



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
Secretaria de Infraestrutura Hídrica

**Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias
Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Projeto Executivo do Lote C - Eixo Leste

MEMÓRIA DE CÁLCULO

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA EBV2

1230-MMO-2620-30-05-001-R02

RECIFE-PE

C O N S Ó R C I O

TECHNE • PROJETEC • BRLi

Maio - 2011





MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
Secretaria de Infraestrutura Hídrica

**Projeto de Integração do Rio São Francisco com
Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Projeto Executivo do Lote C – Eixo Leste

MEMÓRIA DE CÁLCULO

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA EBV2

1230-MMO-2620-30-05-001-R02
RECIFE-PE


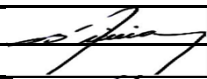
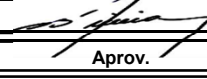
C O N S Ó R C I O

TECHNE • PROJETEC • BRLi

Maio- 2011






Título																												Número														Folha 1/1							
MEMÓRIA DE CÁLCULO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA EBV2																												1230-MMO-2620-30-05-001																					
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																																	
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7														
1			X						36			X						71			X						106			X																			
2			X						37			X						72			X						107			X																			
3			X						38			X						73			X						108			X																			
4			X						39			X						74			X						109			X																			
5			X						40			X						75			X						110			X																			
6			X						41			X						76			X						111			X																			
7			X						42			X						77			X						112			X																			
8			X						43			X						78			X						113			X																			
9			X						44			X						79			X						114			X																			
10			X						45			X						80			X						115			X																			
11			X						46			X						81			X						116			X																			
12			X						47			X						82			X						117			X																			
13			X						48			X						83			X						118			X																			
14			X						49			X						84			X						119			X																			
15			X						50			X						85			X						120			X																			
16			X						51			X						86			X						121			X																			
17			X						52			X						87			X						122			X																			
18			X						53			X						88			X						123			X																			
19			X						54			X						89			X						124			X																			
20			X						55			X						90			X						125			X																			
21			X						56			X						91			X						126			X																			
22			X						57			X						92			X						127			X																			
23			X						58			X						93			X						128			X																			
24			X						59			X						94			X						129			X																			
25			X						60			X						95			X						130			X																			
26			X						61			X						96			X						131			X																			
27			X						62			X						97			X						132			X																			
28			X						63			X						98			X						133			X																			
29			X						64			X						99			X						134			X																			
30			X						65			X						100			X						135			X																			
31			X						66			X						101			X						136			X																			
32			X						67			X						102			X						137			X																			
33			X						68			X						103			X						138			X																			
34			X						69			X						104			X						139			X																			
35			X						70			X						105			X						140			X																			

02	07/01/2014	José Carlos Degaspere	C		Revisão Geral
01	28/06/2011	José Carlos Degaspere	C		Revisão Geral
00	25/05/2011	José Carlos Degaspere	C		Emissão Inicial

Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões
TIPO DE EMISSÃO					
(A) Preliminar			(E) Para Construção		(I) de Trabalho
(B) Para Aprovação			(F) Conforme Comprado		()
(C) Para Conhecimento			(G) Conforme Construído		()
(D) Para Cotação			(H) Cancelado		()

Título																												Número														Folha 1/1							
MEMÓRIA DE CÁLCULO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA EBV2																												1230-MMO-2620-30-05-001																					
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																																	
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7														
141			X						176			X						211									246																						
142			X						177			X						212									247																						
143			X						178			X						213									248																						
144			X						179			X						214									249																						
145			X						180			X						215									250																						
146			X						181			X						216									251																						
147			X						182			X						217									252																						
148			X						183			X						218									253																						
149			X						184									219									254																						
150			X						185									220									255																						
151			X						186									221									256																						
152			X						187									222									257																						
153			X						188									223									258																						
154			X						189									224									259																						
155			X						190									225									260																						
156			X						191									226									261																						
157			X						192									227									262																						
158			X						193									228									263																						
159			X						194									229									264																						
160			X						195									230									265																						
161			X						196									231									266																						
162			X						197									232									267																						
163			X						198									233									268																						
164			X						199									234									269																						
165			X						200									235									270																						
166			X						201									236									271																						
167			X						202									237									272																						
168			X						203									238									273																						
169			X						204									239									274																						
170			X						205									240									275																						
171			X						206									241									276																						
172			X						207									242									277																						
173			X						208									243									278																						
174			X						209									244									279																						
175			X						210									245									280																						

02	07/01/2014	José Carlos Degaspere	C		Revisão Geral
01	28/06/2011	José Carlos Degaspere	C		Revisão Geral
00	25/05/2011	José Carlos Degaspere	C		Emissão Inicial

Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões
TIPO DE EMISSÃO					
(A) Preliminar			(E) Para Construção		(I) de Trabalho
(B) Para Aprovação			(F) Conforme Comprado		()
(C) Para Conhecimento			(G) Conforme Construído		()
(D) Para Cotação			(H) Cancelado		()

1.	INTRODUÇÃO.....	6
2.	PARÂMETROS ADOTADOS.....	6
2.1.	NÍVEIS DE ÁGUA.....	6
2.2.	MATERIAIS	6
2.3.	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DA FUNDAÇÃO.....	6
3.	UNIDADES	7
4.	BIBLIOGRAFIA	7
5.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	7
5.1.	DOCUMENTOS DE PROJETO.....	7
5.2.	DESENHOS DE FORMA.....	7
5.3.	DESENHOS DE ARMADURA	8
5.4.	DESENHOS DE ARQUITETURA	9
5.5.	DESENHOS DE EQUIPAMENTOS	9
6.	GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS.....	10
7.	DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	12
8.	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	13
8.1.	MODELO-1	13
8.2.	MODELO-2.....	14
9.	CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES	14
9.1.	PESO PRÓPRIO	14
9.2.	PESO DAS PAREDES	14
9.3.	PESO DA ESCADA	15
9.4.	PESO DA COBERTURA	15
9.5.	SOBRECARGA NAS SALAS	16
9.6.	SOBRECARGA NAS DEMAIS LAJES	17
9.7.	PONTE ROLANTE	17
9.8.	CARGA DE VENTO	19
9.9.	TRAÇÃO DOS CABOS DA LINHA DE TRANSMISSÃO.....	20
9.10.	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO	21
10.	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA SUPERIOR	22
10.1.	LAJES DA EL. 365,60.....	22
	10.1.1 Flexão em x	22
	10.1.2 Flexão em y	24
	10.1.3 Verificação do Cisalhamento.....	25
	10.1.4 Verificação do Estado Limite de Serviço - Fissuração	26
10.2.	LAJES DA EL. 369,10.....	27
	10.2.1 Flexão em x	27
	10.2.2 Flexão em y	29

10.2.3	Verificação do Cisalhamento.....	30
10.3.	LAJES DA EL. 372,60.....	31
10.3.1	Flexão em x	31
10.3.2	Flexão em y	33
10.3.3	Verificação do Cisalhamento.....	34
10.4.	VIGAS DA EL. 365,60	36
10.4.1	V101.....	36
10.4.2	V102.....	38
10.4.3	V103.....	40
10.4.4	V104.....	43
10.4.5	V105 e V106	45
10.4.6	V107.....	48
10.4.7	V108.....	50
10.4.8	V109.....	52
10.4.9	V110 e V112	53
10.4.10	V111 e V113	56
10.4.11	V114 e V118	59
10.4.12	V115.....	61
10.4.13	V116.....	62
10.4.14	V117.....	64
10.4.15	V119 e V120	65
10.4.16	V121	68
10.4.17	V122.....	71
10.5.	VIGAS DA EL. 369,10	73
10.5.1	V201.....	73
10.5.2	V202.....	76
10.5.3	V203.....	78
10.5.4	V204.....	81
10.5.5	V205.....	84
10.5.6	V206.....	86
10.5.7	V207.....	88
10.5.8	V208.....	90
10.5.9	V209.....	92
10.5.10	V210.....	94
10.5.11	V211	97
10.5.12	V212.....	100
10.5.13	V213.....	103
10.5.14	V214, V215, V216 e V217	105
10.5.15	V218.....	109

10.5.16	V219	111
10.5.17	V220	114
10.5.18	V221	116
10.5.19	V222	119
10.6.	VIGAS DA EL. 372,60	121
10.6.1	V301 e V308	121
10.6.2	V302, V303, V304, V305, V306 e V307	124
10.6.3	V309	126
10.6.4	V310	128
10.6.5	V311	130
10.6.6	V312	132
10.7.	VIGAS DA EL. 374,60	134
10.7.1	V401 e V402	134
10.7.2	V404 e V406	136
10.7.3	V403 e V405	139
10.8.	VIGAS DA EL. 377,75	143
10.8.1	V501	143
10.8.2	V502 e V504	145
10.8.3	V503 e V505	148
10.9.	VIGAS DA EL. 382,10 (VIGAS DA COBERTURA)	151
10.9.1	V601 e V608	151
10.9.2	V602, V603, V604, V605, V606 e V607	154
10.9.3	V609 e V611	156
10.9.4	V610 e V612	159
10.10.	PILARES	162
10.10.1	P1	163
10.10.2	P9A	166
10.10.3	P4	171
10.10.4	P14	173
11.	CONCLUSÕES – ESTRUTURA SUPERIOR DA EBV-2	178
12.	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA INFERIOR DA EBV-2	178
13.	CONCLUSÕES - ESTRUTURA INFERIOR DA EBV-2	181

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA EBV-2

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a Análise Estrutural da Edificação entre a El. 362,10 e a El. 382,10 da Estação de Bombeamento EBV-2 de Integração do Rio São Francisco e a Verificação do Detalhamento das Armaduras adotado.

2. PARÂMETROS ADOTADOS

2.1. NÍVEIS DE ÁGUA

- Nível de água máximo normal: EL. 361,30m;
- Nível de água máximo *maximorum*: EL. 361,80m;
- Nível de água mínimo operacional: EL. 359,68m.

2.2. MATERIAIS

➤ Aço CA50

- Resistência característica ao escoamento: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$;
- Módulo de elasticidade: $E_{cs} = 210.000 \text{ MPa}$.

➤ Concreto Armado

- Resistência característica à compressão: $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$;
- Módulo de elasticidade: $E_{cs} = 28.000 \text{ MPa}$;
- Peso específico seco: $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$.

➤ Água

- Peso específico: $\gamma_a = 10 \text{ kN/m}^3$.

➤ Aterro Compactado

- Peso específico: $\gamma_{ac} = 18 \text{ kN/m}^3$.

2.3. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DA FUNDAÇÃO

➤ Maciço rochoso de fundação

- Módulo de elasticidade: $E_R = 48.000 \text{ MPa}$;
- Coeficiente de poisson: $\nu = 0,20$;
- Módulo de reação vertical: $K_z = 500 \text{ 000 kN/m}^2$;
- Módulo de reação horizontal: $K_x = K_y = 100 \text{ 000 kN/m}^2$.

3. UNIDADES

Utilizou-se como sistema de unidades o Sistema Internacional (m, N, Pa, etc.) e seus múltiplos.

4. BIBLIOGRAFIA

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- *Computers & Structures Inc.* – Manual do programa SAP2000.

5. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Relacionam-se com esta memória de cálculo os seguintes documentos principais.

5.1. DOCUMENTOS DE PROJETO

- 1375-NRM-3500-30-05-01 – Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – Critérios de Projeto das Estruturas de Concreto;
- 1230-MMO-2610-30-05-002 – Memória de Cálculo da Estação de Bombeamento EBV-1;

5.2. DESENHOS DE FORMA

- 1230-DEP-2620-30-38-002 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte A;
- 1230-DEP-2620-30-38-003 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte B;

- 1230-DEP-2620-30-38-004 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – El. 365,60 – Corte C e Corte D;
- 1230-DEP-2620-30-38-004 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – El. 369,10 – Corte C e Corte D;
- 1230-DEP-2620-30-38-005 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte E e Corte F;
- 1230-DEP-2620-30-38-006 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte G e Corte H;
- 1230-DEP-2620-30-38-007 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte 1;
- 1230-DEP-2620-30-38-008 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte 2;
- 1230-DEP-2620-30-38-009 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Formas – Corte 3;

5.3. DESENHOS DE ARMADURA

- 1230-DEP-2620-30-82-029 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Vigas V101 à V107 e V109 – El. 365,60;
- 1230-DEP-2620-30-82-010 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Vigas V201 à V207 e V209 – El. 369,10;
- 1230-DEP-2620-30-82-060 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Vigas V301 à V308 – El. 372,60;
- 1230-DEP-2620-30-82-061 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Vigas V401 à V406 – El. 374,60;
- 1230-DEP-2620-30-82-063 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Vigas V501 – El. 377,75;
- 1230-DEP-2620-30-82-034 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Vigas V601 à V608 – El. 382,10 e El. 380,80;

- 5.4.** 1230-DEP-2620-30-82-036 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Armadura – Pilares P1, P3, P4, P6, P9, P9A, P12, P15, P18, P21;

5.5. DESENHOS DE ARQUITETURA

- 1230-DEP-2620-10-36-002 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Pavimento Térreo – Corte B;
- 1230-DEP-2620-10-36-003 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Primeiro Pavimento – Corte C;
- 1230-DEP-2620-10-36-004 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Segundo Pavimento – Corte D;
- 1230-DEP-2620-10-36-006 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Coberta – Corte F;
- 1230-DEP-2620-10-36-007 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Coberta – Corte 1;

5.6. DESENHOS DE EQUIPAMENTOS

- 1525-DEP-2620-80-21-001 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Pórtico Rolante 90kN x 3.54m (TAG 2610-PRRL-0001) – Arranjo Geral;
- 1525-DEP-2620-80-21-025 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – (TAG 2610-PRRL-0001) – Ponte Rolante 500/110kN x 10.6m – Arranjo Geral;
- 1230-DEP-2620-60-63-005 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Bandeamento dos Cubículos de Média Tensão – Entrada dos Transformadores TRF01 e 2 – Detalhes e Lista de Material;
- 1230-DEP-2620-60-41-007 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Estação de Bombeamento – EBV-2 – Bandeamento dos Cubículos de Média Tensão – Entrada dos Transformadores TRF01 e 2 – Corte C;

- 1230-MMO-2814-60-08-001 – Trecho V – Eixo Leste – Lote “C” – Projeto Executivo – Memória de Cálculo Elétrico – Dimensionamento das Estruturas da Linha de 6,9kV – EBV-2/SE-02.

6. GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS

As figuras que seguem (extraídas do Projeto de Forma da Estação de Bombeamento) ilustram a Geometria da Estrutura. A Figura 6.1 mostra a Estrutura em Planta e as Figuras 6.2 e 6.3, em Corte.

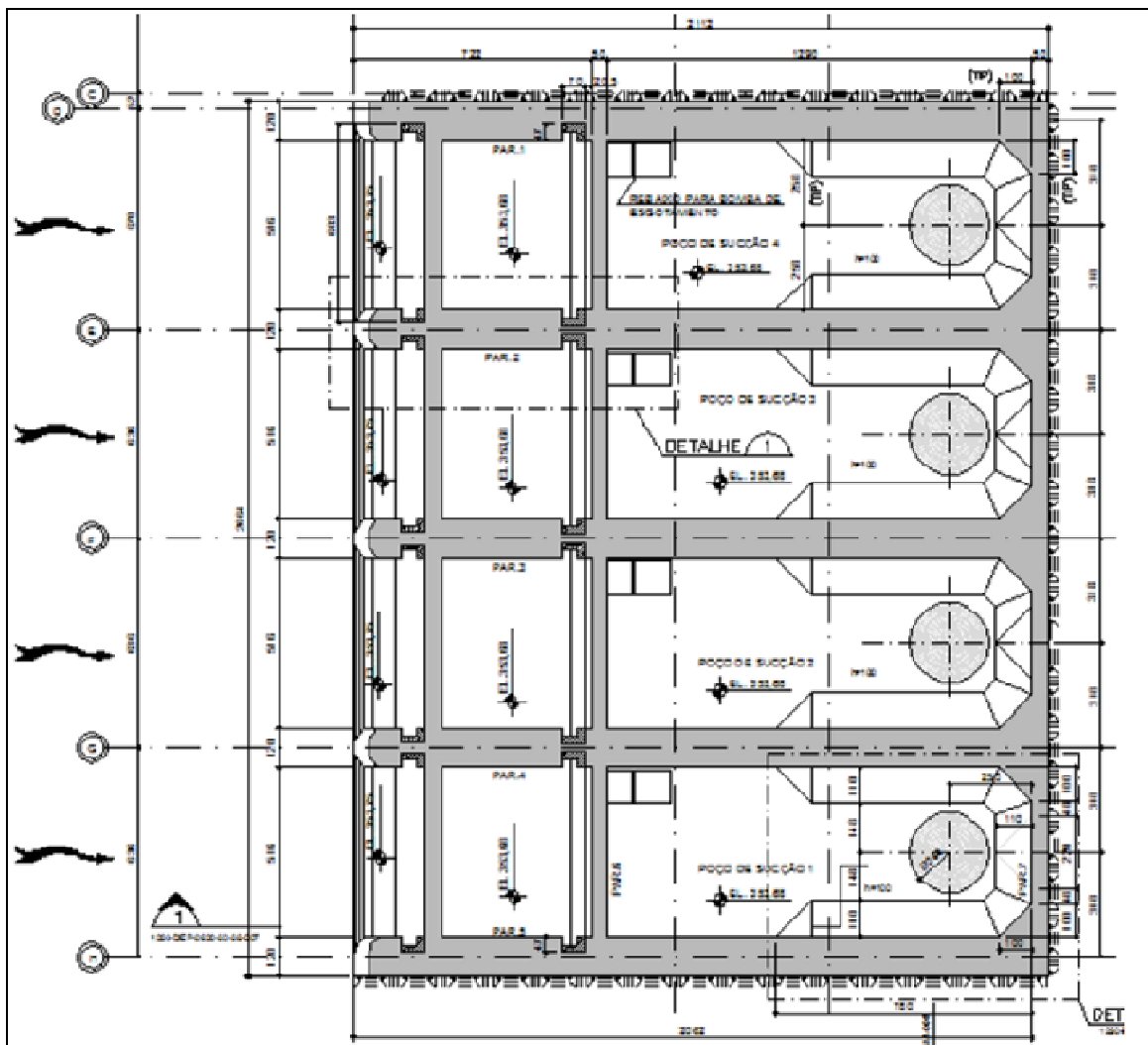


Figura 6.1 – Estação de Bombeamento em Planta – Parte Inferior

Modelo 1 –
Estrutura Superior

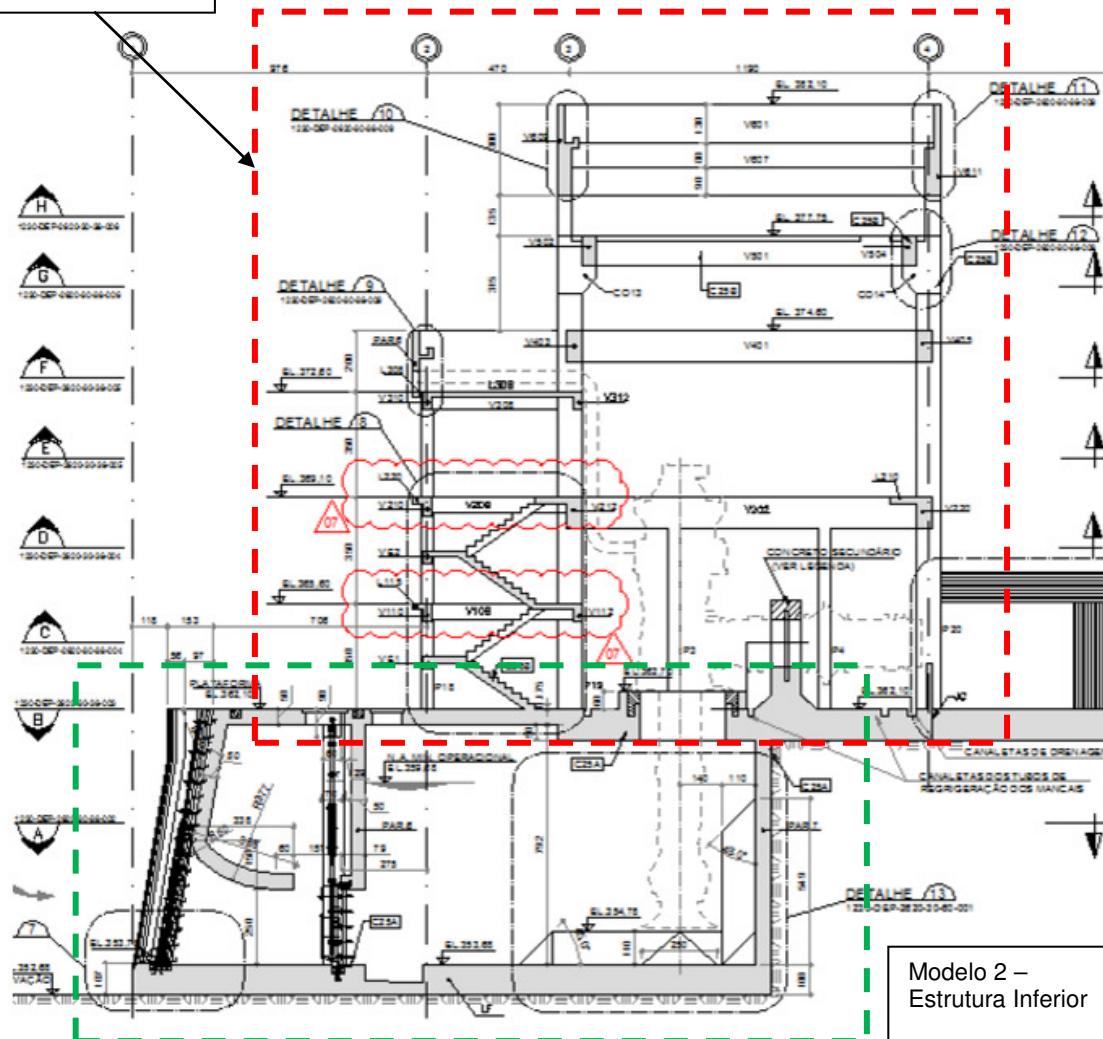


Figura 6.2 – Estação de Bombeamento – Corte Transversal

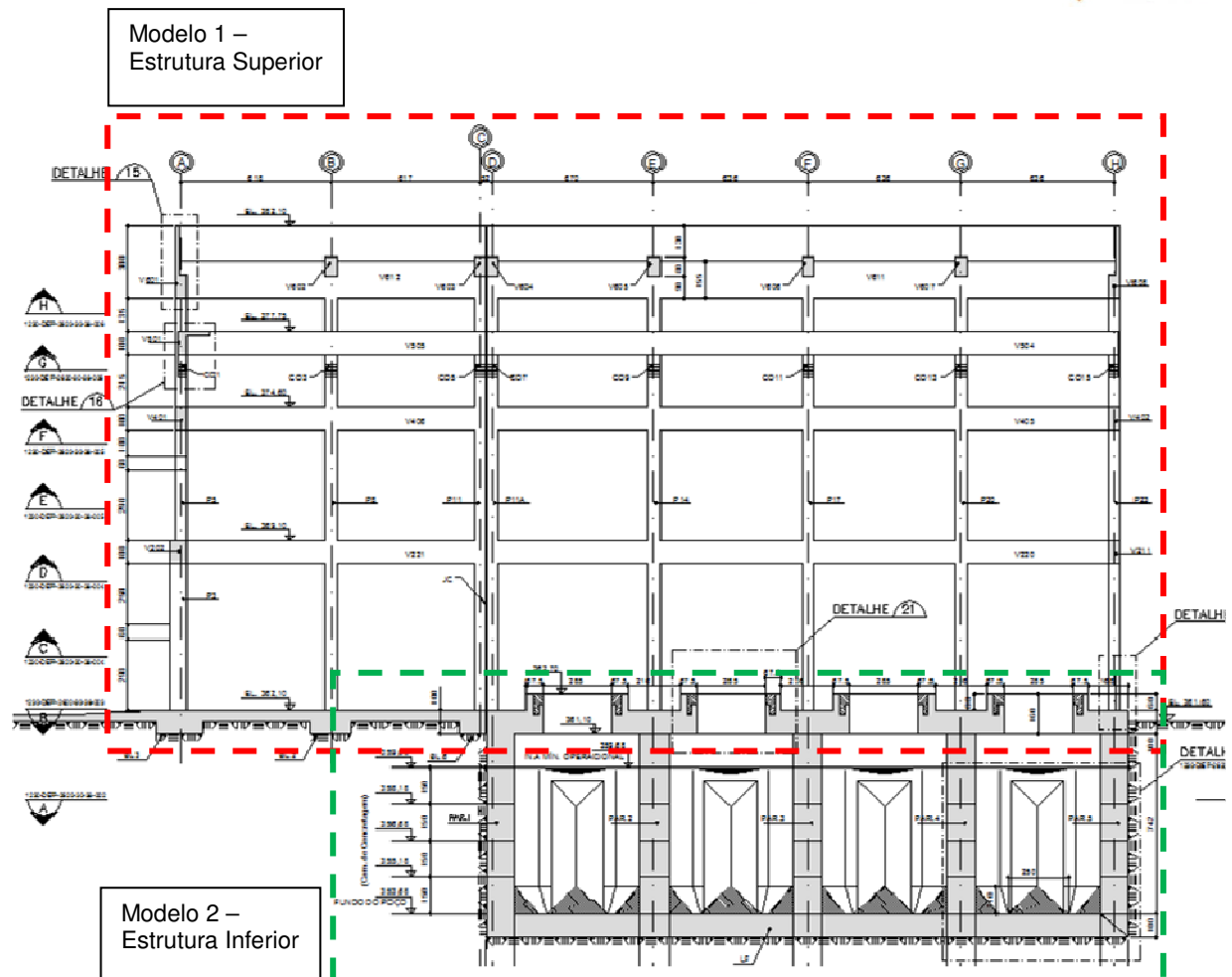


Figura 6.3 – Estação de Bombeamento – Corte Longitudinal

7. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

A água que chega pelo Canal de Adução se encaminha à Estação de Bombeamento com auxílio de dois Muros de Aproximação laterais. A Estrutura da Estação é formada por três partes principais, sendo a primeira dela, na porção inferior, formada por uma tomada d'água com quatro bocas, que levam a quatro Câmaras de Bombeamento. A Estrutura se encontra com a fundação em rocha, possui um aterro ao seu redor (nas paredes laterais e de jusante) e está quase toda submersa.

Acima desta porção submersa existe uma estrutura aporticada, com uma porção a montante onde estão a Sala de Comando e Salas de Equipamentos Elétricos e uma porção a jusante, que é um galpão onde trafega a Ponte Rolante. O Piso Térreo desta estrutura superior é a própria Laje superior das Câmaras de Bombeamento, e é onde funciona a Área de Montagem e Manutenção, Grupo Diesel e Sala do Compressor. Parte dos pilares da estrutura aporticada se apóia nas paredes das câmaras e os pilares que estão além do limite da estrutura inferior se apóiam em sapatas que estão ao nível da laje do térreo e sobre o topo rochoso da escavação.

A jusante de toda essa Estrutura existem dois Blocos de Ancoragem por onde passam os condutos forçados que levam a água para o canal acima.

8. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Para Análise e Dimensionamento das estruturas da Estação de Bombeamento foram concebidos modelos em elementos finitos no SAP2000, tendo sido Vigas e Pilares modelados com Elementos do tipo *frame*, Lajes e Paredes com elementos planos de três e quatro nós do tipo *shell*.

A estrutura foi modelada de forma a representar da melhor maneira possível a Geometria real bem como suas condições de contorno. Onde necessário foram feitas pequenas aproximações, com o cuidado de não alterar de forma significativa os resultados das análises.

Nas regiões em que as estruturas de concreto se apoiam sobre a rocha foram adotados apoios de mola linear resistentes apenas à compressão. A favor da segurança o coeficiente de mola foi calculado de acordo com a teoria de Bowles, que leva em conta as propriedades mecânicas da fundação e suas dimensões:

8.1. MODELO-1

Foram feitos dois modelos separados, para facilitar a análise. Primeiramente foi confeccionado um modelo da Estrutura Superior, conforme mostrado nas Figuras 8.1 e 8.2.

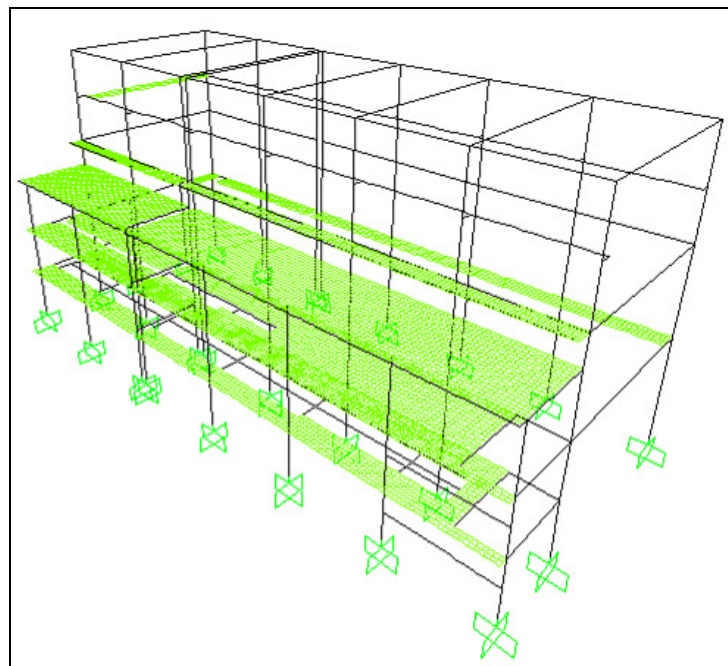


Figura 8.1 – Modelo Estrutura Superior

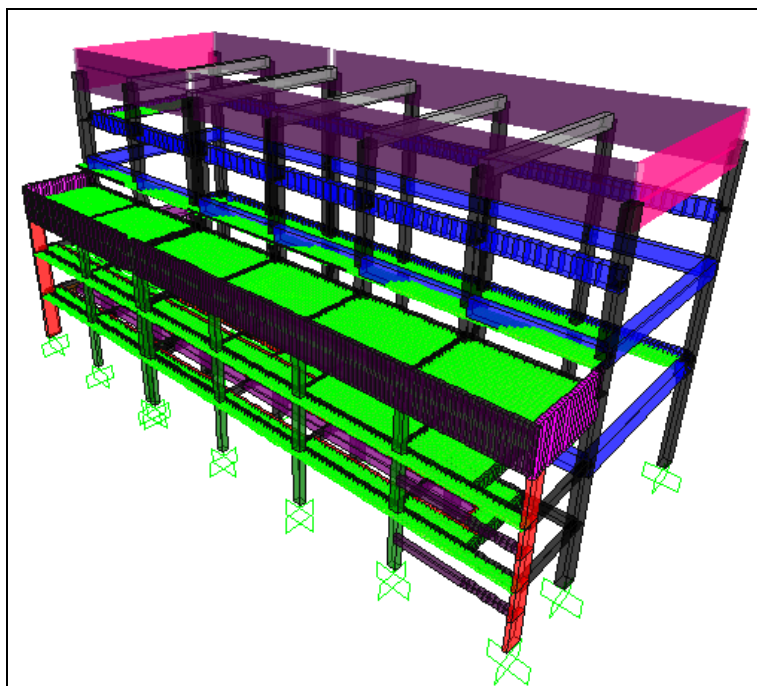


Figura 8.2 – Modelo Estrutura Superior com Seções

8.2. MODELO-2

No item 12 desta memória de cálculo, fica justificado a dispensa da apresentação deste modelo matemático para este documento, bastando para isto, consultar a memória de cálculo da EBV-1 (documento: 1230-MMO-2610-30-05-002-R02) para o dimensionamento dos elementos estruturais da parte inferior da EBV-2.

9. CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES

9.1. PESO PRÓPRIO (*PP*)

As cargas devidas ao peso próprio dos elementos em concreto armado são calculadas automaticamente pelo SAP2000, tomando o peso específico do concreto $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ e as seções atribuídas no modelo.

9.2. PESO DAS PAREDES (*Peso_Parede*)

O peso das Paredes foi calculado considerando o peso próprio da Alvenaria de 19 kN/m^3 , a partir da altura de cada parede, aplicado como uma carga uniformemente distribuída às vigas sobre as quais existem paredes. Onde havia uma excentricidade relevante em relação ao eixo da viga, foi considerada também, uma Carga de Momento torçor também uniformemente distribuído na viga em questão.

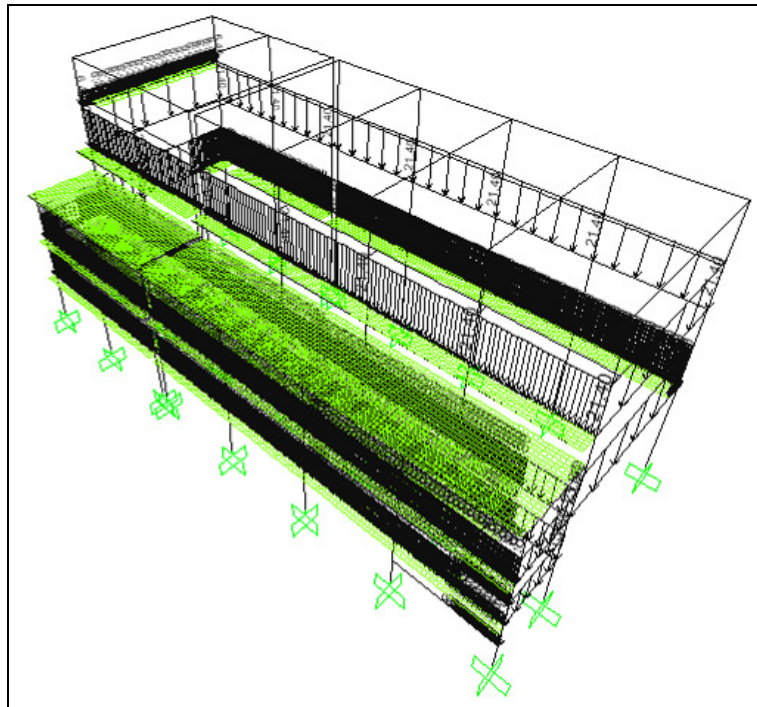


Figura 9.1 – Peso das Paredes aplicado ao modelo

9.3. PESO DA ESCADA (*Peso_Escada*)

As escadas foram calculadas separadamente e as reações resultantes nos apoios foram aplicadas como cargas distribuídas nas Vigas da Escada.

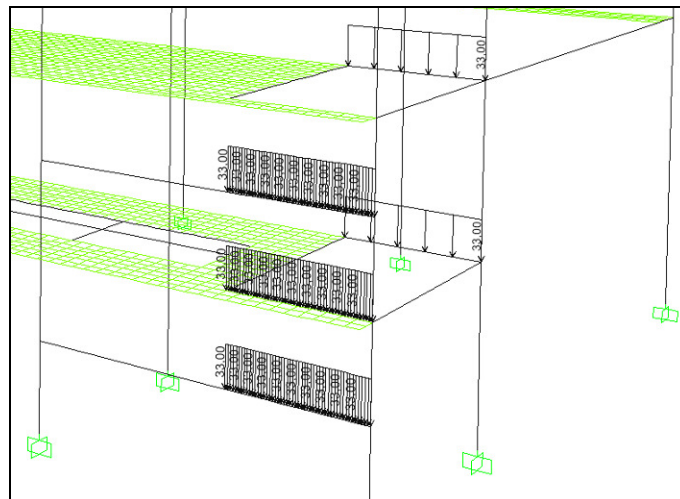


Figura 9.2 – Peso das Escadas aplicado ao modelo

9.4. PESO DA COBERTURA (*Peso_Cob1* – *Peso_Cob2*)

O Peso das Coberturas (+Sobrecarga acidental) foi calculado e as reações resultantes nos apoios foram aplicadas como cargas distribuídas nas Vigas das Coberturas. Nas duas coberturas o apoio na viga a montante se dá de maneira excêntrica. Por isso, além da reação vertical, foi aplicada uma carga de momento à viga.

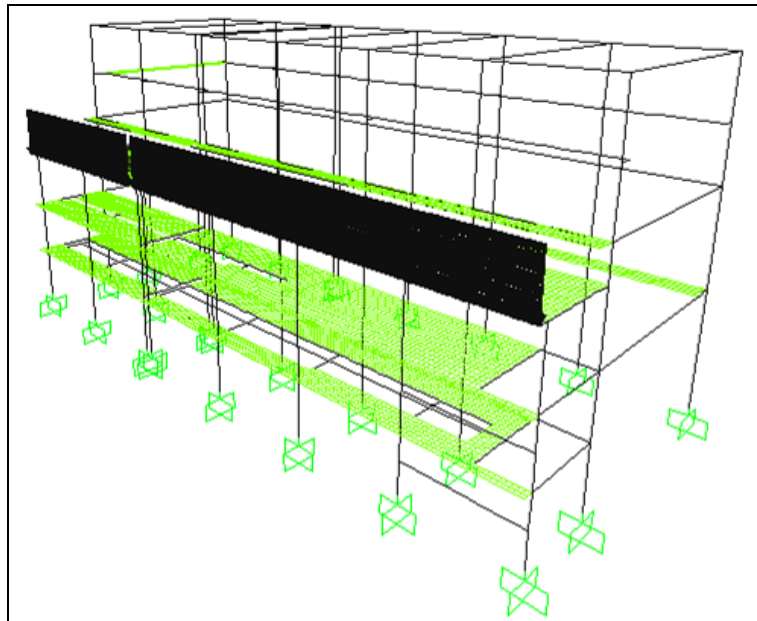


Figura 9.3 – Peso da Cobertura 1 aplicado ao modelo

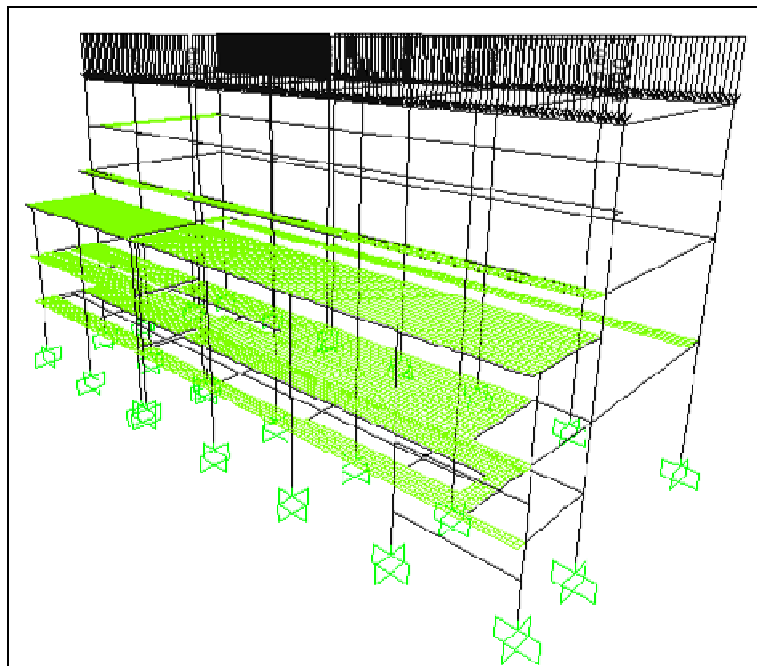


Figura 9.4 – Peso da Cobertura 2 aplicado ao modelo

9.5. SOBRECARGA NAS SALAS (SC_{Salas})

Foram adotadas as sobrecargas $SC_{Salas} = 15 \text{ kN/m}^2$ na Sala dos Painéis e Sala dos Cubículos e $SC_{Salas} = 10 \text{ kN/m}^2$ na Sala de Comando, conforme prescrito no Documento de Critérios de Projeto.

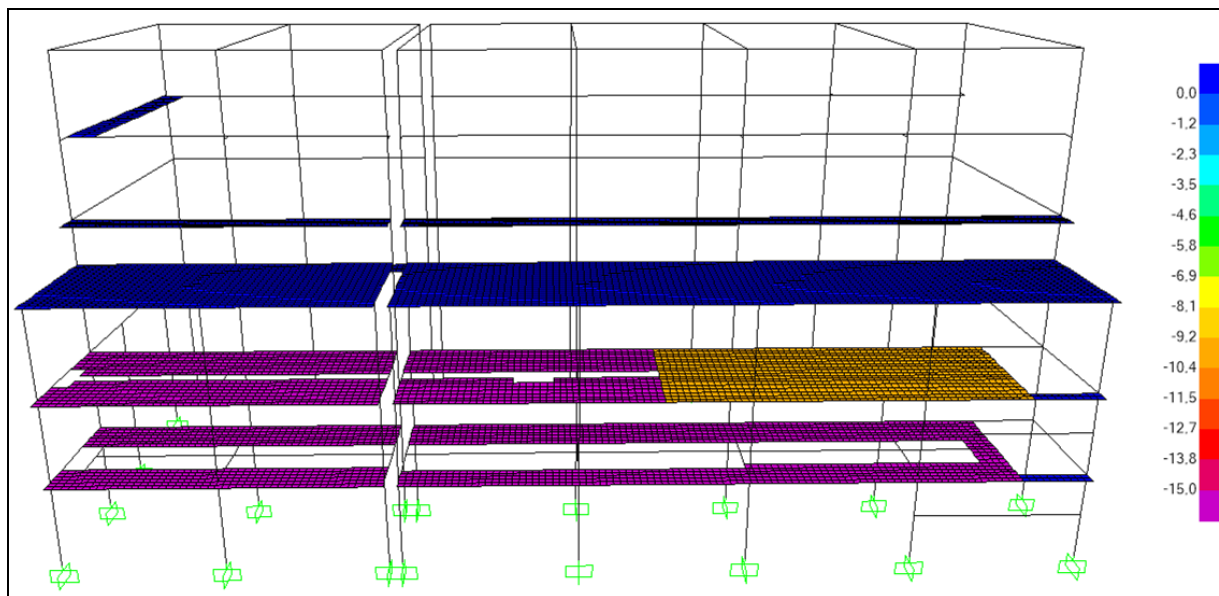


Figura 9.5 – Sobrecargas das Salas aplicadas ao modelo

9.6. SOBRECARGA NAS DEMAIS LAJES (SC_{Lajes})

Foram adotadas as sobrecargas $SC_{Lajes} = 3 \text{ kN/m}^2$ na Laje de Cobertura da Sala de Comando e $SC_{Lajes} = 1,5 \text{ kN/m}^2$ nas Passarelas distribuídas pela Estrutura.

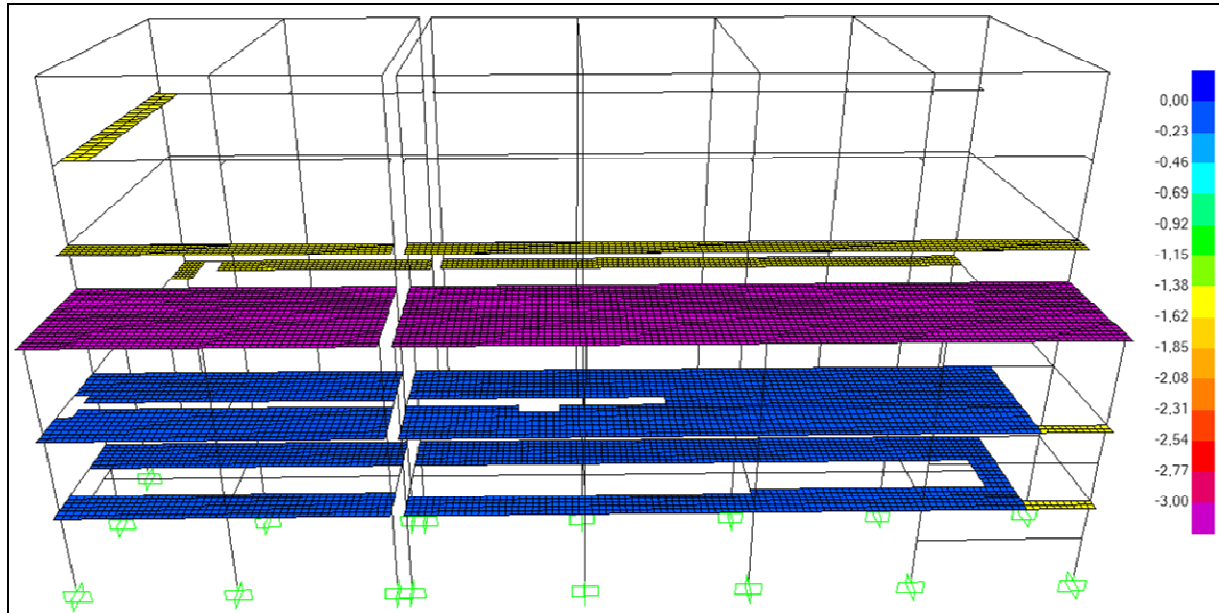


Figura 9.6 – Sobrecargas das Lajes aplicadas ao modelo

9.7. PONTE ROLANTE ($PR1, PR2, PR3 \dots PR21$)

A partir do trem tipo descrito no Documento 1525-DEP-2610-80-21-025, apresentado a seguir, foi aplicada a Carga da Ponte Rolante no Modelo de Cálculo. Para encontrar a situação crítica de Dimensionamento, a carga foi aplicada em 21 posições diferentes ao longo do Caminho de Rolamento da Ponte e, em seguida, foi feita uma envoltória dos

carregamentos. Na aplicação das cargas da Ponte Rolante foi considerado um fator de impacto de 1,25, conforme mostrado nas Combinações de carga.

Além das Reações mostradas na figura que segue, foi considerada uma carga de Momento (que torce a viga da ponte), devido à excentricidade existente entre a roda do carrinho da Ponte e o CG da Viga da Ponte. Em seguida é mostrada a carga aplicada ao modelo em duas posições diferentes.

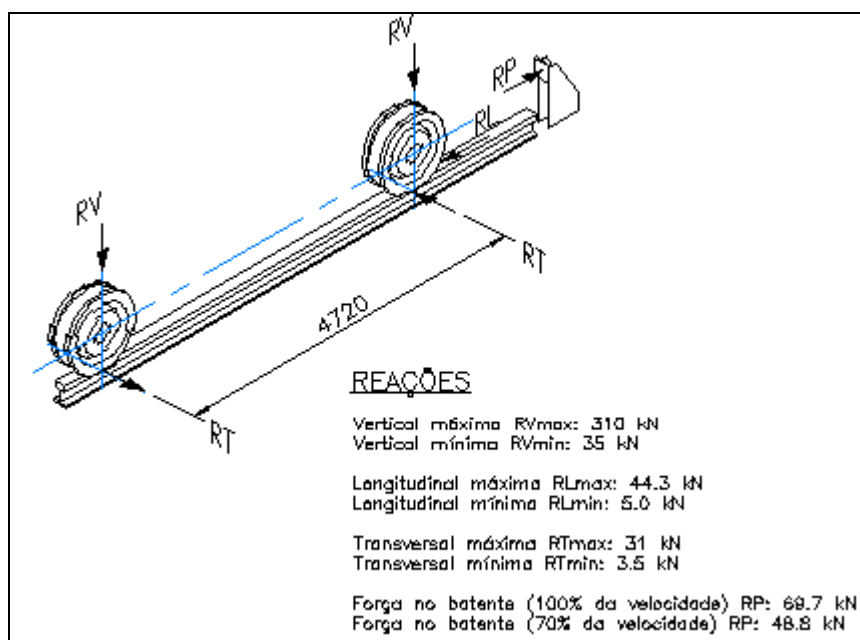


Figura 9.7 – Trem tipo da Ponte Rolante

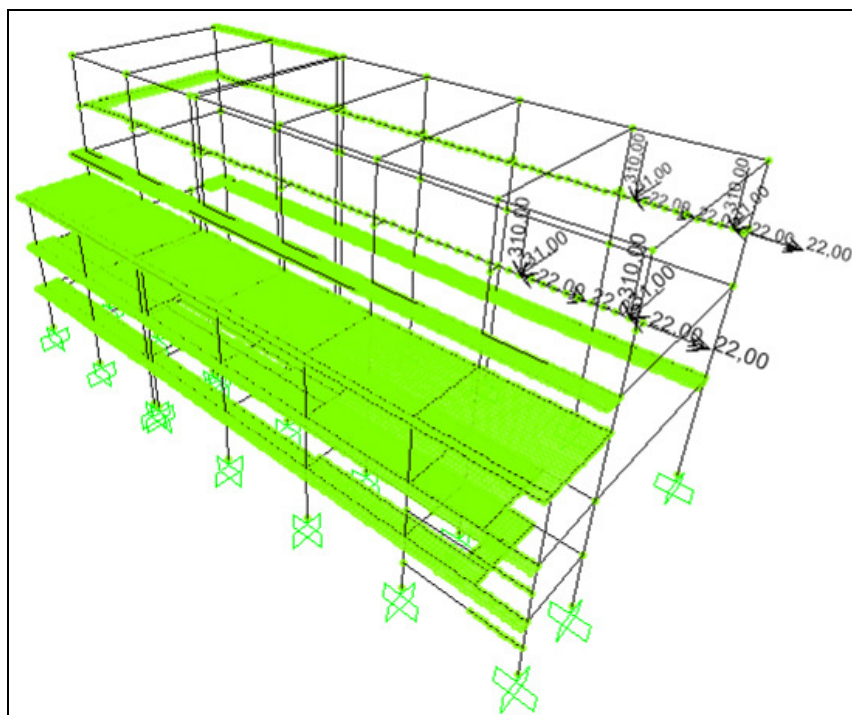


Figura 9.8 – Carga da Ponte aplicada ao modelo – PR1

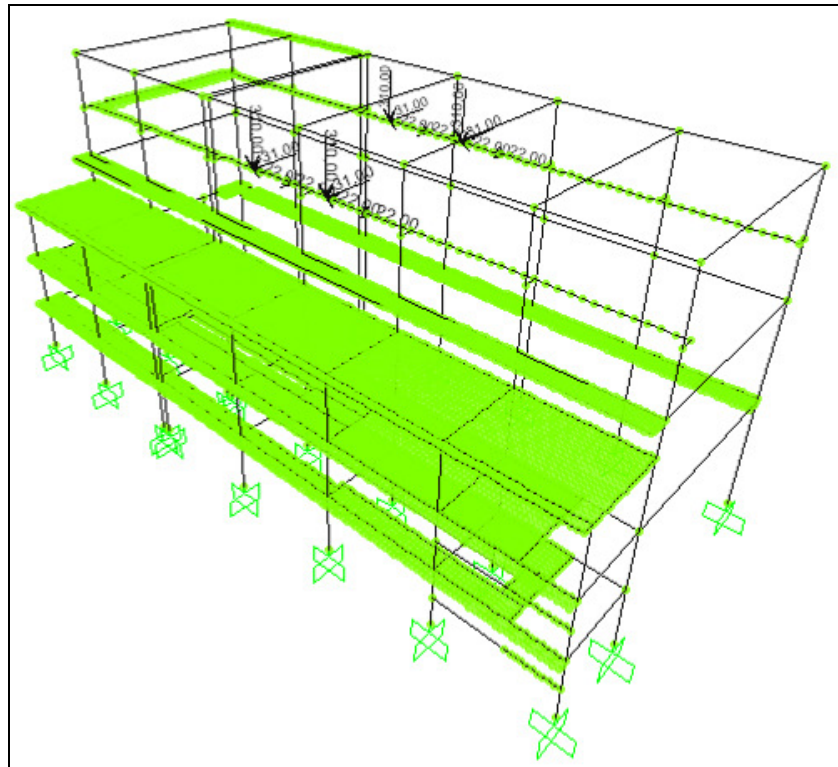


Figura 9.9 – Carga da Ponte aplicada ao modelo – PR12

9.8. CARGA DE VENTO (*Vento_1*, *Vento_2*)

Para a consideração da Carga de Vento, aplicou-se a formulação sugerida pela NBR 6123/1988, de maneira em que a Velocidade do Vento é calculada como a seguir:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

Foi considerada a Velocidade Básica de 37m/s, $S_1 = 1,0$, $S_2 = 1,02$ (calculado através dos parâmetros meteorológicos) e $S_3 = 1,1$, chegando-se a uma $V_k = 43,13 \text{ m/s}$.

Para o cálculo da pressão dinâmica do Vento foi utilizada a expressão:

$$q = 0,613 V_k^2$$

Chegando a um valor de $q = 1,14 \text{ kN/m}^2$. No modelo foi adotado, conforme descrito nos Critérios de Projeto, $q = 1,25 \text{ kN/m}^2$

Foi considerado o Vento incidindo na Estrutura a 0° e a 90° , e para cada direção de incidência, foi considerada a Estrutura ora com as duas faces permeáveis, ora com as duas faces impermeáveis, gerando 4 situações distintas de Vento. Para as duas mais críticas (Vento a 0° e faces impermeáveis e Vento a 90° e faces impermeáveis), foi aplicado o carregamento de Vento na Estrutura, chamados de Vento_1 e Vento_2. As Cargas de Vento foram aplicadas como cargas distribuídas, calculadas pelas áreas de influência de cada elemento que a recebe. A Jusante elas foram aplicadas nos pilares e a montante foram aplicadas nas Lajes das Salas do edifício de comando e acima dele, também foram aplicadas aos pilares.

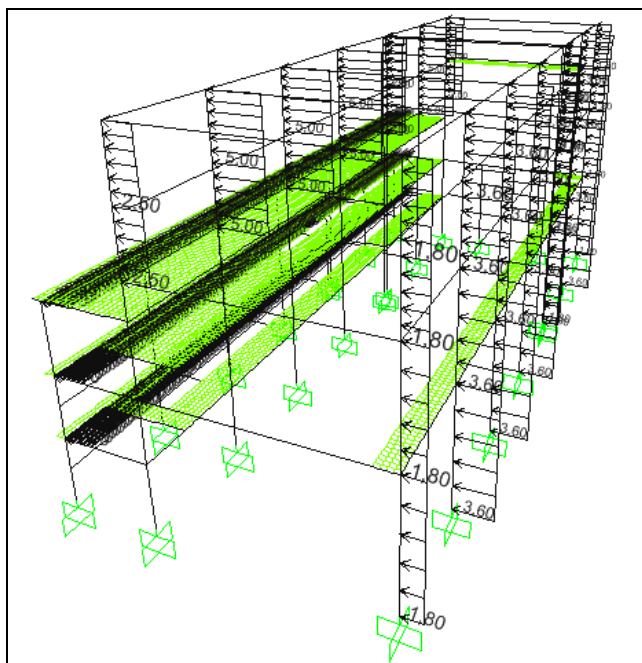


Figura 9.10 – Vento_1 aplicado ao modelo (Vista de Jusante para Montante)

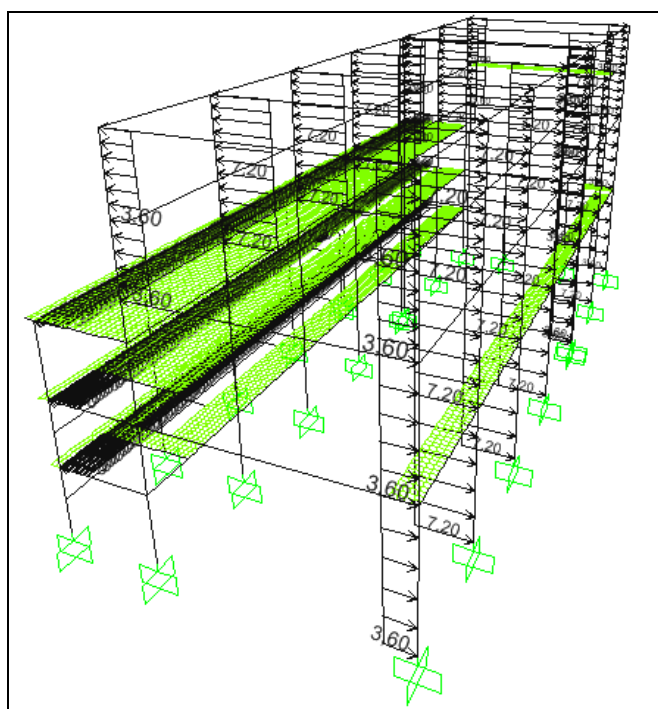


Figura 9.11 – Vento 2 aplicado ao modelo (Vista de Jusante para Montante)

9.9. TRACÇÃO DOS CABOS DA LINHA DE TRANSMISSÃO *(Linha)*

Foi aplicada uma Carga de Tração, definida como o maior valor de Tração nos cabos mostrado no Documento 1230-MMO-2814-60-08-001-R00. A posição da aplicação das cargas foi adotada de acordo com o mostrado nos Documentos 1230-DEP-2620-60-41-007-R06 e 1230-DEP-2620-60-63-005-R08.

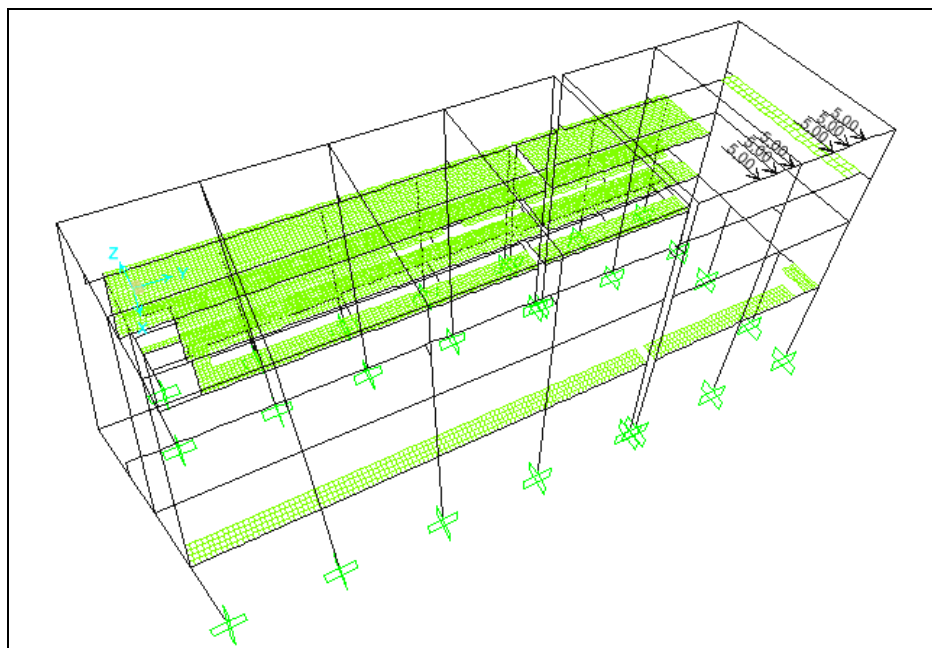


Figura 9.12 – Tração dos Cabos da Linha de transmissão aplicada ao modelo

9.10. COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO

Ponte_Rolante = Envoltória (PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR6, PR7, PR8, PR9, PR10, PR11, PR12, PR13, PR14, PR15, PR16, PR17, PR18, PR19, PR20, PR21)

COMB1 = $1,4 \times PP + 1,4 \times (\text{Peso_Parede} + \text{Peso_Escada} + \text{Peso_Cob1} + \text{Peso_Cob2}) + 1,4 \times [(\text{SC_Salas} + \text{SC_Lajes} + 1,25 \times \text{Ponte_Rolante}) + 0,6 \times \text{Vento_1}]$

COMB2 = $1,4 \times PP + 1,4 \times (\text{Peso_Parede} + \text{Peso_Escada} + \text{Peso_Cob1} + \text{Peso_Cob2}) + 1,4 \times [(\text{SC_Salas} + \text{SC_Lajes} + 1,25 \times \text{Ponte_Rolante}) + 0,6 \times \text{Vento_2}]$

COMB3 = $1,4 \times PP + 1,4 \times (\text{Peso_Parede} + \text{Peso_Escada} + \text{Peso_Cob1} + \text{Peso_Cob2}) + 1,4 \times [0,8 \times (\text{SC_Salas} + \text{SC_Lajes} + 1,25 \times \text{Ponte_Rolante}) + \text{Vento_1}]$

COMB4 = $1,4 \times PP + 1,4 \times (\text{Peso_Parede} + \text{Peso_Escada} + \text{Peso_Cob1} + \text{Peso_Cob2}) + 1,4 \times [0,8 \times (\text{SC_Salas} + \text{SC_Lajes} + 1,25 \times \text{Ponte_Rolante}) + \text{Vento_2}]$

Para o Dimensionamento da Estrutura foram analisadas todas as Combinações de Carregamento apresentadas. Para fins ilustrativos serão mostrados apenas os casos dimensionantes de cada elemento, representados então pela Combinação crítica em cada caso. Como o Vento_1 se mostrou mais crítico do que o Vento_2, a Combinação mais crítica foi ora a COMB1, ora a COMB3, dependendo de quais cargas acidentais eram preponderantes em cada caso específico.

Como a Carga de Tração da Linha de Transmissão pode não ocorrer sempre, as quatro Combinações de Carregamento foram consideradas com essa carga e sem a mesma para fins comparativos. Como essa carga atua na mesma direção do Vento_2, nas Combinações em que foi aplicado o Vento_2 (COMB2 e COMB4), a Carga da Linha gerou um aumento nos Esforços. Como a Carga atua na direção contrária da atuação do Vento_1, nas Combinações em que o Vento_1 foi aplicado, a Carga da Linha gerou uma diminuição nos Esforços. Por esse motivo, e como as Combinações COMB1 e COMB3 foram sempre as críticas, não foi considerada a Carga nelas.

O Dimensionamento das Lajes é mostrado na seguinte ordem: Flexão em x (direção do fluxo), Flexão em y (direção transversal ao fluxo), Verificação do Cisalhamento e Verificação da Fissuração (para o caso mais crítico). Como as Combinações possuem envoltórias de carregamentos, são mostrados Diagramas de Esforços Máximos e Mínimos. Nos diagramas são mostradas setas que indicam a direção em que os Esforços atuam e é mostrada a localização dos pontos onde foram lidos os esforços.

O Dimensionamento das Vigas é mostrado na seguinte ordem: Dimensionamento à Flexão, Dimensionamento ao Cisalhamento, Dimensionamento à Torção (para as vigas que sofrem Torção) e Verificação da Fissuração. Ao final de cada Dimensionamento, as Armaduras calculadas são comparadas às adotadas. À Armadura calculada à flexão em cada face é somada $\frac{1}{4}$ da Armadura longitudinal total calculada pela Torção (uma vez que ela deve se distribuir nas 4 faces). Para o cálculo da Armadura de estribo metade da Armadura de cisalhamento calculada é somada ao total da Armadura transversal calculada pela torção. Nas figuras que mostram os diagramas de esforços são mostradas cada viga isoladamente, e nas vigas contínuas é mostrado apenas o vão mais crítico, para facilitar a visualização dos mesmos.

Os Pilares foram calculados a partir dos Diagramas de Força Normal e Momentos nas direções principal e secundária. Ao final, as Armaduras calculadas são comparadas às adotadas.

10. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA SUPERIOR

10.1. LAJES DA EL. 365,60

10.1.1 Flexão em x

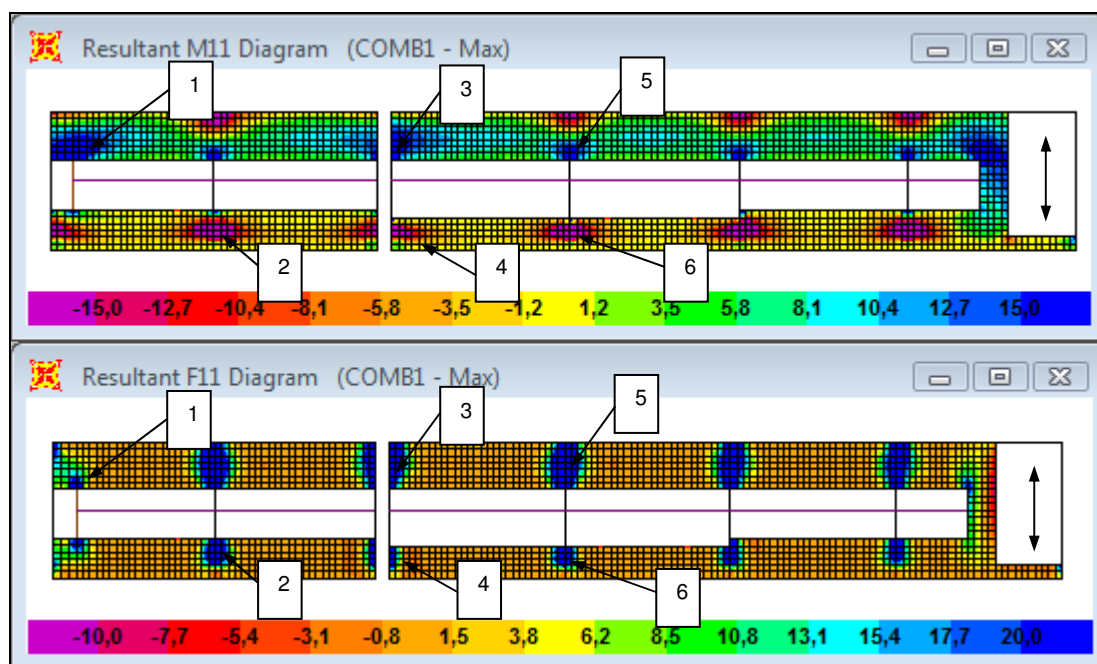


Figura 10.1 – Lajes da El. 365,60 – M11 e F11 – COMB1 – Máx.

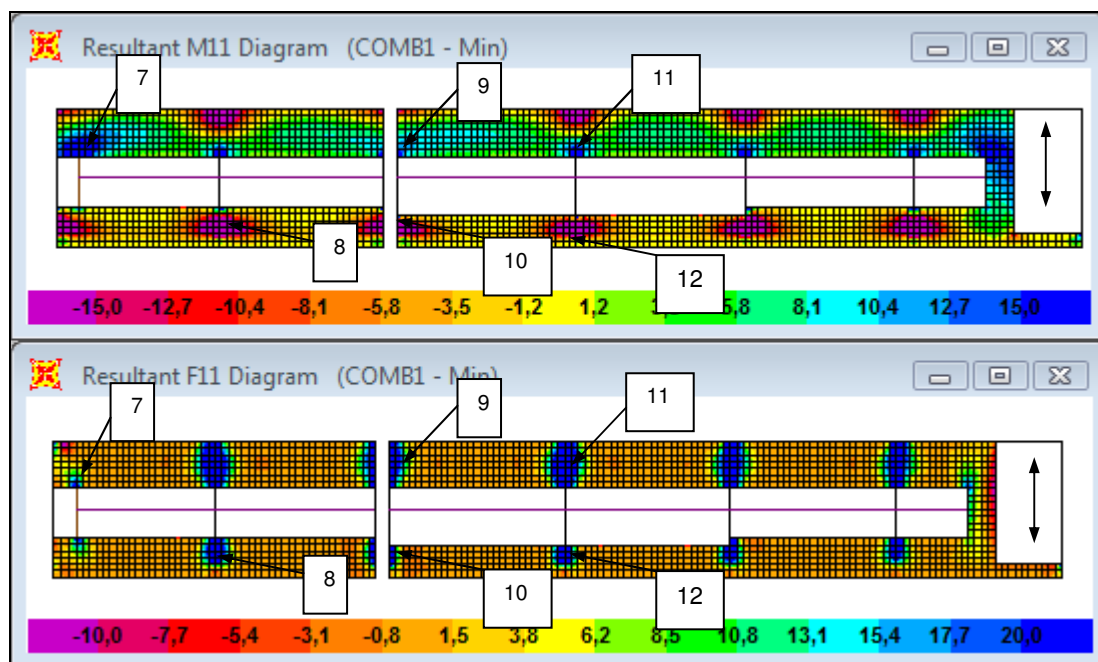


Figura 10.2 – Lajes da El. 365,60 – M11 e F11 – COMB1 – Mín.

Tabela 10.1 – Dimensionamento das Lajes El. 365,60 à Flexão em x

Quantidade: 12		Caso:		γ_c 1,4		f_{ck} (MPa) 25						
Inserir		<div>-</div>		γ_s 1,15		f_{yk} (MPa) 500						
				γ_f 1		E_s (GPa) 210						
	Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
Máx.	1	100	20	3	23	12	17	3,00	3,35	0,00	1,10	FTGEAS
	2	100	20	3	22	21	17	3,00	3,33	0,00	1,02	FTGEAS
	3	100	20	3	19	35	17	3,00	3,09	0,00	0,82	FTGEAS
	4	100	20	3	24	34	17	3,00	3,78	0,00	1,07	FTGEAS
	5	100	20	3	21	12	17	3,00	3,07	0,00	1,00	FTGEAS
	6	100	20	3	21	23	17	3,00	3,21	0,00	0,96	FTGEAS
Mín.	7	100	20	3	21	5	17	3,00	2,98	0,00	1,03	FTGEAS
	8	100	20	3	26	18	17	3,00	3,86	0,00	1,23	FTGEAS
	9	100	20	3	12	19	17	3,00	1,90	0,00	0,52	FTGEAS
	10	100	20	3	26	18	17	3,00	3,86	0,00	1,23	FTGEAS
	11	100	20	3	17	10	17	3,00	2,48	0,00	0,80	FTGEAS
	12	100	20	3	26	16	17	3,00	3,84	0,00	1,24	FTGEAS

Para a Armadura inferior foi adotada, nesta direção o detalhamento de \square 8 c. 15, o que atende ao Dimensionamento (células brancas). Para a face superior também foi adotado \square 8 c. 15 nos pontos onde foram lidos os esforços. Pelo Dimensionamento (células cinzas) nota-se que a armadura calculada em alguns desses pontos excedeu em cerca de 0,60cm² a adotada. Contudo, sabendo que com a plastificação da seção, os esforços podem se redistribuir, transmitindo momento para a face inferior, que neste trecho, está nulo. As armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.1.2 Flexão em y

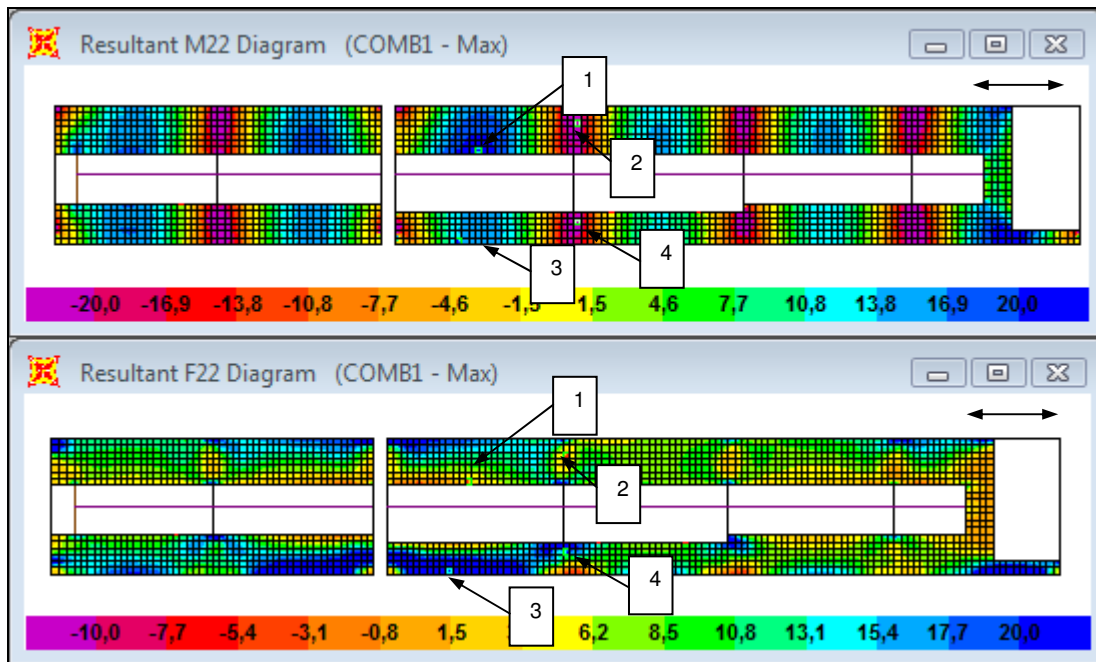


Figura 10.3 – Lajes da El. 365,60 – M22 e F22 – COMB1 – Máx.

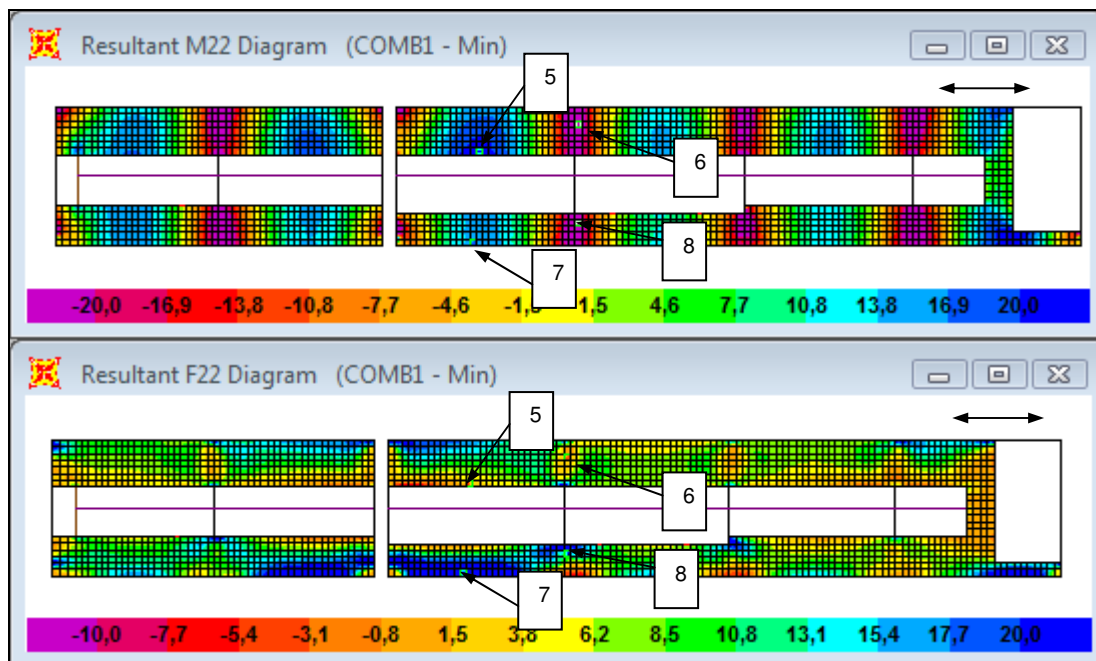


Figura 10.4 – Lajes da El. 365,60 – M22 e F22 – COMB1 – Mín.

Tabela 10.2 – Dimensionamento das Lajes EI. 365,60 à Flexão em y

Quantidade: 8		Caso:		γ_c	1,4	fck (MPa)		25			
Inserir		-		γ_s	1,15	fyk (MPa)		500			
				γ_f	1	Es (GPa)		210			
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
Máx.	1	100	20	3	18	2	17	3,00	2,51	0,00	0,88 FTGEAS
	2	100	20	3	24	3	17	3,00	3,38	0,00	1,19 FTGEAS
	3	100	20	3	14	38	17	3,00	2,43	0,00	0,56 FTGEAS
	4	100	20	3	23	12	17	3,00	3,35	0,00	1,10 FTGEAS
Mín.	5	100	20	3	20	2	17	3,00	2,80	0,00	0,98 FTGEAS
	6	100	20	3	25	0	17	3,00	3,48	0,00	1,25 FSAS
	7	100	20	3	12	33	17	3,00	2,08	0,00	0,47 FTGEAS
	8	100	20	3	25	8	17	3,00	3,59	0,00	1,22 FTGEAS

Pela tabela 10.2 nota-se que as Armaduras adotadas (\square 8 c. 20 na face inferior e \square 8 c. 15 na superior) atendem ao dimensionamento.

10.1.3 Verificação do Cisalhamento

Para a Verificação da necessidade de armar as Lajes ao cisalhamento, foi calculada a força cortante máxima que a Laje resiste sem armadura e, em seguida, geraram-se diagramas com as escalas máximas e mínimas limitadas a esse valor. Verificou-se pelos diagramas que as Lajes não ultrapassam o valor limite, o que mostra que não há a necessidade de armá-la para esse esforço. Pelos diagramas é possível observar grandes picos do esforço nas regiões das Vigas, mas ao se afastar de d/2 da face de cada viga, chega-se a valores menores do que o limite. A tabela 10.3, que segue, mostra o Esforço máximo resistente, e as figuras seguintes mostram os esforços cortantes máximos e mínimos em ambas as direções.

Tabela 10.3 – Força de Cisalhamento Máxima resistente pela Laje sem Armadura

1. Dados da Peça		2. Dados dos Materiais		4. Resultados Intermediários	
b (cm)	100	fck (MPa)	20	fctd(MPa)	1,11
h (cm)	20	fyk (MPa)	500	τ_{Rd} (kN/m²)	276,30
d' (cm)	3	γ_c	1,4	k	1,430
d (cm)	17	γ_s	1,15	ρ_1	0,000
As1 (cm²)	0	γ_f	1	σ_{cp} (kN/m²)	0,00
3. Esforços Atuantes				VRd1 (kN)	80,60
Vk (kN)	80,5			5. Armadura	
Vsd (kN)	80,5			As (cm²/m)	-
Ns (kN)	0				

Calcular

-

VRd1

VRd1 > Vsd
NÃO ARMA!

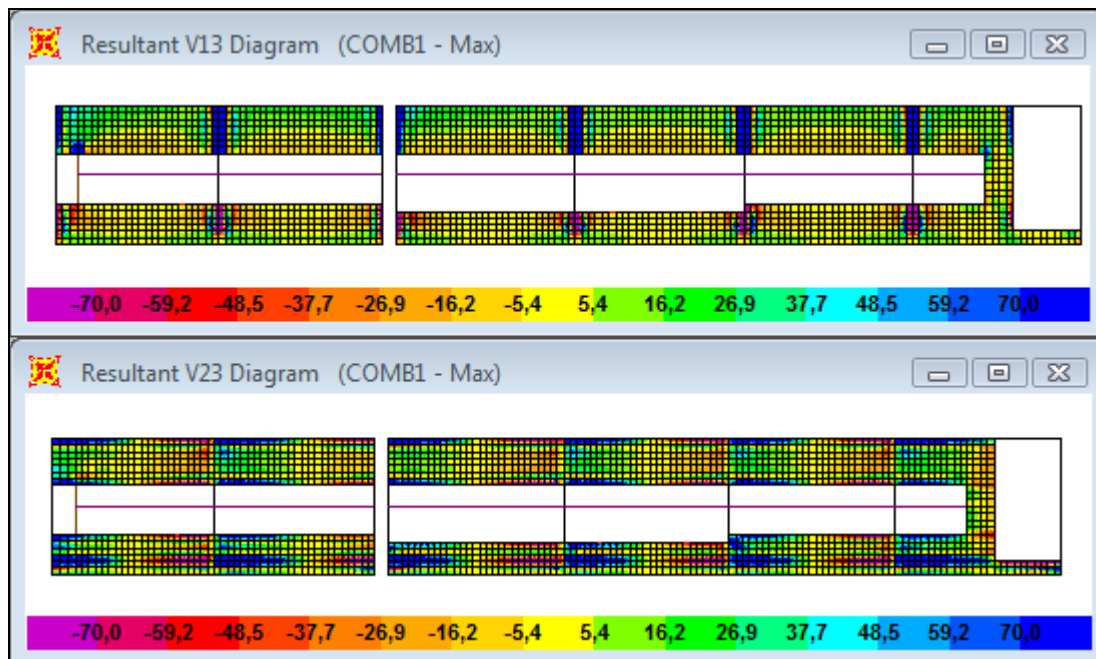


Figura 10.5 – Lajes da El. 365,60 – V13 e V23 – COMB1 – Máx.

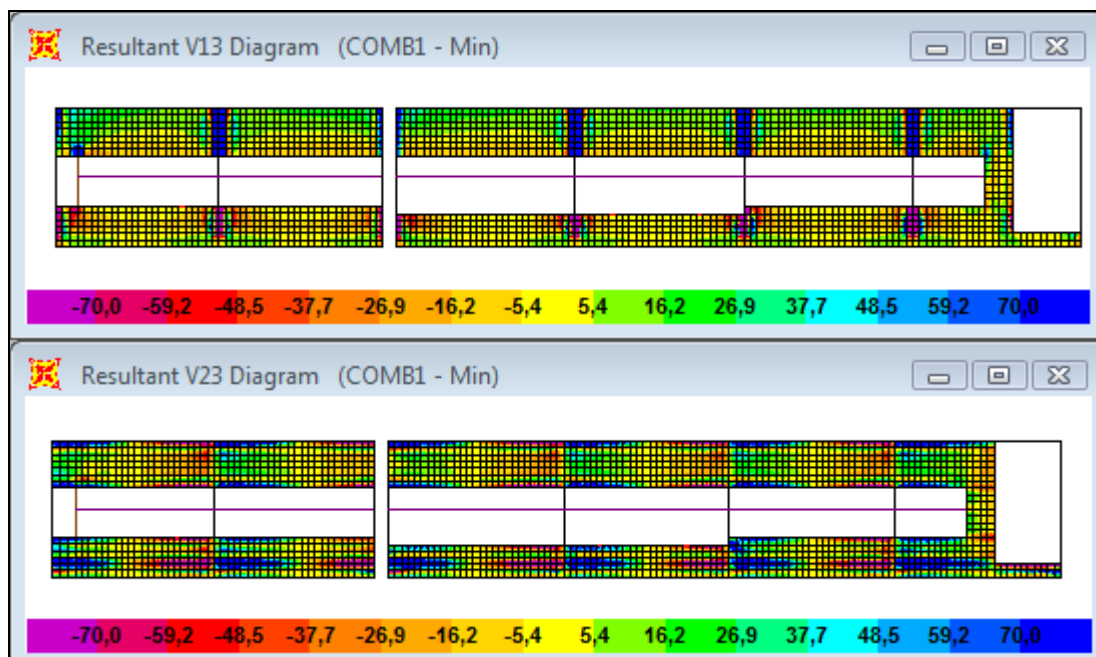


Figura 10.6 – Lajes da El. 365,60 – V13 e V23 – COMB1 – Mín.

10.1.4 Verificação do Estado Limite de Serviço - Fissuração

Foi feita a verificação do Estado Limite de Serviço para abertura de fissuras. Para isso, a partir da maior Armadura adotada (\square 8 c. 15), foi verificada a Fissuração para uma armadura Calculada com a mesma área da Armadura da adotada e verificou-se que atendeu o critério.

Tabela 10.4 – Verificação da Fissuração – Lajes de 20cm

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	100	ϕ_i (mm)	10	σ_{si} (kN/cm ²)	31,06
h (cm)	20	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	3,35	A_{cr} (cm ²)	1050
d' (cm)	3	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	3,35	ρ_{ri} (cm)	0,0032
d (cm)	17			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características dos Materiais		5. Verificação da Fissuração			
f_{yk} (MPa)	500	w_k (mm)			
f_{yd} (MPa)	434,78	w_1 (mm)			
η_i	2,25	w_2 (mm)			
E_{si} (MPa)	210000	OK!			
f_{ck} (MPa)	25				

10.2. LAJES DA EL. 369,10

10.2.1 Flexão em x

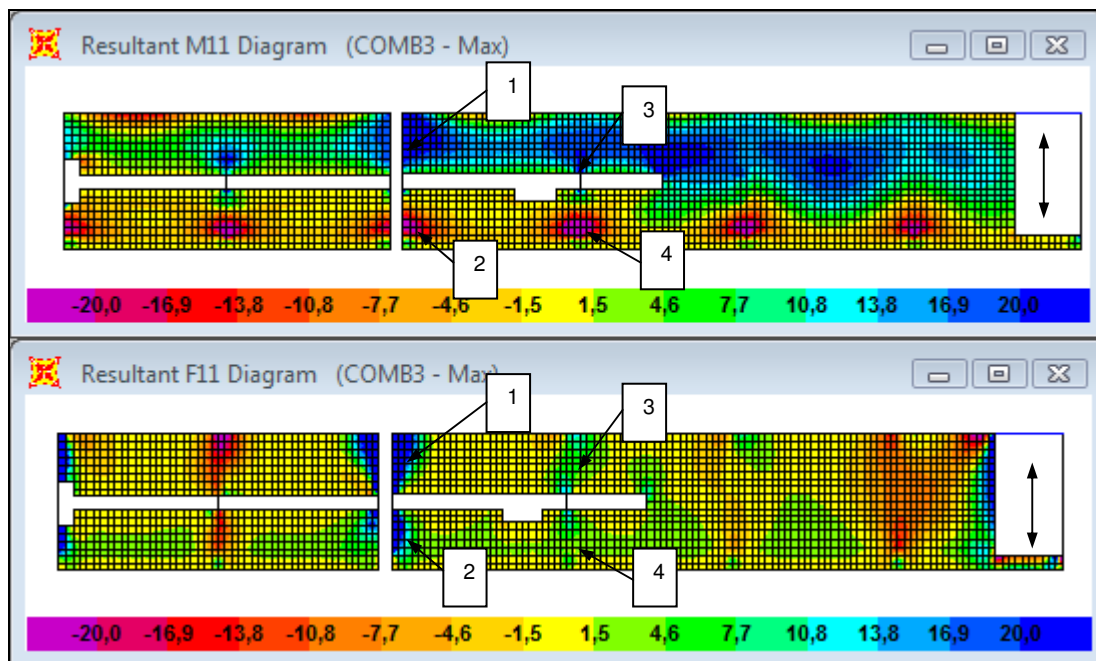


Figura 10.7 – Lajes da El. 369,10 – M11 e F11 – COMB3 – Máx.

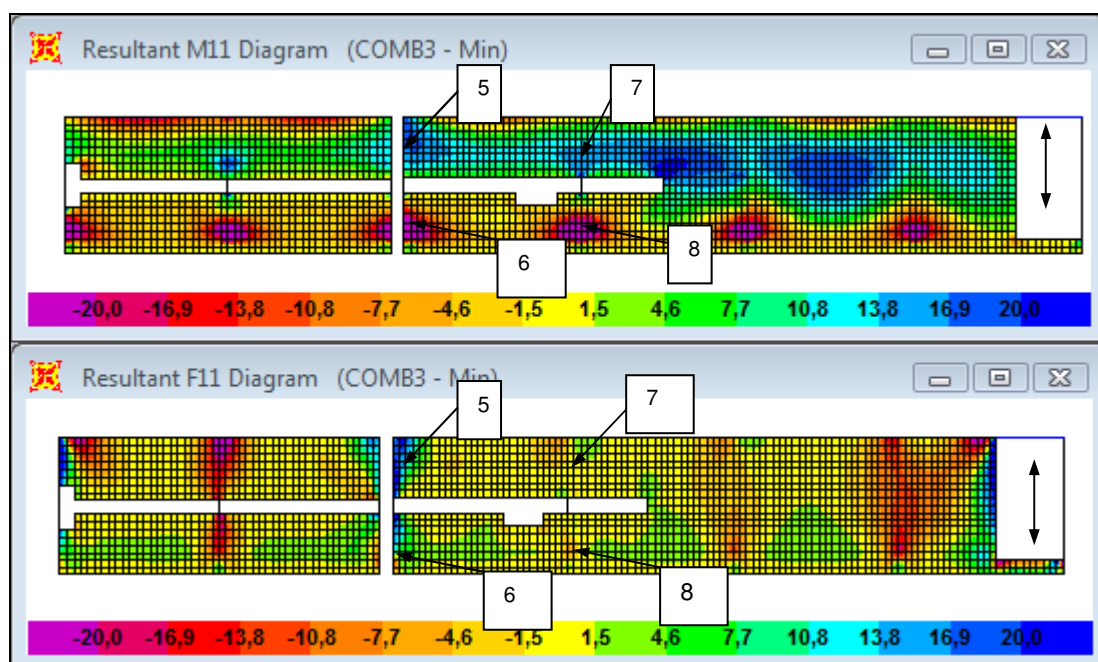


Figura 10.8 – Lajes da El. 369,10 – M11 e F11 – COMB3 – Mín.

Tabela 10.5 – Dimensionamento das Lajes El. 369,10 à Flexão em x

Quantidade: 8		Caso:		γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)		25				
Inserir		-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)		500				
				γ_f	1	E_s (GPa)		210				
	Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
Máx.	1	100	20	3	23	26	17	3,00	3,54	0,00	1,05	FTGEAS
	2	100	20	3	24	18	17	3,00	3,57	0,00	1,13	FTGEAS
	3	100	20	3	22	2	17	3,00	3,08	0,00	1,09	FTGEAS
	4	100	20	3	20	3	17	3,00	2,81	0,00	0,98	FTGEAS
Mín.	5	100	20	3	17	15	17	3,00	2,54	0,00	0,79	FTGEAS
	6	100	20	3	25	8	17	3,00	3,59	0,00	1,22	FTGEAS
	7	100	20	3	20	0	17	3,00	2,77	0,00	0,99	FSAS
	8	100	20	3	27	-3	17	3,00	3,73	0,00	1,36	FCGEAS

Para a Armadura inferior foi adotada, nesta direção o detalhamento de \square 8 c. 15, o que atende ao Dimensionamento (células brancas). Para a face superior também foi adotado \square 8 c. 15 nos pontos onde foram lidos os esforços. Pelo Dimensionamento (células cinzas) nota-se que a armadura calculada em alguns desses pontos excedeu em cerca de 0,40cm² a adotada. Contudo, sabendo que com a plastificação da seção, os esforços podem se redistribuir, transmitindo momento para a face inferior, que neste trecho, está nulo. As armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.2.2 Flexão em y

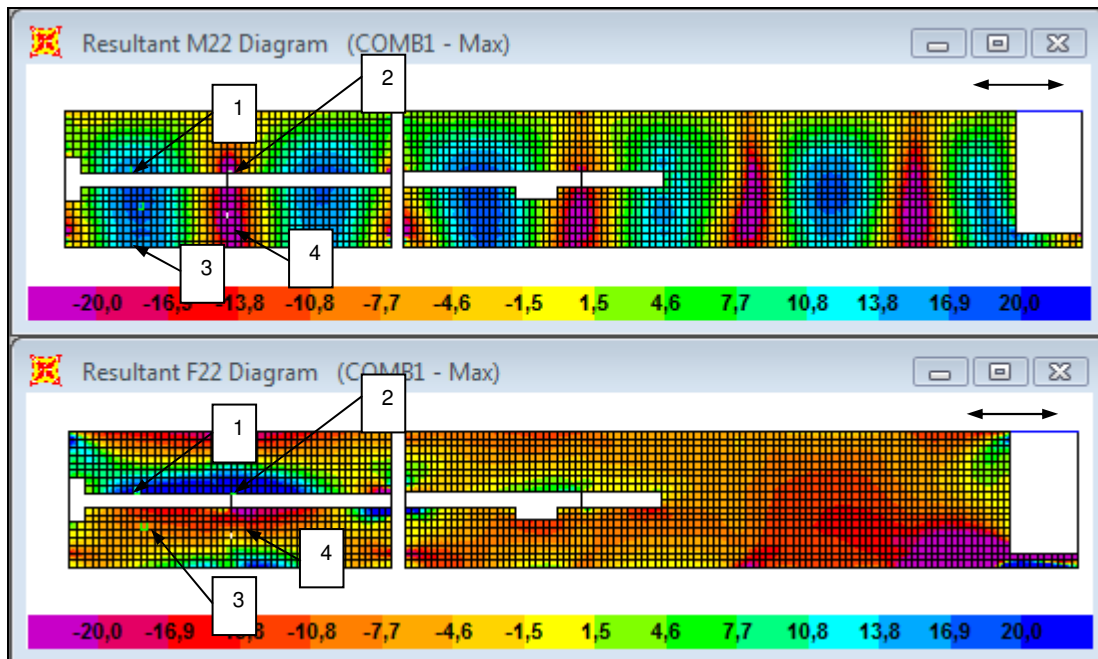


Figura 10.9 – Lajes da El. 369,10 – M22 e F22 – COMB1 – Máx.

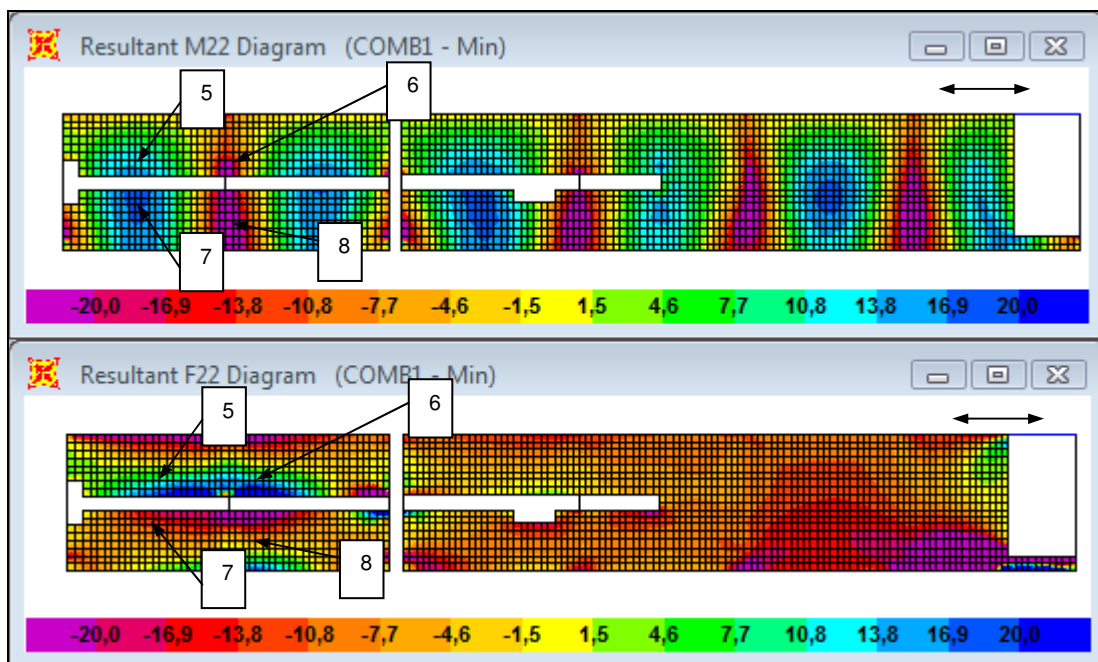


Figura 10.10 – Lajes da El. 369,10 – M22 e F22 – COMB1 – Min.

Tabela 10.6 – Dimensionamento das Lajes El. 369,10 à Flexão em y

Quantidade: 8		Caso:		γ_c	1,4	fck (MPa)		25				
Inserir		<div>-</div>		γ_s	1,15	fyk (MPa)		500				
				γ_f	1	Es (GPa)		210				
	Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
Máx.	1	100	20	3	14	23	17	3,00	2,23	0,00	0,61	FTGEAS
	2	100	20	3	20	42	17	3,00	3,32	0,00	0,84	FTGEAS
	3	100	20	3	17	-9	17	3,00	2,23	0,00	0,87	FCGEAS
	4	100	20	3	23	-6	17	3,00	3,12	0,00	1,17	FCGEAS
Mín.	5	100	20	3	14	12	17	3,00	2,08	0,00	0,65	FTGEAS
	6	100	20	3	24	22	17	3,00	3,63	0,00	1,12	FTGEAS
	7	100	20	3	16	-10	17	3,00	2,07	0,00	0,83	FCGEAS
	8	100	20	3	27	-14	17	3,00	3,59	0,00	1,40	FCGEAS

Pela tabela 10.6 nota-se que as Armaduras adotadas (\square 8 c. 20 na face inferior e \square 8 c. 15 na superior) atendem ao dimensionamento.

10.2.3 Verificação do Cisalhamento

Para a Verificação da necessidade de armar as Lajes ao cisalhamento, foi calculada a força cortante máxima que a Laje resiste sem armadura (conforme mostrado na tabela 10.3) e, em seguida, geraram-se diagramas com as escalas máximas e mínimas limitadas a esse valor. Verificou-se pelos diagramas que as Lajes não ultrapassam o valor limite, o que mostra que não há a necessidade de armá-la para esse esforço. Pelos diagramas é possível observar grandes picos do esforço nas regiões próximas às vigas, mas ao se afastar de d/2 da face de cada viga, chega-se a valores menores do que o limite. As figuras seguintes mostram os esforços cortantes máximos e mínimos em ambas as direções.

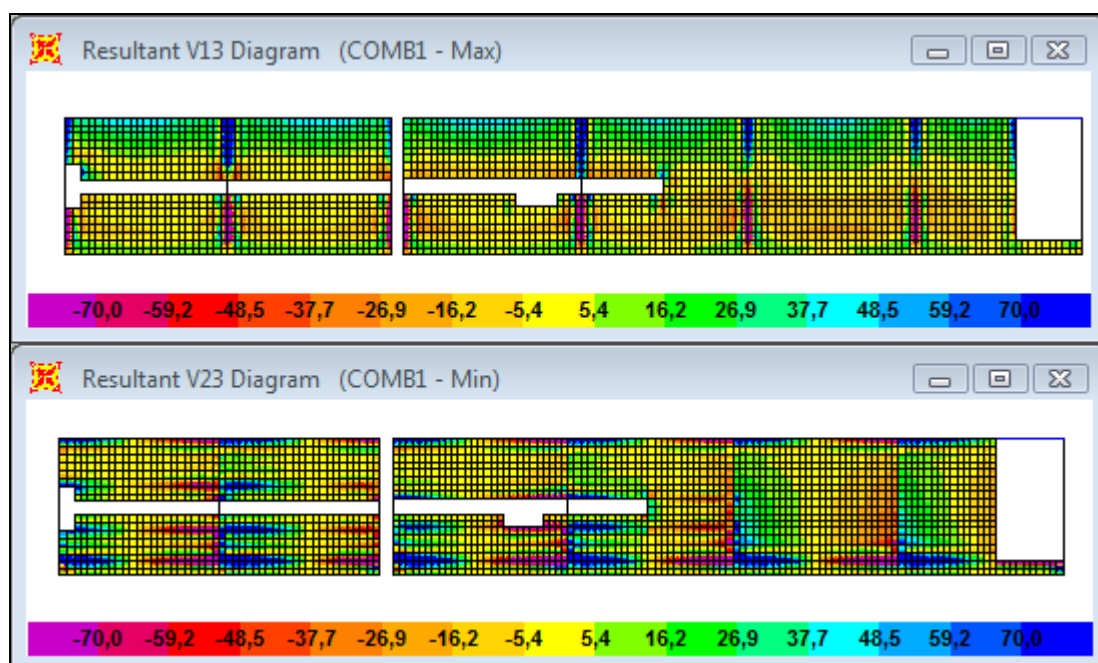


Figura 10.11 – Lajes da El. 369,10 – V13 e V23 – COMB1 – Máx.

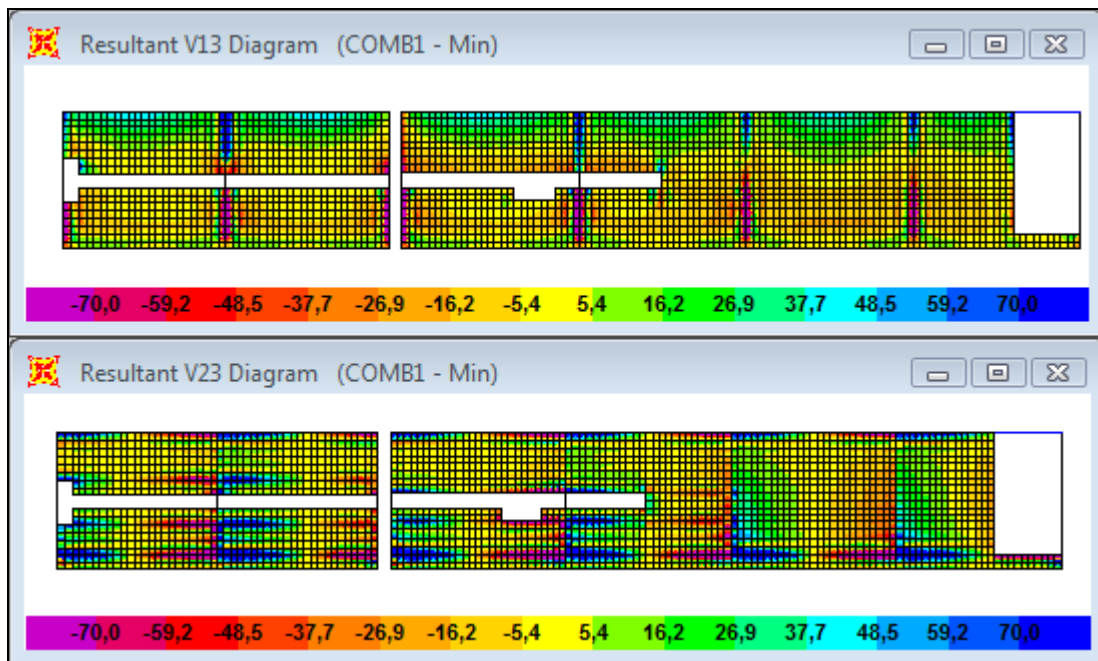


Figura 10.12 – Lajes da El. 369,10 – V13 e V23 – COMB1 – Mín.

10.3. LAJES DA EL. 372,60

10.3.1 Flexão em x

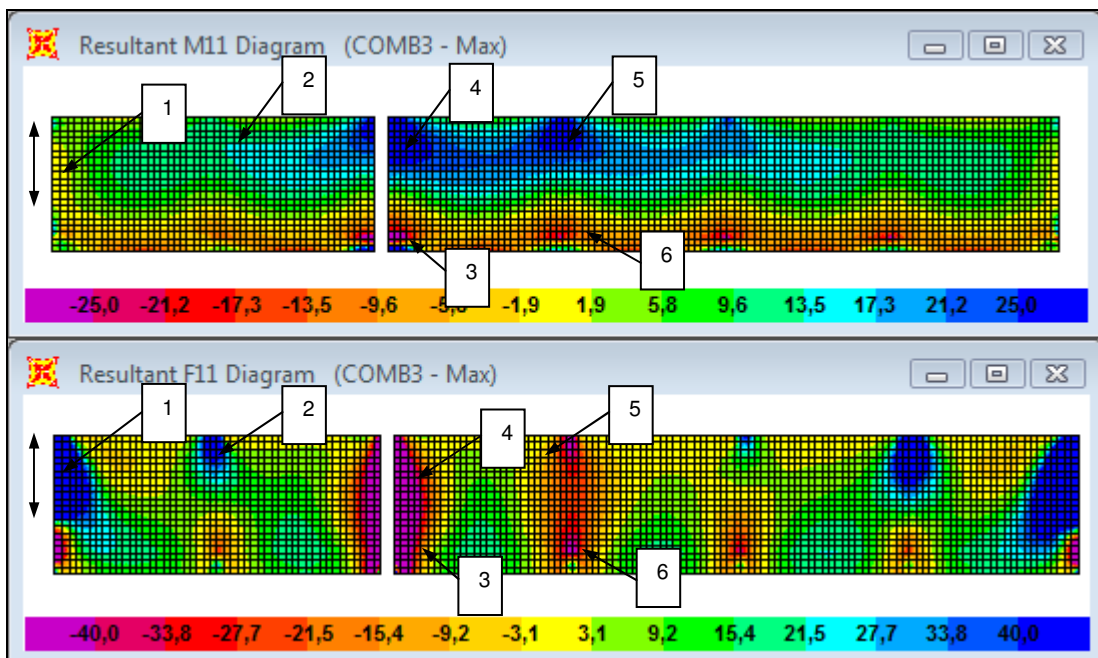


Figura 10.13 – Lajes da El. 372,60 – M11 e F11 – COMB3 – Máx.

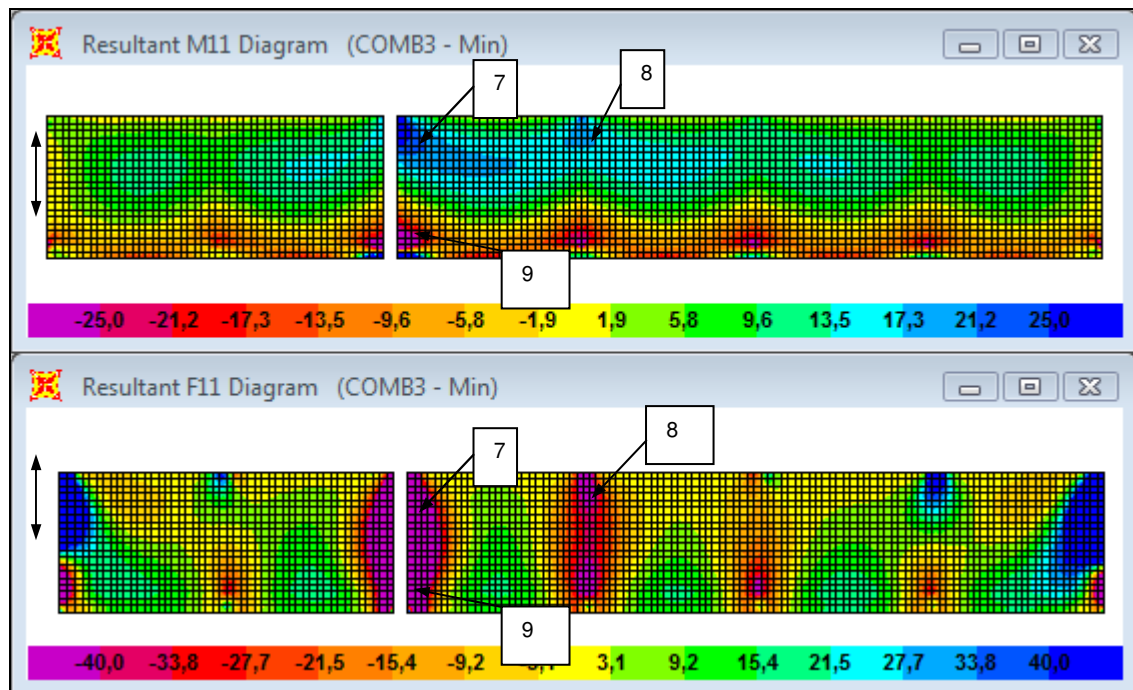


Figura 10.14 – Lajes da El. 372,60 – M11 e F11 – COMB3 – Min.

Tabela 10.7 – Dimensionamento das Lajes El. 372,60 à Flexão em x

Quantidade: 9		Caso:		γ_c	1,4			fck (MPa)	25																																																																																																																														
				γ_s	1,15			f _{yk} (MPa)	500																																																																																																																														
Inserir		<div>-</div>		γ_f	1			Es (GPa)	210																																																																																																																														
<table><tr><th></th><th>Elemento</th><th>b (cm)</th><th>h (cm)</th><th>d' (cm)</th><th>Mk (kNm)</th><th>Nk (kN)</th><th>d (cm)</th><th>Asmin (cm²)</th><th>As (cm²)</th><th>As' (cm²)</th><th>x (cm)</th><th>Caso</th></tr><tr><td rowspan="6">Máx.</td><td>1</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>3</td><td>45</td><td>17</td><td>3,00</td><td>1,01</td><td>0,02</td><td>-</td><td>FTPEAD</td></tr><tr><td>2</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>10</td><td>39</td><td>17</td><td>3,00</td><td>1,89</td><td>0,00</td><td>0,36</td><td>FTGEAS</td></tr><tr><td>3</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>28</td><td>-30</td><td>17</td><td>3,00</td><td>3,53</td><td>0,00</td><td>1,51</td><td>FCGEAS</td></tr><tr><td>4</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>29</td><td>-25</td><td>17</td><td>3,00</td><td>3,74</td><td>0,00</td><td>1,55</td><td>FCGEAS</td></tr><tr><td>5</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>18</td><td>10</td><td>17</td><td>3,00</td><td>2,62</td><td>0,00</td><td>0,86</td><td>FTGEAS</td></tr><tr><td>6</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>22</td><td>-26</td><td>17</td><td>3,00</td><td>2,72</td><td>0,00</td><td>1,19</td><td>FCGEAS</td></tr><tr><td rowspan="3">Mín.</td><td>7</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>2</td><td>50</td><td>17</td><td>3,00</td><td>0,90</td><td>0,25</td><td>-</td><td>FTPEAD</td></tr><tr><td>8</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>5</td><td>25</td><td>17</td><td>3,00</td><td>1,02</td><td>0,00</td><td>0,16</td><td>FTGEAS</td></tr><tr><td>9</td><td>100</td><td>20</td><td>3</td><td>29</td><td>-45</td><td>17</td><td>3,00</td><td>3,49</td><td>0,00</td><td>1,62</td><td>FCGEAS</td></tr></table>														Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso	Máx.	1	100	20	3	3	45	17	3,00	1,01	0,02	-	FTPEAD	2	100	20	3	10	39	17	3,00	1,89	0,00	0,36	FTGEAS	3	100	20	3	28	-30	17	3,00	3,53	0,00	1,51	FCGEAS	4	100	20	3	29	-25	17	3,00	3,74	0,00	1,55	FCGEAS	5	100	20	3	18	10	17	3,00	2,62	0,00	0,86	FTGEAS	6	100	20	3	22	-26	17	3,00	2,72	0,00	1,19	FCGEAS	Mín.	7	100	20	3	2	50	17	3,00	0,90	0,25	-	FTPEAD	8	100	20	3	5	25	17	3,00	1,02	0,00	0,16	FTGEAS	9	100	20	3	29	-45	17	3,00	3,49	0,00	1,62	FCGEAS
	Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso																																																																																																																											
Máx.	1	100	20	3	3	45	17	3,00	1,01	0,02	-	FTPEAD																																																																																																																											
	2	100	20	3	10	39	17	3,00	1,89	0,00	0,36	FTGEAS																																																																																																																											
	3	100	20	3	28	-30	17	3,00	3,53	0,00	1,51	FCGEAS																																																																																																																											
	4	100	20	3	29	-25	17	3,00	3,74	0,00	1,55	FCGEAS																																																																																																																											
	5	100	20	3	18	10	17	3,00	2,62	0,00	0,86	FTGEAS																																																																																																																											
	6	100	20	3	22	-26	17	3,00	2,72	0,00	1,19	FCGEAS																																																																																																																											
Mín.	7	100	20	3	2	50	17	3,00	0,90	0,25	-	FTPEAD																																																																																																																											
	8	100	20	3	5	25	17	3,00	1,02	0,00	0,16	FTGEAS																																																																																																																											
	9	100	20	3	29	-45	17	3,00	3,49	0,00	1,62	FCGEAS																																																																																																																											

Pela tabela 10.7 nota-se que as Armaduras adotadas (\square 8 c. 15 em ambas as faces) atendem ao dimensionamento.

10.3.2 Flexão em y

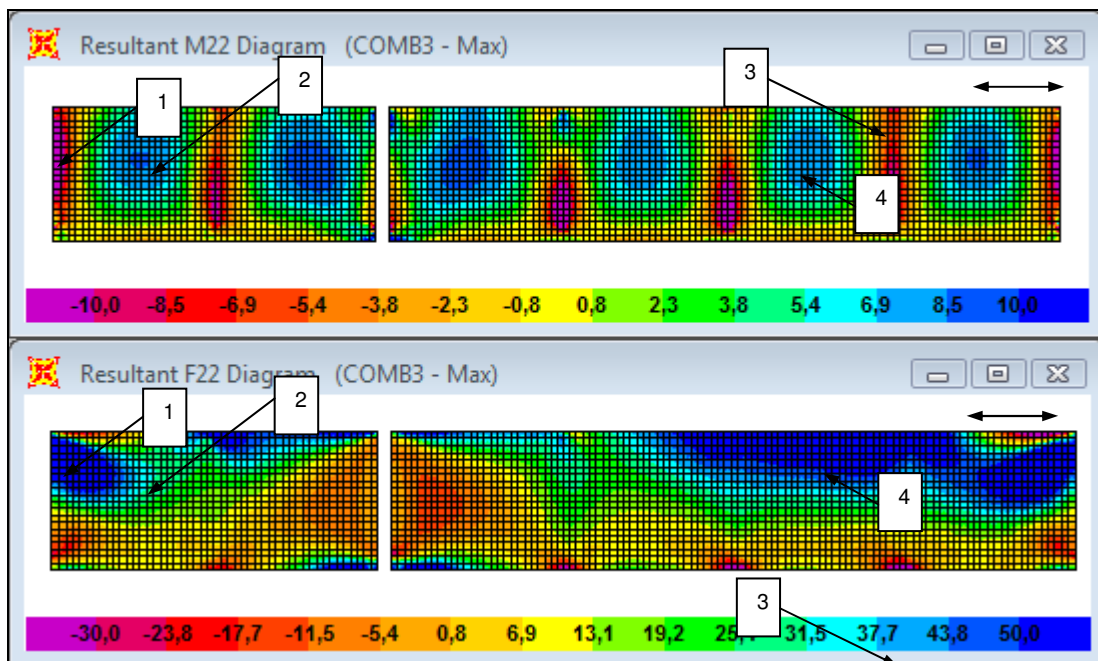


Figura 10.15 – Lajes da El. 372,60 – M22 e F22 – COMB3 – Máx.

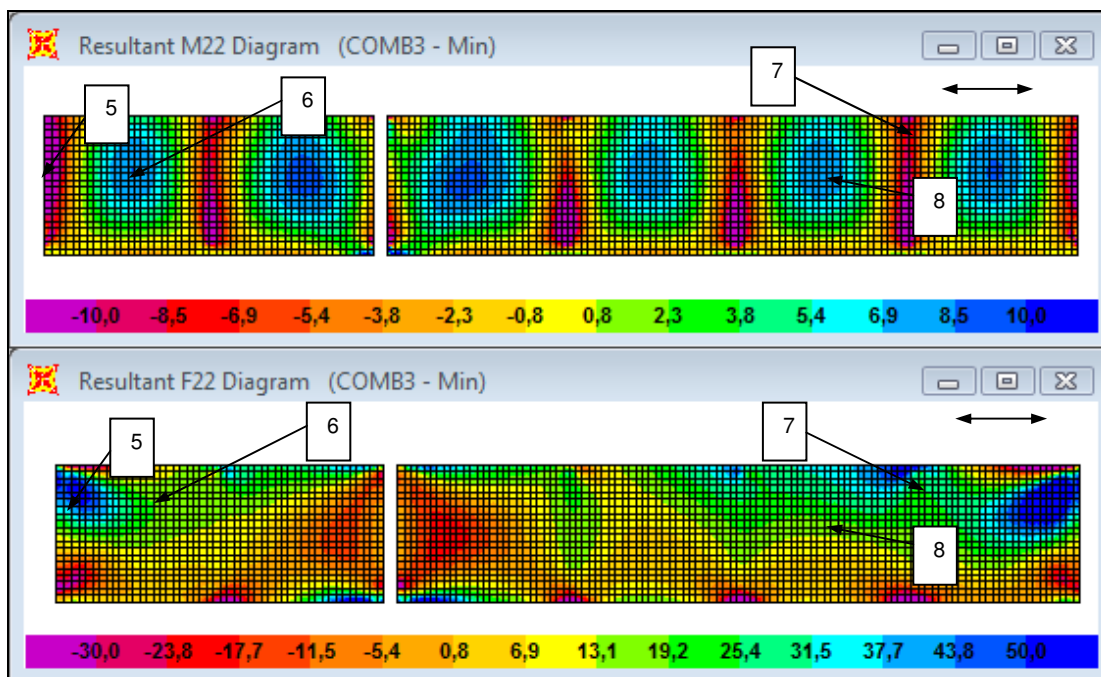


Figura 10.16 – Lajes da El. 372,60 – M22 e F22 – COMB3 – Min.

Tabela 10.8 – Dimensionamento das Lajes El. 372,60 à Flexão em y

Quantidade:		8		Caso:		γ_c		1,4		fck (MPa)		25	
Inserir		-				γ_s		1,15		fyk (MPa)		500	
						γ_f		1		Es (GPa)		210	
	Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso	
Máx.	1	100	20	3	10	70	17	3,00	2,30	0,00	0,25	FTGEAS	
	2	100	20	3	9	37	17	3,00	1,72	0,00	0,31	FTGEAS	
	3	100	20	3	6	62	17	3,00	1,65	0,00	0,08	FTGEAS	
	4	100	20	3	7	50	17	3,00	1,63	0,00	0,17	FTGEAS	
Mín.	5	100	20	3	18	52	17	3,00	3,17	0,00	0,71	FTGEAS	
	6	100	20	3	8	25	17	3,00	1,43	0,00	0,30	FTGEAS	
	7	100	20	3	9	37	17	3,00	1,72	0,00	0,31	FTGEAS	
	8	100	20	3	5	43	17	3,00	1,26	0,00	0,10	FTGEAS	

Para a Armadura inferior foi adotada, nesta direção o detalhamento de ϕ 8 c. 15, o que atende ao Dimensionamento (células brancas). Para a face superior foi adotado ϕ 10 c. 20 ou ϕ 10 c. 15 o que atende ao Dimensionamento (células cinza). As armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.3.3 Verificação do Cisalhamento

Para a Verificação da necessidade de armar as Lajes ao cisalhamento, foi calculada a força cortante máxima que a Laje resiste sem armadura (conforme havia sido mostrado na Tabela 10.3) e, em seguida, geraram-se diagramas com as escalas máximas e mínimas limitadas a esse valor. Verificou-se pelos diagramas que as Lajes não ultrapassam o valor limite, o que mostra que não há a necessidade de armá-la para esse esforço. Pelos diagramas é possível observar grandes picos do esforço próximo às vigas, mas ao se afastar de d/2 da face de cada viga, chega-se a valores menores do que o limite. As figuras seguintes mostram os esforços cortantes máximos e mínimos em ambas as direções.

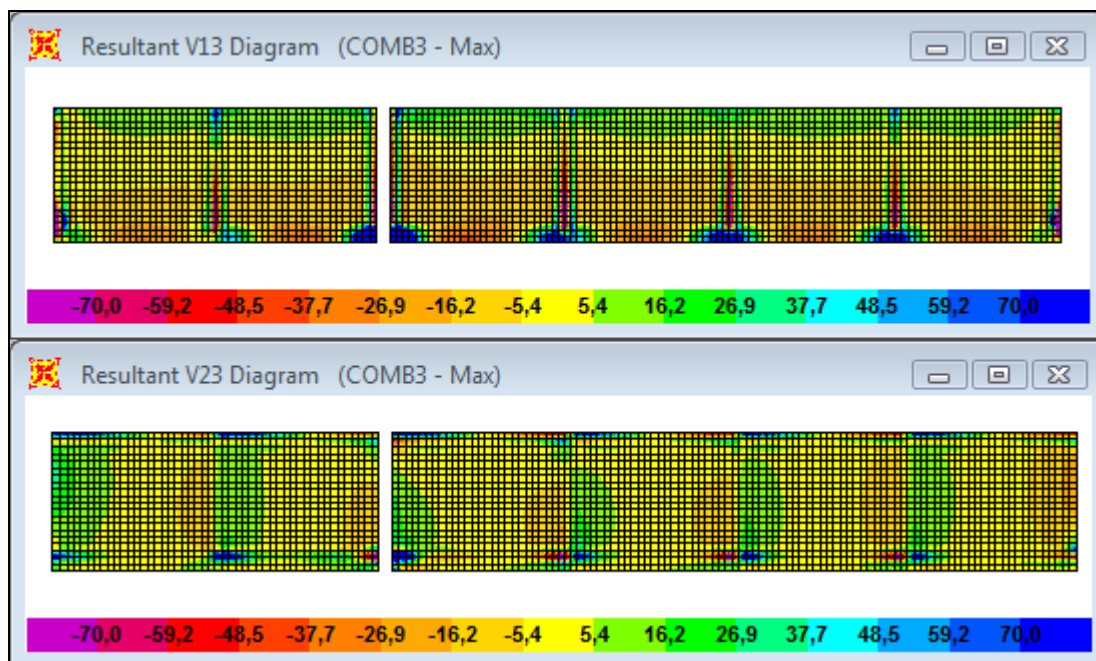


Figura 10.17 – Lajes da El. 372,60 – V13 e V23 – COMB3 – Máx.

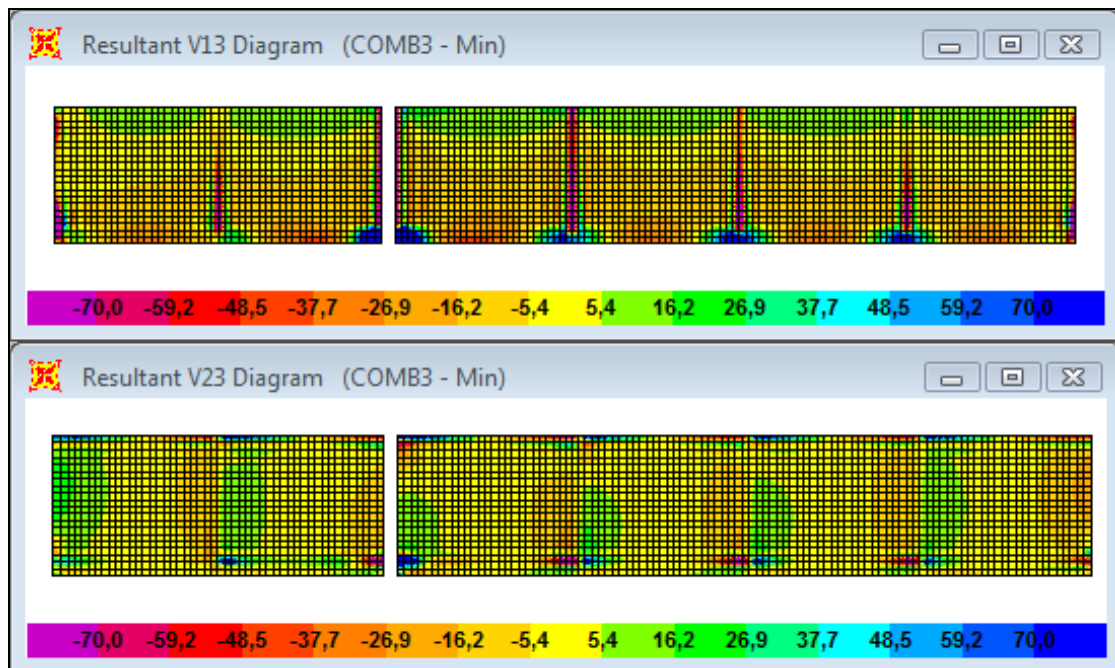


Figura 10.18 – Lajes da El. 372,60 – V13 e V23 – COMB3 – Min.

10.4. VIGAS DA EL. 365,60

10.4.1 V101

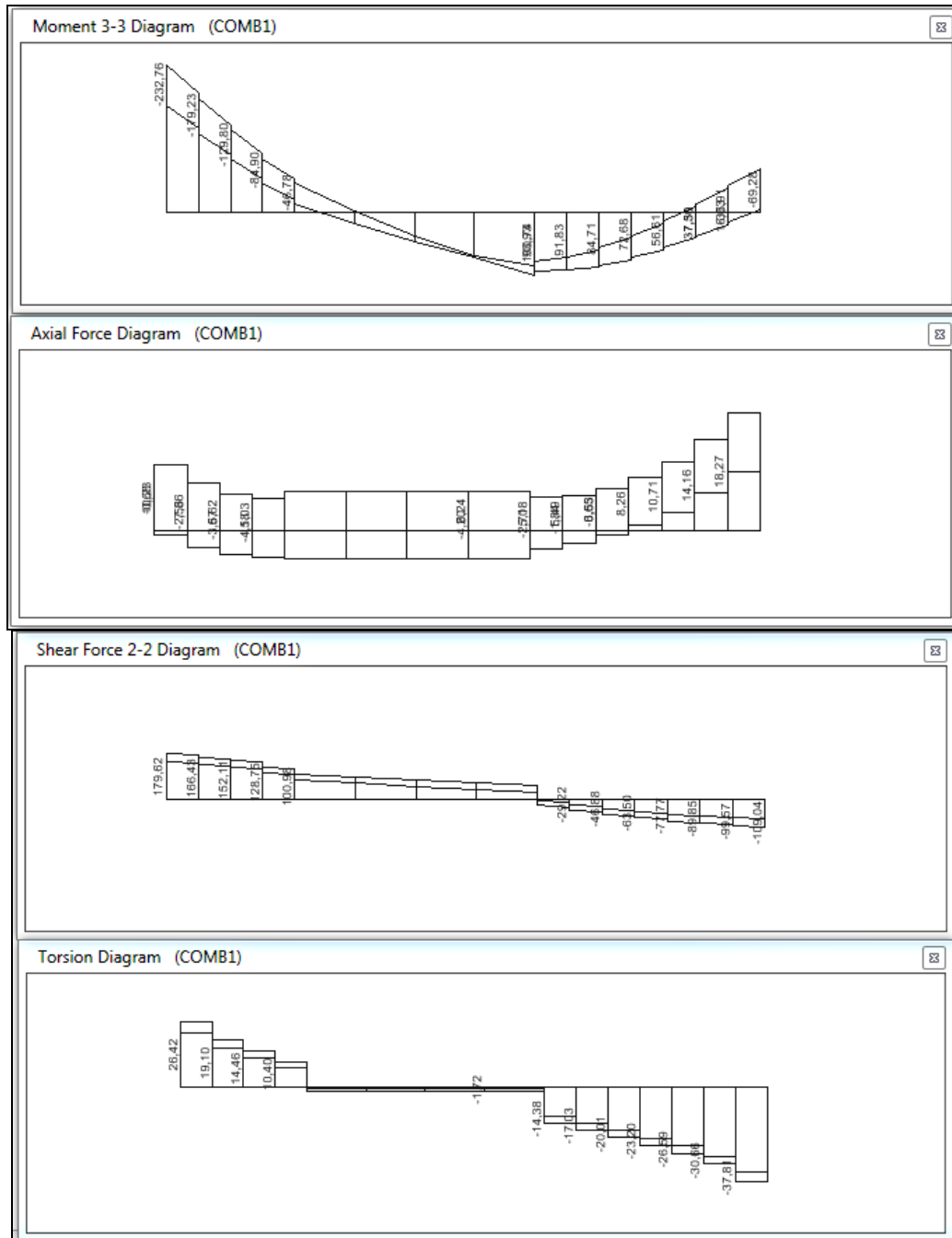


Figura 10.19 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V101

Tabela 10.9 – Dimensionamento à Flexão – V101

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="text" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
1	25	60	4	232	10	56	2,25	10,79	0,00	15,13	FTGEAS
1	25	60	4	100	6	56	2,25	4,36	0,00	6,05	FTGEAS

Tabela 10.10 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V101

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	<input type="text" value="-"/>	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	166	$V_{Rd2} > V_{sd}$	Asw_{min} (cm²/m)
V_{sd} (kN)	166	OK!	Asw (cm²/m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.11 – Dimensionamento à Torção – V101

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,52$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,52 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	1188,581	Tk (kN)	30		
ue (cm)	134,7059	Vk (kN)	99		
he (cm)	8,82	Tsd (kN)	30	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{90} (cm²/m)
θ (°)	45	Vsd (kN)	99	OK!	Asl (cm²)

5. Armadura	
A_{90} (cm²/m)	2,90
Asl (cm²)	3,91

Tabela 10.12 – Verificação da Fissuração – V101

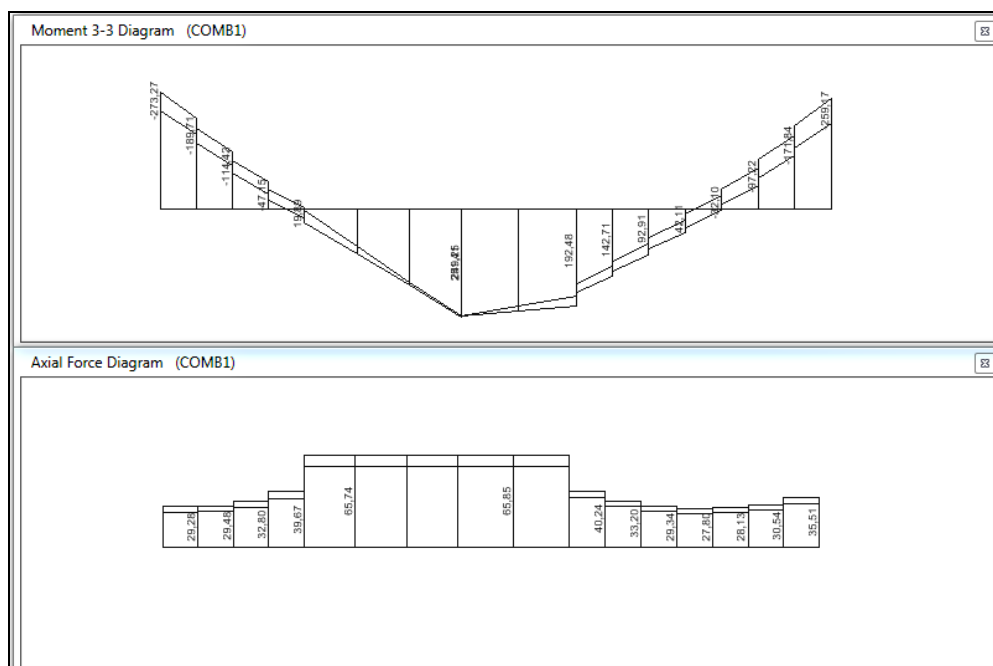
1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	φi (mm)	20	σsi (kN/cm ²)	29,86
h (cm)	60	AS _{calc} (cm ²)	10,79	Acr (cm ²)	475
d' (cm)	4	AS _{adot} (cm ²)	15,71	pri	0,0331
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
ηi	2,25			w1 (mm)	0,353
Esi (MPa)	210000	Calcular		w2 (mm)	0,168
fck (MPa)	25				OK!

Tabela 10.13 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V101

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
10,79	4,36	1,33	3,91	2,90	15,71	6,03	2,45	5,61

Pela tabela 10.13 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.2 V102



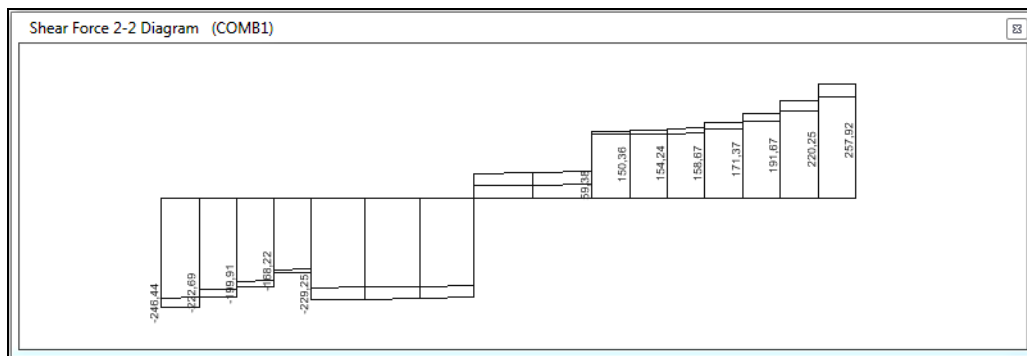


Figura 10.20 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V102

Tabela 10.14 – Dimensionamento à Flexão – V102

Tabela 10-14 Dimensionamento de Flexão - V102											
Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25					
<div>Inserir</div>	<div>-</div>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500					
			γ_f	1	E_s (GPa)	210					
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
2	25	60	4	273	29	56	2,25	13,17	0,00	17,91	FTGEAS
2	25	60	4	251	65	56	2,25	12,31	0,00	15,48	FTGEAS

Tabela 10.15 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V102

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	222	$V_{Rd2} > V_{sd}$	OK!	As_{wmin} (cm ² /m)	2,56
V_{sd} (kN)	222			As_w (cm ² /m)	5,21
				$S_{máx}$ (cm)	30,00

Tabela 10.16 – Verificação da Fissuração – V102

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	36,45
h (cm)	60	As_{calc} (cm ²)	13,17	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	15,71	ρ_{ri}	0,0331
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500	<input type="button" value="Calcular"/>		w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,526
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,205
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.17 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V102

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
13,17	12,31	2,61	0,00	0,00	15,71	12,57	1,57	3,93

Pela tabela 10.17 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.3 V103

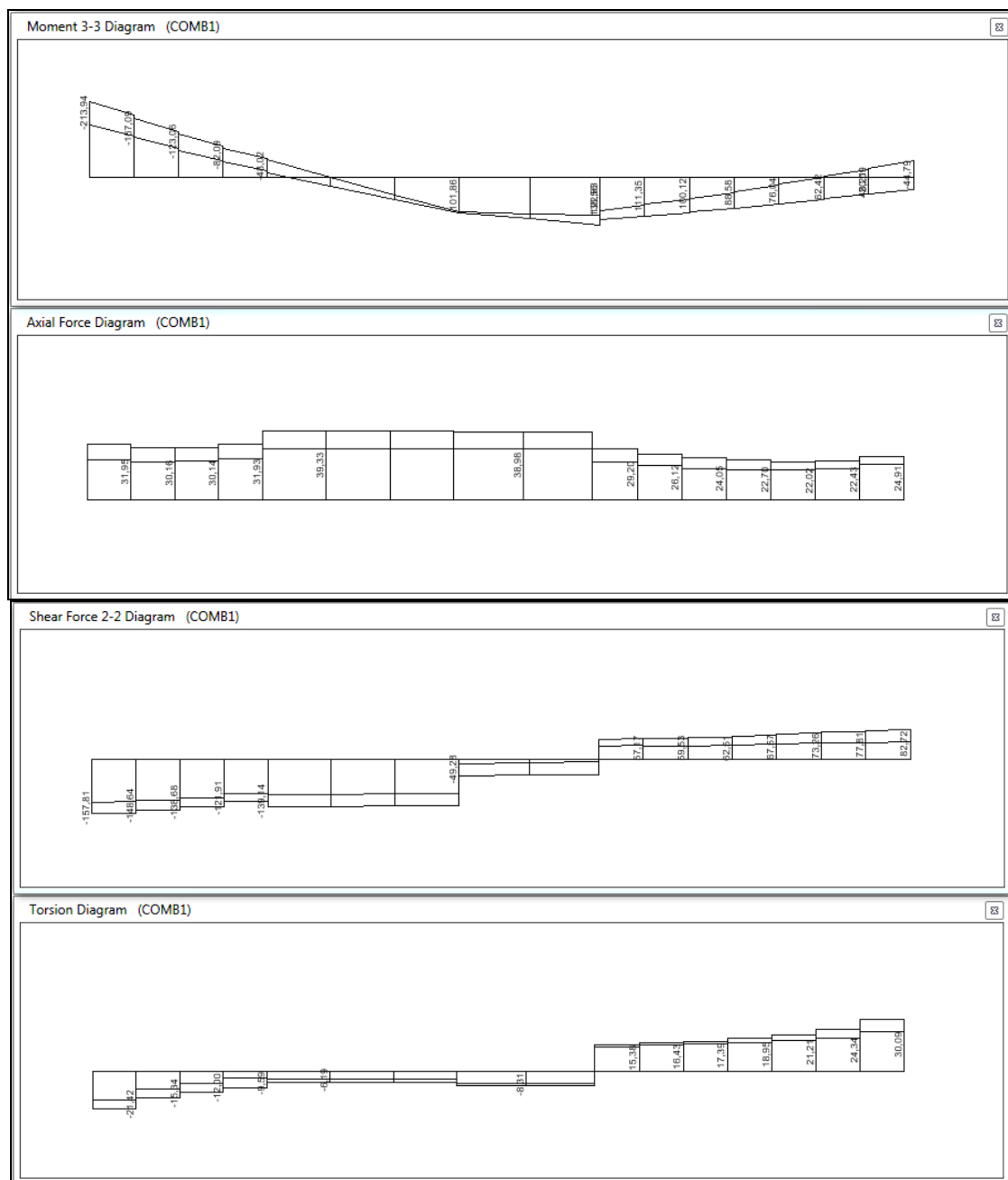


Figura 10.21 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V103

Tabela 10.18 – Dimensionamento à Flexão – V103

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="text" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
3	25	60	4	213	31	56	2,25	10,02	0,00	13,32	FTGEAS
3	25	60	4	138	39	56	2,25	6,47	0,00	7,98	FTGEAS

Tabela 10.19 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V103

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15	Calcular	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	148	$V_{Rd2} > V_{sd}$	Asw_{min} (cm²/m)
V_{sd} (kN)	148	OK!	Asw (cm²/m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.20 – Dimensionamento à Torção – V103

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,41$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,41 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	1188,581	T_k (kN)	24		
ue (cm)	134,7059	V_k (kN)	77		
he (cm)	8,82	T_{sd} (kN)	24	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{90} (cm²/m)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	77	OK!	Asl (cm²)

Tabela 10.21 – Verificação da Fissuração – V103

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	34,66
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	10,02	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,476
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,230
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.22 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V103

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
10,02	6,47	0,92	3,13	2,32	12,57	8,04	1,57	3,93

Pela tabela 10.22 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.4 V104

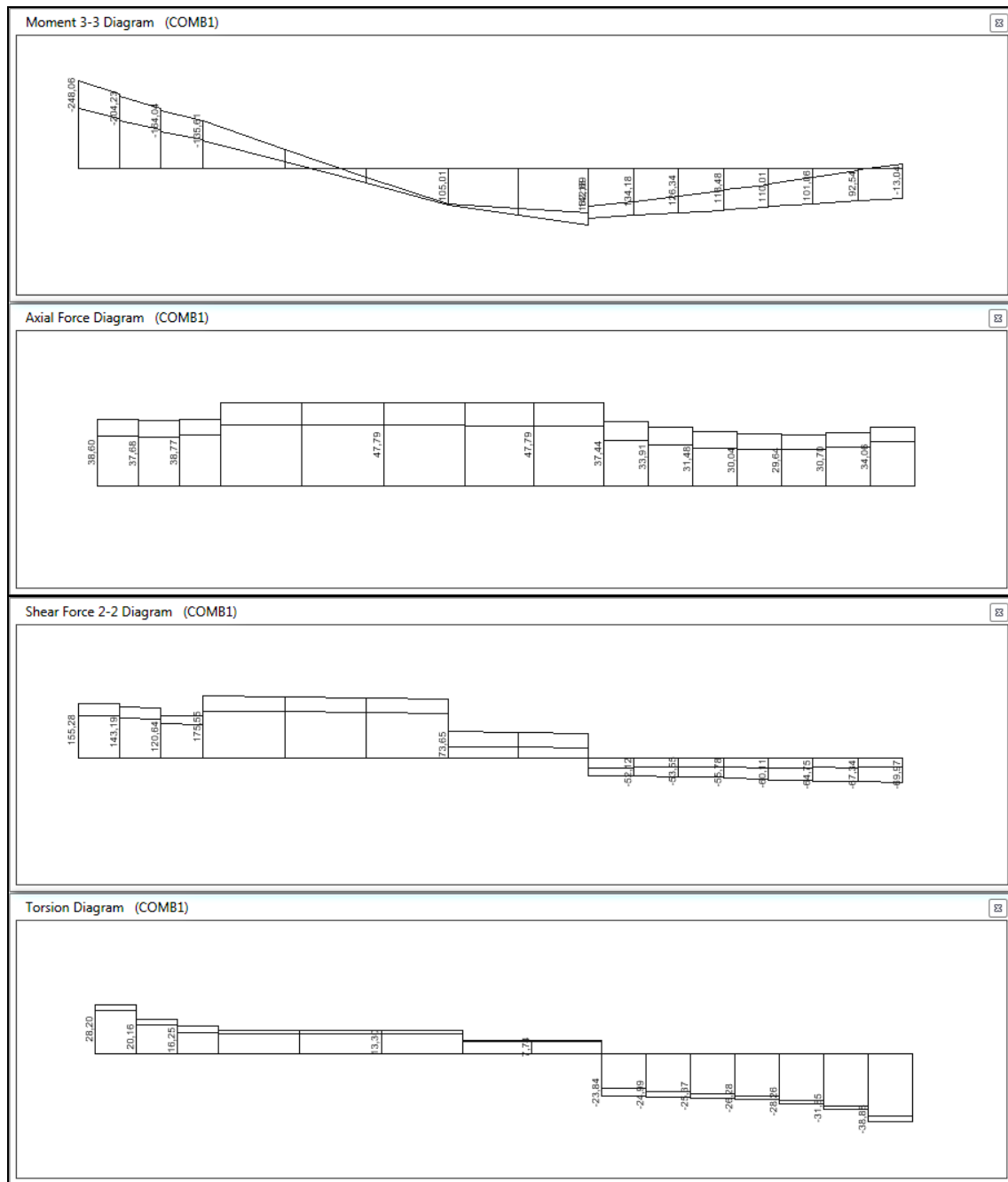


Figura 10.22 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V104

Tabela 10.23 – Dimensionamento à Flexão – V104

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
4	25	60	4	248	38	56	2,25	11,90	0,00	15,79	FTGEAS
4	25	60	4	162	47	56	2,25	7,68	0,00	9,45	FTGEAS

Tabela 10.24 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V104

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	
3. Esforços Atuantes		5. Armadura			
V_k (kN)	143	$V_{Rd2} > V_{sd}$	OK!	$A_{sw_{min}}$ (cm ² /m)	2,56
V_{sd} (kN)	143			A_{sw} (cm ² /m)	1,61
				$S_{máx}$ (cm)	30,00

Tabela 10.25 – Dimensionamento à Torção – V104

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)	
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}	
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)	
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,48$	T_{Rd2} (kN)	
A (cm ²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)	
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,48 < 1	τ_{Td2} (MPa)	
2c1 (cm)	8,00			OK!		
Ae (cm ²)	1188,581	T_k (kN)	31		5. Armadura	
ue (cm)	134,7059	V_k (kN)	67		A_{90} (cm ² /m)	3,00
he (cm)	8,82	T_{sd} (kN)	31	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{sl} (cm ²)	4,04
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	67	OK!		

Tabela 10.26 – Verificação da Fissuração – V104

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	41,16
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	11,9	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,671
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,273
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.27 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V104

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
11,90	7,68	0,81	4,04	3,00	12,57	9,42	1,57	5,24

Pela tabela 10.27 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.5 V105 e V106

Para o Dimensionamento das Vigas V105 e V106 (que têm o mesmo detalhamento) são mostrados os esforços na V105, que é a crítica entre as duas.

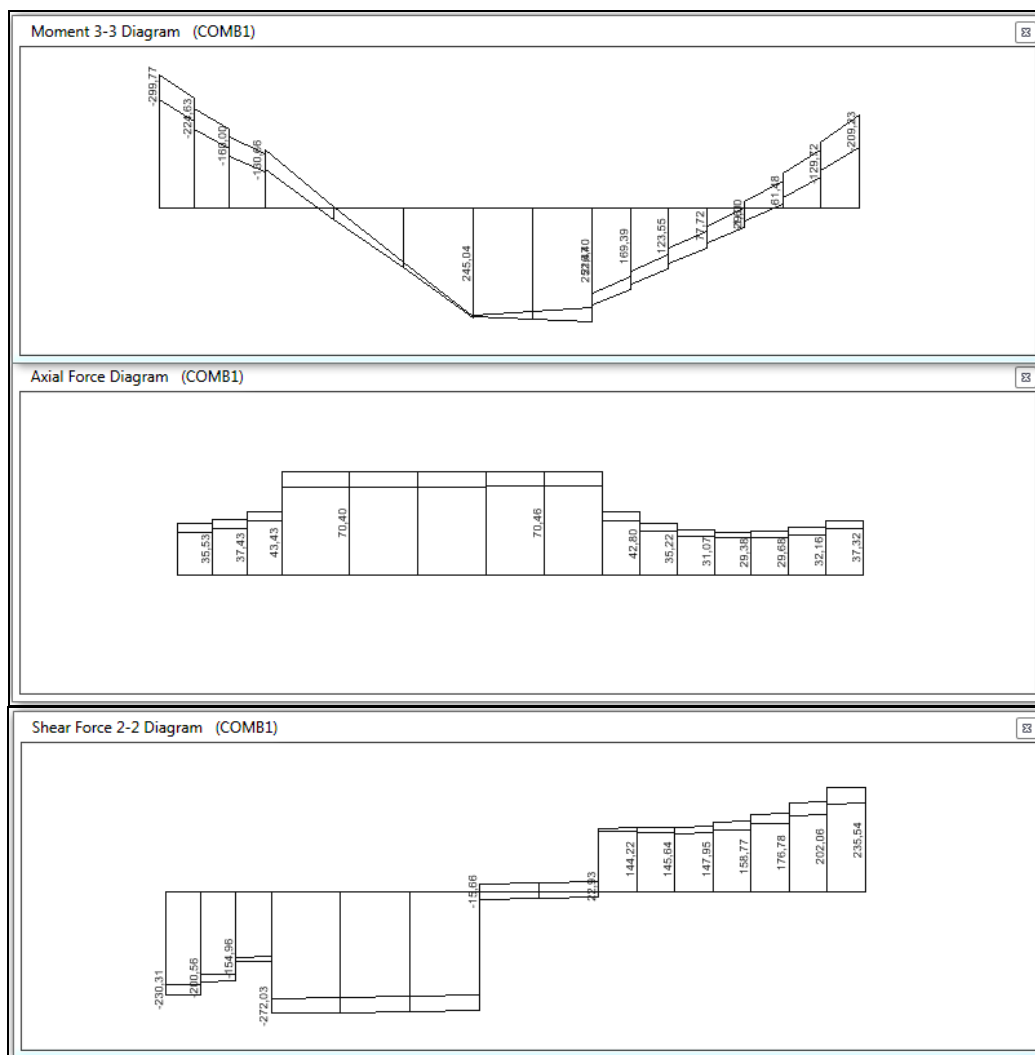


Figura 10.23 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V105

Tabela 10.28 – Dimensionamento à Flexão V105

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<div>Inserir</div>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
5 e 6	25	60	4	299	35	56	2,25	14,68	0,00	19,87	FTGEAS
5 e 6	25	60	4	252	70	56	2,25	12,40	0,00	15,46	FTGEAS

Tabela 10.29 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V105

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I			
		$\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	272	$V_{Rd2} > V_{sd}$	OK!	Asw_{min} (cm ² /m)	2,56
Vsd (kN)	272			Asw (cm ² /m)	7,50
				Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.30 – Verificação da Fissuração – V105

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	40,63
h (cm)	60	As_{calc} (cm ²)	14,68	Acr (cm ²)	475
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	15,71	ρ_{ri}	0,0331
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,654
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,228
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.31 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V105

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
14,68	12,40	3,75	0,00	0,00	15,71	12,57	1,57	3,93

Pela tabela 10.31 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.6 V107

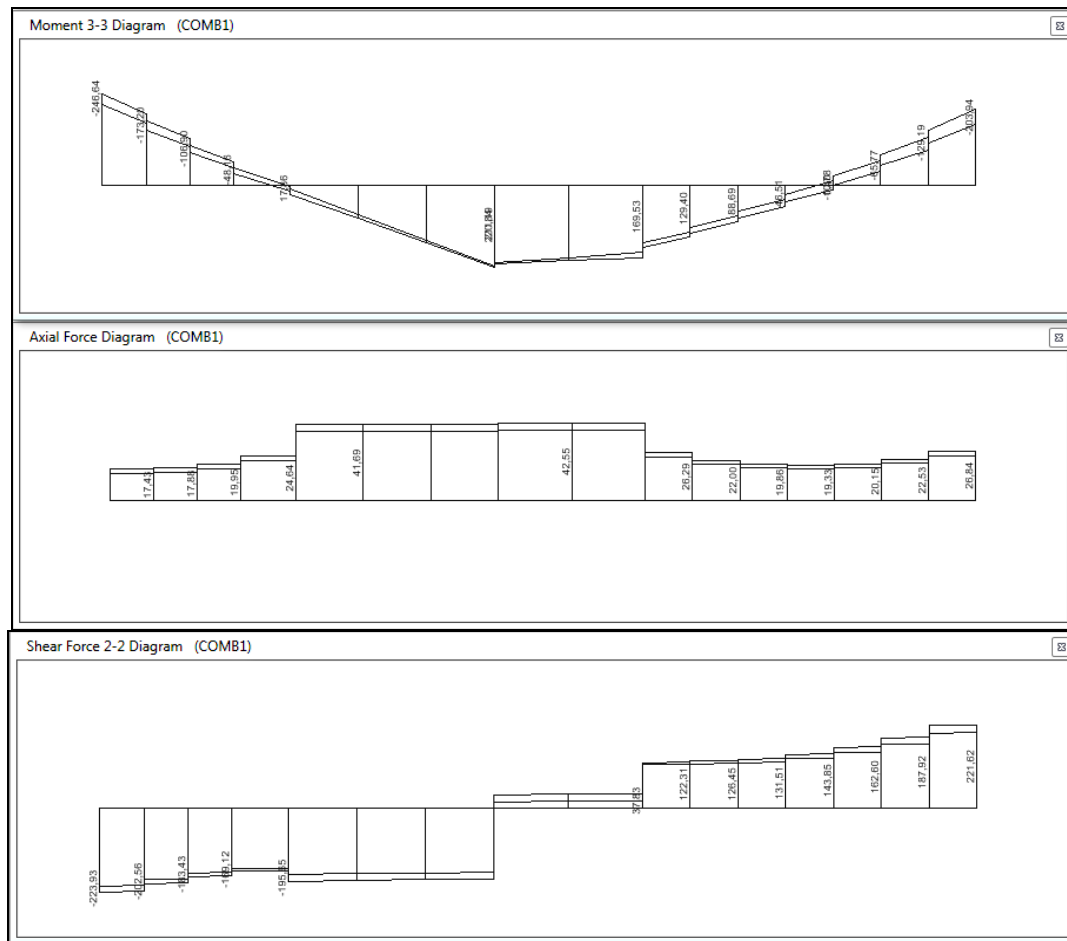


Figura 10.24 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V107

Tabela 10.32 – Dimensionamento à Flexão V107

Tabela 10.32 Dimensionamento e Flexão V107											
Quantidade:	34	Caso:		γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)		25			
Inserir			-	γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)		500			
				γ_t	1	E_s (GPa)		210			
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
7	25	60	4	246	17	56	2,25	11,60	0,00	16,05	FTGEAS
7	25	60	4	220	42	56	2,25	10,48	0,00	13,62	FTGEAS

Tabela 10.33 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V107

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)	107,73
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
V_k (kN)	202	V_{Rd2}	>	V_{sd}	$A_{sw,min}$ (cm ² /m)	2,56
V_{sd} (kN)	202	OK!			A_{sw} (cm ² /m)	4,30
					$S_{máx}$ (cm)	30,00

Tabela 10.34 – Verificação da Fissuração – V107

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	40,12
h (cm)	60	$A_{s,calc}$ (cm ²)	11,6	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s,adot}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w_1 (mm)	0,638
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,267
f_{ck} (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.35 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V107

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
11,60	10,48	2,15	0,00	0,00	12,57	12,57	1,57	3,93

Pela tabela 10.35 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.7 V108

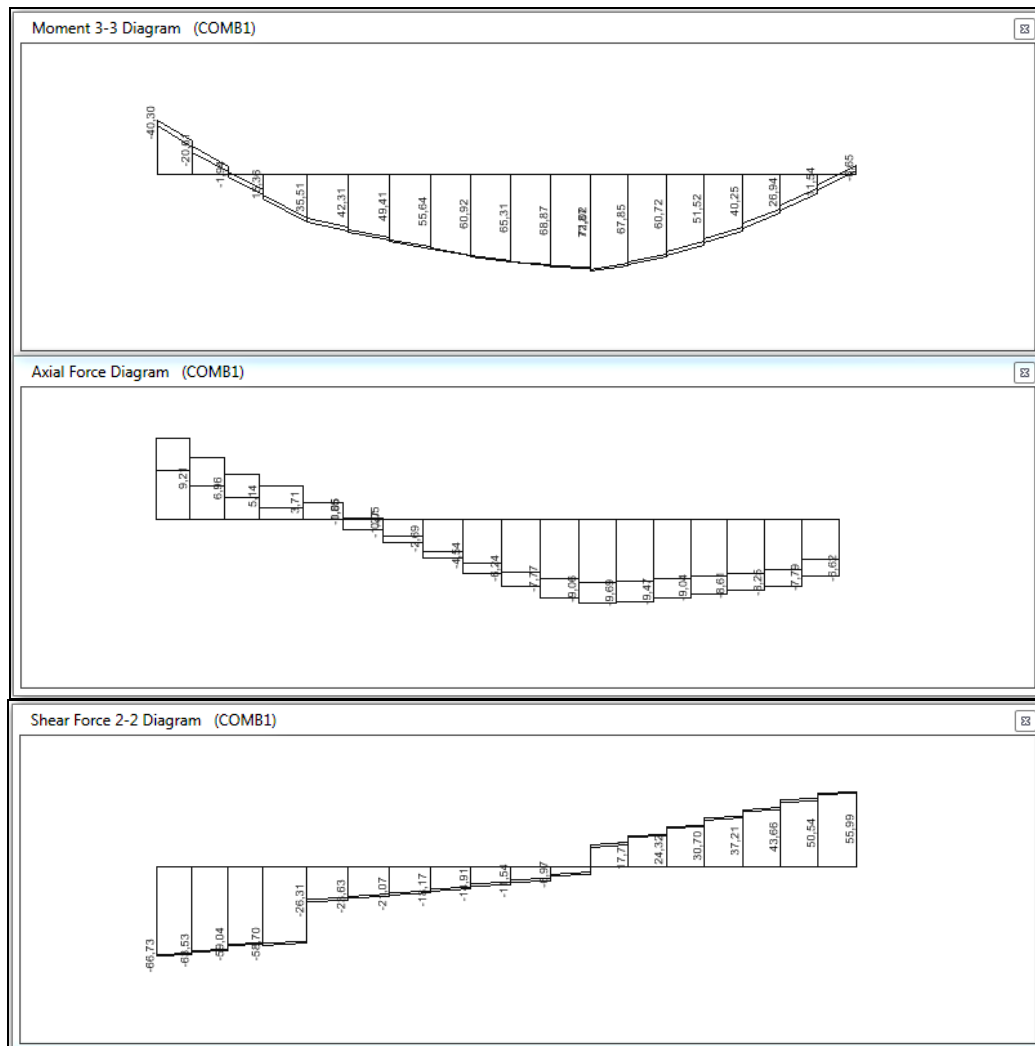


Figura 10.25 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V108

Tabela 10.36 – Dimensionamento à Flexão – V108

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25					
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500					
			γ_f	1	E_s (GPa)	210					
<div><div>Inserir</div><div>-</div></div>											
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
8	20	60	4	40	9	56	1,80	1,79	0,00	2,83	FTGEAS
8	20	60	4	72	-9	56	1,80	2,98	0,00	5,70	FCGEAS

Tabela 10.37 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V108

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	20	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	486,00
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	86,18
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	63	V_{Rd2}	>	V_{sd}	$A_{sw_{min}}$ (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	63	OK!			A_{sw} (cm ² /m)
					$S_{máx}$ (cm)
					2,05
					-
					30,00

Tabela 10.38 – Verificação da Fissuração – V108

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	32,23
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	2,98	A_{cr} (cm ²)	320
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	4,02	ρ_i	0,0126
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,4
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,329
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,317
f_{ck} (MPa)	25	Calcular		OK!	

Tabela 10.39 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V108

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
1,79	2,98	0,00	0,00	0,00	4,02	4,02	1,57	2,51

Pela tabela 10.39 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.8 V109

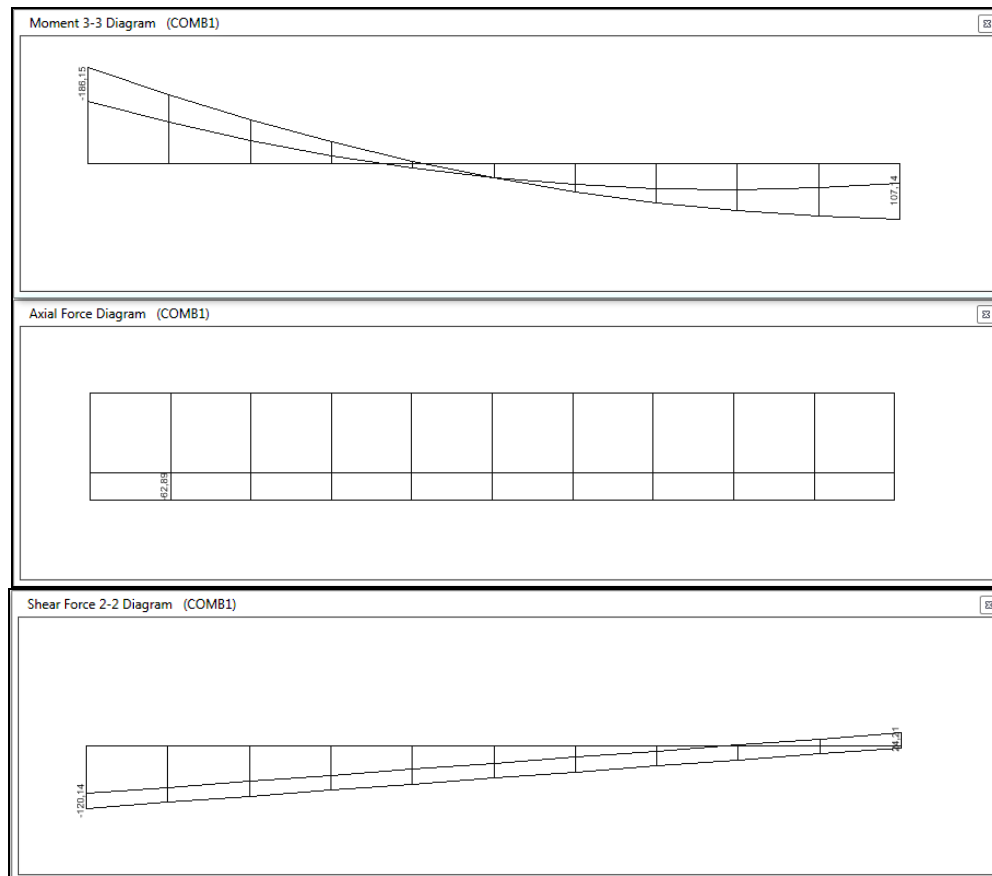


Figura 10.26 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V109

Tabela 10.40 – Dimensionamento à Flexão – V109

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<div>Inserir</div>	<div>-</div>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
9	25	60	4	186	-62	56	2,25	7,73	0,00	13,12	FCGEAS
9	25	60	4	107	-62	56	2,25	3,92	0,00	7,66	FCGEAS

Tabela 10.41 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V109

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	f_{ctd} (MPa)	1,28
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I			
		$\theta = 45^\circ$			
		<input type="button" value="Calcular"/>			
3. Esforços Atuantes		5. Armadura			
V_k (kN)	120	$V_{Rd2} > V_{sd}$	As_{wmin} (cm ² /m)	2,56	
V_{sd} (kN)	120	OK!	As_w (cm ² /m)	0,56	
			$S_{máx}$ (cm)	30,00	

Tabela 10.42 – Verificação da Fissuração – V109

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	41,80
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	7,73	A_{cr} (cm ²)	400
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	ρ_{ri}	0,0201
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,554
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,276
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.43 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V109

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
7,73	3,92	0,28	0,00	0,00	8,04	6,03	1,57	3,93

Pela tabela 10.43 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.9 V110 e V112

Para o Dimensionamento das Vigas V110 e V112 (que têm o mesmo detalhamento) são mostrados os esforços na V110, que é a crítica entre as duas.

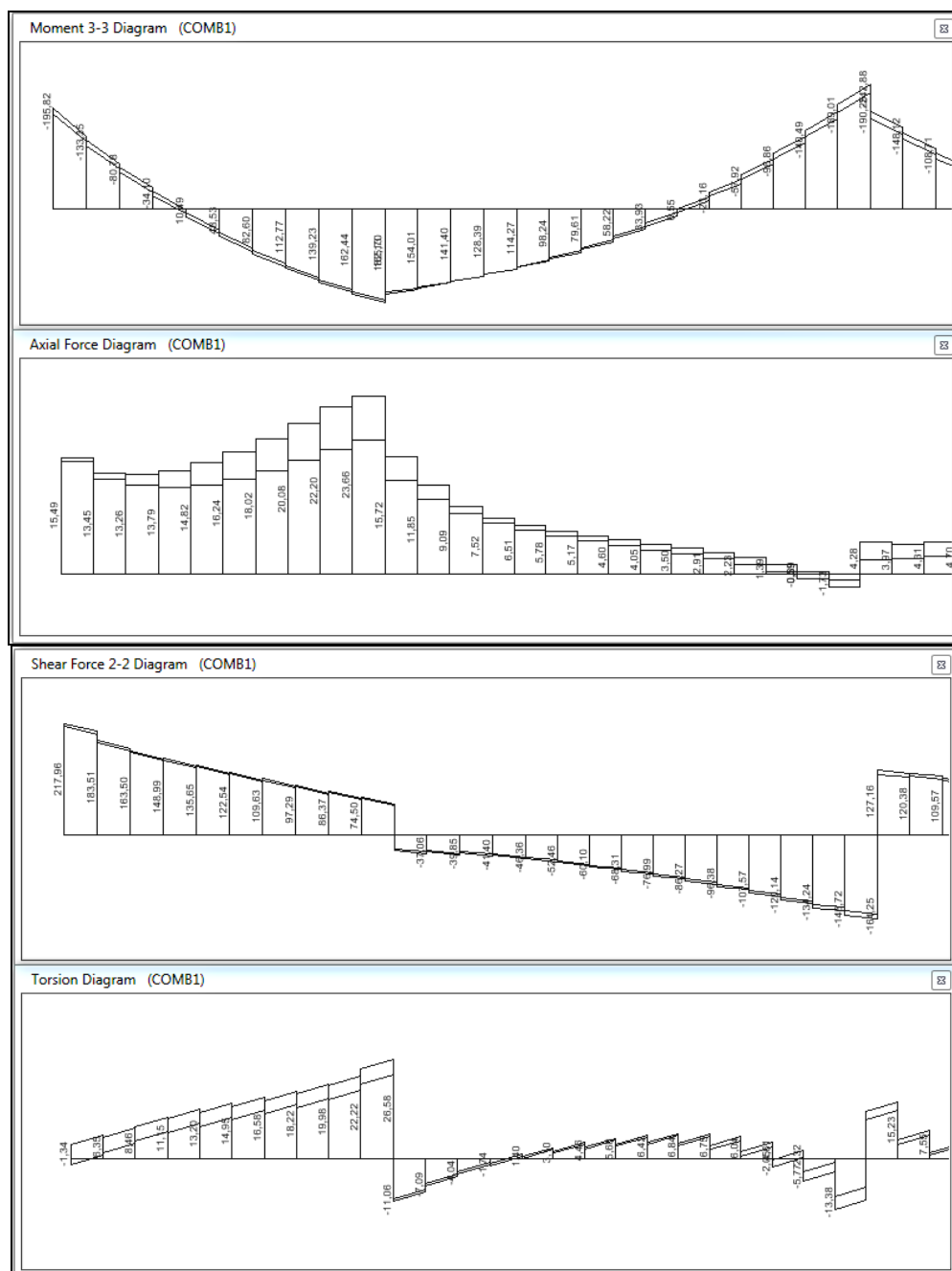


Figura 10.27 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V110

Tabela 10.44 – Dimensionamento à Flexão – V110

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir		-				

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
1012	25	60	4	148	4	56	2,25	6,56	0,00	9,26	FTGEAS
1012	25	60	4	174	23	56	2,25	8,00	0,00	10,70	FTGEAS

Tabela 10.45 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V110

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes					
V_k (kN)	183	$V_{Rd2} > V_{sd}$ OK!		$A_{sw_{min}}$ (cm ² /m)	2,56
V_{sd} (kN)	183			A_{sw} (cm ² /m)	3,44
				$S_{máx}$ (cm)	30,00
5. Armadura					

Tabela 10.46 – Dimensionamento à Torção – V110

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$ OK!	fcd(MPa)	17,86
h (cm)	60	fyk (MPa)	500		α_{v2}	0,90
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		fywd (MPa)	434,78
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,38$	T_{Rd2} (kN)	84,27
A (cm ²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	607,50
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)	1,05
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,38 < 1 OK!	τ_{Td2} (MPa)	15,18
2c1 (cm)	8,00				5. Armadura	
Ae (cm ²)	1188,581	Tk (kN)	22		A_{g0} (cm ² /m)	2,13
ue (cm)	134,7059	Vk (kN)	74		Asl (cm ²)	2,87
he (cm)	8,82	Tsd (kN)	22	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$ OK!		
θ (°)	45	Vsd (kN)	74			

Tabela 10.47 – Verificação da Fissuração – V110

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	43,26
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	8	A_{cr} (cm ²)	400
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	ρ_i	0,0201
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,593
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,286
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.48 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V110

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
6,56	8,00	1,72	2,87	2,13	8,04	8,04	1,57	3,93

Pela tabela 10.48 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.10 V111 e V113

Para o Dimensionamento das Vigas V111 e V113 (que têm o mesmo detalhamento) são mostrados os esforços na V111, que é a crítica entre as duas.

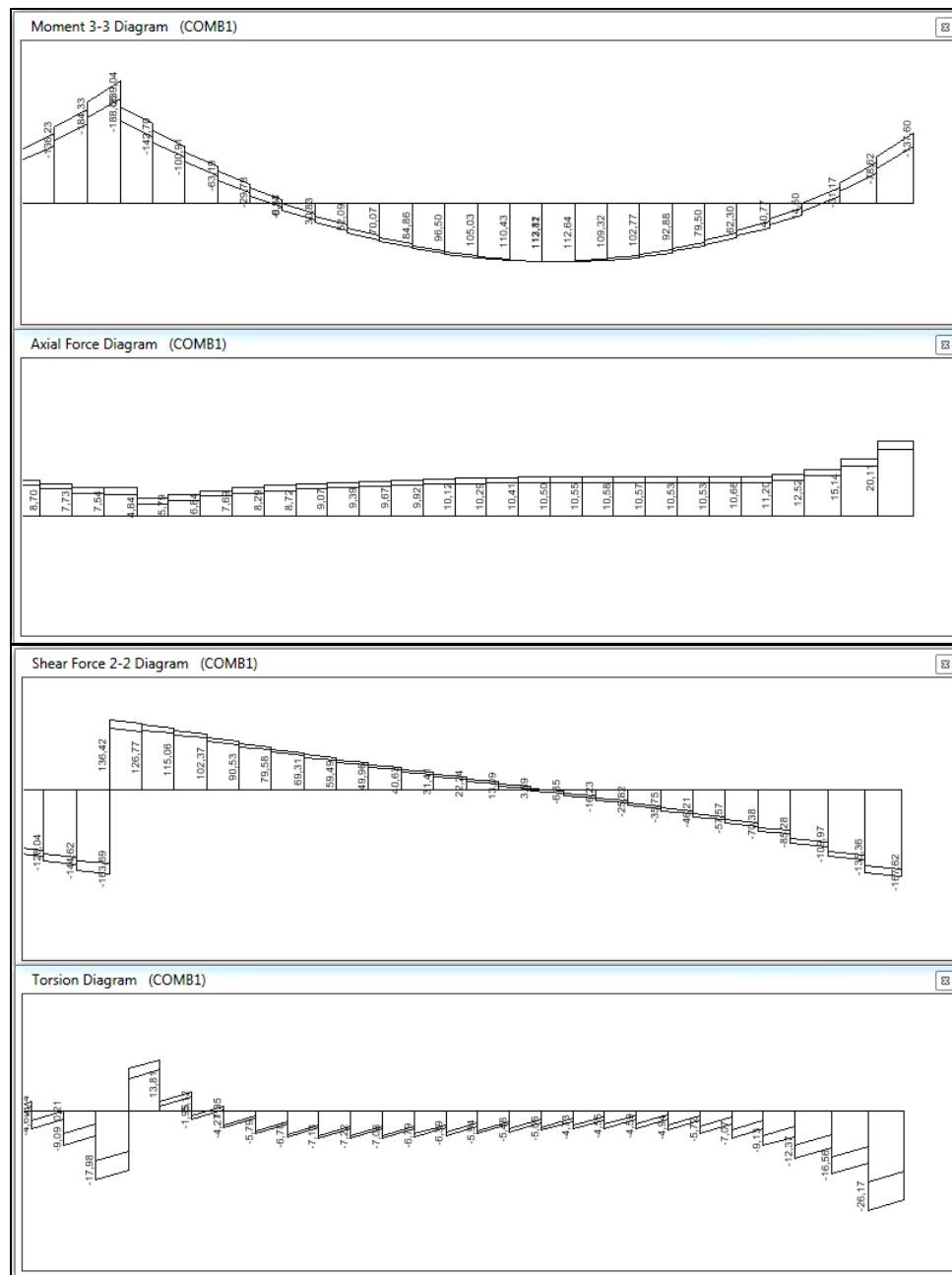


Figura 10.28 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V111

Tabela 10.49 – Dimensionamento à Flexão – V111

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<div>Inserir</div>	<div>-</div>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
11 e 13	25	60	4	184	5	56	2,25	8,30	0,00	11,73	FTGEAS
11 e 13	25	60	4	113	10	56	2,25	5,00	0,00	6,83	FTGEAS

Tabela 10.50 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V111

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$ - Calcular			
3. Esforços Atuantes		5. Armadura			
Vk (kN)	144	$V_{Rd2} > V_{sd}$ OK!	Asw _{min} (cm ² /m)	2,56	
Vsd (kN)	144		Asw (cm ² /m)	1,66	
			Smáx (cm)	30,00	

Tabela 10.51 – Dimensionamento à Torção – V111

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$ OK!	fcd (MPa)	17,86
h (cm)	60	fyk (MPa)	500		α_{v2}	0,90
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,41$	fywd (MPa)	434,78
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)	84,27
A (cm ²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	607,50
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)	0,76
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,41 < 1 OK!	τ_{Td2} (MPa)	15,18
2c1 (cm)	8,00					
Ae (cm ²)	1188,581	Tk (kN)	16			
ue (cm)	134,7059	Vk (kN)	135			
he (cm)	8,82	Tsd (kN)	16	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$ OK!		
θ (°)	45	Vsd (kN)	135		5. Armadura	
					A ₉₀ (cm ² /m)	1,55
					Asl (cm ²)	2,09

Tabela 10.52 – Verificação da Fissuração – V111

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	28,71
h (cm)	60	As _{calc} (cm ²)	8,3	Acr (cm ²)	475
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,326
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,191
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.53 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V111

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
8,30	5,00	0,83	2,09	1,55	12,57	6,03	1,57	3,93

Pela tabela 10.53 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.11 V114 e V118

Para o Dimensionamento das Vigas V114 e V118 (que têm o mesmo detalhamento) são mostrados os esforços na V114, que é a crítica entre as duas.

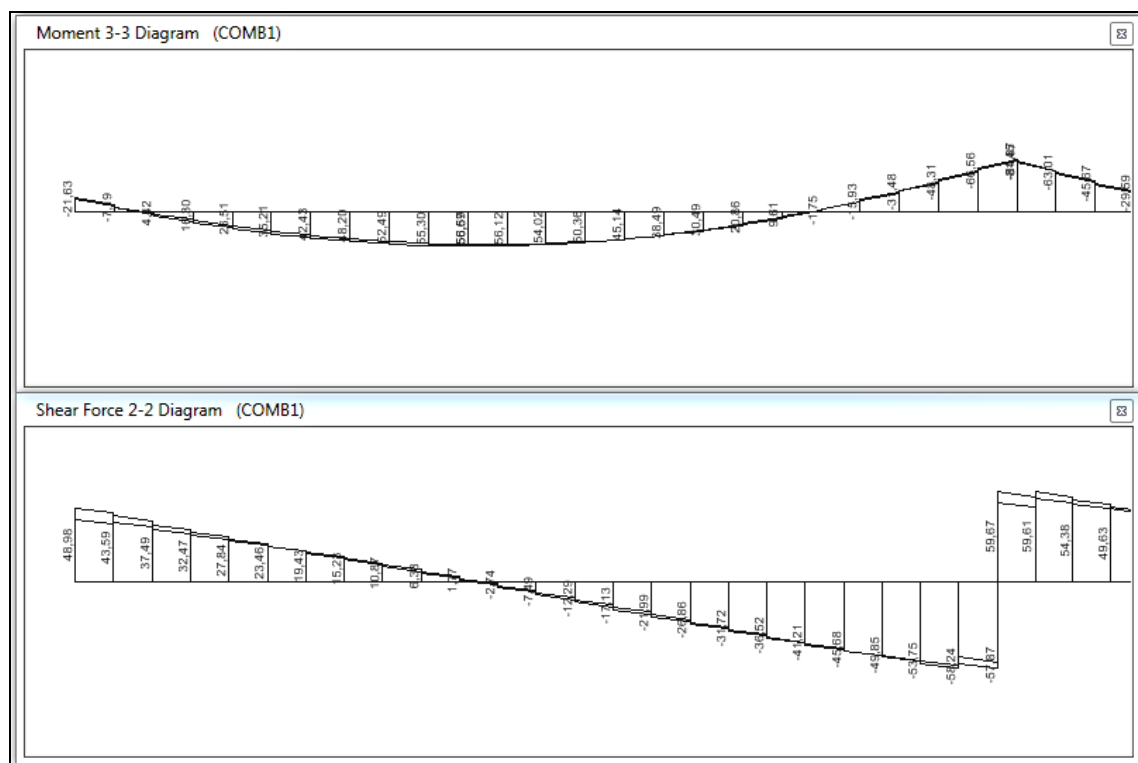


Figura 10.29 – Diagramas de Momentos Fletores e Cisalhamento – COMB1 – V114

Tabela 10.54 – Dimensionamento à Flexão – V114

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
14 e 18	20	50	4	66	0	46	1,50	3,49	0,00	6,25	FSAS
14 e 18	20	50	4	56	0	46	1,50	2,93	0,00	5,25	FSAS

Tabela 10.55 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V114

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	20	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	50	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	399,21
d (cm)	46	γ_s	1,15		V_c (kN)	70,79
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	59	$V_{Rd2} > V_{sd}$ OK!		Asw_{min} (cm ² /m)	2,05	
Vsd (kN)	59			Asw (cm ² /m)	-	
				Smáx (cm)	27,60	

Tabela 10.56 – Verificação da Fissuração – V114

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	25,16
h (cm)	50	As_{calc} (cm ²)	3,49	Acr (cm ²)	320
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	6,03	ρ_{ri}	0,0188
d (cm)	46			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,201
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,175
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.57 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V114

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
3,49	2,93	0,00	0,00	0,00	6,03	6,03	0,00	3,35

Pela tabela 10.57 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.12 V115

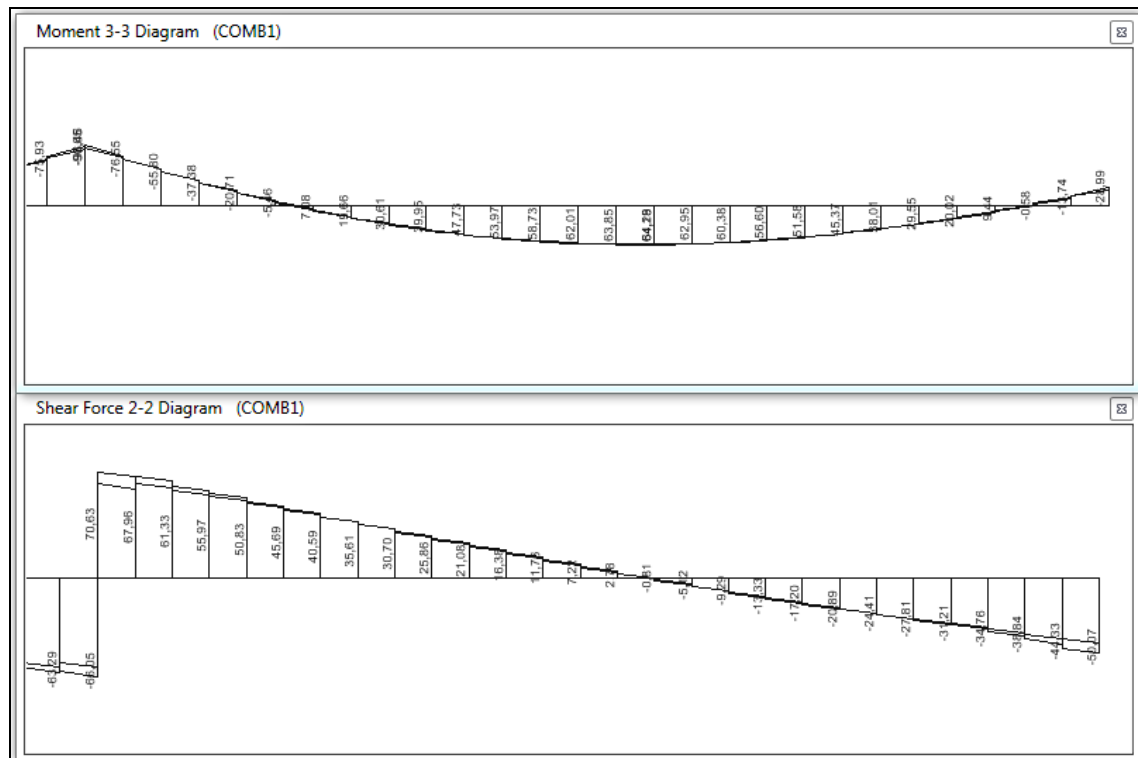


Figura 10.30 – Diagramas de Momentos Fletores e Cisalhamento – COMB1 – V115

Tabela 10.58 – Dimensionamento à Flexão – V115

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
15	20	50	4	76	0	46	1,50	4,06	0,00	7,26	FSAS
15	20	50	4	64	0	46	1,50	3,38	0,00	6,05	FSAS

Tabela 10.59 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V115

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	20	f_{ck} (MPa)	25	f_{ctd} (MPa)	1,28
h (cm)	50	f_{yk} (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	399,21
d (cm)	46	γ_s	1,15	V_c (kN)	70,79
		γ_f	1		
3. Esforços Atuantes		Modelo I		5. Armadura	
V_k (kN)	67	$\theta = 45^\circ$		$A_{sw_{min}}$ (cm ² /m)	2,05
V_{sd} (kN)	67	<input type="button" value="Calcular"/>		A_{sw} (cm ² /m)	-
		$V_{Rd2} > V_{sd}$		$S_{m\acute{a}x}$ (cm)	27,60
		OK!			

Tabela 10.60 – Verificação da Fissuração – V115

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	29,27
h (cm)	50	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	4,06	A_{cr} (cm ²)	320
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	6,03	ρ_{ri}	0,0188
d (cm)	46			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565

2. Características do Material		5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500	w_k (mm)	0,3
η_i	2,25	w_1 (mm)	0,272
E_{si} (MPa)	210000	w_2 (mm)	0,204
f_{ck} (MPa)	25		OK!

Calcular

Tabela 10.61 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V115

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
4,06	3,38	0,00	0,00	0,00	6,03	6,03	0,00	2,51

Pela tabela 10.61 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.13 V116

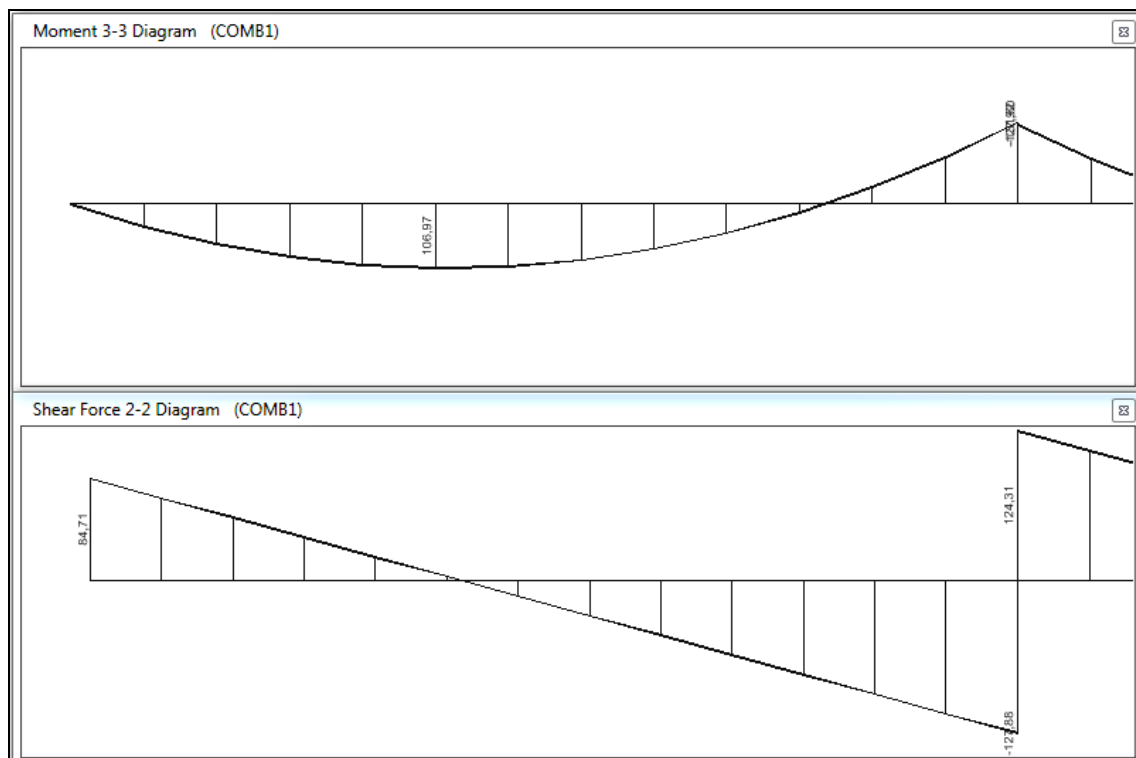


Figura 10.31 – Diagramas de Momentos Fletores e Cisalhamento – COMB1 – V116

Tabela 10.62 – Dimensionamento à Flexão – V116

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
16	60	50	4	127	0	46	4,50	6,57	0,00	3,92	FSAS
16	60	50	4	106	0	46	4,50	5,45	0,00	3,25	FSAS

Tabela 10.63 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V116

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	60	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	50	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	46	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	
3. Esforços Atuantes		5. Armadura			
V_k (kN)	127	$V_{Rd2} > V_{sd}$	OK!	Asw_{min} (cm ² /m)	6,16
V_{sd} (kN)	127			Asw (cm ² /m)	-
				$Smáx$ (cm)	27,60

Tabela 10.64 – Verificação da Fissuração – V116

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	60	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	20,30
h (cm)	50	As_{calc} (cm ²)	6,57	A_{cr} (cm ²)	960
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	14,07	ρ_{ri}	0,0147
d (cm)	46			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material		5. Verificação da Fissuração			
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,131
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,175
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.65 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V116

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
6,57	5,45	0,00	0,00	0,00	14,07	14,07	3,14	7,85

Pela tabela 10.65 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.14 V117

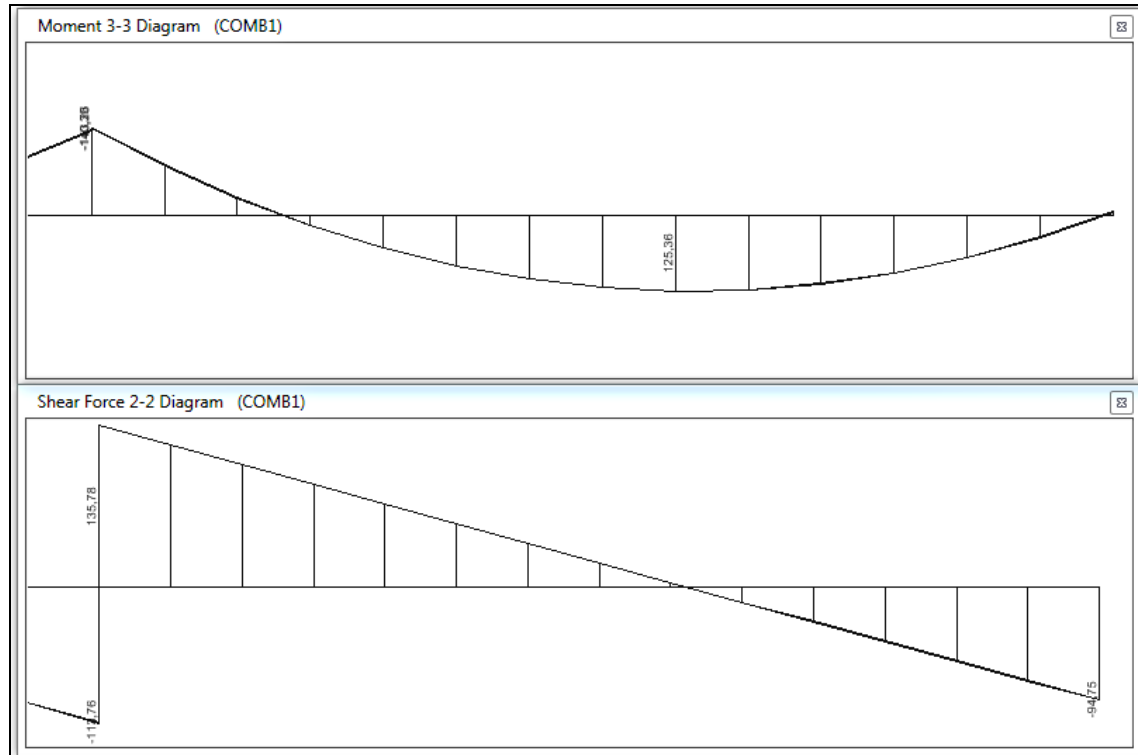


Figura 10.32 – Diagramas de Momentos Fletores e Cisalhamento – COMB1 – V117

Tabela 10.66 – Dimensionamento à Flexão – V117

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir		-				

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
17	60	50	4	140	0	46	4,50	7,27	0,00	4,34	FSAS
17	60	50	4	125	0	46	4,50	6,47	0,00	3,86	FSAS

Tabela 10.67 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V117

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	60	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	50	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	1197,64
d (cm)	46	γ_s	1,15	Calcular	V_c (kN)	212,38
		γ_f	1			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	135	$V_{Rd2} > V_{sd}$		AS_{wmin} (cm ² /m)		
Vsd (kN)	135	OK!		AS_w (cm ² /m)		
				Smáx (cm)		
				6,16		
				-		
				27,60		

Tabela 10.68 – Verificação da Fissuração – V117

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	60	ϕ (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	22,47
h (cm)	50	AS_{calc} (cm ²)	7,27	A_{cr} (cm ²)	960
d' (cm)	4	AS_{adot} (cm ²)	14,07	ρ_{ri}	0,0147
d (cm)	46			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,160
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,193
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.69 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V117

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
7,27	6,47	0,00	0,00	0,00	14,07	14,07	3,14	7,85

Pela tabela 10.69 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.15 V119 e V120

Para o Dimensionamento das Vigas V119 e V120 (que têm o mesmo detalhamento) são mostrados os esforços na V120, que é a crítica entre as duas.

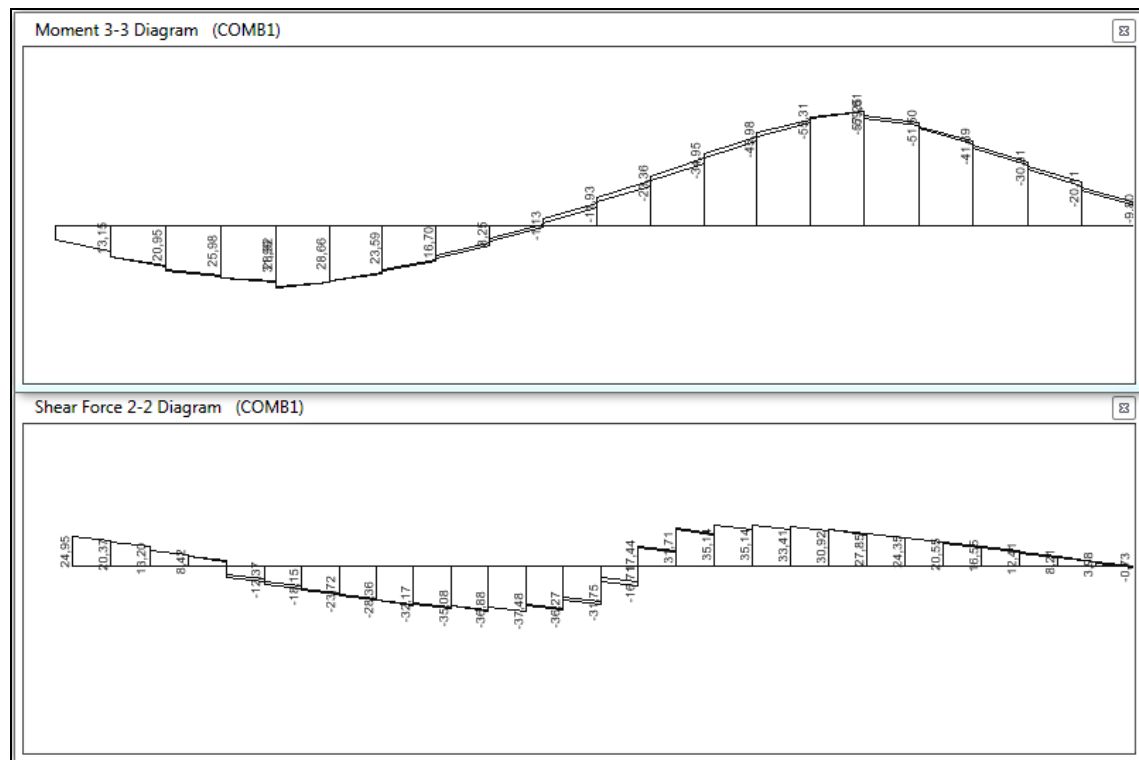


Figura 10.33 – Diagramas de Momentos Fletores e Cisalhamento – COMB1 – V120

Tabela 10.70 – Dimensionamento à Flexão – V120

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
19 e 20	20	50	4	55	5	46	1,50	2,94	0,00	5,05	FTGEAS
19 e 20	20	50	4	32	2	46	1,50	1,67	0,00	2,90	FTGEAS

Tabela 10.71 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V120

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	20	f_{ck} (MPa)	25	f_{ctd} (MPa)	1,28
h (cm)	50	f_{yk} (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	399,21
d (cm)	46	γ_s	1,15	V_c (kN)	70,79
		γ_f	1		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	37			Asw_{min} (cm ² /m)	2,05
Vsd (kN)	37			Asw (cm ² /m)	-
				$Smáx$ (cm)	27,60

$V_{Rd2} > V_{sd}$
OK!

Tabela 10.72 – Verificação da Fissuração – V120

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	31,80
h (cm)	50	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	2,94	A_{cr} (cm ²)	320
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	4,02	ρ_{ri}	0,0126
d (cm)	46			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,4
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,320
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,313
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.73 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V120

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)	Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
2,94	1,67	0,00	0,00	0,00	4,02	4,02	0,00	2,51

Pela tabela 10.73 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.16 V121

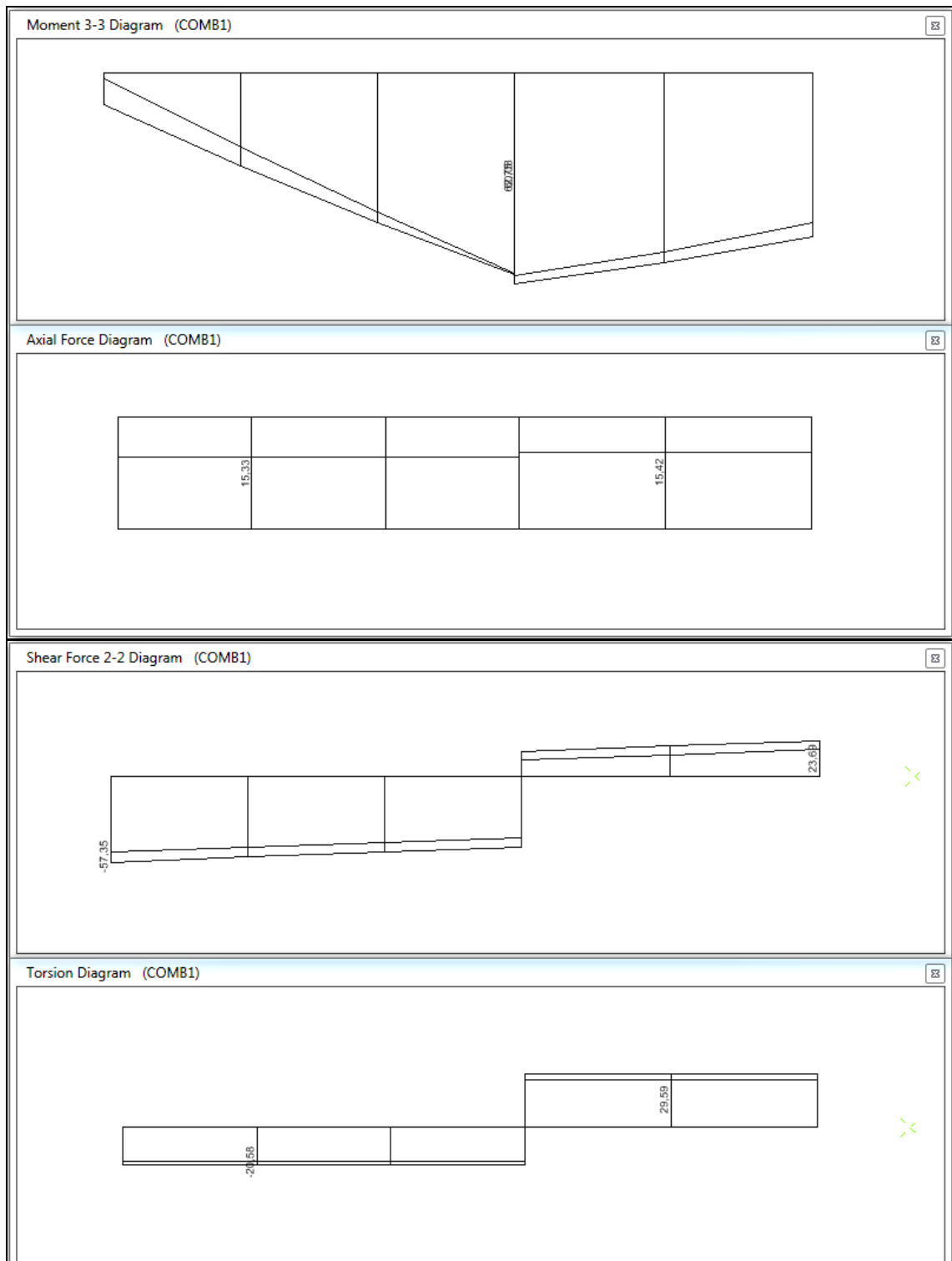


Figura 10.34 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V121

Tabela 10.74 – Dimensionamento à Flexão – V121

Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
21	50	50	4	0	0	46	3,75	0,00	0,00	0,00	FSAS
21	50	50	4	62	15	46	3,75	3,34	0,00	2,15	FTGEAS

Tabela 10.75 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V121

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	50	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	46	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	
3. Esforços Atuantes		5. Armadura			
V_k (kN)	57	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$As_{w,min}$ (cm ² /m)	5,13	
V_{sd} (kN)	57	OK!	As_w (cm ² /m)	-	
			$S_{máx}$ (cm)	27,60	

Tabela 10.78 – Dimensionamento à Torção – V121

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)	
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}	
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,41$	f_{ywd} (MPa)	
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)	
A (cm ²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)	
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,41 < 1	τ_{Td2} (MPa)	
2c1 (cm)	8,00			OK!		
Ae (cm ²)	1188,581	T_k (kN)	16		5. Armadura	
ue (cm)	134,7059	V_k (kN)	135		A_{g0} (cm ² /m)	1,55
he (cm)	8,82	T_{sd} (kN)	16	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	As_l (cm ²)	2,09
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	135	OK!		

Tabela 10.76 – Verificação da Fissuração – V121

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	14,45
h (cm)	50	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	3,34	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	10,05	p_{ri}	0,0126
d (cm)	46			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,066
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,142
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.77 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V121

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
0,00	3,34	0,00	2,67	1,78	10,05	10,05	1,57	7,85

Pela tabela 10.77 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.4.17 V122

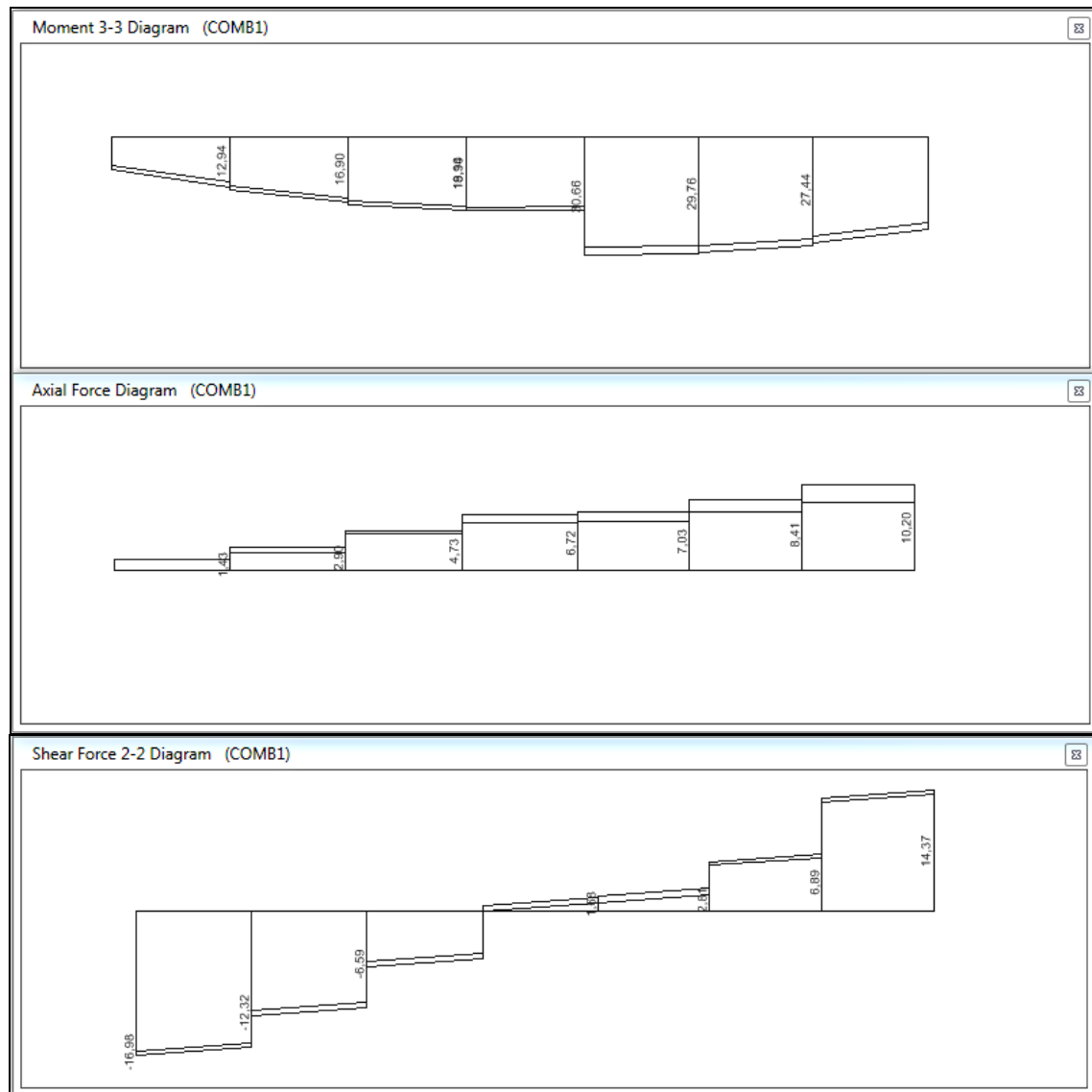


Figura 10.35 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V122

Tabela 10.78 – Dimensionamento à Flexão – V122

Tabela 10-10 Dimensionamento de Fluxos - V22											
Quantidade:	34	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25					
Inserir		-	γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500					
			γ_f	1	E_s (GPa)	210					
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
22	20	50	4	0	0	46	1,50	0,00	0,00	0,00	FSAS
22	20	50	4	30	7	46	1,50	1,62	0,00	2,51	FTGEAS

Tabela 10.79 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V122

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	20	fck (MPa)	25	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	50	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V _{Rd2} (kN)	399,21
d (cm)	46	γ_s	1,15	V _c (kN)	70,79
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	12	V _{Rd2} > Vsd OK!		Asw _{min} (cm ² /m)	2,05
Vsd (kN)	12			Asw (cm ² /m)	-
				Smáx (cm)	27,60

Tabela 10.80 – Verificação da Fissuração – V122

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	17,52
h (cm)	50	As _{calc} (cm ²)	1,62	Acr (cm ²)	320
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	4,02	pri	0,0126
d (cm)	46			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500	-		wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,097
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,172
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.81 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V122

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	1,57	4,02	0,00	2,51

Pela tabela 10.81 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5. VIGAS DA EL. 369,10

10.5.1 V201

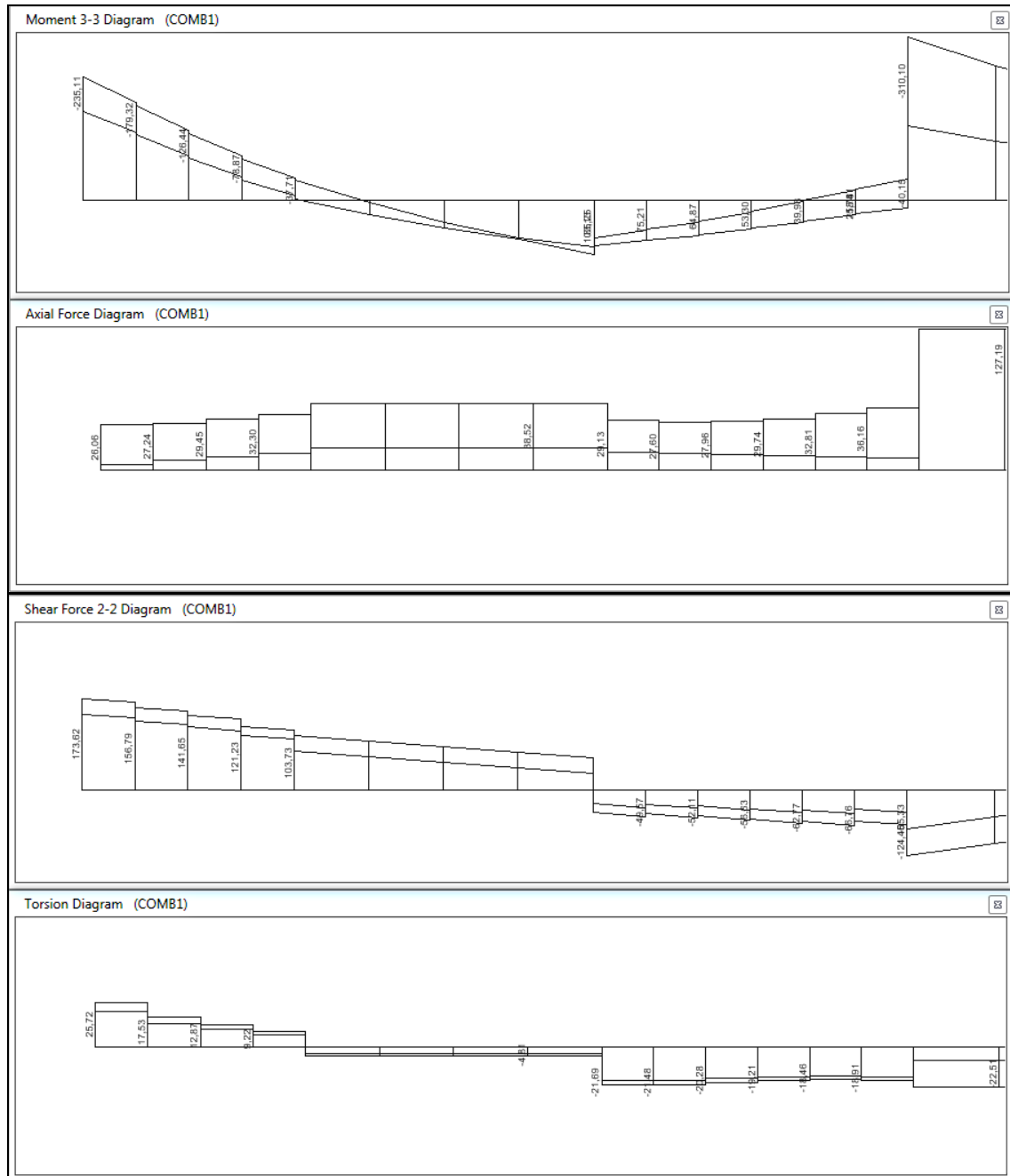


Figura 10.36 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V201

Tabela 10.82 – Dimensionamento à Flexão – V201

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
1	25	60	4	235	27	56	2,25	11,11	0,00	15,02	FTGEAS
1	25	60	4	103	38	56	2,25	4,86	0,00	5,71	FTGEAS

Tabela 10.83 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V201

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	156	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw_{min}}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	156	OK!	A_{sw} (cm²/m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.84 – Dimensionamento à Torção – V201

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)	
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}	
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{Sd}}{T_{Rd2}} = 0,33$	f_{ywd} (MPa)	
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)	
A (cm²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)	
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,33 < 1	τ_{Td2} (MPa)	
2c1 (cm)	8,00			OK!		
Ae (cm²)	1188,581	Tk (kN)	21		5. Armadura	
ue (cm)	134,7059	Vk (kN)	49		A_{g0} (cm²/m)	
he (cm)	8,82	Tsd (kN)	21	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	Asl (cm²)	
θ (°)	45	Vsd (kN)	49	OK!		

Tabela 10.85 – Verificação da Fissuração – V201

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	30,75
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	11,11	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	15,71	ρ_{ri}	0,0331
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,374
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,173
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.86 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V201

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
11,11	4,86	1,10	2,74	2,03	15,71	6,03	1,57	3,93

Pela tabela 10.86 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.2 V202

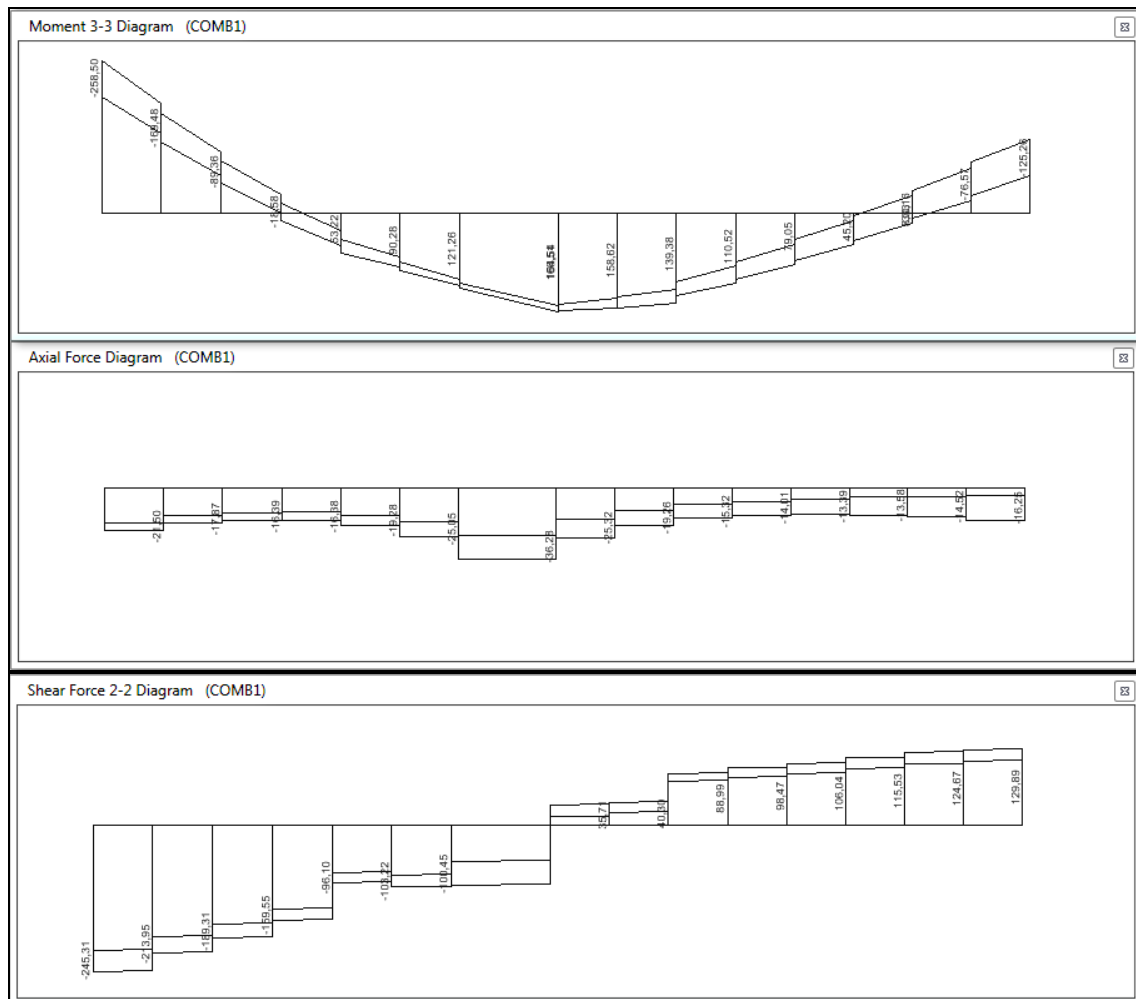


Figura 10.37 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V202

Tabela 10.87 – Dimensionamento à Flexão – V202

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="button" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
2	25	60	4	258	-21	56	2,25	11,91	0,00	17,75	FCGEAS
2	25	60	4	166	-36	56	2,25	7,00	0,00	11,21	FCGEAS

Tabela 10.88 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V202

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)	107,73
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	213	V_{Rd2}	>	Vsd	Asw _{min} (cm ² /m)	2,56
Vsd (kN)	213	OK!			Asw (cm ² /m)	4,80
					Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.89 – Verificação da Fissuração – V202

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	43,48
h (cm)	60	As _{calc} (cm ²)	10,05	Acr (cm ²)	400
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	10,05	ρ_i	0,0251
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,599
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,241
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.90 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V202

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
11,91	7,00	2,40	0,00	0,00	10,05	12,57	1,57	5,24

Pela tabela 10.90 mostrada, nota-se que a armadura superior calculada excede a adotada. Contudo, sabendo que com a plastificação da seção, os esforços superiores podem se redistribuir, transmitindo momento para a armadura inferior, com taxa suficiente, pode-se concluir que as armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.5.3 V203

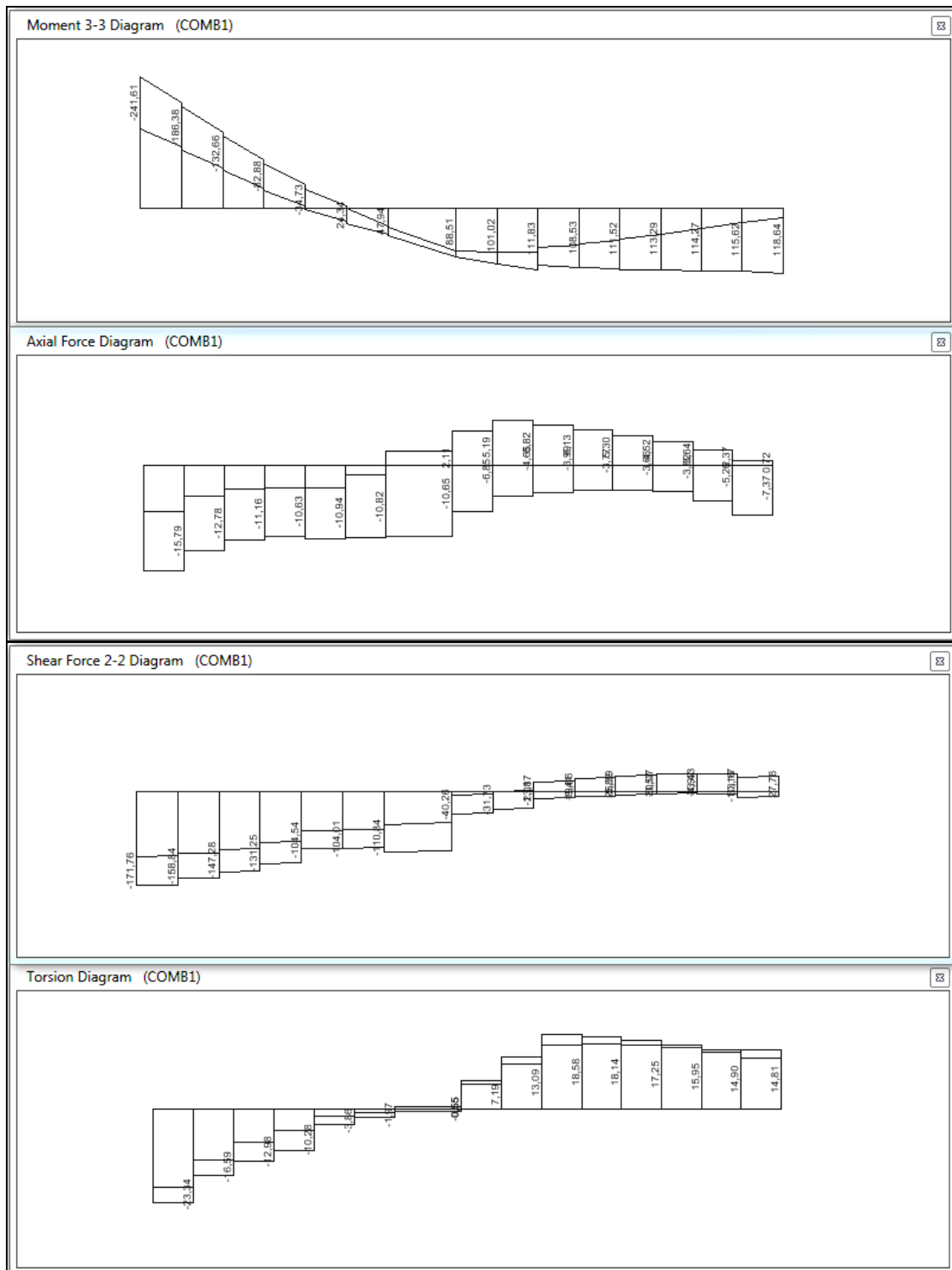


Tabela 10.91 – Dimensionamento à Flexão – V203

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
3	25	60	4	241	-15	56	2,25	11,04	0,00	16,30	FCGEAS
3	25	60	4	118	-7	56	2,25	5,04	0,00	7,44	FCGEAS

Tabela 10.92 – Dimensionamento ao Esforço Cortante – V203

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	<input type="button" value="Calcular"/>	
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	158			$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	158			OK!	A_{sw} (cm²/m)
					$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.93 – Dimensionamento à Torção – V203

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,24$	T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,24 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	1188,581	T_k (kN)	18	5. Armadura	
ue (cm)	134,7059	V_k (kN)	19	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{g0} (cm²/m)
he (cm)	8,82	T_{sd} (kN)	18	OK!	A_{sl} (cm²)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	19		

Tabela 10.94 – Verificação da Fissuração – V203

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	38,19
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	11,04	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,578
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,254
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.95 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V203

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
11,04	5,04	1,15	2,35	1,74	12,57	8,04	1,57	3,93

Pela tabela 10.95 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.4 V204

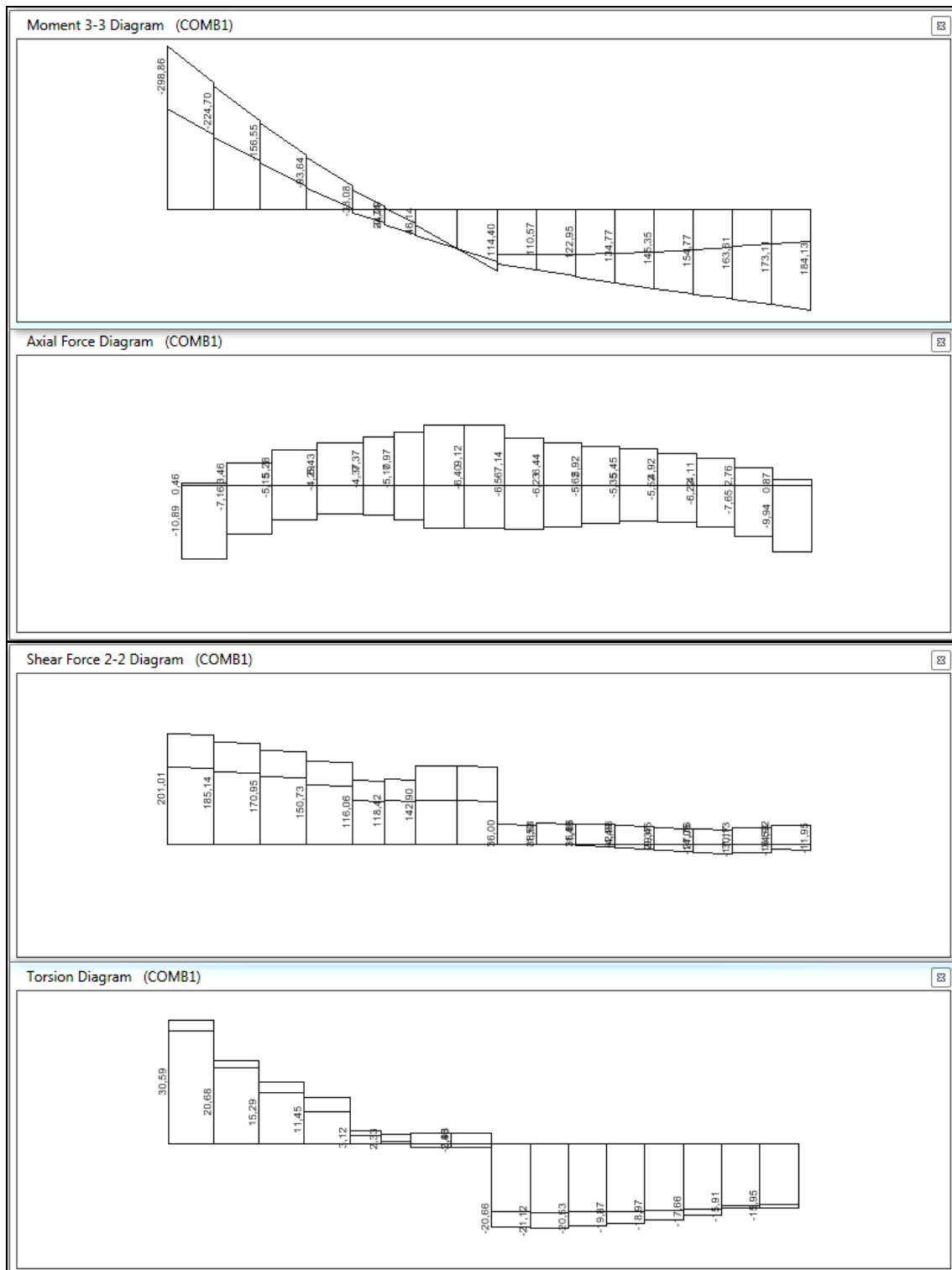


Figura 10.39 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V204

Tabela 10.96 – Dimensionamento à Flexão – V204

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="text" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
4	25	60	4	298	-10	56	2,25	14,27	0,00	20,76	FCGEAS
4	25	60	4	184	-9	56	2,25	8,16	0,00	11,99	FCGEAS

Tabela 10.97 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V204

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	<input type="text" value="-"/>	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	185	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw_{min}}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	185	OK!	A_{sw} (cm²/m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.98 – Dimensionamento à Torção – V204

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,31$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,31 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	1188,581	T_k (kN)	21	5. Armadura	
ue (cm)	134,7059	V_k (kN)	38		A_{90} (cm²/m)
he (cm)	8,82	T_{sd} (kN)	21	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	2,03
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	38	OK!	A_{sl} (cm²)
					2,74

Tabela 10.99 – Verificação da Fissuração – V204

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	32,91
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	14,27	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	18,85	ρ_{ri}	0,0397
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,429
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,162
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.100 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V204

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
14,27	8,16	1,77	2,74	2,03	18,85	12,57	1,57	3,93

Pela tabela 10.100 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.5 V205

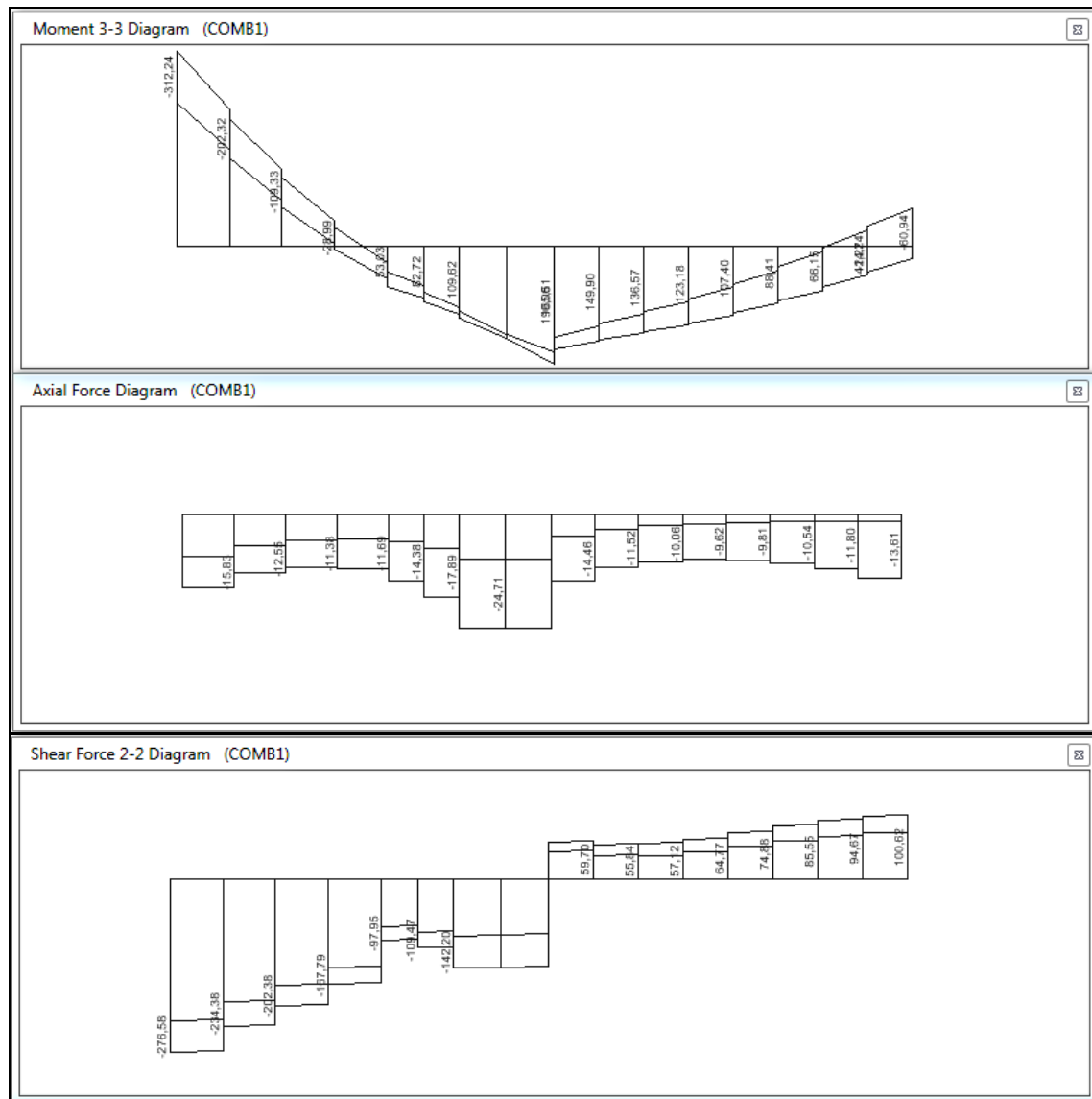


Figura 10.40 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V205

Tabela 10.101 – Dimensionamento à Flexão V205

Quantidade:

44

Caso:

γ_c

1,4

f_{ck} (MPa)

25

γ_s

1,15

f_{yk} (MPa)

500

γ_f

1

E_s (GPa)

210

Inserir

-

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
5	25	60	4	312	-15	56	2,25	15,06	0,00	22,06	FCGEAS
5	25	60	4	190	-24	56	2,25	8,31	0,00	12,69	FCGEAS

Tabela 10.102 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V205

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	234	V_{Rd2}	>	V_{sd}	Asw_{min} (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	234	OK!			Asw (cm ² /m)
					$Smáx$ (cm)
					2,56
					5,76
					30,00

Tabela 10.103 – Verificação da Fissuração – V205

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	34,74
h (cm)	60	As_{calc} (cm ²)	15,06	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	18,85	ρ_{ri}	0,0397
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w_1 (mm)	0,478
Esi (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,171
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.104 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V205

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
15,06	8,31	2,88	0,00	0,00	18,85	12,57	1,57	5,24

Pela tabela 10.104 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.6 V206

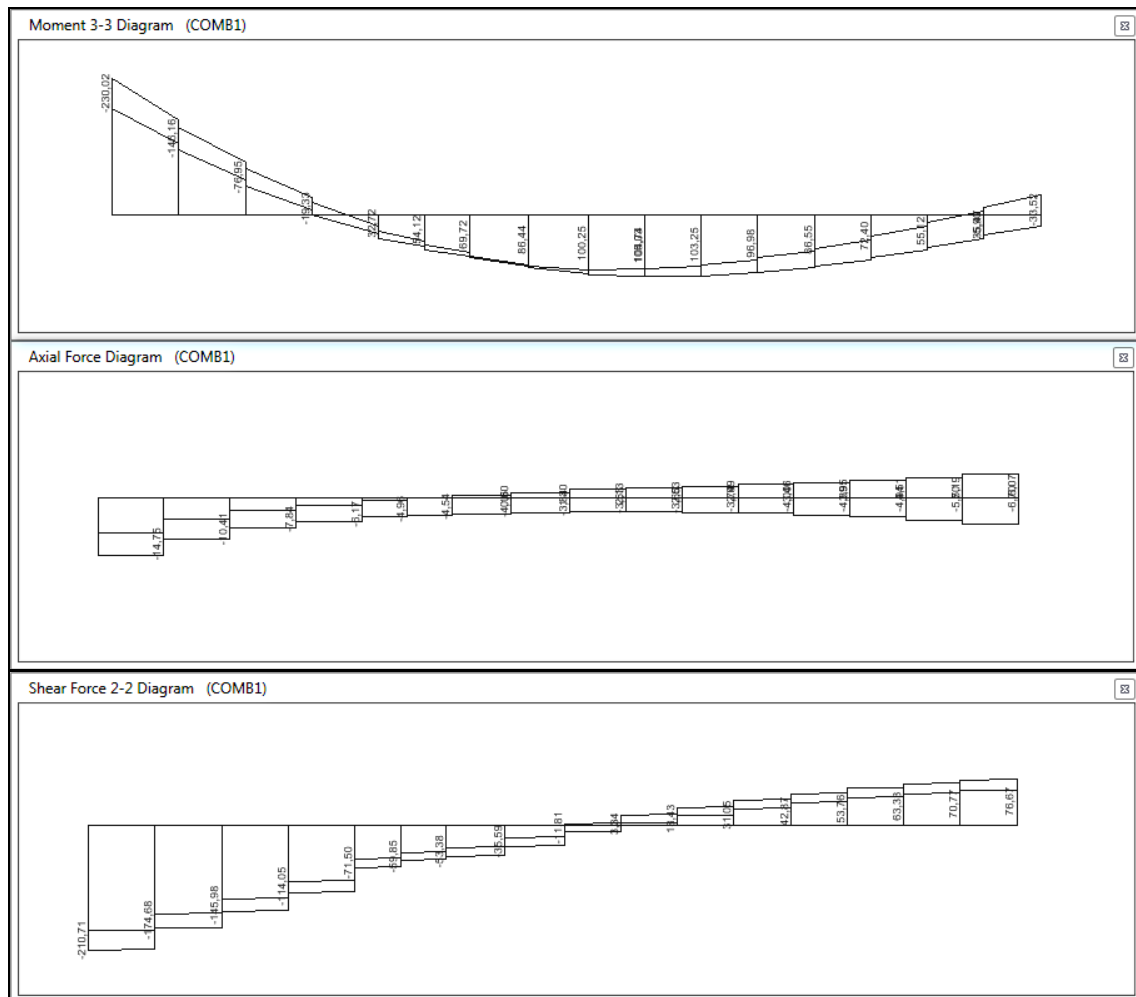


Figura 10.41 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V206

Tabela 10.105 – Dimensionamento à Flexão V206

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir		-				

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	M _k (kNm)	N _k (kN)	d (cm)	As _{min} (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
6	25	60	4	230	-14	56	2,25	10,46	0,00	15,45	FCGEAS
6	25	60	4	105	3	56	2,25	4,56	0,00	6,43	FTGEAS

Tabela 10.106 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V206

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	Calcular	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	174	$V_{Rd2} > V_{sd}$		Asw_{min} (cm ² /m)		
Vsd (kN)	174	OK!		Asw (cm ² /m)		
				Smáx (cm)		

Tabela 10.107 – Verificação da Fissuração – V206

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	36,18
h (cm)	60	As_{calc} (cm ²)	10,46	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	12,57	ρ_i	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,518
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,240
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.108 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V206

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
10,46	4,56	1,51	0,00	0,00	12,57	12,57	1,57	5,24

Pela tabela 10.108 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.7 V207

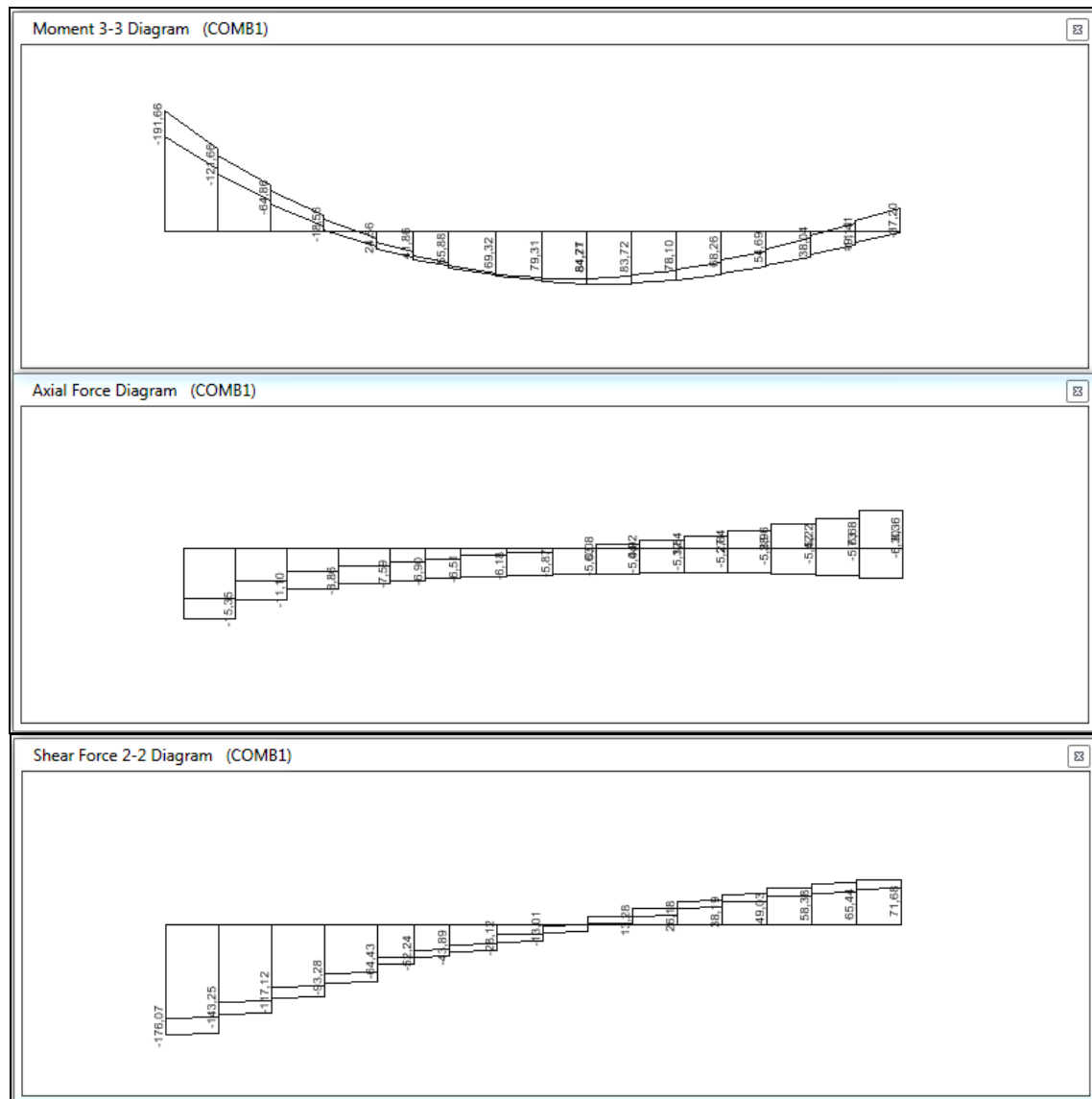


Figura 10.42 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V207

Tabela 10.109 – Dimensionamento à Flexão V207

Quantidade:

44

Caso:

γ_c

1,4

γ_s

1,15

γ_f

1

fck (MPa)

25

fyk (MPa)

500

Es (GPa)

210

Inserir

-

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
7	25	60	4	191	-15	56	2,25	8,45	0,00	12,60	FCGEAS
7	25	60	4	84	-5	56	2,25	3,52	0,00	5,21	FCGEAS

Tabela 10.110 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V207

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)	107,73
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
V_k (kN)	143	V_{Rd2}	>	V_{sd}	Asw_{min} (cm ² /m)	2,56
V_{sd} (kN)	143	OK!			Asw (cm ² /m)	1,61
					$Smáx$ (cm)	30,00

Tabela 10.111 – Verificação da Fissuração – V207

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	36,56
h (cm)	60	As_{calc} (cm ²)	8,45	A_{cr} (cm ²)	400
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	10,05	ρ_i	0,0251
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fy_k (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w_1 (mm)	0,423
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,202
f_{ck} (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.112 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V207

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
8,45	3,52	0,81	0,00	0,00	10,05	8,04	1,57	3,93

Pela tabela 10.112 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.8 V208

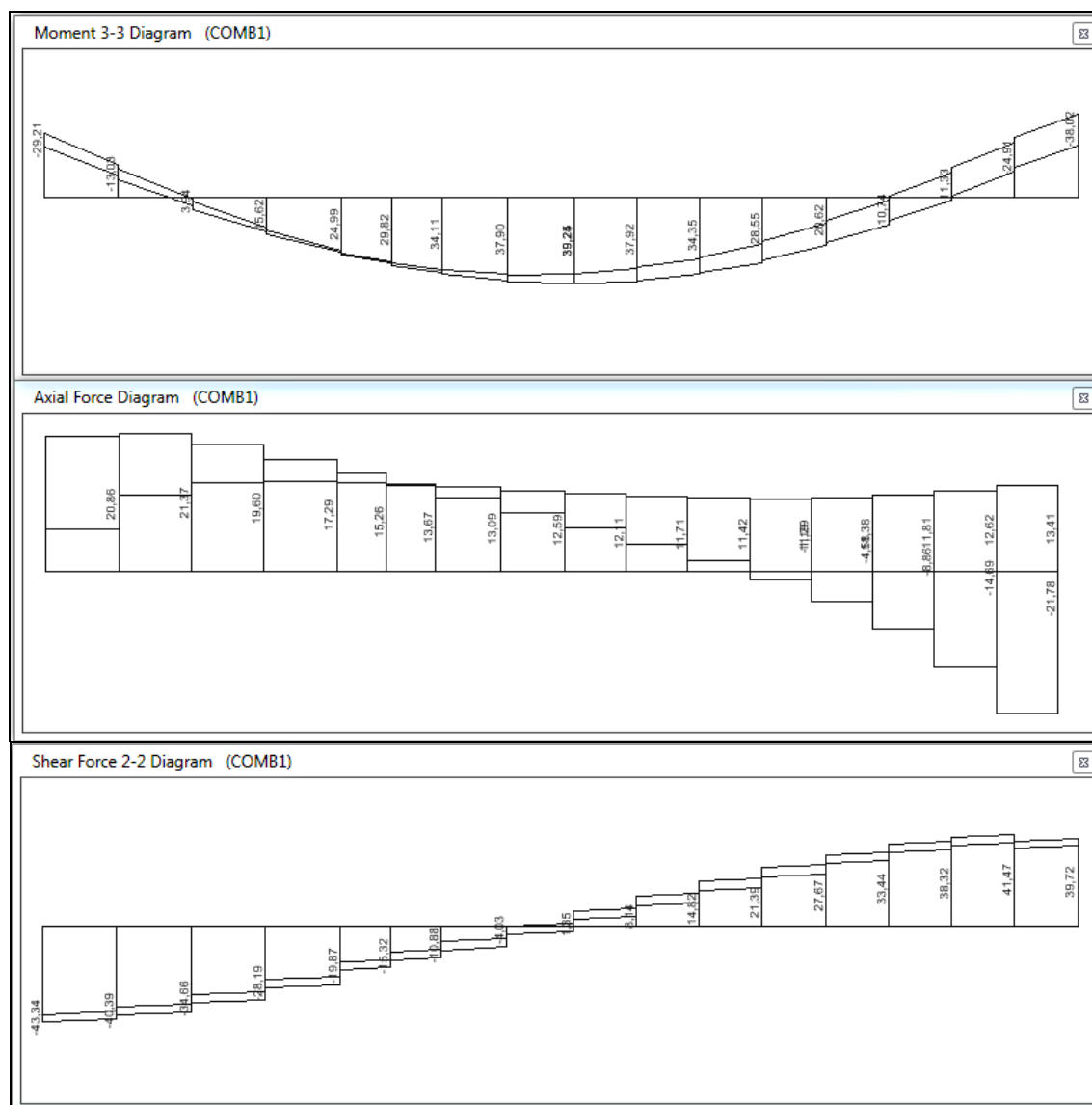


Figura 10.43 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V208

Tabela 10.113 – Dimensionamento à Flexão – V208

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir		-				

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
8	20	60	4	38	-21	56	1,80	1,34	0,00	3,27	FCGEAS
8	20	60	4	39	12	56	1,80	1,78	0,00	2,69	FTGEAS

Tabela 10.114 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V208

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	20	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V _{Rd2} (kN)	486,00
d (cm)	56	γ_s	1,15		V _c (kN)	86,18
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	41	V _{Rd2} > Vsd OK!		Asw _{min} (cm ² /m)	2,05	
Vsd (kN)	41			Asw (cm ² /m)	-	
				Smáx (cm)	30,00	

Tabela 10.115 – Verificação da Fissuração – V208

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	19,25
h (cm)	60	As _{calc} (cm ²)	1,78	Acr (cm ²)	320
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	4,02	ρ_{ri}	0,0126
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,117
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,190
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.116 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V208

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
1,34	1,78	0,00	0,00	0,00	4,02	4,02	1,57	3,93

Pela tabela 10.116 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.9 V209

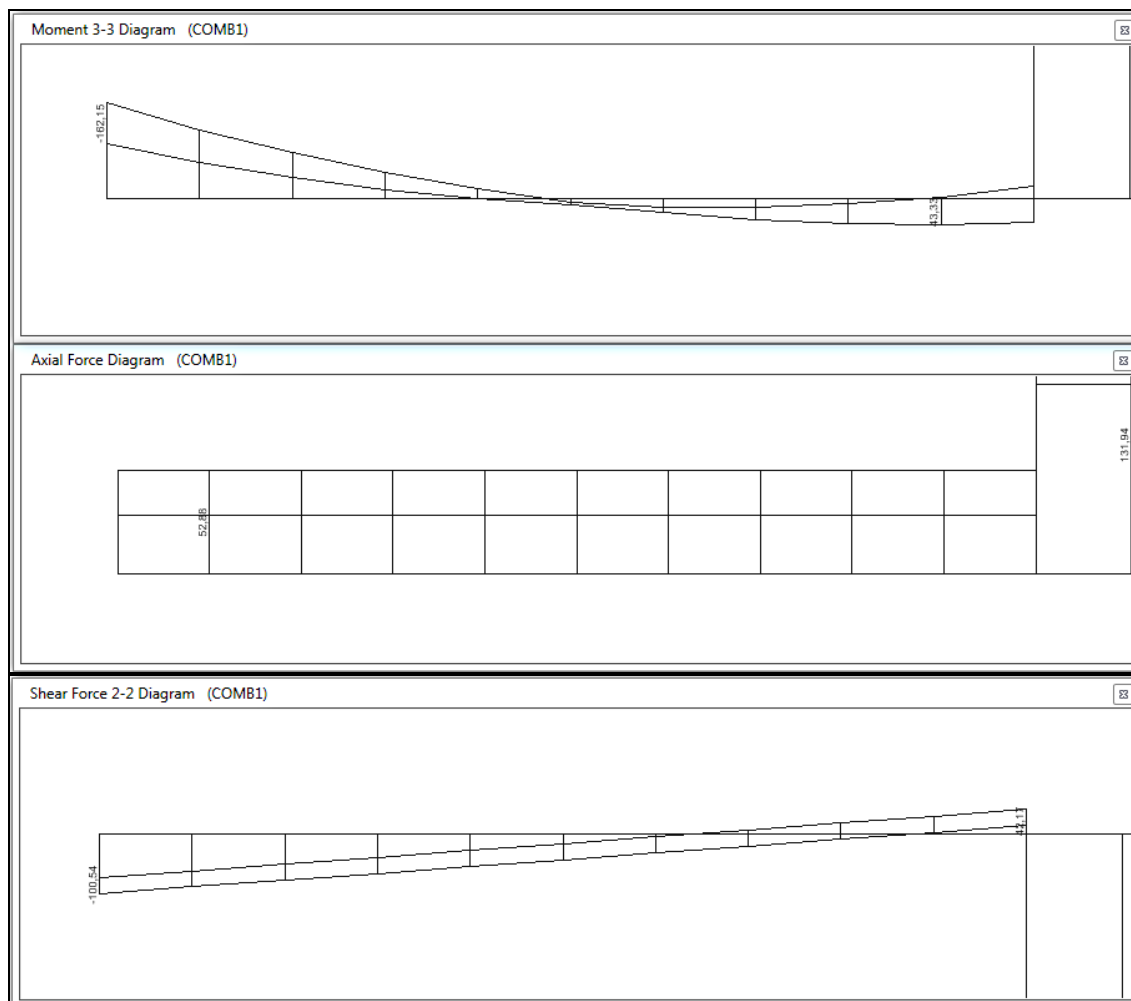


Figura 10.44 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V209

Tabela 10.117 – Dimensionamento à Flexão – V209

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<div>Inserir</div>	<div>-</div>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
9	25	60	4	162	52	56	2,25	7,73	0,00	9,36	FTGEAS
9	25	60	4	43	52	56	2,25	2,42	0,00	1,76	FTGEAS

Tabela 10.118 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V209

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	25	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V _{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15		V _c (kN)	107,73
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	100	V _{Rd2} > Vsd OK!		Asw _{min} (cm ² /m)	2,56	
Vsd (kN)	100			Asw (cm ² /m)	-	
				Smáx (cm)	30,00	

Tabela 10.119 – Verificação da Fissuração – V209

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	17,45
h (cm)	60	As _{calc} (cm ²)	2,42	Acr (cm ²)	400
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	6,03	pri	0,0151
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,096
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,147
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.120 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V209

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
7,73	2,42	0,00	0,00	0,00	4,02	6,03	1,57	7,85

Pela tabela 10.120 mostrada, nota-se que a armadura superior calculada excedeu a adotada. Contudo, sabendo que com a plastificação da seção, os esforços superiores podem se redistribuir, transmitindo momento para a armadura inferior, com taxa suficiente, pode-se concluir que as armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.5.10 V210

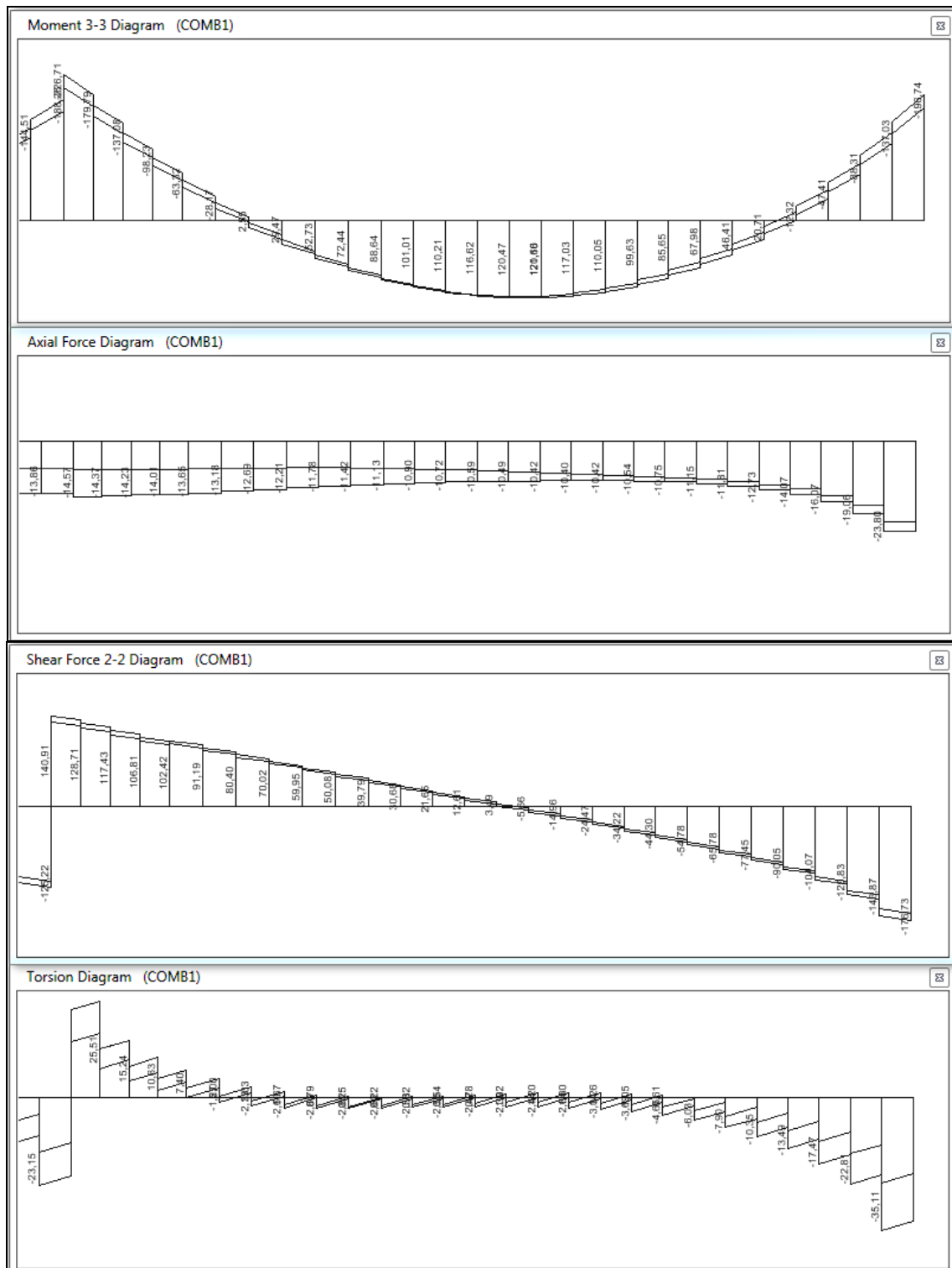


Figura 10.45 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V210

Tabela 10.121 – Dimensionamento à Flexão – V210

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	Es (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
10	25	60	4	179	-14	56	2,25	7,86	0,00	11,73	FCGEAS
10	25	60	4	121	-10	56	2,25	5,14	0,00	7,69	FCGEAS

Tabela 10.122 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V210

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	<input type="button" value="Calcular"/>	
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	143			$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw_{min}}$ (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	143			OK!	A_{sw} (cm ² /m)
					$Smáx$ (cm)

Tabela 10.123 – Dimensionamento à Torção – V210

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,50$	T_{Rd2} (kN)
A (cm ²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	8,82			0,50 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm ²)	1188,581				5. Armadura
ue (cm)	134,7059				A_{g0} (cm ² /m)
he (cm)	8,82			$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	Asl (cm ²)
θ (°)	45			OK!	

Tabela 10.124 – Verificação da Fissuração – V210

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	27,19
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	7,86	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,293
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,181
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.125 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V210

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
7,86	5,14	0,81	2,87	2,13	12,57	6,28	1,57	10,47

Pela tabela 10.125 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.11 V211

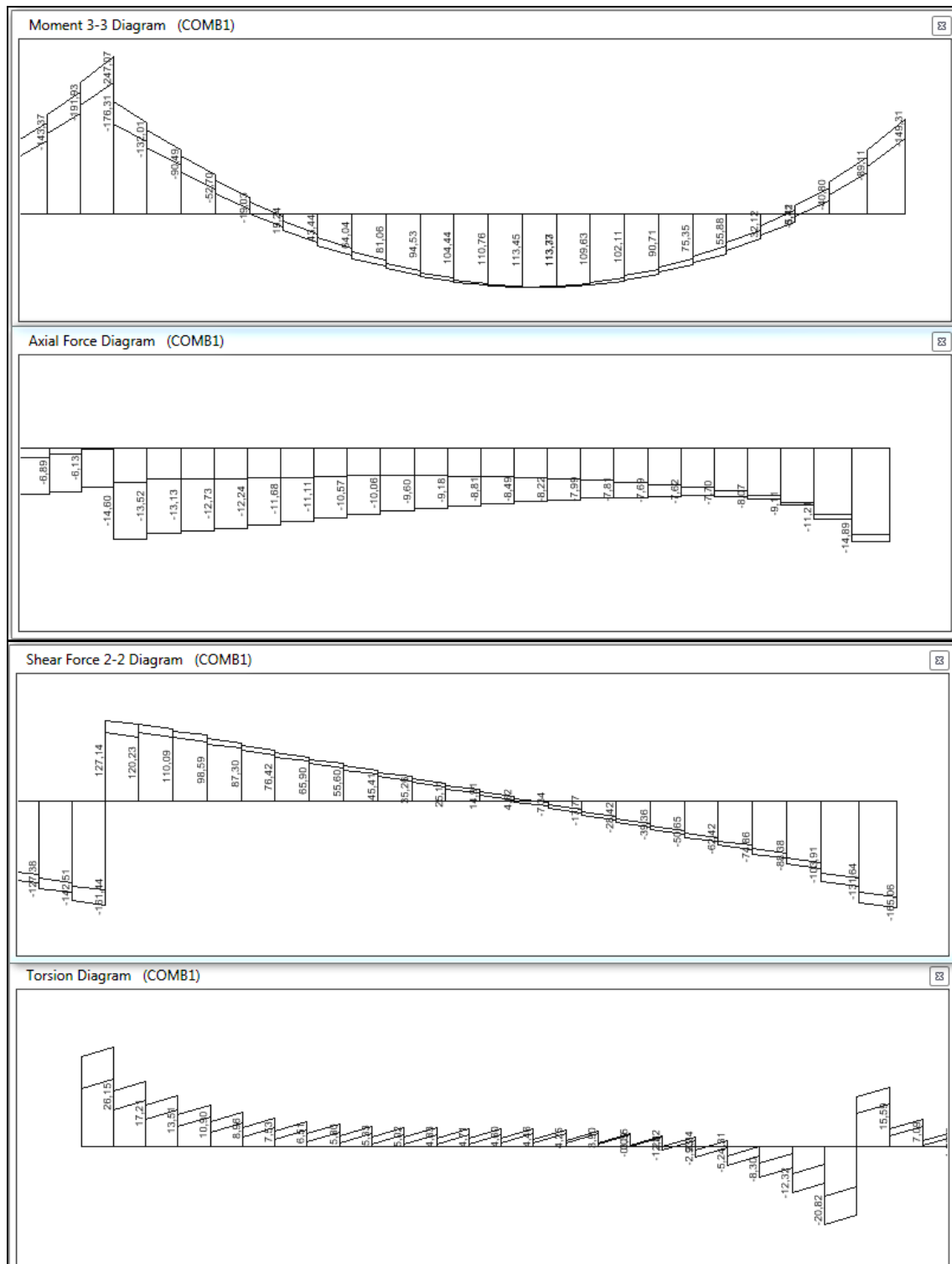


Figura 10.46 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V211

Tabela 10.126 – Dimensionamento à Flexão – V211

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="text" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
11	25	60	4	191	-14	56	2,25	8,46	0,00	12,58	FCGEAS
11	25	60	4	113	-8	56	2,25	4,80	0,00	7,13	FCGEAS

Tabela 10.127 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V211

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	<input type="text" value="-"/>	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	56	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	142	$V_{Rd2} > V_{sd}$	Asw_{min} (cm²/m)
V_{sd} (kN)	142	OK!	Asw (cm²/m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.128 – Dimensionamento à Torção – V211

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	60	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,40$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	1500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	170				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	8,82	3. Esforços Atuantes		0,40 < 1	T_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	1188,581	Tk (kN)	17		
ue (cm)	134,7059	Vk (kN)	120		
he (cm)	8,82	Tsd (kN)	17	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{g0} (cm²/m)
θ (°)	45	Vsd (kN)	120	OK!	Asl (cm²)

5. Armadura	
A_{g0} (cm²/m)	1,64
Asl (cm²)	2,22

Tabela 10.129 – Verificação da Fissuração – V211

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	29,26
h (cm)	60	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	8,46	A_{cr} (cm ²)	475
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,339
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,194
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.130 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V211

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
8,46	4,80	0,78	2,22	1,64	12,57	6,28	1,57	5,24

Pela tabela 10.130 mostrada, nota-se que a Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.12 V212

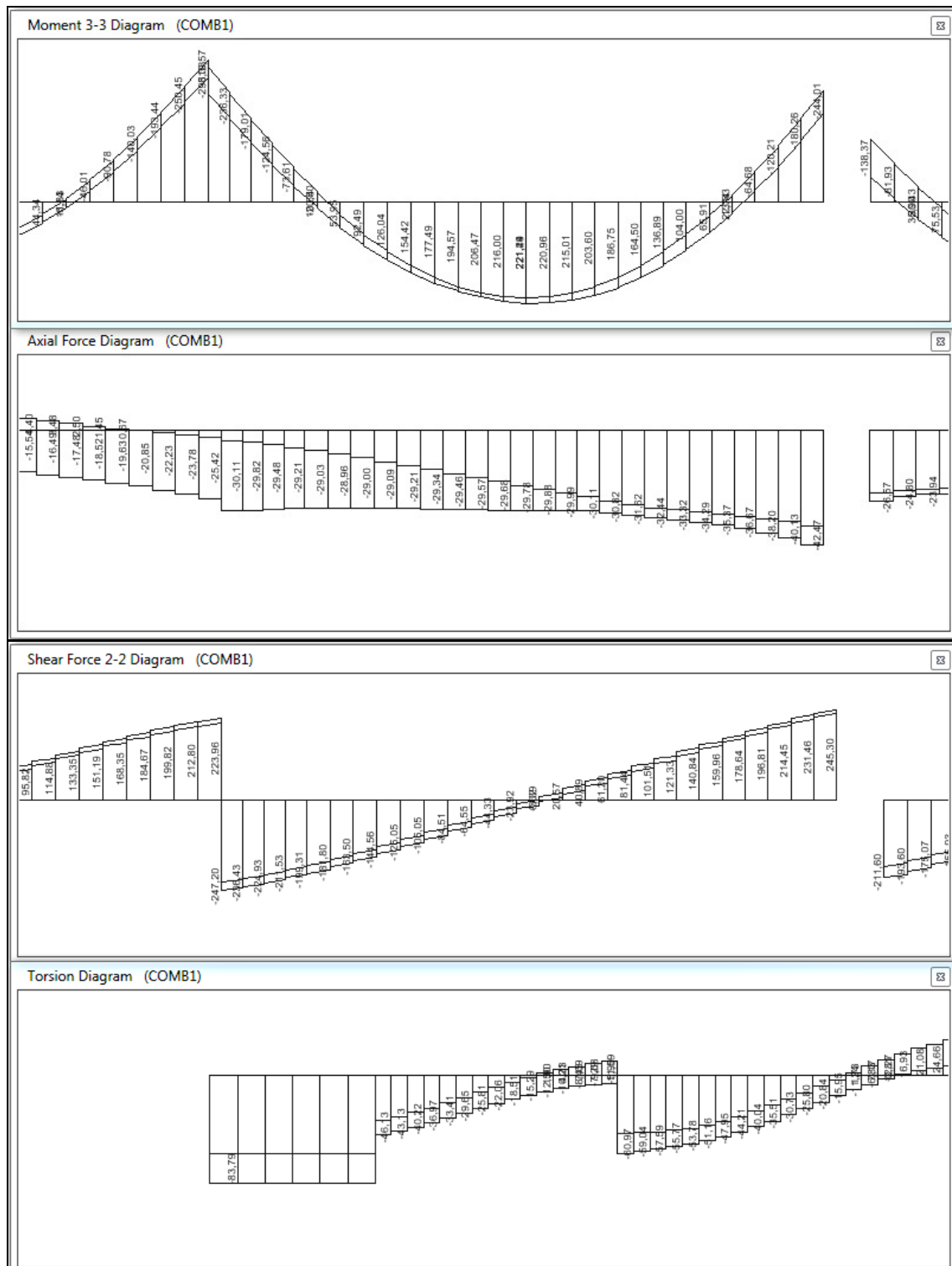


Figura 10.47 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V212

Tabela 10.131 – Dimensionamento à Flexão – V212

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
12	50	100	4	267	-25	96	7,50	6,24	0,00	4,88	FCGEAS
12	50	100	4	221	-29	96	7,50	5,04	0,00	4,09	FCGEAS

Tabela 10.132 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V212

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	236	$V_{Rd2} > V_{sd}$		$A_{sw,min}$ (cm ² /m)	5,13
V_{sd} (kN)	236	OK!		A_{sw} (cm ² /m)	-
				$S_{máx}$ (cm)	30,00

Tabela 10.133 – Dimensionamento à Torção – V212

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,27$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm ²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,27 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm ²)	3888,889	T_k (kN)	83	5. Armadura	
ue (cm)	233,3333	V_k (kN)	236	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{90} (cm ² /m)
he (cm)	16,67	T_{sd} (kN)	83	OK!	A_{sl} (cm ²)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	236		

Tabela 10.134 – Verificação da Fissuração – V212

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	21,58
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	6,24	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0132
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,185
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,254
f_{ck} (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.135 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V212

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
6,24	5,04	0,00	5,73	2,45	12,57	12,57	6,14	3,93

Pela tabela 10.135 mostrada, nota-se que a Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.13 V213

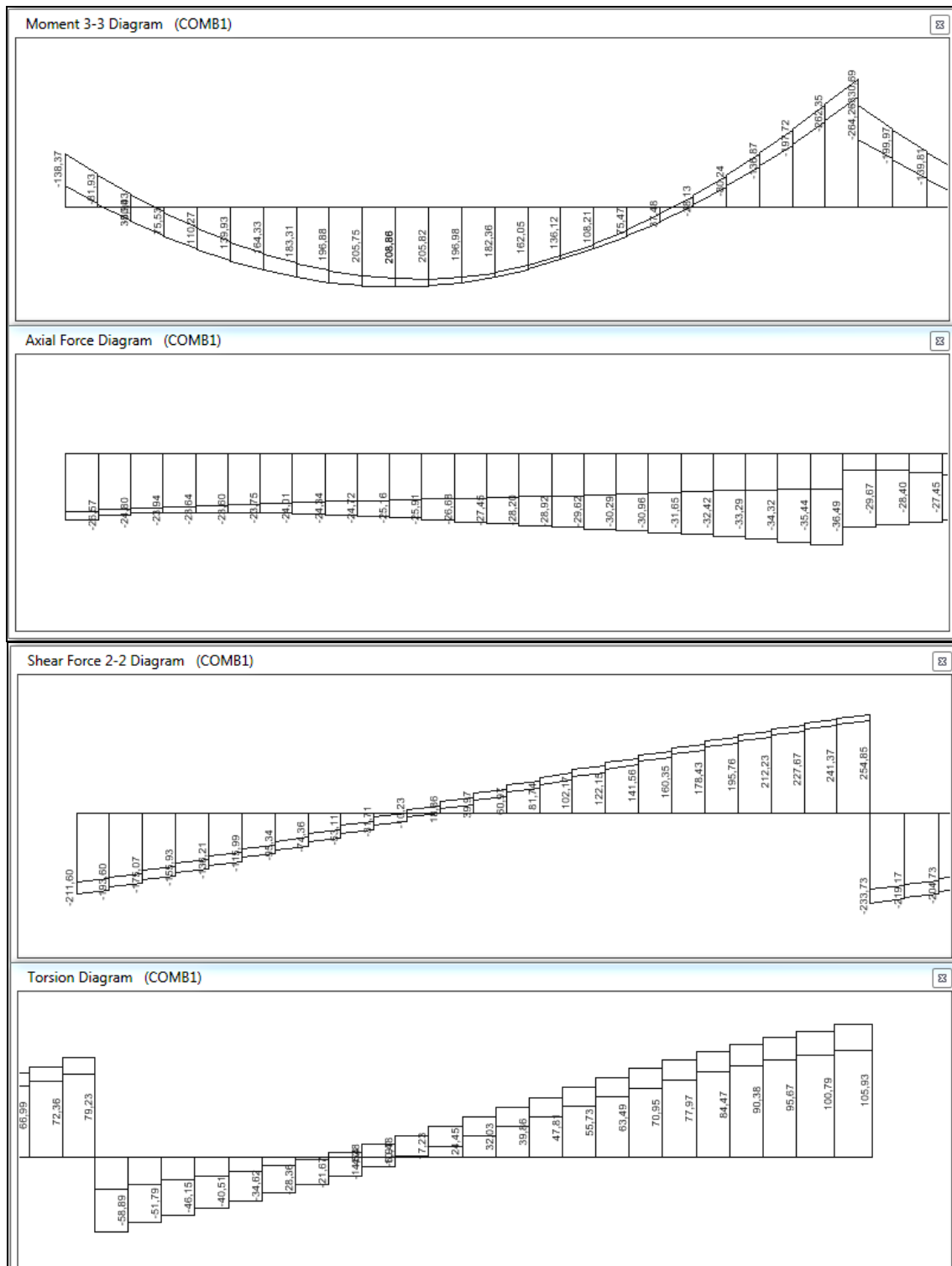


Figura 10.48 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V213

Tabela 10.136 – Dimensionamento à Flexão – V213

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
13	50	100	4	262	-36	96	7,50	5,98	0,00	4,88	FCGEAS
13	50	100	4	208	-25	96	7,50	4,77	0,00	3,83	FCGEAS

Tabela 10.137 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V213

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	241	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	241	OK!	A_{sw} (cm²/m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.138 – Dimensionamento à Torção – V213

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)	
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}	
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,31$	f_{ywd} (MPa)	
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)	
A (cm²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)	
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,31 < 1	τ_{Td2} (MPa)	
2c1 (cm)	8,00			OK!		
Ae (cm²)	3888,889	T_k (kN)	100		5. Armadura	
ue (cm)	233,3333	V_k (kN)	241		A_{90} (cm²/m)	
he (cm)	16,67	T_{sd} (kN)	100	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	2,96	
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	241	OK!	A_{sl} (cm²)	
					6,90	

Tabela 10.139 – Verificação da Fissuração – V213

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	20,68
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	5,98	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0132
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,169
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,243
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Calcular

Tabela 10.140 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V213

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
5,98	4,77	0,00	6,90	2,96	12,57	12,57	6,14	3,93

Pela tabela 10.140 mostrada, nota-se que a Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.14 V214, V215, V216 e V217

Para o Dimensionamento das Vigas V214, V215, V216 e V217, que têm comportamento semelhante, esforços muito próximos e o mesmo detalhamento, são mostrados os esforços na V215, que é a crítica entre as quatro.

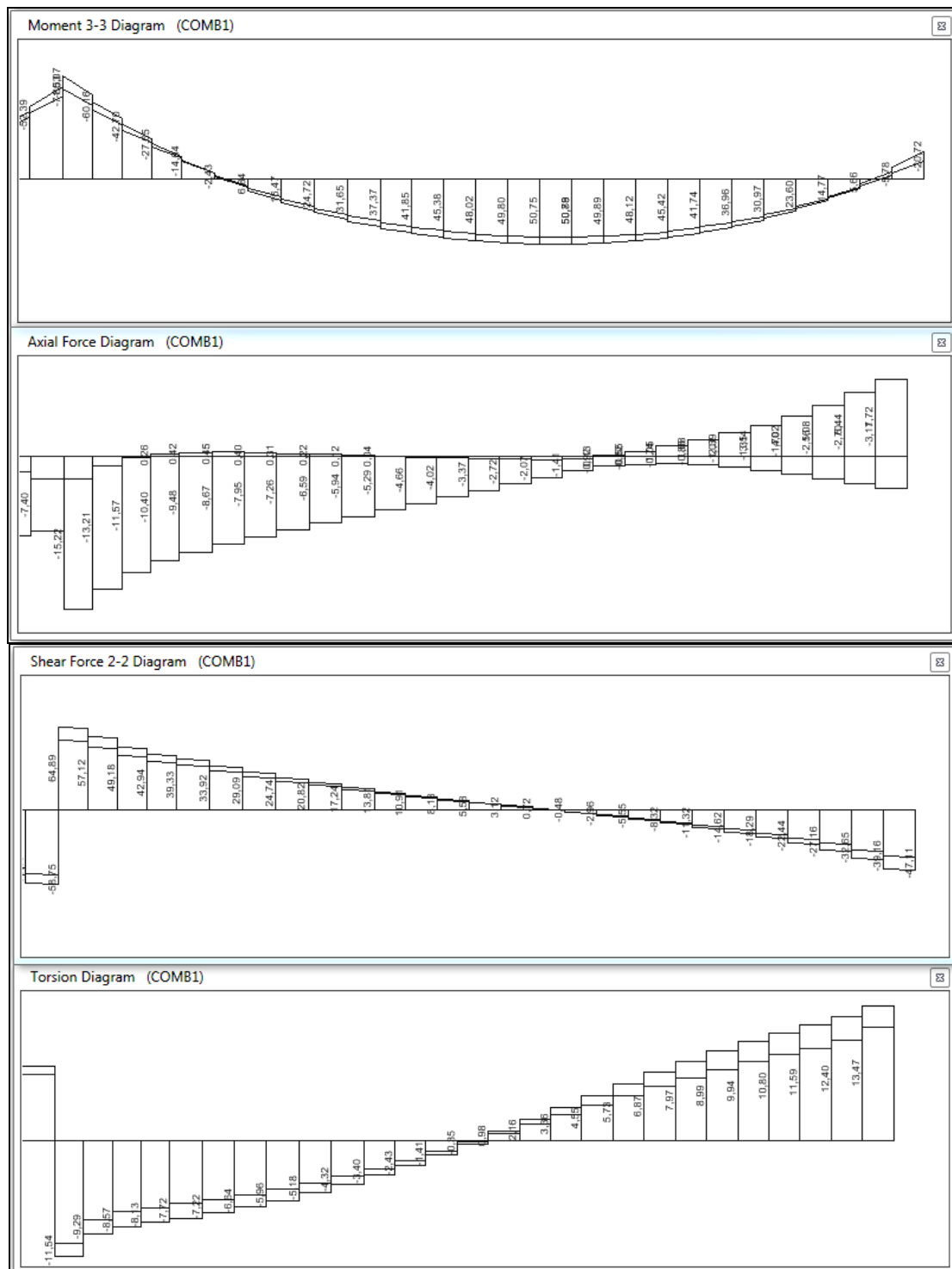


Figura 10.49 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V215

Tabela 10.141 – Dimensionamento à Flexão – V215

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
15	20	50	4	60	-13	46	1,50	3,01	0,00	5,92	FCGEAS
15	20	50	4	50	-2	46	1,50	2,58	0,00	4,71	FCGEAS

Tabela 10.142 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V215

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	20	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	50	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	46	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	57	$V_{Rd2} > V_{sd}$	Asw_{min} (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	57	OK!	Asw (cm ² /m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.143 – Dimensionamento à Torção – V215

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	20	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)	
h (cm)	50	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}	
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)	
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,36$	T_{Rd2} (kN)	
A (cm ²)	1000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)	
u (cm)	140				τ_{Td} (MPa)	
A/u (cm)	7,14	3. Esforços Atuantes		0,36 < 1	τ_{Td2} (MPa)	
2c1 (cm)	8,00			OK!		
Ae (cm ²)	795,9184	T_k (kN)	12		5. Armadura	
ue (cm)	111,4286	V_k (kN)	39		A_{g0} (cm ² /m)	
he (cm)	7,14	T_{sd} (kN)	12	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	Asl (cm ²)	
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	39	OK!		

Tabela 10.144 – Verificação da Fissuração – V215

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	16,28
h (cm)	50	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	3,01	A_{cr} (cm ²)	320
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	ρ_{ri}	0,0251
d (cm)	46			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,084
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,090
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.145 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V215

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
3,01	2,58	0,00	1,93	1,73	8,04	8,04	0,00	6,70

Pela tabela 10.145 mostrada, nota-se que a Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.15 V218

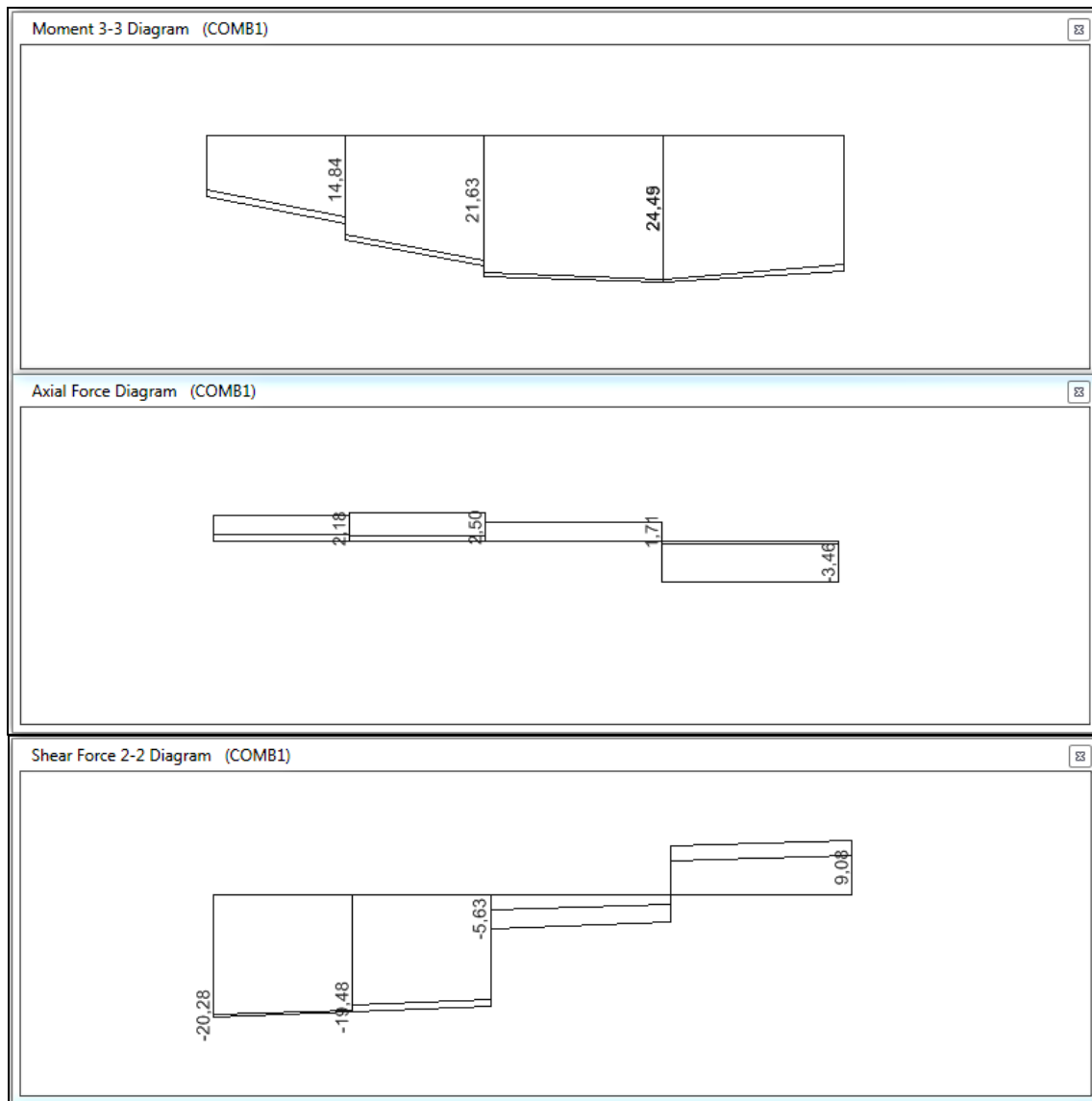


Figura 10.50 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V218

Tabela 10.146 – Dimensionamento à Flexão – V218

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
<div><div>Inserir</div><div>-</div></div>						

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
18	20	50	4	0	0	46	1,50	0,00	0,00	0,00	FSAS
18	20	50	4	24	2	46	1,50	1,25	0,00	2,15	FTGEAS

Tabela 10.147 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V218

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	20	fck (MPa)	25	Modelo I	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	50	fyk (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	399,21
d (cm)	46	γ_s	1,15		V_c (kN)	70,79
		γ_f	1	Calcular		
3. Esforços Atuantes				5. Armadura		
Vk (kN)	19	V_{Rd2}	>	Vsd	Asw_{min} (cm ² /m)	2,05
Vsd (kN)	19	OK!			Asw (cm ² /m)	-
					Smáx (cm)	27,60

Tabela 10.148 – Verificação da Fissuração – V218

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	20	ϕ_i (mm)	12,5	σ_{si} (kN/cm ²)	22,18
h (cm)	50	As_{calc} (cm ²)	1,25	A_{cr} (cm ²)	267,5
d' (cm)	4	As_{adot} (cm ²)	2,45	ρ_{ri}	0,0092
d (cm)	46			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,122
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,226
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.149 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V218

Calculadas					Adotadas			
Flexão	Cisalhamento	Torção			Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	2,45	2,45	0,00	5,03

Pela tabela 10.149 mostrada, nota-se que a Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.16 V219

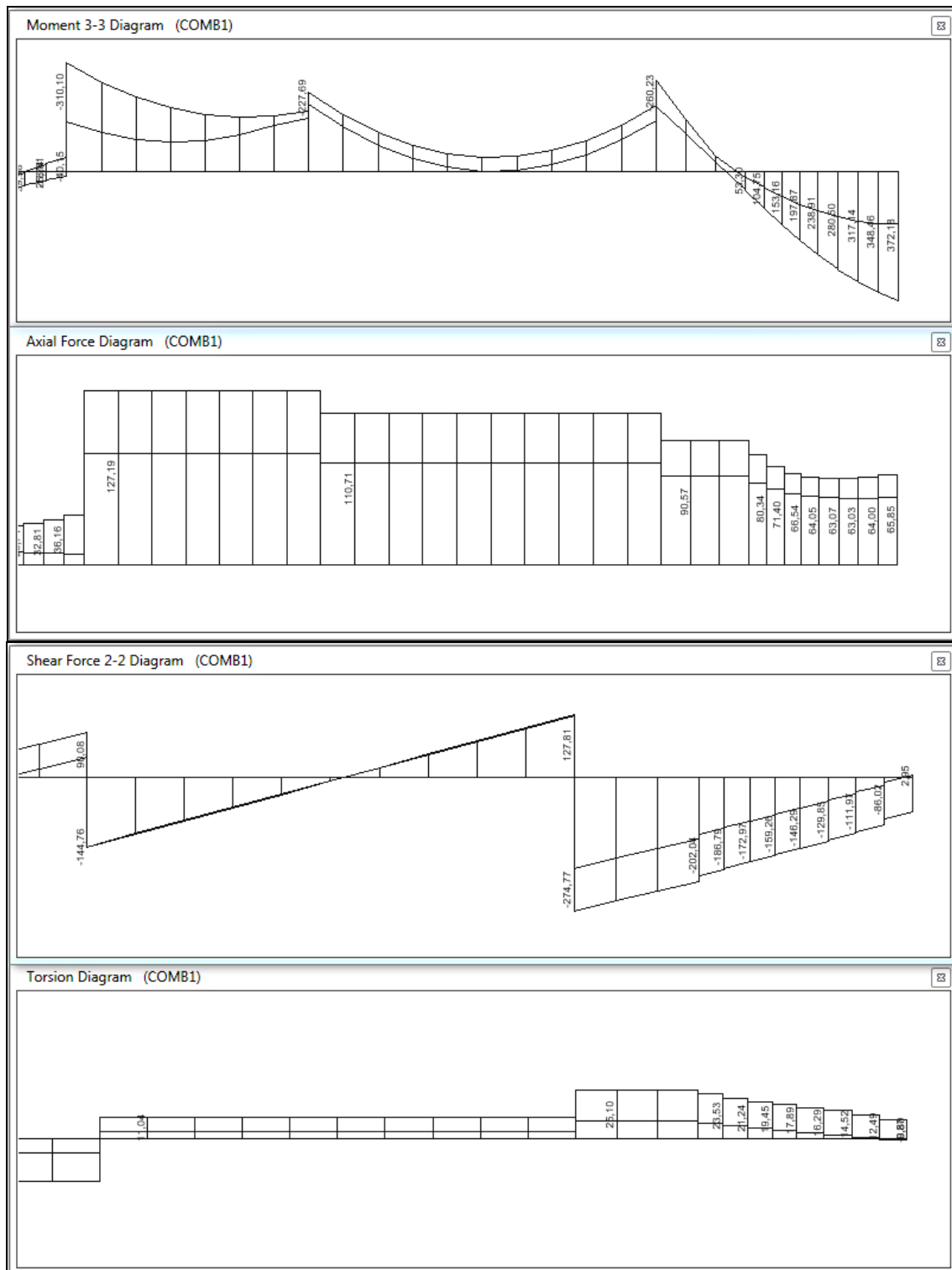


Figura 10.51 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V219

Tabela 10.150 – Dimensionamento à Flexão – V219

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
19	50	100	4	310	127	96	7,50	9,06	0,00	4,40	FTGEAS
19	50	100	4	372	65	96	7,50	9,90	0,00	6,02	FTGEAS

Tabela 10.151 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V219

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	274	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	274	OK!	A_{sw} (cm²/m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.152 – Dimensionamento à Torção – V219

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,18$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,18 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	3888,889	Tk (kN)	25		
ue (cm)	233,3333	Vk (kN)	274		
he (cm)	16,67	Tsd (kN)	25	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{g0} (cm²/m)
θ (°)	45	Vsd (kN)	274	OK!	Asl (cm²)

5. Armadura	
	0,74
	1,73

Tabela 10.153 – Verificação da Fissuração – V219

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	31,34
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	9,06	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	12,57	ρ_{ri}	0,0132
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565

2. Características do Material		5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500	w_k (mm)	0,4
η_i	2,25	w_1 (mm)	0,389
E_s (MPa)	210000	w_2 (mm)	0,369
f_{ck} (MPa)	25		OK!

Calcular

Tabela 10.154 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V219

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
9,06	9,90	0,00	1,73	0,74	12,57	12,57	6,14	7,85

Pela tabela 10.154 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.17 V220

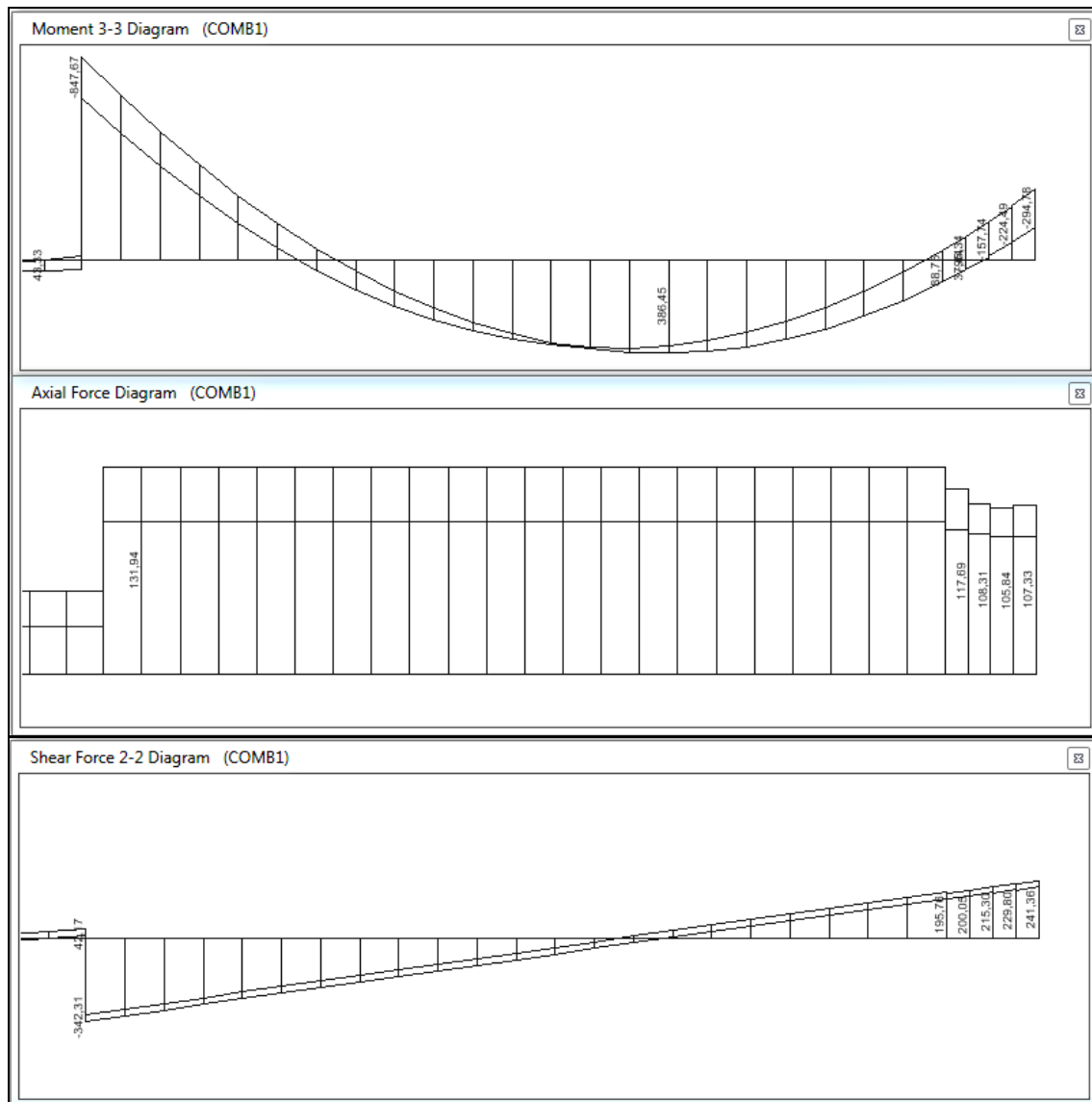


Figura 10.52 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB1 – V220

Tabela 10.155 – Dimensionamento à Flexão – V220

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25					
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500					
			γ_f	1	E_s (GPa)	210					
<div><div>Inserir</div><div>-</div></div>											
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
20	50	100	4	847	131	96	7,50	23,06	0,00	14,36	FTGEAS
20	50	100	4	386	131	96	7,50	11,01	0,00	5,73	FTGEAS

Tabela 10.156 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V220

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	100	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V _{Rd2} (kN)	2082,86
d (cm)	96	γ_s	1,15	V _c (kN)	369,35
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V _k (kN)	342	V _{Rd2} > V _{sd} OK!		Asw _{min} (cm ² /m)	5,13
V _{sd} (kN)	342			Asw (cm ² /m)	-
				Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.157 – Verificação da Fissuração – V220

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	39,90
h (cm)	100	As _{calc} (cm ²)	23,06	Acr (cm ²)	950
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	25,13	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	96			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			w _k (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w ₁ (mm)	0,630
E _{si} (MPa)	210000			w ₂ (mm)	0,265
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.158 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V220

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)	Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
23,06	11,01	0,00	0,00	0,00	25,13	12,57	6,14	7,85

Pela tabela 10.158 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.5.18 V221

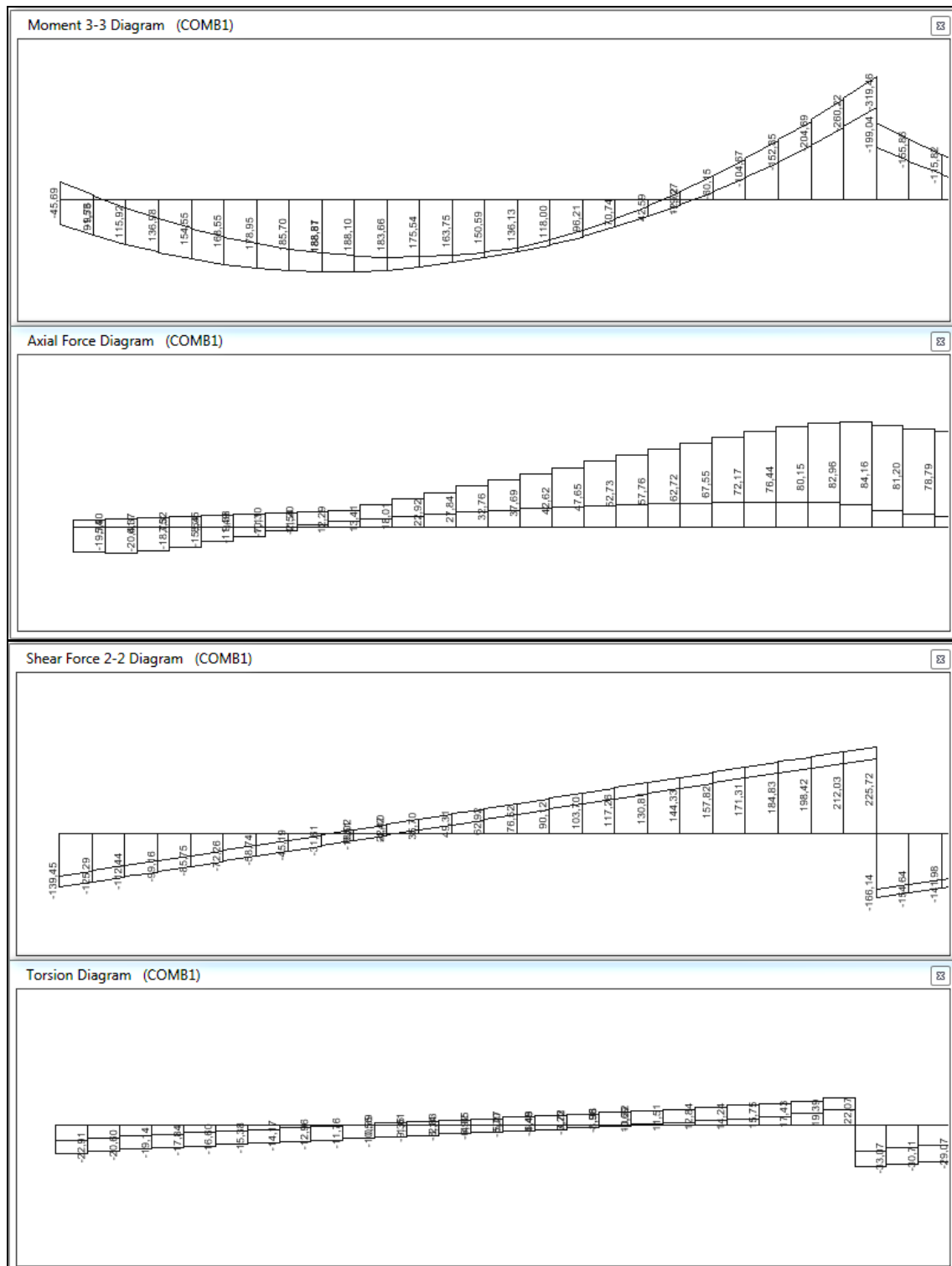


Figura 10.53 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V221

Tabela 10.159 – Dimensionamento à Flexão – V221

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
21	50	100	4	260	82	96	7,50	7,30	0,00	3,88	FTGEAS
21	50	100	4	188	12	96	7,50	4,71	0,00	3,17	FTGEAS

Tabela 10.160 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V221

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	212	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	212	OK!	A_{sw} (cm²/m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.161 – Dimensionamento à Torção – V221

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,13$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,13 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	3888,889	T_k (kN)	30		
ue (cm)	233,3333	V_k (kN)	154		
he (cm)	16,67	T_{sd} (kN)	30	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{g0} (cm²/m)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	154	OK!	A_{sl} (cm²)

5. Armadura	
A_{g0} (cm²/m)	0,89
A_{sl} (cm²)	2,07

Tabela 10.162 – Verificação da Fissuração – V221

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	25,47
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	4,71	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	ρ_i	0,0101
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,206
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,306
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.163 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V221

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
7,30	4,71	0,00	2,07	0,89	8,04	8,04	6,14	7,85

Pela tabela 10.163 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento

10.5.19 V222

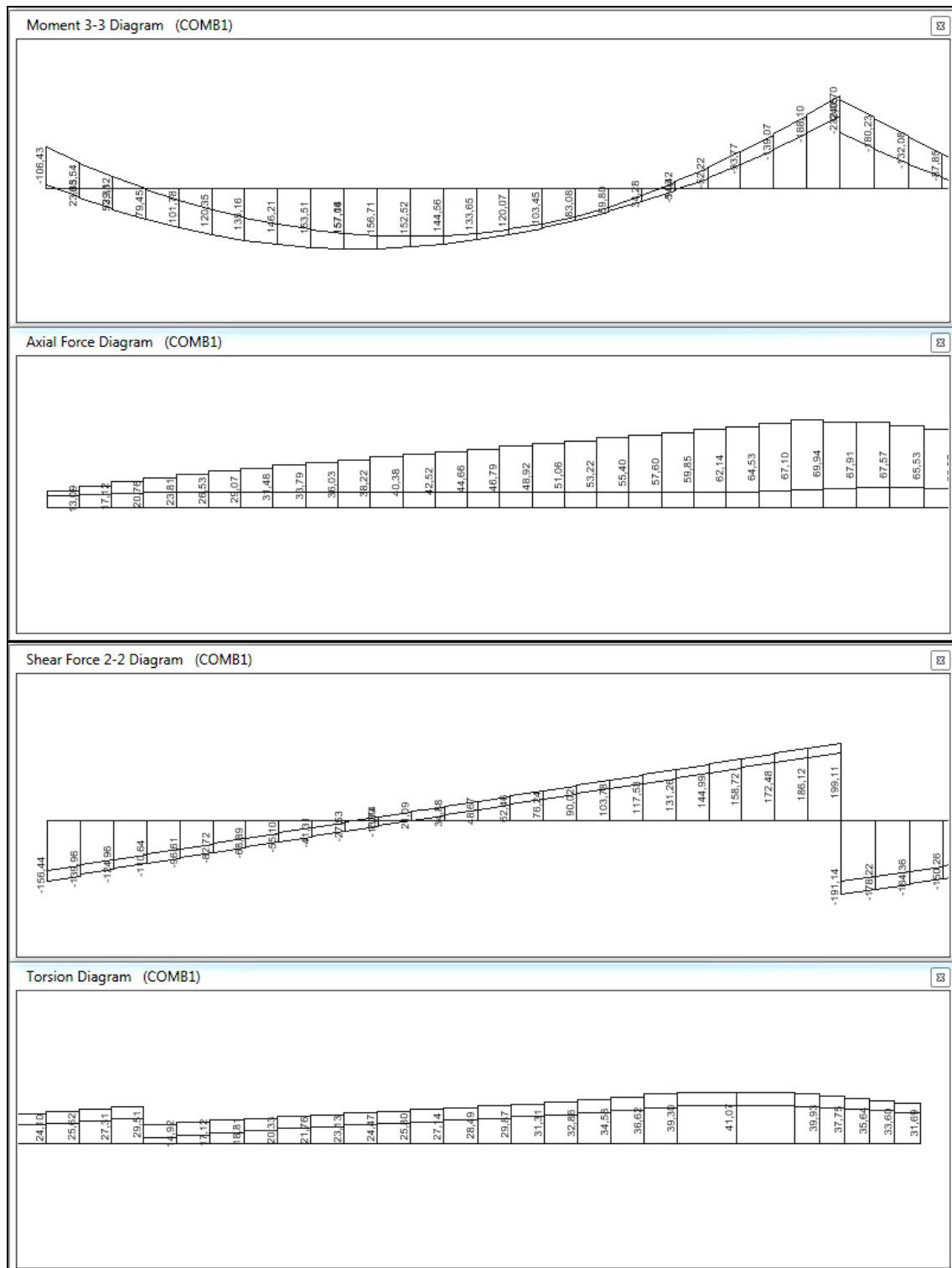


Figura 10.54 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V222

Tabela 10.164 – Dimensionamento à Flexão – V222

Quantidade:	44	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	Es (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
22	50	100	4	188	69	96	7,50	5,37	0,00	2,71	FTGEAS
22	50	100	4	157	36	96	7,50	4,23	0,00	2,43	FTGEAS

Tabela 10.165 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V222

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	186	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	186	OK!	A_{sw} (cm ² /m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.166 – Dimensionamento à Torção – V222

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,13$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm ²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,13 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm ²)	3888,889	T_k (kN)	41		
ue (cm)	233,3333	V_k (kN)	115		
he (cm)	16,67	T_{sd} (kN)	41	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{g0} (cm ² /m)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	115	OK!	A_{sl} (cm ²)

5. Armadura	
A_{g0} (cm ² /m)	1,21
A_{sl} (cm ²)	2,83

Tabela 10.167 – Verificação da Fissuração – V222

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	29,04
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	5,37	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	ρ_{ri}	0,0101
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,267
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,349
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.168 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V222

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
5,37	4,23	0,00	2,83	1,21	8,04	8,04	6,14	7,85

Pela tabela 10.168 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento

10.6. VIGAS DA EL. 372,60

10.6.1 V301 e V308

Para o Dimensionamento das Vigas V301 e V308, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V301, que é a crítica entre as Vigas citadas.

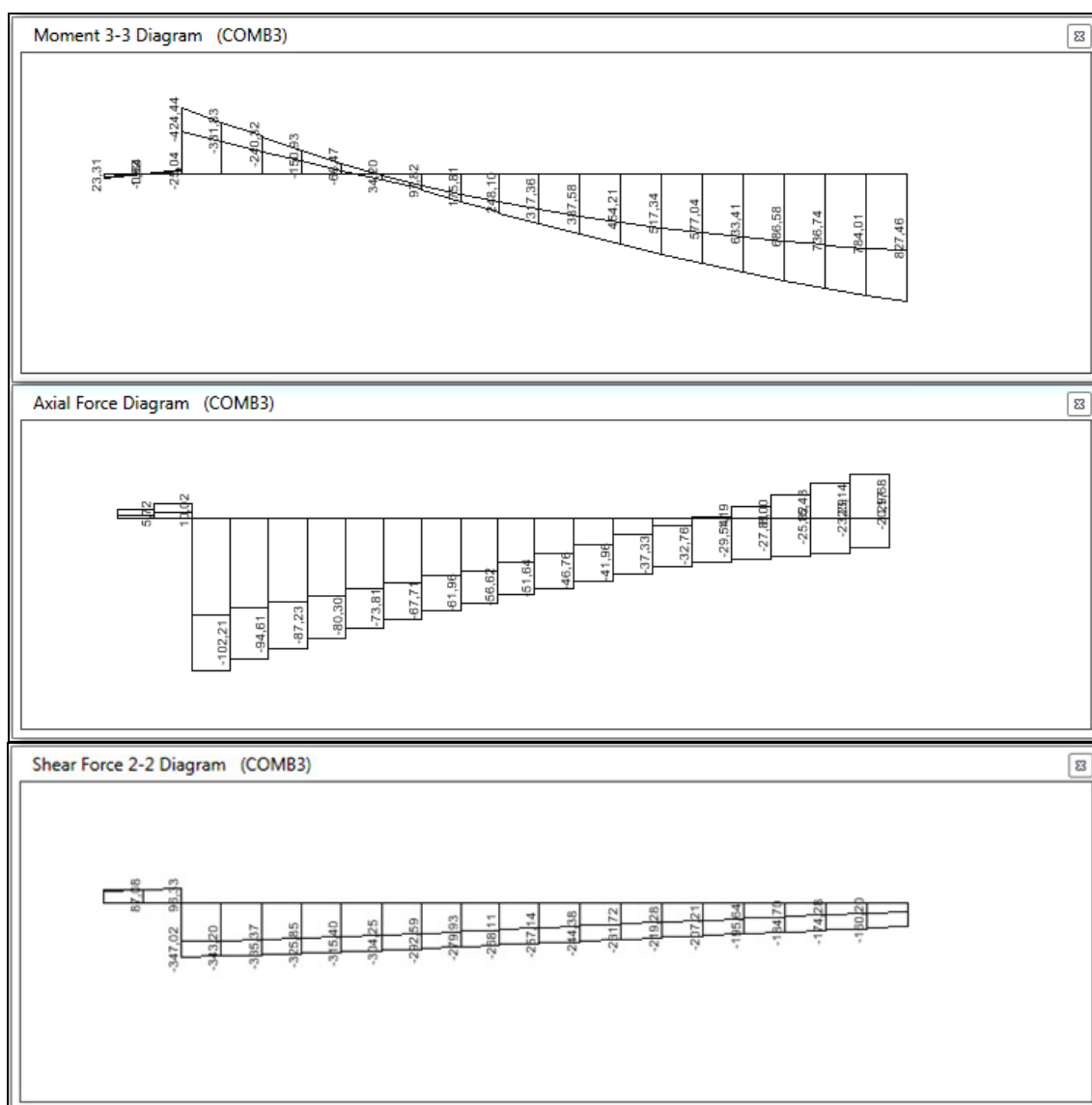


Figura 10.55 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V301

Tabela 10.169 – Dimensionamento à Flexão – V301

Tabela 16.165 - Dimensionamento à Flexão - V001											
Quantidade:	12	Caso:	γ_c	1,4		f_{ck} (MPa)	25				
			γ_s	1,15		f_{yk} (MPa)	500				
<div>Inserir</div>		<div>-</div>	γ_f	1		E_s (GPa)	210				
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
1	25	260	4	424	-102	256	9,75	2,67	0,00	7,19	FCGEAS
1	25	260	4	827	29	256	9,75	7,89	0,00	10,34	FTGEAS

Tabela 10.170 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V301

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	260	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V _{Rd2} (kN)	2777,14
d (cm)	256	γ_s	1,15	V _c (kN)	492,47
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V _k (kN)	343	V _{Rd2}	>	V _{sd}	Asw _{min} (cm ² /m)
V _{sd} (kN)	343	OK!			Asw (cm ² /m)
					Smáx (cm)
					2,56
					-
					30,00

Tabela 10.171 – Verificação da Fissuração – V301

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	34,13
h (cm)	260	As _{calc} (cm ²)	7,89	A _{cr} (cm ²)	400
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	10,05	ρ_{ri}	0,0251
d (cm)	256			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			w _k (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w ₁ (mm)	0,369
E _{si} (MPa)	210000			w ₂ (mm)	0,189
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.172 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V301

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
2,67	7,89	0,00	0,00	0,00	9,42	10,05	6,53	2,51

Pela tabela 10.172 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.6.2 V302, V303, V304, V305, V306 e V307

Para o Dimensionamento das Vigas V302, V303, V304, V305, V306 e V307, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V302, que é a crítica entre as Vigas citadas.

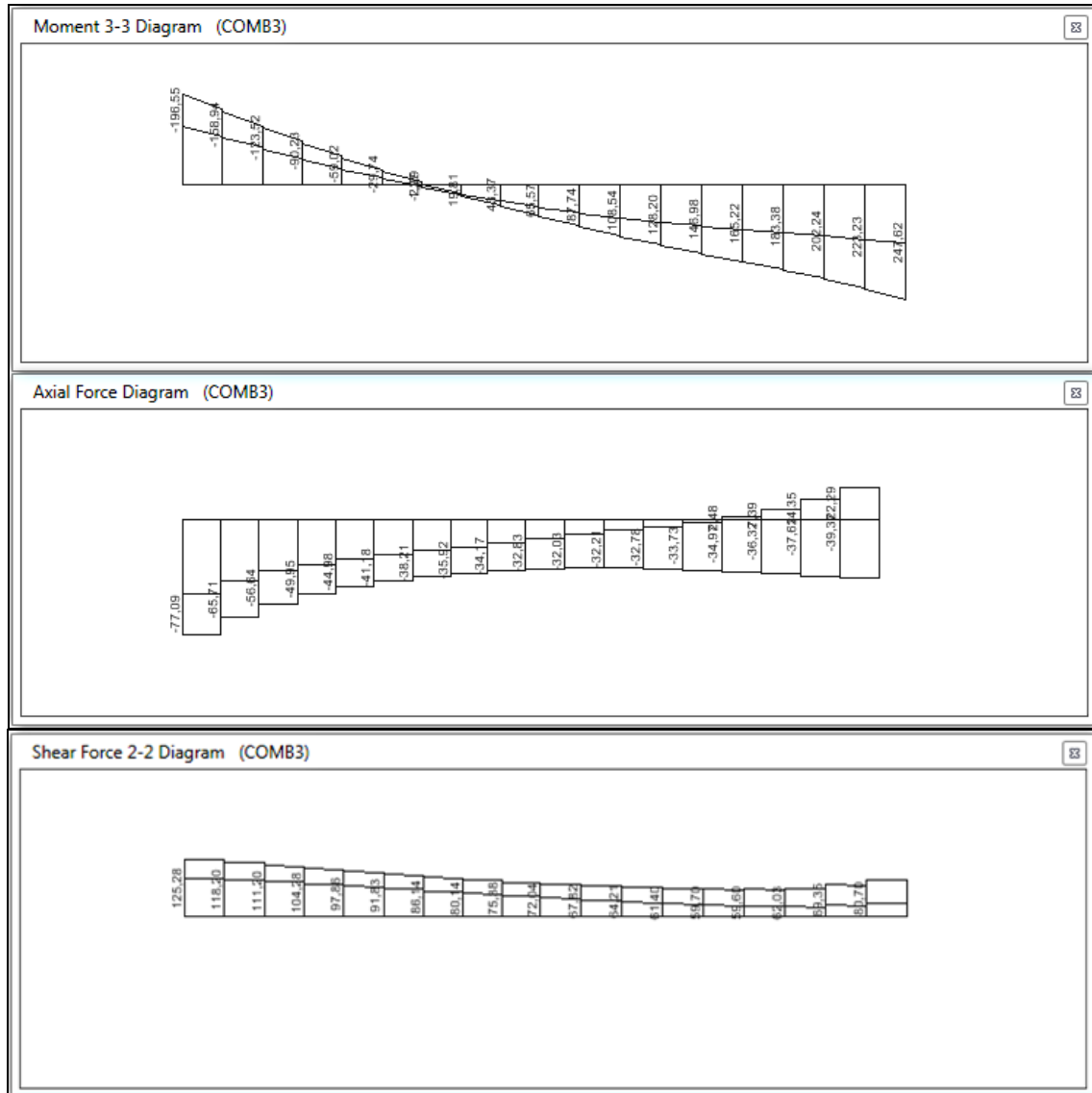


Figura 10.56 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V302

Tabela 10.173 – Dimensionamento à Flexão – V302

Tabela 10.11.3 - Dimensionamento de Fluxos - VGE											
Quantidade:	12	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25					
Inserir	<div>-</div>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500					
			γ_f	1	Es (GPa)	210					
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
2	25	60	4	196	-77	56	2,25	8,10	0,00	14,13	FCGEAS
2	25	60	4	247	22	56	2,25	11,70	0,00	16,03	FTGEAS

Tabela 10.174 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V302

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V _{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V _c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$ -			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	118	V _{Rd2} > V _{sd} OK!		Asw _{min} (cm ² /m)	2,56
Vsd (kN)	118			Asw (cm ² /m)	0,47
				Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.175 – Verificação da Fissuração – V302

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	23,13
h (cm)	60	As _{calc} (cm ²)	11,7	Acr (cm ²)	475
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	21,99	ρ_{ri}	0,0463
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,212
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,103
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.176 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V302

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
8,10	11,70	0,24	0,00	0,00	12,57	21,99	1,57	2,01

Pela tabela 10.176 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.6.3 V309

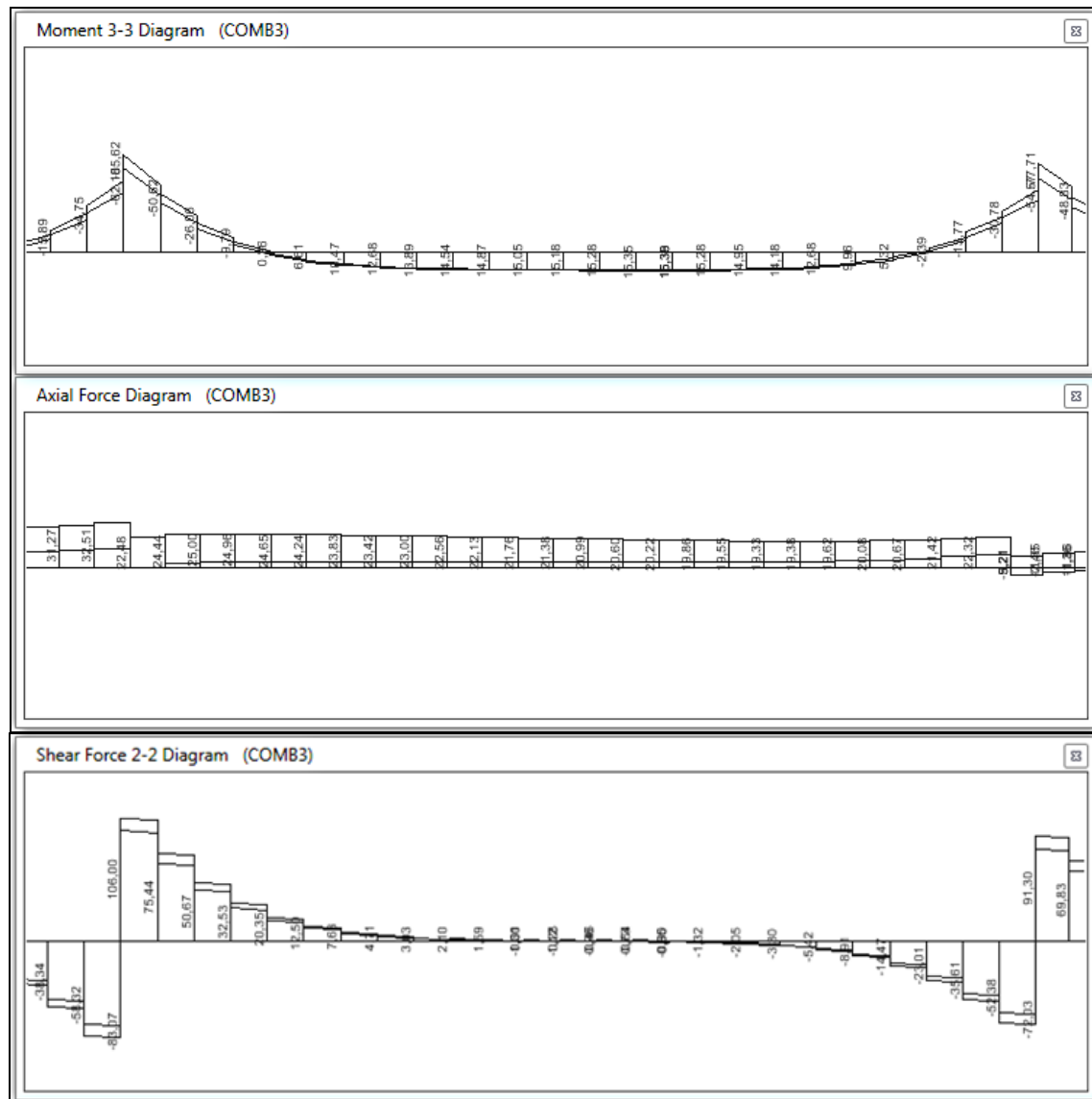


Figura 10.57 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V309

Tabela 10.177 – Dimensionamento à Flexão – V309

Quantidade:	12	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<div>Inserir</div>	<div>-</div>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
9	25	60	4	85	22	56	2,25	3,88	0,00	4,83	FTGEAS
9	25	60	4	15	21	56	2,25	0,88	0,00	0,56	FTGEAS

Tabela 10.178 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V309

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$ - Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	75	$V_{Rd2} > V_{sd}$ OK!		$A_{sw,min}$ (cm ² /m)	2,56
Vsd (kN)	75			A_{sw} (cm ² /m)	-
				Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.179 – Verificação da Fissuração – V309

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	20,98
h (cm)	60	$A_{s,calc}$ (cm ²)	3,88	A_{cr} (cm ²)	400
d' (cm)	4	$A_{s,adot}$ (cm ²)	8,04	ρ_{ri}	0,0201
d (cm)	56			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500	-		wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,139
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,139
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.180 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V309

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
3,88	0,88	0,00	0,00	0,00	8,04	4,02	1,57	2,08

Pela tabela 10.180 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.6.4 V310

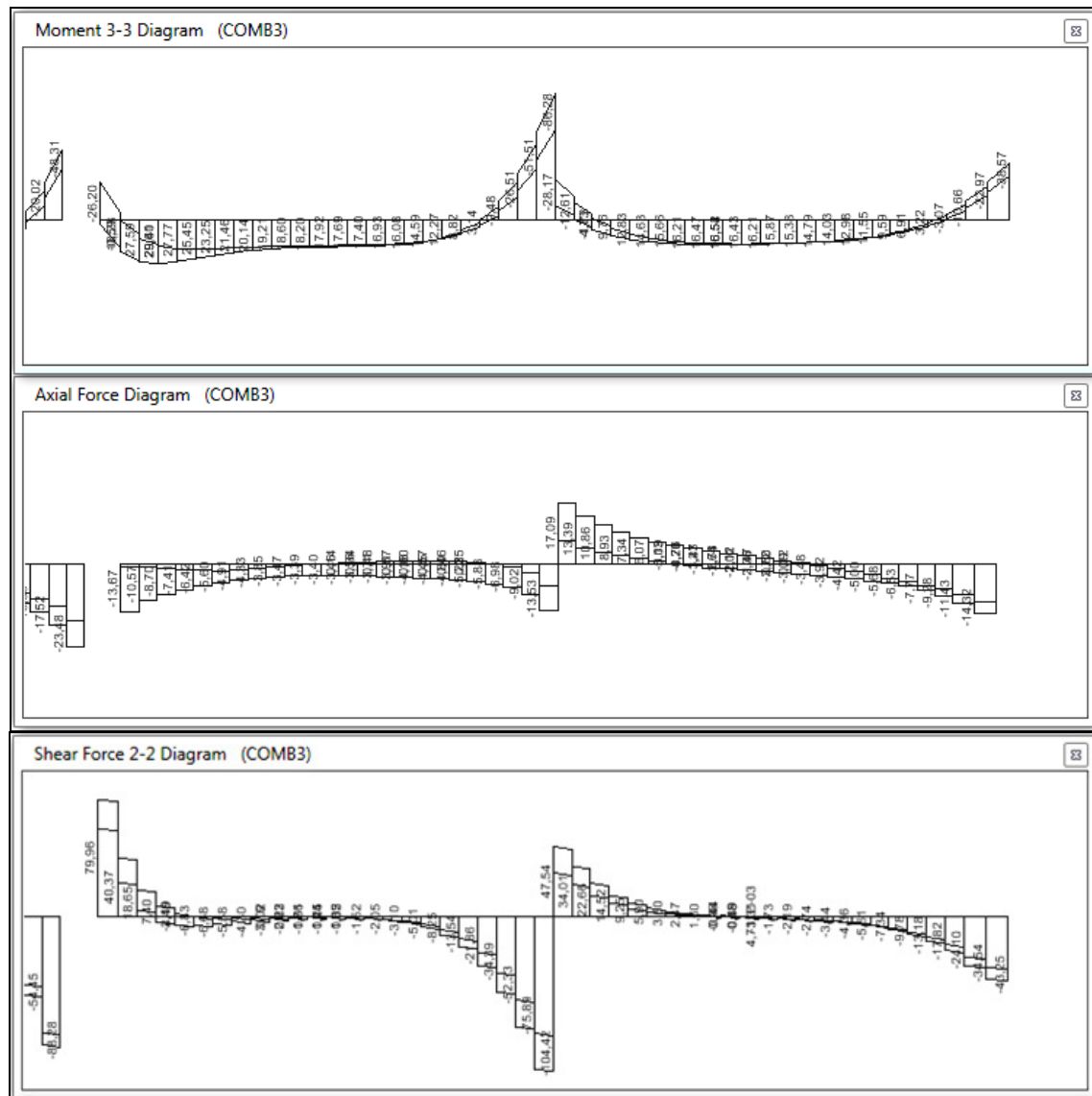


Figura 10.58 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V310

Tabela 10.181 – Dimensionamento à Flexão – V310

Quantidade:	12	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_t	1	E_s (GPa)	210
Inserir		-				

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
10	25	60	4	86	-13	56	2,25	3,52	0,00	5,47	FCGEAS
10	25	60	4	29	-7	56	2,25	1,12	0,00	1,84	FCGEAS

Tabela 10.182 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V310

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$ - Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	75	$V_{Rd2} > V_{sd}$	OK!	$A_{sw,min}$ (cm ² /m)	2,56
Vsd (kN)	75			A_{sw} (cm ² /m)	-
				Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.183 – Verificação da Fissuração – V310

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	15,23
h (cm)	60	$A_{s,calc}$ (cm ²)	3,52	Acr (cm ²)	400
d' (cm)	4	$A_{s,adot}$ (cm ²)	10,05	ρ_{ri}	0,0251
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500	-		wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,073
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,084
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.184 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V310

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
3,52	1,12	0,00	0,00	0,00	10,05	6,03	1,57	2,49

Pela tabela 10.184 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.6.5 V311

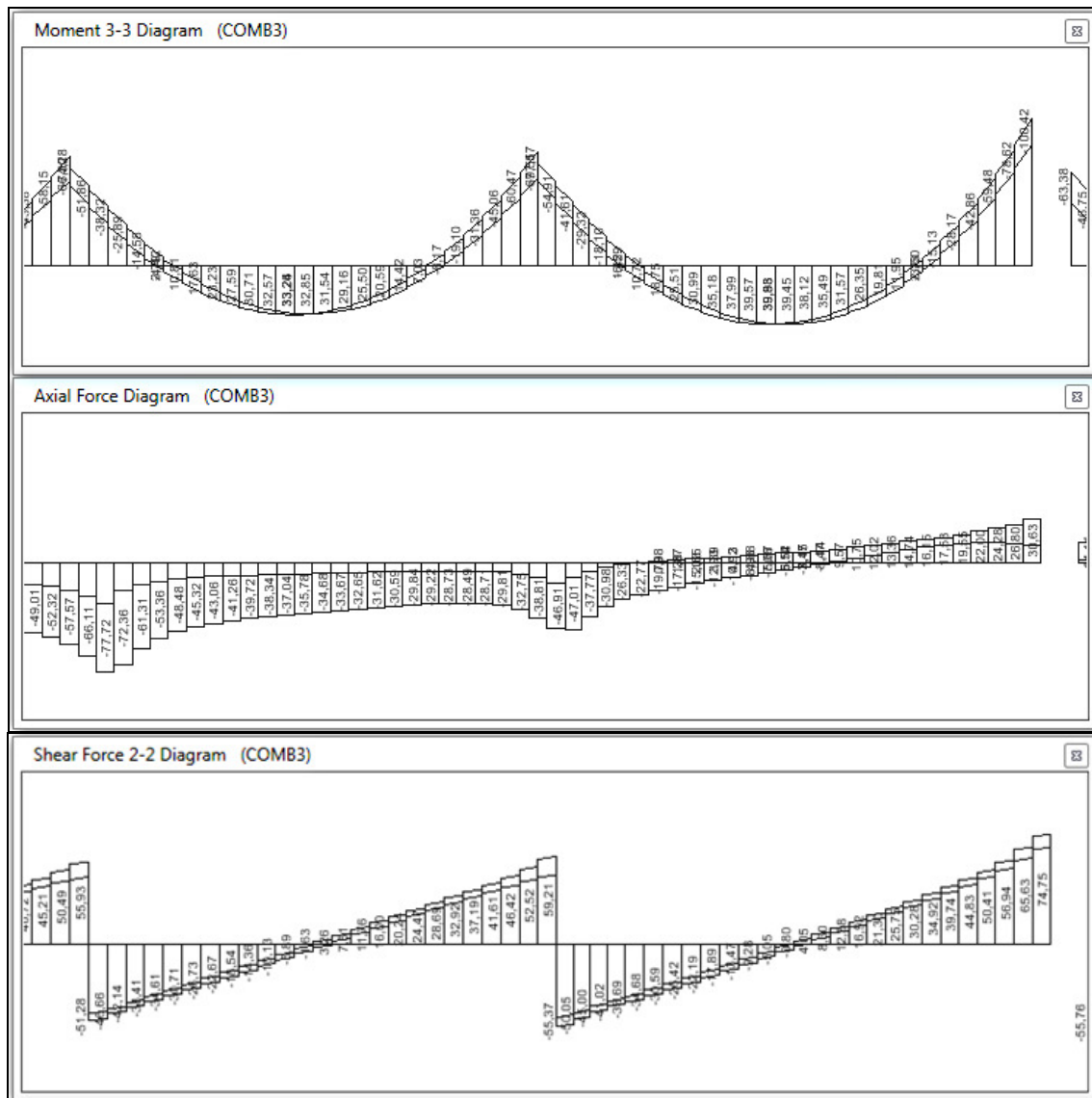


Figura 10.59 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V311

Tabela 10.185 – Dimensionamento à Flexão – V311

Quantidade:	12	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_t	1	Es (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
11	25	60	4	100	30	56	2,25	4,64	0,00	5,65	FTGEAS
11	25	60	4	39	-6	56	2,25	1,56	0,00	2,43	FCGEAS

Tabela 10.186 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V311

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd(MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	65	V_{Rd2}	>	V_{sd}	Asw,min (cm ² /m) 2,56
Vsd (kN)	65	OK!			Asw (cm ² /m) -
					Smáx (cm) 30,00

Tabela 10.187 – Verificação da Fissuração – V311

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	33,46
h (cm)	60	As _{calc} (cm ²)	4,64	Acr (cm ²)	400
d' (cm)	4	As _{adot} (cm ²)	6,03	ρ_{ri}	0,0151
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500	-		wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,355
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,281
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.188 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V311

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
4,64	1,56	0,00	0,00	0,00	6,03	4,02	1,57	1,39

Pela tabela 10.188 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.6.6 V312

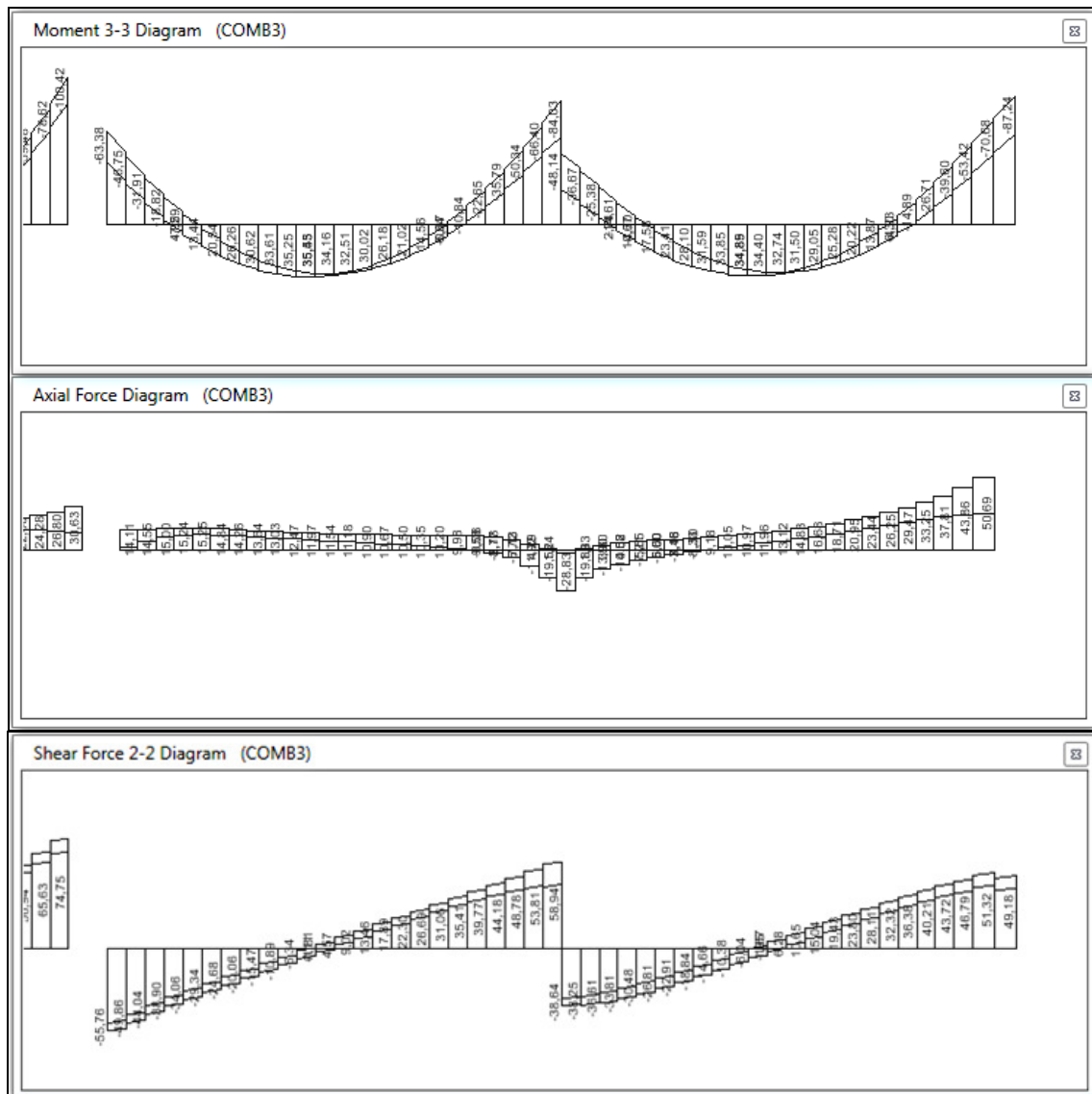


Figura 10.60 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V312

Tabela 10.189 – Dimensionamento à Flexão – V312

Tabela 10.103 - Dimensionamento de Fluxos - V0.12											
Quantidade:	12	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25					
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500					
<div>Inserir</div>		<div>-</div>	γ_t	1	E_s (GPa)	210					
Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
12	25	60	4	84	-28	56	2,25	3,26	0,00	5,59	FCGEAS
12	25	60	4	35	12	56	2,25	1,60	0,00	1,90	FTGEAS

Tabela 10.190 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V312

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	25	fck (MPa)	25	fctd (MPa)	1,28
h (cm)	60	fyk (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	607,50
d (cm)	56	γ_s	1,15	V_c (kN)	107,73
		γ_f	1		
		Modelo I $\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
Vk (kN)	53	$V_{Rd2} > V_{sd}$	OK!	$A_{sw,min}$ (cm ² /m)	2,56
Vsd (kN)	53			A_{sw} (cm ² /m)	-
				Smáx (cm)	30,00

Tabela 10.191 – Verificação da Fissuração – V312

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	25	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	23,51
h (cm)	60	$A_{s,calc}$ (cm ²)	3,26	A_{cr} (cm ²)	400
d' (cm)	4	$A_{s,adot}$ (cm ²)	6,03	ρ_i	0,0151
d (cm)	56			fct,m (MPa)	2,565
2. Características do Material		-		5. Verificação da Fissuração	
fyk (MPa)	500			wk (mm)	0,3
η_i	2,25	Calcular		w1 (mm)	0,175
Esi (MPa)	210000			w2 (mm)	0,198
fck (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.192 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V312

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)	Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
3,26	1,60	0,00	0,00	0,00	6,03	4,02	1,57	1,39

Pela tabela 10.192 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.7. VIGAS DA EL. 374,60

10.7.1 V401 e V402

Para o Dimensionamento das Vigas V401 e V402, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V402, que é a crítica entre as Vigas citadas.

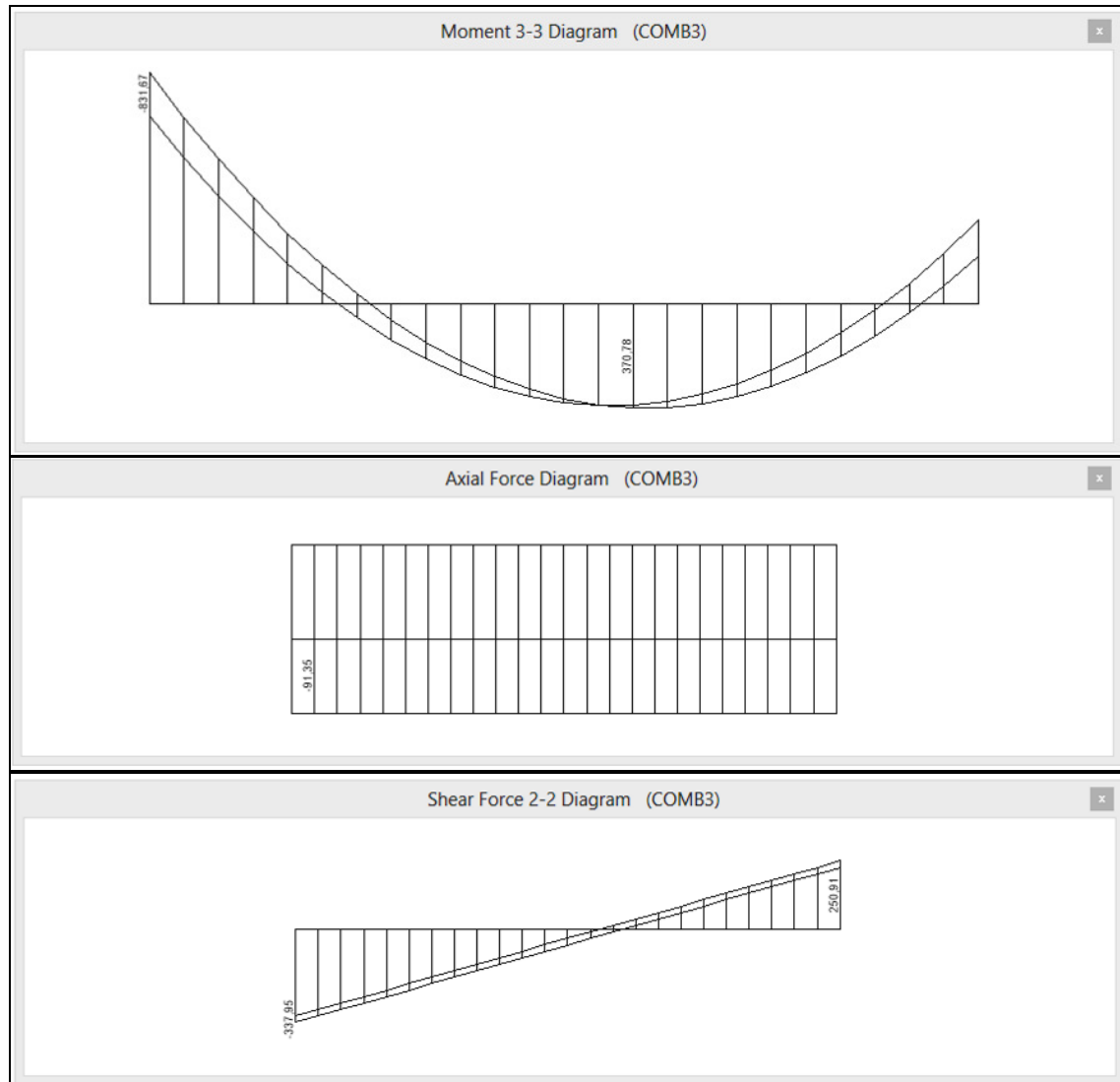


Figura 10.61 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V402

Considerando a redistribuição de esforços, ambos os momentos superiores ficariam equilibrados em 445kN-m, que é o momento máximo superior resistente segundo a armadura adotada, transmitindo-se momento tanto para a armadura superior como para a inferior, com momento positivo de 330kN-m, Figura 10.62 e Figura 10.63.

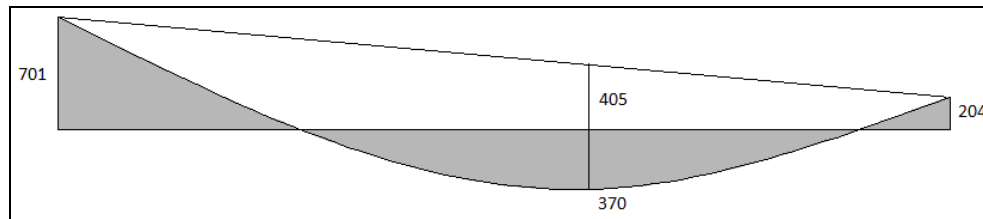


Figura 10.62 – Diagrama de Momento Fletor Elástico (Face do Pilar)

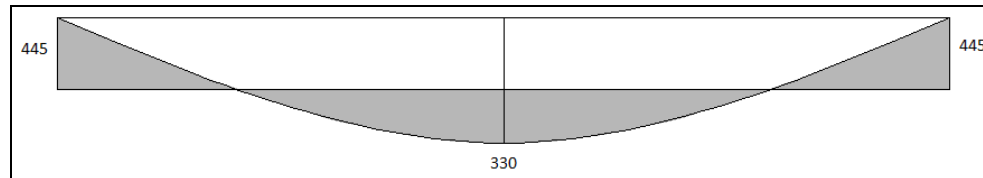


Figura 10.63 – Diagrama de Momento Fletor Redistribuído (Face do Pilar)

Tabela 10.193 – Dimensionamento à Flexão – V402

Quantidade:	6	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
2	50	100	4	445	-91	96	7,50	10,01	0,00	8,67	FCGEAS
2	50	100	4	330	-91	96	7,50	7,07	0,00	6,56	FCGEAS

Tabela 10.194 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V402

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	f_{ctd} (MPa)	1,28
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	V_{Rd2} (kN)	2082,86
d (cm)	96	γ_s	1,15	V_c (kN)	369,35
		γ_f	1		
		Modelo I			
		$\theta = 45^\circ$			
		-			
		Calcular			
3. Esforços Atuantes		5. Armadura			
V_k (kN)	337	V_{Rd2}	>	V_{sd}	As_{wmin} (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	337	OK!			5,13
					As_w (cm ² /m)
					-
					Sm_{\max} (cm)
					30,00

Tabela 10.195 – Verificação da Fissuração – V402

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	30,59
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	7,07	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	10,05	ρ_{ri}	0,0126
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,296
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,301
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.196 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V402

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
10,01	7,07	0,00	0,00	0,00	10,05	10,05	6,14	4,02

Pela tabela 10.196 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.7.2 V404 e V406

Para o Dimensionamento das Vigas V404 e V406, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V404, que é a crítica entre as Vigas citadas.

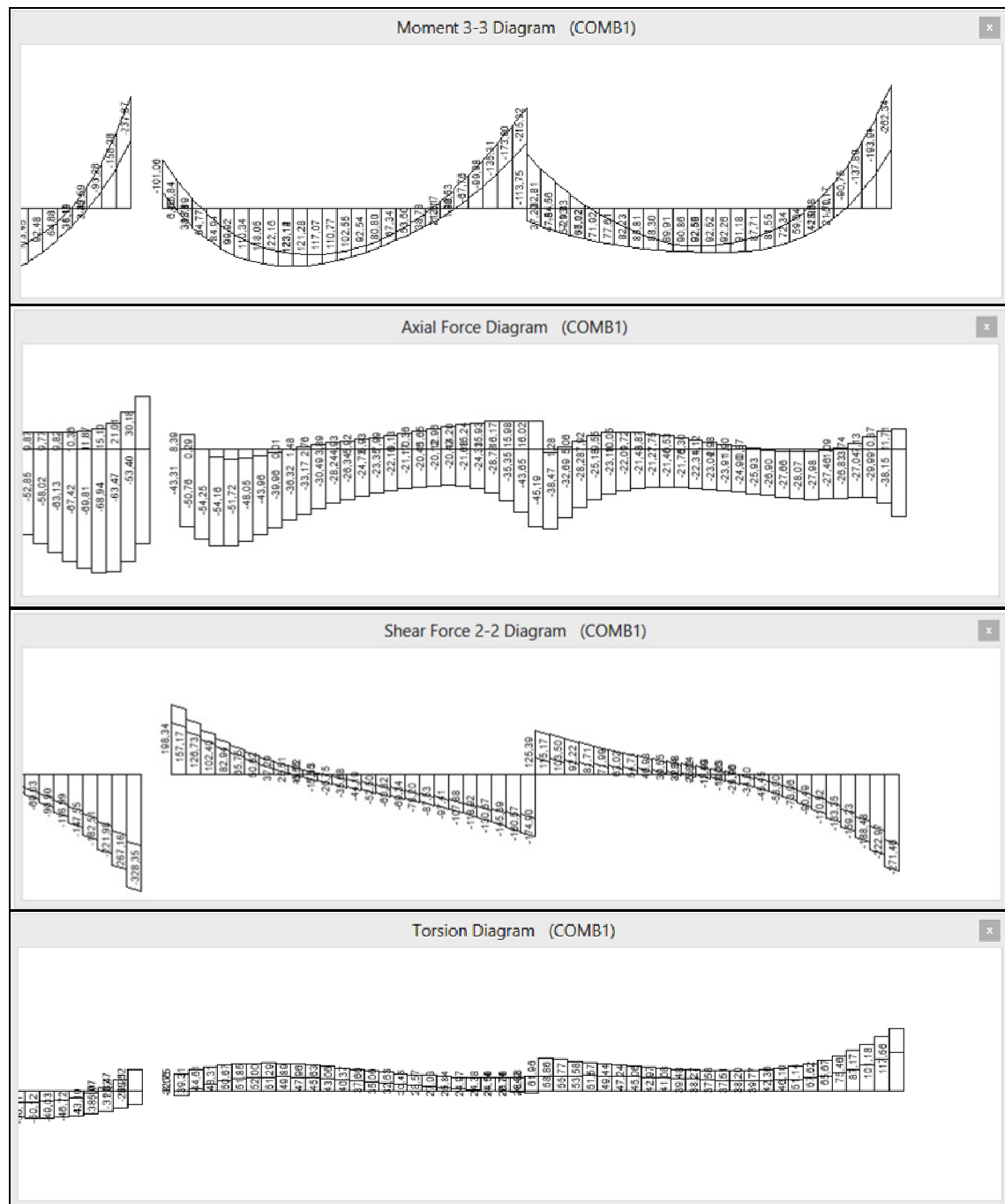


Figura 10.64 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V404

Tabela 10.197 – Dimensionamento à Flexão – V404

Quantidade:	6	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	Es (GPa)	210
Inserir	-					

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
4	50	100	4	262	11	96	7,50	6,53	0,00	4,49	FTGEAS
4	50	100	4	123	2	96	7,50	3,00	0,00	2,11	FTGEAS

Tabela 10.198 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V404

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	222	$V_{Rd2} > V_{sd}$		$A_{sw,min}$ (cm ² /m)	5,13
V_{sd} (kN)	222	OK!		A_{sw} (cm ² /m)	-
				$S_{máx}$ (cm)	30,00

Tabela 10.199 – Dimensionamento à Torção – V404

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,30$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm ²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,30 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00	Tk (kN)	101	OK!	
Ae (cm ²)	3888,889	Vk (kN)	222		5. Armadura
ue (cm)	233,3333	Tsd (kN)	101	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{90} (cm ² /m)
he (cm)	16,67	V_{sd} (kN)	222	OK!	Asl (cm ²)
θ (°)	45				

Tabela 10.200 – Verificação da Fissuração – V404

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	35,31
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	6,53	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	ρ_{ri}	0,0101
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,4
η_i	2,25	Calcular		w_1 (mm)	0,395
E_{si} (MPa)	210000			w_2 (mm)	0,424
f_{ck} (MPa)	25			OK!	

Tabela 10.201 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V404

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
6,53	3,00	0,00	6,97	2,99	8,04	8,04	6,14	4,02

Pela tabela 10.201 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.7.3 V403 e V405

Para o Dimensionamento das Vigas V403 e V405, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V405, que é a crítica entre as Vigas citadas.

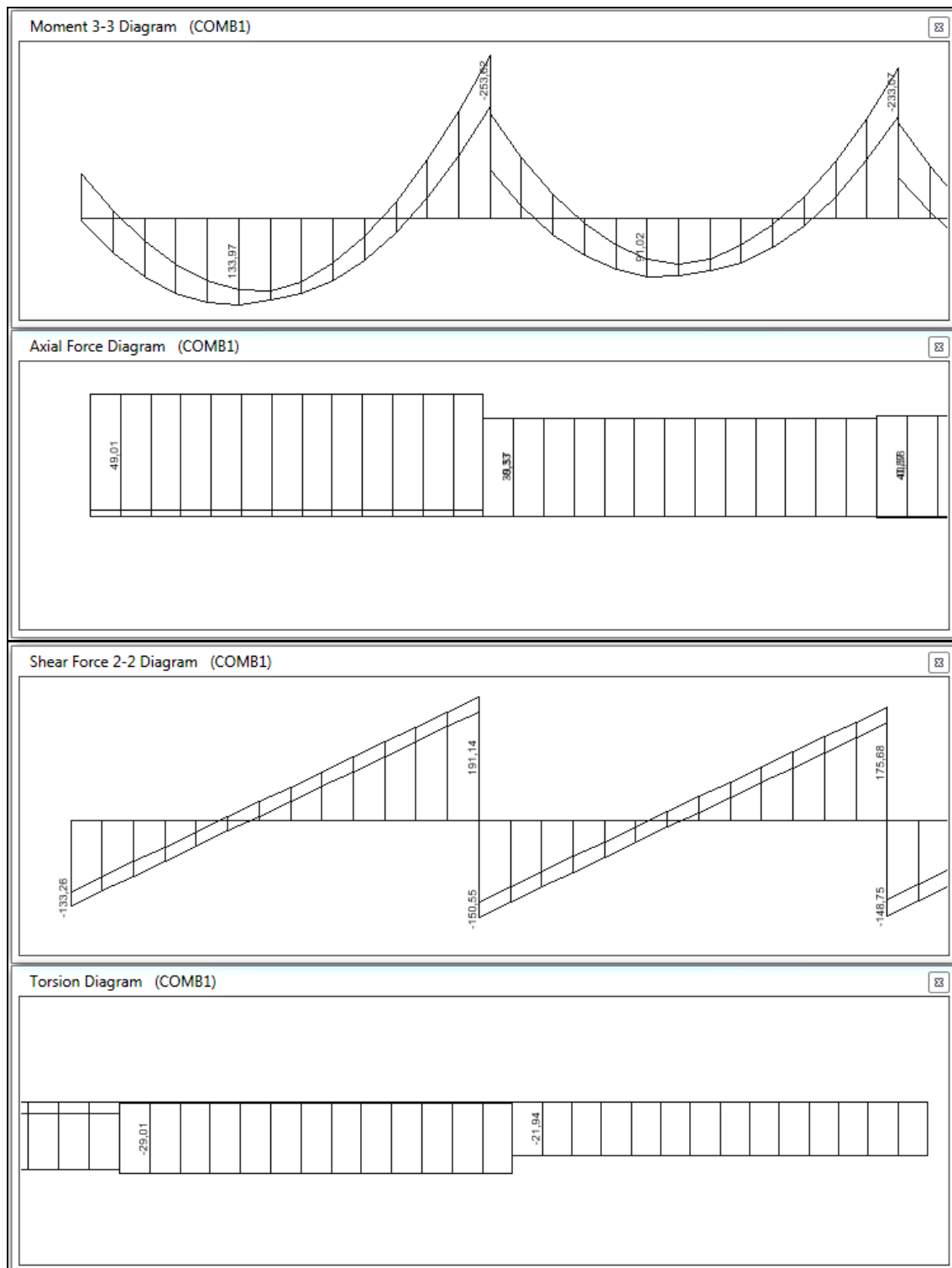


Figura 10.65 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V405

Tabela 10.202 – Dimensionamento à Flexão – V405

Quantidade:	6	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
5	50	100	4	253	49	96	7,50	6,74	0,00	4,02	FTGEAS
5	50	100	4	133	49	96	7,50	3,79	0,00	1,91	FTGEAS

Tabela 10.203 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V405

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	191	$V_{Rd2} > V_{sd}$	Asw_{min} (cm²/m)
V_{sd} (kN)	191	OK!	Asw (cm²/m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.204 – Dimensionamento à Torção – V405

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,14$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,14 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	3888,889	Tk (kN)	29		
ue (cm)	233,3333	Vk (kN)	179		
he (cm)	16,67	Tsd (kN)	29	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	5. Armadura
θ (°)	45	Vsd (kN)	179	OK!	A_{90} (cm²/m)
					Asl (cm²)

Tabela 10.205 – Verificação da Fissuração – V405

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	20,50
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	3,79	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	8,04	p_{ri}	0,0101
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,133
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,246
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.206 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V405

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
6,74	3,79	0,00	2,00	0,86	8,04	8,04	6,14	4,02

Pela tabela 10.206 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.8. VIGAS DA EL. 377,75

10.8.1 V501

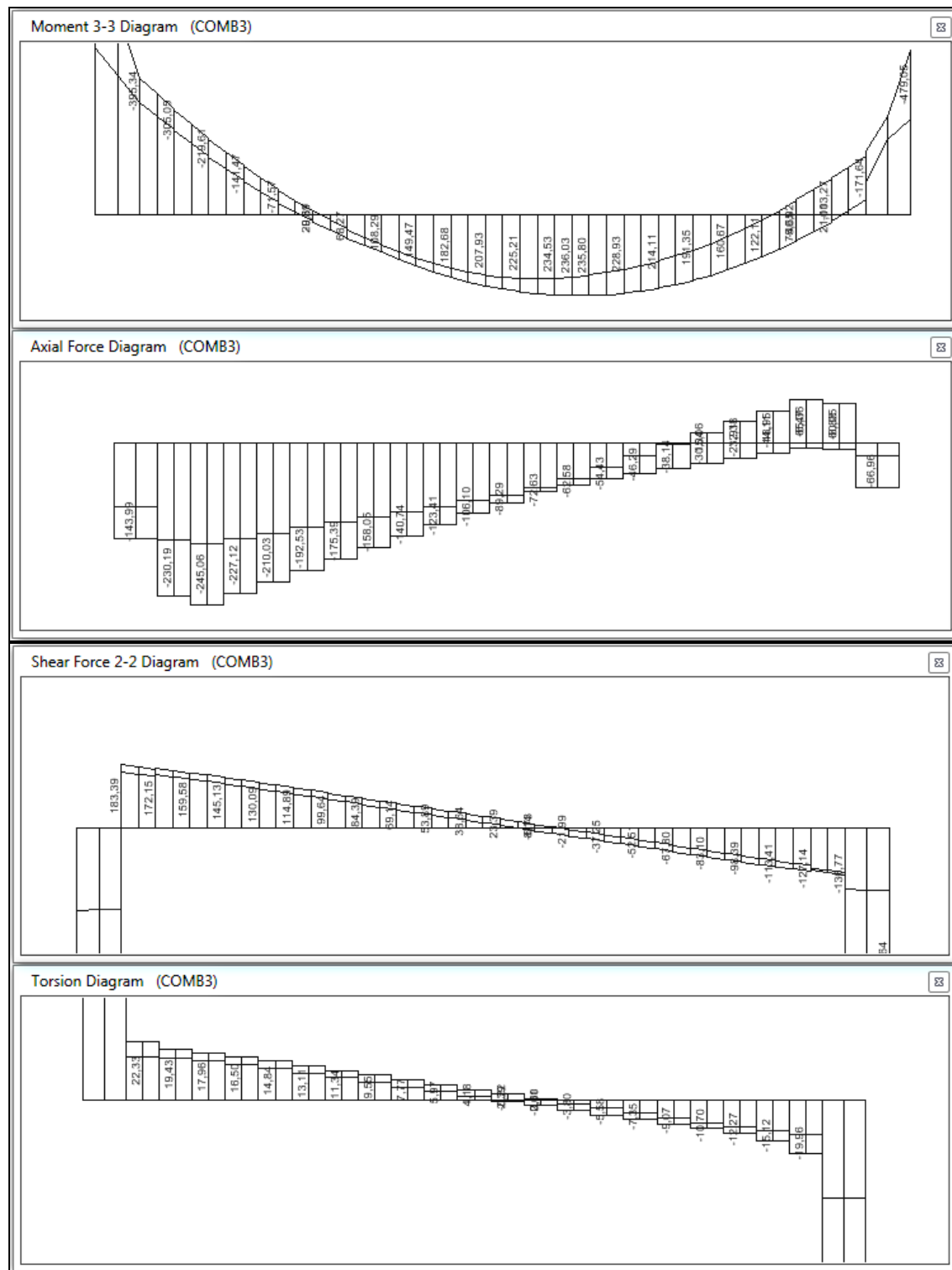


Figura 10.66 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB3 – V501

Tabela 10.207 – Dimensionamento à Flexão – V501

Quantidade:	8	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="text" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
1	40	100	4	395	-230	96	6,00	7,30	0,00	11,27	FCGEAS
1	40	100	4	236	-62	96	6,00	5,07	0,00	5,81	FCGEAS

Tabela 10.208 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V501

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	40	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	<input type="text" value="-"/>	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	183	$V_{Rd2} > V_{sd}$	Asw_{min} (cm²/m)
V_{sd} (kN)	183	OK!	Asw (cm²/m)
			$Smáx$ (cm)

Tabela 10.209 – Dimensionamento à Torção – V501

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	40	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,17$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	4000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	280				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	14,29	3. Esforços Atuantes		0,17 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	3183,673	Tk (kN)	22		
ue (cm)	222,8571	Vk (kN)	183		
he (cm)	14,29	Tsd (kN)	22	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	A_{g0} (cm²/m)
θ (°)	45	Vsd (kN)	183	OK!	Asl (cm²)

5. Armadura	
A_{g0} (cm²/m)	0,79
Asl (cm²)	1,77

Tabela 10.210 – Verificação da Fissuração – V501

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	40	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	31,58
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	7,3	A_{cr} (cm ²)	640
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	10,05	ρ_{ri}	0,0157
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,316
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,256
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.211 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V501

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
7,30	5,07	0,00	1,77	0,79	10,05	12,06	4,91	7,85

Pela tabela 10.211 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.8.2 V502 e V504

Para o Dimensionamento das Vigas V502 e V504, (que têm mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V502, que é a crítica entre as Vigas citadas.

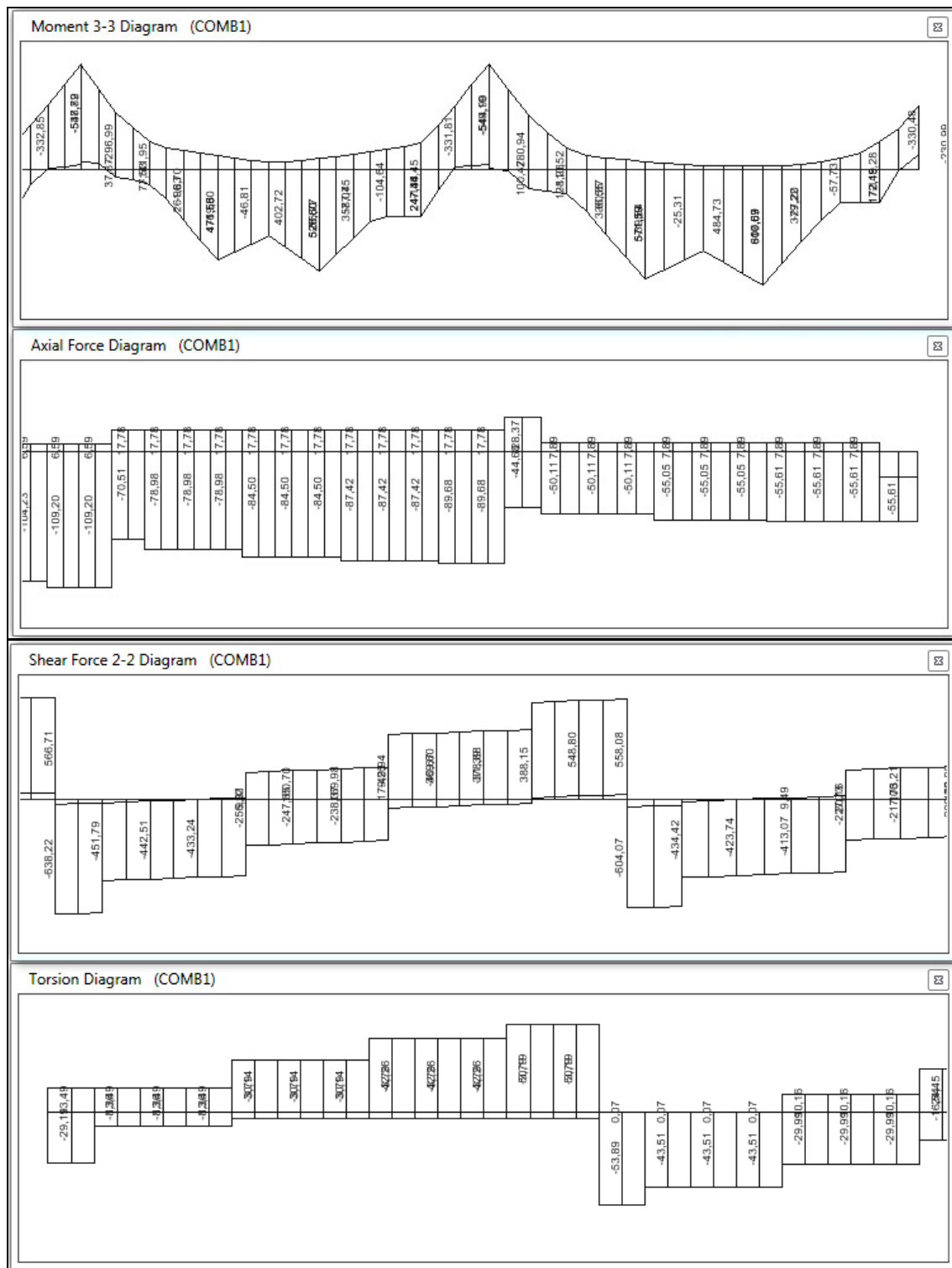


Figura 10.67 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V502

Tabela 10.212 – Dimensionamento à Flexão – V502

Quantidade:	8	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	Es (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
2	50	100	4	549	-89	96	7,50	12,74	0,00	10,59	FCGEAS
2	50	100	4	600	-55	96	7,50	14,45	0,00	11,26	FCGEAS
2	50	100	4	549	-89	96	7,50	12,74	0,00	10,59	FCGEAS
2	50	100	4	526	-84	96	7,50	12,19	0,00	10,11	FCGEAS

Tabela 10.213 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V502

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	638	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm²/m)
V_{sd} (kN)	638	OK!	A_{sw} (cm²/m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.214 – Dimensionamento à Torção – V502

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,29$	f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15		T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,29 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	3888,889	T_k (kN)	43		5. Armadura
ue (cm)	233,3333	V_k (kN)	434		A_{g0} (cm²/m)
he (cm)	16,67	T_{sd} (kN)	43	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	1,27
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	434	OK!	A_{sl} (cm²)
					2,97

Tabela 10.215 – Verificação da Fissuração – V502

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	39,99
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	14,45	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	15,71	ρ_{ri}	0,0165
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,4
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,633
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,388
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.216 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V502

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
12,74	14,45	3,58	2,97	1,27	12,57	15,71	6,14	5,74

Pela tabela 10.216 mostrada, nota-se que a armadura superior calculada excedeu a adotada. Contudo, sabendo que com a plastificação da seção, os esforços superiores podem se redistribuir, transmitindo momento para a armadura inferior, com taxa suficiente, pode-se concluir que as armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.8.3 V503 e V505

Para o Dimensionamento das Vigas V503 e V505, (que têm mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V503, que é a crítica entre as Vigas citadas.

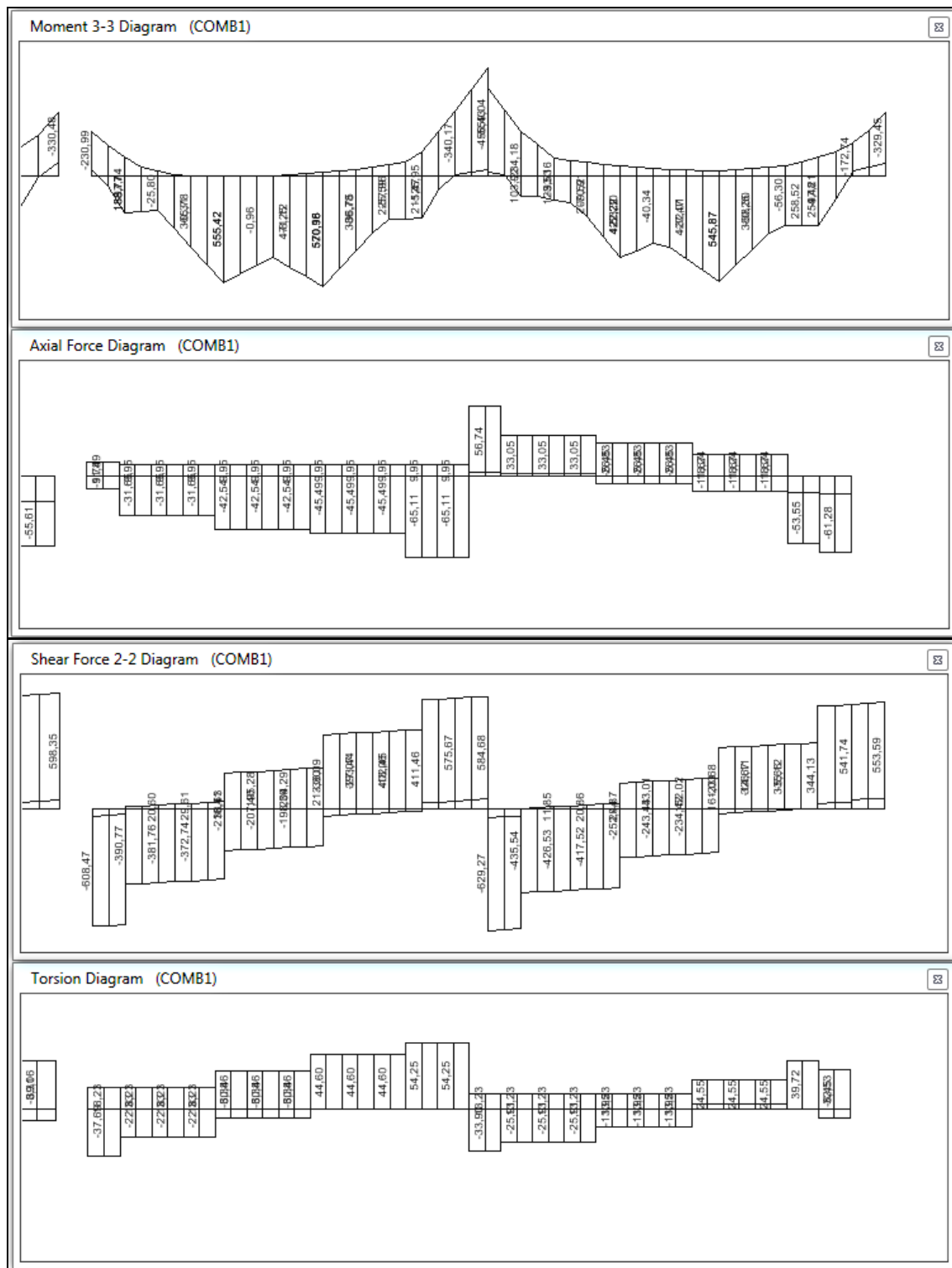


Figura 10.68 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V503

Tabela 10.217 – Dimensionamento à Flexão – V503

Quantidade:	8	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210
Inserir		-				

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
3	50	100	4	559	56	96	7,50	14,59	0,00	9,53	FTGEAS
3	50	100	4	570	-45	96	7,50	13,77	0,00	10,60	FCGEAS

Tabela 10.218 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V503

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	96	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	Calcular	
3. Esforços Atuantes				5. Armadura	
V_k (kN)	629	$V_{Rd2} > V_{sd}$		As_{wmin} (cm²/m)	
V_{sd} (kN)	629	OK!		As_w (cm²/m)	
				Sm_{\max} (cm)	

Tabela 10.219 – Dimensionamento à Torção – V503

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	100	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,38$	T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	5000	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	300				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	16,67	3. Esforços Atuantes		0,38 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm²)	3888,889	T_k (kN)	54	5. Armadura	
ue (cm)	233,3333	V_k (kN)	584	A_{g0} (cm²/m)	
he (cm)	16,67	T_{sd} (kN)	54	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	Asl (cm²)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	584	OK!	

Tabela 10.220 – Verificação da Fissuração – V503

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	40,38
h (cm)	100	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	14,59	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	15,71	ρ_{ri}	0,0165
d (cm)	96			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,4
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,646
E_s (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,392
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.221 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V503

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
14,59	13,77	3,46	3,73	1,60	15,71	15,71	6,14	5,74

Pela tabela 10.221 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.9. VIGAS DA EL. 382,10 (VIGAS DA COBERTURA)

10.9.1 V601 e V608

Para o Dimensionamento das Vigas V601 e V608, (que têm mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V601, que é a crítica entre as Vigas citadas.

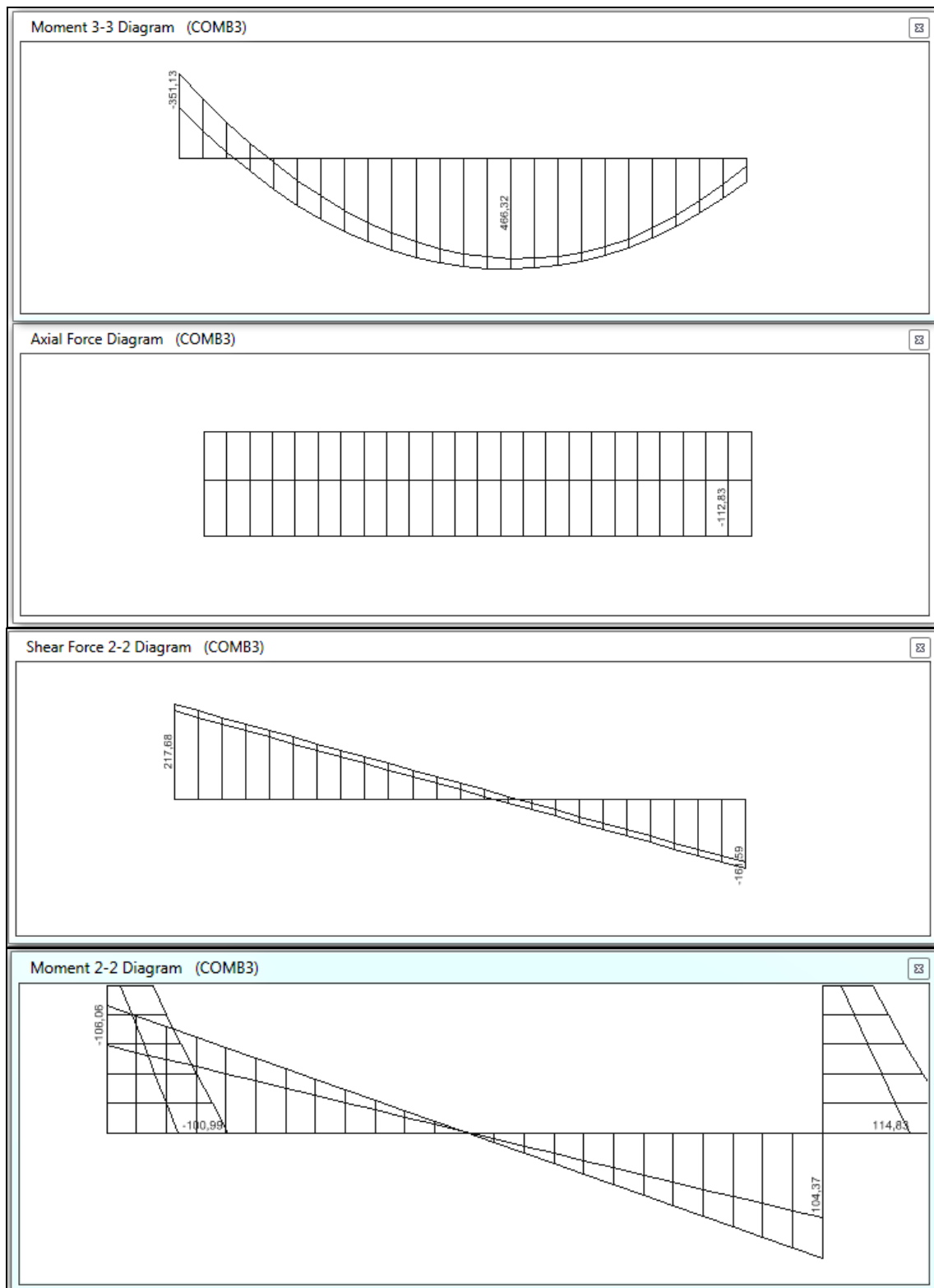


Figura 10.69 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V601

Tabela 10.222 – Dimensionamento à Flexão – V601

Quantidade:	11	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
			γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
<div>Inserir</div>	<div>-</div>		γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
1	25	300	4	351	-112	296	11,25	1,45	0,00	5,77	FCGEAS
1	25	300	4	466	-112	296	11,25	2,36	0,00	7,07	FCGEAS
1	300	25	4	106	-112	21	11,25	10,46	0,00	1,56	FCGEAS

Tabela 10.223 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V601

1. Dados da Peça	2. Dados do Material	4. Dados Intermediários
b (cm) 25	f_{ck} (MPa) 25	f_{ctd} (MPa) 1,28
h (cm) 300	f_{yk} (MPa) 500	α_{v2} 0,90
d' (cm) 4	γ_c 1,4	V_{Rd2} (kN) 3211,07
d (cm) 296	γ_s 1,15	V_c (kN) 569,42
	γ_f 1	
	Modelo I $\theta = 45^\circ$	
	-	
	Calcular	
3. Esforços Atuantes	5. Armadura	
V_k (kN) 217	$V_{Rd2} > V_{sd}$ OK!	$A_{sw_{min}}$ (cm ² /m) 2,56
V_{sd} (kN) 217		A_{sw} (cm ² /m) -
		$S_{máx}$ (cm) 30,00

Tabela 10.224 – Verificação da Fissuração – V601

1. Dados Geométricos	3. Detalhamento da Armadura	4. Cálculos Intermediários
b (cm) 25	ϕ_i (mm) 16	σ_{si} (kN/cm ²) 8,51
h (cm) 300	$A_{s_{calc}}$ (cm ²) 2,36	A_{cr} (cm ²) 400
d' (cm) 4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²) 12,06	ρ_{ri} 0,0302
d (cm) 296		$f_{ct,m}$ (MPa) 2,565
2. Características do Material	5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa) 500	-	w_k (mm) 0,3
η_i 2,25	Calcular	w_1 (mm) 0,023
E_{si} (MPa) 210000		w_2 (mm) 0,041
f_{ck} (MPa) 25		OK!

Tabela 10.225 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V601

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
1,45	2,36	0,00	0,00	0,00	6,03	12,06	7,04	2,51

Pela tabela 10.225 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.9.2 V602, V603, V604, V605, V606 e V607

Para o Dimensionamento das Vigas V602, V603, V604, V605, V606 e V607, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V604, que é a crítica entre as Vigas citadas.

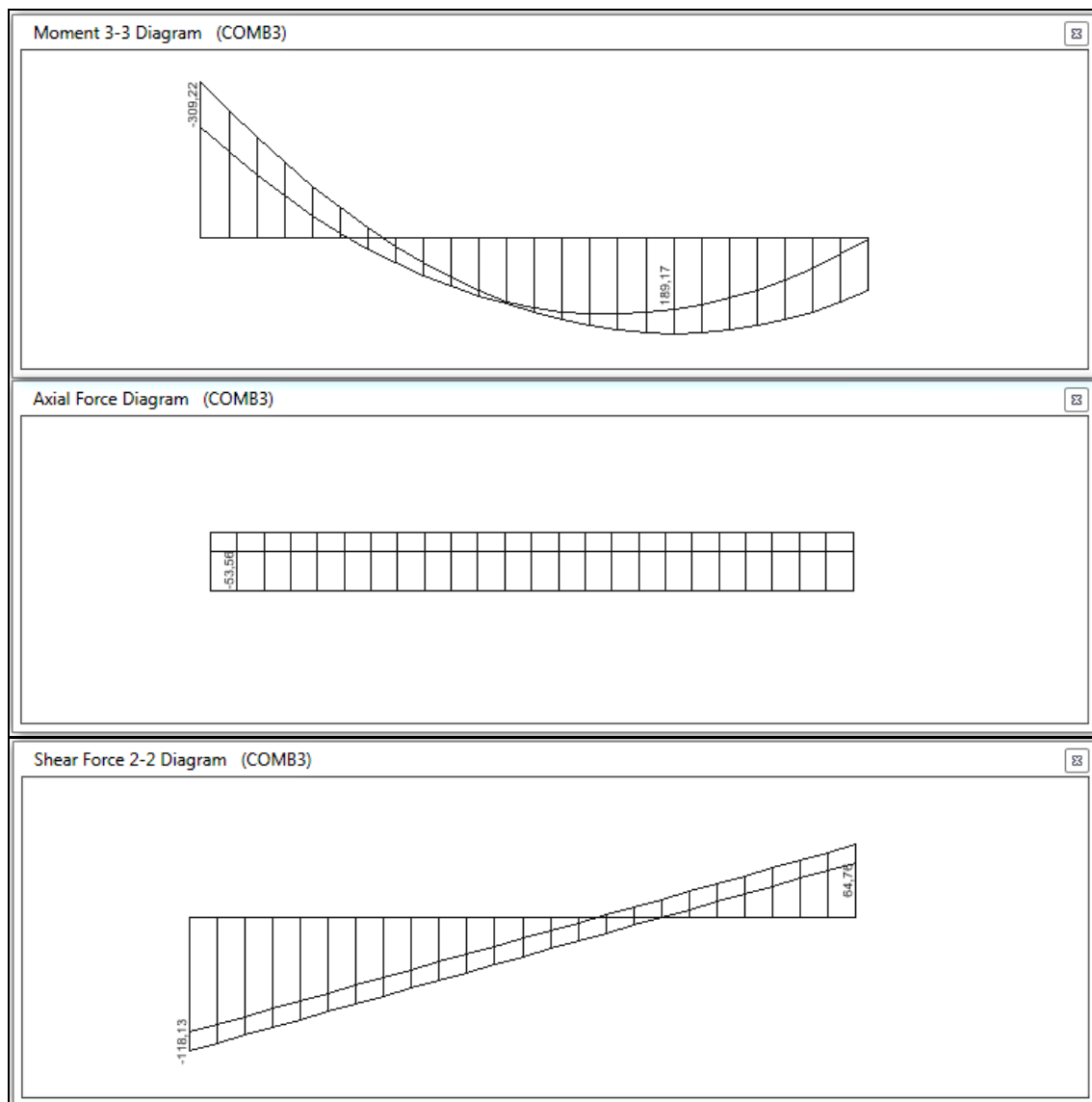


Figura 10.70 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial e Cisalhamento – COMB3 – V604

Tabela 10.226 – Dimensionamento à Flexão – V604

Quantidade:	11	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
Inserir	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
4	50	80	4	309	-53	76	6,00	9,11	0,00	7,40	FCGEAS
4	50	80	4	189	-53	76	6,00	5,24	0,00	4,62	FCGEAS

Tabela 10.227 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V604

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários		
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)	1,28
h (cm)	80	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}	0,90
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)	1648,93
d (cm)	76	γ_s	1,15	Calcular	V_c (kN)	292,41
		γ_f	1			

3. Esforços Atuantes		5. Armadura		
V_k (kN)	118	$V_{Rd2} > V_{sd}$	ASw_{min} (cm ² /m)	5,13
V_{sd} (kN)	118	OK!	ASw (cm ² /m)	-
			$Smáx$ (cm)	30,00

Tabela 10.228 – Verificação da Fissuração – V604

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	16	σ_{si} (kN/cm ²)	18,89
h (cm)	80	AS_{calc} (cm ²)	5,24	A_{cr} (cm ²)	800
d' (cm)	4	AS_{adot} (cm ²)	12,06	ρ_{ri}	0,0151
d (cm)	76			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565

2. Características do Material		5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500	w_k (mm)	0,3
η_i	2,25	w_1 (mm)	0,113
E_{si} (MPa)	210000	w_2 (mm)	0,159
f_{ck} (MPa)	25		OK!

Tabela 10.229 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V604

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
9,11	5,24	0,00	0,00	0,00	8,04	12,06	2,01	4,02

Pela tabela 10.229 mostrada, nota-se que a armadura superior calculada excedeu a adotada. Contudo, sabendo que com a plastificação da seção, os esforços superiores podem se redistribuir, transmitindo momento para a armadura inferior, com taxa suficiente, pode-se concluir que as armaduras adotadas atendem ao dimensionamento.

10.9.3 V609 e V611

Para o Dimensionamento das Vigas V609 e V611, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V609, que é a crítica entre as Vigas citadas.

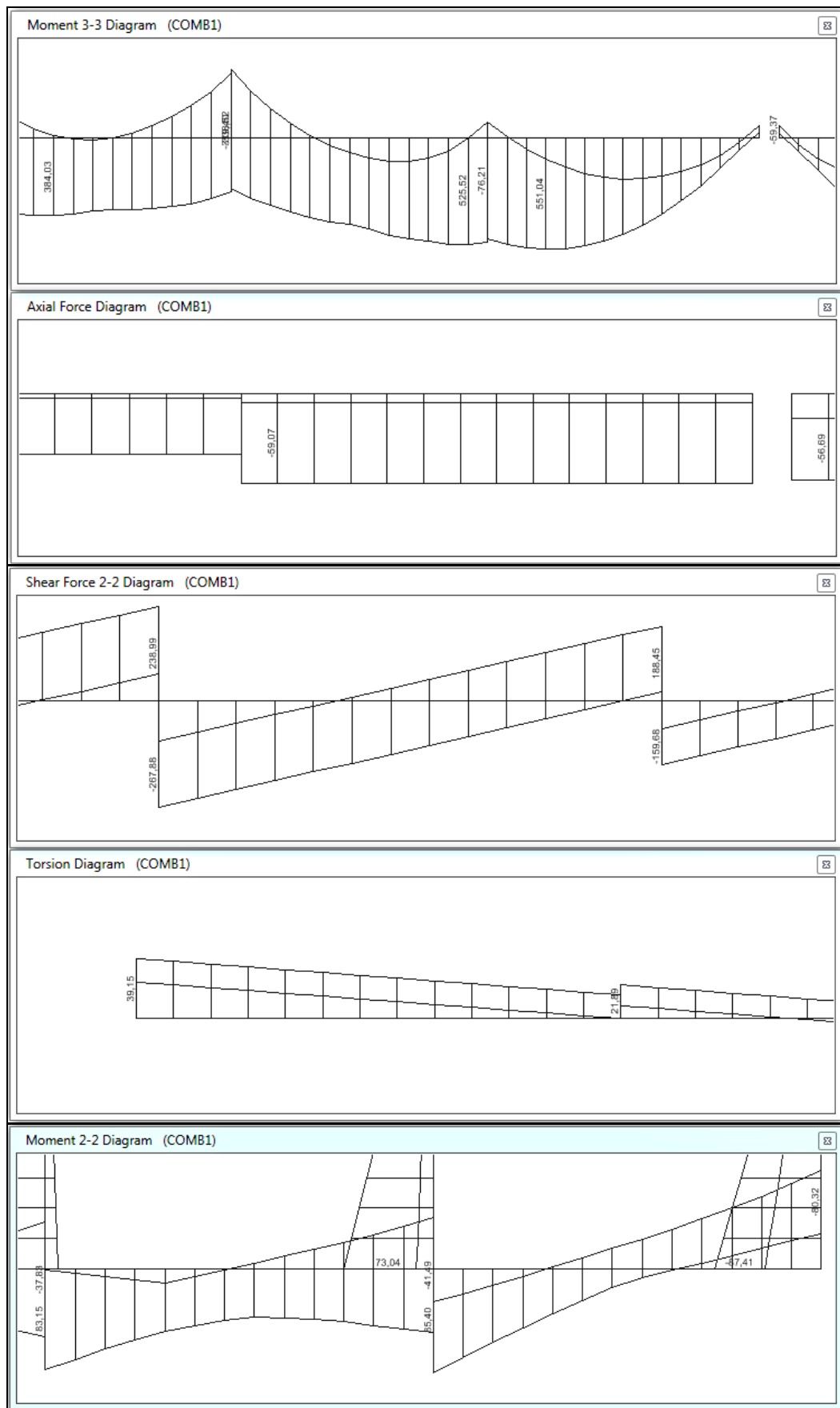


Figura 10.71 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V609

Tabela 10.230 – Dimensionamento à Flexão – V609

Quantidade:	11	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	<input type="button" value="-"/>		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm²)	As (cm²)	As' (cm²)	x (cm)	Caso
9	50	170	4	338	-39	166	12,75	4,27	0,00	3,70	FCGEAS
9	50	170	4	551	-59	166	12,75	7,06	0,00	6,03	FCGEAS
9	170	50	4	85	-39	46	12,75	3,80	0,00	0,99	FCGEAS

Tabela 10.231 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V609

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	170	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	166	γ_s	1,15	<input type="button" value="Calcular"/>	V_c (kN)
		γ_f	1		

3. Esforços Atuantes		$V_{Rd2} > V_{sd}$ OK!		5. Armadura	
Vk (kN)	267			$A_{sw,min}$ (cm²/m)	5,13
Vsd (kN)	267			A_{sw} (cm²/m)	-
				$S_{máx}$ (cm)	30,00

Tabela 10.232 – Dimensionamento à Torção – V609

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$ OK!	f_{cd} (MPa)
h (cm)	170	f_{yk} (MPa)	500		α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{Sd}}{T_{Rd2}} = 0,09$	T_{Rd2} (kN)
A (cm²)	8500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	440				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	19,32	3. Esforços Atuantes		0,09 < 1 OK!	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00	Tk (kN)	39		
Ae (cm²)	7007,231	Vk (kN)	208		5. Armadura
ue (cm)	362,7273				A_{90} (cm²/m)
he (cm)	19,32	Tsd (kN)	39	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$ OK!	A_{sl} (cm²)
θ (°)	45	Vsd (kN)	208		

Tabela 10.233 – Verificação da Fissuração – V609

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	12,21
h (cm)	170	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	7,06	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	25,13	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	166			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,059
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,081
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.234 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V609

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
4,27	7,06	0,00	2,32	0,64	15,71	25,13	13,50	3,93

Pela tabela 10.234 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.9.4 V610 e V612

Para o Dimensionamento das Vigas V610 e V612, (que têm o mesmo detalhamento), são mostrados os esforços na V610, que é a crítica entre as Vigas citadas.

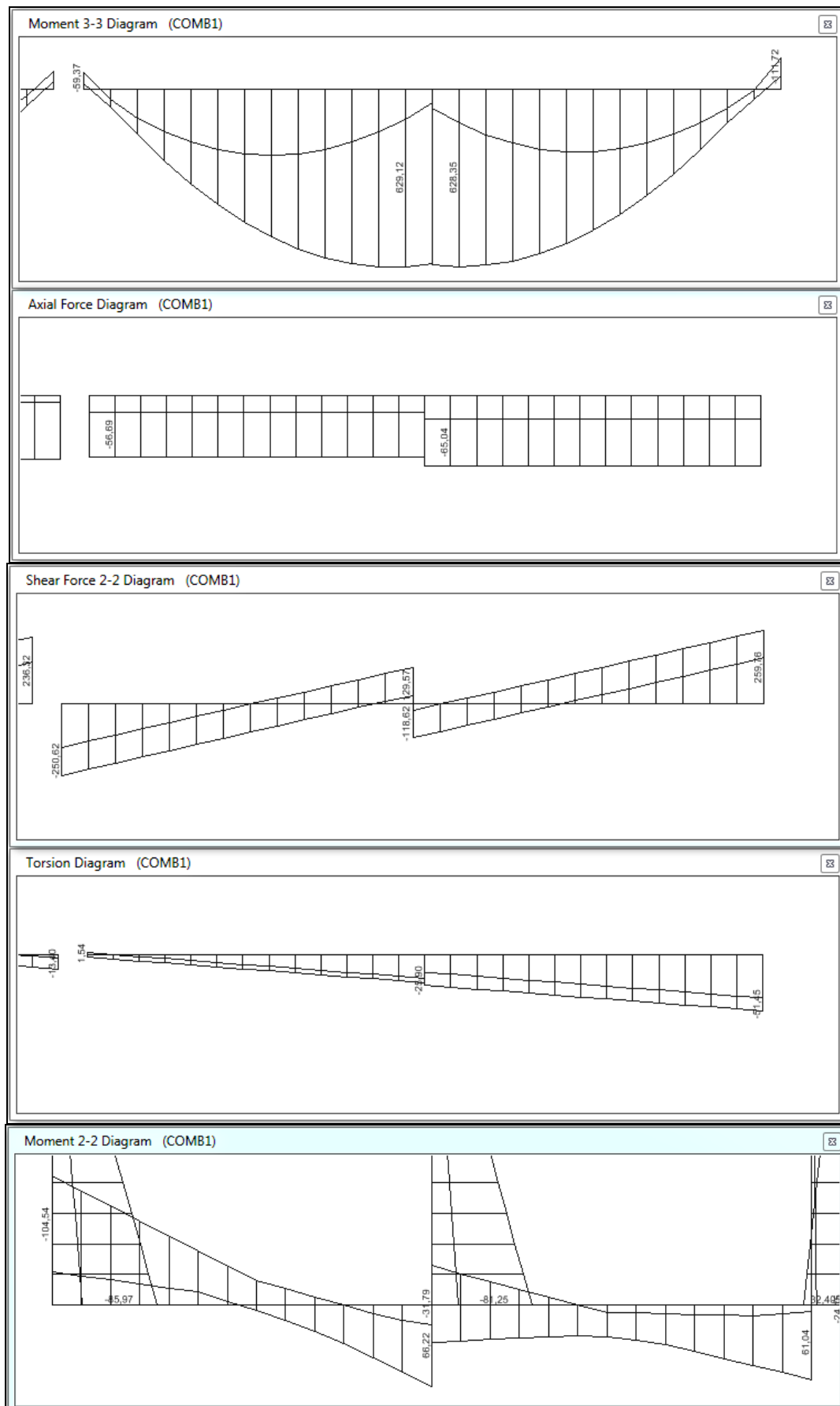


Figura 10.72 – Diagramas de Momentos Fletores, Força Axial, Cisalhamento e Torção – COMB1 – V610

Tabela 10.235 – Dimensionamento à Flexão – V610

Quantidade:	11	Caso:	γ_c	1,4	f_{ck} (MPa)	25
<input type="button" value="Inserir"/>	-		γ_s	1,15	f_{yk} (MPa)	500
			γ_f	1	E_s (GPa)	210

Elemento	b (cm)	h (cm)	d' (cm)	Mk (kNm)	Nk (kN)	d (cm)	Asmin (cm ²)	As (cm ²)	As' (cm ²)	x (cm)	Caso
10	50	170	4	111	-65	166	12,75	0,78	0,00	1,63	FCGEAS
10	50	170	4	629	-56	166	12,75	8,21	0,00	6,80	FCGEAS
10	170	50	4	104	-65	46	12,75	4,45	0,00	1,25	FCGEAS

Tabela 10.236 – Dimensionamento ao Cisalhamento – V610

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	Modelo I	f_{ctd} (MPa)
h (cm)	170	f_{yk} (MPa)	500	$\theta = 45^\circ$	α_{v2}
d' (cm)	4	γ_c	1,4	-	V_{Rd2} (kN)
d (cm)	166	γ_s	1,15		V_c (kN)
		γ_f	1	<input type="button" value="Calcular"/>	

3. Esforços Atuantes		5. Armadura	
V_k (kN)	259	$V_{Rd2} > V_{sd}$	$A_{sw,min}$ (cm ² /m)
V_{sd} (kN)	259	OK!	A_{sw} (cm ² /m)
			$S_{máx}$ (cm)

Tabela 10.237 – Dimensionamento à Torção – V610

1. Dados da Peça		2. Dados do Material		4. Dados Intermediários	
b (cm)	50	f_{ck} (MPa)	25	$T_{Rd2} > T_{sd}$	f_{cd} (MPa)
h (cm)	170	f_{yk} (MPa)	500	OK!	α_{v2}
c1 (cm)	4,0	γ_c	1,4		f_{ywd} (MPa)
d' (cm)	4,0	γ_s	1,15	$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = 0,12$	T_{Rd2} (kN)
A (cm ²)	8500	γ_f	1		V_{Rd2} (kN)
u (cm)	440				τ_{Td} (MPa)
A/u (cm)	19,32	3. Esforços Atuantes		0,12 < 1	τ_{Td2} (MPa)
2c1 (cm)	8,00			OK!	
Ae (cm ²)	7007,231	T_k (kN)	51		5. Armadura
ue (cm)	362,7273	V_k (kN)	259		A_{90} (cm ² /m)
he (cm)	19,32	T_{sd} (kN)	51	$\tau_{Td} < \tau_{Td2}$	Asl (cm ²)
θ (°)	45	V_{sd} (kN)	259	OK!	

Tabela 10.238 – Verificação da Fissuração – V610

1. Dados Geométricos		3. Detalhamento da Armadura		4. Cálculos Intermediários	
b (cm)	50	ϕ_i (mm)	20	σ_{si} (kN/cm ²)	14,20
h (cm)	170	$A_{s_{calc}}$ (cm ²)	8,21	A_{cr} (cm ²)	950
d' (cm)	4	$A_{s_{adot}}$ (cm ²)	25,13	ρ_{ri}	0,0265
d (cm)	166			$f_{ct,m}$ (MPa)	2,565
2. Características do Material				5. Verificação da Fissuração	
f_{yk} (MPa)	500			w_k (mm)	0,3
η_i	2,25			w_1 (mm)	0,080
E_{si} (MPa)	210000	Calcular		w_2 (mm)	0,094
f_{ck} (MPa)	25				OK!

Tabela 10.239 – Resumo Armaduras Calculadas e adotadas – V610

Calculadas					Adotadas			
Flexão		Cisalhamento	Torção		Superior	Inferior	Costela	Estribo (p/ ramo)
Superior	Inferior	Estribo (p/ ramo)	Long.	Estribo (p/ ramo)				
0,78	8,21	0,00	3,04	0,84	15,71	25,13	13,50	3,93

Pela tabela 10.239 mostrada, nota-se que as Armaduras adotadas atendem ao Dimensionamento.

10.10. PILARES

Para os Pilares de mesma seção não sempre foi adotado o mesmo detalhamento de armaduras, aqui serão mostrados os casos críticos correspondentes para cada seção, que são os Pilares P1(25x100), P9A(40x50), P4(40x70) e P14(50x80).

Os Pilares P1 e P9A foram calculados com o apoio de um programa de cálculo de pilares. Como o programa mantém fixo um coeficiente majorador das ações de 1,4 e os esforços lidos já estavam devidamente ponderados, para a entrada de dados no programa dividiram-se os valores de esforços lidos por 1,4.

Os Pilares P4 e P14, por terem diferentes comprimentos de Flambagem em cada direção, foram calculados separadamente.

10.10.1 P1

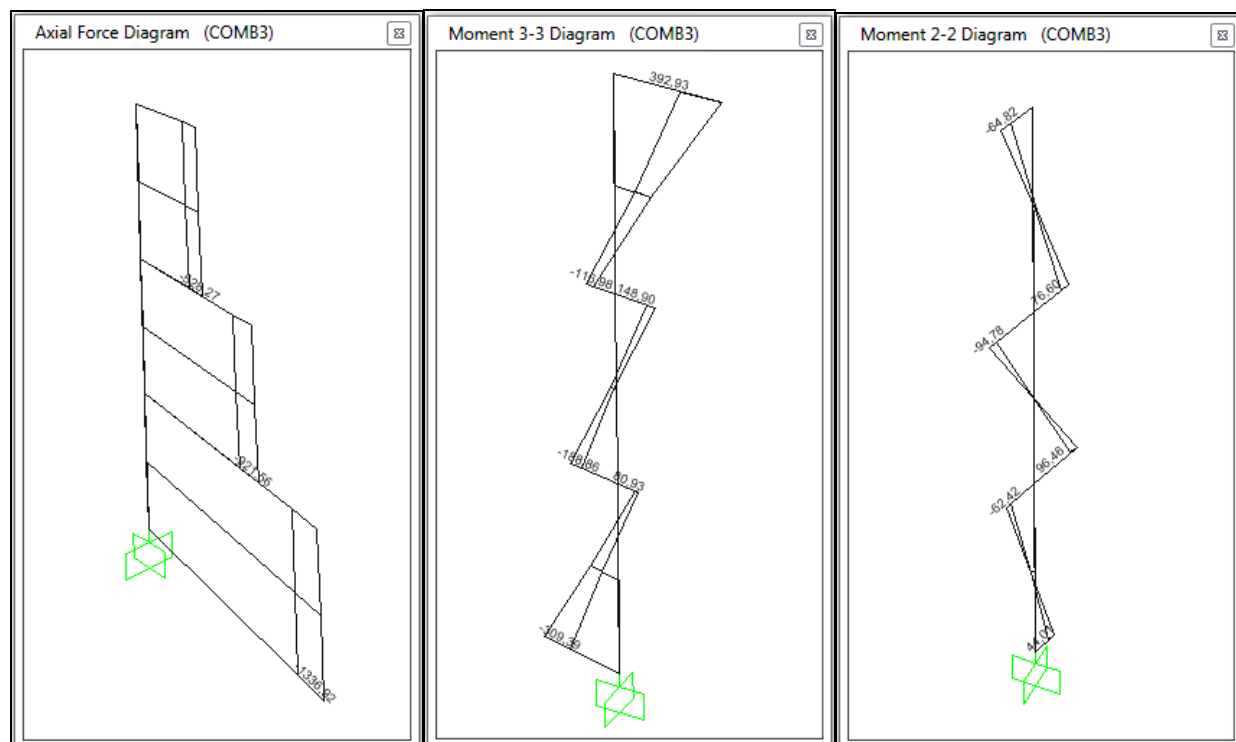
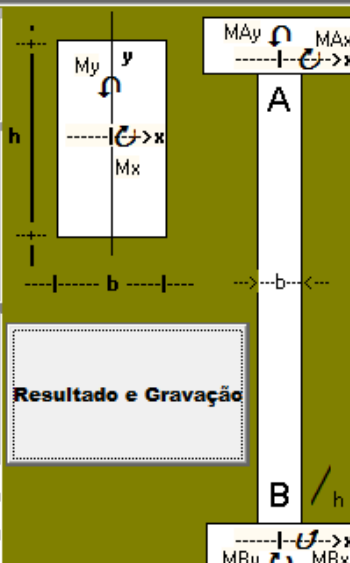


Figura 10.73 – Diagramas de Força Normal, M33 e M22 – P1 – COMB3

A primeira seção de Dimensionamento do P1 é o tramo 1.

Tabela 10.240 – Dados para Dimensionamento P1 – COMB3

Materiais		Diâm. do Agregado	
Título: EBV2 - P1 - COMB3		<input checked="" type="radio"/> Brita 1 (19mm) <input type="radio"/> Brita 2 (25mm)	
Concreto Fck: (MPa)	Aço CA: 50	Cobrimento: (cm)	Diâm. Preferencial: (mm)
25		4	16,0
Dados da Seção Constante b (cm) = 25 h (cm) = 100 Ac (cm²) = 2500 $\gamma_n = 1$			
Cálculo de le <input type="checkbox"/> Pilar em balanço (Eng/Livre)			
AVS (cm) = 60	AVI (cm) = 50		
Lo (cm) = 290	$\lambda_e = 43,6$		
le (cm) = 315	$\lambda_e = 10,9$		
Esforços N (tf) = 95,4 M _{Ax} (tf.m) = 5,7 M _{Ay} (tf.m) = 4,4 M _{Bx} (tf.m) = -22 M _{By} (tf.m) = -3,1			
<input type="checkbox"/> Pilar com Carga Transversal			
$\alpha_B = 0,4$	$\alpha_B = 0,496$		
Seção "A": $\lambda_{1b} = 87,5$	$\lambda_{1h} = 70,51$		
Seção "B": $\lambda_{1b} = 87,5$	$\lambda_{1h} = 70,51$		



Resultado e Gravação

AVS - Altura Viga Superior

Lo - Distancia entre as faces Internas dos elementos estruturais

AVI - Altura Viga Inferior

Tabela 10.241 – Dimensionamento – P1 COMB3

```

ANALISE :
=====

Nd = 133,56 t

----- Seção A Direção b -----
Flexo-Compressão-Obliqua
Excentricidade accidental 1a.Ordem (mín.):Ea=2,25 cm
Lâmbdae = 43,6
Lâmbdal = 87,5
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =4,61 cm
Exc. p/ dimensionamento = 4,61 cm

----- Seção A Direção h -----
Excentricidade accidental 1a.Ordem (mín.):Ea=4,5 cm
Lâmbdae = 10,9
Lâmbdal = 70,51
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =5,97 cm
Exc. p/ dimensionamento = 5,97 cm

----- Seção B Direção b -----
Flexo-Compressão-Obliqua
Excentricidade accidental 1a.Ordem (mín.):Ea=2,25 cm
Lâmbdae = 43,6
Lâmbdal = 87,5
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =-3,25 cm
Exc. p/ dimensionamento = 3,25 cm

----- Seção B Direção h -----
Excentricidade accidental 1a.Ordem (mín.):Ea=4,5 cm
Lâmbdae = 10,9
Lâmbdal = 70,51
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =-23,06 cm
Exc. p/ dimensionamento = 23,06 cm

===== Dimensionamento =====
Seção Intermediária
-----
1a) Hip. : Nd=133,56t, eb=4,61 cm (Mb = 6,16 t.m), eh =23,06 cm (Mh = 30,8 t.m)
=====
Seção A
-----
2a) Hip. : Nd=133,56t, eb=4,61 cm (Mb = 6,16 t.m), eh=0 cm
3a) Hip. : Nd=133,56t, eb=0 cm, eh =5,97 cm (Mh = 7,97 t.m)
=====
Seção B
-----
4a) Hip. : Nd=133,56t, eb=3,25 cm (Mb = 4,34 t.m), eh =0 cm
5a) Hip. : Nd=133,56t, eb=0 cm, eh =23,06 cm (Mh = 30,8 t.m)
=====

Ferragem - Resultado
=====
Área de Cálculo (1a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (2a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (3a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (4a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (5a Hip.) = 10 cm2
Diâmetro : 16 mm
Ferragem distribuída : 4 ferros nos cantos
Ferros ao longo de b (de cada lado): 0
Ferros ao longo de h (de cada lado): 2
Total de Ferros : 8
Área do Total de Ferros : 16,08 cm2 - Percentual = 0,64 %
Estribo - Diâmetro = 5 mm espaçados a cada 19 cm
    
```

Portanto, a Armadura adotada para o tramo-1 de 12 □ 16 atende ao Dimensionamento do Pilar.

A segunda seção de Dimensionamento do P1 é o tramo 2.

Tabela 10.242 – Dados para Dimensionamento P1 – COMB3

Materiais Título : EBV2 - P1 - COMB3		Diâm. do Agregado <input checked="" type="radio"/> Brita 1 (19mm) <input type="radio"/> Brita 2 (25mm)	
Concreto Fck: (MPa) 25	Aço CA - 50	Cobrimento: (cm) 4	Diâm. Preferencial: (mm) 12,5
Dados da Seção Constante b (cm) = 25 h (cm) = 100 Ac (cm2) = 2500 $\gamma_n = 1$			
Cálculo de le <input type="checkbox"/> Pilar em balanço (Eng/Livre)			
AVS (cm) = 60 AVI (cm) = 50 Lo (cm) = 290 $\lambda_{\epsilon_b} = 43,6$ le (cm) = 315 $\lambda_{\epsilon_h} = 10,9$			
Esforços N (tf) = 65,8 MAx (tf.m) = 10,6 MAy (tf.m) = 6,7 MBx (tf.m) = -13,4 MBy (tf.m) = -6,9			
<input type="checkbox"/> Pilar com Carga Transversal $\alpha B_b = 0,4$ $\alpha B_h = 0,4$ Seção "A": $\lambda_{1b} = 87,5$ $\lambda_{1h} = 87,5$ Seção "B": $\lambda_{1b} = 87,5$ $\lambda_{1h} = 87,5$			
Resultado e Gravação			

Tabela 10.243 – Dimensionamento – P1 COMB3

```

ANÁLISE :
=====

Nd = 92,12 t

----- Seção A Direção b -----
Flexo-Compressão-Obliqua
Excentricidade accidental 1a.Ordem (min.): Ea=2,25 cm
Lambdae = 43,6
Lambdal = 87,5
Lambdal > Lambdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial = 10,18 cm
Exc. p/ dimensionamento = 10,18 cm

----- Seção A Direção h -----
Excentricidade accidental 1a.Ordem (min.): Ea=4,5 cm
Lambdae = 10,9
Lambdal = 87,5
Lambdal > Lambdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial = 16,11 cm
Exc. p/ dimensionamento = 16,11 cm

----- Seção B Direção b -----
Flexo-Compressão-Obliqua
Excentricidade accidental 1a.Ordem (min.): Ea=2,25 cm
Lambdae = 43,6
Lambdal = 87,5
Lambdal > Lambdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial = -10,49 cm
Exc. p/ dimensionamento = 10,49 cm

----- Seção B Direção h -----
Excentricidade accidental 1a.Ordem (min.): Ea=4,5 cm
Lambdae = 10,9
Lambdal = 87,5
Lambdal > Lambdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial = -20,36 cm
Exc. p/ dimensionamento = 20,36 cm
  
```

```

===== Dimensionamento =====
Seção Intermediária
-----
1a) Hip. : Nd=92,12t, eb=10,49 cm (Mb = 9,66 t.m), eh =20,36 cm (Mh = 18,76 t.m)
=====
Seção A
-----
2a) Hip. : Nd=92,12t, eb=10,18 cm (Mb = 9,38 t.m), eh=0 cm
3a) Hip. : Nd=92,12t, eb=0 cm, eh =16,11 cm (Mh = 14,84 t.m)
=====
Seção B
-----
4a) Hip. : Nd=92,12t, eb=10,49 cm (Mb = 9,66 t.m), eh =0 cm
5a) Hip. : Nd=92,12t, eb=0 cm, eh =20,36 cm (Mh = 18,76 t.m)
=====

Ferragem - Resultado
=====
Área de Cálculo (1a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (2a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (3a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (4a Hip.) = 10 cm2
Área de Cálculo (5a Hip.) = 10 cm2
Diâmetro : 12,5 mm
Ferragem distribuída : 4 ferros nos cantos
Ferros ao longo de b (de cada lado): 1
Ferros ao longo de h (de cada lado): 3
Total de Ferros : 12
Área do Total de Ferros : 14,73 cm2 - Percentual = 0,59 %
Estribo - Diâmetro = 5 mm espaçados a cada 15 cm
  
```

Portanto, a Armadura adotada para o tramo-2 de 12 \square 12,5 atende ao Dimensionamento do Pilar.

10.10.2 P9A

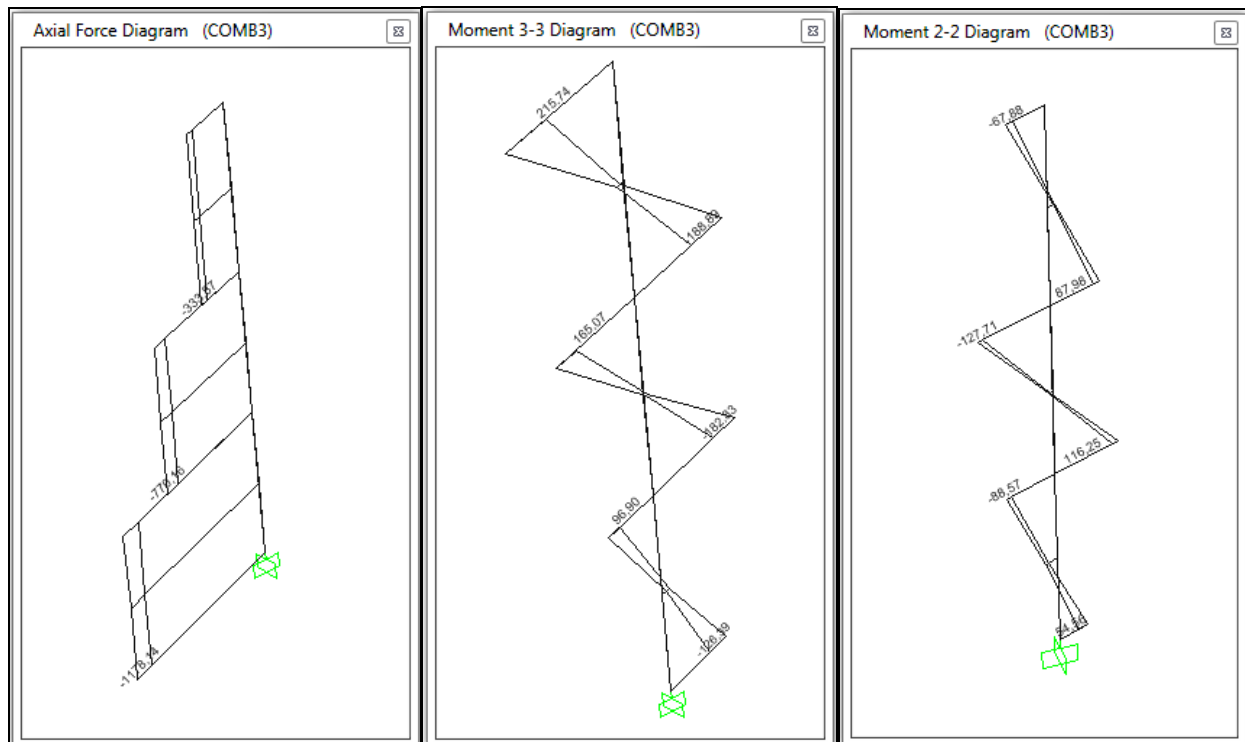


Figura 10.74 – Diagramas de Força Normal, M33 e M22 – P9A – COMB3

A primeira seção de Dimensionamento do P9A é o tramo 1.

Tabela 10.244 – Dimensionamento – P9A - COMB3

Materiais Título: EBV2 - P9A - COMB3		Diâm. do Agregado: <input checked="" type="radio"/> Brita 1 (19mm) <input type="radio"/> Brita 2 (25mm)	
Concreto Fck: 25 MPa	Aço CA: 50	Cobrimento: 4 cm	Diâm. Preferencial: 16,0 mm
Dados da Seção Constante b (cm) = 40 h (cm) = 50 Ac (cm²) = 2000 $\gamma_n = 1$			
Cálculo de le <input type="checkbox"/> Pilar em balanço (Eng/Livre) AVS (cm) = 60 AVI (cm) = 50 Lo (cm) = 290 $\lambda_{eb} = 28,55$ le (cm): 330 $\lambda_{eh} = 22,84$			
Esforços N (tf) = 84,1 MAx (tf.m) = 6,9 MAy (tf.m) = 6,3 MBx (tf.m) = -9 MBY (tf.m) = -3,9			
<input type="checkbox"/> Pilar com Carga Transversal $\alpha B_b = 0,4$ $\alpha B_h = 0,4$ Seção "A": $\lambda_{1b} = 87,5$ $\lambda_{1h} = 87,5$ Seção "B": $\lambda_{1b} = 87,5$ $\lambda_{1h} = 87,5$			
Resultado e Gravação			

A N A L I S E :

=====

Nd = 117,74 t

----- Seção A Direção b -----

Flexo-Compressão-Obliqua

Excentricidade acidental 1a. Ordem (mín.): Ea=2,7 cm

Lâmbdae = 28,55

Lâmbda1 = 87,5

Lâmbda1 > Lâmbdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!

Exc. Inicial = 7,49 cm

Exc. p/ dimensionamento = 7,49 cm

----- Seção A Direção h -----

Excentricidade acidental 1a. Ordem (mín.): Ea=3 cm

Lâmbdae = 22,84

Lâmbda1 = 87,5

Lâmbda1 > Lâmbdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!

Exc. Inicial = 8,2 cm

Exc. p/ dimensionamento = 8,2 cm

----- Seção B Direção b -----

Flexo-Compressão-Obliqua

Excentricidade acidental 1a. Ordem (mín.): Ea=2,7 cm

Lâmbdae = 28,55

Lâmbda1 = 87,5

Lâmbda1 > Lâmbdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!

Exc. Inicial = -4,64 cm

Exc. p/ dimensionamento = 4,64 cm

----- Seção B Direção h -----

Excentricidade acidental 1a. Ordem (mín.): Ea=3 cm

Lâmbdae = 22,84

Lâmbda1 = 87,5

Lâmbda1 > Lâmbdae: Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!

Exc. Inicial = -10,7 cm

Exc. p/ dimensionamento = 10,7 cm

```

===== Dimensionamento =====
Seção Intermediária
-----
1a) Hip. : Nd=117,74t, eb=7,49 cm (Mb = 8,82 t.m), eh =10,7 cm (Mh = 12,6 t.m)
-----
Seção A
-----
2a) Hip. : Nd=117,74t, eb=7,49 cm (Mb = 8,82 t.m), eh=0 cm
3a) Hip. : Nd=117,74t, eb=0 cm, eh =8,2 cm (Mh = 9,65 t.m)
-----
Seção B
-----
4a) Hip. : Nd=117,74t, eb=4,64 cm (Mb = 5,46 t.m), eh =0 cm
5a) Hip. : Nd=117,74t, eb=0 cm, eh =10,7 cm (Mh = 12,6 t.m)
-----

Ferragem - Resultado
=====
Área de Cálculo (1a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (2a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (3a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (4a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (5a Hip.) = 8 cm2
Diâmetro : 16 mm
Ferragem distribuída : 4 ferros nos cantos
Ferros ao longo de b (de cada lado): 0
Ferros ao longo de h (de cada lado): 0
Total de Ferros : 4
    
```

Portanto, a Armadura adotada para o tramo-1 de 12 □ 16 atende ao Dimensionamento do Pilar.

A segunda seção de Dimensionamento do P9A é o tramo 2.

Tabela 10.245 – Dados para Dimensionamento P9A – COMB3

Materiais				Diâm. do Agregado	
Título: EBV2 - P9A - COMB3					
Concreto Fck (MPa)	25	Aço CA (MPa)	50	Cobrimento (cm)	4
				Diâm. Preferencial (mm)	12,5
<input type="radio"/> Brita 1 (19mm) <input checked="" type="radio"/> Brita 2 (25mm)					
Dados da Seção Constante					
b (cm)	40	h (cm)	50		
Ac (cm ²)	2000	γ_n	1		
Cálculo de le					
<input type="checkbox"/> Pilar em balanço (Eng/Livre)					
AVS (cm)	60	AVI (cm)	50		
Lo (cm)	290	$\lambda \epsilon_b$	28,55		
le (cm)	330	$\lambda \epsilon_h$	22,84		
Esforços					
N (tf)	55				
MAx (tf.m)	11,8	MAy (tf.m)	9,1		
MBx (tf.m)	-13	MBy (tf.m)	-8,3		
<input type="checkbox"/> Pilar com Carga Transversal					
αB_b	0,4	αB_h	0,4		
Seção "A": $\lambda \epsilon_b$	87,5	$\lambda \epsilon_h$	87,5		
Seção "B": $\lambda \epsilon_b$	87,5	$\lambda \epsilon_h$	87,5		

AVS - Altura Viga Superior

Lo - Distancia entre as faces Internas dos elementos estruturais

AVI - Altura Viga Inferior

Tabela 10.246 – Dimensionamento – P9A - COMB3

```

A N A L I S E :
=====

Nd = 77 t

----- Seção A Direção b -----
Flexo-Compressão-Obliqua
Excentricidade acidental 1a.Ordem (mín.):Ea=2,7 cm
Lâmbdae = 28,55
Lâmbdal = 87,5
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =16,55 cm
Exc. p/ dimensionamento = 16,55 cm

----- Seção A Direção h -----
Excentricidade acidental 1a.Ordem (mín.):Ea=3 cm
Lâmbdae = 22,84
Lâmbdal = 87,5
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =21,45 cm
Exc. p/ dimensionamento = 21,45 cm

----- Seção B Direção b -----
Flexo-Compressão-Obliqua
Excentricidade acidental 1a.Ordem (mín.):Ea=2,7 cm
Lâmbdae = 28,55
Lâmbdal = 87,5
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =-15,09 cm
Exc. p/ dimensionamento = 15,09 cm

----- Seção B Direção h -----
Excentricidade acidental 1a.Ordem (mín.):Ea=3 cm
Lâmbdae = 22,84
Lâmbdal = 87,5
Lâmbdal>Lâmbdae:Desconsideração do efeito local de 2a. ordem!
Exc. Inicial =-23,64 cm
Exc. p/ dimensionamento = 23,64 cm
=====
Seção Intermediária
=====
1a) Hip. : Nd=77t, eb=16,55 cm (Mb = 12,74 t.m), eh =23,64 cm (Mh = 18,2 t.m)
=====
Seção A
=====
2a) Hip. : Nd=77t, eb=16,55 cm (Mb = 12,74 t.m), eh=0 cm
3a) Hip. : Nd=77t, eb=0 cm, eh =21,45 cm (Mh = 16,52 t.m)
=====
Seção B
=====
4a) Hip. : Nd=77t, eb=15,09 cm (Mb = 11,62 t.m), eh =0 cm
5a) Hip. : Nd=77t, eb=0 cm, eh =23,64 cm (Mh = 18,2 t.m)
=====

Ferragem - Resultado
=====
Área de Cálculo (1a Hip.) = 18,92 cm2
Área de Cálculo (2a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (3a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (4a Hip.) = 8 cm2
Área de Cálculo (5a Hip.) = 8 cm2
Diâmetro : 12,5 mm
Ferragem distribuída : 4 ferros nos cantos
Ferros ao longo de b (de cada lado): 3
Ferros ao longo de h (de cada lado): 3
Total de Ferros : 16
Área do Total de Ferros : 19,64 cm2 - Percentual = 0,98 %
Estribo - Diâmetro = 5 mm espaçados a cada 15 cm

```

Portanto, a Armadura adotada de 12 \square 12,5 não atende ao Dimensionamento do Pilar.

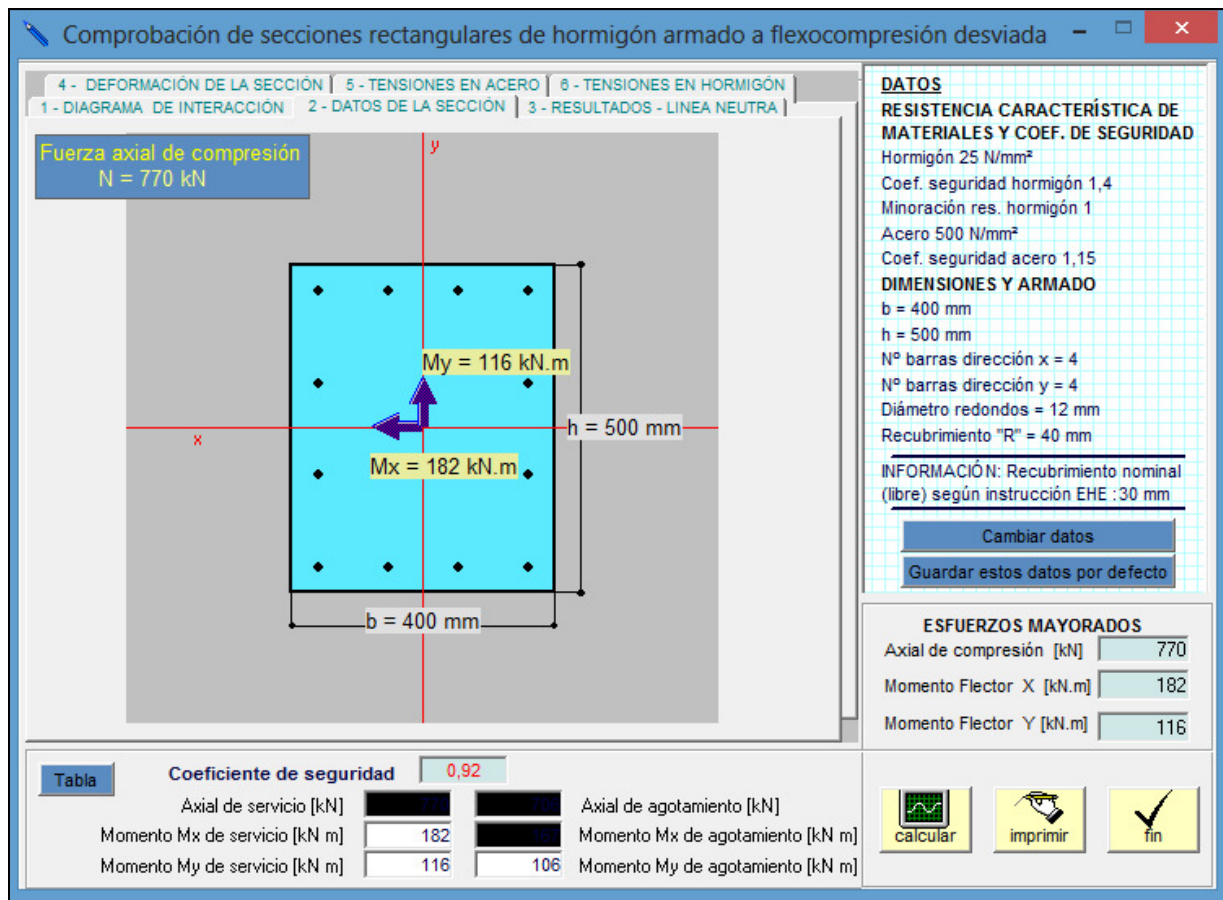


Figura 10.75 – Verificação dos Esforços na Base – P9A – COMB3

Em seguida determinou-se o coeficiente de segurança para o pilar anteriormente analisado, os esforços calculados excedem em 8% a resistência do pilar. Contudo, sabe-se que esta é uma situação com a qual se pode conviver, uma vez que a Sobrecarga de critério adotada é bastante conservadora e os coeficientes das cargas e os materiais cobrem a demanda.

10.10.3 P4

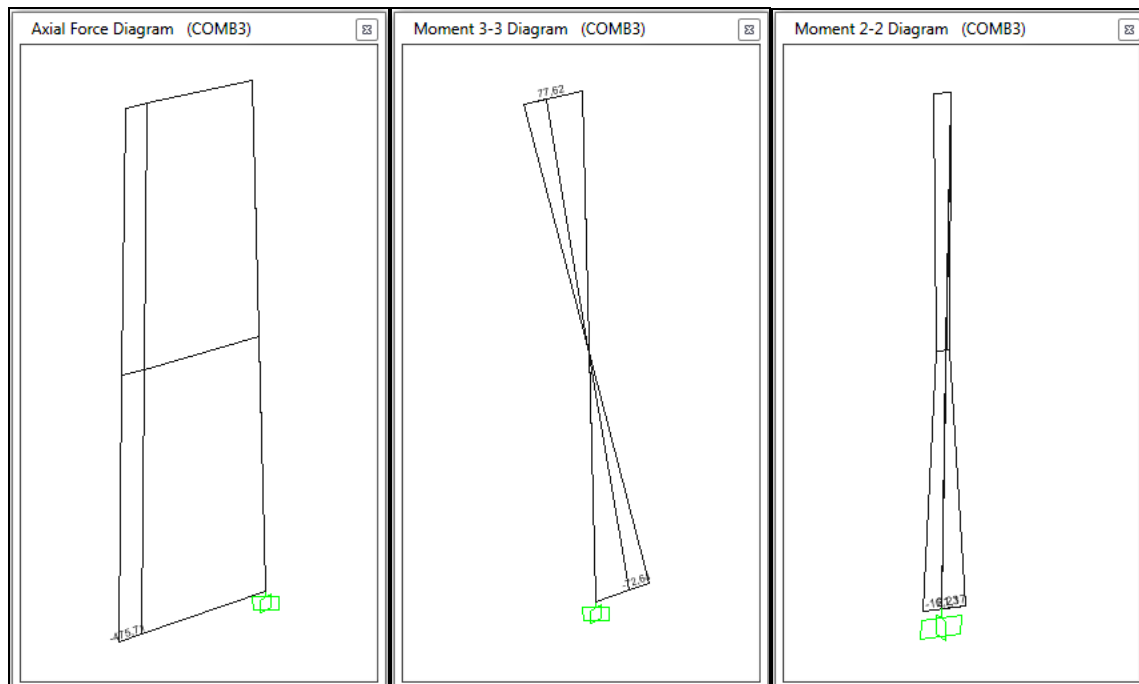


Figura 10.76 – Diagramas de Força Normal, M33 e M22 – P4 – COMB3

Dados:

$$\begin{aligned}
 h_x &= 0,40m, l_{ex} = 6,75m \\
 h_y &= 0,70m, l_{ey} = 2 \times 6,75m = 13,50m
 \end{aligned}$$

Cálculo da Esbeltez:

$$\lambda_x = \frac{3,464 \times l_{ex}}{h_x} = 58,46$$

$$\lambda_y = \frac{3,464 \times l_{ey}}{h_y} = 66,81$$

Excentricidade de primeira ordem:

$$e_{1x} = \frac{M_{x,d}}{N_d} = \frac{21}{475} = 0,044m$$

$$e_{1y} = \frac{M_{y,d}}{N_d} = \frac{72}{475} = 0,152m$$

Excentricidade Geométrica

$$e_{gx} = (0,015 + 0,03h_x) = 0,027m$$

$$e_{gy} = (0,015 + 0,03h_y) = 0,036m$$

Excentricidade Total

1230-MMO-2620-30-05-001-R02

$$e_{xt} = 0,044m + 0,027m = 0,071m$$

$$e_{yt} = 0,152m + 0,036m = 0,188m$$

Esforços atuantes:

$$N_{sd} = 475,00kN$$

$$M_{sd,x} = 33,73kNm$$

$$M_{sd,y} = 89,30kNm$$

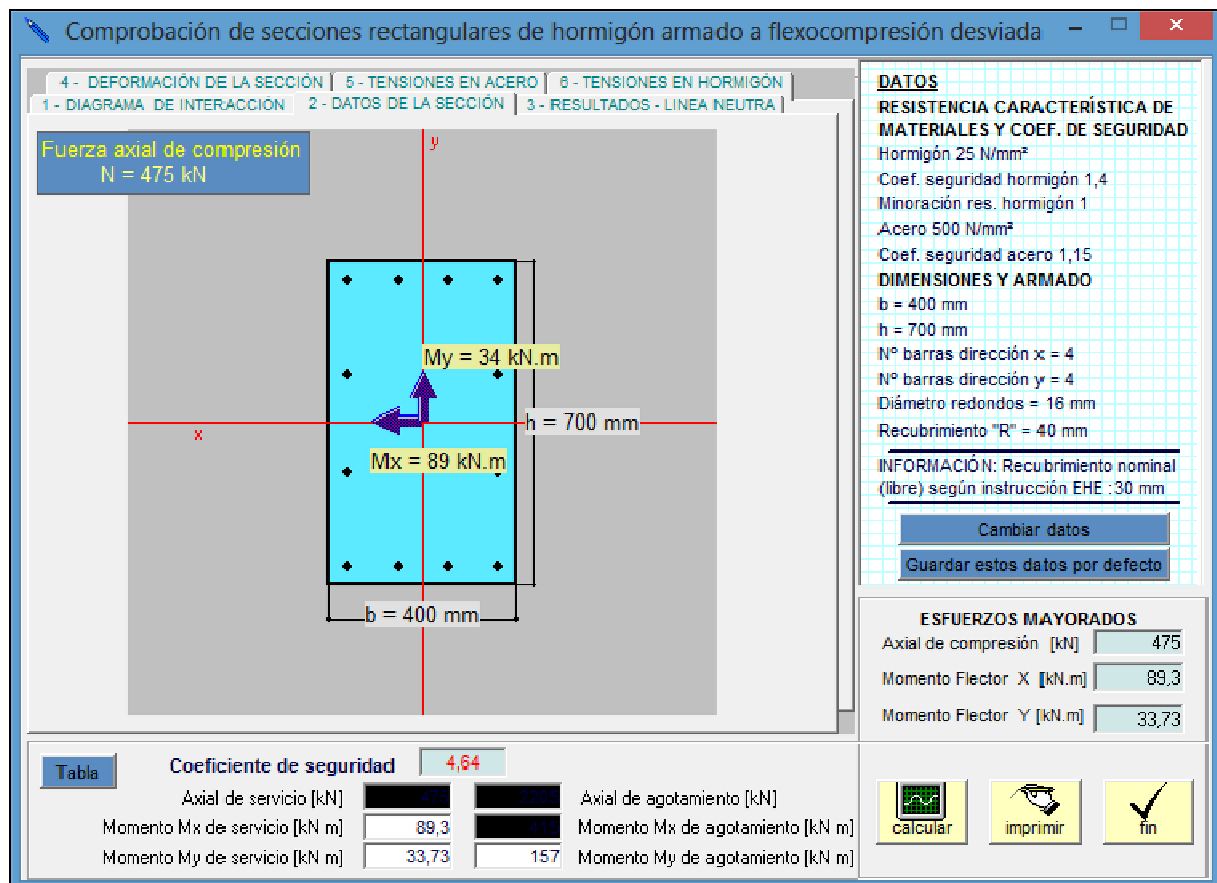


Figura 10.77 – Verificação dos Esforços na Base – P4 – COMB3

O Coeficiente de segurança maior do que 1 (CS = 4,64) mostra que a seção resiste ao Esforço e, portanto, a Armadura adotada de 12 □ 16 atende ao Dimensionamento do Pilar.

10.10.4 P14

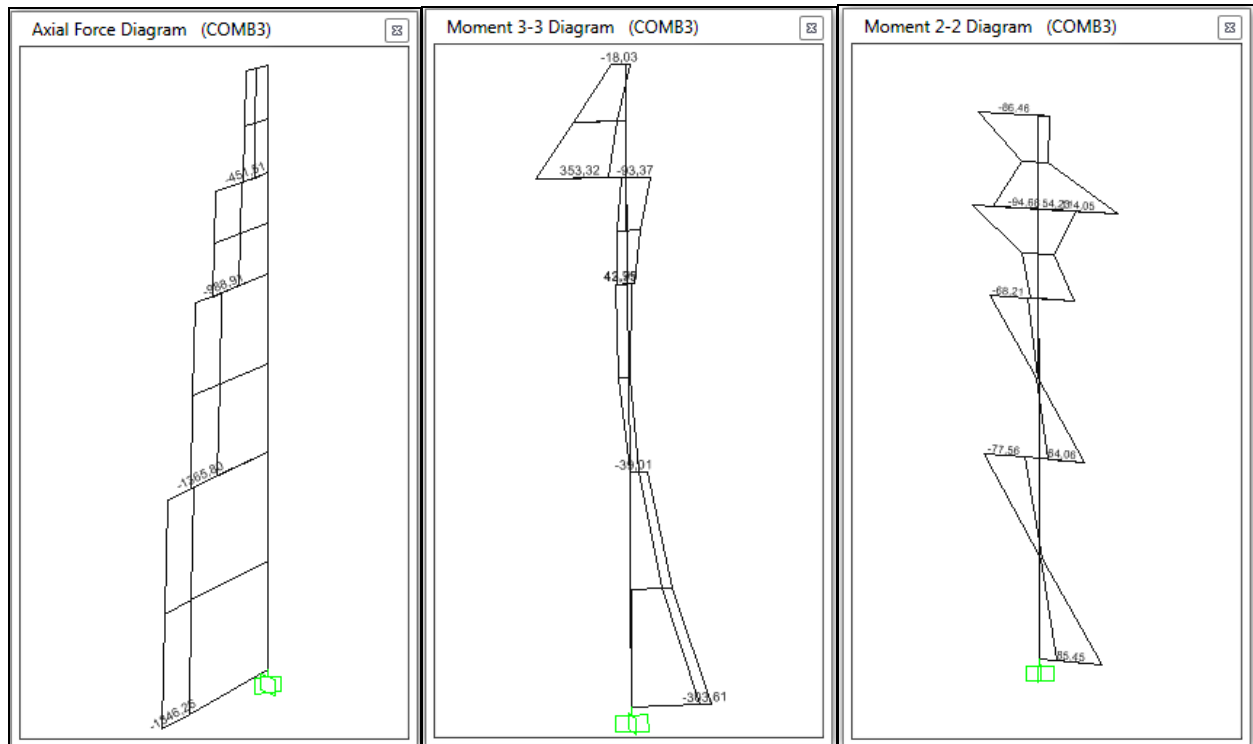


Figura 10.78 – Diagramas de Força Normal, M33 e M22 – P14 – COMB3

Dados:

$$\begin{aligned}
 h_x &= 0,50m, l_{ex} = 7,00m \\
 h_y &= 0,80m, l_{ey} = 18,70m
 \end{aligned}$$

Cálculo da Esbeltez:

$$\lambda_x = \frac{3,464 \times l_{ex}}{h_x} = 48,50$$

$$\lambda_y = \frac{3,464 \times l_{ey}}{h_y} = 80,97$$

a) Verificação dos Esforços na Base

Excentricidade de primeira ordem:

$$e_{1x} = \frac{M_{xd}}{N_d} = \frac{85}{1846} = 0,046m$$

$$e_{1y} = \frac{M_{yd}}{N_d} = \frac{303}{1846} = 0,164m$$

Excentricidade Geométrica

$$e_{gx} = (0,015 + 0,03h_x) = 0,03m$$

$$e_{gy} = (0,015 + 0,03h_y) = 0,04m$$

Excentricidade Total

$$e_{xt} = 0,046m + 0,03m = 0,076m$$

$$e_{yt} = 0,164m + 0,04m = 0,204m$$

Esforços atuantes:

$$N_{sd} = 1846kN$$

$$M_{sdx} = 140,30kNm$$

$$M_{sdy} = 376,58kNm$$

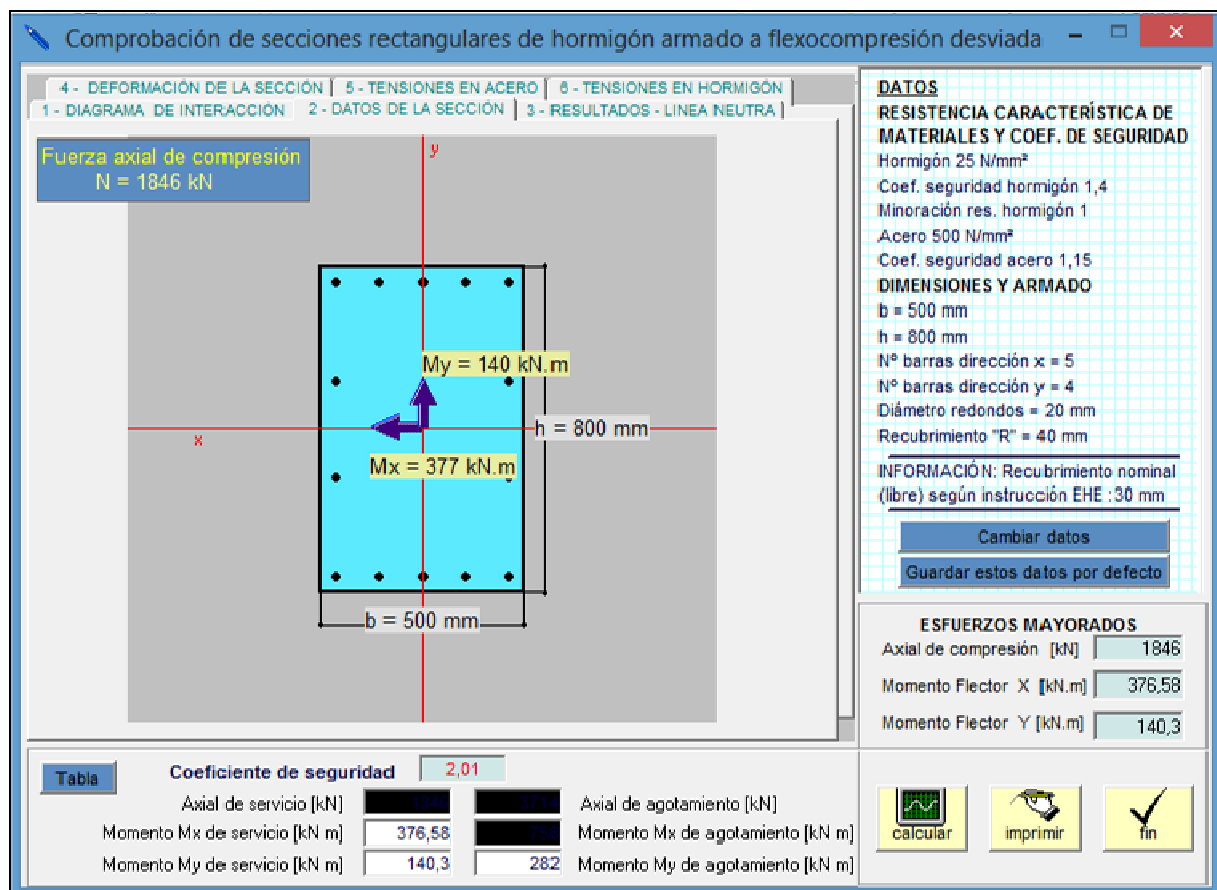


Figura 10.79 – Verificação dos Esforços na Base – P14 – COMB3

b) Verificação dos Esforços na Seção Intermediária

Excentricidade de primeira ordem:

$$e_{1x} = \frac{M_{x\bar{d}}}{N_d} = \frac{77}{1365} = 0,056m$$

$$e_{1y} = \frac{M_{y\bar{d}}}{N_d} = \frac{39}{1365} = 0,028m$$

Excentricidade Geométrica

$$e_{gx} = (0,015 + 0,03h_x) = 0,03m$$

$$e_{gy} = (0,015 + 0,03h_y) = 0,04m$$

Cálculo da Excentricidade de segunda ordem:

$$e_2 = \frac{l_s^2}{10} \times \frac{1}{r}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{h}$$

$$v = \frac{N_{sd}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{1365}{0,50 \times 0,80 \times 17857} = 0,191$$

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{0,80(0,191 + 0,5)} = 0,00904 > \frac{0,005}{h} = 0,00625 \rightarrow \text{Adota-se } 0,00625$$

$$e_{2y} = \frac{18,70^2}{10} \times 0,00625$$

$$e_{2y} = 0,219m$$

Excentricidade Total

$$e_{xt} = 0,056m + 0,03m = 0,086m$$

$$e_{yt} = 0,028m + 0,04m + 0,219m = 0,287m$$

Esforços atuantes:

$$N_{sd} = 1365kN$$

$$M_{sdx} = 117,39kNm$$

$$M_{sdy} = 391,76kNm$$

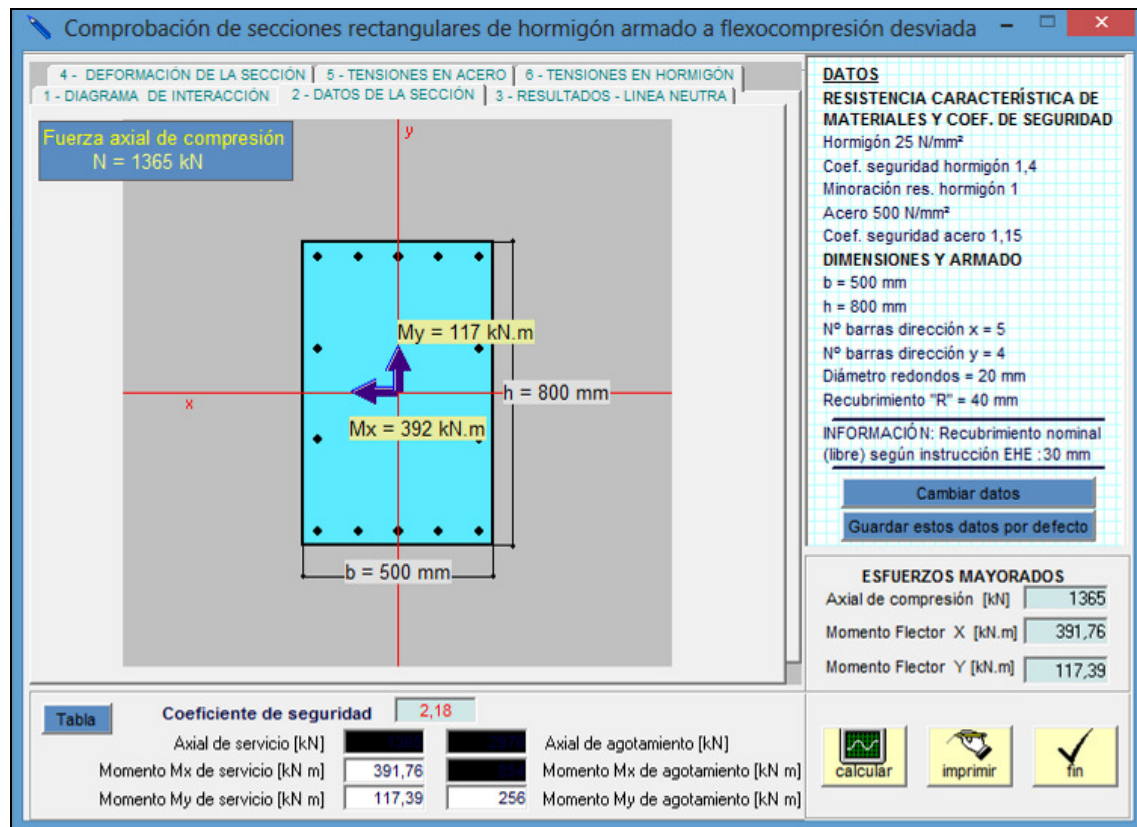


Figura 10.80 – Verificação dos Esforços na Seção Intermediária – P14 – COMB3

c) Verificação dos Esforços no Topo

Excentricidade de primeira ordem:

$$e_{1x} = \frac{M_{x,d}}{N_d} = \frac{114}{944} = 0,121m$$

$$e_{1y} = \frac{M_{y,d}}{N_d} = \frac{353}{944} = 0,374m$$

Excentricidade Geométrica

$$e_{gx} = (0,015 + 0,03h_x) = 0,03m$$

$$e_{gy} = (0,015 + 0,03h_y) = 0,04m$$

Excentricidade Total

$$e_{xt} = 0,121m + 0,03m = 0,151m$$

$$e_{yt} = 0,374m + 0,04m = 0,414m$$

Esforços atuantes:

$$N_{sd} = 944kN$$

$$M_{sd,x} = 142,54kNm$$

$$M_{sd,y} = 390,82Nm$$

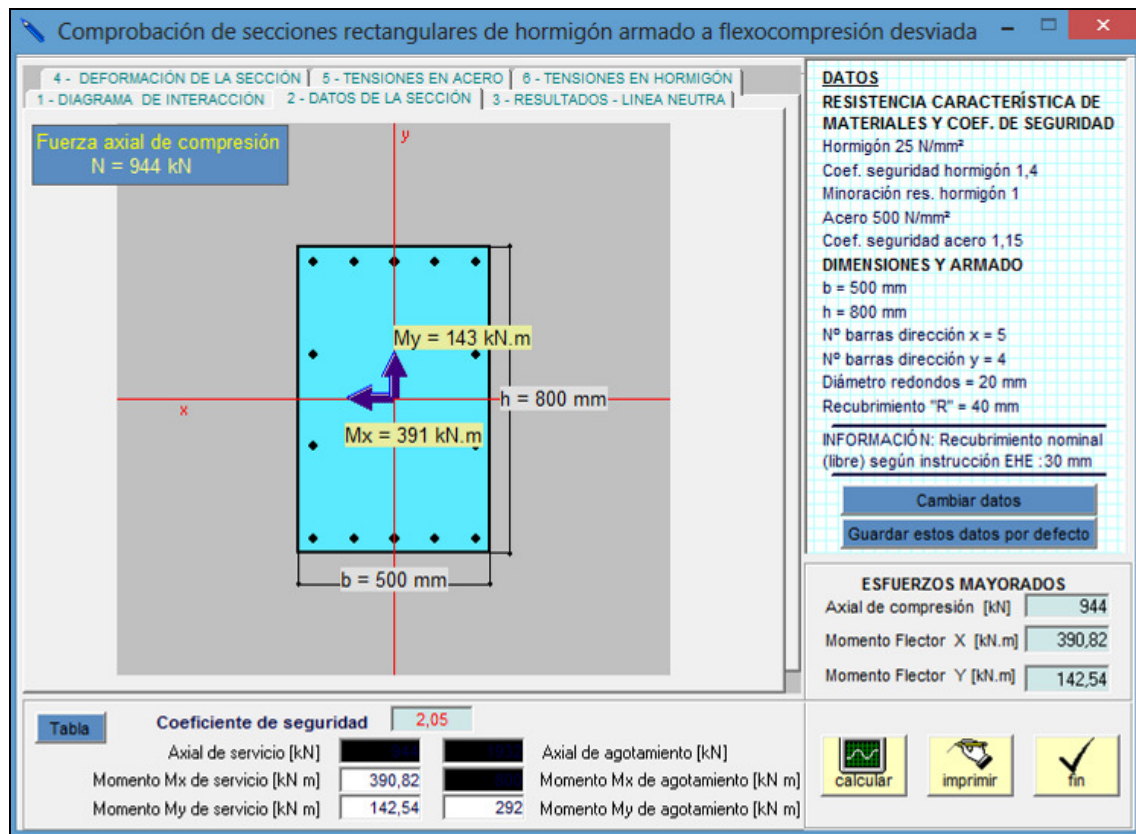


Figura 10.81 – Verificação dos Esforços no Topo – P14 – COMB3

O Coeficiente de segurança maior do que 1 ($CS_{min} = 2,01$) em todos os casos analisados. Isso mostra que a seção resiste ao Esforço e, portanto, a Armadura adotada de 14 \square 20 atende ao Dimensionamento do Pilar.

11. CONCLUSÕES – ESTRUTURA SUPERIOR DA EBV-2

Este documento mostrou o cálculo estrutural da estrutura superior (parte compreendida acima da EL. 362,10m) da Estação de Bombeamento EBV-2 e as verificações dos detalhamentos de armaduras adotadas. Para análise e dimensionamento foram feitas 4 Combinações de Carregamento, de maneira a se criar alguns cenários diversos de carregamento e descobrir as situações críticas. Todos os casos foram analisados e no Documento foram mostrados os casos mais críticos de dimensionamento para cada peça.

Primeiramente foram analisadas as Lajes do Edifício de Comando. O Dimensionamento evidenciou que, em alguns pontos de maiores esforços, a armadura calculada excedeu em até 10% a armadura adotada no detalhamento. Contudo, sabe-se que esta é uma situação com a qual se pode conviver, uma vez que a Sobrecarga de critério adotada é bastante conservadora e que mesmo que ela atue em sua totalidade, esta armadura em excesso foi calculada nos apoios e que, uma vez que o momento no apoio exceda o que a peça resiste, a mesma pode se plastificar, redistribuindo os esforços e aumentando o momento positivo, no meio do vão, que pode ser absorvido pela armadura positiva. Cabe ressaltar, também, que este fato ocorreu em poucos pontos e que os demais são atendidos pela armadura detalhada. A verificação do cisalhamento mostrou que não há necessidade de armar as lajes para este Esforço, o que de fato não havia sido feito.

Em seguida foram analisadas as vigas. O Dimensionamento evidenciou que, só algumas delas foram detalhadas com armaduras inferiores e que estas não resistem aos esforços calculados. Contudo, para estas vigas (V.202; V.209; V.401 e V.402), verificou-se o dimensionamento levando-se em conta a plastificação do esforço no apoio mais solicitado (momento negativo) e percebeu-se que a armadura inferior de flexão é suficiente para absorver o acréscimo de momento positivo, comprovando assim que as vigas resistem as solicitações para o estado limite último.

Por último foram analisados os pilares. Como todos os pilares de igual seção foram detalhados com mesma armadura, nesta memória foram mostrados apenas aqueles pilares que representam o dimensionamento crítico. A análise mostrou que todos os detalhamentos atendem aos dimensionamentos feitos.

12. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA INFERIOR DA EBV-2

Para a análise da estrutura inferior da EBV-2 (parte compreendida abaixo da EL. 362,10m), onde se encontram os poços de sucção, foram realizadas comparações da geometria e dimensionamento dos elementos estruturais entre a EBV-1 e EBV-2, conforme as Tabelas 12.1 e 12.2, justificando desta forma a dispensa do modelo estrutural da parte inferior da EBV-2, uma vez que a memória de cálculo da EBV-1 (documento: 1230-MMO-2610-30-05-002-R02) convém como referência para o dimensionamento da estrutura inferior da EBV-2.

Analisando a Tabela 12.1, é possível perceber que existe apenas duas diferenças com respeito a geometria da parte inferior das duas estações de bombeamento. A primeira é a altura dos poços de sucção. Na EBV-1, a altura entre topos de lajes é de 12,90m e,

a altura entre topos de lajes na EBV-2 é de 8,42m. A segunda é o final da laje do térreo, entre o eixo da parede 7 (parede de jusante) até a parte final do bloco de ancoragem, que se encontra após o eixo 4; nas elevações EL. 305,30m para a EBV-1 e, EL. 362,10m para a EBV-2.

No modelo estrutural feito para a EBV-1, este trecho de laje se apoia na Parede 7 e nos pilares que sustentam tanto a laje quanto o peso do bloco de ancoragem após o eixo 4; ou seja, a laje não se apoia ou tem em conta o solo logo abaixo, em contato com a face inferior da laje como apoio. Já o mesmo trecho de laje para a EBV-2, esta se encontra apoiada em rocha. Se analisarmos o comportamento estrutural deste trecho de laje para as duas EBV's, veremos que o trecho de laje da EBV-1 é mais solicitado à flexão que o trecho de laje da EBV-2, pois não temos no vão da laje a contribuição de suporte das cargas pelo solo abaixo, por se tratar de um aterro. Como a armadura detalhada para este trecho de laje é igual para as duas EBV's, o dimensionamento à flexão para a EBV-2 atende ao estado limite último de resistência.

Todos os outros demais aspectos geométricos são iguais comparando as duas EBV's.

Cabe ressaltar que os mesmos carregamentos que atuam na parte inferior da estrutura da EBV-1, também ocorrem na parte inferior da estrutura da EBV-2, na devida proporção, com exceção do carregamento de empuxo devido ao aterro seco presente na EBV-1. Na EBV-2, não existe este carregamento uma vez que a escavação será feita em rocha e as paredes concretadas contra a rocha. De maneira geral, os carregamentos provenientes da estrutura superior, são praticamente os mesmos, porém os carregamentos de empuxo de água, peso de água e subpressão; estes são menores na EBV-2, devido ao nível de água e altura dos poços de sucção.

Na Tabela 12.2, foi possível notar que existe também uma única diferença, quando se compara as armaduras detalhadas para os mesmos elementos estruturais. Essa diferença ocorre na Parede de Montante (ou parede de entrada) e na Parede 6, onde a armadura detalhada nas duas faces, interna e externa, na direção horizontal, para a EBV-1, a armadura detalhada é de Ø20.0 c/20 e, para a EBV-2, a armadura detalhada é de Ø16.0 c/20. Na direção vertical, a armadura detalhada tanto para a EBV-1 quanto para a EBV-2 é de Ø16.0 c/20 nas duas faces.

Neste caso, não há nenhum problema de dimensionamento para estas paredes da EBV-2, pois a armadura adotada é maior que as solicitações máximas encontradas na análise estrutural do modelo 2 (estrutura inferior) da EBV-1 (consultar o documento: 1230-MMO-2610-30-05-002-R02).

Tabela 12.1 – Comparação da geometria entre a EBV-1 e EBV-2

GEOMETRIA		
COMPARAÇÃO ENTRE A EBV-1 E EBV-2		
Vãos, dimensões e elementos estruturais.	EBV-1	EBV-2
Vãos entre os eixos horizontais	Eixos 1 e 2 = 9,77m Eixo 1 e Par. 6 = 7,47m Eixos 2 e 3 = 4,70m Eixo 3 e Par. 7 = 6,40m	Eixos 1 e 2 = 9,77m Eixo 1 e Par. 6 = 7,47m Eixos 2 e 3 = 4,70m Eixo 3 e Par. 7 = 6,40m
Vãos entre os eixos verticais	Eixos D e E = 6,70m Eixos E e F = 6,36m Eixos F e G = 6,36m Eixos G e H = 6,36m	Eixos D e E = 6,70m Eixos E e F = 6,36m Eixos F e G = 6,36m Eixos G e H = 6,36m
Altura entre o piso da laje de fundo (poço de sucção) e o piso da laje do térreo (área de manutenção)	EL. 305,30 – EL. 292,40 = 12,90m	EL. 362,10 – EL. 353,68 = 8,42m
Área da laje de fundo	562,7 m ²	562,7 m ²
Espessura das Paredes 1 a 5	1,20m	1,20m
Espessura da Parede de Montante (Parede de Entrada)	0,50m	0,50m
Espessura da Parede 6 (comporta ensecadeira) e Parede 7 (parede de jusante)	0,50m	0,50m

Tabela 12.2 – Comparação da armadura detalhada entre a EBV-1 e EBV-2

DIMENSIONAMENTO – ARMADURA DETALHADA DE PROJETO		
COMPARAÇÃO ENTRE A EBV-1 E EBV-2		
Elementos estruturais.	EBV-1	EBV-2
Laje do térreo (piso da área de manutenção) EL. 305,30 – EBV-1 EL. 362,10 – EBV-2	Flexão na direção do fluxo: <ul style="list-style-type: none"> • Pontos mais solicitados (5 e 6, ver memória da EBV-1): Ø20.0 c/20 • Demais pontos analisados (1 a 4, ver memória da EBV-1): Ø16.0 c/20 Flexão perpendicular ao fluxo: <ul style="list-style-type: none"> • Todos os pontos analisados (1 a 6, ver memória da EBV-1): Ø16.0 c/20 Cisalhamento: Prescindi de armadura	Armadura detalhada na direção do fluxo: Ø20.0 c/20 Armadura detalhada na direção perpendicular ao fluxo: Ø16.0 c/20 Cisalhamento: Prescindi de armadura
Paredes longitudinais (Par. 1 a 5)	Flexão na face interna e externa nas duas direções: Ø20.0 c/20 Cisalhamento: Prescindi de armadura	Armadura detalhada na face interna e externa: Ø20.0 c/20 nas duas direções Cisalhamento: Prescindi de armadura
Parede de Montante ou Parede de Entrada * esforços de flexão e cisalhamento praticamente nulos, devido ao equilíbrio dos empuxos de água.	Flexão na face interna e externa: Direção hor.: Ø20.0 c/20 Direção vert.: Ø16.0 c/20 Cisalhamento:	Armadura detalhada na face interna e externa: Ø16.0 c/20 nas duas direções Cisalhamento:

Parede 6 (parede da comporta ensecadeira)	<p>Prescindi de armadura</p> <p>Flexão na face interna e externa: Direção hor.: Ø20.0 c/20 (As_{max. calc.} = 4,71 cm²/m)</p> <p>Direção vert.: Ø16.0 c/20 (As_{max. calc.} = 3,94 cm²/m)</p> <p>Cisalhamento: Prescindi de armadura</p>	<p>Prescindi de armadura</p> <p>Armadura detalhada na face interna e externa: Ø16.0 c/20 nas duas direções * a armadura detalhada atende as solicitações máximas encontradas para a EBV-1</p> <p>Cisalhamento: Prescindi de armadura</p>
Parede 7 (parede a jusante)	<p>Flexão na face interna e externa nas duas direções: Ø20.0 c/20</p> <p>Cisalhamento: Prescindi de armadura</p>	<p>Armadura detalhada na face interna e externa: Ø20.0 c/20 nas duas direções</p> <p>Cisalhamento: Prescindi de armadura</p>
Laje de Fundo (piso do poço de sucção) EL. 292,40 – EBV-1 EL. 353,68 – EBV-2	<p>Flexão na face superior e inferior nas duas direções: Ø20.0 c/20</p> <p>Cisalhamento: Prescindi de armadura</p>	<p>Armadura detalhada na face superior e inferior: Ø20.0 c/20 nas duas direções</p> <p>Cisalhamento: Prescindi de armadura</p>

13. CONCLUSÕES - ESTRUTURA INFERIOR DA EBV-2

Não se justifica a elaboração de um modelo estrutural para a parte inferior da estrutura da EBV-2, pois os aspectos geométricos da estrutura e o detalhamento das armaduras são praticamente os mesmos. Outro fator que contribui são os carregamentos. Com exceção das cargas de empuxo de água, peso de água e subpressão, que são menores se comparados aos carregamentos atuantes na EBV-1 e, o empuxo devido ao aterro seco que não tem na EBV-2; todos os demais carregamentos são praticamente os mesmos.

Diante do exposto no item 12 deste documento, foi possível provar que as armaduras utilizadas no detalhamento da EBV-2 são praticamente iguais às armaduras utilizadas no detalhamento da EBV-1 e, mesmo onde há diferenças, as armaduras adotadas na EBV-2 são maiores que as solicitações máximas encontradas na análise estrutural para a EBV-1.