2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 1 / 75

MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS METÁLICAS

CONSTRUÇÃO DA NOVA ESCOLA EEEFM LUIZ MANOEL VELOSO

VILA VELHA – ES

NOVEMBRO 2024

SUMÁRIO

1. OBJETO 4
2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES 4
3. NORMAS APLICÁVEIS 4
4. CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA O DIMENSIONAMENTO 4
4.1 ESQUEMA ESTRUTURAL 4
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS 5
4.3 DEFORMAÇÕES LIMITES 6
4.4 SOFTWARE UTILIZADO 6
4.5 CARREGAMENTO 6
4.6 COMBINAÇÕES 7
5. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 1 8
5.1 CONSIDERAÇÕES DE VÍNCULOS 8
5.2 MODELAGEM 8
5.3 CARGAS APLICADAS 9
5.4 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO ELETRÔNICO 11
5.5 BASES E CHUMBADORES 16
6. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 2 19
6.1 CONSIDERAÇÕES DE VÍNCULOS 19
6.2 MODELAGEM 19
6.3 CARGAS APLICADAS 20
6.4 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO ELETRÔNICO 22
6.5 BASES E CHUMBADORES 29
7. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 3 31
7.1 CONSIDERAÇÕES DE VÍNCULOS 31
7.2 MODELAGEM 31
7.3 CARGAS APLICADAS 32
7.4 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO ELETRÔNICO 34
7.5 BASES E CHUMBADORES 41
8. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 4 42
8.1 CONSIDERAÇÕES DE VÍNCULOS 42
8.2 MODELAGEM 42
8.3 CARGAS APLICADAS 43

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 2 / 75

8.4 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO ELETRÔNICO 45
8.5 BASES E CHUMBADORES 51
9. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 5 52
9.1 CONSIDERAÇÕES DE VÍNCULOS 52
9.2 MODELAGEM 52
9.3 CARGAS APLICADAS 53
9.4 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO ELETRÔNICO 55
9.5 BASES E CHUMBADORES 62
10. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 6 64
10.1 CONSIDERAÇÕES DE VÍNCULOS 64
10.2 MODELAGEM 64
10.3 CARGAS APLICADAS 65
10.4 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO ELETRÔNICO 67
10.5 BASES E CHUMBADORES 73

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 3 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1. OBJETO

O presente documento tem por finalidade apresentar os critérios e conceitos a serem utilizados para o dimensionamento das estruturas metálicas do projeto de construção da nova escola EEEFM Luiz Manoel Veloso, localizada na Rua Mourisco, SN, Bairro Glória, município de Vila Velha, ES.

O empreendimento é do tipo Edifício Escolar, composto por blocos, onde se concentram as salas de aula, refeitório e administração e quadra poliesportiva com cobertura metálica. O Projeto estrutural foi idealizado levando-se em consideração os detalhes do Projeto Arquitetônico. O Projeto estrutural foi idealizado levando-se em consideração os detalhes do Projeto Arquitetônico.

2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

- PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS (NOME DO ARQUIVO)

3. NORMAS APLICÁVEIS

- NBR-6120:2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

- NBR-6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

- NBR 8681:2004 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

- NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

- NBR 14762 – 2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

- AISC-LFRD 93 – American Institute of Steel Construction – Load and Resistence factor Design Specification.

- ASTM – American Society for Testing and Materiais

- AWS D1.1 – Structural Welding Code.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA O DIMENSIONAMENTO

4.1 Esquema Estrutural

As Estruturas Principais são caracterizadas como Coberturas Metálicas compostas de Pilares, Pilaretes, Vigas, Terças, Tirantes e Contraventamentos, com suas Bases de Apoio e suas Ligações Rotuladas e Engastadas espaçadas entre si conforme Desenhos de Projeto.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 4 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

O Cálculo e o Dimensionamento dos elementos estruturais, foram realizados segundo as considerações das especificações do AISC-LFRD 93 – American Institue of Steel Construction – Load and Resistence factor Design e, onde cabíveis, as prescrições das Normas da ABNT.

4.2 Materiais Utilizados

Aços para chapas e perfis soldados: ASTM A36
(fy = 25 kN/cm² / fu = 40 kN/cm²)

Aços para perfis laminados L / U: ASTM A36
(fy = 25 kN/cm² / fu = 40 kN/cm²)

Aços para perfis laminados W: ASTM A572 Gr50
(fy = 34,5 kN/cm² / fu = 45 kN/cm²)

Aço para barras redondas: ASTM A36
(fy = 25 kN/cm² / fu = 45 kN/cm²)

Aço para perfis laminados a frio: ASTM A570 Gr33
(fy = 23 kN/cm² / fu = 36 kN/cm²)

Parafusos das ligações principais: ASTM A325 Galvanizados – tipo 3

Parafusos das ligações secundárias: ASTM A307 Galvanizados

Aço para arruelas e porcas: ASTM A563

Chumbadores:

Pré-concretagem Tipo J aço ASTM A36 e inserts metálicos em aço CA-50.

Pós-concretagem De expansão WALSYWA CBE58115 ø5/8" e CBE34145 ø3/4" ou equivalente.

Eletrodos para solda (conforme AWS): E70XX

As coberturas serão em telhas termo-acústica TERMILOR, da PERFILOR ou equivalente técnico, sendo a telha superior a LR-33 e a chapa inferior nervurada (bandeja), ambas em aço galvanizado z275 (tipo B) com espessura de 0,50mm e com acabamento pré pintado, na cor branca. O miolo deverá ser com espuma de poliuretano expandido com espessura 30mm. Peso próprio 9,08 kgf/m².

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 5 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

4.3 Deformações Limites

Conforme a NBR 8800-2008.

DEFORMAÇÕES VERTICAIS	
Vigas de cobertura	L/300 - L/200
Vigas secundárias de piso	L/300 - L/200
Vigas principais de piso	L/400 - L/350
Terças e travessas de fechamento	L/200 (Máx. 3cm)
DEFORMAÇÕES HORIZONTAIS	
Colunas ao nível da cobertura	h/400
Travessas de fechamento	L/200

4.4 Software Utilizado

- Programa SAP 2000;
- Planilhas próprias do Excel que atendem as normas vigentes.

4.5 Carregamento

4.5.1 Peso Próprio

- Valores calculados automaticamente pelo programa

4.5.2 Carga Permanente

- Espuma de poliuretano expandido com espessura 30mm, da telha termo-acústica. Peso especifico 1,24 g/cm³, peso próprio 9,08 kgf/m².

4.5.3 Sobrecarga

Conforme NBR 8800 nas coberturas comuns (telhados), na ausência de especificações mais rigorosa, deve ser prevista uma sobrecarga característica mínima de 0,25 kN/m², em projeção horizontal. Admite-se que essa sobrecarga englobe as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamentos térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura, até um limite superior de 0,05 kN/m².

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 6 / 75

4.5.4 Carga de Vento

Cidade de Linhares Velocidade característica do vento de 35 m/s

Fator topográfico: S1 = 1,0

Fator de rugosidade: S2 → S2 = bFr(z/10)P

Rugosidade = 4

Classe da edificação = B

4.6 Combinações

Combinação para dimensionamento conforme NBR 8800.

- COMB. 1 = 1,25PP+1,35CP
- COMB. 2 = 1,25PP+1,35CP+1,5SC
- COMB. 3 = 1,25PP+1,35CP+1,5SC+0,84V0º
- COMB. 4 = 1,25PP+1,35CP+1,5SC+0,84V90º
- COMB. 5 = 1,25PP+1,35CP+1,5SC+0,84V180º
- COMB. 6 = 1,25PP+1,35CP+1,5SC+0,84V270º
- COMB. 7 = ENVOLTORIA

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 7 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

5. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 1

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 considerando os parâmetros apresentados no item 4.5.

5.1 Considerações de Vínculos

Para a modelagem das coberturas foram considerados os seguintes tipos de ligações e considerações estruturais:

- Bases sobre as lajes/vigas serão do tipo rotuladas, com chumbadores de pós-concretagem.
- Ligações das vigas nos pilares serão do tipo rígidas soldadas. As ligações das terças nas vigas serão do tipo rígidas soldadas.

5.2 Modelagem

As figuras 1 a 2 apresentam os modelos conforme modelagem no SAP2000.

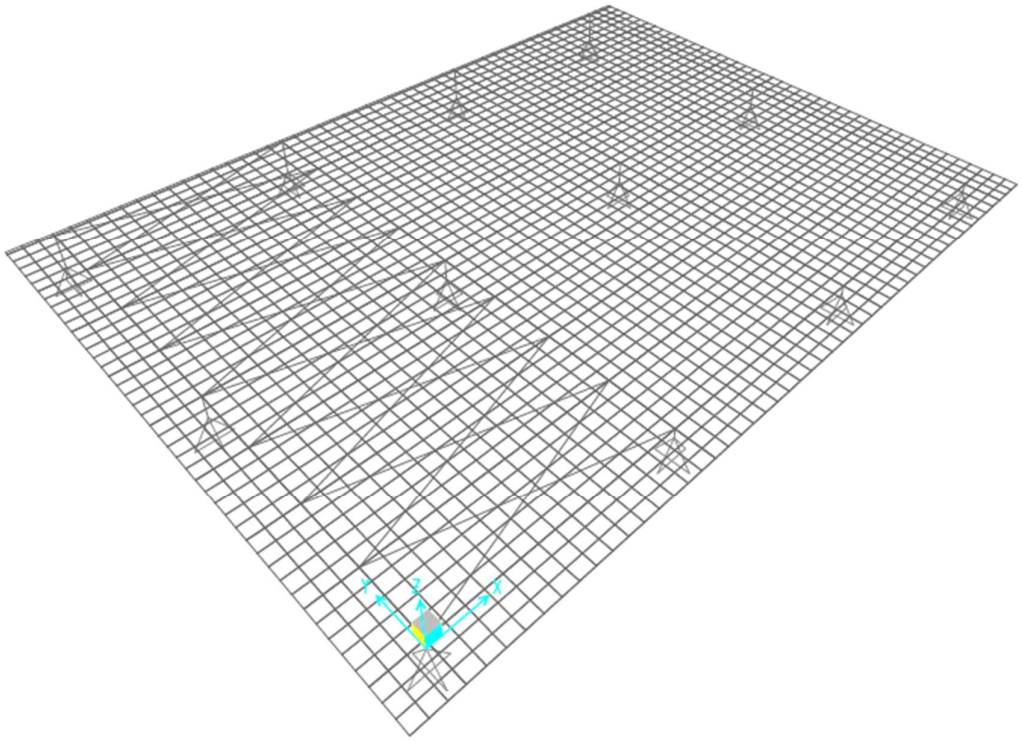


Figura 1 – Prédio escolar bloco 1 – Modelo estrutural 3D vista 1

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 8 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

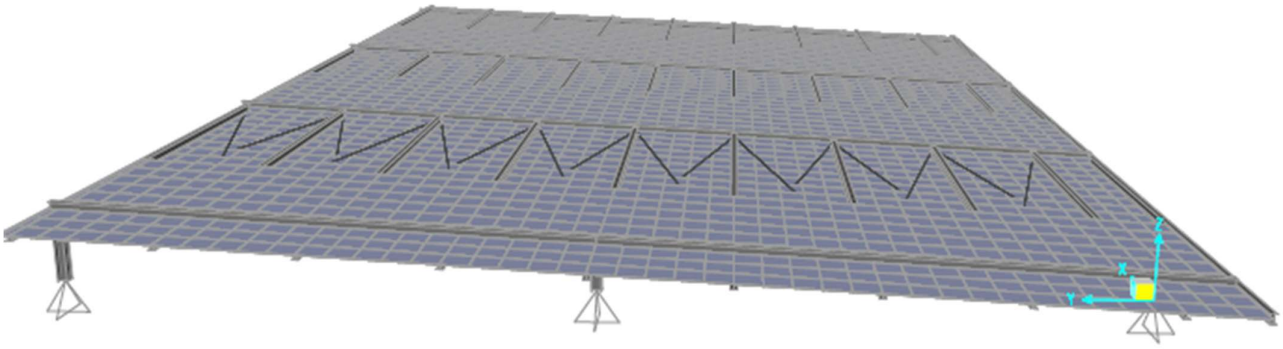


Figura 2 – Prédio escolar bloco 1 – Modelo estrutural 3D vista 2

5.3 Cargas Aplicadas

Conforme item 4.5 serão aplicadas na cobertura as seguintes cargas:

Carga permanente $\begin{cases} Peso\ próprio\ da\ estrutura \\ \text{Peso próprio da telha } 9{,}08\ \text{kgf/m}^2 \end{cases}$

Sobrecarga de 0,25 kN/m²

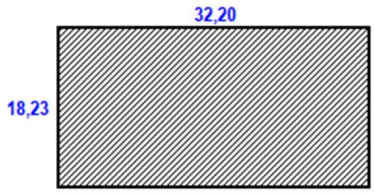
A figura a seguir apresenta os cálculos da ação do vento conforme NBR 6123.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 9 / 75

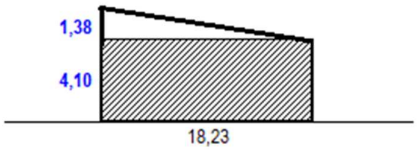
OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1 - Dados da geometria:

1.1 - Dimensões em Planta



1.1 - Dimensões verticais



1.2 - Relações de forma

Inclinação:	15,14%	8,61 °
a/b:	1,77	
h/b:	0,22	

2 - Cálculo da pressão dinâmica

2.1 - Velocidade básica

Vo= 35,00 m/s

2.2 - Velocidade característica Vk= Vo.S1.S2.S3 m/s

S1=	1,00	Terreno plano ou fracamente acidentado		
Classe	B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 30 e 50m		
4 Rugosidade	IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.		
S2=	0,76	Para as paredes	Hmédio=	2,05
S2=	0,76	Para a cobertura	Hmédio=	4,79
Grupo	1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva		
S3=	1,10			

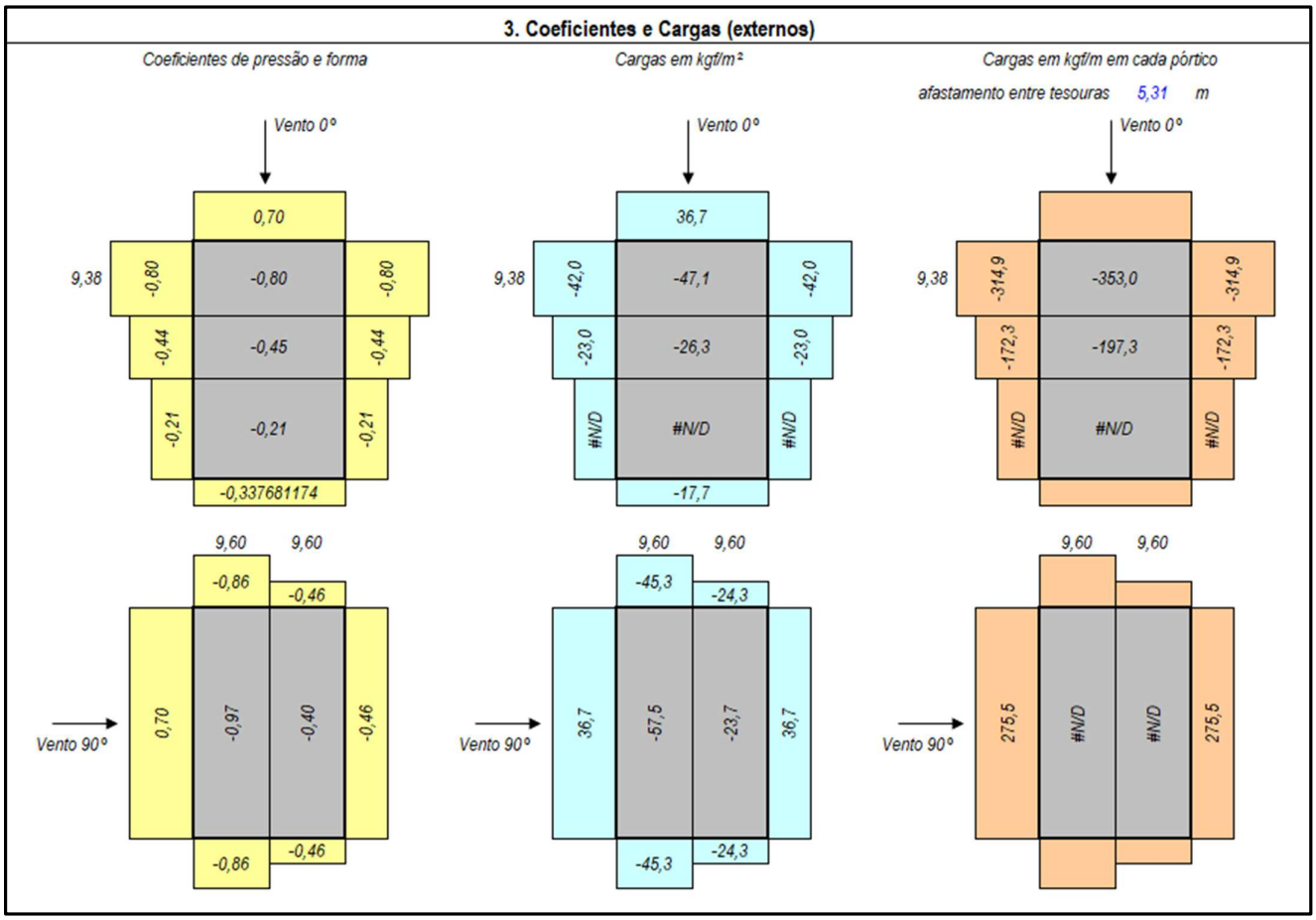
Vk= 29,26 m/s Para as paredes
Vk= 29,26 m/s Para a cobertura

2.3 - Pressão dinâmica Q= 0,613.Vk^2 kN/m²

Q= 52,48 kgf/m² Para as paredes
Q= 52,48 kgf/m² Para a cobertura

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 10 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**



5.4 Resultados do Dimensionamento Eletrônico

5.4.1 Percentual de Utilização

As tabelas a seguir apresenta os resultados da modelagem. A tabelas 1 apresenta o percentual de utilização dos perfis, bem como a situação se o mesmo está aprovado ou não, conforme as solicitações que foram impostas.

TABELA 1: Percentual de Utilização – Prédio escolar bloco 1

Barra	Nome da Barra	Tipo de barra	Status	Percentual de Utilização	Combinação	Situação
1	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 11 / 75

2	H - W150x22.5	Column	No Messages	60%	Envoltoria	Passa
3	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
4	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
5	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
6	H - W150x22.5	Column	No Messages	60%	Envoltoria	Passa
7	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
8	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
9	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
10	H - W150x22.5	Column	No Messages	60%	Envoltoria	Passa
11	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
12	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
13	I - W250x17.9	Brace	No Messages	17%	Envoltoria	Passa
14	I - W250x17.9	Brace	No Messages	45%	Envoltoria	Passa
15	I - W250x17.9	Brace	No Messages	44%	Envoltoria	Passa
16	I - W250x17.9	Brace	No Messages	27%	Envoltoria	Passa
17	I - W250x17.9	Brace	No Messages	45%	Envoltoria	Passa
18	I - W250x17.9	Brace	No Messages	47%	Envoltoria	Passa
19	I - W250x17.9	Brace	No Messages	27%	Envoltoria	Passa
20	I - W250x17.9	Brace	No Messages	45%	Envoltoria	Passa
21	I - W250x17.9	Brace	No Messages	47%	Envoltoria	Passa
22	I - W250x17.9	Brace	No Messages	17%	Envoltoria	Passa
23	I - W250x17.9	Brace	No Messages	45%	Envoltoria	Passa
24	I - W250x17.9	Brace	No Messages	47%	Envoltoria	Passa
25	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
26	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
27	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
28	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
29	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
30	I - W150x13.0	Beam	No Messages	52%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 12 / 75

31	I - W150x13.0	Beam	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
32	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
33	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
34	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
35	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
36	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
37	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
38	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
39	I - W150x13.0	Beam	No Messages	52%	Envoltoria	Passa
40	I - W150x13.0	Beam	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
41	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
42	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
43	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
44	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
45	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
46	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
47	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
48	I - W150x13.0	Beam	No Messages	52%	Envoltoria	Passa
49	I - W150x13.0	Beam	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
50	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
51	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
52	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
53	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
54	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
55	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
56	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
57	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
58	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
59	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 13 / 75

60	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
61	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
62	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
63	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
64	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
65	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
66	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
67	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
68	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
69	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
70	BR 12.5	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa

5.4.2 Deslocamento dos Nós

A tabela 2 apresenta os deslocamentos dos nós (deformações) conforme modelagem SAP2000.

TABELA 2: Deslocamento dos nós – Prédio escolar parte 1

Nó	Combinação	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		m	M	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	-0,003	0,007	0,000
2	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,007	-0,002	0,000
3	ENVOLTORIA	0,000	0,007	0,000	-0,017	0,004	0,000
4	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,016	0,001	0,000
5	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	0,007	0,005	0,000
6	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,007	-0,002	0,000
7	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	-0,003	0,000	0,000
8	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,000	0,000
9	ENVOLTORIA	0,000	0,007	0,000	-0,022	0,000	0,000
10	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,019	0,000	0,000
11	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	0,015	0,000	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 14 / 75

12	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,010	0,000	0,000
13	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	-0,003	0,001	0,000
14	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,000	0,000
15	ENVOLTORIA	0,000	0,007	0,000	-0,021	0,000	0,000
16	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,019	0,000	0,000
17	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	0,015	0,001	0,000
18	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,010	0,000	0,000
19	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	-0,003	-0,005	0,000
20	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,003	0,000
21	ENVOLTORIA	0,000	0,007	0,000	-0,017	-0,003	0,000
22	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,016	0,000	0,000
23	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,000	0,007	-0,004	0,000
24	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,002	0,000
25	ENVOLTORIA	0,000	0,005	0,026	-0,016	0,010	0,000
26	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,001	0,007	0,005	0,000
27	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,032	-0,020	-0,003	0,000
28	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,002	0,015	0,000	0,000
29	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,032	-0,020	0,004	0,000
30	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,002	0,015	0,001	0,000
31	ENVOLTORIA	0,000	0,005	0,026	-0,016	-0,007	0,000
32	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,001	0,007	-0,003	0,000
33	ENVOLTORIA	0,000	0,009	-0,037	0,034	-0,010	0,000
34	ENVOLTORIA	0,000	0,009	-0,036	0,034	0,013	0,001
35	ENVOLTORIA	0,000	0,012	-0,075	0,008	-0,009	0,000
36	ENVOLTORIA	0,000	0,012	-0,075	0,008	0,012	0,001
37	ENVOLTORIA	0,000	0,011	-0,056	-0,023	-0,010	0,000
38	ENVOLTORIA	0,000	0,011	-0,056	-0,022	0,013	0,001
39	ENVOLTORIA	0,000	0,009	-0,041	-0,024	-0,010	0,000
40	ENVOLTORIA	0,000	0,009	-0,041	-0,024	0,013	0,001

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 15 / 75

41	ENVOLTORIA	0,000	0,011	-0,072	-0,002	-0,009	0,000
42	ENVOLTORIA	0,000	0,011	-0,072	-0,002	0,012	0,001
43	ENVOLTORIA	0,000	0,009	-0,047	0,030	-0,010	0,000
44	ENVOLTORIA	0,000	0,009	-0,047	0,030	0,013	0,001
45	ENVOLTORIA	0,000	0,006	0,004	-0,284	0,003	0,000

Conforme tabela todos os valores estão dentro das deformações máximas admissíveis.

5.5 Bases e Chumbadores

Os chumbadores das bases serão de pós-concretagem do tipo de expansão. Como referência, para verificação, serão utilizados as especificações dos chumbadores da Walsywa modelo ø5/8' CBE58118. Para verificação dos chumbadores serão consideradas as cargas nas lajes, no pior cenário, conforme tabela a seguir (figura 5).

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseTyp	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENVOLTORIA	Combination	**55,30**	59,53	68,93	0,00	0,00	0,00
10	ENVOLTORIA	Combination	-3,27	**190,27**	**126,63**	0,00	0,00	0,00

Figura 3 – Reações máximas nas chapas de bases

Conforme recomendações do fabricante a distância mínima de instalação entre dois chumbadores deve ser de 3 vezes a profundidade de embutimento e a distância entre um chumbador instalado e a borda do concreto deve ser de 1,5 vezes a profundidade de embutimento, para que não haja intersecção entre os cones ou entre um cone e a borda, conforme mostra a figura 4.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 16 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

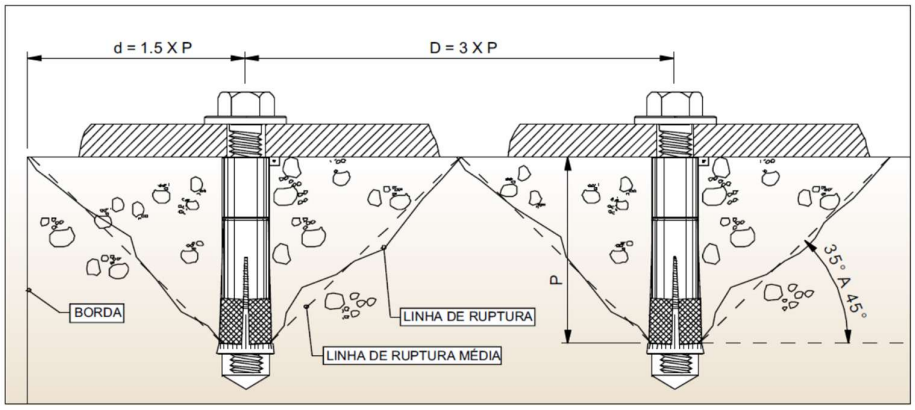
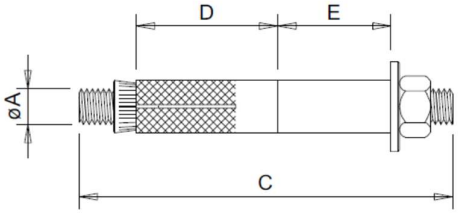
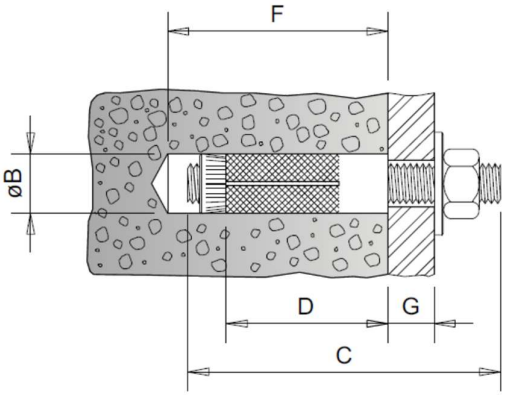


Figura 4 – Espaçamento recomendados para chumbadores de expansão

A figura 5 apresenta as especificações dos chumbadores conforme fabricante. O chumbador a ser utilizado neste projeto é o de ø5/8” CBE58115.





CÓDIGO	Ø da rosca	Ø do furo		comprimento do parafuso		comprimento da jaqueta	comprimento do prolongador	profundidade mínima do furo		esp. máx a ser fixada	Cargas médias* tração (arrancamento)	Cargas médias* cisalhamento
	Ø A	Ø B		C		D	E	F		G	kgf	
		pol.	mm	pol.	mm	mm	mm	pol.	mm	mm		
CBE 14065	1/4"	3/8"	10	2 9/16"	65	32	--------	1 5/8"	41	16	1253	800
CBEPL 14090				3 9/16"	90		22	2 5/8"	66	20	1839	
CBE 56075	5/16"	1/2"	13	3"	75	38	--------	1 3/4"	44	22	1600	1190
CBEPL 56100				4"	100		25	2 7/8"	73	25	2073	
CBE 38080	3/8"	9/16"	14	3 3/16"	80	40	--------	1 7/8"	47	24	2107	1617
CBEPL 38110				4 5/16"	110		25	3"	76	30	2958	
CBE 12095	1/2"	3/4"	19	3 1/4"	95	50	--------	2 3/8"	60	26	2523	2897
~~CBEPL 12135~~				~~5 9/16"~~	~~135~~		~~33~~	~~3 1/8"~~	~~99~~	~~30~~	~~4824~~	
CBE 58115	5/8"	7/8"	22	4 1/2"	115	60	--------	2 3/4"	70	34	3333	4967
CBEPL 58165				6 1/2"	165		45	4 1/4"	120	32	5841	
CBE 34145	3/4"	1"	26	5 3/4"	145	80	--------	3 5/8"	92	32	4320	6573
CBEPL 34220				9"	220		63	6 3/8"	162	50	6657	
CBE 10175	1"	1 1/4"	32	6 7/8"	175	100	--------	4 5/8"	118	35	7790	12080
CBEPL 10270				11"	270		79	5"	204	50	11676	

Figura 5 – Especificações dos chumbadores de expansão

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 17 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

Como as chapas de bases estão sobre a laje, afastadas da borda, não há necessidade de verificar a distância mínima a borda. Quanto a resistência ao cisalhamento a carga máxima de cisalhamento é 55,30 kN conforme tabela da figura 5. Conforme a figura 5 a carga de cisalhamento para um chumbador é de 49,67 kN. Como serão dois a carga admissível é de 99,34 kN >> 55,30 kN.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 18 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

6. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 2

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 considerando os parâmetros apresentados no item 4.5.

6.1 Considerações de Vínculos

Para a modelagem das coberturas foram considerados os seguintes tipos de ligações e considerações estruturais:

- Bases sobre as lajes serão do tipo rotuladas, com chumbadores de pós-concretagem.
- Ligações das terças nos pilares serão do tipo rígidas soldadas.

6.2 Modelagem

As figuras 6 e 7 apresentam os modelos conforme modelagem no SAP2000.

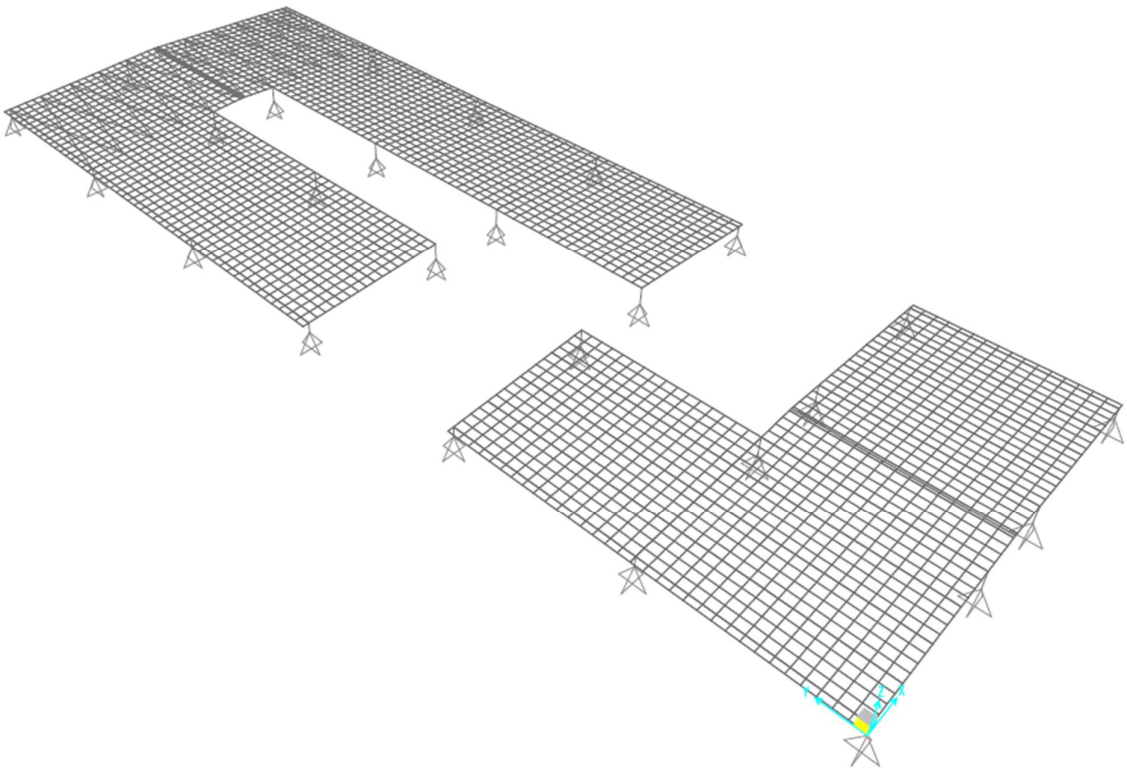


Figura 6 – Prédio escolar Bloco 2 – Modelo estrutural 3D vista 1

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 19 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

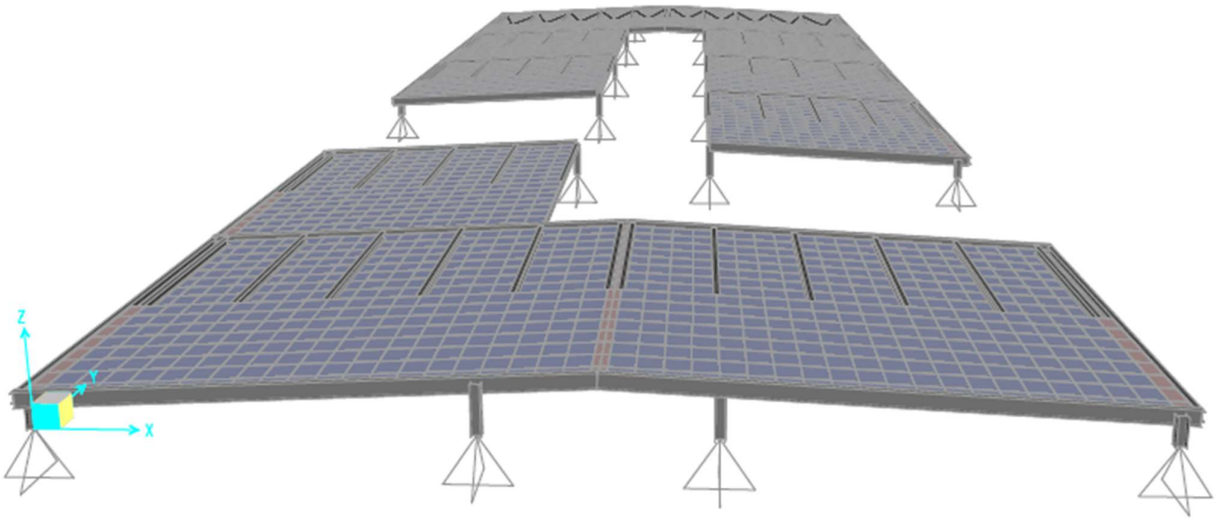


Figura 7 – Prédio escolar Bloco 2 – Modelo estrutural 3D vista 2

6.3 Cargas Aplicadas

Conforme item 4.5 serão aplicadas na cobertura as seguintes cargas:

Carga permanente $\begin{cases} Peso\ próprio\ da\ estrutura \\ \text{Peso próprio da telha } 9{,}08\ \text{kgf/m}^2 \end{cases}$

Sobrecarga de 0,25 kN/m²

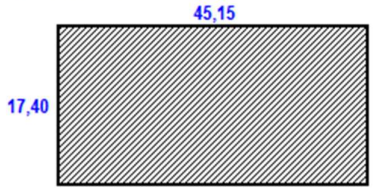
A figura a seguir apresenta os cálculos da ação do vento conforme NBR 6123.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 20 / 75

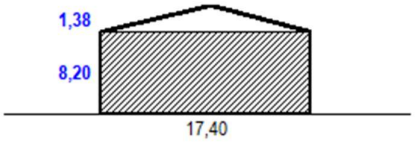
OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1 - Dados da geometria:

1.1 - Dimensões em Planta



1.1 - Dimensões verticais



1.2 - Relações de forma

Inclinação:	15,86%	9,01 °
a/b:	2,59	
h/b:	0,47	

2 - Cálculo da pressão dinâmica

2.1 - Velocidade básica

Vo= **35,00** m/s

2.2 - Velocidade característica

Vk= Vo.S1.S2.S3 m/s

S1=	**1,00**	Terreno plano ou fracamente acidentado		
Classe	B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 30 e 50m		
4 Rugosidade	IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.		
S2=	**0,76**	Para as paredes	Hmédio=	4,10
S2=	**0,81**	Para a cobertura	Hmédio=	8,89
Grupo	1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva		
S3=	**1,10**			

Vk= **29,26** m/s Para as paredes
Vk= **31,36** m/s Para a cobertura

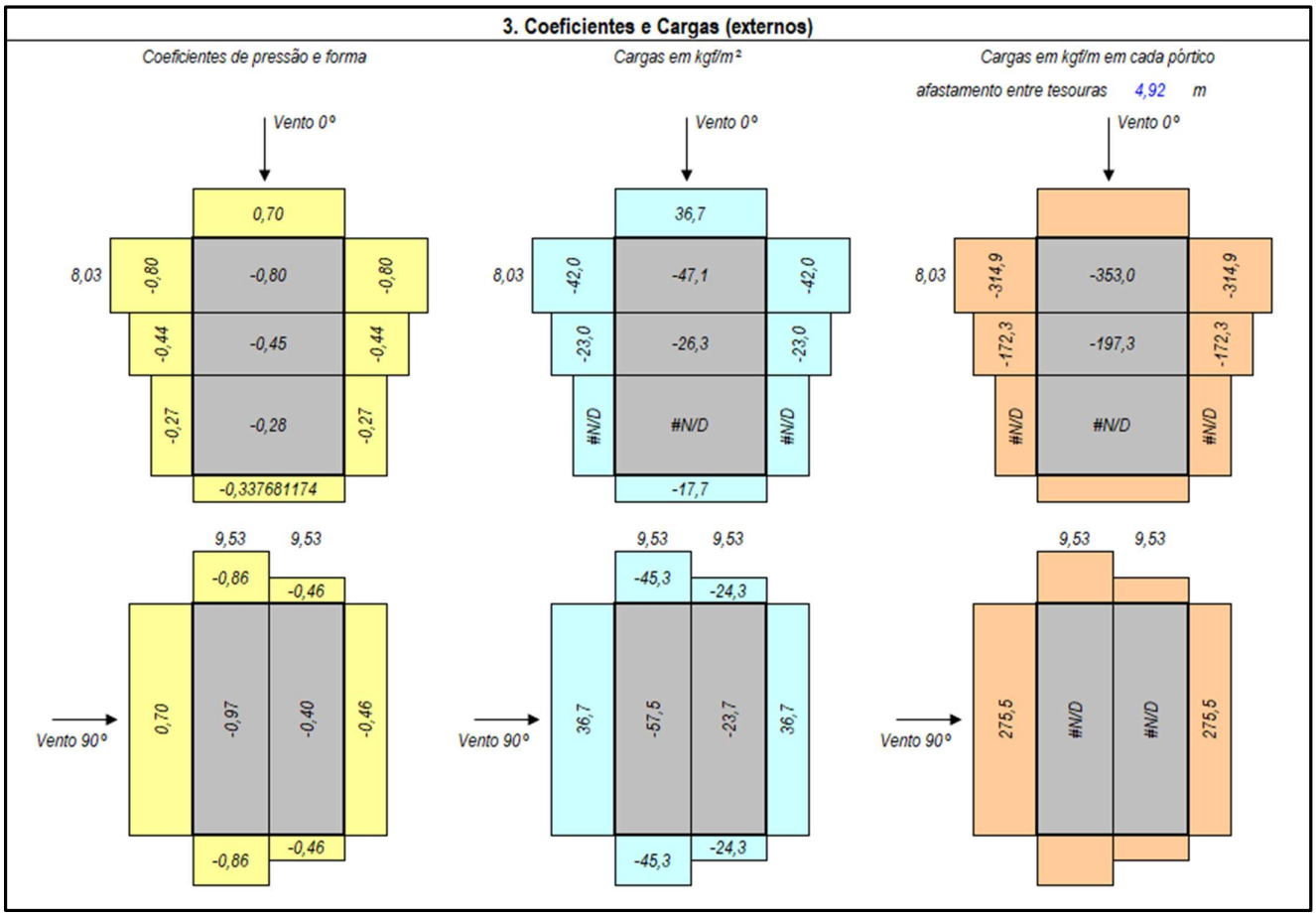
2.3 - Pressão dinâmica

Q= 0,613.Vk^2 kN/m²

Q= **52,48** kgf/m² Para as paredes
Q= **60,27** kgf/m² Para a cobertura

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 21 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**



6.4 Resultados do Dimensionamento Eletrônico

6.4.1 Percentual de Utilização

A tabela a seguir apresenta os resultados da modelagem. A tabela 3 apresenta o percentual de utilização dos perfis, bem como a situação se o mesmo está aprovado ou não, conforme as solicitações que foram impostas.

TABELA 3: Percentual de Utilização – Prédio escolar bloco 2

Barra	Nome da Barra	Tipo de barra	Status	Percentual de Utilização	Combinação	Situação
1	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 22 / 75

2	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
3	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
4	H - W150x22.5	Column	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
5	H - W150x22.5	Column	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
6	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
7	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
8	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
9	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
10	H - W150x22.5	Column	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
11	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
12	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
13	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
14	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
15	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
16	H - W150x22.5	Column	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
17	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
18	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
19	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
20	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
21	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
22	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
23	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
24	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
25	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
26	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
27	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
28	H - W150x22.5	Column	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
29	I - W250x17.9	Brace	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
30	I - W250x17.9	Brace	No Messages	53%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 23 / 75

31	I - W250x17.9	Brace	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
32	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
33	I - W250x17.9	Brace	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
34	I - W250x17.9	Brace	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
35	I - W250x17.9	Brace	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
36	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
37	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
38	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
39	I - W250x17.9	Brace	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
40	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
41	I - W250x17.9	Brace	No Messages	5%	Envoltoria	Passa
42	I - W250x17.9	Brace	No Messages	53%	Envoltoria	Passa
43	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
44	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
45	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
46	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
47	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
48	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
49	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
50	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
51	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
52	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
53	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
54	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
55	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
56	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
57	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
58	I - W150x13.0	Beam	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
59	I - W150x13.0	Beam	No Messages	62%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 24 / 75

60	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
61	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
62	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
63	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
64	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
65	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
66	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
67	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
68	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
69	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
70	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
71	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
72	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
73	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
74	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
75	I - W150x13.0	Beam	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
76	I - W150x13.0	Beam	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
77	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
78	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
79	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
80	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
81	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
82	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
83	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
84	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
85	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
86	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
87	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
88	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 25 / 75

89	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
90	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
91	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
92	I - W150x13.0	Beam	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
93	I - W150x13.0	Beam	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
94	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
95	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
96	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
97	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
98	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
99	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
100	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
101	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
102	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
103	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
104	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
105	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
106	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
107	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
108	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
109	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
110	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
111	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
112	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
113	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
114	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
115	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
116	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
117	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 26 / 75

118	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
119	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
120	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
121	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
122	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
123	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
124	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
125	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
126	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa

6.4.2 Deslocamento dos Nós

A tabela 4 apresenta os deslocamentos dos nós (deformações) conforme modelagem SAP2000.

TABELA 4: Deslocamento dos nós – Prédio escolar bloco 2

Nó	Combinação	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,006	-0,001	0,000
2	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000
3	ENVOLTORIA	0,001	0,001	0,000	-0,004	0,004	0,000
4	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
5	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	0,004	-0,005	0,000
6	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,004	0,000
7	ENVOLTORIA	0,002	0,001	0,000	-0,001	0,012	0,000
8	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,005	0,000
9	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,000
10	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,004	0,000
11	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	0,003	0,007	0,000
12	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,005	0,000
13	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	-0,003	-0,001	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 27 / 75

14	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000
15	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,000	-0,003	0,007	0,000
16	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,000
17	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	0,000	-0,006	0,000
18	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,005	0,000
19	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
20	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
21	ENVOLTORIA	0,000	0,001	0,000	-0,003	-0,005	0,000
22	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000
23	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
24	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000
25	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,007	-0,002	0,000
26	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,003	0,001	0,000
27	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,000
28	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
29	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,006	0,003	0,000
30	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
31	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,003	-0,003	0,000
32	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
33	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	0,008	0,004	0,000
34	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,000	0,000
35	ENVOLTORIA	0,000	-0,001	0,000	0,006	-0,003	0,000
36	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
37	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	-0,003	0,002	0,000
38	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,004	0,000
39	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	-0,003	-0,006	0,000
40	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,005	0,000
41	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000
42	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,005	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 28 / 75

43	ENVOLTORIA	-0,003	0,000	0,000	0,000	-0,011	0,000
44	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	0,000
45	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
46	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,004	0,000
47	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	0,001	-0,009	0,000
48	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,005	0,000
49	ENVOLTORIA	0,000	0,001	0,000	-0,003	0,007	0,000
50	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,002	0,000
51	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	0,001	-0,008	0,000
52	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,003	0,000
53	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,007	0,002	0,000
54	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,003	-0,001	0,000
55	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,003	0,000
56	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000
57	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,001	-0,021	0,000	0,000
58	ENVOLTORIA	0,001	0,001	0,001	0,007	0,004	0,001
59	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,004	0,029	0,001	0,000
60	ENVOLTORIA	0,002	0,001	0,003	0,000	0,012	0,000
61	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,002	-0,005	0,007	-0,001
62	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,002	0,008	0,007	0,001
63	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,003	-0,002	0,012	0,000
64	ENVOLTORIA	0,000	0,001	0,006	-0,020	0,000	0,000

Conforme tabela todos os valores estão dentro das deformações máximas admissíveis.

6.5 Bases e Chumbadores

Os chumbadores das bases serão de pós-concretagem do tipo de expansão. Como referência, para verificação, serão utilizados as especificações dos chumbadores da Walsywa modelo ø5/8’

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 29 / 75

CBE58118. Para verificação dos chumbadores serão consideradas as cargas nas lajes, no pior cenário, conforme tabela a seguir (figura 8).

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENVOLTORIA	Combination	49,99	**36,64**	36,89	0,00	0,00	0,00
6	ENVOLTORIA	Combination	-61,61	-9,29	114,49	0,00	0,00	0,00
8	ENVOLTORIA	Combination	**74,49**	-3,03	**102,06**	0,00	0,00	0,00

Figura 8 – Reações máximas nas chapas de bases

Como as chapas de bases estão sobre a laje, afastadas da borda, não há necessidade de verificar a distância mínima a borda. Quanto a resistência ao cisalhamento a carga máxima de cisalhamento é 74,49 kN conforme tabela da figura 8. Conforme a figura 5 a carga de cisalhamento para um chumbador é de 49,67 kN. Como serão dois a carga admissível é de 99,34 kN > 74,49 kN.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 30 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

7. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 3

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 considerando os parâmetros apresentados no item 4.5.

7.1 Considerações de Vínculos

Para a modelagem das coberturas foram considerados os seguintes tipos de ligações e considerações estruturais:

- Bases sobre as lajes serão do tipo rotuladas, com chumbadores de pós-concretagem.
- Ligações das terças nos pilares serão do tipo rígidas soldadas.

7.2 Modelagem

As figuras 8 e 9 apresentam os modelos conforme modelagem no SAP2000.

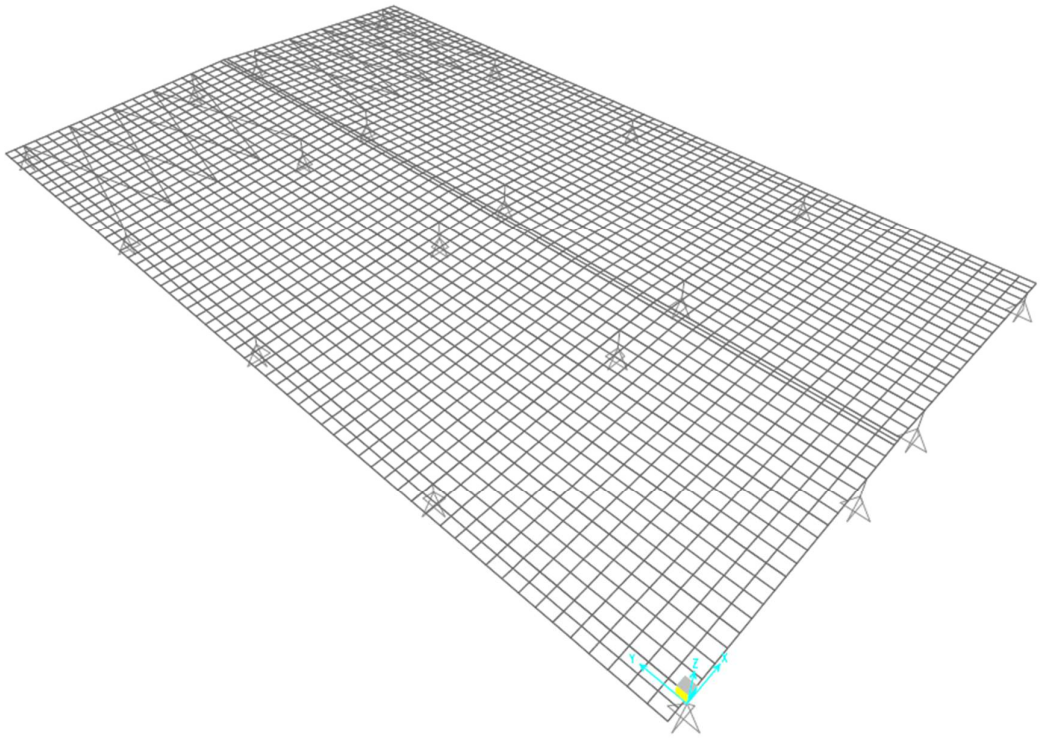


Figura 8 – Prédio escolar Bloco 3 – Modelo estrutural 3D vista 1

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 31 / 75

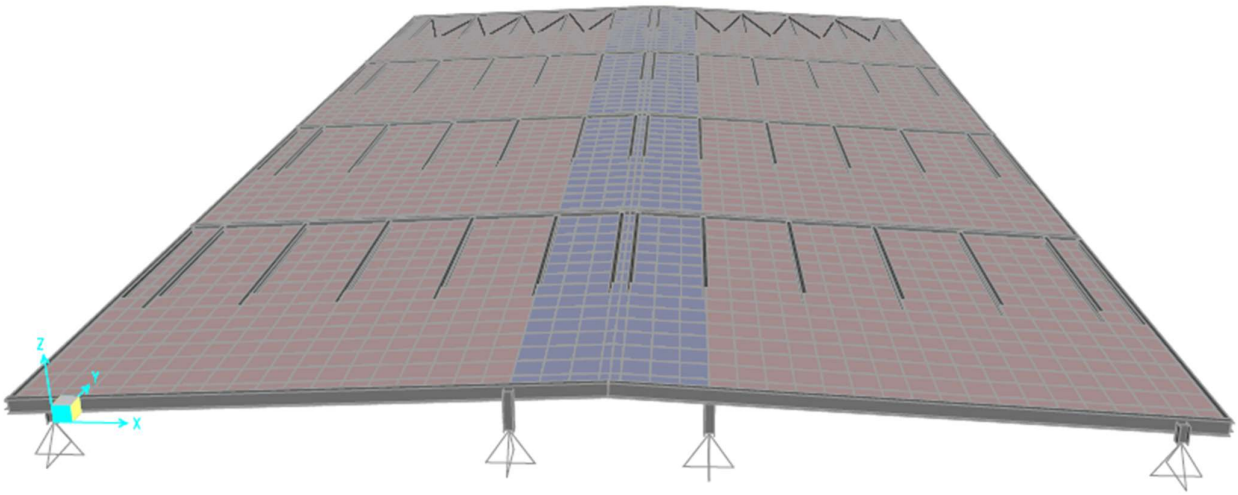


Figura 9 – Prédio escolar Bloco 3 – Modelo estrutural 3D vista 2

7.3 Cargas Aplicadas

Conforme item 4.5 serão aplicadas na cobertura as seguintes cargas:

Carga permanente $\begin{cases} Peso\ próprio\ da\ estrutura \\ \text{Peso próprio da telha } 9{,}08\ \text{kgf/m}^2 \end{cases}$

Sobrecarga de 0,25 kN/m²

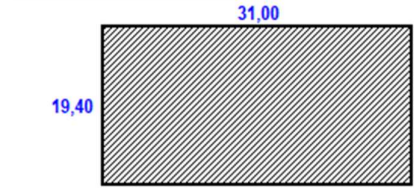
A figura a seguir apresenta os cálculos da ação do vento conforme NBR 6123.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 32 / 75

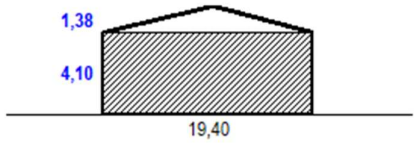
OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1 - Dados da geometria:

1.1 - Dimensões em Planta



1.1 - Dimensões verticais



1.2 - Relações de forma

Inclinação:	14,23%	8,10 °
a/b:	1,60	
h/b:	0,21	

2 - Cálculo da pressão dinâmica

2.1 - Velocidade básica

Vo= **35,00** m/s

2.2 - Velocidade característica

Vk= Vo.S1.S2.S3 m/s

S1=	**1,00**	Terreno plano ou fracamente acidentado		
Classe	B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 30 e 50m		
4 Rugosidade	IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.		
S2=	**0,76**	Para as paredes	Hmédio=	2,05
S2=	**0,76**	Para a cobertura	Hmédio=	4,79
Grupo	1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva		
S3=	**1,10**			

Vk= 29,26 m/s Para as paredes
Vk= 29,26 m/s Para a cobertura

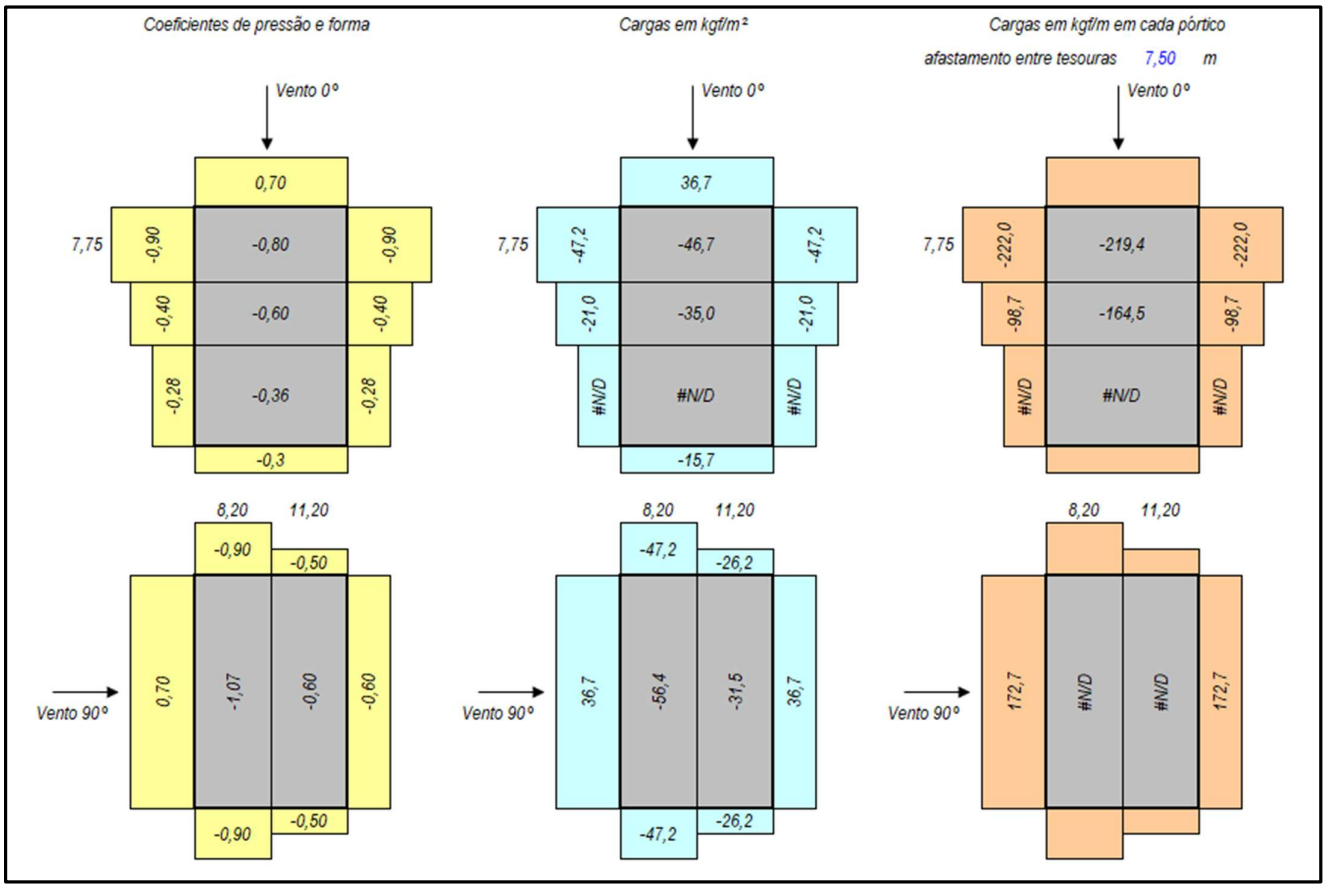
2.3 - Pressão dinâmica

Q= 0,613.Vk^2 kN/m²

Q= 52,48 kgf/m² Para as paredes
Q= 52,48 kgf/m² Para a cobertura

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 33 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**



7.4 Resultados do Dimensionamento Eletrônico

7.4.1 Percentual de Utilização

A tabela a seguir apresenta os resultados da modelagem. A tabela 5 apresenta o percentual de utilização dos perfis, bem como a situação se o mesmo está aprovado ou não, conforme as solicitações que foram impostas.

TABELA 5: Percentual de Utilização – Prédio escolar bloco 3

Barra	Nome da Barra	Tipo de barra	Status	Percentual de Utilização	Combinação	Situação
1	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
2	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 34 / 75

3	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
4	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
5	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
6	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
7	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
8	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
9	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
10	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
11	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
12	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
13	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
14	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
15	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
16	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
17	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
18	H - W150x22.5	Column	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
19	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
20	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
21	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
22	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
23	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
24	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
25	I - W250x17.9	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
26	I - W250x17.9	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
27	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
28	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
29	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
30	I - W250x17.9	Brace	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
31	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 35 / 75

32	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
33	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
34	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
35	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
36	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
37	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
38	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
39	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
40	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
41	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
42	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
43	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
44	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
45	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
46	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
47	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
48	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
49	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
50	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
51	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
52	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
53	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
54	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
55	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
56	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
57	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
58	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
59	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
60	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 36 / 75

61	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
62	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
63	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
64	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
65	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
66	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
67	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
68	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
69	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
70	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
71	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
72	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
73	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
74	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
75	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
76	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
77	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
78	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
79	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
80	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
81	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
82	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
83	I - W150x13.0	Beam	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
84	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
85	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
86	I - W150x13.0	Beam	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
87	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
88	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
89	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 37 / 75

90	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
91	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
92	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
93	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
94	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
95	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
96	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
97	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
98	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
99	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
100	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
101	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
102	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa

7.4.2 Deslocamento dos Nós

A tabela 6 apresenta os deslocamentos dos nós (deformações) conforme modelagem SAP2000.

TABELA 6: Deslocamento dos nós – Prédio escolar bloco 3

Nó	Combinação	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	-0,002	0,005	0,000
2	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,003	0,000
3	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,003	-0,002	0,000
4	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000
5	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
6	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
7	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,000
8	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
9	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 38 / 75

10	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
11	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,003	0,000
12	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
13	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
14	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,007	0,000
15	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,000
16	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
17	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	0,003	0,005	0,000
18	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000
19	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,002	0,000
20	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,000
21	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	-0,002	-0,003	0,000
22	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,002	0,000
23	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,003	0,002	0,000
24	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,001	0,000
25	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,000
26	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,005	0,000
27	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
28	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000
29	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,000
30	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,000
31	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
32	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000
33	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,007	0,000
34	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,005	0,000
35	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
36	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000
37	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	0,003	-0,003	0,000
38	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,002	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 39 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

39	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002	0,000
40	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	0,000
41	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,001	-0,006	0,000	0,000
42	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,003	-0,003	0,005	0,000
43	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000
44	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,008	0,001	0,011	0,000
45	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
46	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,007	0,000	0,010	0,000
47	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,000	0,000
48	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,008	-0,001	0,011	0,000
49	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,001	0,009	0,000	0,000
50	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,003	0,004	0,005	0,000
51	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	-0,003	-0,003	0,000
52	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,008	0,001	-0,007	0,000
53	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,000
54	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,008	-0,001	-0,007	0,000
55	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	0,004	-0,003	0,000
56	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,001	-0,012	0,000	-0,001
57	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000
58	ENVOLTORIA	0,001	0,000	-0,008	-0,026	-0,005	-0,001
59	ENVOLTORIA	0,002	0,000	-0,020	0,008	-0,012	0,000
60	ENVOLTORIA	0,002	0,000	-0,013	-0,028	0,000	-0,001
61	ENVOLTORIA	0,004	0,000	-0,034	0,008	-0,001	0,000
62	ENVOLTORIA	0,001	0,000	-0,009	-0,027	0,007	-0,001
63	ENVOLTORIA	0,003	0,000	-0,023	0,008	0,018	0,000
64	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
65	ENVOLTORIA	0,002	0,000	-0,017	0,000	-0,011	0,000
66	ENVOLTORIA	0,003	0,000	-0,029	0,000	-0,001	0,000
67	ENVOLTORIA	0,003	0,000	-0,019	0,000	0,015	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 40 / 75

68	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,000	0,000
69	ENVOLTORIA	0,002	0,000	-0,020	-0,006	-0,012	0,000
70	ENVOLTORIA	0,004	0,000	-0,034	-0,005	-0,001	0,000
71	ENVOLTORIA	0,003	0,000	-0,023	-0,006	0,018	0,000
72	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,001	0,018	0,000	0,001

Conforme tabela todos os valores estão dentro das deformações máximas admissíveis.

7.5 Bases e Chumbadores

Os chumbadores das bases serão de pós-concretagem do tipo de expansão. Como referência, para verificação, serão utilizadas as especificações dos chumbadores da Walsywa modelo ø5/8' CBE58118. Para verificação dos chumbadores serão consideradas as cargas nas lajes, no pior cenário, conforme tabela a seguir (figura 10).

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENVOLTORIA	Combination	-21,87	**22,23**	36,82	0,00	0,00	0,00
6	ENVOLTORIA	Combination	196,52	-3,18	92,06	0,00	0,00	0,00
8	ENVOLTORIA	Combination	**-55,96**	-1,01	**95,01**	0,00	0,00	0,00

Figura 10 – Reações máximas nas chapas de bases

Como as chapas de bases estão sobre a laje, afastadas da borda, não há necessidade de verificar a distância mínima a borda. Quanto a resistência ao cisalhamento a carga máxima de cisalhamento é 55,96 kN conforme tabela da figura 10. Conforme a figura 5 a carga de cisalhamento para um chumbador é de 49,67 kN. Como serão dois a carga admissível é de 99,34 kN > 55,96 kN.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 41 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

8. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 4

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 considerando os parâmetros apresentados no item 4.5.

8.1 Considerações de Vínculos

Para a modelagem das coberturas foram considerados os seguintes tipos de ligações e considerações estruturais:

- Bases sobre as lajes serão do tipo rotuladas, com chumbadores de pós-concretagem.
- Ligações das terças nos pilares serão do tipo rígidas soldadas.

8.2 Modelagem

As figuras 11 e 12 apresentam os modelos conforme modelagem no SAP2000.

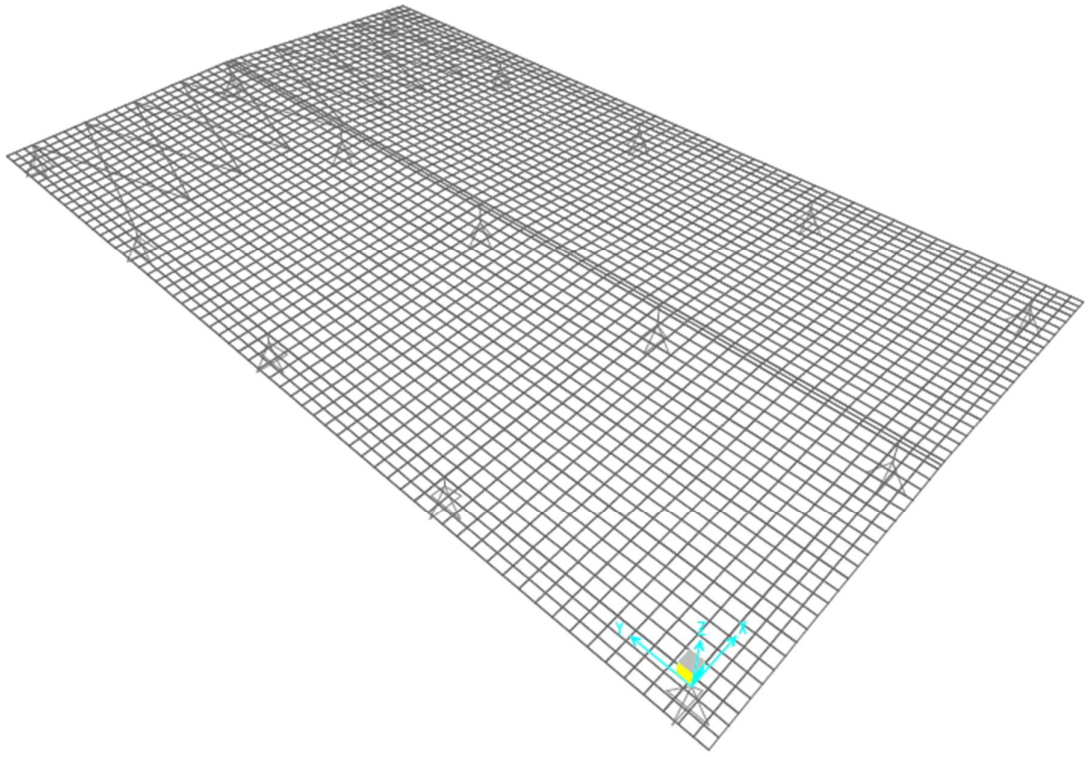


Figura 11 – Prédio escolar Bloco 4 – Modelo estrutural 3D vista 1

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 42 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

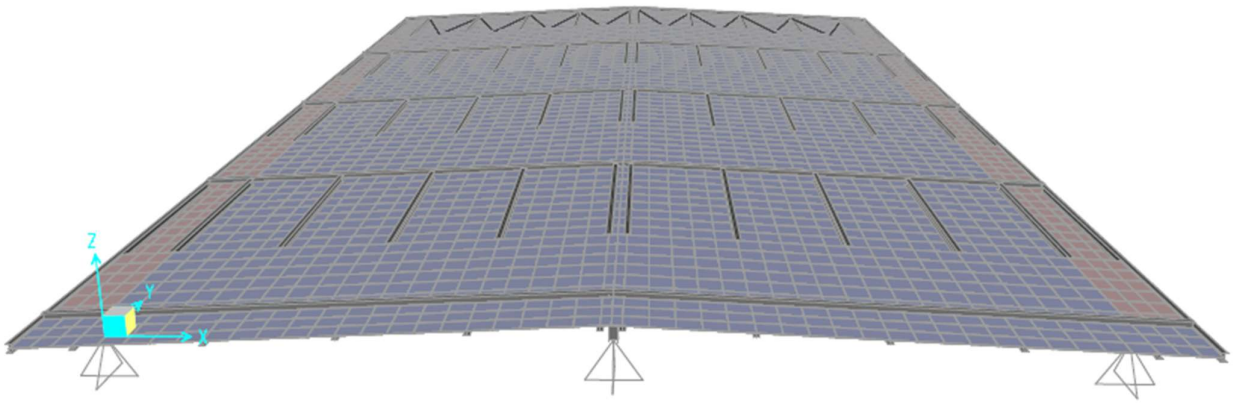


Figura 12 – Prédio escolar Bloco 4 – Modelo estrutural 3D vista 2

8.3 Cargas Aplicadas

Conforme item 4.5 serão aplicadas na cobertura as seguintes cargas:

Carga permanente $\begin{cases} Peso\ próprio\ da\ estrutura \\ \text{Peso próprio da telha } 9{,}08\ \text{kgf/m}^2 \end{cases}$

Sobrecarga de 0,25 kN/m²

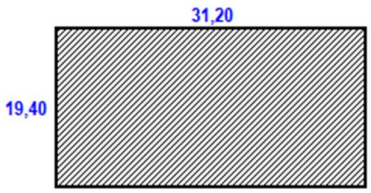
A figura a seguir apresenta os cálculos da ação do vento conforme NBR 6123.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 43 / 75

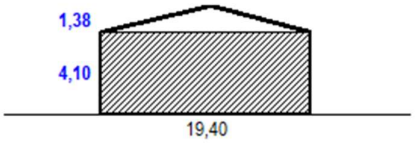
OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1 - Dados da geometria:

1.1 - Dimensões em Planta



1.1 - Dimensões verticais



1.2 - Relações de forma

Inclinação:	14,23%	8,10 °
a/b:	1,61	
h/b:	0,21	

2 - Cálculo da pressão dinâmica

2.1 - Velocidade básica

Vo= **35,00** m/s

2.2 - Velocidade característica

Vk= Vo.S1.S2.S3 m/s

S1=	**1,00**	Terreno plano ou fracamente acidentado		
Classe	B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 30 e 50m		
Rugosidade	IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.		
S2=	**0,76**	Para as paredes	Hmédio=	2,05
S2=	**0,76**	Para a cobertura	Hmédio=	4,79

Grupo	1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva
S3=	**1,10**	

Vk= **29,26** m/s Para as paredes
Vk= **29,26** m/s Para a cobertura

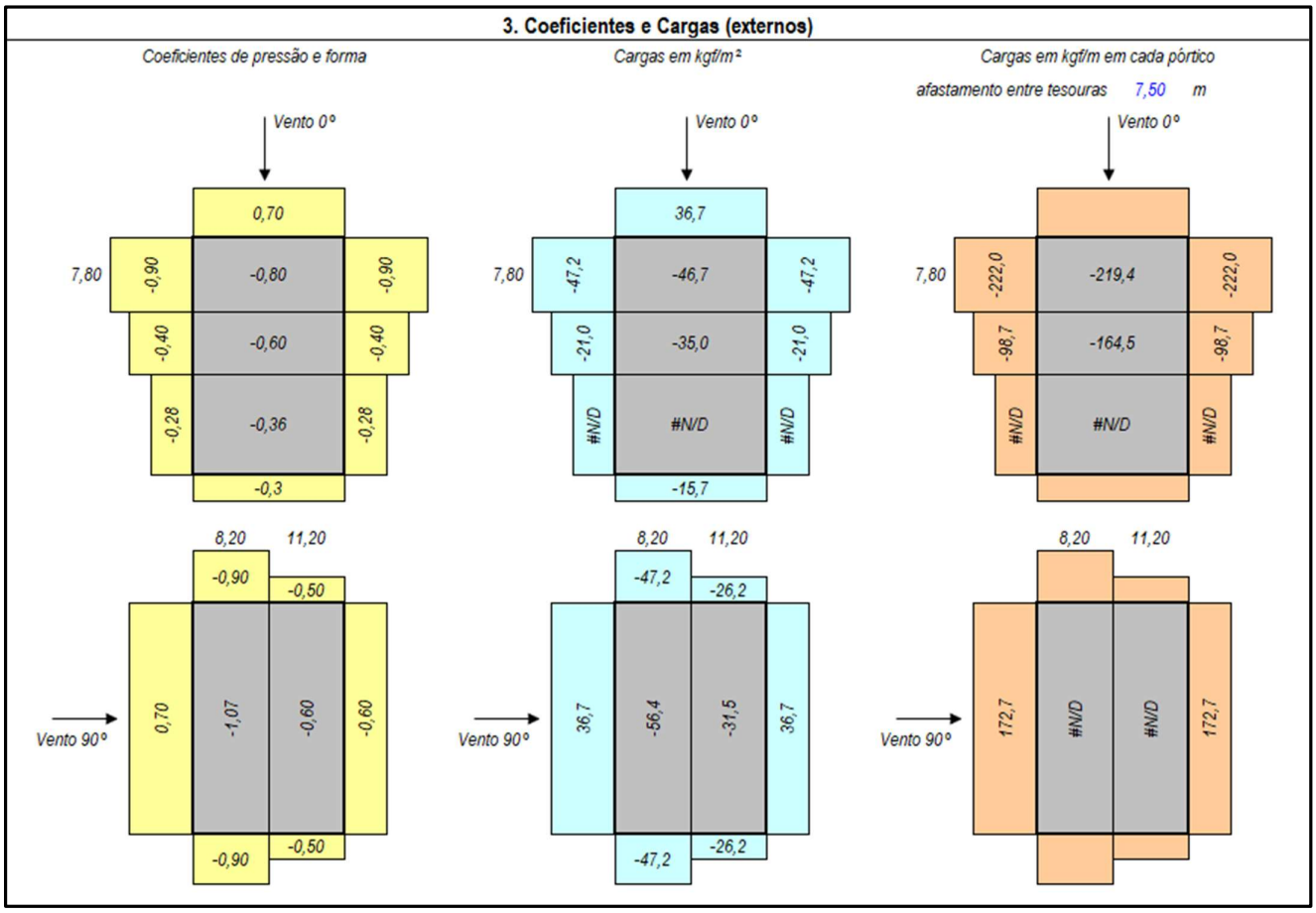
2.3 - Pressão dinâmica

Q= 0,613.Vk^2 kN/m²

Q= **52,48** kgf/m² Para as paredes
Q= **52,48** kgf/m² Para a cobertura

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 44 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**



8.4 Resultados do Dimensionamento Eletrônico

8.4.1 Percentual de Utilização

A tabela a seguir apresenta os resultados da modelagem. A tabela 7 apresenta o percentual de utilização dos perfis, bem como a situação se ele está aprovado ou não, conforme as solicitações que foram impostas.

TABELA 7: Percentual de Utilização – Prédio escolar bloco 4

Barra	Nome da Barra	Tipo de barra	Status	Percentual de Utilização	Combinação	Situação
1	H - W150x22.5	Column	No Messages	17%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 45 / 75

2	H - W150x22.5	Column	No Messages	23%	Envoltoria	Passa
3	H - W150x22.5	Column	No Messages	21%	Envoltoria	Passa
4	H - W150x22.5	Column	No Messages	24%	Envoltoria	Passa
5	H - W150x22.5	Column	No Messages	8%	Envoltoria	Passa
6	H - W150x22.5	Column	No Messages	23%	Envoltoria	Passa
7	H - W150x22.5	Column	No Messages	21%	Envoltoria	Passa
8	H - W150x22.5	Column	No Messages	24%	Envoltoria	Passa
9	H - W150x22.5	Column	No Messages	17%	Envoltoria	Passa
10	H - W150x22.5	Column	No Messages	23%	Envoltoria	Passa
11	H - W150x22.5	Column	No Messages	21%	Envoltoria	Passa
12	H - W150x22.5	Column	No Messages	24%	Envoltoria	Passa
13	H - W150x22.5	Column	No Messages	8%	Envoltoria	Passa
14	H - W150x22.5	Column	No Messages	23%	Envoltoria	Passa
15	H - W150x22.5	Column	No Messages	21%	Envoltoria	Passa
16	I - W250x17.9	Brace	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
17	I - W250x17.9	Brace	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
18	I - W250x17.9	Brace	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
19	I - W250x17.9	Brace	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
20	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
21	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
22	I - W250x17.9	Brace	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
23	I - W250x17.9	Brace	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
24	I - W250x17.9	Brace	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
25	I - W250x17.9	Brace	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
26	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
27	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
28	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
29	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
30	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 46 / 75

31	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
32	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
33	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
34	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
35	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
36	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
37	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
38	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
39	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
40	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
41	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
42	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
43	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
44	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
45	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
46	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
47	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
48	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
49	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
50	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
51	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
52	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
53	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
54	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
55	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
56	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
57	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
58	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
59	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 47 / 75

60	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
61	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
62	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
63	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
64	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
65	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
66	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
67	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
68	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
69	I - W150x13.0	Beam	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
70	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
71	I - W150x13.0	Beam	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
72	I - W150x13.0	Beam	No Messages	56%	Envoltoria	Passa
73	I - W150x13.0	Beam	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
74	BR 12.5	Brace	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
75	BR 12.5	Brace	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
76	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
77	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
78	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
79	BR 12.5	Brace	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
80	BR 12.5	Brace	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
81	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
82	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
83	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
84	BR 12.5	Brace	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
85	BR 12.5	Brace	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
86	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
87	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa
88	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 48 / 75

89	BR 12.5	Brace	No Messages	62%	Envoltoria	Passa

8.4.2 Deslocamento dos Nós

A tabela 8 apresenta os deslocamentos dos nós (deformações) conforme modelagem SAP2000.

TABELA 8: Deslocamento dos nós – Prédio escolar bloco 4

Nó	Combinação	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
2	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
3	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,000	-0,002	0,008	0,000
4	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
5	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
6	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000
8	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000
9	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000
12	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000
13	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	ENVOLTORIA	0,003	0,000	0,000	0,001	0,015	0,000
16	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,009	0,000
17	ENVOLTORIA	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000
18	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000
19	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,000	0,004	0,007	0,000
20	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,000
21	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	-0,002	-0,005	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 49 / 75

22	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,000
23	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	0,000	-0,010	0,000
24	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	0,000
25	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	0,000	-0,009	0,000
26	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	0,000
27	ENVOLTORIA	-0,002	0,000	0,000	0,001	-0,010	0,000
28	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,006	0,000
29	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,000	0,004	-0,004	0,000
30	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,003	0,000
31	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,008	-0,004	0,008	0,000
32	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,014	0,002	0,014	0,000
33	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,013	0,000	0,013	0,000
34	ENVOLTORIA	0,002	0,000	0,014	-0,002	0,014	0,000
35	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,006	0,007	0,006	0,000
36	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,008	-0,004	-0,005	0,000
37	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,014	0,002	-0,009	0,000
38	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,013	0,000	-0,009	0,000
39	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,014	-0,002	-0,009	0,000
40	ENVOLTORIA	-0,001	0,000	0,006	0,007	-0,004	0,000
41	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,013	-0,004	0,099	0,000
42	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,001	0,006	-0,003	0,000
43	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,001	0,000	-0,003	0,000
44	ENVOLTORIA	0,005	0,000	-0,032	0,000	0,022	0,000
45	ENVOLTORIA	0,005	0,000	-0,036	0,008	0,025	0,000
46	ENVOLTORIA	0,005	0,000	-0,048	0,000	-0,001	0,000
47	ENVOLTORIA	0,006	0,000	-0,055	0,008	-0,002	0,000
48	ENVOLTORIA	0,003	0,000	-0,028	0,000	-0,016	0,000
49	ENVOLTORIA	0,004	0,000	-0,032	0,008	-0,018	0,000
50	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,001	-0,004	-0,003	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 50 / 75

51	ENVOLTORIA	0,005	0,000	-0,037	-0,006	0,026	0,000
52	ENVOLTORIA	0,006	0,000	-0,056	-0,006	-0,001	0,000
53	ENVOLTORIA	0,004	0,000	-0,032	-0,006	-0,018	0,000
54	ENVOLTORIA	0,000	0,001	0,000	0,034	-0,001	0,003
55	ENVOLTORIA	0,002	0,000	-0,015	0,047	0,010	0,002
56	ENVOLTORIA	0,003	0,000	-0,021	0,050	-0,001	0,003
57	ENVOLTORIA	0,002	0,000	-0,012	0,047	-0,007	0,003
58	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,003	-0,002	0,202	0,000
59	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,016	-0,027	0,011	-0,001
60	ENVOLTORIA	0,001	0,000	0,004	-0,028	-0,001	-0,001

Conforme tabela todos os valores estão dentro das deformações máximas admissíveis.

8.5 Bases e Chumbadores

Os chumbadores das bases serão de pós-concretagem do tipo de expansão. Como referência, para verificação, serão utilizadas as especificações dos chumbadores da Walsywa modelo ø5/8' CBE58118. Para verificação dos chumbadores serão consideradas as cargas nas lajes, no pior cenário, conforme tabela a seguir (figura 13).

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseTyp	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENVOLTORIA	Combination	**54,09**	**40,17**	57,65	0,00	0,00	0,00
6	ENVOLTORIA	Combination	0,00	-0,09	**160,90**	0,00	0,00	0,00

Figura 13 – Reações máximas nas chapas de bases

Como as chapas de bases estão sobre a laje, afastadas da borda, não há necessidade de verificar a distância mínima a borda. Quanto a resistência ao cisalhamento a carga máxima de cisalhamento é 54,09 kN conforme tabela da figura 8. Conforme a figura 5 a carga de cisalhamento para um chumbador é de 49,67 kN. Como serão dois a carga admissível é de 99,34 kN > 54,09 kN.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 51 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

9. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 5

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 considerando os parâmetros apresentados no item 4.5.

9.1 Considerações de Vínculos

Para a modelagem das coberturas foram considerados os seguintes tipos de ligações e considerações estruturais:

- Bases sobre as lajes serão do tipo rotuladas, com chumbadores de pós-concretagem.
- Ligações das terças nos pilares serão do tipo rígidas soldadas.

9.2 Modelagem

As figuras 14 e 15 apresentam os modelos conforme modelagem no SAP2000.

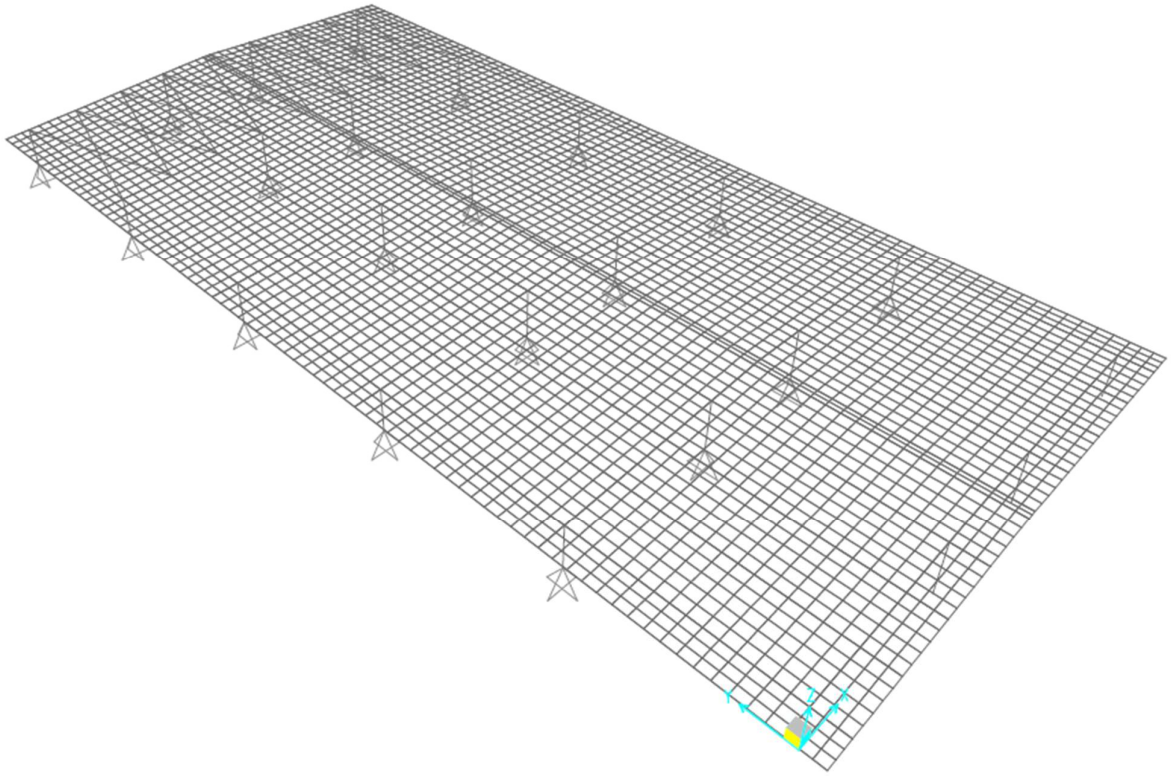


Figura 14 – Prédio escolar Bloco 2 – Modelo estrutural 3D vista 1

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 52 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

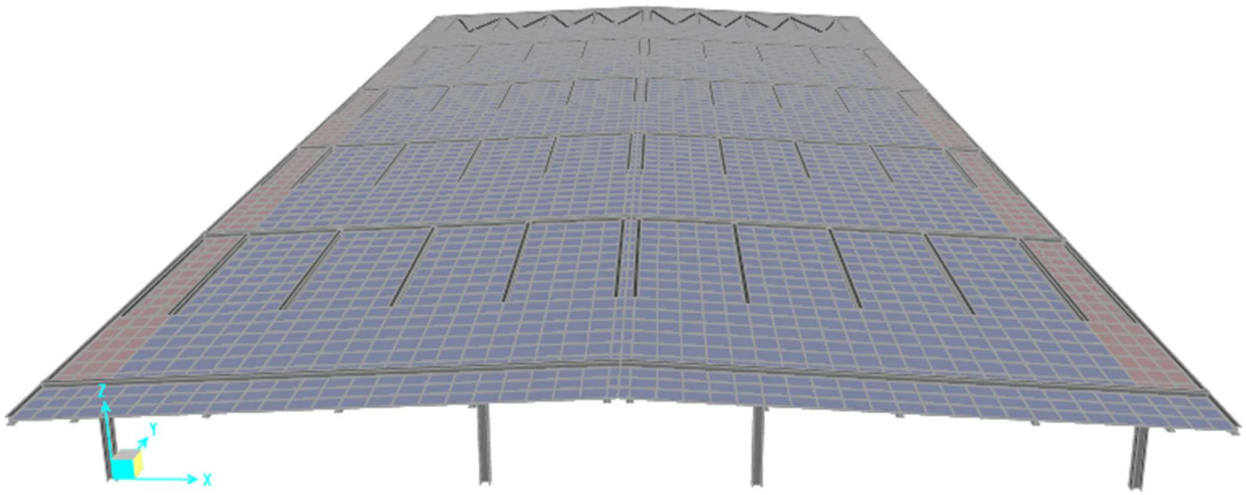


Figura 15 – Prédio escolar Bloco 2 – Modelo estrutural 3D vista 2

9.3 Cargas Aplicadas

Conforme item 4.5 serão aplicadas na cobertura as seguintes cargas:

Carga permanente $\begin{cases} Peso\ próprio\ da\ estrutura \\ \text{Peso próprio da telha } 9{,}08\ \text{kgf/m}^2 \end{cases}$

Sobrecarga de 0,25 kN/m²

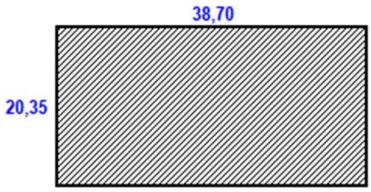
A figura a seguir apresenta os cálculos da ação do vento conforme NBR 6123.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 53 / 75

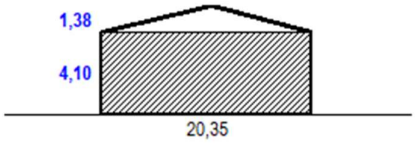
OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1 - Dados da geometria:

1.1 - Dimensões em Planta



1.1 - Dimensões verticais



1.2 - Relações de forma

Inclinação:	13,56%	7,72 °
a/b:	1,90	
h/b:	0,20	

2 - Cálculo da pressão dinâmica

2.1 - Velocidade básica

Vo= 35,00 m/s

2.2 - Velocidade característica Vk= Vo.S1.S2.S3 m/s

S1=	1,00	Terreno plano ou fracamente acidentado		
Classe	B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 30 e 50m		
4 Rugosidade	IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.		
S2=	0,76	Para as paredes	Hmédio=	2,05
S2=	0,76	Para a cobertura	Hmédio=	4,79
Grupo	1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva		
S3=	1,10			

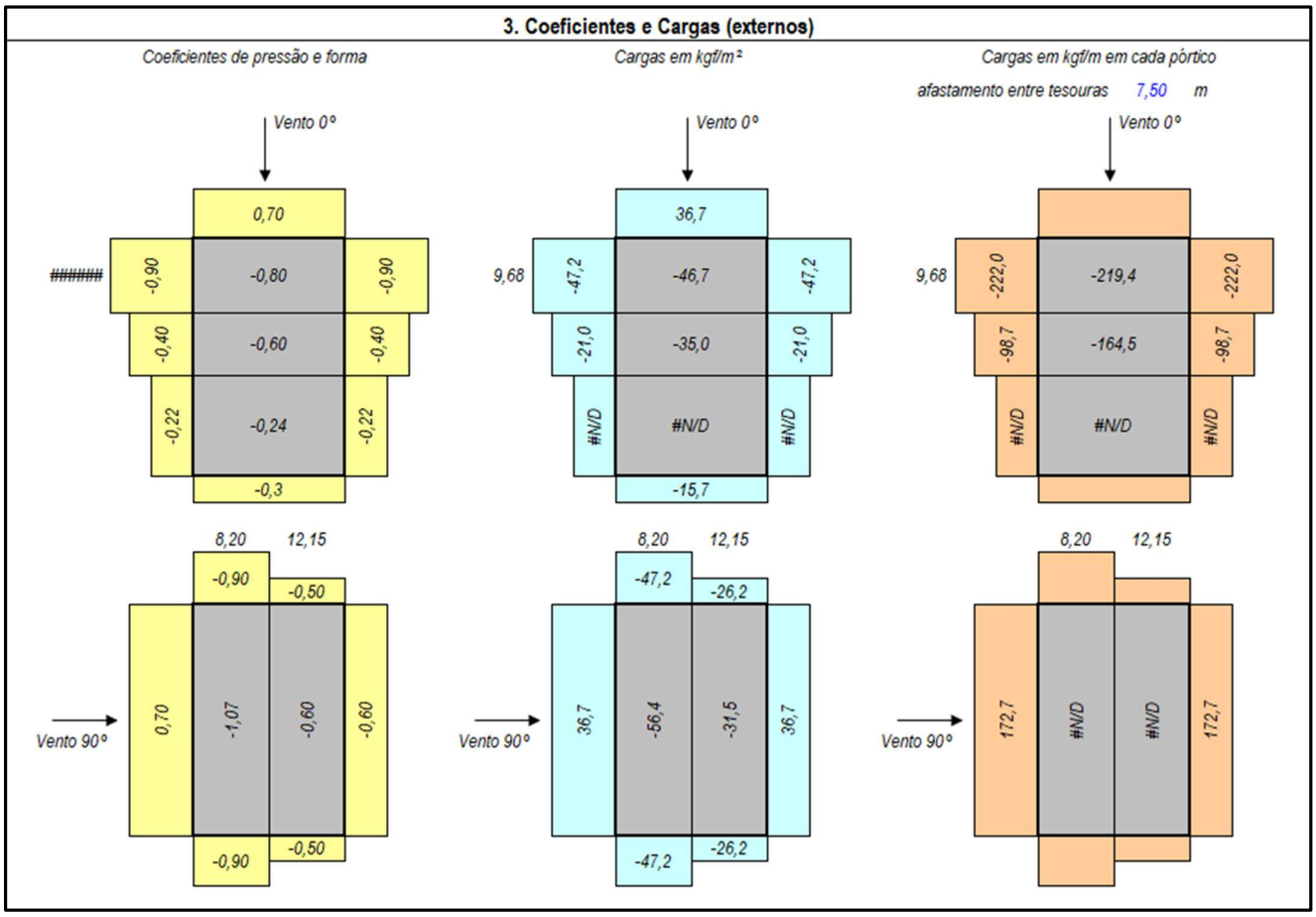
Vk= 29,26 m/s Para as paredes
Vk= 29,26 m/s Para a cobertura

2.3 - Pressão dinâmica Q= 0,613.Vk^2 kN/m²

Q= 52,48 kgf/m² Para as paredes
Q= 52,48 kgf/m² Para a cobertura

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 54 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**



9.4 Resultados do Dimensionamento Eletrônico

9.4.1 Percentual de Utilização

A tabela a seguir apresenta os resultados da modelagem. A tabela 9 apresenta o percentual de utilização dos perfis, bem como a situação se ele está aprovado ou não, conforme as solicitações que foram impostas.

TABELA 9: Percentual de Utilização – Prédio escolar bloco 5

Barra	Nome da Barra	Tipo de barra	Status	Percentual de Utilização	Combinação	Situação
1	H - W150x22.5	Column	No Messages	25%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 55 / 75

2	H - W150x22.5	Column	No Messages	25%	Envoltoria	Passa
3	H - W150x22.5	Column	No Messages	30%	Envoltoria	Passa
4	H - W150x22.5	Column	No Messages	32%	Envoltoria	Passa
5	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
6	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
7	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
8	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
9	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
10	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
11	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
12	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
13	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
14	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
15	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
16	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
17	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
18	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
19	H - W150x22.5	Column	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
20	H - W150x22.5	Column	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
21	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
22	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
23	H - W150x22.5	Column	No Messages	54%	Envoltoria	Passa
24	H - W150x22.5	Column	No Messages	55%	Envoltoria	Passa
25	I - W250x17.9	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
26	I - W250x17.9	Brace	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
27	I - W250x17.9	Brace	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
28	I - W250x17.9	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
29	I - W250x17.9	Brace	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
30	I - W250x17.9	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 56 / 75

31	I - W250x17.9	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
32	I - W250x17.9	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
33	I - W250x17.9	Brace	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
34	I - W250x17.9	Brace	No Messages	58%	Envoltoria	Passa
35	I - W250x17.9	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
36	I - W250x17.9	Brace	No Messages	57%	Envoltoria	Passa
37	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
38	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
39	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
40	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
41	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
42	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
43	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
44	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
45	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
46	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
47	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
48	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
49	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
50	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
51	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
52	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
53	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
54	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
55	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
56	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
57	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
58	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
59	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 57 / 75

60	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
61	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
62	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
63	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
64	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
65	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
66	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
67	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
68	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
69	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
70	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
71	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
72	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
73	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
74	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
75	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
76	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
77	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
78	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
79	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
80	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
81	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
82	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
83	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
84	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
85	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
86	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
87	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
88	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 58 / 75

89	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
90	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
91	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
92	I - W150x13.0	Beam	No Messages	63%	Envoltoria	Passa
93	I - W150x13.0	Beam	No Messages	64%	Envoltoria	Passa
94	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
95	I - W150x13.0	Beam	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
96	I - W150x13.0	Beam	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
97	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
98	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
99	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
100	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
101	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
102	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
103	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
104	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
105	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
106	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
107	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
108	BR 12.5	Brace	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
109	BR 12.5	Brace	No Messages	67%	Envoltoria	Passa
110	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
111	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
112	BR 12.5	Brace	No Messages	68%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 59 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

9.4.2 Deslocamento dos Nós

A tabela 10 apresenta os deslocamentos dos nós (deformações) conforme modelagem SAP2000.

TABELA 10: Deslocamento dos nós – Prédio escolar bloco 5

Nó	Combinação	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,006	0,013	-0,056	0,003
2	ENVOLTORIA	0,002	0,002	-0,006	0,013	-0,056	0,003
3	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,011	0,027	0,121	-0,007
4	ENVOLTORIA	-0,002	0,004	-0,011	0,027	0,121	-0,007
5	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,011	0,027	-0,084	0,010
6	ENVOLTORIA	0,003	0,004	-0,011	0,027	-0,084	0,010
7	ENVOLTORIA	0,000	0,000	-0,006	0,013	0,082	-0,002
8	ENVOLTORIA	-0,001	0,002	-0,006	0,013	0,082	-0,002
9	ENVOLTORIA	-0,003	-0,025	-0,001	0,039	0,005	0,000
10	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,008	-0,004	0,000
11	ENVOLTORIA	0,007	-0,016	0,000	0,053	-0,003	0,000
12	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,008	0,000
13	ENVOLTORIA	-0,005	-0,016	0,000	0,053	0,005	0,000
14	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	-0,004	-0,005	0,000
15	ENVOLTORIA	0,004	-0,025	-0,001	0,039	-0,003	0,000
16	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,008	0,005	0,000
17	ENVOLTORIA	0,001	-0,023	0,000	0,002	-0,003	0,000
18	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,024	0,003	0,000
19	ENVOLTORIA	-0,001	-0,019	0,000	0,001	-0,006	0,001
20	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,023	0,002	0,001
21	ENVOLTORIA	0,002	-0,019	0,000	0,001	0,008	0,000
22	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,023	-0,001	0,000
23	ENVOLTORIA	-0,001	-0,023	0,000	0,002	0,004	0,000

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 60 / 75

24	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,024	-0,002	0,000
25	ENVOLTORIA	0,002	-0,021	0,000	0,007	-0,004	0,000
26	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,020	0,004	0,000
27	ENVOLTORIA	-0,002	-0,020	0,000	0,008	-0,006	0,000
28	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,022	0,002	0,000
29	ENVOLTORIA	0,002	-0,020	0,000	0,008	0,009	0,000
30	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,022	-0,001	0,000
31	ENVOLTORIA	-0,001	-0,021	0,000	0,007	0,006	0,000
32	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,020	-0,003	0,000
33	ENVOLTORIA	0,001	-0,021	0,000	0,003	-0,004	0,000
34	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,021	0,003	0,000
35	ENVOLTORIA	-0,001	-0,021	0,000	0,006	-0,006	0,000
36	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,024	0,003	0,000
37	ENVOLTORIA	0,002	-0,021	0,000	0,006	0,010	0,000
38	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,024	-0,002	0,000
39	ENVOLTORIA	-0,001	-0,021	0,000	0,003	0,006	0,000
40	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,021	-0,002	0,000
41	ENVOLTORIA	0,001	-0,021	0,000	0,022	-0,002	0,001
42	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,012	0,002	0,001
43	ENVOLTORIA	-0,001	-0,021	0,000	0,020	-0,003	-0,001
44	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,017	0,001	-0,001
45	ENVOLTORIA	0,001	-0,021	0,000	0,020	0,004	0,001
46	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,017	-0,001	0,001
47	ENVOLTORIA	0,000	-0,021	0,000	0,022	0,002	-0,001
48	ENVOLTORIA	0,000	0,000	0,000	0,012	-0,001	-0,001
49	ENVOLTORIA	0,000	-0,032	-0,550	0,089	0,000	0,000
50	ENVOLTORIA	0,053	-0,012	-1,206	0,290	-0,083	0,011
51	ENVOLTORIA	0,000	-0,028	-0,023	0,055	0,000	0,000
52	ENVOLTORIA	-0,005	-0,014	0,002	0,111	0,002	0,003

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 61 / 75

53	ENVOLTORIA	0,000	-0,024	0,002	-0,001	0,000	0,000
54	ENVOLTORIA	0,001	-0,018	0,009	-0,020	0,009	-0,001
55	ENVOLTORIA	0,000	-0,022	0,005	0,001	0,000	0,000
56	ENVOLTORIA	0,002	-0,020	0,008	0,008	0,008	0,000
57	ENVOLTORIA	0,000	-0,021	0,002	-0,003	0,000	0,000
58	ENVOLTORIA	0,001	-0,021	0,009	-0,003	0,009	0,000
59	ENVOLTORIA	-0,037	-0,012	-1,206	0,290	0,120	-0,008
60	ENVOLTORIA	0,007	-0,014	0,002	0,111	-0,001	-0,002
61	ENVOLTORIA	-0,001	-0,018	0,009	-0,020	-0,006	0,002
62	ENVOLTORIA	-0,001	-0,020	0,008	0,008	-0,005	0,000
63	ENVOLTORIA	-0,001	-0,021	0,009	-0,003	-0,006	0,000
64	ENVOLTORIA	0,000	-0,021	0,002	0,018	0,000	0,000
65	ENVOLTORIA	0,001	-0,021	0,003	0,008	0,003	0,000
66	ENVOLTORIA	-0,001	-0,021	0,003	0,008	-0,002	0,000
67	ENVOLTORIA	0,066	-0,012	-1,425	0,290	-0,024	0,011
68	ENVOLTORIA	0,000	-0,028	-0,023	0,057	0,005	0,000
69	ENVOLTORIA	0,000	-0,024	0,002	-0,003	0,000	0,000
70	ENVOLTORIA	0,003	-0,020	-0,014	-0,018	0,006	-0,001
71	ENVOLTORIA	-0,004	-0,019	-0,015	0,094	0,008	0,002
72	ENVOLTORIA	0,003	-0,021	-0,012	-0,015	-0,005	-0,001

Conforme tabela todos os valores estão dentro das deformações máximas admissíveis.

9.5 Bases e Chumbadores

Os chumbadores das bases serão de pós-concretagem do tipo de expansão. Como referência, para verificação, serão utilizadas as especificações dos chumbadores da Walsywa modelo ø5/8' CBE58118. Para verificação dos chumbadores serão consideradas as cargas nas lajes, no pior cenário, conforme tabela a seguir (figura 16).

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 62 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
14	ENVOLTORIA	**20,24**	**-21,50**	**125,42**	0,00	0,00	0,00

Figura 16 – Reações máximas nas chapas de bases

Como as chapas de bases estão sobre a laje, afastadas da borda, não há necessidade de verificar a distância mínima a borda. Quanto a resistência ao cisalhamento a carga máxima de cisalhamento é 20,24 kN conforme tabela da figura 8. Conforme a figura 5 a carga de cisalhamento para um chumbador é de 49,67 kN. Como serão dois a carga admissível é de 99,34 kN > 20,24 kN.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 63 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

10. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO – PRÉDIO ESCOLAR BLOCO 6

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 considerando os parâmetros apresentados no item 4.5.

10.1 Considerações de Vínculos

Para a modelagem das coberturas foram considerados os seguintes tipos de ligações e considerações estruturais:

- Bases sobre as lajes serão do tipo rotuladas, com chumbadores de pós-concretagem.
- Ligações das terças nos pilares serão do tipo rígidas soldadas.

10.2 Modelagem

As figuras 17 e 18 apresentam os modelos conforme modelagem no SAP2000.

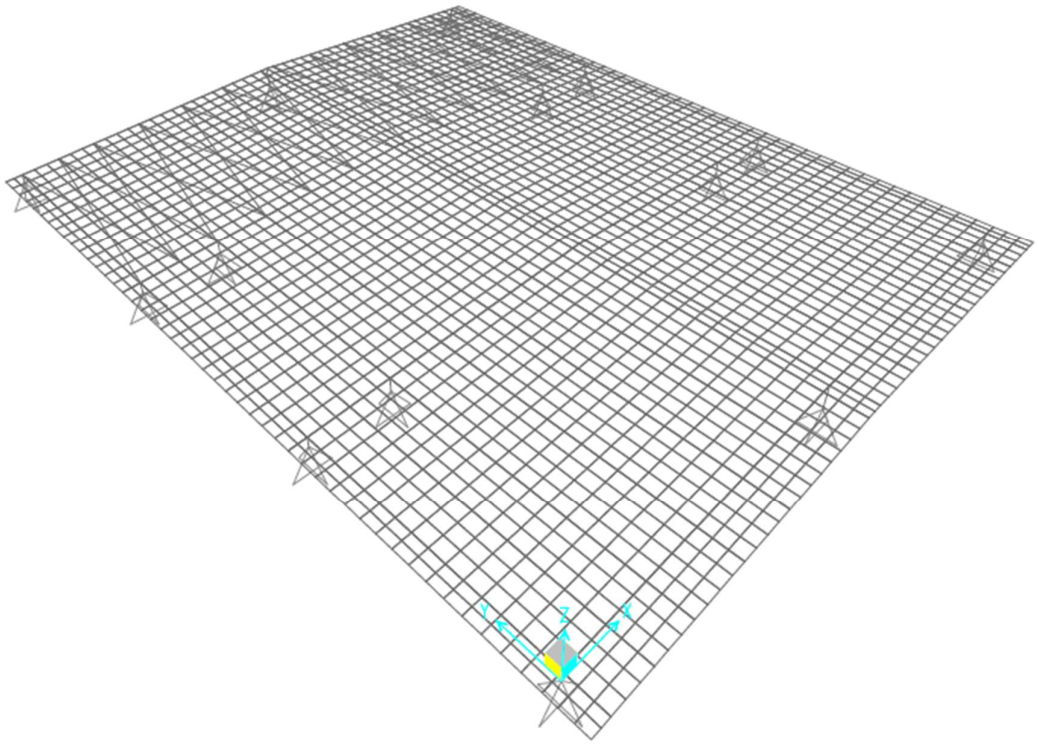


Figura 17 – Prédio escolar Bloco 6 – Modelo estrutural 3D vista 1

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 64 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

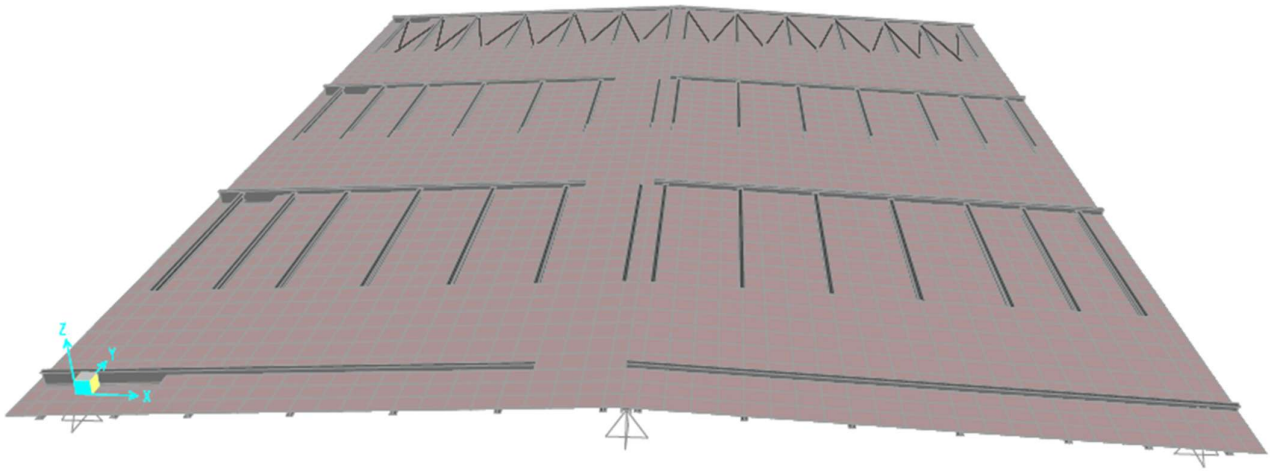


Figura 18 – Prédio escolar Bloco 6 – Modelo estrutural 3D vista 2

10.3 Cargas Aplicadas

Conforme item 4.5 serão aplicadas na cobertura as seguintes cargas:

Carga permanente $\begin{cases} Peso\ próprio\ da\ estrutura \\ \text{Peso próprio da telha } 9{,}08\ \text{kgf/m}^2 \end{cases}$

Sobrecarga de 0,25 kN/m²

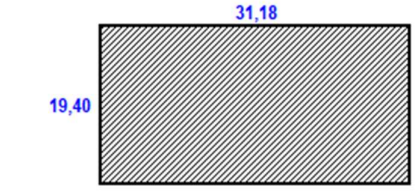
A figura a seguir apresenta os cálculos da ação do vento conforme NBR 6123.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 65 / 75

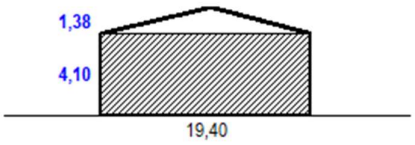
OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

1 - Dados da geometria:

1.1 - Dimensões em Planta



1.1 - Dimensões verticais



1.2 - Relações de forma

Inclinação:	14,23%	8,10 °
a/b:	1,61	
h/b:	0,21	

2 - Cálculo da pressão dinâmica

2.1 - Velocidade básica

Vo= **35,00** m/s

2.2 - Velocidade característica

Vk= Vo.S1.S2.S3 m/s

S1=	**1,00**	Terreno plano ou fracamente acidentado		
Classe	B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 30 e 50m		
4 Rugosidade	IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.		
S2=	**0,76**	Para as paredes	Hmédio=	2,05
S2=	**0,76**	Para a cobertura	Hmédio=	4,79
Grupo	1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva		
S3=	**1,10**			

Vk= 29,26 m/s Para as paredes
Vk= 29,26 m/s Para a cobertura

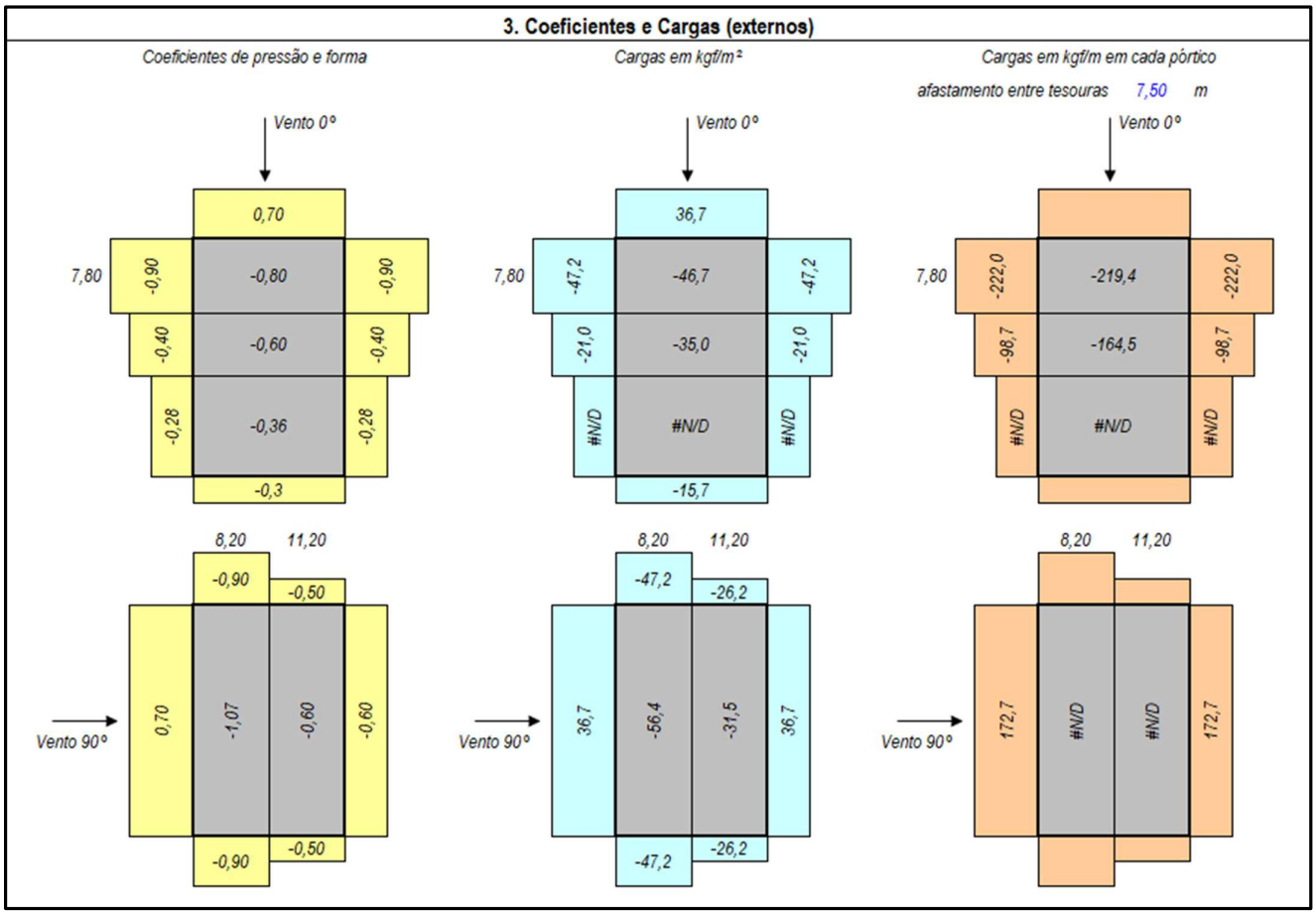
2.3 - Pressão dinâmica

Q= 0,613.Vk^2 kN/m²

Q= 52,48 kgf/m² Para as paredes
Q= 52,48 kgf/m² Para a cobertura

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 66 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**



10.4 Resultados do Dimensionamento Eletrônico

10.4.1 Percentual de Utilização

A tabela a seguir apresenta os resultados da modelagem. A tabela 11 apresenta o percentual de utilização dos perfis, bem como a situação se ele está aprovado ou não, conforme as solicitações que foram impostas.

TABELA 11: Percentual de Utilização – Prédio escolar bloco 6

Barra	Nome da Barra	Tipo de barra	Status	Percentual de Utilização	Combinação	Situação
1	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 67 / 75

2	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
3	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
4	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
5	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
6	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
7	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
8	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
9	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
10	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
11	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
12	H - W150x22.5	Column	No Messages	66%	Envoltoria	Passa
13	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
14	H - W150x22.5	Column	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
15	I - W310x23.8	Brace	No Messages	59%	Envoltoria	Passa
16	I - W250x17.9	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
17	I - W310x23.8	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
18	I - W250x17.9	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
19	I - W310x23.8	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
20	I - W250x17.9	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
21	I - W310x23.8	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
22	I - W250x17.9	Brace	No Messages	65%	Envoltoria	Passa
23	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
24	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
25	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
26	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
27	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
28	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
29	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
30	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 68 / 75

31	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
32	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
33	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
34	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
35	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
36	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
37	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
38	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
39	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
40	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
41	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
42	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
43	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
44	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
45	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
46	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
47	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
48	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
49	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
50	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
51	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
52	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
53	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
54	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
55	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
56	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
57	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
58	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
59	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 69 / 75

60	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
61	I - W150x13.0	Beam	No Messages	68%	Envoltoria	Passa
62	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
63	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
64	I - W150x13.0	Beam	No Messages	69%	Envoltoria	Passa
65	BR 12.5	Beam	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
66	BR 12.5	Beam	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
67	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
68	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
69	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
70	BR 12.5	Brace	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
71	BR 12.5	Brace	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
72	BR 12.5	Brace	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
73	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
74	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
75	BR 12.5	Beam	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
76	BR 12.5	Beam	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
77	BR 12.5	Beam	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
78	BR 12.5	Beam	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
79	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
80	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
81	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
82	BR 12.5	Brace	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
83	BR 12.5	Brace	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
84	BR 12.5	Brace	No Messages	71%	Envoltoria	Passa
85	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
86	BR 12.5	Brace	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
87	BR 12.5	Beam	No Messages	72%	Envoltoria	Passa
88	BR 12.5	Beam	No Messages	71%	Envoltoria	Passa

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 70 / 75

OBJETO: RECONSTRUÇÃO DA ESCOLA EEEFM PRINCESA ISABEL	
ASSUNTO: ESTRUTURAS METÁLICAS	**REVISÃO:** 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D	**ARQUIVO:**

10.4.2 Deslocamento dos Nós

A tabela 12 apresenta os deslocamentos dos nós (deformações) conforme modelagem SAP2000.

TABELA 12: Deslocamento dos nós – Prédio escolar bloco 6

Nó	Combinação	U1	U2	U3	R1	R2	R3
		m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENVOLTORIA	0,0006	-0,0008	0,0000	0,0016	0,0068	0,0004
2	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	0,0033	0,0004
3	ENVOLTORIA	-0,0017	-0,0004	0,0000	0,0017	-0,0033	0,0003
4	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	-0,0049	0,0003
5	ENVOLTORIA	-0,0019	-0,0002	0,0000	0,0022	0,0054	0,0003
6	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	-0,0040	0,0003
7	ENVOLTORIA	0,0000	0,0014	0,0000	-0,0014	0,0000	0,0000
8	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0012	0,0000	0,0000
9	ENVOLTORIA	-0,0019	0,0003	-0,0001	-0,0015	0,0055	-0,0002
10	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0041	-0,0002
11	ENVOLTORIA	-0,0018	0,0005	0,0000	-0,0010	-0,0034	-0,0002
12	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0012	-0,0051	-0,0002
13	ENVOLTORIA	0,0002	0,0009	0,0000	-0,0006	0,0043	-0,0005
14	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0025	0,0017	-0,0005
15	ENVOLTORIA	0,0000	-0,0009	-0,0001	0,0020	0,0000	0,0000
16	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000
17	ENVOLTORIA	0,0026	-0,0004	0,0000	0,0017	0,0048	-0,0002
18	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0072	-0,0002
19	ENVOLTORIA	0,0027	-0,0002	-0,0001	0,0022	-0,0037	-0,0002
20	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0058	-0,0002
21	ENVOLTORIA	-0,0004	-0,0008	0,0000	0,0016	-0,0046	-0,0003
22	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	-0,0022	-0,0003
23	ENVOLTORIA	0,0028	0,0003	-0,0001	-0,0015	-0,0038	0,0003

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 71 / 75

24	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0003
25	ENVOLTORIA	0,0026	0,0005	0,0000	-0,0010	0,0049	0,0003
26	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0012	0,0074	0,0003
27	ENVOLTORIA	-0,0001	0,0009	0,0000	-0,0006	-0,0030	0,0007
28	ENVOLTORIA	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0025	-0,0012	0,0007
29	ENVOLTORIA	0,0000	0,0008	-0,0817	-0,0024	0,0000	0,0000
30	ENVOLTORIA	-0,0017	-0,0005	-0,0017	0,0017	-0,0033	0,0004
31	ENVOLTORIA	0,0004	-0,0009	0,0034	0,0027	0,0068	0,0006
32	ENVOLTORIA	0,0000	-0,0005	-0,0833	0,0026	0,0000	0,0000
33	ENVOLTORIA	-0,0017	0,0006	-0,0017	-0,0010	-0,0034	-0,0002
34	ENVOLTORIA	0,0001	0,0014	0,0022	0,0096	0,0043	-0,0003
35	ENVOLTORIA	0,0024	-0,0005	-0,0017	0,0017	0,0048	-0,0002
36	ENVOLTORIA	-0,0003	-0,0009	0,0034	0,0027	-0,0046	-0,0004
37	ENVOLTORIA	0,0025	0,0006	-0,0017	-0,0010	0,0049	0,0003
38	ENVOLTORIA	-0,0001	0,0014	0,0022	0,0096	-0,0030	0,0004
39	ENVOLTORIA	-0,0012	0,0013	0,0454	-0,0284	-0,0942	-0,0011
40	ENVOLTORIA	0,0002	0,0007	-0,0816	-0,0016	0,0016	0,0002
41	ENVOLTORIA	0,0003	-0,0004	-0,0832	0,0013	0,0016	-0,0001
42	ENVOLTORIA	0,0007	0,0003	-0,0731	0,0028	0,0144	0,0004
43	ENVOLTORIA	0,0007	-0,0002	-0,0746	-0,0025	0,0147	-0,0003
44	ENVOLTORIA	-0,0002	0,0001	-0,0504	0,0070	0,0256	0,0006
45	ENVOLTORIA	-0,0002	0,0000	-0,0514	-0,0051	0,0261	-0,0004
46	ENVOLTORIA	-0,0013	-0,0001	-0,0203	0,0111	0,0259	0,0007
47	ENVOLTORIA	-0,0013	0,0001	-0,0207	-0,0078	0,0263	-0,0005
48	ENVOLTORIA	-0,0019	-0,0003	0,0027	0,0083	0,0000	0,0006
49	ENVOLTORIA	-0,0020	0,0004	0,0027	-0,0061	0,0000	-0,0004
50	ENVOLTORIA	0,0010	0,0004	-0,0162	0,0209	0,0102	0,0008
51	ENVOLTORIA	0,0000	-0,0009	-0,0004	0,0464	-0,0020	0,0018
52	ENVOLTORIA	0,0006	-0,0004	-0,0100	0,0488	-0,0077	0,0021

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 72 / 75

53	ENVOLTORIA	0,0013	-0,0001	-0,0211	0,0402	-0,0048	0,0017
54	ENVOLTORIA	0,0015	0,0002	-0,0238	0,0328	0,0025	0,0014
55	ENVOLTORIA	0,0005	0,0007	-0,0070	0,0219	0,0109	0,0008
56	ENVOLTORIA	-0,0006	0,0007	0,0265	-0,0287	-0,0098	-0,0012
57	ENVOLTORIA	0,0007	0,0002	-0,0048	-0,0222	-0,0072	-0,0009
58	ENVOLTORIA	0,0014	-0,0001	-0,0144	-0,0170	0,0015	-0,0007
59	ENVOLTORIA	0,0013	-0,0004	-0,0117	-0,0101	0,0979	-0,0003
60	ENVOLTORIA	0,0004	-0,0006	0,0040	-0,0116	0,0130	-0,0004
61	ENVOLTORIA	0,0008	-0,0008	-0,0015	0,0021	-0,0045	0,0003
62	ENVOLTORIA	0,0018	0,0013	0,0454	-0,0284	0,1431	0,0017
63	ENVOLTORIA	-0,0002	0,0007	-0,0816	-0,0016	-0,0011	-0,0001
64	ENVOLTORIA	-0,0002	-0,0004	-0,0832	0,0013	-0,0011	0,0002
65	ENVOLTORIA	-0,0005	0,0003	-0,0731	0,0028	-0,0098	-0,0003
66	ENVOLTORIA	-0,0005	-0,0002	-0,0746	-0,0025	-0,0100	0,0004
67	ENVOLTORIA	0,0002	0,0001	-0,0504	0,0070	-0,0175	-0,0004
68	ENVOLTORIA	0,0002	0,0000	-0,0514	-0,0051	-0,0178	0,0006
69	ENVOLTORIA	0,0019	-0,0001	-0,0203	0,0111	-0,0176	-0,0005
70	ENVOLTORIA	0,0019	0,0001	-0,0207	-0,0078	-0,0180	0,0007

Conforme tabela todos os valores estão dentro das deformações máximas admissíveis.

10.5 Bases e Chumbadores

Os chumbadores das bases serão de pós-concretagem do tipo de expansão. Como referência, para verificação, serão utilizadas as especificações dos chumbadores da Walsywa modelo ø5/8’ CBE58118. Para verificação dos chumbadores serão consideradas as cargas nas lajes, no pior cenário, conforme tabela a seguir (figura 19).

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 73 / 75

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepTy	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
10	ENVOLTORIA	Combination	Max	**54,00**	**17,82**	**142,11**	0,00	0,00	0,00

Figura 19 – Reações máximas nas chapas de bases

Como as chapas de bases estão sobre a laje, afastadas da borda, não há necessidade de verificar a distância mínima a borda. Quanto a resistência ao cisalhamento a carga máxima de cisalhamento é 54,00 kN conforme tabela da figura 8. Conforme a figura 5 a carga de cisalhamento para um chumbador é de 49,67 kN. Como serão dois a carga admissível é de 99,34 kN > 54,00 kN.

2026-LCQC6Q - E-DOCS - DOCUMENTO ORIGINAL 11/06/2026 13:59 PÁGINA 74 / 75

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

LAERTE JUNIOR BAPTISTA
CIDADÃO
assinado em 10/06/2026 14:29:39 -03:00

GUSTAVO ALMEIDA DE OLIVEIRA CHAVES
CIDADÃO
assinado em 11/06/2026 12:01:47 -03:00

WILSON RODRIGUES GONÇALVES
CIDADÃO
assinado em 10/06/2026 19:05:02 -03:00

INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO
Documento capturado em 11/06/2026 13:59:54 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por VITOR DAMASCENO SALES (COORDENADOR SETORIAL DE DIAGNÓSTICO, LEVANTAMENTO E DESENVOLVIMENTO - MAIA MELO ENGENHARIA - GERFE - SEDU - GOVES)
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: https://e-docs.es.gov.br/d/2026-LCQC6Q