

Código:

MC-BR0000277-344-0.350-2-6C4-C04-051

REV. **00** 

Emissão:

10/07/2015

Folha:

1/49



Resp. Técnico/Projetista: Marcelo Montans Zamarian - CREA PR 60.055/D Luiz Fernando Cirino Zocco – CREA PR 48.415/D

Resp. Técnico/Concessionária:

Lote:

03

Rodovia:

BR-277/PR

DE - DER:

Trecho:

GUARAPUAVA - km 344+000 a 350+200

Verificado - DER/PR:

Objeto:

Volume 3B.8 – Memorial de Cálculo Passarela 02

Aprovado - DER/PR:

ocumentos de Referência:	
ocumentos Resultantes:	

-				
7				$\cap$
	$\boldsymbol{\mathcal{L}}$		~	$\smile$
PROJ	ETOS	ESTI	UTU	RAIS

00	10/01/2015	Luiz Fernando Cirino Zocco				
Rev.	Data	Resp. Téc/Proj.	Resp. Téc/Conces.	DE - DER	Verificado - DER/PR	Aprovado - DER/PR

# GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER

# PROJETO EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO DA DUPLICAÇÃO DA BR-277 DO KM 344+000 AO KM 350+200 – TRECHO DE GUARAPUAVA

RODOVIA: BR-277/PR

TRECHO: km 344 (Guarapuava) ao km 731 (Foz do Iguaçu)

SUBTRECHO: km 344+000m ao km 350+200m (Trecho Guarapuava)

EXTENSÃO: 6,20 km

LOTE: 03

VOLUME 3B.8 MEMORIAL DE CÁLCULO PASSARELA 02

**JULHO/2015** 













# ÍNDICE

1.	MA	<b>\PA</b>	DE SITUAÇÃO	6
2.	ME	EMC	RIAL DE CÁLCULO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	8
2	.1	Int	rodução	9
	2.1	.1	Descrição da Estrutura	9
	2.1	.2	Bibliografia	9
	2.1	.3	Objetivo	10
	2.1	.4	Método Construtivo	10
	2.1	.5	Materiais	10
	2.1	.6	Modelo Estrutural	11
	2.1	.7	Geometria da Estrutura	11
	2.1	8.	Geometria dos Elementos	11
2	.2	Ca	rregamentos Considerados	13
	2.2	2.1	Cargas Permanentes	13
	2.2	2.2	Cargas Acidentais	13
	2.2	2.3	Cargas Horizontais	14
2	.3	Со	mbinações	14
2	.4	An	álise Estrutural	15
	2.4	1.1	Esforços Permanentes	
	2.4	1.2	Esforços Acidentais	17
2	.5	Es	forços Concomitantes – Estado Limite Ultimo	24
	2.5	5.1	Viga principal – Metálica	24
	2.5	5.2	Vigas rampa	26
	2.5	5.3	Pilares	27
	2.5	5.4	Vigas com balanço	33
	2.5	5.5	Lajes	34
2	.6	Dir	mensionamento	35
	2.6	5.1	Treliça metálica	35
	2.6	5.2	Vigas rampa	37
	2.6	5.3	Pilares	37
	2.6	6.4	Vigas em balanço	37
	2.6	6.5	Lajes	38
	2.6	6.6	Cálculo do Aparelho de apoio	38







2.6.7	Bloco de fundação	.39
	Verificação dos deslocamentos	
2.7 Dii	mensionamento da Fundação	42
2.7.1	Locação dos pontos de sondagem	.42
2.7.2	Ensaio – SPT 23	.43
2.7.3	Ensaio – SPT 24	.44
2.7.4	Dimensionamento das estacas	.45



# **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1- Mapa de Localização da Obra	7
Figura 2 – Foto Aérea do Local – Fonte: Google Maps	7
Figura 3 - Imagem renderizada da passarela	9
Figura 4 – Implantação da passarela	11
Figura 5 – Vista superior da passarela	12
Figura 6 – Seção transversal da passarela	12
Figura 7 – Seção longitudinal da passarela	12
Figura 8 - Elevação frontal	13
Figura 9 – Modelo analítico da passarela	15
Figura 10 – Peso próprio da passarela	16
Figura 11 – Revestimento de 5cm de espessura	16
Figura 12 – Carga acidental 01	17
Figura 13 – Carga acidental 02	17
Figura 14 – Carga acidental 03	18
Figura 15 – Carga acidental 04	18
Figura 16 – Carga acidental 05	19
Figura 17 - Gráfico figura 6 NBR 6123/1988	21
Figura 18 - Gráfico figura 8 NBR 6123/1988	21
Figura 19 – Vento 0º	22
Figura 20 – Vento 90º	22
Figura 21 – Vento 180º	23
Figura 22 – Vento 270º	23
Figura 23 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas principais	24
Figura 24 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas rampa	26
Figura 25 - Esforços solicitantes e a deformada dos pilares $(40x40cm^2)$	28
Figura 26 - Esforços solicitantes e a deformada dos pilares ( $40x60cm$	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 27 - Esforços solicitantes das vigas com balanço de ${f 150}cm$	33
Figura 28 - Treliça metálica	35
Figura 29 - Detalhe da ligação soldada	36
Figura 30 - Detalhe da ligação parafusada	36







Figura 31 - Verifica	ção do deslocame	ento da treliça	41
----------------------	------------------	-----------------	----



# 1. MAPA DE SITUAÇÃO

# 1. Mapa de Situação

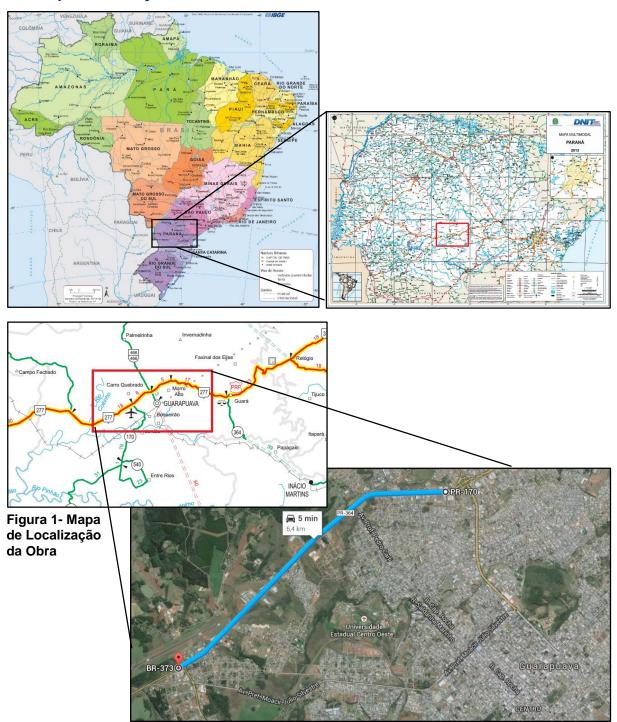


Figura 2 – Foto Aérea do Local – Fonte: Google Maps





Rodovia: BR-277/PR

Trecho: km 344 (Guarapuava) ao km 731

(Foz do Iguaçu)

**Subtrecho:** km 344+000 m ao km 352+000 m

**Segmento:** km 344+000 m ao km 350+200 m

Extensão: 6,20 km

# MAPA DE SITUAÇÃO



# 2. MEMORIAL DE CÁLCULO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

### 2. Memorial de cálculo de obras de arte especiais

### 2.1 Introdução

# 2.1.1 Descrição da Estrutura

Trata-se de uma estrutura pré-moldada, para uma passarela de pedestres, a ser construída na cidade de Guarapuava localizada no estado do Paraná, para facilitar a passagem de pedestres sobre a BR-277.

O sistema é composto por rampas de acesso em concreto protendido, patamares em concreto armado, pilares pré-moldados, e uma treliça metálica com vão de 24,94 metros para permitir a passagem de pedestres.

A fundação da obra é constituída de estacas tipo hélice continua monitorada de diâmetro de 30 cm.

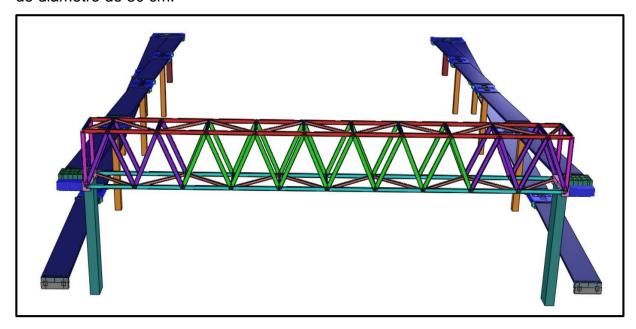


Figura 3 - Imagem renderizada da passarela



### 2.1.2 Bibliografia

Foram obedecidas as normas técnicas da ABNT em vigor:

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

NBR 6122 – Projeto e execução de Fundações;

NBR 6123 – Forças devido ao vento nas edificações;

NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre;

NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;

NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos;

NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas e aço e concreto de edifícios.

### 2.1.3 Objetivo

Este memorial tem como objetivo apresentar os resultados técnicos obtidos na elaboração do projeto da Passarela da BR-277, assim como as considerações feitas em seu dimensionamento.

### 2.1.4 Método Construtivo

Foi considerado que a estrutura da passarela será do tipo pré-moldada. Para a montagem das peças, deve-se começar pela execução das estacas tipo hélice continua monitorada diâmetro de 30 cm de profundidade variada, onde em seguida serão executados os blocos de fundação, para que em seguida poça ser dada continuidade na montagem dos pilares, vigas rampas e treliça metálica.

### 2.1.5 Materiais

Concreto estrutural  $\geq 30 MPa$ 

Groute  $\geq 25 MPa$ 

Fator água/cimento  $\leq 0.50$ 

Aço CA-50:  $f_{vk} \ge 500 \, MPa$ 



Aço CA-60:  $f_{yk} \ge 600 \, MPa$ 

Aço CP-190RB 12,7 mm

Aço ASTM A36 -  $f_y \geq$  **250** MPa ;  $f_u \geq$  **400** MPa

Parafuso ASTM A325 -  $f_y \ge 560~MPa$ ;  $f_u \ge 725~MPa$ 

Metal solda -  $f_w \ge 485 MPa$ 

### 2.1.6 Modelo Estrutural

A modelagem e o processamento da estrutura foram realizados com o auxílio o *software* STRAP 2010.

### 2.1.7 Geometria da Estrutura

Seguem desenhos mostrando a geometria da passarela.

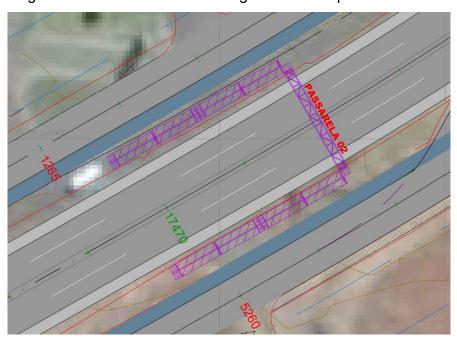


Figura 4 – Implantação da passarela

### 2.1.8 Geometria dos Elementos

Seguem desenhos mostrando a geometria dos elementos que compõem a estrutura:

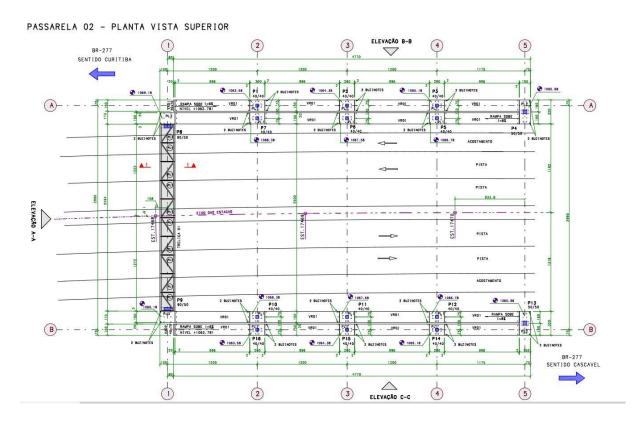


Figura 5 – Vista superior da passarela

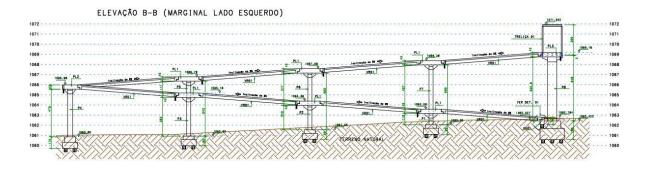


Figura 6 - Seção transversal da passarela



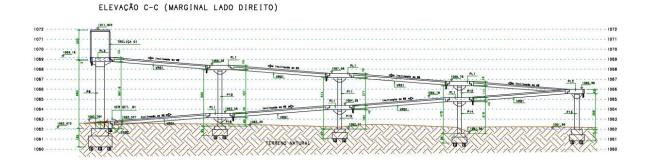


Figura 7 - Seção longitudinal da passarela

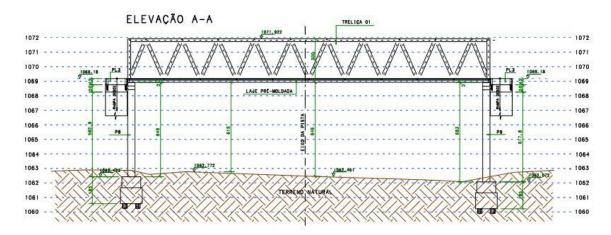


Figura 8 - Elevação frontal

### 2.2 Carregamentos Considerados

# 2.2.1 Cargas Permanentes

Segundo a norma NBR 6120/1980 – Cargas para o cálculo das estruturas de edificações, esse carregamento é constituído pelo peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes junto com o peso próprio dos elementos que compõem a estrutura.

O peso próprio da estrutura é considerado pelo próprio programa de análise estrutural utilizado, adotando-se peso específico do concreto  $2,50tf/m^3$ . Além do peso próprio da estrutura, foram adicionadas as cargas do guarda corpo (padrão DNIT) e do revestimento, com espessura de 5cm.

### 2.2.2 Cargas Acidentais



De acordo com a norma NBR 6120/1980, carga acidental é toda aquela que pode atuar sobre a estrutura em função de seu uso.

Neste presente caso foi utilizada a norma NBR7188/1982 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Tratando-se de uma obra em que ocorrerá trafego contínuo de pedestres sobre a mesma, foi adotada a carga de multidão de  $5kN/m^2$  ( $500kgf/m^2$ ), sem o coeficiente de impacto.

### 2.2.3 Cargas Horizontais

Como carga horizontal agindo sobre a passarela foi considerada a ação do vento. Seguindo como referência para a análise e cálculos a NBR 6123/1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

### 2.3 Combinações

As combinações foram feitas no próprio *software* STRAP, que se encarrega de verificar as piores situações e fornece como resultado a envoltória dos carregamentos.

	Peso próprio	Sobre Carga Permanente	Corrimão e Tela	Acid. 01	Acid.02	Vento 0	Vento 180	Vento 270	Acid. 03	Acid.04	Acid.05	Vento 90
Peso próprio +Permanente	1,3	1,4	1,4									
Peso próprio +Permanente+Acid.01	1,3	1,4	1,4	1,4								
Peso próprio +Permanente+Acid.02	1,3	1,4	1,4		1,4							
Peso próprio +Permanente+Acid.01+Acid.02	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4							
Peso próprio +Permanente+Vento 0	1,3	1,4	1,4			1,2						
Peso próprio +Permanente+Vento 180	1,3	1,4	1,4				1,2					
Peso próprio +Permanente+Vento 90	1,3	1,4	1,4									1,2
Peso próprio +Permanente+Vento 270	1,3	1,4	1,4					1,2				
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 0	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	0,72						
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 180	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4		0,72					
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 90	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4							0,72
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 270	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4			0,72				
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 0 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84	1,2						
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 180 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84		1,2					
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 90 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84							1,2
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 270 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84			1,2				
ELS = Peso próprio + Permanente + Acid.	1	1	1	1	1	1						
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 0	1	1	1	0,7	0,7							
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 90	1	1	1	0,7	0,7		1					1
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 180	1	1	1	0,7	0,7			1				
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 270	1	1	1	0,7	0,7				1,4			
Peso próprio + Permanente + Acid. 03	1,3	1,4	1,4							1,4		
Peso próprio + Permanente + Acid. 04	1,3	1,4	1,4									
Peso próprio + Permanente + Acid. 05	1,3	1,4	1,4								1,4	
Peso próprio + Permanente + Acid. 06	1,3	1,4	1,4									

Para determinar as combinações foi usada a NBR 8681/2003, item 5.1.3.1 Combinações últimas especiais ou de construção.





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

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.

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

 $F_d$ : Valor de cálculo da ação.

As combinações representadas com a sigla ELS (Estado Limite de Serviço), foram usadas para verificação das deformações, enquanto que, as combinações com a sigla ELU (Estado Limite Último) foram usadas no dimensionamento das peças estruturais.

### 2.4 Análise Estrutural

A análise estrutural foi desenvolvida mediante o uso do software STRAP 2010 devido a sua capacidade de modelar estruturas em três dimensões. Esta ferramenta é capaz de analisar estruturas das mais variadas formas e graus de complexidade, simulando os carregamentos e seus respectivos efeitos.

Sua análise estrutural abrange os conceitos e procedimentos matemáticos, o que permite determinar deformações, deslocamentos e os esforços internos solicitantes para o auxílio do dimensionamento das peças que compõe a estrutura e seu detalhamento.

O modelo desenvolvido simula a montagem da estrutura. Essa análise possibilita observar as solicitações que a estrutura fica sujeita a cada etapa de montagem até a sua consolidação total.

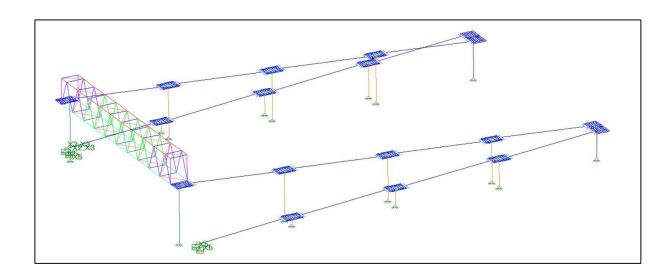


Figura 9 - Modelo analítico da passarela

# 2.4.1 Esforços Permanentes

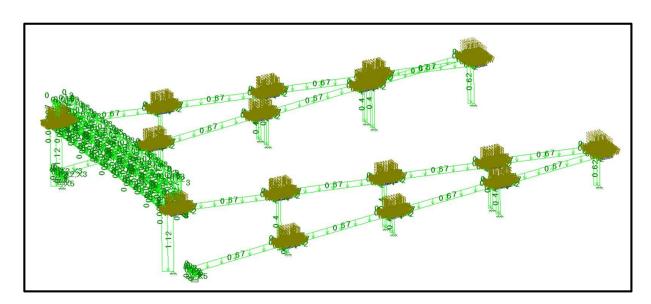


Figura 10 – Peso próprio da passarela

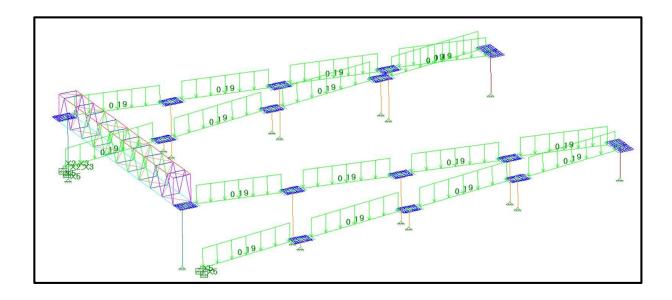


Figura 11 - Revestimento de 5cm de espessura

# 2.4.2 Esforços Acidentais

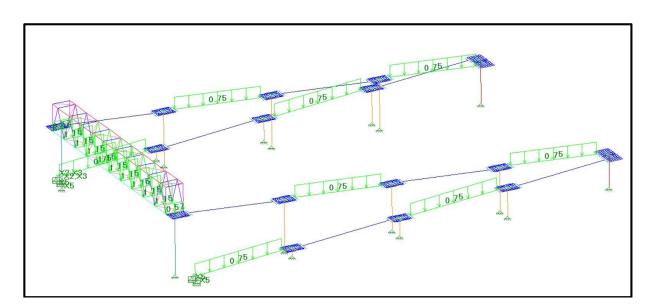


Figura 12 - Carga acidental 01

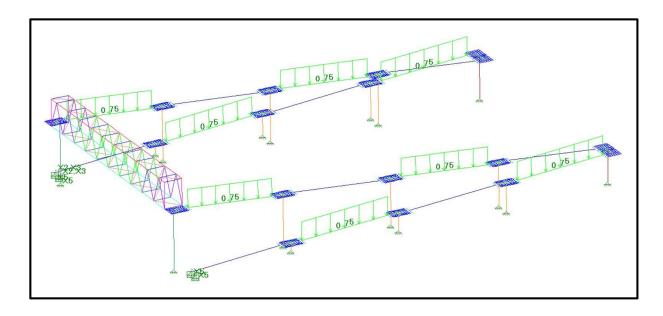


Figura 13 - Carga acidental 02

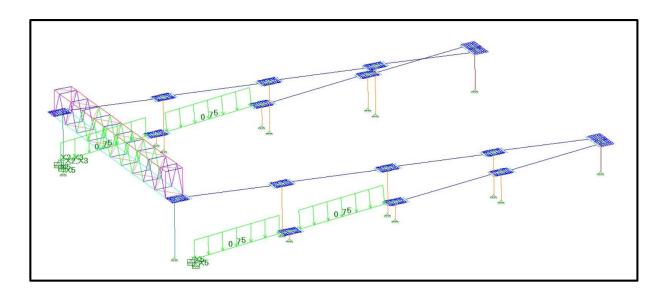


Figura 14 - Carga acidental 03

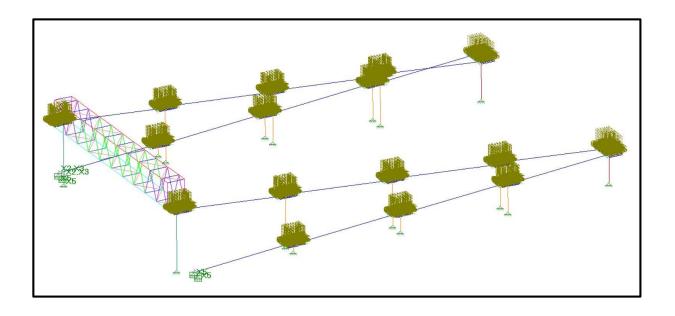


Figura 15 - Carga acidental 04

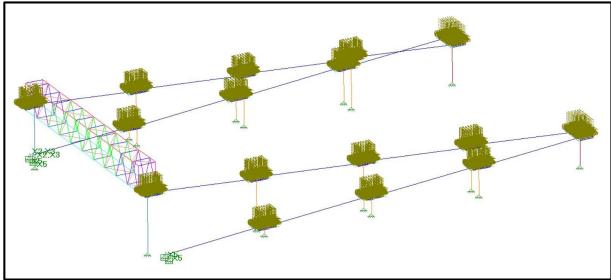


Figura 16 - Carga acidental 05

Para o cálculo da ação do vento foi utilizado os seguintes fatores para classificar o carregamento decorrente da ação do vento. Para a estrutura prémoldada os cálculos foram elaborados de acordo com os a tabela 12 do item 7.2 da NBR 6123. Para o carregamento na treliça fez se uso do item 7.6 da NBR 6123 onde se verifica a ação do vento em reticulados em planos múltiplos.

Considerações para calculo do vento:

Velocidade básica do vento

 $V_0 = 42 \, m/s$ 





Fatores de consideração:

Fator topográfico  $S_1 = 1.0$ 

Fator de rugosidade do terreno: Categoria II

Altura do terreno: Z = 8,20m

Classe A

$$S_2 = 0.98$$

Fator estátistico

$$S_3 = 1.10$$

Cálculo do vento caracterísitico

$$V_k = 42 \times 1 \times 0.98 \times 1.1 = 45.3 \ m/s$$

$$q = 0.613 \times V_k^2 = 0.613 \times 45.3 = 1.257.93 \frac{N}{m^2}$$

$$q = 126,3 \frac{kgf}{m^2}$$

Calculo do coeficiente de arrasto de acordo com a tabela 12 da NBR 6123.

$$C_x = +2.0$$

$$C_{v} = +2.0$$

	Análise de vento									
Pilar	x (cm)	y (cm)	q (tf/m²)	K	Сх	Су	Fx (tf/m)	Fy (tf/m)		
P1	40	40	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,10		
P2	50	50	0,126	1	2,00	2,00	0,13	0,13		
Р3	40	60	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,15		
P4	40	60	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,15		
P5	40	40	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,10		
Р6	50	90	0,126	1	2,00	2,00	0,13	0,23		
P7	50	90	0,126	1	2,00	2,00	0,13	0,23		
P8	40	60	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,15		
P9	40	40	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,10		
P10	40	60	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,15		
P11	50	50	0,126	1	2,00	2,00	0,13	0,13		
P12	40	40	0,126	1	2,00	2,00	0,10	0,10		





Calculo de reticulados em planos multiplos

$$C_{an} = C_{a1}[1 + (n-1)n]$$

 $C_{a1}$ = coeficiente de arrasto de um reticulado isolado, determinado de acordo com o item 7.5 da NBR 6123.

Força de arrasto do conjunto de n reticulados é dado por:

$$F_{an} = C_{an} \times q \times A_e$$

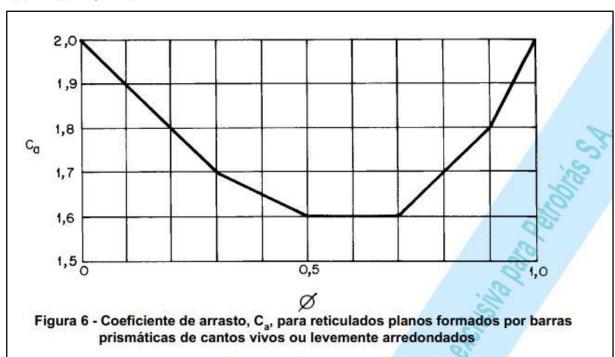
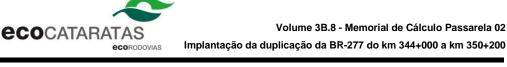


Figura 17 - Gráfico figura 6 NBR 6123/1988



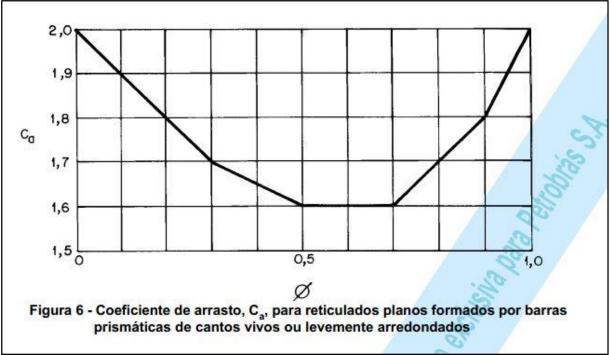


Figura 18 - Gráfico figura 8 NBR 6123/1988

De acordo com os graficos apresentados chegou se ao seguinte valor de coeficiente de arrasto  $C_{an}$ .

 $C_{a1}$ =1,88 para treliça isolada e  $C_{a1}$  = 3,76 para treliça de planos multiplos.

Força para treliça isolada

$$F_a = 1.88 \times 0.1263 \times 0.2 = 0.048 \, tf/m$$

Força para treliça multipla

$$F_a = 3.76 \times 0.1263 \times 0.2 = 0.095 \ tf/m$$

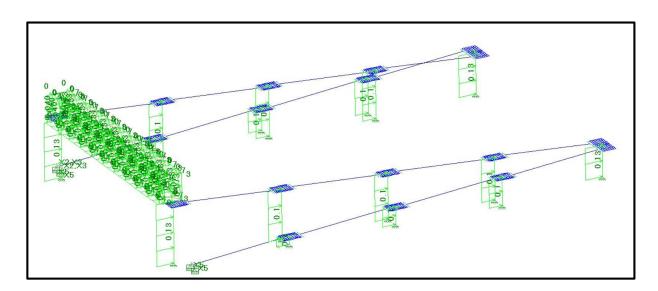


Figura 19 - Vento 0º



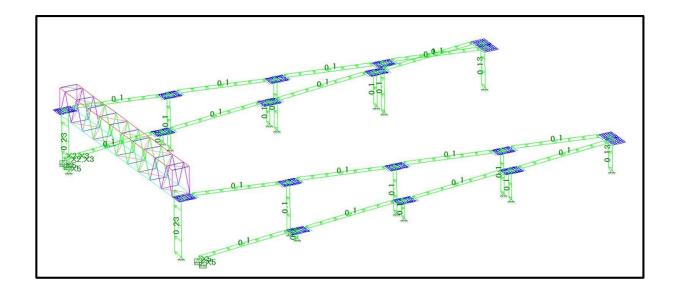


Figura 20 - Vento 90º

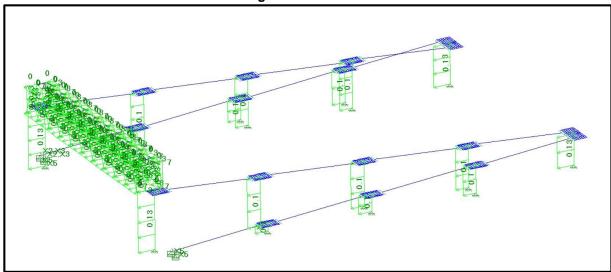


Figura 21 – Vento 180º

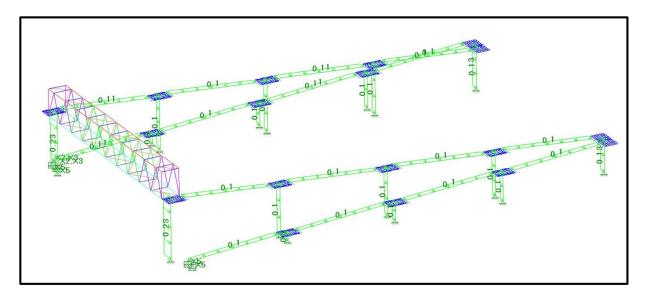
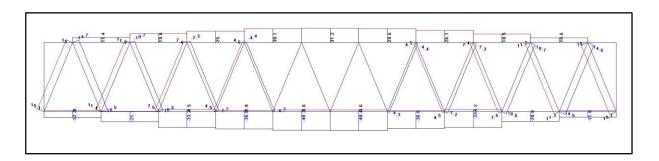


Figura 22 - Vento 270º

# 2.5 Esforços Concomitantes – Estado Limite Ultimo

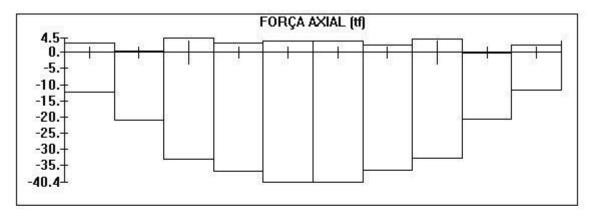
De acordo com as envoltórias mínimas e máximas do modelo descrito foram encontrados os seguintes esforços para os elementos da passarela.

# 2.5.1 Viga principal - Metálica





# 2.5.1.1 Banzo Inferior



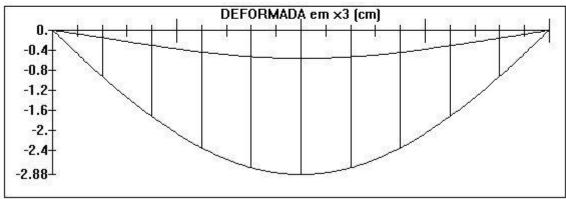
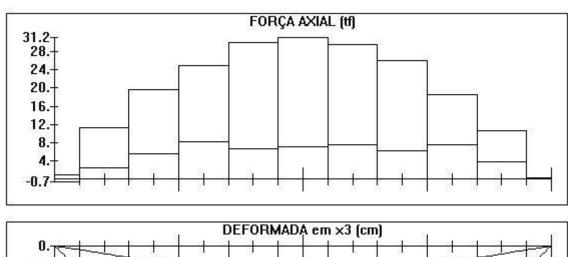
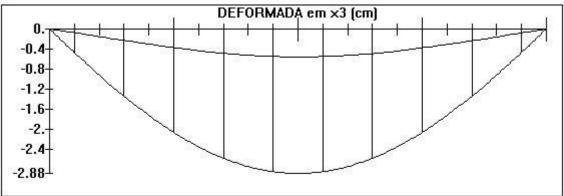


Figura 23 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas principais

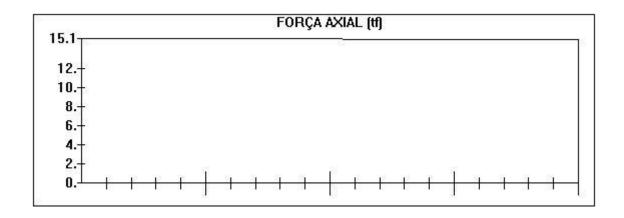
# 2.5.1.2 Banzo Superior







# 2.5.1.3 Diagonal



# 2.5.2 Vigas rampa

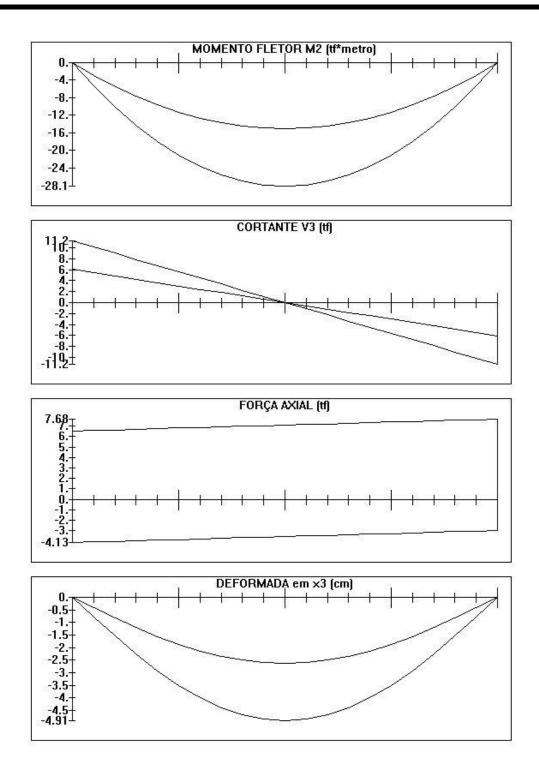
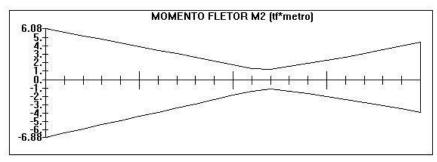


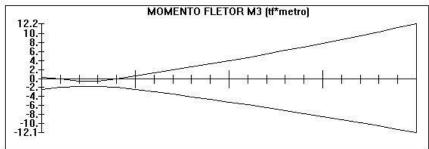
Figura 24 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas rampa

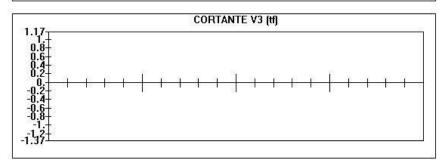
### 2.5.3 Pilares

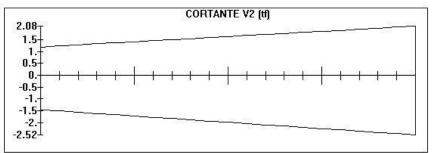


# Seção $40cm \ x \ 40cm$









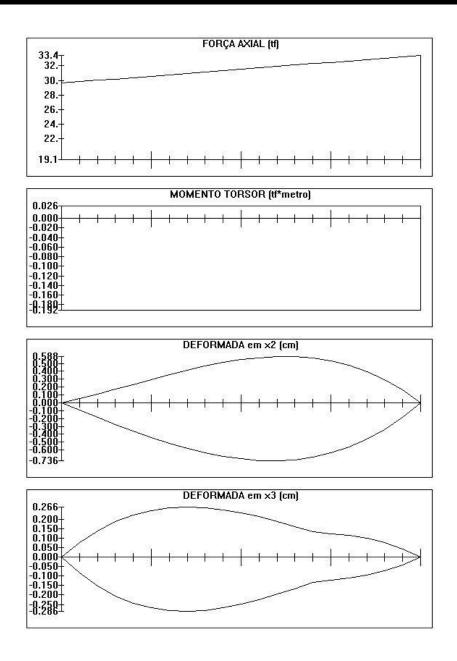
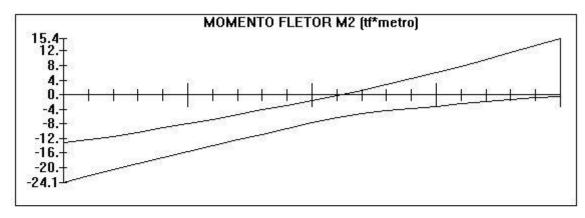
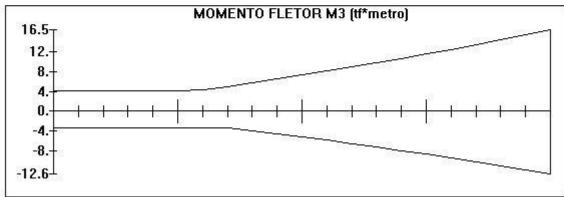
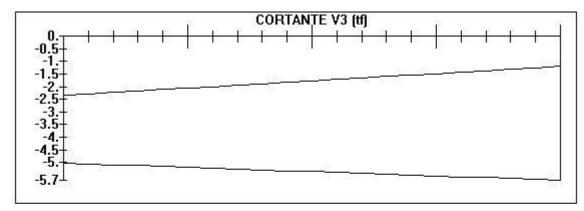
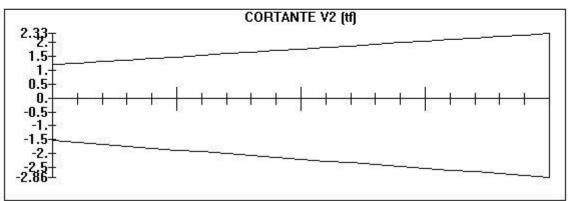


Figura 25 - Esforços solicitantes e a deformada dos pilares  $(40x40cm^2)$ 

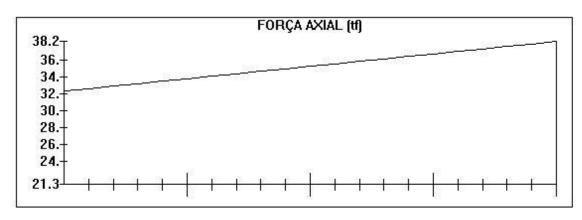


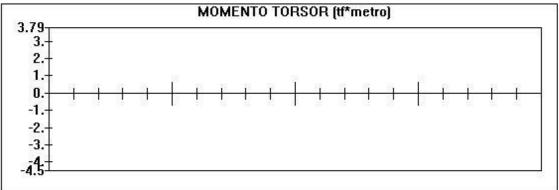


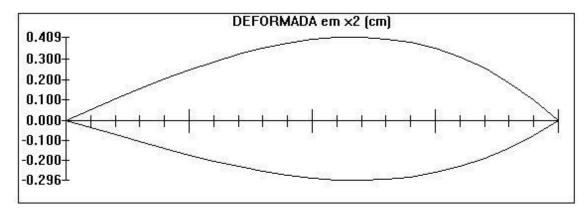


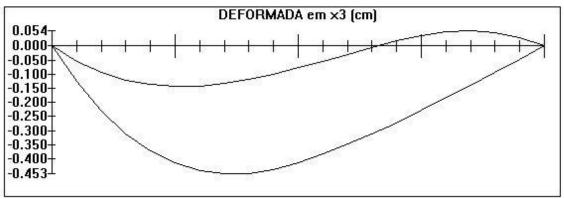


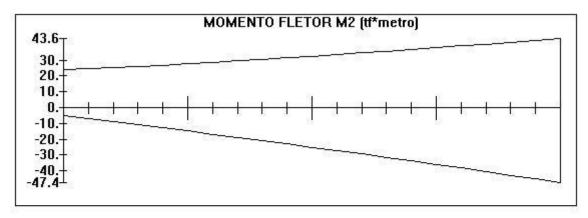


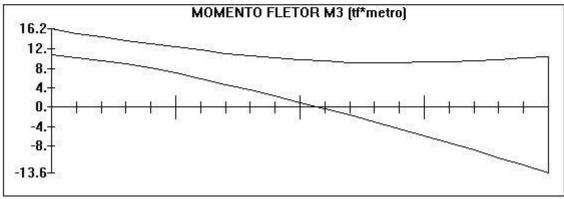


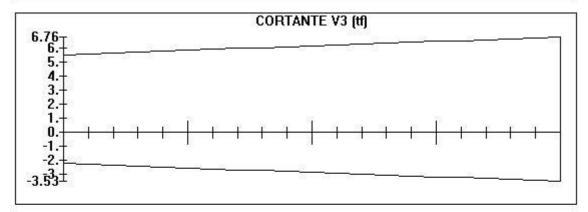


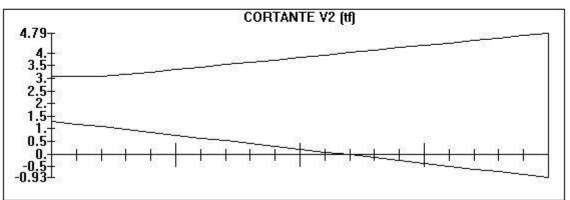




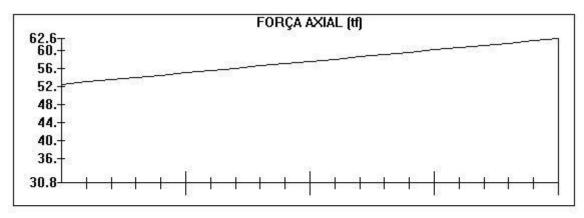


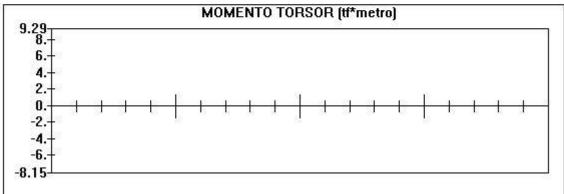


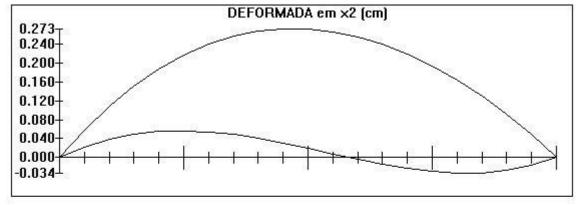


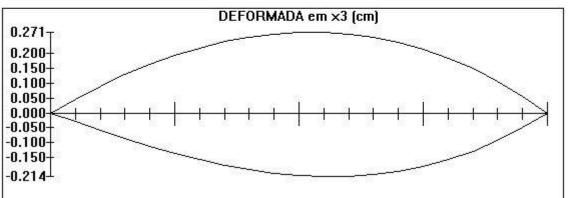






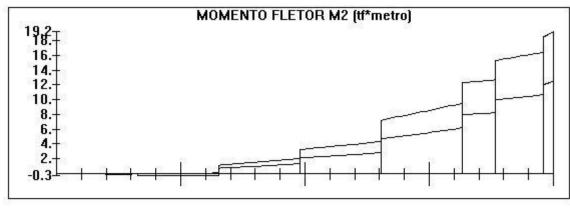


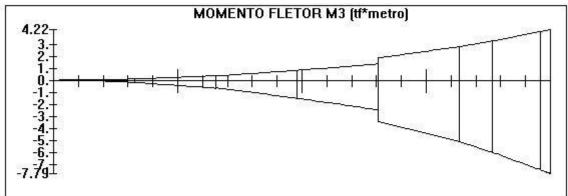


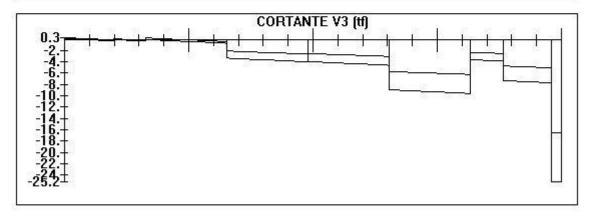




# 2.5.4 Vigas com balanço







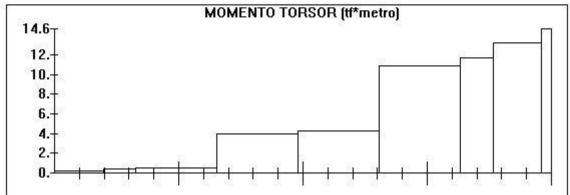


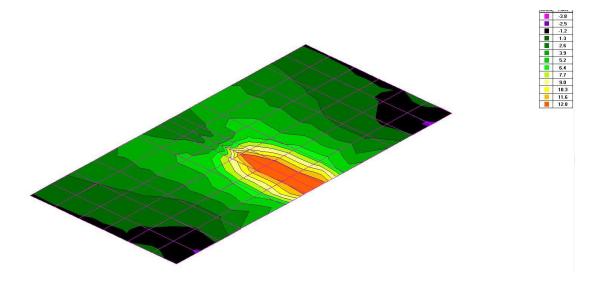
Figura 26 - Esforços solicitantes das vigas com balanço de 150cm



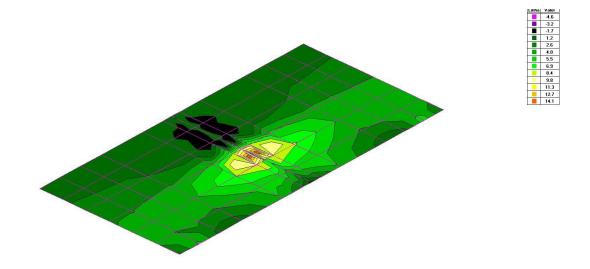
# 2.5.5 Lajes

Envoltória de combinações máximas.

Momentos na direção x



Momentos na direção y





### 2.6 Dimensionamento

# 2.6.1 Treliça metálica

A treliça metálica foi dimensionada de acordo com a NBR 8800/2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas e aço e concreto de edifícios.

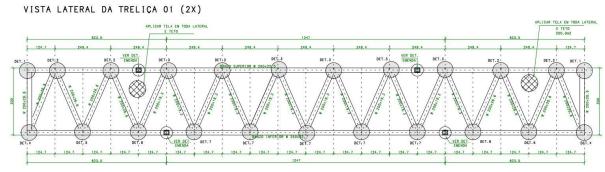


Figura 27 - Treliça metálica

**Banzo Superior** 

W200 x 22,5

Banzo Inferior

 $W250 \times 32,7$ 

Diagonal

W200 x 19,3 – região central

 $W200 \times 26,0$  – próximo ao apoio

Perfil de travamento superior

W150 x 13,0

Perfil de travamento inferior

 $W150 \times 13,0$ 

Cordão de solda

Solda filete E70XX de 1 cm em todo o contorno do perfil

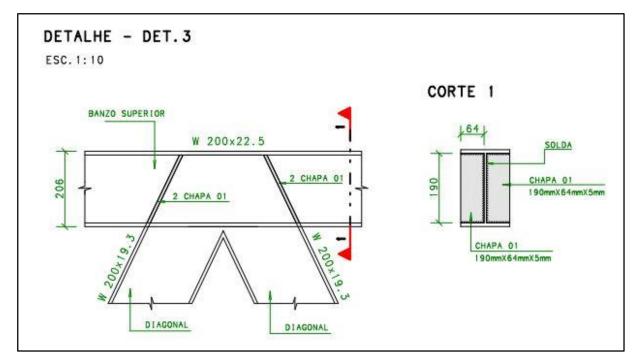


Figura 28 - Detalhe da ligação soldada

# Detalhe de ligação parafusada

Parafusos de alta	resistência (rosc	a no plano de cor	te)						
fu (kN/cm2)	diâm. (cm)	Td (kN)	Vd (kN)	Ag (cm2)	φν.Rnv	φt.Rnt	T+V		
72,50	1,900	0,00	40,00	2,84	56,12	115,63	64,64		
Pressão de conta	to no furo - furo p	adrâo						φ.Rn	φRn
fu ch. (kN/cm2)	t ch. (cm)	diâm. (cm)	Vd (kN)	d furo-borda (cm)	d furo-furo (cm)	α furo-borda	α furo-furo	furo-borda	furo-furo
40.00	0.90	1.900	40.00	4.00	6.60	2.11	2.97	108.00	152

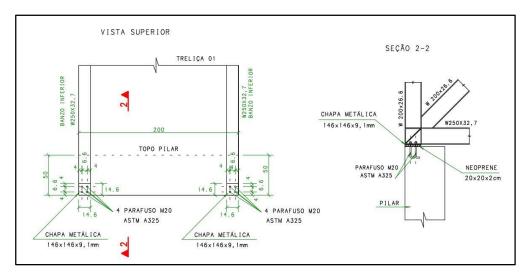


Figura 29 - Detalhe da ligação parafusada





### 2.6.2 Vigas rampa

Amadura passiva (Inferior)

4 ø 12,5 mm

Estribos 2 Ramos ø 8 c/15cm.

Armadura Ativa

CP 190 RB 12,7 mm

### 2.6.3 Pilares

Pilar	Armadura longitudinal	Armadura tranversal	As (long.)	As (trans.)
Pilai	(cm²)	(cm²)	adotado	adotado
P1	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P2	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
Р3	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P4	24,132	4,16	12ø16	ø6,3c/15
P5	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P6	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P7	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P8	37,68	4,16	12ø20	ø6,3c/15
P9	37,68	4,16	12ø20	ø6,3c/15
P10	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P11	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P12	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P13	24,132	4,16	12ø16	ø6,3c/15
P14	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P15	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15
P16	16,088	4,16	8ø16	ø6,3c/15

# 2.6.4 Vigas em balanço

# Seção 40x60

 $f_{ck} = 25MPa;$ 

d' = 3.5cm;

 $A_{s,calc} = 13,84 \ cm^2 - Longitudinal$ 

Utilizado 5 ø 20mm → ok

Calculo do estribo

 $A_{sw} = 7,60 \ cm^2/m$ 

Utilizado – 2 Ramos de ø 8,0 mm c/10 cm → ok





# Seção 90x50

$$f_{ck} = 25MPa;$$

$$d' = 3.5cm$$
;

$$A_{s,calc} = 12,58 cm^2 - Longitudinal$$

Utilizado 5 ø 20mm → ok

Calculo do estribo

$$A_{sw} = 10,60 \ cm^2/m$$

Utilizado – 2 Ramos de ø 8,0 mm c/10 cm → ok

### 2.6.5 **Lajes**

### **Armadura Positiva**

$$h = 43cm;$$

$$f_{ck} = 25MPa;$$

$$d' = 3.5cm;$$

Armadura mínima:

$$A_{s min} = 6.45 cm^2/m$$

Armadura calculada:

$$M_d = \frac{14.6}{1.4} = 11,00tfm/m$$

$$A_{s,calc} = 10,00 \text{ cm}^2/m$$

Armadura adotada Ø 12,5 c/10cm.

Fissuras:

$$\omega_2 = 0.228mm < \omega_{lim} = 0.3mm$$

# 2.6.6 Cálculo do Aparelho de apoio

Tensão de compressão sobre o aparelho de apoio:

$$\sigma_c = \frac{10000}{20x20} = 25 \ kgf/cm^2$$

Fator de forma, considerando espessura  $t_i = 1 cm$ 





$$S = \frac{ab}{2t_e(a+b)} = \frac{20 \times 20}{2 \times 1.8 \times 2.0 \times (20+20)} = 1.38$$

Módulo de elasticidade transversal para Dureza Shore A

$$G = 10 \, kgf/cm^2$$

Verificação

$$\sigma_c \le 2GS \rightarrow \sigma_c \le 2x10x1,38 \rightarrow \sigma_c \le 27,6 \, kgf/cm^2 \rightarrow \text{OK}$$

е

$$\sigma_c \le 5G \rightarrow \sigma_c \le 5x10 \rightarrow \sigma_c \le 50,0 \ kgf/cm^2 \rightarrow \text{OK}$$

# 2.6.7 Bloco de fundação

Fck= 300.00 kgf/cm2 Armad. Princ.: CA50A Recobrimento = 3.00 cm

BLOCO: B1=B2=B3=B5=B6=B7=B10=B11=B12=B14=B15=B16

El	1 210 210
TOTAL DE CARREGAMENTOS = 4 /	CARREGAMENTOS PRINCIPAIS:
	Fxk[tf]  Fyk[tf] Mx*[tf.m] My*[tf.m]
1(Dim)  27.18  -9.97  10.14    4(Rmin)  27.18  -9.97  10.14	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Dimensionam.	TensLimP= 405.0   dmin = 49.5   TensPil = 394.6   dmax = 70.7     d = 51.3
ARMADURAS [cm2,cm]   Peso Próprio:	3.4 tf (x1)
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	rin.Y: 10.6 = 10 {12.5 C/ 15.0   susp.Y: 3.2 = 12 { 6.3 C/ 12.5

BLOCO: B4=B13

CARREGAMENTO												
Caso			l İ	Mx [tf	.m]	   My	[tf.m]					
1 (Dim   4 (Rmin	,		28.49		-15.19 -15.19		12.70 12.70					
GEOMETRIA [cm   Estacas= 4   DisX= 90.0   Xb1 = 150.0	fi = 30 DisY= 90	.0   FN=	28.5		405.0	dmin   dmax	= 46.0					
Alt = 60.0   Xpil= 50.0   Formas:		.0   FE=				Angulo	48.1					



ARMADURAS [cm2,cm]	 	Peso Próprio	3.4 tf (x1)	· 						
Prin.X: 11.5 = 1   Susp.X: 3.4 = 1   Laterl: 1.7 =	10 {12.5 12 { 6.3 4 { 8.0	C/ 15.0 C/ 12.5 C/ 15.0		0 {12.5 C/ 15.0 2 { 6.3 C/ 12.5						
BLOCO: 5 - B5				Retang. ( 1x)						
		CARRE	GAMENTO							
Caso	•	N [tf]	Mx [tf.m]	   My [tf.m]						
1 (Dim )   4 (Rmin)		24.98	•	4.69 4.69						
GEOMETRIA[cm, m3]   Estacas= 4 fi =   DisX= 90.0 DisY=   Xbl = 150.0 Ybl =   Alt = 60.0 Vol =   Xpil= 40.0 Ypil=   Formas: 3.60 m	30.0   90.0   150.0   1.350   40.0	FN= 25.0 MX= -14.5 MY= 4.7 	TensPil = 342.4   	dmin = 49.5 dmax = 70.7 dutil = 51.3 Angulo = 46.0						
ARMADURAS [cm2,cm]	i	Peso Próprio	3.4 tf (x1)							
Prin.X: 9.4 =   Susp.X: 2.8 = 1	8 {12.5 10 { 6.3	C/ 20 0	Prin Y: $9.4 = 8$	3 {12.5 C/ 20.0 ) { 6.3 C/ 15.0						
BLOCO: 8 - B8	BLOCO: 8 - B8 Retang. ( 1x)									
Caso	 	N [tf]	Mx [tf.m]	My [tf.m]						
1 (Dim )   4 (Rmin)		45.97 45.97	-14.02     -14.02							
Alt = 110.0 Vol =   Xpil= 90.0 Ypil=   Formas: 8.58 r	30.0   90.0   150.0   3.960   50.0   n2	FN= 46.0 MX= -14.0 MY= 63.5 	TensPil = 137.0     TensLimE= 530.4     TensEst = 114.8	dmin = 68.2 dmax = 97.5 dutil = 96.3 AnguloX= 54.7 AnguloY= 71.4						
ARMADURAS [cm2,cm]	i	Peso Próprio	: 9.9 tf (x1)							
Prin.X: 15.5 =   Susp.X: 3.9 =   Laterl: 2.3 =	8 {16.0	C/ 20.0	Prin.Y: 12.6 = 16 Susp.Y: 3.6 = 12	2 { 6.3 C/ 20.0						
BLOCO: 9 - B9 Retang. ( 1x)										
i 										
			Mx [tf.m]							
1 (Dim )   4 (Rmin)	 	46.96 46.96		46.99 46.99						
GEOMETRIA[cm, m3]   Estacas= 6 fi =   DisX= 90.0 DisY=   Xb1 = 240.0 Yb1 =   Alt = 110.0 Vo1 =	30.0   90.0	FN= 47.0 MX= -12.0	TensLimP= 530.4     TensPil = 103.1	dmin = 68.2 dmax = 97.5						



Xpil= 90   Formas:   ******	8.58	m2			Est = 96.	3   AnguloY=     ****	71.4
ARMADURAS	[cm2,cm]	i	Peso Pró	óprio:	9.9 tf (	(x1)	i
Susp.X:	3.2 =	12 {12.5 12 { 6.3 7 { 6.3	C/ 12.5	5 Susp.Y		16 {10.0 C/ 12 { 6.3 C/	

# 2.6.8 Verificação dos deslocamentos

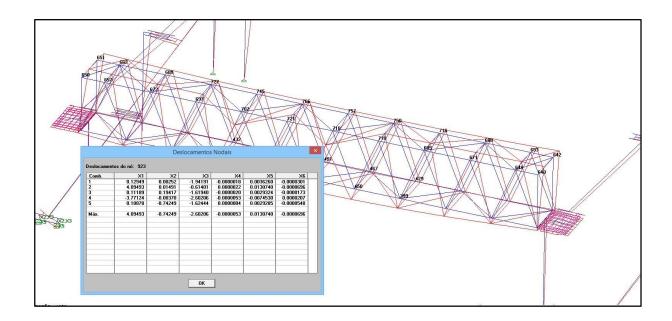


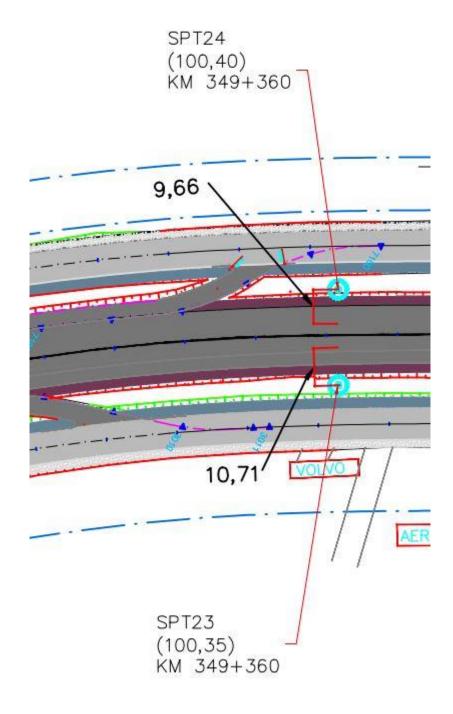
Figura 30 – Verificação do deslocamento da treliça

O deslocamento em serviço foi da ordem de 2,60 cm para o vão de 24,94 metros.



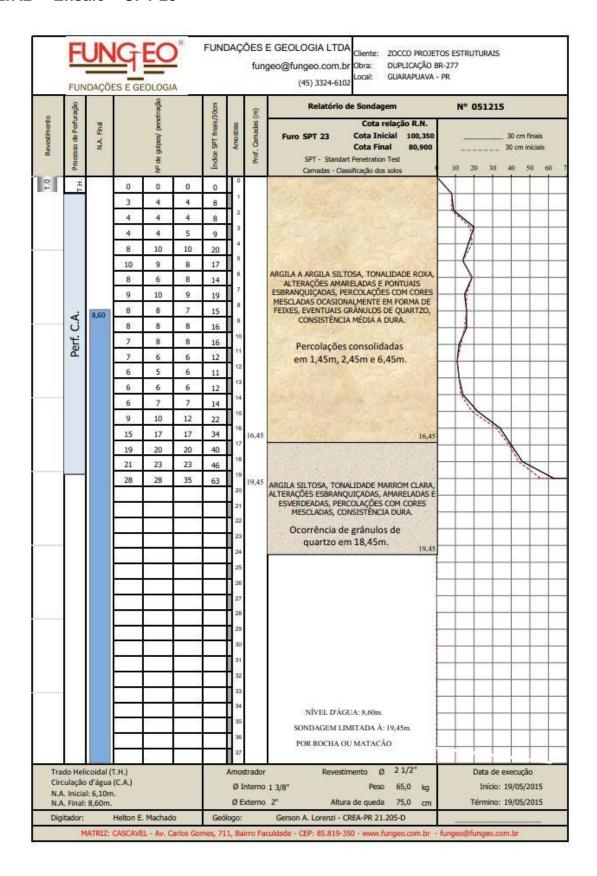
# 2.7 Dimensionamento da Fundação

# 2.7.1 Locação dos pontos de sondagem



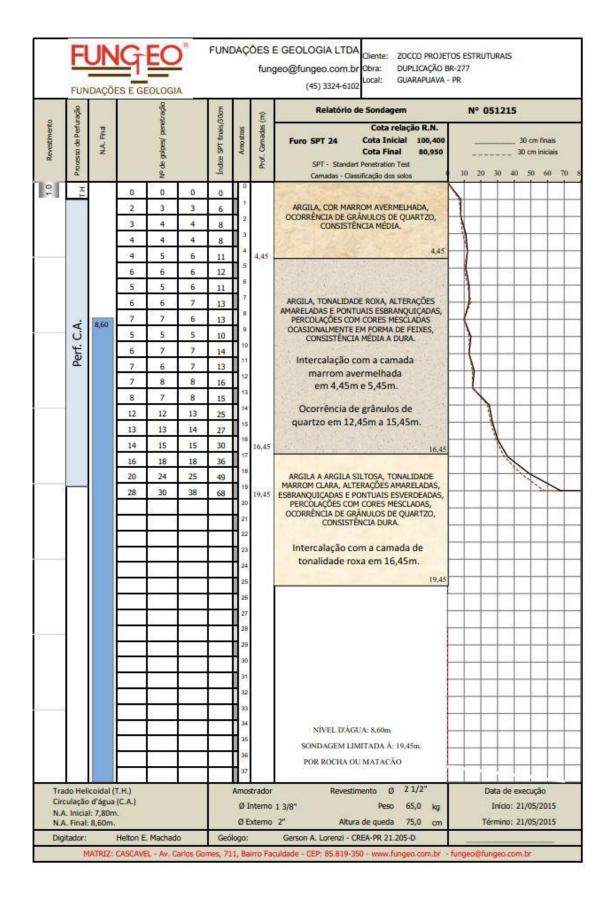


### 2.7.2 Ensaio - SPT 23





### 2.7.3 Ensaio - SPT 24





# 2.7.4 Dimensionamento das estacas

A tensão admissível do solo foi obtida através método de Decourt-Quaresma. Esse valor é obtido a partir da resistência à penetração (SPT) e o tipo de solo encontrado.

# **SPT 23**

	PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACA - MÉTODO DECOURT E QUARESMA (1978)												
Tipo de Estaca: Hélice Contínua					Diâmetro (cm): 30		Área de Ponta (cm²):		706,9	Área Lateral (cm²/m):		9.424,8	
0.1.	ODT						Ponta	Atrito		Capacidade de carga para cada método		Capacidad	e de Carga
Cota (m)	SPT (Golpes)	Tipo de solo	α	β	C (tf/m²)	Ref. Solo	Parcela de ponta (tf)	Parcela por atrito (tf)	Somátório da parcela por atrito (tf)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122	Tração (tf)	Compressão (tf)
1	8	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
2	8	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	2,12	3,46	3,46	3,19	2,79	1,21	2,79
3	9	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,14	3,77	7,23	6,34	5,18	2,53	5,18
4	20	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,90	7,23	14,45	12,09	9,18	5,06	9,18
5	17	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,33	6,28	20,73	17,03	12,53	7,26	12,53
6	14	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,24	5,34	26,08	21,12	15,16	9,13	15,16
7	19	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,07	6,91	32,99	26,39	18,53	11,55	18,53
8	15	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,24	5,65	38,64	30,78	21,44	13,52	21,44
9	16	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,99	5,97	44,61	35,31	24,30	15,61	24,30
10	16	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,73	5,97	50,58	39,84	27,16	17,70	27,16
11	12	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,31	4,71	55,29	43,36	29,30	19,35	29,30
12	11	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	2,97	4,40	59,69	46,66	31,33	20,89	31,33
13	12	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,14	4,71	64,40	50,33	33,77	22,54	33,77
14	14	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,07	5,34	69,74	54,67	36,91	24,41	36,91
15	22	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,05	7,85	77,60	60,45	40,33	27,16	40,33
16	34	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,75	11,62	89,22	69,82	46,99	31,23	46,99
17	40	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	6,28	13,51	102,73	80,59	54,50	35,96	54,50
18	46	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	7,29	15,39	118,12	92,69	62,71	41,34	62,71
19	63	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	9,25	16,65	134,77	105,98	72,01	47,17	72,01

### **SPT 24**

	PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACA - MÉTODO DECOURT E QUARESMA (1978)												
Tipo de Estaca: Hélice Contínua					Diâmetro (cm): 30		Área de Ponta (cm²):		706,9	Área Lateral (cm²/m):		9.424,8	
C-+-	SPT						Ponta	Atrito		Capacidade de carga para cada método		Capacidad	e de Carga
Cota (m)	(Golpes)	Tipo de solo	α	β	C (tf/m²)	Ref. Solo	Parcela de ponta (tf)	Parcela por atrito (tf)	Somátório da parcela por atrito (tf)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122	Tração (tf)	Compressão (tf)
1	6	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0		-	-	-	-	-	-
2	8	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	1,87	3,46	3,46	3,12	2,66	1,21	2,66
3	8	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	2,29	3,46	6,91	5,89	4,60	2,42	4,60
4	11	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	2,63	4,40	11,31	9,36	6,97	3,96	6,97
5	12	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	2,88	4,71	16,02	13,05	9,45	5,61	9,45
6	11	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,05	4,40	20,42	16,47	11,74	7,15	11,74
7	13	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,14	5,03	25,45	20,36	14,29	8,91	14,29
8	13	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,05	5,03	30,47	24,20	16,76	10,67	16,76
9	10	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,14	4,08	34,56	27,37	18,85	12,10	18,85
10	14	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,14	5,34	39,90	31,48	21,52	13,96	21,52
11	13	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,65	5,03	44,92	35,47	24,29	15,72	24,29
12	16	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	3,73	5,97	50,89	40,08	27,31	17,81	27,31
13	15	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,75	5,65	56,55	44,69	30,65	19,79	30,65
14	25	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	5,68	8,80	65,35	51,69	35,51	22,87	35,51
15	27	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,41	9,42	74,77	58,62	39,59	26,17	39,59
16	30	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	4,83	10,37	85,14	66,70	44,99	29,80	44,99
17	36	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	5,60	12,25	97,39	76,31	51,49	34,09	51,49
18	49	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	7,21	16,34	113,73	89,28	60,47	39,80	60,47
19	68	Argila	0,30	1,00	12,0	2,0	9,92	16,65	130,38	102,77	70,15	45,63	70,15