

**LAUDO TÉCNICO**  
LYA M BARBOSA ENGENHARIA ME  
CNPJ: 21.270.212/0001-69

EXECUÇÃO DE SONDAGEM -SPT  
**ÁREA RURAL – PONTE**  
FLORAÍ - PR

## 01 - OBJETIVO

Constitui objeto deste laudo a execução de 01 (um) furo de sondagem de simples reconhecimento de solo com SPT para aplicação na Engenharia Civil, com a finalidade de determinar os tipos de solos em suas respectivas profundidades de ocorrência, a posição do nível d'água e os índices de resistência á penetração (N) a cada metro de profundidade.

## 02 - REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Considerando a execução dos serviços de sondagem, declara-se que foram obedecidas todas as normas brasileiras relativa ao assunto:

NBR 9603/88 – Sondagem a Trado

NBR 7250/82 – Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagem de simples reconhecimento dos solos;

NBR 6484 / 2020 “Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio”

NBR 6502/1995 " "Rochas e solos " Terminologia"

NBR 7181/1984 " "Solo " Análise granulométrica " Método de ensaio"

NBR 8036/1983 " "Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios "Procedimento"

NBR 13441/1995 " "Rochas e solos "Simbologia"

## 03 – LOCALIZAÇÃO

Os trabalhos foram executados conforme croqui Anexo 01.

## 04 – APARELHAGEM DAS SONDAGENS

1-Torre com Roldana;

2-Tubos de Revestimentos;

3-Composição de Perfuração ou Cravação – SONDA CD100E SERIE 157/2021;

4-Trado-Concha ou Cavadeira;

5-Trado Helicoidal;

- 6-Amostrador-Padrão;
- 7-Cabeça de Bater;
- 8-Martelo Padronizado para Cravação do Amostrador
- 9-Medidor de Nível d'água;
- 10-Trena;
- 11-Recipiente para Amostras;
- 12-Ferramentas Gerais Necessárias À Operação da Aparelhagem;

## 05 - MÉTODO DE EXECUÇÃO DAS SONDAGENS

Para a execução das sondagens, inicialmente determinou-se em planta, na área a ser investigada, a posição e a quantidade de pontos a serem sondados. Nesta obra em questão, foram executados 01 (um) furo de sondagem, sendo a profundidade do furo e suas classificações estão contidas no relatório do furo, Anexo 02

O Experimento constitui basicamente na cravação de um amostrador padrão no solo, conectado a composição de cravação, a elevação do martelo é feita de maneira automática, com acionamento mecânico/hidráulico, através da queda de um peso de 65 Kg (martelo), caindo de uma altura determinada (75 cm). As características do amostrador estão especificadas na NBR 6484/2020.

Para se iniciar a sondagem, posicionou-se a composição de cravação no local definido do terreno. Iniciou-se o furo desde o ponto de instalação do equipamento na cota coincidente com a superfície do terreno. Com a ferramenta de trado helicoidal, perfurou-se até um metro de profundidade. Recolheu-se e acondicionou-se uma amostra representativa de solo. Em uma das extremidades de uma composição haste de 1” (uma polegada), acoplou-se o amostrador padrão (1 3/8” e 2”, diâmetros internos e externos respectivamente). Foi cravado então o amostrador que consiste na queda de 65cm um martelo até a altura de 75 cm (setenta e cinco centímetros) acima do topo da composição de hastes e o deixou-se cair em queda livre. Este procedimento foi realizado até a profundidade de 45 cm (quarenta e cinco centímetros) do amostrador padrão no solo. Contou-se o numero de quedas do martelo necessário para a cravação de cada segmento de 15 cm (quinze centímetros) do total de 45cm (quarenta e cinco centímetros).

A soma do numero de golpes necessários a penetração dos últimos 30 cm (trinta centímetros) do amostrador é designada por “N”. O procedimento com os padrões acima é chamado “Standard Penetration Test” SPT.

Quando se retirou o amostrador do furo, foi recolhida e acondicionada a amostra contida em seu bico, prosseguiu-se a abertura de mais um metro de furo até alcançar o metro seguinte, para tal, utilizou-se do trado helicoidal que removeu a matéria até a cota do próximo ensaio com o amostrador padrão.

Da maneira acima descrita, a sondagem avançou em profundidade, medindo a resistência a cada metro e retirando com o amostrador, amostras do tipo de solo encontrado.

## 06 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

As amostras de solo coletadas a cada metro foram classificadas tátil-visualmente. Foram definidas as camadas de solos com suas respectivas espessuras ou horizontes.

De posse dos perfis individuais preliminares de cada sondagem obtidos após classificação tátil-visual, do nível d'água e da cota do terreno no início da perfuração, desenhou-se com as respectivas convenções, o perfil do subsolo de cada sondagem feita no terreno.

O desenho das sondagens mostra todas as camadas ou horizontes de solo encontrados, a posição do nível d'água quando houver, o número de golpes "N" necessários á cravação dos 30 últimos centímetros do amostrador e demais informações uteis foram observadas.

**TABELA DOS ESTADOS DE COMPACIDADE E DE CONSISTÊNCIA**

SOLO	ÍNDICE DE RESISTENCIA À PENETRAÇÃO "N"	DESIGNAÇÃO
AREIAS E SILTES ARENOSOS	≤ 4	FOFA (0)
	5 a 8	POUCO COMPACTA (0)
	9 a 18	MEDIAMENTE COMPACTA(O)
	19 a 40	COMPACTA(O)
	> 40	MUITO COMPACTA(O)
ARGILAS E SILTES ARGILOSOS	≤ 2	MUITO MOLE
	3 a 5	MOLE
	6 a 10	MÉDIA (O)
	11 a 19	RIJA(O)
	20 a 30	MUITO RIJA
	> 30	DURA (O)

Tabela 1- Tabela dos Estados de Compacidade e de Consistência (NBR 6484/2020)

## 07 – RESULTADOS

Conforme estudo do solo, realizado por 01 (um) furo de sondagem na área em questão, foi possível observar por meio da análise tátil-visual das amostras coletadas que o subsolo apresentou camadas parecidas de solo conforme ilustra o anexo 02 deste laudo técnico.

Analisando o perfil do solo, pode-se resumir que o tipo de solo que caracteriza a região é solo argiloso originário de decomposição de rocha basáltica.

O solo apresentado possui capacidade para suportar carga, porém, cabe a um engenheiro projetista definir com base nas cargas a serem implantadas, qual o tipo de fundação bem como a profundidade de paralisação.


Recomenda-se que a análise da fundação seja individualizada.

Recomenda-se prova de carga sobre as fundações.

Não foi encontrada a presença de lençol freático até a profundidade de pesquisa.

Foi realizado um total de 5,88 metros de sondagem.

Maringá, 04 de novembro de 2025.

Documento assinado digitalmente  
 LYA MAGDA BARBOSA  
Data: 05/11/2025 09:38:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

GONZALEZ ENGENHARIA E TOPOGRAFIA ME  
CNPJ 21.270.212/0001-69  
Eng<sup>a</sup> Civil LYA MAGDA BARBOSA  
Crea 116477/D – PR

## 08 - ANEXOS

Anexo 01- Croqui de Localização dos furos

Anexo 02- Relatório de Sondagem

Anexo 03 – Relatório fotográfico

A seguir, os anexos propostos.



Avenida Brasil, 1225 sala 9  
Fone: 44-3025-3833/9813-5738  
CEP 87050-000 - Zona 3 | Maringá PR

**ANEXO 01**  
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DOS FUROS





**GONZALEZ**  
ENGENHARIA E TOPOGRAFIA

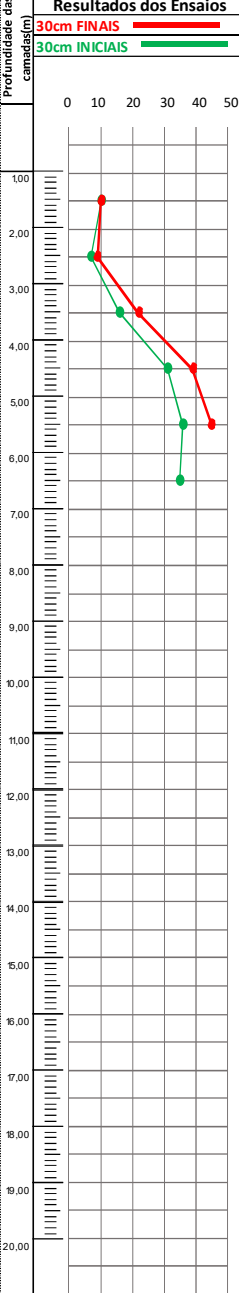



7



Avenida Brasil, 1225 sala 9  
Fone: 44-3025-3833/9813-5738  
CEP 87050-000 - Zona 3 | Maringá PR

**ANEXO 02**  
**RELATÓRIO DE SONDAAGEM**

GONZALEZ ENGENHARIA E TOPOGRAFIA		RELATÓRIO DE SONDAAGEM SPT					PERÍODO DE SONDAAGEM:	Início: 03/11/25	SPT:	
		CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORAÍ					Final: 03/11/25		<b>1</b>	
		OBRA: ÁREA RURAL - PONTE					Hora	Início: 8:39	Cota:	
		MUNICÍPIO: FLORAÍ - PARANÁ						Fim: 9:52	424,90	
Avanço do furo	Cota do N.A	Consistência e/ou capacidade do Solo	ENSAIO DE PENETRAÇÃO		ÍNDICE SPT		Profundidade das camadas(m)	Resultados dos Ensaios 30cm FINAIS (Red) 30cm INICIAIS (Green)	PERFIL GEOLÓGICO	ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS: - REVESTIMENTO Ø INT. = 76 - AMOSTRADOR Ø EXT. = 50,8 - ALTURA DA QUEDA = 75 cm - PESO DO MARTELO = 65 kg
			Inicial (30cm)	Final (30cm)	Inicial (30cm)	Final (30cm)				
5,88m	NÃO ENCONTRADO	Médica	5	5	5	10	10			Solo argiloso de cor vermelho  Solo argiloso de cor vermelho/piçarra variegada  Solo argiloso/piçarra variegada  Limite de sondagem  Amostrador repicando, não é possível avançar o ensaio.
			16	16	15	32	31			
		Muito rija	3	4	5	7	9			
			16	15	16	31	31			
		Dura	7	9	13	16	22			
			15	15	15	30	30			
			13	18	21	31	39			
			15	15	15	30	30			
			16	20	25	36	45			
			15	15	15	30	30			
0	0	0	35			35	0			
			11			11	0			
			0			0	0			
			0			0	0			
			0			0	0			
			0			0	0			
			0			0	0			
			0			0	0			
			0			0	0			
			0			0	0			

MÉTODO EXECUTIVO:		ENSAIO DE LAVAGEM:		ENGENHEIRA RESPONSÁVEL:
AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	PERÍODO:	LYA MAGDA BARBOSA
TRADO CONCHA (TC)	4"		1º 10 min.	CREA: PR-116.477/D
TRADO HELICOIDAL (TH)	2 ¼"		2º 10 min.	TÉCNICO DE SONDAAGEM:
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (CA)	2"		3º 10 min.	JEAN CARLOS
REVESTIMENTO (RV)	2 ½"		OBS.: Não foi realizado nenhum procedimento além dos já descritos nesse	
SPT	2"	N/A	laudo	

FONE: (44) 99813 5738 - engenharia.gonzalez@gmail.com

Avenida Brasil, 1225 sala 9  
Fone: 44-3025-3833/9813-5738  
CEP 87050-000 - Zona 3 | Maringá PR



**GONZALEZ**  
ENGENHARIA E TOPOGRAFIA



**ANEXO 03**  
**RELATÓRIO FOTOGRÁFICO**  
**SPT 01**



# MEMORIAL DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS DA PONTE SOBRE O CÓRREGO GENÚNCIA EM FLORAÍ / PR

## PROJETO:

CONSTRUÇÃO DE PONTE SOBRE CÓRREGO EM PERÍMETRO RURAL,  
INTERLIGAÇÃO ENTRE ESTRADA PARANHOS E ESTRADA GENÚNCIA –  
CÓRREGO GENÚNCIA - LIMITE TERRITORIAL ENTRE LOTES 249, 250, 256 E  
257 - FLORAÍ / PR

ESTADO DO PARANÁ  
OUTUBRO DE 2025

## INDICE

1.	APRESENTAÇÃO.....	3
2.	MAPA DE SITUAÇÃO.....	4
3.	INTRODUÇÃO.....	6
3.1	<i>Descrição da Estrutura</i> .....	6
3.2	<i>Bibliografia</i> .....	7
3.3	<i>Método Construtivo</i> .....	7
3.4	<i>Materiais</i> .....	7
4.	MODELO ESTRUTURAL.....	9
4.1	<i>Geometria da Estrutura</i> .....	10
4.2	<i>Geometria dos Elementos</i> .....	12
5.	CARREGAMENTOS CONSIDERADOS.....	15
5.1	<i>Carregamentos permanentes</i> .....	15
5.2	<i>Cargas acidentais</i> .....	15
5.3	<i>Coeficiente de número de faixas</i> .....	16
5.4	<i>Coeficiente de impacto adicional</i> .....	16
5.5	<i>Carregamento móvel</i> .....	16
5.5.1	Trem tipo.....	16
5.6	<i>Cargas Horizontais</i> .....	17
5.6.1	Frenagem e aceleração.....	17
5.6.2	Empuxo horizontal.....	18
6.	COMBINAÇÕES.....	19
6.1	<i>Combinações últimas normais</i> .....	19
6.2	<i>Combinações quase permanentes de serviço</i> .....	20
6.3	<i>Combinações frequentes de serviço</i> .....	20
6.4	<i>Combinações raras de serviço</i> .....	20
7.	ANÁLISE ESTRUTURAL.....	22
7.1	<i>Esforços nas Alas de Contenção</i> .....	22
7.2	<i>Esforços nas Estacas</i> .....	23
8.	DIMENSIONAMENTO.....	27
8.1	<i>Dimensionamento das Alas de Contenção</i> .....	27
8.2	<i>Dimensionamento das Estacas</i> .....	28
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	29
9.	ANEXO – PEÇAS GRÁFICAS.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Situação .....	4
Figura 2 – Foto Aérea do Local.....	5
Figura 3 – Imagem renderizada da ponte (ilustrativa).....	6
Figura 4 – Modelo analítico da ponte (figura ilustrativa).....	9
Figura 5 – Implantação da ponte .....	10
Figura 6 - Corte Longitudinal da ponte.....	11
Figura 7 - Corte transversal do tabuleiro da ponte.....	11
Figura 8 - Seção Transversal das Vigas pré-moldadas .....	12
Figura 9 - Seção Transversal Guarda-Rodas .....	12
Figura 10 - Seção Transversal das Vigas de cabeceira.....	13
Figura 11 – Seção Transversal dos Vigas de bordo tipo “J” .....	13
Figura 12 - Seção Transversal das alas de contenção .....	14
Figura 13 – Seção Transversal das Estacas das alas de contenção.....	14
Figura 14 - Trem-tipo Classe 45 .....	15
Figura 15 – Disposição das Cargas de Trem Tipo e Multidão .....	17
Figura 16 - Altura de solo contido .....	19
Figura 17 - Esforços na Ala de contenção .....	22
Figura 18 - Esforços peso próprio linear .....	24
Figura 19 - Esforços devido ao trem-tipo .....	25
Figura 20 - Dimensionamento Alas de contenção.....	27
Figura 21 - Armadura Longitudinal das estacas hélice contínua.....	28

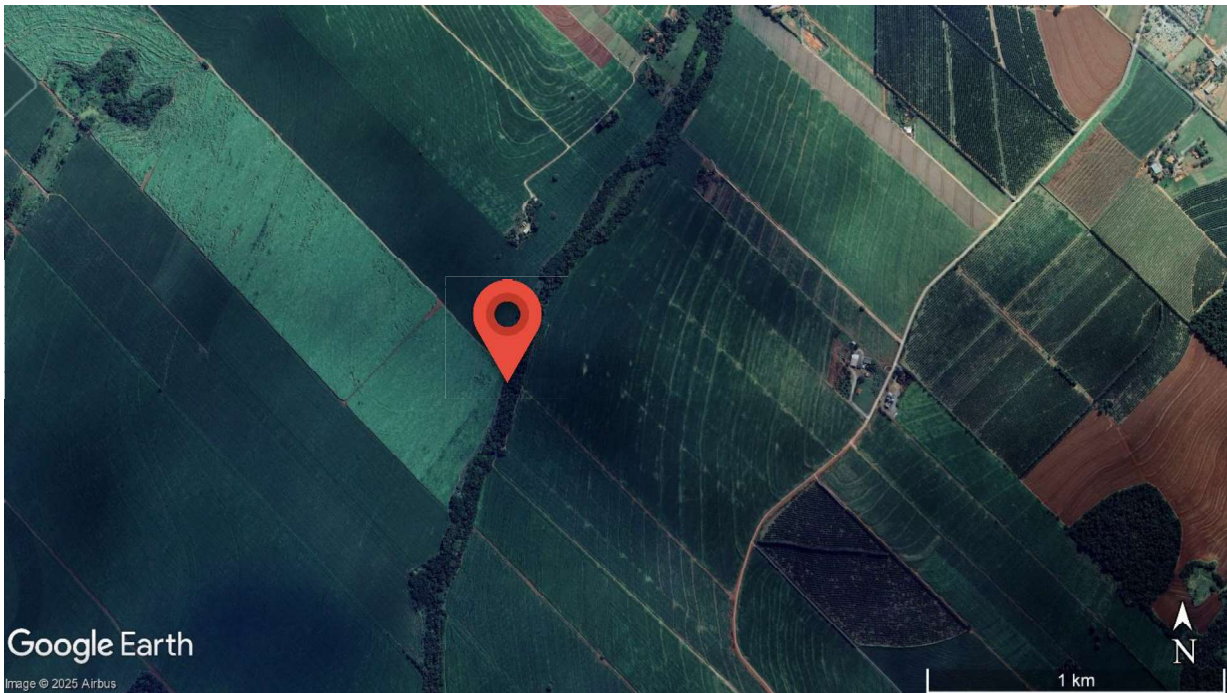
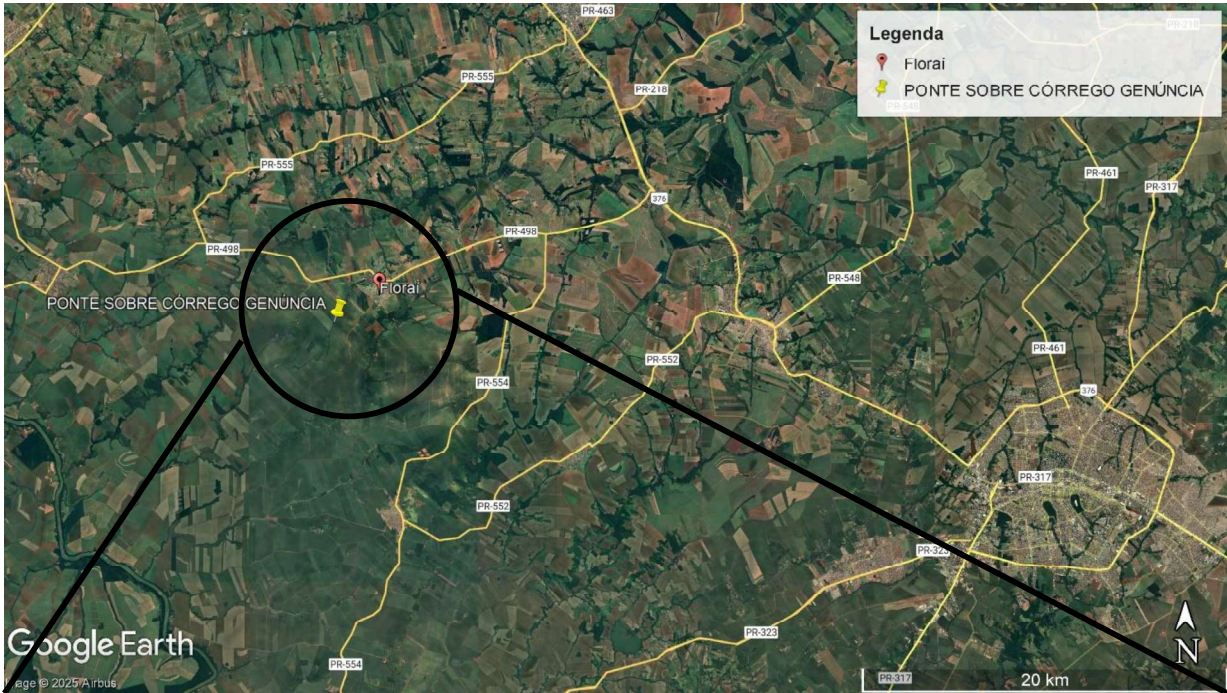
## 1. APRESENTAÇÃO

Este relatório tem como objetivo apresentar a Memória de Cálculo referente as alas de contenção e as estacas de fundação do Projeto Estrutural da ponte sobre o córrego genúncia. O dimensionamento das vigas pré-fabricadas, assim como as placas pré-moldadas e os guarda-rodas é de responsabilidade do fornecedor dos itens (DER-PR).

A ponte em questão tem o propósito de transpor o córrego genúncia, interligando a estrada paranhos com a estrada genúncia.



Figura 2 – Foto Aérea do Local



FONTE: Google Earth, 2025

### 3. INTRODUÇÃO

#### 3.1 Descrição da Estrutura

O Sistema é composto por vigas pré-moldadas, lajes compostas de placas pré-moldadas e moldadas *in-loco* e alas de concreto armado. O tabuleiro todo é composto por 01 vão de 14,50m com 12 vigas padrão DER – PR com altura de 0,625 m, espaçadas entre si a uma distância de 0,625 m (largura).

As alas possuem de 4 m a 5 m de altura e espessura variável de 60cm no topo a 90 cm na base.

A laje possui placas pré-moldadas de 100x50cm de base e 6 cm de altura com uma camada de concreto moldado in loco de 15 cm de espessura, totalizando 21 cm.

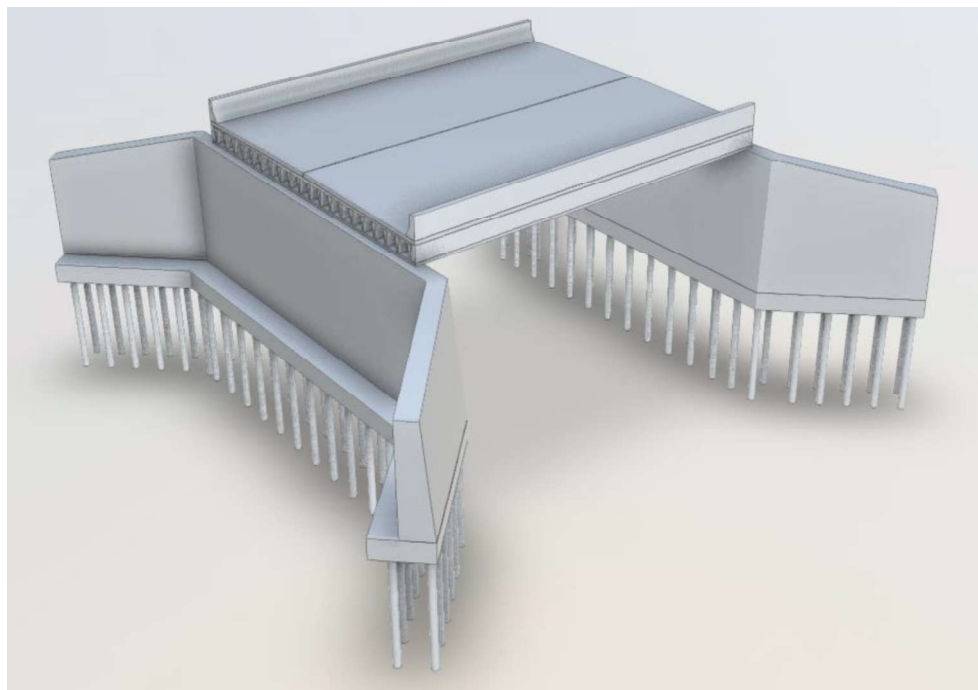
A seção transversal total da PONTE tem largura de 7,50m, e é composta por duas pistas de rolamento, com guarda-rodas padrão DER-PR nas duas extremidades da ponte. O leito carroçável possui faixas de rolamento com camada asfáltica conforme projeto de pavimentação, com inclinação de 2%.

Nas extremidades do tabuleiro, existem duas vigas cabeceiras para transição.

As vigas pré-fabricadas do tabuleiro se apoiam diretamente nas alas de contenção.

Na fundação foram utilizadas estacas de 30cm de diâmetro do tipo hélice contínua, com profundidade de 5 m.

**Figura 3 – Imagem renderizada da ponte (ilustrativa)**



### 3.2 Bibliografia

Foram consideradas as seguintes normas técnicas da ABNT em vigor:

NBR 6118:2023 – Projeto e execução de obras de concreto – Procedimento;

NBR 6122:2022 – Projeto e execução de fundações;

NBR 6123:2023 – Forças devido ao vento em edificações;

NBR 7187:2021 – Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto;

NBR 7188:2024 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;

NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;

### 3.3 Método Construtivo

O projeto da ponte foi elaborado com base no método construtivo adotado para sua execução. Inicialmente, são construídas as fundações destinadas a suportar alas de contenção que sustentem a estrutura. Em seguida são executados as vigas pré-moldadas e posteriormente içadas ao local. Após o içamento, deverá ser concretada a laje inferior de solidarização com suas respectivas armaduras longitudinais e transversais, juntamente com as vigas de bordo do tipo “J” e as vigas de cabeceira.

Concluída essa etapa é realizada a montagem das placas pré-moldadas da laje superior, as formas laterais, as armaduras e as esperas das barreiras de proteção. Após a concretagem e a cura úmida da laje superior, é executada a camada asfáltica.

### 3.4 Materiais

- Concreto para as barreiras  $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Fator água/cimento  $\leq 0,60$

- Concreto para a fundação (estaca hélice contínua)  $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Fator água/cimento  $\leq 0,60$

- Concreto para as vigas pré-fabricadas  $f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$

Fator água/cimento  $\leq 0,60$

- Concreto para as alas de contenção  $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Fator água/cimento  $\leq 0,60$

- Concreto para demais elementos  $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Fator água/cimento  $\leq 0,60$

- Aço CA-50:  $f_{yk} \geq 500 \text{ MPa}$

- Cobrimento da armadura das alas – 4,0 cm

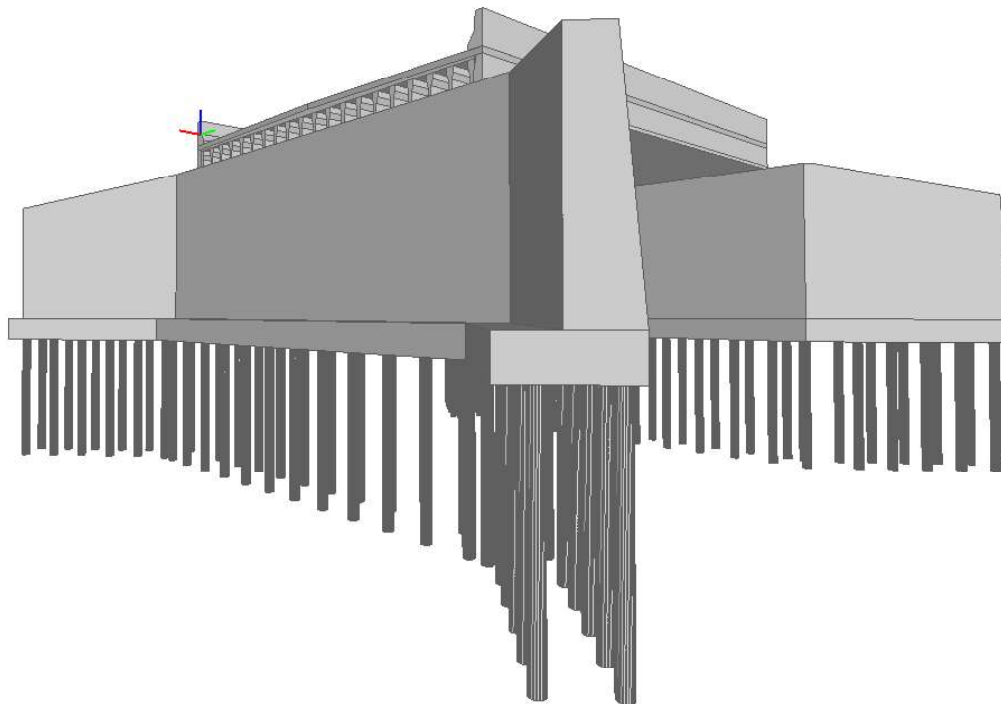
- Cobrimento da armadura dos blocos de fundação – 4,0 cm

- Classe de agressividade ambiental: II – Moderada.

#### 4. **MODELO ESTRUTURAL**

A modelagem e dimensionamento da estrutura foram elaborados com os softwares AutoCAD, Revit, Eberick, Ftool e SECC, fazendo também o uso de planilhas eletrônicas.

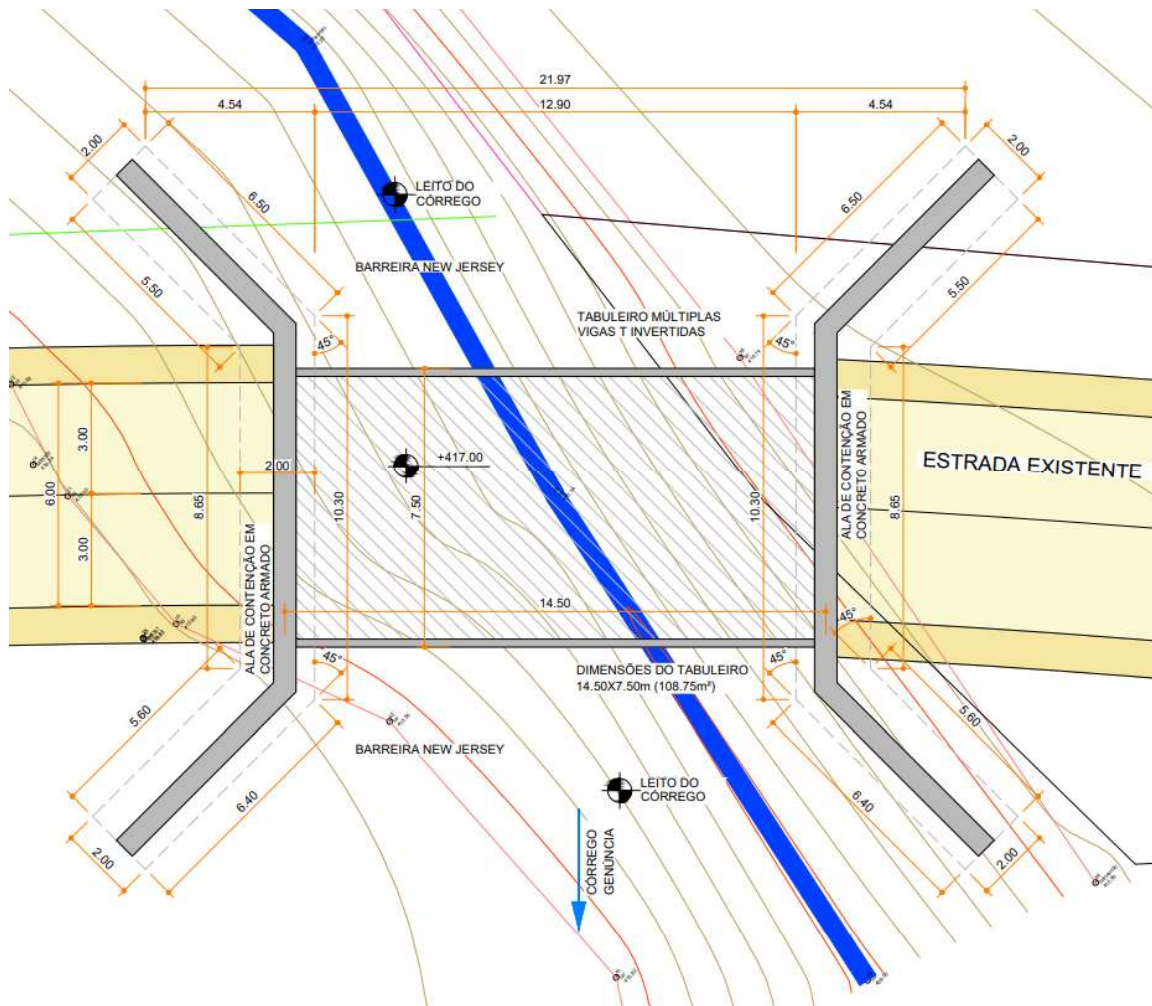
**Figura 4 – Modelo analítico da ponte (figura ilustrativa)**



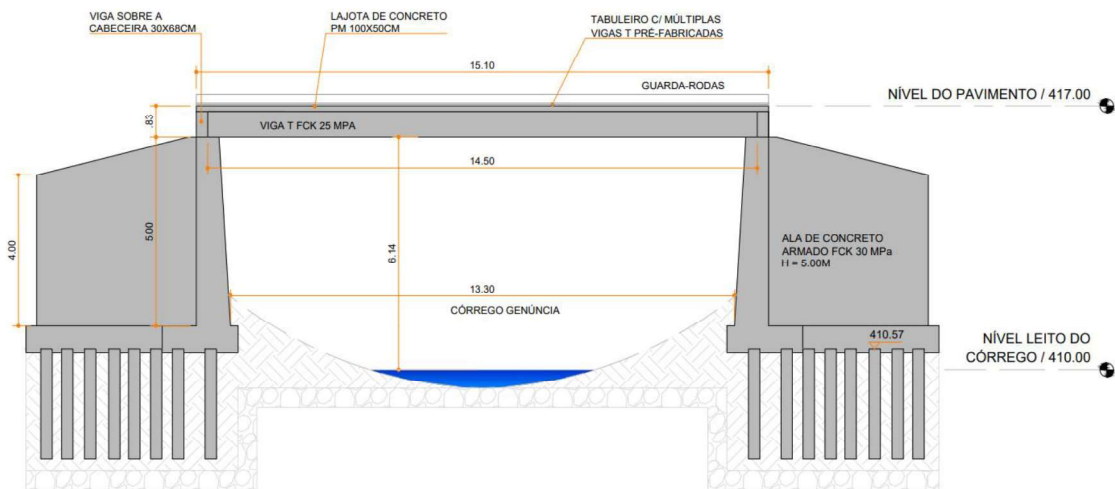
## 4.1 Geometria da Estrutura

Seguem figuras mostrando a geometria da ponte.

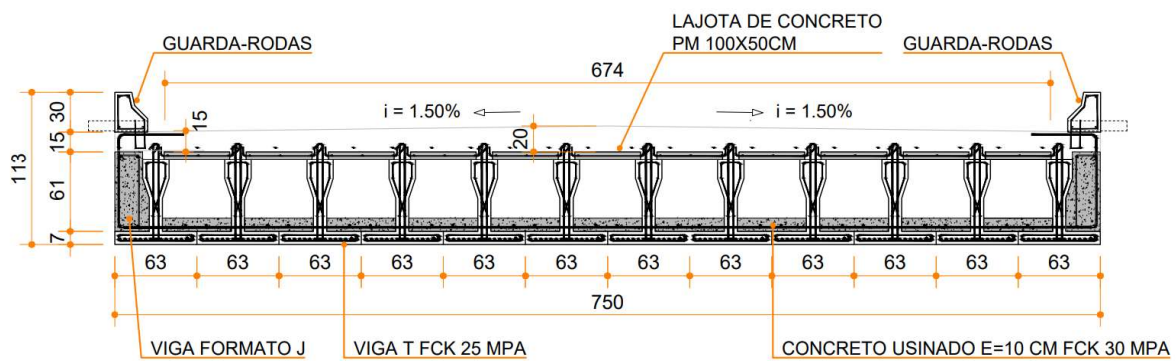
**Figura 5 – Implantação da ponte**



**Figura 6 - Corte Longitudinal da ponte**



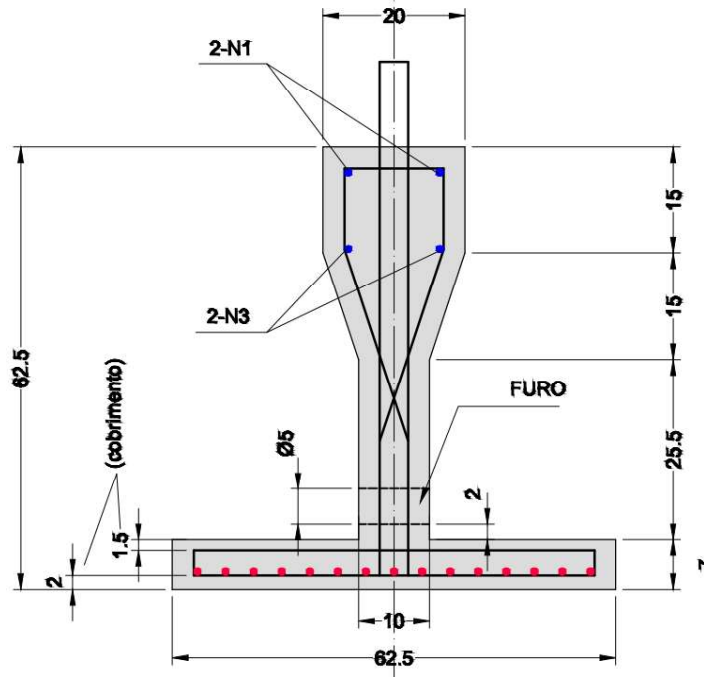
**Figura 7 - Corte transversal do tabuleiro da ponte**



## 4.2 Geometria dos Elementos

Seguem figuras mostrando a geometria dos elementos que compõem a estrutura.

**Figura 8 - Seção Transversal das Vigas pré-moldadas**



**Figura 9 - Seção Transversal Guarda-Rodas**

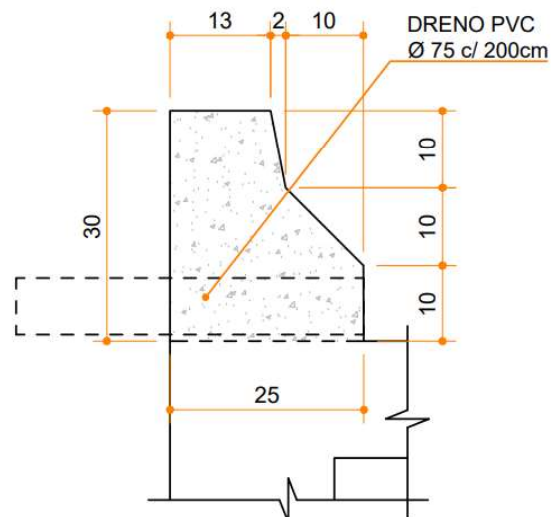


Figura 10 - Seção Transversal das Vigas de cabeceira

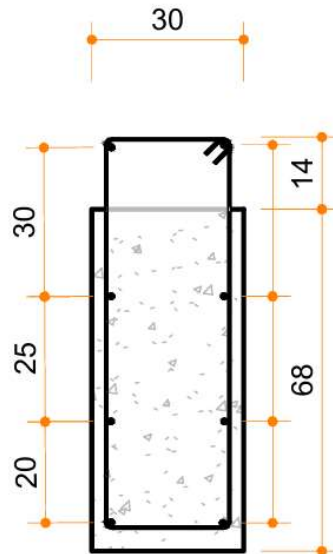
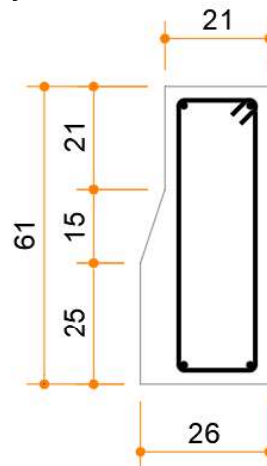
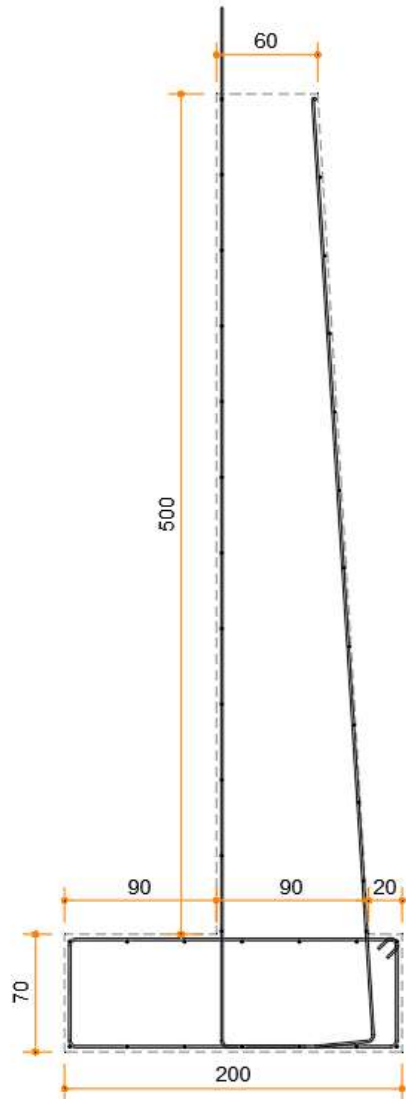


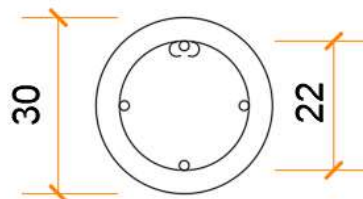
Figura 11 – Seção Transversal dos Vigas de bordo tipo “J”



**Figura 12 - Seção Transversal das alas de contenção**



**Figura 13 – Seção Transversal das Estacas das alas de contenção**



## 5. CARREGAMENTOS CONSIDERADOS

### 5.1 Carregamentos permanentes

Segundo a norma NBR 6120 – Cargas para o cálculo das estruturas, o carregamento permanente é constituído pelo peso de todo os elementos construtivos fixos e instalações permanentes junto com o peso próprio dos elementos que compõem a estrutura.

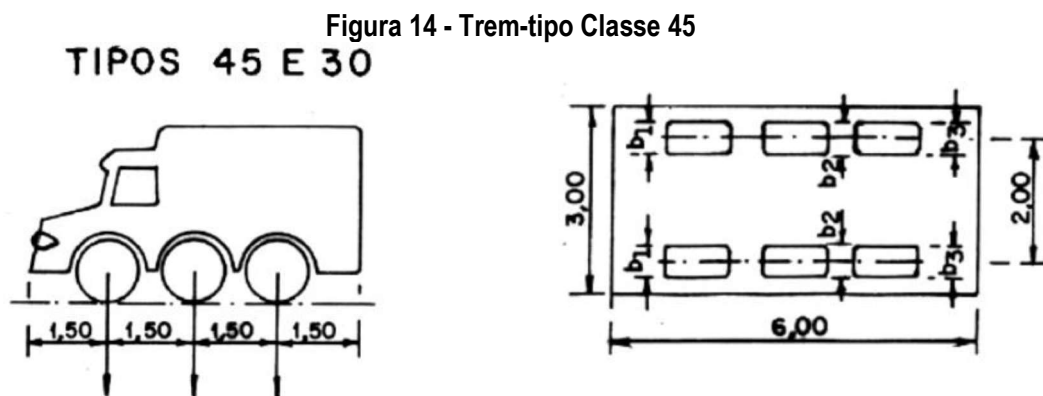
Além disso, foi adicionada a carga oriunda das barreiras (guarda-rodas) e vigas de bordo tipo “J”.

Sendo assim, foi considerado as barreiras e Vigas J, com  $\gamma$  do concreto ( $\gamma_c = 2,5 \text{ tf}/m^3$ ), portanto:  $0,148 \text{ tf}/m$  e  $0,365 \text{ tf}/m$  respectivamente, distribuído ao longo do tabuleiro onde serão acopladas.

### 5.2 Cargas acidentais

De acordo com a norma NBR 6120, carga acidental é toda aquela que pode atuar sobre a estrutura em função de seu uso.

Neste presente caso foi utilizada a norma NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Tratando-se de uma obra em que ocorrerá tráfego pesado sobre ela (circulação de caminhões), foi adotado o TREM-TIPO CLASSE 45, no qual a base do sistema é um veículo-tipo de 45 toneladas peso total.



Neste caso, foi considerada uma carga de 7,5 toneladas provindas de cada roda, sendo  $7,5 \times 6 = 45 \text{ ton}$ , e um carregamento de  $0,5 \text{ ton}/m^2$  de multidão por toda a pista de rolamento.

De acordo com o item 5.1.2.1 da NBR-7188, o efeito dinâmico das cargas móveis deve ser analisado pela teoria da Dinâmica das Estruturas. É permitido, no entanto, considerar as cargas móveis às cargas estáticas através da multiplicação pelo coeficiente de impacto. Para o vão admitiu-se o tamanho de 14,50 metros:

$$CIV = 1 + 1,06 * \left( \frac{20}{14,5 + 50} \right) = 1 + 1,06 * \left( \frac{20}{14,5 + 50} \right) = 1,33$$

### 5.3 Coeficiente de número de faixas

As cargas móveis características devem ser ajustadas pelo coeficiente do número de faixas do tabuleiro CNF, conforme descrito a seguir:

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

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

### 5.4 Coeficiente de impacto adicional

Segundo a NBR 7188/2024 “os esforços das cargas móveis 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 metros para cada lado da junta ou descontinuidade estrutural, devem ser dimensionadas com os esforços das cargas móveis majoradas pelo coeficiente de impacto adicional.” A favor da segurança, e por que o vão da ponte é pequeno, simplicaremos os calculos adotando o coeficiente para todo o vão carregado.

$$CIA = 1,25 \text{ para obras em concreto ou mistas}$$

### 5.5 Carregamento móvel

#### 5.5.1 Trem tipo

De posse de todos os valores dos coeficientes de ponderação obtêm-se os valores das cargas utilizadas para a determinação das solicitações referentes à carga móvel rodoviária indicada pela NBR 7188/2024, aplicando os mesmos nas equações abaixo, temos:

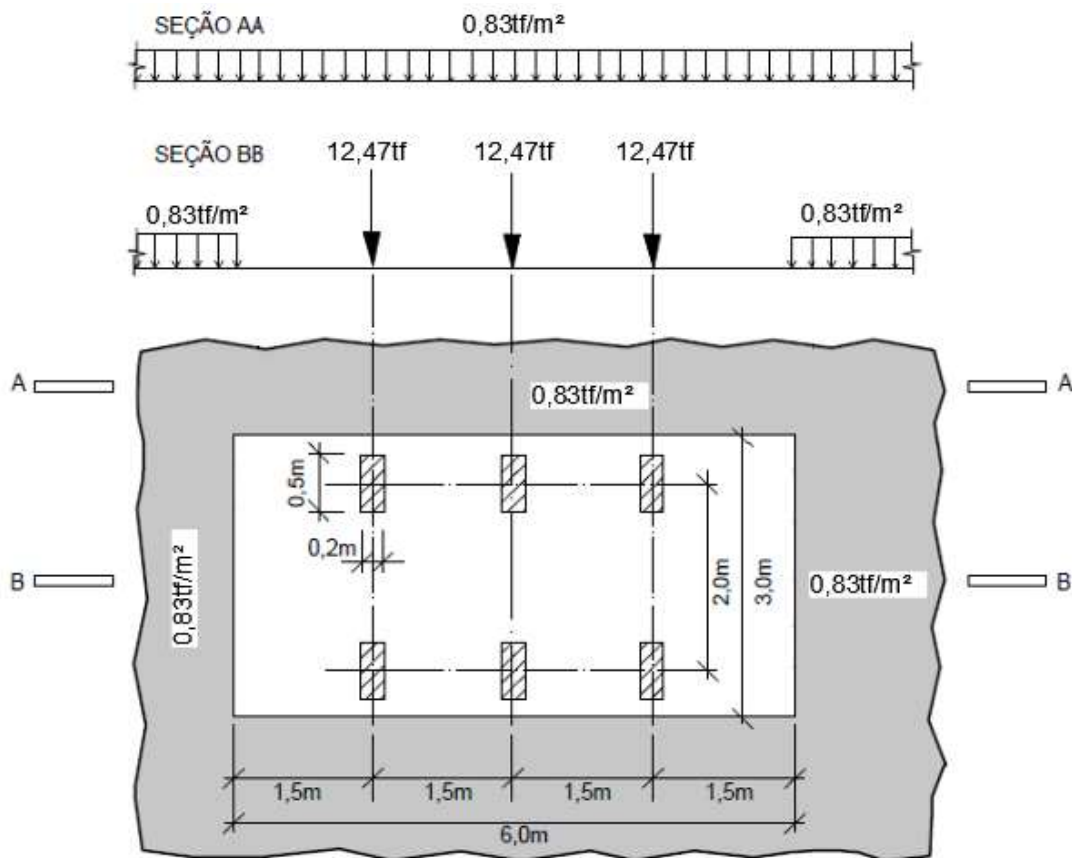
$$Q = 7,5tf * 1,33 * 1,00 * 1,25$$

$$Q = 12,47 \text{ tf}$$

$$Q = \frac{0,5 \text{ tf}}{\text{m}^2} * 1,33 * 1,00 * 1,25$$

$$Q = 0,83 \text{ tf/m}^2$$

**Figura 15 – Disposição das Cargas de Trem Tipo e Multidão**



## 5.6 Cargas Horizontais

### 5.6.1 Frenagem e aceleração

Segundo a norma NBR 7188/2024, "As forças horizontais devido à frenagem ou à 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 [...]". De acordo com o item 5.2.1 o valor da força horizontal corresponde à 30% do peso do trem-tipo ou 5% da carga

da multidão  $P'$  presente em todo o leito carroçável. Em ambas as considerações não se deve majorar o carregamento com o coeficiente de impacto.

No primeiro caso tem-se 30% do peso do veículo tipo:

$$0,30 \cdot TT = 0,30 \cdot 45tf = 13,5tf$$

Já na segunda consideração, temos:

$$H_f = 0,025 \cdot (B \cdot L) \cdot CNF$$
$$H_f = 0,025 \cdot (14,50 \cdot 11,74 \cdot 1) = 4,26 tf.$$

Considerando a área da faixa de rolamento igual a  $170,23 m^2$ .

Desse modo, a carga devido a frenagem e aceleração considerada foi a de 30% da carga da multidão  $P'$  que é igual a  $13,5tf/170,23m^2 = 0,0793tf/m^2$  disposta por todo o leito carroçável.

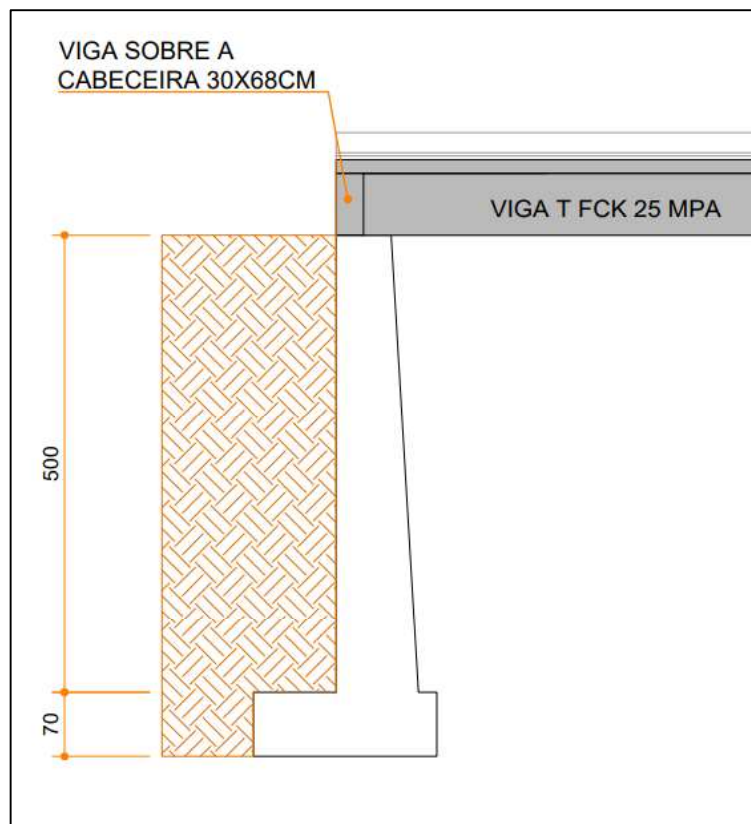
## 5.6.2 Empuxo horizontal

Foi considerado um solo com as seguintes características:

$$\gamma_{solo} = 1,80ton/m^3$$

$$\phi_{solo} = 30^\circ \rightarrow K_{adotado} = 0,33$$

Figura 16 - Altura de solo contido



Cálculo da tensão do empuxo horizontal aplicado nas alas de contenção:

$$Ea = (\gamma_{solo} \times h \times k)$$

$$Ea = (1,8 \times 5,00 \times 0,33) = 2,97 \text{ tf/m}^2$$

## 6. COMBINAÇÕES

### 6.1 Combinações últimas normais

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[ F_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

## 6.2 Combinações quase permanentes de serviço

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

## 6.3 Combinações frequentes de serviço

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} F_{Qj,k}$$

## 6.4 Combinações raras de serviço

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{1j} F_{Qj,k}$$

Onde:

$F_{Gi,k}$ : Valor característico das ações permanentes.

$F_{Q1k}$ : Valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação.

$\gamma_{gi}$ : Coeficiente de ponderação para ações permanentes.

$\gamma_q$ : Coeficiente de ponderação para ações variáveis principais.

$\psi_{0j}$ : Fator de combinação de ações variáveis.

$F_d$ : Valor de cálculo da ação.

Os coeficientes de ponderação de ações são apresentados na tabela a seguir:

Ações permanentes agrupadas		
Tipo de estrutura	Efeito	
	Desfav.	Favorável
Edificações tipo 1 e pontes em geral	1,35	1,00

Ações variadas consideradas conjuntamente	
Tipo de ação	Coef. Ponderação
Pontes e edificações tipo 1	1,50
Ação do vento	1,40

Valores dos fatores de combinação - Pontes rodoviárias			
Tipo de ação	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	0,7	0,5	0,3

As combinações referentes ao Estado Limite de Serviço foram utilizadas para verificação das deformações, enquanto as combinações referentes ao Estado Limite Último foram utilizadas no dimensionamento das peças estruturais.

## 7. ANÁLISE ESTRUTURAL

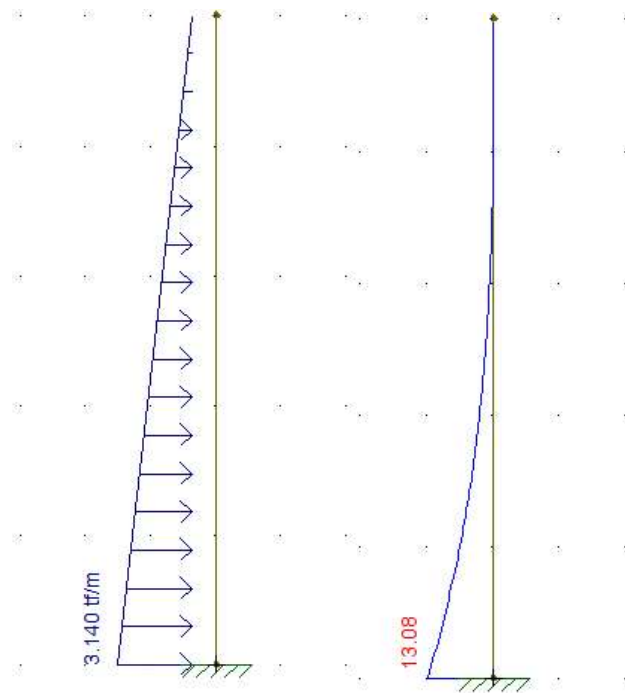
### 7.1 Esforços nas Alas de Contenção

Conforme demonstrado no item 5.6.2 deste memorial, as alas de contenção na pior situação sofrem ação do empuxo de solo e, neste caso, se comportam como uma estrutura engastada na base e livre no topo. Para o dimensionamento do esforço de flexão e conseqüentemente a obtenção das armaduras, utilizaremos o software FTOOL. Considerando ainda uma sobrecarga de 500 kgf/m<sup>2</sup> sobre o maciço de solo, temos que o empuxo será de:

$$Ea = (1,8 \times 5,00 \times 0,33) + 0,5 * 0,33 = 3,14 \text{ tf/m}^2$$

$$Ea \text{ (para uma faixa de 1m)} = 3,14 \text{ tf/m}$$

Figura 17 - Esforços na Ala de contenção



$$Md, emp = 1,4 * 13,08 = 18,31 \text{ tf.m}$$

## 7.2 Esforços nas Estacas

Para obter a carga total que o tabuleiro transfere para as alas de contenção (peso próprio + accidental), iremos calcular separadamente cada item e distribuir pela largura da ponte (comprimento onde se apoia nas alas).

O peso próprio das vigas foi obtido no dimensionamento referente às situações transitórias e é dado por:  $PP_{viga} = 0,305 \text{ tf/m}$ . Como são vinte (12) vigas, temos:  $PP_{t,vigas} = 3,66 \text{ tf/m}$

Para ligação transversal das vigas é usada uma camada de concreto armado de 10cm de espessura, que ocupa 52,5cm de largura entre as vigas, portanto acrescenta  $0,131 \text{ tf/m} \times 11 \text{ camadas} = 1,441 \text{ tf/m}$ .

A placa pré-fabricada, que é posicionada em cima das vigas possui 6cm de espessura e 50cm de largura, resultando em uma área de  $0,03\text{m}^2$ . Nesse caso, temos que  $PP_{placas} = 0,075 \text{ tf/m} \times 11 \text{ placas} = 0,825 \text{ tf/m}$ .

Além da placa, é concretada uma capa de 15cm de concreto moldado no local em toda largura da ponte, totalizando uma área de  $1,125 \text{ m}^2$ . Assim temos que  $PP_{t,capa} = 2,813 \text{ tf/m}$ .

Para finalizar o peso próprio da seção transversal, temos dois guarda-rodas padrão DER-PR e duas vigas de bordo tipo J, totalizando  $PP_b = 0,296 \text{ tf/m}$  e  $PP_{vigasj} = 0,730 \text{ tf/m}$  respectivamente. Somando todos os valores encontrados, temos  $PP_{total} = 9,765 \text{ tf/m}$ .

Para obtermos a carga accidental utilizaremos o trem-tipo (carregamento móvel) especificado no item 5.5.1 deste memorial, as carga concentradas são equivalentes à soma em cada eixo, e as cargas distribuídas são multiplicadas pela largura da ponte e a largura que resta no local onde está posicionado o veículo.

Para o veículo da NBR 7188/2024 tem-se a carga concentrada de  $7,50 \text{ tf}$  por roda. Como o veículo possui duas rodas em cada um dos três eixos, soma-se a carga por eixo, obtendo  $15,00 \text{ tf}$ .

A carga que circunda o veículo é de  $q = 0,50 \text{ tf/m}^2$ . Linearizando esta carga para toda largura útil da ponte, na seção sem o trem-tipo, temos que  $q_1 = 0,50 \times 7,00 = 3,50 \text{ tf/m}$ . Para a linearização da carga "q" da seção 2 (com o trem-tipo), basta subtrair a largura do veículo da largura total da ponte. Portanto  $q_2 = 0,50 \times (7,00 - 3,00) = 2,00 \text{ tf/m}$ .

Por se tratar de uma carga móvel os esforços internos variam com a posição do veículo. Nessas situações devem ser utilizadas para o dimensionamento as envoltórias de esforços, que descrevem os valores máximos e mínimos dos mesmos em cada uma das seções da estrutura, levando em conta o

aspecto de que o veículo pode assumir diversas posições diferentes. As envoltórias de momento fletor e esforço cortante, tanto para o peso próprio, quanto para as cargas acidentais, serão obtidos através do software Ftool.

**Figura 18 - Esforços peso próprio linear**

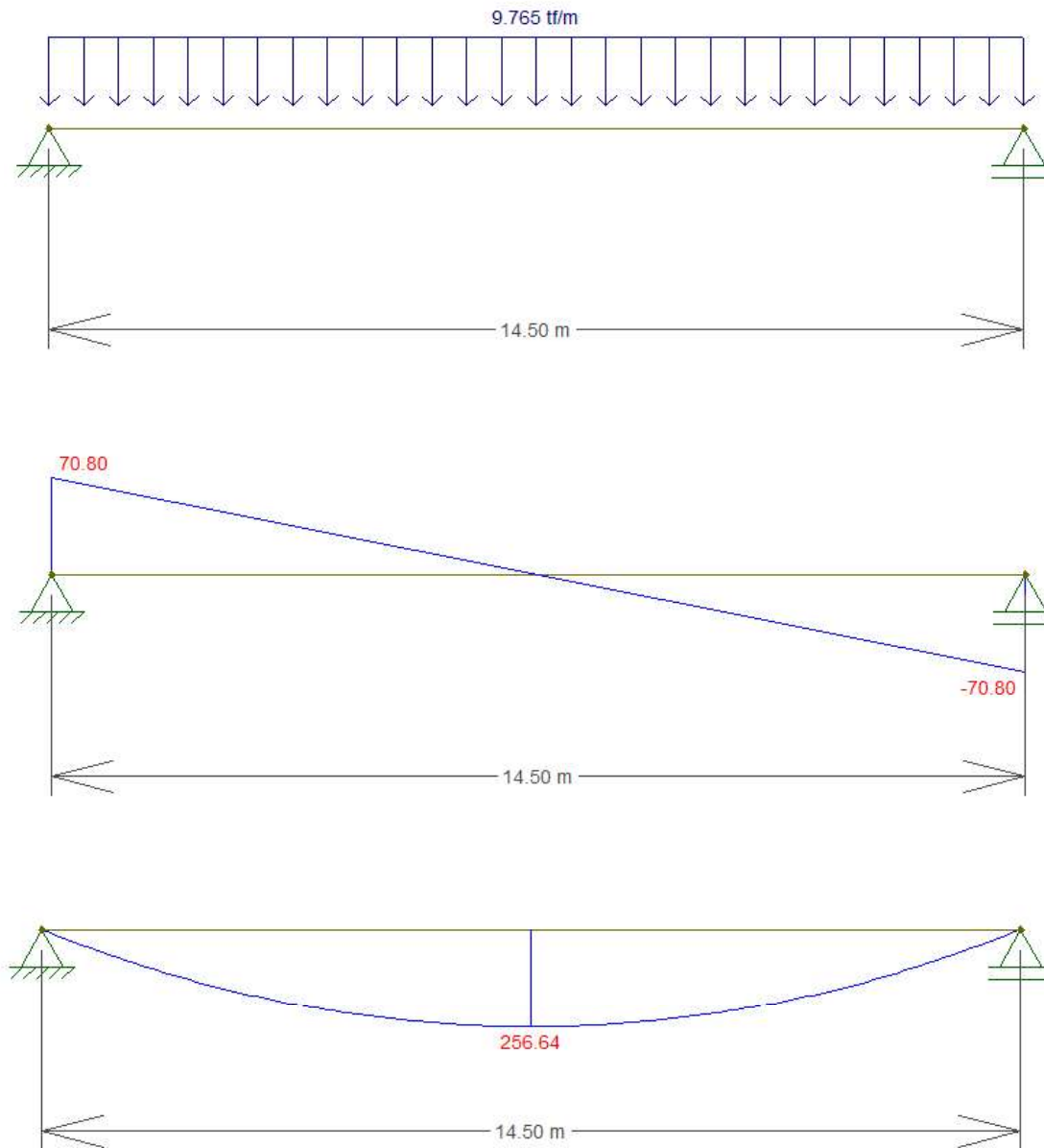
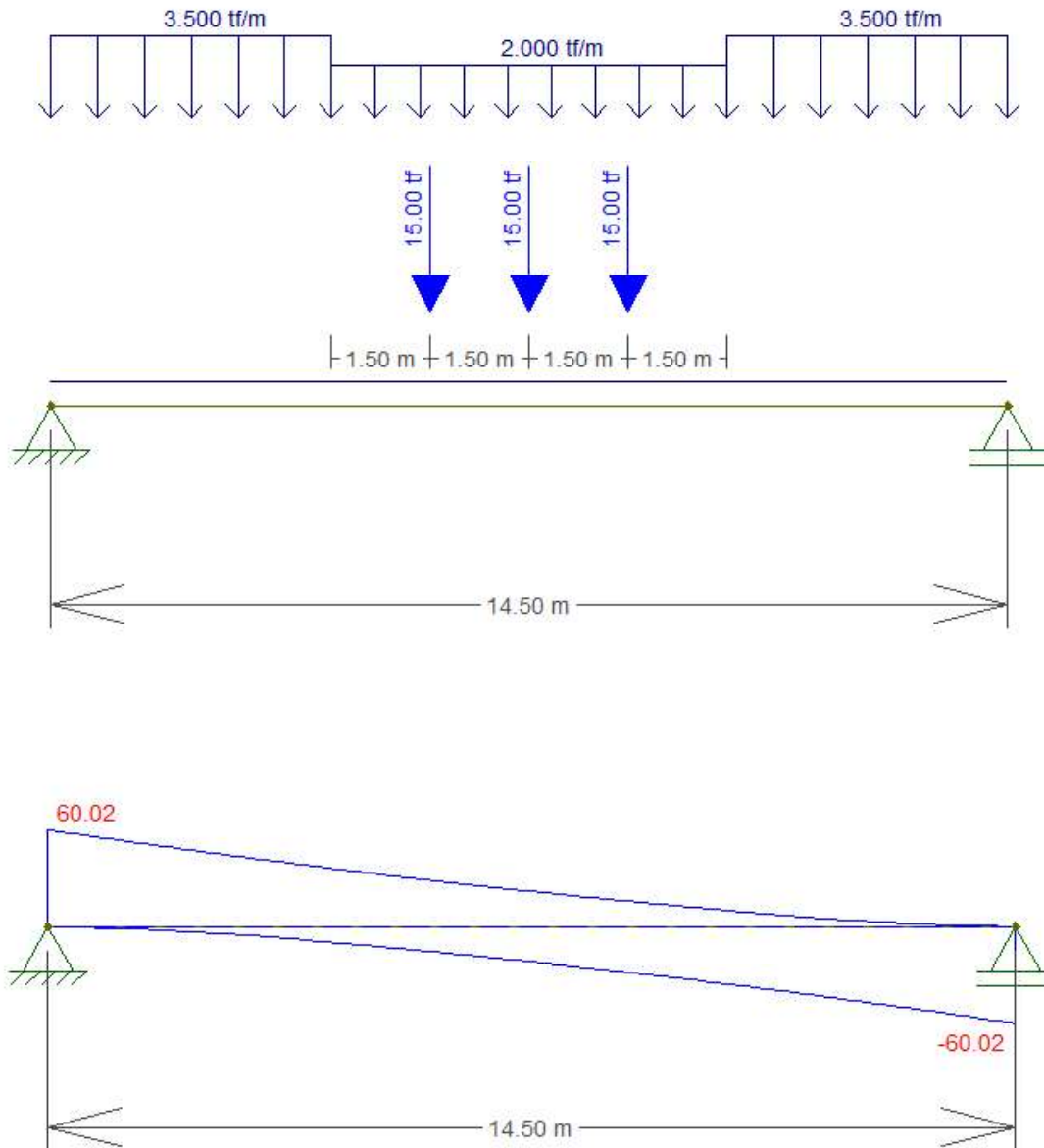
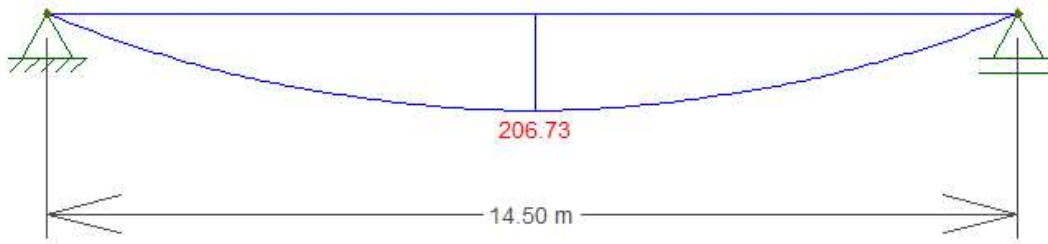


Figura 19 - Esforços devido ao trem-tipo





Através da sobreposição de esforços, podemos somar os esforços cortantes no apoio para os carregamentos permanentes e variáveis, sendo 70,8 tf e 60,02 tf respectivamente, totalizando 130,82 tf sem majoração. Considerando esta carga distribuída uniformemente em toda largura de 7,50m do tabuleiro, temos uma carga de 17,44 tf/m.

Para o peso próprio das alas, considerando peso específico do concreto armado de 2,5 tf/m<sup>3</sup> e uma área de 5,15 m<sup>2</sup> (conforme figura 12) temos um peso linear de 12,88 tf/m. A viga de cabeceira com seção de 30x68cm, tem peso linear de 0,510 tf/m. Assim a carga total equivalente por metro nas fundações será de 30,83 tf/m na parte central mais solicitada.

Conforme projeto estrutural, temos duas linhas de estacas em um espaçamento entre estacas de 90cm (três vezes o maior diâmetro), portanto para cada metro temos 2,22 estacas. Para obtermos o carregamento por estaca, utilizaremos a seguinte expressão:

$$N = \frac{30,83 \text{ tf/m}}{2,22 \text{ est/m}}$$

$$N = 13,89 \text{ tf/estaca}$$

## 8. DIMENSIONAMENTO

### 8.1 Dimensionamento das Alas de Contenção

Para o dimensionamento das alas de contenção, sabendo que o esforço preponderante se deve ao momento fletor causado pelo empuxo do solo + sobrecarga, utilizaremos também o software FlexCisTor, considerando que ela se comporta como uma laje em balanço com 90cm de espessura (largura da base).

**Figura 20 - Dimensionamento Alas de contenção**

```

Seção transversal:
    b= 100 h= 90 bf= 0 hf= 0 (d= 85.0 cm | Cn= 4.0 | ad= 1.000)
    Ac= 9000 cm2 | Ix= 6075000.00 cm4 | Ycg= 45.00 cm

Materiais:
    Concreto fck= 30 MPa | Ecs= 26838.41 MPa
    fct,m= 2.90 MPa | fctk,inf= 2.03 MPa
    Aço CA-50 (fyk e fywk= 500 MPa; fywd= 435 MPa)

>>> Flexão Simples
Mr: momento de fissuração= (1.5 * fctk,inf * Ix) / Ycg
Mr= 41.06 tf.m | Ms= 13.08 tf.m | Msd= 18.31 tf.m
x/d(calc)= 0.018 | x/d(limite)= 0.450
x_LN(calc)= 1.49 cm | x_LN(limite)= 38.25 cm
Domínio [2] | esd= 10.00% | ecd= 0.18%
As,min(Md,min)= 11.18 cm2 (Md,min= 40.67 tf.m)
As,min(fck)= 13.50 cm2 (= 0.150% * b * h)

As,t= 13.50 cm2: Ø6.3c/2 ou Ø8.0c/3 ou Ø10.0c/5 ou Ø12.5c/9 ou Ø16.0c/14
As,c= 0.00 cm2:
  
```

Observa-se na figura acima, que os esforços de momento fletor atuantes na ala não são suficientes para gerar armadura superior a mínima, e que portanto deve-se adotar a mínima. Para paredes de concreto, segundo a norma NBR 16055 podemos adotar uma taxa de armadura de 0,06%, desde que a

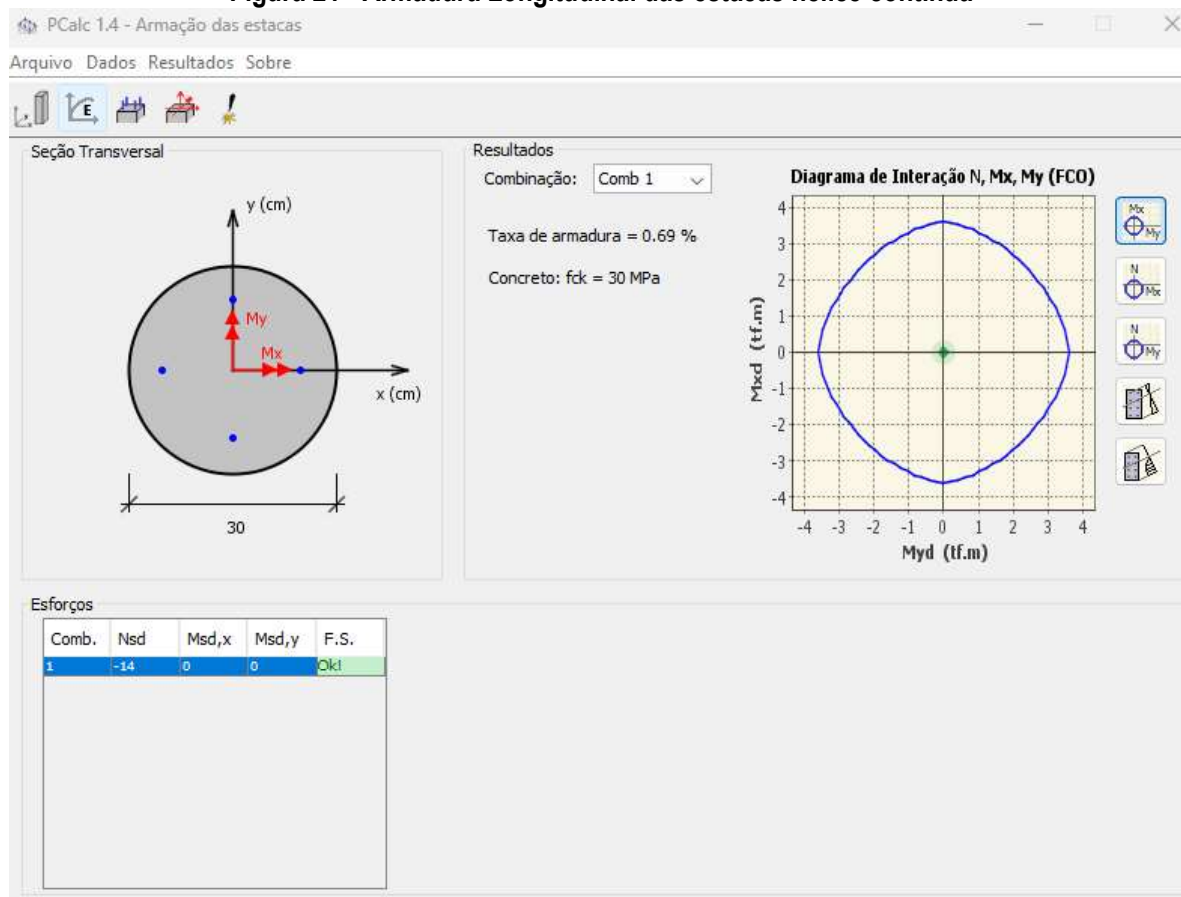
parede tenha espessura maior ou igual a 10cm. Portanto, considerando a menor seção (60cm) teremos uma taxa de 3,6 cm<sup>2</sup>/m, equivalente a Ø 12,5mm c/25 (espaçamento máximo).

## 8.2 Dimensionamento das Estacas

Para a verificação da profundidade das estacas, sabemos que pela prática de execução de fundações de pontes, geralmente atinge-se nas primeiras camadas de solo uma boa capacidade de carga dada pela resistência de ponta, pois o solos no entorno dos rios são menos profundos. Sendo assim adotaremos uma profundidade de escavação de 5m, suficiente para atingir essas camadas.

Para a resistência ao momento fletor utilizaremos o software PCalc. Conforme figura abaixo, para uma carga de 14 tf, com uma armação de 4 Ø 12,5mm temos uma seção resistente a 3,6 tf.m por estaca.

**Figura 21 - Armadura Longitudinal das estacas hélice contínua**



## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto e execução de obras de concreto: procedimento. 2023.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. 2022.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações. 2023.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7187**: Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto. 2021.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. 2024.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas: procedimento. 2003.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11682**: Estabilidade de encosta. 2009.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738**: Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2015.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 2018.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655**: Concreto de cimento portland: preparo, controle, recebimento e aceitação. 2022.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 19783**: Aparelhos de apoio de elastômero fretado: especificações e métodos de ensaio. 2015.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15577**: Agregados: reatividade álcali-agregado – parte 1: guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. 2018.

**9. ANEXO – PEÇAS GRÁFICAS**

Implantação da Ponte

Locação das estacas e projeto de fundações

Vista Inferior e Superior do Tabuleiro

Cortes, seções e detalhes da estrutura

Armaduras dos elementos da infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura