

TERESINA - PIAUÍ

CENTRO ADMINISTRATIVO
PROJETO ESTRUTURAL

Memória de Cálculo

Florianópolis, 30 de Agosto de 2016

1. Apresentação

Apresentamos adiante a Memória de Cálculo do projeto estrutural em concreto armado do Centro Administrativo do Projeto das Obras de Requalificação Urbana e Ambiental das áreas 2, 3 e 4 Município de Teresina, PI. O sistema foi projetado por MPB Engenharia Ltda e a Estrutura por VP Engenharia de Projetos, tendo como projetista o Eng. Vitor Pedro Werlang.

2. Objeto do Projeto

O projeto visa o cálculo, dimensionamento e detalhamento da estrutura de concreto do Centro Administrativo. Os pilares e estrutura da cobertura serão executados em estrutura metálica como projeto específico.

3. Premissas básicas para o projeto.

A elaboração do projeto estrutural obedeceu às orientações do projeto arquitetônico e hidráulico e às Normas Técnicas Brasileiras:

4. Recursos utilizados

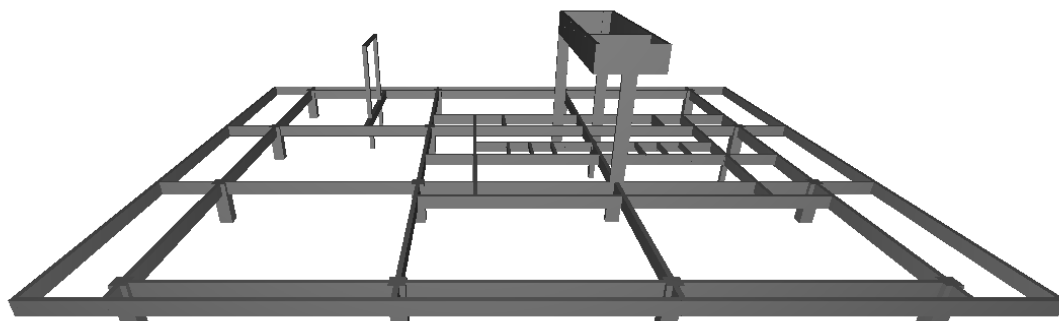
Para o cálculo das estruturas foram utilizados os softwares Eberick V9 Gold, Qi CAD V4 e AutoCAD. Os componentes do sistema foram modelados, calculados e seus elementos dimensionados através do Eberick. O detalhamento das armaduras foi feito com o auxílio do QiCAD e finalmente a graficação com o AutoCAD.

5. Materiais e configurações

As estruturas serão executadas em concreto armado, com a utilização de Concreto com resistência característica F_{ck} igual a 25MPa. As armaduras serão de aço CA-50 nas bitolas de 6,3mm a 20,0mm, CA-60 para bitolas de 5,0mm. Todas as armaduras deverão ter seus cobrimentos mínimos executados como indicados nas plantas. Estes variam de acordo com a utilização da estrutura. Emendas de barras por traspasse poderão ser executadas em armaduras com comprimentos corridos superiores aos de 12,00 m

6. Cálculo dos componentes

O cálculo envolve o lançamento da estrutura, com a sua modelagem, lançamento das cargas, cálculo dos esforços e dimensionamento das seções de ferro resistentes. Os limites são configurados no programa e obedecem à Norma NBR-6118 (ABNT). A concepção estrutural dos componentes da Estação foi definida após análise de dados geológicos do terreno, fornecidos por laudo de sondagem.



Modelo estrutural

Crítérios de projeto

Dados da obra

A obra refere-se a uma estrutura projetada em concreto armado. As lajes do pavimento térreo serão apoiadas sobre uma base formada pelo terreno compactado e camada de brita, como indicado no projeto. As alvenarias de blocos de concreto serão assentadas sobre vigas de baldrame e armadas. O projeto é composto por pavimentos conforme descrito na tabela a seguir.

Pavimentos da estrutura:

Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)
Laje CX	377	377
Baldrame	150	0

Crítérios para durabilidade

Visando garantir a durabilidade da estrutura com adequada segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a vida útil da estrutura, foram adotados critérios em relação à classe de agressividade ambiental e valores de cobrimentos das armaduras, conforme apresentado nas tabelas a seguir.

Classe de agressividade ambiental adotada:

Pavimento	Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Risco de deterioração da estrutura
Todos	II	moderada	pequeno

Cobrimentos das armaduras:

Pavimento	Elemento	Cobrimento (cm)		
		Peças externas	Peças internas	Peças em contato com o solo
Baldrame	Vigas	3.00	3.00	4.00
	Pilares	4.00	4.00	4.00

Pavimento	Elemento	Cobrimento (cm)		
		Peças externas	Peças internas	Peças em contato com o solo
Laje CX	Sapatas	-	-	4.50
	Radiers	-	-	4.50
	Vigas	3.00	3.00	4.00
Laje CX	Pilares	3.00	3.00	4.00
	Lajes	3.00	-	4.00

Propriedades do concreto

O concreto considerado neste projeto e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir.

Características do concreto:

Pavimento	Elemento	fck (kgf/cm ²)	Ecs (kgf/cm ²)	fct (kgf/cm ²)	Abatimento (cm)
Baldrame	Todos	250	241500	26	9.00
Laje CX	Todos	250	241500	26	9.00

Propriedades do aço

O aço considerado neste projeto para dimensionamento das peças em concreto armado e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir:

Características do aço:

Categoria	Massa específica (kgf/m ³)	Módulo de elasticidade (kgf/cm ²)	fyk (kgf/cm ²)
CA50	7850	2100000	5000
CA60	7850	2100000	6000

Ações de carregamento

Para obtenção dos valores de cálculo das ações, foram definidos coeficientes de ponderação, conforme apresentado na tabela a seguir.

Coeficientes de ponderação das ações:

Ação	Coeficientes de ponderação			Fatores de combinação		
	Desfavorável	Favorável	Fundações	Psi0	Psi1	Psi2
Peso próprio (G1)	1.40	1.00	1.00	-	-	-
Adicional (G2)	1.30	1.00	1.00	-	-	-
Solo (S)	0.00	0.00	0.00	-	-	-
Acidental (Q)	1.40	-	1.00	0.70	0.60	0.40
Água (A)	1.20	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Vento X+ (V1)	1.40	-	1.00	0.60	0.30	0.00
Vento X- (V2)	1.40	-	1.00	0.60	0.30	0.00
Vento Y+ (V3)	1.40	-	1.00	0.60	0.30	0.00
Vento Y- (V4)	1.40	-	1.00	0.60	0.30	0.00
Desaprumo X+ (D1)	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Desaprumo X- (D2)	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Desaprumo Y+ (D3)	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Desaprumo Y- (D4)	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Subpressão (AS)	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00

Combinações de ações

A partir das ações de carregamento definidas, obteve-se as combinações para análise e dimensionamento da estrutura nos estados limites (ELU) últimos e de serviço (ELS).

Carregamentos previstos

As sobrecargas previstas sobre a estrutura são as seguintes:

Carregamentos das lajes

Os carregamentos foram previstos conforme tipo de ocupação da edificação, definidos com os seguintes valores:

Pavimento Baldrame

Lajes							
Dados				Sobrecarga (kgf/m ²)			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	15	0	375	100	300	sim (ver forma)
L2	Maciça	15	0	375	100	300	sim (ver forma)

Pavimento Laje CX

Lajes							
Dados				Sobrecarga (kgf/m ²)			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	12	0	300	250	100	sim (ver forma)
L2	Maciça	12	0	300	250	100	-

Cargas de parede

Foram previstos carregamentos devido ao peso das paredes (não estrutural) sobre as vigas, considerando as espessuras e pesos específicos conforme tabela abaixo:

Propriedades das paredes:

Pavimentos	Paredes	
	Espessura (cm)	Peso específico (kgf/m ³)
Baldrame	8.00	1600.00
	14.00	700.00
	14.00	1600.00
	15.00	1400.00
	20.00	1400.00
Laje CX	14.00	1600.00

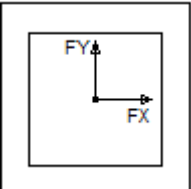
Outros Carregamentos

Especifique aqui outros carregamentos adicionais considerados no projeto, se existirem (por exemplo: empuxos de terra, etc).

Ação do vento

O efeito do vento sobre a edificação é avaliado a partir de diversos parâmetros que permitem definir as forças aplicadas sobre a estrutura.

Parâmetros adotados para consideração do vento:

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Velocidade	30.00m/s	-
Nível do solo (S2)	0.00cm	-
Maior dimensão horizontal ou vertical (S2)	Maior que 50 m	-
Rugosidade do terreno (S2)	Categoria III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
Fator topográfico (S1)	1.0	Demais casos.
Fator estatístico (S3)	1.00	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.
Ângulo do vento em relação à horizontal	0°	
Direções de aplicação do vento	Vento X+ (V1) Vento X- (V2) Vento Y+ (V3) Vento Y- (V4)	Ver combinações de ações.

As forças estáticas devido ao vento foram calculadas para cada direção a partir dos parâmetros definidos, conforme apresentado na tabela a seguir.

Forças estáticas aplicadas nos pavimentos da estrutura devido ao vento:

Pavimento	Fachada X (cm)	Fachada Y (cm)	Nível (cm)	S2	Coef. Arrasto X	Coef. Arrasto Y	Força X (tf)	Força Y (tf)
Laje CX	1203.50	1101.50	377.00	0.76	1.03	0.97	0.76	0.66
Baldrame	2261.55	2532.00	0.00	0.36	0.97	1.04	0.16	0.16

Imperfeições globais

Imperfeições geométricas globais devido ao desaprumo dos elementos verticais para verificação do estado limite último da estrutura.

Parâmetros adotados para consideração das imperfeições globais:

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Direções de aplicação	Direção X Direção Y	Ver combinações de ações.

Modelo de análise

A análise da estrutura foi realizada a partir da criação de um modelo de pórtico, sendo a estrutura formada por pilares e vigas admitidos como elementos lineares representados por seus eixos longitudinais. A modelagem das lajes de concreto do pavimento foi realizada pelo processo da analogia de grelha, onde as lajes são discretizadas em faixas substituídas por

elementos estruturais de barras, obtendo-se assim uma grelha de barras plana interconectadas.

Verificação de estabilidade global

A análise global da estrutura é um importante instrumento de avaliação da estrutura, permitindo também avaliar a importância dos esforços de segunda ordem globais. Os parâmetros para avaliação de estabilidade global (Gama-Z e P-Delta), quando aplicáveis, poderão ser verificados nos resultados da análise.

Não linearidade física

Para consideração aproximada da não linearidade física considerou-se a rigidez dos elementos estruturais conforme apresentado na tabela a seguir:

Valores adotados para consideração da não-linearidade física:

Rigidez das vigas: 0.70 Eci.Ic

Rigidez dos pilares: 0.70 Eci.Ic

Rigidez das lajes: 0.40 Eci.Ic

Análise de 2ª ordem

Os valores do efeito P-Delta para avaliação e determinação dos esforços de 2ª ordem na estrutura, quando aplicável, poderão ser verificados nos resultados da análise.

Processo adotado: P-Delta

Relatório de Cargas nas Fundações

Fundação			Carga (tf)								Carga Máxima (tf)	
Nome	Seção (cm)	Peso próprio	Adicional	Solo	Acidental	Água	Vento X+	Vento X-	Vento Y+	Vento Y-	Positiva	Negativa
P1	45 x 45	3.38	3.19	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.04	-0.04	6.85	0.00
P2	45 x 45	3.38	3.12	0.00	0.32	0.00	0.05	-0.05	0.06	-0.06	6.87	0.00
P3	45 x 45	3.61	2.85	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.03	0.05	-0.05	6.54	0.00
P4	45 x 45	3.73	3.17	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.01	-0.01	6.92	0.00
P5	19 x 30	2.14	1.51	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.03	4.36	0.00
P6	19 x 30	2.23	1.59	0.00	0.71	0.00	-0.01	0.01	-0.01	0.01	4.54	0.00
P7	17 x 50	5.96	9.96	0.00	0.46	3.17	-0.87	0.87	0.03	-0.03	20.44	0.00
P8	17 x 50	6.12	9.96	0.00	0.49	3.17	0.87	-0.87	0.04	-0.04	20.62	0.00
P9	45 x 45	4.18	3.65	0.00	0.32	0.00	-0.13	0.13	-0.01	0.01	8.25	0.00
P10	45 x 45	3.24	5.89	0.00	0.30	0.00	0.04	-0.04	-0.01	0.01	9.45	0.00
P11	45 x 45	5.00	5.98	0.00	0.00	0.00	0.05	-0.05	0.01	-0.01	11.05	0.00
P12	20 x 39	3.40	9.49	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.06	-0.06	12.97	0.00

Fundação			Carga (tf)								Carga Máxima (tf)	
Nome	Seção (cm)	Peso próprio	Adicional	Solo	Acidental	Água	Vento X+	Vento X-	Vento Y+	Vento Y-	Positiva	Negativa
P13	20 x 20	1.96	4.85	0.00	-0.01	0.00	0.03	-0.03	0.00	0.00	6.85	0.00
P14	20 x 20	1.74	4.48	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.03	0.00	0.00	6.25	0.00
P15	45 x 45	4.24	2.96	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.04	0.00	0.00	7.25	0.00
P16	45 x 45	3.47	5.71	0.00	0.00	0.01	-0.02	0.02	0.00	0.00	9.21	0.00
P17	20 x 50	11.53	18.29	0.00	0.97	4.01	0.00	0.00	-0.14	0.14	34.93	0.00
P18	45 x 45	4.82	5.79	0.00	0.00	0.01	0.05	-0.05	0.00	0.00	10.69	0.00
P19	45 x 45	3.65	3.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	6.68	0.00
P20	45 x 45	3.83	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.02	6.96	0.00
P21	45 x 45	4.02	3.96	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.05	0.05	8.08	0.00
P22	45 x 45	3.70	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	6.81	0.00
TOTAL:		107.60	128.73	0.00	16.63	10.35	0.00	0.00	0.00	0.00	263.32	

Verificação da Estabilidade Global da Estrutura

Eixo X (1.4G1+1.3G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V1+0.84D1)						
Pavimento	Altura Relativa (cm)	Carga Vertical (tf)	Carga Horizontal (tf)		Desloc. Horizontal (cm)	
			Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
Laje CX	527	62.12	0.64	0.55	0.45	0.42
Baldrame	150	231.99	0.14	0.14	0.02	-0.02

Eixo Y (1.4G1+1.3G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V4+0.84D4)						
Pavimento	Altura Relativa (cm)	Carga Vertical (tf)	Carga Horizontal (tf)		Desloc. Horizontal (cm)	
			Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
Laje CX	527	62.12	0.64	0.55	0.03	0.70
Baldrame	150	231.91	0.14	0.14	0.01	-0.01

Coeficiente Gama-Z		
	Eixo X	Eixo Y
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	3.56	3.11
Momento de 2a. ordem de cálculo (tf.m)	0.32	0.41
Gama-Z	1.10	1.15

Valor limite: 1.10

Relatório de cálculo das sapatas

Baldrame

$f_{ck} = 250.00 \text{ kgf/cm}^2$

$E = 241500 \text{ kgf/cm}^2$

Peso Espec = 2500.00 kgf/m^3

Lance 1

cobr = 4.50 cm

Nome	Esforços			Pressões(kgf/cm ²)		Estabilidade				Dimensionamento	
	MB MH (kgf.m)	FB FH (tf)	Carga Carga total (tf)	Padm	Psolo Sig1 Sig2 Sig3 Sig4	Tombamento		Deslizamento	Arranc.	Dir. B	Dir. H
						Dir. B Msd Mrd Cond. (1.5)	Dir. H Msd Mrd Cond. (1.5)	Fsd Frd Cond. (1.5)	Nt Ns Ns>Nt	Md As (cm ² /m) A's (cm ² /m)	Md As (cm ² /m) A's (cm ² /m)
S1	102.78 102.78	0.02 0.45	6.85 9.41	1.40	0.750.85 0.960.85	102.78 4938.49 48.05	102.78 4938.49 48.05	0.45 5.95 13.22		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S2	103.04 103.04	0.35 0.29	6.87 9.42	1.40	0.740.85 0.960.85	103.04 4947.84 48.02	103.04 4947.84 48.02	0.41 5.95 14.63		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S3	98.09 98.09	0.27 0.43	6.54 9.09	1.40	0.720.82 0.920.82	98.04 4772.84 48.68	98.04 4772.84 48.68	0.44 5.95 13.59		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S4	103.76 103.76	0.01 0.07	6.92 9.47	1.40	0.750.86 0.960.86	103.76 4973.00 47.93	103.76 4973.00 47.93	0.07 5.95 82.74		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S5	27.58 43.55	0.32 0.07	4.36 6.17	1.40	0.790.84 0.920.87	27.58 2467.21 89.45	43.55 2775.61 63.73	0.32 3.89 12.08		2858.10 4.51 0.00	2858.10 4.51 0.00
S6	28.76 45.41	0.30 0.04	4.54 6.35	1.40	0.810.87 0.950.89	28.75 2541.14 88.38	45.40 2858.78 62.97	0.30 3.89 13.08		2858.10 4.51 0.00	2858.10 4.51 0.00
S7	115.82 340.66	0.36 1.55	20.44 25.71	1.40	1.191.25 1.381.32	115.82 16066.17 138.71	340.66 20564.69 60.37	1.56 10.80 6.94		4413.44 8.78 0.00	4200.35 6.69 0.00
S8	116.83 343.61	0.36 1.47	20.62 25.88	1.40	1.201.26 1.391.33	116.83 16177.06 138.47	343.61 20706.64 60.26	1.47 10.80 7.33		4413.44 8.78 0.00	4200.35 6.69 0.00
S9	123.78 123.78	1.60 0.22	8.25 10.81	1.40	0.850.98 1.110.98	123.77 5673.39 45.84	123.77 5673.39 45.84	1.61 5.95 3.70		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S10	141.77 141.77	2.32 0.27	9.45 12.01	1.40	0.941.09 1.241.09	141.74 6302.08 44.46	141.74 6302.08 44.46	2.32 5.95 2.57		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S11	165.71 165.71	0.89 0.66	11.05 13.89	1.40	0.991.14 1.291.14	165.71 7639.23 46.10	165.71 7639.23 46.10	1.07 6.53 6.12		2858.10 4.95 0.00	2858.10 4.95 0.00
S12	86.50 168.67	0.07 0.52	12.97 16.19	1.40	1.171.25 1.381.31	86.48 8498.07 98.26	168.53 9706.90 57.60	0.52 6.80 13.10		2858.10 5.40 0.00	2858.10 4.73 0.00
S13	45.67 45.67	0.10 0.17	6.85 8.70	1.40	1.111.20 1.291.20	45.67 3698.39 80.99	45.67 3698.39 80.99	0.19 3.90 20.97		2858.10 4.51 0.00	2858.10 4.51 0.00
S14	41.70 41.70	0.10 0.17	6.25 7.89	1.40	1.131.23 1.321.23	41.69 3154.25 75.66	41.69 3154.25 75.66	0.18 3.46 18.87		2858.10 4.51 0.00	2858.10 4.51 0.00
S15	108.75 108.75	1.70 0.14	7.25 9.81	1.40	0.770.88 1.000.88	108.68 5145.25 47.34	108.68 5145.25 47.34	1.71 5.95 3.49		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S16	138.10 138.10	2.10 0.66	9.21 11.76	1.40	0.921.06 1.211.06	138.07 6173.67 44.71	138.07 6173.67 44.71	2.17 5.95 2.74		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S17	232.86 582.14	1.63 0.28	34.93 44.09	1.40	1.221.27 1.371.32	232.86 37479.80 160.96	582.14 44093.88 75.74	1.63 18.36 11.27		6377.09 12.75 0.00	5985.65 10.50 0.00

Nome	Esforços			Pressões(kgf/cm ²)		Estabilidade				Dimensionamento	
	MB MH (kgf.m)	FB FH (tf)	Carga Carga total (tf)	Padm	Psolo Sig1 Sig2 Sig3 Sig4	Tombamento		Deslizamento	Arranc.	Dir. B	Dir. H
						Dir. B Msd Mrd Cond. (1.5)	Dir. H Msd Mrd Cond. (1.5)	Fsd Frd Cond. (1.5)	Nt Ns Ns>Nt	Md As (cm ² /m) A's (cm ² /m)	Md As (cm ² /m) A's (cm ² /m)
S18	160.34 160.34	0.51 0.63	10.69 13.24	1.40	1.031.19 1.361.19	160.34 6953.30 43.37	160.34 6953.30 43.37	0.76 5.95 7.88		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S19	100.21 100.21	0.01 0.46	6.68 9.24	1.40	0.730.84 0.940.84	100.18 4847.59 48.39	100.18 4847.59 48.39	0.46 5.95 12.91		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S20	104.37 104.37	0.18 0.26	6.96 9.51	1.40	0.750.86 0.970.86	104.30 4991.71 47.86	104.30 4991.71 47.86	0.28 5.95 20.91		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S21	121.13 121.13	0.19 1.72	8.08 10.63	1.40	0.830.96 1.080.96	121.13 5580.99 46.07	121.13 5580.99 46.07	1.72 5.95 3.45		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00
S22	102.20 102.20	0.01 0.19	6.81 9.37	1.40	0.740.85 0.950.85	102.19 4918.10 48.13	102.19 4918.10 48.13	0.19 5.95 31.00		2858.10 4.73 0.00	2858.10 4.73 0.00

7. Detalhamento dos componentes

Para o detalhamento das armaduras foram utilizados os resultados dos cálculos acima com ajustes da armação para cobrir detalhes não agraciados nos modelos estruturais para o cálculo.

8. Desenhos

Os desenhos apresentam as formas em planta e cortes, o detalhamento das armaduras e tabelas com os quantitativos de ferro, concreto e formas necessários para a sua execução.

Florianópolis, em 30 de agosto de 2016.

Vitor Pedro Werlang
Engenheiro Civil
Crea-SC 7313-1