

MEMORIAL DESCRITIVO DA ESTRUTURA DE CONCRETO

Dados da obra

Título do projeto: Ampliação do SENAI

Proprietário: SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Autor do projeto: José Fabio Maia Filho

A obra refere-se a uma estrutura projetada em concreto armado. O projeto é composto por pavimentos conforme descrito na tabela a seguir.

Pavimentos da estrutura:

Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)
Cobertura	390	566
Térreo Ampliação	140	176

Objetivo do memorial

O objetivo desta memória de cálculo é apresentar as especificações de materiais, critérios de cálculo, o modelo estrutural e os principais resultados de análise e dimensionamento dos elementos da estrutura em concreto armado.

Normas relacionadas ao projeto

Os principais critérios adotados neste projeto, referente aos materiais utilizados e dimensionamento das peças de concreto seguem prescrições normativas.

Normas:

- ABNT NBR 14931:2004 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

- ABNT NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações
- ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento

Critérios 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:

Elemento	Cobrimento (cm)		
	Peças externas	Peças internas	Peças em contato com o solo
Vigas	2.50	2.50	2.50
Pilares	2.50	2.50	2.50
Lajes	2.00	-	2.00
Sapatas	-	-	5.00

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:

fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	fct (kgf/cm²)	Abatimento (cm)	Coefficiente de dilatação térmica (°C)
250	241500	26	5.00	0.00001

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/m³)	Módulo de elasticidade (kgf/cm²)	fyk (kgf/cm²)
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		
	Normais (desfavorável)	Normais (favorável)	Excepcionais (desfavorável)	Excepcionais (favorável)	Fundações	Construção	Psi 0	Psi 1	Psi 2
Peso próprio (G1)	1.30	1.00	1.20	1.00	1.00	1.30	-	-	-
Adicional (G2)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	1.30	-	-	-
Solo (S)	1.30	1.00	1.20	1.00	1.00	1.30	-	-	-
Protensão (P)	1.20	0.90	1.20	0.90	1.00	1.20	-	-	-
Retração (R)	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	1.20	-	-	-
Acidental (Q)	1.40	-	1.00	-	1.00	1.20	0.7 0	0.6 0	0.4 0
Água (A)	1.10	-	1.00	-	1.00	1.20	1.0 0	1.0 0	1.0 0
Subpressão (AS)	1.10	-	1.00	-	1.00	1.20	1.0 0	1.0 0	1.0 0
Temperatura 1 (T1)	1.20	-	0.00	-	1.00	1.20	0.6 0	0.5 0	0.3 0
Temperatura 2 (T2)	1.20	-	0.00	-	1.00	1.20	0.6 0	0.5 0	0.3 0
Vento X+ (V1)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.00	0.6 0	0.3 0	0.0 0
Vento X- (V2)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.00	0.6 0	0.3 0	0.0 0
Vento Y+ (V3)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.00	0.6 0	0.3 0	0.0 0
Vento Y- (V4)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.00	0.6 0	0.3 0	0.0 0

Desaprumo X+ (D1)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-
Desaprumo X- (D2)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-
Desaprumo Y+ (D3)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-
Desaprumo Y- (D4)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-

Carregamentos previstos

Foram previstos os carregamentos de peso próprio da estrutura, alvenarias, carga de utilização da edificação, cargas de revestimento de piso, cargas de forro, cargas de vento e cargas da cobertura.

Carregamentos das lajes

Pavimento Térreo Ampliação

Lajes								Temperatur a Caso T1 Caso T2 (°C)	Retraça o Deform. X Deform. Y (‰)
Dados					Sobrecarga (kgf/m²)				
Nom e	Tipo	Altur a (cm)	Elevaçã o (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adiciona l	Acidenta l	Localizad a		
L1	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L2	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L3	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L4	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L5	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L6	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L7	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	100	300	-		
L8	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L9	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L10	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		

L11	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L12	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L13	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L14	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L15	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L16	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L17	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	250	-		
L18	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	200	sim (ver forma)		
L19	Maciça	8	0	200	100	100	-		
L20	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	100	400	sim (ver forma)		
L21	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	200	sim (ver forma)		
L22	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L23	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L24	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L25	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L26	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	300	-		
L27	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	500	-		
L28	Painel com enchiment o 1D	15	0	196	120	200	-		
R1	Painel com enchiment o 1D	15	0	197	120	300	-		
R2	Painel com enchiment o 1D	15	0	197	120	300	-		

Cargas de parede

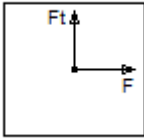
Propriedades das paredes:

Pavimentos	Paredes	
	Espessura (cm)	Peso específico (kgf/m³)
Térreo Ampliação	13.00	1138.46
Cobertura	13.00	1138.46

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	36.00m/s	-
Nível do solo (S2)	0.00cm	-
Maior dimensão horizontal ou vertical (S2)	Entre 20 e 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 residências, hotéis, comércio, e indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas à reutilização.
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 aplicadas nos pavimentos da estrutura devido ao vento estático

Vento X+

Pavimento	Fachada (cm)	Fachada transv.(cm)	Nível (cm)	Altura relativa (cm)	Área de influência (m²)	S2	Coefficiente de arrasto	Forças (tf)	Forças transversais (tf)	Torção (kgf.m)	Momento tombamento (kgf.m)
-----------	--------------	---------------------	------------	----------------------	-------------------------	----	-------------------------	-------------	--------------------------	----------------	----------------------------

Cobertura	2550.50	4199.00	566.00	530.00	49.73	0.85	0.83	1.68	0.00	0.00	8882.33
Térreo Ampliação	2453.50	4272.50	176.00	140.00	66.91	0.78	0.81	1.85	0.00	0.00	2593.06

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 11475.40

Força cortante total na base (tf) = 3.53

Vento X-

Pavimento	Fachada (cm)	Fachada transv.(cm)	Nível (cm)	Altura relativa (cm)	Área de influência (m²)	S2	Coefficiente de arrasto	Forças (tf)	Forças transversais (tf)	Torção (kgf.m)	Momento tombamento (kgf.m)
Cobertura	2550.50	4199.00	566.00	530.00	49.73	0.85	0.83	1.68	0.00	0.00	8882.33
Térreo Ampliação	2453.50	4272.50	176.00	140.00	66.91	0.78	0.81	1.85	0.00	0.00	2593.06

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 11475.40

Força cortante total na base (tf) = 3.53

Vento Y+

Pavimento	Fachada (cm)	Fachada transv.(cm)	Nível (cm)	Altura relativa (cm)	Área de influência (m²)	S2	Coefficiente de arrasto	Forças (tf)	Forças transversais (tf)	Torção (kgf.m)	Momento tombamento (kgf.m)
Cobertura	4199.00	2550.50	566.00	530.00	81.88	0.85	1.13	3.76	0.00	0.00	19916.84
Térreo Ampliação	4272.50	2453.50	176.00	140.00	111.79	0.78	1.14	4.36	0.00	0.00	6101.26

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 26018.10

Força cortante total na base (tf) = 8.12

Vento Y-

Pavimento	Fachada (cm)	Fachada transv.(cm)	Nível (cm)	Altura relativa (cm)	Área de influência (m²)	S2	Coefficiente de arrasto	Forças (tf)	Forças transversais (tf)	Torção (kgf.m)	Momento tombamento (kgf.m)
Cobertura	4199.00	2550.50	566.00	530.00	81.88	0.85	1.13	3.76	0.00	0.00	19916.84
Térreo Ampliação	4272.50	2453.50	176.00	140.00	111.79	0.78	1.14	4.36	0.00	0.00	6101.26

Momento de tombamento total na base (kgf.m) = 26018.10

Força cortante total na base (tf) = 8.12

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: $0.40 E_c I_c$

Rigidez dos pilares: $0.80 E_c I_c$

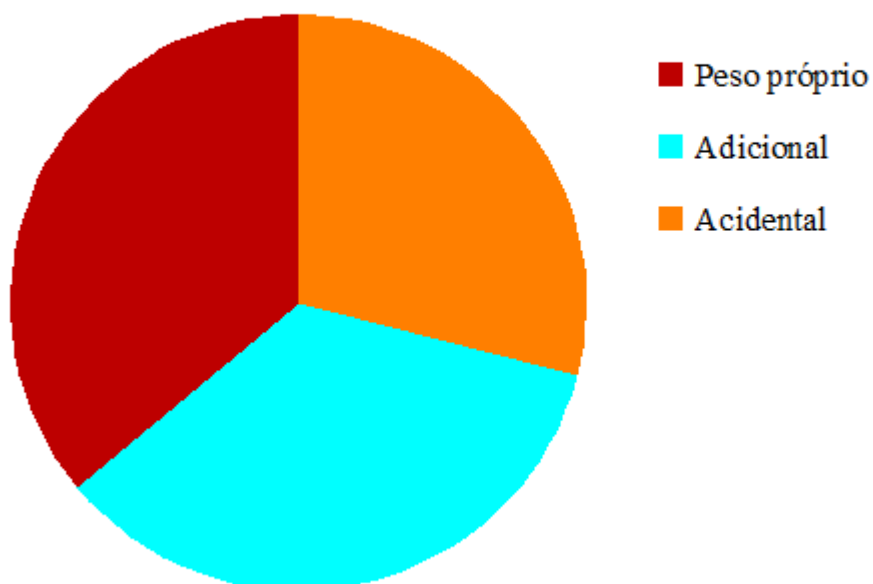
Rigidez das lajes: $0.50 E_c I_c$

Diagnóstico da estrutura

Distribuição das cargas verticais

Ação	Carregamentos (tf)	Percentual (%)
Peso próprio	315.89	36.1
Adicional	305.86	34.9
Acidental	254.24	29.0
TOTAL	875.99	100.0

Distribuição das cargas verticais



Relação de carga por área

Pavimento	Carregamentos (tf)	Área (m²)	Carga/área (kgf/m²)
Cobertura	99.27	-	-
Térreo Ampliação	776.72	852.87	910.72
TOTAL	875.99	852.87	1027.11

Estabilidade global

Parâmetro	
Gama-Z	1.25 (lim 1.10)
Deslocamento máximo dos pilares (cm)*	1.12
Deslocamento médio dos pilares (cm)*	0.17
Deslocamento máximo dos pilares* / Htotal	1/473
Deslocamento médio dos pilares* / Htotal	1/3037

* Deslocamento dos pilares do último pavimento

Parâmetro	Máximo	Direção
Deslocamento horizontal (cm)	0.06 (lim 0.31)	Vento Y+

Índices de consumo de materiais

Elemento	Consumo por área			Consumo por volume de concreto	
	Concreto (m³/m²)	Forma (m²/m²)	Aço (kg/m²)	Forma (m²/m³)	Aço (kg/m³)
Vigas	0.05	0.65	3.91	14.13	84.96
Pilares	0.02	0.25	2.64	12.15	128.62
Lajes	0.07	0.01	1.34	0.09	20.44
Lajes PM	0.00	0.00	0.10	-	-
Fundações	0.03	0.09	0.78	3.09	26.88
TOTAL	0.16	1.00	8.77	6.17	54.35

Espessura média do projeto 16.1 cm

Dimensionamento dos elementos

Elementos de concreto				
Pavimento	Elementos	Com sucesso	Com avisos	Com erros
Cobertura	Vigas	20	0	0
	Pilares	25	30	0
Térreo Ampliação	Vigas	15	14	0
	Sapatas	57	0	0
	Lajes	4	26	0
	Pilares	54	3	0

Elementos com deslocamentos excessivos

Aceitabilidade sensorial - Visual (Lajes)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
Térreo Ampliação	L1 (vão X)	1.71	L/238	-	L/250
	L2 (vão X)	1.94	L/210	-	
	L3 (vão X)	2.42	L/207	-	
	L8 (vão X)	2.52	L/198	-	
	L11 (vão X)	1.63	L/196	-	
	L12 (vão X)	1.95	L/209	-	
	L16 (vão X)	1.85	L/220	-	
	L17 (vão X)	0.87	L/232	-	
	L18 (vão X)	1.32	L/140	-	
	L19 (vão X)	0.56	L/144	-	
	L20 (vão X)	1.23	L/243	-	
	L21 (vão X)	1.90	L/166	-	
	L22 (vão X)	2.69	L/151	-	
	L22 (vão Y)	2.69	L/244	-	
	L25 (vão X)	1.70	L/240	-	
	L26 (vão X)	2.33	L/175	-	
	L28 (vão X)	1.33	L/237	-	
	R1 (vão X)	1.58	L/209	-	
	R2 (vão X)	1.60	L/206	-	

Efeitos estruturais em serviço - Após a construção do piso (Vigas)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
Térreo Ampliação	VT7 (vão 5)	1.07	L/573	-	L/600
	VT27 (vão 1)	0.86	L/570	-	

Efeitos estruturais em serviço - Após a construção do piso (Lajes)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
Térreo Ampliação	L1 (vão X)	1.12	L/365	-	L/600
	L1 (vão Y)	1.12	L/524	-	
	L2 (vão X)	1.27	L/321	-	
	L2 (vão Y)	1.27	L/473	-	
	L3 (vão X)	1.60	L/312	-	
	L3 (vão Y)	1.60	L/509	-	
	L5 (vão X)	0.96	L/523	-	
	L6 (vão X)	0.99	L/503	-	
	L8 (vão X)	1.66	L/301	-	
	L8 (vão Y)	1.66	L/490	-	
	L9 (vão X)	0.88	L/463	-	
	L10 (vão X)	0.88	L/461	-	
	L11 (vão X)	1.07	L/300	-	
	L11 (vão Y)	1.07	L/597	-	
	L12 (vão X)	1.29	L/317	-	
	L12 (vão Y)	1.29	L/512	-	
	L15 (vão X)	0.77	L/531	-	
	L16 (vão X)	1.20	L/339	-	
	L16 (vão Y)	1.20	L/506	-	
	L17 (vão X)	0.57	L/350	-	
	L18 (vão X)	0.73	L/254	-	
	L19 (vão X)	0.30	L/272	-	
	L20 (vão X)	0.83	L/360	-	
	L21 (vão X)	1.01	L/311	-	
	L22 (vão X)	1.77	L/230	-	
	L22 (vão Y)	1.77	L/371	-	
	L23 (vão X)	0.84	L/486	-	
	L24 (vão X)	0.98	L/415	-	
	L24 (vão Y)	0.98	L/568	-	
	L25 (vão X)	1.11	L/367	-	

	L25 (vão Y)	1.11	L/554	-	
	L26 (vão X)	1.52	L/269	-	
	L26 (vão Y)	1.52	L/405	-	
	L27 (vão X)	0.67	L/471	-	
	L28 (vão X)	0.73	L/433	-	
	R1 (vão X)	1.03	L/320	-	
	R1 (vão Y)	1.03	L/482	-	
	R2 (vão X)	1.04	L/315	-	
	R2 (vão Y)	1.04	L/475	-	

Efeitos em elementos não estruturais - Após a construção das paredes (Vigas)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
Térreo Ampliação	VT1 (vão 1)	0.44	L/1325	-0.0024	L/500 10 mm 0.0017 rad
	VT1 (vão 2)	0.46	L/1309	0.0022	
	VT3 (vão 1)	0.92	L/633	-0.0050	
	VT3 (vão 2)	0.76	L/786	0.0038	
	VT3 (vão 8)	0.34	L/1492	0.0022	
	VT4 (vão 2)	0.43	L/1282	0.0021	
	VT4 (vão 3)	0.49	L/1129	-0.0024	
	VT4 (vão 4)	0.83	L/744	-0.0037	
	VT4 (vão 5)	0.82	L/746	0.0037	
	VT4 (vão 7)	0.90	L/677	0.0042	
	VT6 (vão 1)	1.01	L/593	0.0048	
	VT8 (vão 2)	0.98	L/615	0.0046	
	VT9 (vão 4)	0.47	L/1320	-0.0020	
	VT9 (vão 5)	0.45	L/1370	0.0019	
	VT9 (vão 7)	0.42	L/1458	0.0019	
	VT15 (vão 1)	0.24	L/1661	-0.0020	
	VT15 (vão 2)	0.24	L/1639	0.0021	
	VT23 (vão 2)	0.23	L/1722	0.0020	

Efeitos em elementos não estruturais - Após a construção das paredes (Lajes)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
Térreo Ampliação	L18 (vão X)	1.10	L/168	-	L/500 10 mm
	L18 (vão Y)	1.10	L/527	-	
	L20 (vão X)	0.97	L/309	-	
	L21 (vão X)	1.68	L/187	-	
	L21 (vão Y)	1.68	L/368	-	