

PAVILHÃO ROCHA LIMA / LABORATÓRIOS IOC

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURA GERAL

PROJETO EXECUTIVO

Nº DA META – 2023.021

Nº DA ORDEM – 2023.06.19.07

CONTRATAÇÃO DE SERVIÇO DE ENGENHARIA PARA
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E
ENGENHARIA PARA EDIFICAÇÕES HOSPITALARES E DE
PESQUISA DA FIOCRUZ/RJ.

AGO / 2023

C024A14A

EST-014

Contrato nº 034/2020

Controle de Revisões							
TE: Tipo: Emissão		A-Preliminar B- Para Aprovação	C- Para Conhecimento D- Para Cotação		E-Para Construção F- Conforme Comprado		G-Conforme Construído H-Cancelado
REV	TE	Descrição	Elaborado		Verificado		Aprovado
000	B	Emissão Inicial	Felipe	04/08/2023	Thiago	04/08/2023	

Sumário

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	Informações Gerais do Projeto.....	4
1.1.1	Informações do contrato	4
1.2	Descrição do Projeto	5
2	ESTRUTURAS.....	6
2.1	Condições Gerais.....	6
2.2	Projeto Executivo	7
3	PREMISSAS DE CÁLCULO	8
3.1	Parâmetros Gerais	8
3.1.1	Sistema de Unidades	8
3.1.2	Modelagem Matemática	8
3.1.3	Materiais	8
3.2	Condições Ambientais	9
3.2.1	Temperatura e Retração	9
3.2.2	Ventos	9
3.2.3	Condições Sísmicas.....	10
3.3	Durabilidade	11
3.3.1	Classe de Agressividade Ambiental.....	11
3.3.2	Características do Concreto.....	11
3.3.3	Cobrimentos Mínimos	12
3.4	Carregamentos	13
3.4.1	Peso Próprio	13
3.4.2	Sobrecargas Acidentais	13
3.4.3	Cargas Permanentes	14
3.4.4	Cargas Decorrentes do Processo Construtivo	14
3.4.5	Cargas Provenientes da Estrutura Metálica	14
3.5	Combinações e Fatores Parciais	15
3.6	Cálculos de Fundação	18
3.6.1	Caso de Fundação Superficial	18
3.6.2	Coeficiente de Segurança Global de Fundações	18
4	MODELOS ESTRUTURAIS	19
4.1	Estrutura de Concreto Armado.....	19
5	FUNDAÇÕES.....	22

5.1	Dados geotécnicos (sondagens).....	22
5.2	Fundações Direta – Cálculo da Capacidade de Carga	23
5.3	Tabela de carga dos pilares	23
6	ESFORÇOS ATUANTES	25
6.1	Análise Global da Estrutura.....	25
6.1.1	Esforços característicos	25
7	DIMENSIONAMENTO	28
7.1	Vigas 28	
7.2	Pilares	29
7.3	Sapatas	29
8	CONCLUSÃO	30

1 INTRODUÇÃO

O objeto desta contratação é a prestação de Serviço de Engenharia para o desenvolvimento de Anteprojetos, Projetos Básicos Técnicos e Projetos Executivos nas áreas de Arquitetura, Estrutura, Instalações Prediais, Engenharia Mecânica, Automação, Infraestrutura (redes) e Urbanismo, e Desenho Industrial (mobiliário e sinalização), incluindo a realização de:

- Levantamentos e estudos preliminares;
- Maquetes eletrônicas e animações;
- Relatórios e peças técnicas para aprovação dos projetos;
- Licenciamento nos órgãos técnicos públicos municipais, estaduais e federais, e concessionárias e permissionárias de serviços públicos;
- Encargos e especificações de serviços;
- Orçamentos (estimativos e definitivo);
- Planejamento de execução de obras (faseamento e logística) e cronograma físico-financeiro;
- Projetos de canteiro de obra, áreas de vivências e instalações provisórias para viabilização de obras; e
- Certificação energética.

1.1 Informações Gerais do Projeto

1.1.1 Informações do contrato

Contratante: Fundação Oswaldo Cruz

Local: Pavilhão Rocha Lima – IOC – Edifício Nº 024, Av.

Brasil, 4365 - Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ.

Tipo de Contratação: Licitação Pública, contrato 034/2020

Ordem de serviço: OS1, 2, 5 e 8 – data de início 16/11/2020

Projetista: Consorcio Concremat/MEP

1.2 Descrição do Projeto

PAVILHÃO ROCHA LIMA – IOC – EDIFICAÇÃO 024 Escopo 5 – reforma interna e externa parcial para adequação às atividades laboratoriais de nível de risco biológico II e III (1º pavimento: 310 m²), áreas de apoio (subsolo: 290 m²) e atividades de ensino (2º pavimento a ser construído: 600 m²).

Figura 1 – Mapa Ilustrativo do Local dos Projetos de Reforma e Ampliação do IOC



Fonte: Projeto Arquitetônico

2 ESTRUTURAS

Conjunto de elementos gráficos que visa definir e disciplinar a execução de parte da edificação considerada resistente às ações e coações atuantes.

2.1 Condições Gerais

Deverão ser obedecidas às seguintes condições gerais:

- Elaborar o projeto estrutural segundo as normas da ABNT;
- Conhecer o projeto de arquitetura e de instalações de maneira a poder integrar e harmonizar os projetos de infra e superestrutura com os demais sistemas;
- Elaborar o projeto estrutural levando em consideração a estrutura do prédio existente, mas visando a não interferência com a mesma;
- Fornecer o posicionamento e dimensões das peças estruturais que vierem a servir de condicionante na definição do Projeto Básico de arquitetura.
- Conhecer as características do local da obra, tais como agressividade do meio ambiente, vias de acesso e outros.
- Conhecer a flexibilidade de utilização desejada no projeto arquitetônico, para que eventuais alterações de distribuição interna não venham a ser inviabilizadas por questões estruturais.
- Para efeito de determinação de valores mínimos de cargas verticais (acidentais) deverá ser consultada a norma NB-5, excetuando-se as áreas referentes aos laboratórios onde deverão ser observados os pesos dos equipamentos a serem instalados.

Além do disposto anteriormente, extraído do Termo de Referência, as seguintes normas técnicas serão utilizadas na elaboração do projeto:

- ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 6122: Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

2.2 Projeto Executivo

Consiste no detalhamento completo da estrutura já concebida e dimensionada nas etapas anteriores. Deverá conter de forma clara e precisa todos os detalhes construtivos necessários à perfeita execução (estrutura em concreto) ou fabricação e montagem (estrutura metálica) da estrutura. Deverão ser apresentados os seguintes produtos gráficos:

- Planta(s) de forma, armação e detalhes da estrutura em concreto, na escala 1:50, de todos os níveis da edificação;
- Planta(s) e detalhamento da estrutura metálica, caso seja a solução adotada, na escala 1:50, de todos os níveis da edificação;
- Planta(s) corte(s) e detalhes da escada em estrutura metálica, em escala adequada;
- Cortes, na escala 1:50, onde se fizerem necessários ao correto entendimento da estrutura, com indicação de cotas, níveis e detalhes;
- Relatório técnico, contendo a memória de cálculo;
- Caderno de encargos e especificações e planilha de quantitativos.

3 PREMISSAS DE CÁLCULO

3.1 Parâmetros Gerais

3.1.1 Sistema de Unidades

Todas as unidades estão apresentadas no sistema (kN ou tf, m, °C), exceto onde indicado o contrário ou em situações onde há unidades consagradas pela prática, como tf ou kgf/cm².

3.1.2 Modelagem Matemática

O modelo estrutural foi elaborado nos seguintes softwares:

TQS v22: Software base para elaboração do projeto das estruturas de concreto armado;

3.1.3 Materiais

Foram adotados os seguintes materiais:

a) CONCRETO ARMADO C-35:

Resistência característica (f_{ck}) maior ou igual a 35 MPa aos 28 dias. O módulo de Young (E) do material foi definido de acordo com a NBR 6118 para o módulo de elasticidade do concreto dado por:

$$E_{ci} = 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

Considerando o concreto com 35 MPa na análise da estrutura encontra-se um valor de 33,0 GPa para o Módulo de elasticidade tangente (inicial).

b) 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;

3.2 Condições Ambientais

3.2.1 Temperatura e Retração

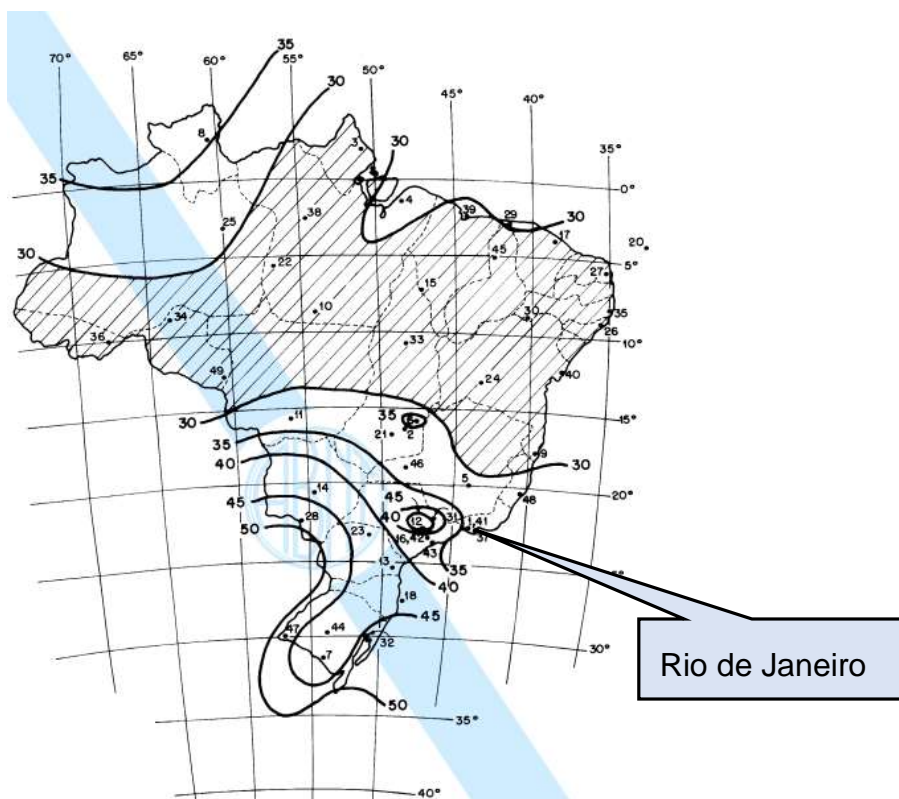
Foi considerada uma variação térmica de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ para os efeitos de temperatura e de -5°C para o fenômeno de retração onde for justificável analisar no projeto.

3.2.2 Ventos

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

Velocidade básica (Rio de Janeiro): 34 m/s (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 IV;
 - Classe C;
 - $50\text{m} < L1$;
 - $Z \sim 11\text{m}$

Portanto, $S_2 = 0,81$;

- Fator estatístico - S_3 : 1,00 (Edificações em geral).

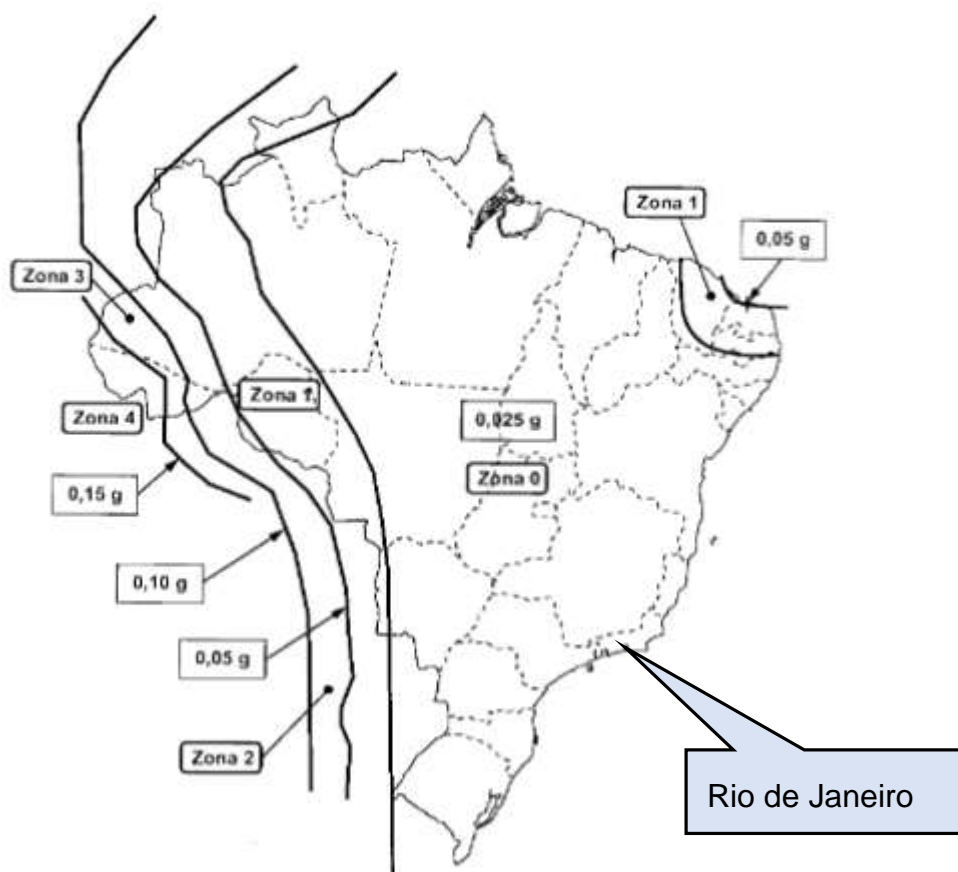
Portanto: $V_k = 1,0 \times 0,81 \times 1,00 \times 34 = 27,54 \text{ m/s}$;

3.2.3 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, a seguir, fica claro que Curitiba/PR enquadra-se na zona 0, que está dentro da categoria sísmica A, ou seja, não há necessidade de avaliação sísmica.

Figura 3 – Mapeamento de Aceleração Sísmica -



Fonte: NBR 15421

3.3 Durabilidade

3.3.1 Classe de Agressividade Ambiental

Considerando-se as recomendações e indicações da NBR6118 vigente, verifica-se que as estruturas de concreto armado em questão se encontram inseridas na classe de agressividade ambiental descrita como CAA II (Moderada), uma vez que as instalações estão situadas no Rio de Janeiro/RJ, em área urbana e próxima de áreas com agressividades marinhas.

Figura 4 – 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, b}	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

3.3.2 Características do Concreto

Uma vez que a estrutura de concreto armado foi classificada na classe de agressividade III, 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): $\leq 0,55$
- Classe do concreto (NBR 8953): $\geq C35$ (35MPa).

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

3.3.3 Cobrimentos Mínimos

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

Figura 5 – 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

Fonte: NBR 6118

Entretanto, o item 7.4.7.4 da NBR6118 diz que “ (...) Quando houver um controle adequado de qualidade e limites rígidos de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução, pode ser adotado o valor $\Delta c = 5$ mm, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais, prescritos na Tabela 7.2, em 5 mm (...).

No presente projeto foi informado nos desenhos de formas a necessidade de controle rigoroso de tolerância da variabilidade das medidas. Desta forma, tem-se os seguintes cobrimentos a serem utilizados no projeto:

- Concreto Armado:
 - Laje: 35mm – 5mm = **30mm**
 - Viga/Pilar: 40mm – 5mm = **35mm**

3.4 Carregamentos

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

3.4.1 Peso Próprio

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

3.4.2 Sobrecargas Acidentais

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

a) Área técnica:

Figura 6 – Cargas gerais acidentais - Área técnicas

<p>Áreas técnicas a,c</p> <p>As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.</p>	Barrilete	1,5	d
	Áreas técnicas em geral (fora da projeção dos equipamentos), exceto barrilete	3	-
	Sala de ventiladores, pressurização, exaustores	3	-
	Sala de ar-condicionado (<i>fan coil</i>)	4	-
	Sala de painéis elétricos de baixa tensão	4	-
	Sala de gerador e transformador (com leiaute)	3	-
	Sala de gerador e transformador (sem leiaute)	10	-
	Sala de <i>no-breaks</i>	7,5	-
	Sala de baterias	10	-
	CPD (centro de processamento de dados)	5	-
	Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v \leq 1,0$ m/s)	30 e,f	g
	Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v > 1,0$ m/s)	50 e,f	g
	Poço de elevador de passageiros	50 f	-
	Poço de plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida	2,5 h	-

Fonte: NBR 6120

3.4.3 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 7 – 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) Cargas permanentes gerais:

Para as cargas permanentes gerais dos pavimentos, quando aplicável, foi considerado 100kgf/m², cuja composição é a seguinte:

Carga permanente distribuída: 100kgf/m² (regularização + revestimento)

3.4.4 Cargas Decorrentes do Processo Construtivo

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

3.4.5 Cargas Provenientes da Estrutura Metálica

Cargas provenientes da estrutura metálica são aplicadas diretamente no topo dos sóculos e estão apresentadas a seguir:

PILAR	FZ (tf)	FX (tf)	FY (tf)	MX (tfm)	My (tfm)
P1	75,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P2	170,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P3	170,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P4	170,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P5	75,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P6	75,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P7	170,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P8	170,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P9	170,0	4,5	11,0	10,0	2,5
P10	75,0	4,5	11,0	10,0	2,5

3.5 Combinações e Fatores Parciais

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

Figura 8 – 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 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="0.8"/></td> <td>Psi1 <input type="text" value="0.7"/></td> <td>Psi2 <input type="text" value="0.6"/></td> </tr> </table>			ELU	ELS-Fr	ELS-QP	Psi0 <input type="text" value="0.8"/>	Psi1 <input type="text" value="0.7"/>	Psi2 <input type="text" value="0.6"/>
ELU	ELS-Fr	ELS-QP						
Psi0 <input type="text" value="0.8"/>	Psi1 <input type="text" value="0.7"/>	Psi2 <input type="text" value="0.6"/>						
Escolha uma das classes de carga acidentais padrão, ou marque o item "Valores definidos" para entrar diretamente os redutores de carga acidental.								

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	Prefixo	Tipo	VTN	ACR	GAMAF	GAMAFD	PSI0	PSI1	PSI2	FOR	USU	ART
1	TODAS	TOD			1.40						1	
2	PP	PER			1.40						2	
3	PERM	PER			1.40						3	
4	ACID	VAR			1.40		0.80	0.70	0.60		4	
5	VENT1	VAR	X		1.40		0.60	0.30	0.00			
6	VENT2	VAR	X		1.40		0.60	0.30	0.00			
7	VENT3	VAR	X		1.40		0.60	0.30	0.00			
8	VENT4	VAR	X		1.40		0.60	0.30	0.00			
9	TODAS_V	TOD	X		1.40						1	
10	PP_V	PER	X		1.40						2	
11	PERM_V	PER	X		1.40						3	
12	ACID_V	VAR	X		1.40		0.80	0.70	0.60		4	

Combinações geradas

Num Número da combinação
AC Marcado se carga accidental reduzida
VT Marcado se viga de transição com inércia normal
Título Título gerado pelo sistema

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+0.8ACID+VENT1
19			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.8ACID+VENT2
20			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.8ACID+VENT3
21			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.8ACID+VENT4
22			ELS/CFREQA/PP+PERM+0.7ACID
23			ELS/CFREQA/PP+PERM+0.6ACID+0.3VENT1
24			ELS/CFREQA/PP+PERM+0.6ACID+0.3VENT2
25			ELS/CFREQA/PP+PERM+0.6ACID+0.3VENT3
26			ELS/CFREQA/PP+PERM+0.6ACID+0.3VENT4
27			ELS/CQPERAV/PP+PERM+0.6ACID
28			COMBFLU/COMBFLU/PP+PERM+0.6ACID
29	X		ELU1/PERMACID/PP_V+PERM_V+ACID_V
30	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT1
31	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT2
32	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT3
33	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT4
34	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.8ACID_V+VENT1
35	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.8ACID_V+VENT2
36	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.8ACID_V+VENT3
37	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.8ACID_V+VENT4
38	X		ELS/CFREQA/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V
39	X		ELS/CFREQA/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V+0.3VENT1
40	X		ELS/CFREQA/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V+0.3VENT2
41	X		ELS/CFREQA/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V+0.3VENT3
42	X		ELS/CFREQA/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V+0.3VENT4
43	X		ELS/CQPERAV/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V
44	X		COMBFLU/COMBFLU/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V

Fonte: Do Autor

3.6 Cálculos de Fundação

O cálculo das fundações do tipo profundas e do tipo superficial seguiu as teorias indicadas a seguir.

3.6.1 Caso de Fundação Superficial

Para o cálculo das cargas admissíveis das fundações superficiais adotou-se o método de TEIXEIRA-MELLO.

3.6.2 Coeficiente de Segurança Global de Fundações

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

Figura 9– Coeficientes de Segurança -

Condição	Fator de segurança
Capacidade de carga de fundações superficiais	3,0
Capacidade de carga de estacas ou tubulões sem prova de carga	2,0
Capacidade de carga de estacas ou tubulões com prova de carga	1,6

Valor adotado

Fonte: NBR6122

4 MODELOS ESTRUTURAIS

Para a análise dos esforços na estrutura foi utilizada a modelagem matemática a partir dos *softwares* TQS, para a estrutura de concreto armado.

4.1 Estrutura de Concreto Armado

Os modelos foram elaborados no software TQS, adotando as premissas de cálculo já informadas anteriormente. Após inserção dos dados no modelo, procedeu-se o dimensionamento conforme normas vigentes. A seguir são apresentadas explicações do modelo.

I) Tipo do Modelo Estrutural

Na análise estrutural do edifício foi utilizado o 'Modelo 4' do sistema TQS. Este modelo consiste em dois modelos de cálculo:

- Modelo de grelha para os pavimentos;
- Modelo de pórtico espacial para a análise global.

O edifício principal foi modelado por um único pórtico espacial e os modelos dos pavimentos. O pórtico será composto apenas por barras que simulam as vigas e pilares da estrutura, com o efeito de diafragma rígido das lajes devidamente incorporado ao modelo. Os efeitos oriundos das ações verticais e horizontais nas vigas e pilares serão calculados com o pórtico espacial.

Nas lajes, somente os efeitos gerados pelas ações verticais serão calculados. Nos pavimentos simulados por grelha de lajes, os esforços resultantes das barras de lajes sobre as vigas serão transferidas como cargas para o pórtico espacial, ou seja, integra-se ambos os modelos (pórtico e grelha) para elaboração da envoltória de esforços e por fim, o dimensionamento da estrutura.

II) Avaliação de deformações

Para a avaliação das deformações dos pavimentos em serviço, também foram realizadas análises considerando a não-linearidade física, onde através de incrementos de carga, as inércias reais das seções são estimadas considerando as armaduras de projeto e a fissuração nos estádios I, II ou III.

III) Descrição do modelo

No modelo de pórtico foram incluídos todos os elementos principais da estrutura, ou seja, pilares e vigas.

Os pórticos espaciais foram modelados com todos os pavimentos do edifício, para a avaliação dos efeitos das ações horizontais e os efeitos de redistribuição de esforços em toda a estrutura devido aos carregamentos verticais.

As cargas verticais atuantes nas vigas e pilares do pórtico foram extraídas de modelos de grelha de cada um dos pavimentos.

Foram utilizados dois modelos de pórtico espacial: um específico para análises de Estado Limite Último - ELU e outro para o Estado Limite de Serviço - ELS. As características de cada um destes modelos são apresentadas a seguir.

Modelo ELU:

O modelo ELU foi utilizado para obtenção dos esforços necessários para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais.

Apenas no neste modelo foram utilizados os coeficientes de não linearidade física conforme indicados pelo item 15.7.3 da NBR6118. A seguir são apresentados estes valores:

Tabela 1: Coeficiente de não linearidade física.

<i>Elemento estrutural</i>	<i>Coef. NLF</i>
<i>Pilares</i>	0,80
<i>Vigas</i>	0,40
<i>Lajes</i>	0,30

Fonte: Do Autor.

O módulo de elasticidade utilizado no modelo foi de secante, de acordo com o f_{ck} do elemento estrutural.

Modelo ELS:

O modelo ELS foi utilizado para análise de deslocamento do edifício.

Neste modelo a inércia utilizada para os elementos estruturais foi a bruta.

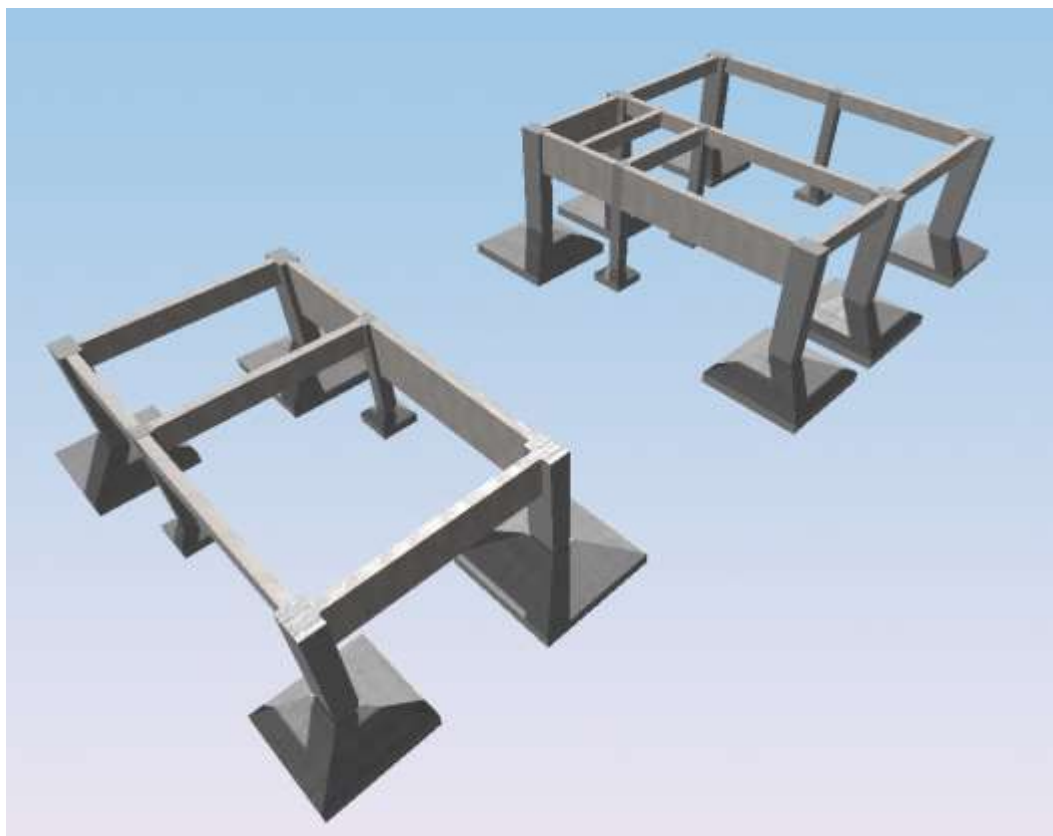
IV) Esforços de cálculo

Os esforços obtidos na análise de pórtico foram utilizados para o dimensionamento de vigas e pilares, onde um conjunto de combinações conciliando os esforços de cargas verticais e de vento são agrupados e ponderados segundo as prescrições das normas NBR8681 e NBR6118.

No dimensionamento das armaduras das vigas é utilizada uma envoltória de esforços solicitantes de todas as combinações pertencentes ao grupo ELU1. Para o dimensionamento de armaduras dos pilares são utilizadas todas as hipóteses de solicitações (combinações do grupo ELU2).

As figuras a seguir foram extraídas do modelo estrutural e representam as estruturas analisadas. Serão expostas a seguir para efeito de registro:

Figura 10– Vista tridimensional do modelo



Fonte: Do Autor.

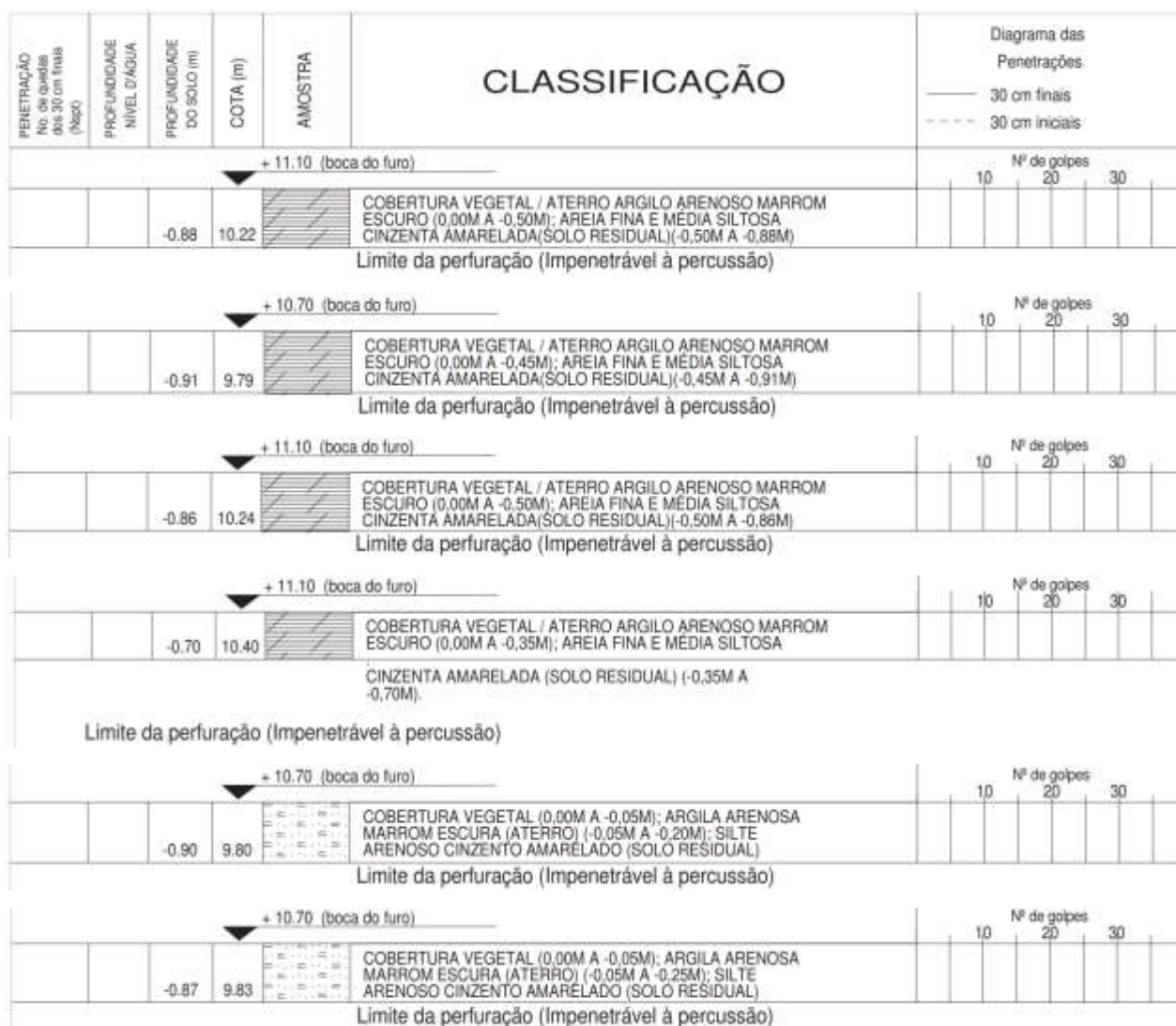
5 FUNDAÇÕES

5.1 Dados geotécnicos (sondagens)

As sondagens apresentam profundidade do nível impenetrável entre valores de 0,70 a 0,93 metros. Não há presença de água. Sapatas foram o tipo de fundação escolhida para este projeto. Abaixo se encontra a sondagem utilizada para o estudo da fundação do projeto.

Foram previstos dois furos na região de implantação da edificação. Como em ambos não foi possível perfurar mais do que 1,0m, foram executados 3 furos adicionais para cada um dos previstos inicialmente. Dessa forma se obteve 8 perfis, constando que o solo é impenetrável antes de atingir 1,0m.

Figura 11– Sondagem



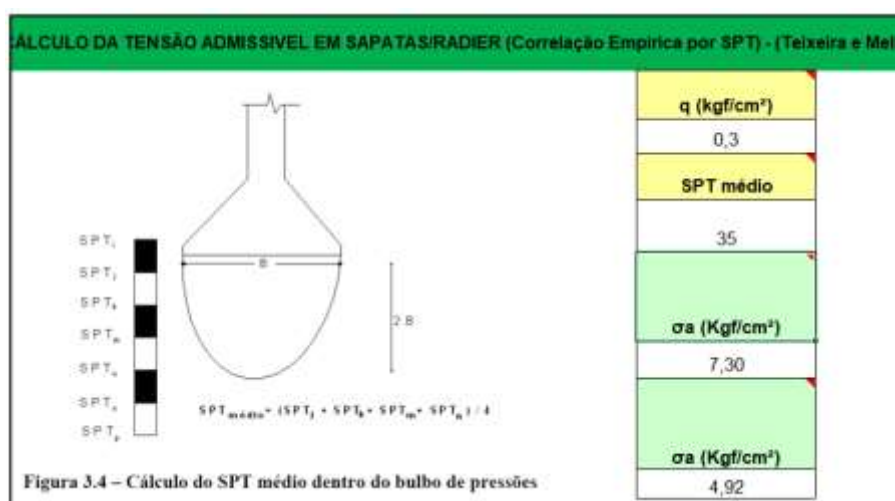


Fonte: Soloteste, 2022.

5.2 Fundações Direta – Cálculo da Capacidade de Carga

Tomando como base o método de Teixeira-Mello, com carga acima da cota de assentamento (solo + sobrecarga + peso próprio) 0,30 kgf/cm² e Nspt médio de 35, calcula-se a capacidade de carga das fundações diretas.

Figura 12– Capacidade de carga – Sapatas



Fonte: Do autor

Assim, todas as sapatas estão limitadas a tensões de 5,0 kgf/cm².

5.3 Tabela de carga dos pilares

A seguir são apresentadas as tabelas de carga características de todas as estruturas modeladas (extraídas do software TQS), juntamente com as respectivas cargas máximas nas sapatas.

A partir dos carregamentos característicos das estruturas foi constatado que os valores admissíveis adotados na capacidade de carga das sapatas atendem aos esforços da estrutura, de

modo que, as cargas atuantes nas sapatas foram menores do que a capacidade de carga adotadas considerada para as mesmas.

Figura 13– Tabela de cargas

Elem	FZ MAX-ELU2-Verificação de estado limite último - Alares e fundações			MX MAX-ELU2-Verificação de estado limite último - Alares e fundações			MY MAX-ELU2-Verificação de estado limite último - Alares e fundações			FZ MIN-ELU2-Verificação de estado limite último - Alares e fundações			MX MIN-ELU2-Verificação de estado limite último - Alares e fundações			MY MIN-ELU2-Verificação de estado limite último - Alares e fundações		
	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm
S1	78.73	-13.55	7.98	78.73	-13.55	7.98	78.73	-13.55	7.98	78.73	-13.55	7.98	78.73	-13.55	7.98	78.73	-13.55	7.98
S2	176.48	-12.30	9.21	176.48	-12.30	9.21	176.48	-12.30	9.21	176.48	-12.30	9.21	176.48	-12.30	9.21	176.48	-12.30	9.21
S3	171.07	-16.44	8.32	171.07	-16.44	8.32	171.07	-16.44	8.32	171.07	-16.44	8.32	171.07	-16.44	8.32	171.07	-16.44	8.32
S4	181.61	-16.13	8.06	181.61	-16.13	8.06	181.61	-16.13	8.06	181.61	-16.13	8.06	181.61	-16.13	8.06	181.61	-16.13	8.06
S5	78.22	-17.50	5.61	78.22	-17.50	5.61	78.22	-17.50	5.61	78.22	-17.50	5.61	78.22	-17.50	5.61	78.22	-17.50	5.61
S6	79.48	-12.72	7.06	79.48	-12.72	7.06	79.48	-12.72	7.06	79.48	-12.72	7.06	79.48	-12.72	7.06	79.48	-12.72	7.06
S7	178.68	-11.97	7.92	178.68	-11.97	7.92	178.68	-11.97	7.92	178.68	-11.97	7.92	178.68	-11.97	7.92	178.68	-11.97	7.92
S8	173.00	-15.41	9.41	173.00	-15.41	9.41	173.00	-15.41	9.41	173.00	-15.41	9.41	173.00	-15.41	9.41	173.00	-15.41	9.41
S9	177.35	-16.58	11.04	177.35	-16.58	11.04	177.35	-16.58	11.04	177.35	-16.58	11.04	177.35	-16.58	11.04	177.35	-16.58	11.04
S10	78.16	-17.35	9.43	78.16	-17.35	9.43	78.16	-17.35	9.43	78.16	-17.35	9.43	78.16	-17.35	9.43	78.16	-17.35	9.43
S11	7.52	-0.00	-0.00	7.52	-0.00	-0.00	7.52	-0.00	-0.00	7.52	-0.00	-0.00	7.52	-0.00	-0.00	7.52	-0.00	-0.00
S12	10.91	-0.00	-0.00	10.91	-0.00	-0.00	10.91	-0.00	-0.00	10.91	-0.00	-0.00	10.91	-0.00	-0.00	10.91	-0.00	-0.00
S13	8.43	-0.00	-0.00	8.43	-0.00	-0.00	8.43	-0.00	-0.00	8.43	-0.00	-0.00	8.43	-0.00	-0.00	8.43	-0.00	-0.00
S14	7.07	-0.00	-0.00	7.07	-0.00	-0.00	7.07	-0.00	-0.00	7.07	-0.00	-0.00	7.07	-0.00	-0.00	7.07	-0.00	-0.00
S15	1.38	-0.00	-0.00	1.38	-0.00	-0.00	1.38	-0.00	-0.00	1.38	-0.00	-0.00	1.38	-0.00	-0.00	1.38	-0.00	-0.00

Fonte: Do autor

6 ESFORÇOS ATUANTES

A seguir são apresentados os principais esforços solicitantes obtidos após o cálculo das estruturas, bem como os deslocamentos dos elementos estruturais.

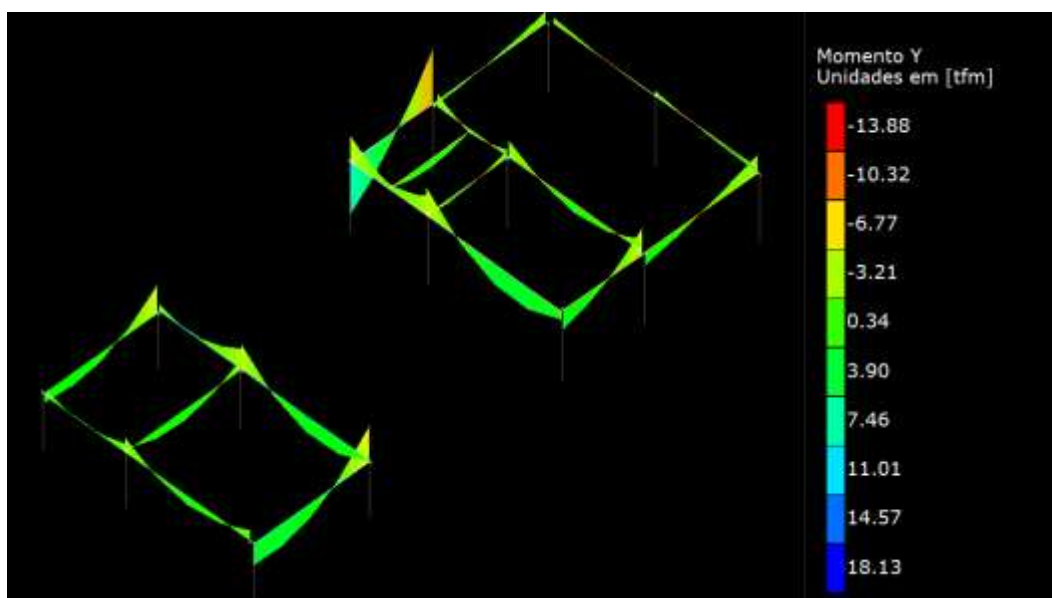
6.1 Análise Global da Estrutura

As análises e verificações de estabilidade global da estrutura foram realizadas por meio do Gama Z.

6.1.1 Esforços característicos

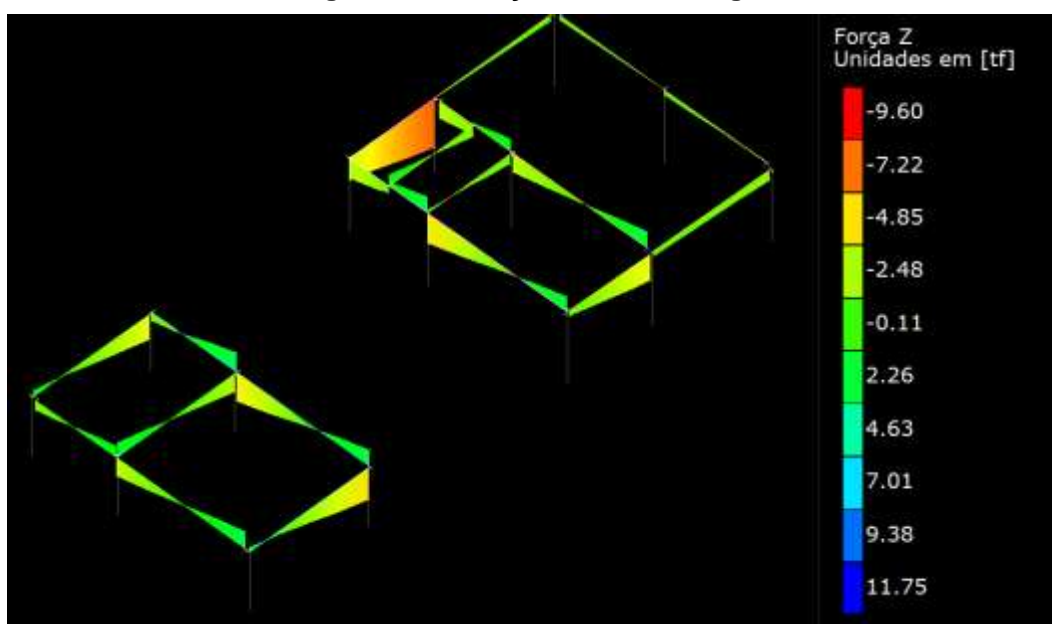
A seguir os esforços característicos de flexão (em tfm), cortante (em tf) e normais (em tf) para combinação de todas as cargas permanentes e acidentais gravitacionais:

Figura 14– Momento fletor nas vigas



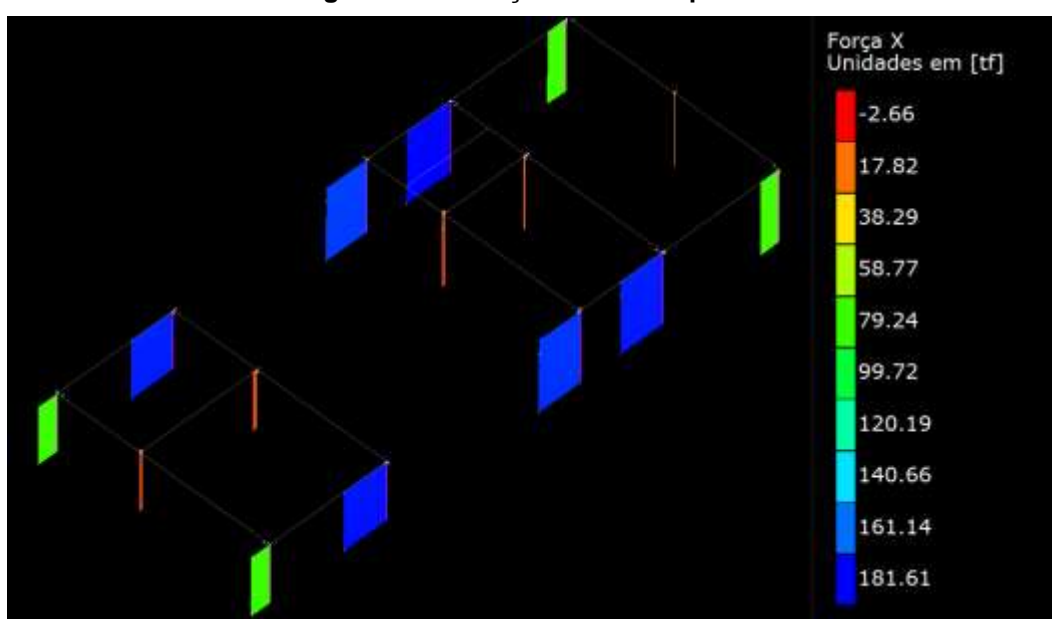
Fonte: Do autor

Figura 15– Esforço cortante em vigas



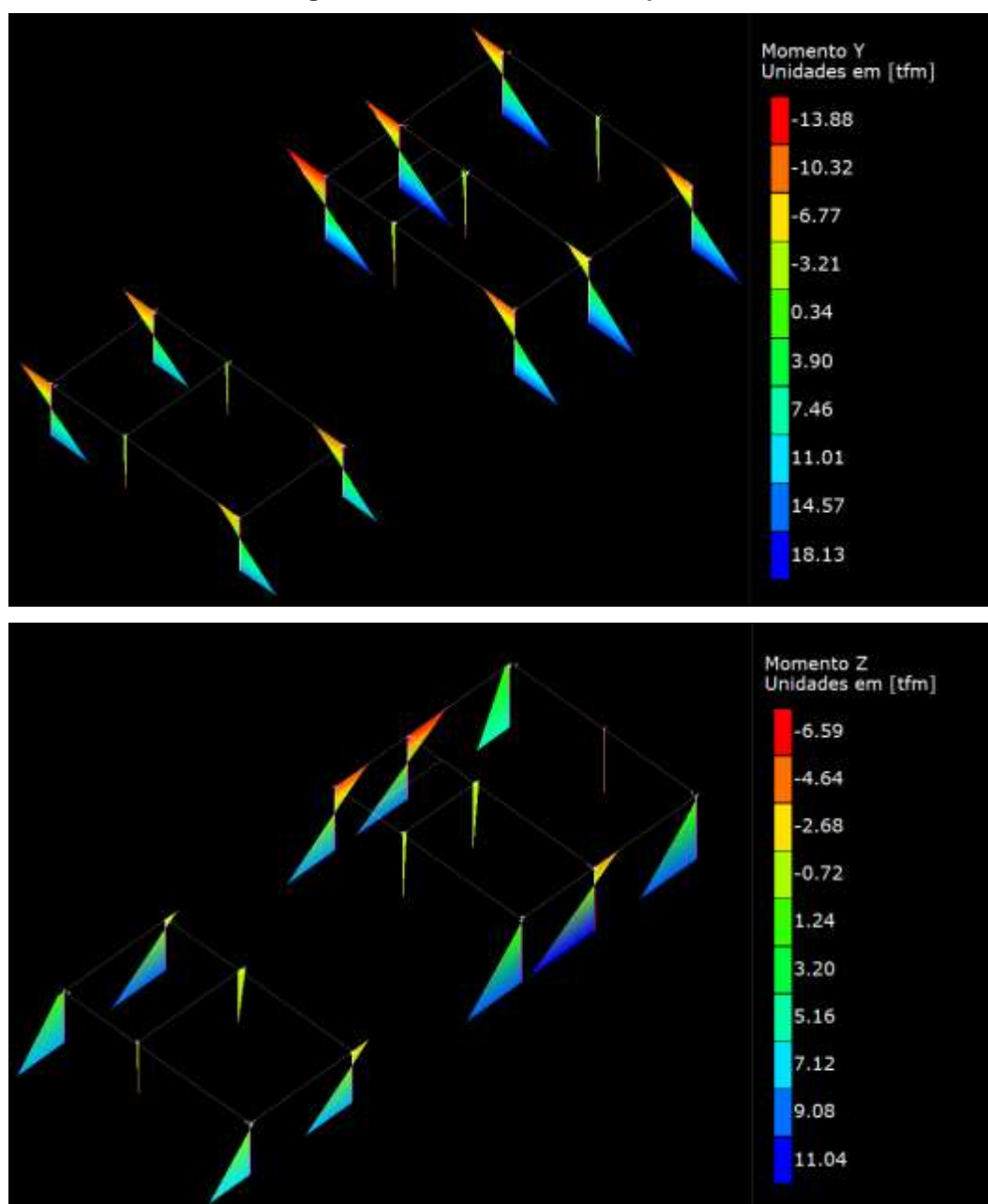
Fonte: Do autor

Figura 16– Esforço normal em pilares



Fonte: Do autor

Figura 17– Momento fletor em pilares



Fonte: Do autor

7 DIMENSIONAMENTO

Abaixo, serão mostrados os relatórios de dimensionamento para os elementos estruturais em concreto armado:

7.1 Vigas

Figura 18: Resumo de dimensionamento de vigas

Viga	L (cm)	Vãos	Seção (cm)	H/L (%)	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kgf/m ³)
V1	410 a 410	1	20X50	12.2 a 12.2	0.38 a 0.68	0.26 a 0.26	60.4
V5	412.9 a 412.9	1	20X50	12.11 a 12.11	0.22 a 0.31	0.26 a 0.26	40.2
V6	420 a 420	1	20X80	19.05 a 19.05	0.19 a 0.28	0.16 a 0.16	52.4
V8	285 a 454.4	2	20X50	11 a 17.54	0.16 a 0.38	0.26 a 0.26	37.3
V9	300.6 a 469.4	2	20X120	25.56 a 39.92	0.15 a 0.46	0.1 a 0.1	53.0
V2	300 a 412	2	Com variação	9.71 a 33.33	0.24 a 0.79	0.12 a 0.34	53.2
V3	300 a 300	1	20X40	13.33 a 13.33	0.25 a 0.44	0.34 a 0.34	41.0
V4	284 a 284	1	20X40	14.08 a 14.08	0.39 a 0.39	0.34 a 0.34	49.0
V7	284 a 404	2	20X40	9.9 a 14.08	0.39 a 0.91	0.34 a 0.34	68.5
V10	276 a 494	2	20X100	20.24 a 36.23	0.16 a 0.31	0.12 a 0.12	48.3
V11	255 a 473	2	20X40	8.46 a 15.69	0.25 a 0.69	0.34 a 0.34	47.5
V12	364 a 364	2	20X40	10.99 a 10.99	0.25 a 0.44	0.34 a 0.34	41.8

Fonte: Do Autor.

7.2 Pilares

Os resumos de detalhamento aqui apresentados representam as condições necessárias de armaduras para os pilares devido ao cálculo de esforços. Essas podem ter sido alteradas ao longo do dimensionamento.

Figura 19: Resumo de dimensionamento de pilares

Pilar	Lances	Seção (cm)	σ (kgf/cm ²)	v	λ	ρ	Taxa de aço (kgf/m ³)
P1	1 a 1	40X60	45,9 a 45,9	0,214 a 0,214	11 a 16	0,41 a 0,41	64,4
P2	1 a 1	40X60	103 a 103	0,48 a 0,48	9 a 16	0,41 a 0,41	64,4
P3	1 a 1	40X60	0 a 99,8	0,466 a 0,466	12 a 18	0 a 0,41	61,2
P4	1 a 1	40X60	0 a 105,9	0,494 a 0,494	14 a 18	0 a 0,41	61,2
P5	1 a 1	40X60	0 a 45,6	0,213 a 0,213	14 a 21	0 a 0,41	61,2
P6	1 a 1	40X60	46,4 a 46,4	0,216 a 0,216	11 a 15	0,41 a 0,41	64,4
P7	1 a 1	40X60	104,2 a 104,2	0,486 a 0,486	9 a 15	0,41 a 0,41	64,4
P8	1 a 1	40X60	0 a 100,9	0,471 a 0,471	12 a 21	0 a 0,41	61,2
P9	1 a 1	40X60	0 a 103,5	0,483 a 0,483	14 a 21	0 a 0,41	61,2
P10	1 a 1	40X60	0 a 45,6	0,213 a 0,213	14 a 21	0 a 0,46	70,5
P11	1 a 1	30X30	11,7 a 11,7	0,055 a 0,055	21 a 21	0,55 a 0,55	75,4
P12	1 a 1	30X30	17 a 17	0,079 a 0,079	17 a 21	0,55 a 0,55	75,4
P13	1 a 1	30X30	0 a 13,1	0,061 a 0,061	24 a 28	0 a 0,55	71,8
P14	1 a 1	30X30	0 a 11	0,051 a 0,051	28 a 28	0 a 0,55	71,8
P15	1 a 1	30X30	0 a 2,1	0,01 a 0,01	28 a 60	0 a 0,55	71,8

Fonte: Do Autor.

7.3 Sapatas

Figura 20: Resumo de dimensionamento de sapatas

Sapata	Dimensão (cm)		Rodapé (cm)		Altura (cm)	Verificações	Tensão no solo (kgf/cm ²)		Taxa de aço (kgf/m ³)
	X	Y	X	Y			Máxima	Média	
S1	200	200	25	25	75	OK	4,53	2,12	38,9
S2	240	240	25	25	75	OK	4,63	3,18	46,3
S3	240	240	25	25	75	OK	4,69	3,09	44,4
S4	240	240	25	25	75	OK	5,00	3,27	55,7
S5	200	200	25	25	75	OK	4,51	2,11	36,9
S6	200	200	25	25	75	OK	4,33	2,11	36,9
S7	240	240	25	25	75	OK	4,58	3,22	46,3
S8	240	240	25	25	75	OK	4,64	3,12	44,4
S9	240	240	25	25	75	OK	4,87	3,19	46,3
S10	200	200	25	25	75	OK	4,92	2,17	36,9
S11	80	80	20	20	40	OK	1,50	1,25	42,4
S12	80	80	20	20	40	OK	2,19	1,78	42,4
S13	80	80	20	20	40	OK	1,70	1,39	42,4
S14	80	80	20	20	40	OK	1,59	1,18	42,4
S15	80	80	20	20	40	Não ok	0,47	0,29	42,4

Fonte: Do Autor.

A sapata S55 foi corrigida manualmente.

8 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.