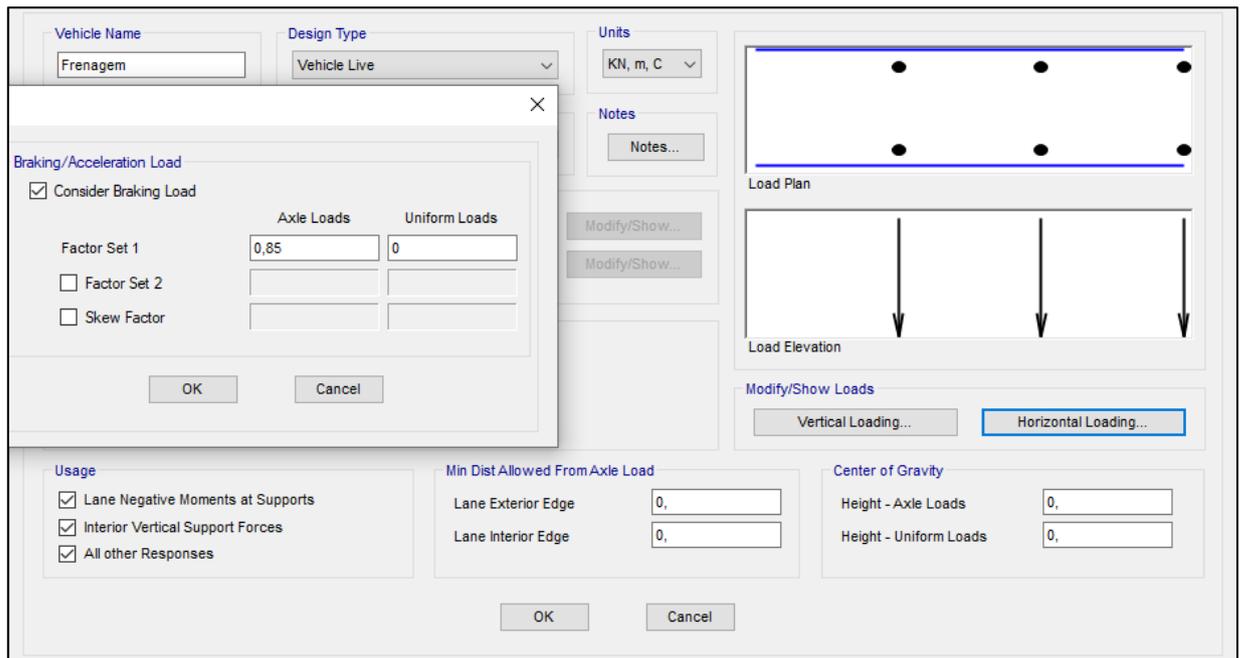


Figura 25 – Lançamento da carga de multidão do TB-450

### 6.3.1 COLISÃO AO NÍVEL DO TABULEIRO

Será considerada uma carga de 100kN perpendicular ao tráfego no topo dos guarda rodas e carga vertical concomitante de 100kN.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>33/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

## 6.4 CARGA DE VENTO

A NBR7187:2003, recomenda por meio do item 7.2.3 (pg.6), que a força estática equivalente decorrente da pressão de vento deve ser determinada segundo as prescrições da NBR 6123:2019.

Serão adotadas duas hipóteses para a atuação da carga do vento no sentido transversal. Uma, considerando se a ponte cheia e outra, considerando se a ponte vazia de veículos.

Para o caso de ponte cheia, a carga de vento foi considerada atuando até uma altura de 2 metros acima do pavimento asfáltico.

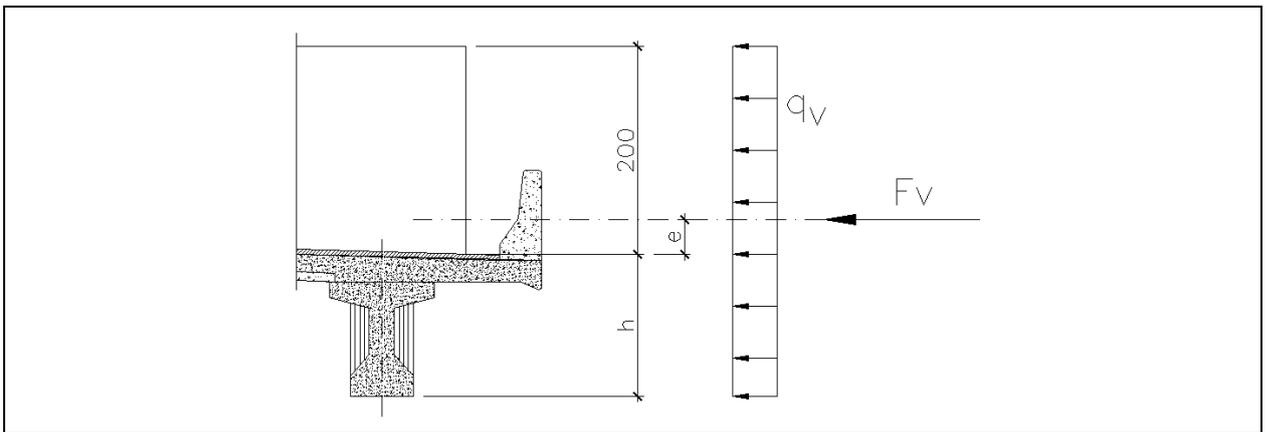


Figura 26 – Hipótese de ponte cheia

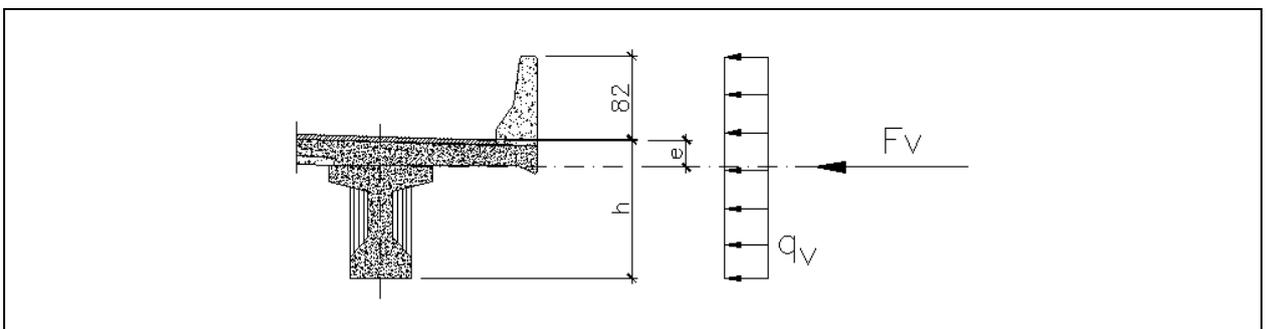


Figura 27 – Hipótese de ponte vazia

1ª Hipótese: ponte cheia

-  $h = 1,87\text{m}$ ;

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>34/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

- Altura da batida = 1,87m + 2,00m = 3,87m;
- $q_v = 1 \text{ kN/m}^2$ ;
- $F_v = 1,0 \times 3,87 = 3,87 \text{ kN/m}$ .

2ª Hipótese: ponte vazia

- $h = 1,87\text{m}$ ;
- Altura da batida = 1,87m + 0,82m = 2,69m;
- $q_v = 1,5 \text{ kN/m}^2$ ;
- $F_v = 1,5 \times 2,69 = 4,04 \text{ kN/m}$ .

→ Será adotada a 2ª hipótese → 4,04 kN/m e 2,12 kN.m/m distribuída ao longo do eixo da ponte, onde  $e=0,44\text{m}$  ( $1,87\text{m} - 2,69\text{m} / 2 = 0,53\text{m}$ ).

## 6.5 VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Será considerado um acréscimo/redução de temperatura de  $\pm 15^\circ\text{C}$  na laje do tabuleiro.

Será considerado um gradiente de temperatura de  $+7^\circ\text{C}$  na laje do tabuleiro.

## 6.6 PRESSÃO HIDRODINÂMICA

Pressão atuante nas estacas decorrente do fluxo de água. Essa pressão acontece nos 3 apoios centrais. Será determinada conforme as prescrições do item 7.3.6 da NBR7187:2021. O referido item estabelece que a pressão estática equivalente seja dada por:

$$P(v_a) = k \cdot v_a^2$$

Onde:

P é a pressão estática equivalente, em  $\text{kN/m}^2$

K é um coeficiente dimensional, cujo valor depende da forma da estrutura e do ângulo de incidência.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>35/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

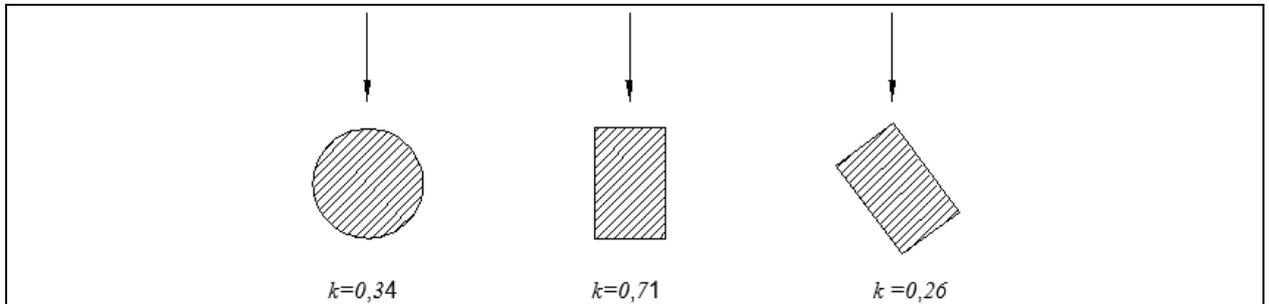


Figura 28 – Valores da constante k em função da forma do elemento e do ângulo de incidência do fluxo

Foi estimada uma velocidade de 3,0m/s.

- Cálculo da pressão para as estacas:

$$p(v_a) = 0,34 \cdot 3,00^2 = 3,06 \text{ kN/m}^2$$

Considerando a estaca com diâmetro de 0,41m, a força distribuída em cada estaca é dada por:

$$Q = 3,06 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,41 \text{ m} = 2,23 \text{ kN/m}$$

Essa carga será aplicada nos 3,5m iniciais das estacas, que é a altura estimada da lâmina d'água.

- Cálculo da pressão para os blocos:

$$p(v_a) = 0,71 \cdot 3,00^2 = 6,39 \text{ kN/m}^2$$

## 6.7 PRESSÃO HIDRODINÂMICA EM FUNÇÃO DO ACÚMULO DE DETRITOS

A possível ocorrência de detritos pode causar o bloqueio parcial do leito do rio e aumentar a pressão da água nos apoios da ponte. Será considerada pressão nos elementos da estrutura que podem ser submersos. A área de acúmulo de detritos, dada pela área do triângulo abaixo, é calculada conforme item 7.3.6.2 da NBR 7187:2021:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>36/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

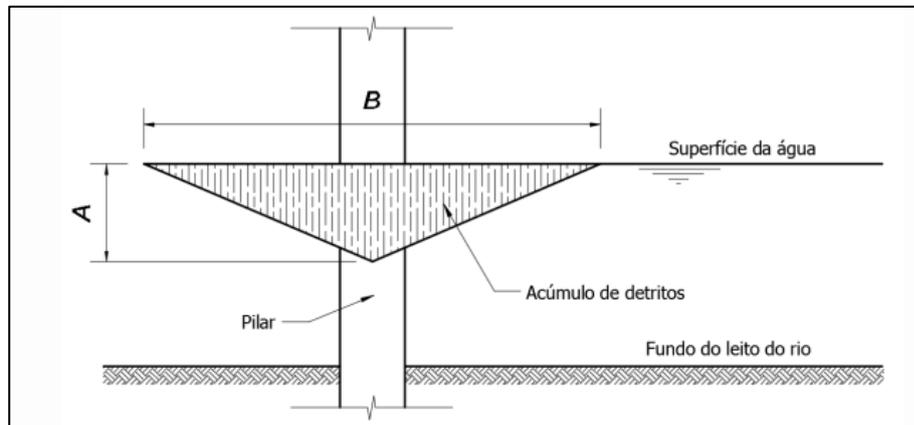


Figura 29 – Geometria do acúmulo de detritos.

$$\text{Dimensão } A: \leq \begin{cases} h/2 \\ 3,0m \end{cases} \rightarrow A = 1,75m$$

Sendo  $h$  a profundidade da água igual a 3,50m.

$$\text{Dimensão } B: \leq \begin{cases} \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} \\ 12,0m + d \end{cases} \rightarrow B = 14,30m$$

Sendo  $L_1$  e  $L_2$  as larguras dos vãos adjacentes e  $d$  a largura do elemento estrutural.

$$L_1 = 27,0m$$

$$L_2 = 27,0m$$

$$d = 2,30m \text{ (largura do bloco)}$$

Admite-se a largura do bloco no lugar da largura das estacas em função da pequena proximidade da lâmina d'água máxima à face lateral do bloco de fundação.

$$\text{Área de acúmulo} = \frac{1}{2} A \cdot B = 12,50m^2$$

A pressão estática equivalente é dada por:

$$P(v_a) = k \cdot v_a^2$$

Onde:

$P$  é a pressão estática equivalente, em  $kN/m^2$

$K$  é um coeficiente dimensional, definido 0,71 para este tipo de situação.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>37/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

Foi estimada uma velocidade crítica do rio de 3,0m/s.

- Cálculo da pressão para as estacas:

$$p(v_a) = 0,71 \cdot 3,00^2 = 6,39kN/m^2$$

A força distribuída em cada apoio é dada por:

$$F = \frac{6,39kN}{m^2} \cdot 12,5m^2 = 79,9 kN \rightarrow 80kN$$

Essa carga será aplicada na profundidade A calculada, no trecho inicial das estacas. Considerando atuação do acúmulo de detritos nas duas estacas mais externas do apoio, a carga distribuída em cada estaca é dada por:

$$Q = \frac{80kN}{2} \frac{1}{1,75} = 22,9kN/m$$

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>38/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 7.0 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS

Os carregamentos atuantes na ponte em questão foram combinados de forma a obter uma envoltória de esforços para verificação dos estados limites últimos e estados limites de utilização. Para tal, as ações foram classificadas como ações permanentes e ações variáveis da seguinte forma:

Ações permanentes:

- Peso próprio dos elementos estruturais;
- Peso do capeamento;
- Recapeamentos futuros;
- Forças de protensão;
- Deformações impostas (retração e fluência).

Ações variáveis:

- Cargas móveis (Trem tipo e Frenagem / Aceleração);
- Carga de Vento;
- Variações de temperatura.

Frente ao grande número de carregamentos a qual a estrutura está sujeita, as cargas serão agrupadas segundo a sua natureza.

Apresenta-se em continuação a definição de cada uma das combinações elaboradas.

### 7.1 COMBINAÇÕES ÚLTIMAS NORMAIS

Segundo a NBR 8681:2004, item 5.1.3.1, as combinações últimas normais são dadas por:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + \gamma_q \cdot \left[ F_{q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{0j} \cdot F_{qj,k}) \right]$$

Onde:

$F_{Gi,k}$ , é o valor característico das ações permanentes;

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>39/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

$F_{q1,k}$ , é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação;

$\psi_{0j} \cdot F_{qj,k}$ , é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis.

## 7.2 COMBINAÇÕES ÚLTIMAS ESPECIAIS OU DE CONSTRUÇÃO

Segundo a NBR 8681:2004, item 5.1.3.2, as combinações últimas especiais ou de construção são dadas por:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + \gamma_q \cdot \left[ F_{q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{0j,ef} \cdot F_{qj,k}) \right]$$

Onde:

$F_{Gi,k}$  é o valor característico das ações permanentes,

$F_{q1,k}$  é o valor característico da ação variável admitida como principal para a situação transitória considerada;

$\psi_{0j,ef}$  é igual ao fator  $\psi_{0j}$  adotado nas combinações normais, salvo quando a ação principal  $F_{q1}$  tiver um tempo de atuação muito pequeno, caso em que  $\psi_{0j,ef}$ , pode ser tomado com o correspondente a  $\psi_{2j}$ .

## 7.3 COMBINAÇÕES ÚLTIMAS EXCEPCIONAIS

Segundo a NBR 8681:2004, item 5.1.3.3, as combinações últimas normais são dadas por:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + \gamma_q \cdot \left[ \sum_{j=1}^n (\psi_{0j,ef} \cdot F_{Qj,k}) \right]$$

Onde:

$F_{Q,exc}$  é o valor da ação transitória excepcional.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>40/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

#### 7.4 COMBINAÇÕES QUASE PERMANENTES DE SERVIÇO

Segundo a NBR 8681:2004, item 5.1.5.1, " Nas combinações quase permanentes de serviço, todas as ações variáveis são consideradas com seus valores quase permanentes  $\psi_{2j} \cdot F_{Qk}$ . Sendo assim, tem-se que:

$$F_{d,uti} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} F_{Qj,k}$$

#### 7.5 COMBINAÇÕES FREQUENTES DE SERVIÇO

Segundo a NBR 8681:2004, item 5.1.5.2, "nas combinações frequentes de serviço, a ação variável principal é tomada com seu valor frequente  $\psi_1 \cdot F_{Q1,k}$  e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores quase-permanentes  $\psi_{2j} \cdot F_{Qk}$ ". Sendo assim, tem-se que:

$$F_{d,uti} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 \cdot F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} \cdot F_{Qj,k})$$

#### 7.6 COMBINAÇÕES RARAS DE SERVIÇO

Segundo a NBR 8681:2004, item 5.1.5.3, "nas combinações raras de serviço, a ação variável principal  $F_{Q1}$  é tomada com o seu valor característico  $F_{Q1,k}$  e todas as demais ações são tomadas com seus valores frequentes  $\psi_{1j} \cdot F_{Qk}$ ". Sendo assim tem-se que:

$$F_{d,uti} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj,k})$$

#### 7.7 FATORES PARA AS COMBINAÇÕES ÚLTIMAS

Na elaboração das combinações normais e de construção utilizaram-se os fatores de majoração especificados no item 5.1.4.2 da NBR 8681:2004, que por sua vez são reproduzidos a seguir:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>41/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

**Tabela 2 — Ações permanentes diretas agrupadas**

Combinação	Tipo de estrutura	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Normal	Grandes pontes <sup>1)</sup>	1,30	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral <sup>2)</sup>	1,35	1,0
	Edificação tipo 2 <sup>3)</sup>	1,40	1,0
Especial ou de construção	Grandes pontes <sup>1)</sup>	1,20	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral <sup>2)</sup>	1,25	1,0
	Edificação tipo 2 <sup>3)</sup>	1,30	1,0
Excepcional	Grandes pontes <sup>1)</sup>	1,10	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral <sup>2)</sup>	1,15	1,0
	Edificação tipo 2 <sup>3)</sup>	1,20	1,0

<sup>1)</sup> Grandes pontes são aquelas em que o peso próprio da estrutura supera 75% da totalidade das ações.  
<sup>2)</sup> Edificações tipo 1 são aquelas onde as cargas acidentais superam 5 kN/m<sup>2</sup>.  
<sup>3)</sup> Edificações tipo 2 são aquelas onde as cargas acidentais não superam 5 kN/m<sup>2</sup>.

Figura 30 – Fatores de majoração para as cargas permanentes

**Tabela 5 — Ações variáveis consideradas conjuntamente<sup>1)</sup>**

Combinação	Tipo de estrutura	Coefficiente de ponderação
Normal	Pontes e edificações tipo 1	1,5
	Edificações tipo 2	1,4
Especial ou de construção	Pontes e edificações tipo 1	1,3
	Edificações tipo 2	1,2
Excepcional	Estruturas em geral	1,0

<sup>1)</sup> Quando as ações variáveis forem consideradas conjuntamente, o coeficiente de ponderação mostrado na tabela 5 se aplica a todas as ações, devendo-se considerar também conjuntamente as ações permanentes diretas. Nesse caso permite-se considerar separadamente as ações indiretas como recalque de apoio e retração dos materiais conforme tabela 3 e o efeito de temperatura conforme tabela 4.

Figura 31 – Fatores de majoração para as cargas variáveis

## 7.8 FATORES PARA AS COMBINAÇÕES DE SERVIÇO

Na elaboração das combinações normais e de construção utilizaram-se os fatores de majoração especificados no item 5.1.4.4 da NBR 8681:2004, que por sua vez são reproduzidos as seguir:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>	
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

<i>Ações</i>	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<i>Vento</i>			
<i>Pressões dinâmicas do vento nas estruturas em geral</i>	0,6	0,3	0
<i>Temperatura</i>			
<i>Variações uniformes de temperatura em relação a média anual local</i>	0,6	0,5	0,3
<i>Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos</i>			
<i>Passarelas de pedestres</i>	0,6	0,4	0,3
<i>Pontes rodoviárias</i>	0,7	0,5	0,3
<i>Pontes ferroviárias não especializadas</i>	0,8	0,7	0,5
<i>Pontes ferroviárias especializadas</i>	1	1	0,6
<i>Vigas de rolamento de pontes rolantes</i>	1	0,8	0,5

Figura 32 – Fatores de combinação de redução para as ações variáveis

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>		
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>43/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>		

## 7.9 COMBINAÇÕES ADOTADAS

Portanto, para a ponte em questão, foram adotadas as seguintes combinações:

Combinação 1: 1,00 x Cargas Permanentes Mínimas → Carregamento mínimo nominal da Ponte: PP + capeamento + guarda rodas;

Combinação 2: 1,00 x Cargas Permanentes Máximas → PP + capeamento + recapeamentos futuros + guarda-rodas;

Combinação 3: Verificação das longarinas para ELS-F durante a operação da ponte → 1,00 x Cargas Permanentes + 1,00 x Protensão Vigas + 0,5 x Cargas Móveis;

Combinação 4: Verificação das longarinas para ELS-D durante a operação da ponte → 1,00 x Cargas Permanentes + 1,00 x Protensão Vigas + 0,3 x Cargas Móveis;

Combinação 5: Verificação das longarinas para ELS-F durante a construção da ponte → 1,00 x Cargas Permanentes + 1,00 x Protensão Vigas + 0,5 x Cargas Móveis;

Combinação 6: Verificação das longarinas para ELS-D durante a construção da ponte → 1,00 x Cargas Permanentes + 1,00 x Protensão Vigas + 0,3 x Cargas Móveis;

Combinação 7: Verificação das longarinas ao ELU no ato da protensão → 1,00 x  $PP_{viga}$  + 1,10 x Protensão;

Combinação 8: ELU das longarinas, travessas, pilares, blocos e cintas – 1ª hipótese → 1,35 x Cargas Permanentes + 1,5 x Cargas Móveis + 1,5 x 0,6 x Vento + 1,5 x 0,6 x Temperatura;

Combinação 9: ELU das longarinas, travessas, pilares, blocos e cintas – 2ª hipótese → 1,35 x Cargas Permanentes + 1,5 x Cargas Móveis + 1,5 x 0,6 x Vento;

Combinação 10: ELU das lajes e transversinas – 1ª hipótese → 1,35 x Cargas Permanentes + 1,5 x Cargas Móveis + 1,5 x 0,6 x Vento + 1,5 x 0,6 x Temperatura;

Combinação 11: ELU das lajes e transversinas – 2ª hipótese → 1,35 x Cargas Permanentes + 1,5 x Cargas Móveis + 1,5 x 0,6 x Vento;

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>44/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Combinação 12: ELU das lajes e transversinas – 5ª hipótese → 1,1 x Cargas Permanentes + 1,0 x Impacto no Guarda Rodas + 0,6 x Cargas Móveis (sem CIA) + 0,6 x Vento;

Combinação 13: Carregamento máximo nominal para verificação da fadiga na armadura passiva das longarinas → 1,00 x Cargas Permanentes + 0,5 x Cargas Móveis;

Combinação 14: Carregamento máximo nominal para verificação da fadiga na armadura da laje do tabuleiro → 1,00 x Cargas Permanentes + 0,8 x Cargas Móveis;

Combinação 18: Cargas nas estacas – 1ª hipótese → 1,00 x Cargas Permanentes Máximas + 1,0 x Cargas Móveis + 1,0 x Vento + 1,0 x Temperatura;

Combinação 19: Cargas nas estacas – 1ª hipótese → 1,00 x Cargas Permanentes Máximas + 1,0 x Cargas Móveis + 1,0 x Vento.

Combinação 20: Verificação da flecha nas longarinas para ELS-DEF → 1,00 x Cargas Permanentes Máximas + 0,3 x Cargas Móveis.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>45/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 8.0 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DO TABULEIRO

### 8.1 ESFORÇOS SOLICITANTES

Para análise da laje foram consideradas duas etapas de dimensionamento. Na 1ª etapa será calculado o tabuleiro com espessura de 22cm e na 2ª etapa será feito a verificação das pré-lajes

- Direção Longitudinal

- Md = 33,0 kN.m

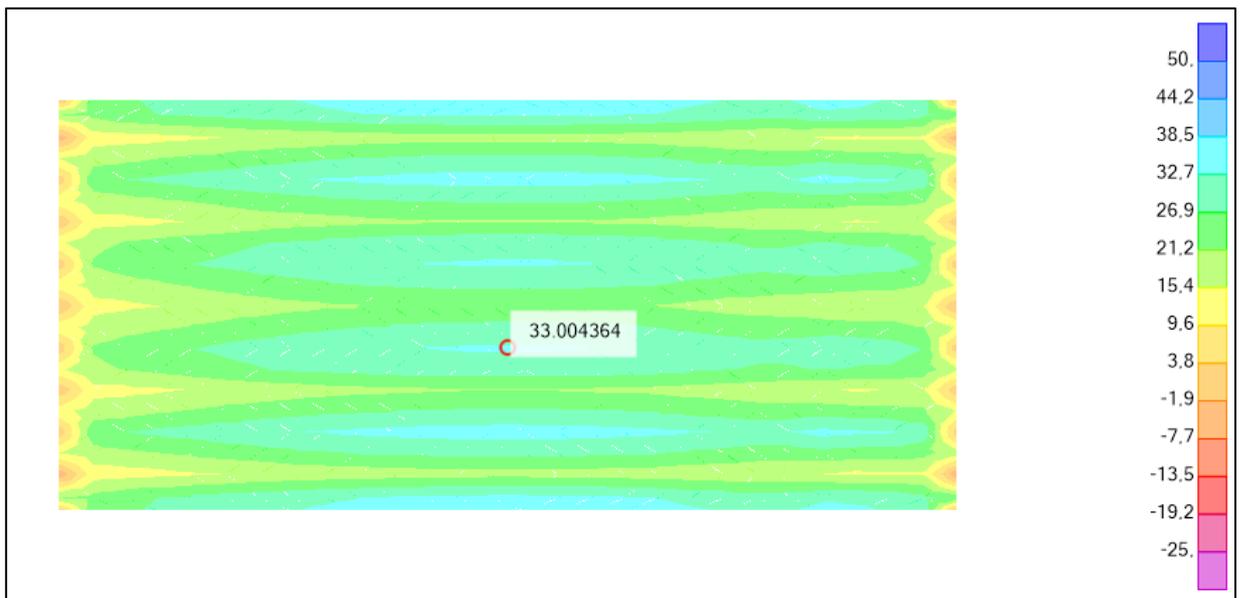


Figura 33 – Envoltória de Momento Fletor Máximo

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>46/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

- Direção Transversal

- Nd = 45 kN/m

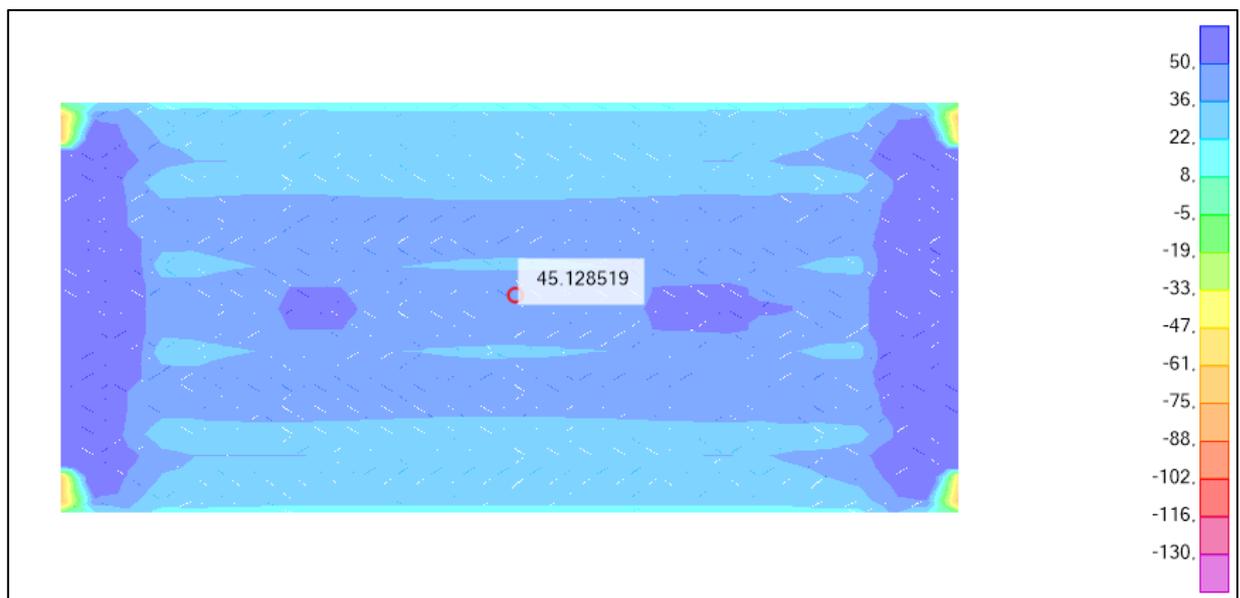


Figura 34 – Envolvória de Força Normal Máxima – kN/m

- Md = 62,0 kN.m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>47/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

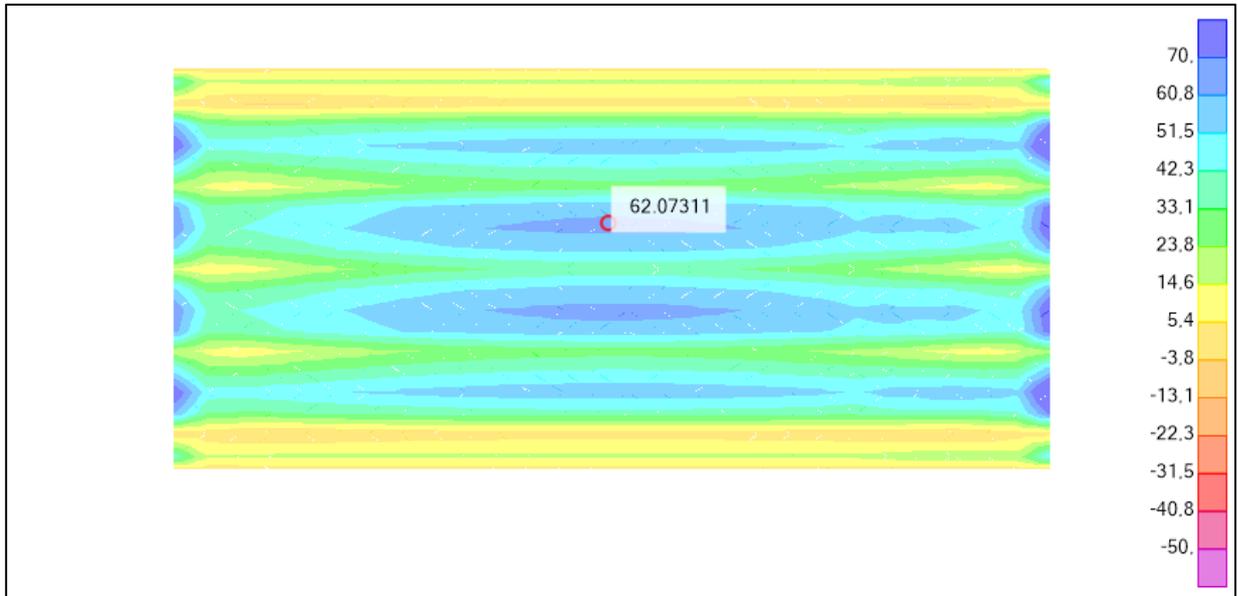


Figura 35 – Envoltória de Momento Fletor Máximo – kN.m/m – Meio do Vão

- Md = 49 kN.m

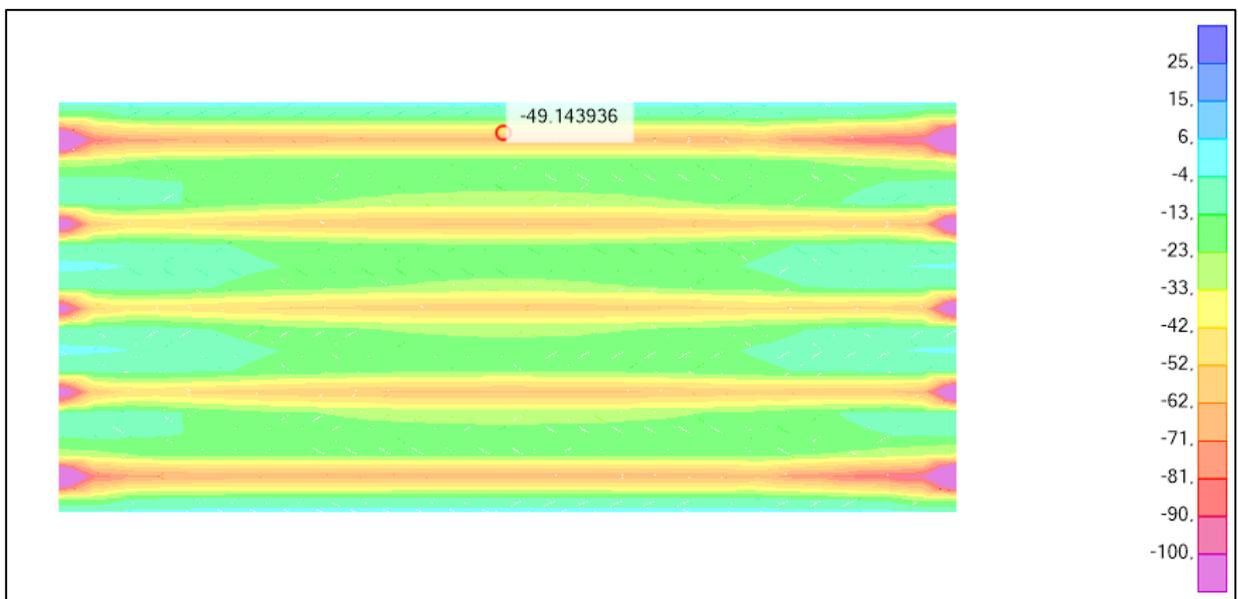


Figura 36 – Envoltória de Momento Fletor Mínimo – kN.m/m – Meio do Vão

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	<b>48/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	<b>1</b>

- Md = -57 kN.m/m

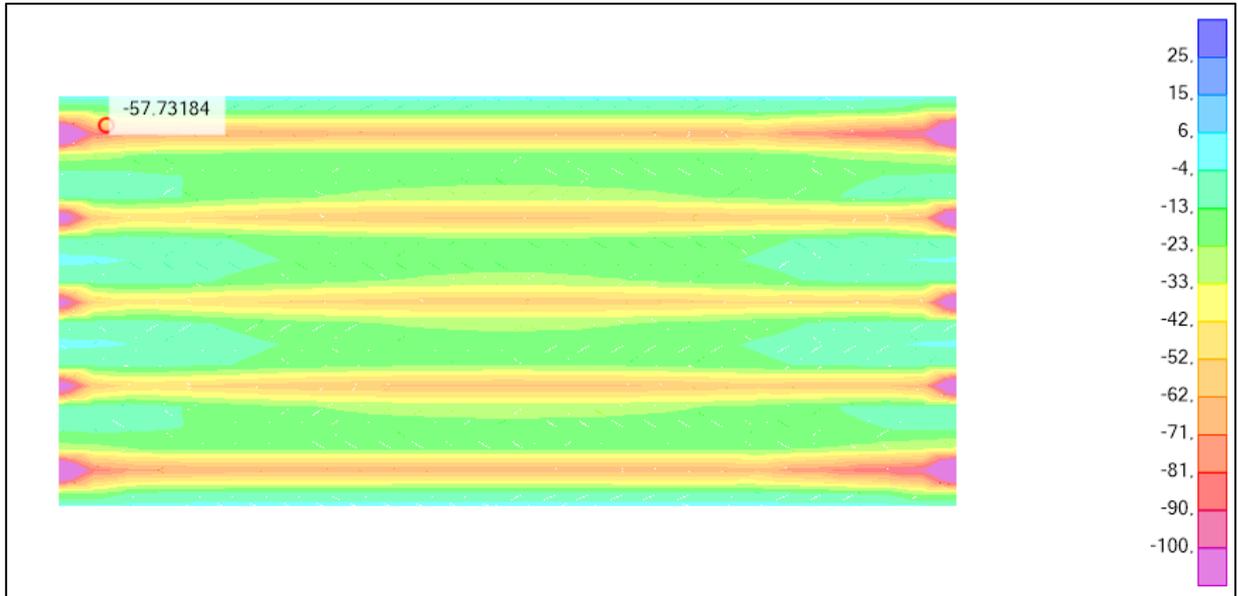


Figura 37 – Envoltória de Momento Fletor Mínimo – kN.m/m – Extremidade

- Vd = 100 kN/m

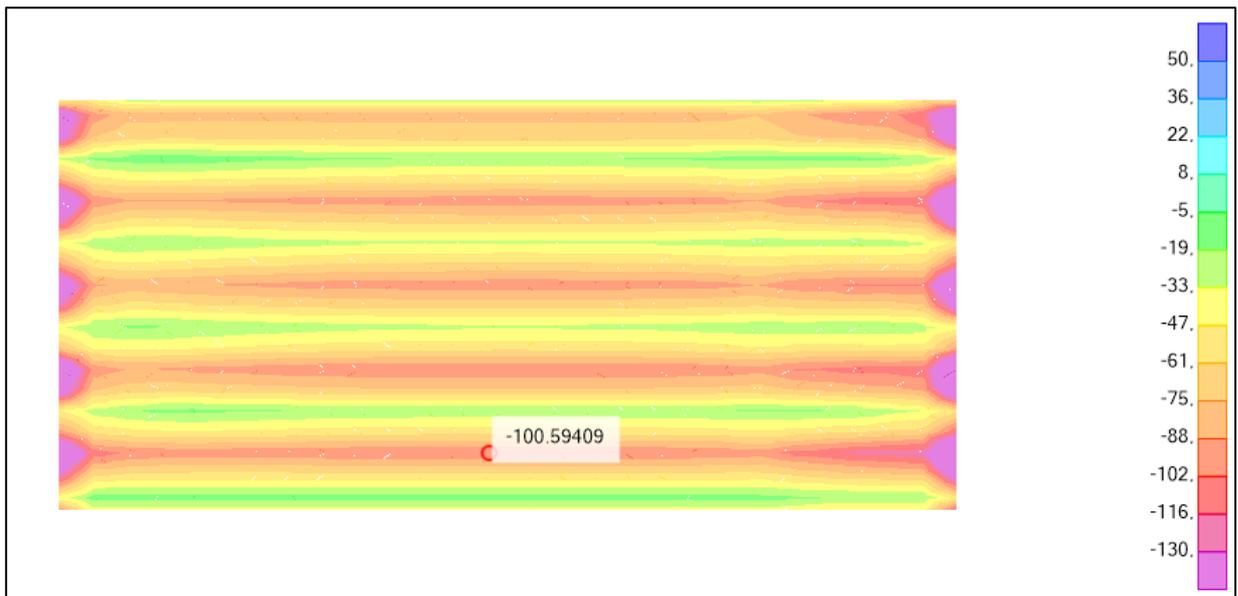


Figura 38 – Envoltória de Força Cortante – kN/m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA		
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA	
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	49/197	
		Nº JMSOUTO	REV.	
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1	

*Tabela - Esforços Críticos Tabuleiro*

Direção	Momento fletor		Esforço	Esforço
	Máximo	Mínimo	Normal	Cortante
Longitudinal	33,0	-	0,0	-
Transversal - Meio do vão	62,0	-49,0	45,0	100,5
Transversal - Extremidades	62,0	-57,0	45,0	-

## 8.2 DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES NORMAIS

- Cálculo da armadura

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Inferior Longitudinal	100,00	22,00	13,00	9,00	33,0	0,00	6,09	Ø 10 c.12,5	0,00	0,00	3,94	
Armadura Superior Transversal - Meio do Vão	100,00	22,00	17,00	5,00	49,0	45,00	7,52	Ø 10 c.10	0,00	0,00	3,94	
Armadura Superior Transversal - Extremidades	100,00	22,00	17,00	5,00	57,0	45,00	8,69	Ø 12,5 c.12,5	0,00	0,00	3,94	
Armadura Inferior Transversal - Meio do Vão	100,00	22,00	17,00	5,00	62,0	45,00	9,43	Ø 12,5 c.12,5	0,00	0,00	3,94	

- Verificação de Fadiga

VERIFICAÇÃO DA FADIGA NA ARMADURA												
Identificação	Md,serv.máx (kN.m)	σ,max (MPa)	Md,serv.Mín. (kN.m)	σ,mín (MPa)	Bitola adotada (mm)	Δσ	Δfsd,fad, mín	K,fad	As,fad	K,fiss	As,fiss	As Adotada
Armadura Inferior Longitudinal	17,00	252,45	1,00	15	10,0	237,60	190	1,25	7,62	1,00	7,62	Ø 10 c.10
Armadura Superior Transversal - Meio do Vão	2,00	18,40	-31,00	-285	16,0	303,66	190	1,60	12,02	1,00	12,02	Ø 12,5 c.10
Armadura Superior Transversal - Extremidades	2,00	15,93	-27,00	-215	12,5	230,95	190	1,22	10,56	1,00	10,56	Ø 12,5 c.10
Armadura Inferior Transversal - Meio do Vão	33,00	242,21	-10,00	-73	12,5	315,60	190	1,66	15,66	1,00	15,66	Ø 16 c.12,5

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>50/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

Devido o acréscimo na armadura devido a verificação da fadiga e fissuração, a armação adotada será a representada na verificação da fadiga.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>51/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

### 8.3 DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES TANGENCIAIS

Para verificar o cisalhamento, verificou-se primeiro se a seção de concreto resiste aos esforços solicitantes sem a necessidade de armaduras transversais. Tomando como a ABNT NBR 6118:2014 temos que caso  $V_{sd} \leq V_{Rd1}$  não é necessário armar elementos lineares com  $b_w \geq 5d$  ao cisalhamento.

Sendo a força cortante de cálculo dada por:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \times k \times (1,2 + 40\rho_1) + 0,15\sigma_{cp}] \times b_w \times d$$

Onde:

$\tau_{Rd} = 0,25 \times \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$ , sendo  $\tau_{Rd}$  a tensão resistente de cálculo do concreto ao cisalhamento

k é um coeficiente estabelecido por norma;

$\rho_1 = \frac{As_1}{b_w \times d}$  é a taxa de armadura da seção em análise;

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c}$ , é a tensão de compressão atuante na seção em análise.

- Laje do Tabuleiro

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA		
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA	
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	52/197	
		Nº JMSOUTO	REV.	
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1	

<b>Dados</b>			
<i>Base da Seção de Concreto (<math>b_w</math> ou <math>b_f</math>)</i>		1,00	m
<i>Altura da Seção de Concreto (<math>h</math>)</i>		0,220	m
<i>Cobrimento (<math>d'</math>)</i>		0,040	m
<i>Área de armação longitudinal (<math>A_s</math>)</i>		20,00	cm <sup>2</sup>
<i>Área de concreto (<math>A_c</math>)</i>		0,220	m <sup>2</sup>
<i>Resistência nominal do concreto (<math>f_{ck}</math>)</i>		40	MPa
<i>Resistência de cálculo (<math>f_{ywd}</math>)- Item 19.4.2</i>		363	MPa
<i>Coefficiente de minoração da resistência (<math>\gamma_c</math>)</i>		1,40	
<b>Modelo I ( NBR 6118/2014: 19.4.1 )</b>			
<b>Fases</b>			
$f_{ctd}$	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,75	MPa
$k$	Valor absoluto de: $1,6 - d$	1,42	m
$\rho$	$A_s / (b_w \cdot d)$	0,0111	
$\sigma_{cp}$	$N_s / (b_w \cdot h)$	0,00	MPa
$V_{Rd1}$	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot r) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	184,35	kN

É possível notar que não existem esforços superiores a  $V_{Rd1}$  atuando no tabuleiro, portanto, a seção resiste as solicitações transversais sem a necessidade de armaduras.

✓ Verificação da Placa Pré-Moldada:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	53/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

Flecha máxima - Lajota					
Vão(m)	b (m)	fck (MPa)	e <sub>lajota</sub> (m)	d (m)	d' (m)
1,65	1,00	40	0,08	0,045	0,035
e <sub>Tabuleiro</sub> (m)		γ(kN/m³)	PP (kN/m²)	PP <sub>conc</sub> (kN/m²)	SC(kN/m²)
0,22		25	2,00	3,5	1,00
E(Mpa)	I(m⁴)	q(kN/m)	M <sub>k</sub> (kN.m)	V <sub>k</sub> (kN)	γ <sub>f</sub>
28688,18	4,26667E-05	6,50	2,212	5,363	1,4
α	y <sub>i</sub> (m)	fct (MPa)	M <sub>r</sub> (kN.m)	Δ <sub>max</sub> (cm)	Δ <sub>adm</sub> (cm)
1,5	0,04	3,51	5,6141	0,0513	0,660
Flexão Normal - Fase Construção - Lajota					
Vão(m)	b (m)	fck (MPa)	e <sub>lajota</sub> (m)	d (m)	d' (m)
1,65	1,00	40	0,08	0,045	0,035
M <sub>d</sub> (kN.m)	e <sub>Tabuleiro</sub> (m)	γ(kN/m³)	PP (kN/m²)	PP <sub>conc</sub> (kN/m²)	SC(kN/m²)
3,10	0,22	25	2,00	3,5	1,00
A <sub>S</sub> Calculado (cm²)		A <sub>S</sub> ' (cm²)		A <sub>S</sub> Existente (cm²)	
1,64		0,00		16,00	
A <sub>S</sub> Min (cm²)		ΔA <sub>S</sub>		STATUS	
1,43		878%		OK! Armadura atende	
Correção da Armadura - Lajota					
e <sub>lajota</sub> (m)	e <sub>Tabuleiro</sub> (m)	γ(kN/m³)	PP (kN/m²)	PP <sub>conc</sub> (kN/m²)	SC(kN/m²)
0,08	0,22	25	2,00	3,5	0,00
A <sub>S</sub> Calculado Pré Laje (cm²)		F <sub>As0</sub> (kN)	f <sub>y0</sub> (kN/cm²)	f <sub>yd</sub> (kN/cm²)	f <sub>yFINAL</sub> (kN/cm²)
1,33		41,19	2,57	43,48	40,90
M <sub>d,Max</sub> (kN.m)	M <sub>d,0</sub> (kN.m)	M <sub>Laje</sub> (kN.m)	K <sub>fad</sub>	A <sub>SUT</sub> (cm²)	A <sub>SFINAL</sub> (cm²)
62,0000	2,53	59,47	1,66	7,68	13,55
Verificação ao Cisalhamento					
fck (MPa)	fct (MPa)	γ <sub>c</sub>	fct <sub>d</sub> (MPa)	fc <sub>d</sub> (MPa)	a <sub>v2</sub>
40	3,51	1,4	1,75	28,57	0,84
k	ρ	V <sub>d</sub> (kN)	V <sub>Rd1</sub> (kN)	V <sub>Rd2</sub> (kN)	Verif.
1,56	0	7,51	36,83	291,60	OK! Vd<VRd1

#### 8.4 DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DA LAJE DE CONTINUIDADE

- Esforço normal máximo

- Nd = 408,41 kN/m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>54/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

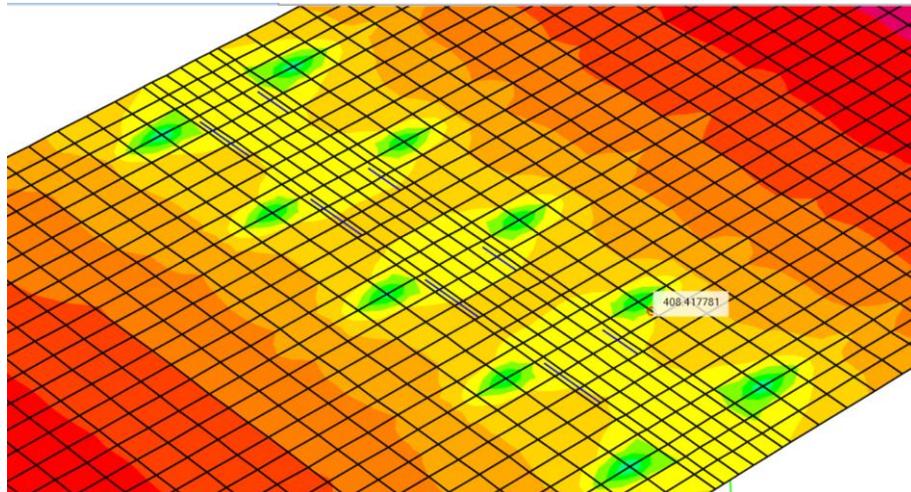


Figura 39 – Esforço normal – Laje de continuidade (kN/m)

- Momento fletor mínimo
- $M_d = 132,24 \text{ kN.m/m}$

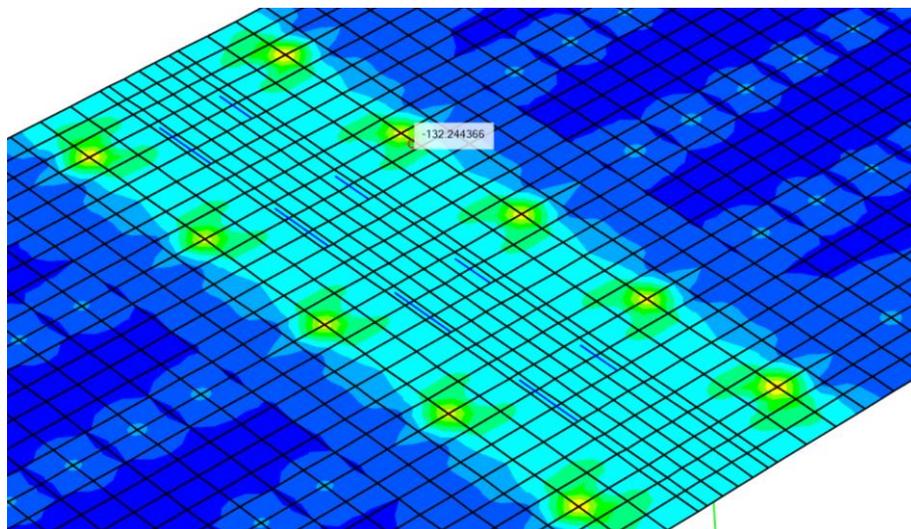


Figura 40 – Momento fletor – Laje de continuidade (kN.m/m)

- Momento fletor máximo
- $M_d = 25,47 \text{ kN.m/m}$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>55/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

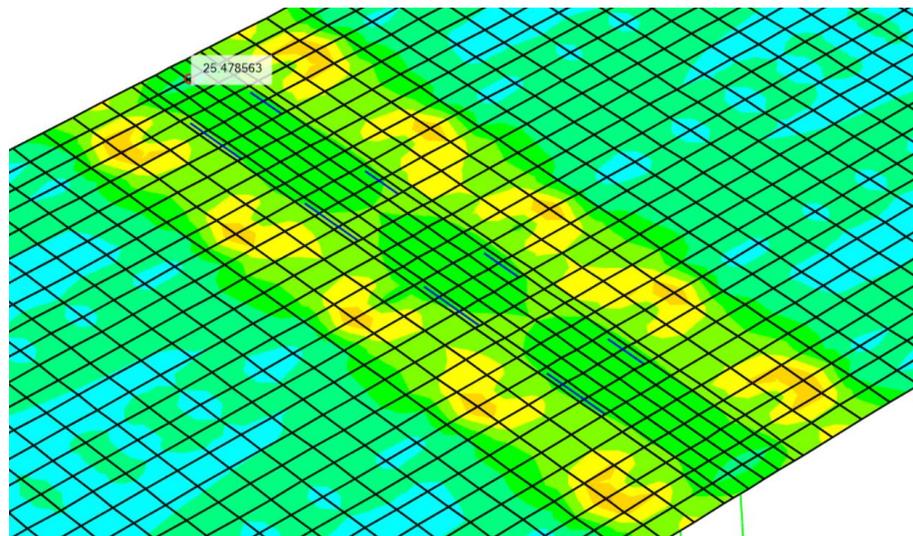


Figura 41 – Momento fletor – Laje de continuidade (kN.m/m)

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	35,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Laje de continuidade - Arm. Inferior	100,00	20,00	11,00	9,00	25	408,41	<b>14,07</b>	Ø 16 c.10	<b>0,00</b>		<b>3,28</b>
Laje de continuidade - Arm. Superior	100,00	20,00	15,00	5,00	132	408,41	<b>29,17</b>	Ø 20 c.10	<b>0,00</b>		<b>3,28</b>

VERIFICAÇÃO DA FADIGA NA ARMADURA												
Identificação	Md,serv.máx (kN.m)	σ,max (MPa)	Md,serv.Mín. (kN.m)	σ,mín (MPa)	Bitola adotada (mm)	Δσ	Δfsd,fad, mín	K,fad	As,fad	K,fiss	As,fiss	As Adotada
Laje de continuidade - Arm. Inferior	0,00	0,00	-44,00	-335	16,0	334,50	190	1,76	24,77	1,00	24,77	Ø 16 c.10 (sobre pré-laje) Ø 8 C/10 (fundo da laje)
Laje de continuidade - Arm. Superior	-33,00	-88,73	-70,00	-188	20,0	99,49	185	1,00	29,17	1,00	29,17	Ø 20 c.10

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>56/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 9.0 DIMENSIONAMENTO DO GUARDA RODAS

Foi considerada uma carga pontual de 100kN aplicada no topo do guarda-rodas. Convertendo-a em um carregamento linear e computando o efeito do espraçamento a 45°, tem-se:

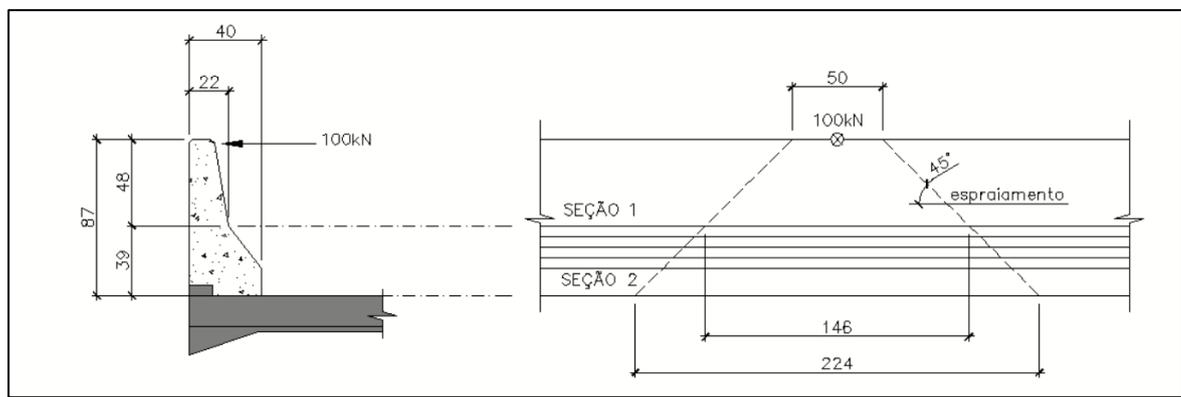


Figura 42 – Esquema de cálculo do guarda rodas

- O momento fletor gerado na Seção 1, cuja largura é 22cm, (ver Figura 42) é:  
 $M_1 = 100kN * 0,48m = 48,0kN.m$  distribuído em 146cm;

Portanto, o valor do esforço de flexão por metro, nesta seção, é:

$$M_{sd,1} = 1,4 * 48,0kN.m / 1,46m = 46,1kN.m/m$$

- O momento fletor gerado na Seção 2, cuja largura é 40cm, (ver Figura 42) é:  
 $M_2 = 100kN * 0,87m = 87,0kN.m$  distribuído em 224cm;

Portanto, o valor do esforço de flexão por metro, nesta seção, é:

$$M_{sd,2} = 1,4 * 87,0kN.m / 2,24m = 54,4kN.m/m$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura vertical - Trecho seção 1	100,00	22,00	18,00	4,00	46,1	0,00	<b>6,07</b>	Ø10 c.10	<b>0,00</b>		<b>3,94</b>	
Armadura vertical - Trecho seção 2	100,00	40,00	36,00	4,00	54,4	0,00	<b>3,51</b>	Ø10 c.10	<b>0,00</b>		<b>7,16</b>	

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>58/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 10.0 DIMENSIONAMENTO DAS LONGARINAS

### 10.1 PROTENSÃO

Nesta análise, será considerado concreto protendido nível 2: Protensão limitada (pós-tração).

Para os cabos de protensão, será adotado aço CP-190RB, com 12 cordoalhas  $\phi 12.7$  mm. Área de uma cordoalha  $\phi 12.7$  mm = 0,987 cm<sup>2</sup> → Área do cabo com 12  $\phi 12.7$  mm = 12x0,987 = 11,844 cm<sup>2</sup>.

Coeficientes de perda por atrito:  $\mu = 0,2$ ;  $k = 0,002$  rad/m e acomodação das ancoragens de 6 mm.

Tensão de aplicação da protensão  $\sigma_{pi}$ :

$$\sigma_{pi} = \text{menor valor entre } 0,74 f_{ptk} \text{ e } 0,82 f_{pyk} \text{ (aços RB)}$$

$$\sigma_{pi} = 0,74 \times 1900 = 1406 \text{ MPa e } 0,82 \times 1710 = 1402 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow \sigma_{pi} = 1402 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow P_i = 11,884 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 1402 \times 10^3 \text{ kN/m}^2 = 1666,13 \text{ kN} \Rightarrow \text{será adotada força de protensão de } 1650 \text{ kN.}$$

Serão adotados 3 cabos em cada longarina.

Para o dimensionamento da longarina serão consideradas três etapas:

- Na 1ª etapa, faz-se a protensão de 100% da força dos cabos, com a longarina isolada, para conseguir suportar seu peso próprio; São consideradas apenas as perdas imediatas devido ao atrito e ao encurtamento do concreto;
- Na 2ª etapa, após fazer o içamento da longarina, carrega se a mesma com o peso próprio da laje e das transversinas, além de uma sobrecarga de construção de 1 kN/m<sup>2</sup>. São consideradas as perdas imediatas devido ao atrito, à

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>59/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

acomodação das ancoragens e ao encurtamento do concreto. A longarina ainda é considerada isolada, sem contribuição da laje em sua inércia;

- Na 3ª etapa faz-se a verificação no tempo infinito, com a atuação de todas as cargas (permanentes totais e móvel) e todas as perdas de protensão, com a laje incorporada na seção transversal.

## 10.2 VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES

Para concreto protendido nível 2: Protensão limitada (pós-tração), devem ser verificadas duas condições:

ELS-F, para combinação frequente – 2ª e 3ª etapas de verificação;

ELS-D, para combinação quase permanente – 2ª e 3ª etapas de verificação.

Também deve ser atendida a condição para ELU no ato da protensão – 1ª etapa de verificação.

Tensões admissíveis na longarina:

$$\sigma_{c,adm} = 0,7 * f_{ck} = 0,7 * 40 \rightarrow \sigma_{c,adm} = 28,0MPa$$

$$\sigma_{t,adm} = 1,2 * 0,7 * 0,3 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 1,2 * 0,7 * 0,3 * 40^{\frac{2}{3}} \rightarrow \sigma_{t,adm} = 2,94MPa$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	60/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- ELS-F – 3ª Etapa de Verificação - Tensão na face superior:

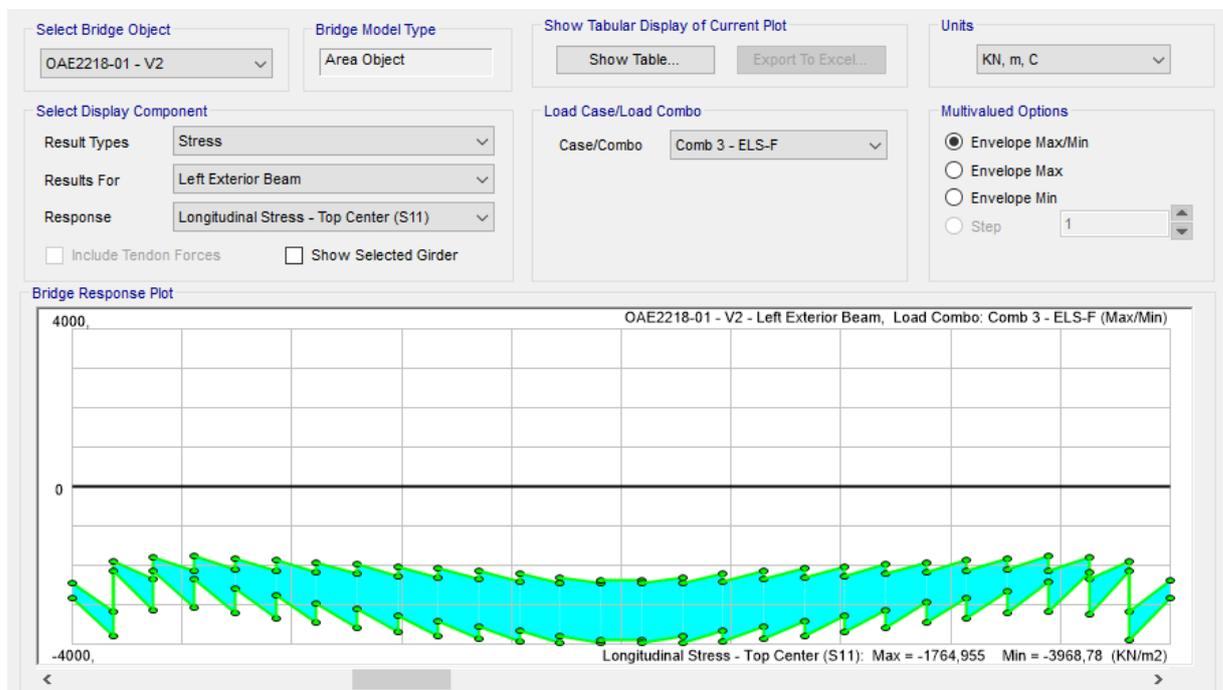


Figura 43 – Tensão na face superior da longarina – ELS-F – 3ª Etapa

$$\sigma_c = 3,97 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	61/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- ELS-F – 3ª Etapa de Verificação - Tensão na face inferior:

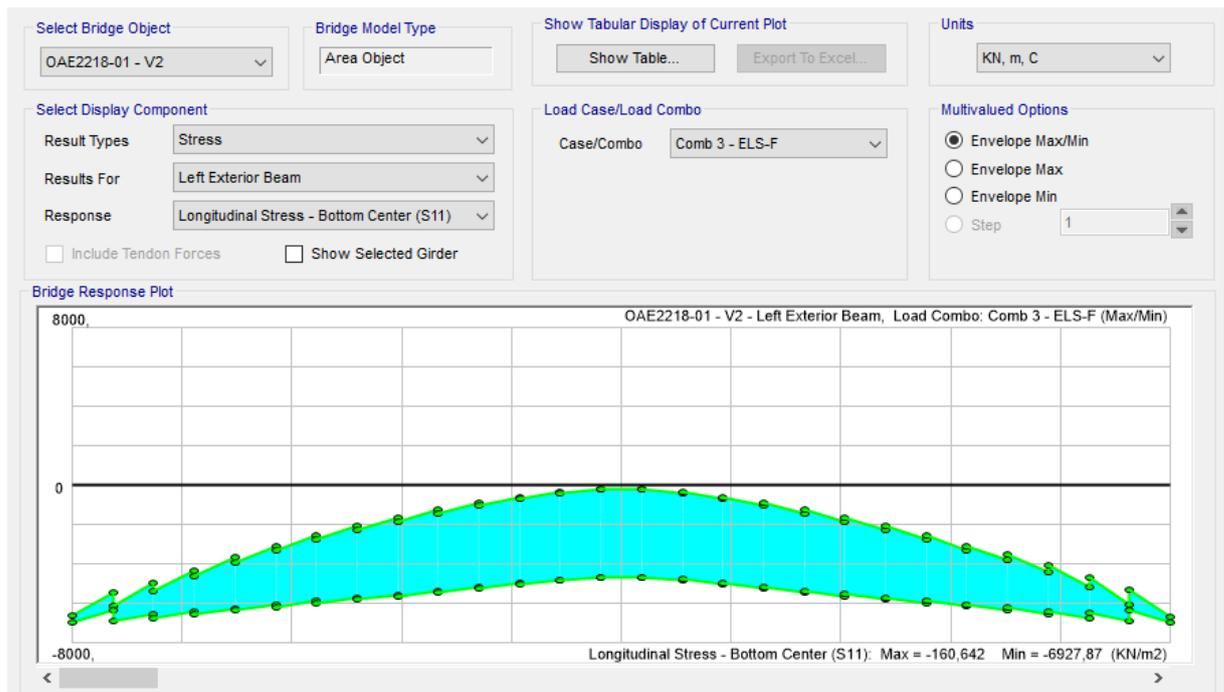


Figura 44 – Tensão na face inferior da longarina – ELS-F - 3ª Etapa

$$\sigma_t = 0,16 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	62/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- ELS-D – 3ª Etapa de Verificação - Tensão na face superior:

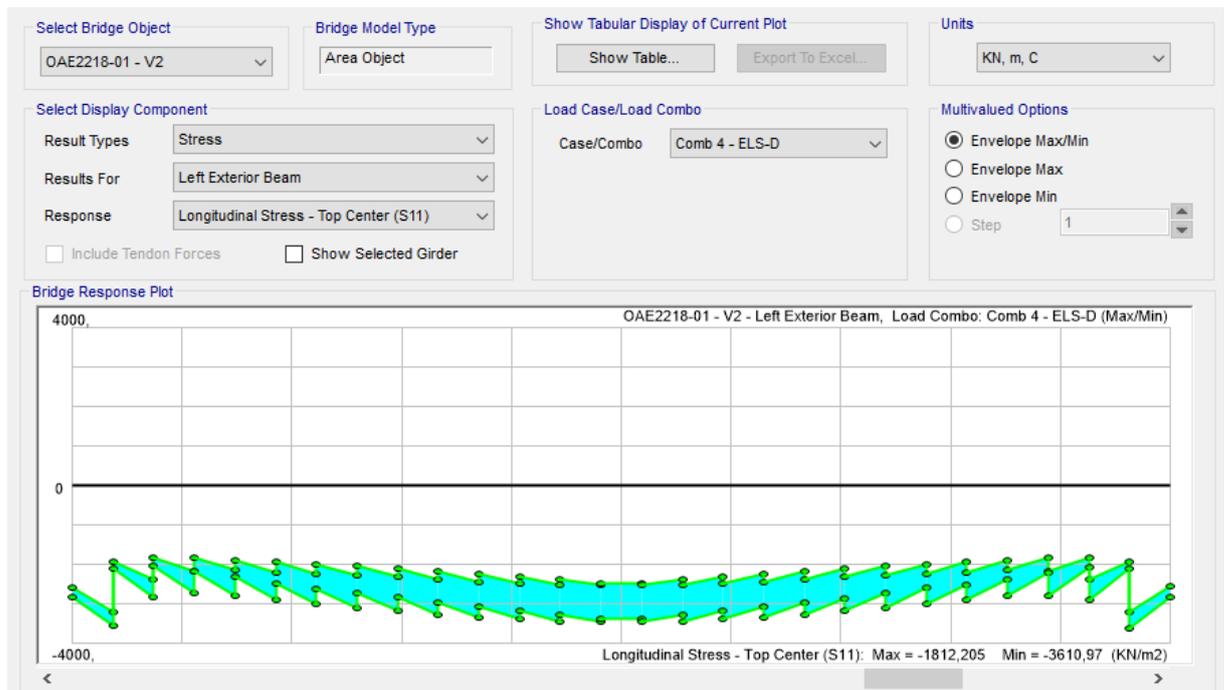


Figura 45 – Tensão na face superior da longarina – ELS-D – 3ª Etapa

$$\sigma_c = 4,7 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>63/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- ELS-D – 3ª Etapa de Verificação - Tensão na face inferior:

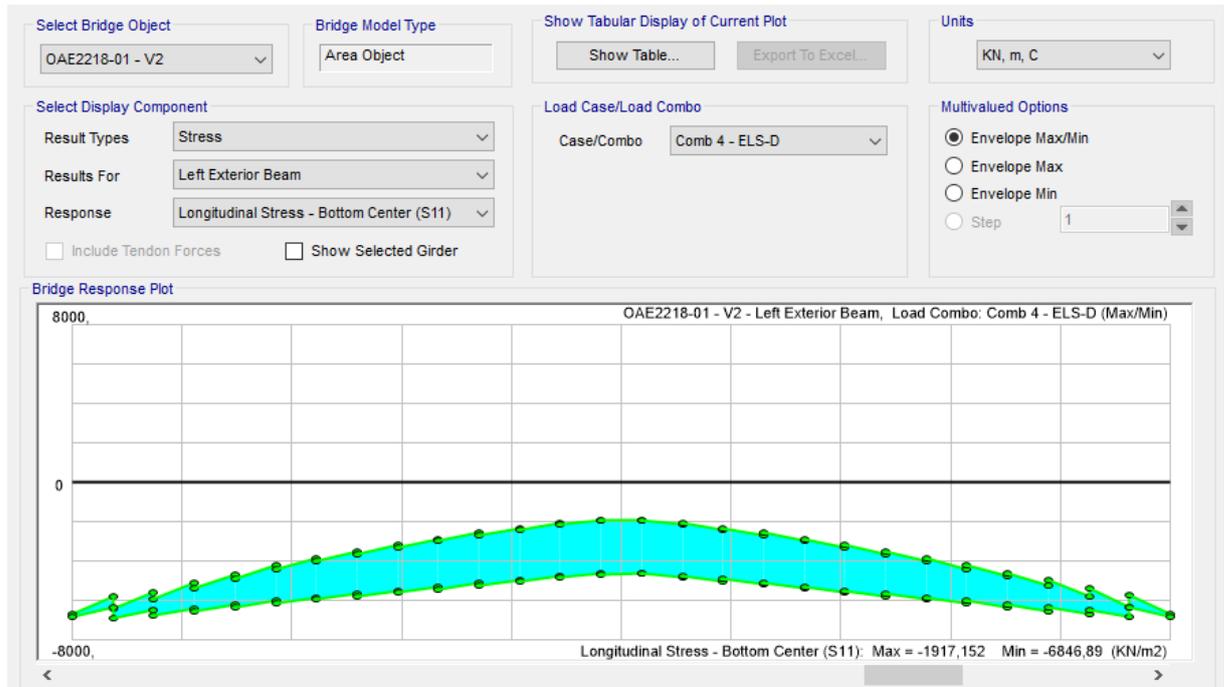


Figura 46 – Tensão na face inferior da longarina – ELS-D – 3ª Etapa

$$\sigma_c = -1,9 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>64/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- ATO DA PROTENSÃO – 1ª Etapa de Verificação - Tensão na face superior:

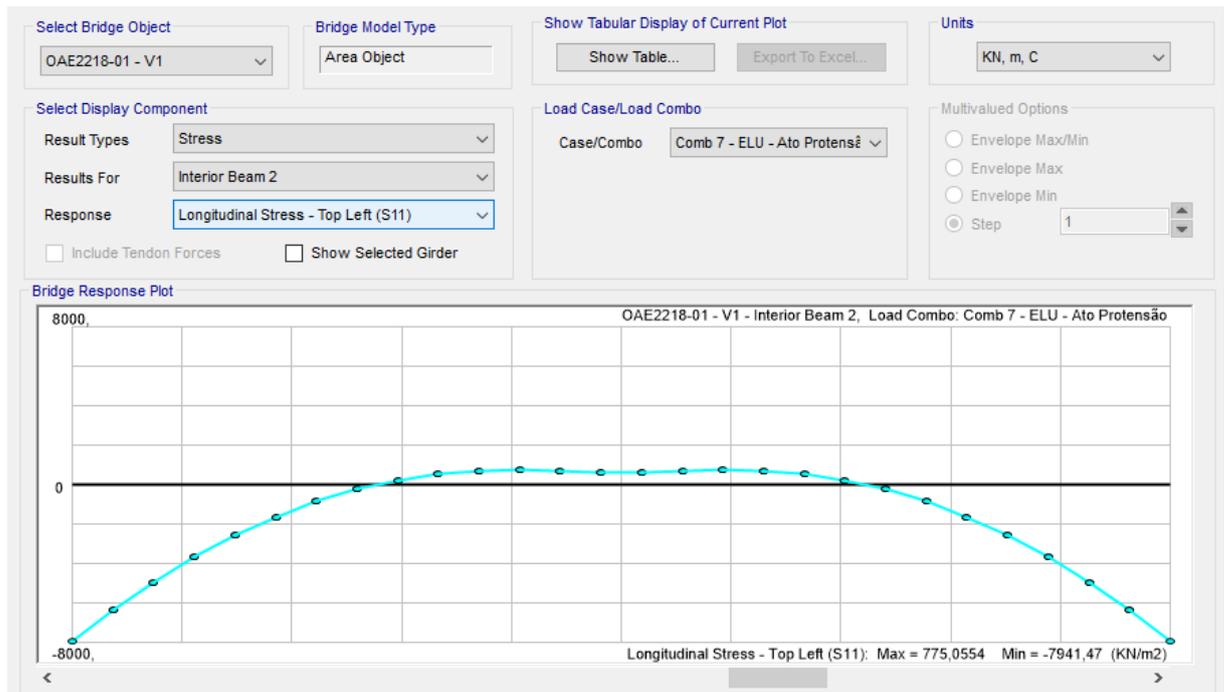


Figura 47 – Tensão na face superior da longarina – Ato da protensão – 1ª Etapa

$$\sigma_c = 0,78 \text{ MPa} < \sigma_{t,adm} = 2,94 \text{ MPa}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	65/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- ATO DA PROTENSÃO – 1ª Etapa de Verificação - Tensão na face inferior:

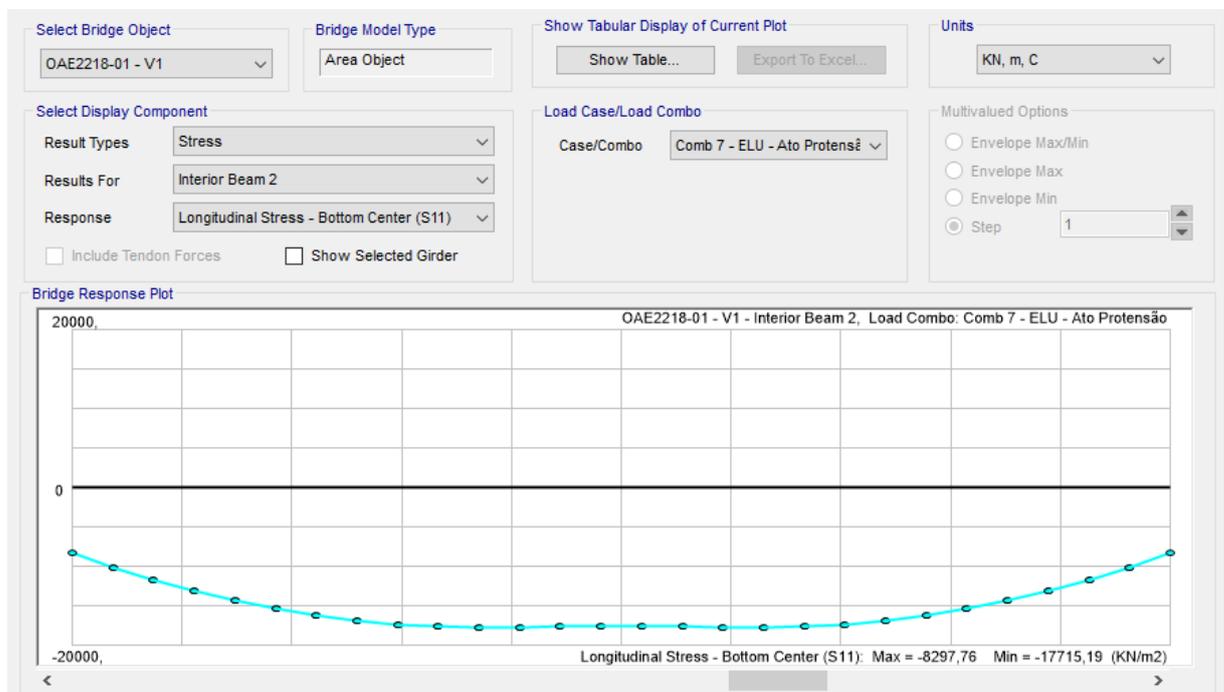


Figura 48 – Tensão na face inferior da longarina – Ato da protensão – 1ª Etapa

$$\sigma_c = 17,7 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

Resistência mínima da viga para a protensão

$$f_{ck,min} = 17,7/0,7 = 25,28 \text{ MPa} \rightarrow \text{será adotado } 30 \text{ MPa}$$

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>66/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Tempo(dias)	$\beta(t)$	$f_{ckj}(kN/m^2)$
3	0,46	18319,39
4	0,54	21402,21
5	0,59	23798,80
6	0,64	25738,44
7	0,68	27354,46
8	0,72	28730,65
9	0,75	29922,85
10	0,77	30969,96
28	1,00	40000,00

- ELS-F – 2ª Etapa de Verificação - Tensão na face superior:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	67/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

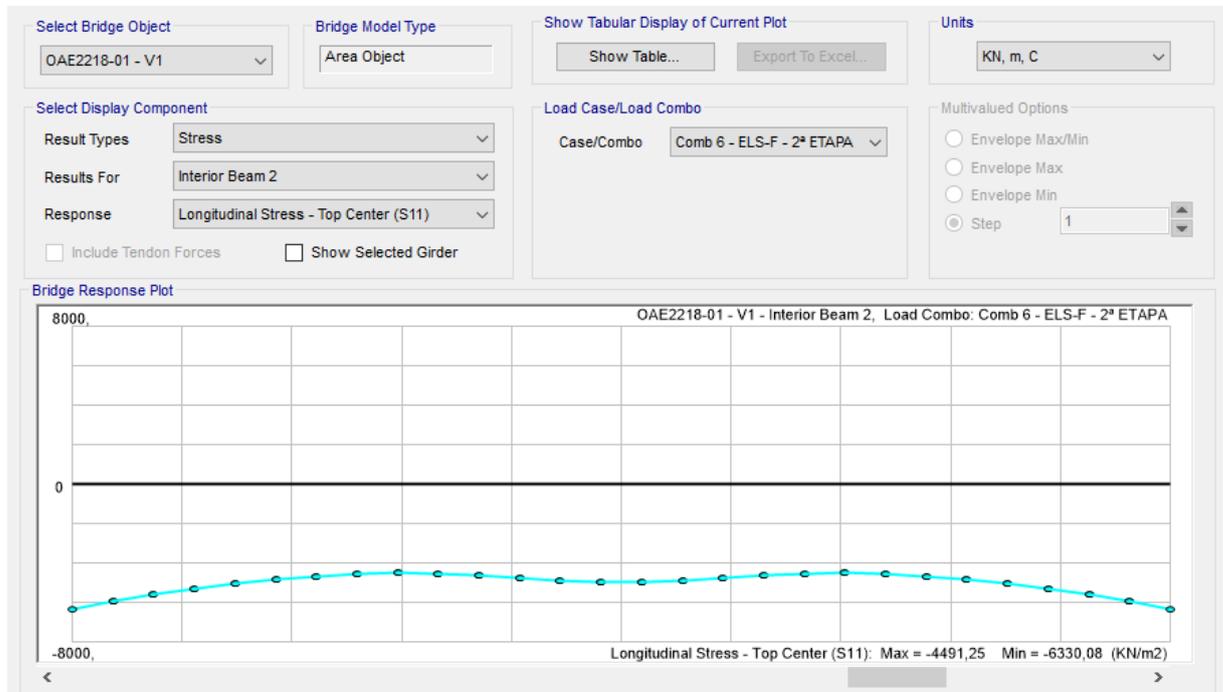


Figura 49 – Tensão na face superior da longarina – ELS-F – 2ª Etapa

$$\sigma_c = 6,3 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	68/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- ELS-F – 2ª Etapa de Verificação - Tensão na face inferior:

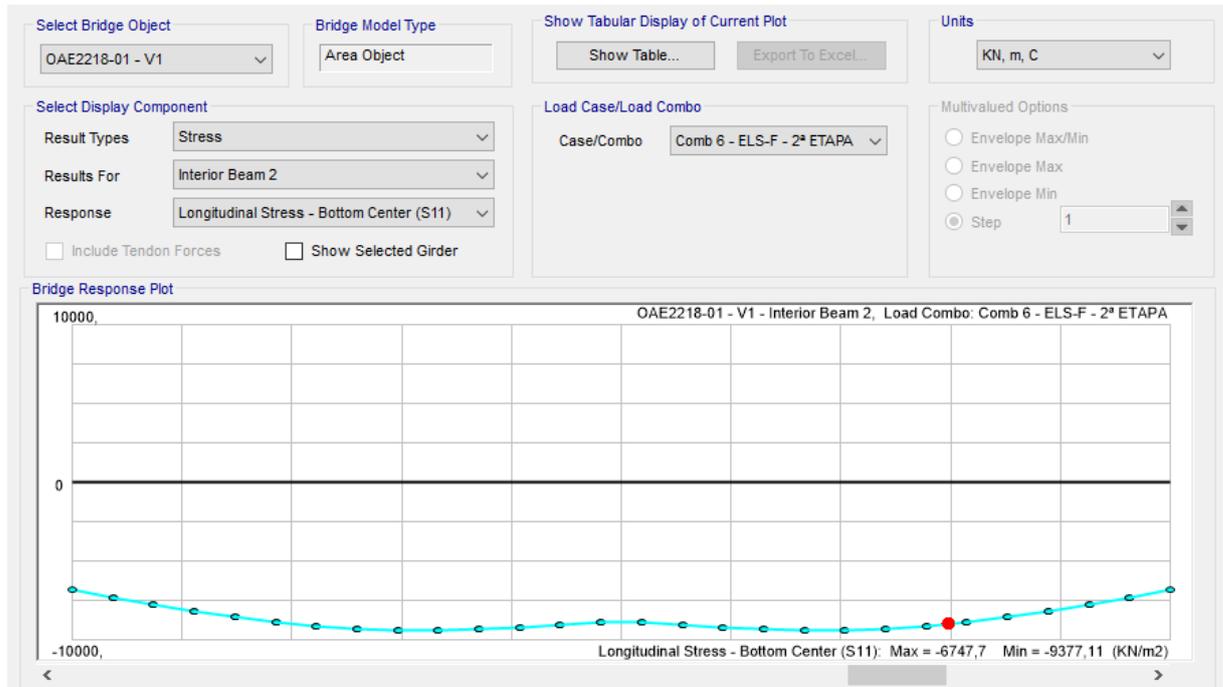


Figura 50 – Tensão na face inferior da longarina – ELS-F – 2ª Etapa

$$\sigma_c = 6,7 \text{ MPa} < \sigma_{c,adm} = 28,0 \text{ MPa}$$

- ELS-D – 2ª Etapa de Verificação:

Como não ocorrem tensões de tração no ELS-F, também não ocorrerão no ELS-D, uma vez que nessa fase a sobrecarga considerada é somente a de construção e a mesma é muito pequena quando comparada com a carga de peso próprio da estrutura. Além disso, o fator de majoração para a sobrecarga no ELS-D é de 0,3 e no ELS-F é de 0,5, ou seja, os esforços serão menores no ELS-D.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	<b>69/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	<b>1</b>

### 10.3 ALONGAMENTO DOS CABOS DE PROTENSÃO

- Parâmetros de Cálculo:

- Coeficientes de perda por atrito:  $\mu = 0,2$ ;  $k = 0,002$  rad/m;
- Módulo de Elasticidade do Aço = 202 GPa;
- Área da cordoalha  $\varnothing 12,7\text{mm} = 0,987\text{cm}^2$  e área do cabo  $12 \varnothing 12,7\text{mm} = 11,844 \text{cm}^2$ .

Cabo C1:

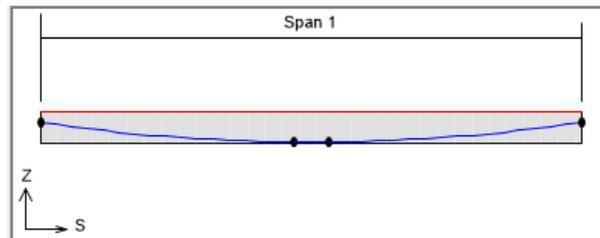


Figura 51 – Traçado do Cabo C1

- Diagrama de Força Normal no Cabo:

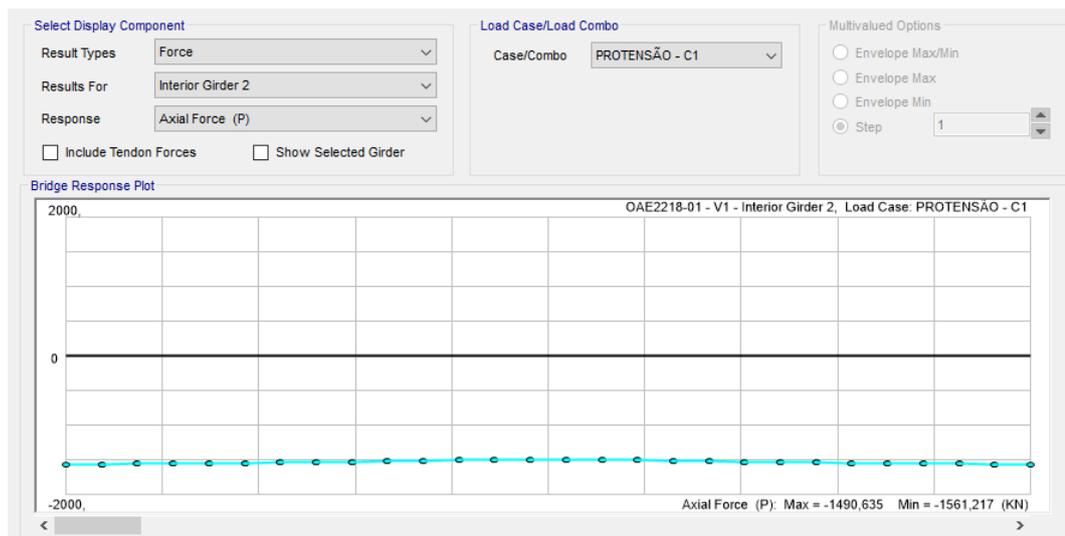


Figura 52 – Diagrama de Força Normal no Cabo C1

$$P_{\text{médio}} = 1528,5 \text{ kN}$$

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>70/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

$$\Delta l = \frac{P_{\text{médio}} * l}{A_p * E_p} \rightarrow \Delta l = \frac{1528,5 * 2663}{11,844 * 20200} = 17,01 \text{ cm} = 170,1 \text{ mm}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>71/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

Cabo C2:

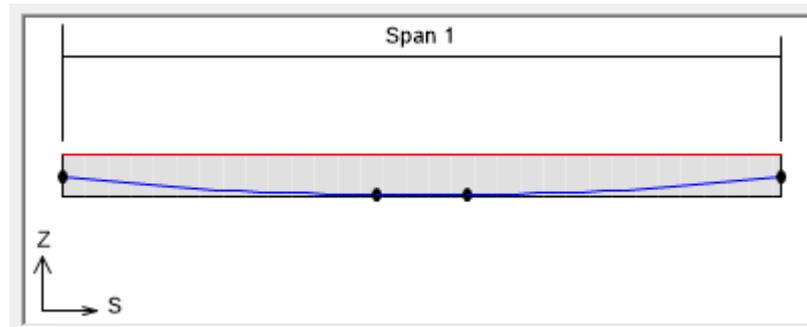


Figura 53 – Traçado do Cabo C2

- Diagrama de Força Normal no Cabo:

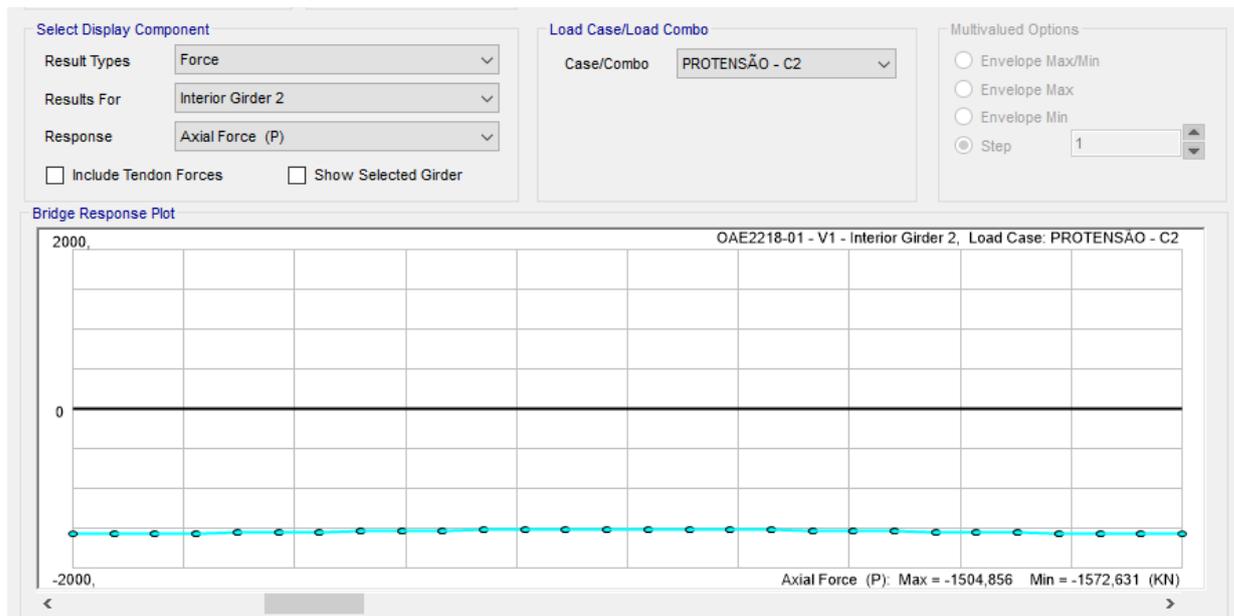


Figura 54 – Diagrama de Força Normal no Cabo C2

$$P_{\text{médio}} = 1538,3 \text{ kN}$$

$$\Delta l = \frac{P_{\text{médio}} * l}{A_p * E_p} \rightarrow \Delta l = \frac{1538,3 * 2656}{11,844 * 20200} = 16,88 \text{ cm} = 168,8 \text{ mm}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>72/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

Cabo C3:

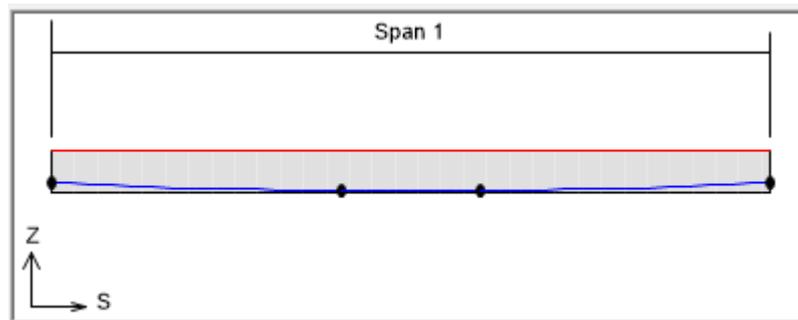


Figura 55 – Traçado do Cabo C3

- Diagrama de Força Normal no Cabo:

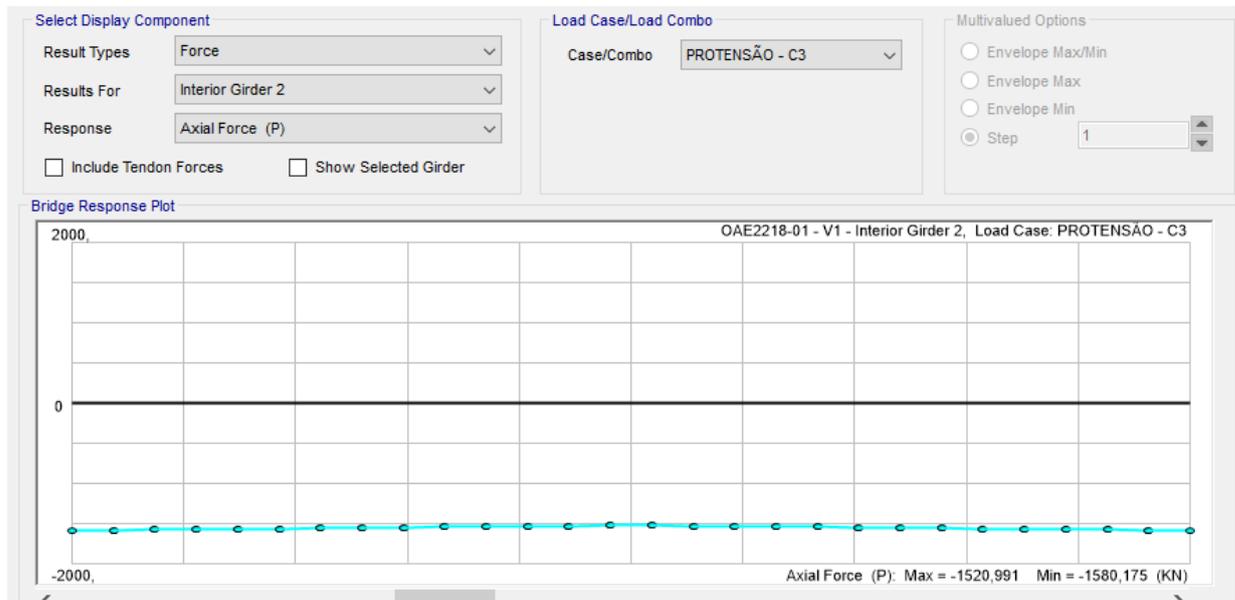


Figura 56 – Diagrama de Força Normal no Cabo C3

$$P_{\text{médio}} = 1547,5 \text{ kN}$$

$$\Delta l = \frac{P_{\text{médio}} * l}{A_p * E_p} \rightarrow \Delta l = \frac{1547,5 * 2651}{11,844 * 20200} = 17,15 \text{ cm} = 171,5 \text{ mm}$$

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>		<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>73/197</b></p>	
		<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>	

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>74/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 10.4 ARMADURA PASSIVA

### ARMADURA DE FLEXÃO – FASE DE OPERAÇÃO

- Diagrama de Momento Fletor Sem CIA (Meio do Vão)

-  $M_{d,max} = 9084 \text{ kNm}$

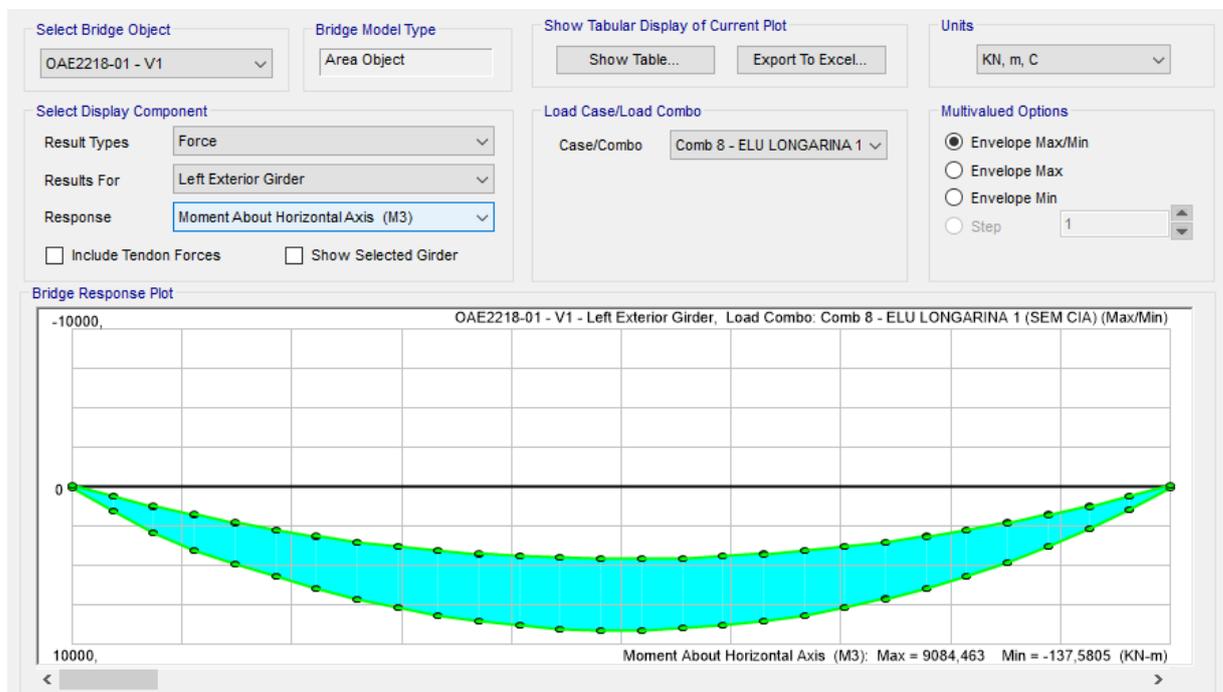


Figura 57 – Momento Fletor na Longarina – kN.m/m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>75/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

- Diagrama de Força Normal
- Nd,max = 969 kNm

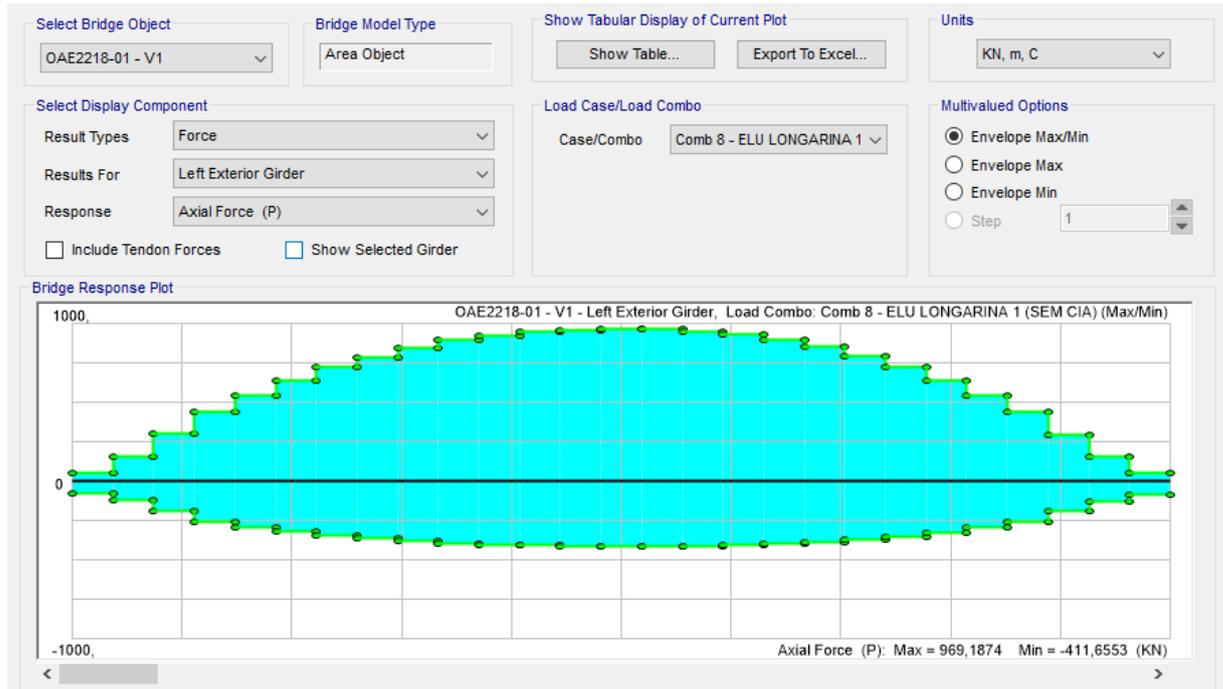


Figura 58 – Esforço Normal na Longarina – kN

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	76/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- Protensão
- Nd,max = -3474 kN

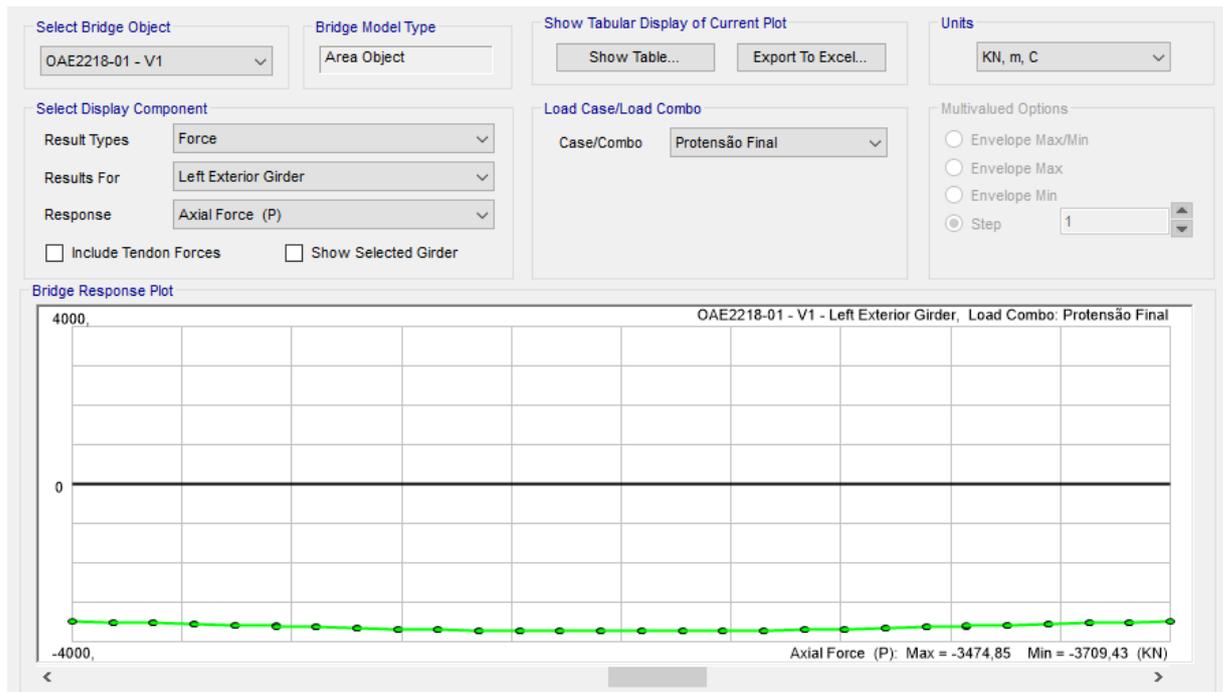


Figura 59 – Esforço Devido a Protensão – kN

Momento Fletor: 9804 kN.m/m

Esforço Normal: 969-3474 = -2505 kN

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	77/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

ARMADURA PASSIVA EM LONGARINAS			
<i>Unidades: kN e m, exceto onde indicado</i>			
<b>F<sub>ck</sub></b>	40000	<b>T<sub>pinf</sub></b>	-704998,31
<b>FP<sub>yd</sub></b>	1,71E+06	<b>Epre</b>	-3,17E-03
<b>Fy</b>	4,35E+05	<b>Rpd</b>	5,28E+03
<b>Bf</b>	2,35	<b>a</b>	0,093
<b>Bw</b>	0,24	<b>x</b>	0,116
<b>dp</b>	1,76	<b>x/dp</b>	0,066
<b>ds</b>	1,7	a < hf e x/dp < 0,259 OK	
<b>Aps (cm<sup>2</sup>)</b>	35,532	<b>Mrd</b>	9054
<b>As (cm<sup>2</sup>)</b>	0,00	<b>Mrd/Md</b>	0,92
<b>Np</b>	-2505	maior do que 1 As = 0	
<b>hf</b>	0,22	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">           Realizar teste de hipótese variando x/ds para alcançar Mrd/Md = 1,0         </div>	
<b>Ep</b>	2,00E+08		
<b>Md</b>	9804		
		<b>x/ds (iterativo)</b>	0,07
		<b>x</b>	0,126
		<b>a</b>	0,101
		<b>Rcd</b>	5,75E+03
		<b>Rsd</b>	4,67E+02
		<b>Mrd</b>	9803
		<b>As (cm<sup>2</sup>)</b>	10,74
		<b>Mrd/Md</b>	1,00

Será adotado armadura passiva de 6  $\Phi$  25mm.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	78/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- VERIFICAÇÃO DA FADIGA DA ARMADURA DE FLEXÃO
- Mmax = 4971 kNm
- Mmín = 3549 kNm

VERIFICAÇÃO DA FADIGA LONGARINAS PROTENDIDA						
ENTRADA DE DADOS						
<b>PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS</b>					<b>COEFICIENTES</b>	
bw (cm)	bf (cm)	hf (cm)	d (cm)	d' (cm)	Y <sub>c</sub>	Y <sub>s</sub>
24,0	235,0	24,0	176,0	6,0	1,40	1,00
<b>PROPRIEDADES DOS MATERIAIS</b>					<b>MOMENTOS DE SERVIÇO</b>	
fck (Mpa)	fyk (CA) (Mpa)		Es (Mpa)		M <sub>serv.,min.</sub>	4.971,00 kN.m
40,0	500,0		210,0		M <sub>serv.,máx.</sub>	3.549,00 kN.m
<b>ARMADURAS ATIVA E PASSIVA</b>					Parâmetros para as curvas S-N (Woeller)	
As (cm <sup>2</sup> )	A's (cm <sup>2</sup> )	Ap (cm <sup>2</sup> )	φs (mm)	φp (mm)	Δf <sub>sd,fad</sub>	
30,00	6,25	35,53	20,0	55,1	185 MPa	

VERIFICAÇÕES						
<b>DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO</b>				<b>FADIGA NO CONCRETO</b>		
	f <sub>cd</sub>	28,57142857	MPa	σ <sub>c2</sub>	6,36	MPa
	f <sub>yd</sub>	500	MPa	σ <sub>c1</sub>	6,63	MPa
	R <sub>sd</sub>	1500	kN	η <sub>c</sub>	1,02	
	x	3,285356696	cm	η <sub>c</sub> Y <sub>f</sub> σ <sub>c,máx.</sub>	6,50	MPa
	<b>Domínio 2</b>			<b>OK!</b>		
FADIGA NA ARMADURA						
α <sub>e</sub>	10,00					
24	x <sub>iii</sub> <sup>2</sup>	+	11563,64	x <sub>iii</sub>	-352958,64	
Δ	167601799					
x <sub>1</sub>	28,80			σ <sub>s,máx.</sub>	325,23	MPa
x <sub>2</sub>	-510,62			σ <sub>s,mín.</sub>	455,54	MPa
x <sub>ii,i</sub>	28,80	cm		Δσ <sub>s</sub>	-130,31	MPa
I <sub>ii,i</sub>	1,61E+07	cm <sup>4</sup>		<b>OK!</b>		
η <sub>s</sub>	1,50					

Portanto, verificação à fadiga está atendida.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>79/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

- ARMADURA DE CISALHAMENTO – FASE DE OPERAÇÃO

Para o cálculo da armadura de cisalhamento, será considerado o Coeficiente de Impacto Adicional (CIA), de 1,25, para as seções que estão nos cinco primeiros e últimos metros da longarina. Para as seções entre estes cinco metros, o CIA não será considerado.

- - Diagrama de Força Cortante

-  $V_{d,max} = 1597 \text{ kN}$

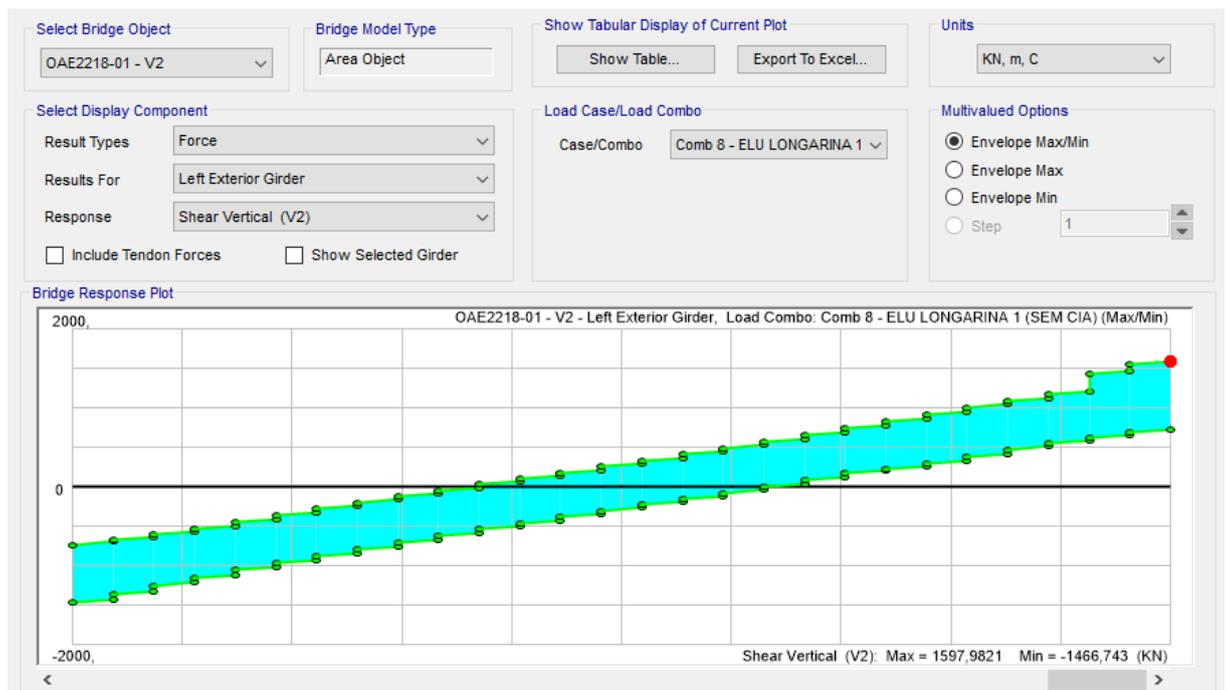


Figura 60 – Esforço Cortante – kN – Envoltória ELU

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	80/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- Diagrama de Força Cortante Devido a Protensão

-  $V_{d,max} = 491 \text{ kN}$

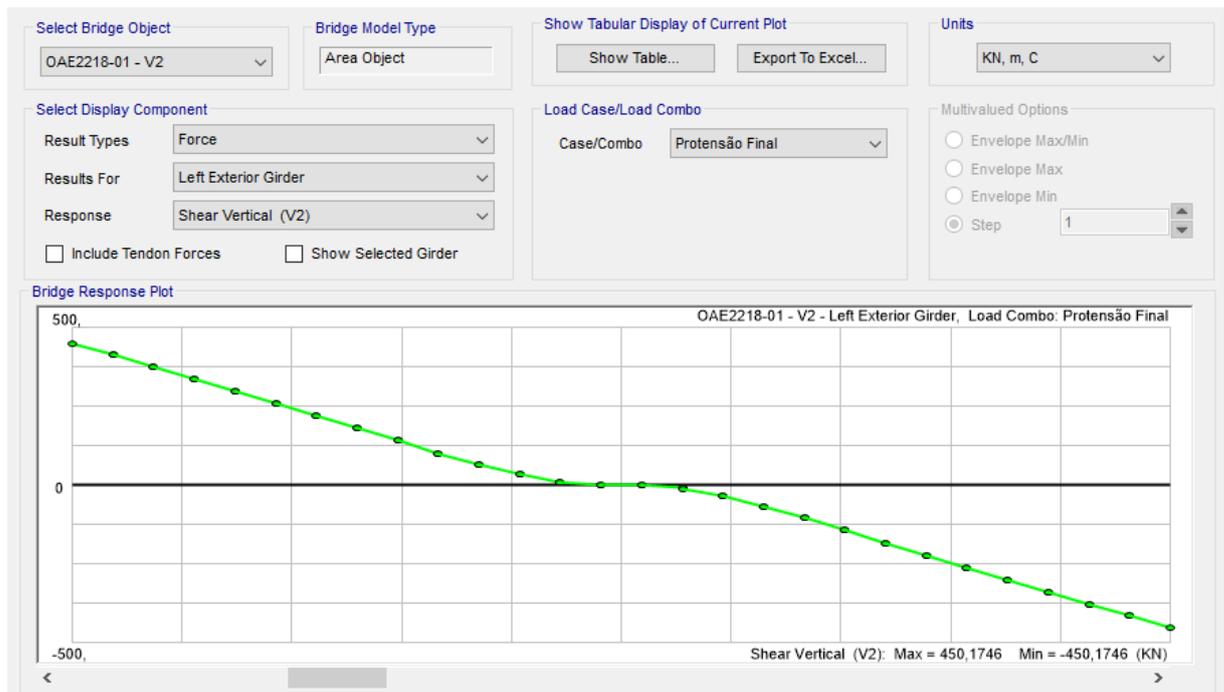


Figura 61 – Esforço Cortante Devido a Protensão – kN

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>81/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

- Diagrama de Momento Torsor

-  $T_{d,max} = 58 \text{ kN.m}$

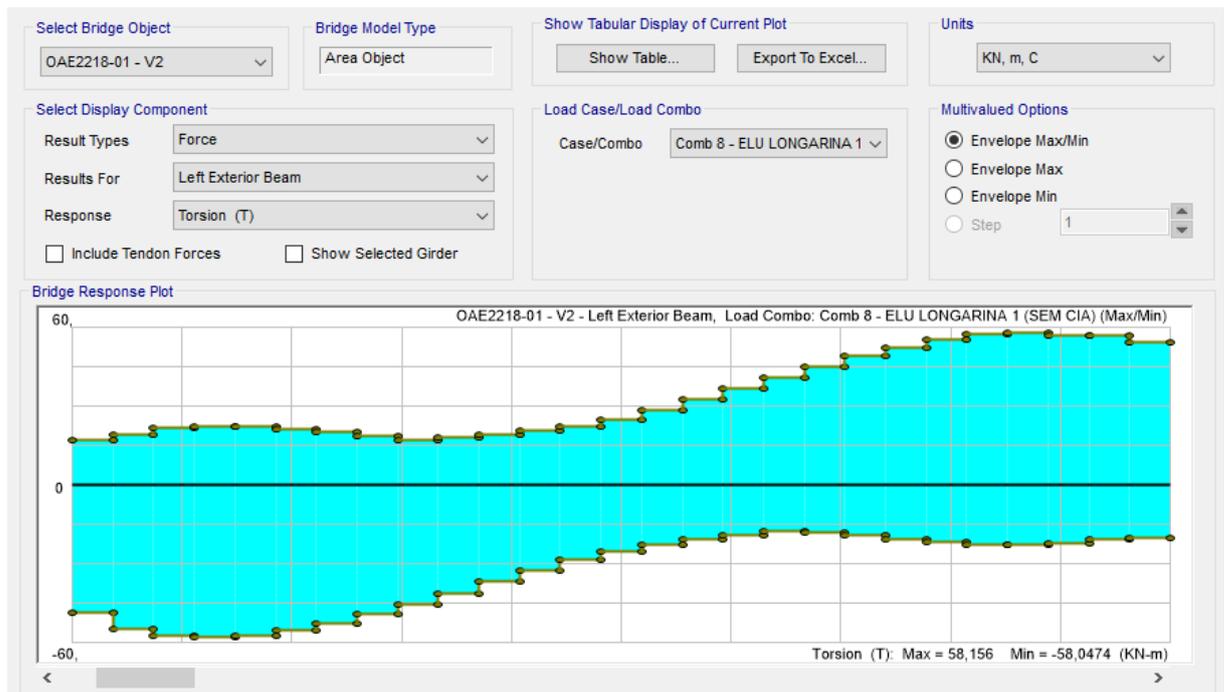


Figura 62 – Momento Torsor – kNm

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO + TORÇÃO - ENTRADA DE DADOS											f <sub>ck</sub> (Mpa)	40
											Aço (Mpa)	500
IDENTIFICAÇÃO	Características geométricas								Esforços de cálculo			Número de Pernas
	B <sub>w</sub> (cm)	h (cm)	d' (cm)	h <sub>e</sub> (cm)	A/u (cm)	2C <sub>1</sub> (cm)	U <sub>c</sub> (cm)	A <sub>c</sub> (cm <sup>2</sup> )	V <sub>d</sub> (kN.m)	Protensão (kN)	T <sub>d</sub> (kN.m)	
0 a 1,5m	60	182	5	10	22,6	10	444	8600	1596	450	53	4
1,5m a 3,0m	40	182	5	10	16,4	10	404	5160	1422	396	53	2
3,0m a 5,0m	24	182	5	10	10,6	10	372	2408	1171	338	53	2
5,0m a 7,5m	24	182	5	10	10,6	10	372	2408	1010	261	49	2
7,5m a 10,0m	24	182	5	10	10,6	10	372	2408	768	154	40	2
10,0m até o meio	24	182	5	10	10,6	10	372	2408	589	66	32	2

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>82/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO + TORÇÃO - RESULTADOS											
IDENTIFICAÇÃO	Dimensionamento										
	Biela do Concreto	Verificação conjunta		$A_{sw,min}$ (cm <sup>2</sup> /m) (Cisalhamento)	$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m) (Cisalhamento)	$A_{w,min}$ (cm <sup>2</sup> /m) (torção)	$A_w$ (cm <sup>2</sup> /m) (torção)	$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m) Perna Externa	$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m) Perna Interna	$A_{sl,min}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> )
0 a 1,5m	OK	0,30	OK	8,42	1,05	1,40	0,71	2,81	2,11	6,23	3,15
1,5m a 3,0m	OK	0,33	OK	5,61	4,62	1,40	1,18	2,58	0,00	5,67	4,77
3,0m a 5,0m	OK	0,50	OK	3,37	6,06	1,40	2,53	3,37	0,00	5,22	9,42
5,0m a 7,5m	OK	0,45	OK	3,37	4,73	1,40	2,34	3,18	0,00	5,22	8,71
7,5m a 10,0m	OK	0,39	ok	3,37	2,63	1,40	1,91	2,75	0,00	5,22	7,11
10,0m até o meio	OK	0,36	ok	3,37	1,19	1,40	1,53	2,37	0,00	5,22	5,69

VERIFICAÇÃO DA FADIGA												
IDENTIFICAÇÃO	Esforços em serviço						$k_{fad}$	Armadura Final				
	$V_{máx, serv.}$ (kN)	$\tau_{máx}$ (Mpa)	$V_{mín, serv.}$ (kN)	$\tau_{mín}$ (Mpa)	$T_{máx, serv.}$ (kNm)	$\tau_{máx}$ (Mpa)		$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m)	$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m) Perna Externa	$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m) Perna Interna		
0 a 1,5m	836	154,51	547	0,00	23	0,12	1,82	20,48	5,47	Ø 10 c.12,5	4,77	Ø 10 c.12,5
1,5m a 3,0m	750	458,25	486	137,66	23	0,43	3,78	19,52	9,76	Ø 12,5 c.12,5	0,00	
3,0m a 5,0m	631	379,09	406	169,74	23	0,71	2,47	16,67	8,34	Ø 12,5 c.12,5	0,00	
5,0m a 7,5m	531	303,22	322	97,07	21	0,69	2,43	15,49	7,74	Ø 10 c.10	0,00	
7,5m a 10,0m	383	181,79	193	0,00	19	0,72	2,15	11,82	5,91	Ø 10 c.12,5	0,00	
10,0m até o meio	283	78,68	81	0,00	15	0,66	1,00	4,74	2,37	Ø 8 c.12,5	0,00	

Para armadura de costela será adotado Ø10mm c.10cm na alma da viga.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>83/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- VERIFICAÇÃO DA INTRODUÇÃO DA FORÇA DE PROTENSÃO

Propriedades geométricas da seção equivalente				
Área (cm <sup>2</sup> )	Inércia x (cm <sup>4</sup> )	Ord. $y_{cg}$ (cm)	Wsup (m <sup>3</sup> )	Winf (m <sup>3</sup> )
10448,96	34757242,73	84,90	0,463	0,409
<b>Tensões nas faces (kN/m<sup>2</sup>)</b>				
	$\sigma_{inf}$	4724,9		
	$\sigma_{sup}$	4748,3	(Positivo para compressão)	
Alturas dos cabos (m)	Distâncias ao CG (m)	Ponto de aplicação da força após de regularização (m)		
Cabo 01	1,250	0,401	1,382	
Cabo 02	0,850	0,001	0,874	
Cabo 03	0,450	-0,399	0,291	
Resultante máxima (kN)	Aço $f_y$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$\gamma_p$	$A_{s,nec}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,nec}$ (cm <sup>2</sup> /m)
327,136	500,0	1,1	<b>9,10</b>	<b>11,38</b>
$A_{s,adotado}$ (cm <sup>2</sup> /m)		Ok! Armação atende.	$A_{s,nova}$ (cm <sup>2</sup> /m)	
25,1 (4 x Ø 10 c/12,5)			-	
A armadura deve ser distribuída internamente no trecho de $H/2 = 80cm$				
Referência: FUSCO, P. B. <b>Técnica de armar as estruturas de concreto armado</b> . Cap. 7. 2 ed. São Paulo: Pini, 2013.				

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>84/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

## 10.5 VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DAS LONGARINAS

Para a verificação da deformação da longarina, devem ser levadas em conta as etapas de construção. Primeiramente, a longarina é protendida e atua somente o seu peso próprio. Em um segundo momento, a longarina é carregada com o peso da laje. Nessas duas etapas, a rigidez da peça é somente devido à viga isolada. Em um terceiro momento, a longarina é solicitada com as cargas permanentes adicionais e a carga móvel. Para a verificação da deformação, é considerado combinação quase permanente, com  $\psi_2 = 0,3$  para as cargas móveis.

- 1ª Etapa: Ato da protensão (viga isolada) – Peso Próprio

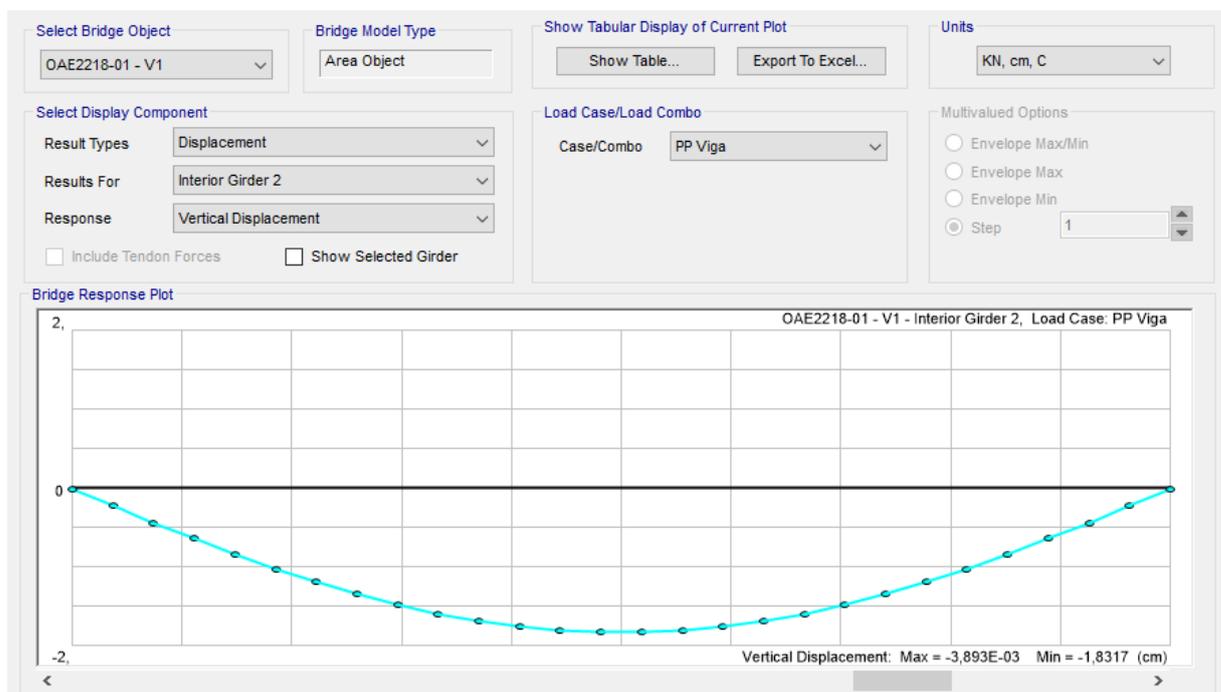


Figura 63 – Deformação devido ao peso próprio da viga

$$\delta_v = -1,83\text{cm.}$$

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>			<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>85/197</b></p>
			<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>86/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

- 1ª Etapa: Ato da protensão (viga isolada) – Protensão:

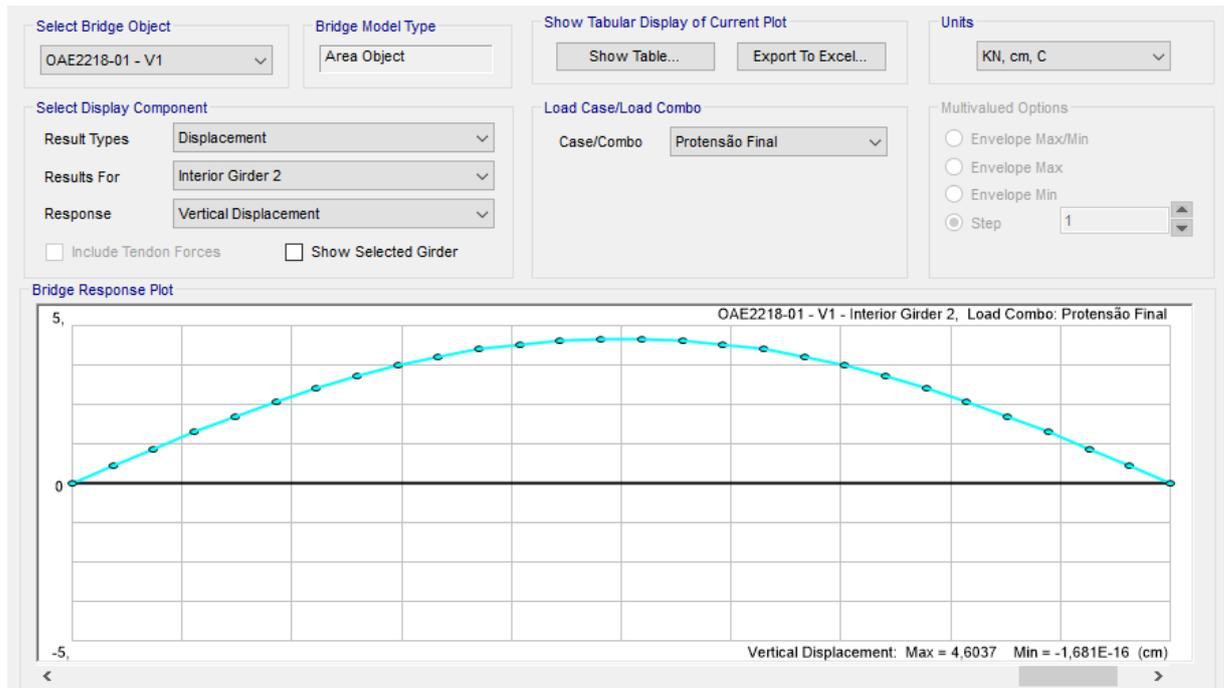


Figura 64 – Deformação devido a protensão

$$\delta_v = 4,60\text{cm.}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>87/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

- 2ª Etapa: Concretagem da laje (viga isolada):

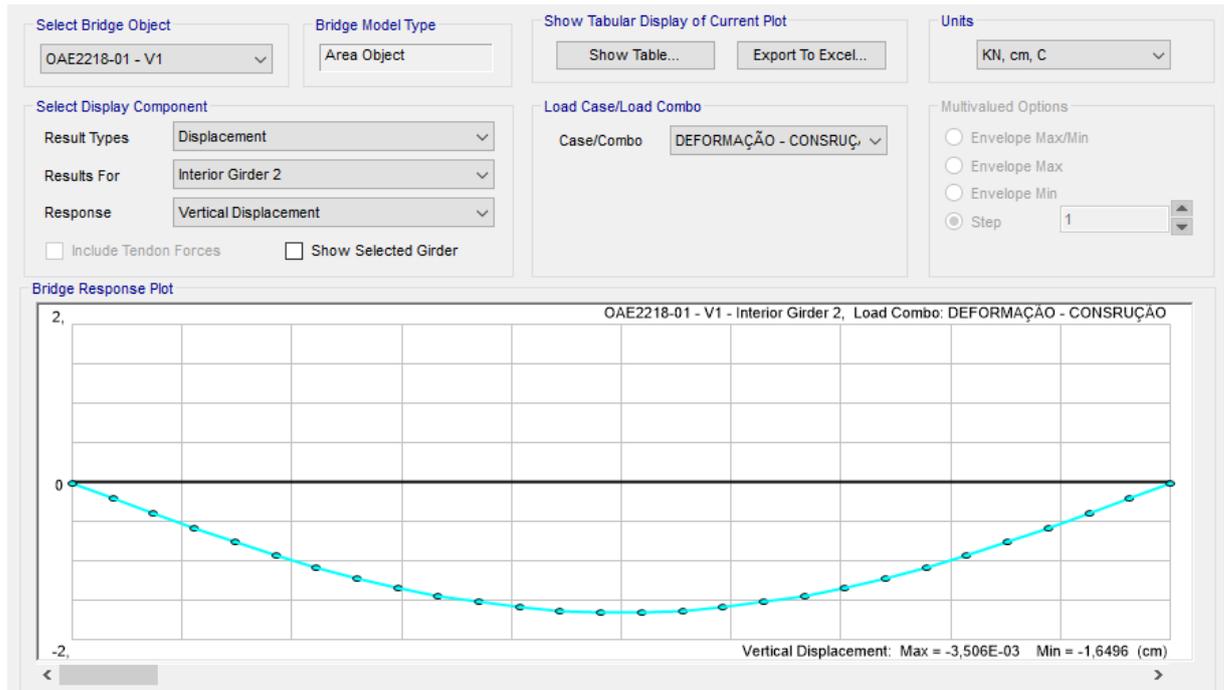


Figura 65 – Deformação devido concretagem da laje

$$\delta_v = -1,65\text{cm.}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>88/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

- 3ª Etapa: Cargas complementares (Cargas Permanentes):

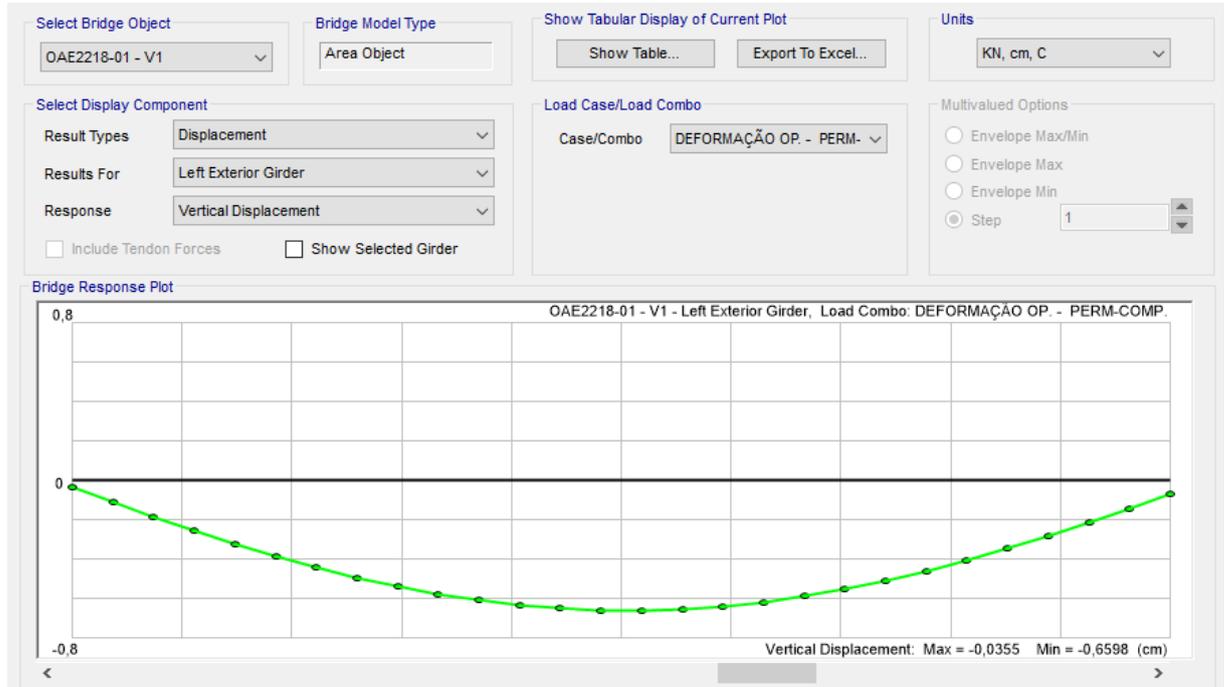


Figura 66 – Deformação devido as cargas permanentes complementares

$$\delta_v = -0,65\text{cm.}$$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>89/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

- 3ª Etapa: Cargas complementares (Cargas Acidentais):

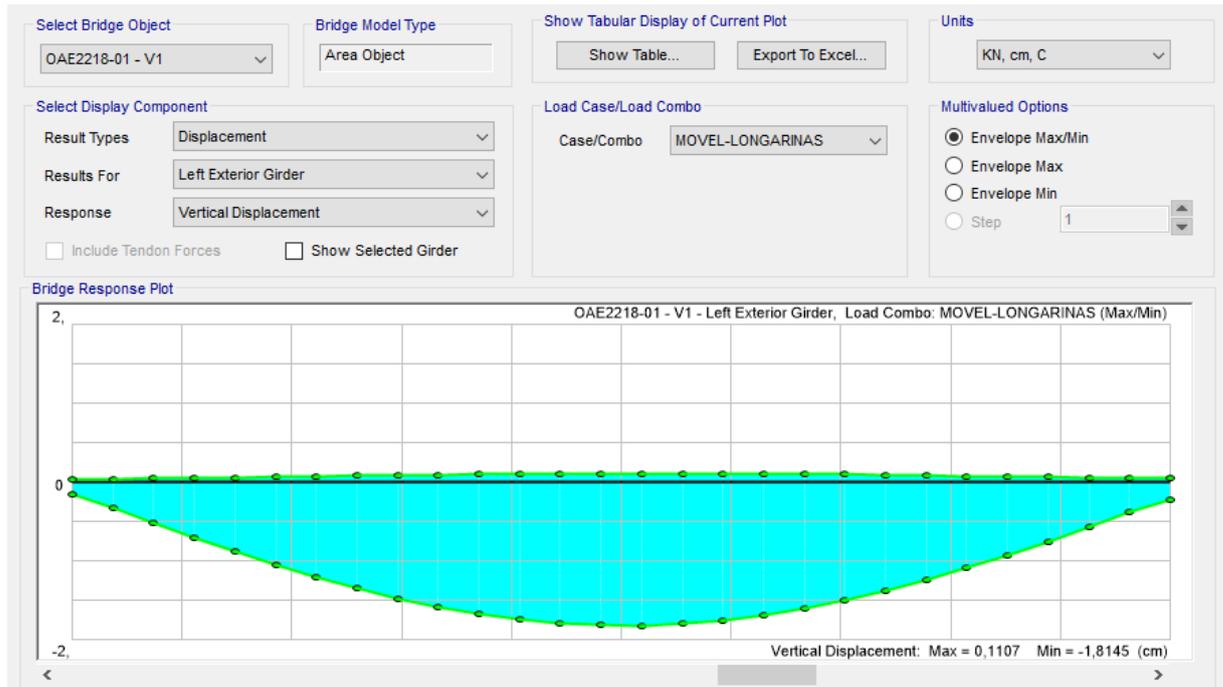


Figura 67 – Deformação devido ao carregamento móvel

$$\delta_v = -1,81\text{cm.}$$

$$\delta_{v,\text{TOTAL IMEDIATA}} = 4,60\text{cm} - 1,83\text{cm} - 1,65\text{cm} - 0,65\text{cm} - 0,3 \cdot 1,81\text{cm} = -0,07\text{cm.}$$

De acordo com o item 17.3.2.1.3 da NBR6118:2014, para consideração da deformação diferida no tempo, basta multiplicar a parcela da flecha imediata por  $(1 + \varphi)$ , onde  $\varphi$  é o coeficiente de fluência.

→ será adotado  $\varphi = 1,9$  ( $U = 75\%$ , espessura fictícia  $\approx 20$ ,  $t_0 = 60$ )

$$\delta_{v,\text{TOTAL DIFERIDO}} = (1+1,9) \cdot (4,60\text{cm} - 1,83\text{cm} - 1,65\text{cm} - 0,65\text{cm}) - 0,3 \cdot 1,81 = -0,82\text{cm.}$$

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>90/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

$$\delta_{ADM.} = L / 250 = 2650 / 250 = 10,6\text{cm}$$

→  $\delta_{v,TOTAL \text{ DIFERIDO}} < \delta_{ADM.}$  → OK!

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	PÁGINA 91/197
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	REV. 1	

## 11.0 DIMENSIONAMENTO DAS TRANSVERSINAS

### 11.1 Esforços solicitantes:

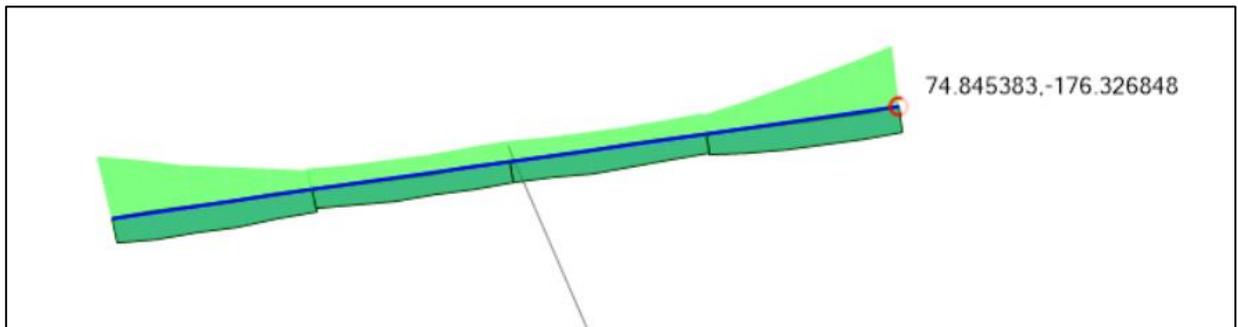


Figura 68 – Momento Fletor Mínimo – kN.m

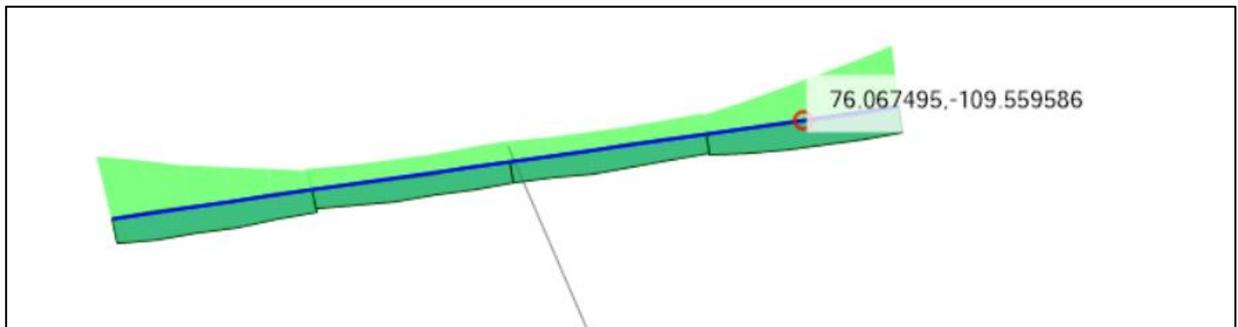


Figura 69 – Momento Fletor Mínimo – kN.m

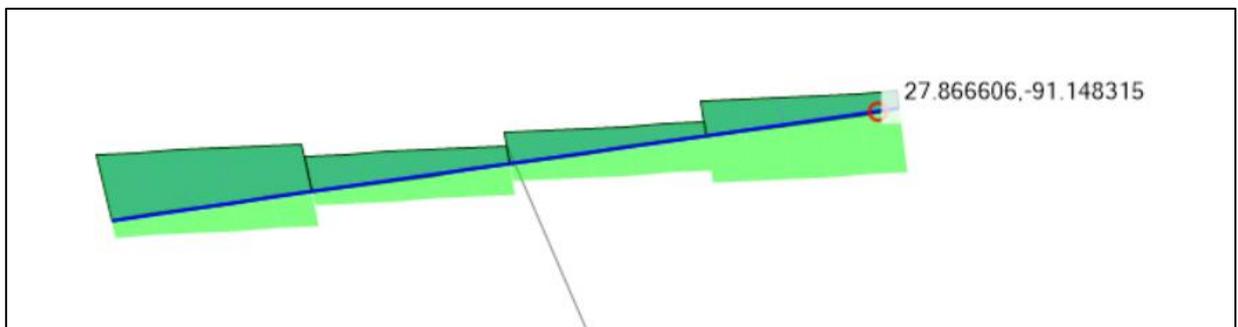


Figura 70 – Esforço Cortante – kN

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>92/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 11.2 Cálculo das Armaduras

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	250,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Inferior	25,0	150,0	144,0	6,0	76,0	0,0	2,44	4 Ø 16mm	0,00		6,71	
Armadura Superior	25,0	150,0	144,0	6,0	176,0	0,0	5,66	4 Ø 16mm	0,00		6,71	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Transversina	25	150	5	91	0	Ok	0,00	Ø 8 c.15	3,51		

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>93/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 12.0 DIMENSIONAMENTO DOS APARELHOS DE APOIO

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>94/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

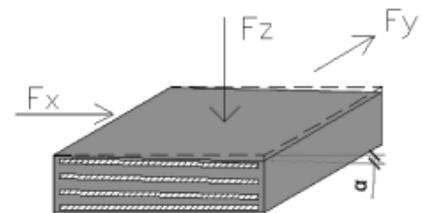
Aparelho de Apoio Retangular Fretado - Memorial de Cálculo - BS EN 1337-3

<b>Tipo de verificação</b>	<b>Resultado</b>	<b>Limite</b>	<b>Situação</b>
Máxima deformação total de cálculo	5.98	7 mm	OK
Verificação da espessura das chapas de aço	2.02	3.0mm	OK
Máxima rotação permitida	3.00	$\geq 0$	OK
Estabilidade a flambagem	16.30	$\leq 41.9$	OK
Estabilidade ao deslizamento	-	-	OK

Variáveis de entrada

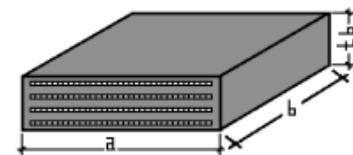
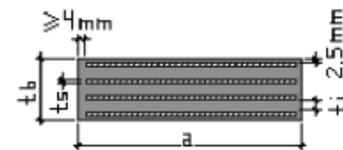
$F_{zk} = 1250 \text{ kN}$   
 $F_{zd} = 1752 \text{ kN}$   
 $F_{xd} = 44.1 \text{ kN}$   
 $v_{xd} = 14.29 \text{ mm}$   
 $\alpha_{a,d} = 0.002 \text{ rad}$

$F_{zd, \text{mín}} = 580 \text{ kN}$   
 $F_{yd} = 14.7 \text{ kN}$   
 $v_{yd} = 4.76 \text{ mm}$   
 $\alpha_{b,d} = 0.0001 \text{ rad}$



Aparelho de apoio escolhido

$a = 300.0 \text{ mm}$   
 $b = 400.0 \text{ mm}$   
 $n = 3.0 \text{ camadas}$   
 $t_s = 3.0 \text{ mm}$   
 $t_i = 10.0 \text{ mm}$   
 $t_b = 47.0 \text{ mm}$



Configurações

$*K_f = 0.6$   
 $G = 0.9 \text{ MPa}$   
 $E_b = 2000.0 \text{ MPa}$   
 $f_y = 210.0 \text{ MPa}$   
 $ch = 4.0 \text{ mm}$   
 $cv = 2.5 \text{ mm}$   
 $**K_h = 1.0$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>95/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Verificação 1: Máxima deformação total de cálculo

$$K_L(\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{\alpha,d}) \leq \varepsilon_{u,d} = 1.5*(3.25+0.43+0.31) \leq 7 = 5.98 < 7 \rightarrow \text{OK}$$

$$\varepsilon_{q,d} = \frac{v_{xy,d}}{T_q} \leq 1,0 = 0.43 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

Verificação 2: Verificação de espessura das chapas de aço

$$t_s' = \frac{K_p \cdot F_{z,d} \cdot (t_1 + t_2) \cdot K_h \cdot \gamma_m}{A_r \cdot f_y} \leq t_s = 2.02 \leq 3.00 \rightarrow \text{OK}$$

Verificação 3: Condição limite - rotação

$$\sum v_{z,d} - \frac{(a' \cdot \alpha_{a,d} + b' \cdot \alpha_{b,d})}{K_{r,d}} \geq 0 = 3.00 \geq 0 \rightarrow \text{OK}$$

Verificação 4: Condição limite - estabilidade à flambagem

$$\frac{F_{z,d}}{A_r} < \frac{2 \cdot a' \cdot G \cdot S_1}{3 \cdot T_e} = 16.30 \leq 41.88 \rightarrow \text{OK}$$

Verificação 5: Condição limite - estabilidade ao deslizamento

Sob Cargas permanentes:

$$\sigma_{cd,min} = \frac{F_{z,d,min}}{A_r} \geq 3 = 5.40 \geq 3 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Sob Cargas totais:

$$F_{xy,d} - \mu_e \cdot F_{z,d,min} \leq 0 = -108238.07 \leq 0 \rightarrow \text{OK}$$

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>96/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>97/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

### **13.0 DIMENSIONAMENTO DAS LAJES DE TRANSIÇÃO**

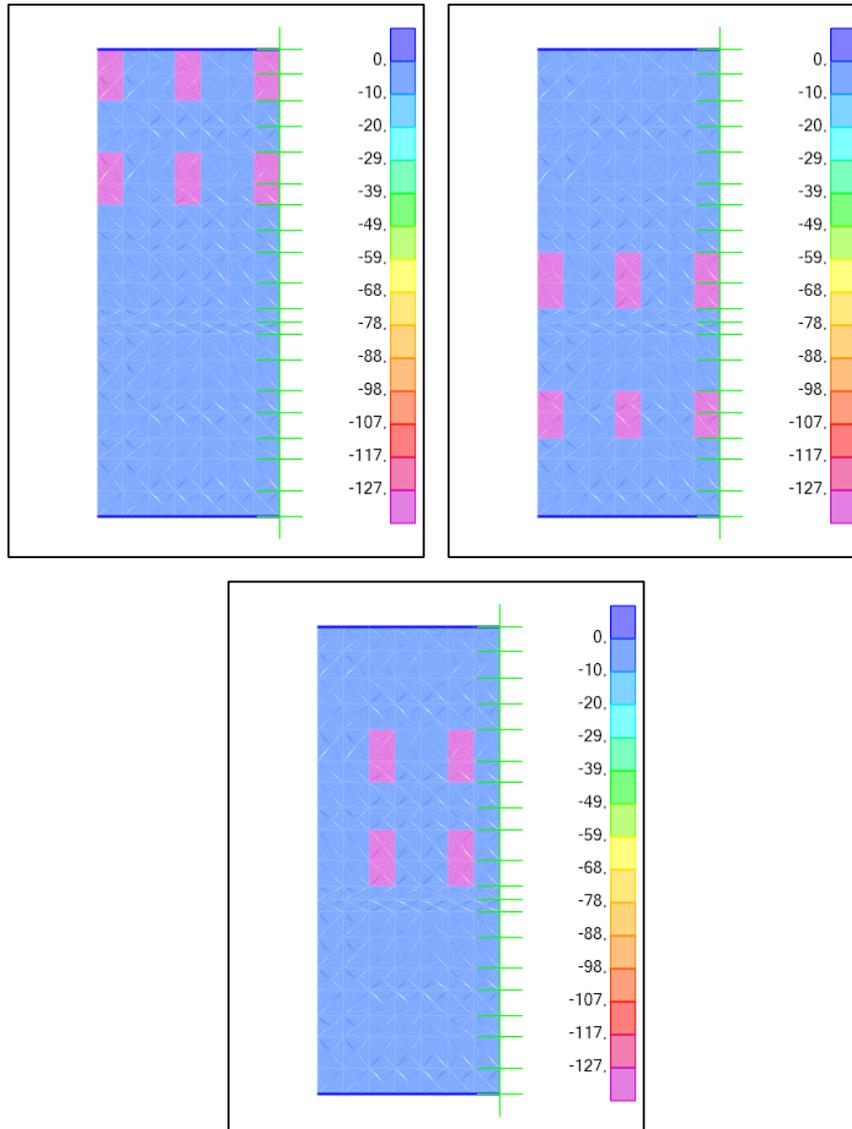
#### **13.1 DISPOSIÇÃO DO CARREGAMENTO ADOTADO**

Para as lajes de transição, será considerado o trem tipo em vários pontos da estrutura para obter os esforços máximos e mínimos para o dimensionamento.

Peso da roda do trem tipo = 75 kN;

Cada roda do trem tipo foi lançada em elementos com área de 0,59m<sup>2</sup>, correspondendo a um carregamento de 127kN/m<sup>2</sup> no modelo estrutural.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>			<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>98/197</b></p>
			<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>



 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>99/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

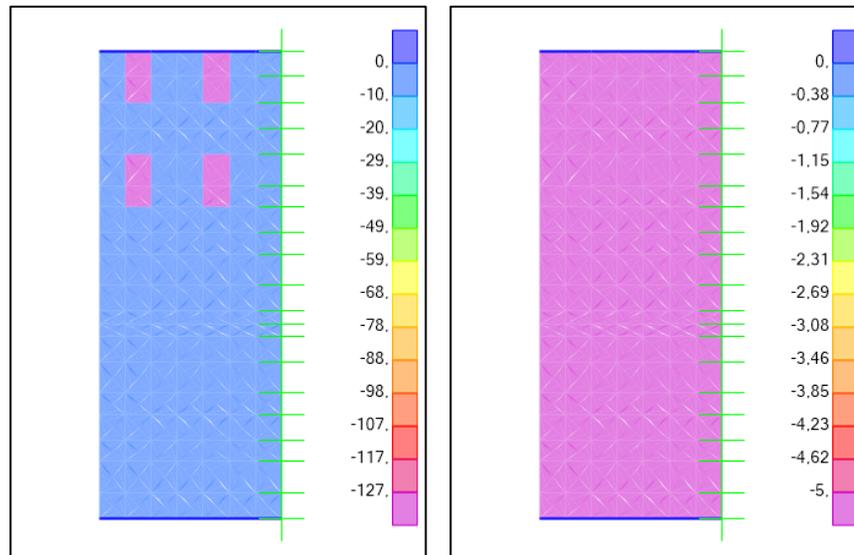


Figura 71 – Carregamento aplicado sobre a laje de transição

A laje de transição será calculada considerando um apoio com restrição vertical onde será a cortina e os últimos 2,0m da mesma sobre uma base elástica.

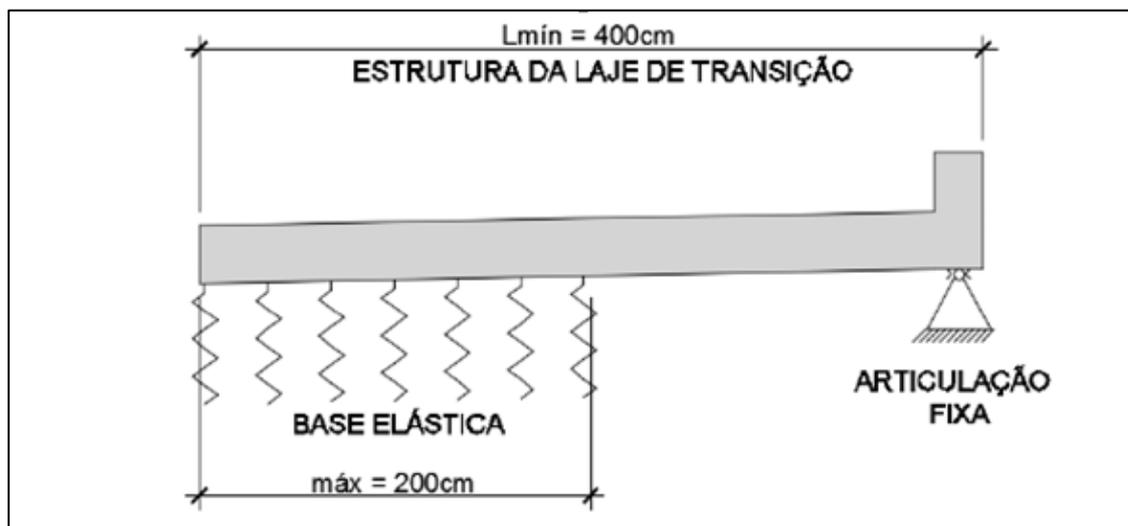


Figura 72 – Modelo de Cálculo Para Laje de Transição – kN.m/m

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>		<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>100/197</b></p>	
		<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>	

## 13.2 ESFORÇOS SOLICITANTES

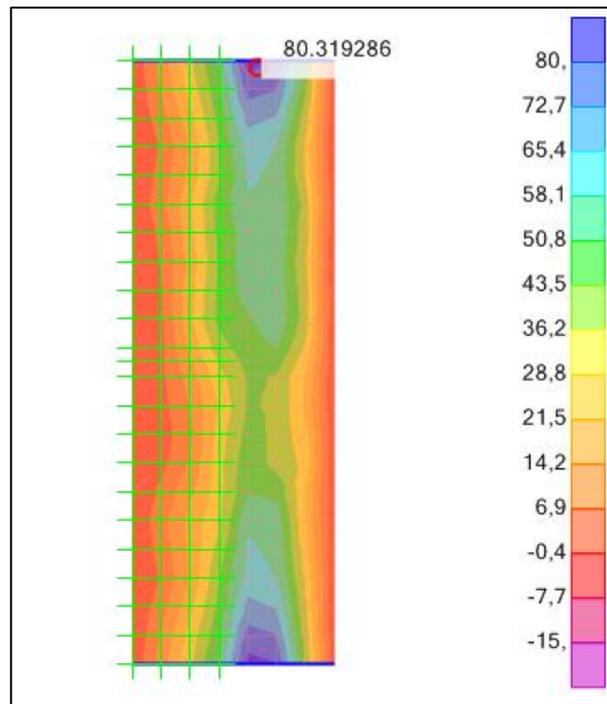


Figura 73 – Momento fletor máximo horizontal face inferior – kN.m/m

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>101/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

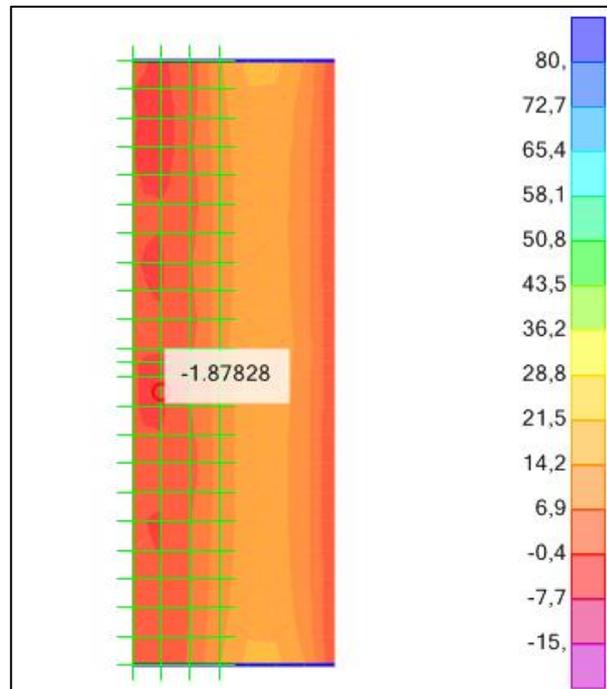
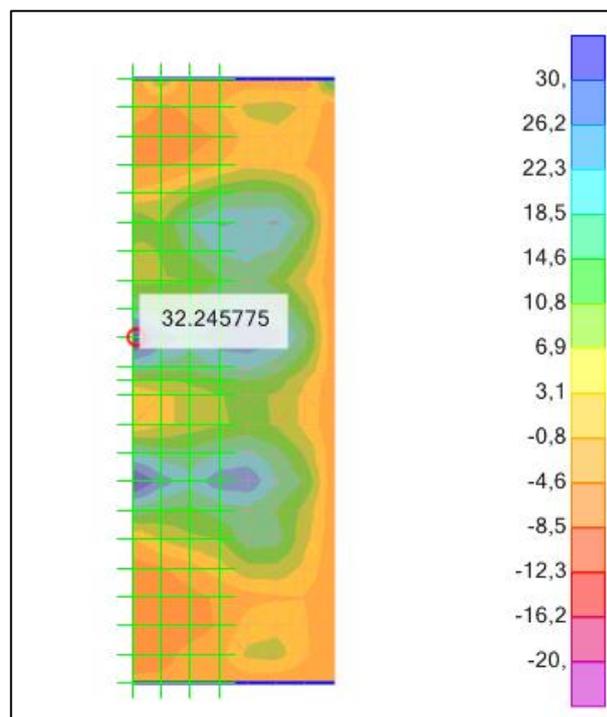


Figura 74 – Momento fletor máximo horizontal face superior – kN.m/m



 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>102/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

Figura 75 – Momento fletor máximo vertical face inferior – kN.m/m

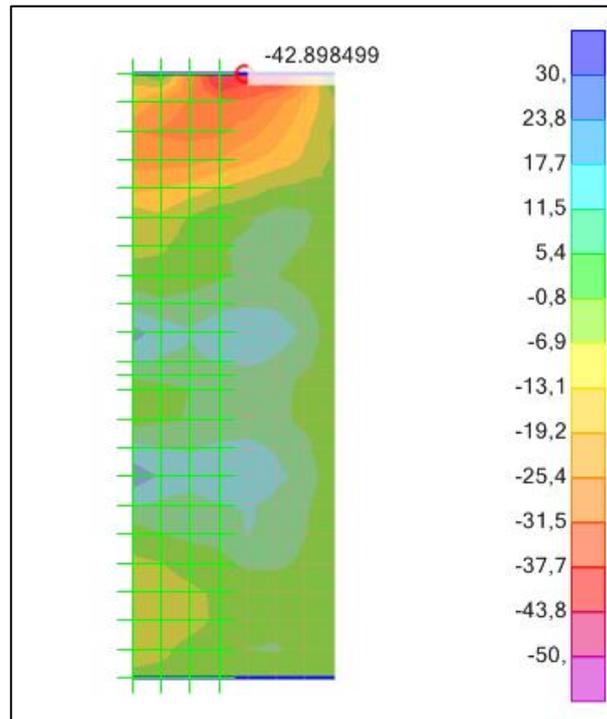


Figura 76 – Momento fletor máximo vertical face superior – kN.m/m

### 13.3 DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES NORMAIS

- Cálculo da armadura

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	35,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Armadura Horizontal Inferior	100,00	25,00	19,00	6,00	80,0	0,00	<b>10,25</b>	Ø 16mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>
Armadura Horizontal Superior	100,00	25,00	19,00	6,00	0,0	0,00	<b>0,00</b>	Ø 10mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>
Armadura Vertical Inferior	100,00	25,00	19,00	6,00	24,0	0,00	<b>2,95</b>	Ø 10mm c.15	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>
Armadura Vertical Superior - Ligação com Guarda Rodas	100,00	25,00	19,00	6,00	40	0,00	<b>4,98</b>	Ø 12,5mm c.15	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	103/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- Verificação de fissuração

VERIFICAÇÃO À FISSURAÇÃO			
Diâmetro da Armadura de Flexão ( $\phi$ )	16,0	mm	
Coefficiente de Conformação ( $\eta$ )	2,25		
Área de Concreto	1.700,0	cm <sup>2</sup>	
Área da Armadura Calculada	10,25	cm <sup>2</sup>	
Área da Armadura Real	16,00	cm <sup>2</sup>	
Módulo de Elasticidade do Aço ( $E_{si}$ )	210.000,0	MPa	
Tensão no Aço	500,0	MPa	
Resistência Nominal do Concreto ( $f_{ck}$ )	35,0	MPa	
Limite da Abertura de Fissura	0,30	mm	
Coefficiente de Majoração de Carga ( $\gamma_f$ )	1,40		
Coefficiente de Minoração da Resistência do Aço ( $\gamma_s$ )	1,15		
<b>fct,m</b>	$0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	<b>3,21</b>	<b>MPa</b>
<b><math>A_{s,calc} / A_{s,real}</math></b>		<b>0,64</b>	
$\rho$	$A_{s,real} / A_c$	<b>0,00941</b>	
$\sigma_{si}$	$f_y \cdot A_{s,calc} / \gamma_f \cdot g_s \cdot A_{s,real}$	<b>198,95</b>	<b>MPa</b>
$\sigma_{si}'$	$(w' \cdot (12,5 \cdot \eta) \cdot E_{si} \cdot f_{ct,m} / 3 \cdot \phi)^{1/2}$	<b>344,23</b>	<b>MPa</b>
$\sigma_{si}''$	$(w' \cdot (12,5 \cdot \eta) \cdot E_{si} / \phi \cdot (4 \cdot \rho_{ri} + 45))$	<b>235,62</b>	<b>MPa</b>
$k_{fiss}'$	$\sigma_{si} / \sigma_{si}'$	<b>0,58</b>	
$k_{fiss}''$	$\sigma_{si} / \sigma_{si}''$	<b>0,84</b>	
		<b>k = 1,00</b>	
<b><math>A_s</math> necessário</b>	$A_{s,real} \cdot k$	<b>16,00</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

### 13.4 DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES TANGENCIAIS

Para de verificar o cisalhamento, verificou-se primeiro se a seção de concreto resiste aos esforços solicitantes sem a necessidade de armaduras transversais. Tomando como a ABNT NBR 6118:2014 temos que caso  $V_{sd} \leq V_{Rd1}$  não é necessário armar elementos lineares com  $b_w \geq 5d$  ao cisalhamento.

Sendo a força cortante de cálculo dada por:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \times k \times (1,2 + 40\rho_1) + 0,15\sigma_{cp}] \times b_w \times d$$

Onde:

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>104/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

$\tau_{Rd} = 0,25 \times \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$ , sendo  $\tau_{Rd}$  a tensão resistente de cálculo do concreto ao cisalhamento

k é um coeficiente estabelecido por norma;

$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \times d}$  é a taxa de armadura da seção em análise;

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c}$ , é a tensão de compressão atuante na seção em análise.

<b>Dados</b>			
Base da Seção de Concreto ( $b_w$ ou $b_f$ )		1,00	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,060	m
Área de armadura longitudinal ( $A_s$ )		8,13	cm <sup>2</sup>
Área de concreto ( $A_c$ )		0,250	m <sup>2</sup>
Resistência nominal do concreto ( $f_{ck}$ )		35	MPa
Resistência de cálculo ( $f_{ywd}$ ) - Item 19.4.2		364	MPa
Coeficiente de minoração da resistência ( $\gamma_c$ )		1,40	
<b>Modelo I (NBR 6118/2014: 19.4.1)</b>			
<b>Fases</b>			
$f_{ctd}$	$(0,7 \cdot 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,60	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,41	m
$\rho$	$A_s / (b_w \cdot d)$	0,0043	
$\sigma_{cp}$	$N_s / (b_w \cdot h)$	0,00	MPa
$V_{Rd1}$	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot r) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	147,39	kN

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>105/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

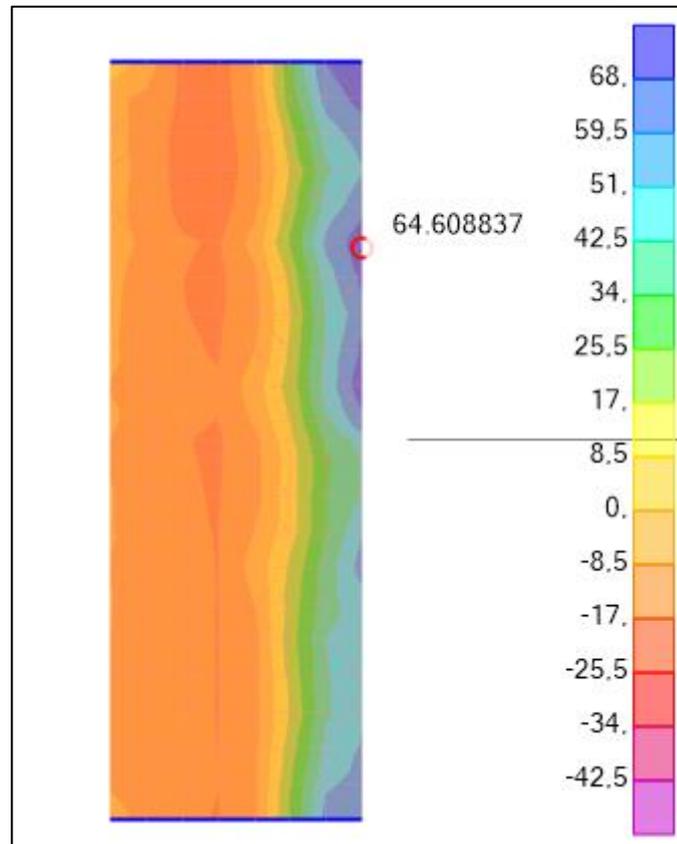


Figura 77 – Esforço cisalhante máximo – kN/m – Combinação Última Normal

É possível notar que não existem esforços superiores a  $V_{Rd1}$  atuando na laje de transição, portanto, a seção resiste as solicitações transversais sem a necessidade de armaduras.

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>106/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 14.0 DIMENSIONAMENTO DAS CORTINAS

### 14.1 ESFORÇOS SOLICITANTES

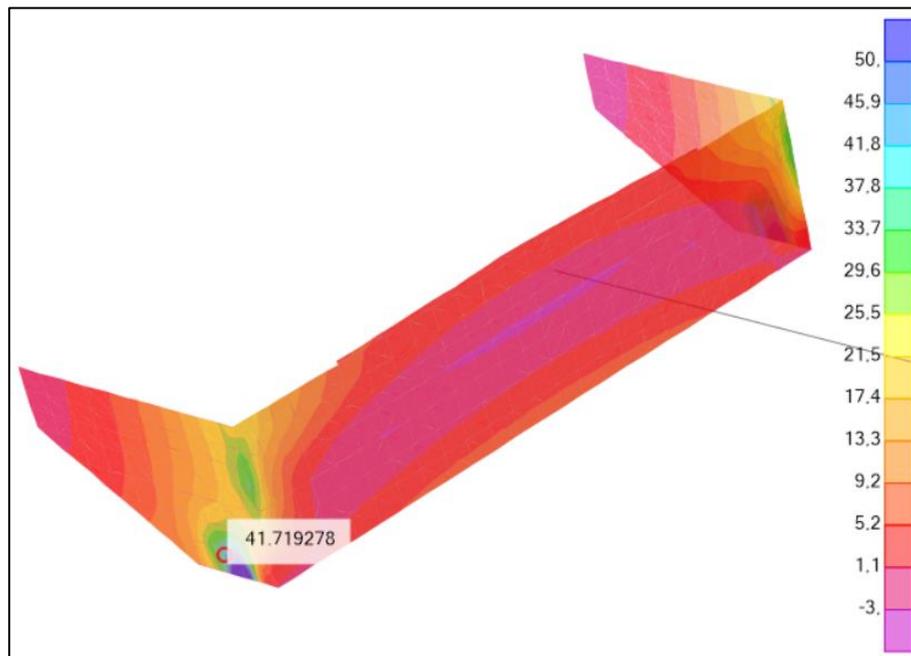


Figura 78 – Momento fletor máximo horizontal (face em contato com o solo) – kN.m/m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>107/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

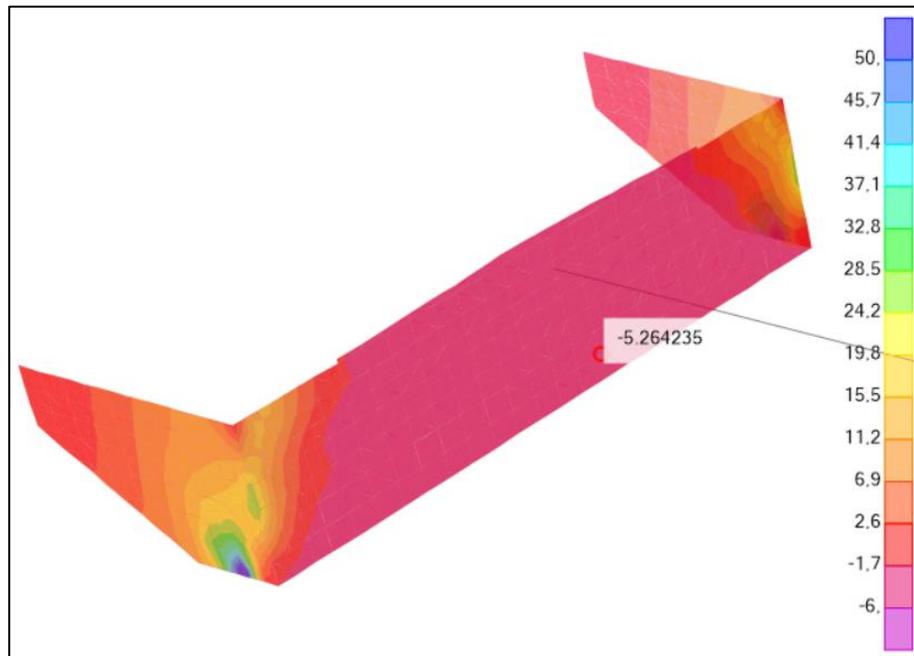


Figura 79 – Momento fletor máximo horizontal (face oposta ao solo) – kN.m/m

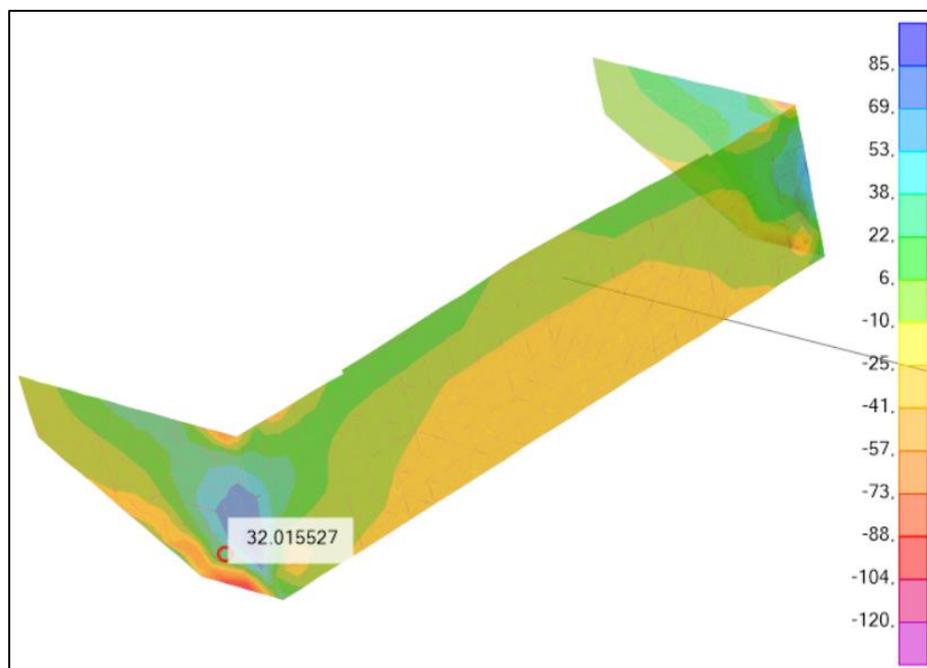


Figura 80 – Esforço Axial Horizontal máximo – kN/m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	<b>108/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	<b>1</b>

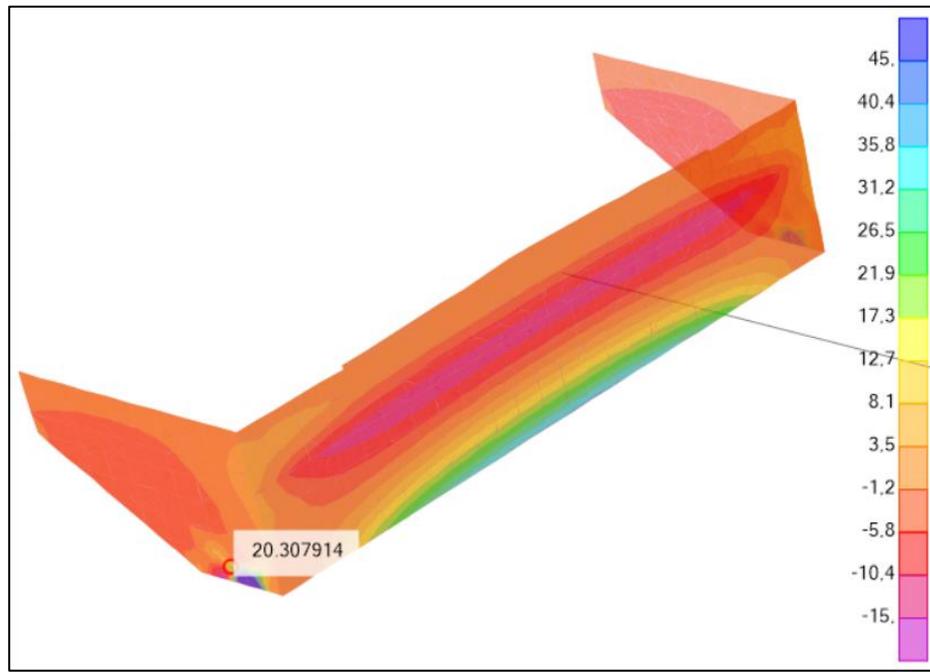


Figura 81 – Momento fletor máximo vertical (face em contato com o solo) – kN.m/m

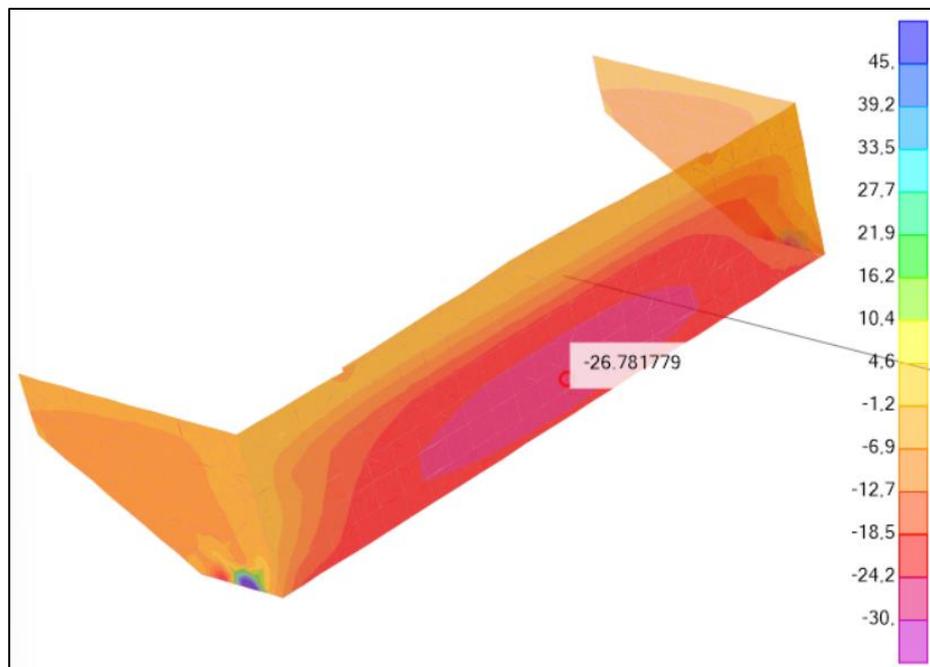


Figura 82 – Momento fletor máximo vertical (face oposta ao solo) – kN.m/m

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>109/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

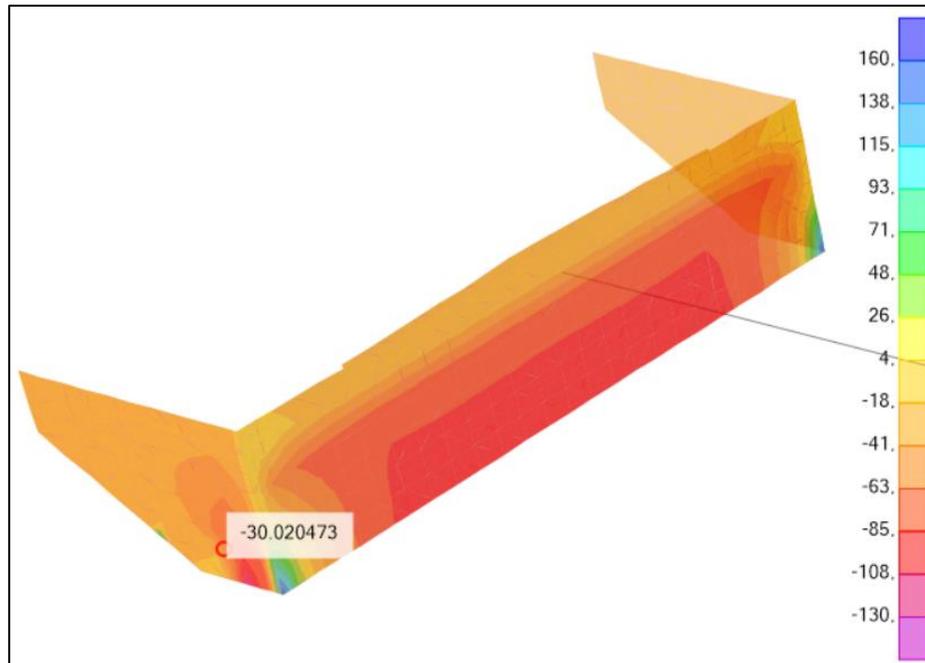


Figura 83 – Esforço Axial Vertical máximo – kN/m

## 14.1 DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES NORMAIS

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	35,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Armadura Horizontal Face do solo Ligação: cortina e alas	100,00	25,00	19,00	6,00	41,8	32,10	<b>5,68</b>	Ø10mm c.10	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>
Armadura Horizontal Face oposta ao solo Ligação: cortina e alas	100,00	25,00	19,00	6,00	5,3	-19,60	<b>0,35</b>	Ø8mm c.10	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>
Armadura Vertical Face do solo Ligação: cortina e alas	100,00	25,00	19,00	6,00	20,3	-30,10	<b>2,04</b>	Ø10mm c.10	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>
Armadura Vertical Face oposta ao solo Ligação: cortina e alas	100,00	25,00	19,00	6,00	26,8	-90,90	<b>1,96</b>	Ø8mm c.10	<b>0,00</b>		<b>4,10</b>

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>110/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 14.1 DIMENSIONAMENTO DAS SOLICITAÇÕES TANGENCIAIS

Para verificar o cisalhamento, verificou-se primeiro se a seção de concreto resiste aos esforços solicitantes sem a necessidade de armaduras transversais. Tomando como a ABNT NBR 6118:2014 temos que caso  $V_{sd} \leq V_{Rd1}$  não é necessário armar elementos lineares com  $b_w \geq 5d$  ao cisalhamento.

Sendo a força cortante de cálculo dada por:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \times k \times (1,2 + 40\rho_1) + 0,15\sigma_{cp}] \times b_w \times d$$

Onde:

$\tau_{Rd} = 0,25 \times \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$ , sendo  $\tau_{Rd}$  a tensão resistente de cálculo do concreto ao cisalhamento

$k$  é um coeficiente estabelecido por norma;

$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \times d}$  é a taxa de armadura da seção em análise;

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c}$ , é a tensão de compressão atuante na seção em análise.

<b>Dados</b>			
Base da Seção de Concreto ( $b_w$ ou $b_f$ )		1,00	m
Altura da Seção de Concreto ( $h$ )		0,250	m
Cobrimento ( $d'$ )		0,060	m
Área de armação longitudinal ( $A_s$ )		12,27	cm <sup>2</sup>
Área de concreto ( $A_c$ )		0,250	m <sup>2</sup>
Resistência nominal do concreto ( $f_{ck}$ )		35	MPa
Resistência de cálculo ( $f_{ywd}$ ) - Item 19.4.2		364	MPa
Coeficiente de minoração da resistência ( $\gamma_c$ )		1,40	
<b>Modelo I (NBR 6118/2014: 19.4.1)</b>			
<b>Fases</b>			
$f_{ctd}$	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,60	MPa
$k$	Valor absoluto de: $1,6 - d$	1,41	m
$\rho$	$A_s / (b_w * d)$	0,0065	
$\sigma_{cp}$	$N_s / (b_w * h)$	0,00	MPa
<b><math>V_{Rd1}</math></b>	<b><math>[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * r) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d</math></b>	<b>156,76</b>	<b>kN</b>

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>111/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

É possível notar que não existem esforços superiores a  $V_{Rd1}$  atuando na cortina, portanto, a seção resiste às solicitações transversais sem a necessidade de armaduras.

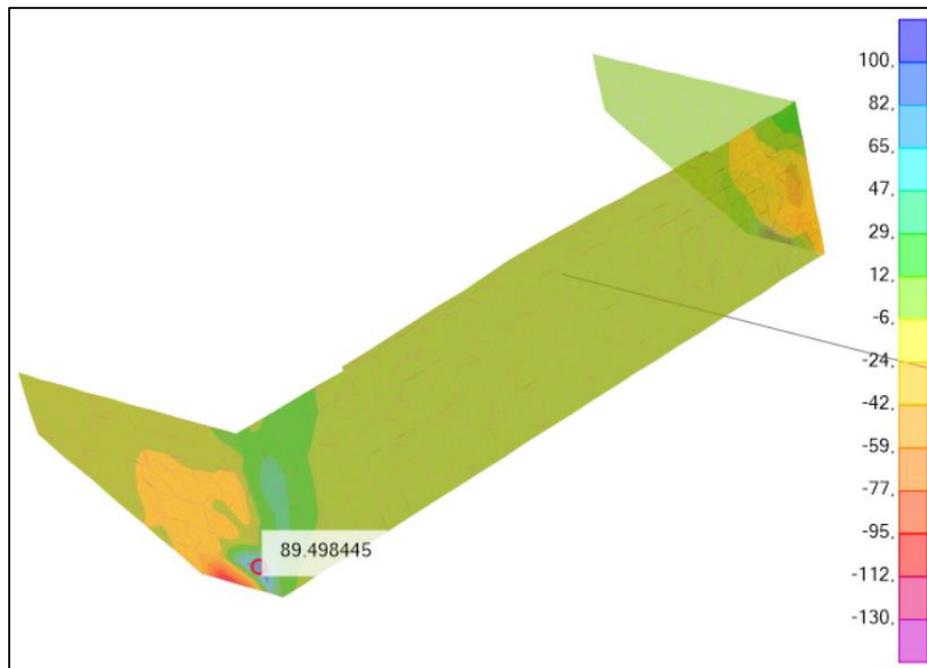


Figura 84 – Esforço cisalhante máximo – kN/m – Combinação Última Normal

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>112/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 15.0 DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO

### 15.1 COEFICIENTE DE MOLA DAS ESTACAS

Muitos são os processos propostos para o cálculo dos esforços em peças carregadas lateralmente.

O Prof. José de Miranda Tepedino apresentou um processo numérico que, aliado a parâmetros do solo correlacionados por ele, mostra-se extremamente vantajoso sobre qualquer outro processo.

Isto é devido à sua grande flexibilidade quanto a receber qualquer tipo de carregamento.

Neste pode se levar em consideração qualquer condição de contorno da estaca, e também a estratificação, a natureza e a consistência ou a compactação do solo.

Além dessas vantagens que tornam esse processo o mais geral possível, ele permite o fornecimento dos esforços solicitantes e dos deslocamentos em qualquer ponto da estaca.

Como princípio básico o processo considera que a tensão no solo é proporcional ao deslocamento da estaca nesse ponto.

$$\sigma = Cr \cdot y$$

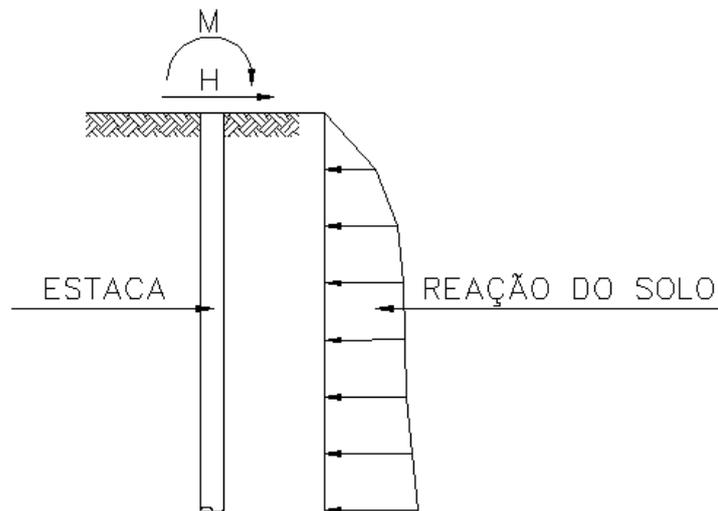
onde:

Cr = Coeficiente de Recalque do Solo

y = Deformação apresentada pela estaca

$\sigma$  = Tensão que a estaca provoca no solo

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>113/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>



Como parâmetros do solo, o processo propõe que os coeficientes de recalque vertical (Cr) possam ser avaliados por:

- 5N para areia ou silte arenoso
- 4N para silte
- 3N para argila ou silte argiloso

Onde N é o número de golpes (SPT) do solo, e o resultado é dado em Newton por centímetro cúbico (N / cm<sup>3</sup>).

Para o caso em estudo é necessário o coeficiente de recalque horizontal, o qual se iguala ao vertical a partir de certa profundidade.

Com o intuito de se considerar isto e eliminar as reações horizontais grandes no nível do terreno, o processo recomenda uma variação linear de zero, no nível do terreno, até o valor indicado na profundidade  $I_1$ , que é tomada igual a:

$$I_1 = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{b \cdot Cr}}$$

Onde:

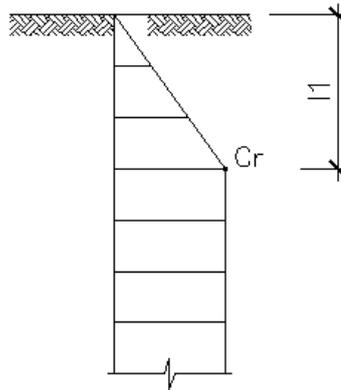
E - Módulo de elasticidade da peça

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

$I$  - Momento de inércia da peça

$b$  - Largura da peça na direção do carregamento

$C_r$  - Coeficiente de recalque horizontal do terreno à profundidade  $l_1$



As tabelas a seguir mostram os resultados para os coeficientes de rigidez horizontal das estacas a cada metro. É válido apenas para os trechos enterrados.

Coeficiente de mola para o furo SM-02 – Estaca  $\varnothing 41 / 31$  cm

EL-Rocha(m)	EL-arraçamento(m)	$\Phi_{est. Solo}$ (m)	$\Phi_{est. Rocha}$ (m)	$f_{ck}$ (MPa)	$E_{cs}$ (MPa)	$l_{1\text{Calculado}}$ (m)	$l_{1\text{Adotado}}$ (m)	$C_{r+11}$ (kN/m <sup>3</sup> )
347,3	350,94	0,41	0,31	20	21287,37	1,30	2,00	147500
Prof(m)	EL-estaca(m)	Material	Classificação	SPT(N)/RQD(%)	$C_r$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{est.}$ (m)	$A_{inf.}$ (m <sup>2</sup> )	$k_x, k_y$ (kN/m)
0,5	350,44	Solo	Silte Arenoso	12	36875	0,41	0,41	15119
1,5	349,44	Solo	Silte Arenoso	20	110625	0,41	0,41	41000
2,5	348,44	Solo	Silte Arenoso	39	195000	0,41	0,41	79950
3,5	347,44	Rocha	Metamórfica	30	225000	0,41	0,41	92250
4,5	346,44	Rocha	Metamórfica	40	225000	0,31	0,31	69750
5,5	345,44	Rocha	Metamórfica	85	337500	0,31	0,31	104625
6,5	344,44	Rocha	Metamórfica	85	337500	0,31	0,31	104625
7,5	343,44	Rocha	Metamórfica	90	337500	0,31	0,31	104625
8,5	342,44	Rocha	Metamórfica	90	337500	0,31	0,31	104625
9,5	341,44	Rocha	Metamórfica	95	337500	0,31	0,31	104625

Coeficiente de mola para o furo SM-03 – Estaca  $\varnothing 41 / 31$  cm

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA		
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>115/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

EL <sub>Rocha</sub> (m)	EL <sub>arrasamento</sub> (m)	Φ <sub>est. Solo</sub> (m)	Φ <sub>est. Rocha</sub> (m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	E <sub>cs</sub> (MPa)	l <sub>1</sub> Calculado (m)	l <sub>1</sub> Adotado (m)	C <sub>r11</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
348,5	348,5	0,41	0,31	20	21287,37	0,95	1,00	243750
<b>Prof(m)</b>	<b>EL<sub>estaca</sub>(m)</b>	<b>Material</b>	<b>Classificação</b>	<b>SPT(N)/RQD(%)</b>	<b>C<sub>r</sub>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Φ<sub>est.</sub>(m)</b>	<b>A<sub>inf.</sub>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>k<sub>x</sub>, k<sub>y</sub> (kN/m)</b>
0,5	348	Rocha	Metamórfica	0	121875	0,31	0,31	37781
1,5	347	Rocha	Metamórfica	78	337500	0,31	0,31	104625
2,5	346	Rocha	Metamórfica	78	337500	0,31	0,31	104625
3,5	345	Rocha	Metamórfica	92	337500	0,31	0,31	104625
4,5	344	Rocha	Metamórfica	80	337500	0,31	0,31	104625
5,5	343	Rocha	Metamórfica	75	337500	0,31	0,31	104625

#### Coefficiente de mola para o furo SM-04 – Estaca Ø41 / 31 cm

EL <sub>Rocha</sub> (m)	EL <sub>arrasamento</sub> (m)	Φ <sub>est. Solo</sub> (m)	Φ <sub>est. Rocha</sub> (m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	E <sub>cs</sub> (MPa)	l <sub>1</sub> Calculado (m)	l <sub>1</sub> Adotado (m)	C <sub>r11</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
347,9	347,9	0,41	0,31	20	21287,37	0,86	1,00	281250
<b>Prof(m)</b>	<b>EL<sub>estaca</sub>(m)</b>	<b>Material</b>	<b>Classificação</b>	<b>SPT(N)/RQD(%)</b>	<b>C<sub>r</sub>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Φ<sub>est.</sub>(m)</b>	<b>A<sub>inf.</sub>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>k<sub>x</sub>, k<sub>y</sub> (kN/m)</b>
0,5	347,4	Rocha	Metamórfica	40	140625	0,31	0,31	43594
1,5	346,4	Rocha	Metamórfica	75	337500	0,31	0,31	104625
2,5	345,4	Rocha	Metamórfica	75	337500	0,31	0,31	104625
3,5	344,4	Rocha	Metamórfica	75	337500	0,31	0,31	104625
4,5	343,4	Rocha	Metamórfica	75	337500	0,31	0,31	104625
5,5	342,4	Rocha	Metamórfica	88	337500	0,31	0,31	104625

#### Coefficiente de mola para o furo SM-05 – Estaca Ø41 / 31 cm

EL <sub>Rocha</sub> (m)	EL <sub>arrasamento</sub> (m)	Φ <sub>est. Solo</sub> (m)	Φ <sub>est. Rocha</sub> (m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	E <sub>cs</sub> (MPa)	l <sub>1</sub> Calculado (m)	l <sub>1</sub> Adotado (m)	C <sub>r11</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
348,48	348,48	0,41	0,31	20	21287,37	0,78	1,00	337500
<b>Prof(m)</b>	<b>EL<sub>estaca</sub>(m)</b>	<b>Material</b>	<b>Classificação</b>	<b>SPT(N)/RQD(%)</b>	<b>C<sub>r</sub>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Φ<sub>est.</sub>(m)</b>	<b>A<sub>inf.</sub>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>k<sub>x</sub>, k<sub>y</sub> (kN/m)</b>
0,5	347,98	Rocha	Metamórfica	93	168750	0,31	0,31	52313
1,5	346,98	Rocha	Metamórfica	93	337500	0,31	0,31	104625
2,5	345,98	Rocha	Metamórfica	94	337500	0,31	0,31	104625
3,5	344,98	Rocha	Metamórfica	94	337500	0,31	0,31	104625
4,5	343,98	Rocha	Metamórfica	95	337500	0,31	0,31	104625
5,5	342,98	Rocha	Metamórfica	65	337500	0,31	0,31	104625

#### Coefficiente de mola para o furo SM-06 – Estaca Ø41 / 31 cm

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	116/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

EL <sub>Rocha</sub> (m)	EL <sub>arrasamento</sub> (m)	Φ <sub>est. Solo</sub> (m)	Φ <sub>est. Rocha</sub> (m)	f <sub>ck</sub> (MPa)	E <sub>cs</sub> (MPa)	I <sub>1Calculado</sub> (m)	I <sub>1Adotado</sub> (m)	C <sub>r+1</sub> (kN/m³)
348,9	350,925	0,41	0,31	20	21287,37	1,29	2,00	127500
Prof(m)	EL <sub>estaca</sub> (m)	Material	Classificação	SPT(N)/RQD(%)	C <sub>r</sub> (kN/m³)	Φ <sub>est.</sub> (m)	A <sub>inf.</sub> (m²)	k <sub>x</sub> , k <sub>y</sub> (kN/m)
0,5	350,425	Solo	Silte Argiloso	9	31875	0,41	0,41	11070
1,5	349,425	Solo	Silte Argiloso	35	95625	0,41	0,41	39206
2,5	348,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
3,5	347,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
4,5	346,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
5,5	345,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
6,5	344,425	Rocha	Metamórfica	45	225000	0,31	0,31	69750
7,5	343,425	Rocha	Metamórfica	45	225000	0,31	0,31	69750
8,5	342,425	Rocha	Metamórfica	65	337500	0,31	0,31	104625
9,5	341,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
10,5	340,425	Rocha	Metamórfica	55	337500	0,31	0,31	104625
11,5	339,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
12,5	338,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500
13,5	337,425	Rocha	Metamórfica	0	150000	0,31	0,31	46500

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	PÁGINA 117/197
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	REV. 1	

## 15.2 CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS

### 15.2.1 LOCAÇÃO DAS SONDAGENS

Foram realizados quatro furos de sondagem a percussão na região da ponte, sendo SM-02 a SM-06, os quais encontram se locados conforme abaixo.

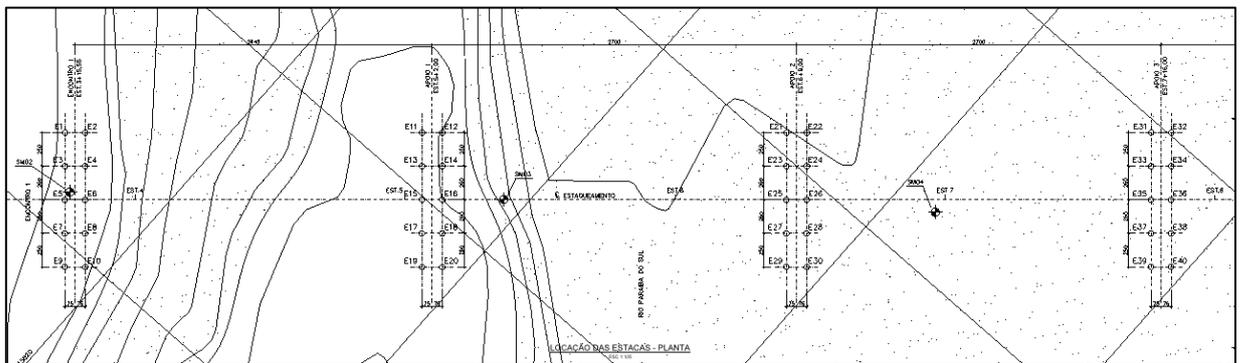


Figura 85 – Locação das sondagens – 1/2

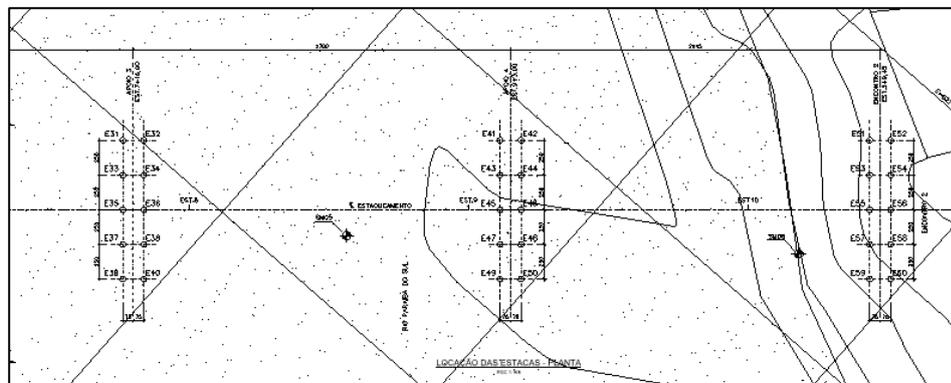
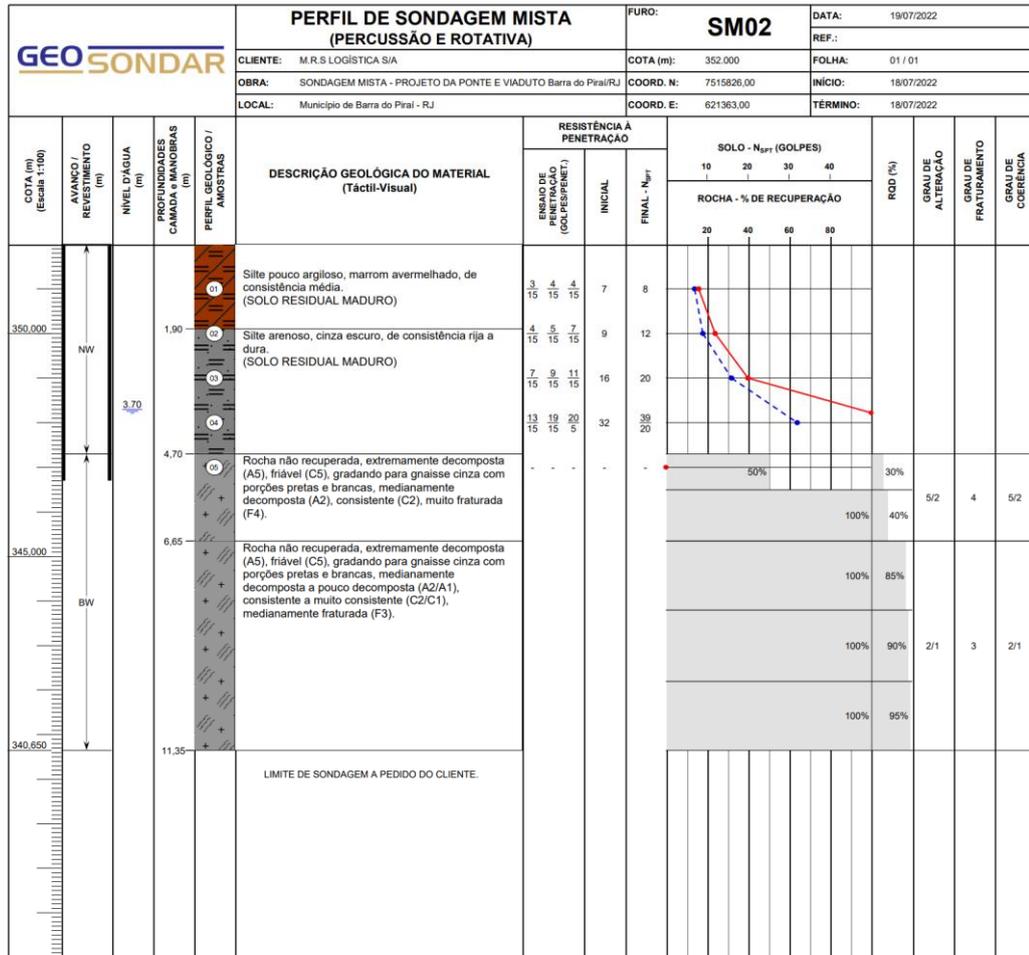


Figura 86 – Locação das sondagens – 2/2

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>118/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

## 15.2.2 BOLETINS DE SONDAENS

SM-02



		<b>CLASSIFICAÇÃO</b>  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
			<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	<b>Nº MRS</b> <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
			<b>Nº JMSOUTO</b> <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>REV.</b> <b>1</b>

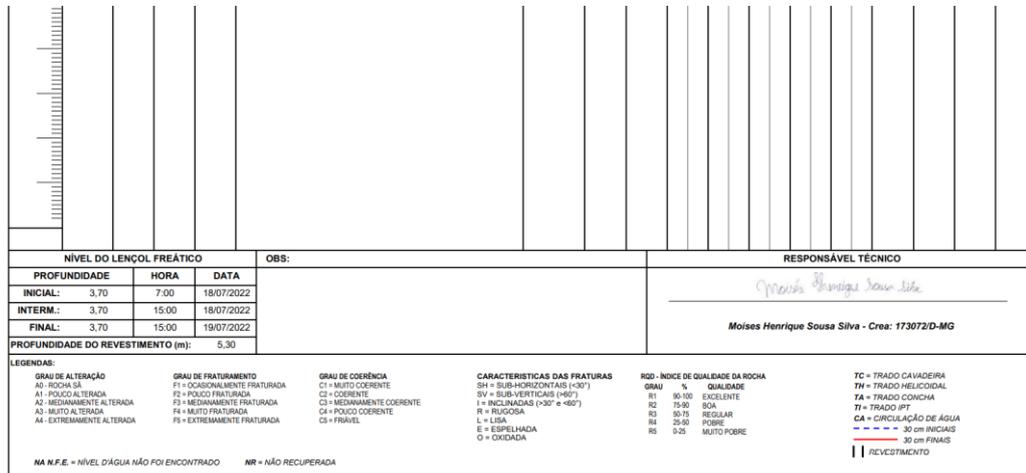


Figura 87 – Boletim de sondagem – SM-02

SM-03

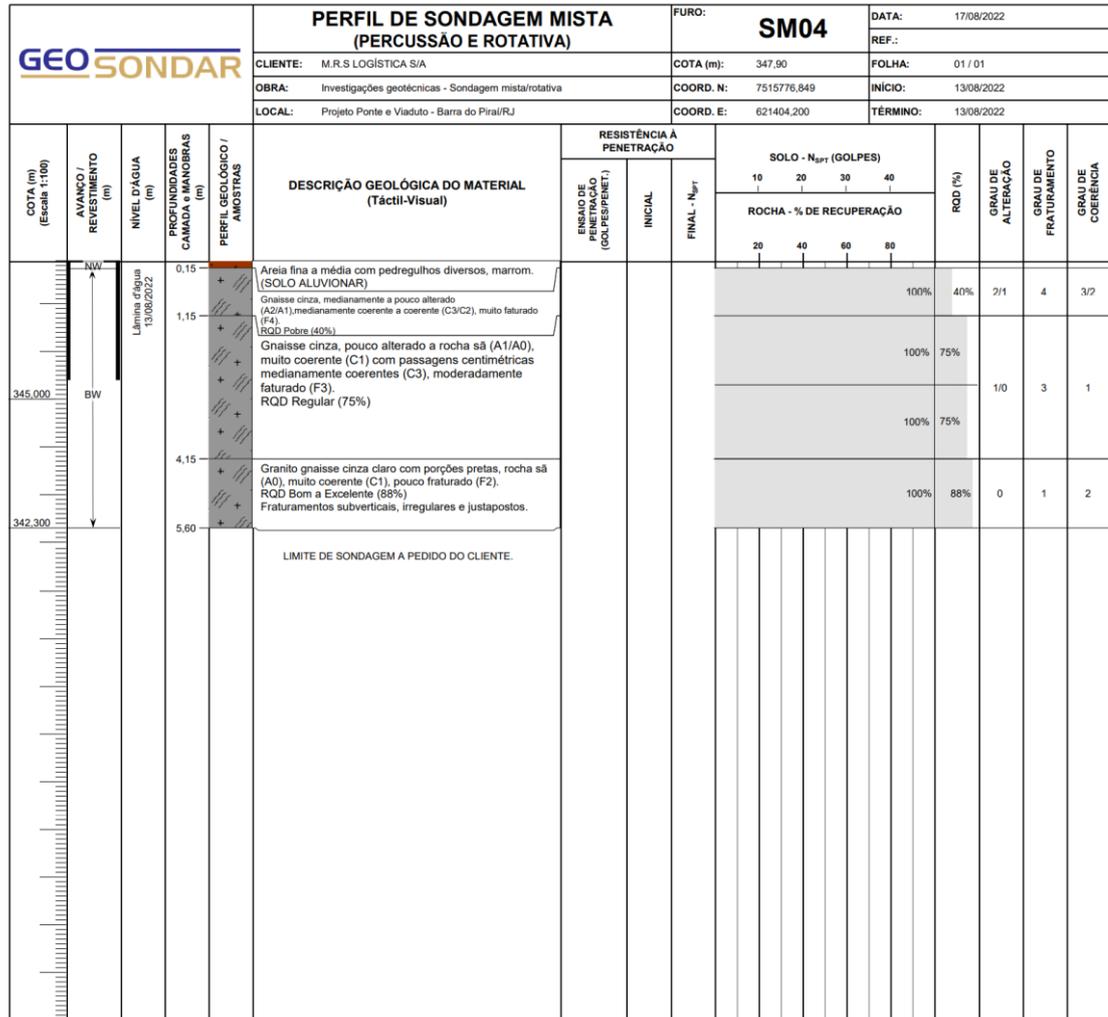


		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p><b>RESTRITA</b></p>	<p><b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b></p>	
<p><b>PROJETO DETALHADO</b>  <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>  <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b>  <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b></p>		<p>Nº MRS</p> <p><b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b></p>	<p>PÁGINA</p> <p><b>121/197</b></p>	
		<p>Nº JMSOUTO</p> <p><b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b></p>	<p>REV.</p> <p><b>1</b></p>	

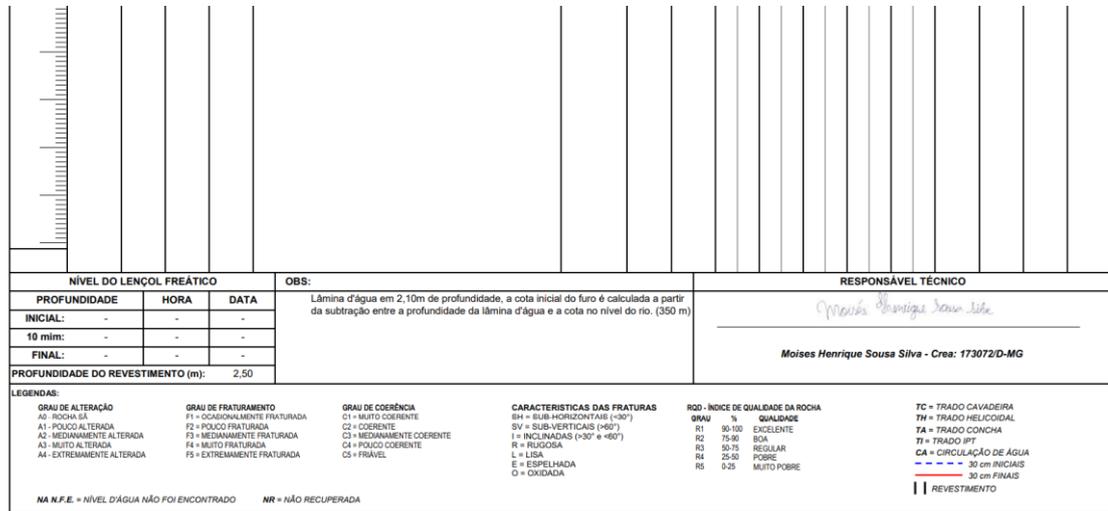
Figura 88 – Boletim de sondagem – SM-03

SM-04

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA		
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA	
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	122/197	
		Nº JMSOUTO	REV.	
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1	



		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	123/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

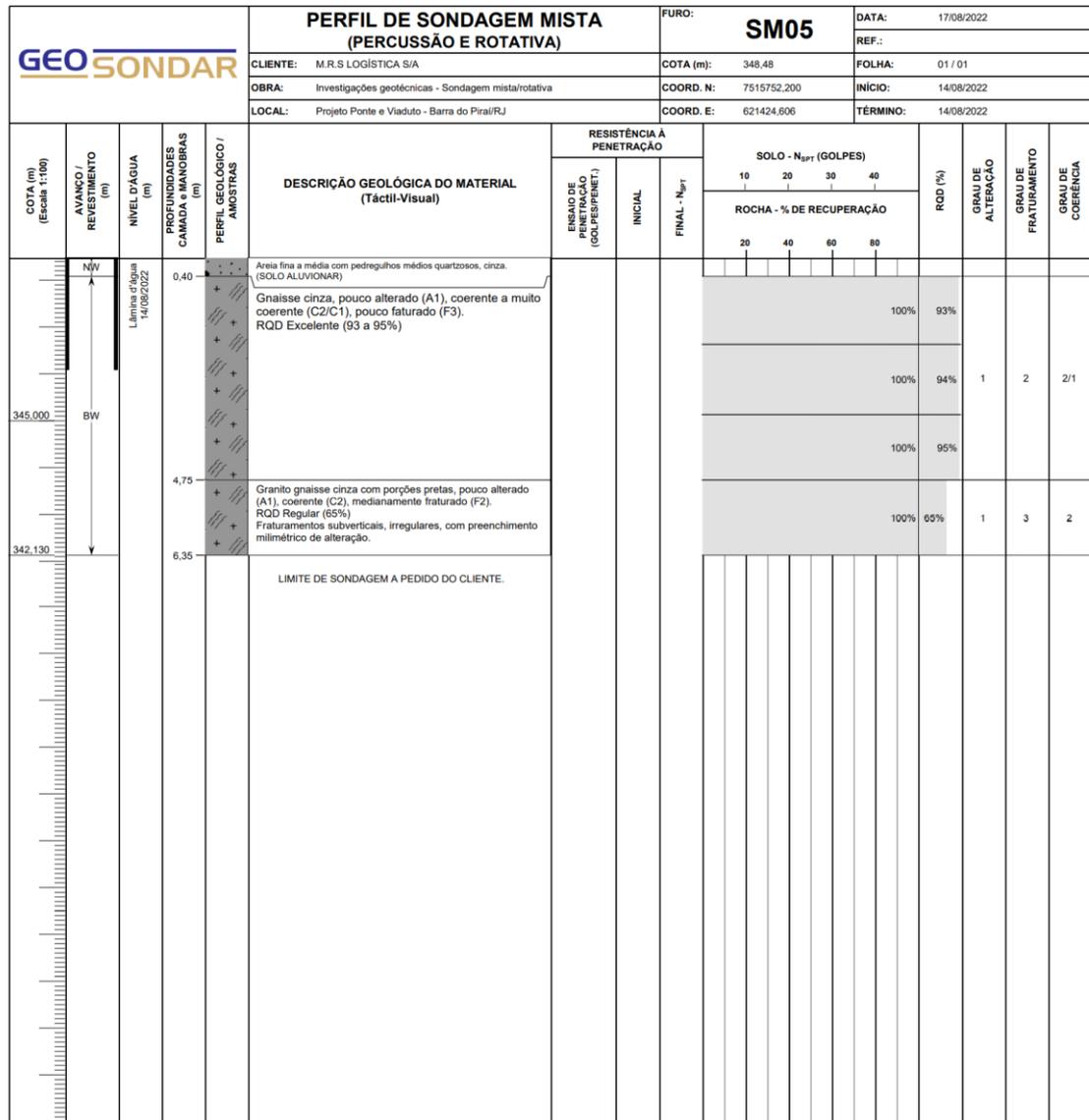


♦ Av. Deputado Anuar Menham, 1137, Santa Amélia, Belo Horizonte, MG, CEP: 31560-200 • (31) 3658-0990 • (31) 99894-2606 • geosondar@gmail.com • www.geosondar.com ♦

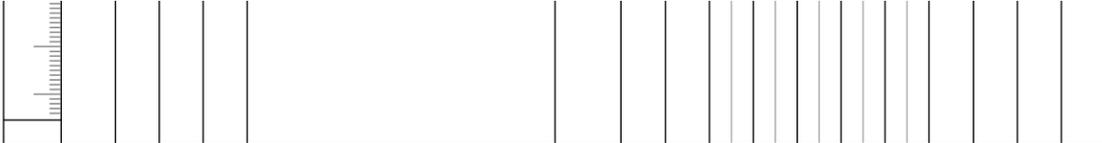
Figura 89 – Boletim de sondagem – SM-04

SM-05

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>124/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>



		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>125/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

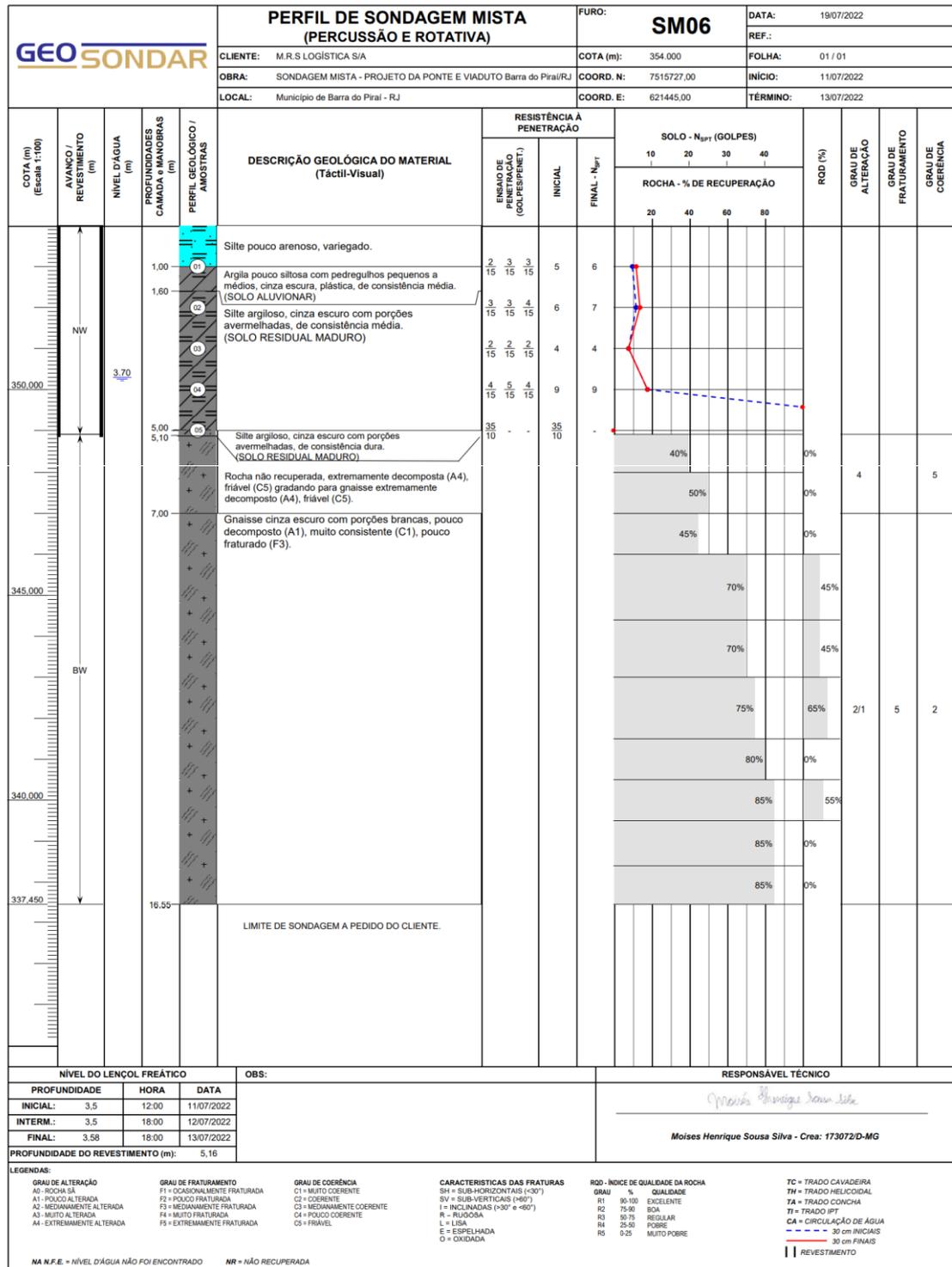
																											
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO		OBS:	RESPONSÁVEL TÉCNICO																								
PROFUNDIDADE	HORA	DATA	 <b>Moises Henrique Sousa Silva - Crea: 173072/D-MG</b>																								
INICIAL:	-	-																									
10 min:	-	-																									
FINAL:	-	-																									
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO (m):		2,40																									
<b>LEGENDAS:</b> <table border="0"> <tr> <td> <b>GRAU DE ALTERAÇÃO</b>  A0 - ROCHA SA  A1 - POUCO ALTERADA  A2 - MEDIANAMENTE ALTERADA  A3 - MUITO ALTERADA  A4 - EXTREMAMENTE ALTERADA </td> <td> <b>GRAU DE FRATURAMENTO</b>  F1 - OCASIONALMENTE FRATURADA  F2 - POUCO FRATURADA  F3 - MEDIANAMENTE FRATURADA  F4 - MUITO FRATURADA  F5 - EXTREMAMENTE FRATURADA </td> <td> <b>GRAU DE COERÊNCIA</b>  C1 = MUITO COERENTE  C2 = COERENTE  C3 = MEDIANAMENTE COERENTE  C4 = POUCO COERENTE  C5 = FRÁVEL </td> <td> <b>CARACTERÍSTICAS DAS FRATURAS</b>  SH = SUB-HORIZONTAIS (&lt;30°)  SV = SUB-VERTICAIS (&gt;60°)  I = INCLINADAS (&gt;30° e &lt;60°)  R = FRIGIOSA  L = LISA  E = ESPELHADA  O = OXIDADA </td> <td> <b>RQD - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA</b>  <table border="0"> <tr> <th>GRAU</th> <th>%</th> <th>QUALIDADE</th> </tr> <tr> <td>R1</td> <td>90-100</td> <td>EXCELENTE</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>75-90</td> <td>BOA</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>50-75</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>25-50</td> <td>POBRE</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>0-25</td> <td>MUITO POBRE</td> </tr> </table> </td> <td> <b>TC = TRADO CAVADEIRA</b>  <b>TH = TRADO HELICOIDAL</b>  <b>TA = TRADO CONCHA</b>  <b>TI = TRADO IPT</b>  <b>CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA</b>  --- 30 cm INICIAIS  --- 30 cm FINAIS     REVESTIMENTO </td> </tr> </table>				<b>GRAU DE ALTERAÇÃO</b> A0 - ROCHA SA A1 - POUCO ALTERADA A2 - MEDIANAMENTE ALTERADA A3 - MUITO ALTERADA A4 - EXTREMAMENTE ALTERADA	<b>GRAU DE FRATURAMENTO</b> F1 - OCASIONALMENTE FRATURADA F2 - POUCO FRATURADA F3 - MEDIANAMENTE FRATURADA F4 - MUITO FRATURADA F5 - EXTREMAMENTE FRATURADA	<b>GRAU DE COERÊNCIA</b> C1 = MUITO COERENTE C2 = COERENTE C3 = MEDIANAMENTE COERENTE C4 = POUCO COERENTE C5 = FRÁVEL	<b>CARACTERÍSTICAS DAS FRATURAS</b> SH = SUB-HORIZONTAIS (<30°) SV = SUB-VERTICAIS (>60°) I = INCLINADAS (>30° e <60°) R = FRIGIOSA L = LISA E = ESPELHADA O = OXIDADA	<b>RQD - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA</b> <table border="0"> <tr> <th>GRAU</th> <th>%</th> <th>QUALIDADE</th> </tr> <tr> <td>R1</td> <td>90-100</td> <td>EXCELENTE</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>75-90</td> <td>BOA</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>50-75</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>25-50</td> <td>POBRE</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>0-25</td> <td>MUITO POBRE</td> </tr> </table>	GRAU	%	QUALIDADE	R1	90-100	EXCELENTE	R2	75-90	BOA	R3	50-75	REGULAR	R4	25-50	POBRE	R5	0-25	MUITO POBRE	<b>TC = TRADO CAVADEIRA</b> <b>TH = TRADO HELICOIDAL</b> <b>TA = TRADO CONCHA</b> <b>TI = TRADO IPT</b> <b>CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA</b> --- 30 cm INICIAIS --- 30 cm FINAIS    REVESTIMENTO
<b>GRAU DE ALTERAÇÃO</b> A0 - ROCHA SA A1 - POUCO ALTERADA A2 - MEDIANAMENTE ALTERADA A3 - MUITO ALTERADA A4 - EXTREMAMENTE ALTERADA	<b>GRAU DE FRATURAMENTO</b> F1 - OCASIONALMENTE FRATURADA F2 - POUCO FRATURADA F3 - MEDIANAMENTE FRATURADA F4 - MUITO FRATURADA F5 - EXTREMAMENTE FRATURADA	<b>GRAU DE COERÊNCIA</b> C1 = MUITO COERENTE C2 = COERENTE C3 = MEDIANAMENTE COERENTE C4 = POUCO COERENTE C5 = FRÁVEL	<b>CARACTERÍSTICAS DAS FRATURAS</b> SH = SUB-HORIZONTAIS (<30°) SV = SUB-VERTICAIS (>60°) I = INCLINADAS (>30° e <60°) R = FRIGIOSA L = LISA E = ESPELHADA O = OXIDADA	<b>RQD - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA</b> <table border="0"> <tr> <th>GRAU</th> <th>%</th> <th>QUALIDADE</th> </tr> <tr> <td>R1</td> <td>90-100</td> <td>EXCELENTE</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>75-90</td> <td>BOA</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>50-75</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>25-50</td> <td>POBRE</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>0-25</td> <td>MUITO POBRE</td> </tr> </table>	GRAU	%	QUALIDADE	R1	90-100	EXCELENTE	R2	75-90	BOA	R3	50-75	REGULAR	R4	25-50	POBRE	R5	0-25	MUITO POBRE	<b>TC = TRADO CAVADEIRA</b> <b>TH = TRADO HELICOIDAL</b> <b>TA = TRADO CONCHA</b> <b>TI = TRADO IPT</b> <b>CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA</b> --- 30 cm INICIAIS --- 30 cm FINAIS    REVESTIMENTO				
GRAU	%	QUALIDADE																									
R1	90-100	EXCELENTE																									
R2	75-90	BOA																									
R3	50-75	REGULAR																									
R4	25-50	POBRE																									
R5	0-25	MUITO POBRE																									
<small>NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO    NR = NÃO RECUPERADA</small>																											

♦ Av. Deputado Anuar Menhem, 1137, Santa Amélia, Belo Horizonte, MG, CEP: 31560-200 • (31) 3658-0990 • (31) 99894-2606 • geosondar@gmail.com • www.geosondar.com ♦

Figura 90 – Boletim de sondagem – SM-05

SM-06

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>126/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>



Av. Deputado Anuar Menhem, 1137, Santa Amélia, Belo Horizonte, MG, CEP: 31560-200 • (31) 3658-0990 • (31) 99894-2606 • geosondar@gmail.com • www.geosondar.com

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>127/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Figura 91 – Boletim de sondagem – SM-06

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS  <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA  <b>128/197</b>
			Nº JMSOUTO  <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV.  <b>1</b>

### 15.2.3 CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS

O cálculo da capacidade de carga geotécnica das estacas se dará através de três métodos para trecho em solo e dois métodos para trecho em rocha. Os métodos para o cálculo em solo serão: Aoki-Veloso (1975) - Contribuição Monteiro (1997), Decourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996). Os métodos para o cálculo em rocha serão: Cabral Antunes (2000) e Poulos & Davis (1980).

Para o cálculo da capacidade de carga geotécnica das estacas, será considerado somente o atrito lateral, visto que para a estaca raiz não é possível garantir a perfeita execução da base, o que elimina a consideração da capacidade de carga devido a ponta da estaca.

SM-02 – Encontro 1:



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

129/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Definição do Domínio de Estudo

Tipo de Estaca	nº Pontos	E.L. Sond. (m)	E.L. Arras. (m)
Raiz	11	352	350,94

Geometria da Estaca

$\phi$ (cm)	e(mm)	$A_{p,R}$ (cm <sup>2</sup> )	$U_{i,R}$ (cm)	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$U_i$ (cm)	EL-Rev. (m)
41,000	50,000	754,768	97,389	1.320,254	128,805	347,300

Fatores de Segurança

Método	Análise em Solo		Análise em Rocha	
	C.S. Ponta	C.S. Fuste	C.S. Ponta	C.S. Fuste
Aoki-Veloso (1975) - Contribuição Monteiro (1997)	2	2	-	-
Decourt-Quaresma (1978)	4	2	-	-
Teixeira (1996)	2	2	-	-
Cabral Antunes (2000)	-	-	2	2
Poulos & Davis (1980)	-	-	2	2



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

130/197

REV.

1

Caracterização do Terreno

Ponto	z (m)	Elevação (m)	Material	Para Camadas de Solo			Para Camadas de Rocha		
				Classificação	SPT	Consistência	Classificação	Alteração	RQD (%)
1	1	351	Solo	Silte Argiloso	8	Média	-	-	-
2	2	350	Solo	Silte Arenoso	12	Med. Comp.	-	-	-
3	3	349	Solo	Silte Arenoso	20	Comp.	-	-	-
4	4	348	Solo	Silte Arenoso	39	Comp.	-	-	-
5	5	347,3	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	30
6	6	346	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	40
7	7	345	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	85
8	8	344	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	85
9	9	343	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	90
10	10	342	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	90
11	11	341	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	95

Determinação da Capacidade de Carga

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga - Resumo para estacas somente em solo (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado
0,00	350,940	0,000	99,019	126,744	0,000
0,94	350,000	255,444	151,293	170,332	151,293
1,94	349,000	457,221	268,864	278,941	268,864
2,94	348,000	752,979	393,319	547,313	393,319
3,64	347,300	-	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-	-
8,94	342,000	-	-	-	-
9,94	341,000	-	-	-	-

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 33 - Memória de Cálculo das Estruturas

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

Página 130 de 197



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

131/197

REV.

1

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga Decorrente de atrito Lateral - Resumo para Estacas							Capacidade Acumulada
		Atrito lateral em Solo (kN)				Atrito Lateral em Rocha (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado	Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	350,940	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	0,00
0,94	350,000	45,40	30,27	43,59	30,27	-	-	-	30,27
1,94	349,000	125,91	73,58	109,95	73,58	-	-	-	73,58
2,94	348,000	282,89	149,90	235,73	149,90	-	-	-	149,90
3,64	347,300	-	-	-	-	117,60	340,86	117,60	117,60
4,94	346,000	-	-	-	-	335,99	973,89	335,99	335,99
5,94	345,000	-	-	-	-	635,47	1460,84	635,47	635,47
6,94	344,000	-	-	-	-	934,94	1947,79	934,94	934,94
7,94	343,000	-	-	-	-	1300,15	2434,73	1300,15	1300,15
8,94	342,000	-	-	-	-	1665,36	2921,68	1665,36	1665,36
9,94	341,000	-	-	-	-	2030,57	3408,63	2030,57	2030,57

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Carga de Ponta em Rocha (kN)			Capacidade Total (kN)
		Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	350,940	-	-	-	0,00
0,94	350,000	-	-	-	30,27
1,94	349,000	-	-	-	73,58
2,94	348,000	-	-	-	149,90
3,64	347,300	301,91	867,98	301,91	419,50
4,94	346,000	301,91	867,98	301,91	637,90
5,94	345,000	301,91	1547,27	301,91	937,37
6,94	344,000	301,91	1547,27	301,91	1236,85
7,94	343,000	301,91	1886,92	301,91	1602,06
8,94	342,000	301,91	1886,92	301,91	1967,27
9,94	341,000	301,91	1886,92	301,91	2332,48

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3A - Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

Página 131 de 197

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>132/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

→ Será adotada estaca raiz diâmetro de 410mm com 3,0 metros de comprimento em solo e diâmetro de 310mm com 4,0 metros de comprimento em rocha, para atender a necessidade de resistir a carga de 800 kN, conforme apresentado no próximo item. A seguir é apresentada a memória de cálculo para cada método.



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

133/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

## Memória de Cálculos

## Determinação da Capacidade de Carga - Método de Aoki-Veloso com Contribuição de Monteiro (1997)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		k (kg/cm <sup>2</sup> )	α (%)	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	ΔL (m)	A <sub>P</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	350,940	5,00	3,00%	2,20	2,40	0,00	0,13	1,29
0,94	350,000	5,00	3,00%	2,20	2,40	0,94	0,13	1,29
1,94	349,000	5,00	3,00%	2,20	2,40	1,00	0,13	1,29
2,94	348,000	5,00	3,00%	2,20	2,40	1,00	0,13	1,29
3,64	347,300	-	-	-	-	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-	-	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-	-	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,94	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,94	341,000	-	-	-	-	-	-	-

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	τ <sub>l,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.,s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.,i</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidade de Carga total		
						Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,940	0,75	27,27	27,27	27,27	0,00	0,00	0,00
0,94	350,000	0,75	27,27	27,27	36,36	45,40	210,04	255,44
1,94	349,000	1,25	45,45	33,33	67,05	125,91	331,31	457,22
2,94	348,000	2,44	88,64	53,79	88,64	282,89	470,09	752,98
3,64	347,300	-	-	-	-	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-	-	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-	-	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,94	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,94	341,000	-	-	-	-	-	-	-

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3A - Memória de Cálculo das Estruturas

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

Página 133 de 197

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>134/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

135/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Método de Decourt-Quaresma (1978)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					τ <sub>l,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
		C (kgf/cm <sup>2</sup> )	N <sub>med.</sub>	N	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)		
0,00	350,940	2,50	12,00	12,00	0,13	1,29	0,50	30,00
0,94	350,000	2,50	12,00	14,67	0,13	1,29	0,50	36,67
1,94	349,000	2,50	14,67	23,67	0,13	1,29	0,59	59,17
2,94	348,000	2,50	20,75	29,50	0,13	1,29	0,79	73,75
3,64	347,300	-	-	-	-	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-	-	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-	-	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,94	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,94	341,000	-	-	-	-	-	-	-

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,940	0,00	99,02	99,02
0,94	350,000	30,27	121,02	151,29
1,94	349,000	73,58	195,29	268,86
2,94	348,000	149,90	243,42	393,32
3,64	347,300	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

136/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Método de Teixeira (1996)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		α (kgf/cm <sup>2</sup> )	β (kgf/cm <sup>2</sup> )	N <sub>p</sub>	N <sub>L</sub>	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)	L (m)
0,00	350,940	1,60	0,06	12,00	12,00	0,13	1,29	0,00
0,94	350,000	1,60	0,06	12,00	12,00	0,13	1,29	0,94
1,94	349,000	1,60	0,06	16,00	14,67	0,13	1,29	1,94
2,94	348,000	1,60	0,06	29,50	20,75	0,13	1,29	2,94
3,64	347,300	-	-	-	-	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-	-	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-	-	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,94	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,94	341,000	-	-	-	-	-	-	-

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	τ <sub>l,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidade de Carga total		
				Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,940	0,72	19,20	0,00	126,74	126,74
0,94	350,000	0,72	19,20	43,59	126,74	170,33
1,94	349,000	0,88	25,60	109,95	168,99	278,94
2,94	348,000	1,25	47,20	235,73	311,58	547,31
3,64	347,300	-	-	-	-	-
4,94	346,000	-	-	-	-	-
5,94	345,000	-	-	-	-	-
6,94	344,000	-	-	-	-	-
7,94	343,000	-	-	-	-	-

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3.4 - Memória de Cálculo das Estruturas

Página 136 de 197

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

137/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Cabral-Antunes (2000)

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		$\beta_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_L$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (m)	A <sub>P</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	350,940	-	-	-	-	-	-	-
0,94	350,000	-	-	-	-	-	-	-
1,94	349,000	-	-	-	-	-	-	-
2,94	348,000	-	-	-	-	-	-	-
3,64	347,300	0,10	1150,00	80,00	3,45	0,70	0,08	0,97
4,94	346,000	0,10	1150,00	80,00	3,45	1,30	0,08	0,97
5,94	345,000	0,10	2050,00	80,00	6,15	1,00	0,08	0,97
6,94	344,000	0,10	2050,00	80,00	6,15	1,00	0,08	0,97
7,94	343,000	0,10	2500,00	80,00	7,50	1,00	0,08	0,97
8,94	342,000	0,10	2500,00	80,00	7,50	1,00	0,08	0,97
9,94	341,000	0,10	2500,00	80,00	7,50	1,00	0,08	0,97

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,940	-	-	-
0,94	350,000	-	-	-
1,94	349,000	-	-	-
2,94	348,000	-	-	-
3,64	347,300	117,60	301,91	419,50
4,94	346,000	335,99	301,91	637,90
5,94	345,000	635,47	301,91	937,37
6,94	344,000	934,94	301,91	1236,85
7,94	343,000	1300,15	301,91	1602,06
8,94	342,000	1665,36	301,91	1967,27
9,94	341,000	2030,57	301,91	2332,48



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

138/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Poulos & Davis (1980)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					
		σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	350,940	-	-	-	-	-	-
0,94	350,000	-	-	-	-	-	-
1,94	349,000	-	-	-	-	-	-
2,94	348,000	-	-	-	-	-	-
3,64	347,300	1150,00	230,00	10,00	0,70	0,08	0,97
4,94	346,000	1150,00	230,00	10,00	1,30	0,08	0,97
5,94	345,000	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
6,94	344,000	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
7,94	343,000	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
8,94	342,000	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
9,94	341,000	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,940	-	-	-
0,94	350,000	-	-	-
1,94	349,000	-	-	-
2,94	348,000	-	-	-
3,64	347,300	340,86	867,98	1208,85
4,94	346,000	973,89	867,98	1841,88
5,94	345,000	1460,84	1547,27	3008,11
6,94	344,000	1947,79	1547,27	3495,06
7,94	343,000	2434,73	1886,92	4321,65
8,94	342,000	2921,68	1886,92	4808,60
9,94	341,000	3408,63	1886,92	5295,55

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte  
 Anexo 35 - Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS	PÁGINA
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>139/197</b>
			Nº JMSOUTO	REV.
			<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

### SM-03 – Apoio 1:

Definição do Domínio de Estudo

Tipo de Estaca	nº Pontos	E.L. Sond. (m)	E.L. Arras. (m)
Raiz	6	348,5	351,355

Geometria da Estaca

$\phi$ (cm)	e(mm)	$A_{p,R}$ (cm <sup>2</sup> )	$U_{i,R}$ (cm)	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$U_i$ (cm)	EL-Rev. (m)
41,000	50,000	754,768	97,389	1.320,254	128,805	348,500

Fatores de Segurança

Método	Análise em Solo		Análise em Rocha	
	C.S. Ponta	C.S. Fuste	C.S. Ponta	C.S. Fuste
Aoki-Veloso (1975) - Contribuição Monteiro (1997)	2	2	-	-
Decourt-Quaresma (1978)	4	2	-	-
Teixeira (1996)	2	2	-	-
Cabral Antunes (2000)	-	-	2	2
Poulos & Davis (1980)	-	-	2	2



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

140/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

## Caracterização do Terreno

Ponto	z (m)	Elevação (m)	Material	Para Camadas de Solo			Para Camadas de Rocha		
				Classificação	SPT	Consistência	Classificação	Alteração	RQD (%)
1	1	347,5	Rocha	-	-	-	Granito	Pouco Alterada	0
2	2	346,5	Rocha	-	-	-	Granito	Pouco Alterada	78
3	3	345,5	Rocha	-	-	-	Granito	Pouco Alterada	78
4	4	344,5	Rocha	-	-	-	Granito	Sã	92
5	5	343,5	Rocha	-	-	-	Granito	Pouco Alterada	80
6	6	342,5	Rocha	-	-	-	Granito	Pouco Alterada	75



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

141/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

## Determinação da Capacidade de Carga

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga - Resumo para estacas somente em solo (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado
0,00	351,355	-	-	-	-
3,86	347,500	-	-	-	-
4,86	346,500	-	-	-	-
5,86	345,500	-	-	-	-
6,86	344,500	-	-	-	-
7,86	343,500	-	-	-	-
8,86	342,500	-	-	-	-

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga Decorrente de atrito Lateral - Resumo para Estacas							Capacidade Acumulada
		Atrito lateral em Solo (kN)				Atrito Lateral em Rocha (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado	Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	351,355	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
3,86	347,500	-	-	-	-	2128,72	1314,03	1314,03	1314,03
4,86	346,500	-	-	-	-	2777,98	1800,97	1800,97	1800,97
5,86	345,500	-	-	-	-	3427,24	2287,92	2287,92	2287,92
6,86	344,500	-	-	-	-	4076,50	2774,87	2774,87	2774,87
7,86	343,500	-	-	-	-	4725,77	3261,81	3261,81	3261,81
8,86	342,500	-	-	-	-	5375,03	3748,76	3748,76	3748,76

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS	PÁGINA
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	142/197
			Nº JMSOUTO	REV.
			JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Carga de Ponta em Rocha (kN)			Capacidade Total (kN)
		Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	351,355	301,91	528,34	301,91	301,91
3,86	347,500	301,91	528,34	301,91	1615,93
4,86	346,500	301,91	1547,27	301,91	2102,88
5,86	345,500	301,91	1547,27	301,91	2589,83
6,86	344,500	301,91	1886,92	301,91	3076,77
7,86	343,500	301,91	1547,27	301,91	3563,72
8,86	342,500	301,91	1547,27	301,91	4050,67

→ Será adotada estaca raiz diâmetro de 410mm com 4,0 metros de comprimento em rocha, para atender a necessidade de resistir a carga de 1100 kN, conforme apresentado no próximo item. A seguir é apresentada a memória de cálculo para cada método.



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

143/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Cabral-Antunes (2000)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		$\beta_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_L$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	351,355	0,54	700,00	80,00	11,34	0,00	0,08	0,97
3,86	347,500	0,54	700,00	80,00	11,34	3,86	0,08	0,97
4,86	346,500	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
5,86	345,500	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
6,86	344,500	0,60	2500,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
7,86	343,500	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
8,86	342,500	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	351,355	0,00	301,91	301,91
3,86	347,500	2128,72	301,91	2430,63
4,86	346,500	2777,98	301,91	3079,89
5,86	345,500	3427,24	301,91	3729,15
6,86	344,500	4076,50	301,91	4378,41
7,86	343,500	4725,77	301,91	5027,67
8,86	342,500	5375,03	301,91	5676,93



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ  
OBRA DE ARTE ESPECIAIS  
MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

144/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Poulos &amp; Davis (1980)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					
		$\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_L$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (m)	A <sub>P</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	351,355	700,00	140,00	7,00	0,00	0,08	0,97
3,86	347,500	700,00	140,00	7,00	3,86	0,08	0,97
4,86	346,500	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
5,86	345,500	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
6,86	344,500	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
7,86	343,500	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
8,86	342,500	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	351,355	0,00	528,34	528,34
3,86	347,500	1314,03	528,34	1842,36
4,86	346,500	1800,97	1547,27	3348,25
5,86	345,500	2287,92	1547,27	3835,19
6,86	344,500	2774,87	1886,92	4661,79
7,86	343,500	3261,81	1547,27	4809,09
8,86	342,500	3748,76	1547,27	5296,03

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS  <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA  <b>145/197</b>
			Nº JMSOUTO  <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV.  <b>1</b>

SM-04 – Apoio 2:



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

146/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Definição do Domínio de Estudo

Tipo de Estaca	nº Pontos	E.L. Sond. (m)	E.L. Arras. (m)
Raiz	6	347,9	351,465

Analisar

Geometria da Estaca

$\phi$ (cm)	e(mm)	$A_{p,R}$ (cm <sup>2</sup> )	$U_{l,R}$ (cm)	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$U_l$ (cm)	EL.Rev.(m)
41,000	50,000	754,768	97,389	1.320,254	128,805	347,900

Fatores de Segurança

Método	Análise em Solo		Análise em Rocha	
	C.S. Ponta	C.S. Fuste	C.S. Ponta	C.S. Fuste
Aoki-Veloso (1975) - Contribuição Monteiro (1997)	2	2	-	-
Decourt-Quaresma (1978)	4	2	-	-
Teixeira (1996)	2	2	-	-
Cabral Antunes (2000)	-	-	2	2
Poulos & Davis (1980)	-	-	2	2

Caracterização do Terreno

Ponto	z (m)	Elevação (m)	Material	Para Camadas de Solo			Para Camadas de Rocha		
				Classificação	SPT	Consistência	Classificação	Alteração	RQD (%)
1	1	346,9	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Alterada	40
2	2	345,9	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	75
3	3	344,9	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	75
4	4	343,9	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	75
5	5	342,9	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	75
6	6	341,9	Rocha	-	-	-	Granito	Sã	88

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí  
 Anexo 3A - Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

Página 146 de 197



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

147/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga Decorrente de atrito Lateral - Resumo para Estacas							Capacidade Acumulada
		Atrito lateral em Solo (kN)				Atrito Lateral em Rocha (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado	Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	351,465	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
4,57	346,900	-	-	-	-	2300,71	2222,91	2222,91	2222,91
5,57	345,900	-	-	-	-	2949,98	2709,86	2709,86	2709,86
6,57	344,900	-	-	-	-	3599,24	3196,81	3196,81	3196,81
7,57	343,900	-	-	-	-	4248,50	3683,75	3683,75	3683,75
8,57	342,900	-	-	-	-	4897,76	4170,70	4170,70	4170,70
9,57	341,900	-	-	-	-	5547,02	4657,65	4657,65	4657,65

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Carga de Ponta em Rocha (kN)			Capacidade Total (kN)
		Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	351,465	301,91	867,98	301,91	301,91
4,57	346,900	301,91	867,98	301,91	2524,82
5,57	345,900	301,91	1547,27	301,91	3011,77
6,57	344,900	301,91	1547,27	301,91	3498,71
7,57	343,900	301,91	1547,27	301,91	3985,66
8,57	342,900	301,91	1547,27	301,91	4472,61
9,57	341,900	301,91	1547,27	301,91	4959,55

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>148/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

→ Será adotada estaca raiz diâmetro de 410mm com 4,5 metros de comprimento e diâmetro de 310mm com 3,0 metros de comprimento em rocha, para atender a necessidade de resistir a carga de 1100 kN, conforme apresentado no próximo item. A seguir é apresentada a memória de cálculo para cada método.

Memória de Cálculos
---------------------



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

149/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Cabral-Antunes (2000)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		β <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	351,465	0,30	1150,00	80,00	10,35	0,00	0,08	0,97
4,57	346,900	0,30	1150,00	80,00	10,35	4,57	0,08	0,97
5,57	345,900	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
6,57	344,900	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
7,57	343,900	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
8,57	342,900	0,54	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
9,57	341,900	0,60	2050,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	351,465	0,00	301,91	301,91
4,57	346,900	2300,71	301,91	2602,62
5,57	345,900	2949,98	301,91	3251,88
6,57	344,900	3599,24	301,91	3901,14
7,57	343,900	4248,50	301,91	4550,40
8,57	342,900	4897,76	301,91	5199,66
9,57	341,900	5547,02	301,91	5848,93

Determinação da Capacidade de Carga - Poulos & Davis (1980)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					
		σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	351,465	1150,00	230,00	10,00	0,00	0,08	0,97
4,57	346,900	1150,00	230,00	10,00	4,57	0,08	0,97
5,57	345,900	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
6,57	344,900	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
7,57	343,900	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
8,57	342,900	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97
9,57	341,900	2050,00	410,00	10,00	1,00	0,08	0,97

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	351,465	0,00	867,98	867,98
4,57	346,900	2222,91	867,98	3090,90
5,57	345,900	2709,86	1547,27	4257,13
6,57	344,900	3196,81	1547,27	4744,08
7,57	343,900	3683,75	1547,27	5231,03
8,57	342,900	4170,70	1547,27	5717,97

Projeto Detalhado do Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>150/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

SM-05 – Apoio 3 e 4:



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

151/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Definição do Domínio de Estudo

Tipo de Estaca	nº Pontos	E.L. Sond. (m)	E.L. Arras. (m)
Raiz	6	348,48	351,465

Analisar

Geometria da Estaca

$\phi$ (cm)	e (mm)	$A_{p,R}$ (cm <sup>2</sup> )	$U_{i,R}$ (cm)	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$U_i$ (cm)	$EL_{Rev}$ (m)
41,000	50,000	754,768	97,389	1.320,254	128,805	348,480

Fatores de Segurança

Método	Análise em Solo		Análise em Rocha	
	C.S. Ponta	C.S. Fuste	C.S. Ponta	C.S. Fuste
Aoki-Veloso (1975) - Contribuição Monteiro (1997)	2	2	-	-
Decourt-Quaresma (1978)	4	2	-	-
Teixeira (1996)	2	2	-	-
Cabral Antunes (2000)	-	-	2	2
Poulos & Davis (1980)	-	-	2	2

Caracterização do Terreno

Ponto	z (m)	Elevação (m)	Material	Para Camadas de Solo			Para Camadas de Rocha		
				Classificação	SPT	Consistência	Classificação	Alteração	RQD (%)
1	1	347,48	Rocha	-	-	-	Gnaise	Pouco Alterada	93
2	2	346,48	Rocha	-	-	-	Gnaise	Pouco Alterada	93
3	3	345,48	Rocha	-	-	-	Gnaise	Pouco Alterada	94
4	4	344,48	Rocha	-	-	-	Gnaise	Pouco Alterada	94
5	5	343,48	Rocha	-	-	-	Gnaise	Pouco Alterada	95
6	6	342,48	Rocha	-	-	-	Granito	Pouco Alterada	65

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do

Anexo 3A – Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

Página 151 de 197



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

152/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga

Capacidades de Carga Decorrente de atrito Lateral - Resumo para Estacas

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga Decorrente de atrito Lateral - Resumo para Estacas							Capacidade Acumulada
		Atrito lateral em Solo (kN)				Atrito Lateral em Rocha (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado	Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	351,465	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
3,98	347,480	-	-	-	-	2587,30	1940,48	1940,48	1940,48
4,98	346,480	-	-	-	-	3236,57	2427,43	2427,43	2427,43
5,98	345,480	-	-	-	-	3885,83	2914,38	2914,38	2914,38
6,98	344,480	-	-	-	-	4535,09	3401,32	3401,32	3401,32
7,98	343,480	-	-	-	-	5184,35	3888,27	3888,27	3888,27
8,98	342,480	-	-	-	-	5833,61	4375,22	4375,22	4375,22

Carga de Ponta em Rocha (kN)

Z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Carga de Ponta em Rocha (kN)			Capacidade Total (kN)
		Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	351,465	301,91	1886,92	301,91	301,91
3,98	347,480	301,91	1886,92	301,91	2242,39
4,98	346,480	301,91	1886,92	301,91	2729,34
5,98	345,480	301,91	1886,92	301,91	3216,28
6,98	344,480	301,91	1886,92	301,91	3703,23
7,98	343,480	301,91	1886,92	301,91	4190,18
8,98	342,480	301,91	1207,63	301,91	4677,12

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>153/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

→ Será adotada estaca raiz diâmetro de 410mm com 4,0 metros de comprimento e diâmetro de 310mm com 3,0 metros de comprimento em rocha, para atender a necessidade de resistir a carga de 1100 kN, conforme apresentado no próximo item. A seguir é apresentada a memória de cálculo para cada método.

Memória de Cálculos



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS  
**EI2204-LC-109-4-MC-J00-001**  
 Nº JMSOUTO  
**JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001**

PÁGINA  
**154/197**  
 REV.  
**1**

Determinação da Capacidade de Carga - Cabral-Antunes (2000)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		β <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	351,465	0,54	2500,00	80,00	13,33	0,00	0,08	0,97
3,98	347,480	0,54	2500,00	80,00	13,33	3,98	0,08	0,97
4,98	346,480	0,54	2500,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
5,98	345,480	0,54	2500,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
6,98	344,480	0,54	2500,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
7,98	343,480	0,54	2500,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
8,98	342,480	0,54	1600,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	351,465	0,00	301,91	301,91
3,98	347,480	2587,30	301,91	2889,21
4,98	346,480	3236,57	301,91	3538,47
5,98	345,480	3885,83	301,91	4187,73
6,98	344,480	4535,09	301,91	4836,99
7,98	343,480	5184,35	301,91	5486,26
8,98	342,480	5833,61	301,91	6135,52

Determinação da Capacidade de Carga - Poulos & Davis (1980)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					
		σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	351,465	2500,00	500,00	10,00	0,00	0,08	0,97
3,98	347,480	2500,00	500,00	10,00	3,98	0,08	0,97
4,98	346,480	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
5,98	345,480	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
6,98	344,480	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
7,98	343,480	2500,00	500,00	10,00	1,00	0,08	0,97
8,98	342,480	1600,00	320,00	10,00	1,00	0,08	0,97

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	351,465	0,00	1886,92	1886,92
3,98	347,480	1940,48	1886,92	3827,40
4,98	346,480	2427,43	1886,92	4314,35
5,98	345,480	2914,38	1886,92	4801,30
6,98	344,480	3401,32	1886,92	5288,24
7,98	343,480	3888,27	1886,92	5775,19
8,98	342,480	4375,22	1886,92	6262,14

Projeto Detalhado do Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte  
 Anexo 3A – Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS	PÁGINA
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>155/197</b>
			Nº JMSOUTO	REV.
			<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

SM-06 – Encontro 2:

Definição do Domínio de Estudo

Tipo de Estaca	nº Pontos	E.L. Sond. (m)	E.L. Arras. (m)
Raiz	17	350	350,925

Geometria da Estaca

$\phi$ (cm)	e (mm)	$A_{p,R}$ (cm <sup>2</sup> )	$U_{I,R}$ (cm)	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$U_I$ (cm)	EL-Rev. (m)
41,000	50,000	754,768	97,389	1.320,254	128,805	344,900

Fatores de Segurança

Método	Análise em Solo		Análise em Rocha	
	C.S. Ponta	C.S. Fuste	C.S. Ponta	C.S. Fuste
Aoki-Veloso (1975) - Contribuição Monteiro (1997)	2	2	-	-
Decourt-Quaresma (1978)	4	2	-	-
Teixeira (1996)	2	2	-	-
Cabral Antunes (2000)	-	-	2	2
Poulos & Davis (1980)	-	-	2	2



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

PÁGINA

156/197

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

REV.

1

Caracterização do Terreno

Ponto	z (m)	Elevação (m)	Material	Para Camadas de Solo			Para Camadas de Rocha		
				Classificação	SPT	Consistência	Classificação	Alteração	RQD (%)
1	1	349	Solo	Silte Arenoso	6	Pouco Comp.	-	-	-
2	2	348	Solo	Argila Siltosa	7	Média	-	-	-
3	3	347	Solo	Silte Argiloso	4	Mole	-	-	-
4	4	346	Solo	Silte Argiloso	9	Média	-	-	-
5	5	345	Solo	Silte Argiloso	35	Dura	-	-	-
6	6	344	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	0
7	7	343	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Muito Alterada	0
8	8	342	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	0
9	9	341	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	0
10	10	340	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	45
11	11	339	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	45
12	12	338	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	65
13	13	337	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	0
14	14	336	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	55
15	15	335	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	0
16	16	334	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	0
17	17	333	Rocha	-	-	-	Gnaisse	Pouco Alterada	0

Determinação da Capacidade de Carga

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga - Resumo para estacas somente em solo (kN)			
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado
0,00	350,925	0,000	49,510	63,372	0,000
1,93	349,000	127,656	89,453	108,003	89,453
2,93	348,000	127,880	81,051	114,492	81,051
3,93	347,000	142,545	117,736	134,569	117,736
4,93	346,000	244,181	205,004	176,434	176,434
5,93	345,000	461,699	325,421	419,229	325,421
6,93	344,000	-	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-	-



**JMSOUTO**  
ENGENHARIA E CONSULTORIA

CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

**EI2204-LC-109-4-MC-J00-001**

PÁGINA

**157/197**

Nº JMSOUTO

**JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001**

REV.

**1**

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidades de Carga Decorrente de atrito Lateral - Resumo para Estacas							
		Atrito lateral em Solo (kN)				Atrito Lateral em Rocha (kN)			Capacidade Acumulada
		Aoki-Veloso (1995)	Decourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1986)	Adotado	Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	350,925	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	0,00
1,93	349,000	46,49	37,19	44,63	37,19	-	-	-	37,19
2,93	348,000	68,47	58,61	71,58	58,61	-	-	-	58,61
3,93	347,000	80,83	73,73	91,00	73,73	-	-	-	73,73
4,93	346,000	108,66	99,38	125,60	99,38	-	-	-	99,38
5,93	345,000	216,85	180,19	259,48	180,19	-	-	-	180,19
6,93	344,000	-	-	-	-	102,26	340,86	102,26	102,26
7,93	343,000	-	-	-	-	204,52	681,73	204,52	204,52
8,93	342,000	-	-	-	-	756,72	1022,59	756,72	756,72
9,93	341,000	-	-	-	-	1308,91	1363,45	1308,91	1308,91
10,93	340,000	-	-	-	-	1958,17	1850,40	1850,40	1850,40
11,93	339,000	-	-	-	-	2607,43	2337,34	2337,34	2337,34
12,93	338,000	-	-	-	-	3256,70	2824,29	2824,29	2824,29
13,93	337,000	-	-	-	-	3808,89	3165,15	3165,15	3165,15
14,93	336,000	-	-	-	-	4458,15	3652,10	3652,10	3652,10
15,93	335,000	-	-	-	-	5010,35	3992,96	3992,96	3992,96
16,93	334,000	-	-	-	-	5562,55	4333,83	4333,83	4333,83
17,93	333,000	-	-	-	-	6114,75	4674,69	4674,69	4674,69

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	158/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Carga de Ponta em Rocha (kN)			Capacidade Total (kN)
		Cabral Antunes (2000)	Poulos & Davis (1980)	Adotado	
0,00	350,925	-	-	-	0,00
1,93	349,000	-	-	-	37,19
2,93	348,000	-	-	-	58,61
3,93	347,000	-	-	-	73,73
4,93	346,000	-	-	-	99,38
5,93	345,000	-	-	-	180,19
6,93	344,000	264,17	528,34	264,17	366,43
7,93	343,000	264,17	528,34	264,17	468,69
8,93	342,000	301,91	528,34	301,91	1058,62
9,93	341,000	301,91	528,34	301,91	1610,82
10,93	340,000	301,91	867,98	301,91	2152,31
11,93	339,000	301,91	867,98	301,91	2639,25
12,93	338,000	301,91	1207,63	301,91	3126,20
13,93	337,000	301,91	528,34	301,91	3467,06
14,93	336,000	301,91	1207,63	301,91	3954,01
15,93	335,000	301,91	528,34	301,91	4294,87
16,93	334,000	301,91	528,34	301,91	4635,73
17,93	333,000	301,91	528,34	301,91	4976,60

→ Será adotada estaca raiz diâmetro de 410mm com 2,0 metros de comprimento em solo e diâmetro de 310mm com 3,0 metros de comprimento em rocha, para atender a necessidade de resistir a carga de 800 kN, conforme apresentado no próximo item. A seguir é apresentada a memória de cálculo para cada método.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS  <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA  <b>159/197</b>
			Nº JMSOUTO  <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV.  <b>1</b>

Memória de Cálculos



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS  
**EI2204-LC-109-4-MC-J00-001**  
 Nº JMSOUTO  
**JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001**

PÁGINA  
**160/197**  
 REV.  
**1**

Determinação da Capacidade de Carga - Método de Aoki-Veloso com Contribuição de Monteiro (1997)								
z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		k (kg/cm <sup>2</sup> )	α (%)	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	350,925	5,00	3,00%	2,20	2,40	0,00	0,13	1,29
1,93	349,000	5,00	3,00%	2,20	2,40	1,93	0,13	1,29
2,93	348,000	2,60	4,50%	2,20	2,40	1,00	0,13	1,29
3,93	347,000	3,20	3,60%	2,20	2,40	1,00	0,13	1,29
4,93	346,000	3,20	3,60%	2,20	2,40	1,00	0,13	1,29
5,93	345,000	3,20	3,60%	2,20	2,40	1,00	0,13	1,29
6,93	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-	-	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-	-	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-	-	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-	-	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-	-	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-	-	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-	-	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-	-	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-	-	-	-	-

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	τ <sub>l,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.,s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.,j</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidade de Carga total		
						Q <sub>sat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,925	0,38	13,64	13,64	13,64	0,00	0,00	0,00
1,93	349,000	0,38	13,64	13,64	10,95	46,49	81,17	127,66
2,93	348,000	0,34	8,27	10,95	7,05	68,47	59,41	127,88
3,93	347,000	0,19	5,82	9,24	9,45	80,83	61,71	142,55
4,93	346,000	0,43	13,09	9,06	32,00	108,66	135,53	244,18
5,93	345,000	1,68	50,91	23,27	50,91	216,85	244,85	461,70
6,93	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-	-	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-	-	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-	-	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-	-	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-	-	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-	-	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-	-	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-	-	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-	-	-	-	-

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3A – Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

**EI2204-LC-109-4-MC-J00-001**

PÁGINA

**161/197**

Nº JMSOUTO

**JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001**

REV.

**1**

Determinação da Capacidade de Carga - Método de Decourt-Quaresma (1978)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					τ <sub>l,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p,ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
		C (kgf/cm <sup>2</sup> )	N <sub>med.</sub>	N	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)		
0,00	350,925	2,50	6,00	6,00	0,13	1,29	0,30	15,00
1,93	349,000	2,50	6,00	6,33	0,13	1,29	0,30	15,83
2,93	348,000	1,20	6,33	5,67	0,13	1,29	0,31	6,80
3,93	347,000	2,00	5,75	6,67	0,13	1,29	0,29	13,33
4,93	346,000	2,00	6,40	16,00	0,13	1,29	0,31	32,00
5,93	345,000	2,00	11,17	22,00	0,13	1,29	0,47	44,00
6,93	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-	-	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-	-	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-	-	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-	-	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-	-	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-	-	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-	-	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-	-	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>sat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,925	0,00	49,51	49,51
1,93	349,000	37,19	52,26	89,45
2,93	348,000	58,61	22,44	81,05
3,93	347,000	73,73	44,01	117,74
4,93	346,000	99,38	105,62	205,00
5,93	345,000	180,19	145,23	325,42
6,93	344,000	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3A – Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

EI2204-LC-109-4-MC-J00-001

Nº JMSOUTO

JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001

PÁGINA

162/197

REV.

1

Determinação da Capacidade de Carga - Método de Teixeira (1996)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		α (kgf/cm <sup>2</sup> )	β (kgf/cm <sup>2</sup> )	N <sub>p</sub>	N <sub>L</sub>	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)	L (m)
0,00	350,925	1,60	0,06	6,00	6,00	0,13	1,29	0,00
1,93	349,000	1,60	0,06	6,00	6,00	0,13	1,29	1,93
2,93	348,000	1,00	0,06	6,50	6,33	0,13	1,29	2,93
3,93	347,000	1,10	0,06	6,00	6,00	0,13	1,29	3,93
4,93	346,000	1,10	0,06	7,00	6,60	0,13	1,29	4,93
5,93	345,000	1,10	0,06	22,00	11,33	0,13	1,29	5,93
6,93	344,000	-	-	-	-	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-	-	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-	-	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-	-	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-	-	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-	-	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-	-	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-	-	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-	-	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-	-	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-	-	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-	-	-	-	-

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	τ <sub>l.ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>p.ult.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidade de Carga total		
				Q <sub>l.ult.</sub> (kN)	Q <sub>p.</sub> (kN)	Q <sub>total.</sub> (kN)
0,00	350,925	0,36	9,60	0,00	63,37	63,37
1,93	349,000	0,36	9,60	44,63	63,37	108,00
2,93	348,000	0,38	6,50	71,58	42,91	114,49
3,93	347,000	0,36	6,60	91,00	43,57	134,57
4,93	346,000	0,40	7,70	125,60	50,83	176,43
5,93	345,000	0,68	24,20	259,48	159,75	419,23
6,93	344,000	-	-	-	-	-
7,93	343,000	-	-	-	-	-
8,93	342,000	-	-	-	-	-
9,93	341,000	-	-	-	-	-
10,93	340,000	-	-	-	-	-
11,93	339,000	-	-	-	-	-
12,93	338,000	-	-	-	-	-
13,93	337,000	-	-	-	-	-
14,93	336,000	-	-	-	-	-
15,93	335,000	-	-	-	-	-
16,93	334,000	-	-	-	-	-
17,93	333,000	-	-	-	-	-

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ**  
**OBRA DE ARTE ESPECIAIS**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS  
**EI2204-LC-109-4-MC-J00-001**  
 Nº JMSOUTO  
**JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001**

PÁGINA  
**163/197**  
 REV.  
**1**

Determinação da Capacidade de Carga - Cabral-Antunes (2000)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros						
		β <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	350,925	-	-	-	-	-	-	-
1,93	349,000	-	-	-	-	-	-	-
2,93	348,000	-	-	-	-	-	-	-
3,93	347,000	-	-	-	-	-	-	-
4,93	346,000	-	-	-	-	-	-	-
5,93	345,000	-	-	-	-	-	-	-
6,93	344,000	0,10	700,00	70,00	2,10	1,00	0,08	0,97
7,93	343,000	0,10	700,00	70,00	2,10	1,00	0,08	0,97
8,93	342,000	0,54	700,00	80,00	11,34	1,00	0,08	0,97
9,93	341,000	0,54	700,00	80,00	11,34	1,00	0,08	0,97
10,93	340,000	0,54	1150,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
11,93	339,000	0,54	1150,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
12,93	338,000	0,54	1600,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
13,93	337,000	0,54	700,00	80,00	11,34	1,00	0,08	0,97
14,93	336,000	0,54	1600,00	80,00	13,33	1,00	0,08	0,97
15,93	335,000	0,54	700,00	80,00	11,34	1,00	0,08	0,97
16,93	334,000	0,54	700,00	80,00	11,34	1,00	0,08	0,97
17,93	333,000	0,54	700,00	80,00	11,34	1,00	0,08	0,97

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>bat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,925	-	-	-
1,93	349,000	-	-	-
2,93	348,000	-	-	-
3,93	347,000	-	-	-
4,93	346,000	-	-	-
5,93	345,000	-	-	-
6,93	344,000	102,26	264,17	366,43
7,93	343,000	204,52	264,17	468,69
8,93	342,000	756,72	301,91	1058,62
9,93	341,000	1308,91	301,91	1610,82
10,93	340,000	1958,17	301,91	2260,08
11,93	339,000	2607,43	301,91	2909,34
12,93	338,000	3256,70	301,91	3558,60
13,93	337,000	3808,89	301,91	4110,80
14,93	336,000	4458,15	301,91	4760,06
15,93	335,000	5010,35	301,91	5312,26
16,93	334,000	5562,55	301,91	5864,46
17,93	333,000	6114,75	301,91	6416,66

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3A – Memória de Cálculo das Estruturas  
 EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0



CLASSIFICAÇÃO

RESTRITA

COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ  
OBRA DE ARTE ESPECIAIS  
MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE**

Nº MRS

**EI2204-LC-109-4-MC-J00-001**

PÁGINA

**164/197**

Nº JMSOUTO

**JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001**

REV.

**1**

Determinação da Capacidade de Carga - Poulos & Davis (1980)

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Parâmetros					
		σ <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>L</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ΔL (m)	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	U <sub>L</sub> (m)
0,00	350,925	-	-	-	-	-	-
1,93	349,000	-	-	-	-	-	-
2,93	348,000	-	-	-	-	-	-
3,93	347,000	-	-	-	-	-	-
4,93	346,000	-	-	-	-	-	-
5,93	345,000	-	-	-	-	-	-
6,93	344,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
7,93	343,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
8,93	342,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
9,93	341,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
10,93	340,000	1150,00	230,00	10,00	1,00	0,08	0,97
11,93	339,000	1150,00	230,00	10,00	1,00	0,08	0,97
12,93	338,000	1600,00	320,00	10,00	1,00	0,08	0,97
13,93	337,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
14,93	336,000	1600,00	320,00	10,00	1,00	0,08	0,97
15,93	335,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
16,93	334,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97
17,93	333,000	700,00	140,00	7,00	1,00	0,08	0,97

Capacidade de Carga total

z <sub>est</sub> (m)	Elevação (m)	Capacidade de Carga total		
		Q <sub>lat</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>total</sub> (kN)
0,00	350,925	-	-	-
1,93	349,000	-	-	-
2,93	348,000	-	-	-
3,93	347,000	-	-	-
4,93	346,000	-	-	-
5,93	345,000	-	-	-
6,93	344,000	340,86	528,34	869,20
7,93	343,000	681,73	528,34	1210,06
8,93	342,000	1022,59	528,34	1550,93
9,93	341,000	1363,45	528,34	1891,79
10,93	340,000	1850,40	867,98	2718,38
11,93	339,000	2337,34	867,98	3205,33
12,93	338,000	2824,29	1207,63	4031,92
13,93	337,000	3165,15	528,34	3693,49
14,93	336,000	3652,10	1207,63	4859,73
15,93	335,000	3992,96	528,34	4521,30
16,93	334,000	4333,83	528,34	4862,16
17,93	333,000	4674,69	528,34	5203,03

Projeto Detalhado - Complexo Viário Barra do Piraí - Ponte

Anexo 3A – Memória de Cálculo das Estruturas  
EI2204-LC-109-4-MC-J00-001-R0

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS  <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA  <b>165/197</b>
			Nº JMSOUTO  <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV.  <b>1</b>

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>166/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

### 15.3 CARGAS NAS ESTACAS

- Cargas nas estacas do encontro 1 e 2:

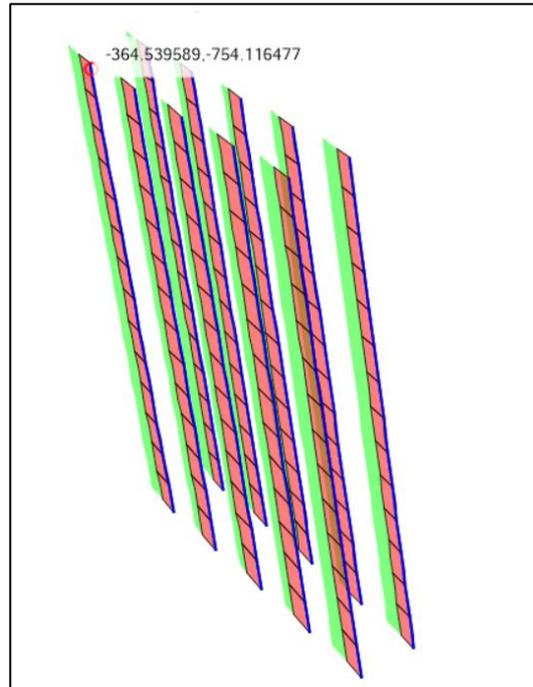


Figura 92 – Esforço Axial kN

Para as estacas E1 a E10, a carga máxima = 760 kN → será adotada estaca raiz com capacidade de carga de 800kN. De acordo com o cálculo da capacidade de carga apresentado anteriormente para o furo SM-02, as estacas terão  $\phi 410\text{mm}$  com 3,0 metros de comprimento em solo e  $\phi 310\text{mm}$  com 4,0 metros de comprimento em rocha.

Para as estacas E51 a E60, a carga máxima = 760 kN → será adotada estaca raiz com capacidade de carga de 800kN. De acordo com o cálculo da capacidade de carga apresentado anteriormente para o furo SM-06, as estacas terão  $\phi 410\text{mm}$  com 6,0 metros de comprimento em solo e  $\phi 310\text{mm}$  com 3,0 metros de comprimento em rocha.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>167/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

**- Cargas nas estacas dos apoios:**

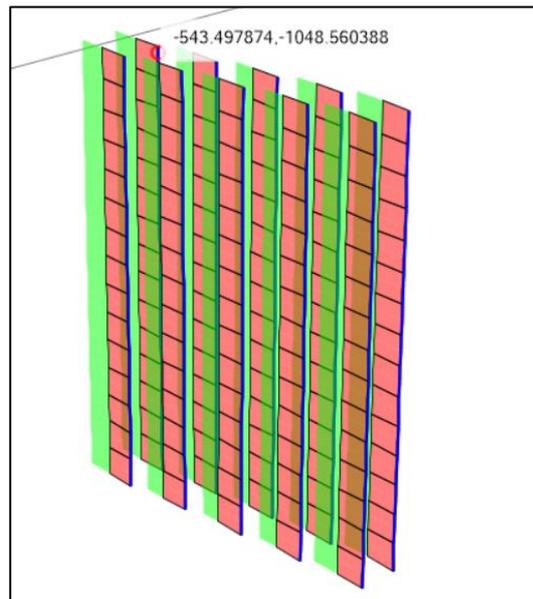


Figura 93 – Esforço Axial kN

Para as estacas E11 a E20, a carga máxima = 1050 kN → será adotada estaca raiz com capacidade de carga de 1100kN. De acordo com o cálculo da capacidade de carga apresentado anteriormente para o furo SM-03, as estacas terão  $\phi 410\text{mm}$  com 4,0 metros de comprimento.

Para as estacas E21 a E30, a carga máxima = 1050 kN → será adotada estaca raiz com capacidade de carga de 1100kN. De acordo com o cálculo da capacidade de carga apresentado anteriormente para o furo SM-04, as estacas terão  $\phi 410\text{mm}$  com 4,5 metros de comprimento e  $\phi 310\text{mm}$  com 3,0 metros de comprimento em rocha.

Para as estacas E31 a E40, a carga máxima = 1050 kN → será adotada estaca raiz com capacidade de carga de 1100kN. De acordo com o cálculo da capacidade de carga apresentado anteriormente para o furo SM-04 e SM-05, as estacas terão  $\phi 410\text{mm}$  com 4,0 metros de comprimento e  $\phi 310\text{mm}$  com 3,0 metros de comprimento em rocha.

Para as estacas E41 a E50, a carga máxima = 1050 kN → será adotada estaca raiz com capacidade de carga de 1100kN. De acordo com o cálculo da capacidade de carga apresentado anteriormente para o furo SM-05, as estacas terão  $\phi 410\text{mm}$  com 4,0 metros de comprimento e  $\phi 310\text{mm}$  com 3,0 metros de comprimento em rocha.

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	PÁGINA 168/197
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº JMSOUTO JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	REV. 1	

A tabela a seguir apresenta as cargas características máximas nas estacas.

CARGAS NAS ESTACAS			
ESTACA	Carga Máxima (kN) Fase de Operação	ESTACA	Carga Máxima (kN) Fase de Operação
E 1	754,0	E 31	1045,0
E 2	714,0	E 32	1049,0
E 3	684,0	E 33	933,0
E 4	643,0	E 34	940,0
E 5	631,0	E 35	920,0
E 6	590,0	E 36	926,0
E 7	682,0	E 37	931,0
E 8	644,0	E 38	937,0
E 9	754,0	E 39	1049,0
E 10	714,0	E 40	1045,0
E 11	1045,0	E 41	1045,0
E 12	1049,0	E 42	1049,0
E 13	933,0	E 43	933,0
E 14	940,0	E 44	940,0
E 15	920,0	E 45	920,0
E 16	926,0	E 46	926,0
E 17	931,0	E 47	931,0
E 18	937,0	E 48	937,0
E 19	1049,0	E 49	1049,0
E 20	1045,0	E 50	1045,0
E 21	1045,0	E 51	714,0
E 22	1049,0	E 52	754,0
E 23	933,0	E 53	643,0
E 24	940,0	E 54	684,0
E 25	920,0	E 55	590,0
E 26	926,0	E 56	631,0
E 27	931,0	E 57	644,0
E 28	937,0	E 58	682,0
E 29	1049,0	E 59	714,0
E 30	1045,0	E 60	754,0

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

## 15.4 CÁLCULO DAS ARMADURAS

### - Estacas do Encontro 01:

- Esforços

Combinação	$N_x$	$M_{x,x}$	$M_{x,y}$
1	-746	0	8.9
2	-531.1	0	7.4
3	-530.9	-0.1	0.1
4	-745.7	-0.1	0.3
5	-524.5	-2.4	6.9
6	-703.6	-30.6	10.2
7	-734.3	-29.8	10.2
8	-719	-29	10.2
9	-607	-29.4	10.2
10	-494.3	-29.9	10.2
11	-353.9	-2.6	-2.6
12	-354.3	-2.6	5
13	-355	-4.5	-1.8
14	-355.4	-4.5	3.3
15	-356.2	-6.3	0.1
16	-698.4	-50.6	0
17	-713.9	-50.6	-0.1
18	-698.2	-50.6	-7.5
19	-713.6	-50.6	-9
20	-706.7	-48.5	-0.6
21	-1053.4	-22.1	-10.2
22	-940.7	-22.6	-10.2
23	-828.8	-23	-10.2
24	-813.5	-22.1	-10.2
25	-844.2	-21.3	-10.2
26	-1093.8	-13.6	-1.5
27	-1093.6	-13.6	-0.4
28	-1092.7	-18.9	-3.3
29	-1092.5	-19	1.3
30	-1091.6	-24.3	-5

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>170/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- Dimensionamento das armaduras

**Armação:** 7 $\phi$ 20 mm ( $A_s = 21.99 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 990 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

$y_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 77962 \text{ cm}^4$

$I_y = 77962 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 2.22 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	171/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

Combinação	N <sub>sd</sub>	M <sub>sd,x</sub>	M <sub>sd,y</sub>	F.S.
1	-746	0	8.9	10.58
2	-531.1	0	7.4	13.76
3	-530.9	-0.1	0.1	755.90
4	-745.7	-0.1	0.3	362.35
5	-524.5	-2.4	6.9	14.03
6	-703.6	-30.6	10.2	2.92
7	-734.3	-29.8	10.2	2.95
8	-719	-29	10.2	3.05
9	-607	-29.4	10.2	3.16
10	-494.3	-29.9	10.2	3.25
11	-353.9	-2.6	-2.6	28.59
12	-354.3	-2.6	5	18.52
13	-355	-4.5	-1.8	21.59
14	-355.4	-4.5	3.3	18.64
15	-356.2	-6.3	0.1	16.57
16	-698.4	-50.6	0	1.88
17	-713.9	-50.6	-0.1	1.86
18	-698.2	-50.6	-7.5	1.87
19	-713.6	-50.6	-9	1.85
20	-706.7	-48.5	-0.6	1.95
21	-1053.4	-22.1	-10.2	3.23
22	-940.7	-22.6	-10.2	3.40
23	-828.8	-23	-10.2	3.57
24	-813.5	-22.1	-10.2	3.70
25	-844.2	-21.3	-10.2	3.75
26	-1093.8	-13.6	-1.5	5.66
27	-1093.6	-13.6	-0.4	5.63
28	-1092.7	-18.9	-3.3	4.04
29	-1092.5	-19	1.3	4.00
30	-1091.6	-24.3	-5	3.12

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

#### - Estacas do Apoio 01:

- Esforços

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>172/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Combinação	N <sub>ak</sub>	M <sub>ak,x</sub>	M <sub>ak,y</sub>
1	-1083.6	27.5	8
2	-1083.6	27.5	-4.2
3	-956.1	25.3	5.2
4	-956.1	25.3	-1.4
5	-952.1	24.5	0
6	-1101.8	22	7.7
7	-1096.2	-1.3	12.5
8	-1101.3	15.2	12.4
9	-985.8	12.2	10.1
10	-985.2	1.3	10
11	-907.4	11.7	9.2
12	-905.1	-0.2	9.1
13	-663.1	0.3	0
14	-663.7	-0.3	0
15	-664	12.9	0.5
16	-664.4	1.2	0
17	-664.6	6.3	0.3
18	-665.3	0.1	0.1
19	-1227.9	-25.7	-0.7
20	-1227.9	-25.7	-3.1
21	-1137	-23.6	-3.5
22	-1137	-23.6	-0.8
23	-1142.9	-22.9	-0.1
24	-1263	-20.8	-0.9
25	-1408.8	-11.3	-12.5
26	-1421.4	2.6	-12.4
27	-1066	0.1	-10.1
28	-1065.2	-12.6	-10
29	-1220	1.7	-9.2
30	-1225.2	-12.8	-9.1

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- Dimensionamento das armaduras

**Armação:** 8φ20 mm ( $A_s = 25.13 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 585 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

$y_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 27266 \text{ cm}^4$

$I_y = 27266 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 4.29 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Combinação	$N_{ed}$	$M_{ed,x}$	$M_{ed,y}$	F.S.
1	-1083.6	27.5	8	1.35
2	-1083.6	27.5	-4.2	1.38
3	-956.1	25.3	5.2	1.71
4	-956.1	25.3	-1.4	1.75
5	-952.1	24.5	0	1.81
6	-1101.8	22	7.7	1.62
7	-1096.2	-1.3	12.5	3.00
8	-1101.3	15.2	12.4	1.90
9	-985.8	12.2	10.1	2.71
10	-985.2	1.3	10	4.26
11	-907.4	11.7	9.2	3.12
12	-905.1	-0.2	9.1	5.11
13	-663.1	0.3	0	159.91
14	-663.7	-0.3	0	184.86
15	-664	12.9	0.5	4.30
16	-664.4	1.2	0	46.31
17	-664.6	6.3	0.3	8.88
18	-665.3	0.1	0.1	362.85
19	-1227.9	-25.7	-0.7	1.18
20	-1227.9	-25.7	-3.1	1.18
21	-1137	-23.6	-3.5	1.49
22	-1137	-23.6	-0.8	1.50
23	-1142.9	-22.9	-0.1	1.54
24	-1263	-20.8	-0.9	1.36
25	-1408.8	-11.3	-12.5	1.10
26	-1421.4	2.6	-12.4	1.41
27	-1066	0.1	-10.1	3.87
28	-1065.2	-12.6	-10	2.44
29	-1220	1.7	-9.2	3.34
30	-1225.2	-12.8	-9.1	1.97

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>174/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

### - Estacas do Apoio 02:

- Esforços

#### DN310mm

Combinação	N <sub>k</sub>	M <sub>k,x</sub>	M <sub>k,y</sub>
1	-1089.5	31.2	12.1
2	-1089.5	31.2	12.1
3	-1027.5	30.3	-0.5
4	-1027.5	30.3	-0.5
5	-1027.1	30.3	11.5
6	-998.4	22.9	32.5
7	-998.4	22.9	32.5
8	-853.9	22.4	31.8
9	-853.9	22.4	31.8
10	-848.4	21.6	31.1
11	-666.1	16.1	8
12	-666.8	19.3	9.7
13	-667.4	22.4	11.5
14	-667.4	22.4	11.5
15	-668.7	12.7	6.5
16	-1224.2	-26.3	-11.1
17	-1224.2	-26.3	-11.1
18	-1223.6	-26.3	0.1
19	-1223.6	-26.3	0.1
20	-1195.7	-25.5	-11.5
21	-986.6	-16.6	-13.3
22	-1094.6	-17.6	-13.2
23	-1094.6	-17.6	-13.2
24	-1036.5	-19.8	-13
25	-1036.5	-19.8	-13
26	-1575.1	0.5	-1.4
27	-1573.8	2	-6.3
28	-1572.6	3.5	-11.1
29	-1572.6	3.5	-11.1
30	-1571.9	3	-9.7

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

#### DN410mm

Combinação	N <sub>k</sub>	M <sub>k,x</sub>	M <sub>k,y</sub>
1	-1098.8	58.4	19.1
2	-1098.1	58.3	2.4
3	-948.1	54.9	21.4
4	-947.9	54.9	1.3
5	-1101.5	54.2	17.5
6	-1090.7	36.1	32.4
7	-1073.9	31.9	31.3
8	-1092.5	33.4	30.1
9	-963.4	35.6	30.1
10	-918.7	36.3	29.1
11	-646.1	-8.9	0
12	-647.2	-8.3	0
13	-648.3	-7.7	0
14	-654.7	32.1	24.7
15	-655.8	29.6	22.9
16	-1234.7	-67.4	4.4
17	-1237.9	-67.4	-27.1
18	-1111.4	-63.6	2.6
19	-1111.3	-63.6	-25.5
20	-1192.4	-62.4	4.5
21	-1170.3	-36.9	-58.1
22	-1226.8	-32.6	-56.5
23	-1149.1	-33.2	-56.5
24	-1059.4	-41.4	-56
25	-1119.6	-34	-55.5
26	-1554.6	-24.8	-40.1
27	-1553.5	-27	-42.7
28	-1553.5	-31.8	-0.9
29	-1552.4	-29.3	-45.3
30	-1552.4	-34.7	-0.9

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>175/197</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

- Dimensionamento das armaduras

DN310mm

**Armação:** 9φ20 mm ( $A_s = 28.27 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 585 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

$y_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 27266 \text{ cm}^4$

$I_y = 27266 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 4.83 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Combinação	$N_{ed}$	$M_{ed,x}$	$M_{ed,y}$	F.S.
1	-1089.5	31.2	12.1	1.34
2	-1089.5	31.2	12.1	1.34
3	-1027.5	30.3	-0.5	1.57
4	-1027.5	30.3	-0.5	1.57
5	-1027.1	30.3	11.5	1.47
6	-998.4	22.9	32.5	1.22
7	-998.4	22.9	32.5	1.22
8	-853.9	22.4	31.8	1.40
9	-853.9	22.4	31.8	1.40
10	-848.4	21.6	31.1	1.45
11	-666.1	16.1	8	3.37
12	-666.8	19.3	9.7	2.81
13	-667.4	22.4	11.5	2.40
14	-667.4	22.4	11.5	2.40
15	-668.7	12.7	6.5	4.24
16	-1224.2	-26.3	-11.1	1.34
17	-1224.2	-26.3	-11.1	1.34
18	-1223.6	-26.3	0.1	1.46
19	-1223.6	-26.3	0.1	1.46
20	-1195.7	-25.5	-11.5	1.42
21	-986.6	-16.6	-13.3	2.31
22	-1094.6	-17.6	-13.2	2.02
23	-1094.6	-17.6	-13.2	2.02
24	-1036.5	-19.8	-13	1.98
25	-1036.5	-19.8	-13	1.98
26	-1575.1	0.5	-1.4	10.72
27	-1573.8	2	-6.3	2.48
28	-1572.6	3.5	-11.1	1.40
29	-1572.6	3.5	-11.1	1.40
30	-1571.9	3	-9.7	1.62

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

DN410mm

**Armação:** 9φ20 mm ( $A_s = 28.27 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 990 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

$y_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 77962 \text{ cm}^4$

$I_y = 77962 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 2.86 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Combinação	$N_{ed}$	$M_{ed,x}$	$M_{ed,y}$	F.S.
1	-1098.8	58.4	19.1	1.54
2	-1098.1	58.3	2.4	1.62
3	-948.1	54.9	21.4	1.74
4	-947.9	54.9	1.3	1.87
5	-1101.5	54.2	17.5	1.66
6	-1090.7	36.1	32.4	1.96
7	-1073.9	31.9	31.3	2.15
8	-1092.5	33.4	30.1	2.12
9	-963.4	35.6	30.1	2.19
10	-918.7	36.3	29.1	2.24
11	-646.1	-8.9	0	13.04
12	-647.2	-8.3	0	14.02
13	-648.3	-7.7	0	15.16
14	-654.7	32.1	24.7	2.85
15	-655.8	29.6	22.9	3.09
16	-1234.7	-67.4	4.4	1.29
17	-1237.9	-67.4	-27.1	1.19
18	-1111.4	-63.6	2.6	1.48
19	-1111.3	-63.6	-25.5	1.37
20	-1192.4	-62.4	4.5	1.43
21	-1170.3	-36.9	-58.1	1.32
22	-1226.8	-32.6	-56.5	1.34
23	-1149.1	-33.2	-56.5	1.41
24	-1059.4	-41.4	-56	1.39
25	-1119.6	-34	-55.5	1.44
26	-1554.6	-24.8	-40.1	1.41
27	-1553.5	-27	-42.7	1.31
28	-1553.5	-31.8	-0.9	2.08
29	-1552.4	-29.3	-45.3	1.23
30	-1552.4	-34.7	-0.9	1.91

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>176/197</b>
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

**- Estacas do Apoio 03:**

- Esforços

**DN310mm**

Combinação	N <sub>k</sub>	M <sub>k,x</sub>	M <sub>k,y</sub>
1	-1102.1	31.9	10.6
2	-1102.1	31.9	10.6
3	-1017	31	-0.6
4	-1017	31	-0.6
5	-1017.1	31	10
6	-983	2.9	29.5
7	-983	2.9	29.5
8	-965.2	22.2	29.3
9	-965.2	22.2	29.3
10	-714.8	19.7	28
11	-655.1	16.9	7.1
12	-655.8	20.7	8.9
13	-656.4	0.2	6.4
14	-656.4	24.5	10.8
15	-656.4	24.5	10.8
16	-1219.1	-30.8	0.1
17	-1219.1	-30.8	0.1
18	-1219.1	-30.8	-9.5
19	-1219.1	-30.8	-9.5
20	-1138.5	-30	-10.1
21	-1120.4	-25.9	-12.3
22	-1120.4	-25.9	-12.3
23	-1119.3	-24.1	-12
24	-1119.3	-24.1	-12
25	-972.5	-22.6	-11.9
26	-1581.1	0.2	-1
27	-1579.8	0.9	-5.4
28	-1578.5	1.5	-9.7
29	-1578.5	1.5	-9.7
30	-1577.9	1.2	-8.3

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

**DN410mm**

Combinação	N <sub>k</sub>	M <sub>k,x</sub>	M <sub>k,y</sub>
1	-1095.7	68.4	2.6
2	-1095.7	68.4	17.2
3	-964.9	64.7	1.5
4	-964.9	64.7	19.1
5	-1046	63.6	2.9
6	-1069.8	44.7	30.6
7	-1080.6	-2.8	30.3
8	-1071.8	40.9	28.3
9	-1083.9	44.5	28.2
10	-1082.6	-2.6	28
11	-637.3	-3	0
12	-638.4	-2.8	0
13	-638.5	42.5	0.1
14	-639.5	-2.6	0
15	-639.7	38.9	0.1
16	-1245.2	-70.7	4
17	-1245.2	-70.7	-25
18	-1119.1	-67	2.3
19	-1119.1	-67	-23.3
20	-1190.8	-65.3	4.3
21	-1048.7	-40.3	-55.2
22	-1178.1	-39.2	-54.8
23	-1244.9	-41.9	-53.6
24	-1042.7	-41.9	-53.5
25	-1247.2	-5.5	-53.2
26	-1563.4	-33.5	-35.9
27	-1562.3	-37	-38.7
28	-1561.7	-38.8	-1
29	-1561.2	-40.4	-41.3
30	-1560.6	-42.8	-1

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>177/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

- Dimensionamento das armaduras

DN310mm

**Armação:** 9 $\phi$ 20 mm ( $A_s = 28.27 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 585 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

$y_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 27266 \text{ cm}^4$

$I_y = 27266 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 4.83 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

DN410mm

**Armação:** 9 $\phi$ 20 mm ( $A_s = 28.27 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 990 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

$y_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 77962 \text{ cm}^4$

$I_y = 77962 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 2.86 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	178/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

Combinação	N <sub>ed</sub>	M <sub>ed,x</sub>	M <sub>ed,y</sub>	F.S.
1	-1102.1	31.9	10.6	1.31
2	-1102.1	31.9	10.6	1.31
3	-1017	31	-0.6	1.55
4	-1017	31	-0.6	1.55
5	-1017.1	31	10	1.47
6	-983	2.9	29.5	1.66
7	-983	2.9	29.5	1.66
8	-965.2	22.2	29.3	1.36
9	-965.2	22.2	29.3	1.36
10	-714.8	19.7	28	1.74
11	-655.1	16.9	7.1	3.34
12	-655.8	20.7	8.9	2.71
13	-656.4	0.2	6.4	9.64
14	-656.4	24.5	10.8	2.27
15	-656.4	24.5	10.8	2.27
16	-1219.1	-30.8	0.1	1.25
17	-1219.1	-30.8	0.1	1.25
18	-1219.1	-30.8	-9.5	1.21
19	-1219.1	-30.8	-9.5	1.21
20	-1138.5	-30	-10.1	1.35
21	-1120.4	-25.9	-12.3	1.51
22	-1120.4	-25.9	-12.3	1.51
23	-1119.3	-24.1	-12	1.60
24	-1119.3	-24.1	-12	1.60
25	-972.5	-22.6	-11.9	1.95
26	-1581.1	0.2	-1	15.11
27	-1579.8	0.9	-5.4	2.95
28	-1578.5	1.5	-9.7	1.64
29	-1578.5	1.5	-9.7	1.64
30	-1577.9	1.2	-8.3	1.92

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

Combinação	N <sub>ed</sub>	M <sub>ed,x</sub>	M <sub>ed,y</sub>	F.S.
1	-1095.7	68.4	2.6	1.64
2	-1095.7	68.4	17.2	1.58
3	-964.9	64.7	1.5	1.84
4	-964.9	64.7	19.1	1.75
5	-1046	63.6	2.9	1.80
6	-1069.8	44.7	30.6	2.15
7	-1080.6	-2.8	30.3	3.80
8	-1071.8	40.9	28.3	2.34
9	-1083.9	44.5	28.2	2.18
10	-1082.6	-2.6	28	4.11
11	-637.3	-3	0	45.98
12	-638.4	-2.8	0	49.11
13	-638.5	42.5	0.1	3.19
14	-639.5	-2.6	0	52.69
15	-639.7	38.9	0.1	3.49
16	-1245.2	-70.7	4	1.47
17	-1245.2	-70.7	-25	1.42
18	-1119.1	-67	2.3	1.66
19	-1119.1	-67	-23.3	1.59
20	-1190.8	-65.3	4.3	1.64
21	-1048.7	-40.3	-55.2	1.69
22	-1178.1	-39.2	-54.8	1.62
23	-1244.9	-41.9	-53.6	1.54
24	-1042.7	-41.9	-53.5	1.70
25	-1247.2	-5.5	-53.2	1.94
26	-1563.4	-33.5	-35.9	1.74
27	-1562.3	-37	-38.7	1.59
28	-1561.7	-38.8	-1	2.22
29	-1561.2	-40.4	-41.3	1.47
30	-1560.6	-42.8	-1	2.02

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>179/197</b>
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

**- Estacas do Apoio 04:**

- Esforços

**DN310mm**

Combinação	N <sub>x</sub>	M <sub>ax</sub>	M <sub>xy</sub>
1	-1094.4	29	10.6
2	-1094.4	29	10.6
3	-1094.4	29	-0.3
4	-1094.4	29	-0.3
5	-969.8	27.6	-0.1
6	-973.5	19.1	28.1
7	-973.5	19.1	28.1
8	-718.6	2.2	26.6
9	-718.6	2.2	26.6
10	-953.5	4.1	26.2
11	-657.5	-0.4	7.1
12	-658.1	-0.6	8.9
13	-658.8	-0.7	10.8
14	-658.8	-0.7	10.8
15	-660.1	-0.4	6
16	-1146.2	-29.2	-0.2
17	-1146.2	-29.2	-0.2
18	-1146.2	-29.2	-10.1
19	-1146.2	-29.2	-10.1
20	-1030.4	-27.9	0.1
21	-1066.4	0	-12.1
22	-1066.4	0	-12.1
23	-963.9	-22.3	-11.8
24	-963.9	-22.3	-11.8
25	-1005.5	-24.2	-11.5
26	-1564.9	-0.2	1.8
27	-1563.8	0.1	-1.1
28	-1563.6	-1	8.3
29	-1562.5	0.2	-5.5
30	-1562.3	-1.8	14.8

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

**DN410mm**

Combinação	N <sub>x</sub>	M <sub>ax</sub>	M <sub>xy</sub>
1	-1090.7	66.8	2.5
2	-1090.7	66.8	17.5
3	-961.3	63.3	1.6
4	-961.3	63.3	19.4
5	-1051.9	62	2.9
6	-1072.9	35.6	30.8
7	-1075.1	-0.6	30.4
8	-1074.8	32.5	28.4
9	-962.3	0.1	28.4
10	-1076.9	-0.6	28
11	-639.7	42.3	-0.1
12	-640.8	38.7	-0.1
13	-641.9	35.1	-0.1
14	-651.4	-2	2.3
15	-652.5	-1.9	2.1
16	-1233.9	-65.3	4.3
17	-1233.9	-65.3	-25.3
18	-1105.3	-61.8	2.4
19	-1105.3	-61.8	-23.5
20	-1235.4	-60	4
21	-1062.8	-29.8	-53.4
22	-1041.7	-3.7	-52.5
23	-1240.7	-32.1	-51.9
24	-1147.2	-7	-51.8
25	-1236.1	-4.7	-50.9
26	-1552.7	5	-12.2
27	-1552.7	5	-1
28	-1551.6	5.4	-13.5
29	-1551.6	5.4	-1
30	-1550.5	5.7	-14.9

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	180/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

- Dimensionamento das armaduras

DN310mm

**Armação:** 9φ20 mm ( $A_s = 28.27 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 585 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

$y_{cg} = 13.7 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 27266 \text{ cm}^4$

$I_y = 27266 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 4.83 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Combinação	$N_{ed}$	$M_{ed,x}$	$M_{ed,y}$	F.S.
1	-1094.4	29	10.6	1.44
2	-1094.4	29	10.6	1.44
3	-1094.4	29	-0.3	1.54
4	-1094.4	29	-0.3	1.54
5	-969.8	27.6	-0.1	1.82
6	-973.5	19.1	28.1	1.46
7	-973.5	19.1	28.1	1.46
8	-718.6	2.2	26.6	2.23
9	-718.6	2.2	26.6	2.23
10	-953.5	4.1	26.2	1.92
11	-657.5	-0.4	7.1	8.75
12	-658.1	-0.6	8.9	6.93
13	-658.8	-0.7	10.8	5.73
14	-658.8	-0.7	10.8	5.73
15	-660.1	-0.4	6	10.28
16	-1146.2	-29.2	-0.2	1.45
17	-1146.2	-29.2	-0.2	1.45
18	-1146.2	-29.2	-10.1	1.37
19	-1146.2	-29.2	-10.1	1.37
20	-1030.4	-27.9	0.1	1.70
21	-1066.4	0	-12.1	3.84
22	-1066.4	0	-12.1	3.84
23	-963.9	-22.3	-11.8	1.98
24	-963.9	-22.3	-11.8	1.98
25	-1005.5	-24.2	-11.5	1.81
26	-1564.9	-0.2	1.8	9.52
27	-1563.8	0.1	-1.1	15.91
28	-1563.6	-1	8.3	2.06
29	-1562.5	0.2	-5.5	3.10
30	-1562.3	-1.8	14.8	1.15

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

DN410mm

**Armação:** 9φ20 mm ( $A_s = 28.27 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 990 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

$y_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 77962 \text{ cm}^4$

$I_y = 77962 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 2.86 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Combinação	$N_{ed}$	$M_{ed,x}$	$M_{ed,y}$	F.S.
1	-1090.7	66.8	2.5	1.42
2	-1090.7	66.8	17.5	1.37
3	-961.3	63.3	1.6	1.61
4	-961.3	63.3	19.4	1.54
5	-1051.9	62	2.9	1.57
6	-1072.9	35.6	30.8	2.04
7	-1075.1	-0.6	30.4	3.15
8	-1074.8	32.5	28.4	2.23
9	-962.3	0.1	28.4	3.59
10	-1076.9	-0.6	28	3.41
11	-639.7	42.3	-0.1	2.75
12	-640.8	38.7	-0.1	3.01
13	-641.9	35.1	-0.1	3.32
14	-651.4	-2	2.3	38.08
15	-652.5	-1.9	2.1	40.90
16	-1233.9	-65.3	4.3	1.33
17	-1233.9	-65.3	-25.3	1.24
18	-1105.3	-61.8	2.4	1.53
19	-1105.3	-61.8	-23.5	1.43
20	-1235.4	-60	4	1.44
21	-1062.8	-29.8	-53.4	1.58
22	-1041.7	-3.7	-52.5	1.86
23	-1240.7	-32.1	-51.9	1.43
24	-1147.2	-7	-51.8	1.77
25	-1236.1	-4.7	-50.9	1.72
26	-1552.7	5	-12.2	5.00
27	-1552.7	5	-1	13.12
28	-1551.6	5.4	-13.5	4.53
29	-1551.6	5.4	-1	12.22
30	-1550.5	5.7	-14.9	4.13

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
			PROJETO DETALHADO <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> OBRA DE ARTE ESPECIAIS <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

**- Estacas do Encontro 02:**

- Esforços

Combinação	$N_{ik}$	$M_{ik,x}$	$M_{ik,y}$
1	-521.4	7.1	0.3
2	-701.9	7.1	0.4
3	-701.9	7.1	9.4
4	-521.4	7.1	7.4
5	-508.2	3.9	-0.2
6	-681.4	-26.8	9.9
7	-680.8	-25.5	9.9
8	-658.2	-25.3	9.9
9	-582.4	-27.8	9.9
10	-512.4	-27.8	9.9
11	-374	3.2	-1.2
12	-374	3.2	6
13	-375.1	0	-1.3
14	-375.1	0	4.3
15	-376.2	-3.3	-1.4
16	-650.4	-61.8	-0.2
17	-650.4	-61.8	-7.6
18	-689.7	-61.8	-0.3
19	-689.7	-61.8	-9.5
20	-666.6	-58.8	-0.3
21	-915.4	-27.3	-9.9
22	-845.4	-27.3	-9.9
23	-769.6	-29.8	-9.9
24	-747	-29.6	-9.9
25	-746.4	-28.3	-9.9
26	-955.4	-14.3	1.8
27	-955.4	-14.3	-3.1
28	-954.3	-18.9	1.8
29	-954.3	-18.9	-5.1
30	-953.2	-23.6	1.9

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

- Dimensionamento das armaduras

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>182/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

**Armação:** 7 $\phi$ 20 mm ( $A_s = 21.99 \text{ cm}^2$ )

**Propriedade seção bruta de concreto:**

Área:  $A_c = 990 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade:  $x_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

$y_{cg} = 17.8 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg:  $I_x = 77962 \text{ cm}^4$

$I_y = 77962 \text{ cm}^4$

**Taxa de armadura:**  $\rho_s = 2.22 \%$

**Materiais:** Concreto  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Aço  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	183/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

Combinação	N <sub>ed</sub>	M <sub>ed,x</sub>	M <sub>ed,y</sub>	F.S.
1	-521.4	7.1	0.3	14.39
2	-701.9	7.1	0.4	13.30
3	-701.9	7.1	9.4	8.05
4	-521.4	7.1	7.4	9.97
5	-508.2	3.9	-0.2	26.13
6	-681.4	-26.8	9.9	3.33
7	-680.8	-25.5	9.9	3.49
8	-658.2	-25.3	9.9	3.55
9	-582.4	-27.8	9.9	3.37
10	-512.4	-27.8	9.9	3.46
11	-374	3.2	-1.2	30.66
12	-374	3.2	6	15.31
13	-375.1	0	-1.3	78.54
14	-375.1	0	4.3	24.00
15	-376.2	-3.3	-1.4	29.33
16	-650.4	-61.8	-0.2	1.57
17	-650.4	-61.8	-7.6	1.57
18	-689.7	-61.8	-0.3	1.54
19	-689.7	-61.8	-9.5	1.54
20	-666.6	-58.8	-0.3	1.64
21	-915.4	-27.3	-9.9	2.97
22	-845.4	-27.3	-9.9	3.08
23	-769.6	-29.8	-9.9	2.97
24	-747	-29.6	-9.9	3.02
25	-746.4	-28.3	-9.9	3.14
26	-955.4	-14.3	1.8	5.77
27	-955.4	-14.3	-3.1	5.85
28	-954.3	-18.9	1.8	4.37
29	-954.3	-18.9	-5.1	4.36
30	-953.2	-23.6	1.9	3.52

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>184/197</b>
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

### Esforços cisalhantes críticos:

Para promover o dimensionamento ao cisalhamento a seção circular considerou-se uma seção retangular equivalente cujas medidas são dadas pelas equações oriundas do CEB.

$$b_e = 0,9 \cdot D$$

$$d_e = 0,45 \cdot D + 0,64(d - 0,5 \cdot D)$$

$$Fh_{\max} = \sqrt{V_{22d}^2 + V_{33d}^2}$$

Onde:

- $b_e$  é a largura efetiva da seção equivalente;
- $d_e$  é a altura útil efetiva da seção equivalente;
- $D$  é o diâmetro da seção;
- $d$  é a altura útil da seção.

#### *Esforço cisalhante crítico*

<i>APOIO</i>	<i>ØEST</i>	<i>V_max</i>	<i>ØEST</i>	<i>V_max</i>
<i>ENCONTRO 01</i>	41	57,8	31	9,9
<i>AP01</i>	41	-	31	<b>43,9</b>
<i>AP02</i>	41	32,7	31	34,2
<i>AP03</i>	41	33,3	31	32,4
<i>AP04</i>	41	34,0	31	30,0
<i>ENCONTRO 02</i>	41	<b>64,2</b>	31	3,2

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	185/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

DN41 crítico:

Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	64,200	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto ( $b_w$ ou $b_f$ )	0,369	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,281	m	
Cobrimento (d')	0,055	m	
Área de armação longitudinal ( $A_s$ )	157,00	cm <sup>2</sup>	
Área de concreto ( $A_c$ )	0,104	m <sup>2</sup>	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto ( $f_{ck}$ )	20,00	MPa	
Resistência de cálculo ( $f_{ywd}$ ) - Item 19.4.2	364	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência ( $\gamma_c$ )	1,40		
Coefficiente de majoração de carga ( $\gamma_f$ )	1,00		
Coefficiente de majoração da força de protensão ( $\gamma_{fp}$ )	0,9		
Modelo I ( NBR 6118/2014: 19.4.1 )			
Fases			
$f_{ctd}$	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,11	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,37	m
$V_d$	$V * \gamma_f$	64,20	kN
$\alpha_{v2}$	$1 - f_{ck} / 250$	0,920	
$V_{Rd2}$	$0,27 * \alpha_{v2} * f_{cd} * b_w * d$	295,27	kN
A seção resiste a compressão da biela $V_d < VRd2$			
$V_{C0}$	$0,6 * f_{ctd} * b_w * d$	55,18	kN
$V_c$	$V_{c0}(1+M_0/M_{sd,max})$ ou 0 (para seção totalmente tracionada)	55,18	kN
$V_{sw}$	$V_d - V_c$	9,02	kN
$A_{s90}$	$V_{sw} / 0,9 * d * f_{ywd}$	1,22	cm <sup>2</sup> / m
$A_{s90,min}$	$0,2 * b_w * f_{ctm} / f_{ywk}$	3,26	cm <sup>2</sup> / m

Adotado estribo espiral Ø8mm c.15cm

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	186/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

DN31 Apoio 01:

Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	64,200	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto ( $b_w$ ou $b_f$ )	0,279	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,204	m	
Cobrimento (d')	0,055	m	
Área de armação longitudinal ( $A_s$ )	157,00	cm <sup>2</sup>	
Área de concreto ( $A_c$ )	0,057	m <sup>2</sup>	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto ( $f_{ck}$ )	20,00	MPa	
Resistência de cálculo ( $f_{ywd}$ ) - Item 19.4.2	363	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência ( $\gamma_c$ )	1,40		
Coefficiente de majoração de carga ( $\gamma_f$ )	1,00		
Coefficiente de majoração da força de protensão ( $\gamma_{fp}$ )	0,9		
Modelo I ( NBR 6118/2014: 19.4.1 )			
Fases			
$f_{ctd}$	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,11	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
$V_d$	$V * \gamma_f$	64,20	kN
$\alpha_{V2}$	$1 - f_{ck} / 250$	0,920	
$V_{Rd2}$	$0,27 * \alpha_{V2} * f_{cd} * b_w * d$	147,02	kN
A seção resiste a compressão da biela $V_d < VRd2$			
$V_{C0}$	$0,6 * f_{ctd} * b_w * d$	27,47	kN
$V_c$	$V_{c0}(1+M_0/M_{sd,max})$ ou 0 (para seção totalmente tracionada)	27,47	kN
$V_{sw}$	$V_d - V_c$	36,73	kN
$A_{s90}$	$V_{sw} / 0,9 * d * f_{ywd}$	7,57	cm <sup>2</sup> / m
$A_{s90,min}$	$0,2 * b_w * f_{ctm} / f_{ywk}$	2,47	cm <sup>2</sup> / m

Adotado estribo espiral Ø8mm c.15cm

		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	187/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

DN31 demais:

Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		34,200	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Base da Seção de Concreto ( $b_w$ ou $b_f$ )		0,279	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,204	m
Cobrimento (d')		0,055	m
Área de armação longitudinal ( $A_s$ )		157,00	cm <sup>2</sup>
Área de concreto ( $A_c$ )		0,057	m <sup>2</sup>
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto ( $f_{ck}$ )		20,00	MPa
Resistência de cálculo ( $f_{ywd}$ ) - Item 19.4.2		363	MPa
Coefficiente de minoração da resistência ( $\gamma_c$ )		1,40	
Coefficiente de majoração de carga ( $\gamma_f$ )		1,00	
Coefficiente de majoração da força de protensão ( $\gamma_{fp}$ )		0,9	
Modelo I ( NBR 6118/2014: 19.4.1 )			
Fases			
$f_{ctd}$	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,11	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
$V_d$	$V * \gamma_f$	34,20	kN
$\alpha_{v2}$	$1 - f_{ck} / 250$	0,920	
$V_{Rd2}$	$0,27 * \alpha_{v2} * f_{cd} * b_w * d$	147,02	kN
A seção resiste a compressão da biela $V_d < VRd2$			
$V_{C0}$	$0,6 * f_{ctd} * b_w * d$	27,47	kN
$V_c$	$V_{c0}(1+M_0/M_{sd,max})$ ou 0 (para seção totalmente tracionada)	27,47	kN
$V_{sw}$	$V_d - V_c$	6,73	kN
$A_{s90}$	$V_{sw} / 0,9 * d * f_{ywd}$	1,39	cm <sup>2</sup> / m
$A_{s90,min}$	$0,2 * b_w * f_{ctm} / f_{ywk}$	2,47	cm <sup>2</sup> / m

Adotado estribo espiral Ø8mm c.15cm

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ	
		RESTRITA	Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>188/197</b>
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	

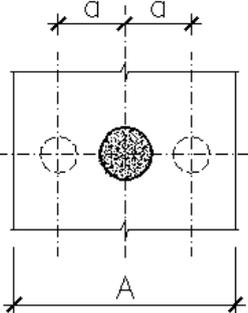
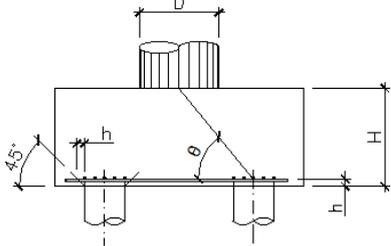
## 15.5 RESUMO ESTACAS

<i>Bloco</i>	<i>Estacas</i>	<i>As,long (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>As,transv (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Comprimento em Solo (m) Ø410mm</i>	<i>Comprimento em rocha (m) Ø310mm</i>	<i>Comprimento total (m)</i>	<i>Capacidade resistente (kN)</i>
<i>BL1</i>	<i>E1 a E10</i>	<i>7Ø20mm</i>	<i>Ø8 c.15</i>	<i>3,0</i>	<i>4,0</i>	<i>7,0</i>	<i>935</i>
<i>BL2</i>	<i>E11 a E20</i>	<i>8Ø20mm</i>	<i>Ø8 c.15</i>	<i>0,0</i>	<i>4,0</i>	<i>4,0</i>	<i>1100</i>
<i>BL3</i>	<i>E21 a E30</i>	<i>9Ø20mm</i>	<i>Ø8 c.15</i>	<i>4,5</i>	<i>3,0</i>	<i>7,5</i>	<i>1100</i>
<i>BL4</i>	<i>E31 a E40</i>	<i>9Ø20mm</i>	<i>Ø8 c.15</i>	<i>4,0</i>	<i>3,0</i>	<i>7,0</i>	<i>1100</i>
<i>BL5</i>	<i>E41 a E50</i>	<i>9Ø20mm</i>	<i>Ø8 c.15</i>	<i>4,0</i>	<i>3,0</i>	<i>7,0</i>	<i>1100</i>
<i>BL6</i>	<i>E51 a E60</i>	<i>7Ø20mm</i>	<i>Ø8 c.15</i>	<i>6,0</i>	<i>3,0</i>	<i>9,0</i>	<i>1060</i>

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ OBRA DE ARTE ESPECIAIS MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	189/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

## 15.6 DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS

### 15.6.1 BLOCO DOS ENCONTROS

DIMENSIONAMENTO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS																																					
ENTRADA DE DADOS																																					
																																					
<table border="1"> <tr> <td colspan="4">Dimensões do Bloco (cm)</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>230</td> <td>a</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>100</td> <td>h</td> <td>7,5</td> </tr> </table>	Dimensões do Bloco (cm)				A	230	a	75	H	100	h	7,5	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Inclinação da Biela (°)</td> <td>54,7</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Estacas Circulares</td> </tr> <tr> <td>Diâmetro (cm)</td> <td colspan="2">41</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Pilar*</td> </tr> <tr> <td>Diâmetro (D)</td> <td colspan="2">0</td> </tr> <tr> <td>Base</td> <td colspan="2">30</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td colspan="2">40</td> </tr> <tr> <td>Capacidade de carga das estacas (kN)</td> <td colspan="2">800</td> </tr> </table>	Inclinação da Biela (°)		54,7	Estacas Circulares			Diâmetro (cm)	41		Pilar*			Diâmetro (D)	0		Base	30		Altura	40		Capacidade de carga das estacas (kN)	800	
Dimensões do Bloco (cm)																																					
A	230	a	75																																		
H	100	h	7,5																																		
Inclinação da Biela (°)		54,7																																			
Estacas Circulares																																					
Diâmetro (cm)	41																																				
Pilar*																																					
Diâmetro (D)	0																																				
Base	30																																				
Altura	40																																				
Capacidade de carga das estacas (kN)	800																																				
<table border="1"> <tr> <td><math>f_{ck}</math> bloco (Mpa)</td> <td>35</td> </tr> </table>	$f_{ck}$ bloco (Mpa)	35																																			
$f_{ck}$ bloco (Mpa)	35																																				
<table border="1"> <tr> <td>Carga do Pilar de Cálculo (kN)</td> <td>1753</td> </tr> </table>	Carga do Pilar de Cálculo (kN)	1753																																			
Carga do Pilar de Cálculo (kN)	1753																																				
*Para pilar quadrado, colocar diâmetro = 0																																					

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
		RESTRITA	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	190/197
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	1

**VERIFICAÇÃO DA TENSÃO JUNTO À ESTACA**

Para a verificação da tensão de compressão na biela, utilizam se os valores de tensões estabelecidos no item 22.3.2 da NBR6118:2014 em função da região nodal ( $f_{cd1}$ ,  $f_{cd2}$  e  $f_{cd3}$ ).

Para este caso, será adotado  $f_{cd3}$ , sendo:

$$s_{biela} = F_{biela} / A_{biela} < s_{admissível}$$

$$f_{cd3} = 0,72 \cdot a_{v2} \cdot f_{cd} \text{ (bielas atravessadas por tirante único, ou nós CCT).}$$

$a_{v2} = (1 - f_{ck} / 250)$	$a_{v2} = 0,86$
-------------------------------	-----------------

$f_{cd}$ (Mpa)	$f_{cd3}$ (Mpa)	$F_{biela}$ (kN)	$F_{biela,d}$ (kN)
25	15,48	980,71	1373,00

$\sigma_{biela}$  (MPa) = 6,83

**A verificação está atendida!**

**VERIFICAÇÃO DA TENSÃO DA BIELA JUNTO AO PILAR**

A tensão de compressão na região nodal do pilar pode ser calculada considerando a área ampliada do pilar. A área ampliada resulta da abertura da área do pilar a 45° ao longo da altura comprimida y.

$$\sigma_{pilar} = F_{pilar} / (A_{pilar,Ampliada} \cdot \text{sen}(\theta)^2) < \sigma_{admissível}$$

Para este caso, será adotado  $f_{cd1}$ , sendo:

$$f_{cd1} = 0,85 \cdot a_{v2} \cdot f_{cd} \text{ (bielas prismáticas ou nós CCC)}$$

$A_{pilar}$ (cm <sup>2</sup> ) =	1200,00	$\sigma_{biela}$ (MPa) =	14,61
----------------------------------	---------	--------------------------	-------

**A verificação está atendida!**

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		<b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	<b>191/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		<b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	<b>1</b>

**CÁLCULO DAS ARMADURAS**

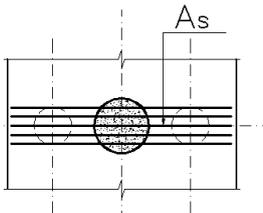
$F_{biela,d} \text{ (kN)} = 1373,0$

$T_d = F_{d,biela} \cdot \cos(\theta)$

$T_d \text{ (kN)} = 794,18$

$A_s \text{ (cm}^2\text{)} = 18,27$

Adotar **4Ø25mm**



### Armadura de Suspensão total:

De acordo com a norma NBR 6118:2014, item 22.7.4.1.3: "se o espaçamento entre estacas for maior que 3 vezes o diâmetro da estaca, deve ser prevista armadura de suspensão". A sua área de aço é determinada pela seguinte fórmula:

$$A_{s,susp,tot} = \frac{N_d}{n_e (1,5 \cdot f_{yd})} = \frac{10 \cdot 1060 \cdot 1,4}{10 \cdot 1,5 \cdot 43,48} = 22,75 \text{ cm}^2$$

Armadura de suspensão adotada:  $\varnothing 12,5\text{mm}$  c.10cm (2 pernas).

### TROCA DE APARELHO DE APOIO

Para troca de aparelhos de apoio, os macacos hidráulicos serão posicionados na projeção das estacas na linha de fora, não submetendo o bloco a novos esforços. Como mostrado no item 15.5, a capacidade de carga das estacas do Encontro 01 é 935kN e do Encontro 02 1060kN.

Esses valores são superiores às cargas verticais máximas na operação de troca de aparelho de apoio ( $650 \text{ kN} / 1,2 = 542 \text{ kN} < 935 \text{ kN}$ ).

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>192/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

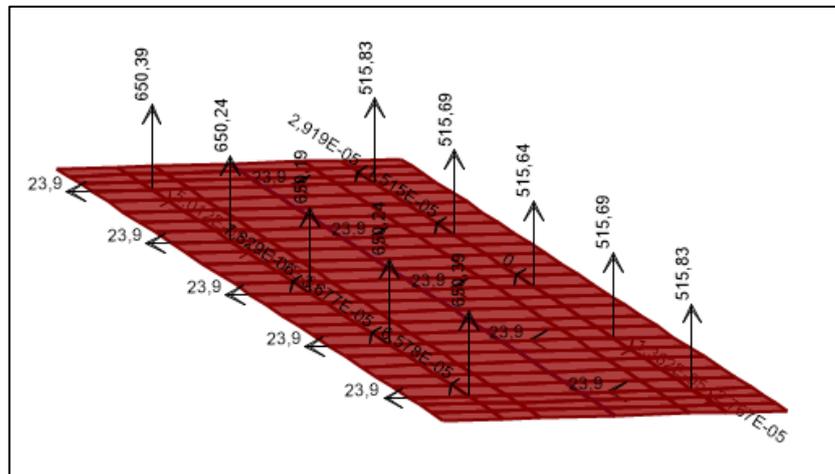


Figura 94- Reações para operação de Troca de Aparelhos de apoio – Encontros (kN)



		CLASSIFICAÇÃO	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
		RESTRITA		
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>			Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>194/197</b>
			Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>

Para se obter os esforços solicitantes deve-se multiplicar os valores indicados nas barras pela reação de apoio no topo do bloco.

Estaca	$\phi$ (m)	h(m)	Biela	$D_x$ (m)	$D_y$ (m)	$\alpha$ (°)	A(m <sup>2</sup> )	Vd(kN)	$a_{v2}$	$f_{cd3}$ (Mpa)	$\sigma_{biela}$ (Mpa)	Status
1	0,41	0,05	1,07	0,25	0,6	67,38	0,2036	1540	0,86	12,9	8,09	OK
2	0,41	0,05	1,07	0,25	0,6	67,38	0,2036	1540	0,86	12,9	8,09	OK

Estaca	a(m)	b(m)	Biela	$D_x$ (m)	$D_y$ (m)	$\alpha$ (°)	A(m <sup>2</sup> )	Vd(kN)	$a_{v2}$	$f_{cd3}$ (Mpa)	$\sigma_{biela}$ (Mpa)	Status
1	0,7	0,7	1,07	0,25	0,6	67,38	0,4175	1540	0,86	12,9	3,95	OK
2	0,7	0,7	1,07	0,25	0,6	67,38	0,4175	1540	0,86	12,9	3,95	OK

Figura 97 – Verificação das bielas junto aos pilares

Tirante	Tirante	Vd(kN)	Td(kN)	$A_{s,t}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,lat}$ (cm <sup>2</sup> )
Tx	0,39	1540	600,60	13,81	6,91
Ty	0,39	1540	600,60	13,81	8,63

Figura 98 – Armaduras do bloco

Armação tirante (sobre estacas):  $A_{s,t} = 5\phi 20mm \geq 13,81cm^2$

Armação complementar (malha):  $A_{s,malha} = 20\% A_{s,t} \rightarrow$  Adotado  $\phi 12,5$  c. 15cm

#### Armadura de Suspensão total:

De acordo com a norma NBR 6118:2014, item 22.7.4.1.3: "se o espaçamento entre estacas for maior que 3 vezes o diâmetro da estaca, deve ser prevista armadura de suspensão". A sua área de aço é determinada pela seguinte fórmula:

$$A_{s,susp,tot} = \frac{N_d}{n_e (1,5 \cdot f_{yd})} = \frac{10 \cdot 1100 \cdot 1,4}{10 \cdot 1,5 \cdot 43,48} = 23,61cm^2$$

Armadura de suspensão adotada:  $\phi 12,5mm$  c. 10cm (2 pernas).

 <b>MRS</b> Logística S.A.	 <b>JMSOUTO</b> ENGENHARIA E CONSULTORIA	CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>
		<b>RESTRITA</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS	PÁGINA
		EI2204-LC-109-4-MC-J00-001	<b>195/197</b>
		Nº JMSOUTO	REV.
		JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001	<b>1</b>

## TROCA DE APARELHO DE APOIO

O bloco dos apoios serão verificados para a troca de aparelhos de apoio, para carga permanente (majorada em 1,20), sem cargas variáveis, considerando apoio direto sobre o bloco, a 25cm da face. Para isso, foi considerado o equipamento:

- Macaco Modelo GM-50T
- Dimensões (A x L x C) (mm): 300 x 176 x 218

Para verificação estrutural, os blocos dos apoios centrais serão verificados com idealização do modelo de bielas e tirantes, conforme mostrado na imagem abaixo.

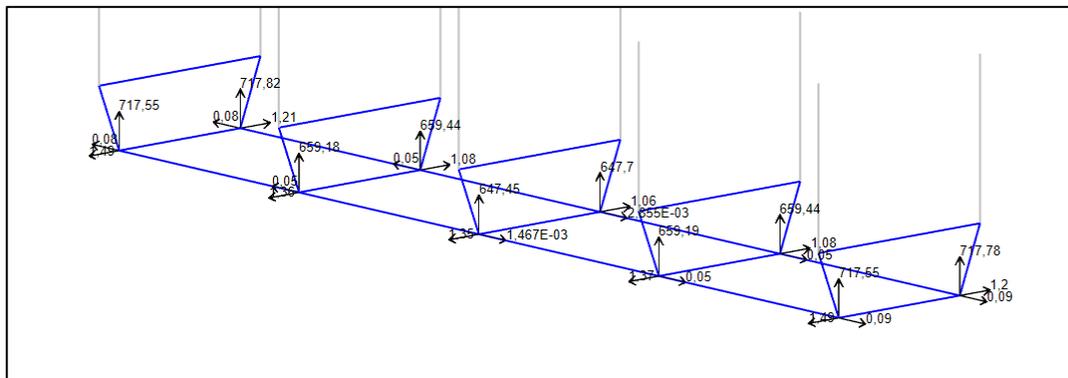
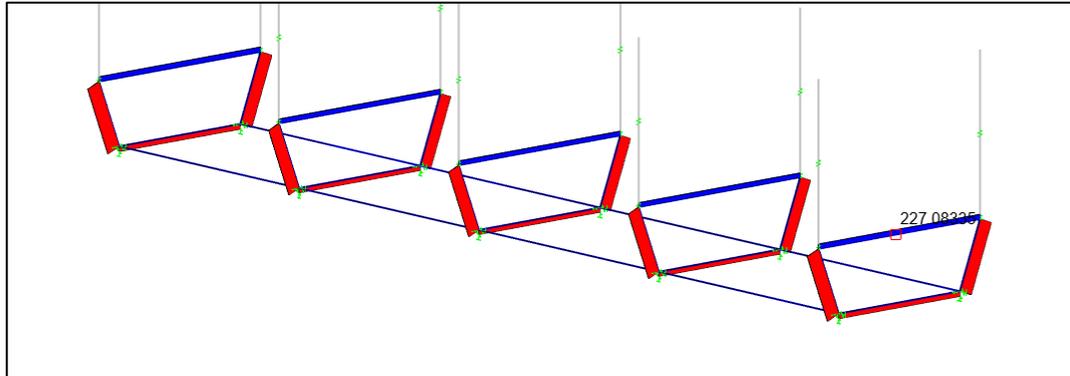


Figura 99- Reações para operação de Troca de Aparelhos de apoio – Apoios centrais (kN)

- Verificação da armação de tirante

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ</b> <b>OBRA DE ARTE ESPECIAIS</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTE</b>		Nº MRS <b>EI2204-LC-109-4-MC-J00-001</b>	PÁGINA <b>196/197</b>	
		Nº JMSOUTO <b>JMRS07B9-02-1-OE-MCA-0001</b>	REV. <b>1</b>	



$$A_{s,t} = \frac{227kN}{43,5kN/cm^2} = 5,22cm^2$$
(armadura distribuída na região do apoio do macaco, sendo considerada largura de 30cm com espraio de 5cm para cada lado)

$$A_{s,t} = 3\phi 16mm$$
distribuídas em 40cm na face superior do bloco.

## 16.0 TERMO DE ENCERRAMENTO

Encerra-se nesta página o Relatório Técnico, realizado pela JM Souto Engenharia completando um total de 160 páginas, está incluída, o qual este relatório - Anexo 3A é parte integrante do Volume 3 - Memória Justificativa do projeto.

Belo Horizonte, 01 de Agosto de 2023.

---

Daniel Gomes Cabral de Almeida  
*CREA-86597/D-MG*

Nome:

CPF:

Telefone:

Endereço de correio eletrônico: