

OBRA: Píer Flutuante
LOCAL: Av. Beira Rio s/n – Santana do São Francisco/SE.
CLIENTE: FRDC Arquitetura e Urbanismo Ltda. / SEDURBS

MEMÓRIA DE CÁLCULO – R00

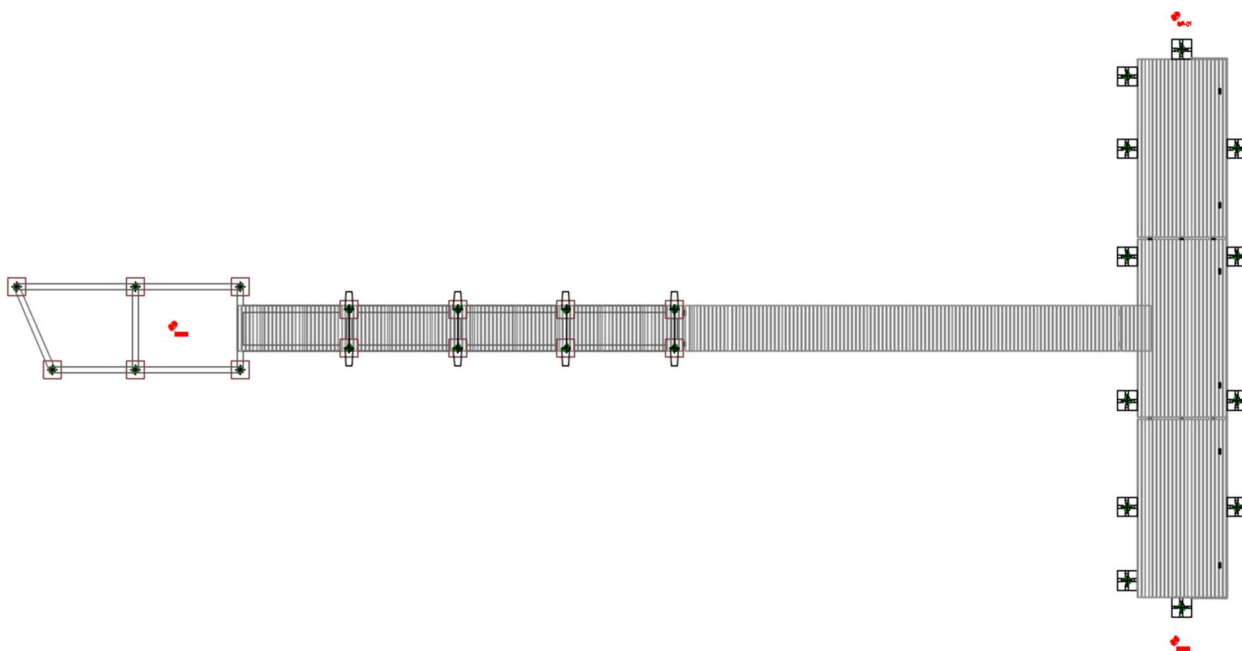
1. LEVANTAMENTO DAS CARGAS NAS ESTRUTURAS

O peso próprio da estrutura foi calculado conforme NBR 6120:1980, considerando os materiais especificados no Layout da estrutura disponibilizado pelo Cliente. Foram obtidos os seguintes valores:

- Peso da passarela fixa (15,0 m): 1.119,50 kg
- Peso da passarela móvel (15,0 m): 1.119,50 kg
- Sobrecarga vertical da passarela (conforme NBR 9782:1987): 5 kN/m²;
- Sobrecarga na plataforma flutuante (conforme NBR 9782:1987): 10 kN/m².

2. AÇÕES DE AMARRAÇÃO DE EMBARCAÇÕES

Foram calculadas as ações decorrentes de atracação e amarração de embarcações no píer flutuante, conforme NBR 9782:1987



Para o cálculo da energia de atracação e das forças de amarração, foi considerado o barco típico utilizado no cais, representado na figura a seguir:



Desse barco são estimados o comprimento de aproximadamente 22,0 m de comprimento, 6,0 m de altura, e altura de calado máximo (em carga) igual a 1,0 m. **Caso seja constatado que os valores admitidos para embarcação são divergentes aos previstos para atracação no píer esse memorial deve ser revisado.**

Uma vez que no projeto de layout da estrutura do píer não são contempladas a previsão de defensas marítimas para atracação, essas forças não são consideradas como atuantes no dimensionamento das estacas sob o píer flutuante.

2.1 Força devido ao vento:

De acordo com a NBR 9782:1987, o esforço devido ao vento sobre uma embarcação pode ser calculado pela expressão:

$$R = k \frac{V^2}{1600} (A_T \cos^2 \theta + A_L \sin^2 \theta)$$

Onde:

- R = Força devido ao vento em kN;
- V = Velocidade característica do vento em m/s;
- k = coeficiente de forma;
- A_T = área da seção transversal do navio acima do nível d'água em m²;
- A_L = área de seção longitudinal do navio acima do nível d'água em m²;
- θ = Ângulo formado pela direção do vento com o eixo longitudinal do navio, adotado 90° (pior situação).

De acordo com a norma NBR 6123, a velocidade característica do vento é calculada a partir da seguinte expressão:

$$V = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

Onde:

- V_0 = Velocidade básica do vento;
- S_1 = Fator topográfico;
- S_2 = Fator de rugosidade;
- S_3 = Fator probabilístico.

A velocidade básica do vento considerada foi de 30 m/s; $S_1 = 1$, pois o terreno é plano; $S_3 = 0,95$; e para o cálculo de S_2 foram consideradas que a embarcação se encontra na Categoria de Rugosidade I e na Classe de Edificação A.

$$S_2 = b F_r \left(\frac{z}{10} \right)^p$$

Com $F_r = 1$; $b = 1,10$ e $p = 0,06$. Assim:

$$S_2 = 1,10 \times 1,00 \left(\frac{6}{10} \right)^{0,06} = 1,07$$

A velocidade característica do vento é igual a:

$$V = 30 \times 1 \times 0,95 \times 1,07 = 30,50 \text{ m/s}$$

A força de amarração devido ao vento é igual a:

$$R_v = 1,2 \frac{30,50^2}{1600} (6 \times 22 \times 1) = 92,10 \text{ kN}$$

2.2 Força devido à corrente fluvial:

De acordo com a NBR 9782:1987, o esforço devido às correntes sobre uma embarcação pode ser calculado pela expressão:

$$R = 0,528 \times V^2 \times L \times D \times k$$

Onde:

- R = Valor do esforço na direção da corrente em kN;
- k = Coeficiente de forma;
- V = Velocidade da corrente em m/s;
- L = Comprimento do navio entre perpendiculares em m;
- D = Calado da embarcação em m.

Sendo o valor máximo corrente fluvial de acordo com levantamento hidrográfico (RT-PE3007-LH-RIO SÃO FRANCISCO_SSF-SE) o máximo foi aproximadamente 0,70 m/s. No entanto, o mínimo admitido pela NBR 9782 é de 1,0 m/s.

O valor de k é determinado a partir da Tabela a seguir.

θ (A) h/D	0°	20°	40°	60°	80°	90°
1,1	0,0	1,2	3,1	4,1	4,6	4,7
1,5	0,0	0,5	1,3	2,0	2,3	2,3
7,0	0,0	0,2	0,6	0,8	0,9	0,9

(A) Ângulo formado pela direção da corrente com o eixo longitudinal do navio

Admitindo-se um valor de lâmina de água mínima na região de atracação igual a $h = 1,75$ m, e o valor de calado da embarcação $D = 1,0$ m, tem-se através de interpolação linear, para o caso de corrente fluvial a 90° , um valor de aproximadamente $k = 2,24$.

Dessa forma:

$$R_f = 0,528 \times 1^2 \times 22 \times 1 \times 2,24 = 26,02 \text{ kN}$$

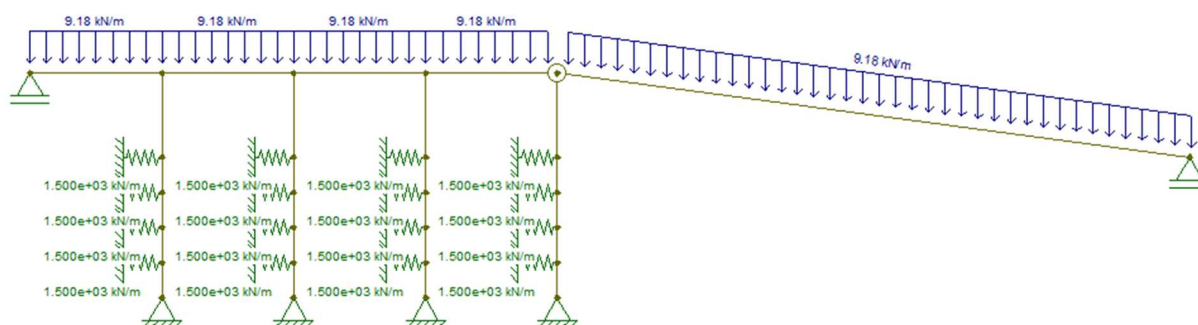
2.3 Esforço horizontal resultante:

$$R = R_v + R_f = 92,10 + 26,02 = 118,12 \text{ kN}$$

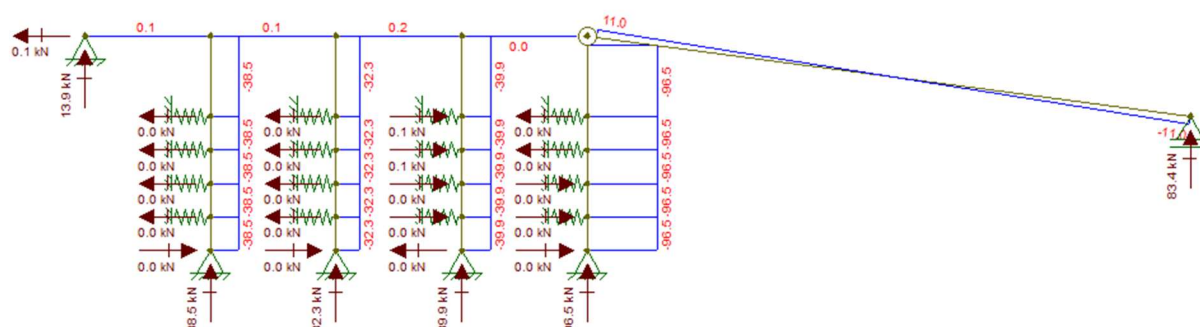
3. ESTACAS

3.1. Passarela fixa

Para determinação dos esforços nas estacas de apoio da passarela fixa, foi feita uma análise simplificada bidimensional no software FTool (modelo abaixo):



Esforços axiais nos elementos:



- Esforço axial máximo por estaca: **96,5 kN (9,7 tf)**;

A partir do dimensionamento geotécnico e estrutural, tem-se como alternativa de solução para as estacas de apoio da passarela fixa:

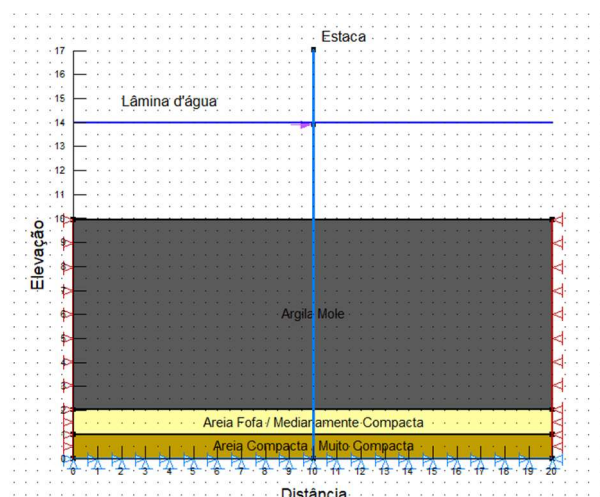
- Estacas mistas: Tubo metálico 10" (e=9,73 mm) preenchida com concreto;
- Comprimento estimado **em solo**: 4,0 a 10,0 m.

3.2. Píer flutuante

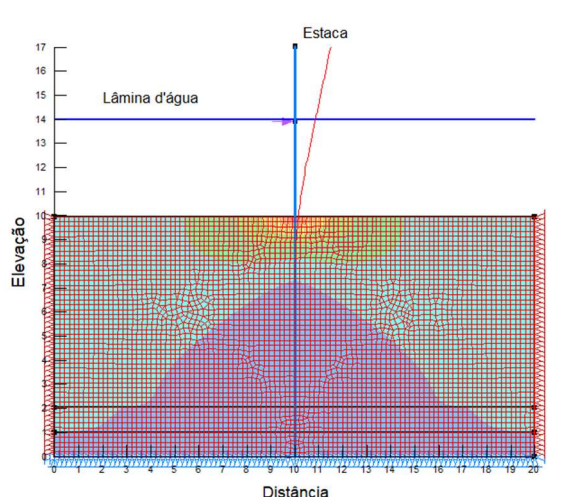
Para o dimensionamento das estacas-guia do píer flutuante, considerou-se que as 12 (doze) estacas previstas estejam conectadas ao píer, de modo que as ações de amarração e atracação sejam distribuídas para todas as estacas. Assim, o esforço máximo horizontal por estaca é igual a: **118,12/12 = 9,84 kN**;

Foi realizada uma análise tensão-deformação bidimensional para as estacas, considerando a ação horizontal, na posição do nível máximo normal da lâmina d'água, na ferramenta de elementos finitos SIGMA/W. O modelo está apresentado abaixo:

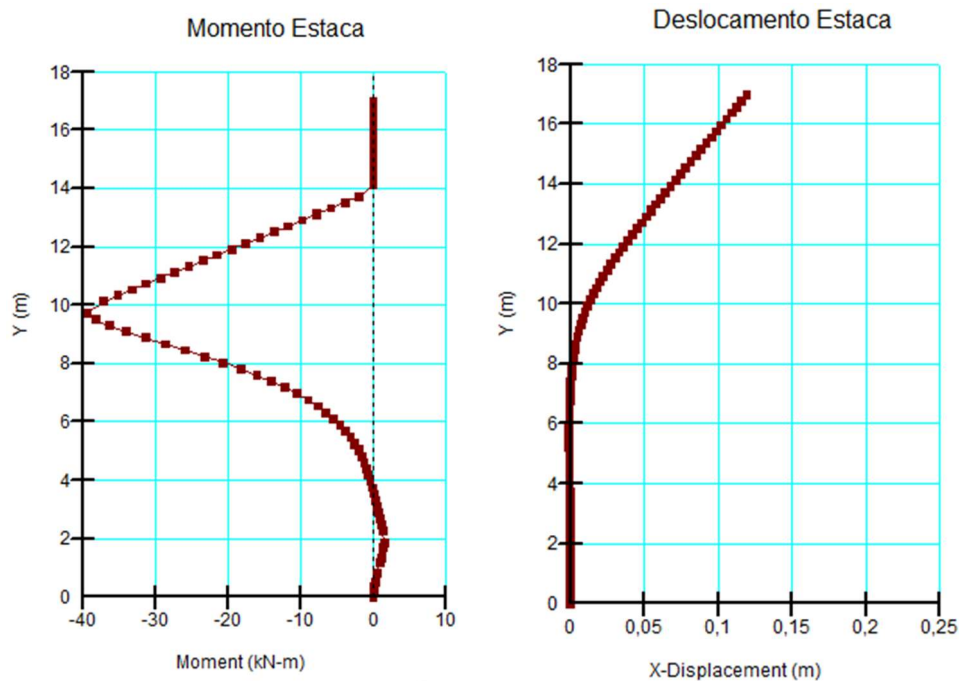
MODELO INICIAL



MODELO DEFORMADO



- Resultados:



Com o momento máximo na estaca (40,0 kN.m) e para esforço normal praticamente nulo, temos a partir do dimensionamento geotécnico e estrutural, conforme NBR 8800/2008, a seguinte alternativa de solução para as estacas-guia do píer flutuante:

- Estacas metálicas tipo tubo 10" e=9,73 mm;
- Comprimento estimado **em solo**: 5 a 10 m.


Demóstenes de A. Cavalcanti Jr
 Eng. Civil, MSc CREA/SE 4158/D


Carlos Rezende Cardoso Junior
 Eng. Civil, MSc CREA/SE 12217/D