

MEMORIAL DESCRITIVO

PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA E FUNDAÇÃO PARA SISTEMA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

TRIBUNAL REGIONAL DO TRABALHO DA 24ª REGIÃO CAMPO GRANDE - MS

Tribunal Regional do Trabalho da 24ª Região
CNPJ: 37.115.409/0001-63

Eng. Pedro Terrazas Vargas
CREA 20.308/D – MS
GAMA G P INSTALAÇÕES ELÉTRICAS LTDA
CNPJ: 16.628.266/0001-13

OUTUBRO DE 2018

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	2
2. DOCUMENTAÇÃO	2
3. INFORMAÇÕES RELATIVAS AO PROPRIETÁRIO E EMPREEDIMENTO	3
3.1. Dados cadastrais do cliente.....	3
3.2. Dados da obra	3
3.3. Dados cadastrais do responsável técnico.....	3
4. OBJETIVO DO PROJETO	4
5. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO:.....	4
5.1. Sistema estrutural:	4
5.1.1. Especificação dos materiais utilizados:	5
5.1.2. Ações atuantes na estrutura.....	5
5.1.3. Cobertura	5
5.1.4. Terças Cobertura.....	6
5.1.5. Traves.....	6
5.1.6. Pórtico de Apoio	6
5.1.7. Pintura.....	6
5.1.8. Movimentação das estruturas na obra.....	7
5.1.9. Escavações	7
5.1.10. Concreto	8
5.1.11. Armaduras	8
5.1.12. EPI's e EPC's.....	8
6. LEVANTAMENTO DE CUSTOS E CRONOGRAMA FISICO FINANCEIRO	9
ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO.....	10

1. OBJETIVO

Este memorial descritivo tem como objetivo detalhar o projeto de estrutura metálica e fundação para instalação de geração distribuída por meio de um sistema composto por painéis fotovoltaicos unidade de Campo Grande - MS, localizado na Rua Delegado Carlos Roberto Bastos de Oliveira, nº208, no município de Campo Grande - MS. Tal memorial contempla os seguintes itens:

- ✓ Dimensionamento da estrutura metálica;
- ✓ Detalhamento dos pilares e terças;
- ✓ Detalhes de fixação e elementos de ancoragem;
- ✓ Projeto de fundação da estrutura.
- ✓ Detalhes da sapata e ancoragem.

Tais projetos foram realizados com base nas normas brasileiras vigentes, dentre as quais podemos citar:

- NBR8800/86- Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios;
- NBR6120/80- Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR6123/88- Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR6122/10- Projeto e execução de fundações;
- NBR6118/14-Projeto de Estruturas de Concreto Armado

2. DOCUMENTAÇÃO

Consta neste projeto a seguinte documentação:

- Anotação de responsabilidade – ART;
- Implantação e Planta de Eixos (Papel A1) (01/03);

- Vistas dos Eixos (Papel A1) (02/03);
- Vistas dos Eixos, detalhes pilar, estacas e blocos (Papel A1) (03/03);
- Memorial descritivo.

3. INFORMAÇÕES RELATIVAS AO PROPRIETÁRIO E EMPREEDIMENTO

3.1. Dados cadastrais do cliente

Nome ou razão social: Tribunal Regional do Trabalho da 24ª Região (TRT)

CNPJ: 37.115.409/0001-63

Nome representante do cliente: Gerson Martins de Oliveira

E-mail: nmp@trt24.jus.br

Endereço correspondência: Rua Delegado Roberto Bastos de Oliveira, nº 208.

Bairro: Jardim Veraneio

Município/UF: Campo Grande/MS

CEP: 79031-908

3.2. Dados da obra

Endereço: Rua Delegado Roberto Bastos de Oliveira, nº 208.

Bairro: Jardim Veraneio

Município/UF: Campo Grande/MS

CEP: 79031-908

3.3. Dados cadastrais do responsável técnico

Nome: Pedro Terrazas Vargas

Cargo: Engenheiro Civil

CREA: 20.308/D - MS

Endereço correspondência: Rua Planalto, nº1270

Bairro: Jardim TV Morena

Município/UF: Campo Grande / MS

CEP: 79050-240

E-mail: contato@gamagp.com.br

Telefone fixo: (67) 3025-1665

4. OBJETIVO DO PROJETO

O presente projeto tem por finalidade descrever as estruturas metálicas e fundações utilizadas para instalação de painéis fotovoltaicos na unidade do TRT de Campo Grande, localizada na Rua Delegado Carlos Roberto Bastos de Oliveira, nº 208, bairro Jardim Veraneio, Campo Grande - MS.

O sistema foi dimensionado com base nas informações de dimensões e pesos médios fornecidos pelos fabricantes de painéis fotovoltaicos, bem como características do solo fornecidas pelo corpo técnico de engenharia do TRT.

5. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO:

Blocos de estacionamento com 10,00m de eixo a eixo dos apoios perfazendo-se 4 vagas cada módulo, módulos pouco menores podem ser utilizados com as mesmas dimensões de estrutura sem prejuízo em pontos onde seja necessário.

As placas Fotovoltaicas consideradas para medidas de cálculo possuem peso próprio de combinação, placa propriamente dita e equipamento necessários à instalação de 25kg/m².

5.1. Sistema estrutural:

- Terças e Apoios em aço chapa dobrada, com fundação com blocos de estacas de concreto armado.

5.1.1. Especificação dos materiais utilizados:

- Estrutura (perfis dobrados): aço CF 26 - $F_y = 260\text{Mpa}$ $F_u = 400\text{Mpa}$
- Solda: eletrodo E-70XX: $F_u = 485\text{Mpa}$

5.1.2. Ações atuantes na estrutura

De acordo com a NBR8800, anexo B, as ações atuantes na estrutura a ser projetada são as seguintes:

- Carga permanente: é formada pelo peso próprio de todos os elementos constituintes da estrutura;
- Sobrecarga: seu valor é função da finalidade e da área em que a estrutura for construída, podendo atingir valores de 10kN/m^2 ou mais. De acordo com o item B-3.6.1 do anexo B da NBR8800, “nas coberturas comuns, não sujeitas a acúmulos de quaisquer materiais, e na ausência de especificação em contrário, deverá ser prevista uma sobrecarga nominal mínima de $0,25\text{kN/m}^2$...”
- Ação do vento: a ação do vento sobre a estrutura será calculada de acordo com a NBR6123.

5.1.3. Cobertura

- As coberturas serão compostas por placas solares que tem aproximadamente 25 kg cada placa, fixadas através de parafusos tipo telha-terça.

5.1.4. Terças Cobertura

- Todas as terças serão fabricadas em perfil “U” enrijecido aço CF-26, $F_y = 260\text{Mpa}$ e $F_u = 400\text{Mpa}$, dimensões 2X 200X50X25X5 mm. A fixação das terças nas Traves se dará por solda integral da seção da estrutura.

5.1.5. Traves

- A parte da estrutura da cobertura funcionando como apoio as terças e ligando-as a nas extremidades, sobre pórtico metálico.
- As Trave serão em perfil “U” enrijecido aço CF-26 2X 200x50x25x5 mm.
- Sempre devendo ser seguida as especificações técnicas do projeto no que diz respeito à bitolas e materiais.

5.1.6. Pórtico de Apoio

- A estrutura do apoio será metálica, constituída por dois pilares curvos, ligados ao bloco de fundação a extremidade as mesmas deverão ser devidamente fixadas com chumbadores químicos e/ou parabolts.
- Os Pilares serão em perfil “U” enrijecido aço CF-26 – 2x 225x50x40x5mm.

5.1.7. Pintura

- As superfícies deverão receber tratamento anticorrosivo (zarcão), após o tratamento deverá ser pintada com esmalte próprio para metais.

5.1.8. Movimentação das estruturas na obra

A movimentação das estruturas de aço na obra deverá ser feita de modo a obedecer aos seguintes requisitos gerais:

- A movimentação das estruturas de aço na obra deverá ser feita de modo a obedecer aos seguintes requisitos gerais: Os pórticos devem ser transportados, de preferência, na posição vertical, e suspensos por dispositivos colocados em posições tais que evitaria inversão de esforços. Deverão ser tomados cuidados especiais para os casos de peças esbeltas e que devam ser devidamente contra ventadas provisoriamente, para a movimentação. A carga e descarga da estrutura deverão ser feitas com todos os cuidados necessários para evitar deformações que as inutilizem parcial ou totalmente e que resultem em custos adicionais.
- Todas as peças metálicas devem ser cuidadosamente alojadas sobre madeirame espesso disposto de forma a evitar que a peça sofra efeito de corrosão. As peças deverão ser estocadas em locais que possuem drenagem de águas pluviais adequadas evitando-se com isto o acúmulo de água sobre ou sob as peças.

5.1.9. Escavações

- Escavação manual em solo mole dos blocos, não necessitando escoramento, profundidade de 0,60m, com auxílio de pás. A escavação das estacas será de maneira manual com utilização de trado em diâmetro condizente com o da estaca.

5.1.10. Concreto

- O concreto é um material composto de cimento, areia, brita e água, podendo-se ou não ser adicionado aditivos com o intuito de melhorar suas características.
- Para a execução das fundações será utilizado concreto C25 (concreto com resistência característica aos 28 dias de 25MPa), podendo o mesmo ser obtido por mistura in loco ou de empresas (concreteiras) registradas junto ao respectivo órgão de classe (CREA/CAU).

5.1.11. Armaduras

- A armadura de aço no concreto tem por finalidade funcionar como um esqueleto aumentando a flexibilidade do concreto.
- Para as armaduras é utilizado aços CA 50 nas bitolas de #8mm e #10mm, e aço CA 60 na bitola #5mm, estes deverão sempre respeitar as normas vigentes no momento de sua compra.
- A montagem da armadura deve seguir o projeto estrutural, cabendo ao engenheiro da obra a melhor solução para o modo de execução das dobras.

5.1.12. EPI's e EPC's

- Todos os envolvidos na obra deverão usar equipamentos de proteção coletiva e individual condizente com sua função de acordo com resoluções do Ministério do Trabalho.

6. LEVANTAMENTO DE CUSTOS E CRONOGRAMA FISICO

FINANCEIRO

O levantamento do quantitativo de material para composição dos custos da obra foi realizado com base no projeto executivo. A quantidade de cada item especificado serve como referência para execução da obra, porém o quantitativo deve ser confirmado *in loco* no momento da realização da obra.

Todos os valores para composição do custo foram elaborados conforme tabela SINAPI de custos de composição sintético da localidade de Campo Grande – MS com data de emissão de Agosto de 2018. Os itens não constantes na tabela SINAPI foram orçados em empresas locais e sua composição realizada por valor médio dos orçamentos obtidos.

ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO

a. Dados Iniciais

Cálculo de Estrutura Metálica para suporte de placas fotovoltaicas, utilizadas como cobertura de estacionamento.

Local: Campo Grande / MS

Profissional: Pedro Terrazas Vargas

CREA/MS: 20.308-D

Foi dimensionado blocos com 10,00m de eixo a eixo dos apoios perfazendo-se 4 vagas cada módulo, módulos pouco menores podem ser utilizados com as mesmas dimensões sem prejuízo em pontos onde seja necessário.

As placas Fotovoltaicas consideradas para medidas de cálculo possuem peso próprio de combinação, placa propriamente dita e equipamento necessários à instalação de 25kg/m².

Para razões de cálculo de forças derivadas do vento foi utilizada a velocidade característica de Campo Grande / MS.

Como material de construção dos perfis foi considerado o aço CF-26 - chapa fina com resistência característica $f_y = 260$ MPa.

Ligações entre peças foi considerado solda integral filete de 5mm com eletrodo E70XX.

b. Forças derivadas do Vento

Forças devido ao Vento		
<p>Campo Grande / MS ---> $V_b = 45,0 \text{ m/s}$</p> <p>Fator Topográfico ---> $S_1 = 1,0$</p> <p>Fator de Rugosidade – S_2</p> <p>Rugosidade 4,0</p> <p>Classe da edificação A</p>		
Tabela 2.0	$b = 0,9$ $p = 0,1$ $Fr = 1,0$	
Fator S_2 para	$Z = 6,0$ $Z = 7,0$ $Z = 7,5$	$S_2 = 0,81$ $S_2 = 0,82$ $S_2 = 0,83$
Fator S_3	$S_3 = 1,0$	
Velocidade Característica do vento (V_k) $V_k = V_o * S_1 * S_2 * S_3$	$Z = 6,0$ $Z = 7,0$ $Z = 7,5$	$V_k = 34,6 \text{ m/s}$ $V_k = 35,2 \text{ m/s}$ $V_k = 35,5 \text{ m/s}$
Pressão dinâmica do Vento (q) $q = 0,613 * V_k^2$	$Z = 6,0$ $Z = 7,0$ $Z = 7,5$	$q = 0,733 \text{ kN/m}^2$ $q = 0,761 \text{ kN/m}^2$ $q = 0,773 \text{ kN/m}^2$

c. Dimensionamento das Terças

As combinações de carregamentos utilizadas para dimensionamento, ocorreram com dois casos, englobando três tipos de carregamento:

- Peso Próprio (PP): O peso da estrutura, compreendido pelo peso de aço das terças e o peso da placa fotovoltaica junto aos equipamentos necessários à instalação.
- Sobrecarga (SC): Representa uma carga adicional que possa vir a ser aplicada a estrutura.
- Vento: Força exercida por rajadas de vento em situações críticas de ventos em alta velocidade para o local.

Terças				
Adotado PP da Terça em 250N/m²				
MOTIVO			TOTAL	
P.P (terças)=	250N/m² * 1m=	PP(t)=	250	N/m
P.P (Placas)=	255N/m² * 1m=	PP(p)=	255	N/m
Sobrecarga=	1000N/m² * 1m=	SC=	1000	N/m
Vento=	-1,2+775/m²*1m	V=	-930	N/m

PP + SC	PP(t)+PP(p)+SC=	F1=	1505	N/m
PP + V	PP(t)+PP(p)+V=	F2=	-425	N/m

Combinação de Carregamentos nas Terças em cobertura com inclinação de 20°				
Inclinação (i)			20°	
PP + SC	F1*cos(i)=	qy=	1.414,24	N/m
	F1*sin(i)=	qx=	514,74	N/m
PP + Vento	F2*cos(i)=	qy=	-399,37	N/m
	F2*sin(i)=	qx=	145,36	N/m

Distância entre apoios	l=	10	m
------------------------	----	----	---

Esforços Solicitantes				
-----------------------	--	--	--	--

PP + SC	(qx * l²) / 8	Mx=	17.677,97	N.m
	(qy * l²) / 8	My=	6.434,25	N.m
PP + Vento	(qx * l²) / 8	Mx=	4.992,12	N.m
	(qy * l²) / 8	My=	1.816,98	N.m
Vmax=			7.071,19	N

Comumente as terças possuem altura entre:

Verificação da Terça					
Altura da Terça (mm)	L/40	<=	d	<=	L/60
	250,00	<=	d	<=	166,67

Neste caso sendo escolhido para o perfil 2 X 200 X 50 X 25 X 5 mm.

Dados do Perfil:

Perfil Adotado	UDC ENRIJECIDO			
	2 x 200 x 50 x 40 x 5			
	h=	200 mm	Wx=	185,43 cm³
	b=	100 mm	ix=	7,27 cm
	d=	40 mm	ey=	5,00 cm
	e=	5 mm	Jy=	501,14 cm⁴
	A=	35,04 cm²	Wy=	100,23 cm³
	Jx=	1854 cm⁴	iy=	3,78 cm
Dados do Aço	CF – 26			
	Fy=	260 MPa	E=	205 GPa
	Fu=	410 MPa	Fr=	115 MPa

A partir dos dados do perfil são feitas verificações sobre a resistência do perfil pré-selecionado.

Flambagem Local da Alma Eixo x		
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	=	38,00
$\lambda_{pa} = 3,5 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	98,28
Viga compacta quanto a alma		
$\lambda < \lambda_p = M_n = M_{pl} = Z_x \times f_y$		
$Z_x = 1,12 \times W_x =$	207,7	cm³
M_{pl}	=	53.996,27 N.m

Flambagem Local da Mesa Eixo x		
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	=	20,00
$\lambda_p = 0,38 \times \frac{E}{f_y}$	=	10,67
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	23,31
Semi rigida		
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$		
$M_{rm} = (f_y - f_r) \times W_x =$	26887	
M_{pl}	=	33.989,66 N.m

Flambagem lateral a torção		
Travadas pelas placas fotovoltaicas		
M_{pl}	=	53.996,27 N.m

Flambagem Local da alma Eixo y (menor inercia)		
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	=	20,00
$\lambda_p = 0,38 \times \frac{E}{f_y}$	=	10,67
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	23,31
Semi rigida		
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$		
$M_{rm,} = (f_y - f_r) \times W_y$	=	14533
M_{pl}	=	24.872,52 N.m

Flambagem Local da mesa Eixo y (menor inércia)		
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	=	38,00
$\lambda_{pa} = 1,2 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	33,70
$\lambda < \lambda_p = M_n = M_{pl} = Z_x \times f_y$		
$Z_y = 1,12 \times W_y$		
Z_y	=	112,25
M_{pl}	=	29.186,16

Esforço Combinado		
$\frac{M_{dx}}{\phi \times M_{nx}} + \frac{M_{dy}}{\phi \times M_{ny}} \leq 1$		
Para	PP + SC =	0,716
	PP + V =	0,257

Os esforços combinados entre os eixos x e y estão em um limite aceitável, utilizando fatores que aumentam os carregamentos e diminuem os momentos resistivos.

Além dos momentos é importante também a verificação quanto ao cisalhamento e a flecha gerada pelos carregamentos

Verificação cisalhamento	
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	= 38
$\lambda_{pv} = 1,05 \sqrt{\frac{k \times E}{f_y}}$	= 68,13
$\lambda < \lambda_p \therefore V_n = V_{pl} = 0,6 \times A_w \times f_y, \text{ sendo } A_w = e \times h$	
A_w	= 20,00 cm ²
V_n	= 312000 N
$\phi \times V_n > V_n, \text{ sendo } V_d = \gamma \times V_{max}$	
$\phi = 0,9 \wedge \gamma = 1,4$	
$\phi \times V_n$	= 280.800 N
V_d	= 9.899,66 N

Flecha	
$F_{adm} = \frac{L}{180} =$	55,56 mm
$F = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I}$	= 19,8 mm

d. Dimensionamento da Trave

A trave na estrutura é a ligação entre a as terças e as laterais (regiões curvas dos pilares).

Trave				
MOTIVO			TOTAL	
P.P (viga)=	250N/m=	PP(t)=	250	N/m
Carregamento s das Terças	PP + SC	qx=	9.967,11	N
		qy=	3.627,73	N
	PP + Vento	qx=	-399,37	N
		qy=	145,36	N

Reações de Apoio				
PP + SC	TRAÇÃO		11,00	kN
	CORTANTE		32,14	kN
	MOMENTO MÁX		17,99	kN.m
PP + Vento	TRAÇÃO		0,62	kN
	CORTANTE	-	0,85	kN
	MOMENTO MÁX		-0,55	kN.m
Solicitantes PP+SC	TRAÇÃO		2,13	kN
	COMPRESSÃO		2,13	kN
	CORTANTE		2,66	kN
Solicitantes PP+ VENTO	TRAÇÃO		0,3	kN
	COMPRESSÃO		0,3	kN
	CORTANTE		0,63	kN

Distância entre apoios	l=	4,00	m
------------------------	----	------	---

Foi pré-selecionado para perfil da trave o mesmo perfil das terças 2 X 200 X 50 X 40 X 5mm

UDC ENRIJECIDO				
2 x 200 x 50 x 40 x 5				
Perfil Adotado	h=	200 mm	Wx=	185,43 cm³
	b=	100 mm	ix=	7,27 cm
	d=	40 mm	ey=	5,00 cm
	e=	5 mm	Jy=	501,14 cm4
	A=	35,04 cm²	Wy=	100,23 cm³
	Jx=	1854 cm4	iy=	3,78 cm
	CF – 26			
Dados do Aço	Fy=	260 MPa	E=	205 GPa
	Fu=	410 MPa	Fr=	115 MPa

Flambagem Local da Alma Eixo x	
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	= 38,00
$\lambda_{pa} = 3,5 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	= 98,28
$\lambda < \lambda_p = M_n = M_{pl} = Z_x \times f_y$	
Viga compacta quanto a alma	
$Z_x = 1,12 \times W_x =$	207,7 cm ³
$M_{pl} =$	54,00 kN.m

Flambagem Local da Mesa Eixo x	
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	= 18,00
$\lambda_p = 0,38 \times \frac{E}{f_y}$	= 10,67
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y - f_r}}$	= 23,31
Semi rigida	
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$	
$M_{rm,} = (f_y - f_r) \times W_x =$	26,89 kN.m
$M_n =$	38,28 kN.m

Flambagem lateral a torção		
Travas a cada terça		
$l_b = 400,00 \text{ cm}$	$\lambda_l = \frac{l_b}{r_y} = 105,8$	
$\lambda_p = 1,75 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 49,14$	$l_p = \lambda_p \times r_y = 185,8$	
$\lambda < \lambda_p = M_n = M_{pl} = Z_x \times f_y$		
$M_{pl} = 54,00 \text{ kN.m}$		

Resistência a Força normal		
$\lambda_x = \frac{k \times l_x}{r_x} = 51,67$	$\frac{b}{e} = 20$	
$\lambda_y = \frac{k \times l_y}{r_y} = 36,17$	$\left(\frac{b}{e}\right)_{max} = 31,45$	
$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{q \times f_y}{E}} = 0,59$	curva c $\rho = 0,869$	
$N_n = 53,52 \text{ kN}$		
$\phi \times N_n = 48,16 \text{ kN}$		

Verificação cisalhamento	
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	= 38
$\lambda_{pa} = 1,05 \sqrt{\frac{k \times E}{f_y}}$	= 68,13
$\lambda < \lambda_p \therefore V_n = V_{pl} = 0,6 \times A_w \times f_y, \text{sendo } A_w = e \times h$	
A_w	= 20,00 cm ²
V_n	= 312 kN
$\phi \times V_n > V_d, \text{sendo } V_d = \gamma \times V_{max}$	
$\phi \times V_n$	= 280,8 kN
V_d	= 59,99 kN

e. Dimensionamento Laterais

APOIOS LATERAIS				
MOTIVO			TOTAL	
P.P (viga)=	250N/m=	PP(t)=	250	N/m
Carregamento da Trave	PP + SC	qx=	11,00	kN
		qy=	32,14	kN
	PP + Vento	qx=	0,85	kN
		qy=	0,62	kN

Reações de Apoio				
PP + SC	COMPRESSÃO		33,58	kN
	CORTANTE		12,07	kN
	MOMENTO MÁX		13,39	kN.m
PP + Vento	TRAÇÃO		0,70	kN
	CORTANTE		0,30	kN
	MOMENTO MÁX		1,60	kN.m
Solicitantes PP+SC	TRAÇÃO		0,00	kN
	COMPRESSÃO		3,10	kN
	CORTANTE		1,90	kN
Solicitantes PP+ VENTO	TRAÇÃO		-0,5	kN
	COMPRESSÃO		0,20	kN
	CORTANTE		0,5	kN
Distância entre apoios		l=	5	m

Sendo pré-selecionado o perfil de 2 X 225 X 50 X 40 X 5mm.

Perfil Adotado	2 x 225 x 50 x 40 x 5			
	h=	225 mm	W _x =	217,98 cm ³
	b=	100 mm	i _x =	8,12 cm
	d=	40 mm	e _y =	5,00 cm
	e=	5 mm	J _y =	553,99 cm ⁴
	A=	37,21 cm ²	W _y =	110,80 cm ³
	J _x =	2452 cm ⁴	i _y =	3,86 cm
	CF – 26			
Dados do Aço	F _y =	260 MPa	E=	205 GPa
	F _u =	410 MPa	F _r =	115 MPa

Flambagem Local da Alma Eixo x	
$\lambda = \frac{h - 2e}{e} = 43,00$	
$\lambda_{pa} = 3,5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 98,28$	
$\lambda < \lambda_p \rightarrow M_n = M_{pl} = Z_x \cdot f_y$	
Viga compacta quanto a alma	
$Z_x = 1,12 \times W_x = 244,1 \text{ cm}^3$	
$M_{pl} = 63,48 \text{ kN.m}$	

Flambagem Local da Mesa Eixo x	
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	= 20,00
$\lambda_p = 0,38 \times \frac{E}{f_y}$	= 10,67
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	= 23,31
Semi rigida	
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$	
$M_{rm} = (f_y - f_r) \times W_x$	= 31,61 kN.m
M_{pl}	= 39,96 kN.m

Flambagem lateral a torção	
Trava a cada terça	
$l_b = 500,00$ cm	$\lambda_l = \frac{l_b}{r_y} = 129,6$
$\lambda_p = 1,75 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 49,14$	$l_p = \lambda_p \times r_y = 189,6$
$\lambda < \lambda_p = M_n = M_{pl} = Z_x \times f_y$	
$Z_x = 1,12 \times W_x$	
Z_x	= 244,1 cm³
M_{pl}	= 63,48 kN.m

Flambagem Local da alma Eixo y (menor inercia)	
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	= 20,00
$\lambda_p = 0,38 \times \frac{E}{f_y}$	= 10,67
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	= 23,31
Semi rigida	
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$	
$M_{rm} = (f_y - f_r) \times W_y = 16,07 \text{ kN.m}$	
M_{pl}	= 20,31 kN.m

Resistência a Força normal	
$\lambda_x = \frac{k \times l_x}{r_x}$	= 57,88
$\lambda_y = \frac{k \times l_y}{r_y}$	= 44,32
$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{q \times f_y}{E}}$	= 0,66
N_n	= 52,52 kN
$\phi \times N_n$	= 47,27 kN

$$\frac{b}{e} = 20$$

$$\left(\frac{b}{e}\right)_{max} = 31,45$$

curva c $\rho = 0,803$

Resistência a Força normal		
$\lambda_x = \frac{k \times l_x}{r_x}$	= 38,44	$\frac{b}{e} = 22,22$
$\lambda_y = \frac{k \times l_y}{r_y}$	= 24,40	$\left(\frac{b}{e}\right)_{max} = 31,45$
$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{q \times f-y}{E}}$	= 0,44	curva c $\rho = 0,942$
N_n	= 45,89	kN
$\phi \times N_n$	= 41,30	kN

Combinação dos esforços	
$\frac{V_d}{\phi \times V_n} + \frac{M_d}{\phi \times M_n}$	= 0,322

Verificação cisalhamento	
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	= 39,11
$\lambda_{pa} = 1,05 \sqrt{\frac{k \times E}{f_y}}$	= 68,13
$\lambda < \lambda_p \therefore V_n = V_{pl} = 0,6 \times A_w \times f_y, \text{ sendo } A_w = e \times h$	
A_w	= 16,65 cm ²
V_n	= 259,74 kN
$\phi \times V_n$	= 233,766 kN
V_d	= 0,42 kN

f. Dimensionamento da coluna de apoio

Coluna				
MOTIVO			TOTAL	
P.P (viga)=	250N/m=	PP(t)=	250	N/m
Carregamento da Lateral	PP + SC	qx=	12,07	kN
		qy=	33,58	kN
	PP + Vento	qx=	0,30	kN
		qy=	0,70	kN
	SC	M=	16,74	kN.m
	V	M=	1,60	kN.m

Reações de Apoio				
PP + SC	TRAÇÃO	-	35,53	kN
	CORTANTE		12,07	kN
	MOMENTO MÁX		7,86	kN.m
PP + Vento	TRAÇÃO		0,52	kN
	CORTANTE		0,30	kN
	MOMENTO MÁX		1,60	kN.m
Solicitantes PP+SC	TRAÇÃO		-	kN
	COMPRESSÃO		-	kN
	CORTANTE		-	kN
Solicitantes PP+ VENTO	TRAÇÃO		-	kN
	COMPRESSÃO		-	kN
	CORTANTE		-	kN

Distância entre apoios	l=	0,92	m
------------------------	----	------	---

Sendo pré-selecionado o perfil de 2 X 225 X 50 X 40 X 5mm.

Perfil Adotado	UDC ENRIJECIDO			
	2 x 225 x 50 x 40 x 5			
	h=	225 mm	Wx=	217,98 cm³
	b=	100 mm	ix=	8,12 cm
	d=	40 mm	ey=	5,00 cm
	e=	5 mm	Jy=	553,99 cm⁴
	A=	37,21 cm²	Wy=	110,80 cm³
	Jx=	2452 cm⁴	iy=	3,86 cm
	CF – 26			
Dados do Aço	Fy=	260 MPa	E=	205 GPa
	Fu=	410 MPa	Fr=	115 MPa

Flambagem Local da Alma Eixo x	
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	= 43,00
$\lambda_{pa} = 3,5 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	= 98,28
$\lambda < \lambda_p \rightarrow M_n = M_{pl} = Z_x * f_y$	
Viga compacta quanto a alma	
$Z_x = 1,12 \times W_x =$	244,1 cm ³
$M_{pl} =$	63,48 kN.m

Flambagem Local da Mesa Eixo x	
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	= 20,00
$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	= 10,67
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	= 23,31
Semi rigida	
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$	
$M_{rm} = (f_y - f_r) \times W_x =$	31,61 kN.m
$M_{pl} =$	39,96 kN.m

Flambagem lateral a torção			
Travas a cada terça			
l_b	=	80,00 cm	$\lambda_l = \frac{l_b}{r_y} = 20,73$
$\lambda_p = 1,75 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	49,14	$l_p = \lambda_p \times r_y = 189,6$
$\lambda < \lambda_p = M_n = M_{pl} = Z_x \times f_y$			
$Z_x = 1,12 \times W_x$			
Z_x	=	244,1 cm³	
M_{pl}	=	27,05 kN.m	

Flambagem Local da alma Eixo y (menor inercia)			
$\lambda_m = \frac{b}{e}$	=	20,00	
$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	10,67	
$\lambda_{rm} = 0,62 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	=	23,31	
Semi rigida			
$\lambda_p < \lambda_m < \lambda_{rm} \therefore M_n = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \times \frac{\lambda_m - \lambda_p}{\lambda_{rm} - \lambda_p}$			
$M_{rm} = (f_y - f_r) \times W_y = 16,07 \text{ kN.m}$			
M_{pl}	=	20,31 kN.m	

Resistência a Força normal			
$\lambda_x = \frac{k \times l_x}{r_x}$	= 21,30	$\frac{b}{e}$	= 20
$\lambda_y = \frac{k \times l_y}{r_y}$	= 16,31	$\left(\frac{b}{e}\right)_{max}$	= 31,45
$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{q \times f_{-y}}{E}}$	= 0,24	curva c	$\rho = 0,99$
N_n	= 64,75	kN	
$\phi \times N_n$	= 58,28	kN	

Verificação cisalhamento			
$\lambda = \frac{h - 2e}{e}$	= 43		
$\lambda_{pa} = 1,05 \sqrt{\frac{k \times E}{f_y}}$	= 68,13		
$\lambda < \lambda_p \therefore V_n = V_{pl} = 0,6 \times A_w \times f_y, \text{sendo } A_w = e \times h$			
A_w	= 22,50	cm ²	
V_n	= 351	kN	
$\phi \times V_n$	= 315,9	kN	
V_d	= 2,24	kN	

g. Placa de Base

Chumbadores	
Adotados chumbadores de 25mm	
Distância entre chumbadores	
$d_{min} = 3 \times \phi_{chumbador} = 75$	mm
$d_x = 240$	mm
$d_y = 200$	mm
Distância das extremidades ≤ 50 mm	
Distância adotada = 50mm	

Placa de Base	
Placa metálica chumbada no concreto	
Pressão da Placa no Concreto	
Concreto	$f_{ck} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$
Placa	$b = 60,00 \text{ cm}$
	$h = 60,00 \text{ cm}$
	$e = 5,00 \text{ cm}$
Carregamentos	$N_d = 44,41 \text{ kN}$
	$V_d = 15,09 \text{ kN}$
	$M_d = 9,83 \text{ kN.m}$
Pressão da Placa no bloco	
Devido a Força normal	$P = \frac{N_d}{\text{área da placa}}$ $P = 0,01234 \text{ kN/cm}^2$
Devido ao momento	$M = 2 \times R \times \frac{2}{3} \times \frac{L}{2} \therefore R = \frac{3}{2} \times \frac{M}{L}$ $R = \frac{q \times \frac{L}{2}}{2} \therefore q = 4 \times \frac{R}{L}$ $\text{Subst. (I) em (II)} \rightarrow q = 6 \times \frac{M}{L^2}$ $q = 0,027 \text{ kN.cm}^2$
Carregamento total	$P_d = P + q$ $P_d = 0,040 \text{ kN/cm}^2$

Resistência do Concreto
$R_n = 0,7 \times f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ <p> A_1 = Área da chapadeação A_2 = Área efetiva da superfície – Área do bloco </p> $R_n = 1,63 \text{ kN/cm}^2$ $\phi \times R_n = 1,14 \text{ kN/cm}^2$

Flexão da placa devido a compressão do concreto
Adotada faixa de b = 1 cm de largura
$M_{dmax} = \left(P \times \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right)$ $M_{dmax} = 17,84 \text{ kN.cm/cm}$ $M_n = Z \times f_u \leq 1,25 \times W \times f_y$ $f_y = 250 \text{ MPa} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ $Z = \frac{e^2 \times b}{4} \qquad Z = 6,25$ $W = \frac{e^2 \times b}{6} \qquad W = 4,167$ $M_n = 156,3 \leq 130,2$ $M_n = 130,2 \text{ kN.cm/cm}$ $\phi \times M_n = 117,2 \text{ kN.cm/cm} \geq 17,84$

Verificação dos chumbadores	
d	$= 25,00 \text{ mm}$
f_y	$= 250 \text{ MPa}$
f_u	$= 400 \text{ MPa}$
$A_g = \frac{\pi d^2}{4}$	$A_g = 4,91 \text{ cm}^2$
$\phi \times N = \phi \times A \times f_y$; sendo $\phi = 0,9 \rightarrow$ seção bruta	
ϕN	$= 110,45 \text{ kN}$
$\phi \times N = \phi \times 0,75 \times A_g \times f_u$; sendo $\phi = 0,65$ seção rosca	
ϕN	$= 95,72 \text{ kN}$
$R_d = \frac{3}{2} \times \frac{M_d}{L}$	$= 24,58 \text{ kN}$

Utilizando-se de 2 chumbadores	
Para cada chumbador	$\frac{R_d}{2} \leq \phi \times N = 12,29 \leq 95,72$

Esmagamento da chapa pela coluna	
$\phi \times R_n = \phi \times \alpha \times A_g \times f_u$; $\phi = 0,75 \wedge \alpha = 3,00$	
$R_d < \phi R_n$	
ϕR_n	$= 441,8 \text{ kN}$

Dimensionamento de barra de cisalhamento	
placa com altura	$h = 1,5 \text{ cm}$
$P_d = \frac{V_d}{A}$, no concreto	$= 0,05 \text{ kN/cm}^2$
$\phi \times R_n = \phi \times 0,7 \times f_{ck}$; $\phi = 0,7$	
ϕR_n	$= 0,98 \text{ kN/cm}^2$

Cisalhamento da Barra	
$F_v = \frac{V_d}{A_b}, na barra$	$F_v = 0,168 \text{ kN/cm}^2$
$F_v \leq \phi \times 0,6 \times f_y; \phi = 0,9$	
$\phi \times 0,6 \times f_y = 13,50 \text{ kN/cm}^2 \geq F_v$	

Flexão da Barra de cisalhamento	
$M_d = \frac{V_d \times b}{2}; b = 5$	$M_d = 11,32 \text{ kN/cm}^2$
$M_n = Z \times f_y \leq 1,25 \times W \times f_y$	
$Z = \frac{h^2 \times b}{4}$	$Z = 33,75 \text{ cm}^3$
$W = \frac{h^2 \times b}{6}$	$W = 22,5 \text{ cm}^3$
$M_n = 843,8$	menor entre 703,1
$M_n = 703,1 \text{ kN.cm}^2$	
$\phi \times M_n = 632,8 \text{ kN.cm}^2$	

h. Estacas

DESCRIÇÃO DAS CAMADAS DO SOLO															
NÍVEL DA PONTA	COTA (m)	NSPT	1° SOLO				2° SOLO			DESCRIÇÃO GERAL DO SOLO	AOKI-VELLOSO		DECOURT-QUARESMA		RECALQUE TOT (mm)
			Areia	Silte	Argila	Orgânico	Areia	Silte	Argila		R Lateral (tf)	R Ponta (tf)	R Lateral (tf)	R Ponta (tf)	
INÍCIO	0	1	X			X			X	AREIA ARGILOSO(A)					0
	-1	2	X						X	AREIA ARGILOSO(A)					0
	-2	2	X						X	AREIA ARGILOSO(A)	0,471238898		0,654498469		0,5405312
	-3	3	X						X	AREIA ARGILOSO(A)	0,706858347		0,785398163		0,5328169
	-4	5			X			X		ARGILA SILTOSA	0,575958653		1,675516082		0,5265312
	-5	6			X			X		ARGILA SILTOSA	0,691150384		1,884955592		0,5189884
	-6	7			X			X		ARGILA SILTOSA	0,806342114		2,094395102		0,5101884
	-7	14			X			X		ARGILA SILTOSA	1,612684229		3,560471674		0,4925884
PONTA	-8	14			X			X		ARGILA SILTOSA	1,612684229		3,560471674		0,4749884
	-9	16			X			X		ARGILA SILTOSA	1,84306769		3,769911184		0,4548741
	-10	15			X			X		ARGILA SILTOSA	1,727875959	5,399612373	3,769911184	7,371289	0,4360169
	-11	22			X			X		ARGILA SILTOSA					21,792076
	-12	24			X			X		ARGILA SILTOSA					2,9550399
	-13	27			X			X		ARGILA SILTOSA					1,0066047

Sendo então selecionada como fundação 2 estacas escavadas com 25cm de diâmetro com cota final a 10 metros de profundidade.