

MATERNIDADE PADRÃO PARANÁ

PROJETO EXECUTIVO

MATERNIDADE PADRÃO - PR

PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA

MEMORIAL DE CÁLCULO DE METÁLICA

NOVEMBRO / 2023
VERSÃO R01



MEP Arquitetura e Planejamento Ltda. – EPP

CNPJ: 06.164.906/0001-28

Rua Milton Gavetti, 369 – Jd. Universitário

CEP: 86.050-720 – Londrina / PR

Fone: (43) 3328-1020

mep@meparquitetura.arq.br

www.meparquitetura.arq.br

ASSUNTO:	MEMORIAL DE CÁLCULO DE ESTRUTURA METÁLICA PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS	
OBRA:	MATERNIDADE PADRÃO - PR	
LOCAL:	DIVERSOS	
PROPRIETÁRIO:	SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO PARANÁ – SESA PR	CNPJ: 76.416.866/0001-40
CONTRATANTE:	SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO PARANÁ – SESA PR	CNPJ: 76.416.866/0001-40

<p>QUADROS DE ÁREAS ESTIMADAS DE ACORDO COM ZONEAMENTO:</p>	<p>PROPRIETÁRIO: SECRETARIA DO ESTADO DA SAÚDE DO PARANÁ – SESA PR CNPJ: 76.416.866/0001-40</p>
<p>QUADROS DE ÁREAS:</p>	
<p>ÁREA A CONSTRUIR: 867,83 m²</p>	<p>AUTOR DO MEMORIAL: Thiago Fernando Segal Xavier Engenheiro Civil – CREA: 105125/D MEP – ARQUITETURA E PLANEJAMENTO LTDA CNPJ: 06.164.906/0001-28</p>
<p>ESCALA: INDICADA</p>	
<p>DATA: NOVEMBRO / 2023</p>	<p>TEXTO: MEP ARQUITETURA E PLANEJAMENTO VERSÃO R01</p>

ÍNDICE

	ÍNDICE	2
ÍNDICE DE FIGURAS		4
ACRÔNIMOS E ABREVIações.....		5
1 INTRODUÇÃO		7
1.1 Localização.....		7
2 BASES DE REFERÊNCIA DO DOCUMENTO.....		8
2.1 Referências Técnicas Suplementares.....		8
3 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA		9
4 PREMISSAS DE CÁLCULO		10
4.1 Parâmetros Gerais.....		10
4.1.1 Sistema de Unidades.....		10
4.1.2 Modelagem Matemática.....		10
4.1.3 Materiais		10
4.2 Condições Ambientais		11
4.2.1 Temperatura e Retração		11
4.2.2 Ventos		11
4.2.3 Condições Sísmicas		13
4.3 Durabilidade		14
4.3.1 Classe de Agressividade Ambiental		14
4.3.2 Características do Concreto.....		14
4.3.3 Cobrimentos Mínimos		15
4.4 Carregamentos.....		16
4.4.1 Peso próprio		16
4.4.2 Sobrecargas acidentais.....		16
4.4.3 Cargas Permanentes		18
4.4.4 Equipamentos Especiais.....		20
4.4.5 Cargas Decorrentes do Processo Construtivo		20
4.5 Combinações e Fatores Parciais		20
4.6 Critérios de Modelagem Estrutural.....		22
4.7 Cálculo de Fundação.....		23
4.7.1 Caso de fundação direta.....		23
4.7.2 Caso de Fundação Profunda		23
4.7.3 Coeficiente de Segurança Global de Fundações		24

4.8	Parâmetros de Incêndio.....	25
5	ESTRUTURA METÁLICA	28
5.1	Combinações e Fatores Parciais para Estrutura Metálica.....	28
5.2	Parâmetros Gerais.....	28
5.3	Modelos Estruturais	28
5.4	Deformações e Esforços de Cálculo	28
5.5	Dimensionamento.....	31
5.6	Recomendações gerais da estrutura metálica	34
5.6.1	Soldas.....	35
5.6.2	Montagem.....	35
6	CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E EXECUTIVAS	37
7	CONCLUSÃO	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Planta chave do faseamento da estrutura	9
Figura 2 – Isopletas de velocidade básica do vento	11
Figura 3 – Ábaco Coeficiente de Arrasto	12
Figura 4 – Mapeamento de Aceleração Sísmica	13
Figura 5: Classes de Agressividade	14
Figura 6: Características do Concreto Armado	15
Figura 7: Cobrimento x Classe de Agressividade	15
Figura 8: Cargas gerais acidentais - Área Hospitalar	16
Figura 9: Cargas gerais acidentais – Coberturas em geral (sem estrutura metálica e telha inclinada) - (kN/m ²)	17
Figura 10: Cargas gerais acidentais – Coberturas com estrutura metálica e telha	17
Figura 11: Cargas gerais – Paredes em alvenaria	18
Figura 12: Cargas Permanentes Gerais dos pavimentos	19
Figura 13: Cargas Permanentes Gerais de cobertura	19
Figura 14: Parâmetros e Combinações	20
Figura 15: AOKI-VELLOSO (parâmetros)	23
Figura 16: DECÓURT QUARESMA (parâmetros)	24
Figura 17: Coeficientes de Segurança	24
Figura 18: TRRF Hospital	25
Figura 19: Tabelas NBR 15200	26
Figura 20 - Cobertura 1 - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	29
Figura 21 - Cobertura 4 - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	29
Figura 22 – Marquise 1A - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	29
Figura 23– Marquise 1B - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	29
Figura 24 – Marquise 1C - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	30
Figura 25 – Marquise 2A - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	30
Figura 26 – Marquise 2B - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	30
Figura 27 – Marquise 2C - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	30
Figura 28 – Marquise 3A - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	31
Figura 29 – Marquise 3B - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	31
Figura 30 – Marquise 3C - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf)	31

ACRÔNIMOS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PDF	Portable Document Format

1 INTRODUÇÃO

O presente documento refere-se ao projeto para Maternidade Padrão Paraná que serão destinadas através de convenio entre a SESA/PR e alguns Municípios do Paraná. Este memorial tem como objetivo descrever as estruturas metálicas a serem executadas em diversos municípios no Estado do Paraná.

1.1 Localização

O Projeto Padrão não possui implantação específica, devendo ser ajustado conforme necessidade de cada terreno.

2 BASES DE REFERÊNCIA DO DOCUMENTO

2.1 Referências Técnicas Suplementares

Considera-se como referências técnicas para a elaboração os seguintes documentos, sendo todas as normas citadas nas versões mais atuais:

Normas:

- NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento;
- NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 6123 – Forças Devido ao Vento em Edificações;
- NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas;
- NBR 8800 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;
- NBR 6120 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 15421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento;
- NBR 15200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.

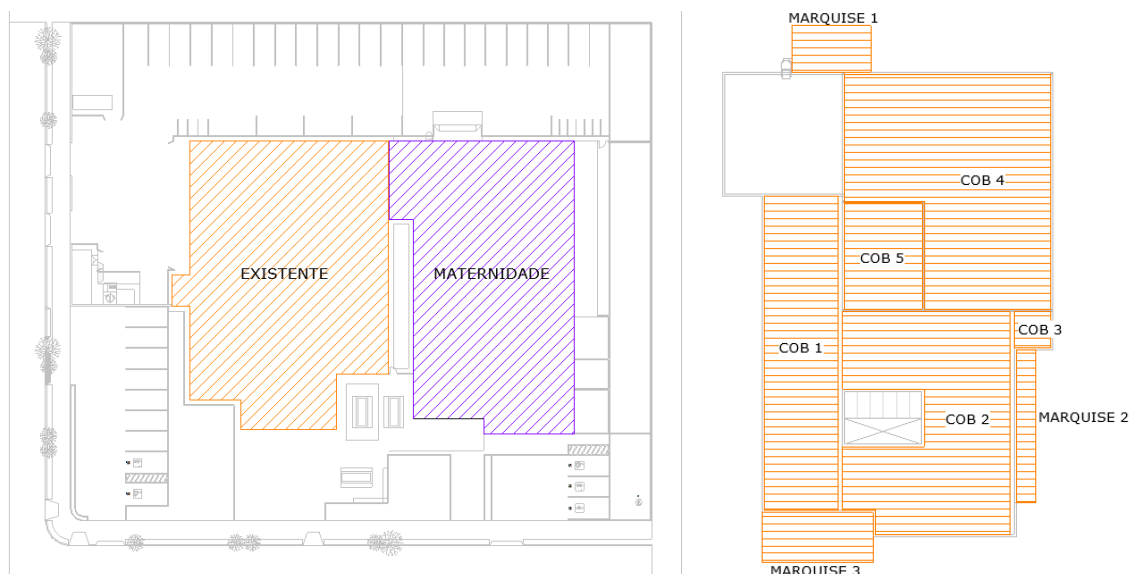
Referências Bibliográficas:

- Hormigón Armado, por P.J. Montoya, A.G. Meseguer, F.M. Cabré;
- Construções de Concreto, por F. Leonhardt e E. Monnig;
- VELLOSO, Dirceu de Alencar. Fundações, Volume 1. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011;
- VELLOSO, Dirceu de Alencar. Fundações, Volume 2. Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010;
- GUIDICINI, Guido. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 1983;
- CINTRA, José Carlos. Fundações por Estacas. Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010;
- VARGAS, Milton. Introdução à Mecânica dos Solos. Nova ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977;
- CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. 5 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

3 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura em estudo será implantada ao lado de um edifício existente, conforme implantação da **Erro! Fonte de referência não encontrada..** A maternidade possui 2 pavimentos, mais as platibandas para fechamento do prédio. As coberturas metálicas se encontram sobre o segundo pavimento, mais as marquises.

Figura 1 – Planta chave do faseamento da estrutura



Fonte: Os próprios autores.

4 PREMISSAS DE CÁLCULO

A concepção da estrutura de concreto armado se deu de acordo com os parâmetros delimitados na norma brasileira NBR 6118 e as fundações seguiram os conceitos descritos na NBR 6122.

4.1 Parâmetros Gerais

4.1.1 Sistema de Unidades

Todos os valores apresentados estão em:

- Forças: kN ou tf;
- Comprimentos: m ou cm;
- Temperatura: °C;

Exceto onde expressamente indicado ou em situações em que há unidades consagradas pela prática.

4.1.2 Modelagem Matemática

Os modelos estruturais foram elaborados no seguinte *software*:

- a) TQS v22: Elaboração do projeto para estruturas de concreto armado;

4.1.3 Materiais

- a) CONCRETO C-25 (GERAL ACIMA DE PAVIMENTO TÉRREO)

Resistência característica (f_{ck}) maior ou igual a 25 MPa aos 28 dias. O Módulo de elasticidade de Young (E) do material é calculado de acordo com a relação dada na NBR 6118:

- Concretos de classe até C50:

$$E_{ci} = \alpha_E * 5600 * \sqrt{f_{ck}}$$

O parâmetro α_E é definido em relação ao tipo de agregado e pode variar entre 0,7 e 1,2.

- a) AÇO PARA CONCRETO ARMADO:

Aço CA-50: Tensão de escoamento (f_y) de 500 MPa, nervurado e com características que permitam seu uso em conjunto com o concreto, em bitolas de Ø6,3 mm ou superiores;

Aço CA-60: Tensão de escoamento (f_y) de 600 MPa, sem nervuras, em bitolas de Ø5 mm ou inferiores.

4.2 Condições Ambientais

4.2.1 Temperatura e Retração

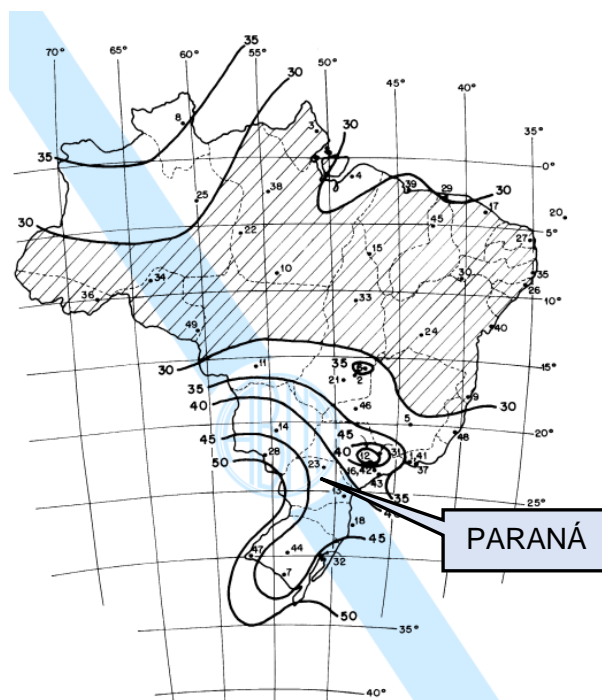
Foi considerada uma variação térmica de $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para os efeitos de temperatura e de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o fenômeno de retração onde for justificável a análise no projeto.

4.2.2 Ventos

As cargas de vento irão seguir a NBR 6123, onde os seguintes parâmetros serão adotados:

- Velocidade básica (ver mapa de isopletas a seguir).

Figura 2 – Isopletas de velocidade básica do vento

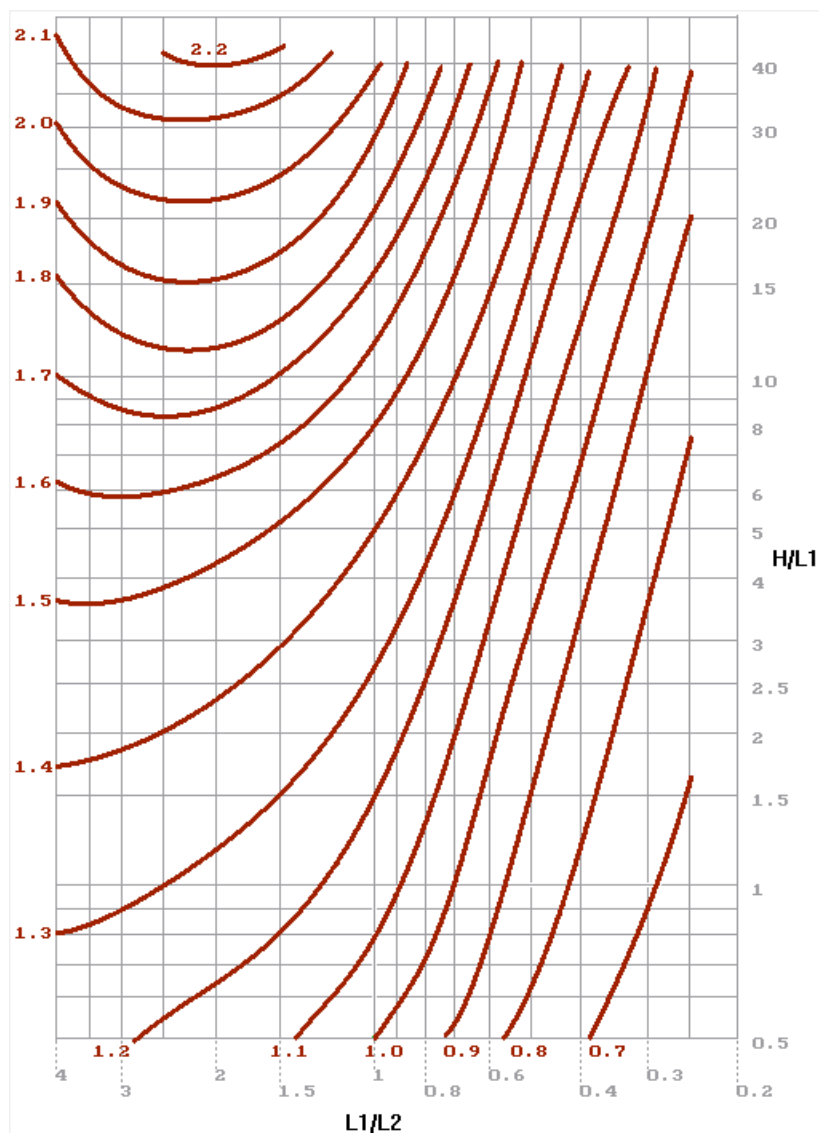


Fonte: NBR 6123

- Fator topográfico - $S1 = 1,0$
- Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno - $S2$:
 - Categoria III; (a confirmar dependendo da localização da maternidade)
 - Classe B;
 - $Z \approx 35\text{m}$.
 Portanto, $S2 = 0,89$.
- Fator estatístico - $S3: 1,10$ (hospitais).

Os coeficientes de arrasto serão calculados de acordo com o Ábaco a seguir, definido para ventos de baixa turbulência:

Figura 3 – Ábaco Coeficiente de Arrasto



Fonte: NBR 6123

Onde:

H = Altura da Edificação (m);

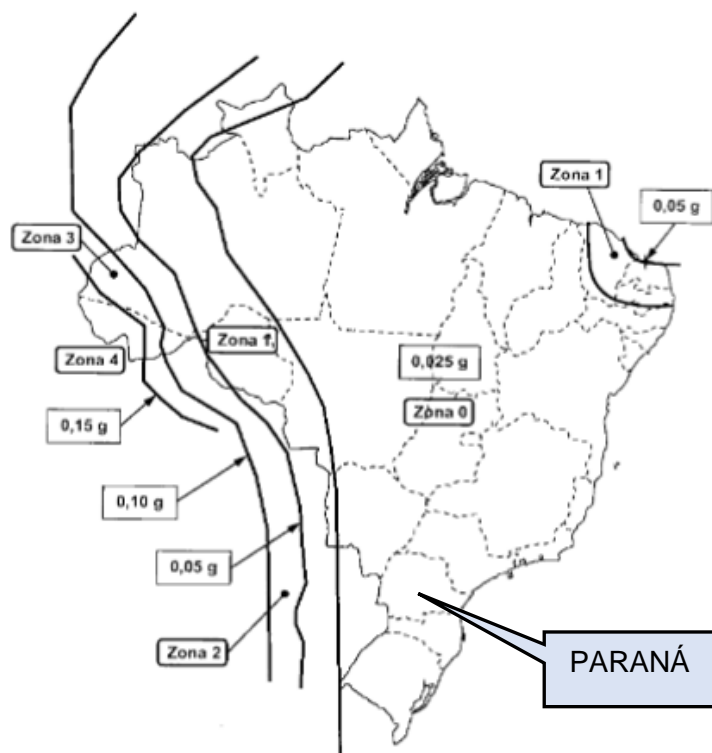
L1 e L2: Comprimento/largura (Lados da edificação - m).

4.2.3 Condições Sísmicas

De acordo com a NBR 15421, item 7.3.1 é descrito que: (...) “7.3.1 Requisitos de análise para categoria sísmica A (...) para as estruturas localizadas na zona sísmica 0, nenhum requisito de resistência sísmica é exigido.” (...)

No mapeamento de aceleração sísmica fica claro que o estado do Paraná se enquadra na zona 0, que está dentro da categoria sísmica A, ou seja, não há necessidade de avaliação sísmica.

Figura 4 – Mapeamento de Aceleração Sísmica



Fonte: NBR 15421

4.3 Durabilidade

4.3.1 Classe de Agressividade Ambiental

Considerando-se as recomendações e indicações da norma 6118 vigente, verifica-se que as estruturas de concreto armado em questão se encontram inseridas na classe de agressividade ambiental descrita como CAA II (Urbana).

Figura 5: Classes de Agressividade

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118

4.3.2 Características do Concreto

Uma vez que a estrutura de concreto armado foi classificada na classe de agressividade II, utilizando a tabela 7.1, da NBR 6118, entende-se que o concreto armado em geral deverá ter as seguintes características mínimas:

- Relação água/cimento (concreto armado CA): $\leq 0,60$;
- Classe do concreto (NBR 8953): $\geq C25$ (25MPa) → **Adotado 25Mpa**

A tabela a seguir apresenta a relação entre a classe de agressividade e as características do concreto.

Figura 6: Características do Concreto Armado

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118

4.3.3 Cobrimentos Mínimos

A tabela 7.2 da NBR 6118 indica os cobrimentos mínimos para tolerância de execução (Δc) de 10mm.

Figura 7: Cobrimento x Classe de Agressividade

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50

Desta forma, tem-se os seguintes cobrimentos a serem utilizados no projeto:

a) Concreto Armado:

Laje: **25mm**

Viga/Pilar: **30mm**

Para os blocos adotou-se **5,0cm**.

4.4 Carregamentos

A seguir serão apresentados os carregamentos que foram considerados no projeto:

4.4.1 Peso próprio

Será adotado o peso específico de 25 kN/m³ para o concreto armado e de 78,5 kN/m³ para o aço.

4.4.2 Sobrecargas acidentais

As seguintes sobrecargas, quando aplicável, foram adotadas de acordo com a utilização de cada ambiente:

a) Área hospitalar:

Figura 8: Cargas gerais acidentais - Área Hospitalar

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Hospitais As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Dormitórios, enfermaria, sala de recuperação, sanitários	2	—
	Sala de raios X, sala de cirurgia	3 ^a	—
	Laboratório	3 ^a	—
	Corredores	3	—
	Sala de refeições, café, restaurante	3 ^a	—
	Depósitos	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 5 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^{a,p}	—
	Salas administrativas	2,5	—
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
Escadas e passarelas ^t	Hospitais	3	—
	Residenciais, hotéis (dentro de unidades autônomas)	2,5	—
	Residenciais, hotéis (uso comum)	3	—
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, bibliotecas	3	—
	Centros de exposição	5	—
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	—
	Escolas	3	—
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i>	4	—
	Servindo arquibancadas	5	—
	Com acesso público	3	—
	Sem acesso público	2,5	—

Vestíbulos (acessos) ^a	Sem acesso público	1,5	—
	Com acesso público	3	—
	Residenciais, hotéis, hospitais (uso comum)	3	—
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, escolas, bibliotecas	3	—
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	—
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i>	5	—
	Servindo arquibancadas	5	—
Balcões, sacadas, varandas e terraços ^{i,j}	Residencial	2,5	—
	Comercial, corporativos e escritórios	3	—
	Com acesso público (hotéis, hospitais, escolas, teatros etc.)	4	—

Fonte: NBR 6120

b) Cobertura em geral:

As sobrecargas das coberturas sobre pavimentos de concreto armado estão, quando aplicável, apresentadas a seguir:

Figura 9: Cargas gerais acidentais – Coberturas em geral (sem estrutura metálica e telha inclinada) - (kN/m²)

Coberturas ^{a,g,n,o} Cargas para estruturas de concreto armado, mistas de aço e concreto e alvenaria estrutural. Outras coberturas: ver 6.4	Com acesso apenas para manutenção ou inspeção	1	9
	Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas	1,5	9
	Outros usos: conforme o item pertinente desta Tabela.		

Fonte: NBR 6120.

Figura 10: Cargas gerais acidentais – Coberturas com estrutura metálica e telha

As demais coberturas devem ser projetadas para suportar uma carga variável uniformemente distribuída conforme a expressão a seguir:

$$q = 0,50 \times \alpha \quad \text{onde} \quad 0,25 \text{ kN/m}^2 \leq q \leq 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = \begin{cases} 1,0 & 1\% < i \leq 2\% \\ 2,0 - 0,5 \times i & 2\% < i < 3\% \\ 0,5 & i \geq 3\% \end{cases}$$

onde

i é a inclinação da cobertura, medida entre a cumeeira e a extremidade mais baixa, expressa em porcentagem (%);

Fonte: NBR 6120

4.4.3 Cargas Permanentes

a) Paredes em alvenaria (blocos cerâmicos vazados)

As cargas provenientes das paredes em alvenaria foram consideradas com revestimento de 2cm, de acordo com a tabela a seguir:

Figura 11: Cargas gerais – Paredes em alvenaria

Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m ²		
		0 cm	1 cm	2 cm
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3

Fonte: NBR 6120

b) Paredes em *drywall*:

Para as paredes em dry-wall não se considerou a carga linear posicionada de acordo com a arquitetura. Visto que é possível a alteração de *layout* e mudança de posição deste tipo de parede ao longo do período de utilização do edifício, adotou-se um acréscimo de 70 kgf/m² de carga distribuída em área sobre as lajes, para compreender os esforços proveniente deste tipo de parede.

c) Cargas permanentes gerais dos pavimentos:

Para as cargas permanentes gerais dos pavimentos, quando aplicável, foi considerado 130kgf/m², cuja composição é a seguinte:

Carga permanente distribuída: 100kgf/m² (regularização + revestimento) + 30kgf/m² (forro + instalações).

A parcela de 100 kgf/m² foi extraída da NBR6120, a seguir:

Figura 12: Cargas Permanentes Gerais dos pavimentos

Material	Espessura cm	Peso kN/m ²
Impermeabilização com manta asfáltica simples (apenas manta com 15 % de sobreposição e pintura asfáltica, sem camada de regularização nem proteção mecânica)	0,3	0,08
	0,4	0,10
	0,5	0,11
Piso elevado interno com placas de aço, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,5
Piso elevado interno com placas de polipropileno, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,15
Revestimentos de pisos de edifícios residenciais e comerciais ($\gamma_{ap-m} = 20 \text{ kN/m}^3$)	5	1,0
	7	1,4
Revestimentos de pisos de edifícios industriais ($\gamma_{ap-m} = 34 \text{ kN/m}^3$)	5	1,7
	7	2,4
Impermeabilizações em coberturas com manta asfáltica e proteção mecânica, sem revestimento ($\gamma_{ap-m} = 18 \text{ kN/m}^3$)	10	1,8
	15	2,7
NOTA Calcular caso a caso, considerando a espessura dos componentes do revestimento de pisos e seus respectivos pesos específicos. Na falta de informações mais precisas, podem ser considerados os pesos específicos médios indicados.		

Fonte: NBR 6120

d) Cargas permanentes de cobertura:

As cargas permanentes de cobertura serão consideradas de acordo com tabela a seguir, somado a 30 kgf/m² (forro + instalações):

Figura 13: Cargas Permanentes Gerais de cobertura

Coberturas com telhas:

Composição	Peso na superfície horizontal kN/m ²
Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40 \%$	0,7
Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40 \%$.	0,85
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço	0,3
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio	0,2
Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira	0,35
NOTA Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).	

Coberturas com impermeabilização:

Material	Espessura cm	Peso kN/m ²
Impermeabilizações em coberturas com manta asfáltica e proteção mecânica, sem revestimento ($\gamma_{ap-m} = 18 \text{ kN/m}^3$)	10	1,8
	15	2,7

Fonte: NBR 6120

4.4.4 Equipamentos Especiais

Cargas provenientes de equipamentos especiais foram avaliados caso-a-caso, a depender do projeto das demais disciplinas envolvidas.

4.4.5 Cargas Decorrentes do Processo Construtivo

Cargas provenientes do processo construtivo, quando aplicável, foram avaliadas no projeto.

4.5 Combinações e Fatores Parciais

A combinações seguiram o preconizado na NBR 6118, cujos parâmetros estão descritos a seguir:

Figura 14: Parâmetros e Combinações

Peso Próprio Gama F - ponderador de ações <input type="text" value="1.4"/> <input type="checkbox"/> Ponderador favorável <input type="text" value="1"/>	Esforços de 2ª ordem Gama F3 - parcela de desvios <input type="text" value="1.1"/>
Cargas Permanentes Gama F - ponderador de ações <input type="text" value="1.4"/> <input type="checkbox"/> Ponderador favorável <input type="text" value="1"/>	

Ponderadores e redutores de sobrecargas



Ponderadores ELU Gama F - ponderador de ações <input type="text" value="1.4"/> <input type="checkbox"/> Ponderador favorável <input type="text" value="1"/>		Cargas acidentais de edifícios <input type="radio"/> Valores definidos Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <input type="radio"/> Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas <input type="radio"/> Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens.						
Fatores de redução ELU e ELS <table> <tr> <td>ELU</td> <td>ELS-Fr</td> <td>ELS-QP</td> </tr> <tr> <td>Psi0 <input type="text" value="0.7"/></td> <td>Psi1 <input type="text" value="0.6"/></td> <td>Psi2 <input type="text" value="0.4"/></td> </tr> </table>			ELU	ELS-Fr	ELS-QP	Psi0 <input type="text" value="0.7"/>	Psi1 <input type="text" value="0.6"/>	Psi2 <input type="text" value="0.4"/>
ELU	ELS-Fr	ELS-QP						
Psi0 <input type="text" value="0.7"/>	Psi1 <input type="text" value="0.6"/>	Psi2 <input type="text" value="0.4"/>						

Ponderadores e redutores de vento



Ponderadores ELU Gama F - ponderador de ações <input type="text" value="1.4"/> <input type="checkbox"/> Ponderador favorável <input type="text" value="1"/>							
Fatores de redução ELU e ELS <table> <tr> <td>ELU</td> <td>ELS-Fr</td> <td>ELS-QP</td> </tr> <tr> <td>Psi0 <input type="text" value="0.6"/></td> <td>Psi1 <input type="text" value="0.3"/></td> <td>Psi2 <input type="text" value="0"/></td> </tr> </table>		ELU	ELS-Fr	ELS-QP	Psi0 <input type="text" value="0.6"/>	Psi1 <input type="text" value="0.3"/>	Psi2 <input type="text" value="0"/>
ELU	ELS-Fr	ELS-QP					
Psi0 <input type="text" value="0.6"/>	Psi1 <input type="text" value="0.3"/>	Psi2 <input type="text" value="0"/>					

Casos de carregamento simples

Sufixo "_R" Carga acidental reduzida
 Sufixo "_V" Vigas de transição c/inércia normal
 Sufixo "_E" Engastado, com caso correspondente articulado

Num	Prefixo	Título
1	TODAS	Todas permanentes e acidentais dos pavimentos
2	PP	Peso Próprio
3	PERM	Cargas permanentes
4	ACID	Cargas acidentais
5	VENT1	Vento (1) 90°
6	VENT2	Vento (2) 270°
7	VENT3	Vento (3) 0°
8	VENT4	Vento (4) 180°
9	TODAS_V	Todas permanentes e acidentais dos pavimentos - VTN
10	PP_V	Peso Próprio - VTN
11	PERM_V	Cargas permanentes - VTN
12	ACID_V	Cargas acidentais - VTN

Num	AC	VT	Título
13			ELU1/PERMACID/PP+PERM+ACID
14			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT1
15			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT2
16			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT3
17			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT4
18			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT1
19			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT2
20			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT3
21			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT4
22			FOGO/PERMVAR/PP+PERM+0.4ACID
23			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.6ACID
24			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT1
25			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT2
26			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT3
27			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT4
28			ELS/CQPERM/PP+PERM+0.4ACID
29			COMBFLU/COMBFLU/PP+PERM+0.4ACID
30	X		ELU1/PERMACID/PP_V+PERM_V+ACID_V
31	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT1
32	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT2
33	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT3
34	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT4
35	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT1
36	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT2
37	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT3
38	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT4
39	X		FOGO/PERMVAR/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V
40	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V
41	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT1
42	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT2
43	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT3
44	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT4
45	X		ELS/CQPERM/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V
46	X		COMBFLU/COMBFLU/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V

Fonte: Do Autor

4.6 Critérios de Modelagem Estrutural

Os seguintes critérios foram seguidos na modelagem do TQS:

- Flexibilização das ligações viga/pilar: Sim;
- Modelo enrijecido para viga de transição: Sim;
- Método de análise de 2ª Ordem global: P-Delta;
- Plastificação do momento negativo e redistribuição de esforços: Sim. Redistribuído conforme critérios da norma 6118, limitado a 10%.

4.7 Cálculo de Fundação

O cálculo das fundações direta e profunda irão seguir as teorias indicadas a seguir:

4.7.1 Caso de fundação direta

Para o cálculo da tensão admissível das fundações diretas será adotado o método de Teixeira (1996), cuja formulação é apresentada a seguir:

$$\sigma_{adm} = N_{spt} / 5 + q' \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Também será feita a checagem pelo método de Mello, conforme formulação a seguir e pelo método de Terzagui:

$$\sigma_{adm} = (N_{spt}^{0,5}) - 1 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

4.7.2 Caso de Fundação Profunda

Para o cálculo das cargas admissíveis das fundações profundas adotou-se o método de AOKI-VELLOSO, cujos parâmetros de cálculo são apresentados a seguir:

Figura 15: AOKI-VELLOSO (parâmetros)

MÉTODO AOKI VELLOSO (1975)				
Coeficiente K e razão de atrito α			Fatores de correção F ₁ e F ₂	
Solo	K (MPa)	α (%)	Tipo de estaca	F ₁ F ₂
Areia	1.00	1.4	Franki	2.50 5.00
Areia siltosa	0.80	2.0	Metálica	1.75 3.50
Areia siltoargilosa	0.70	2.4	Pré-moldada	1+D/0,80 2 F ₁
Areia argilosa	0.60	3.0	Escavada	3.00 6.00
Areia argilossiltosa	0.50	2.8	Raiz, Hélice Contínua, Ômega	2.00 4.00
Silte	0.40	3.0	Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)	
Silte arenoso	0.55	2.2		
Silte arenoargiloso	0.45	2.8		
Silte argiloso	0.23	3.4		
Silte argiloarenoso	0.25	3.0		
Argila	0.20	6.0		
Argila arenosa	0.35	2.4		
Argila arenossiltosa	0.30	2.8		
Argila siltosa	0.22	4.0		
Argila siltoarenosa	0.33	3.0		
Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)				

Fonte: Do autor

Também se fez uma conferência através do método Decourt Quaresma, cujos parâmetros de cálculo são apresentados a seguir:

Figura 16: DECÓURT QUARESMA (parâmetros)

MÉTODO DECÓURT QUARESMA (1978)

Valores do fator α em função do tipo de estaca e do tipo de solo

Tipo de solo	Escavada em geral	Escavada (betonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetada
Argilas	0,85	0,85	0,3	0,85	1
Solos intermediarios	0,6	0,6	0,3	0,6	1
Areias	0,5	0,5	0,3	0,5	1

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

Valores do fator β em função do tipo de estaca e do tipo de solo

Tipo de solo	Escavada em geral	Escavada (betonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetada
Argilas	0,8	0,9	1	1,5	3
Solos intermediarios	0,65	0,75	1	1,5	3
Areias	0,5	0,6	1	1,5	3

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

Coeficiente característico do solo

Tipo de solo	C (kPa)
Argila	120
Silte argiloso	200
Silte arenoso	250
Areia	400

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

Voltar no Método

Fonte: Do autor

4.7.3 Coeficiente de Segurança Global de Fundações

O coeficiente de segurança global para os dois casos de fundações foi obtido conforme norma vigente de fundações 6122, de acordo com a figura a seguir:

Figura 17: Coeficientes de Segurança

6.2.1.2 Segurança de fundações profundas

6.2.1.2.1 Resistência determinada por método semiempírico

O fator de segurança global a ser utilizado para determinação da carga admissível é 2,0. Para se chegar à força resistente de cálculo o ponderador deve ser 1,4.

Tabela 1 – Fundações rasas – Fatores de segurança e coeficientes de ponderação para solicitações de compressão

Métodos para determinação da resistência última	Coeficiente de ponderação da resistência última γ_m^c	Fator de segurança global FS_g
Semiempíricos ^a	Valores propostos no próprio processo e no mínimo 2,15	Valores propostos no próprio processo e no mínimo 3,00
Analíticos ^b	2,15	3,00
Semiempíricos ^a ou analíticos ^b acrescidos de duas ou mais provas de carga, necessariamente executadas na fase de projeto, conforme 7.3.1	1,40	2,00

Valor adotado para fundações profundas

Valor adotado para fundações diretas

Fonte: Do autor

Este valor de coeficiente de segurança (3) já está incorporado na formulação de Teixeira/MELLO, apresentado anteriormente. No caso do AOKI-VELLOSO/ DECÓURT QUARESMA será aplicado em planilhas específicas.

4.8 Parâmetros de Incêndio

O valor de TRRF (tempo requerido de resistência ao fogo) será definido em função do tipo de utilização e características da obra. Para verificação das dimensões adotadas para os elementos estruturais será adotado o método tabular, conforme NBR15200.

A seguir será apresentado os cálculos e parâmetros do TRRF para cada tipo de obra:

Figura 18: TRRF Hospital

H	Serviços de saúde e institucionais	H-3	Hospitais e assemelhados	Hospitais, casa de saúde, prontos-socorros, clínicas com internação, ambulatórios e postos de atendimento de urgência, postos de saúde e puericultura e outros
---	------------------------------------	-----	--------------------------	--

Fonte: Do autor

A seguir são apresentadas as tabelas retiradas da norma NBR 15200, contendo as dimensões e cobrimentos mínimos de lajes, vigas e pilares.

- Cabe ressaltar que todos os cobrimentos indicados nas tabelas são menores que os requeridos para questões de durabilidade (NBR6118). Desta forma, prevalecem os cobrimentos estabelecidos na NBR6118 e já apresentados anteriormente neste documento.

Figura 19: Tabelas NBR 15200

Tabela 4 — Dimensões mínimas para lajes apoiadas em vigas

TRRF min	h^* mm	c_1 mm		
		Armada em duas direções		Armada numa direção
		$\ell_y / \ell_x \leq 1,5$	$1,5 \leq \ell_y / \ell_x \leq 2$	
30	60	10	10	10
60	80	10	15	20
90	100	15	20	30
120	120	20	25	40

* Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.

Tabela 9 — Dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos

TRRF min	Combinações de b_{min}/c_1 mm/mm			b_{wmin} mm
	1	2	3	
30	80/15	160/12	190/12	80
60	120/25	190/12	300/12	100
90	140/35	250/25	400/25	100
120	200/45	300/35	450/35	120

Tabela 10 — Dimensões mínimas para pilares

TRRF min	Combinações de b_{\min}/c_1 mm/mm			Uma face exposta
	Mais de uma face exposta			
	$\kappa_{fi} = 0,2$	$\kappa_{fi} = 0,5$	$\kappa_{fi} = 0,7$	$\kappa_{fi} = 0,7$
	1	2	3	
30	190/25	190/25	190/30	140/25
60	190/25	190/35	250/45	140/25
90	190/30	300/45	450/40	155/25
120	250/40	350/45	450/50	175/35

NOTA κ_{fi} é a relação entre o esforço normal de cálculo na situação de incêndio e o esforço resistente normal de cálculo do pilar em questão em situação de temperatura normal.

Tabela 7 — Dimensões mínimas para lajes nervuradas apoiadas em três ou quatro lados ou contínuas

TRRF min	Nervuras Combinações de b_{\min}/c_1 ¹⁾ mm/mm			Capa* h/c_1 ²⁾ mm/mm
	1	2	3	
30	80/10			80/10
60	100/25	120/15	190/10	80/10
90	120/35	160/25	250/15	100/15
120	160/45	190/40	300/30	120/20
¹⁾ b_{\min} corresponde à largura mínima da nervura. ²⁾ h corresponde à altura da laje. * Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.				

Fonte: NBR 15200.

5 ESTRUTURA METÁLICA

Abaixo, serão mostrados os modelos e os relatórios de dimensionamento para os elementos de estruturas metálicas

5.1 Combinações e Fatores Parciais para Estrutura Metálica

ELU 1: $1,25 * (\text{Peso Próprio}) + 1,35 * (\text{Permanente}) + 1,5 * (\text{Sobrecarga})$

ELU 2: $1,25 * (\text{Peso Próprio}) + 1,35 * (\text{Permanente}) + 1,5 * (\text{Sobrecarga}) + 1,4 * 0,6 (\text{vento})$

ELU 3: $1,25 * (\text{Peso Próprio}) + 1,35 * (\text{Permanente}) + 1,5 * 0,8 (\text{Sobrecarga}) + 1,4 * (\text{vento});$

ELU 4: $1,00 * (\text{Peso Próprio}) + 1,00 * (\text{Permanente}) + 1,4 * (\text{vento});$

ELS 1: $1,0 * (\text{Peso Próprio}) + 1,0 * (\text{Permanente}) + 0,6 * (\text{Sobrecarga})$

5.2 Parâmetros Gerais

- Esbeltez admissível:
 - Compressão = 200;
 - Tração = 300;
- Fator de Capacidade: Seção não passa quando a capacidade $> 1,02$
- E.L.U.: $\gamma_a=1,1$; $\gamma_a=1,35$;

5.3 Modelos Estruturais

Os modelos foram elaborados nos softwares SAP2000 e Ftool, adotando as premissas de cálculo informadas anteriormente. Após inserção dos dados no modelo, procedeu-se com o dimensionamento conforme normas vigentes.

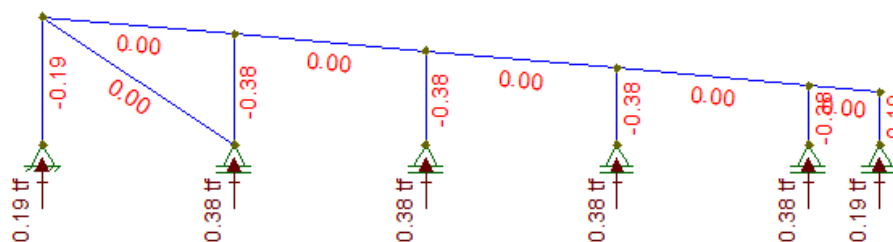
5.4 Deformações e Esforços de Cálculo

Para a avaliação das deformações das estruturas, foram consideradas as combinações em serviço, já mencionadas.

Os esforços obtidos na análise de pórtico, ou de treliça plana, foram utilizadas para o dimensionamento das peças metálicas e ligações, onde um conjunto de combinações conciliando os esforços de cargas verticais e de vento são agrupados e ponderados segundo as prescrições normativas.

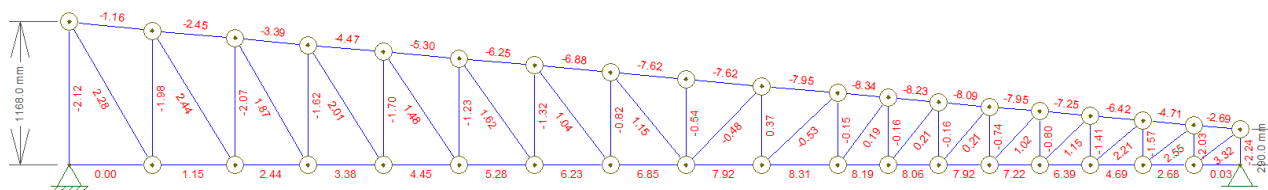
As figuras a seguir foram extraídas do modelo estrutural, representando as estruturas analisadas, e serão expostas para efeito de cálculo.

Figura 20 - Cobertura 1 - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



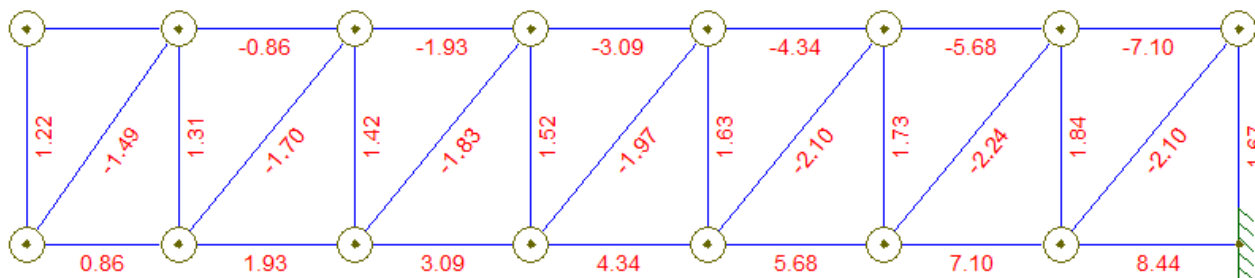
Fonte: Do Autor.

Figura 21 - Cobertura 4 - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



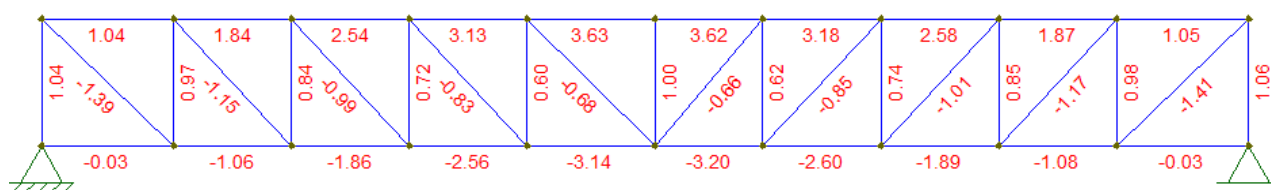
Fonte: Do Autor.

Figura 22 – Marquise 1A - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



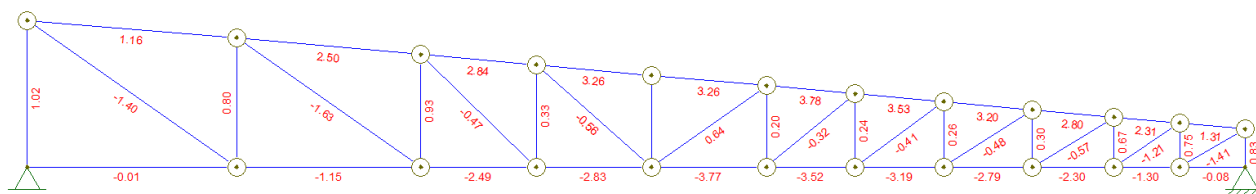
Fonte: Do Autor.

Figura 23– Marquise 1B - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



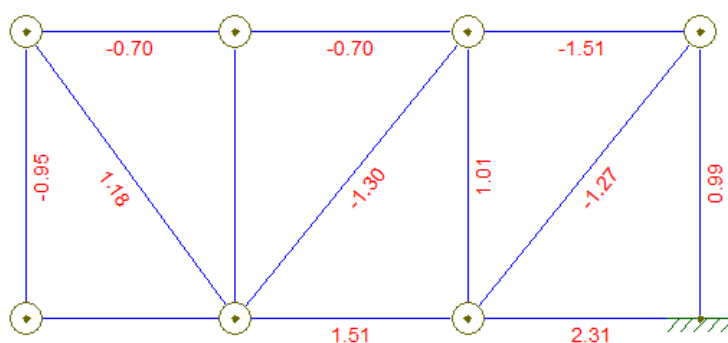
Fonte: Do Autor.

Figura 24 – Marquise 1C - Treliça Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



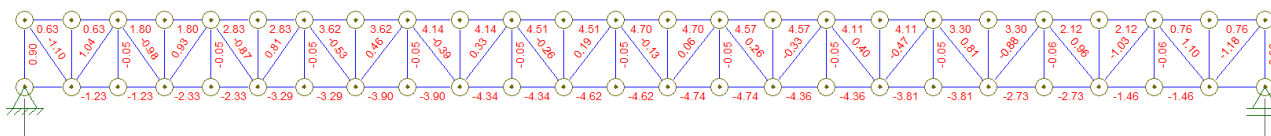
Fonte: Do Autor.

Figura 25 – Marquise 2A - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



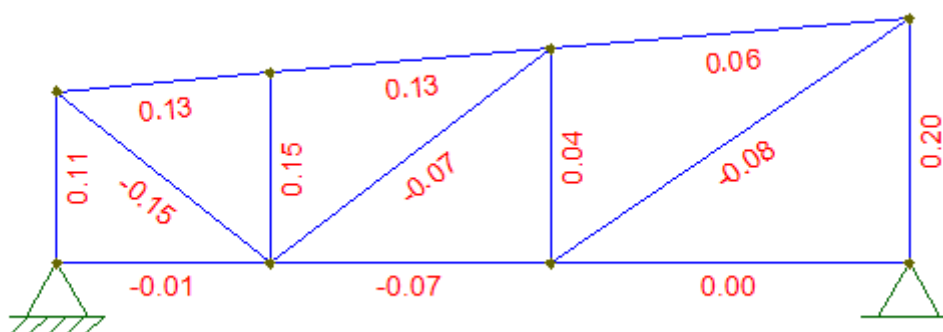
Fonte: Do Autor.

Figura 26 – Marquise 2B - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



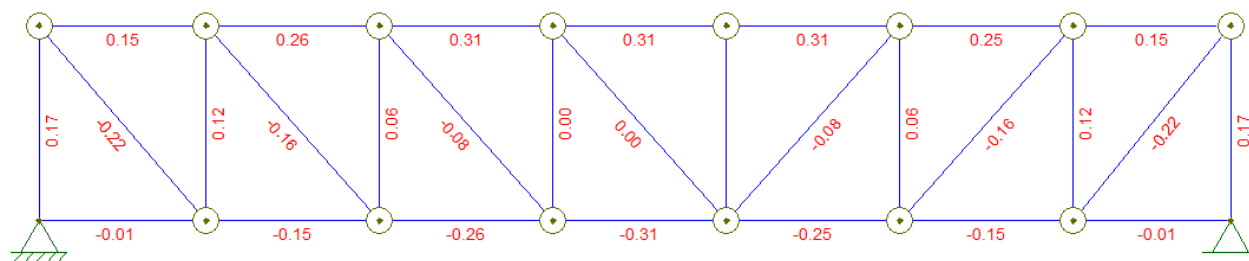
Fonte: Do Autor.

Figura 27 – Marquise 2C - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



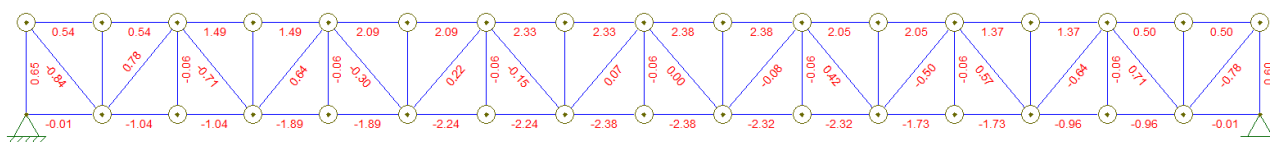
Fonte: Do Autor.

Figura 28 – Marquise 3A - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



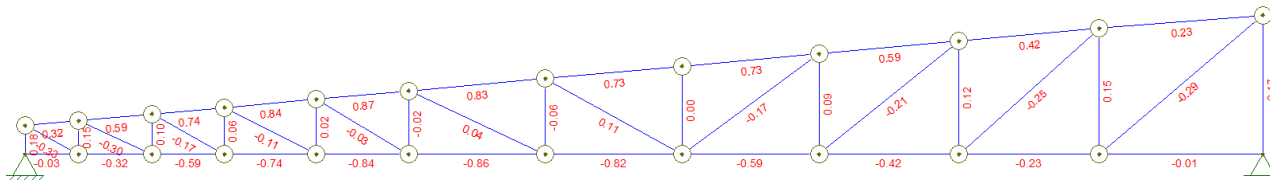
Fonte: Do Autor.

Figura 29 – Marquise 3B - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



Fonte: Do Autor.

Figura 30 – Marquise 3C - Treliza Típica – Esforços Axiais Característicos (tf).



Fonte: Do Autor.

5.5 Dimensionamento

- EQUAÇÕES PARA VERIFICAÇÃO DAS PEÇAS TRACIONADAS

No dimensionamento, deve ser atendida a condição: $N_{t,Sd} \leq N_{t,Rd}$

Para escoamento da seção bruta –
$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

$\gamma_{a1} = 1,1$

Para ruptura da seção líquida -
$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}}$$

$\gamma_{a2} = 1,35$

$N_{t,Sd}$ é a força axial de tração solicitante de cálculo.

$N_{t,Rd}$ é a força axial de tração resistente de cálculo.

A_g é a área bruta da seção transversal da barra.

A_e é a área líquida efetiva da seção transversal da barra.

f_y é a resistência ao escoamento do aço.

f_u é a resistência à ruptura do aço.

- EQUAÇÕES PARA VERIFICAÇÃO DAS PEÇAS COMPRIMIDAS

No dimensionamento, deve ser atendida a condição: $N_c, S_d \leq N_{c,Rd}$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

Fator de redução associado à resistência à compressão, é dado por: χ

- para $\lambda_0 \leq 1,5$: $\chi = 0,658^{\lambda_0^2}$

- para $\lambda_0 > 1,5$: $\chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$

Índice de esbeltez reduzido, λ_0 , é dado por:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q A_g f_y}{N_e}}$$

Q é o fator de redução total associado à flambagem local.

A_g é a área bruta da seção transversal da barra.

- EQUAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DOS PARAFUSOS E CHUMBADORES

- Tração:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

f_{ub} é a resistência à ruptura do material do parafuso/chumbador à tração.

A_{be} é a área efetiva do parafuso/chumbador.

- Cisalhamento com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,4 A_b f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

f_{ub} é a resistência à ruptura do material do parafuso/chumbador à tração.

A_b é a área bruta do parafuso/chumbador.

- Pressão de contato em furos

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \ell_f t f_u}{\gamma_{a2}} \leq 3,0 d_b t f_u / \gamma_{a2}$$

ℓ_f é a distância, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda livre.

d_b é o diâmetro do parafuso.

t é a espessura da parte ligada.

f_u é a resistência à ruptura do aço da parede do furo.

- Tração e cisalhamento combinados

$$\left(\frac{F_{t,Sd}}{F_{t,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1,0$$

- Comprimento de ancoragem dos chumbadores

- Resistência de aderência de cálculo

$$f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$$

$\eta_1 = 1,0$ para barras lisas

$\eta_3 = 1,0$ para $\phi < 32$ mm;

$\eta_3 = (132 - \phi)/100$, para $\phi \geq 32$ mm;

$\eta_2 = 1,0$ para situações de boa aderência

- Comprimento de ancoragem básico

$$\ell_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}}$$

- Comprimento de ancoragem necessário

$$\ell_{b, nec} = \alpha \ell_b \frac{A_{s,calc}}{A_{s,ef}}$$

- EQUAÇÕES PARA OS ELEMENTOS DAS LIGAÇÕES

- Elementos tracionados

- Para o estado-limite último de escoamento:

$$F_{Rd} = \frac{f_y A_g}{\gamma_{a1}}$$

- Para o estado-limite último de ruptura:

$$F_{Rd} = \frac{f_u A_e}{\gamma_{a2}} \quad A_e = A_n \leq 0,85 A_g$$

- Elementos comprimidos

- Para o estado-limite último de escoamento, aplicável quando $KL/r \leq 25$

$$F_{Rd} = \frac{f_y A_g}{\gamma_{a1}}$$

- Colapso por rasgamento

$$F_{r,Rd} = \frac{1}{\gamma_{a2}} (0,60 f_u A_{nv} + C_{ts} f_u A_{nt}) \leq \frac{1}{\gamma_{a2}} (0,60 f_y A_{gv} + C_{ts} f_u A_{nt})$$

A_{gv} é a área bruta sujeita a cisalhamento;

A_{nv} é a área líquida sujeita a cisalhamento;

A_{nt} é a área líquida sujeita à tração;

C_{ts} é igual a 1,0 quando a tensão de tração na área líquida for uniforme, e igual a 0,5 quando for não-uniforme.

5.6 Recomendações gerais da estrutura metálica

As arestas das superfícies das chapas e perfis guilhotinados e/ou oxicortadas deverão ser esmerilhadas e a matéria-prima utilizada deverá ser de primeira qualidade, adquirida de fabricantes nacionais que fornecerão os certificados.

A fabricação das estruturas deverá ser realizada de acordo com as Normas, todos os materiais deverão ser limpos e retilíneos e se for necessário endireitar ou aplainar algumas superfícies, isto deverá ser feito por um processo tal que não prejudique as propriedades elásticas e a resistência do material.

As superfícies a soldar estarão livres de escamas, escória, ferrugem, graxa, pintura ou qualquer outro material estranho que resista a uma limpeza com escova de aço. As superfícies das juntas deverão estar livres de rebarbas.

Os elementos componentes da estrutura metálica feitos em fábrica deverão ser soldados ou parafusados, prevendo-se a ligação deles no local de montagem, através de parafusos ou solda conforme estiver indicado no projeto de detalhamento.

Em estruturas ou elementos soldados, a execução e sequência da soldagem deverão ser de tal forma que se evitem distorções fora de norma e se reduzam ao mínimo as tensões residuais por contração.

5.6.1 Soldas

Todas as soldas a arco elétrico executadas pelo processo de arco submerso ou quaisquer outros processos de execução estarão baseadas no "Code for ware welding in Buildings Construction" da A.W.S. (American Welding Society).

Os eletrodos deverão ser posicionados de tal forma que a maior parte do calor desenvolvido no processo de soldagem seja aplicado ao material mais espesso. As peças acabadas deverão ficar alinhadas mantendo a forma desejada, sem empenos, distorções ou tensões importantes por retração, respeitando as tolerâncias de norma. Soldas de filete com eletrodo de E70xx e perna de filete no mínimo igual a espessura da menor chapa. A preparação das bordas e juntas, quando necessárias, deverá ser feita, em geral, com esmerilhadeira, maçarico ou chanfradeira pneumática.

As soldas de fábrica e de campo deverão ser executadas através de procedimentos de soldagem pré-qualificados conforme A.W.S. D1.1/94. As soldas das peças principais, tais como vigas e colunas deverão ser executadas por soldadores/operadores qualificados conforme norma A.W.S. D1.1/94.

5.6.2 Montagem

Para a montagem, o local reservado para estocagem das peças deverá ser plano, limpo, não sujeito às sujeiras de obra, de fácil acesso e perto do local de montagem. Será de responsabilidade da executora: fornecimento, execução e montagem da estrutura, e ART, conforme projeto.

Cada fase de montagem deverá ser acompanhada por execução de ligações respectivas que garantam a estabilidade da estrutura. Todas as soldas executadas em campo devem ser feitas de forma a evitar qualquer tipo de irregularidade. Pois estas podem prejudicar a aplicação da pintura para a proteção da estrutura.

Após a conclusão da montagem, o montador deve limpar e pintar toda a superfície onde a pintura foi omitida para as soldas de campo e os locais danificados. A limpeza e a pintura de todas as partes danificadas após a pintura de oficina deverão ser de maneira equivalente e indicada no

documento da Especificação Técnica para fornecimento da Estrutura Metálica, nos desenhos de projeto, ou em recomendações específicas para tal finalidade.

O fabricante deverá apresentar laudos que atestem a resistência dos aços utilizados. Não será permitida a utilização de materiais fora das especificações de projeto.

6 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E EXECUTIVAS

A seguir são apresentadas recomendações técnicas a serem obrigatoriamente seguidas durante a construção da obra pelo construtor.

- 1) Executar a estrutura conforme a NBR 14931, confrontando sempre o projeto estrutural com projeto arquitetônico;
- 2) As fôrmas e o escoramento devem ser executados de forma a evitar possíveis deformações por fatores ambientais ou por adensamento do concreto;
- 3) Nas peças de grandes vãos, sujeitas a deformações, devem ser adotadas contraflechas necessárias;
- 4) Em peças estreitas e altas, serão necessárias aberturas de pequenas janelas, a fim de facilitar a limpeza;
- 5) Antes do início da concretagem, as fôrmas deverão estar limpas e estanques de modo a evitar eventuais fugas de pastas;
- 6) As fôrmas deverão ser molhadas até a saturação a fim de evitar a absorção da água de amassamento do concreto;
- 7) As barras de aço não devem apresentar ferrugem, manchas de óleo ou quaisquer outras substâncias que impeçam uma perfeita aderência do concreto;
- 8) As armaduras não deverão ficar em contato direto com as fôrmas, obedecendo para isso as distâncias mínimas;
- 9) Em nenhum caso, deve ser empregado na estrutura de concreto, aço de qualidade diferente da especificada no projeto, sem aprovação prévia do projetista;
- 10) O posicionamento das armaduras negativas deve ser garantido, em relação à sua posição vertical, com a adoção de suportes rígidos e suficientemente espaçados;
- 11) Permite-se para manutenção das distâncias mínimas do cobrimento, o uso de flanges de aço, pastilhas de concreto ou argamassa;
- 12) A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto:
 - Resistência característica $\rightarrow F_{ck}$
 - Durabilidade da estrutura
 - Módulo de elasticidade $\rightarrow E_c$
- 13) Antes do lançamento do concreto, devem ser conferidas as dimensões e posicionamento das fôrmas (nivelamento e prumo), bem como as condições e o posicionamento do

escoramento, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo estejam conforme o estabelecido no projeto;

- 14) A concretagem deve ser suspensa, sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para abaixo de 0 graus nas 48 horas seguintes, ou que a temperatura ambiente esteja superior a 40 graus ou ainda quando o vento estiver acima de 60 metros/segundo;
- 15) O concreto deverá ser transportado e lançado de maneira que não haja desagregação de seus componentes ou perda sensível de água, pasta ou argamassa, por vazamento ou evaporação;
- 16) O adensamento é obrigatório e deverá ser cuidadoso, ocupando todos os recantos da fôrma, evitando a vibração das armaduras que pode provocar vazios ao redor das armaduras, dificultando a aderência do concreto;
- 17) Na ocorrência de juntas frias, as vigas e as lajes deverão ser concretadas até atingir o terço médio do vão e de maneira a propiciar a perfeita aderência do concreto já endurecido com o que será lançado;
- 18) Durante a concretagem de elementos estruturais de grandes vãos, deve haver monitoramento e correção de deslocamentos do sistema de fôrmas;
- 19) O processo de cura do concreto deverá ser no mínimo de 7(sete) dias.
- 20) A retirada das fôrmas e dos escoramentos só poderão ser feitos quando o concreto se achar suficientemente endurecido para que se garanta sua resistência às ações que sobre ele atuarem, e não conduzir à deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo módulo de elasticidade do concreto e maior probabilidade de maior deformação diferida no tempo, quando o concreto é solicitado com pouca idade, tempo. Tempo mínimo de 21 dias;
- 21) A retirada dos escoramentos dos tetos deverá ser feita de maneira conveniente e progressiva, particularmente para as peças em balanço, o que impedirá o aparecimento de fissuras em decorrência de cargas diferenciais. Tempo mínimo de 21 dias;
- 22) Manter constante o controle tecnológico na obra;
- 23) Quaisquer dúvidas, consultar o calculista.

7 CONCLUSÃO

Por fim, entende-se que as premissas e o dimensionamento geral das estruturas seguiram as normas técnicas vigentes e a boa prática da engenharia.