

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

POSTE TRELIÇADO TRIANGULAR AUTOPORTANTE H = 30m

FABRICANTE: METALÚRGICA DESTERRO

V0 = 45 m/s; S1 = 1.0; S2 = CAT. III; S3 = 1.1

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

1 - Características da Estrutura

Torre de seção triangular com treliçamentos em "Z" para sustentação de antenas de telecomunicações. Em aço, com montantes de perfil tubular, horizontais de ligação entre seções em cantoneira e treliçamento em vergalhão.

2 – Metodologia de Cálculo

Análise estática linear de estrutura composta por barras com três graus de liberdade (UX, UY e UZ). Os perfis são verificados à falhas por flambagem e escoamento, e as ligações à falha por cisalhamento e esmagamento na chapa, para os chumbadores verifica-se o efeito combinado de tração e cisalhamento.

O cálculo estrutural é por estado de limite último aplicando um coeficiente de majoração de 1,4 no carregamento do vento.

• Normas e Especificações

AISC - American Institute of Steel Construction

NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações

3 - Materiais utilizados

Os Materiais utilizados na fabricação e montagem seguirão os definidos no quadro abaixo:

Materiais:	Tubos em aço ST52	Escoamento =	3430	kgf/cm ²
		Ruptura	5100	kgf/cm ²
		Esmagamento máximo =	7650	kgf/cm ²
	Vergalhões em aço SAE 1020	Escoamento =	1800	kgf/cm ²
		Ruptura	2200	kgf/cm ²
		Esmagamento máximo =	3300	kgf/cm ²
	Cantoneiras em aço ASTM A-36	Escoamento =	2531	kgf/cm ²
		Ruptura	4078	kgf/cm ²
		Esmagamento máximo =	6117	kgf/cm ²
	Parafusos: SAE J 429 - GRAU 8	Cisalhamento =	6535	kgf/cm ²
		Tração =	10540	kgf/cm ²
	Chumbador: SAE1045-rosca laminada Ø≤1" (temperado e revenido)	Escoamento =	5976	kgf/cm ²
		Ruptura	8437	kgf/cm ²
		Cisalhamento =	5231	kgf/cm ²
	Chumbador: SAE1045-rosca laminada Ø>1" (temperado e revenido)	Escoamento =	5203	kgf/cm ²
		Ruptura	7382	kgf/cm ²
		Cisalhamento =	4577	kgf/cm ²

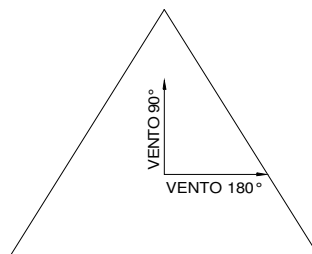
Propriedades: Densidade do aço = 7850 kg/m³ Módulo de Elasticidade = 2.1E+06 kgf/cm²

4 – Carregamentos

4.1 - Vento a 90°

4.2 - Vento a 180°

4.3 - Peso Próprio



5 - Hipóteses de carregamento

Hipótese 1 - Vento a 90° x 1,4 + Peso Próprio

Hipótese 2 - Vento a 180° x 1,4 + Peso Próprio

Hipótese 3 - ±Vento a 90° + Peso Próprio

Hipótese 4 - Vento a 90° x 0,3025 + Peso Próprio

6 - Deflexão Admissível

A deflexão deve ser inferior a 4^ª em vento operacional (0,55V_k) correspondendo a hipótese 4.

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

7 - Dimensionamento dos Elementos (Tubos, Cantoneiras, Vergalhões e Ligações)

7.1 - Tubos de seção circular vazada sujeitos a carga axial

O dimensionamento da seção circular vazada segue a norma: *Specification for the Design of Steel Hollow Structural Sections* da AISC - LRFD.

A flambagem local da parede da seção, sujeita a carga de compressão, deve ser considerada na seguinte condição:

$$\lambda \leq 0,448 \frac{E}{F_y}$$

onde E é o módulo de elasticidade e F_y a tensão de escoamento do material.

Para seção vazada: $\lambda = \frac{D}{t}$ onde D é o diâmetro externo e t é a espessura de parede da seção.

Para elementos em compressão, o Índice de Esbeltez KL/r não deve ultrapassar o valor de 200, assim:

$$\text{Para } \lambda_c \sqrt{Q} \leq 1,5 \quad F_{cr} = Q(0,658^{Q\lambda_c^2}) F_y$$

$$\lambda_c \sqrt{Q} > 1,5 \quad F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y$$

onde $\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$ e r é o raio de giração.

$$\text{e para } \lambda \leq \lambda_r \quad Q = 1$$

$$\lambda > \lambda_r \quad Q = \frac{0,0379E}{F_y \left(\frac{D}{t} \right)} + \frac{2}{3}$$

onde $\lambda_r = 0,114 \frac{E}{F_y}$ e K representa o fator de comprimento efetivo do elemento em compressão.

O carregamento admissível é dado por $\Phi_c F_{cr} A_g$, onde $\Phi_c = 0,85$.

Para elementos sujeitos à tração, a tensão admissível é dada por $\Phi_t F_y$, onde $\Phi_t = 0,9$.

7.2 - Vergalhões sujeitos a carregamento axial

O dimensionamento da seção circular segue a norma: *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings* da AISC - LRFD.

Para elementos em compressão:

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1,5 \quad F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$\lambda_c > 1,5 \quad F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y$$

onde $\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$

O carregamento admissível é dado por $\Phi_c F_{cr} A_g$, onde $\Phi_c = 0,85$.

Para elementos sujeitos à tração, a tensão admissível é dada por $\Phi_t F_y$, onde $\Phi_t = 0,9$.

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

7.4 - Cantoneiras sujeitas a carregamento axial

O dimensionamento da seção em "L" segue a norma: *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings* da AISC - LRFD.

Para elementos em compressão, o índice de Esbeltez KL/r não deve ultrapassar o valor de 200. Assim:

$$\text{Para } \lambda_c \sqrt{Q} \leq 1,5 \quad F_{cr} = Q(0,658^{Q\lambda_c^2}) F_y$$

$$\lambda_c \sqrt{Q} > 1,5 \quad F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y$$

onde $\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$ e r é o raio de giração.

$$\text{e para } \frac{b}{t} \leq 0,446 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad Q = 1$$

$$0,446 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} < 0,910 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad Q = 1,34 - 0,761 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\frac{b}{t} \geq 0,910 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad Q = \frac{0,0379E}{F_y \left(\frac{D}{t} \right)} + \frac{2}{3}$$

onde $\lambda_r = 0,114 \frac{E}{F_y}$ e K representa o fator de comprimento efetivo do elemento em compressão.

Para elementos sujeitos à tração, a tensão admissível é dada por $\Phi_t F_y$, onde $\Phi_t = 0,9$. O Índice de Esbeltez L/r não deve ultrapassar o valor de 300.

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

7.5 - Ligações

O dimensionamento das ligações sujeitas a cisalhamento é feito por contato.

Cisalhamento dos Parafusos
$f_v = \frac{Nd}{m \cdot n_p \cdot A_p} \leq F_v$

Esmagamento das Chapas
$f_p = \frac{Nd}{n_p \cdot d_p \cdot t} \leq F_p$

Onde: f_v - Tensão de cálculo de cisalhamento do parafuso
 Nd - Esforço normal de cálculo atuando na barra ou chapa de ligação
 m - Números de planos de cisalhamento
 n_p - Números de parafusos
 A_p - Área bruta do corpo do parafuso
 d_p - Diâmetro nominal do parafuso
 t - Menor espessura dos elementos de ligação
 f_p - Tensão de compressão de cálculo entre o parafuso e a chapa de ligação
 F_v - Limite de resistência ao cisalhamento do parafuso
 F_p - Limite de resistência da chapa ao esmagamento

Parafusos sujeitos a tração:

A tensão de tração deve ser menor que tensão limite do parafuso F_t , computada com a seguinte área:

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(d - \frac{0,974}{n} \right)^2$$

Onde: d - diâmetro nominal do parafuso;
 n - número de filetes por unidade de comprimento.

Parafusos sujeitos a tração e cisalhamento combinados:

A tensão de tração $F_{t(v)}$ será:

$$F_{t(v)} = F_t \left[1 - \left(f_v / F_v \right)^2 \right]^{1/2}$$

Onde: f_v - Tensão cisalhante computada na área efetiva.
 F_t - Tensão admissível de tração
 F_v - Tensão admissível de cisalhamento

7.6 - Limitações

Índice de Esbeltez => Montantes < 150 Diagonais < 200 Redundantes < 250

As barras redundantes devem resistir 2,5% da carga referente a peça que está sendo travada. Também deverão suportar uma carga de 100 kgf, aplicada no centro.

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

8 - Determinação dos Esforços de Vento

Velocidade básica do vento

A velocidade básica do vento é determinada de acordo com as Isopletras de Velocidade Básica (NBR 6123, Pág. 6 - Figura 1).

Vo = 45 m/s - Máxima velocidade média medida sobre 3s, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.

Fator Topográfico (S1)

S1 = 1.00

Rugosidade do terreno

Terreno plano ou ondulado com obstáculos.

Categoria III

Dimensões da estrutura

Estrutura com altura entre 20 e 50 metros.

Classe B

Altura sobre o terreno (S2)

O fator S2 é dado pela fórmula: $S_2 = b.F_r.(z/10)^p$

Onde: b e p são parâmetros da norma NBR 6123 (pág.9)
 Fr - fator de rajada
 z - altura do ponto onde se quer determinar a força de vento

Fator estatístico (S3)

Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva.

S3 = 1.10 Centrais de comunicações ou estação de cobertura

Parâmetros Meteorológicos

Categoria	Zg	Parâmetros	b			p		
			A	B	C	A	B	C
I	250	b	1.10	1.11	1.12	0.06	0.07	0.07
II	300	b	1.00	1.00	1.00	0.09	0.09	0.10
III	350	b	0.94	0.94	0.93	0.10	0.11	0.12
IV	420	b	0.86	0.85	0.84	0.12	0.13	0.14
V	500	b	0.74	0.73	0.71	0.15	0.16	0.18
		Fr	1.00	0.98	0.95			

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

8.1 - Carregamento Devido ao Vento nas Antenas

Tipo de Antena	Cota (m)	S2	Vk (m/s)	q (kgf/m ²)	Área de Antena (m ²)	CA	Área Corrigida (m ²)	Força (kgf)	F/3 (kgf)
Antenas para telecomunicações	30.00	1.03	51.2	163.7	1.80	1.0	1.80	295	98

8.2 - Carregamento Devido ao Vento na Estrutura

Legenda

Ae = Área efetiva da estrutura

Ø = Índice de área exposta = Ae/Af

Af = Área frontal

Ca = Coeficiente de arrasto

Aec = Área da estrutura corrigida

At = Área total

Acc = Área corrigida dos cabos = 0.07 m²/m

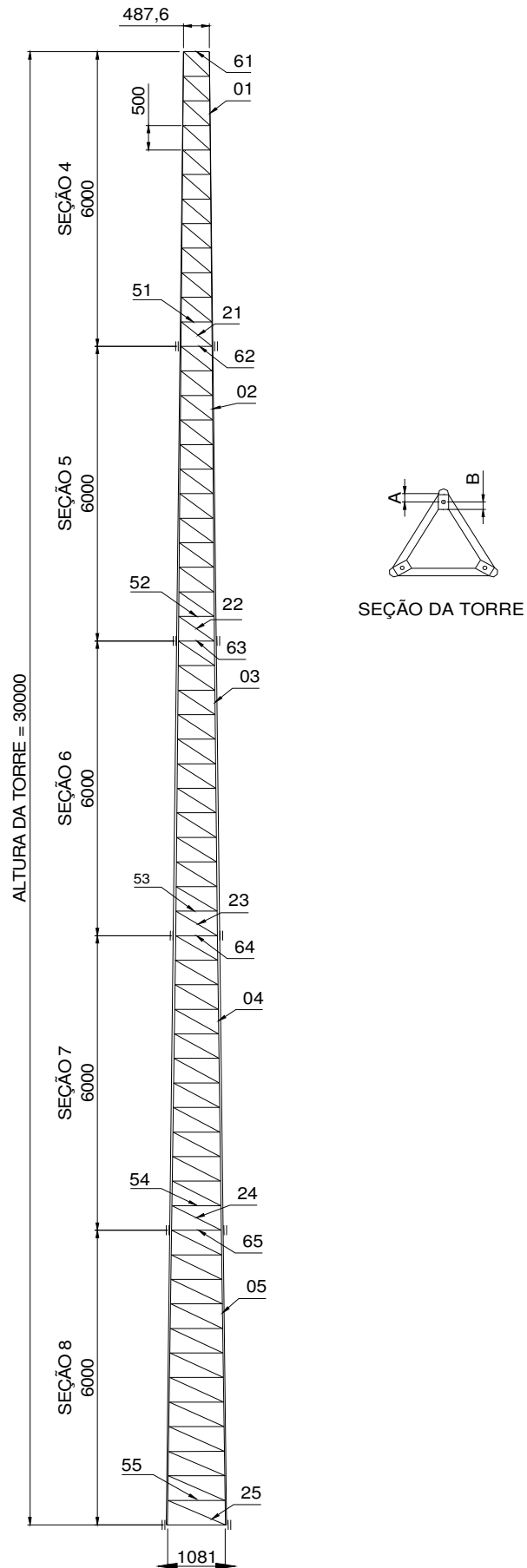
Cota (m)	Mod	S2	Vk (m/s)	q (kgf/m ²)	Ae (m ²)	Af (m ²)	Ø	Reynolds	Ca	Aec (m ²)	Acc (m ²)	At (m ²)	Força (kgf)	Força/3 (kgf)
30.0	S4	1.03	51.2	163.68	0.68	3.28	0.21	1.5E+05	1.27	0.86	0.42	1.28	209	35
24.0	S5	1.01	50.0	156.19	0.85	3.99	0.21	1.7E+05	1.21	1.04	0.42	1.46	228	73
18.0	S6	0.98	48.5	147.03	1.03	4.71	0.22	2.0E+05	1.10	1.13	0.42	1.55	228	76
12.0	S7	0.94	46.5	135.03	1.37	5.42	0.25	2.5E+05	0.86	1.18	0.42	1.60	216	74
6.0	S8	0.87	43.2	116.74	1.58	6.13	0.26	2.7E+05	0.76	1.19	0.42	1.61	188	67

Reynolds = $70000V_k d$ Obtido a partir do menor valor de V_k e do diâmetro do montante.

Coeficiente de Arrasto constante e igual a 1,5 para Reynolds até 1×10^5 (NBR 6123).

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS: 011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0 Emissão Inicial

9 - Geometria e Identificação das Barras



MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS: 011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0 Emissão Inicial

10 - Dimensionamento

- * PERFIL H - AÇO ST 52 $F_y=3430 \text{ kgf/cm}^2$
- * PERFIL S - AÇO ASTM A36 $F_y=36 \text{ ksi}$
- * PERFIL B - AÇO SAE 1020 $F_y=1800 \text{ kgf/cm}^2$
- * PARAFUSOS SAE J 429 - GRAU 8

10.1 - Montantes

Tubo	Perfil (mm)						Ag (cm ²)	Cargas (kgf)				Parâmetros				Tensões (kgf/cm ²)			
	n	D	t	r	L	T		Comp.	Hip.	Tração	Hip.	λ	Q	λc	$\lambda c \cdot Q^{1/2}$	fa	Fcr	ft	Ft
1	1	42.4	3.25	13.9	500	H	4.00	6453	1	6382	2	13	1	0.46	0.46	1614	2665	1597	3087
2	1	48.3	5.08	15.4	500	H	6.90	14535	1	14334	2	10	1	0.42	0.42	2107	2710	2078	3087
3	1	60.3	5.00	19.6	500	H	8.69	22938	1	22579	2	12	1	0.33	0.33	2641	2787	2599	3087
4	1	76.2	4.75	25.3	500	H	10.66	30406	1	29823	2	16	1	0.25	0.25	2852	2838	2797	3087
5	1	88.9	5.60	29.5	500	H	14.66	37848	1	36996	2	16	1	0.22	0.22	2581	2858	2523	3087

10.2 - Diagonais

Verg.	Perfil (mm)					Ag (cm ²)	Cargas (kgf)				Parâm. λc	Tensões (kgf/cm ²)			
	n	D	r	L	T		Comp.	Hip.	Tração	Hip.		fa	Fcr	ft	Ft
21	1	10	2.4	273	B	0.71	527	3	456	2	1.07	740	949	639.9	1620
22	1	13	3.2	423	B	1.27	680	3	589	2	1.24	537	803	465	1620
23	1	13	3.2	460	B	1.27	776	3	672	2	1.35	613	713	530.5	1620
24	1	16	4.0	624	B	1.98	773	3	670	2	1.46	391	623	338.5	1620
25	1	16	4.0	704	B	1.98	856	3	741	2	1.65	432	491	374.4	1620

10.3 - Horizontais

51	1	10	2.4	349	B	0.71	317	2	366	3	1.36	445	702	513.6	1620
52	1	13	3.2	419	B	1.27	445	2	514	3	1.23	351	813	405.8	1620
53	1	13	3.2	483	B	1.27	536	2	619	3	1.42	423	659	488.6	1620
54	1	16	4.0	554	B	1.98	561	2	648	3	1.30	283	754	327.4	1620
55	1	16	4.0	651	B	1.98	651	2	751	3	1.53	329	575	379.4	1620

10.4 - Horizontal para ligação entre módulos

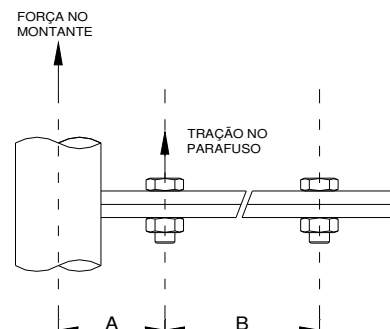
Barra	Perfil L (mm)						Ag (cm ²)	Cargas (kgf)				Parâmetros				Tensões (kgf/cm ²)			
	n	b	t	R	L	T		Comp.	Hip.	Tração	Hip.	λ	Q	λc	$\lambda c \cdot Q^{1/2}$	fa	Fcr	ft	Ft
61	1	38	4.8	11.8	488	S	3.49	215	1	215	2	41	1	0.46	0.46	62	1972	61.62	2278
62	1	38	4.8	11.8	606	S	3.49	389	1	416	3	51	1	0.57	0.57	111	1880	119.2	2278
63	1	38	4.8	11.8	725	S	3.49	504	1	540	3	61	1	0.68	0.68	144	1775	154.8	2278
64	1	51	6.4	15.7	844	S	6.14	560	1	597	3	54	1	0.59	0.59	91	1858	97.31	2278
65	1	51	9.5	15.7	962	S	8.86	592	1	656	3	61	1	0.68	0.68	67	1778	74.07	2278

10.5 - Parafusos

Barra	Parafusos			n fil. pol.	As (cm ²)	Cisal. Máx. (kgf)	A (mm)	B (mm)	Mom. (kgf*cm)	Tração (kgf)	Tensões (kgf/cm ²)			C.S.
	n	ϕ	T								ft	fv	Ft	
62	1	22.2	s	9	3.0	416	36.7	430	23407	6926	2325	107	10539	4.53
63	1	25.4	s	8	3.9	540	45.8	488	65606	15677	4012	107	10539	2.63
64	1	25.4	s	8	3.9	597	50.5	578	114098	24554	6283	118	10538	1.68
65	1	31.8	s	7	6.3	656	58.9	693	175756	32360	5176	83	10539	2.04

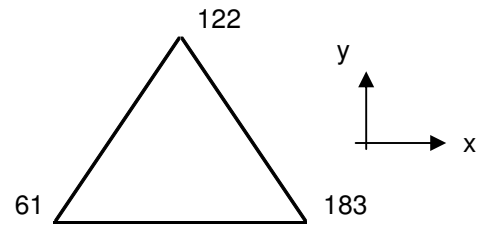
10.6 - Chapa de ligação entre módulos

Barra	Chapa			W (cm ²)	Tração (kgf)	Mom. (kgf*cm)	σ flexão (kgf/cm ²)
	b	#	L				
62	59	12.7	35.4	1.6	4947	2192	1390
63	69	15.9	43.7	2.9	11198	6120	2113
64	82	19.1	51.6	5.0	17539	11319	2275
65	92	25.4	64.7	9.9	23114	18705	1897
Chumb	103	31.8	94.6	17.3	30666	36262	2095



11 - Fundações

Os valores das reações nas bases estão sem majoração de carga.


11.1 - Esforços na Fundação

Hipótese 4 (Coeficiente de majoração $\phi = 1,0$)

HIPÓTESE DE COMPRESSÃO MÁXIMA

Nó \ Reação	Rx	Ry	Rz
	(kgf)	(kgf)	(kgf)
61	-362	-445	-13126
122	159	-92	-13126
183	204	-733	27251

Reações Globais

$$\begin{array}{l}
 Rx = 1 \text{ kgf} \\
 Ry = -1270 \text{ kgf} \\
 Rz = 999 \text{ kgf} \\
 M = 25200 \text{ kgf.m}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \rangle \\
 \rangle \\
 \rangle \\
 \rangle
 \end{array}
 \text{Res} = 1270 \text{ kgf}$$

Hipótese 5 (Coeficiente de majoração $\phi = 1,0$)

HIPÓTESE DE TRAÇÃO MÁXIMA

Nó \ Reação	Rx	Ry	Rz
	(kgf)	(kgf)	(kgf)
61	370	449	13792
122	-166	96	13792
183	-204	724	-26585

Reações Globais

$$\begin{array}{l}
 Rx = 0 \text{ kgf} \\
 Ry = 1269 \text{ kgf} \\
 Rz = 999 \text{ kgf} \\
 M = -25200 \text{ kgf.m}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \rangle \\
 \rangle \\
 \rangle \\
 \rangle
 \end{array}
 \text{Res} = 1269 \text{ kgf}$$

Hipótese 6 (Coeficiente de majoração $\phi = 1,0$)

VENTO NA FACE

Nó \ Reação	Rx	Ry	Rz
	(kgf)	(kgf)	(kgf)
61	-395	-364	-22979
122	-756	165	23645
183	-118	199	333

Reações Globais

$$\begin{array}{l}
 Rx = -1269 \text{ kgf} \\
 Ry = 0 \text{ kgf} \\
 Rz = 999 \text{ kgf} \\
 M = 25200 \text{ kgf.m}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \rangle \\
 \rangle \\
 \rangle \\
 \rangle
 \end{array}
 \text{Res} = 1269 \text{ kgf}$$

Reações máximas por base

$$\begin{array}{ll}
 \text{Compressão Máxima} = & 27251 \text{ kgf} \\
 \text{Tração Máxima} = & 26585 \text{ kgf}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 \text{Horizontal} = & 761 \text{ kgf} \\
 \text{Horizontal} = & 752 \text{ kgf}
 \end{array}$$

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS: 011/10
TIPO: Poste Trelçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0 Emissão Inicial

11.2 - Dimensionamento dos Chumbadores Ancorados com Gancho Semi-Circular

Tensão admissível de tração combinada com cisalhamento

$$A_s = \frac{T}{F_y} + \frac{H}{0,9.F_y}$$

Onde: T - Esforço Máx. de tração
 H - Esforço Máx. horizontal
 F_y - Valor do escoamento do aço do chumbador

Seção do chumbador - SAE1045-rosca laminada Ø>1" F_y = 5203 kgf/cm² F_u = 7382 kgf/cm²

N	φ (mm)	n fil. pol.	As (cm ²)	Cisal. Máx. (kgf)	A (mm)	B (mm)	Mom. (kgf*cm)	Tração (kgf)	Tensões (kgf/cm ²)			As mín. (cm ²)	C.S.
									ft	fv	Ft		
1	38.1	6.0	9.07	752	38.1	860	101302	27763	3062	66	8436	5.53	1.64

Adotado 1 Ø 1 1/2 " (temperado e revenido)

11.3 - Dimensionamento do Comprimento do Chumbador

Resistência do concreto à tração:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa} \quad f_{ctd} = f_{ctk,inf}/\gamma_c = 1.28 \text{ MPa} \quad f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd} = 1.20 \text{ MPa}$$

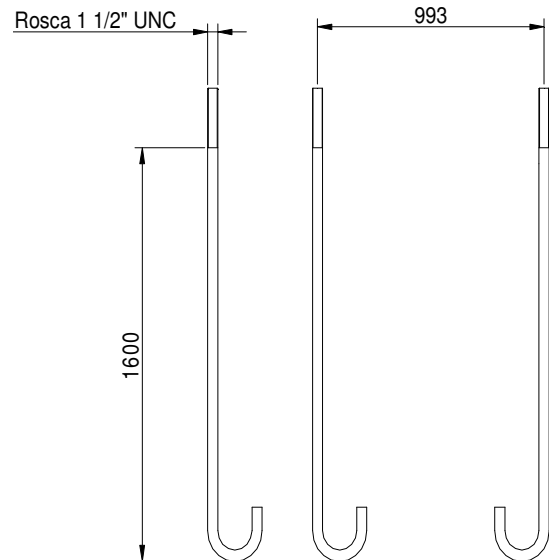
$$\ell_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} = 4115.1 \text{ mm} \quad \ell_{b,nec} = \alpha \ell_b \frac{A_{s,calc}}{A_{s,ef}} \geq \ell_{b,min} = 1253.9 \text{ mm}$$

$\ell_{b,min}$ é o maior valor entre 0,3 ℓ_b , 10 ϕ e 100 mm.

$$\ell_{b,min} = 1235 \text{ mm}$$

Comprimento Adotado = 1600 mm

Obs.: Gabarito dos chumbadores não deve ser soldado nos chumbadores.



12 - Deflexões

Deformação máxima em vento operacional = 690 mm

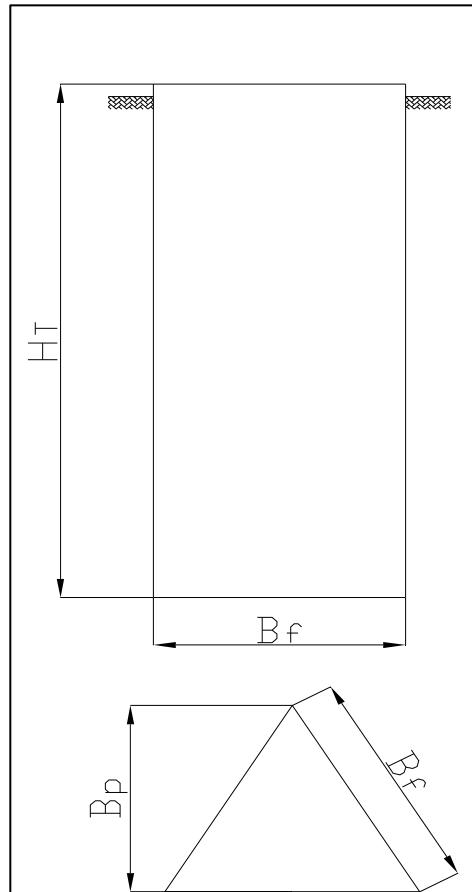
$$\text{Deflexão} = \text{atan} \left(\frac{\text{Deformação Máxima}}{H_{torre}} \right) = 1.32^\circ = 1^\circ 19' 1''$$

13 - Fundação

13.1. NOMENCLATURA

13.1.1. Parâmetros do solo e legenda da estaca

- q → Tensão atuante no solo
 σ_s → Tensão admissível do solo
 γ_s → Peso específico do solo



13.2 - COMPRESSÃO E ESFORÇO HORIZONTAL

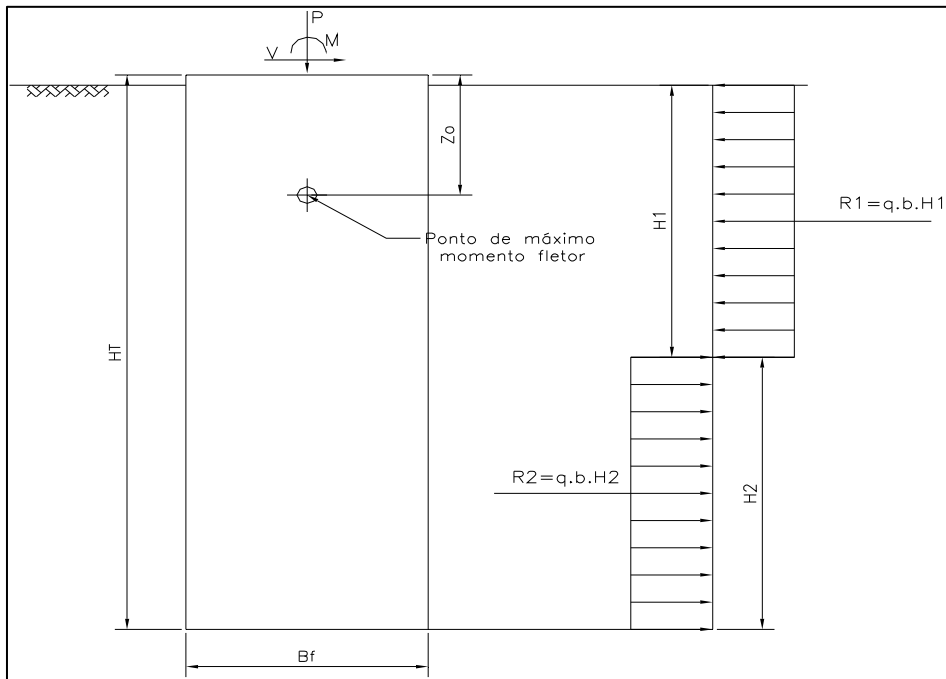
13.2.1. Dimensões

A estaca deve possuir dimensões mínimas a fim de contemplar os seguintes objetivos:

1. A abertura deve permitir a entrada de um operário e resistir aos esforços solicitantes.
2. O deslocamento máximo não deve ser superior a $L/150$.
3. Segurança à ruptura do solo que serve de suporte durante a escavação da estaca.

Com esses dados montamos uma planilha na qual são executados estes cálculos, seguindo dos ajustes necessários, a planilha fornece as dimensões reais da estaca e volume de concreto.

13.2.2. Verificação da estabilidade



Para a verificação da estaca, precisamos determinar o valor da tensão atuante no solo. A tensão admissível de projeto é igual a 10 tf/m².

Foi adotado um modelo de solo plastificado com a distribuição de tensão constante, conforme a figura acima. Com essa configuração determina-se a tensão atuante no solo, que deve ser menor ou igual a tensão admissível.

$$\Sigma F = 0 \quad V + R_2 = R_1 \quad (1)$$

$$\Sigma M = 0 \quad R_2 \left(H_1 + \frac{H_2}{2} \right) - R_1 \frac{H_1}{2} - M = 0 \quad (2)$$

$$H_T = H_1 + H_2 \quad (3)$$

onde: $R_1 = qbH_1$

$$R_2 = qbH_2$$

Com as equações acima obtem-se:

$$q^2 - \left(\frac{2bH_T V + 4Mb}{b^2 H_T^2} \right) q - \frac{V^2}{b^2 H_T^2} = 0$$

Resolvendo, por Báskara, deve-se obter:

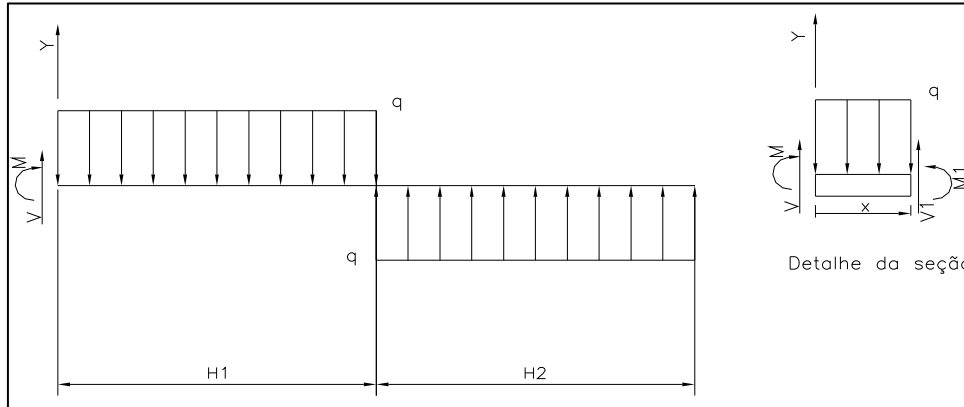
$$q \leq 10 \text{ tf/m}^2$$

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS: 011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0 Emissão Inicial

13.3 - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

13.3.1 - Determinação do momento fletor máximo

Para o dimensionamento precisamos descobrir o valor do momento fletor máximo.



Equação do momento M_1

$$M_1 = M + V \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2}$$

O ponto onde o momento M_1 alcança o valor máximo ocorre onde a derivada da equação é nula. Assim:

$$\frac{dM_1}{dx} = V - q \cdot x = 0 \quad x = Z_0 = \frac{V}{q}$$

Substituindo o valor de Z_0 na equação do momento M_1 , se obtém o valor máximo deste momento.

13.3.2 - Determinação da armadura

A armadura deve suportar o carregamento de tração que ocorre devido ao momento M_1 , em cada vértice.

$$\text{Tração} = \frac{M_1(\text{máx})}{B_p} \quad A_s = \frac{\text{Tração}}{F_y}$$

MC 03.011/10	CLIENTE: Desterro	OS:	011/10
TIPO: Poste Treliçado Triangular	Data: 1/07/11	Rev. 0	Emissão Inicial

13.4 - CÁLCULO DA ESTACA

Compressão = 1.00 tf
V = 1.27 tf
Momento = 25.20 tf.m

Concreto $f_{ck} = 20$ MPa

Cálculo para solo com resistência mínima de 10 tf/m² e massa específica de 1,6 tf/m³
Adotado $\sigma_s = 10$ tf/m²

Verificação da estabilidade lateral do terreno

Ht	Bf	Bp	σ_s	Báskara			q	Z ₀	Mmáx.	Tração	As	Vc
(m)	(m)	(m)	(tf/m ²)	A	B	C	(tf/m ²)	(m ²)	(tf*m)	(tf)	(cm ²)	(m ³)
3.50	1.65	1.43	10	1.00	-6.27	-0.06	6.28	0.20	25.33	27.27	6.27	4.13

Adotado 6 ϕ 12.5 mm / vértice da estaca Estribos ϕ 6.3 mm c/ 9
2 ϕ 12.5 mm em cada face da estaca