

**INFLUÊNCIA DAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO E
CARREGAMENTO NA ANÁLISE DE PÓRTICOS PLANOS EM
EDIFÍCIOS ALTOS**

Adriana de Oliveira Leite Coelho

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

**"INFLUÊNCIA DAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO E
CARREGAMENTO NA ANÁLISE DE PÓRTICOS PLANOS EM
EDIFÍCIOS ALTOS"**

Adriana de Oliveira Leite Coelho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Estruturas".

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Alcebiades de Vasconcellos Filho
DEES - UFMG - (Orientador)

Prof. Dr. Gabriel de Oliveira Ribeiro
DEES-UFMG

Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouveia
UFOP

Belo Horizonte, 30 de abril de 2003

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela minha vida e pelos dons que me deu.

Ao professor Alcebíades de Vasconcellos Filho, que além da excelente orientação na elaboração deste trabalho, partilhou comigo de forma irrestrita suas idéias, experiências e conhecimentos.

Ao amigo Késio Palácio, pela ajuda essencial na elaboração do software utilizado neste trabalho.

À amiga Cristiane Barbosa, pela gentileza em auxiliar-me na produção dos desenhos.

Aos funcionários e professores do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG pela colaboração.

Ao meu esposo Rômulo, pelas palavras sábias, compreensão e amor.

À Gracinha, minha eterna gratidão.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	xvii
RESUMO	xix
ABSTRACT	xx
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Programa PORTEVOL	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3 PÓRTICOS A SEREM ANALISADOS	11
4 CARREGAMENTO	15
5 MODELOS A SEREM ANALISADOS	17
5.1 Descrição dos Modelos	17
5.2 Modelo CDA (Com Deformação Axial) do Pórtico P16	18
5.3 Modelo SDA (Sem Deformação Axial) do Pórtico P16	18
5.4 Modelo EVOL (Evolutivo) do Pórtico P16	22
5.4.1 Descrição	22
5.4.2 Esforços na Estrutura	32
5.4.3 Deslocamentos Nodais	34
5.5 Modelo CDA (Com Deformação Axial) do Pórtico P26	36
5.6 Modelo SDA (Sem Deformação Axial) do Pórtico P26	37
5.7 Modelo EVOL (Evolutivo) do Pórtico P26	37
6 ANÁLISE DO PÓRTICO P16	42
6.1 Comparação do Modelos SDA, CDA e EVOL	42

6.2	Influência da Rigidez à Flexão do Vigamento	54
6.2.1	Momento Fletor no Nó k das Vigas	54
6.2.2	Força Axial nos Pilares Externos	60
6.2.3	Recalques Diferenciais	65
6.3	Influência da Rigidez Axial dos Pilares	70
6.3.1	Momento Fletor no Nó k das Vigas	70
6.3.2	Força Axial nos Pilares Externos	76
6.3.3	Recalques Diferenciais	81
7	ANÁLISE DO PÓRTICO P26	86
7.1	Resultados do Pórtico P26 – SVS	88
7.2	Resultados do Pórtico P26 – CVS	98
7.3	Influência da Altura (P16 x P26)	109
8	UNIFORMIZAÇÃO DAS TENSÕES NORMAIS NOS PILARES	111
8.1	Uniformização das Tensões do Pórtico P16	112
8.2	Uniformização das Tensões do Pórtico P26 – SVS	152
8.3	Uniformização das Tensões do Pórtico P26 – CVS	188
9	CONCLUSÕES	224
	BIBLIOGRAFIA	227

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - Croqui de parte da planta do pavimento tipo	12
FIGURA 3.2 - Pórtico P16	13
FIGURA 3.3 - Pórticos P26-SVS e P26-CVS	14
FIGURA 4.1 - Contribuições do carregamento vertical por nível	16
FIGURA 5.1 - Carregamento completo do pórtico P16	19
FIGURA 5.2 - Carregamento e estrutura utilizados na análise do pórtico P16-CDA	20
FIGURA 5.3 - Estrutura utilizada na análise do pórtico P16-SDA	21
FIGURA 5.4 - Convenções adotadas no modelo EVOL	22
FIGURA 5.5 - Esquemas de etapas de construção e carregamento do modelo EVOL	24
FIGURA 5.6 - Carregamento e estrutura completos utilizados na análise do pórtico P16-EVOL	31
FIGURA 5.7 - Carregamento completo do pórtico P26	38
FIGURA 5.8 - Carregamento e estrutura utilizados na análise do pórtico P26-CDA	39
FIGURA 5.9 - Estrutura utilizada na análise do pórtico P26-SDA	40
FIGURA 5.10 - Carregamento e estrutura completos utilizados na análise do pórtico P26-EVOL	41
FIGURA 6.1 - Barra bi-engastada: nós j e k e reações de apoio	42
FIGURA 6.2 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16	46
FIGURA 6.3 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16	47
FIGURA 6.4 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	49
FIGURA 6.5 - Gráfico de força axial no pilar interno do P16	52
FIGURA 6.6 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	53
FIGURA 6.7 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 15,56 x 90 cm ² do P16 (MI = 945270 cm ⁴)	56
FIGURA 6.8 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 20 x 70 cm ² do P16 (MI = 571667 cm ⁴)	57

FIGURA 6.9 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 28 x 50 cm ² do P16 (MI = 291667 cm ⁴)	58
FIGURA 6.10 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 46,67 x 30 cm ² do P16 (MI = 105008 cm ⁴)	59
FIGURA 6.11 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 Vigas de 15,56 x 90 cm ² (MI = 945270 cm ⁴)	61
FIGURA 6.12 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 Vigas de 20 x 70 cm ² (MI = 571667 cm ⁴)	62
FIGURA 6.13 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 Vigas de 28 x 50 cm ² (MI = 291667 cm ⁴)	63
FIGURA 6.14 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 Vigas de 46,67 x 30 cm ² (MI = 105008 cm ⁴)	64
FIGURA 6.15 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16 Vigas de 15,56 x 90 cm ² (MI = 945270 cm ⁴)	66
FIGURA 6.16 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16 Vigas de 20 x 70 cm ² (MI = 571667 cm ⁴)	67
FIGURA 6.17 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16 Vigas de 28 x 50 cm ² (MI = 291667 cm ⁴)	68
FIGURA 6.18 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16 Vigas de 46,67 x 30 cm ² (MI = 105008 cm ⁴)	69
FIGURA 6.19 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16 Pilar interno de 5 x 188,10 cm ² (A = 941 cm ²)	72
FIGURA 6.20 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16 Pilar interno de 25 x 110 cm ² (A = 2750 cm ²)	73
FIGURA 6.21 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16 Pilar interno de 45 x 90,43 cm ² (A = 4069 cm ²)	74
FIGURA 6.22 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16 Pilar interno de 65 x 80 cm ² (A = 5200 cm ²)	75
FIGURA 6.23 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	

Pilar interno de 5 x 188,10 cm ² (A = 941 cm ²)	77
FIGURA 6.24 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
Pilar interno de 25 x 110 cm ² (A = 2750 cm ²)	78
FIGURA 6.25 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
Pilar interno de 45 x 90,43 cm ² (A = 4069 cm ²)	79
FIGURA 6.26 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
Pilar interno de 65 x 80 cm ² (A = 5200 cm ²)	80
FIGURA 6.27 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
Pilar interno de 5 x 188,10 cm ² (A = 941 cm ²)	82
FIGURA 6.28 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
Pilar interno de 25 x 110 cm ² (A = 2750 cm ²)	83
FIGURA 6.29 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
Pilar interno de 45 x 90,43 cm ² (A = 4069 cm ²)	84
FIGURA 6.30 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
Pilar interno de 65 x 80 cm ² (A = 5200 cm ²)	85
FIGURA 7.1 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS	89
FIGURA 7.2 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS	91
FIGURA 7.3 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS	93
FIGURA 7.4 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS	95
FIGURA 7.5 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-SVS	97
FIGURA 7.6 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS	100
FIGURA 7.7 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS	102
FIGURA 7.8 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS	104
FIGURA 7.9 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS	106
FIGURA 7.10 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-CVS	108
FIGURA 8.1 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL 1º processamento	118
FIGURA 8.2 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL	

2? processamento	118
FIGURA 8.3 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL	
3? processamento	119
FIGURA 8.4 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL	
4? processamento	119
FIGURA 8.5 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL	
5? processamento	120
FIGURA 8.6 - Gráfico de áreas do pilar interno (m^2) do P16	
1? ao 5? processamentos	121
FIGURA 8.7 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16	
1? processamento	123
FIGURA 8.8 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16	
2? processamento	124
FIGURA 8.9 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16	
3? processamento	125
FIGURA 8.10 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16	
4? processamento	126
FIGURA 8.11 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16	
5? processamento	127
FIGURA 8.12 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16	
1? processamento	129
FIGURA 8.13 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16	
2? processamento	130
FIGURA 8.14 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16	
3? processamento	131
FIGURA 8.15 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16	
4? processamento	132
FIGURA 8.16 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16	
5? processamento	133
FIGURA 8.17 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	

1? processamento	135
FIGURA 8.18 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
2? processamento	136
FIGURA 8.19 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
3? processamento	137
FIGURA 8.20 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
4? processamento	138
FIGURA 8.21 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P16	
5? processamento	139
FIGURA 8.22 - Gráfico de força axial no pilar interno do P16 1? processamento ..	141
FIGURA 8.23 - Gráfico de força axial no pilar interno do P16 2? processamento ..	142
FIGURA 8.24 - Gráfico de força axial no pilar interno do P16 3? processamento ..	143
FIGURA 8.25 - Gráfico de força axial no pilar interno do P16 4? processamento ..	144
FIGURA 8.26 - Gráfico de força axial no pilar interno do P16 5? processamento ..	145
FIGURA 8.27 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
1? processamento	147
FIGURA 8.28 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
2? processamento	148
FIGURA 8.29 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
3? processamento	149
FIGURA 8.30 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
4? processamento	150
FIGURA 8.31 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16	
5? processamento	151
FIGURA 8.32 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS	
1? processamento	157
FIGURA 8.33 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS	
2? processamento	157
FIGURA 8.34 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS	

3? processamento	158
FIGURA 8.35 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS	
4? processamento	158
FIGURA 8.36 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS	
5? processamento	159
FIGURA 8.37 - Gráfico de áreas do pilar interno (m^2) do P26-SVS	
1? ao 5? processamentos	160
FIGURA 8.38 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS	
1? processamento	163
FIGURA 8.39 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS	
2? processamento	164
FIGURA 8.40 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS	
3? processamento	165
FIGURA 8.41 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS	
4? processamento	166
FIGURA 8.42 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS	
5? processamento	167
FIGURA 8.43 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS	
1? processamento	168
FIGURA 8.44 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS	
2? processamento	169
FIGURA 8.45 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS	
3? processamento	170
FIGURA 8.46 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS	
4? processamento	171
FIGURA 8.47 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS	
5? processamento	172
FIGURA 8.48 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS	
1? processamento	173
FIGURA 8.49 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS	

2? processamento	174
FIGURA 8.50 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS	
3? processamento	175
FIGURA 8.51 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS	
4? processamento	176
FIGURA 8.52 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS	
5? processamento	177
FIGURA 8.53 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS	
1? processamento	178
FIGURA 8.54 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS	
2? processamento	179
FIGURA 8.55 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS	
3? processamento	180
FIGURA 8.56 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS	
4? processamento	181
FIGURA 8.57 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS	
5? processamento	182
FIGURA 8.58 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-SVS - 1? processamento	183
FIGURA 8.59 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-SVS - 2? processamento	184
FIGURA 8.60 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-SVS - 3? processamento	185
FIGURA 8.61 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-SVS - 4? processamento	186
FIGURA 8.62 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-SVS - 5? processamento	187
FIGURA 8.63 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS	
1? processamento	193

FIGURA 8.64 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS	
2º processamento	193
FIGURA 8.65 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS	
3º processamento	194
FIGURA 8.66 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS	
4º processamento	194
FIGURA 8.67 - Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS	
5º processamento	195
FIGURA 8.68 - Gráfico de áreas do pilar interno (m^2) do P26-CVS	
1º ao 5º processamentos	196
FIGURA 8.69 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS	
1º processamento	199
FIGURA 8.70 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS	
2º processamento	200
FIGURA 8.71 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS	
3º processamento	201
FIGURA 8.72 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS	
4º processamento	202
FIGURA 8.73 - Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS	
5º processamento	203
FIGURA 8.74 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS	
1º processamento	204
FIGURA 8.75 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS	
2º processamento	205
FIGURA 8.76 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS	
3º processamento	206
FIGURA 8.77 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS	
4º processamento	207
FIGURA 8.78 - Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS	
5º processamento	208

FIGURA 8.79 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS	
1? processamento	209
FIGURA 8.80 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS	
2? processamento	210
FIGURA 8.81 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS	
3? processamento	211
FIGURA 8.82 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS	
4? processamento	212
FIGURA 8.83 - Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS	
5? processamento	213
FIGURA 8.84 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS	
1? processamento	214
FIGURA 8.85 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS	
2? processamento	215
FIGURA 8.86 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS	
3? processamento	216
FIGURA 8.87 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS	
4? processamento	217
FIGURA 8.88 - Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS	
5? processamento	218
FIGURA 8.89 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-CVS - 1? processamento	219
FIGURA 8.90 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-CVS - 2? processamento	220
FIGURA 8.91 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-CVS - 3? processamento	221
FIGURA 8.92 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-CVS - 4? processamento	222
FIGURA 8.93 - Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P26-CVS - 5? processamento	223

LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1 – Pórticos e carregamentos do modelo EVOL-P16	33
TABELA 5.2 – Carregamentos que afetam os esforços em vigas e pilares do pórtico P16-EVOL	34
TABELA 5.3 – Carregamentos que afetam os deslocamentos nodais do pórtico P16-EVOL	36
TABELA 6.1 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16	46
TABELA 6.2 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16	47
TABELA 6.3 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16	49
TABELA 6.4 – Força axial no pilar interno do pórtico P16	52
TABELA 6.5 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	53
TABELA 6.6 – Momento fletor no nó k das vigas de 15,56 x 90 cm ² do pórtico P16 (MI = 945270 cm ⁴)	56
TABELA 6.7 – Momento fletor no nó k das vigas de 20 x 70 cm ² do pórtico P16 (MI = 571667 cm ⁴)	57
TABELA 6.8 – Momento fletor no nó k das vigas de 28 x 50 cm ² do pórtico P16 (MI = 291667 cm ⁴)	58
TABELA 6.9 – Momento fletor no nó k das vigas de 46,67 x 30 cm ² do pórtico P16 (MI = 105008 cm ⁴)	59
TABELA 6.10 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 Vigas de 15,56 x 90 cm ² (MI = 945270 cm ⁴)	61
TABELA 6.11 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 Vigas de 20 x 70 cm ² (MI = 571667 cm ⁴)	62
TABELA 6.12 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 Vigas de 28 x 50 cm ² (MI = 291667 cm ⁴)	63
TABELA 6.13 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 Vigas de 46,67 x 30 cm ² (MI = 105008 cm ⁴)	64
TABELA 6.14 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16 Vigas de 15,56 x 90 cm ² (MI = 945270 cm ⁴)	66
TABELA 6.15 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	

Vigas de 20 x 70 cm ² (MI = 571667 cm ⁴)	67
TABELA 6.16 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	
Vigas de 28 x 50 cm ² (MI = 291667 cm ⁴)	68
TABELA 6.17 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	
Vigas de 46,67 x 30 cm ² (MI = 105008 cm ⁴)	69
TABELA 6.18 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16	
Pilar interno de 5 x 188,10 cm ² (A = 941 cm ²)	72
TABELA 6.19 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16	
Pilar interno de 25 x 110 cm ² (A = 2750 cm ²)	73
TABELA 6.20 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16	
Pilar interno de 45 x 90,43 cm ² (A = 4069 cm ²)	74
TABELA 6.21 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16	
Pilar interno de 65 x 80 cm ² (A = 5200 cm ²)	75
TABELA 6.22 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16	
Pilar interno de 5 x 188,10 cm ² (A = 941 cm ²)	77
TABELA 6.23 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16	
Pilar interno de 25 x 110 cm ² (A = 2750 cm ²)	78
TABELA 6.24 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16	
Pilar interno de 45 x 90,43 cm ² (A = 4069 cm ²)	79
TABELA 6.25 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16	
Pilar interno de 65 x 80 cm ² (A = 5200 cm ²)	80
TABELA 6.26 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	
Pilar interno de 5 x 188,10 cm ² (A = 941 cm ²)	82
TABELA 6.27 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	
Pilar interno de 25 x 110 cm ² (A = 2750 cm ²)	83
TABELA 6.28 – módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	
Pilar interno de 45 x 90,43 cm ² (A = 4069 cm ²)	84
TABELA 6.29 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16	
Pilar interno de 65 x 80 cm ² (A = 5200 cm ²)	85
TABELA 7.1 – Pórticos e carregamentos do modelo EVOL-P26	87
TABELA 7.2 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS	89
TABELA 7.3 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS	91

TABELA 7.4 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS	93
TABELA 7.5 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS	95
TABELA 7.6 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-SVS	97
TABELA 7.7 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS	100
TABELA 7.8 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS	102
TABELA 7.9 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS	104
TABELA 7.10 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS	106
TABELA 7.11 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-CVS ..	108
TABELA 7.12 – Quadro comparativo dos módulos das diferenças percentuais dos pórticos P16 e P26-SVS	110
TABELA 8.1 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL 1? processamento .	114
TABELA 8.2 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL 2? processamento .	114
TABELA 8.3 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL 3? processamento .	115
TABELA 8.4 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL 4? processamento .	115
TABELA 8.5 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL 5? processamento .	116
TABELA 8.6 – Tensões σ_x nos pilares interno e externo (kN/m^2) do pórtico P16-EVOL 1? ao 5? processamentos	117
TABELA 8.7 – Áreas do pilar interno (m^2) do pórtico P16 1? ao 5? processamentos ..	121
TABELA 8.8 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16 1? processamento ...	123
TABELA 8.9 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16 2? processamento ...	124
TABELA 8.10 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16 3? processamento .	125
TABELA 8.11 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16 4? processamento .	126
TABELA 8.12 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16 5? processamento .	127
TABELA 8.13 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16 1? processamento	129
TABELA 8.14 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16 2? processamento	130
TABELA 8.15 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16 3? processamento	131
TABELA 8.16 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16 4? processamento	132
TABELA 8.17 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16 5? processamento	133
TABELA 8.18 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 1? processamento	135
TABELA 8.19 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 2? processamento	136
TABELA 8.20 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 3? processamento	137
TABELA 8.21 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 4? processamento	138

TABELA 8.22 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16 5º processamento	139
TABELA 8.23 – Força axial no pilar interno do pórtico P16 - 1º processamento	141
TABELA 8.24 – Força axial no pilar interno do pórtico P16 - 2º processamento	142
TABELA 8.25 – Força axial no pilar interno do pórtico P16 – 3º processamento	143
TABELA 8.26 – Força axial no pilar interno do pórtico P16 – 4º processamento	144
TABELA 8.27 – Força axial no pilar interno do pórtico P16 - 5º processamento	145
TABELA 8.28 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16 1º processamento	147
TABELA 8.29 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16 2º processamento	148
TABELA 8.30 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16 3º processamento	149
TABELA 8.31 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16 4º processamento	150
TABELA 8.32 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P16 5º processamento	151
TABELA 8.33 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS 1º processamento ...	153
TABELA 8.34 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS 2º processamento ...	153
TABELA 8.35 – Uniformização das tensões no pórtico P26- SVS 3º processamento ..	154
TABELA 8.36 – Uniformização das tensões no pórtico P26- SVS 4º processamento ..	154
TABELA 8.37 – Uniformização das tensões no pórtico P26- SVS 5º processamento ..	155
TABELA 8.38 – Tensões σ_x nos pilares interno e externo (kN/m^2) do pórtico P26-SVS 1º ao 5º processamentos	156
TABELA 8.39 – Áreas do pilar interno (m^2) do pórtico P26-SVS 1º ao 5º processamentos	160
TABELA 8.40 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS 1º processamento	163
TABELA 8.41 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS 2º processamento	164
TABELA 8.42 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS 3º processamento	165
TABELA 8.43 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS	

4? processamento	166
TABELA 8.44 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS	
5? processamento	167
TABELA 8.45 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS	
1? processamento	168
TABELA 8.46 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS	
2? processamento	169
TABELA 8.47 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS	
3? processamento	170
TABELA 8.48 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS	
4? processamento	171
TABELA 8.49 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS	
5? processamento	172
TABELA 8.50 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS	
1? processamento	173
TABELA 8.51 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS	
2? processamento	174
TABELA 8.52 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS	
3? processamento	175
TABELA 8.53 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS	
4? processamento	176
TABELA 8.54 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS	
5? processamento	177
TABELA 8.55 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS 1? processamento ..	178
TABELA 8.56 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS 2? processamento ..	179
TABELA 8.57 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS 3? processamento ..	180
TABELA 8.58 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS 4? processamento ..	181
TABELA 8.59 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS 5? processamento ..	182
TABELA 8.60 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-SVS	
1? processamento	183
TABELA 8.61 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-SVS	
2? processamento	184

TABELA 8.62 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-SVS	
3? processamento	185
TABELA 8.63 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-SVS	
4? processamento	186
TABELA 8.64 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-SVS	
5? processamento	187
TABELA 8.65 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS 1? processamento ..	189
TABELA 8.66 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS 2? processamento ..	189
TABELA 8.67 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS 3? processamento ..	190
TABELA 8.68 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS 4? processamento ..	190
TABELA 8.69 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS 5? processamento ..	191
TABELA 8.70 – Tensões σ_x nos pilares interno e externo (kN/m^2)	
do pórtico P26-CVS 1? ao 5? processamentos	192
TABELA 8.71 – Áreas do pilar interno (m^2) do pórtico P26-CVS	
1? ao 5? processamentos	196
TABELA 8.72 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS	
1? processamento	199
TABELA 8.73 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS	
2? processamento	200
TABELA 8.74 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS	
3? processamento	201
TABELA 8.75 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS	
4? processamento	202
TABELA 8.76 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS	
5? processamento	203
TABELA 8.77 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS	
1? processamento	204
TABELA 8.78 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS	
2? processamento	205
TABELA 8.79 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS	
3? processamento	206
TABELA 8.80 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS	

4? processamento	207
TABELA 8.81 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS	
5? processamento	208
TABELA 8.82 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS	
1? processamento	209
TABELA 8.83 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS	
2? processamento	210
TABELA 8.84 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS	
3? processamento	211
TABELA 8.85 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS	
4? processamento	212
TABELA 8.86 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS	
5? processamento	213
TABELA 8.87 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS 1? processamento ..	214
TABELA 8.88 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS 2? processamento ..	215
TABELA 8.89 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS 3? processamento ..	216
TABELA 8.90 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS 4? processamento ..	217
TABELA 8.91 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS 5? processamento ..	218
TABELA 8.92 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-CVS	
1? processamento	219
TABELA 8.93 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-CVS	
2? processamento	220
TABELA 8.94 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-CVS	
3? processamento	221
TABELA 8.95 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-CVS	
4? processamento	222
TABELA 8.96 – Módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do pórtico P26-CVS	
5? processamento	223

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	- Área da seção transversal
A_e	- Área da seção transversal das barras do pilar externo
A_i	- Área da seção transversal das barras do pilar interno
ACI	- American Concrete Institute
AÇOMINAS	- Açominas Minas Gerais S.A.
alv	- Alvenaria mais revestimento
ASCE	- American Society of Civil Engineers
CDA	- Com Deformação Axial
CILAMCE	- Congresso Íbero Latino Americano sobre Métodos Computacionais para Engenharia
COPPE	- Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia
CVS	- Com Variação de Seções
E	- Módulo de elasticidade
EA	- Módulo da rigidez axial
EI	- Módulo da rigidez à flexão
E_i	- Esforço número i
E_{ij}	- Esforço E_i devido apenas ao carregamento j
EESC	- Escola de Engenharia de São Carlos
EEUFMG	- Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais
EPUSP	- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
EVOL	- Evolutivo
FIG	- Figura
F_x	- Força axial nas barras dos pilares na direção x
F_{xe}	- Força axial nas barras do pilar externo
F_{xi}	- Força axial nas barras do pilar interno
IACM	- International Association of Computational Mechanics
IBRACON	- Instituto Brasileiro do Concreto
j	- Nó esquerdo das barras de vigas
k	- Nó direito das barras de vigas

MI	- Momento de inércia
M_z	- Momento fletor na direção z
P16	- Pórtico de 16 andares
P26	- Pórtico de 26 andares
Pe	- Pilar externo
Pi	- Pilar interno
pp	- Peso próprio
s	- Número de carregamentos que solicitam, simultaneamente, a estrutura
sc	- Sobrecarga
SDA	- Sem Deformação Axial
SIDERBRÁS	- Siderurgia Brasileira S.A.
SVS	- Sem Variação de Seções
TAB	- Tabela
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	- Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	- Universidade de São Paulo
V	- Valor da grandeza obtido com o modelo SDA ou CDA
V_{EVOL}	- Valor da grandeza obtido com o modelo EVOL
V1	- Viga 1
V2	- Viga 2
V3	- Viga 3
δ_i	- deslocamento nodal número i
δ_{ij}	- Deslocamento nodal δ_i devido apenas ao carregamento j
$\delta(V) \%$	- Diferença percentual do valor da grandeza V em relação à grandeza V_{EVOL}
δ_{yi}	- Deslocamento vertical (direção y) em nós internos
δ_{ye}	- Deslocamento vertical (direção y) em nós externos
σ_x	- Tensão normal média
σ_{xe}	- Tensão normal média nas barras do pilar externo
σ_{xi}	- Tensão normal média nas barras do pilar interno
??	- Valor absoluto

RESUMO

COELHO, A.O.L. (2003). *Influência das etapas de construção e carregamento na análise de pórticos planos em edifícios altos*. Belo Horizonte, 2003. 249 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Estudos modernos mostram que a análise simplificada de edifícios altos pode levar o projetista ao equívoco de utilizar um modelo estrutural inadequado podendo, inclusive, deixar de considerar todos os carregamentos existentes. Análises que levam em consideração as etapas de construção e carregamento (Cálculo Evolutivo) se fazem necessárias. Com o intuito de mostrar que podem existir divergências de resultado entre o modelo estrutural usando cálculo evolutivo e o modelo usando cálculo clássico, foram feitos cálculos evolutivos e clássicos de três pórticos planos. Variaram-se os valores de parâmetros que direta ou indiretamente interferem nos resultados de deslocamentos e esforços, tais como: rigidez à flexão das vigas, rigidez axial dos pilares e altura do pórtico. Mostrou-se que o caminho mais viável para obter convergência de resultados nos modelos analisados é uniformizar as tensões normais médias nos pilares de cada andar. Para viabilizar este trabalho foi desenvolvido o software PORTEVOL, específico para cálculo evolutivo elástico-linear de pórticos planos.

Palavras-chave: cálculo evolutivo; etapas de construção; etapas de carregamento; pórtico plano; edifícios altos; sistemas estruturais.

ABSTRACT

COELHO, A.O.L. (2003). *The influence of the stages of construction and loading in the analysis of plane frames in tall buildings*. Belo Horizonte, 2003. 249 p. Dissertation (Master degree) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Modern studies point out that the simplified analysis of tall buildings could lead to the error of using an inadequate structural model that could fail to consider all the existent loads. Analysis which consider the stages of construction and loading (sequential analysis) should be used to avoid it. Three plane frames were analysed using the sequential and classical models in order to show that the results can be different. Parameters that direct or indirectly interfere in the results of displacements and stresses, such as flexural rigidity of the beam, axial rigidity of the columns and height of the plane frame, were studied. It was shown that the most viable way to obtain convergence of results in the analysed models is to uniformize the normal medium stresses in the columns of each floor. To make this work easier it was developed the software PORTEVOL, specific to analyse linear elastic plane frames considering the stages of construction and loading.

Key words: sequential analysis; stages of construction; stages of loading; plane frames; tall buildings; structural systems.

1

INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações Gerais

As estruturas de edifícios são responsáveis pela transmissão para o solo das cargas verticais que as solicitam. Elas também são responsáveis pela transmissão das cargas horizontais as quais não se pode deixar de levar em conta.

Em edifícios de andares múltiplos cargas horizontais são uma preocupação maior. É preciso escolher sistemas estruturais que garantam a estabilidade da estrutura e que não a tornem anti-econômica.

A escolha do sistema estrutural é também afetada, até certo ponto, pelo tipo de ocupação que o edifício vai ter, a saber: edifícios residenciais, comerciais, de uso misto (residencial e comercial), garagens, etc.

Na maioria dos edifícios altos construídos em concreto armado, têm-se utilizado os seguintes sistemas estruturais: pórticos, pórticos com paredes estruturais, tubos apertados, tubos dentro de tubos e tubos apertados multicelulares.

Uma vez escolhido o sistema estrutural, deve-se adotar um modelo estrutural capaz de representá-lo adequadamente, através do qual serão calculados seus deslocamentos e esforços solicitantes.

A análise de edifícios de andares múltiplos requer do projetista um estudo criterioso. Métodos aproximados ainda são utilizados devido à sua simplicidade e a requererem menos tempo do que análises mais completas. Entretanto, estudos modernos mostram que a análise simplificada pode levar o projetista ao equívoco de utilizar um modelo estrutural inadequado podendo, inclusive, deixar de considerar todos os carregamentos existentes. Portanto, simplificações devem ser evitadas.

Análises mais próximas da realidade se fazem necessárias. Com o uso de softwares mais modernos, análises mais completas podem ser feitas com maior precisão e praticidade.

Melhor precisão dos resultados pode ser obtida levando-se em conta que a estrutura não é construída e carregada de uma só vez. É importante acompanhar os esforços desenvolvidos na estrutura ao longo das etapas de construção e carregamento. Note-se que grande parte do carregamento já a solicita antes dela estar pronta além de carregamentos de montagem tais como materiais estocados, entulhos, equipamentos, etc, que ocorrem apenas durante a construção.

Quando na análise da estrutura são levadas em consideração as etapas de construção e carregamento, diz-se que o cálculo é evolutivo.

Pretende-se, neste trabalho, mostrar que podem existir divergências de resultado entre o modelo estrutural usando cálculo evolutivo e o modelo que considera a estrutura pronta e carregada de uma única vez.

1.2 – Objetivos

Este estudo tem como objetivo utilizar o cálculo evolutivo em análises de edifícios altos, com o intuito de melhor compreender os parâmetros que direta ou indiretamente interferem nos resultados de esforços e deslocamentos, bem como comparar o cálculo clássico com o cálculo evolutivo, a fim de avaliar a confiabilidade do primeiro.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica dando ênfase ao cálculo evolutivo.

Serão analisados três pórticos: um de 16 andares (P16) e dois de 26 andares (P26-SVS e P26-CVS), apresentados no capítulo 3.

No capítulo 4 será mostrado o carregamento utilizado para a análise dos pórticos P16 e P26.

Os pórticos P16 e P26 serão analisados através dos modelos SDA (Sem Deformação Axial), CDA (Com Deformação Axial) e EVOL (Evolutivo), detalhados no capítulo 5.

O pórtico P16 será analisado no capítulo 6, onde será feita a comparação dos modelos, a verificação da influência da rigidez à flexão do viga e da rigidez axial dos pilares nos valores dos deslocamentos nodais e esforços nas barras.

No capítulo 7 serão analisados os pórticos P26-SVS (Sem Variação de Seções) e P26-CVS (Com Variação de Seções). Após esta análise é verificada a influência da altura do pórtico nos resultados.

No capítulo 8 é apresentado um algoritmo para uniformização das tensões normais médias nos pilares de cada andar. Mostra-se que esta uniformização é um procedimento viável para obter a convergência dos resultados obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL.

As conclusões obtidas ao longo do desenvolvimento do trabalho são apresentadas no capítulo 9.

1.3 – Programa PORTEVOL

Para viabilizar este trabalho foi desenvolvido um software específico, para cálculo evolutivo elástico-linear de pórticos planos, denominado PORTEVOL.

O programa PORTEVOL foi desenvolvido pelo eng. Késio Palácio, com a nossa colaboração, e orientação técnica do Prof. Dr. Alcebíades de Vasconcellos Filho. Ele foi implementado utilizando-se a linguagem de programação Delphi 4.0 na plataforma Windows.

O programa PORTEVOL usa o método dos deslocamentos para proceder à análise, de acordo com o fluxograma para pórticos planos de WEAVER & GERE (1990). Este fluxograma foi adaptado para incluir rotinas para análise evolutiva, as quais foram desenvolvidas à parte.

2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Remonta à década de 70 a preocupação em definir a influência da seqüência da construção nas tensões em pórticos de edifícios altos. No artigo de 1974 dos autores SELVARAJ e SHARMA, análises elásticas detalhadas foram apresentadas em três pórticos de 14 andares (2 vãos, 4 vãos com parede estrutural e 7 vãos) ressaltando a importância das etapas de construção para cargas de gravidade. Duas seqüências de construção foram idealizadas: Caso (I) – construção sem escoramento e Caso (II) – construção com escoramento. Os pórticos foram analisados pela teoria elástica usando o método da matriz de rigidez. As análises foram influenciadas por: (a) Seqüência de construção não considerada (com e sem deformação axial); (b) Seqüência de construção considerada (caso I e II com e sem deformação axial). Percebeu-se que desprezar a seqüência da construção em análise elástica de edifícios altos leva a um erro significativo nas tensões devidas às cargas totais.

Em 1981, meditando a respeito de como os modelos estruturais da época eram utilizados, VASCONCELLOS FILHO chegou à conclusão que eles poderiam ser significativamente melhorados em inúmeros casos, desde que fossem consideradas no projeto estrutural as etapas de construção e carregamento previamente estabelecidas

pelo construtor e calculista. Como mostra em seu trabalho, se isto for feito, é possível criar modelos mais realistas nos quais a estrutura é carregada à medida que é construída. Para expor suas idéias sobre um modelo que leve em consideração as diversas etapas de construção e carregamento, apresenta um procedimento visando simular estas etapas. Utiliza como exemplo dois pórticos, um de 16 andares e outro de 26 andares. Considera o efeito do escoramento. Subdivide o carregamento em três parcelas: peso próprio, alvenaria e sobrecarga. Os pórticos foram analisados através dos modelos STRESS - SDA (sem deformação axial), STRESS-CDA (com deformação axial) e PPSEM (evolutivo), sendo o último considerado o mais realista. A análise dos dois pórticos mostra que para estes casos os modelos STRESS-SDA e STRESS-CDA (classicamente usados em projeto) não fornecem bons resultados, quando comparados com o modelo PPSEM. VASCONCELLOS FILHO (1981) mostra que os resultados são influenciados pela altura da edificação, diferenças das tensões normais nos pilares em cada andar, aumento da rigidez à flexão EI das vigas e diminuição da rigidez axial EA nos pilares. Argumenta, então, que justifica-se a indicação do modelo evolutivo (PPSEM) para projetos de edifícios altos. Ao adotar modelos mais realistas verifica-se um aumento considerável do trabalho numérico e torna-se indispensável, para uso deste modelo, o desenvolvimento de programas automáticos que possibilitem a obtenção dos esforços e deslocamentos na estrutura de forma prática e economicamente viável.

Em 1985, CHOI e KIM publicaram um trabalho onde analisam pórticos de andares múltiplos sob ação de cargas de gravidade consideradas de forma seqüencial. Este artigo trata dos momentos fletores e forças axiais que são produzidos nas barras dos pórticos pelo encurtamento diferenciado das colunas. É levada em conta na análise a seqüência da construção e a da aplicação das cargas (peso próprio). O pórtico é analisado considerando-se um andar de cada vez. O cálculo dos andares é feito na ordem inversa de construção, ou seja, de cima para baixo. São apresentados dois exemplos, um edifício de 60 andares em aço e outro de 10 andares em concreto. Os resultados do método proposto (com seqüência de construção) são comparados com uma análise convencional considerando o pórtico completo. Com os resultados do pórtico de 60 andares, observa-se que os encurtamentos das colunas e momentos fletores do vigamento aumentam continuamente até o topo na análise convencional,

ocorrendo o contrário na análise seqüencial. No pórtico de 10 andares de concreto foram considerados dois casos, com parede estrutural e sem parede estrutural. No pórtico com parede estrutural analisado pelo método convencional, os encurtamentos e os momentos fletores produzidos são mais significantes do que no pórtico sem parede estrutural. Os encurtamentos dos pilares e os momentos fletores nas vigas do andar do topo obtidos pelo método seqüencial são somente frações dos obtidos pela análise convencional. Os resultados obtidos pelas análises convencional e seqüencial apresentam diferenças significativas que não deveriam ser negligenciadas na análise de edifícios altos.

Em 1989, FONTE e SORIANO publicaram um trabalho estudando o efeito construtivo incremental em edifícios altos. Aqui dois processos de cálculo que fornecem os esforços que ocorrem em edifícios ao longo da construção são rerepresentados em notação matricial: de cima para baixo (CHOI e KIM, 1985) e de baixo para cima (VASCONCELLOS FILHO, 1981). Resultados da análise de pórticos planos de edifícios altos em concreto armado (pórtico de 16 e 26 andares) tratados em VASCONCELLOS FILHO (1981) são aqui analisados através de modelos clássicos, modelos incrementais e modelos clássicos modificados e os resultados comparados. Os três primeiros modelos são: Modelo I – pórticos carregados de uma única vez e considerando deformações axiais; Modelo II – pórticos carregados de uma única vez e desconsiderando deformações axiais e Modelo III – pórticos carregados segundo a concepção incremental andar por andar e considerando as deformações axiais. Os modelos a seguir são analisados considerando-se a estrutura totalmente construída e carregada, com adoção de propriedades de rigidez fictícias para as colunas, com a idéia de aproximar os diagramas de deslocamentos nodais verticais diferenciais em cada andar dos relativos ao modelo III e em conseqüência obter esforços com melhor aproximação: Modelo IV – colunas com rigidez axial real nos quatro andares inferiores e axialmente indeformáveis nos demais andares; Modelo V – coluna central do pórtico com rigidez axial real nos seis andares inferiores e axialmente indeformáveis nos demais andares; Modelo VI - coluna central do pórtico com rigidez axial real nos oito andares inferiores e axialmente indeformáveis nos demais andares e Modelo VII - coluna central do pórtico com rigidez axial corrigida (ao longo da altura), tendo em conta as tensões normais ao nível do centro de gravidade da seção transversal obtidas

através de uma análise estática prévia. Na análise de edifícios altos a adoção do modelo III é recomendada. Propõe-se uma seqüência de construção e carregamento simplificada para ser adotada nestes modelos. Os resultados mostram que a influência da construção incremental aumenta com a altura da edificação, com a rigidez axial EI das vigas, com as diferenças de tensões normais nas colunas de um mesmo andar e com a diminuição da rigidez axial EA das colunas. Os modelos I e II classicamente usados na análise de edifícios apresentam-se como inadequados, quando seus resultados são comparados com os do modelo III.

No ano seguinte, KRIPKA (1990) estudou a importância da consideração da seqüência de carregamento e construção na análise de edifícios altos, bem como formas de melhor simular esta seqüência. Foram analisados quatro exemplos, sendo que as estruturas foram desmembradas em pórticos planos e foi considerado o efeito de diafragma das lajes, como forma de compatibilização dos deslocamentos horizontais em cada andar. Para cada um dos pórticos foi efetuada a análise tanto pelo procedimento incremental construtivo como pelo procedimento convencional. Não foram incluídos os efeitos de fluência e retração do concreto, bem como a ação do vento. Com base nos exemplos, este estudo afirma a necessidade da análise incremental para a correta determinação dos esforços solicitantes em edificações. Foram efetuadas análises de estruturas de diferentes números de andares, com dimensões e formas variadas, com ou sem deslocamentos diferenciais verticais entre pilares. Em todas as estruturas verificou-se grande diferença dos resultados obtidos por intermédio da análise incremental construtiva em comparação com os gerados pelo procedimento convencional de análise.

SMITH e COULL (1991) chamam a atenção para o efeito do carregamento seqüencial. Ressaltam que a análise da estrutura para cargas aplicadas após a conclusão do edifício é independente da seqüência da construção, o mesmo não ocorrendo para as cargas permanentes, nas quais o carregamento seqüencial mostra as piores condições a que um componente possa estar sujeito, e também determina o verdadeiro comportamento do pórtico. Consideram que as cargas de construção devido ao concreto fresco e formas, em edifícios de concreto armado com andares múltiplos, podem exceder apreciavelmente as cargas sob condições de serviço, isto porque tais cargas dependem

da seqüência e velocidade da construção. Além disso, constatam que se as deformações axiais da coluna são calculadas à medida que as cargas permanentes são aplicadas na estrutura, momentos fletores em componentes horizontais resultarão do encurtamento diferencial na coluna e, por causa dos efeitos cumulativos, estes serão maiores no nível mais alto do edifício. Portanto, os efeitos seqüenciais devido às cargas permanentes devem ser considerados para obter-se uma avaliação mais precisa.

Em 1998, PRADO et al. escreveram um artigo que descreve um processo para análise estrutural de edifícios altos de concreto armado. O processo leva em conta a seqüência natural da construção, o que resulta em valores mais precisos que aqueles usualmente obtidos pelo modelo global que considera a estrutura acabada. O conhecimento das cargas que atuam nos andares durante a construção possibilita ter-se a história das ações solicitantes em cada elemento estrutural desde o início até o fim da construção. O modelo estrutural 3D (usando o método de elementos finitos) apresentado define uma seqüência de operações que permite o desenvolvimento de um processo computacional que ajuda a otimizar a análise. Um exemplo numérico considerando linearidade física e geométrica ilustra o procedimento proposto. O procedimento seqüencial proposto obtém resultados mais precisos na análise de estruturas de concreto armado para edifícios altos. Nota-se, entretanto, que a análise de um simples edifício de quatro andares requer doze processamentos de estruturas diferentes. Definidas as etapas de construção e carregamento é possível automatizar os cálculos. Com isso, o trabalho exaustivo de processar doze estruturas diferentes pode ser adaptado e transformar-se em esforço computacional.

Ainda em 1998, CORRÊA et al. apresentam outro artigo em que discorrem sobre a importância de desenvolver modelos estruturais mais sofisticados com o objetivo de retratar melhor a realidade. Lembram que toda estrutura passa por diversas etapas do início ao término da construção e, por isso, a análise de estruturas de edifícios em concreto armado não deve ser feita considerando que toda a estrutura já exista quando as ações são impostas. Esta hipótese só é válida para ações horizontais devidas a vento e para ações verticais aplicadas à estrutura quando totalmente concluída. Mas, para ações como o peso próprio, que são impostas gradualmente em vários estágios de construção,

estas análises globais não são válidas. Nesse caso, é conveniente que se considere a seqüência construtiva da edificação. Em relação às ações devido às alvenarias, pisos e revestimentos é necessário conhecer o cronograma da obra. Falam sobre as diferenças dos valores das tensões nos pilares devido às ações verticais, o que conduz a deformações axiais diferenciadas nesses elementos em cada pavimento. Assim, desprezando a seqüência construtiva na análise, deslocamentos verticais inexistentes acumulam-se nos andares superiores. Conseqüentemente, os deslocamentos diferenciais crescem ao longo da altura da edificação, levando a valores incorretos dos esforços nos elementos estruturais. Mostram, através de um exemplo numérico adaptado de SELVARAJ e SHARMA (1974), a importância da consideração da seqüência construtiva na análise de ações verticais de peso próprio. Ressaltam as diferenças consideráveis nos valores de momento fletor obtidos, devidas a tensões mais elevadas no pilar central do que nos de extremidades. Ressaltam, também, que ações móveis variáveis atuantes durante a construção precisam ser exaustivamente estudadas, pois sua correta consideração é fundamental.

Em 1999, PRADO apresenta sua tese (doutorado), na qual sugere que o tradicional método de GRUNDY E KABAILA (1963), para determinação das ações na estrutura e escoras provenientes do escoramento de lajes, pode ser melhorado considerando-se a análise seqüencial construtiva. Os resultados obtidos nesta tese deixam claro que os valores de esforços solicitantes e deslocamentos considerando-se a análise seqüencial construtiva são diferentes daqueles obtidos convencionalmente através do método supra citado. Desta maneira, a conveniência de se adotar uma análise tipo incremental alia-se à necessidade de levar em conta os carregamentos prematuros, não só os referentes ao peso próprio, mas também aqueles inerentes ao processo de construção de edifícios. Isto porque, carregamentos prematuros provocam aumento das deformações, além de colocar em risco a segurança.

3

PÓRTICOS A SEREM ANALISADOS

Para demonstrar a influência das etapas de construção e carregamento nos resultados serão analisados três pórticos planos, um de 16 andares (P16) e dois de 26 andares (P26).

A FIG. 3.1 é um croqui de parte da planta do pavimento tipo de dois edifícios de 16 e 26 andares. O vigaamento principal é formado pelas vigas V3, que são barras horizontais dos pórticos transversais, existindo, também, um vigaamento secundário constituído pelas vigas V1 e V2, que são barras horizontais dos pórticos longitudinais.

Os pórticos transversais nos edifícios de 16 e 26 andares são pórticos planos de três pernas, paralelos entre si, igualmente espaçados a cada 4,00 metros e com vãos de 6,00 metros.

O pórtico plano P16 que é ilustrado na FIG. 3.2 possui os pilares com seção transversal de 25 x 110 cm² e as vigas de 20 x 70 cm².

São dois os pórticos planos de 26 andares a serem analisados, um utilizando dimensões constantes (P26-Sem Variação de Seções) para as seções transversais dos pilares e vigas e outro com dimensões variáveis (P26-Com Variação de Seções), conforme FIG. 3.3a e FIG. 3.3b, respectivamente.

O pórtico P26-SVS é constituído por pilares com seção transversal de $25 \times 110 \text{ cm}^2$ e vigas de $20 \times 70 \text{ cm}^2$ em todos os andares. Já no P26-CVS as dimensões variam ao longo do pórtico da seguinte forma:

- ? 1? ao 6? andar - vigas de $20 \times 90 \text{ cm}^2$ e pilares de $65 \times 65 \text{ cm}^2$;
- ? 7? ao 16? andar - vigas de $20 \times 80 \text{ cm}^2$ e pilares de $55 \times 55 \text{ cm}^2$;
- ? 17? ao 26? andar - vigas de $20 \times 70 \text{ cm}^2$ e pilares de $40 \times 40 \text{ cm}^2$.

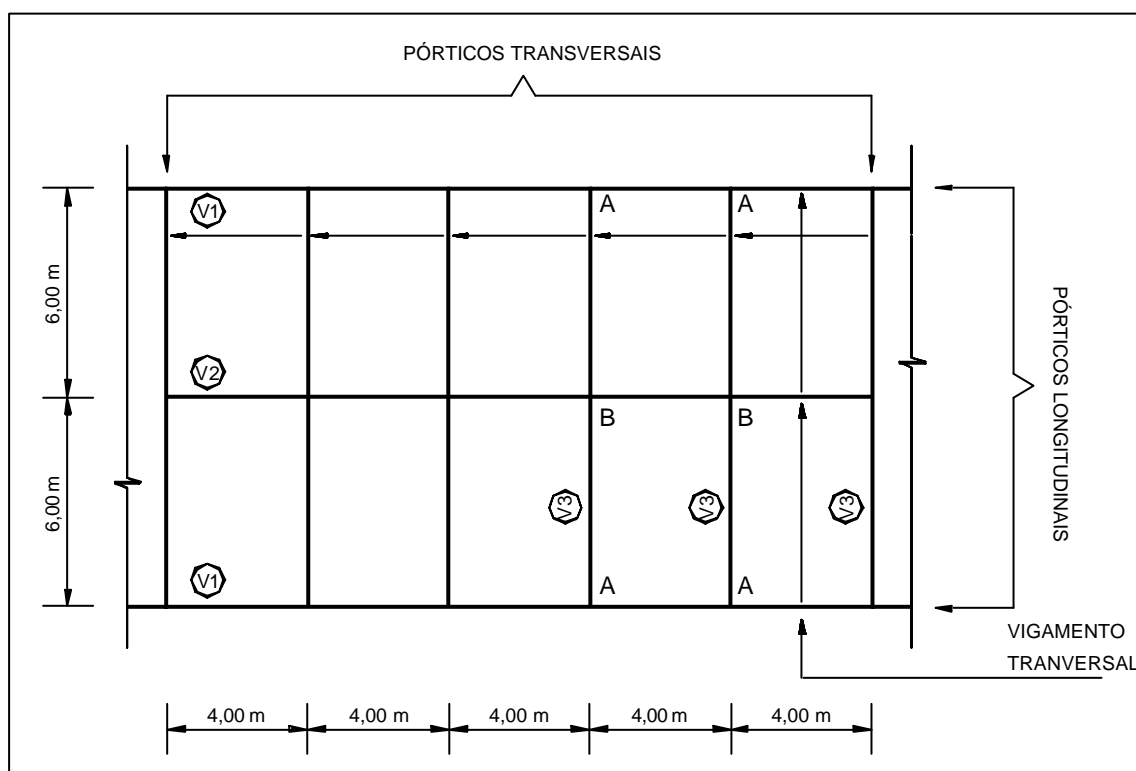


FIGURA 3.1 – Croqui de parte da planta do pavimento tipo

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 63

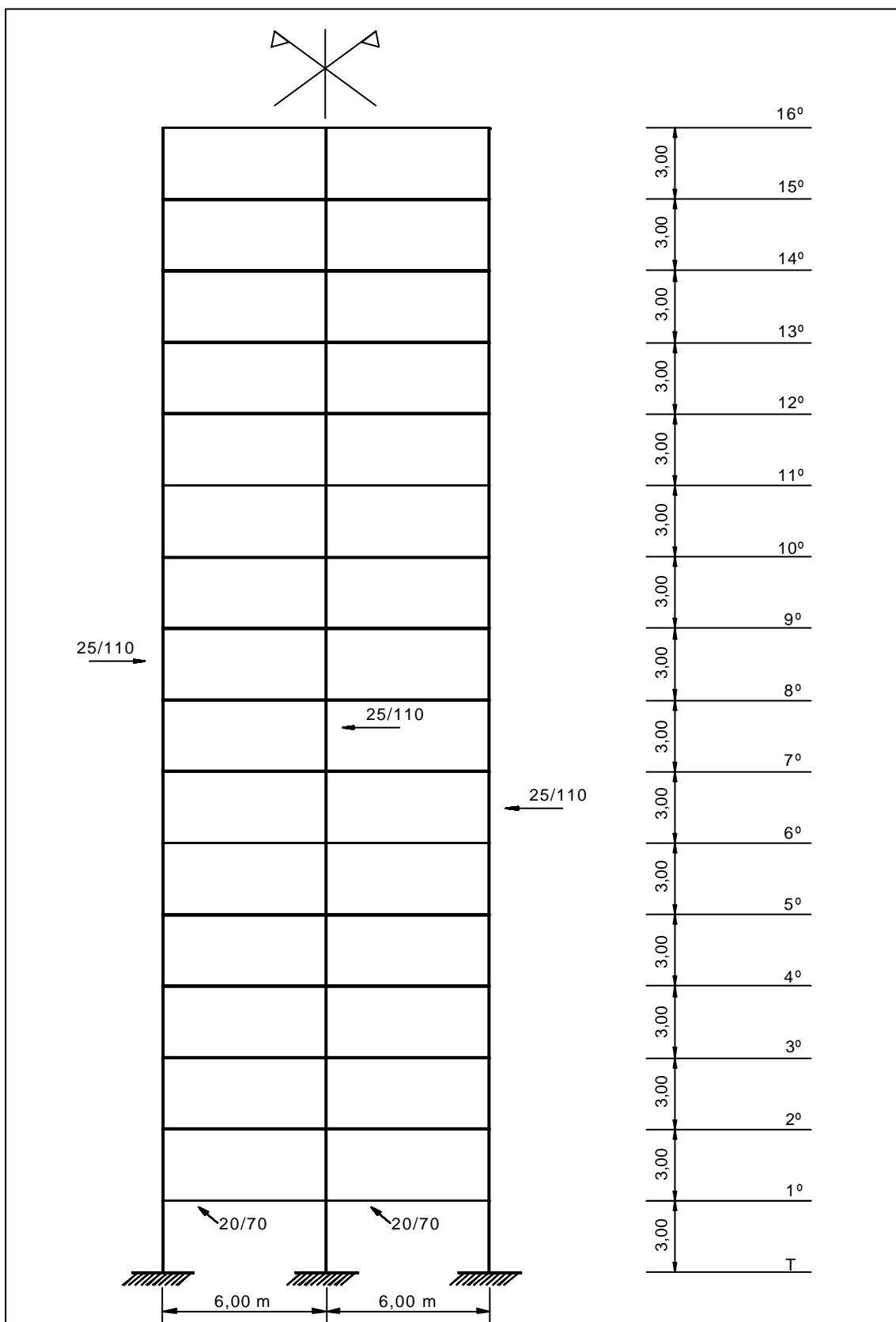


FIGURA 3.2 – Pórtico P16

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 65

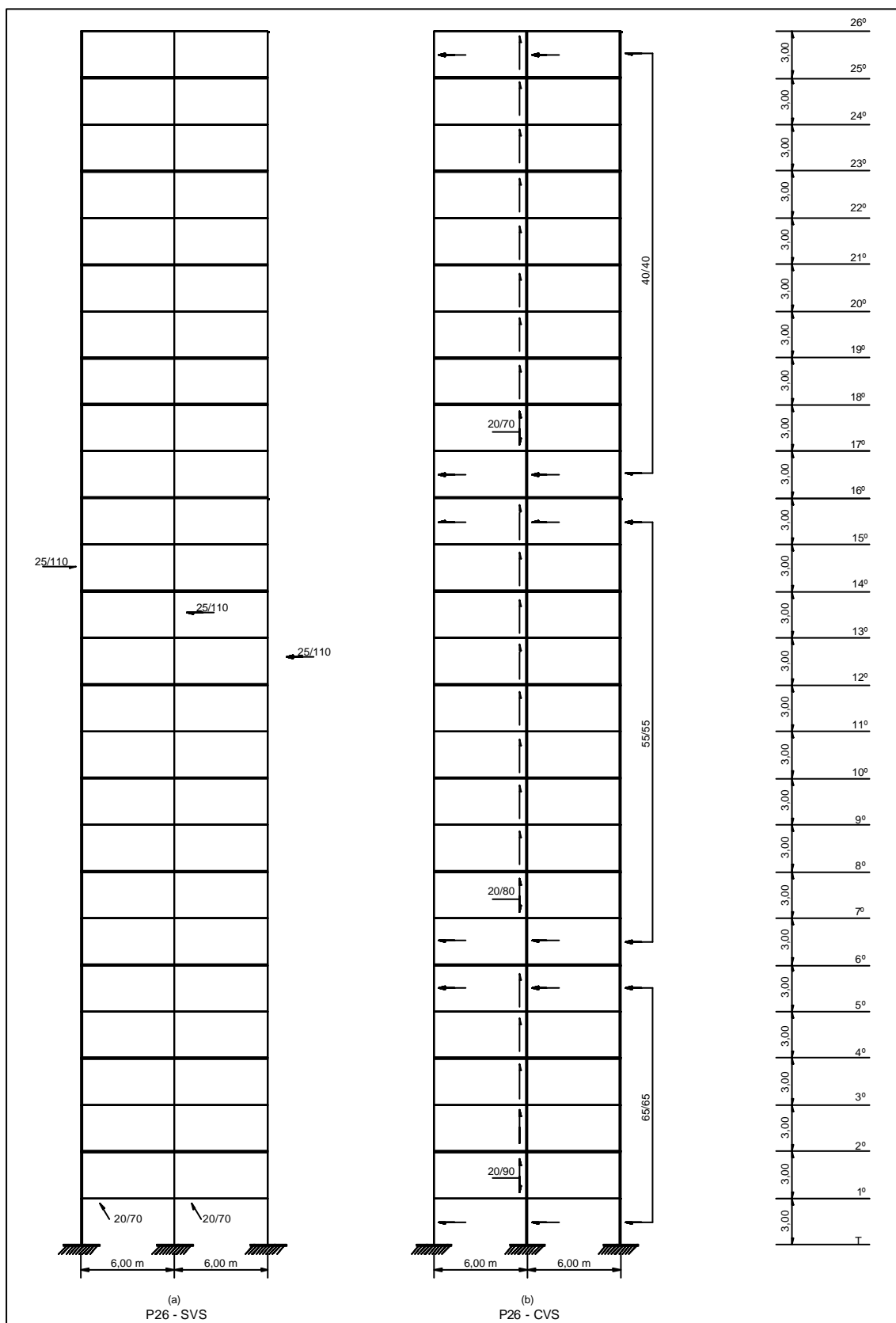


FIGURA 3.3 – Pórticos P26-SVS e P26-CVS

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 107

4

CARREGAMENTO

Para a análise dos pórticos P16 e P26, serão utilizadas as cargas mostradas na FIG. 4.1. Mais detalhes de como estes valores foram obtidos se encontram em VASCONCELLOS (1981).

O carregamento completo é o mesmo em todas as lajes e distribuído de tal forma que:

- ? as cargas uniformemente distribuídas de 30 kN/m correspondem ao carregamento em V3 vindo das lajes adjacentes;
- ? as cargas concentradas de 50 kN aplicadas nos nós A correspondem ao carregamento vindo de V1;
- ? as cargas concentradas de 140 kN aplicadas nos nós B correspondem ao carregamento vindo de V2.

No cálculo evolutivo, que será um dos modelos utilizados neste trabalho, parte do carregamento passa a solicitar a estrutura à medida que a mesma vai sendo construída. Este é o caso da carga vertical que não é posta toda de uma vez sobre a estrutura. Note-se que o peso próprio é introduzido à medida que ela é concretada. Da mesma forma, a

construção da alvenaria depende da programação do construtor, bem como a execução do revestimento e aplicação das cargas de montagem. Por sua vez, a sobrecarga é introduzida na estrutura, em geral, depois desta estar pronta.

Devido a este fato, VASCONCELLOS (1981) subdividiu o carregamento completo em três carregamentos parciais, que serão postos na estrutura à medida que vai sendo construída e em etapas cronologicamente distintas.

Os carregamentos parciais, que se resumem em peso próprio (pp), alvenaria mais revestimento (alv) e sobrecarga (sc), quando superpostos resultam no carregamento completo. Esta superposição pode ser observada na FIG. 4.1.

O carregamento completo será utilizado em dois modelos (CDA e SDA) e os parciais em um outro (EVOL), como se verá no próximo capítulo.

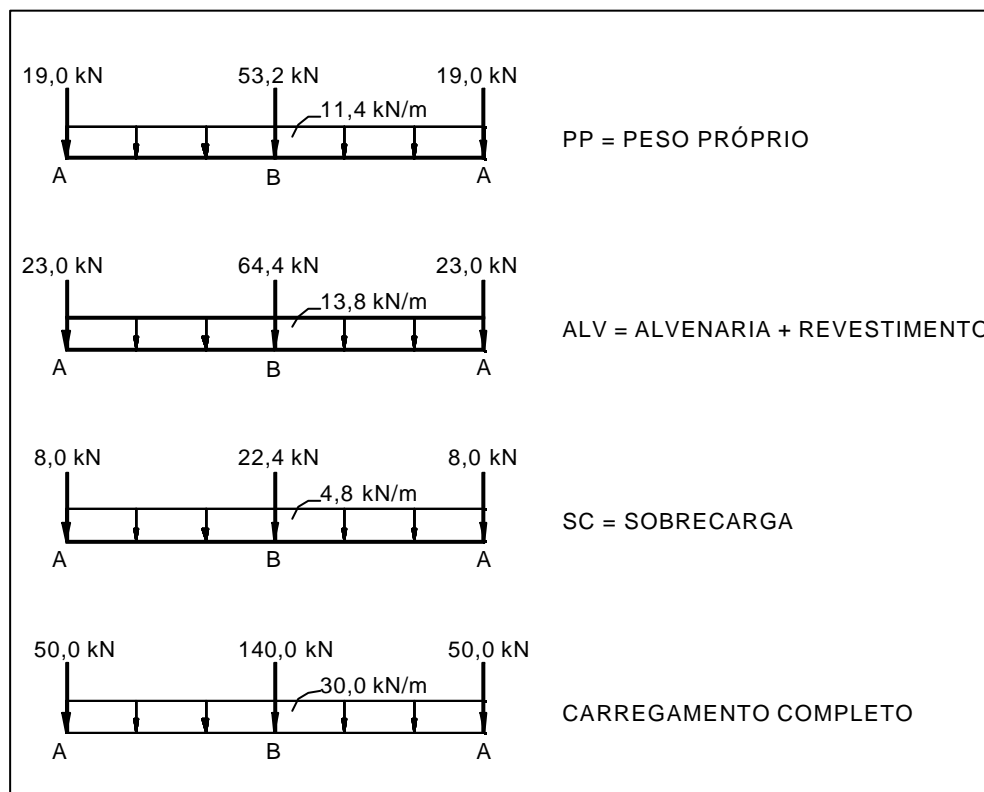


FIGURA 4.1 – Contribuições do carregamento vertical por nível

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 64

5

MODELOS A SEREM ANALISADOS

5.1 – Descrição dos Modelos

Nos modelos descritos a seguir a análise será elástica-linear, isto é, vai-se admitir que o material tem comportamento elástico-linear e que o equilíbrio ocorre na configuração inicial da estrutura.

Os pórticos P16 e P26 serão analisados através dos modelos **SDA** (**Sem Deformação Axial**), **CDA** (**Com Deformação Axial**) e **EVOL** (**Evolutivo**).

O modelo SDA caracteriza-se pelo fato das deformações axiais dos pilares e das vigas serem desprezadas. Além disso, a estrutura é carregada, simultaneamente, após estar concluída.

No modelo CDA a estrutura também é carregada, simultaneamente, somente após estar concluída, mas ao contrário do modelo SDA, são consideradas as deformações axiais dos pilares e das vigas.

No modelo EVOL, que representa melhor o que ocorre na realidade, a estrutura é carregada à medida que é construída e, além disso, as deformações axiais dos pilares são consideradas.

5.2 – Modelo CDA (Com Deformação Axial) do Pórtico P16

Neste modelo a estrutura será carregada simultaneamente, em todos os andares, pelo carregamento completo mostrado na FIG. 5.1.

Pelo fato do pórtico P16 (FIG. 3.2) ser simétrico, o pórtico que realmente será analisado é o da FIG. 5.2a. Note-se que para os pilares 3, 6, 9 ... 48 serão utilizadas seções transversais de 12,5 x 110 cm² e a carga nos nós B será de 70 kN (FIG. 5.2b).

Além disso, os deslocamentos horizontais e as rotações dos nós 4, 6, 8... 34 são nulos. Todavia, os deslocamentos verticais nestes nós podem ocorrer.

Os valores das forças axiais nos pilares da prumada à direita na FIG. 5.2a deverão ser multiplicados por dois para ter-se os valores das forças axiais dos pilares centrais da FIG. 3.2.

5.3 – Modelo SDA (Sem Deformação Axial) do Pórtico P16

As características do modelo SDA são as mesmas do modelo CDA, com uma única diferença: as deformações axiais dos pilares e vigas são desprezadas. Consequentemente, todas as translações horizontais e verticais dos nós do pórtico da FIG. 5.3 devem ser nulas, o que exige a introdução de vínculos adicionais. Estes vínculos adicionais podem ser vistos comparando as FIG. 5.3 e 5.2.

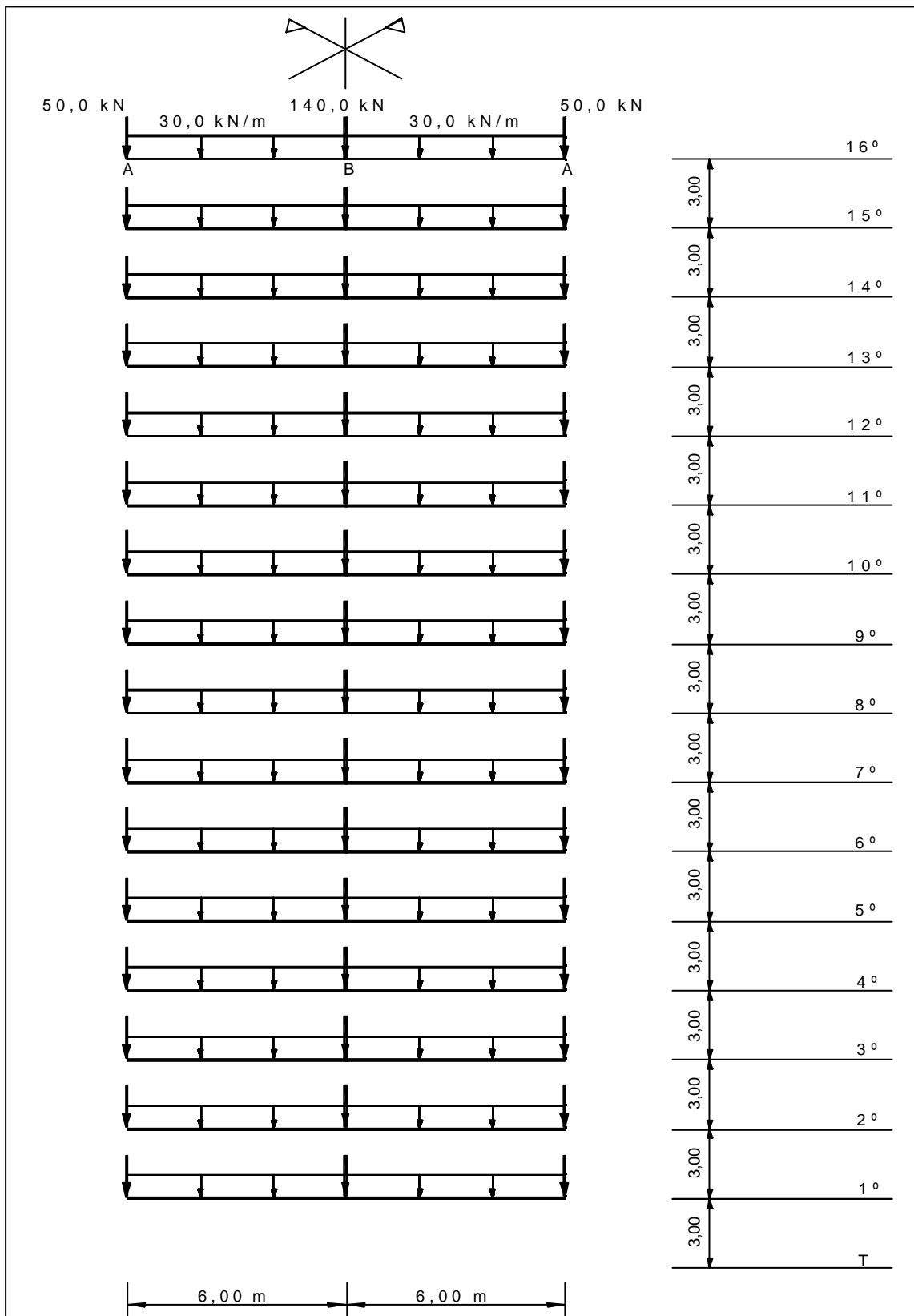


FIGURA 5.1 – Carregamento completo do pórtico P16

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 65

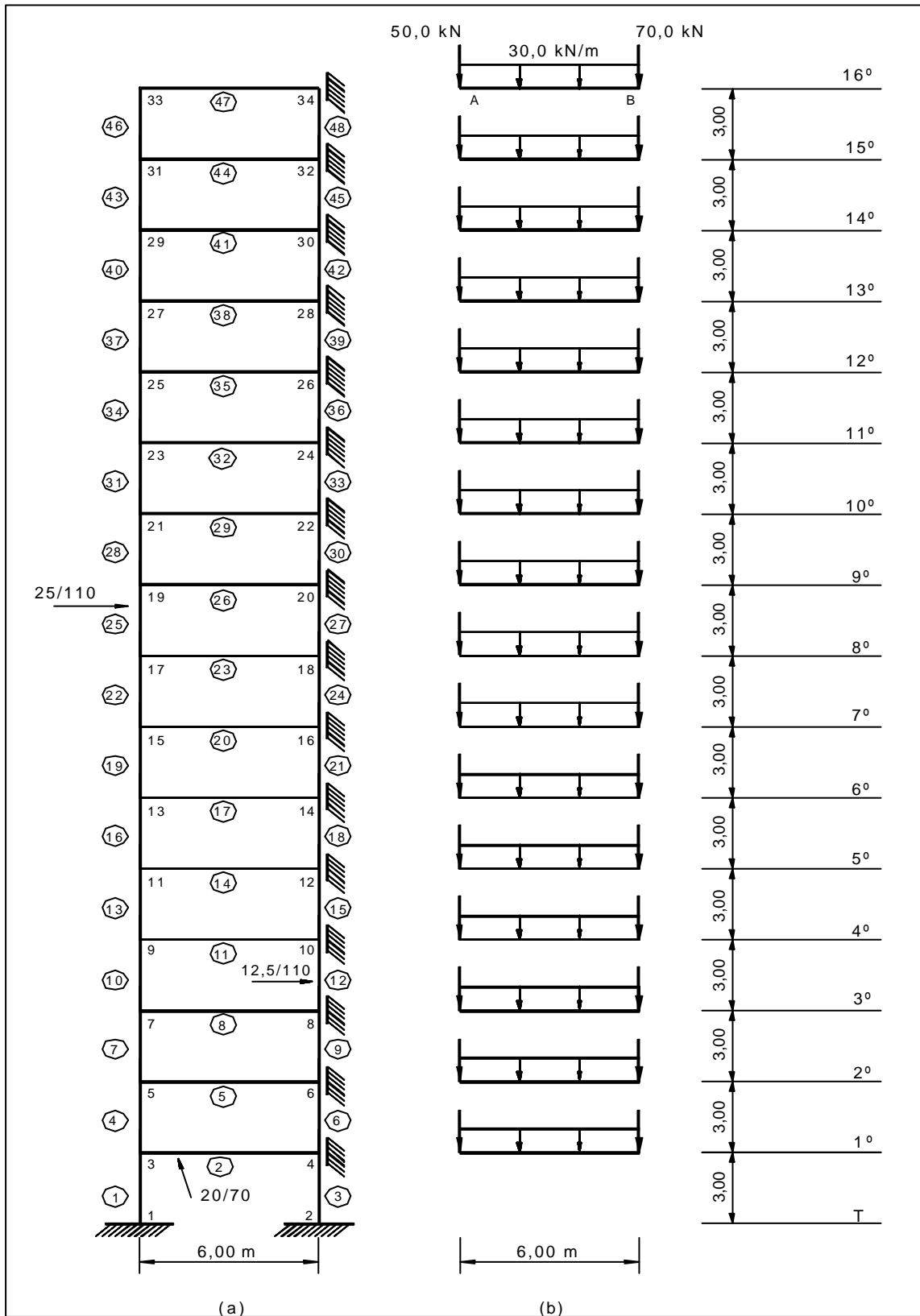


FIGURA 5.2 – Carregamento e estrutura utilizados na análise do pórtico P16-CDA

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 65

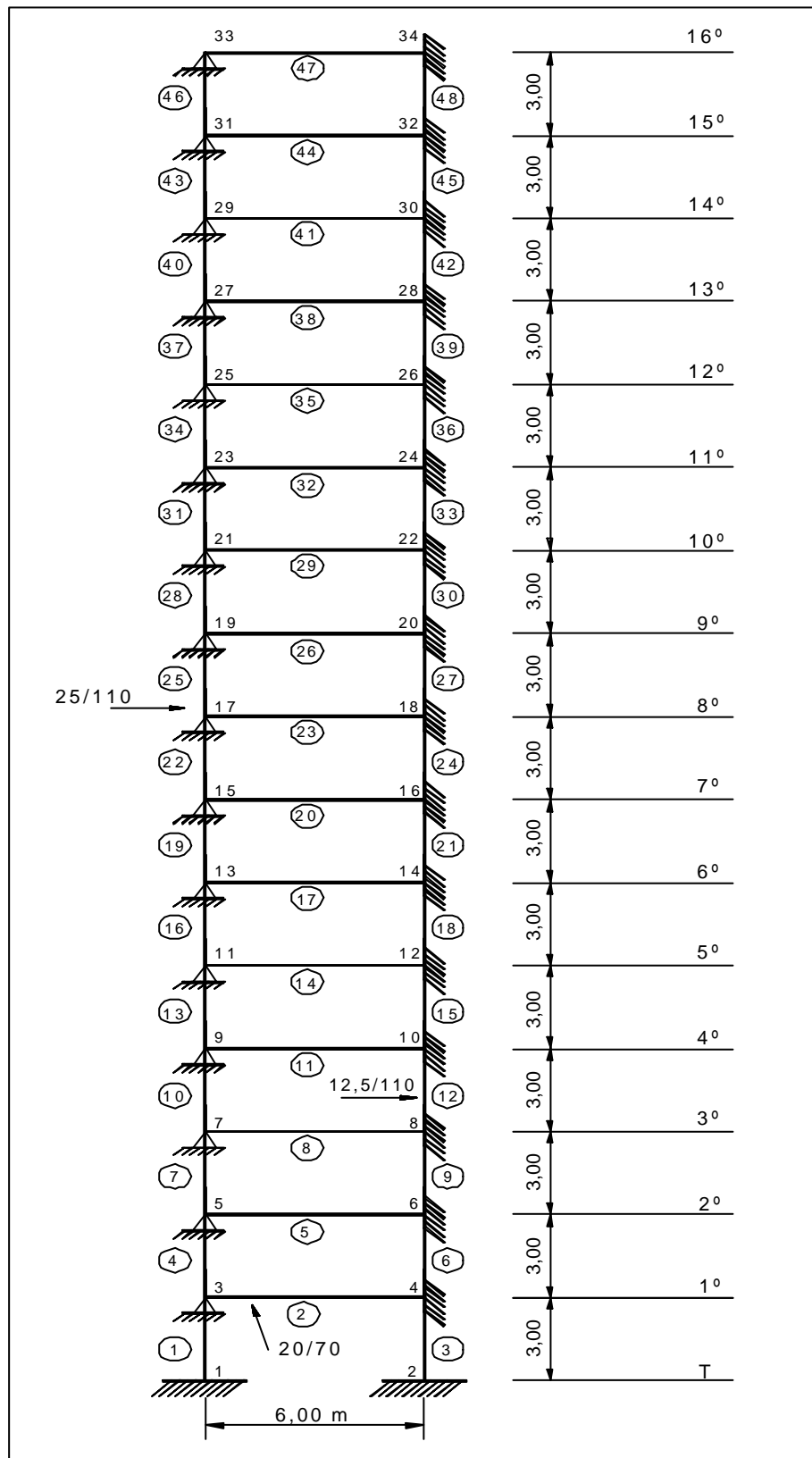


FIGURA 5.3 – Estrutura utilizada na análise do pórtico P16-SDA

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 81

5.4 – Modelo EVOL (Evolutivo) do Pórtico P16

5.4.1 – Descrição

Para melhor descrever o modelo EVOL, que é a ferramenta principal deste estudo, primeiramente serão adotadas as convenções indicadas na FIG. 5.4. Posteriormente as diversas etapas de construção e carregamento serão, esquematicamente, ilustradas através das FIG. 5.5.

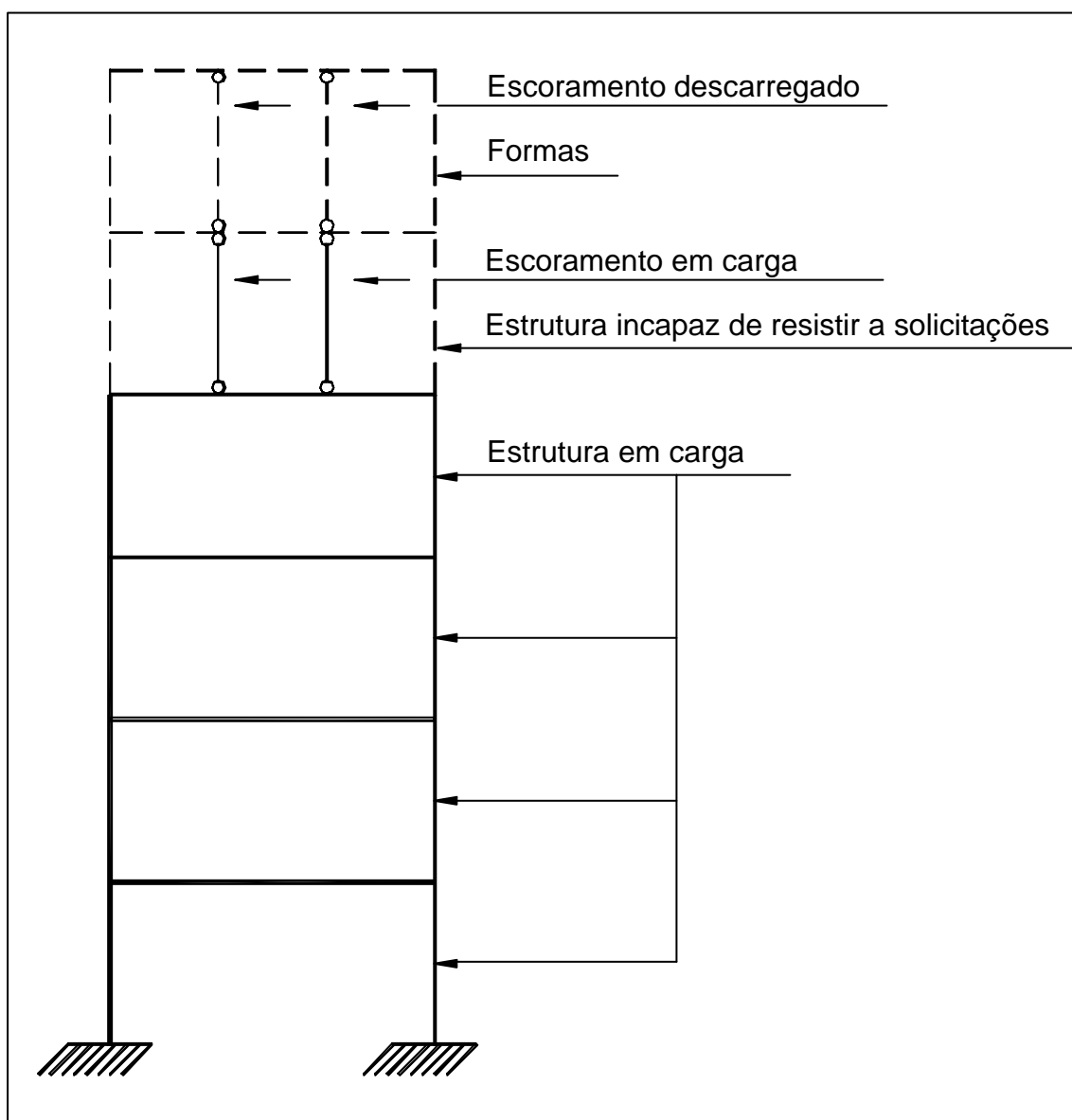


FIGURA 5.4 – Convenções adotadas no modelo EVOL

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 69

Com o propósito de possibilitar o entendimento das etapas de construção e carregamento, serão tecidos os seguintes comentários sobre as FIG. 5.5:

FIG. 5.5(a)

- ? Despreza-se o peso próprio das formas (carga de montagem);
- ? A forma do 1º pavimento está pronta;
- ? O 1º pavimento ainda não foi concretado, portanto, o escoramento está descarregado.

FIG. 5.5(b)

- ? O 1º pavimento já foi concretado, portanto, o seu escoramento já trabalha. Todavia, a sua estrutura é incapaz de resistir a solicitações (concreto novo);
- ? O peso próprio do 1º pavimento é transmitido ao solo pelo escoramento.

FIG. 5.5(c)

- ? A forma do 2º pavimento está pronta;
- ? O 2º pavimento ainda não foi concretado, portanto, o seu escoramento está descarregado;
- ? A estrutura do 1º pavimento ainda é incapaz de resistir a solicitações.

FIG. 5.5(d)

- ? O 2º pavimento já foi concretado, portanto, o seu escoramento já trabalha. Todavia, a sua estrutura é incapaz de resistir a solicitações (concreto novo);
- ? A estrutura do 1º pavimento já é capaz de resistir a solicitações;
- ? O peso próprio do 2º pavimento é suportado pelo 1º pavimento;
- ? O escoramento do 1º pavimento é retirado aliviando, por conseguinte, o solo e carregando o 1º pavimento;

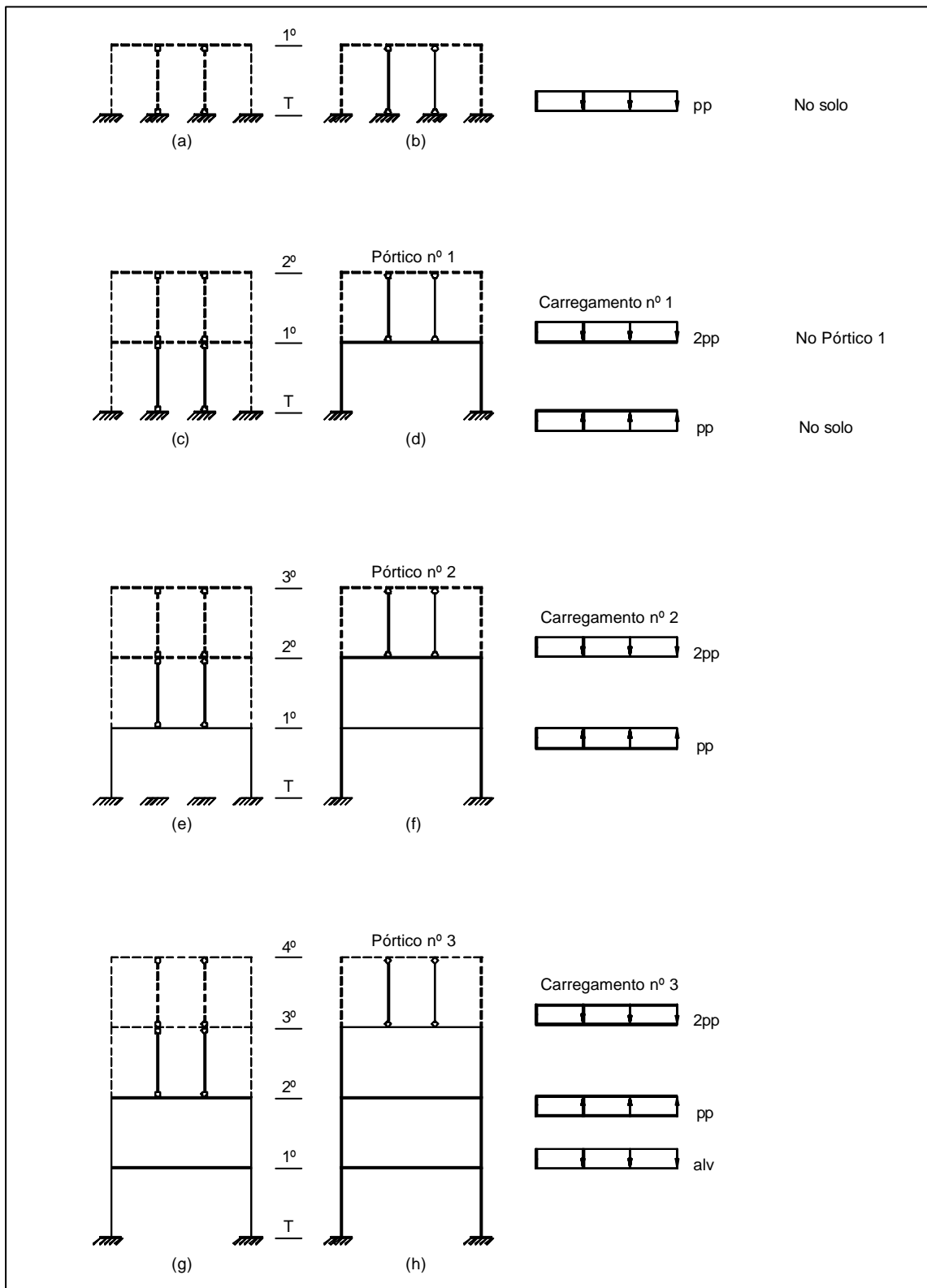


FIGURA 5.5 – Esquemas de etapas de construção e carregamento do modelo EVOL

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 70

- ? Os pesos próprios dos pavimentos são as únicas cargas de montagem consideradas neste exemplo.

FIG. 5.5(e)

- ? A forma do 3º pavimento está pronta;
- ? O 3º pavimento ainda não foi concretado, portanto, o seu escoramento está descarregado;
- ? A estrutura do 2º pavimento ainda é incapaz de resistir a solicitações.

FIG. 5.5(f)

- ? O 3º pavimento já foi concretado, portanto, o seu escoramento já trabalha. Todavia, a sua estrutura é incapaz de resistir a solicitações (concreto novo);
- ? A estrutura do 2º pavimento já é capaz de resistir a solicitações;
- ? O peso próprio do 3º pavimento é suportado pelo 2º pavimento;
- ? O escoramento do 2º pavimento é retirado aliviando, por conseguinte, o 1º pavimento e carregando o 2º pavimento.

FIG. 5.5(g)

- ? A forma do 4º pavimento está pronta;
- ? O 4º pavimento ainda não foi concretado, portanto, o seu escoramento está descarregado;
- ? A estrutura do 3º pavimento ainda é incapaz de resistir a solicitações.

FIG. 5.5(h)

- ? O 4º pavimento já foi concretado, portanto, o seu escoramento já trabalha. Todavia, a sua estrutura é incapaz de resistir a solicitações (concreto novo);
- ? A estrutura do 3º pavimento já é capaz de resistir a solicitações;
- ? O peso próprio do 4º pavimento é suportado pelo 3º pavimento;

- ? O escoramento do 3º pavimento é retirado aliviando, por conseguinte, o 2º pavimento e carregando o 3º pavimento.
- ? As alvenarias do 1º pavimento são construídas.

FIG. 5.5(i)

- ? A forma do 5º pavimento está pronta;
- ? O 5º pavimento ainda não foi concretado, portanto, o seu escoramento está descarregado;
- ? A estrutura do 4º pavimento ainda é incapaz de resistir a solicitações.

FIG. 5.5(j)

- ? O 5º pavimento já foi concretado, portanto, o seu escoramento já trabalha. Todavia, a sua estrutura é incapaz de resistir a solicitações (concreto novo);
- ? A estrutura do 4º pavimento já é capaz de resistir a solicitações;
- ? O peso próprio do 5º pavimento é suportado pelo 4º pavimento;
- ? O escoramento do 4º pavimento é retirado aliviando, por conseguinte, o 3º pavimento e carregando o 4º pavimento.
- ? As alvenarias do 2º pavimento são construídas.

Os comentários do pórtico 5 ao pórtico 15 são análogos aos feitos para o pórtico 4 (FIG. 5.5(i) e 5.5(j)).

FIG. 5.5(o)

- ? A estrutura do 16º pavimento já é capaz de resistir a solicitações;
- ? O escoramento do 16º pavimento é retirado aliviando, por conseguinte, o 15º pavimento e carregando o 16º pavimento.
- ? As alvenarias do 14º pavimento são construídas.
- ? As alvenarias do 15º pavimento são construídas após a construção das alvenarias do 14º pavimento;

? As alvenarias do 16º pavimento são construídas após a construção das alvenarias do 15º pavimento;

A sobrecarga é aplicada no edifício após a construção das alvenarias do 16º pavimento.

Ao fazer a análise do pórtico conjugando as etapas de construção e carregamento, pode-se notar que o modelo utilizado resulta, ao final da análise, igual ao da FIG. 5.6.

A FIG. 5.6 ilustra o carregamento e estrutura completos utilizados na análise do pórtico P16-EVOL. Nota-se também que esta é igual à FIG. 5.2.

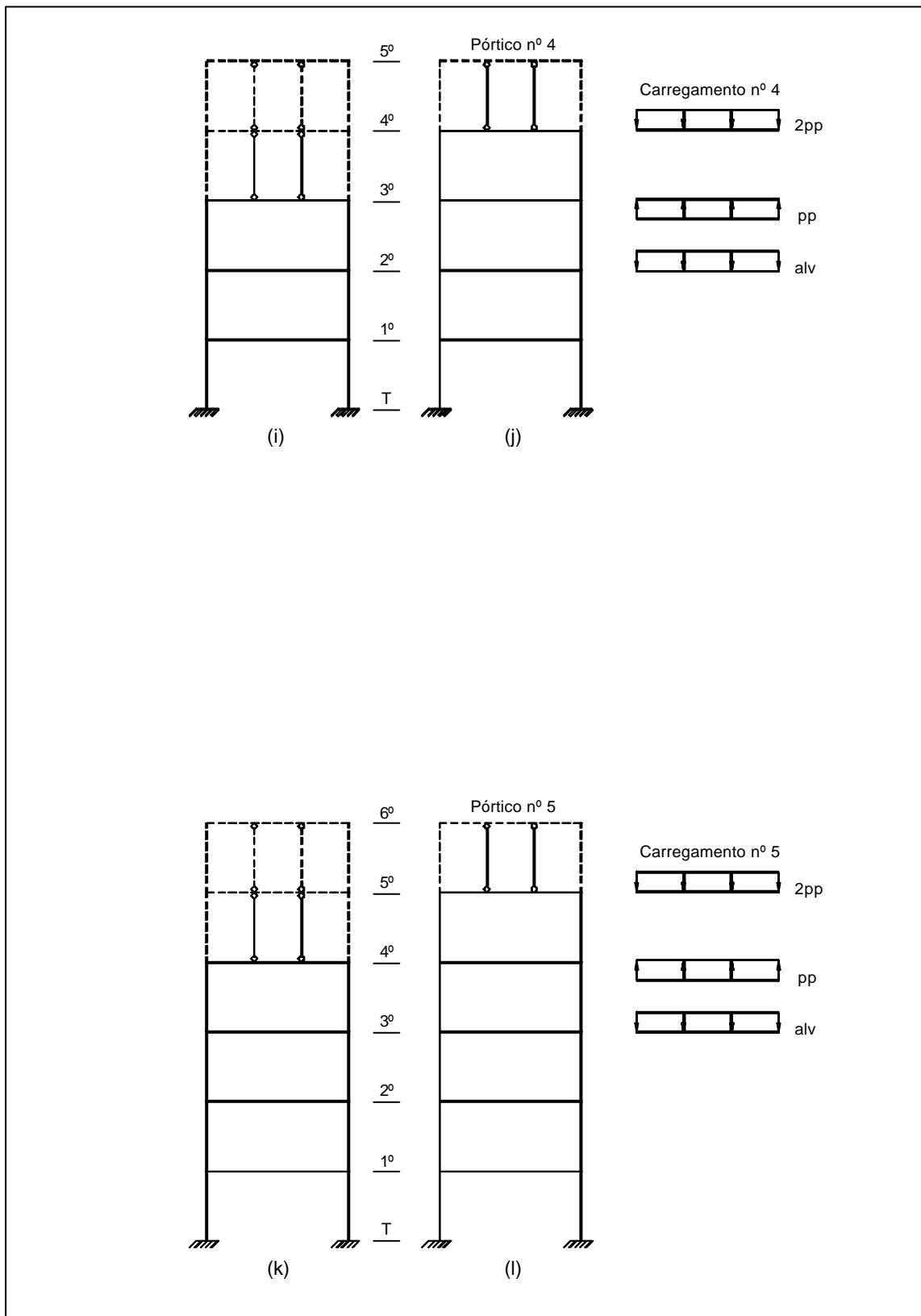


FIGURA 5.5 – Esquemas de etapas de construção e carregamento do modelo EVOL

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 70

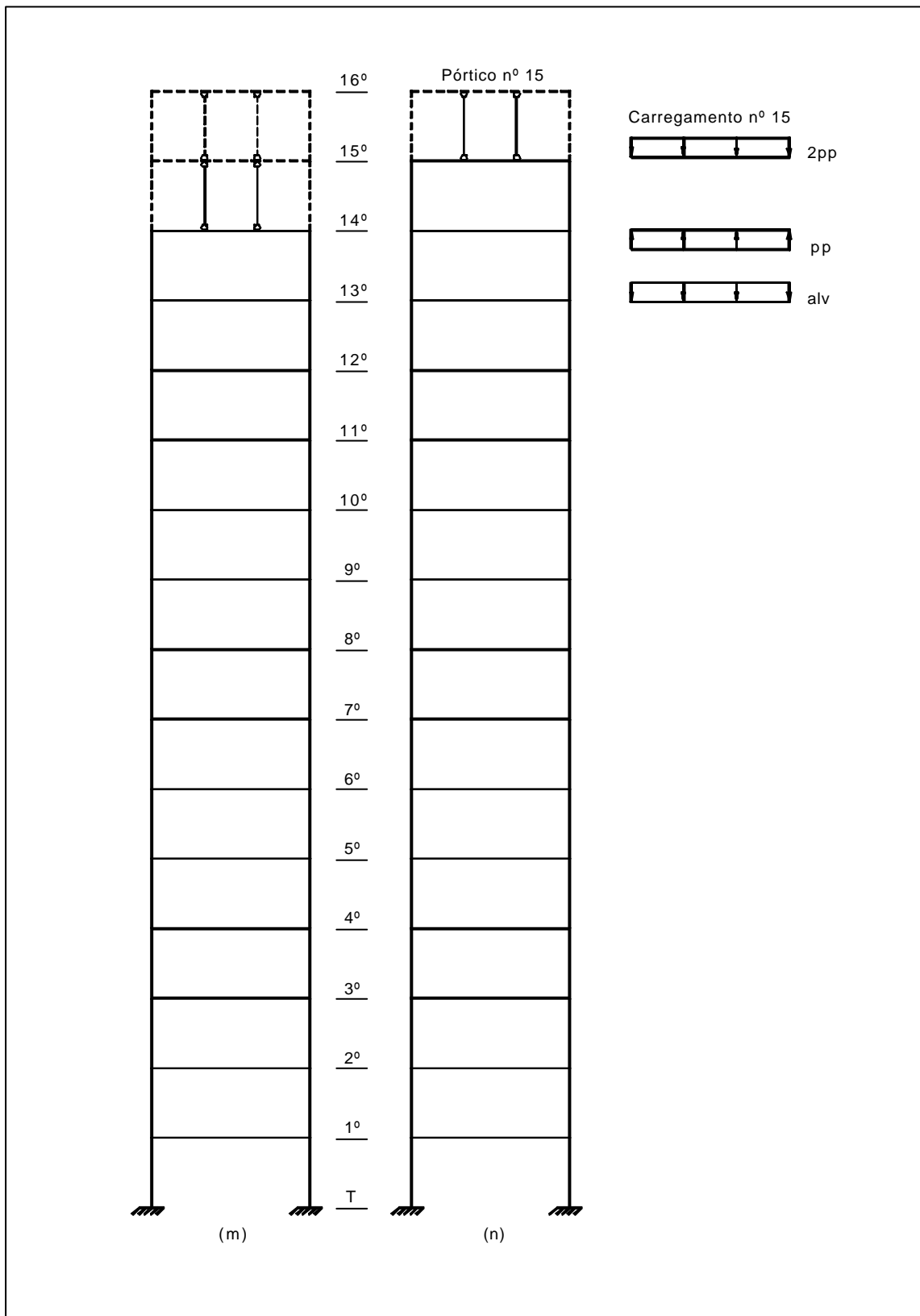


FIGURA 5.5 – Esquemas de etapas de construção e carregamento do modelo EVOL

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 72

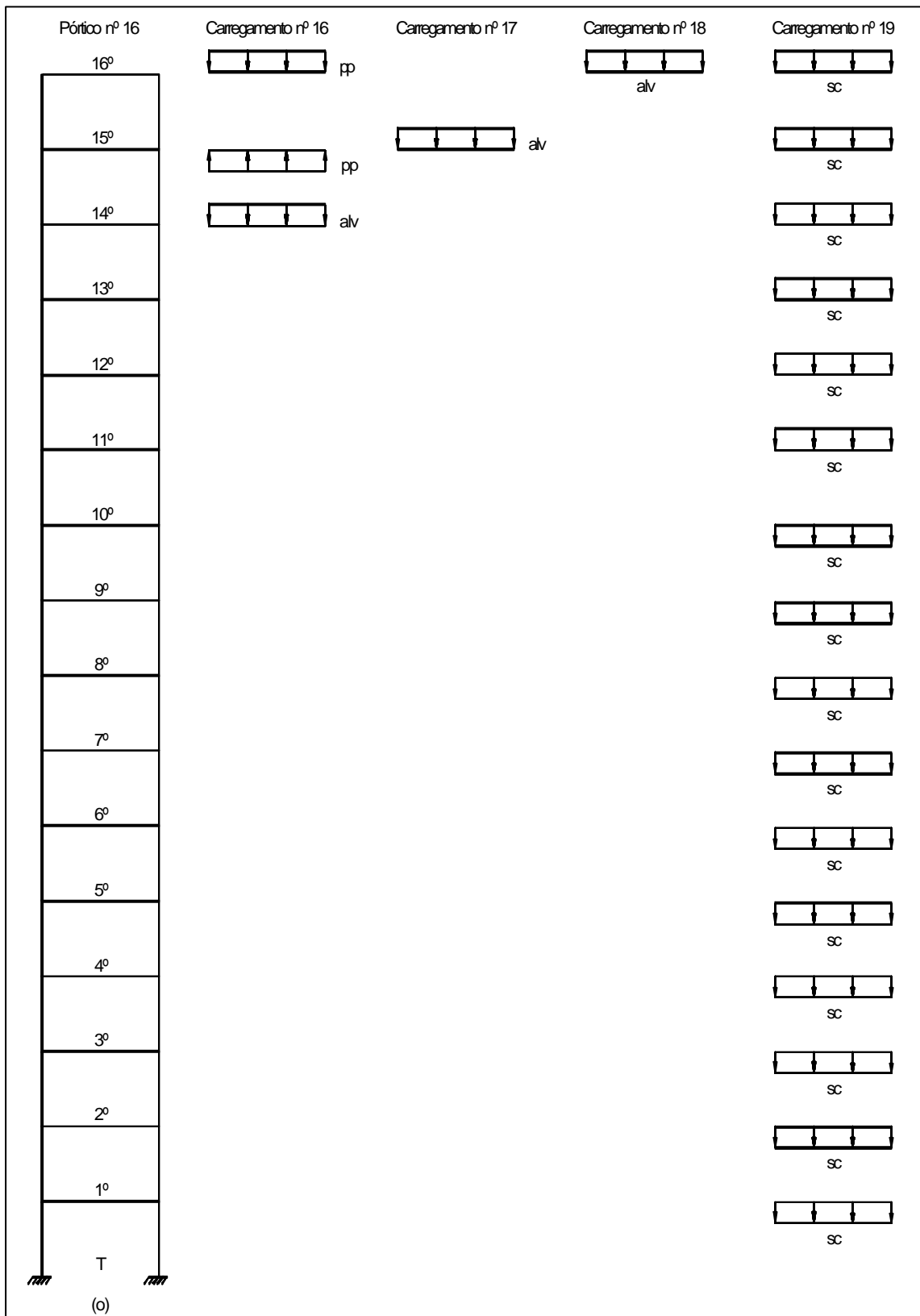


FIGURA 5.5 – Esquemas de etapas de construção e carregamento do modelo EVOL

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 73

5.4.2 – Esforços na Estrutura

Para o cálculo dos esforços na estrutura considera-se que a mesma tem comportamento elástico-linear.

Sejam:

E_i – esforço número i qualquer;

E_{ij} – o valor do esforço E_i devido apenas ao carregamento número j ;

s – o número de carregamentos que solicitam, simultaneamente, a estrutura.

Então:

$$E_i = \sum_{j=1}^s E_{ij} \quad (5.1)$$

A expressão 5.1 nada mais é do que o Princípio da Superposição dos Efeitos aplicado a esforços. Ela pode ser aplicada no cálculo evolutivo observando-se, todavia, que:

“Um esforço E_{ij} , qualquer, devido ao carregamento número j deve ser calculado, obrigatoriamente, na primeira estrutura parcialmente construída capaz de suportá-lo”
(VASCONCELLOS, 1981, p. 75).

Um resumo de todos os pórticos que devem ser calculados no modelo evolutivo e das cargas verticais que os solicitam se encontra na TAB. 5.1.

A TAB. 5.2 exhibe os carregamentos que solicitam as vigas e pilares do pórtico. Vê-se que uma barra que esteja desde o primeiro instante na estrutura sofrerá os efeitos de todos os carregamentos solicitantes. Porém, aquelas construídas posteriormente não são afetadas por carregamentos postos na estrutura antes de sua construção.

TABELA 5.1 – Pórticos e carregamentos do modelo EVOL-P16

PÓRTICO Nº	CARREGAMENTO Nº	CARREGAMENTOS			
1	1	2pp no 1?			
2	2	2pp no 2?	- pp no 1?		
3	3	2pp no 3?	- pp no 2?	alv no 1?	
4	4	2pp no 4?	- pp no 3?	alv no 2?	
5	5	2pp no 5?	- pp no 4?	alv no 3?	
6	6	2pp no 6?	- pp no 5?	alv no 4?	
7	7	2pp no 7?	- pp no 6?	alv no 5?	
8	8	2pp no 8?	- pp no 7?	alv no 6?	
9	9	2pp no 9?	- pp no 8?	alv no 7?	
10	10	2pp no 10?	- pp no 9?	alv no 8?	
11	11	2pp no 11?	- pp no 10?	alv no 9?	
12	12	2pp no 12?	- pp no 11?	alv no 10?	
13	13	2pp no 13?	- pp no 12?	alv no 11?	
14	14	2pp no 14?	- pp no 13?	alv no 12?	
15	15	2pp no 15?	- pp no 14?	alv no 13?	
16	16	pp no 16?	- pp no 15?	alv no 14?	
16	17			alv no 15?	
16	18			alv no 16?	
16	19				sc do 1? ao 16?

FONTE – VASCONCELLOS, 1981. p. 75

TABELA 5.2 – Carregamentos que afetam os esforços em vigas e pilares do pórtico P16-EVOL

BARRAS	ANDARES	CARREGAMENTOS SOLICITANTES
1,2,3	1?	1 a 19
4,5,6	2?	2 a 19
7,8,9	3?	3 a 19
10,11,12	4?	4 a 19
13,14,15	5?	5 a 19
16,17,18	6?	6 a 19
19,20,21	7?	7 a 19
22,23,24	8?	8 a 19
25,26,27	9?	9 a 19
28,29,30	10?	10 a 19
31,32,33	11?	11 a 19
34,35,36	12?	12 a 19
37,38,39	13?	13 a 19
40,41,42	14?	14 a 19
43,44,45	15?	15 a 19
46,47,48	16?	16 a 19

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 76

5.4.3 – Deslocamentos Nodais

A respeito dos deslocamentos nodais da estrutura, calculam-se apenas os deslocamentos produzidos pelos carregamentos introduzidos na estrutura após a construção do nó.

Sejam:

δ_i – um deslocamento nodal número i qualquer;

δ_{ij} – o valor do deslocamento nodal δ_i devido apenas ao carregamento j ;

s – o número de carregamentos que solicitam, simultaneamente, a estrutura.

Então:

$$\delta_i = \sum_{j=1}^s \delta_{ij} \quad (5.2)$$

A expressão 5.2 traduz o Princípio da Superposição dos Efeitos aplicado a deslocamentos. Assim como a expressão 5.1, esta também pode ser aplicada no cálculo evolutivo observando-se, todavia, que:

“Os deslocamentos δ_{ij} devidos a carregamentos números j postos na estrutura antes da construção do nó ao qual se refere o deslocamento δ_i são supostos nulos;

Os deslocamentos δ_{ij} devidos a carregamentos números j postos na estrutura depois da construção do nó ao qual se refere o deslocamento δ_i devem ser calculados, obrigatoriamente, na primeira estrutura parcialmente construída capaz de suportá-los”(VASCONCELLOS, 1981, p. 77)

A TAB 5.3 mostra os carregamentos que afetam os deslocamentos de cada nó do pórtico. Vê-se que no caso dos nós 3 e 4, presentes desde o início da construção do pórtico, os carregamentos de 1 a 19 influenciam nos valores finais dos deslocamentos destes nós. Este não é o caso dos nós 33 e 34, os últimos a serem construídos, cujos deslocamentos serão afetados pelos carregamentos 16 a 19.

TABELA 5.3 – Carregamentos que afetam os deslocamentos nodais do pórtico P16-EVOL

NÓS	ANDARES	CARREGAMENTOS SOLICITANTES
3,4	1?	1 a 19
5,6	2?	2 a 19
7,8	3?	3 a 19
9,10	4?	4 a 19
11,12	5?	5 a 19
13,14	6?	6 a 19
15,16	7?	7 a 19
17,18	8?	8 a 19
19,20	9?	9 a 19
21,22	10?	10 a 19
23,24	11?	11 a 19
25,26	12?	12 a 19
27,28	13?	13 a 19
29,30	14?	14 a 19
31,32	15?	15 a 19
33,34	16?	16 a 19

FONTE – VASCONCELLOS, 1981. p. 78

5.5 – Modelo CDA (Com Deformação Axial) do Pórtico P26

Neste modelo a estrutura será carregada simultaneamente, em todos os andares, pelo carregamento completo mostrado na FIG. 5.7.

Pelo fato do pórtico P26 (FIG. 3.3) ser simétrico, o pórtico que realmente será analisado é o da FIG. 5.8a. Note-se que, para os pilares 3, 6, 9 ... 78 serão utilizadas seções transversais de 12,5 x 110 cm² e a carga nos nós B será de 70 kN (FIG. 5.8b).

Além disso, os deslocamentos horizontais e as rotações dos nós 4, 6, 8 ... 54 são nulos. Todavia, os deslocamentos verticais nestes nós podem ocorrer.

Os valores das forças axiais nos pilares da prumada à direita na FIG. 5.8a deverão ser multiplicados por dois para ter-se os valores das forças axiais dos pilares centrais da FIG. 3.3.

5.6 – Modelo SDA (Sem Deformação Axial) do Pórtico P26

As características do modelo SDA são as mesmas do modelo CDA, com uma única diferença: as deformações axiais dos pilares e vigas são desprezadas. Conseqüentemente, todas as translações horizontais e verticais dos nós do pórtico da FIG. 5.9 devem ser nulas, o que exige a introdução de vínculos adicionais. Estes vínculos adicionais podem ser vistos comparando as FIG. 5.9 e 5.8.

5.7 – Modelo EVOL (Evolutivo) do Pórtico P26

As explicações do modelo EVOL para o pórtico P26 são análogas às feitas para o pórtico P16, porém, a figura que ilustra o carregamento e estrutura completos utilizados na análise é a FIG. 5.10, que é igual à FIG. 5.8.

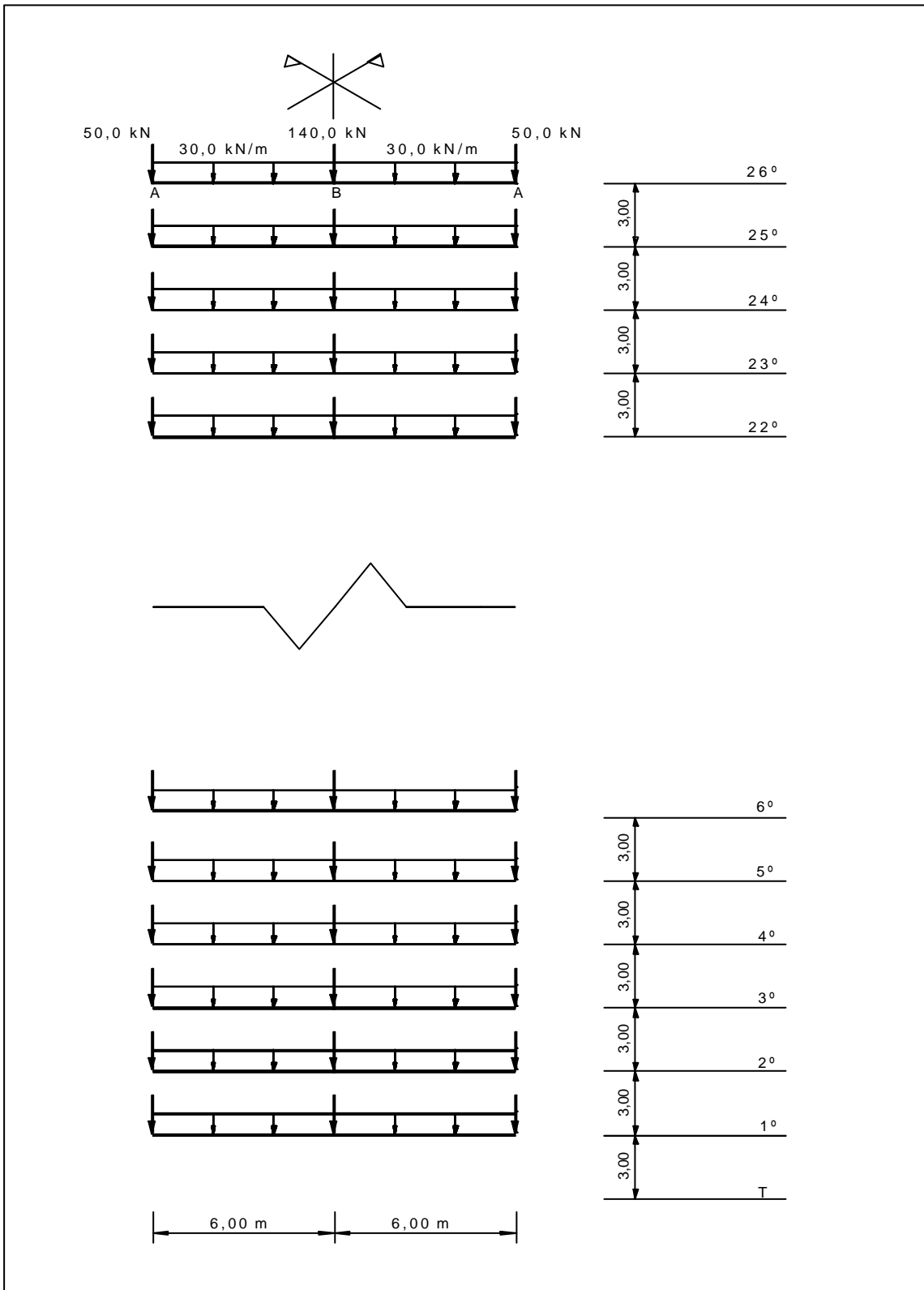


FIGURA 5.7 – Carregamento completo do pórtico P26

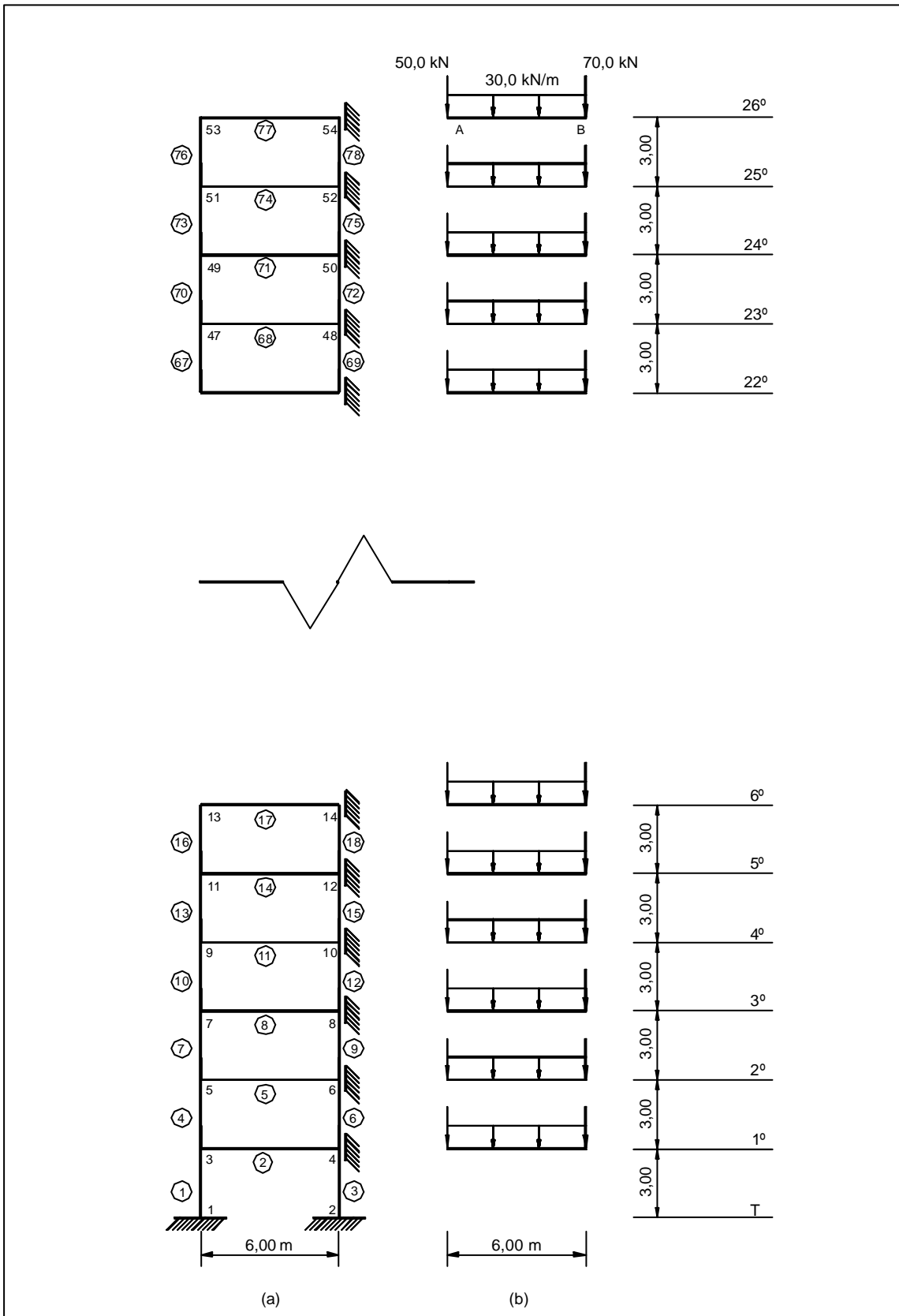


FIGURA 5.8 – Carregamento e estrutura utilizados na análise do pórtico P26-CDA

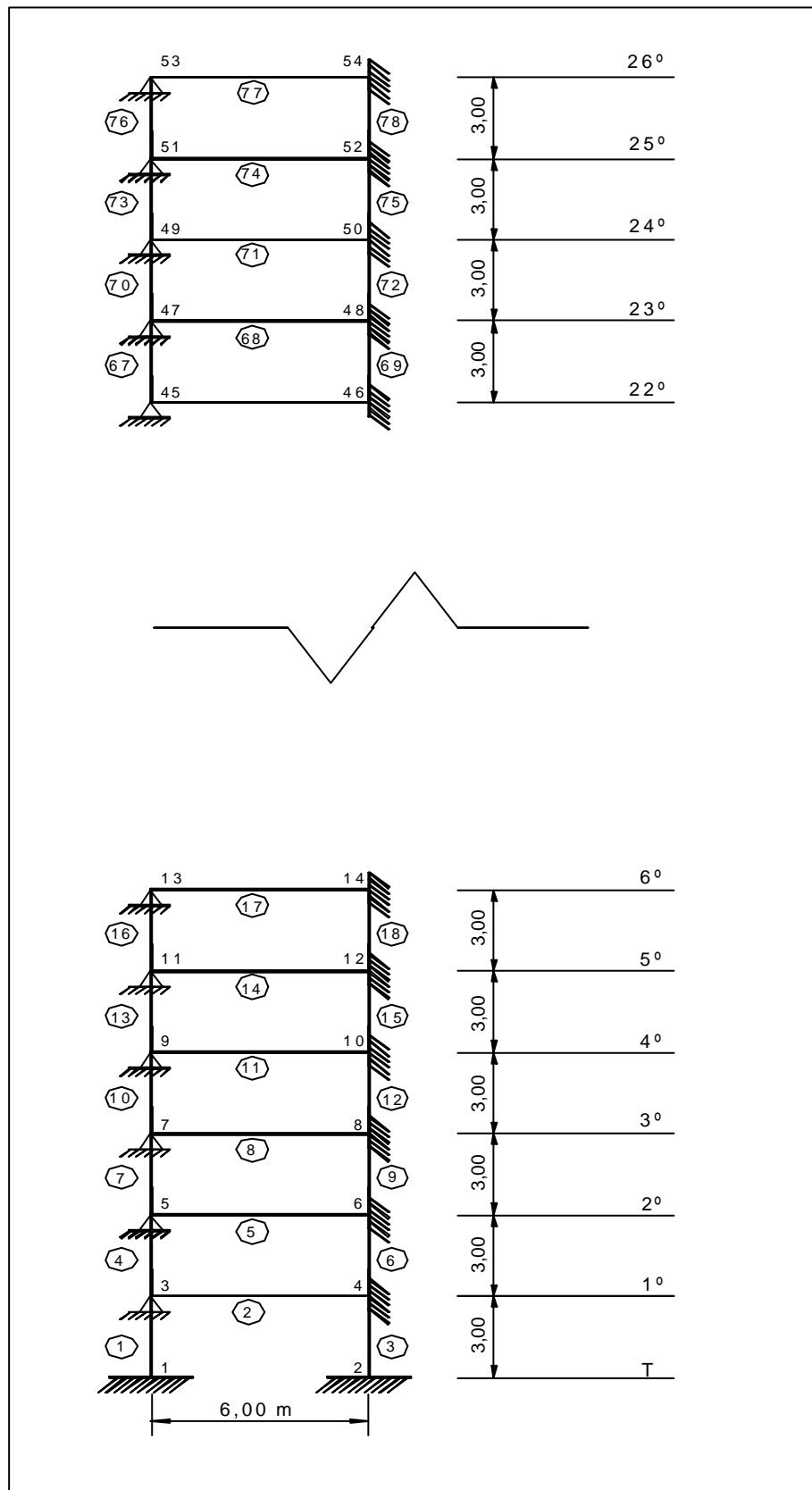


FIGURA 5.9 – Estrutura utilizada na análise do pórtico P26-SDA

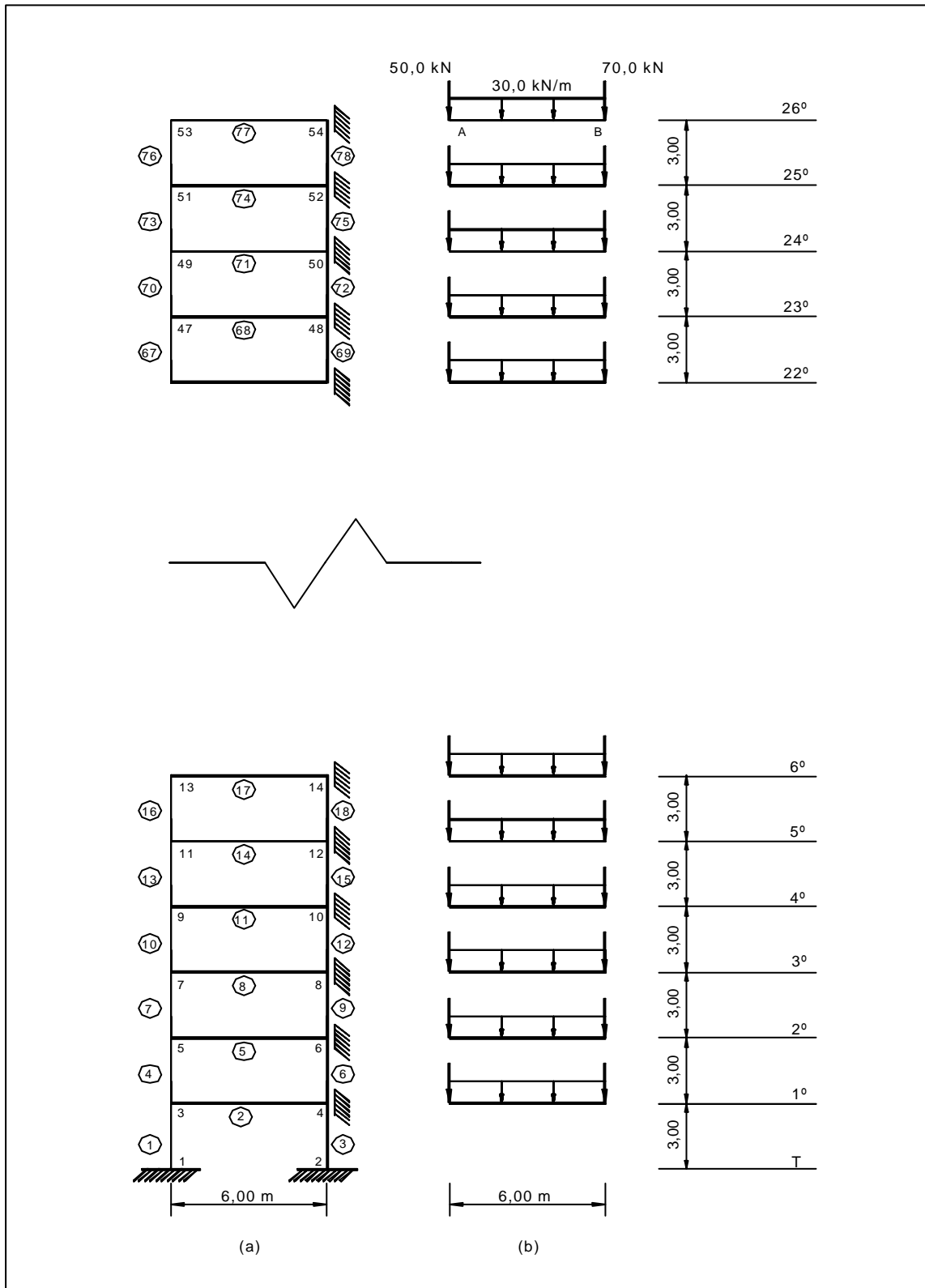


FIGURA 5.10 – Carregamento e estrutura completos utilizados na análise do pórtico P26-EVOL

6

ANÁLISE DO PÓRTICO P16

6.1 – Comparação dos Modelos SDA, CDA e EVOL

A comparação dos modelos é feita através de tabelas e gráficos. As tabelas foram organizadas com os relatórios de saída criados pelo programa PORTEVOL.

A FIG. 6.1 ilustra a posição dos nós j e k nas barras horizontais do pórtico e as reações de apoio quando estas barras são bi-engastadas.

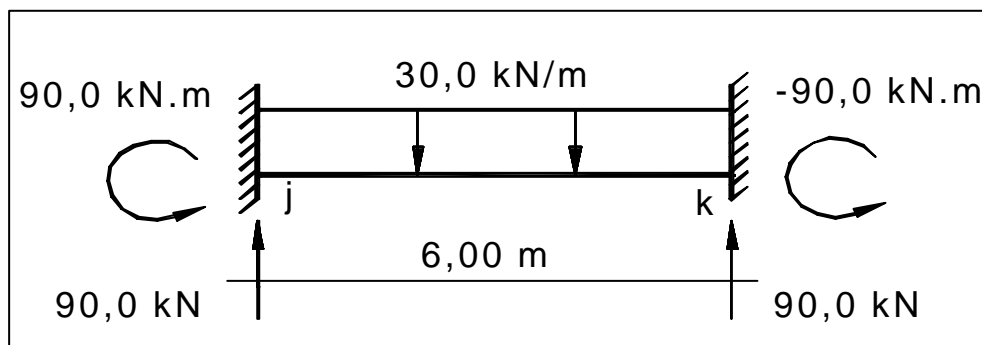


FIGURA 6.1 – Barra bi-engastada: nós j e k e reações de apoio.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 92

Na TAB. 6.1 constam os valores finais dos momentos fletores nos nós j das vigas calculados com os três modelos SDA, CDA e EVOL descritos no capítulo 5.

O gráfico da FIG. 6.2, construído com a TAB. 6.1, mostra a variação dos momentos fletores nos nós j das vigas do pórtico P16 ao longo dos andares. Sua inspeção revela que:

- Os momentos fletores calculados com o modelo SDA têm valores próximos ao do momento de engastamento perfeito (90 kN.m) em todos os andares;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA divergem gradativamente, a partir do 1º andar, dos momentos fletores calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo EVOL divergem gradativamente, do 1º ao 8º andares, dos momentos calculados com o modelo SDA; todavia, a partir do 9º andar os momentos fletores calculados com o modelo EVOL convergem gradativamente para os calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA e EVOL são praticamente iguais entre si até o 6º andar; do 7º ao 16º andares estes momentos fletores divergem gradativamente entre si;
- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos SDA e EVOL ocorre no 9º andar; pode-se calcular o módulo da diferença percentual pela expressão (6.1) abaixo:

$$\Delta(V)\% = \left| \frac{V - V_{EVOL}}{V_{EVOL}} \right| \times 100\% \quad (6.1)$$

onde

$\Delta(V)\%$ = módulo da diferença percentual dos valores das grandezas consideradas;

V = valor da grandeza obtido com o modelo SDA ou CDA;

V_{EVOL} = valor da grandeza obtido com o modelo EVOL;

Δ = valor absoluto.

Tem-se, então, no 9º andar:

$$\% (M_z) = \left| \frac{87,0 - 165,0}{165,0} \right| \times 100\% = 47,3\%;$$

- f) A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos CDA e EVOL ocorre no 15º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de 54,7 %.

Na TAB. 6.2 encontram-se os valores finais dos momentos fletores nos nós k das vigas calculados com os três modelos descritos no capítulo 5.

O gráfico da FIG. 6.3, construído com a TAB. 6.2, mostra a variação dos momentos fletores nos nós k das vigas do pórtico P16 ao longo dos andares. Seu exame revela que:

- Os momentos fletores calculados com o modelo SDA têm valores próximos ao do momento de engastamento perfeito (-90 kN.m) em todos os andares;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA divergem gradativamente, a partir do 1º andar, dos momentos fletores calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo EVOL divergem gradativamente, do 1º ao 8º andares, dos momentos calculados com o modelo SDA; todavia, a partir do 9º andar os momentos fletores calculados com o modelo EVOL convergem gradativamente para os calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA e EVOL são praticamente iguais entre si até o 6º andar; do 7º ao 16º andares estes momentos fletores divergem gradativamente entre si;
- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos SDA e EVOL ocorre no 9º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de:

$$\% (M_z) = \left| \frac{-91,5 - (-8,7)}{-8,7} \right| \times 100\% = 951,7\%;$$

- f) A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos CDA e EVOL ocorre no 16º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de 129,2 %.

TABELA 6.1 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	102,6	102,6
5	2?	87,2	117,3	117,0
8	3?	87,0	130,4	131,6
11	4?	87,0	141,9	143,1
14	5?	87,0	152,1	151,9
17	6?	87,0	161,1	158,4
20	7?	87,0	169,1	162,6
23	8?	87,0	176,1	164,7
26	9?	87,0	182,1	165,0
29	10?	87,0	187,3	163,4
32	11?	87,0	191,6	160,2
35	12?	87,0	195,2	155,3
38	13?	87,1	198,1	148,8
41	14?	86,7	201,0	140,9
44	15?	88,2	202,0	130,6
47	16?	82,4	184,3	113,6

(?) Ver FIG. 5.6.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 92.

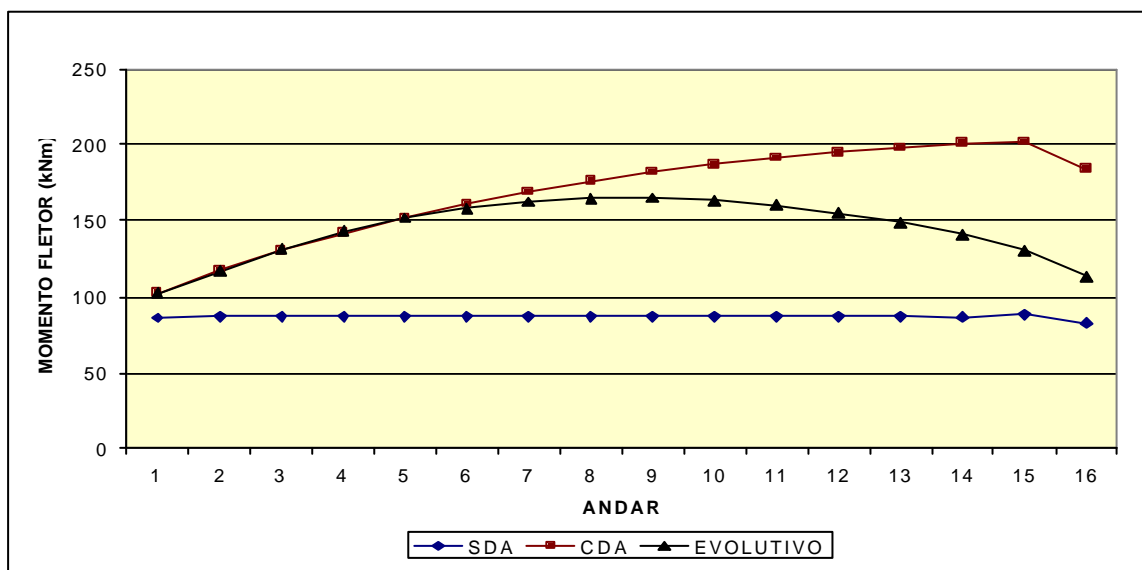


FIGURA 6.2 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16

TABELA 6.2 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-75,4	-73,5
5	2?	-91,4	-60,6	-57,7
8	3?	-91,5	-47,4	-43,0
11	4?	-91,5	-35,7	-31,2
14	5?	-91,5	-25,3	-22,2
17	6?	-91,5	-16,1	-15,6
20	7?	-91,5	-8,0	-11,3
23	8?	-91,5	-0,9	-9,0
26	9?	-91,5	5,2	-8,7
29	10?	-91,5	10,5	-10,3
32	11?	-91,5	14,9	-13,6
35	12?	-91,5	18,6	-18,5
38	13?	-91,5	21,5	-25,1
41	14?	-91,6	24,1	-33,2
44	15?	-90,9	25,3	-43,4
47	16?	-93,8	16,9	-57,8

(?) Ver FIG. 5.6.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 93.

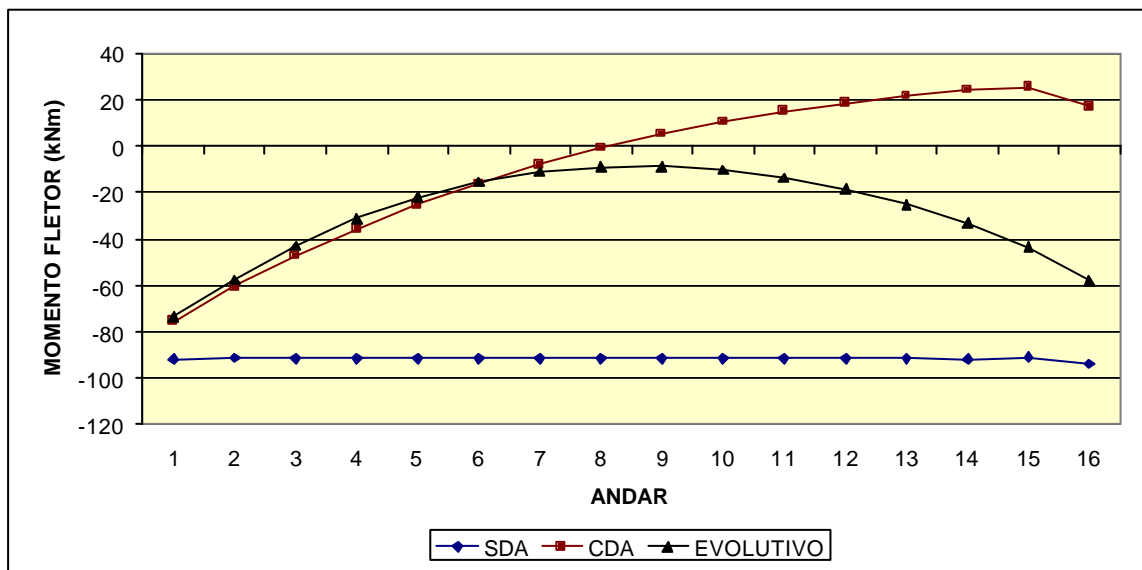


FIGURA 6.3 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16

Na TAB. 6.3 encontram-se os valores finais das forças axiais nos pilares externos do pórtico P16 calculados com os três modelos SDA, CDA e EVOL.

O gráfico da FIG. 6.4, construído com a TAB. 6.3, mostra a variação das forças axiais nos pilares externos do pórtico P16 ao longo dos andares. Nota-se que:

- a) As forças axiais calculadas com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem gradativamente entre si, do topo ao 1º andar do P16;
- b) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos SDA e EVOL ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual calculado pela expressão (6.1) no 1º andar é:

$$\Delta (F_x)\% = \left| \frac{2227 - 2546}{2546} \right| \times 100\% = 12,5\%$$

- c) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos CDA e EVOL também ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual neste caso é de $\Delta (F_x)\% = 4,7\%$.

TABELA 6.3 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2667	2546
4	2?	2088	2522	2401
7	3?	1949	2373	2251
10	4?	1809	2219	2096
13	5?	1670	2061	1938
16	6?	1531	1900	1776
19	7?	1392	1736	1612
22	8?	1252	1569	1447
25	9?	1113	1400	1281
28	10?	974	1229	1115
31	11?	835	1056	950
34	12?	695	881	785
37	13?	556	706	622
40	14?	417	529	462
43	15?	278	351	304
46	16?	138	174	149

(?) Ver FIG. 5.6.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 94.

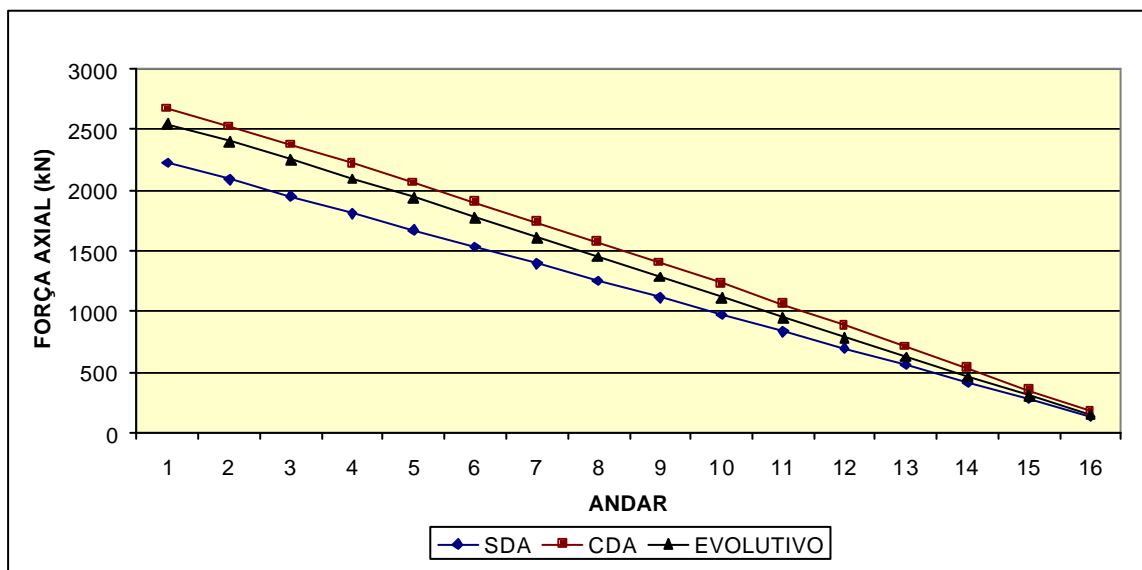


FIGURA 6.4– Gráfico de força axial nos pilares externos do P16

Na TAB. 6.4 encontram-se os valores finais das forças axiais no pilar interno do pórtico P16 calculados com os três modelos.

O gráfico da FIG. 6.5, construído com a TAB. 6.4, mostra a variação das forças axiais no pilar interno do pórtico P16 ao longo dos andares. Nota-se que:

- a) As forças axiais calculadas com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem gradativamente entre si, do topo ao 1º andar do P16;
- b) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos SDA e EVOL ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual calculado pela expressão (6.1) no 1º andar é:

$$\Delta (F_x) \% = \left| \frac{5146 - 4508}{4508} \right| \times 100\% = 14,2\%;$$

- c) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos CDA e EVOL também ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual neste caso é de $\Delta (F_x) \% = 5,4 \%$;
- d) Ao analisar os gráficos das FIG. 6.4 e 6.5 percebe-se, no caso do pilar externo, que o modelo SDA fornece valores menores que os modelos CDA e EVOL, ocorrendo o inverso no caso do pilar interno;
- e) Há uma transferência de carga do pilar interno para os externos através das vigas; isto ocorre devido ao fato das deformações axiais serem maiores no pilar interno; como se vê, a transferência de carga é maior no modelo CDA do que no modelo EVOL.

Têm-se na TAB. 6.5 os módulos dos recalques diferenciais calculados com os três modelos. Os valores dos recalques diferenciais foram obtidos através da diferença entre o deslocamento vertical do nó interno (D_{yi}) e o deslocamento vertical do nó externo (D_{ye}) no mesmo andar. Para o cálculo destes deslocamentos adotou-se $E = 21.000.000 \text{ kN/m}^2$.

Analisando o gráfico da FIG. 6.6 constata-se que:

- a) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo SDA são nulos nos diversos andares;
- b) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo CDA aumentam gradativamente, do 1º ao 16º andares;
- c) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo EVOL aumentam gradativamente, do 1º ao 9º andares; do 9º ao 16º andares os módulos decrescem gradativamente;
- d) Comparando os valores obtidos com os modelos CDA e EVOL vê-se que os módulos dos recalques diferenciais são próximos entre si até o 7º andar; todavia, a partir do 7º andar os valores dos módulos passam a divergir;
- e) O maior valor absoluto das diferenças percentuais dos módulos dos recalques diferenciais, para os modelos CDA e EVOL, ocorre no 16º andar; este valor é de:

$$\left(\frac{y_i - y_e}{y_e} \right) \% = \left| \frac{5,97 - 2,04}{2,04} \right| \times 100\% = 192,7\%;$$

TABELA 6.4 – Força axial no pilar interno do pórtico P16

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1?	5146	4267	4508
6	2?	4824	3956	4198
9	3?	4503	3655	3898
12	4?	4181	3362	3607
15	5?	3860	3078	3325
18	6?	3538	2800	3048
21	7?	3217	2528	2775
24	8?	2895	2262	2506
27	9?	2574	2001	2238
30	10?	2252	1743	1970
33	11?	1931	1489	1701
36	12?	1609	1238	1430
39	13?	1288	989	1155
42	14?	966	742	876
45	15?	645	497	592
48	16?	324	253	301

(?) Ver FIG. 5.6.

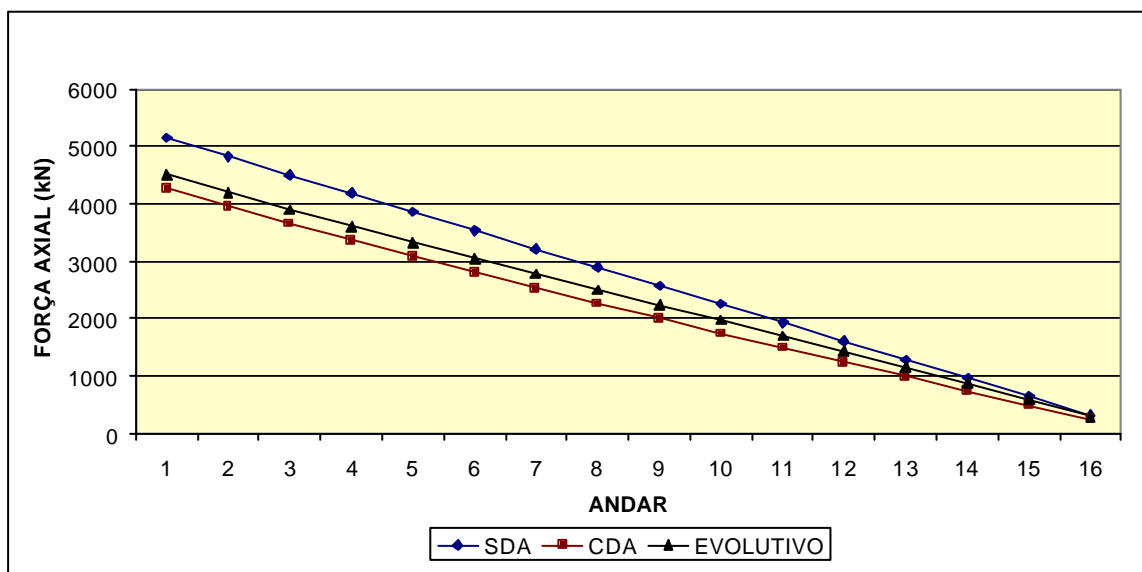
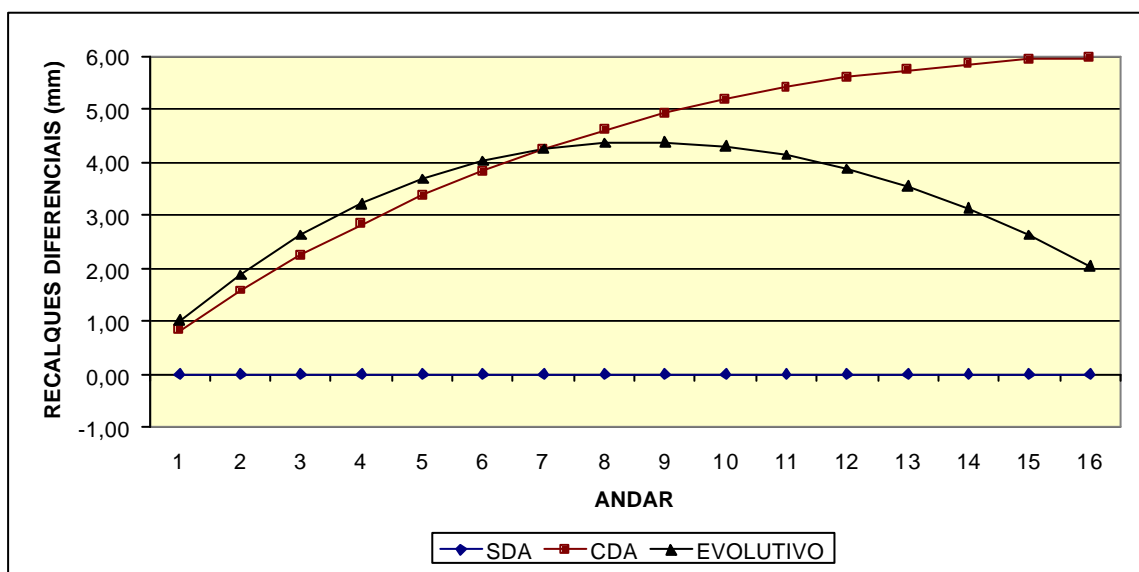


FIGURA 6.5 – Gráfico de força axial no pilar interno do P16

TABELA 6.5 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,83	1,02
2?	0	1,58	1,88
3?	0	2,24	2,62
4?	0	2,84	3,22
5?	0	3,36	3,68
6?	0	3,83	4,02
7?	0	4,24	4,24
8?	0	4,60	4,36
9?	0	4,92	4,38
10?	0	5,18	4,30
11?	0	5,41	4,13
12?	0	5,59	3,88
13?	0	5,74	3,55
14?	0	5,85	3,13
15?	0	5,93	2,63
16?	0	5,97	2,04

FIGURA 6.6 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($?_{yi} - ?_{ye}$) do P16

6.2 – Influência da Rigidez à Flexão do Vigamento

Para verificar a influência da rigidez à flexão do vigamento, o pórtico P16 foi recalculado variando-se exclusivamente a rigidez à flexão das vigas. A fim de manter a área da seção transversal das vigas igual a 1400 cm² foram adotadas as seguintes dimensões para este estudo:

	Área (cm ²)	Momento de Inércia (cm ⁴)
Viga de 15,56 x 90	1400	945270
Viga de 20 x 70	1400	571667
Viga de 28 x 50	1400	291667
Viga de 46,67 x 30	1400	105008

Para a comparação dos modelos SDA, CDA e EVOL, foram elaborados gráficos e tabelas relativos ao momento fletor no nó k das vigas, à força axial nos pilares externos e aos módulos dos recalques diferenciais.

6.2.1 – Momento Fletor no Nó k das Vigas

As TAB. 6.6 a 6.9 exibem os valores do momento fletor no nó k das vigas para os quatro casos acima mencionados.

Os gráficos das FIG. 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10 foram obtidos, respectivamente, através das TAB. 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9.

Novamente, os modelos SDA, CDA e EVOL foram comparados valendo-se das tabelas e gráficos apresentados. Os gráficos das FIG. 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10 foram dispostos em ordem decrescente do momento de inércia das seções transversais, ou seja, do módulo da rigidez à flexão EI.

Percebe-se claramente que à medida que a rigidez à flexão do vigamento diminui, os valores dos momentos fletores obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL convergem entre si. Note-se, todavia, que a diminuição da rigidez à flexão precisa ter um limite a

fim de não comprometer a estabilidade do pórtico, o que na prática significa que a convergência dos valores dos momentos fletores também possui um limite. Assim sendo, este não é um caminho viável para que valores dos momentos fletores obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL sejam aproximadamente os mesmos.

TABELA 6.6 – Momento fletor no nó k das vigas de 15,56 x 90 cm² do pórtico P16
(MI = 945270 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-93,0	-70,9	-67,1
5	2?	-92,3	-51,6	-45,5
8	3?	-92,5	-34,8	-25,7
11	4?	-92,4	-20,2	-10,4
14	5?	-92,4	-7,4	1,0
17	6?	-92,4	3,6	8,9
20	7?	-92,4	13,2	13,7
23	8?	-92,4	21,4	15,9
26	9?	-92,4	28,5	15,6
29	10?	-92,4	34,4	13,0
32	11?	-92,4	39,4	8,4
35	12?	-92,4	43,5	1,7
38	13?	-92,4	46,8	-7,0
41	14?	-92,6	49,9	-17,6
44	15?	-91,6	51,2	-31,2
47	16?	-95,9	36,9	-51,0

(?) Ver FIG. 5.6.

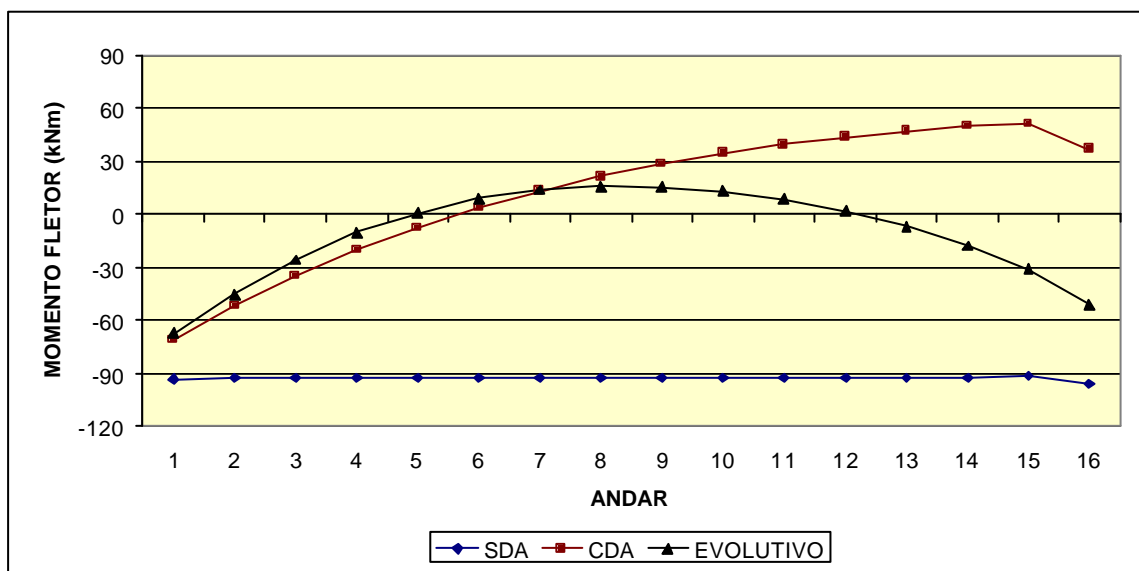


FIGURA 6.7 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 15,56 x 90 cm² do P16
(MI = 945270 cm⁴)

TABELA 6.7 – Momento fletor no nó k das vigas de 20 x 70 cm² do pórtico P16
(MI = 571667 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-75,4	-73,5
5	2?	-91,4	-60,6	-57,7
8	3?	-91,5	-47,4	-43,0
11	4?	-91,5	-35,7	-31,2
14	5?	-91,5	-25,3	-22,2
17	6?	-91,5	-16,1	-15,6
20	7?	-91,5	-8,0	-11,3
23	8?	-91,5	-0,9	-9,0
26	9?	-91,5	5,2	-8,7
29	10?	-91,5	10,5	-10,3
32	11?	-91,5	14,9	-13,6
35	12?	-91,5	18,6	-18,5
38	13?	-91,5	21,5	-25,1
41	14?	-91,6	24,1	-33,2
44	15?	-90,9	25,3	-43,4
47	16?	-93,8	16,9	-57,8

(?) Ver FIG. 5.6.

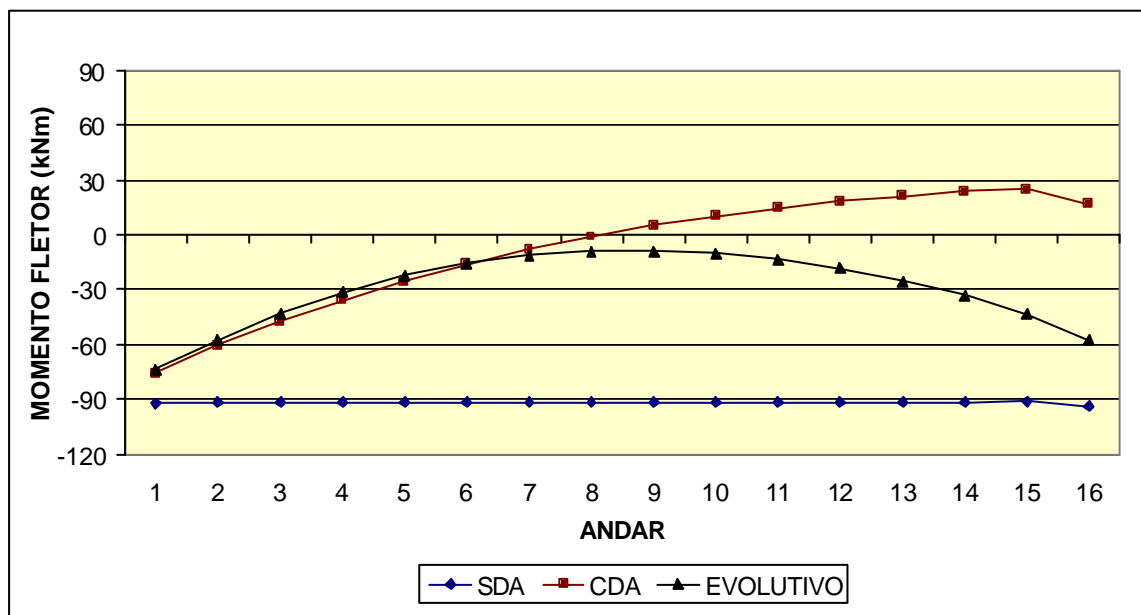


FIGURA 6.8 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 20 x 70 cm² do P16
(MI = 571667 cm⁴)

TABELA 6.8 – Momento fletor no nó k das vigas de 28 x 50 cm² do pórtico P16
(MI = 291667 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,0	-80,4	-79,9
5	2?	-90,7	-70,7	-70,2
8	3?	-90,8	-61,9	-61,0
11	4?	-90,8	-54,0	-53,5
14	5?	-90,8	-46,8	-47,5
17	6?	-90,8	-40,3	-42,9
20	7?	-90,8	-34,5	-39,7
23	8?	-90,8	-29,4	-37,9
26	9?	-90,8	-24,9	-37,3
29	10?	-90,8	-21,1	-38,0
32	11?	-90,8	-17,8	-39,8
35	12?	-90,8	-15,0	-42,8
38	13?	-90,8	-12,9	-46,9
41	14?	-90,9	-11,0	-52,1
44	15?	-90,5	-10,0	-58,5
47	16?	-92,0	-13,7	-67,3

(?) Ver FIG. 5.6.

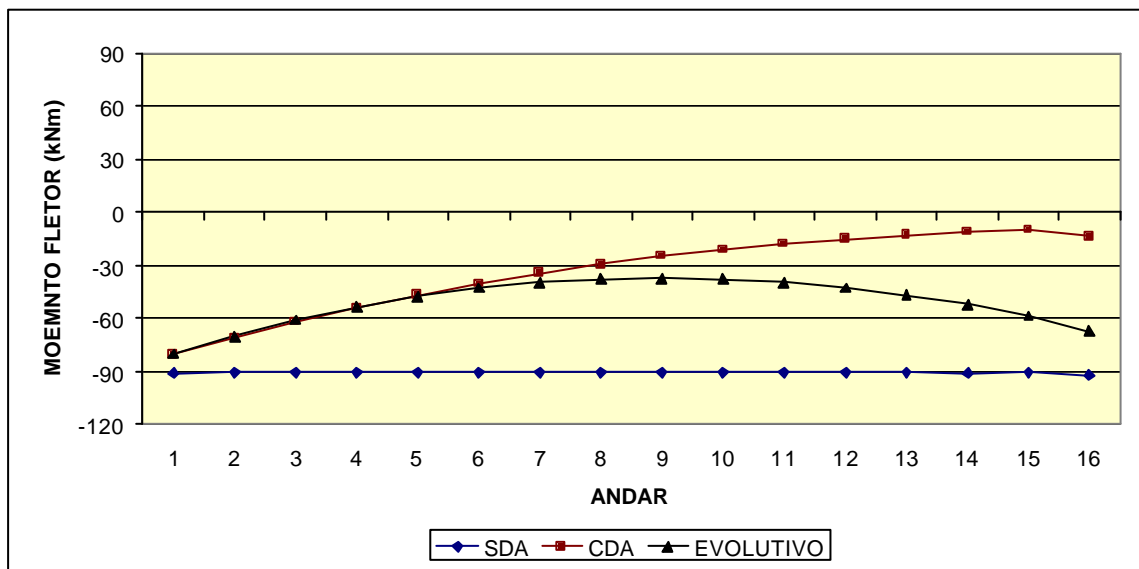


FIGURA 6.9 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 28 x 50 cm² do P16
(MI = 291667 cm⁴)

TABELA 6.9 – Momento fletor no nó k das vigas de 46,67 x 30 cm² do pórtico P16
(MI = 105008 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-90,4	-85,7	-85,8
5	2?	-90,3	-81,3	-81,6
8	3?	-90,3	-77,2	-77,7
11	4?	-90,3	-73,5	-74,4
14	5?	-90,3	-70,1	-71,7
17	6?	-90,3	-67,0	-69,5
20	7?	-90,3	-64,2	-68,0
23	8?	-90,3	-61,7	-67,0
26	9?	-90,3	-59,5	-66,6
29	10?	-90,3	-57,6	-66,7
32	11?	-90,3	-56,0	-67,4
35	12?	-90,3	-54,6	-68,6
38	13?	-90,3	-53,5	-70,3
41	14?	-90,3	-52,6	-72,6
44	15?	-90,2	-52,1	-75,4
47	16?	-90,8	-53,1	-79,1

(?) Ver FIG. 5.6.

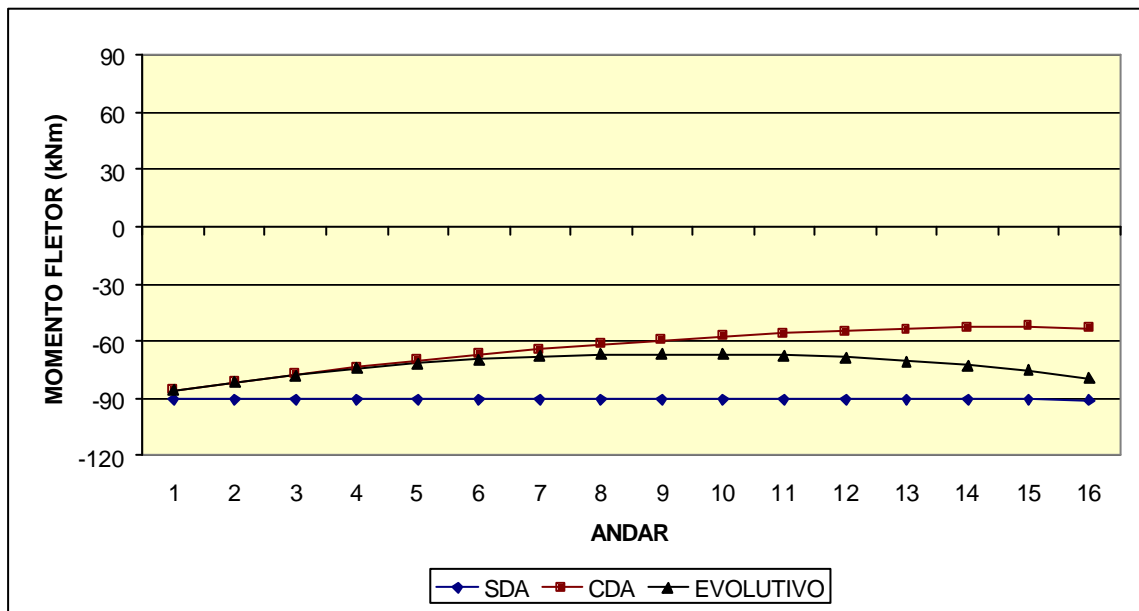


FIGURA 6.10 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de 46,67 x 30 cm² do P16
(MI = 105008 cm⁴)

6.2.2 – Força Axial nos Pilares Externos

Nesta parte do estudo, averiguou-se o comportamento dos modelos ao variar a rigidez à flexão das vigas, agora analisando as forças axiais nos pilares externos do pórtico P16 .

Nas TAB. 6.10 a 6.13 constam os valores das forças axiais nos pilares externos e têm-se nas FIG. 6.11 a 6.14 os gráficos oriundos das tabelas citadas anteriormente.

Pelo exame das TAB. 6.10 a 6.13 percebe-se que no modelo SDA a força axial praticamente não muda com a variação da rigidez à flexão do vigaumento.

Por outro lado, os gráficos das FIG. 6.11 a 6.14 mostram que os valores das forças axiais calculados com os modelos CDA e EVOL convergem para os valores obtidos com o modelo SDA, à medida que a rigidez à flexão do vigaumento diminui.

Infelizmente, como se viu no item anterior, este caminho não é viável para obter-se a convergência dos resultados obtidos com os três modelos já que a rigidez à flexão do vigaumento precisa ter um limite a fim de não comprometer a estabilidade do pórtico.

TABELA 6.10 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
Vigas de 15,56 x 90 cm² (MI = 945270 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2219	2765	2634
4	2?	2081	2619	2487
7	3?	1942	2467	2334
10	4?	1803	2309	2174
13	5?	1664	2146	2009
16	6?	1525	1980	1840
19	7?	1387	1809	1669
22	8?	1248	1636	1496
25	9?	1109	1460	1323
28	10?	970	1281	1149
31	11?	831	1101	977
34	12?	693	918	806
37	13?	554	735	637
40	14?	415	550	471
43	15?	276	365	309
46	16?	137	179	151

(?) Ver FIG. 5.6.

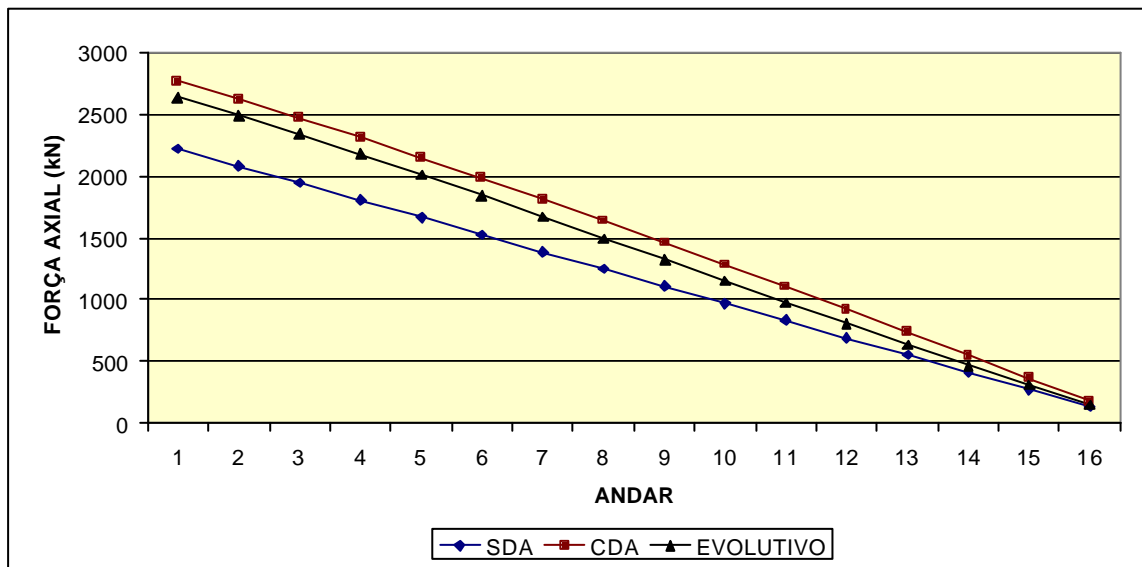


FIGURA 6.11 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16
Vigas de 15,56 x 90 cm² (MI = 945270 cm⁴)

TABELA 6.11 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
Vigas de 20 x 70 cm² (MI = 571667 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2667	2546
4	2?	2088	2522	2401
7	3?	1949	2373	2251
10	4?	1809	2219	2096
13	5?	1670	2061	1938
16	6?	1531	1900	1776
19	7?	1392	1736	1612
22	8?	1252	1569	1447
25	9?	1113	1400	1281
28	10?	974	1229	1115
31	11?	835	1056	950
34	12?	695	881	785
37	13?	556	706	622
40	14?	417	529	462
43	15?	278	351	304
46	16?	138	174	149

(?) Ver FIG. 5.6.

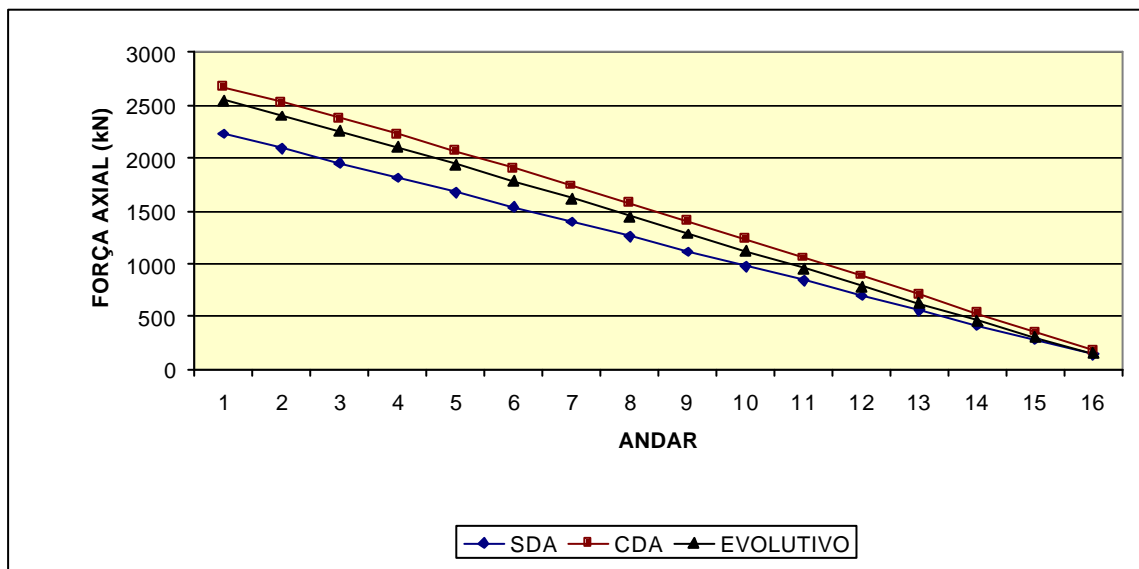


FIGURA 6.12 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16
Vigas de 20 x 70 cm² (MI = 571667 cm⁴)

TABELA 6.12 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
Vigas de 28 x 50 cm² (MI = 291667 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2233	2534	2440
4	2?	2094	2391	2297
7	3?	1954	2245	2151
10	4?	1814	2096	2002
13	5?	1675	1944	1850
16	6?	1535	1790	1697
19	7?	1396	1634	1541
22	8?	1256	1475	1385
25	9?	1116	1315	1228
28	10?	977	1154	1071
31	11?	837	991	914
34	12?	698	827	758
37	13?	558	662	603
40	14?	418	497	449
43	15?	279	331	297
46	16?	139	164	147

(?) Ver FIG. 5.6.

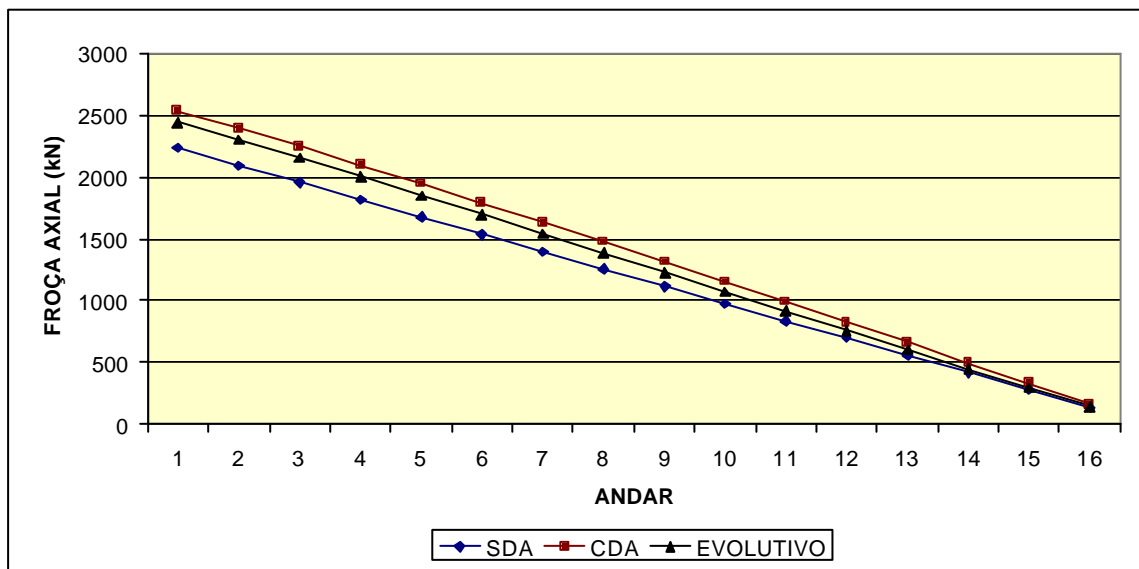


FIGURA 6.13 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16

Vigas de 28 x 50 cm² (MI = 291667 cm⁴)

TABELA 6.13 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
Vigas de 46,67 x 30 cm² (MI = 105008 cm⁴)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2238	2379	2330
4	2?	2098	2238	2189
7	3?	1958	2095	2046
10	4?	1818	1951	1902
13	5?	1678	1805	1757
16	6?	1538	1659	1611
19	7?	1398	1511	1464
22	8?	1259	1362	1317
25	9?	1119	1213	1170
28	10?	979	1063	1022
31	11?	839	912	874
34	12?	699	761	727
37	13?	559	609	580
40	14?	419	457	434
43	15?	280	305	288
46	16?	140	152	143

(?) Ver FIG. 5.6.

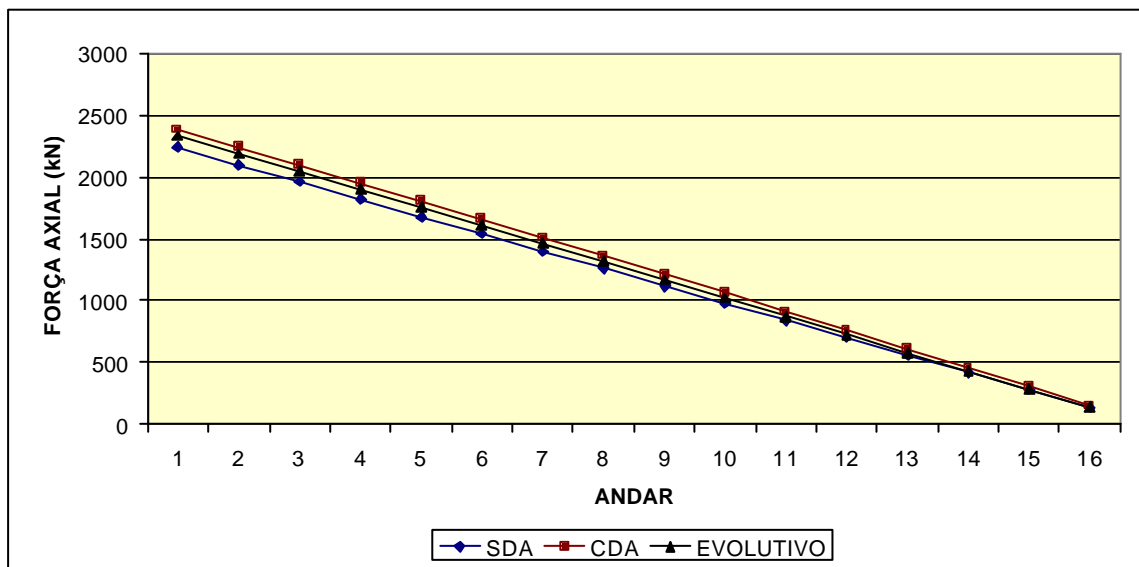


FIGURA 6.14 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16

Vigas de 46,67 x 30 cm² (MI = 105008 cm⁴)

6.2.3 – Recalques Diferenciais

Dando continuidade à verificação do efeito da rigidez à flexão do vigamento, os modelos SDA, CDA e EVOL foram novamente comparados valendo-se de tabelas e gráficos relativos aos recalques diferenciais. As TAB. 6.14, 6.15, 6.16 e 6.17 foram dispostas em ordem decrescente do momento de inércia das seções transversais, ou seja, do módulo da rigidez à flexão EI. Adotou-se $E = 21.000.000 \text{ kN/m}^2$.

Neste caso, a convergência dos modelos ocorreu em oposição aos itens 6.2.1 e 6.2.2, ou seja, à medida que a rigidez à flexão do vigamento aumenta. Isto é, os valores dos módulos dos recalques diferenciais obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem entre si à medida que as rigidezes à flexão do vigamento diminuem (FIG. 6.15 a 6.18).

Como anteriormente, constata-se mais uma vez que alterar a rigidez à flexão do vigamento não é um caminho factível para obter a convergência de resultados computados com os modelos SDA, CDA e EVOL.

TABELA 6.14 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16
Vigas de 15,56 x 90 cm² (MI = 945270 cm⁴)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,68	0,88
2?	0	1,27	1,61
3?	0	1,79	2,22
4?	0	2,25	2,70
5?	0	2,64	3,05
6?	0	2,98	3,30
7?	0	3,28	3,46
8?	0	3,54	3,53
9?	0	3,76	3,52
10?	0	3,94	3,44
11?	0	4,10	3,30
12?	0	4,22	3,09
13?	0	4,33	2,82
14?	0	4,40	2,49
15?	0	4,46	2,08
16?	0	4,49	1,61

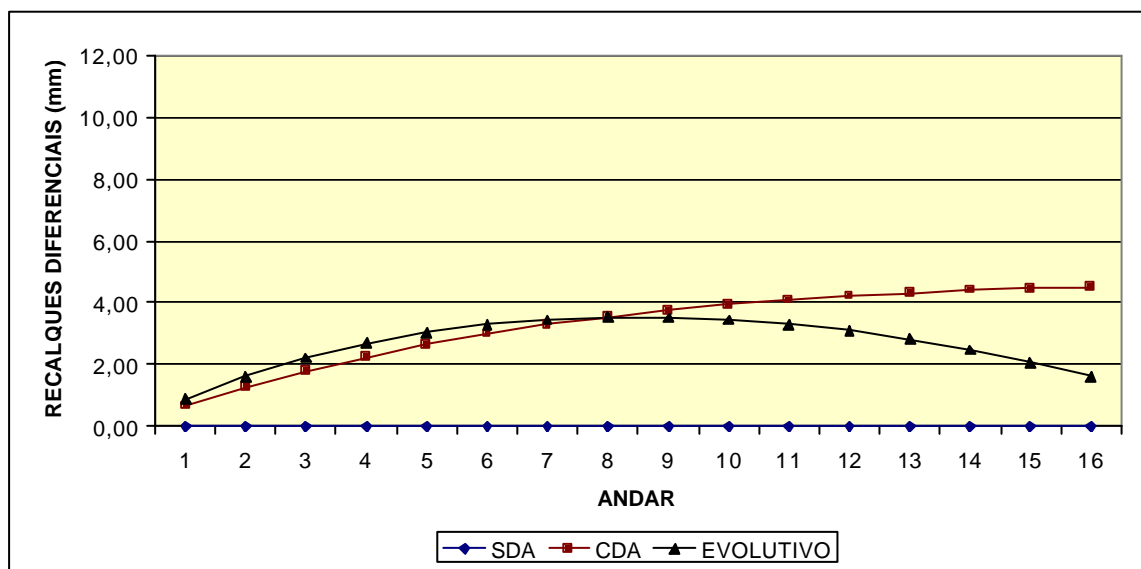


FIGURA 6.15 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16
Vigas de 15,56 x 90 cm² (MI = 945270 cm⁴)

TABELA 6.15 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Vigas de 20 x 70 cm² (MI = 571667 cm⁴)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,83	1,02
2?	0	1,58	1,88
3?	0	2,24	2,62
4?	0	2,84	3,22
5?	0	3,36	3,68
6?	0	3,83	4,02
7?	0	4,24	4,24
8?	0	4,60	4,36
9?	0	4,92	4,38
10?	0	5,18	4,30
11?	0	5,41	4,13
12?	0	5,59	3,88
13?	0	5,74	3,55
14?	0	5,85	3,13
15?	0	5,93	2,63
16?	0	5,97	2,04

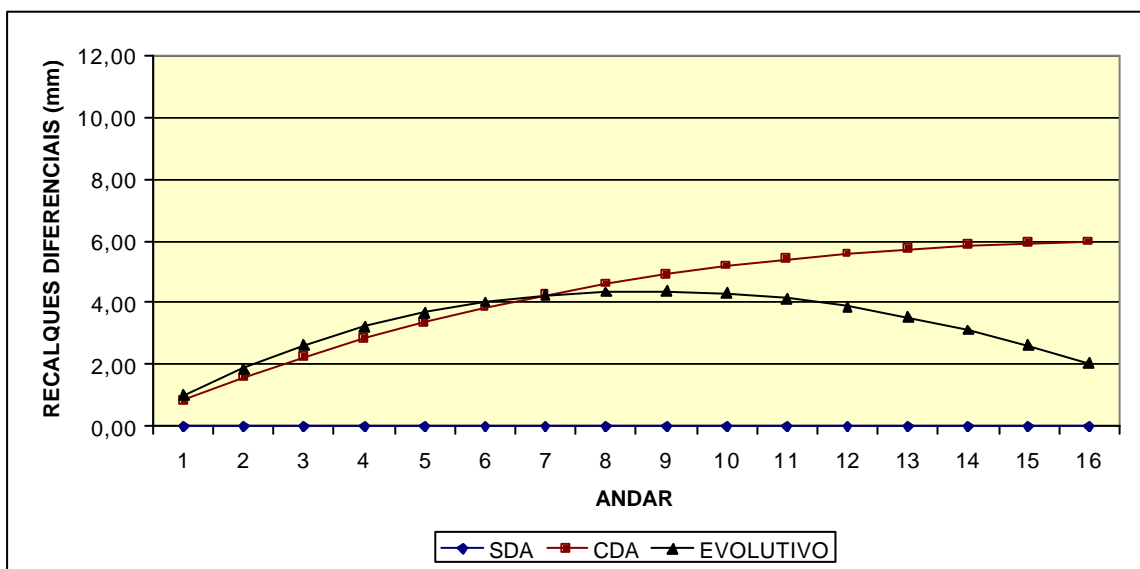
FIGURA 6.16 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16Vigas de 20 x 70 cm² (MI = 571667 cm⁴)

TABELA 6.16 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Vigas de 28 x 50 cm² (MI = 291667 cm⁴)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	1,04	1,18
2?	0	1,99	2,21
3?	0	2,85	3,11
4?	0	3,64	3,85
5?	0	4,35	4,45
6?	0	4,99	4,90
7?	0	5,56	5,22
8?	0	6,06	5,40
9?	0	6,51	5,46
10?	0	6,89	5,40
11?	0	7,22	5,21
12?	0	7,49	4,92
13?	0	7,70	4,51
14?	0	7,86	4,00
15?	0	7,97	3,38
16?	0	8,02	2,64

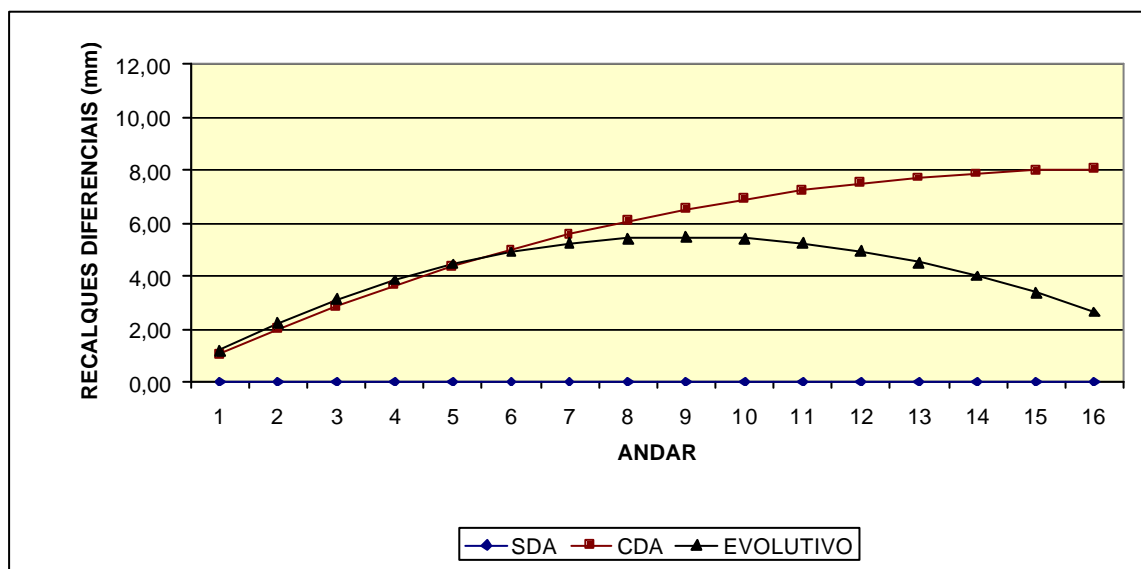
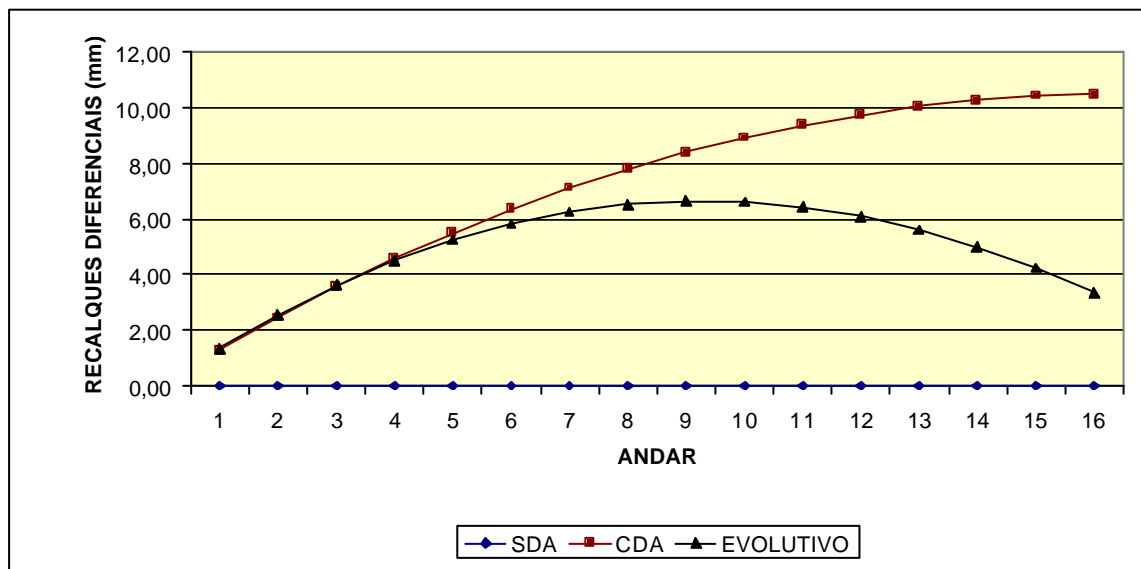
FIGURA 6.17 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16Vigas de 28 x 50 cm² (MI = 291667 cm⁴)

TABELA 6.17 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Vigas de 46,67 x 30 cm² (MI = 105008 cm⁴)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	1,28	1,36
2?	0	2,47	2,55
3?	0	3,57	3,62
4?	0	4,58	4,52
5?	0	5,51	5,26
6?	0	6,35	5,84
7?	0	7,11	6,26
8?	0	7,79	6,53
9?	0	8,40	6,64
10?	0	8,92	6,61
11?	0	9,37	6,42
12?	0	9,74	6,10
13?	0	10,04	5,62
14?	0	10,26	5,01
15?	0	10,41	4,25
16?	0	10,49	3,36

FIGURA 6.18 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($\delta_{yi} - \delta_{ye}$) do P16Vigas de 46,67 x 30 cm² (MI = 105008 cm⁴)

6.3 – Influência da Rigidez Axial dos Pilares

Para verificar o efeito da rigidez axial dos pilares, mais uma vez o pórtico P16 foi recalculado. As seções transversais dos pilares externos de 25 x 110 cm² foram mantidas. Todavia, nas seções transversais do pilar interno manteve-se o momento de inércia e variou-se apenas a rigidez axial dos pilares. A fim de manter a rigidez à flexão do pilar interno constante e variar apenas sua rigidez axial foram adotadas as seguintes dimensões para este estudo:

	Área (cm ²)	Momento de Inércia (cm ⁴)
Pilar Interno de 5 x 188,10	941	2772917
Pilar Interno de 25 x 110	2750	2772917
Pilar Interno de 45 x 90,43	4069	2772917
Pilar Interno de 65 x 80	5200	2772917

Para a comparação dos modelos SDA, CDA e EVOL, foram elaborados gráficos e tabelas relativos ao momento fletor no nó k das vigas, à força axial nos pilares externos e aos módulos dos recalques diferenciais.

6.3.1 – Momento Fletor no Nó k das Vigas

As TAB. 6.18 a 6.21 exibem os valores do momento fletor no nó k das vigas para os quatro casos acima mencionados.

Os gráficos das FIG. 6.19, 6.20, 6.21 e 6.22 foram obtidos, respectivamente, através das TAB. 6.18, 6.19, 6.20 e 6.21, e foram dispostos em ordem crescente da área das seções transversais, ou seja, do módulo de rigidez axial EA.

Percebe-se claramente, analisando as TAB. 6.18 a 6.21, que no modelo SDA o momento fletor não muda. Entretanto, os gráficos das FIG. 6.19 a 6.22 mostram que os valores dos momentos fletores calculados com os modelos CDA e EVOL convergem para os valores obtidos com o modelo SDA, à medida que a rigidez axial do pilar interno aumenta.

Portanto, conclui-se que este é um caminho viável para que os valores dos momentos fletores no nó k das vigas obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL sejam aproximadamente os mesmos.

TABELA 6.18 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16
Pilar interno de 5 x 188,10 cm² (A = 941 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-42,3	-29,1
5	2?	-91,4	-0,2	20,8
8	3?	-91,5	36,1	63,5
11	4?	-91,5	67,0	95,6
14	5?	-91,5	93,4	118,7
17	6?	-91,5	115,9	134,2
20	7?	-91,5	135,0	143,2
23	8?	-91,5	151,1	146,7
26	9?	-91,5	164,7	145,3
29	10?	-91,5	176,0	139,5
32	11?	-91,5	185,4	129,5
35	12?	-91,5	192,9	115,4
38	13?	-91,5	198,9	97,2
41	14?	-91,6	204,1	74,8
44	15?	-90,9	206,8	46,9
47	16?	-93,8	191,2	9,4

(?) Ver FIG. 5.6.

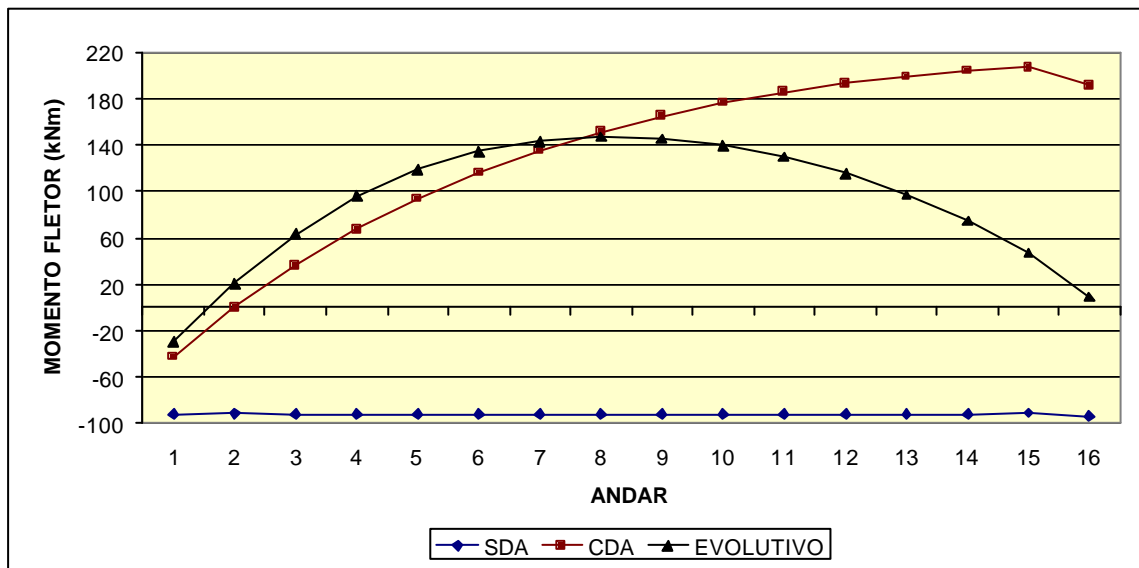


FIGURA 6.19 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16
Pilar interno de 5 x 188,10 cm² (A = 941 cm²)

TABELA 6.19 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16
Pilar interno de 25 x 110 cm² (A = 2750 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-75,4	-73,5
5	2?	-91,4	-60,6	-57,7
8	3?	-91,5	-47,4	-43,0
11	4?	-91,5	-35,7	-31,2
14	5?	-91,5	-25,3	-22,2
17	6?	-91,5	-16,1	-15,6
20	7?	-91,5	-8,0	-11,3
23	8?	-91,5	-0,9	-9,0
26	9?	-91,5	5,2	-8,7
29	10?	-91,5	10,5	-10,3
32	11?	-91,5	14,9	-13,6
35	12?	-91,5	18,6	-18,5
38	13?	-91,5	21,5	-25,1
41	14?	-91,6	24,1	-33,2
44	15?	-90,9	25,3	-43,4
47	16?	-93,8	16,9	-57,8

(?) Ver FIG. 5.6.

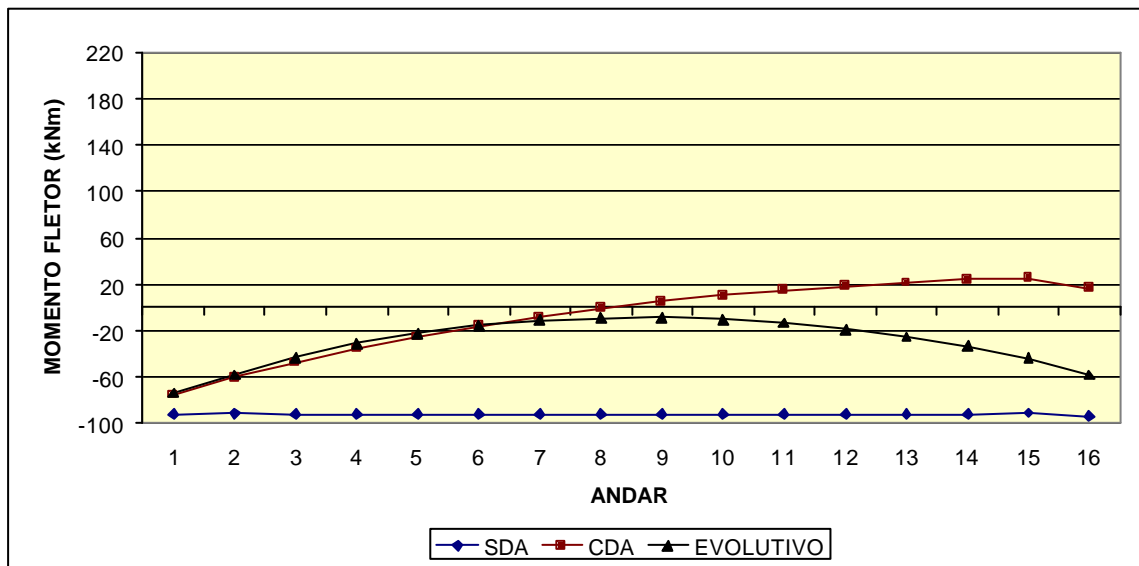


FIGURA 6.20 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16
Pilar interno de 25 x 110 cm² (A = 2750 cm²)

TABELA 6.20 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16
Pilar interno de 45 x 90,43 cm² (A = 4069 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-84,1	-84,2
5	2?	-91,4	-76,9	-77,2
8	3?	-91,5	-70,6	-70,1
11	4?	-91,5	-64,9	-64,5
14	5?	-91,5	-59,9	-60,0
17	6?	-91,5	-55,4	-56,8
20	7?	-91,5	-51,4	-54,6
23	8?	-91,5	-47,9	-53,4
26	9?	-91,5	-44,8	-53,2
29	10?	-91,5	-42,2	-53,8
32	11?	-91,5	-39,9	-55,4
35	12?	-91,5	-38,1	-57,7
38	13?	-91,5	-36,6	-60,9
41	14?	-91,6	-35,2	-64,8
44	15?	-90,9	-34,6	-69,9
47	16?	-93,8	-40,7	-77,6

(?) Ver FIG. 5.6.

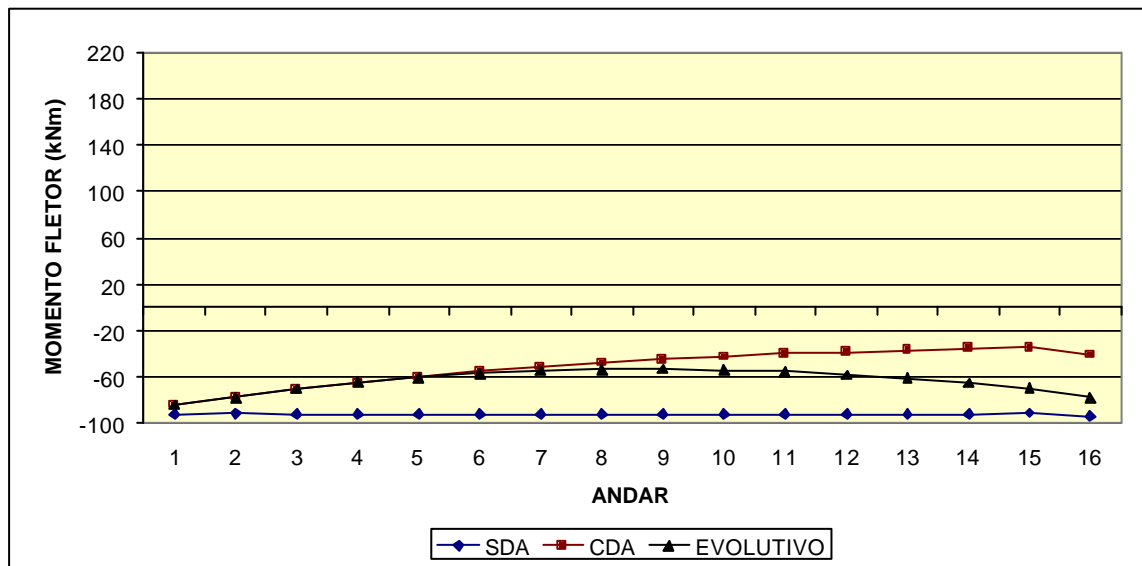


FIGURA 6.21 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16
Pilar interno de 45 x 90,43 cm² (A = 4069 cm²)

TABELA 6.21 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16
Pilar interno de 65 x 80 cm² (A = 5200 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-88,6	-89,6
5	2?	-91,4	-85,5	-87,1
8	3?	-91,5	-82,8	-83,9
11	4?	-91,5	-80,4	-81,5
14	5?	-91,5	-78,3	-79,5
17	6?	-91,5	-76,4	-78,1
20	7?	-91,5	-74,7	-77,1
23	8?	-91,5	-73,2	-76,6
26	9?	-91,5	-71,9	-76,5
29	10?	-91,5	-70,7	-76,8
32	11?	-91,5	-69,8	-77,4
35	12?	-91,5	-69,0	-78,5
38	13?	-91,5	-68,3	-79,9
41	14?	-91,6	-67,6	-81,6
44	15?	-90,9	-67,4	-83,9
47	16?	-93,8	-72,2	-88,2

(?) Ver FIG. 5.6.

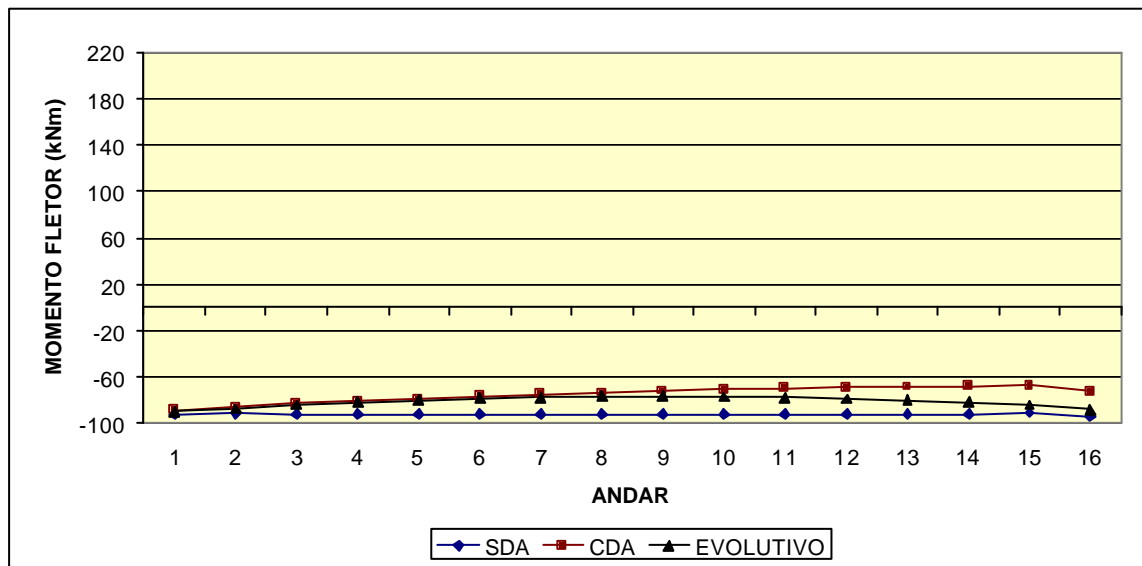


FIGURA 6.22 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16
Pilar interno de 65 x 80 cm² (A = 5200 cm²)

6.3.2 – Força Axial nos Pilares Externos

Nesta parte do estudo, averiguou-se também o comportamento dos modelos ao variar a rigidez axial do pilar interno, analisando agora as forças axiais nos pilares externos do pórtico P16 .

Nas TAB. 6.22 a 6.25 constam os valores das forças axiais nos pilares externos e têm-se nas FIG. 6.23 a 6.26 os gráficos oriundos das tabelas citadas anteriormente.

Pelo exame das TAB. 6.22 a 6.25 percebe-se que no modelo SDA a força axial nos pilares externos não muda.

Por outro lado, os gráficos das FIG. 6.23 a 6.26 mostram que os valores das forças axiais calculados com os modelos CDA e EVOL convergem para os valores obtidos com o modelo SDA, à medida que a rigidez axial do pilar interno aumenta.

Felizmente, à semelhança do que se viu no item anterior, este é um caminho viável para obter-se a convergência dos resultados obtidos com os três modelos para a força axial nos pilares externos.

TABELA 6.22 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

Pilar interno de 5 x 188,10 cm² (A = 941 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	3395	3180
4	2?	2088	3240	3020
7	3?	1949	3070	2844
10	4?	1809	2889	2655
13	5?	1670	2697	2454
16	6?	1531	2497	2246
19	7?	1392	2289	2033
22	8?	1252	2075	1817
25	9?	1113	1856	1600
28	10?	974	1632	1383
31	11?	835	1404	1168
34	12?	695	1173	956
37	13?	556	940	749
40	14?	417	705	549
43	15?	278	468	355
46	16?	138	230	171

(?) Ver FIG. 5.6.

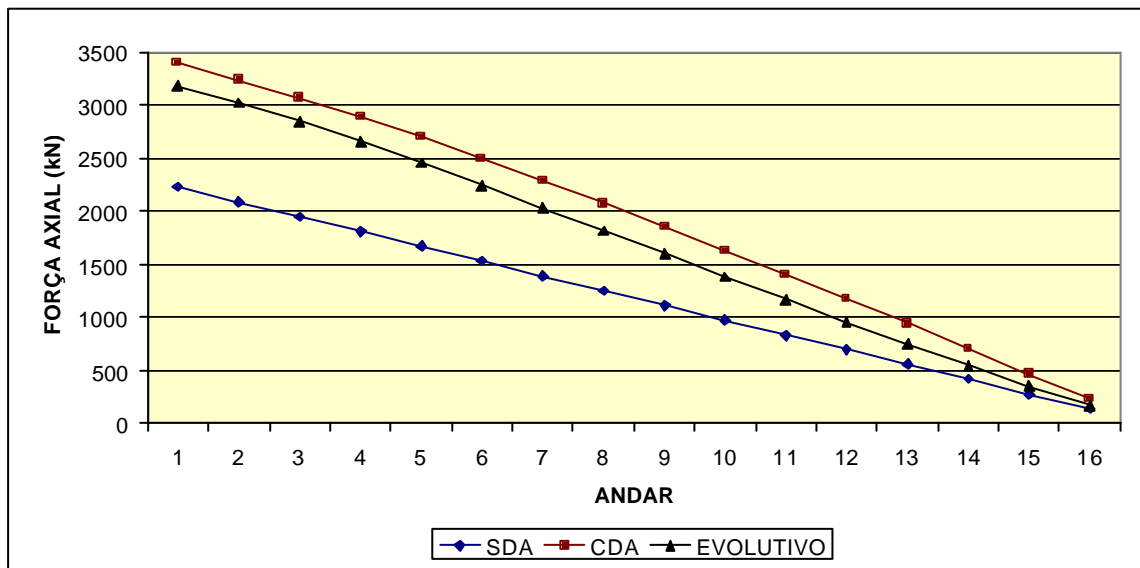


FIGURA 6.23 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16

Pilar interno de 5 x 188,10 cm² (A = 941 cm²)

TABELA 6.23 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
Pilar interno de 25 x 110 cm² (A = 2750 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2667	2546
4	2?	2088	2522	2401
7	3?	1949	2373	2251
10	4?	1809	2219	2096
13	5?	1670	2061	1938
16	6?	1531	1900	1776
19	7?	1392	1736	1612
22	8?	1252	1569	1447
25	9?	1113	1400	1281
28	10?	974	1229	1115
31	11?	835	1056	950
34	12?	695	881	785
37	13?	556	706	622
40	14?	417	529	462
43	15?	278	351	304
46	16?	138	174	149

(?) Ver FIG. 5.6.

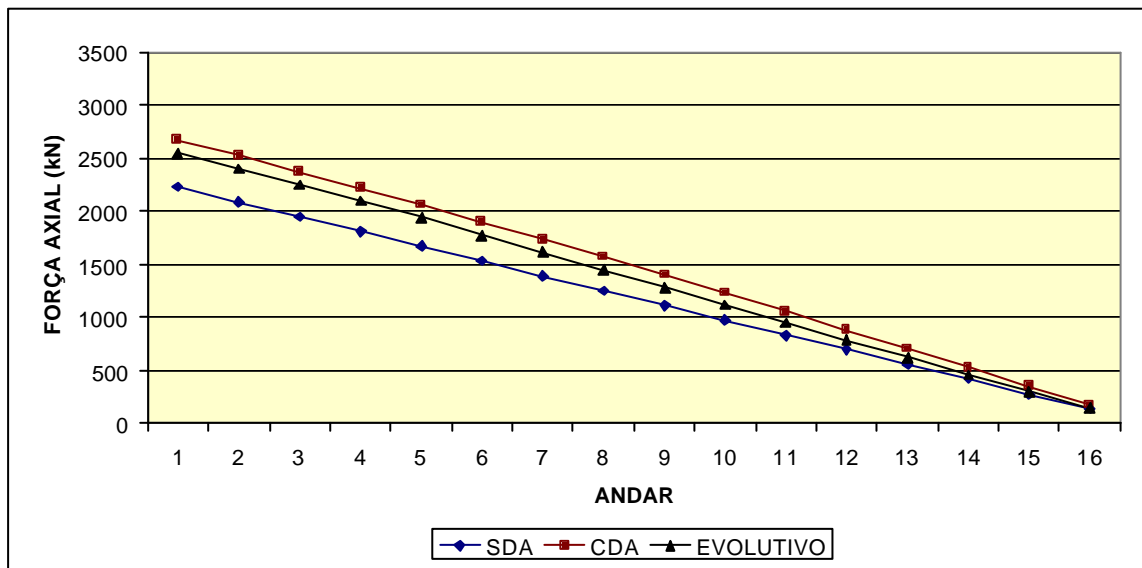


FIGURA 6.24 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16
Pilar interno de 25 x 110 cm² (A = 2750 cm²)

TABELA 6.24 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

Pilar interno de 45 x 90,43 cm² (A = 4069 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2439	2368
4	2?	2088	2297	2227
7	3?	1949	2153	2083
10	4?	1809	2007	1938
13	5?	1670	1859	1790
16	6?	1531	1709	1641
19	7?	1392	1558	1491
22	8?	1252	1406	1340
25	9?	1113	1252	1188
28	10?	974	1097	1037
31	11?	835	942	886
34	12?	695	785	735
37	13?	556	628	585
40	14?	417	471	436
43	15?	278	313	289
46	16?	138	155	143

(?) Ver FIG. 5.6.

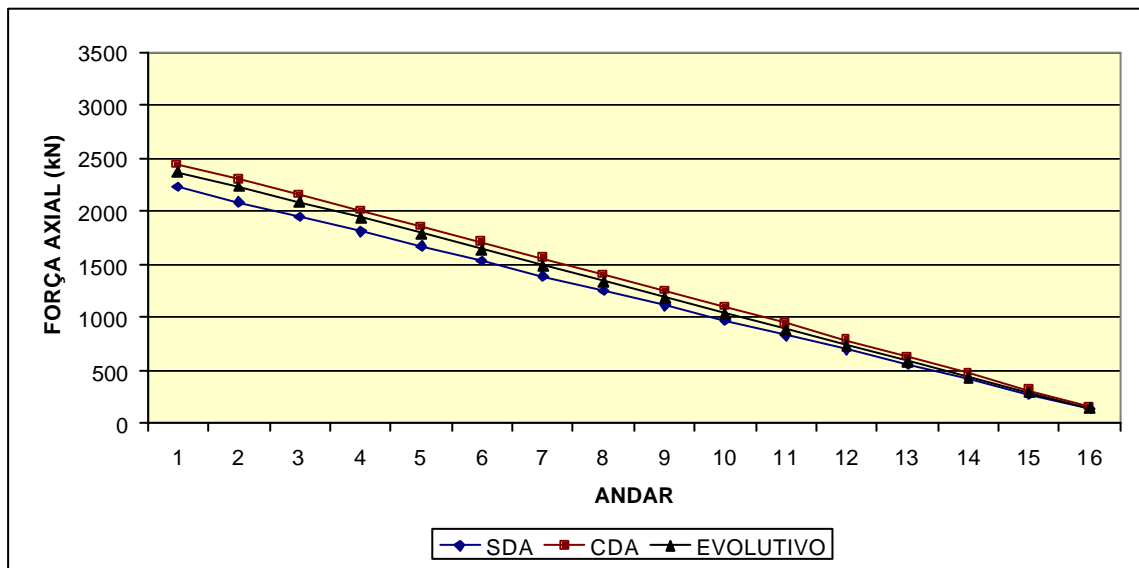


FIGURA 6.25 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16

Pilar interno de 45 x 90,43 cm² (A = 4069 cm²)

TABELA 6.25 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
Pilar interno de 65 x 80 cm² (A = 5200 cm²)

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2316	2275
4	2?	2088	2175	2136
7	3?	1949	2034	1995
10	4?	1809	1892	1854
13	5?	1670	1749	1712
16	6?	1531	1606	1569
19	7?	1392	1461	1426
22	8?	1252	1316	1283
25	9?	1113	1171	1139
28	10?	974	1025	995
31	11?	835	879	852
34	12?	695	733	708
37	13?	556	586	565
40	14?	417	439	423
43	15?	278	292	281
46	16?	138	145	139

(?) Ver FIG. 5.6.

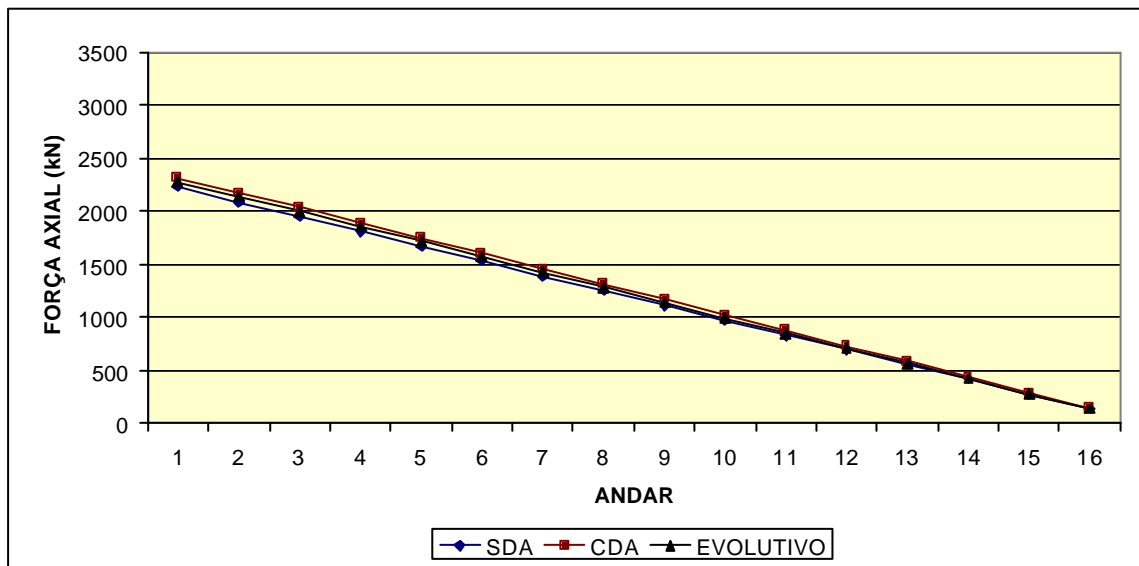


FIGURA 6.26 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16
Pilar interno de 65 x 80 cm² (A = 5200 cm²)

6.3.3 – Recalques Diferenciais

Dando continuidade à verificação do efeito da rigidez axial do pilar interno, novamente os modelos SDA, CDA e EVOL foram comparados valendo-se das tabelas e gráficos apresentados relativos aos recalques diferenciais. Os gráficos das FIG. 6.27, 6.28, 6.29 e 6.30 foram dispostos em ordem crescente da área das seções transversais, ou seja, do módulo da rigidez axial EA do pilar interno. Adotou-se o valor $E = 21.000.000 \text{ kN/m}^2$.

Novamente, nota-se que, à medida que a rigidez axial nos pilares aumenta, os valores dos módulos dos recalques diferenciais obtidos com os modelos CDA e EVOL convergem para os valores obtidos com o modelo SDA, que são nulos (TAB. 6.26 a 6.29).

Assim sendo, à semelhança do que se viu nos dois itens anteriores, este é um caminho viável para obter-se a convergência dos resultados obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL para os módulos dos recalques diferenciais.

Analisando as observações feitas nos itens 6.2 e 6.3, pode-se concluir que aumentar a rigidez axial dos pilares internos é mais viável para obter-se a convergência dos resultados dos três modelos do que diminuir a rigidez à flexão do viga.

TABELA 6.26 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Pilar interno de 5 x 188,10 cm² (A = 941 cm²)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	2,50	3,27
2?	0	4,65	5,88
3?	0	6,49	8,06
4?	0	8,06	9,70
5?	0	9,40	10,88
6?	0	10,54	11,68
7?	0	11,51	12,14
8?	0	12,33	12,32
9?	0	13,02	12,26
10?	0	13,60	11,96
11?	0	14,07	11,46
12?	0	14,46	10,75
13?	0	14,76	9,82
14?	0	14,99	8,67
15?	0	15,14	7,28
16?	0	15,24	5,62

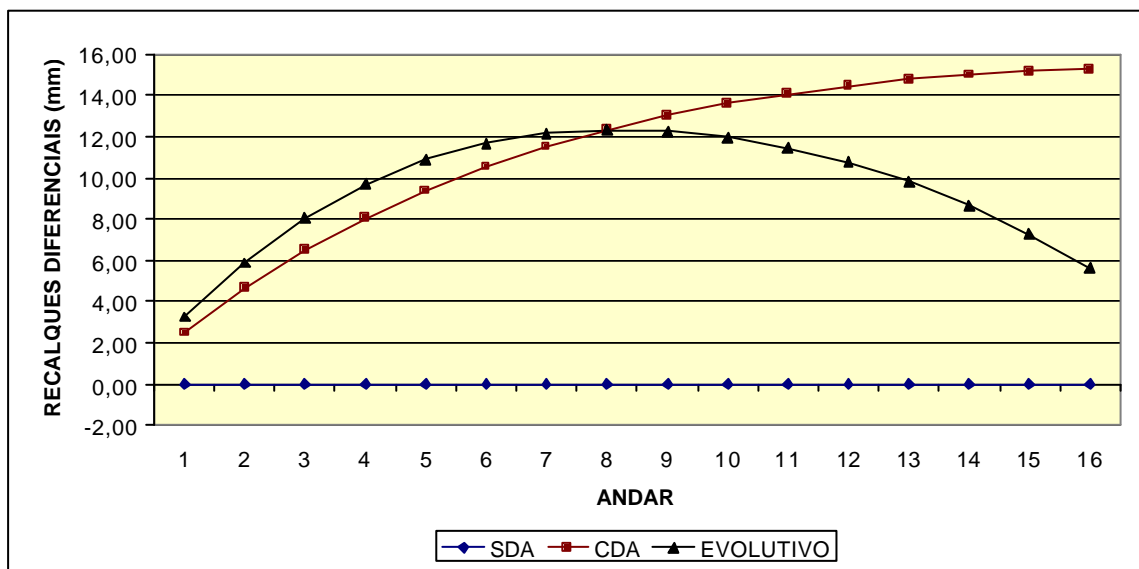
FIGURA 6.27 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16Pilar interno de 5 x 188,10 cm² (A = 941 cm²)

TABELA 6.27 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Pilar interno de 25 x 110 cm² (A = 2750 cm²)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,83	1,02
2?	0	1,58	1,88
3?	0	2,24	2,62
4?	0	2,84	3,22
5?	0	3,36	3,68
6?	0	3,83	4,02
7?	0	4,24	4,24
8?	0	4,60	4,36
9?	0	4,92	4,38
10?	0	5,18	4,30
11?	0	5,41	4,13
12?	0	5,59	3,88
13?	0	5,74	3,55
14?	0	5,85	3,13
15?	0	5,93	2,63
16?	0	5,97	2,04

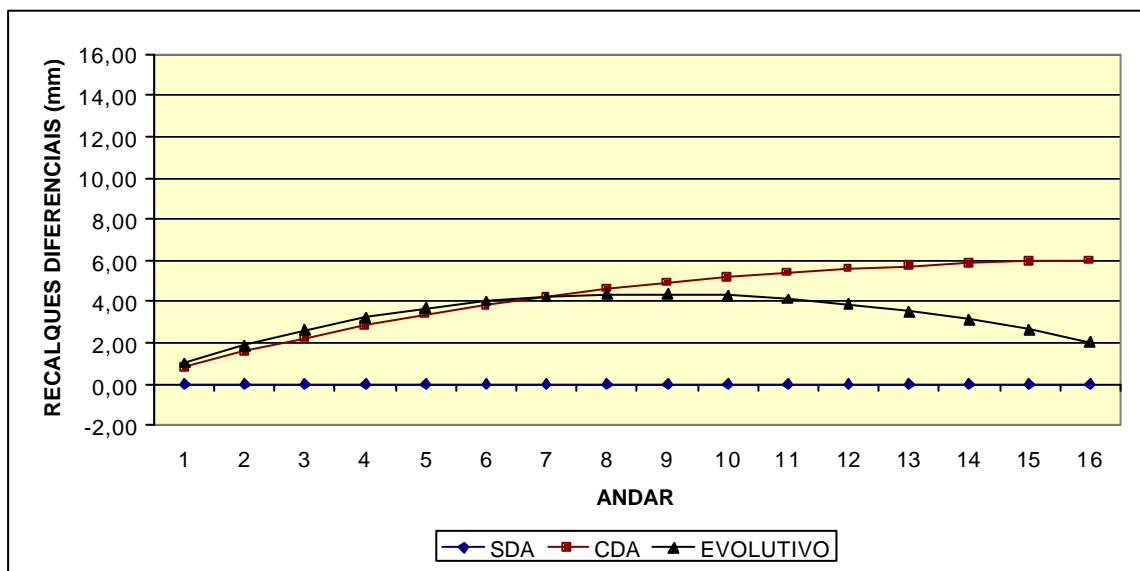
FIGURA 6.28 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16Pilar interno de 25 x 110 cm² (A = 2750 cm²)

TABELA 6.28 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Pilar interno de 45 x 90,43 cm² (A = 4069 cm²)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,39	0,48
2?	0	0,74	0,88
3?	0	1,06	1,24
4?	0	1,35	1,53
5?	0	1,61	1,75
6?	0	1,84	1,92
7?	0	2,04	2,03
8?	0	2,22	2,09
9?	0	2,37	2,11
10?	0	2,51	2,07
11?	0	2,62	2,00
12?	0	2,72	1,88
13?	0	2,79	1,72
14?	0	2,85	1,51
15?	0	2,89	1,27
16?	0	2,91	0,99

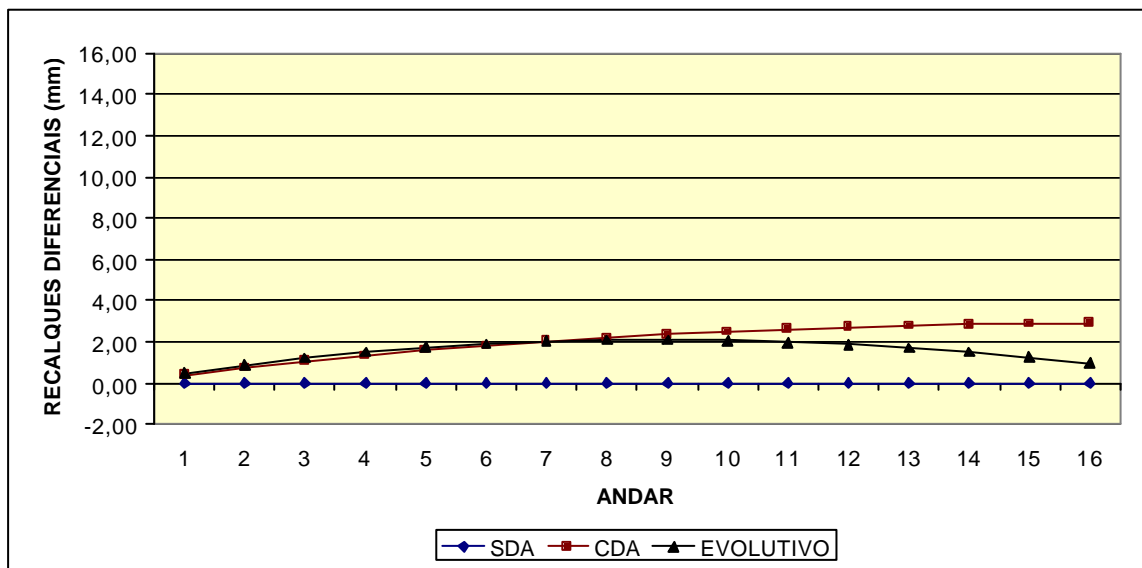
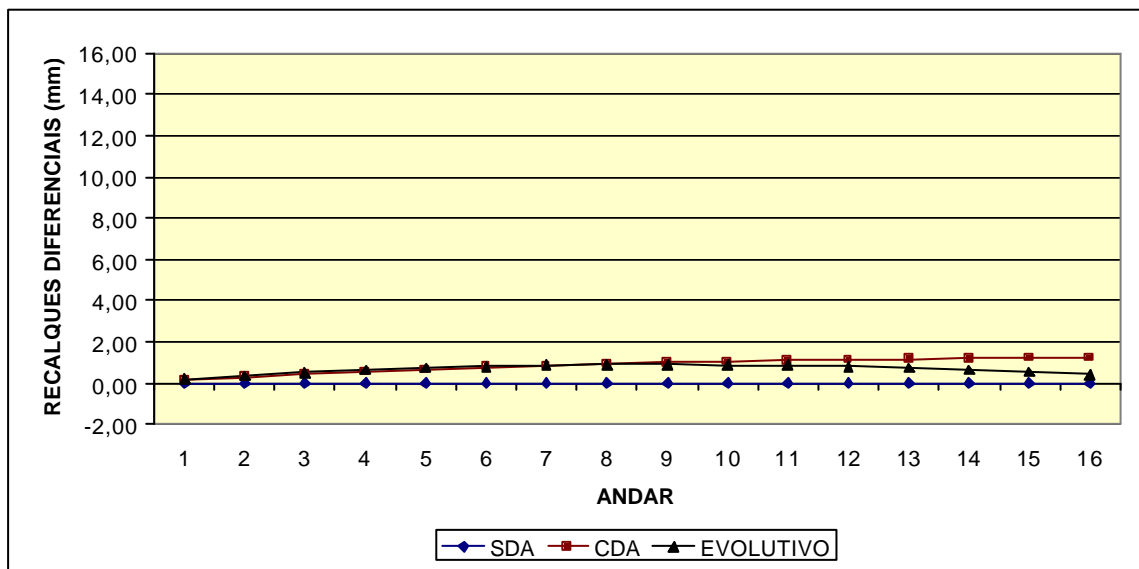
FIGURA 6.29 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16Pilar interno de 45 x 90,43 cm² (A = 4069 cm²)

TABELA 6.29 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16Pilar interno de 65 x 80 cm² (A = 5200 cm²)

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,16	0,21
2?	0	0,31	0,38
3?	0	0,44	0,53
4?	0	0,56	0,66
5?	0	0,67	0,76
6?	0	0,77	0,83
7?	0	0,85	0,88
8?	0	0,93	0,91
9?	0	1,00	0,91
10?	0	1,06	0,90
11?	0	1,11	0,87
12?	0	1,15	0,81
13?	0	1,18	0,74
14?	0	1,20	0,65
15?	0	1,22	0,55
16?	0	1,23	0,42

FIGURA 6.30 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16Pilar interno de 65 x 80 cm² (A = 5200 cm²)

7

ANÁLISE DO PÓRTICO P26

Os pórticos a serem discutidos são os pórticos P26-SVS (FIG. 3.3a) e P26-CVS (FIG. 3.3b), os quais são submetidos aos mesmos carregamentos verticais do pórtico P16 (FIG. 5.7) e são analisados através dos três modelos CDA (FIG. 5.8), SDA (FIG. 5.9) e EVOL (FIG. 5.10).

O que se pretende ao analisar os pórticos P26-SVS e P26-CVS é saber se os comentários, comparações e conclusões feitos para o pórtico P16 aplicam-se igualmente para P26-SVS e P26-CVS, bem como pesquisar de que forma a altura influi nos resultados.

Devido à analogia existente são válidos os comentários do item 5.4 relativos às etapas de construção e carregamento, razão pela qual não serão repetidos.

Na TAB 7.1 estão resumidos os carregamentos utilizados na análise com o modelo EVOL.

As TAB. 7.2 a 7.11 foram preparadas com o relatório de saída do programa PORTEVOL relativo ao pórtico de 26 andares.

TABELA 7.1 – Pórticos e carregamentos do modelo EVOL-P26

PÓRTICO N?	CARREGAMENTO N?	CARREGAMENTOS			
1	1	2pp no 1?			
2	2	2pp no 2?	- pp no 1?		
3	3	2pp no 3?	- pp no 2?	alv no 1?	
4	4	2pp no 4?	- pp no 3?	alv no 2?	
5	5	2pp no 5?	- pp no 4?	alv no 3?	
6	6	2pp no 6?	- pp no 5?	alv no 4?	
7	7	2pp no 7?	- pp no 6?	alv no 5?	
8	8	2pp no 8?	- pp no 7?	alv no 6?	
9	9	2pp no 9?	- pp no 8?	alv no 7?	
10	10	2pp no 10?	- pp no 9?	alv no 8?	
11	11	2pp no 11?	- pp no 10?	alv no 9?	
12	12	2pp no 12?	- pp no 11?	alv no 10?	
13	13	2pp no 13?	- pp no 12?	alv no 11?	
14	14	2pp no 14?	- pp no 13?	alv no 12?	
15	15	2pp no 15?	- pp no 14?	alv no 13?	
16	16	2pp no 16?	- pp no 15?	alv no 14?	
17	17	2pp no 17?	- pp no 16?	alv no 15?	
18	18	2pp no 18?	- pp no 17?	alv no 16?	
19	19	2pp no 19?	- pp no 18?	alv no 17?	
20	20	2pp no 20?	- pp no 19?	alv no 18?	
21	21	2pp no 21?	- pp no 20?	alv no 19?	
22	22	2pp no 22?	- pp no 21?	alv no 20?	
23	23	2pp no 23?	- pp no 22?	alv no 21?	
24	24	2pp no 24?	- pp no 23?	alv no 22?	
25	25	2pp no 25?	- pp no 24?	alv no 23?	
26	26	pp no 26?	- pp no 25?	alv no 24?	
26	27			alv no 25?	
26	28			alv no 26?	
26	29				sc do 1? ao 26?

7.1 – Resultados do Pórtico P26 – SVS

Na TAB. 7.2 encontram-se os valores finais dos momentos fletores nos nós j das vigas do pórtico P26-SVS calculados para os três modelos SDA, CDA e EVOL.

O gráfico da FIG. 7.1, construído com a TAB. 7.2, mostra a variação dos momentos fletores nos nós j das vigas do pórtico P26-SVS ao longo dos andares. Sua inspeção revela que:

- Os momentos fletores calculados com o modelo SDA têm valores próximos ao do momento de engastamento perfeito (90 kN.m) em todos os andares;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA divergem gradativamente, a partir do 1º andar, dos momentos fletores calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo EVOL divergem gradativamente, do 1º ao 13º andares, dos momentos calculados com o modelo SDA; todavia, a partir do 14º andar os momentos fletores calculados com o modelo EVOL convergem gradativamente para os calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA e EVOL são praticamente iguais entre si até o 11º andar; do 12º ao 26º andares estes momentos fletores divergem gradativamente entre si;
- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos SDA e EVOL ocorre no 13º andar; o módulo da diferença percentual pode ser calculado pela expressão (6.1). Então, tem-se no 13º andar:

$$\% (M_z) = \left| \frac{87,0 - 209,2}{209,02} \right| \times 100\% = 58,4\%;$$

- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos CDA e EVOL ocorre no 25º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a

$$\text{expressão (6.1), é de : } \% (M_z) = \left| \frac{244,1 - 140}{140} \right| \times 100\% = 74,4\%.$$

TABELA 7.2 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z	MOMENTO Z	MOMENTO Z
		SDA (kN.m)	CDA (kN.m)	EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	103,7	106,2
5	2?	87,2	119,5	124,2
8	3?	87,0	133,6	142,4
11	4?	87,0	146,2	157,7
14	5?	87,0	157,6	170,4
17	6?	87,0	167,9	181,0
20	7?	87,0	177,2	189,5
23	8?	87,0	185,5	196,3
26	9?	87,0	193,1	201,4
29	10?	87,0	199,8	205,2
32	11?	87,0	205,9	207,7
35	12?	87,0	211,4	209,0
38	13?	87,0	216,2	209,2
41	14?	87,0	220,6	208,5
44	15?	87,0	224,5	206,8
47	16?	87,0	227,9	204,3
50	17?	87,0	231,0	200,9
53	18?	87,0	233,6	196,6
56	19?	87,0	236,0	191,5
59	20?	87,0	238,0	185,5
62	21?	87,0	239,7	178,6
65	22?	87,0	241,0	170,6
68	23?	87,1	242,2	161,7
71	24?	86,7	244,1	151,9
74	25?	88,2	244,1	140,0
77	26?	82,4	222,3	121,1

(*) Ver FIG. 5.10

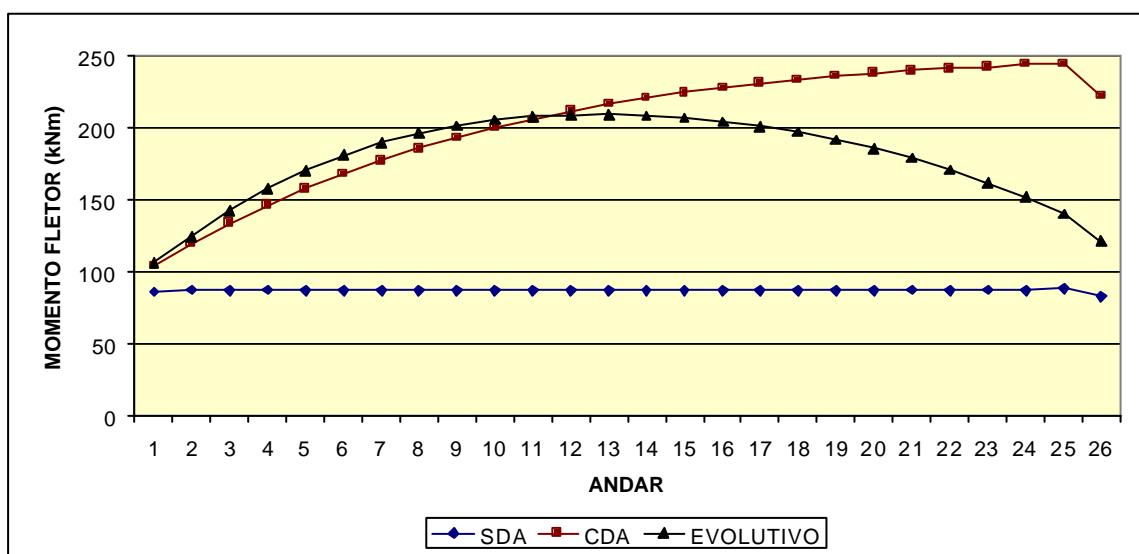


FIGURA 7.1 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS

Na TAB. 7.3 encontram-se os valores finais dos momentos fletores nos nós k das vigas do pórtico P26-SVS calculados com os três modelos descritos no capítulo 5.

O gráfico da FIG. 7.2, construído com a TAB. 7.3, mostra a variação dos momentos fletores nos nós k das vigas do pórtico P26-SVS ao longo dos andares. Seu exame revela que:

- Os momentos fletores calculados com o modelo SDA têm valores próximos ao do momento de engastamento perfeito (-90 kN.m) em todos os andares;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA divergem gradativamente, a partir do 1º andar, dos momentos fletores calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo EVOL divergem gradativamente, do 1º ao 13º andares, dos momentos calculados com o modelo SDA; todavia, a partir do 14º andar os momentos fletores calculados com o modelo EVOL convergem gradativamente para os calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA e EVOL são próximos entre si até o 12º andar; do 13º ao 26º andares estes momentos fletores divergem gradativamente entre si;
- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos SDA e EVOL ocorre no 13º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de:

$$\Delta(M_z)\% = \left| \frac{91,5 - 36,4}{36,4} \right| \times 100\% = 351,4\%;$$

- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos CDA e EVOL ocorre no 26º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de:

$$\Delta(M_z)\% = \left| \frac{57,4 - (-49,7)}{49,7} \right| \times 100\% = 215,5\%.$$

TABELA 7.3 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-74,3	-69,9
5	2?	-91,4	-58,4	-50,4
8	3?	-91,5	-44,1	-32,0
11	4?	-91,5	-31,2	-16,4
14	5?	-91,5	-19,6	-3,4
17	6?	-91,5	-9,2	7,4
20	7?	-91,5	0,3	16,1
23	8?	-91,5	8,7	23,1
26	9?	-91,5	16,4	28,4
29	10?	-91,5	23,3	32,2
32	11?	-91,5	29,5	34,7
35	12?	-91,5	35,0	36,1
38	13?	-91,5	40,0	36,4
41	14?	-91,5	44,4	35,6
44	15?	-91,5	48,3	33,9
47	16?	-91,5	51,8	31,4
50	17?	-91,5	54,9	27,9
53	18?	-91,5	57,7	23,6
56	19?	-91,5	60,0	18,4
59	20?	-91,5	62,1	12,3
62	21?	-91,5	63,8	5,2
65	22?	-91,5	65,2	-2,8
68	23?	-91,5	66,4	-11,9
71	24?	-91,6	67,8	-22,0
74	25?	-90,9	68,1	-33,8
77	26?	-93,8	57,4	-49,7

(*) Ver FIG. 5.10

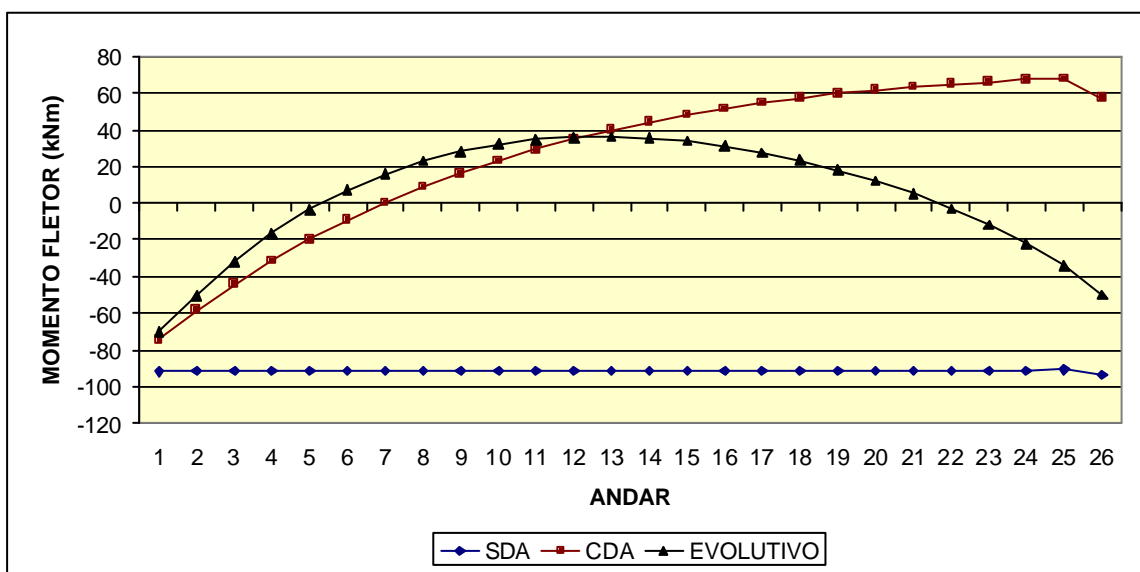


FIGURA 7.2 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS

Na TAB. 7.4 encontram-se os valores finais das forças axiais nos pilares externos do pórtico P26-SVS calculados com os três modelos SDA, CDA e EVOL.

O gráfico da FIG. 7.3, construído com a TAB. 7.4, mostra a variação das forças axiais nos pilares externos do pórtico P26-SVS ao longo dos andares. Nota-se que:

- a) As forças axiais calculadas com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem gradativamente entre si, do topo ao 1º andar do pórtico P26-SVS;
- b) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos SDA e EVOL ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual calculado pela expressão (6.1) no 1º andar é:

$$\Delta (F_x) \% = \left| \frac{3619 - 4428}{4428} \right| \times 100\% = 18,3\%;$$

- c) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos CDA e EVOL ocorre no 13º andar. O módulo da diferença percentual neste caso é de $\Delta (F_x) \% = 10,0 \%$.

TABELA 7.4 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	3619	4631	4428
4	2?	3480	4486	4282
7	3?	3341	4336	4130
10	4?	3202	4181	3971
13	5?	3063	4022	3808
16	6?	2923	3859	3640
19	7?	2784	3693	3469
22	8?	2645	3523	3294
25	9?	2506	3351	3118
28	10?	2366	3176	2939
31	11?	2227	2998	2760
34	12?	2088	2819	2579
37	13?	1949	2638	2399
40	14?	1809	2456	2218
43	15?	1670	2271	2037
46	16?	1531	2086	1857
49	17?	1392	1899	1678
52	18?	1252	1712	1500
55	19?	1113	1523	1323
58	20?	974	1334	1148
61	21?	835	1144	975
64	22?	695	953	804
67	23?	556	762	636
70	24?	417	571	471
73	25?	278	379	310
76	26?	138	187	152

(*) Ver FIG. 5.10

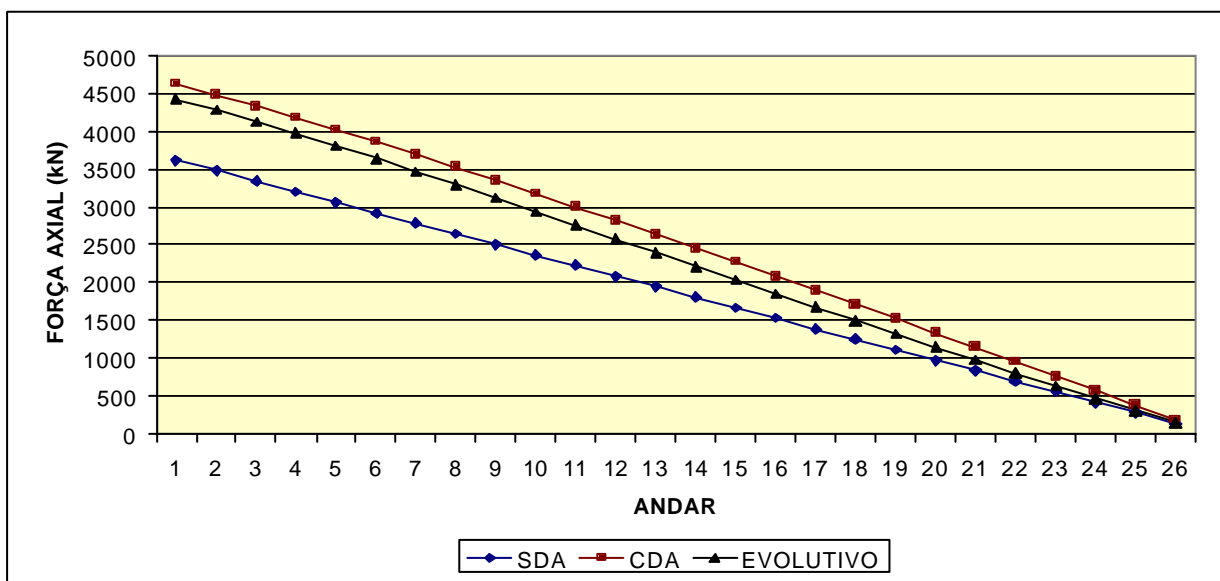


FIGURA 7.3– Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS

Na TAB. 7.5 encontram-se os valores finais das forças axiais no pilar interno do pórtico P26-SVS calculados com os três modelos.

O gráfico da FIG. 7.4, construído com a TAB. 7.5, mostra a variação das forças axiais no pilar interno do pórtico P26-SVS ao longo dos andares. Nota-se que:

- a) As forças axiais calculadas com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem gradativamente entre si, do topo ao 1º andar do pórtico P26-SVS;
- b) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos SDA e EVOL ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual calculado pela expressão (6.1) no 1º andar é:

$$\Delta (F_x)\% = \left| \frac{8361 - 6744}{6744} \right| \times 100\% = 24,0\%$$

- c) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos CDA e EVOL ocorre no 12º andar; o módulo da diferença percentual neste caso é de $\Delta (F_x)\% = 12,5\%$;
- d) Ao analisar os gráficos das FIG. 7.3 e 7.4 percebe-se, no caso do pilar externo, que o modelo SDA fornece valores menores que os modelos CDA e EVOL, ocorrendo o inverso no caso do pilar interno;
- e) Há uma transferência de carga do pilar interno para os externos através das vigas; isto ocorre devido ao fato das deformações axiais serem maiores no pilar interno; como se vê, a transferência de carga é maior no modelo CDA do que no modelo EVOL.

TABELA 7.5 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X		
		SDA (kN)	CDA (kN)	EVOL (kN)
3	1?	8361	6338	6744
6	2?	8039	6028	6436
9	3?	7718	5728	6141
12	4?	7396	5438	5857
15	5?	7075	5156	5584
18	6?	6753	4882	5320
21	7?	6432	4615	5063
24	8?	6110	4354	4811
27	9?	5789	4099	4565
30	10?	5467	3849	4321
33	11?	5146	3603	4080
36	12?	4824	3362	3841
39	13?	4503	3124	3603
42	14?	4181	2889	3365
45	15?	3860	2657	3126
48	16?	3538	2428	2886
51	17?	3217	2202	2645
54	18?	2895	1977	2401
57	19?	2574	1754	2154
60	20?	2252	1533	1904
63	21?	1931	1313	1650
66	22?	1609	1094	1392
69	23?	1288	876	1128
72	24?	966	659	858
75	25?	645	443	581
78	26?	343	227	296

(*) Ver FIG. 5.10

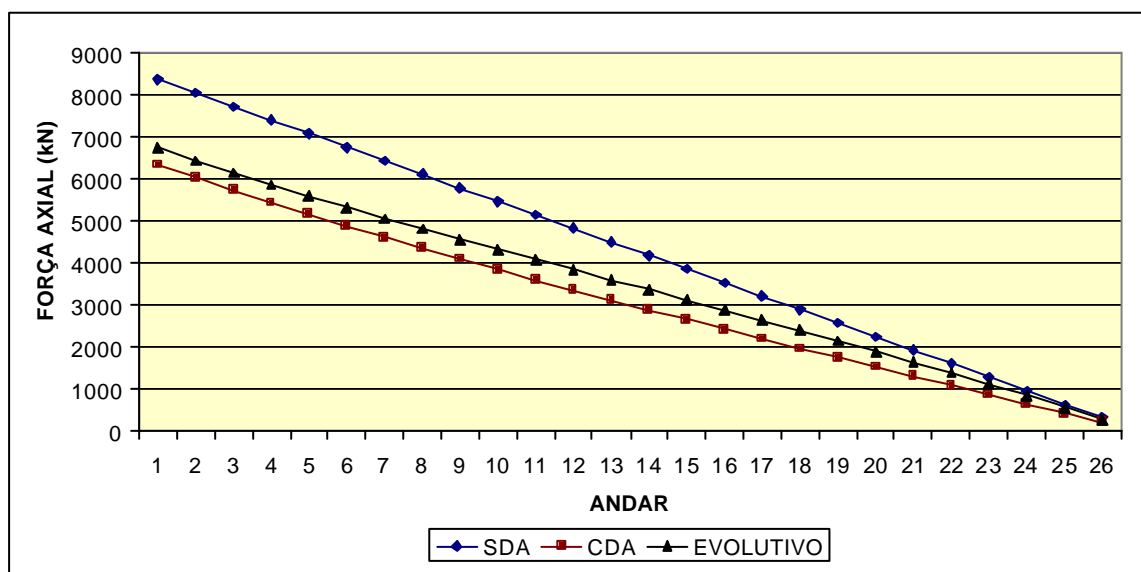


FIGURA 7.4– Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS

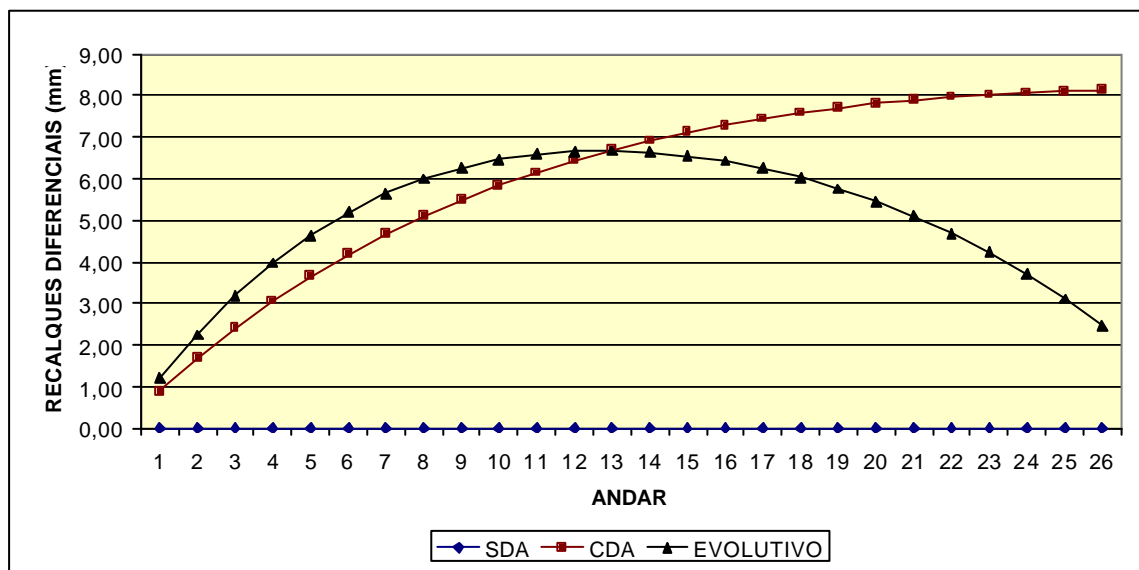
Têm-se na TAB. 7.6 os módulos dos recalques diferenciais calculados com os três modelos. Os valores dos recalques diferenciais foram obtidos através da diferença entre o deslocamento vertical do nó interno (D_{yi}) e o deslocamento vertical do nó externo (D_{ye}) no mesmo andar. Para o cálculo destes deslocamentos também adotou-se $E = 21.000.000 \text{ kN/m}^2$.

Analisando o gráfico da FIG. 7.5 constata-se que:

- a) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo SDA são nulos nos diversos andares;
- b) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo CDA aumentam gradativamente, do 1º ao 26º andares;
- c) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo EVOL aumentam gradativamente, do 1º ao 13º andares; do 13º ao 26º andares os módulos decrescem gradativamente;
- d) Comparando os valores obtidos com os modelos CDA e EVOL vê-se que os módulos dos recalques diferenciais são próximos entre si até o 13º andar; todavia, a partir do 13º andar os valores dos módulos passam a divergir;
- e) O maior valor absoluto das diferenças percentuais dos módulos dos recalques diferenciais, para os modelos CDA e EVOL, ocorre no 26º andar; este valor é de 228,7 %.

TABELA 7.6 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-SVS

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,89	1,20
2?	0	1,69	2,25
3?	0	2,41	3,18
4?	0	3,06	3,98
5?	0	3,65	4,64
6?	0	4,18	5,19
7?	0	4,66	5,64
8?	0	5,10	5,99
9?	0	5,48	6,26
10?	0	5,83	6,46
11?	0	6,15	6,59
12?	0	6,43	6,66
13?	0	6,68	6,67
14?	0	6,91	6,64
15?	0	7,11	6,55
16?	0	7,29	6,42
17?	0	7,44	6,25
18?	0	7,58	6,03
19?	0	7,70	5,76
20?	0	7,80	5,45
21?	0	7,89	5,09
22?	0	7,96	4,69
23?	0	8,02	4,22
24?	0	8,07	3,70
25?	0	8,10	3,12
26?	0	8,12	2,47

FIGURA 7.5 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($?_{yi} - ?_{ye}$) do P26-SVS

7.2 – Resultados do Pórtico P26 – CVS

Na TAB. 7.7 encontram-se os valores finais dos momentos fletores nos nós j das vigas do pórtico P26-CVS calculados para os três modelos SDA, CDA e EVOL .

O gráfico da FIG. 7.6, construído com a TAB. 7.7, mostra a variação dos momentos fletores nos nós j das vigas do pórtico P26-CVS ao longo dos andares. Seu exame revela que:

- a) Os momentos fletores calculados com o modelo SDA têm valores não muito próximos ao do momento de engastamento perfeito (90 kN.m) em todos os andares;
- b) Os momentos fletores calculados com o modelo CDA divergem gradativamente, a partir do 1º andar, dos momentos fletores calculados com o modelo SDA;
- c) Os momentos fletores calculados com o modelo EVOL divergem gradativamente, do 1º ao 15º andares, dos momentos calculados com o modelo SDA; todavia, a partir do 16º andar os momentos fletores calculados com o modelo EVOL convergem gradativamente para os calculados com o modelo SDA;
- d) Os momentos fletores calculados com o modelo CDA e EVOL são praticamente iguais entre si até o 11º andar; do 12º ao 26º andares estes momentos fletores divergem gradativamente, entre si;
- e) A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos SDA e EVOL ocorre no 15º andar; o módulo da diferença percentual pode ser calculado pela expressão (6.1); então, tem-se no 15º andar:

$$\Delta (M_z)\% = \left| \frac{77,1 - 217,6}{217,6} \right| \times 100\% = 64,6\%;$$

- f) A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos CDA e EVOL ocorre no 25º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de:

$$\Delta (M_z)\% = \left| \frac{207,7 - 105,6}{105,6} \right| \times 100\% = 96,7\%.$$

TABELA 7.7 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z		
		SDA (kN.m)	CDA (kN.m)	EVOL (kN.m)
2	1?	76,9	100,6	100,4
5	2?	79,7	123,5	123,7
8	3?	79,1	143,0	147,7
11	4?	79,1	160,9	168,4
14	5?	79,8	178,1	186,4
17	6?	76,4	183,4	194,4
20	7?	74,9	165,8	168,5
23	8?	76,0	178,1	179,2
26	9?	75,8	189,6	189,2
29	10?	75,9	200,2	197,2
32	11?	75,9	210,0	203,5
35	12?	75,8	219,3	208,4
38	13?	75,9	228,0	211,9
41	14?	75,6	236,4	214,3
44	15?	77,1	247,8	217,6
47	16?	69,5	226,1	199,3
50	17?	60,1	165,0	137,3
53	18?	62,5	174,4	140,9
56	19?	62,2	180,2	142,0
59	20?	62,2	185,3	140,9
62	21?	62,2	189,7	137,6
65	22?	62,2	193,3	132,1
68	23?	62,3	196,3	124,6
71	24?	61,8	197,8	114,8
74	25?	65,0	207,7	105,6
77	26?	43,8	138,4	69,7

(*) Ver FIG. 5.10

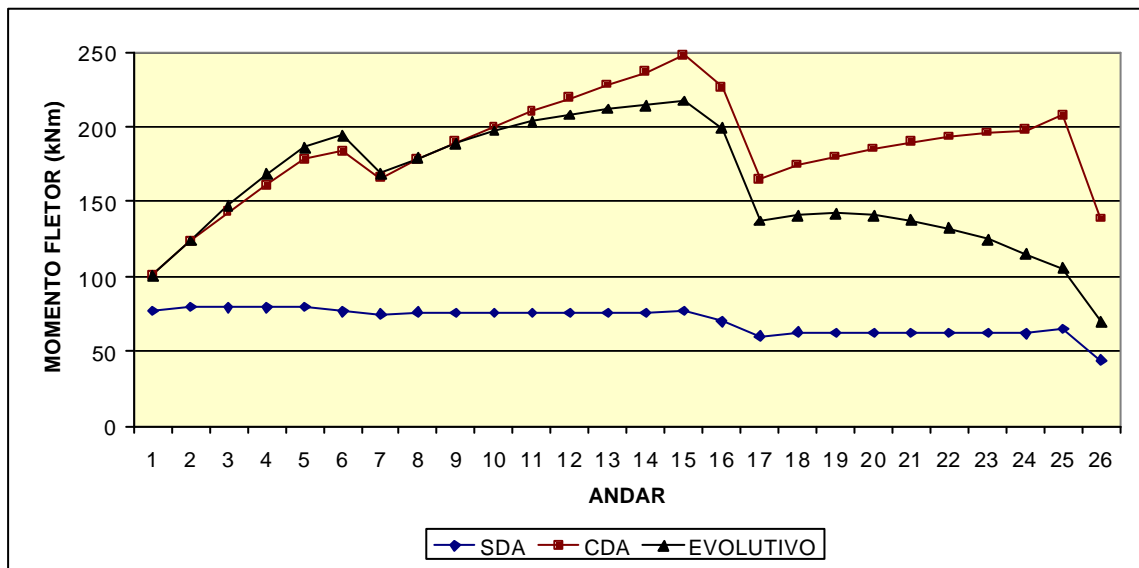


FIGURA 7.6 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS

Na TAB. 7.8 encontram-se os valores finais dos momentos fletores nos nós k das vigas calculados para os três modelos SDA, CDA e EVOL .

O gráfico da FIG. 7.7, construído com a TAB. 7.8, mostra a variação dos momentos fletores nos nós k das vigas do pórtico P26-CVS ao longo dos andares. Sua inspeção revela que:

- Os momentos fletores calculados com o modelo SDA têm valores próximos ao do momento de engastamento perfeito (-90 kN.m) em todos os andares;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA divergem gradativamente, a partir do 1º andar, dos momentos fletores calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo EVOL divergem gradativamente, do 1º ao 15º andares, dos momentos calculados com o modelo SDA; todavia, a partir do 16º andar os momentos fletores calculados com o modelo EVOL convergem gradativamente para os calculados com o modelo SDA;
- Os momentos fletores calculados com o modelo CDA e EVOL têm valores que não chegam a ser muito discrepantes, em termos absolutos, nos onze primeiros andares; estes valores divergem, gradativamente, do 1º ao 6º andares de onde passam a convergir, também gradativamente, até o 11º andar; a partir do 12º andar estes momentos fletores divergem gradativamente entre si;
- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos SDA e EVOL ocorre no 15º andar; o módulo da diferença percentual pode ser calculado pela expressão (6.1); então, tem-se no 15º andar:

$$\% (M_z) = \left| \frac{-96,4 - (-66,8)}{66,8} \right| \times 100\% = 244,3\%$$

- A maior diferença entre os momentos fletores dos modelos CDA e EVOL ocorre no 25º andar; o módulo da diferença percentual neste caso, calculado com a expressão (6.1), é de: $\% (M_z) = \left| \frac{68,6 - (-37,8)}{37,8} \right| \times 100\% = 281,5\%$.

TABELA 7.8 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z		
		SDA (kN.m)	CDA (kN.m)	EVOL (kN.m)
2	1?	-96,6	-71,5	-67,2
5	2?	-95,1	-48,0	-40,2
8	3?	-95,4	-27,3	-14,5
11	4?	-95,5	-8,2	7,8
14	5?	-95,1	9,8	26,9
17	6?	-96,8	21,2	39,7
20	7?	-97,5	1,3	12,5
23	8?	-97,0	14,8	25,2
26	9?	-97,1	27,3	36,3
29	10?	-97,1	38,8	45,2
32	11?	-97,1	49,6	52,2
35	12?	-97,1	59,7	57,6
38	13?	-97,1	69,3	61,5
41	14?	-97,2	78,5	64,2
44	15?	-96,4	89,0	66,8
47	16?	-100,2	82,9	58,0
50	17?	-105,0	23,5	1,3
53	18?	-103,7	33,2	5,9
56	19?	-103,9	40,4	7,7
59	20?	-103,9	46,7	6,5
62	21?	-103,9	52,0	2,5
65	22?	-103,9	56,4	-4,0
68	23?	-103,9	60,1	-13,1
71	24?	-104,1	62,5	-24,8
74	25?	-102,5	68,6	-37,8
77	26?	-113,1	34,8	-65,6

(*) Ver FIG. 5.10

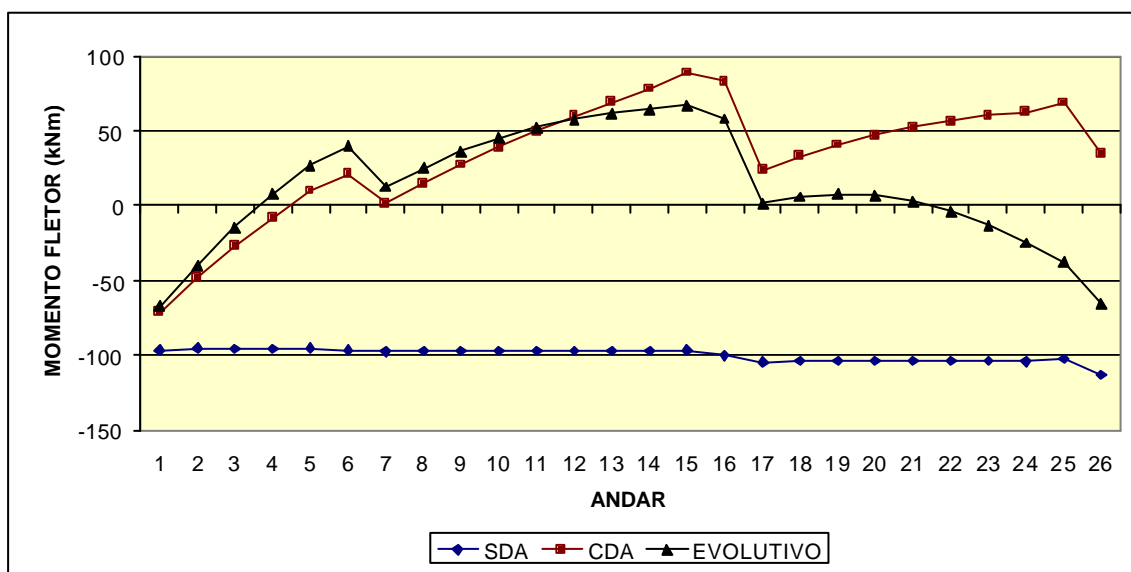


FIGURA 7.7 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas de P26-CVS

Na TAB. 7.9 encontram-se os valores finais das forças axiais nos pilares externos do pórtico P26-CVS calculados com os três modelos SDA, CDA e EVOL.

O gráfico da FIG. 7.8, construído com a TAB. 7.9, mostra a variação das forças axiais nos pilares externos do pórtico P26-CVS ao longo dos andares. Nota-se que:

- a) As forças axiais calculadas com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem gradativamente entre si, do topo ao 1º andar do pórtico P26-CVS;
- b) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos SDA e EVOL ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual calculado pela expressão (6.1) no 1º andar é:

$$\Delta (F_x)\% = \left| \frac{3512 - 4384}{4384} \right| \times 100\% = 19,9\%;$$

- c) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos CDA e EVOL ocorre no 12º andar; o módulo da diferença percentual neste caso é de $\Delta (F_x)\% = 9,0\%$.

TABELA 7.9 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS

BARRA (\varnothing)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3512	4587	4384
4	2º	3375	4443	4239
7	3º	3238	4290	4085
10	4º	3101	4131	3923
13	5º	2963	3965	3753
16	6º	2826	3794	3578
19	7º	2689	3620	3399
22	8º	2553	3452	3229
25	9º	2416	3280	3055
28	10º	2280	3104	2877
31	11º	2144	2924	2697
34	12º	2007	2741	2514
37	13º	1871	2554	2330
40	14º	1734	2365	2144
43	15º	1598	2172	1958
46	16º	1461	1976	1770
49	17º	1326	1784	1587
52	18º	1194	1613	1424
55	19º	1060	1438	1260
58	20º	927	1262	1095
61	21º	794	1083	930
64	22º	661	903	767
67	23º	528	721	606
70	24º	395	538	447
73	25º	262	355	292
76	26º	128	169	141

(*) Ver FIG. 5.10

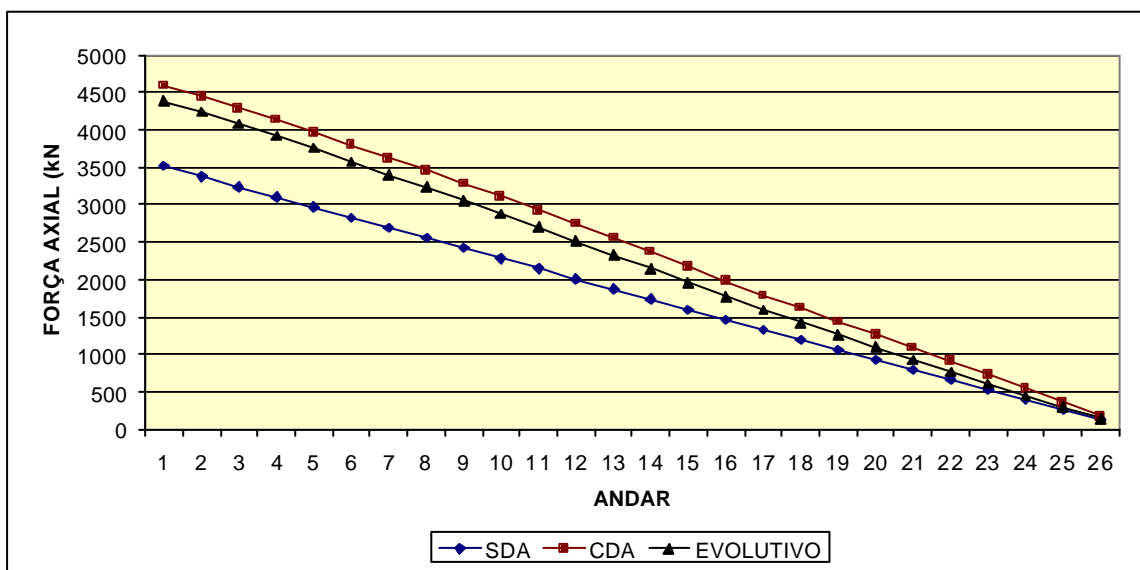


FIGURA 7.8– Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS

Na TAB. 7.10 encontram-se os valores finais das forças axiais no pilar interno do pórtico P26-CVS calculados com os três modelos.

O gráfico da FIG. 7.9, construído com a TAB. 7.10, mostra a variação das forças axiais no pilar interno do pórtico P26-CVS ao longo dos andares. Nota-se que:

- a) As forças axiais calculadas com os modelos SDA, CDA e EVOL divergem gradativamente entre si, do topo ao 1º andar do pórtico P26-CVS;
- b) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos SDA e EVOL ocorre no 1º andar; o módulo da diferença percentual calculado pela expressão (6.1) no 1º andar é:

$$\Delta (F_x)\% = \left| \frac{8576 - 6831}{6831} \right| \times 100\% = 25,5\%;$$

- c) A maior diferença entre as forças axiais dos modelos CDA e EVOL ocorre no 11º andar. O módulo da diferença percentual neste caso é de $\Delta (F_x)\% = 10,8\%$;
- d) Ao analisar os gráficos das FIG. 7.8 e 7.9 percebe-se, no caso do pilar externo, que o modelo SDA fornece valores menores que os modelos CDA e EVOL, ocorrendo o inverso no caso do pilar interno;
- e) Há uma transferência de carga do pilar interno para os externos através das vigas; isto ocorre devido ao fato das deformações axiais serem maiores no pilar interno. Como se vê, a transferência de carga é maior no modelo CDA do que no modelo EVOL.

TABELA 7.10 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1?	8576	6425	6831
6	2?	8250	6115	6522
9	3?	7924	5820	6230
12	4?	7599	5539	5955
15	5?	7273	5270	5693
18	6?	6948	5012	5445
21	7?	6622	4761	5203
24	8?	6294	4496	4943
27	9?	5967	4240	4691
30	10?	5640	3993	4446
33	11?	5313	3752	4207
36	12?	4986	3519	3972
39	13?	4659	3292	3741
42	14?	4332	3071	3512
45	15?	4005	2856	3285
48	16?	3678	2648	3060
51	17?	3348	2431	2825
54	18?	3013	2174	2552
57	19?	2679	1923	2280
60	20?	2345	1677	2010
63	21?	2011	1434	1739
66	22?	1677	1195	1466
69	23?	1344	958	1189
72	24?	1010	723	906
75	25?	676	490	616
78	26?	343	262	319

(*) FIG. 5.10

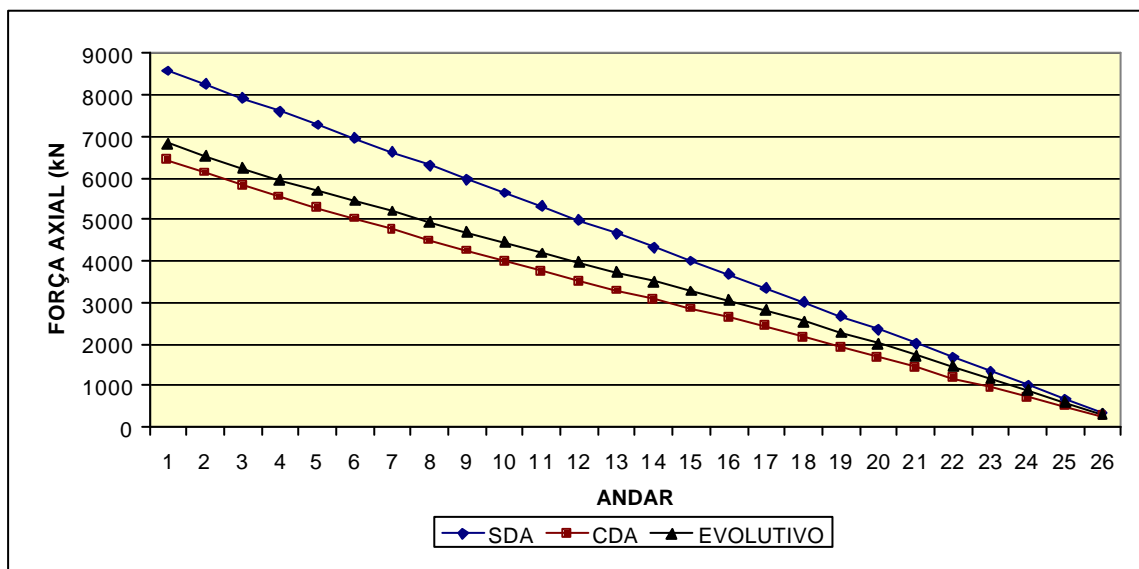


FIGURA 7.9 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS

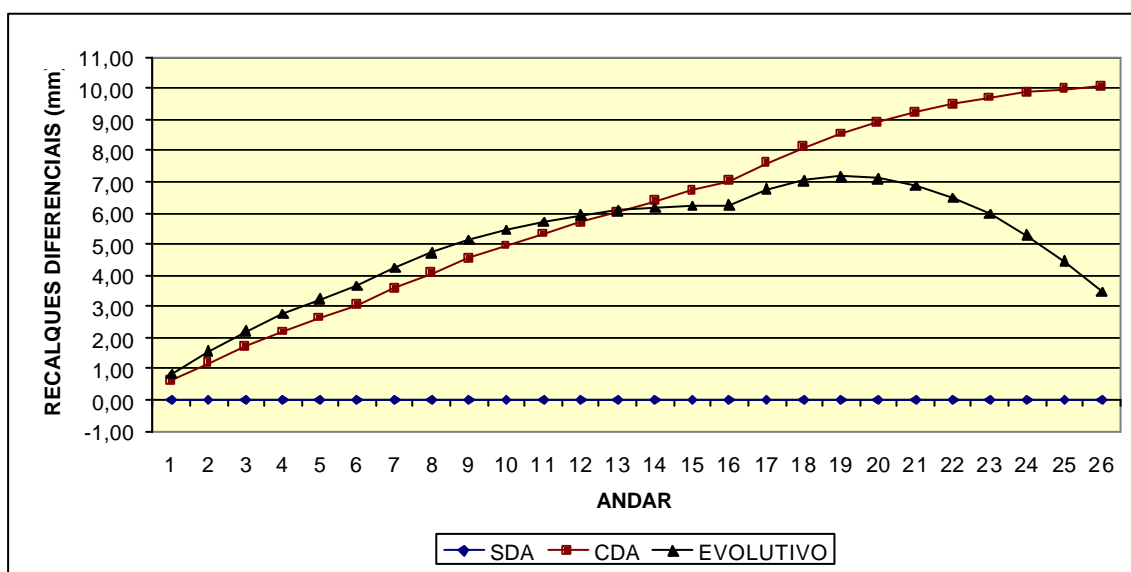
Têm-se na TAB. 7.11 os módulos dos recalques diferenciais calculados com os três modelos. Os valores dos recalques diferenciais foram obtidos através da diferença entre o deslocamento vertical do nó interno (D_{yi}) e o deslocamento vertical do nó externo (D_{ye}) no mesmo andar. Para o cálculo destes deslocamentos adotou-se $E = 21.000.000$ kN/m².

Analisando o gráfico da FIG. 7.10 constata-se que:

- a) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo SDA são nulos nos diversos andares;
- b) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo CDA aumentam gradativamente, do 1º ao 26º andares;
- c) Os módulos dos recalques diferenciais no modelo EVOL aumentam gradativamente, do 1º ao 9º andares; do 9º ao 26º andares os módulos decrescem gradativamente;
- d) Comparando os valores obtidos com os modelos CDA e EVOL vê-se que os módulos dos recalques diferenciais são próximos entre si até o 13º andar; todavia, a partir do 13º andar os valores dos módulos passam a divergir entre si;
- e) O maior valor absoluto das diferenças percentuais dos módulos dos recalques diferenciais, para os modelos CDA e EVOL, ocorre no 26º andar; este valor é de 191,6 %.

TABELA 7.11 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-CVS

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,62	0,83
2?	0	1,19	1,55
3?	0	1,70	2,20
4?	0	2,18	2,75
5?	0	2,62	3,23
6?	0	3,03	3,64
7?	0	3,57	4,24
8?	0	4,07	4,73
9?	0	4,52	5,14
10?	0	4,94	5,46
11?	0	5,33	5,72
12?	0	5,70	5,92
13?	0	6,05	6,06
14?	0	6,38	6,17
15?	0	6,70	6,23
16?	0	7,02	6,25
17?	0	7,60	6,76
18?	0	8,10	7,04
19?	0	8,53	7,16
20?	0	8,90	7,10
21?	0	9,22	6,87
22?	0	9,48	6,49
23?	0	9,69	5,96
24?	0	9,85	5,28
25?	0	9,98	4,44
26?	0	10,06	3,45

FIGURA 7.10 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-CVS

7.3 – Influência da Altura (P16 x P26)

De um modo geral, as discrepâncias observadas entre os resultados obtidos com os três modelos SDA, CDA e EVOL, na análise do pórtico de 16 andares, agravaram-se no pórtico de 26 andares.

Para melhor visualizar estas discrepâncias foi criada a TAB. 7.12, na qual são mostrados os valores máximos de diversos módulos de diferenças percentuais de esforços e recalques diferenciais calculados nos capítulos 6 e 7.

Cada coluna mostra os valores máximos dos módulos de diferenças percentuais de:

- ✍ Momento fletor no nó j das vigas;
- ✍ Momento fletor no nó k das vigas;
- ✍ Força axial nos pilares externos;
- ✍ Força axial no pilar interno;
- ✍ Recalques diferenciais.

Nas duas primeiras colunas são listados valores referentes à comparação do modelo SDA em relação ao modelo EVOL para os pórticos P16 e P26-SVS, respectivamente.

Nas duas últimas colunas são listados valores referentes à comparação do modelo CDA em relação ao modelo EVOL para os pórticos P16 e P26-SVS, respectivamente.

Como se constata, com exceção de um único caso, os módulos máximos das diferenças percentuais são maiores no pórtico P26-SVS do que no pórtico P16, o que sugere que a diferença entre os modelos aumenta com a altura.

TABELA 7.12 – Quadro comparativo dos módulos das diferenças percentuais dos pórticos P16 e P26-SVS

	MÓDULO DA DIFERENÇA PERCENTUAL			
	SDA X EVOL		CDA X EVOL	
	P16	P26-SVS	P16	P26-SVS
Momento fletor no nó j das vigas	47,3%	58,4%	54,7%	74,4%
Momento fletor no nó k das vigas	951,7%	351,4%	129,2%	215,5%
Força axial nos pilares externos	12,5%	18,3%	4,7%	10,0%
Força axial no pilar interno	14,2%	24,0%	5,4%	12,5%
Recalques diferenciais			192,7%	228,7%

8

UNIFORMIZAÇÃO DAS TENSÕES NORMAIS NOS PILARES

Ao final dos capítulos 6 e 7 concluiu-se que a majoração da rigidez axial do pilar interno fez com que os recalques diferenciais calculados com os modelos CDA e EVOL tendessem para zero. Viu-se também que os valores dos esforços M_z e F_x computados com os modelos SDA, CDA e EVOL convergiram entre si.

Estes fatos sugerem a possibilidade de obter-se esta convergência de resultados à medida que os recalques diferenciais entre pilares em cada andar tenda para zero. Isto será conseguido se as deformações axiais nos centróides dos pilares forem iguais entre si em cada andar.

No caso de pilares constituídos do mesmo material esta última condição é equivalente a ter-se a mesma tensão média $s_x = F_x/A$ em todos os pilares de cada andar.

8.1 – Uniformização das Tensões do Pórtico P16

Pretende-se neste item, com o algoritmo apresentado a seguir, uniformizar as tensões nos pilares em cada andar do pórtico P16.

Inicialmente, isto será feito para o modelo EVOL utilizando-se o programa PORTEVOL. Serão feitos cinco processamentos do pórtico P16 nos quais apenas as áreas do pilar interno serão alteradas.

Note-se que para o modelo SDA a alteração das áreas do pilar interno não altera os resultados já obtidos com este modelo.

Para o modelo CDA, todavia, a alteração das áreas do pilar interno, assim como no EVOL, modifica os resultados anteriormente obtidos. Assim sendo, o pórtico P16 será re-processado cinco vezes com as mesmas áreas do pilar interno utilizadas nos cinco processamentos do pórtico P16 com o modelo EVOL.

A seguir descreve-se a TAB. 8.1:

- ? Coluna (1) – numeração das barras do pilar externo P_e ;
- ? Coluna (2) – numeração das barras do pilar interno P_i ;
- ? Coluna (3) – força axial F_{x_e} nas barras do pilar externo;
- ? Coluna (4) – força axial F_{x_i} nas barras do pilar interno;
- ? Coluna (5) – área A_e das barras do pilar externo;
- ? Coluna (6) – área A_i das barras do pilar interno;
- ? Coluna (7) – tensão normal $s_{x_e} = F_{x_e}/A_e$ nas barras do pilar externo;
- ? Coluna (8) – tensão normal $s_{x_i} = F_{x_i}/A_i$ nas barras do pilar interno;
- ? Coluna (9) – relação das tensões s_{x_i}/s_{x_e} ;
- ? Coluna (10) – nova área das barras de pilar interno $A_i = F_{x_i}/s_{x_e}$.

A descrição das TAB. 8.2 a 8.5 é análoga à descrição feita para a TAB. 8.1.

Apresenta-se agora o algoritmo utilizado na análise do pórtico P16, utilizando o modelo EVOL, com o objetivo de igualar as tensões nos pilares externos e interno em cada andar:

Ciclo 1

- 1) Analisar o pórtico P16 com as dimensões e carregamentos mostrados na FIG. 5.6 (1º processamento);
- 2) Gerar a TAB. 8.1;

Ciclo 2

- 3) Re-analisar o pórtico P16 com os mesmos dados do 1º processamento usando agora, todavia, as novas áreas do pilar interno mostradas na coluna 10 da TAB. 8.1 (2º processamento);
- 4) Gerar a TAB. 8.2;

Ciclo i

- 5) Re-analisar o pórtico P16 com os mesmos dados do 1º processamento usando agora, todavia, as novas áreas do pilar interno mostradas na coluna 10 da TAB. 8.(i-1) (iésimo processamento);
- 6) Gerar a TAB. 8.i.

TABELA 8.1 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL – 1ª processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ?/F _{xe} ? (9)?	A _i = F _{xi} /F _{xe} ? (10)
1	3	2546	2254	0,275	0,1375	9258	16393	1,771	0,243
4	6	2401	2099	0,275	0,1375	8731	15265	1,748	0,240
7	9	2251	1949	0,275	0,1375	8186	14173	1,731	0,238
10	12	2096	1804	0,275	0,1375	7623	13117	1,721	0,237
13	15	1938	1662	0,275	0,1375	7046	12089	1,716	0,236
16	18	1776	1524	0,275	0,1375	6459	11083	1,716	0,236
19	21	1612	1388	0,275	0,1375	5863	10092	1,721	0,237
22	24	1447	1253	0,275	0,1375	5262	9112	1,732	0,238
25	27	1281	1119	0,275	0,1375	4659	8137	1,746	0,240
28	30	1115	985	0,275	0,1375	4055	7163	1,766	0,243
31	33	950	850	0,275	0,1375	3453	6185	1,791	0,246
34	36	785	715	0,275	0,1375	2855	5199	1,821	0,250
37	39	622	578	0,275	0,1375	2263	4201	1,856	0,255
40	42	462	438	0,275	0,1375	1679	3187	1,898	0,261
43	45	304	296	0,275	0,1375	1105	2154	1,950	0,268
46	48	149	151	0,275	0,1375	543	1096	2,018	0,278

TABELA 8.2 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL – 2ª processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ?/F _{xe} ? (9)?	A _i = F _{xi} /F _{xe} ? (10)
1	3	2305	2496	0,275	0,243	8380	10270	1,225	0,298
4	6	2165	2335	0,275	0,240	7871	9731	1,236	0,297
7	9	2024	2177	0,275	0,238	7358	9145	1,243	0,296
10	12	1881	2019	0,275	0,237	6840	8519	1,246	0,295
13	15	1737	1863	0,275	0,236	6316	7894	1,250	0,295
16	18	1592	1708	0,275	0,236	5790	7236	1,250	0,295
19	21	1447	1553	0,275	0,237	5260	6554	1,246	0,295
22	24	1301	1400	0,275	0,238	4729	5880	1,243	0,296
25	27	1154	1246	0,275	0,240	4197	5191	1,237	0,297
28	30	1008	1092	0,275	0,243	3664	4495	1,227	0,298
31	33	862	938	0,275	0,246	3133	3815	1,218	0,300
34	36	716	784	0,275	0,250	2603	3137	1,205	0,301
37	39	571	629	0,275	0,255	2075	2468	1,190	0,303
40	42	426	474	0,275	0,261	1550	1815	1,172	0,306
43	45	283	317	0,275	0,268	1028	1184	1,152	0,309
46	48	140	160	0,275	0,278	510	575	1,126	0,313

TABELA 8.3 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL – 3º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ?/F _{xe} ? (9)?	A _i = F _{xi} /F _{xe} (10)
1	3	2231	2569	0,275	0,298	8112	8621	1,063	0,317
4	6	2092	2408	0,275	0,297	7608	8107	1,066	0,316
7	9	1954	2246	0,275	0,296	7104	7589	1,068	0,316
10	12	1815	2086	0,275	0,295	6598	7069	1,071	0,316
13	15	1675	1925	0,275	0,295	6091	6525	1,071	0,316
16	18	1535	1765	0,275	0,295	5583	5982	1,071	0,316
19	21	1396	1605	0,275	0,295	5075	5439	1,072	0,316
22	24	1255	1445	0,275	0,296	4565	4880	1,069	0,316
25	27	1115	1285	0,275	0,297	4056	4326	1,067	0,317
28	30	975	1125	0,275	0,298	3546	3775	1,064	0,317
31	33	835	965	0,275	0,300	3037	3216	1,059	0,318
34	36	695	805	0,275	0,301	2528	2674	1,058	0,318
37	39	555	645	0,275	0,303	2020	2127	1,053	0,319
40	42	416	484	0,275	0,306	1512	1582	1,046	0,320
43	45	277	323	0,275	0,309	1006	1047	1,040	0,321
46	48	138	162	0,275	0,313	501	518	1,035	0,324

TABELA 8.4 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL – 4º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ?/F _{xe} ? (9)?	A _i = F _{xi} /F _{xe} (10)
1	3	2211	2589	0,275	0,317	8039	8168	1,016	0,322
4	6	2072	2428	0,275	0,316	7536	7683	1,020	0,322
7	9	1934	2266	0,275	0,316	7034	7170	1,019	0,322
10	12	1796	2104	0,275	0,316	6532	6658	1,019	0,322
13	15	1658	1942	0,275	0,316	6029	6146	1,019	0,322
16	18	1520	1780	0,275	0,316	5526	5634	1,019	0,322
19	21	1381	1619	0,275	0,316	5023	5122	1,020	0,322
22	24	1243	1457	0,275	0,316	4520	4611	1,020	0,322
25	27	1105	1295	0,275	0,317	4017	4086	1,017	0,323
28	30	966	1134	0,275	0,317	3513	3577	1,018	0,323
31	33	828	972	0,275	0,318	3010	3057	1,016	0,323
34	36	690	810	0,275	0,318	2507	2549	1,016	0,323
37	39	551	649	0,275	0,319	2005	2034	1,014	0,324
40	42	413	487	0,275	0,320	1502	1522	1,013	0,324
43	45	275	325	0,275	0,321	1000	1013	1,013	0,325
46	48	137	163	0,275	0,324	498	505	1,013	0,327

TABELA 8.5 – Uniformização das tensões no pórtico P16-EVOL – 5º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	σ_{xe} (7)	σ_{xi} (8)	σ_{xi}/σ_{xe} (9)	A _i = F _{xi} / σ_{xe} (10)
1	3	2205	2595	0,275	0,322	8019	8059	1,005	0,324
4	6	2067	2433	0,275	0,322	7516	7556	1,005	0,324
7	9	1929	2271	0,275	0,322	7015	7052	1,005	0,324
10	12	1791	2109	0,275	0,322	6513	6549	1,005	0,324
13	15	1653	1947	0,275	0,322	6012	6046	1,006	0,324
16	18	1515	1785	0,275	0,322	5511	5542	1,006	0,324
19	21	1378	1623	0,275	0,322	5009	5039	1,006	0,324
22	24	1240	1461	0,275	0,322	4507	4536	1,006	0,324
25	27	1102	1298	0,275	0,323	4006	4020	1,003	0,324
28	30	964	1136	0,275	0,323	3504	3518	1,004	0,324
31	33	826	975	0,275	0,323	3003	3018	1,005	0,325
34	36	688	812	0,275	0,323	2502	2514	1,005	0,325
37	39	550	650	0,275	0,324	2000	2006	1,003	0,325
40	42	412	488	0,275	0,324	1499	1505	1,004	0,325
43	45	274	326	0,275	0,325	998	1002	1,003	0,326
46	48	137	163	0,275	0,327	498	499	1,003	0,328

A TAB. 8.6 mostra os valores das tensões normais médias σ_x nos pilares interno e externo. Esta foi criada a partir das TAB. 8.1 a 8.5 onde foi possível obter estes valores.

Os gráficos das FIG. 8.1 a 8.5 foram construídos com o auxílio da TAB. 8.6. Neles foi feita uma comparação entre as tensões normais médias σ_x nos pilares interno e externo em cada um dos cinco processamentos.

A aplicação do algoritmo proposto de fato leva a uma uniformização das tensões nos pilares em cada andar, como se constata examinando a TAB. 8.6 e os gráficos das FIG. 8.1 a 8.5.

TABELA 8.6 – Tensões σ_x nos pilares interno e externo (kN/m²) do pórtico P16-EVOL
1ª ao 5ª processamentos

Andar	1ª Processamento		2ª Processamento		3ª Processamento		4ª Processamento		5ª Processamento	
	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}
1ª	9258	16393	8380	10270	8112	8621	8039	8168	8019	8059
2ª	8731	15265	7871	9731	7608	8107	7536	7683	7516	7556
3ª	8186	14173	7358	9145	7104	7589	7034	7170	7015	7052
4ª	7623	13117	6840	8519	6598	7069	6532	6658	6513	6549
5ª	7046	12089	6316	7894	6091	6525	6029	6146	6012	6046
6ª	6459	11083	5790	7236	5583	5982	5526	5634	5511	5542
7ª	5863	10092	5260	6554	5075	5439	5023	5122	5009	5039
8ª	5262	9112	4729	5880	4565	4880	4520	4611	4507	4536
9ª	4659	8137	4197	5191	4056	4326	4017	4086	4006	4020
10ª	4055	7163	3664	4495	3546	3775	3513	3577	3504	3518
11ª	3453	6185	3133	3815	3037	3216	3010	3057	3003	3018
12ª	2855	5199	2603	3137	2528	2674	2507	2549	2502	2514
13ª	2263	4201	2075	2468	2020	2127	2005	2034	2000	2006
14ª	1679	3187	1550	1815	1512	1582	1502	1522	1499	1505
15ª	1105	2154	1028	1184	1006	1047	1000	1013	998	1002
16ª	543	1096	510	575	501	518	498	505	498	499

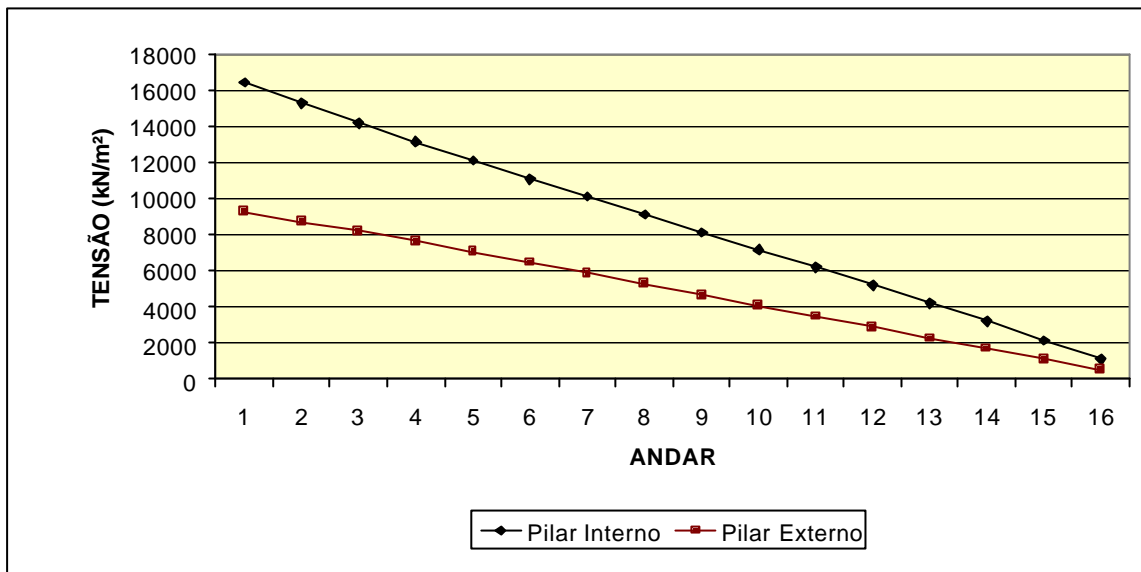


FIGURA 8.1 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL
1º processamento

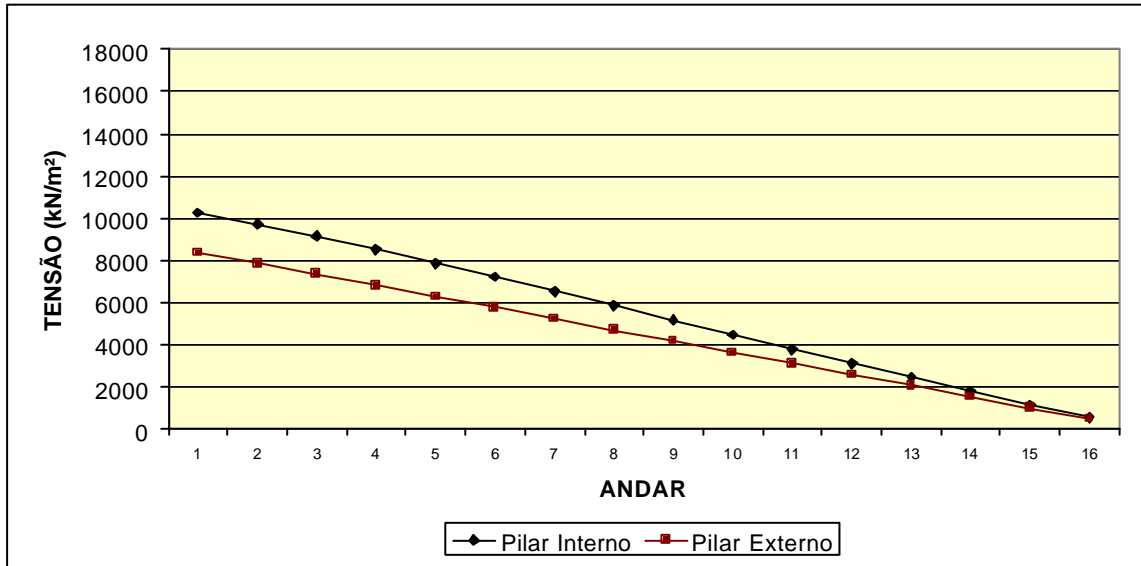


FIGURA 8.2 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL
2º processamento

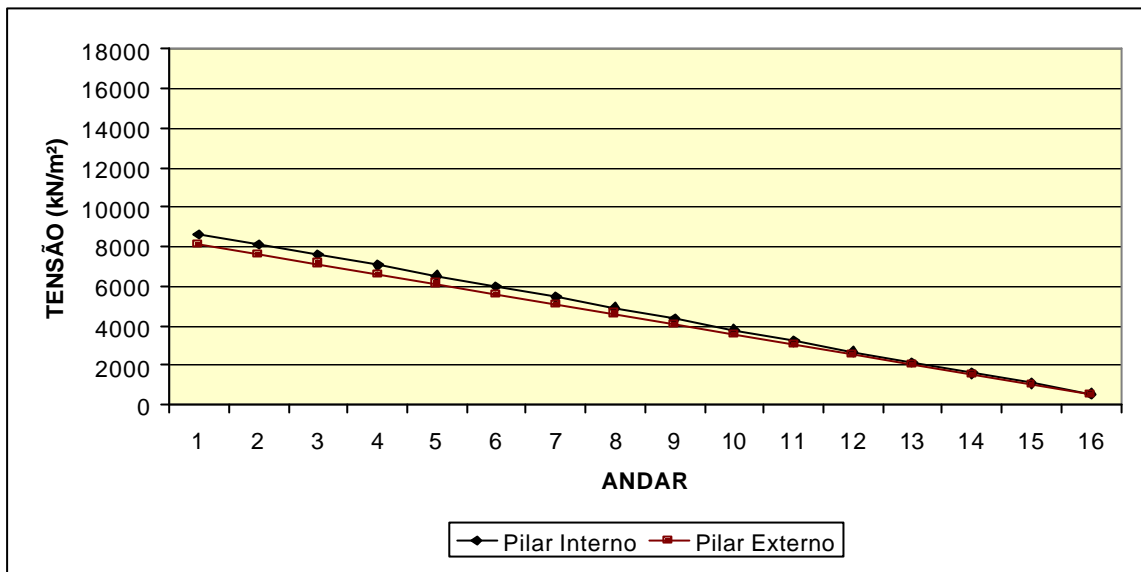


FIGURA 8.3 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL
3º processamento

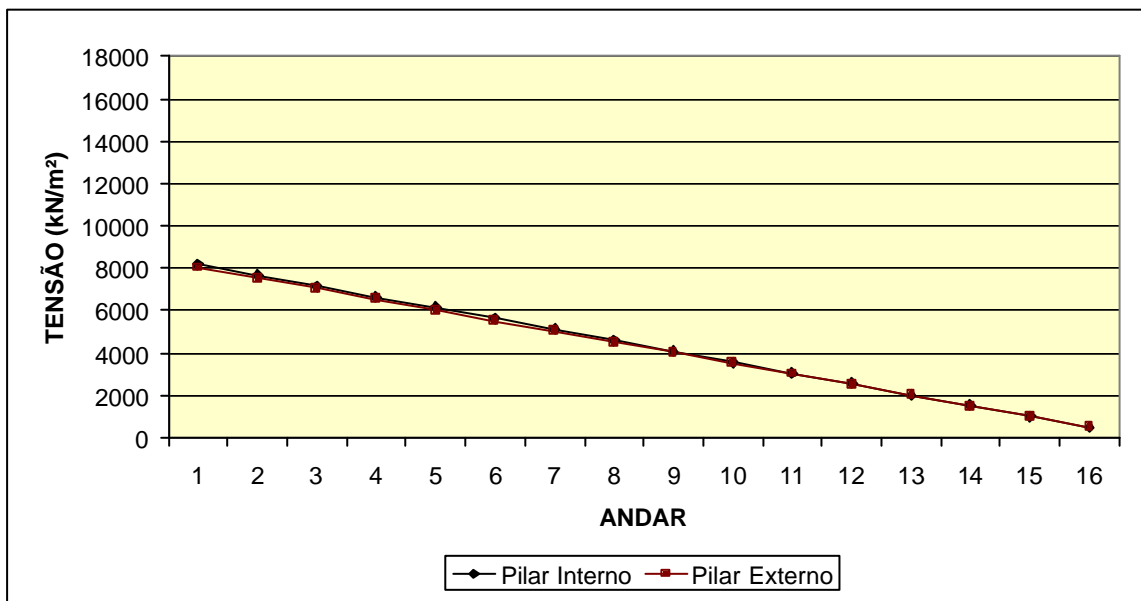


FIGURA 8.4 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL
4º processamento

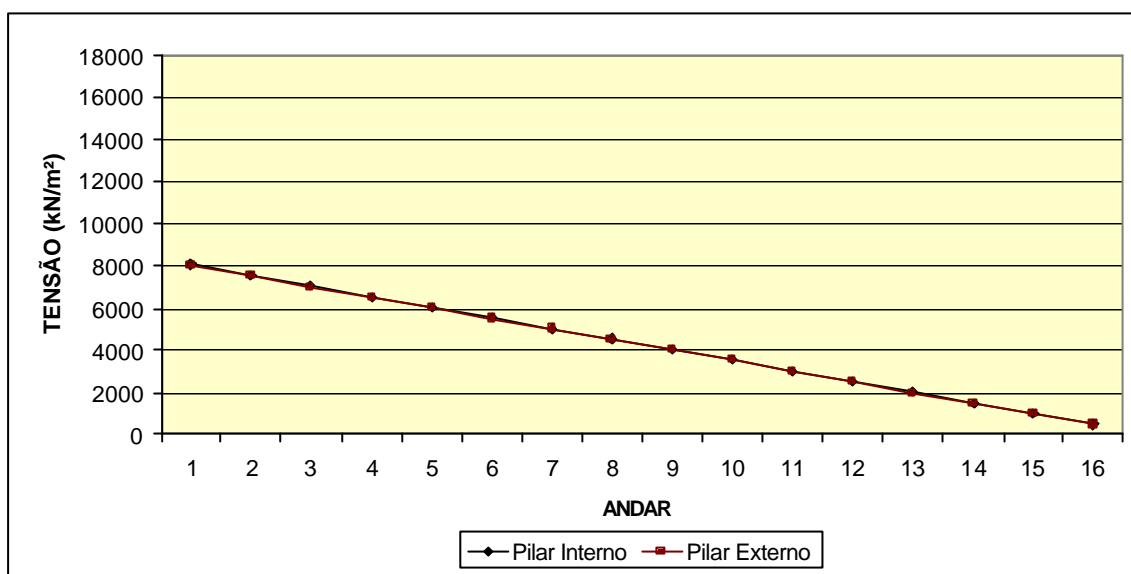


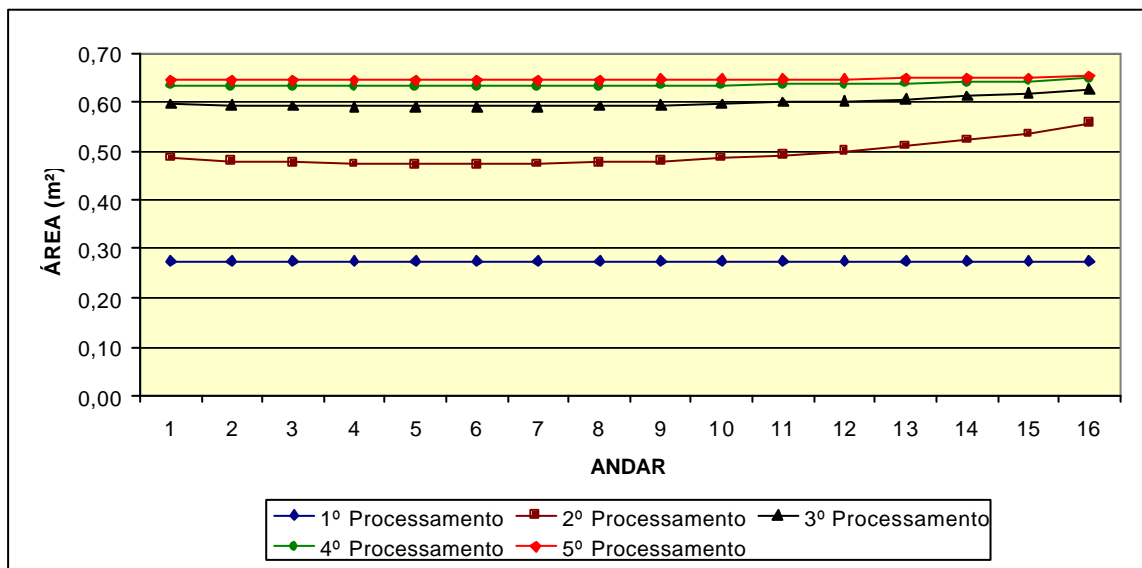
FIGURA 8.5 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P16-EVOL
5º processamento

Na TAB. 8.7 constam os valores das áreas do pilar interno do pórtico P16 utilizados ao se fazer os cinco processamentos. Note-se que nesta tabela as áreas são o dobro das áreas mostradas nas TAB. 8.1 a 8.5, em virtude de ter-se usado nestas últimas, devido à simetria do pórtico P16, a metade da área real.

A variação da área pode ser observada por meio do gráfico da FIG. 8.6. Como conseqüência da uniformização das tensões nos pilares em cada andar do pórtico P16 as áreas do pilar interno aumentam.

TABELA 8.7 – Áreas do pilar interno (m²) do pórtico P16 – 1ª ao 5ª processamentos

Andar	1ª Processamento	2ª Processamento	3ª Processamento	4ª Processamento	5ª Processamento
1ª	0,275	0,486	0,596	0,634	0,644
2ª	0,275	0,480	0,594	0,632	0,644
3ª	0,275	0,476	0,592	0,632	0,644
4ª	0,275	0,474	0,590	0,632	0,644
5ª	0,275	0,472	0,590	0,632	0,644
6ª	0,275	0,472	0,590	0,632	0,644
7ª	0,275	0,474	0,590	0,632	0,644
8ª	0,275	0,476	0,592	0,632	0,644
9ª	0,275	0,480	0,594	0,634	0,646
10ª	0,275	0,486	0,596	0,634	0,646
11ª	0,275	0,492	0,600	0,636	0,646
12ª	0,275	0,500	0,602	0,636	0,646
13ª	0,275	0,510	0,606	0,638	0,648
14ª	0,275	0,522	0,612	0,640	0,648
15ª	0,275	0,536	0,618	0,642	0,650
16ª	0,275	0,556	0,626	0,648	0,654

FIGURA 8.6 – Gráfico de áreas do pilar interno (m²) do P16
1ª ao 5ª processamentos

Com o intuito de verificar, nos resultados dos esforços e recalques diferenciais, a influência da uniformização das tensões normais nos pilares, foram elaboradas tabelas e gráficos relativos a momento fletor nos nós j e k das vigas, força axial nos pilares externos e interno e módulos dos recalques diferenciais.

As TAB. 8.8 a 8.12 exibem os valores do momento fletor no nó j das vigas para os cinco processamentos. Como se disse anteriormente, os resultados para o modelo SDA permanecem os mesmos ao longo dos cinco processamentos, o que não ocorre com os modelos CDA e EVOL.

Os gráficos das FIG. 8.7 a 8.11 foram obtidos, respectivamente, através das TAB. 8.8 a 8.12.

Novamente, os modelos SDA, CDA e EVOL foram comparados valendo-se das tabelas e gráficos apresentados. Os gráficos das FIG. 8.7 a 8.11 foram dispostos em ordem crescente do número do processamento, ou seja, à medida que as tensões normais σ_x vão se uniformizando.

Percebe-se claramente que, à medida que as tensões se tornam uniformes em cada andar, os valores dos momentos fletores no nó j das vigas obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL convergem entre si.

TABELA 8.8 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16

1? processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	102,6	102,6
5	2?	87,2	117,3	117,0
8	3?	87,0	130,4	131,6
11	4?	87,0	141,9	143,1
14	5?	87,0	152,1	151,9
17	6?	87,0	161,1	158,4
20	7?	87,0	169,1	162,6
23	8?	87,0	176,1	164,7
26	9?	87,0	182,1	165,0
29	10?	87,0	187,3	163,4
32	11?	87,0	191,6	160,2
35	12?	87,0	195,2	155,3
38	13?	87,1	198,1	148,8
41	14?	86,7	201,0	140,9
44	15?	88,2	202,0	130,6
47	16?	82,4	184,3	113,6

(?) Ver FIG. 5.6.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 92.

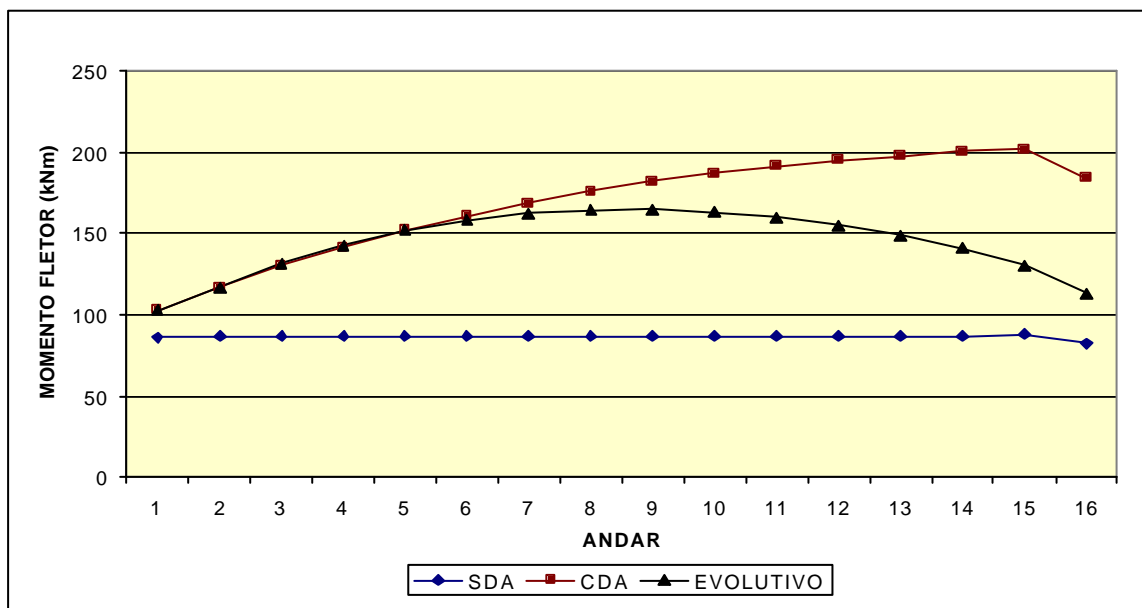


FIGURA 8.7 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16

1? processamento

TABELA 8.9 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16
2º processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	90,5	88,0
5	2?	87,2	95,1	90,9
8	3?	87,0	99,1	95,5
11	4?	87,0	102,7	99,1
14	5?	87,0	106,0	102,1
17	6?	87,0	109,0	104,4
20	7?	87,0	111,6	105,9
23	8?	87,0	113,8	106,6
26	9?	87,0	115,6	106,7
29	10?	87,0	117,1	106,1
32	11?	87,0	118,2	104,9
35	12?	87,0	118,9	103,1
38	13?	87,1	119,5	100,8
41	14?	86,7	120,2	98,2
44	15?	88,2	120,1	94,6
47	16?	82,4	109,2	87,4

(?) Ver FIG. 5.6.

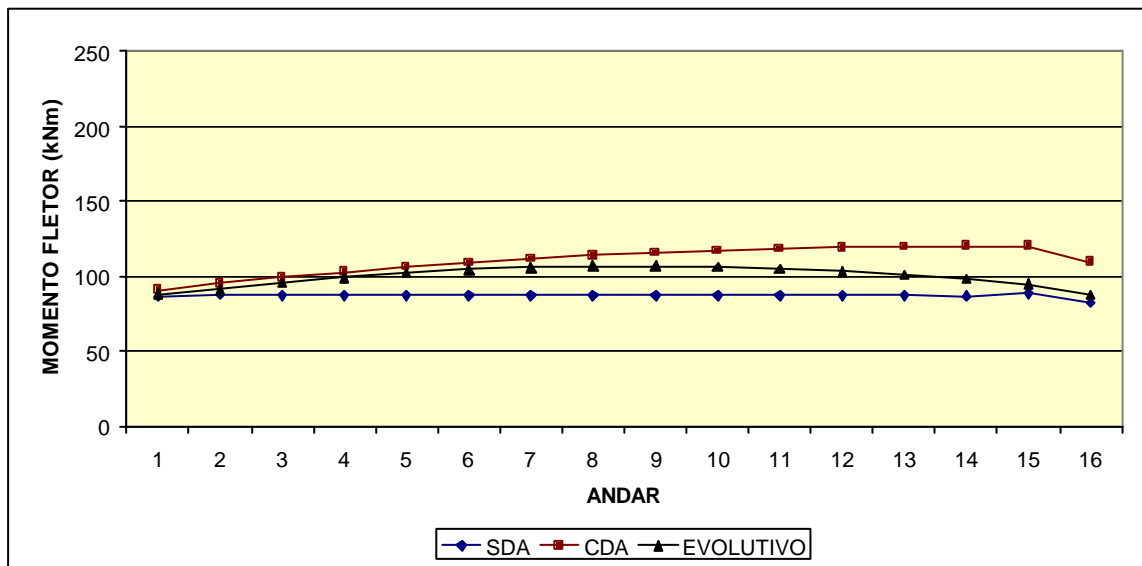


FIGURA 8.8 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16
2º processamento

TABELA 8.10 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16

3º processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	87,3	84,2
5	2?	87,2	88,7	83,6
8	3?	87,0	89,8	85,0
11	4?	87,0	90,6	86,0
14	5?	87,0	91,4	86,9
17	6?	87,0	92,1	87,5
20	7?	87,0	92,8	87,9
23	8?	87,0	93,3	88,1
26	9?	87,0	93,7	88,1
29	10?	87,0	94,1	87,9
32	11?	87,0	94,3	87,5
35	12?	87,0	94,4	87,0
38	13?	87,1	94,6	86,4
41	14?	86,7	95,0	85,7
44	15?	88,2	94,8	84,3
47	16?	82,4	86,2	80,1

(?) Ver FIG. 5.6.

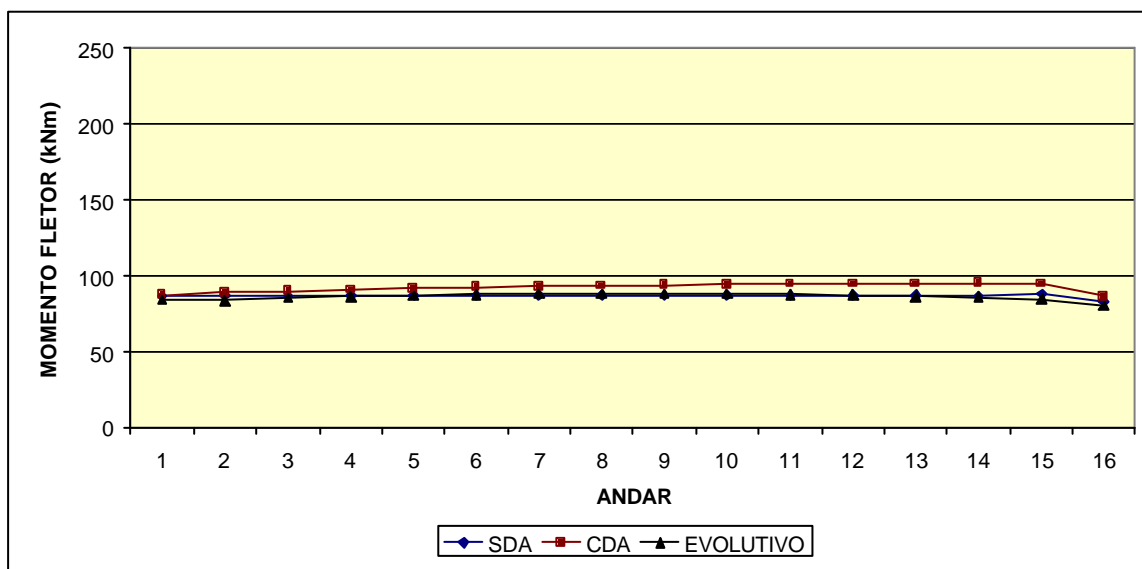


FIGURA 8.9 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16

3º processamento

TABELA 8.11 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16

4º processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	86,4	83,1
5	2?	87,2	87,0	81,6
8	3?	87,0	87,2	82,2
11	4?	87,0	87,3	82,5
14	5?	87,0	87,4	82,7
17	6?	87,0	87,4	82,8
20	7?	87,0	87,5	82,9
23	8?	87,0	87,5	82,9
26	9?	87,0	87,6	82,9
29	10?	87,0	87,6	82,8
32	11?	87,0	87,6	82,7
35	12?	87,0	87,6	82,5
38	13?	87,1	87,6	82,4
41	14?	86,7	87,9	82,2
44	15?	88,2	87,7	81,4
47	16?	82,4	79,7	78,0

(?) Ver FIG. 5.6.

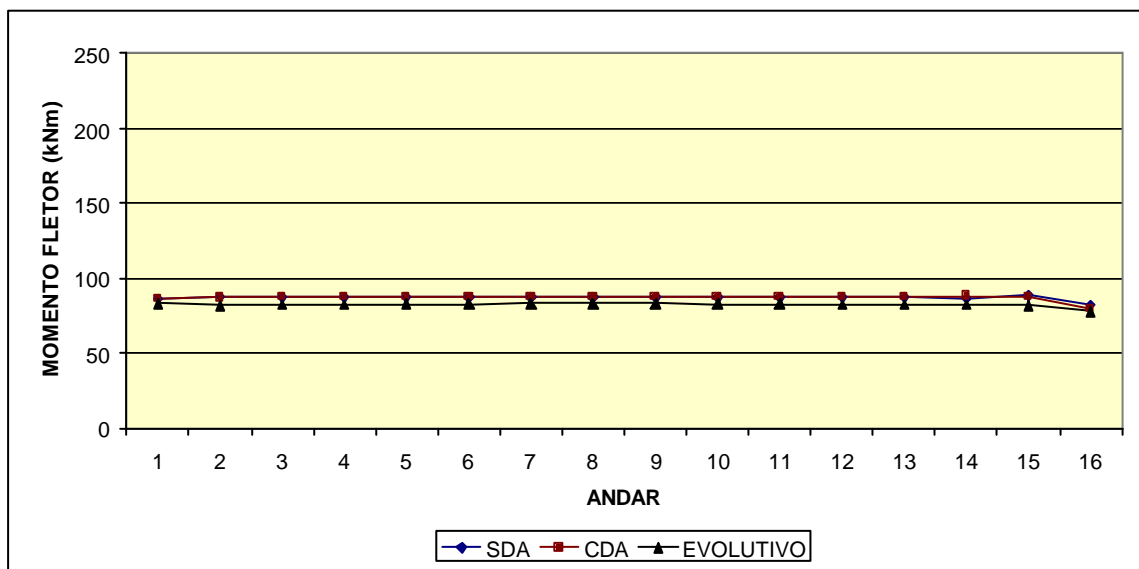


FIGURA 8.10 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16

4º processamento

TABELA 8.12 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P16

5º processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	86,3	86,2	82,9
5	2?	87,2	86,5	81,1
8	3?	87,0	86,5	81,4
11	4?	87,0	86,4	81,5
14	5?	87,0	86,3	81,5
17	6?	87,0	86,2	81,6
20	7?	87,0	86,1	81,6
23	8?	87,0	86,0	81,6
26	9?	87,0	85,9	81,5
29	10?	87,0	85,8	81,5
32	11?	87,0	85,8	81,4
35	12?	87,0	85,7	81,3
38	13?	87,1	85,7	81,3
41	14?	86,7	86,0	81,3
44	15?	88,2	85,8	80,7
47	16?	82,4	78,0	77,4

(?) Ver FIG. 5.6.

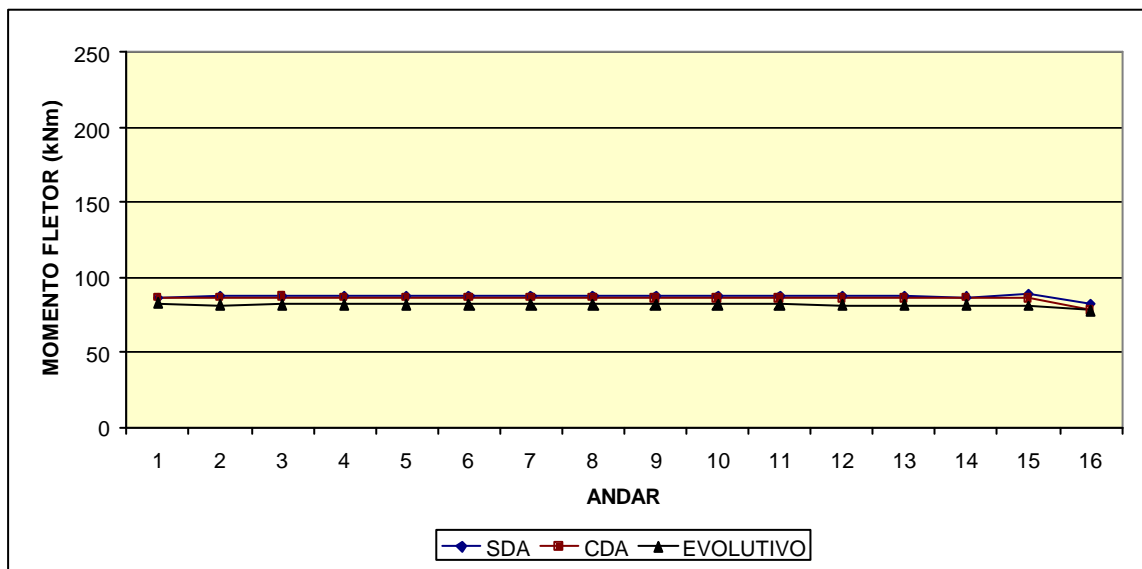


FIGURA 8.11 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P16

5º processamento

As TAB. 8.13 a 8.17 exibem os valores do momento fletor no nó k das vigas para os cinco processamentos.

Os gráficos das FIG. 8.12 a 8.16 foram obtidos, respectivamente, através das TAB. 8.13 a 8.17.

Do mesmo modo, os modelos SDA, CDA e EVOL foram comparados valendo-se das tabelas e gráficos apresentados. Os gráficos das FIG. 8.12 a 8.16 foram dispostos em ordem crescente do número do processamento, ou seja, à medida que as tensões normais σ_x vão se uniformizando.

Percebe-se claramente que, à medida que as tensões se tornam uniformes em cada andar, os valores dos momentos fletores no nó k das vigas obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL também convergem entre si.

TABELA 8.13 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16

1? processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-75,4	-73,5
5	2?	-91,4	-60,6	-57,7
8	3?	-91,5	-47,4	-43,0
11	4?	-91,5	-35,7	-31,2
14	5?	-91,5	-25,3	-22,2
17	6?	-91,5	-16,1	-15,6
20	7?	-91,5	-8,0	-11,3
23	8?	-91,5	-0,9	-9,0
26	9?	-91,5	5,2	-8,7
29	10?	-91,5	10,5	-10,3
32	11?	-91,5	14,9	-13,6
35	12?	-91,5	18,6	-18,5
38	13?	-91,5	21,5	-25,1
41	14?	-91,6	24,1	-33,2
44	15?	-90,9	25,3	-43,4
47	16?	-93,8	16,9	-57,8

(?) Ver FIG. 5.6.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 93.

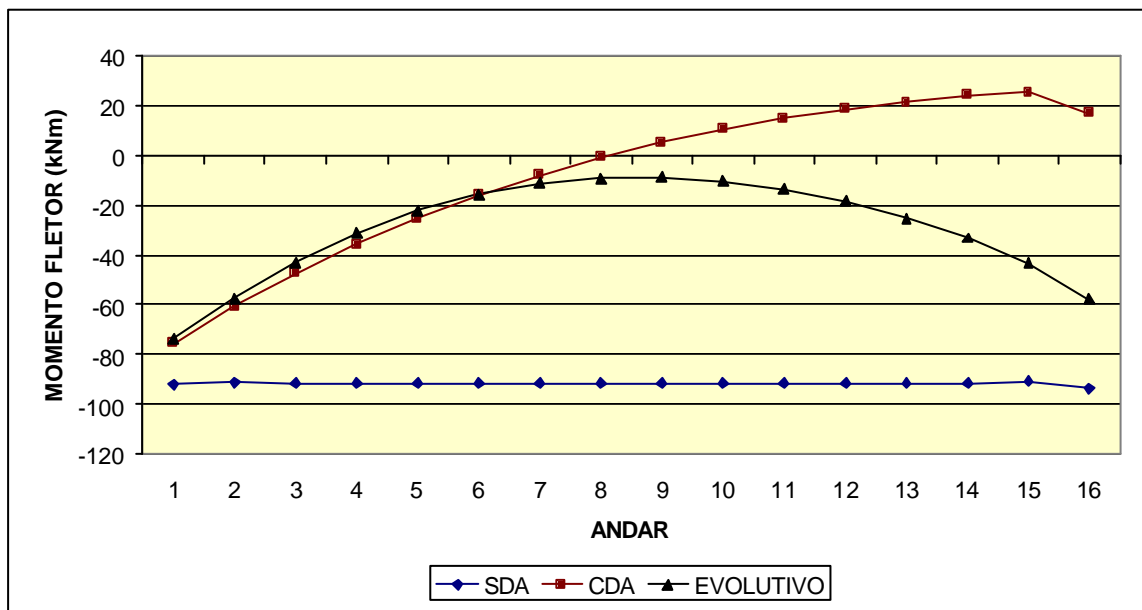


FIGURA 8.12 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16

1? processamento

TABELA 8.14 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16

2º processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-87,6	-88,3
5	2?	-91,4	-83,2	-84,4
8	3?	-91,5	-79,2	-79,8
11	4?	-91,5	-75,5	-76,1
14	5?	-91,5	-72,2	-73,1
17	6?	-91,5	-69,1	-70,7
20	7?	-91,5	-66,5	-69,2
23	8?	-91,5	-64,2	-68,4
26	9?	-91,5	-62,4	-68,3
29	10?	-91,5	-60,9	-68,9
32	11?	-91,5	-59,8	-70,2
35	12?	-91,5	-59,0	-72,0
38	13?	-91,5	-58,5	-74,4
41	14?	-91,6	-58,0	-77,0
44	15?	-90,9	-58,0	-80,4
47	16?	-93,8	-63,4	-85,7

(?) Ver FIG. 5.6.

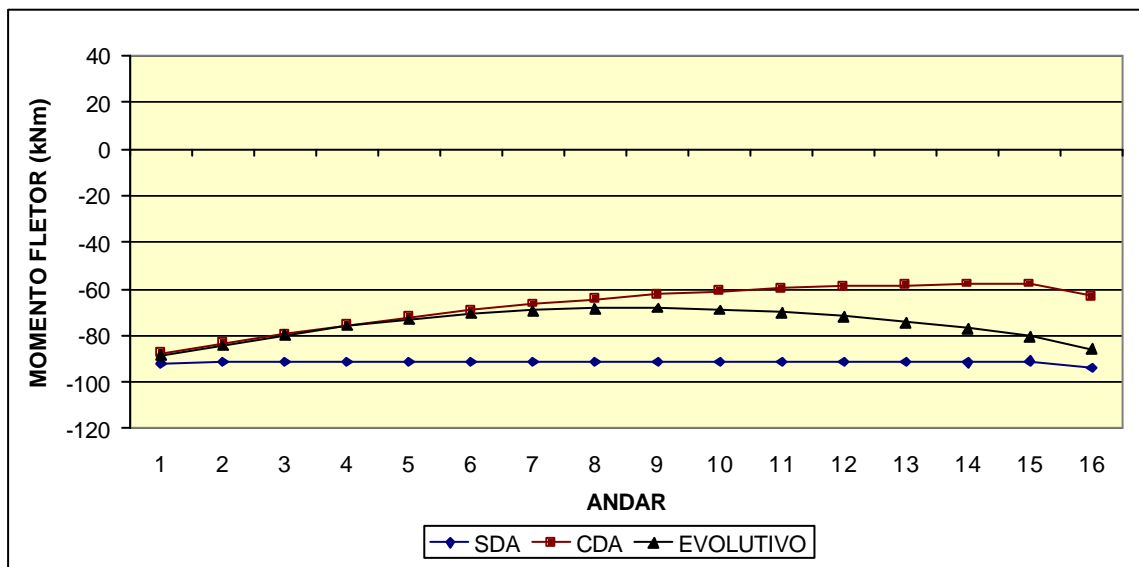


FIGURA 8.13 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16

2º processamento

TABELA 8.15 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16

3º processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-90,9	-92,2
5	2?	-91,4	-89,7	-91,8
8	3?	-91,5	-88,7	-90,5
11	4?	-91,5	-87,8	-89,5
14	5?	-91,5	-87,0	-88,6
17	6?	-91,5	-86,3	-88,0
20	7?	-91,5	-85,7	-87,6
23	8?	-91,5	-85,1	-87,4
26	9?	-91,5	-84,7	-87,4
29	10?	-91,5	-84,3	-87,6
32	11?	-91,5	-84,1	-87,9
35	12?	-91,5	-83,9	-88,5
38	13?	-91,5	-83,8	-89,1
41	14?	-91,6	-83,6	-89,9
44	15?	-90,9	-83,7	-91,0
47	16?	-93,8	-88,0	-93,6

(?) Ver FIG. 5.6.

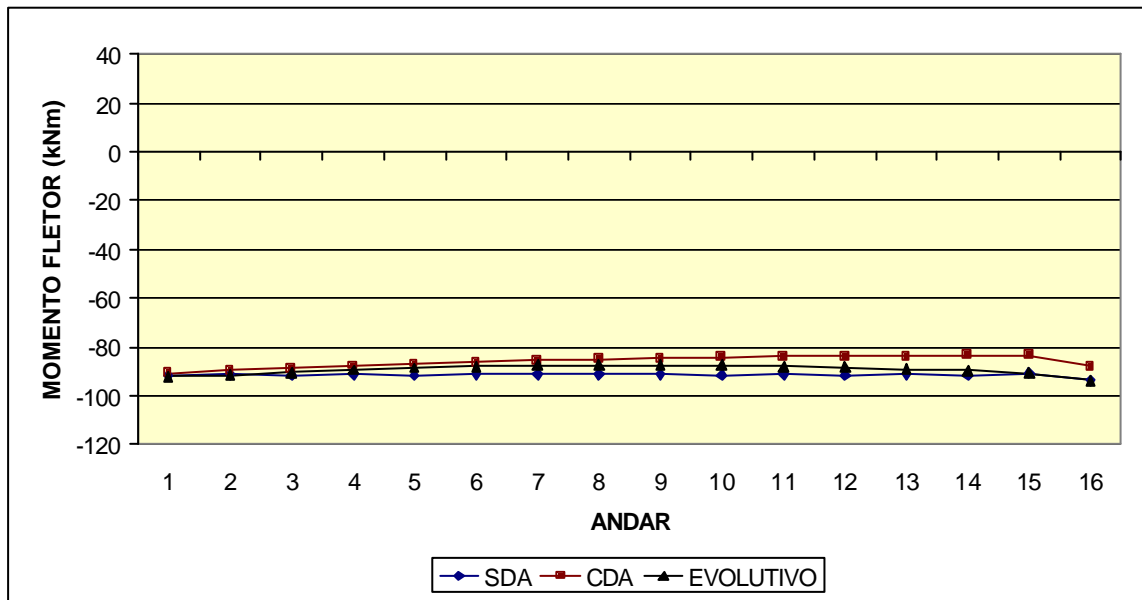


FIGURA 8.14 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16

3º processamento

TABELA 8.16 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16

4? processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-91,8	-93,3
5	2?	-91,4	-91,5	-93,8
8	3?	-91,5	-91,3	-93,4
11	4?	-91,5	-91,2	-93,1
14	5?	-91,5	-91,2	-92,9
17	6?	-91,5	-91,1	-92,8
20	7?	-91,5	-91,0	-92,7
23	8?	-91,5	-91,0	-92,6
26	9?	-91,5	-90,9	-92,7
29	10?	-91,5	-90,9	-92,7
32	11?	-91,5	-90,9	-92,9
35	12?	-91,5	-90,9	-93,0
38	13?	-91,5	-90,9	-93,2
41	14?	-91,6	-90,8	-93,4
44	15?	-90,9	-90,9	-93,9
47	16?	-93,8	-94,8	-95,8

(?) Ver FIG. 5.6.

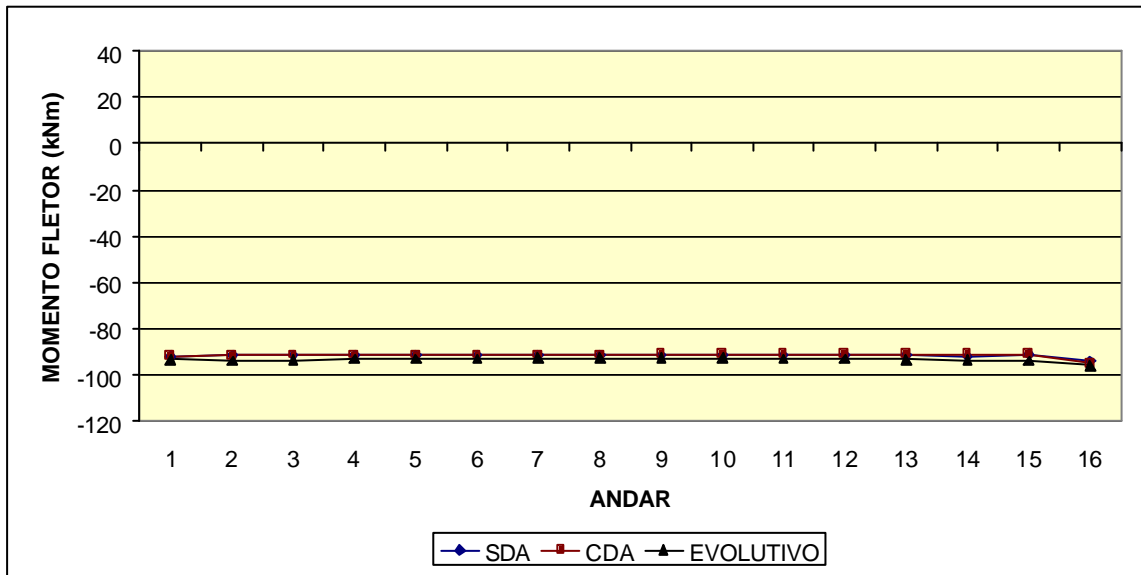


FIGURA 8.15 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16

4? processamento

TABELA 8.17 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P16

5? processamento

BARRA (?)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-92,0	-93,5
5	2?	-91,4	-91,9	-94,3
8	3?	-91,5	-92,0	-94,1
11	4?	-91,5	-92,1	-94,1
14	5?	-91,5	-92,3	-94,1
17	6?	-91,5	-92,4	-94,0
20	7?	-91,5	-92,5	-94,0
23	8?	-91,5	-92,5	-94,0
26	9?	-91,5	-92,6	-94,1
29	10?	-91,5	-92,7	-94,1
32	11?	-91,5	-92,8	-94,2
35	12?	-91,5	-92,8	-94,3
38	13?	-91,5	-92,9	-94,4
41	14?	-91,6	-92,7	-94,4
44	15?	-90,9	-92,8	-94,7
47	16?	-93,8	-96,7	-96,4

(?) Ver FIG. 5.6.

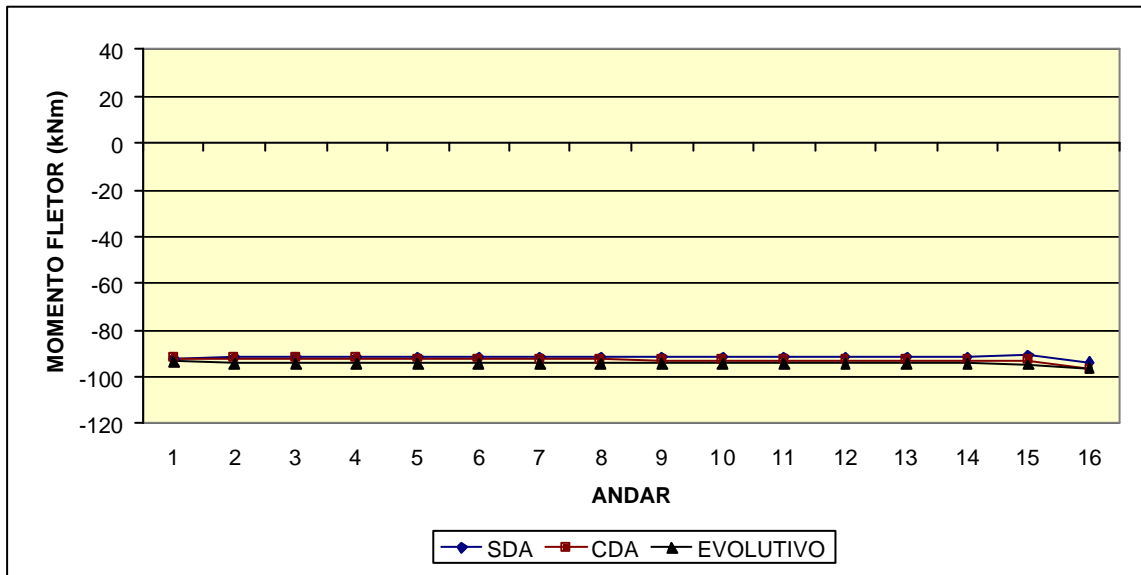


FIGURA 8.16 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P16

5? processamento

Nesta parte do estudo, averiguou-se o comportamento dos modelos ao uniformizar as tensões normais nos pilares, analisando agora as forças axiais nos pilares externos do pórtico P16 .

Nas TAB. 8.18 a 8.22 constam os valores das forças axiais nos pilares externos do pórtico P16 e têm-se nas FIG. 8.17 a 8.21 os gráficos oriundos das tabelas citadas anteriormente.

Pelo exame das TAB. 8.18 a 8.22 percebe-se que no modelo SDA a força axial não muda com a uniformização das tensões normais nos pilares.

Por outro lado, os gráficos das FIG. 8.17 a 8.21 mostram que os valores das forças axiais calculados com os modelos SDA, CDA e EVOL convergem entre si, à medida que as tensões normais nos pilares se tornam uniformes.

TABELA 8.18 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

1º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2667	2546
4	2?	2088	2522	2401
7	3?	1949	2373	2251
10	4?	1809	2219	2096
13	5?	1670	2061	1938
16	6?	1531	1900	1776
19	7?	1392	1736	1612
22	8?	1252	1569	1447
25	9?	1113	1400	1281
28	10?	974	1229	1115
31	11?	835	1056	950
34	12?	695	881	785
37	13?	556	706	622
40	14?	417	529	462
43	15?	278	351	304
46	16?	138	174	149

(?) Ver FIG. 5.6.

FONTE – VASCONCELLOS, 1981, p. 94.

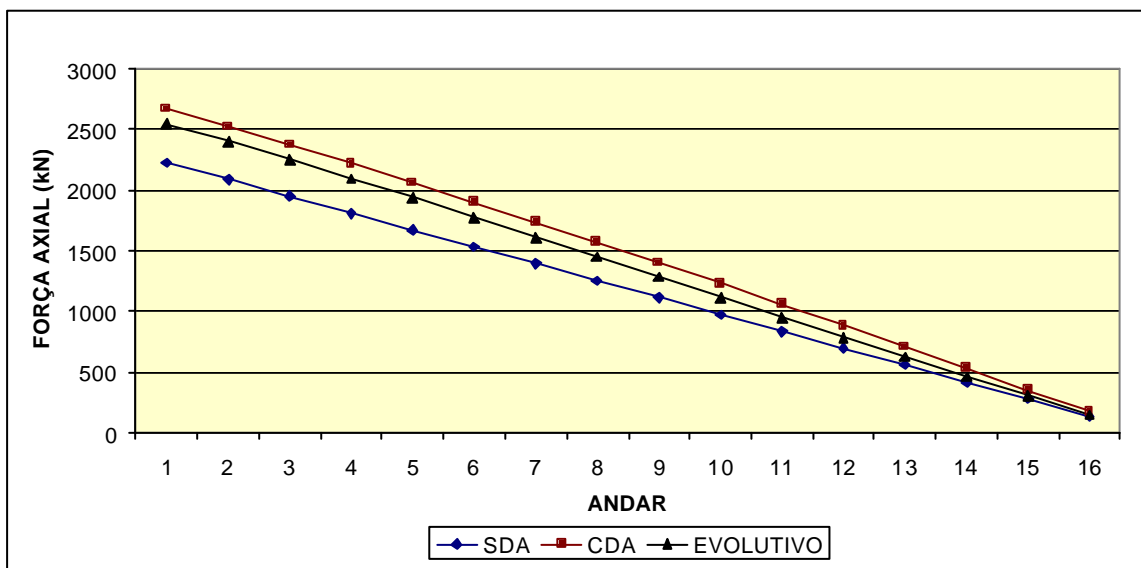


FIGURA 8.17 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 – 1º processamento

TABELA 8.19 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

2º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2355	2305
4	2?	2088	2214	2165
7	3?	1949	2072	2024
10	4?	1809	1929	1881
13	5?	1670	1785	1737
16	6?	1531	1639	1592
19	7?	1392	1492	1447
22	8?	1252	1345	1301
25	9?	1113	1197	1154
28	10?	974	1048	1008
31	11?	835	898	862
34	12?	695	749	716
37	13?	556	599	571
40	14?	417	448	426
43	15?	278	298	283
46	16?	138	148	140

(?) Ver FIG. 5.6.

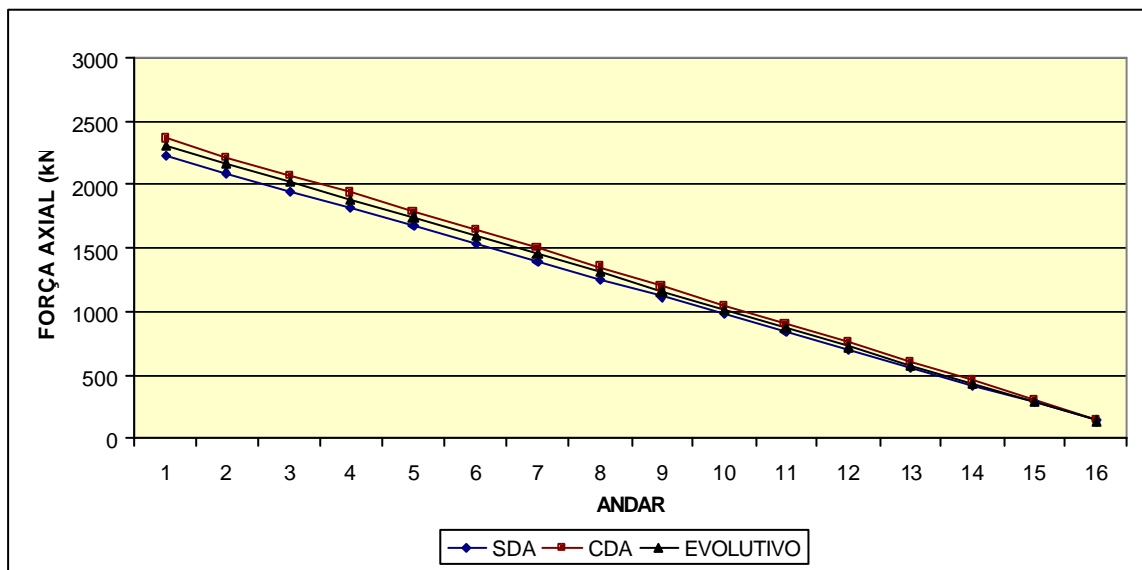


FIGURA 8.18 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 – 2º processamento

TABELA 8.20 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16
3º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2256	2231
4	2?	2088	2117	2092
7	3?	1949	1977	1954
10	4?	1809	1837	1815
13	5?	1670	1696	1675
16	6?	1531	1555	1535
19	7?	1392	1414	1396
22	8?	1252	1273	1255
25	9?	1113	1132	1115
28	10?	974	990	975
31	11?	835	849	835
34	12?	695	707	695
37	13?	556	565	555
40	14?	417	423	416
43	15?	278	282	277
46	16?	138	140	138

(?) Ver FIG. 5.6.

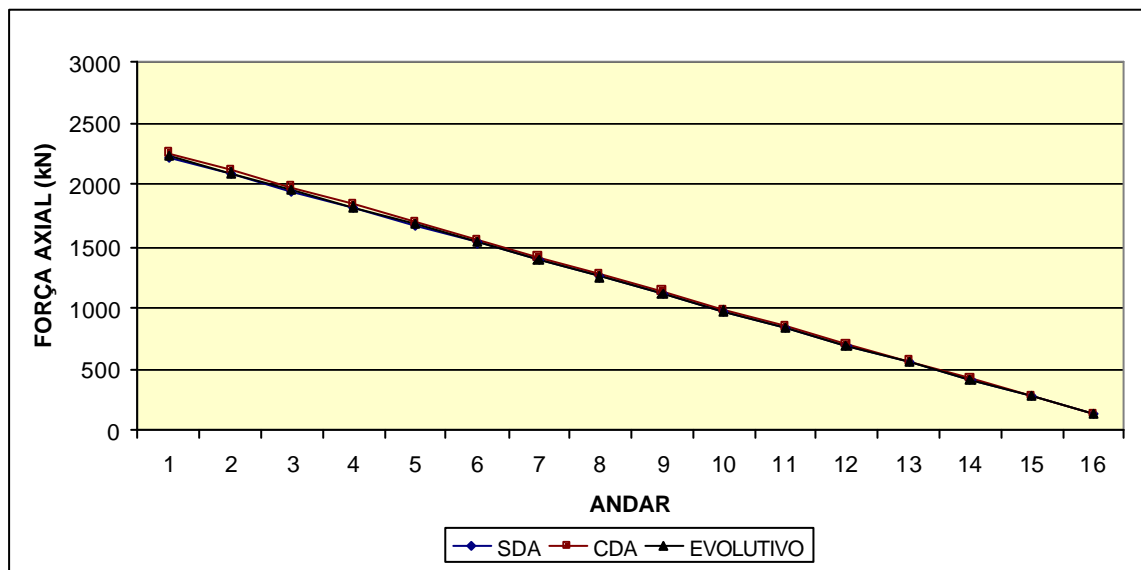


FIGURA 8.19 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 – 3º processamento

TABELA 8.21 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

4º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2228	2211
4	2?	2088	2089	2072
7	3?	1949	1950	1934
10	4?	1809	1811	1796
13	5?	1670	1671	1658
16	6?	1531	1532	1520
19	7?	1392	1393	1381
22	8?	1252	1253	1243
25	9?	1113	1114	1105
28	10?	974	974	966
31	11?	835	835	828
34	12?	695	695	690
37	13?	556	556	551
40	14?	417	416	413
43	15?	278	277	275
46	16?	138	137	137

(?) Ver FIG. 5.6.

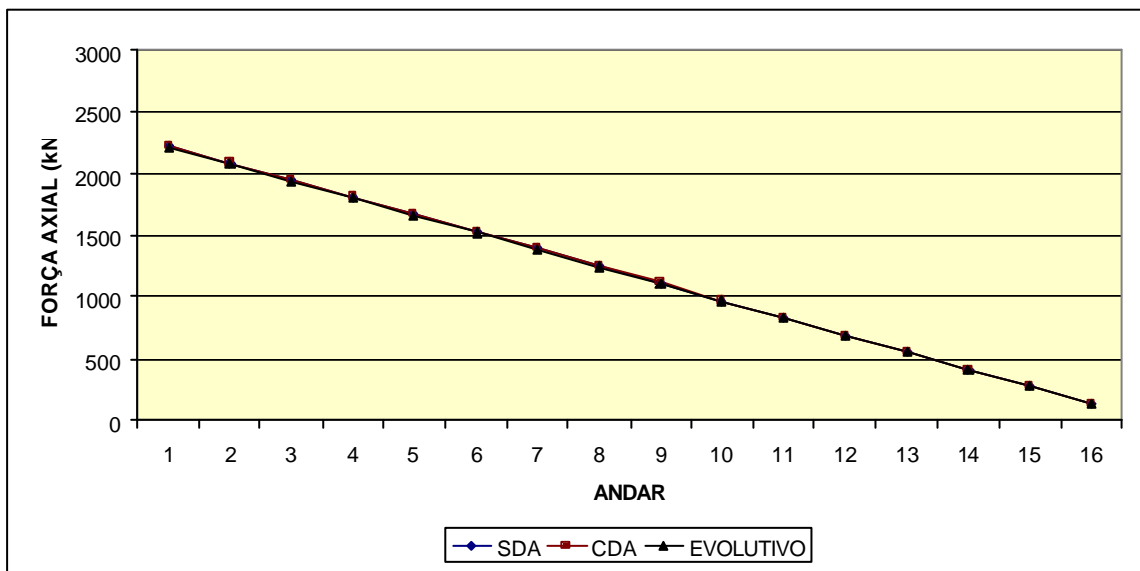


FIGURA 8.20 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 – 4º processamento

TABELA 8.22 – Força axial nos pilares externos do pórtico P16

5º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1?	2227	2221	2205
4	2?	2088	2082	2067
7	3?	1949	1943	1929
10	4?	1809	1804	1791
13	5?	1670	1665	1653
16	6?	1531	1526	1515
19	7?	1392	1387	1378
22	8?	1252	1248	1240
25	9?	1113	1109	1102
28	10?	974	970	964
31	11?	835	831	826
34	12?	695	692	688
37	13?	556	553	550
40	14?	417	415	412
43	15?	278	276	274
46	16?	138	137	137

(?) Ver FIG. 5.6.

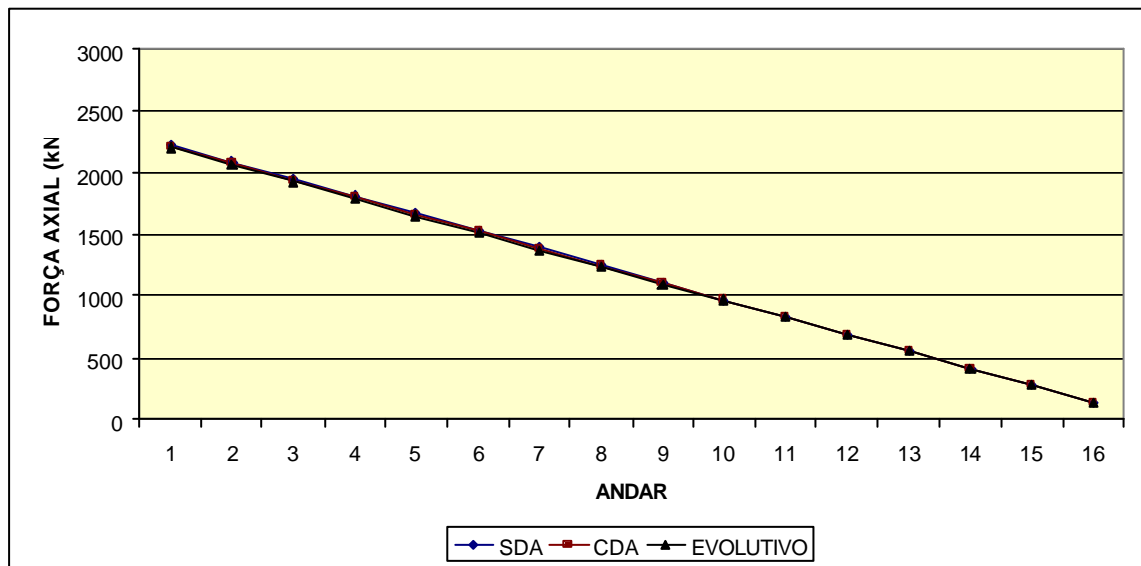


FIGURA 8.21 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P16 – 5º processamento

Para a análise das forças axiais no pilar interno do pórtico P16, a comparação dos modelos também foi feita através de tabelas e gráficos.

Nas TAB. 8.23 a 8.27 constam os valores das forças axiais no pilar interno e têm-se nas FIG. 8.22 a 8.26 os gráficos oriundos das tabelas citadas anteriormente.

Pelo exame das TAB. 8.23 a 8.27 percebe-se que no modelo SDA a força axial não muda com a uniformização das tensões normais nos pilares.

Por outro lado, os gráficos das FIG. 8.22 a 8.26 mostram que os valores das forças axiais calculados com os modelos SDA, CDA e EVOL convergem entre si, à medida que as tensões normais nos pilares se tornam uniformes.

TABELA 8.23 – Força axial no pilar interno do pórtico P16

1? processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1?	5146	4267	4508
6	2?	4824	3956	4198
9	3?	4503	3655	3898
12	4?	4181	3362	3607
15	5?	3860	3078	3325
18	6?	3538	2800	3048
21	7?	3217	2528	2775
24	8?	2895	2262	2506
27	9?	2574	2001	2238
30	10?	2252	1743	1970
33	11?	1931	1489	1701
36	12?	1609	1238	1430
39	13?	1288	989	1155
42	14?	966	742	876
45	15?	645	497	592
48	16?	324	253	301

(?) Ver FIG. 5.6.

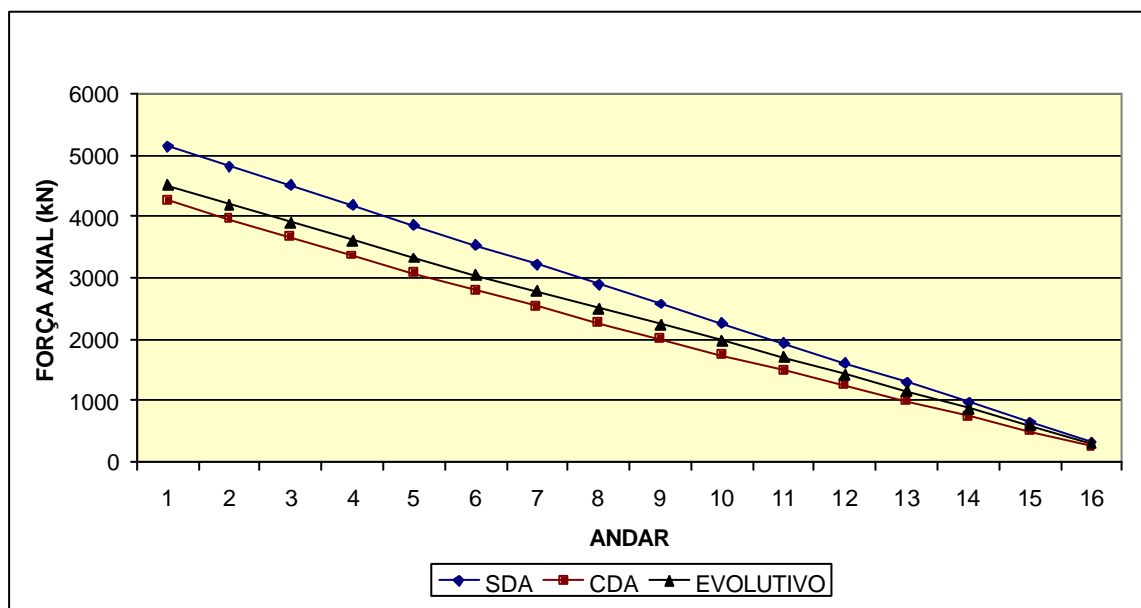


FIGURA 8.22 – Gráfico de força axial no pilar interno do P16 – 1? processamento

TABELA 8.24 – Força axial no pilar interno do pórtico P16
2º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X	FORÇA X	FORÇA X
		SDA (kN)	CDA (kN)	EVOL (kN)
3	1?	5146	4890	4991
6	2?	4824	4571	4671
9	3?	4503	4255	4353
12	4?	4181	3942	4038
15	5?	3860	3631	3726
18	6?	3538	3322	3416
21	7?	3217	3015	3107
24	8?	2895	2711	2799
27	9?	2574	2407	2492
30	10?	2252	2105	2185
33	11?	1931	1804	1877
36	12?	1609	1503	1569
39	13?	1288	1203	1259
42	14?	966	903	948
45	15?	645	604	635
48	16?	324	305	319

(?) Ver FIG. 5.6.

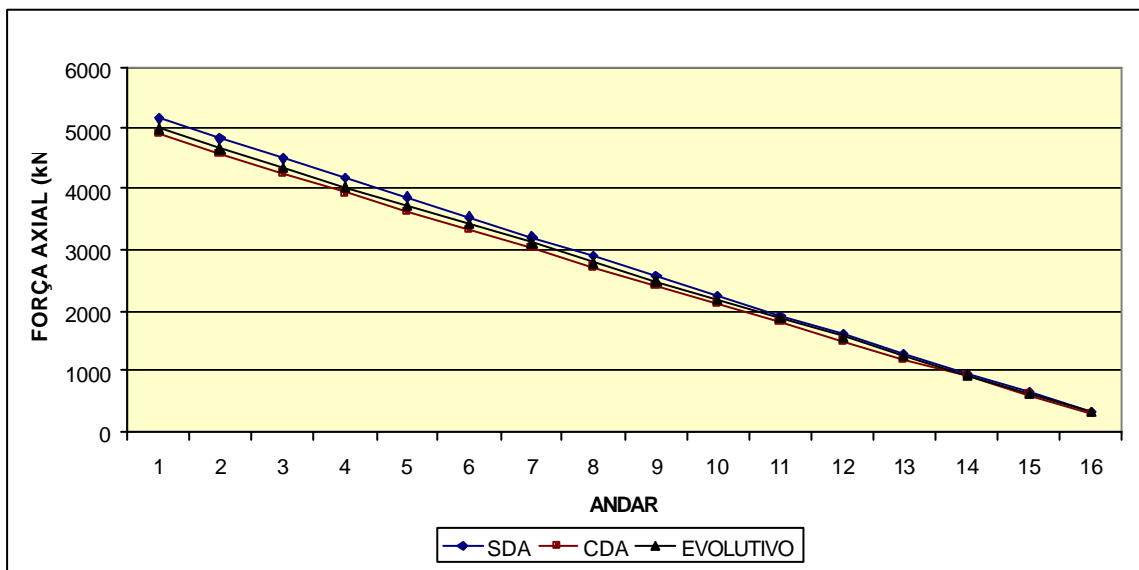


FIGURA 8.23 – Gráfico de força axial no pilar interno do P16 – 2º processamento

TABELA 8.25 – Força axial no pilar interno do pórtico P16
3º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1?	5146	5088	5138
6	2?	4824	4767	4815
9	3?	4503	4447	4493
12	4?	4181	4127	4171
15	5?	3860	3808	3850
18	6?	3538	3489	3529
21	7?	3217	3171	3209
24	8?	2895	2854	2889
27	9?	2574	2536	2569
30	10?	2252	2219	2250
33	11?	1931	1903	1930
36	12?	1609	1586	1610
39	13?	1288	1270	1289
42	14?	966	953	968
45	15?	645	637	647
48	16?	324	321	325

(?) Ver FIG. 5.6.

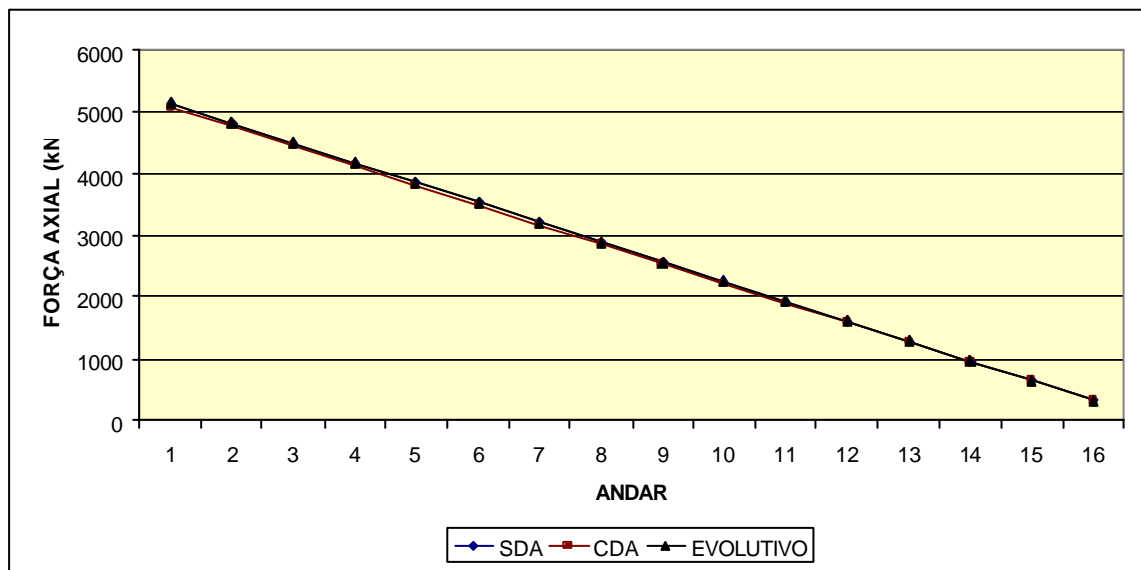


FIGURA 8.24 – Gráfico de força axial no pilar interno do P16 – 3º processamento

TABELA 8.26 – Força axial no pilar interno do pórtico P16

4º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X	FORÇA X	FORÇA X
		SDA (kN)	CDA (kN)	EVOL (kN)
3	1?	5146	5143	5179
6	2?	4824	4822	4855
9	3?	4503	4500	4531
12	4?	4181	4179	4208
15	5?	3860	3857	3884
18	6?	3538	3536	3561
21	7?	3217	3215	3237
24	8?	2895	2894	2914
27	9?	2574	2573	2591
30	10?	2252	2251	2268
33	11?	1931	1930	1944
36	12?	1609	1609	1621
39	13?	1288	1288	1297
42	14?	966	967	974
45	15?	645	646	650
48	16?	324	325	326

(?) Ver FIG. 5.6.

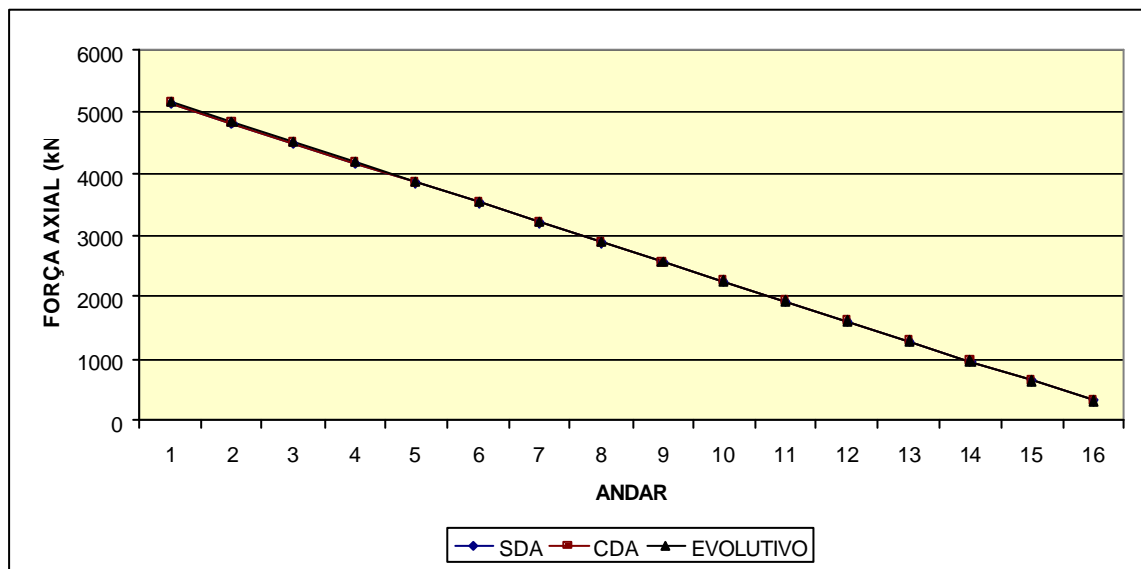


FIGURA 8.25 – Gráfico de força axial no pilar interno do P16 – 4º processamento

TABELA 8.27 – Força axial no pilar interno do pórtico P16
5º processamento

BARRA (?)	ANDAR	FORÇA X		
		SDA (kN)	CDA (kN)	EVOL (kN)
3	1?	5146	5158	5190
6	2?	4824	4836	4866
9	3?	4503	4515	4542
12	4?	4181	4193	4218
15	5?	3860	3871	3893
18	6?	3538	3549	3569
21	7?	3217	3227	3245
24	8?	2895	2905	2921
27	9?	2574	2582	2597
30	10?	2252	2260	2273
33	11?	1931	1938	1948
36	12?	1609	1616	1624
39	13?	1288	1293	1300
42	14?	966	971	975
45	15?	645	649	651
48	16?	324	326	326

(?) Ver FIG. 5.6.

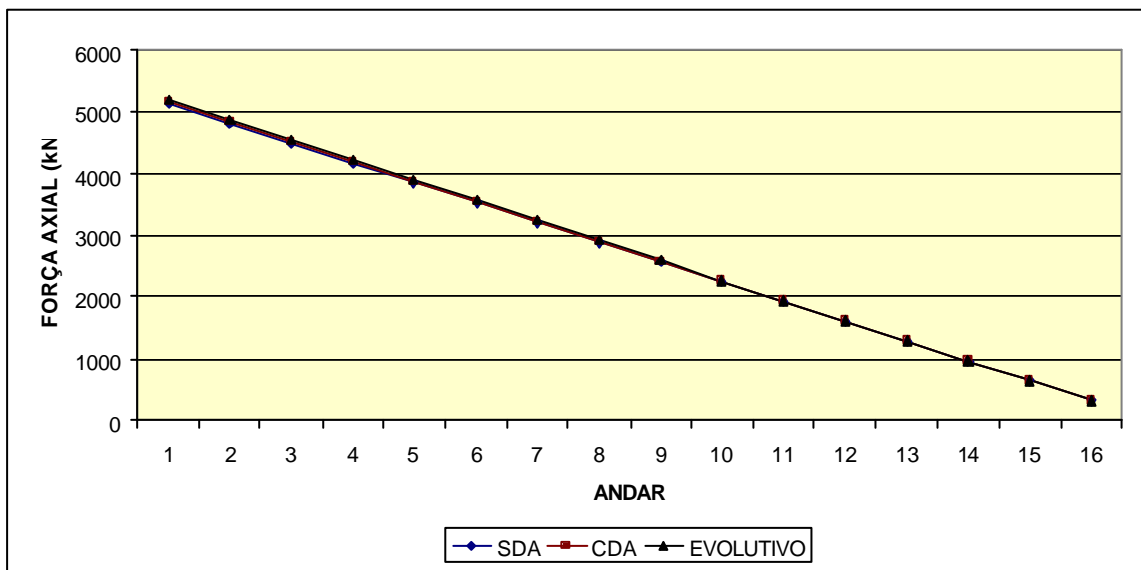


FIGURA 8.26 – Gráfico de força axial no pilar interno do P16 – 5º processamento

Dando continuidade à verificação da influência da uniformização das tensões nos pilares, novamente os modelos SDA, CDA e EVOL foram comparados valendo-se das tabelas e gráficos apresentados relativos a recalques diferenciais. Os gráficos das FIG. 8.27, 8.28, 8.29, 8.30 e 8.31 foram dispostos em ordem crescente do número do processamento, ou seja, à medida que as tensões normais nos pilares se tornam uniformes.

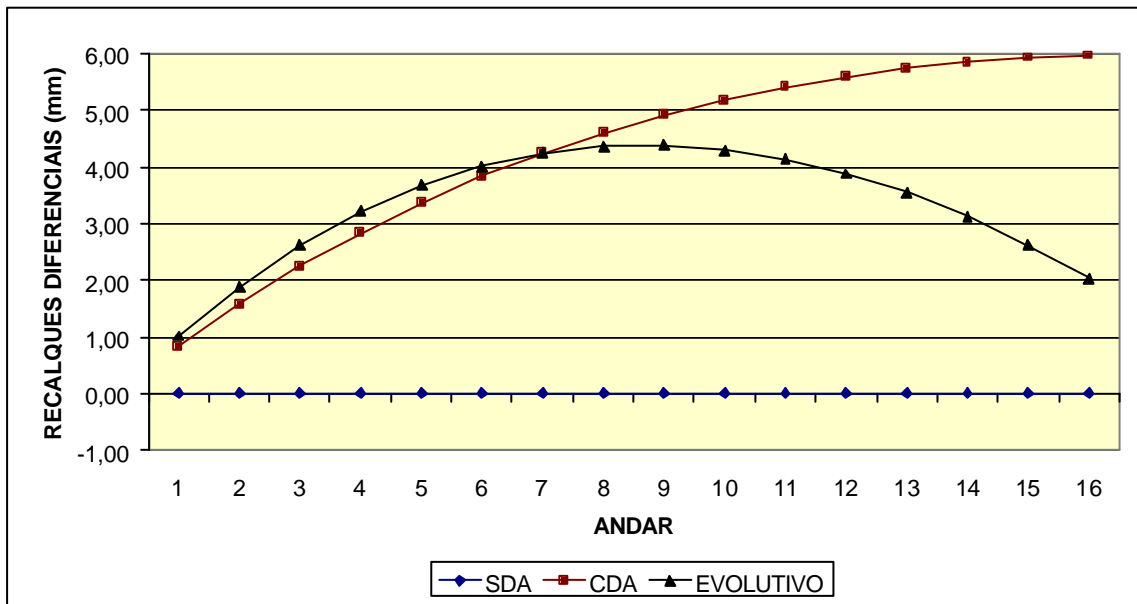
Novamente, nota-se que, à medida que as tensões se uniformizam, os valores dos módulos dos recalques diferenciais obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL convergem entre si (TAB. 8.28 a 8.32).

Assim sendo, à semelhança do que se viu relativo a momento fletor e força axial, este é um caminho viável para obter-se a convergência dos resultados obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL para os módulos dos recalques diferenciais.

TABELA 8.28 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16

1º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,83	1,02
2?	0	1,58	1,88
3?	0	2,24	2,62
4?	0	2,84	3,22
5?	0	3,36	3,68
6?	0	3,83	4,02
7?	0	4,24	4,24
8?	0	4,60	4,36
9?	0	4,92	4,38
10?	0	5,18	4,30
11?	0	5,41	4,13
12?	0	5,59	3,88
13?	0	5,74	3,55
14?	0	5,85	3,13
15?	0	5,93	2,63
16?	0	5,97	2,04

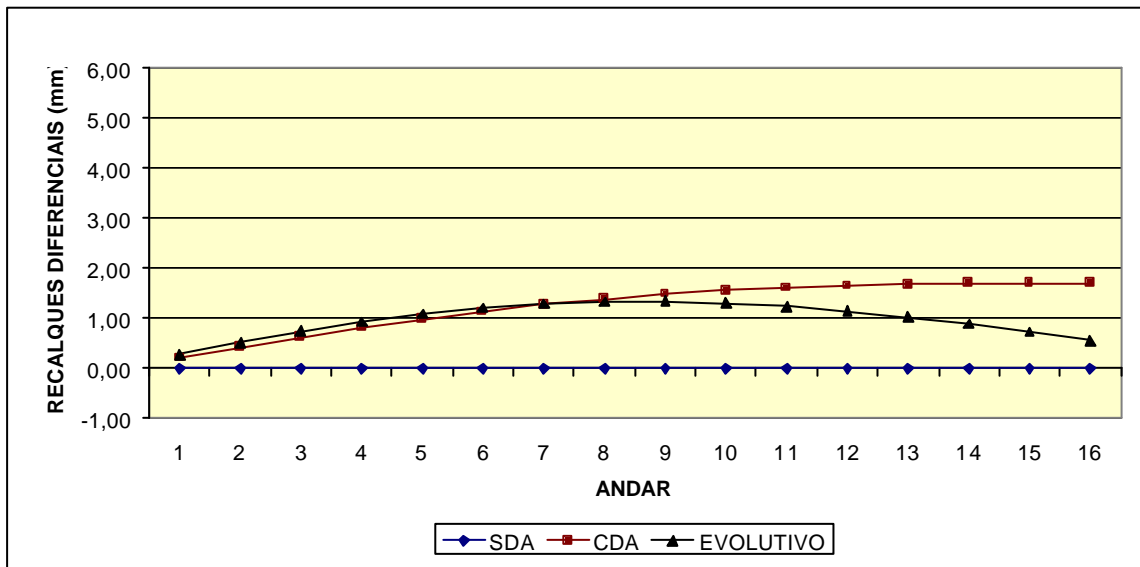
FIGURA 8.27– Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16

1º processamento

TABELA 8.29 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16

2º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,21	0,27
2?	0	0,42	0,52
3?	0	0,62	0,74
4?	0	0,81	0,93
5?	0	0,98	1,09
6?	0	1,14	1,21
7?	0	1,27	1,29
8?	0	1,39	1,33
9?	0	1,48	1,33
10?	0	1,55	1,30
11?	0	1,61	1,24
12?	0	1,65	1,15
13?	0	1,68	1,03
14?	0	1,69	0,89
15?	0	1,70	0,73
16?	0	1,70	0,56

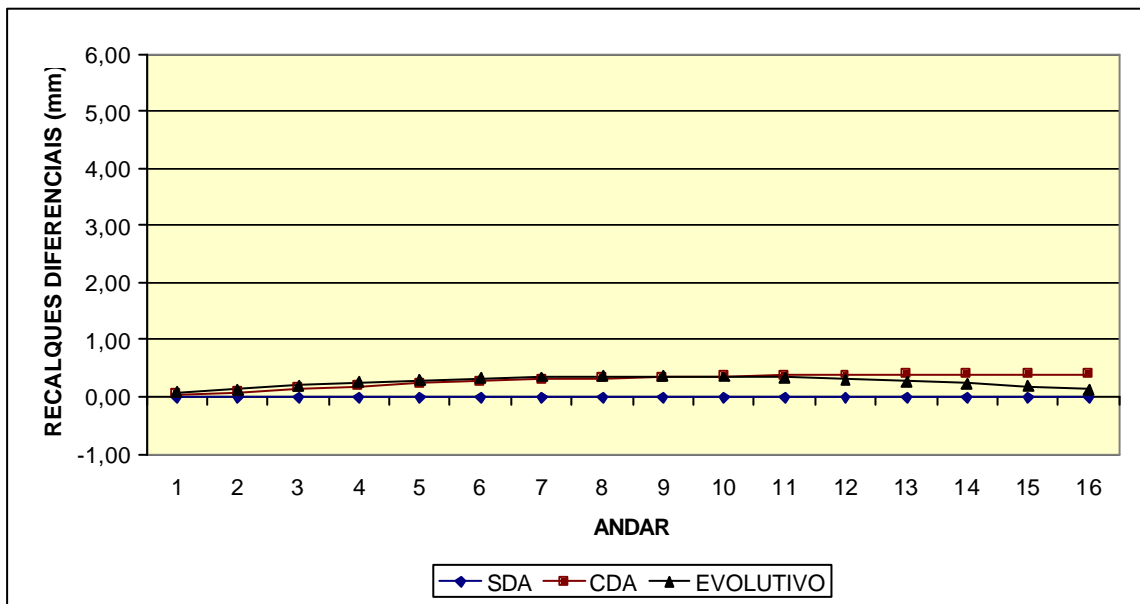
FIGURA 8.28 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16

2º processamento

TABELA 8.30 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16

3º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,05	0,07
2?	0	0,08	0,14
3?	0	0,14	0,20
4?	0	0,19	0,25
5?	0	0,23	0,29
6?	0	0,26	0,33
7?	0	0,30	0,35
8?	0	0,32	0,36
9?	0	0,35	0,36
10?	0	0,36	0,35
11?	0	0,38	0,33
12?	0	0,39	0,30
13?	0	0,39	0,27
14?	0	0,39	0,23
15?	0	0,39	0,18
16?	0	0,39	0,14

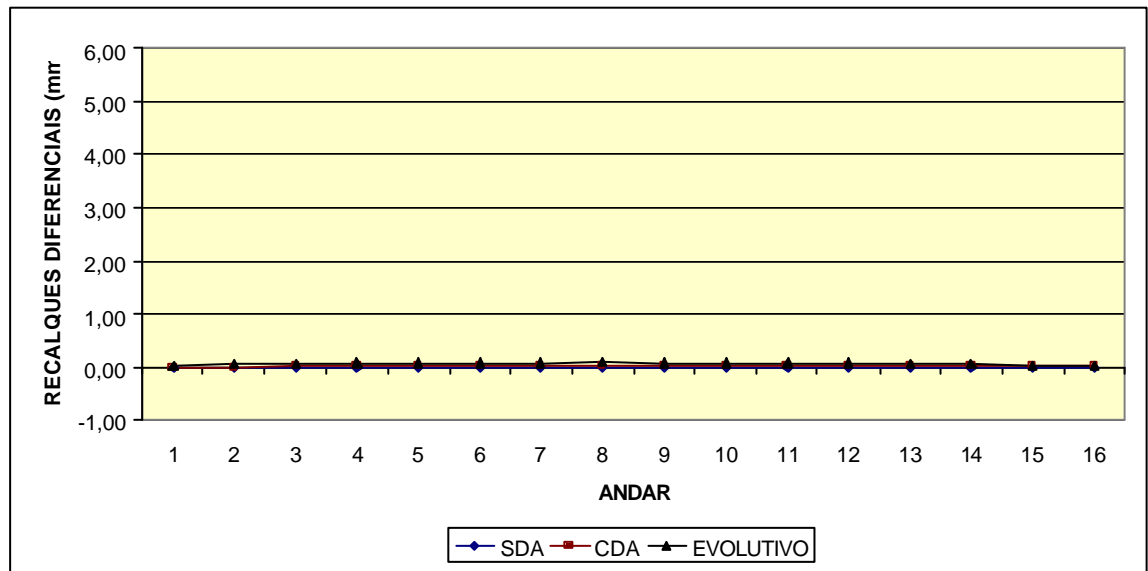
FIGURA 8.29 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16

3º processamento

TABELA 8.31 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16

4? processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,00	0,02
2?	0	0,01	0,04
3?	0	0,01	0,05
4?	0	0,01	0,07
5?	0	0,02	0,08
6?	0	0,02	0,08
7?	0	0,02	0,09
8?	0	0,03	0,09
9?	0	0,03	0,09
10?	0	0,03	0,09
11?	0	0,03	0,08
12?	0	0,03	0,07
13?	0	0,03	0,06
14?	0	0,03	0,05
15?	0	0,03	0,03
16?	0	0,03	0,02

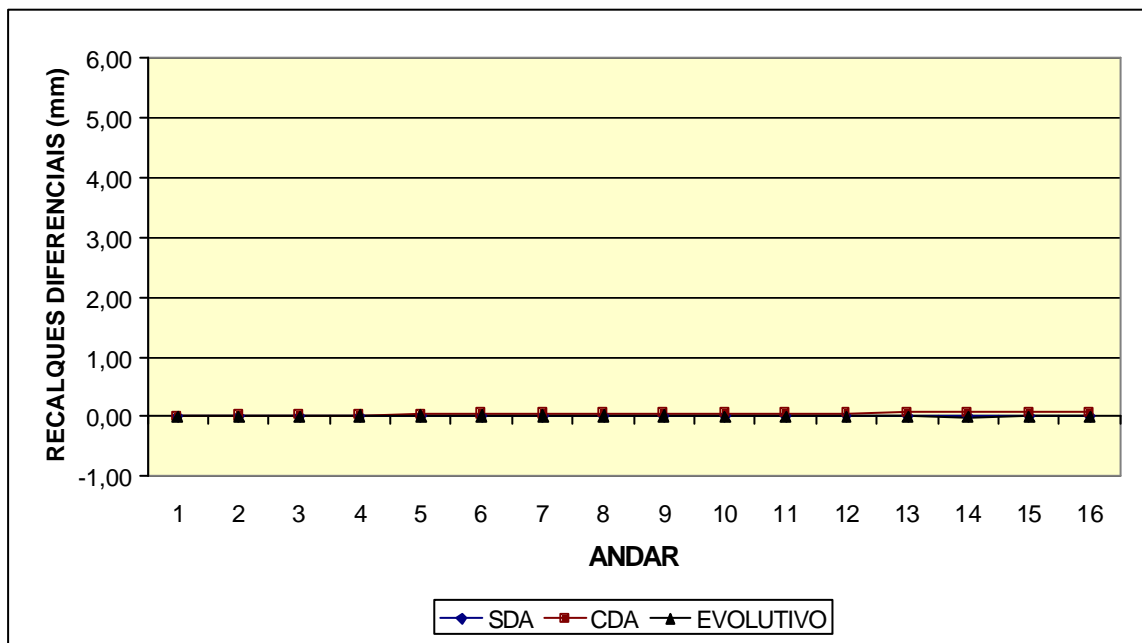
FIGURA 8.30 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16

4? processamento

TABELA 8.32 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P16

5º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,01	0,01
2?	0	0,02	0,01
3?	0	0,03	0,01
4?	0	0,03	0,02
5?	0	0,04	0,02
6?	0	0,04	0,02
7?	0	0,05	0,02
8?	0	0,05	0,02
9?	0	0,06	0,02
10?	0	0,06	0,01
11?	0	0,06	0,01
12?	0	0,07	0,01
13?	0	0,07	0,00
14?	0	0,07	0,00
15?	0	0,07	0,01
16?	0	0,07	0,01

FIGURA 8.31 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P16

5º processamento

8.2 – Uniformização das Tensões do Pórtico P26-SVS

O objetivo deste item é mostrar que o algoritmo proposto no item anterior para uniformização das tensões normais nos pilares pode ser aplicado para um pórtico com qualquer número de andares.

Os comentários a serem feitos com relação às tabelas e gráficos apresentados a seguir são análogos aos já feitos no item anterior para o pórtico P16.

Para facilitar o exame das tabelas e gráficos, apresenta-se abaixo uma relação de equivalência entre eles:

ITEM 8.1		ITEM 8.2
TAB. 8.1	↔	TAB. 8.33
TAB. 8.2	↔	TAB. 8.34
TAB. 8.3	↔	TAB. 8.35
TAB. 8.4	↔	TAB. 8.36
TAB. 8.5	↔	TAB. 8.37
TAB. 8.6	↔	TAB. 8.38
TAB. 8.7	↔	TAB. 8.39
FIG. 8.1	↔	FIG. 8.32
FIG. 8.2	↔	FIG. 8.33
FIG. 8.3	↔	FIG. 8.34
FIG. 8.4	↔	FIG. 8.35
FIG. 8.5	↔	FIG. 8.36

TABELA 8.33 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS – 1º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	$\frac{F_{xe}}{A_e}$ (7)?	$\frac{F_{xi}}{A_i}$ (8)?	$\frac{F_{xi}/A_i}{F_{xe}/A_e}$ (9)?	A = F _{xi} /f _{xe} (10)
1	3	4428	3372	0,275	0,1375	16102	24523	1,523	0,209
4	6	4282	3218	0,275	0,1375	15571	23404	1,503	0,207
7	9	4130	3070	0,275	0,1375	15017	22330	1,487	0,204
10	12	3971	2929	0,275	0,1375	14441	21300	1,475	0,203
13	15	3808	2792	0,275	0,1375	13847	20307	1,467	0,202
16	18	3640	2660	0,275	0,1375	13236	19346	1,462	0,201
19	21	3469	2532	0,275	0,1375	12613	18411	1,460	0,201
22	24	3294	2406	0,275	0,1375	11979	17496	1,461	0,201
25	27	3118	2282	0,275	0,1375	11337	16599	1,464	0,201
28	30	2939	2161	0,275	0,1375	10689	15714	1,470	0,202
31	33	2760	2040	0,275	0,1375	10036	14838	1,479	0,203
34	36	2579	1921	0,275	0,1375	9380	13968	1,489	0,205
37	39	2399	1801	0,275	0,1375	8722	13101	1,502	0,207
40	42	2218	1682	0,275	0,1375	8064	12235	1,517	0,209
43	45	2037	1563	0,275	0,1375	7407	11367	1,535	0,211
46	48	1857	1443	0,275	0,1375	6752	10495	1,554	0,214
49	51	1678	1322	0,275	0,1375	6100	9618	1,577	0,217
52	54	1500	1201	0,275	0,1375	5453	8731	1,601	0,220
55	57	1323	1077	0,275	0,1375	4810	7834	1,629	0,224
58	60	1148	952	0,275	0,1375	4174	6925	1,659	0,228
61	63	975	825	0,275	0,1375	3545	6001	1,693	0,233
64	66	804	696	0,275	0,1375	2924	5060	1,730	0,238
67	69	636	564	0,275	0,1375	2314	4100	1,772	0,244
70	72	471	429	0,275	0,1375	1714	3118	1,820	0,250
73	75	310	290	0,275	0,1375	1126	2112	1,876	0,258
76	78	152	148	0,275	0,1375	552	1077	1,950	0,268

TABELA 8.34 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS – 2º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	$\frac{F_{xe}}{A_e}$ (7)?	$\frac{F_{xi}}{A_i}$ (8)?	$\frac{F_{xi}/A_i}{F_{xe}/A_e}$ (9)?	A = F _{xi} /f _{xe} (10)
1	3	3999	3801	0,275	0,209	14543	18186	1,251	0,261
4	6	3858	3642	0,275	0,207	14028	17596	1,254	0,260
7	9	3713	3487	0,275	0,204	13503	17091	1,266	0,258
10	12	3566	3334	0,275	0,203	12968	16423	1,266	0,257
13	15	3416	3184	0,275	0,202	12423	15761	1,269	0,256
16	18	3264	3036	0,275	0,201	11868	15105	1,273	0,256
19	21	3109	2891	0,275	0,201	11307	14381	1,272	0,256
22	24	2953	2747	0,275	0,201	10739	13665	1,272	0,256
25	27	2796	2604	0,275	0,201	10166	12957	1,274	0,256
28	30	2637	2463	0,275	0,202	9589	12193	1,272	0,257
31	33	2477	2323	0,275	0,203	9009	11441	1,270	0,258
34	36	2317	2183	0,275	0,205	8427	10647	1,264	0,259
37	39	2157	2043	0,275	0,207	7843	9870	1,258	0,260
40	42	1997	1903	0,275	0,209	7260	9107	1,254	0,262
43	45	1837	1764	0,275	0,211	6678	8358	1,252	0,264
46	48	1677	1623	0,275	0,214	6098	7585	1,244	0,266
49	51	1518	1482	0,275	0,217	5519	6830	1,238	0,269
52	54	1360	1340	0,275	0,220	4944	6092	1,232	0,271
55	57	1203	1197	0,275	0,224	4373	5346	1,222	0,274
58	60	1047	1053	0,275	0,228	3806	4620	1,214	0,277
61	63	892	908	0,275	0,233	3244	3897	1,201	0,280
64	66	739	761	0,275	0,238	2687	3198	1,190	0,283
67	69	588	613	0,275	0,244	2136	2510	1,175	0,287
70	72	438	462	0,275	0,250	1592	1849	1,162	0,291
73	75	290	311	0,275	0,258	1053	1204	1,143	0,295
76	78	143	157	0,275	0,268	521	585	1,122	0,301

TABELA 8.35 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS – 3º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ? _{xe} ? (9)?	A = F _{xi} /? _{xe} (10)
1	3	3775	4025	0,275	0,261	13729	15420	1,123	0,293
4	6	3636	3864	0,275	0,260	13220	14863	1,124	0,292
7	9	3495	3705	0,275	0,258	12709	14361	1,130	0,292
10	12	3353	3547	0,275	0,257	12192	13803	1,132	0,291
13	15	3209	3391	0,275	0,256	11670	13245	1,135	0,291
16	18	3065	3235	0,275	0,256	11144	12638	1,134	0,290
19	21	2919	3081	0,275	0,256	10615	12035	1,134	0,290
22	24	2773	2927	0,275	0,256	10083	11435	1,134	0,290
25	27	2626	2774	0,275	0,256	9548	10837	1,135	0,291
28	30	2478	2622	0,275	0,257	9011	10202	1,132	0,291
31	33	2330	2470	0,275	0,258	8473	9573	1,130	0,291
34	36	2182	2318	0,275	0,259	7934	8950	1,128	0,292
37	39	2034	2166	0,275	0,260	7395	8332	1,127	0,293
40	42	1885	2015	0,275	0,262	6855	7690	1,122	0,294
43	45	1737	1863	0,275	0,264	6316	7057	1,117	0,295
46	48	1589	1711	0,275	0,266	5778	6433	1,113	0,296
49	51	1441	1559	0,275	0,269	5241	5794	1,106	0,297
52	54	1294	1406	0,275	0,271	4706	5188	1,103	0,299
55	57	1147	1253	0,275	0,274	4172	4572	1,096	0,300
58	60	1001	1099	0,275	0,277	3641	3967	1,090	0,302
61	63	856	944	0,275	0,280	3112	3373	1,084	0,303
64	66	711	789	0,275	0,283	2585	2788	1,079	0,305
67	69	567	633	0,275	0,287	2062	2206	1,070	0,307
70	72	424	476	0,275	0,291	1541	1637	1,062	0,309
73	75	281	319	0,275	0,295	1023	1081	1,057	0,312
76	78	140	160	0,275	0,301	508	533	1,048	0,315

TABELA 8.36 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS – 4º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ? _{xe} ? (9)?	A = F _{xi} /? _{xe} (10)
1	3	3668	4132	0,275	0,293	13339	14102	1,057	0,310
4	6	3529	3971	0,275	0,292	12834	13598	1,060	0,309
7	9	3390	3810	0,275	0,292	12328	13047	1,058	0,309
10	12	3250	3650	0,275	0,291	11820	12542	1,061	0,309
13	15	3110	3490	0,275	0,291	11310	12034	1,064	0,309
16	18	2969	3331	0,275	0,290	10797	11486	1,064	0,308
19	21	2828	3172	0,275	0,290	10284	10938	1,064	0,308
22	24	2686	3014	0,275	0,290	9768	10392	1,064	0,309
25	27	2544	2856	0,275	0,291	9252	9813	1,061	0,309
28	30	2402	2698	0,275	0,291	8735	9271	1,061	0,309
31	33	2260	2540	0,275	0,291	8218	8729	1,062	0,309
34	36	2117	2383	0,275	0,292	7699	8160	1,060	0,309
37	39	1975	2225	0,275	0,293	7181	7595	1,058	0,310
40	42	1832	2068	0,275	0,294	6663	7033	1,056	0,310
43	45	1690	1910	0,275	0,295	6145	6475	1,054	0,311
46	48	1547	1753	0,275	0,296	5627	5921	1,052	0,311
49	51	1405	1595	0,275	0,297	5110	5370	1,051	0,312
52	54	1263	1437	0,275	0,299	4594	4805	1,046	0,313
55	57	1122	1279	0,275	0,300	4078	4262	1,045	0,313
58	60	980	1120	0,275	0,302	3564	3709	1,041	0,314
61	63	839	961	0,275	0,303	3050	3172	1,040	0,315
64	66	698	802	0,275	0,305	2538	2630	1,036	0,316
67	69	557	643	0,275	0,307	2027	2093	1,033	0,317
70	72	417	483	0,275	0,309	1517	1562	1,030	0,318
73	75	277	323	0,275	0,312	1009	1034	1,025	0,320
76	78	138	162	0,275	0,315	502	514	1,024	0,322

TABELA 8.37 – Uniformização das tensões no pórtico P26-SVS – 5º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ? _{xe} ? (9)?	A _i = F _{xi} /? _{xe} ? (10)
1	3	3619	4181	0,275	0,310	13160	13487	1,025	0,318
4	6	3480	4020	0,275	0,309	12656	13008	1,028	0,318
7	9	3342	3857	0,275	0,309	12153	12485	1,027	0,317
10	12	3203	3697	0,275	0,309	11649	11963	1,027	0,317
13	15	3065	3536	0,275	0,309	11144	11442	1,027	0,317
16	18	2925	3375	0,275	0,308	10638	10955	1,030	0,317
19	21	2786	3214	0,275	0,308	10131	10435	1,030	0,317
22	24	2647	3053	0,275	0,309	9624	9882	1,027	0,317
25	27	2507	2893	0,275	0,309	9116	9363	1,027	0,317
28	30	2367	2733	0,275	0,309	8608	8844	1,027	0,317
31	33	2227	2573	0,275	0,309	8100	8326	1,028	0,318
34	36	2088	2412	0,275	0,309	7591	7807	1,028	0,318
37	39	1948	2252	0,275	0,310	7083	7265	1,026	0,318
40	42	1808	2092	0,275	0,310	6574	6749	1,027	0,318
43	45	1668	1932	0,275	0,311	6066	6212	1,024	0,318
46	48	1528	1772	0,275	0,311	5558	5697	1,025	0,319
49	51	1389	1611	0,275	0,312	5050	5165	1,023	0,319
52	54	1249	1451	0,275	0,313	4542	4636	1,021	0,319
55	57	1110	1290	0,275	0,313	4035	4123	1,022	0,320
58	60	970	1130	0,275	0,314	3528	3598	1,020	0,320
61	63	831	969	0,275	0,315	3022	3076	1,018	0,321
64	66	692	808	0,275	0,316	2516	2557	1,016	0,321
67	69	553	647	0,275	0,317	2011	2041	1,015	0,322
70	72	414	486	0,275	0,318	1506	1528	1,014	0,322
73	75	276	324	0,275	0,320	1002	1014	1,011	0,324
76	78	137	163	0,275	0,322	499	505	1,012	0,326

TABELA 8.38 – Tensões σ_x nos pilares interno e externo (kN/m²) do pórtico P26-SVS
1ª ao 5ª processamentos

Andar	1ª Processamento		2ª Processamento		3ª Processamento		4ª Processamento		5ª Processamento	
	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}
1ª	16102	24523	14543	18186	13729	15420	13339	14102	13160	13487
2ª	15571	23404	14028	17596	13220	14863	12834	13598	12656	13008
3ª	15017	22330	13503	17091	12709	14361	12328	13047	12153	12485
4ª	14441	21300	12968	16423	12192	13803	11820	12542	11649	11963
5ª	13847	20307	12423	15761	11670	13245	11310	12034	11144	11442
6ª	13236	19346	11868	15105	11144	12638	10797	11486	10638	10955
7ª	12613	18411	11307	14381	10615	12035	10284	10938	10131	10435
8ª	11979	17496	10739	13665	10083	11435	9768	10392	9624	9882
9ª	11337	16599	10166	12957	9548	10837	9252	9813	9116	9363
10ª	10689	15714	9589	12193	9011	10202	8735	9271	8608	8844
11ª	10036	14838	9009	11441	8473	9573	8218	8729	8100	8326
12ª	9380	13968	8427	10647	7934	8950	7699	8160	7591	7807
13ª	8722	13101	7843	9870	7395	8332	7181	7595	7083	7265
14ª	8064	12235	7260	9107	6855	7690	6663	7033	6574	6749
15ª	7407	11367	6678	8358	6316	7057	6145	6475	6066	6212
16ª	6752	10495	6098	7585	5778	6433	5627	5921	5558	5697
17ª	6100	9618	5519	6830	5241	5794	5110	5370	5050	5165
18ª	5453	8731	4944	6092	4706	5188	4594	4805	4542	4636
19ª	4810	7834	4373	5346	4172	4572	4078	4262	4035	4123
20ª	4174	6925	3806	4620	3641	3967	3564	3709	3528	3598
21ª	3545	6001	3244	3897	3112	3373	3050	3172	3022	3076
22ª	2924	5060	2687	3198	2585	2788	2538	2630	2516	2557
23ª	2314	4100	2136	2510	2062	2206	2027	2093	2011	2041
24ª	1714	3118	1592	1849	1541	1637	1517	1562	1506	1528
25ª	1126	2112	1053	1204	1023	1081	1009	1034	1002	1014
26ª	552	1077	521	585	508	533	502	514	499	505

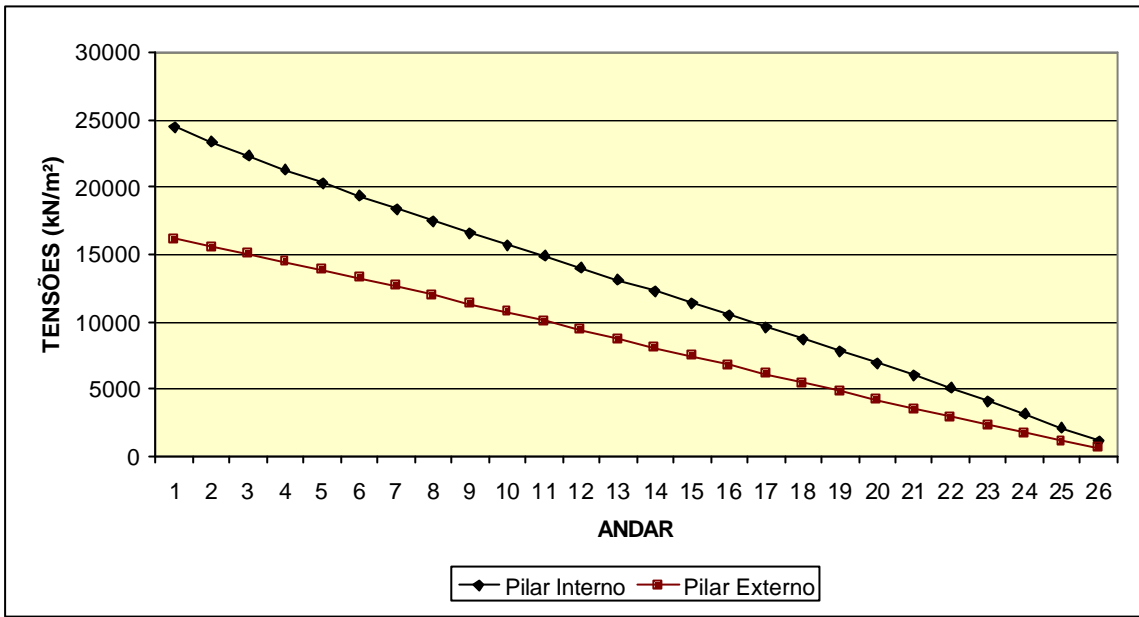


FIGURA 8.32 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS
1º processamento

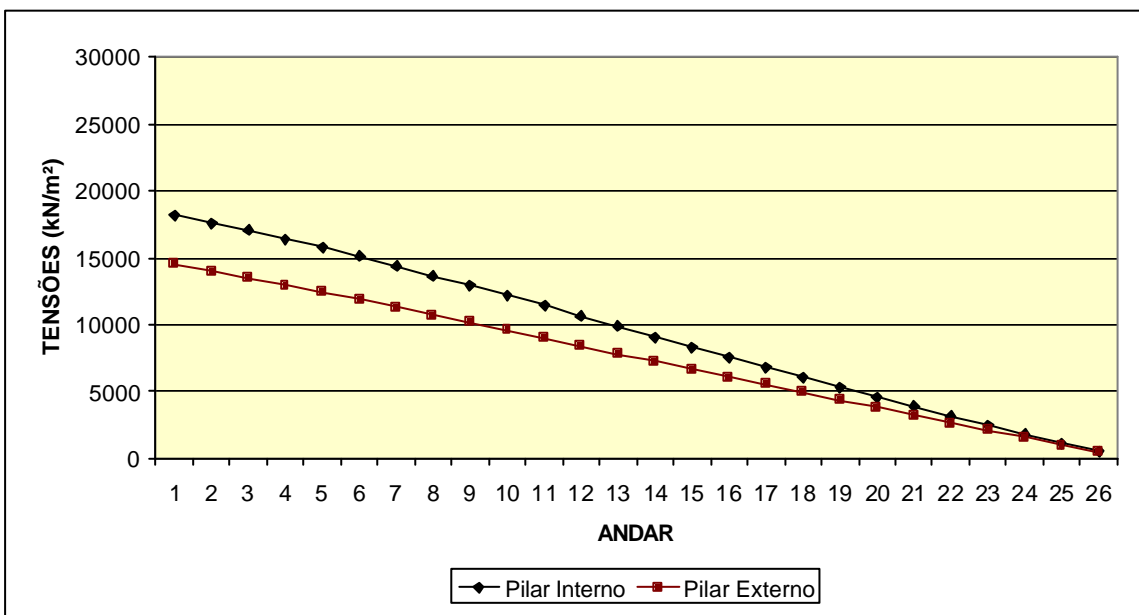


FIGURA 8.33 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS
2º processamento

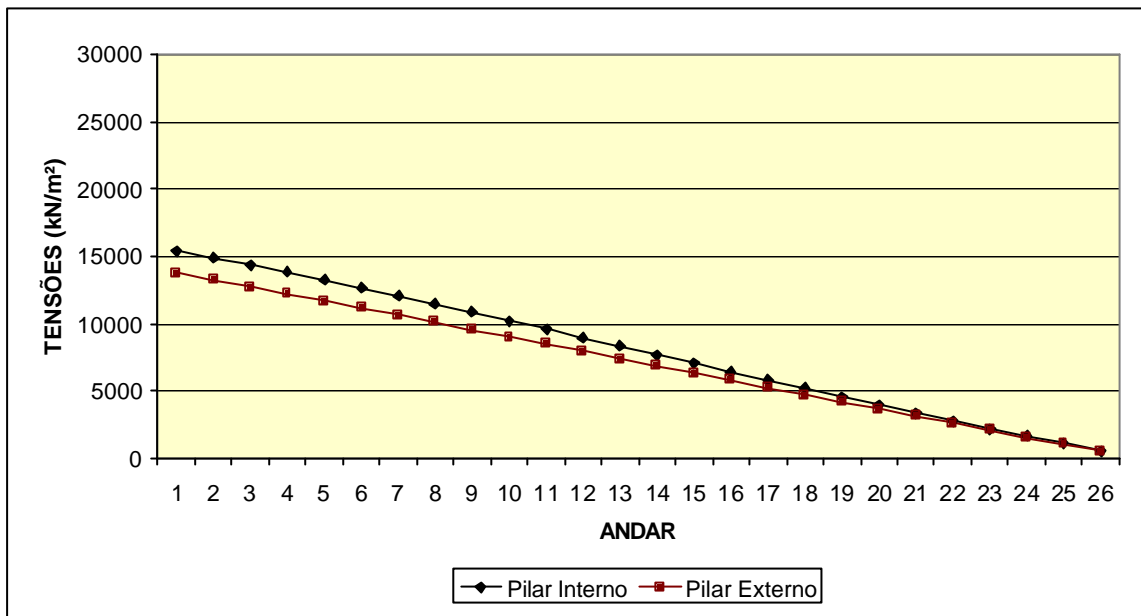


FIGURA 8.34 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS
3º processamento

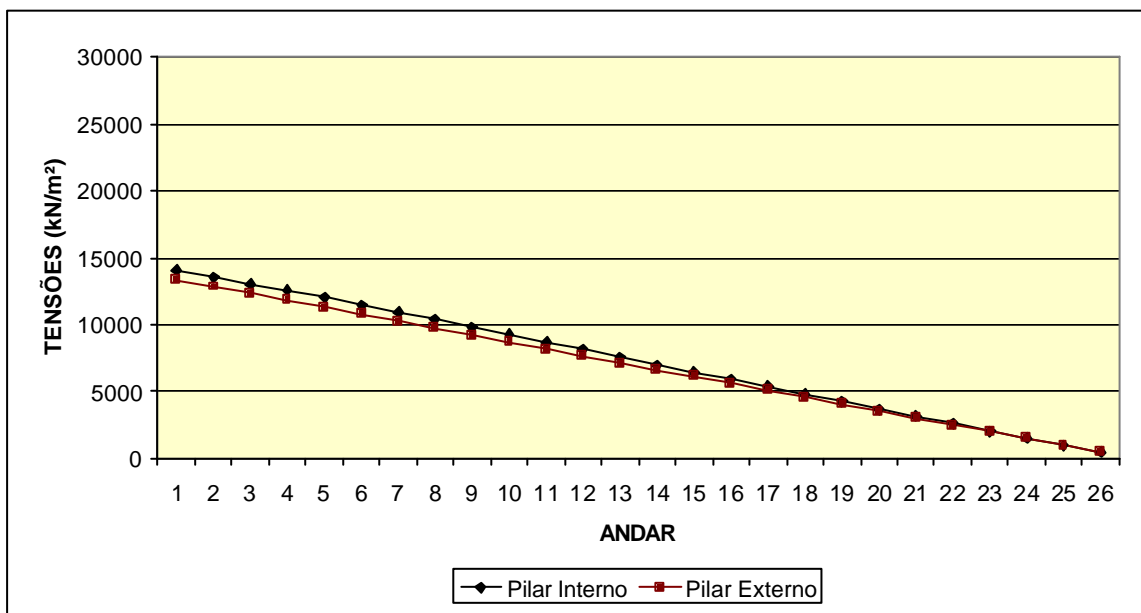
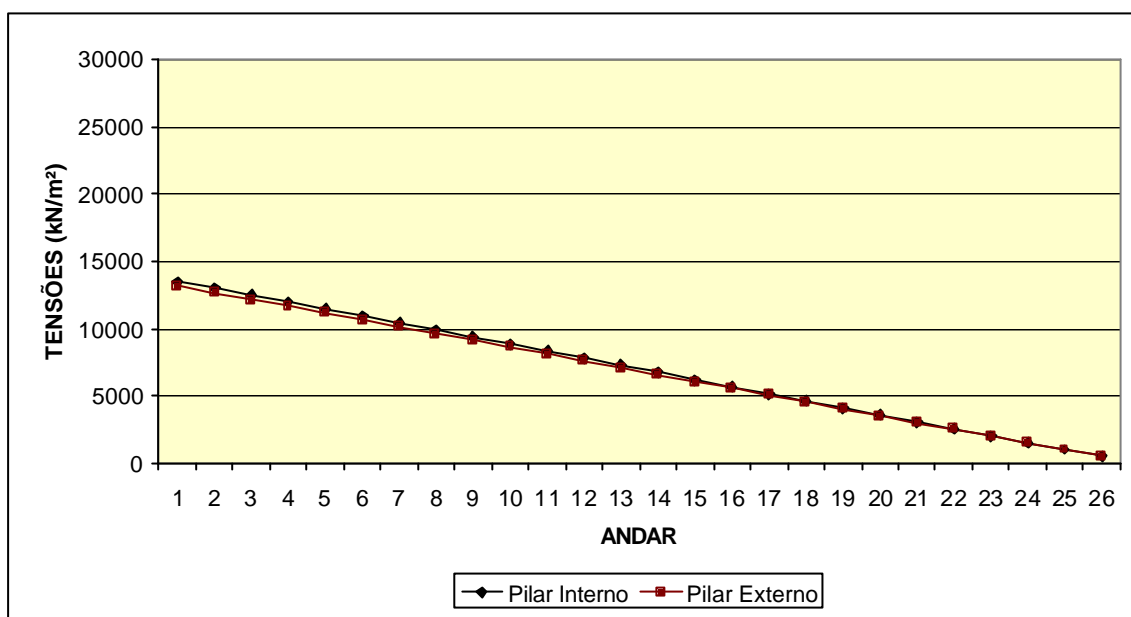


FIGURA 8.35 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS
4º processamento

FIGURA 8.36 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-SVS

5? processamento

TABELA 8.39 – Áreas do pilar interno (m²) do pórtico P26-SVS
1º ao 5º processamentos

Andar	1º processamento	2º processamento	3º processamento	4º processamento	5º processamento
1º	0,275	0,418	0,522	0,586	0,620
2º	0,275	0,414	0,520	0,584	0,618
3º	0,275	0,408	0,516	0,584	0,618
4º	0,275	0,406	0,514	0,582	0,618
5º	0,275	0,404	0,512	0,582	0,618
6º	0,275	0,402	0,512	0,580	0,616
7º	0,275	0,402	0,512	0,580	0,616
8º	0,275	0,402	0,512	0,580	0,618
9º	0,275	0,402	0,512	0,582	0,618
10º	0,275	0,404	0,514	0,582	0,618
11º	0,275	0,406	0,516	0,582	0,618
12º	0,275	0,410	0,518	0,584	0,618
13º	0,275	0,414	0,520	0,586	0,620
14º	0,275	0,418	0,524	0,588	0,620
15º	0,275	0,422	0,528	0,590	0,622
16º	0,275	0,428	0,532	0,592	0,622
17º	0,275	0,434	0,538	0,594	0,624
18º	0,275	0,440	0,542	0,598	0,626
19º	0,275	0,448	0,548	0,600	0,626
20º	0,275	0,456	0,554	0,604	0,628
21º	0,275	0,466	0,560	0,606	0,630
22º	0,275	0,476	0,566	0,610	0,632
23º	0,275	0,488	0,574	0,614	0,634
24º	0,275	0,500	0,582	0,618	0,636
25º	0,275	0,516	0,590	0,624	0,640
26º	0,275	0,536	0,602	0,630	0,644

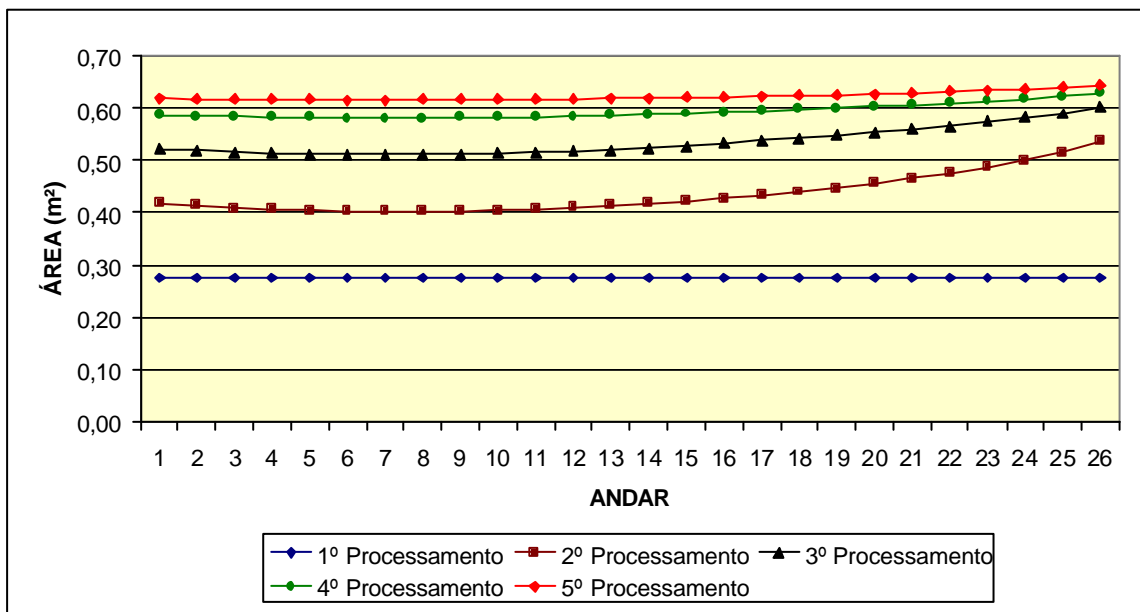


FIGURA 8.37 – Gráfico de áreas do pilar interno (m²) do P26-SVS
1º ao 5º processamentos

Os comentários a serem feitos com relação às tabelas e gráficos apresentados a seguir são análogos aos já feitos no item anterior para o pórtico P16.

Para facilitar o exame das tabelas e gráficos, apresenta-se abaixo uma relação de equivalência entre eles:

ITEM 8.1		ITEM 8.2
TAB. 8.8	↔	TAB. 8.40
TAB. 8.9	↔	TAB. 8.41
TAB. 8.10	↔	TAB. 8.42
TAB. 8.11	↔	TAB. 8.43
TAB. 8.12	↔	TAB. 8.44
TAB. 8.13	↔	TAB. 8.45
TAB. 8.14	↔	TAB. 8.46
TAB. 8.15	↔	TAB. 8.47
TAB. 8.16	↔	TAB. 8.48
TAB. 8.17	↔	TAB. 8.49
TAB. 8.18	↔	TAB. 8.50
TAB. 8.19	↔	TAB. 8.51
TAB. 8.20	↔	TAB. 8.52
TAB. 8.21	↔	TAB. 8.53
TAB. 8.22	↔	TAB. 8.54
TAB. 8.23	↔	TAB. 8.55
TAB. 8.24	↔	TAB. 8.56
TAB. 8.25	↔	TAB. 8.57
TAB. 8.26	↔	TAB. 8.58
TAB. 8.27	↔	TAB. 8.59
TAB. 8.28	↔	TAB. 8.60
TAB. 8.29	↔	TAB. 8.61
TAB. 8.30	↔	TAB. 8.62
TAB. 8.31	↔	TAB. 8.63
TAB. 8.32	↔	TAB. 8.64

ITEM 8.1		ITEM 8.2
FIG. 8.7	✂	FIG. 8.38
FIG. 8.8	✂	FIG. 8.39
FIG. 8.9	✂	FIG. 8.40
FIG. 8.10	✂	FIG. 8.41
FIG. 8.11	✂	FIG. 8.42
FIG. 8.12	✂	FIG. 8.43
FIG. 8.13	✂	FIG. 8.44
FIG. 8.14	✂	FIG. 8.45
FIG. 8.15	✂	FIG. 8.46
FIG. 8.16	✂	FIG. 8.47
FIG. 8.17	✂	FIG. 8.48
FIG. 8.18	✂	FIG. 8.49
FIG. 8.19	✂	FIG. 8.50
FIG. 8.20	✂	FIG. 8.51
FIG. 8.21	✂	FIG. 8.52
FIG. 8.22	✂	FIG. 8.53
FIG. 8.23	✂	FIG. 8.54
FIG. 8.24	✂	FIG. 8.55
FIG. 8.25	✂	FIG. 8.56
FIG. 8.26	✂	FIG. 8.57
FIG. 8.27	✂	FIG. 8.58
FIG. 8.28	✂	FIG. 8.59
FIG. 8.29	✂	FIG. 8.60
FIG. 8.30	✂	FIG. 8.61
FIG. 8.31	✂	FIG. 8.62

TABELA 8.40 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS
1ª processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1ª	86,3	103,7	106,2
5	2ª	87,2	119,5	124,2
8	3ª	87,0	133,6	142,4
11	4ª	87,0	146,2	157,7
14	5ª	87,0	157,6	170,4
17	6ª	87,0	167,9	181,0
20	7ª	87,0	177,2	189,5
23	8ª	87,0	185,5	196,3
26	9ª	87,0	193,1	201,4
29	10ª	87,0	199,8	205,2
32	11ª	87,0	205,9	207,7
35	12ª	87,0	211,4	209,0
38	13ª	87,0	216,2	209,2
41	14ª	87,0	220,6	208,5
44	15ª	87,0	224,5	206,8
47	16ª	87,0	227,9	204,3
50	17ª	87,0	231,0	200,9
53	18ª	87,0	233,6	196,6
56	19ª	87,0	236,0	191,5
59	20ª	87,0	238,0	185,5
62	21ª	87,0	239,7	178,6
65	22ª	87,0	241,0	170,6
68	23ª	87,1	242,2	161,7
71	24ª	86,7	244,1	151,9
74	25ª	88,2	244,1	140,0
77	26ª	82,4	222,3	121,1

(*) Ver FIG. 5.10

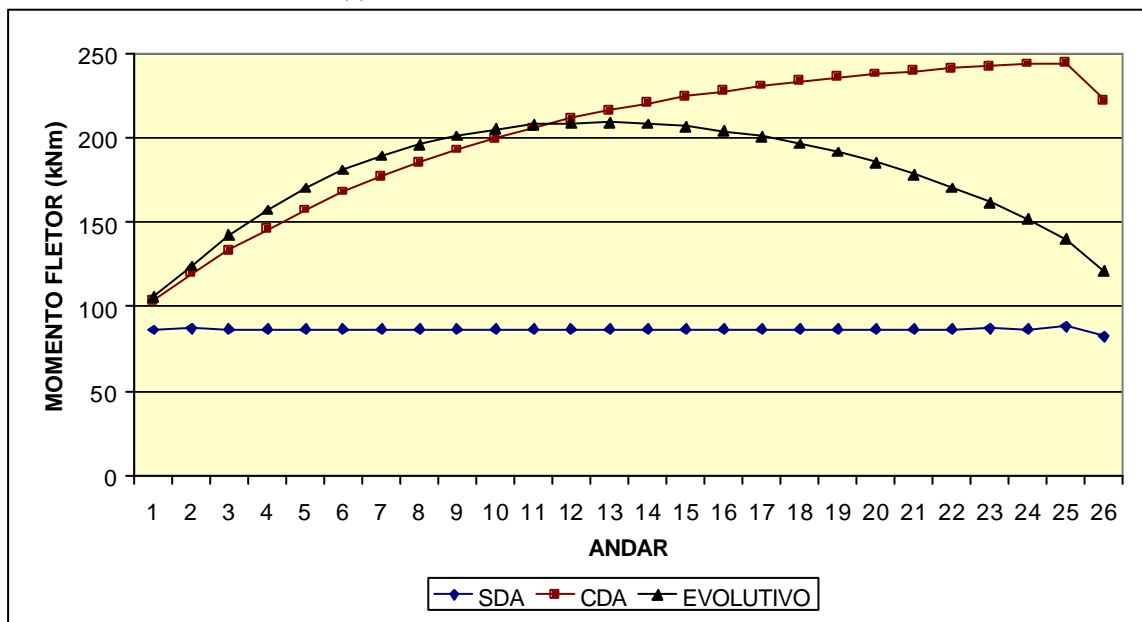
FIGURA 8.38 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS
1ª processamento

TABELA 8.41– Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS
2º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	86,3	93,6	92,9
5	2º	87,2	101,0	100,2
8	3º	87,0	108,2	109,4
11	4º	87,0	114,8	117,4
14	5º	87,0	121,0	124,4
17	6º	87,0	126,9	130,5
20	7º	87,0	132,3	135,7
23	8º	87,0	137,3	139,9
26	9º	87,0	141,9	143,3
29	10º	87,0	145,9	145,8
32	11º	87,0	149,4	147,5
35	12º	87,0	152,4	148,2
38	13º	87,0	154,9	148,2
41	14º	87,0	157,0	147,5
44	15º	87,0	158,6	146,1
47	16º	87,0	159,9	144,1
50	17º	87,0	160,8	141,5
53	18º	87,0	161,4	138,5
56	19º	87,0	161,6	134,9
59	20º	87,0	161,7	130,9
62	21º	87,0	161,6	126,6
65	22º	87,0	161,3	121,8
68	23º	87,1	160,9	116,9
71	24º	86,7	161,2	111,9
74	25º	88,2	160,5	106,0
77	26º	82,4	145,8	96,1

(?) Ver FIG. 5.10

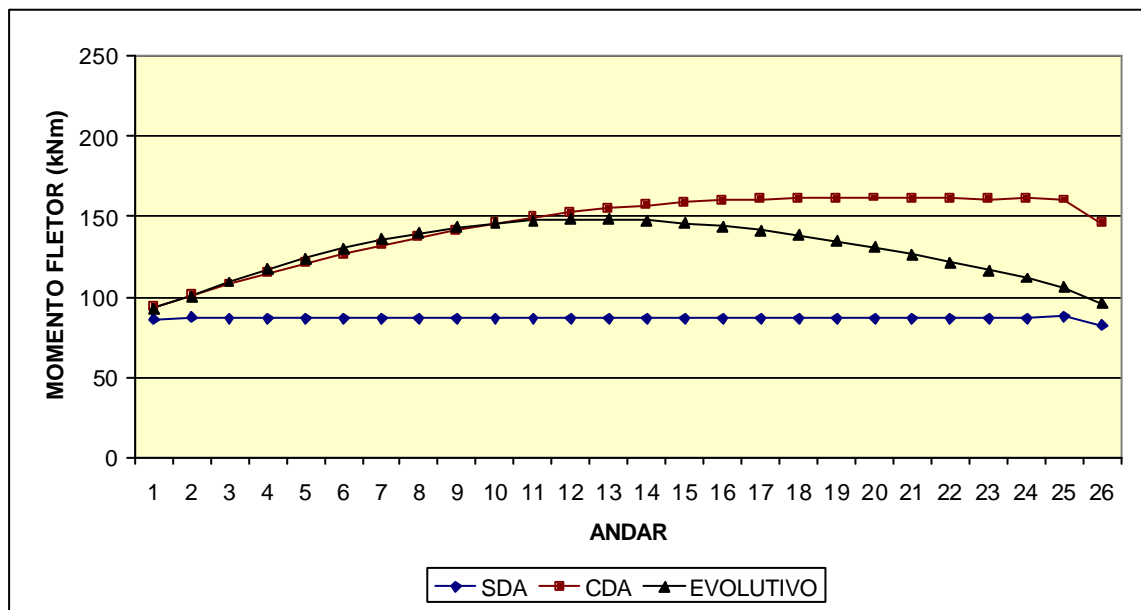
FIGURA 8.39 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS
2º processamento

TABELA 8.42 - Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS
3º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	86,3	89,6	87,5
5	2º	87,2	93,2	89,8
8	3º	87,0	96,5	94,2
11	4º	87,0	99,5	98,0
14	5º	87,0	102,4	101,3
17	6º	87,0	105,1	104,2
20	7º	87,0	107,5	106,6
23	8º	87,0	109,8	108,6
26	9º	87,0	111,9	110,3
29	10º	87,0	113,8	111,4
32	11º	87,0	115,4	112,2
35	12º	87,0	116,7	112,5
38	13º	87,0	117,9	112,6
41	14º	87,0	118,9	112,2
44	15º	87,0	119,6	111,5
47	16º	87,0	120,1	110,5
50	17º	87,0	120,4	109,2
53	18º	87,0	120,6	107,7
56	19º	87,0	120,6	105,9
59	20º	87,0	120,5	104,0
62	21º	87,0	120,4	101,9
65	22º	87,0	120,2	99,6
68	23º	87,1	120,0	97,3
71	24º	86,7	120,2	95,1
74	25º	88,2	119,8	92,0
77	26º	82,4	108,8	85,8

(?) Ver FIG. 5.10

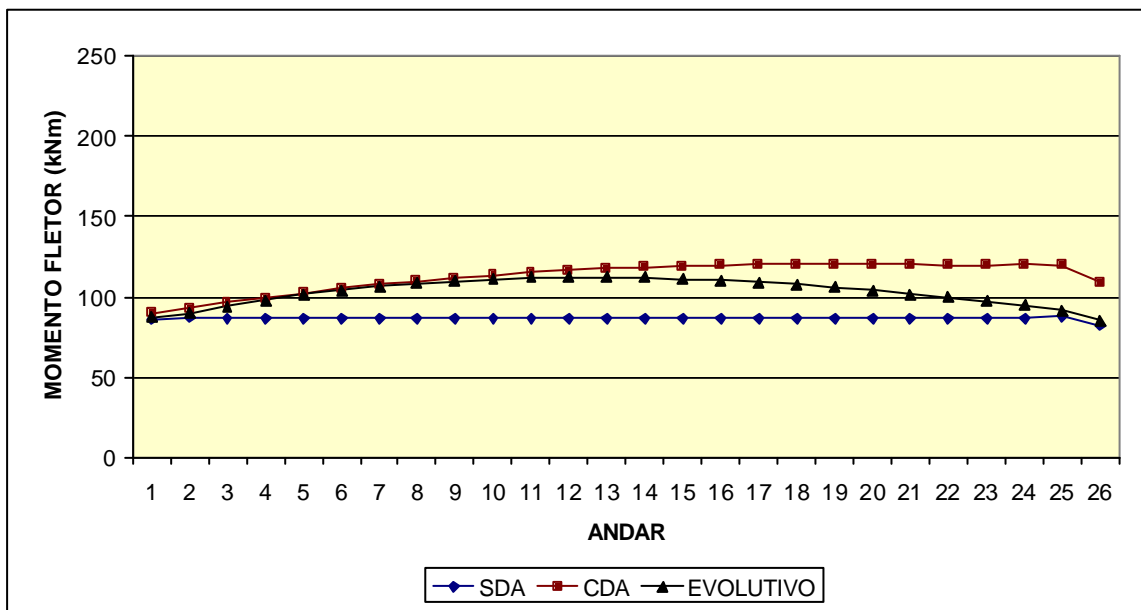
FIGURA 8.40 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS
3º processamento

TABELA 8.43 - Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS
4º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	86,3	87,7	84,9
5	2º	87,2	89,4	85,0
8	3º	87,0	90,8	87,0
11	4º	87,0	92,0	88,7
14	5º	87,0	93,1	90,2
17	6º	87,0	94,3	91,5
20	7º	87,0	95,3	92,6
23	8º	87,0	96,3	93,6
26	9º	87,0	97,1	94,2
29	10º	87,0	97,9	94,7
32	11º	87,0	98,6	95,1
35	12º	87,0	99,1	95,3
38	13º	87,0	99,6	95,3
41	14º	87,0	100,0	95,1
44	15º	87,0	100,2	94,7
47	16º	87,0	100,4	94,3
50	17º	87,0	100,6	93,7
53	18º	87,0	100,6	93,0
56	19º	87,0	100,6	92,2
59	20º	87,0	100,6	91,3
62	21º	87,0	100,5	90,3
65	22º	87,0	100,4	89,3
68	23º	87,1	100,3	88,2
71	24º	86,7	100,6	87,3
74	25º	88,2	100,3	85,6
77	26º	82,4	91,1	81,0

(?) Ver FIG. 5.10

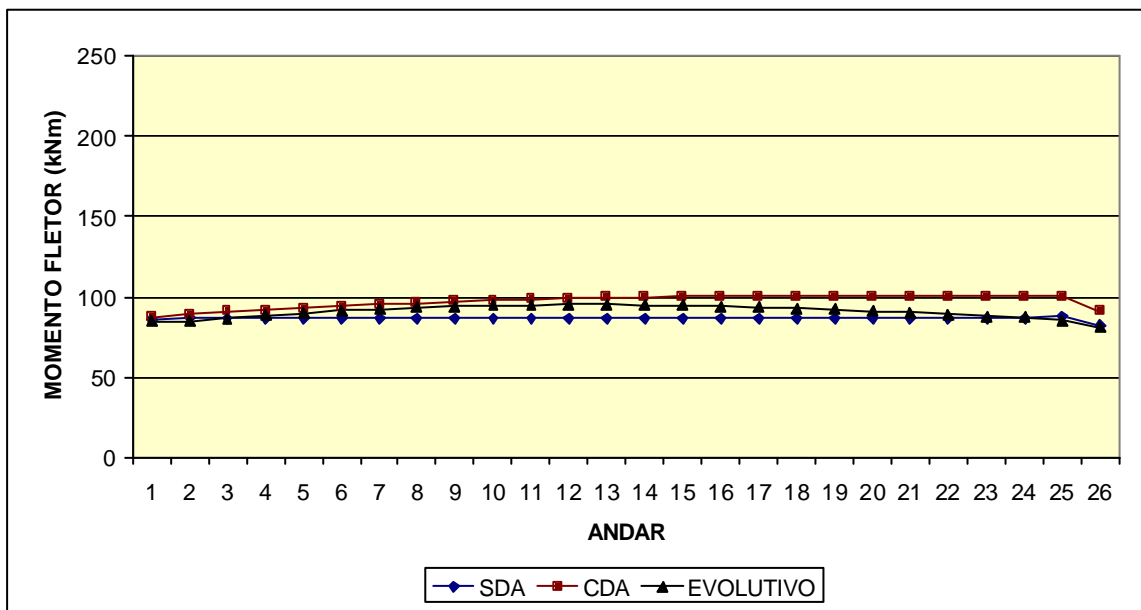
FIGURA 8.41 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS
4º processamento

TABELA 8.44 - Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-SVS
5º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	86,3	86,7	83,7
5	2º	87,2	87,7	82,7
8	3º	87,0	88,2	83,8
11	4º	87,0	88,6	84,5
14	5º	87,0	88,9	85,1
17	6º	87,0	89,4	85,7
20	7º	87,0	89,7	86,3
23	8º	87,0	90,0	86,6
26	9º	87,0	90,3	86,9
29	10º	87,0	90,5	87,1
32	11º	87,0	90,8	87,2
35	12º	87,0	91,0	87,3
38	13º	87,0	91,1	87,3
41	14º	87,0	91,2	87,2
44	15º	87,0	91,3	87,0
47	16º	87,0	91,3	86,8
50	17º	87,0	91,4	86,5
53	18º	87,0	91,3	86,2
56	19º	87,0	91,3	85,8
59	20º	87,0	91,3	85,4
62	21º	87,0	91,2	85,0
65	22º	87,0	91,2	84,5
68	23º	87,1	91,1	84,0
71	24º	86,7	91,4	83,6
74	25º	88,2	91,2	82,6
77	26º	82,4	82,9	78,8

(?) Ver FIG. 5.10

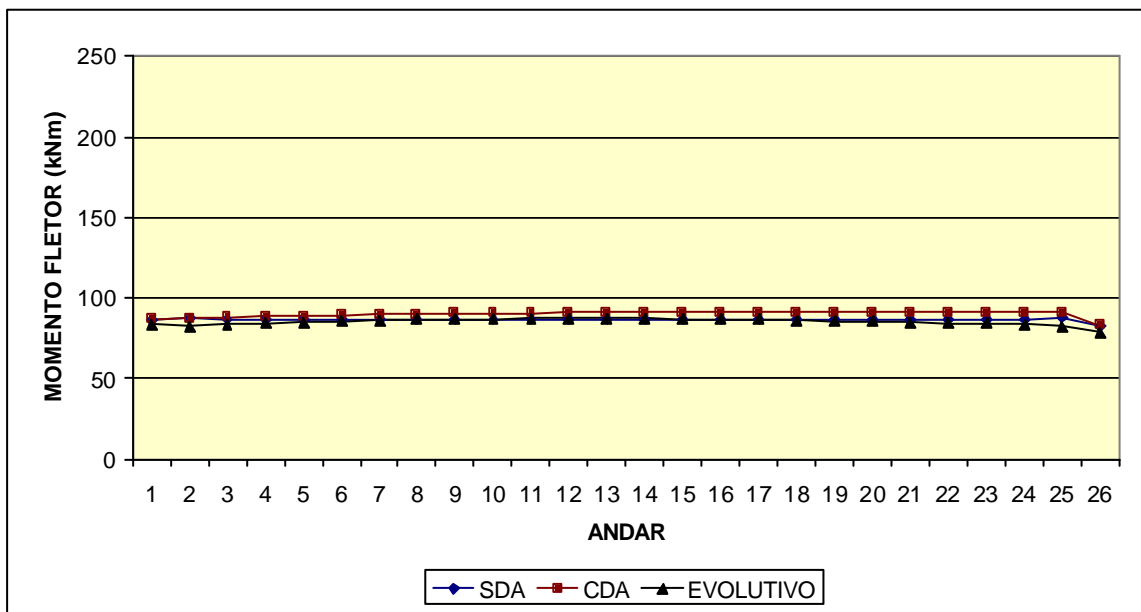
FIGURA 8.42 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-SVS
5º processamento

TABELA 8.45 - Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS
1? processamento

BARRA (°)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-74,3	-69,9
5	2?	-91,4	-58,4	-50,4
8	3?	-91,5	-44,1	-32,0
11	4?	-91,5	-31,2	-16,4
14	5?	-91,5	-19,6	-3,4
17	6?	-91,5	-9,2	7,4
20	7?	-91,5	0,3	16,1
23	8?	-91,5	8,7	23,1
26	9?	-91,5	16,4	28,4
29	10?	-91,5	23,3	32,2
32	11?	-91,5	29,5	34,7
35	12?	-91,5	35,0	36,1
38	13?	-91,5	40,0	36,4
41	14?	-91,5	44,4	35,6
44	15?	-91,5	48,3	33,9
47	16?	-91,5	51,8	31,4
50	17?	-91,5	54,9	27,9
53	18?	-91,5	57,7	23,6
56	19?	-91,5	60,0	18,4
59	20?	-91,5	62,1	12,3
62	21?	-91,5	63,8	5,2
65	22?	-91,5	65,2	-2,8
68	23?	-91,5	66,4	-11,9
71	24?	-91,6	67,8	-22,0
74	25?	-90,9	68,1	-33,8
77	26?	-93,8	57,4	-49,7

(?) Ver FIG. 5.10

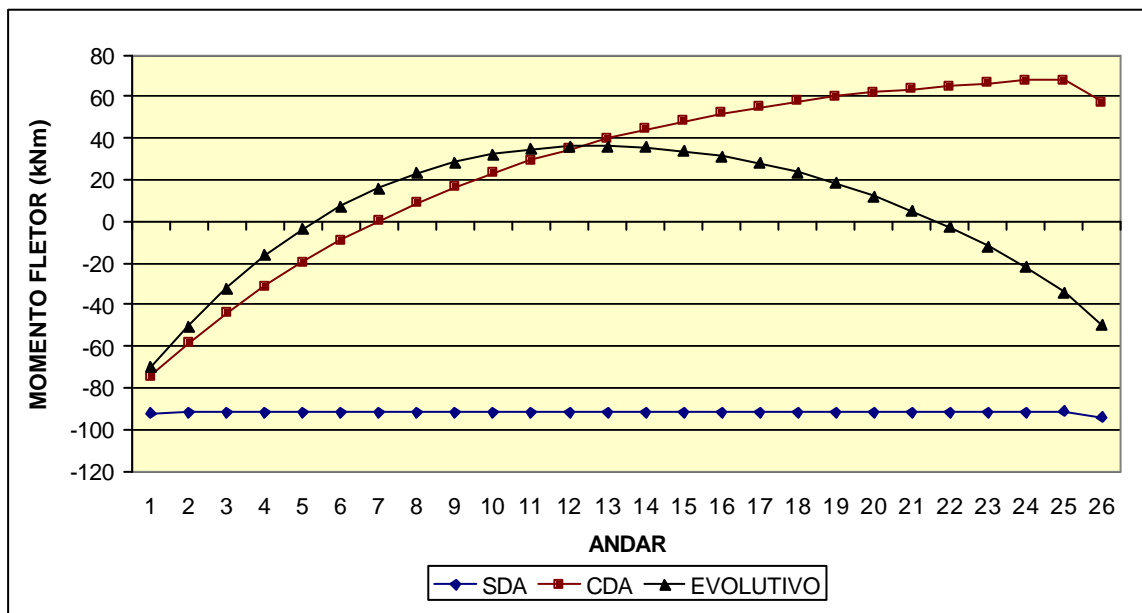
FIGURA 8.43 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS
1? processamento

TABELA 8.46 - Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS
2º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	-91,9	-84,5	-83,4
5	2º	-91,4	-77,2	-74,9
8	3º	-91,5	-70,0	-65,7
11	4º	-91,5	-63,3	-57,5
14	5º	-91,5	-56,9	-50,4
17	6º	-91,5	-50,9	-44,1
20	7º	-91,5	-45,4	-38,8
23	8º	-91,5	-40,3	-34,5
26	9º	-91,5	-35,7	-31,0
29	10º	-91,5	-31,6	-28,5
32	11º	-91,5	-28,0	-26,8
35	12º	-91,5	-25,0	-26,0
38	13º	-91,5	-22,4	-26,0
41	14º	-91,5	-20,3	-26,7
44	15º	-91,5	-18,6	-28,1
47	16º	-91,5	-17,4	-30,1
50	17º	-91,5	-16,5	-32,7
53	18º	-91,5	-15,9	-35,9
56	19º	-91,5	-15,6	-39,5
59	20º	-91,5	-15,5	-43,5
62	21º	-91,5	-15,7	-48,0
65	22º	-91,5	-16,0	-52,8
68	23º	-91,5	-16,3	-57,8
71	24º	-91,6	-16,3	-63,0
74	25º	-90,9	-16,8	-68,7
77	26º	-93,8	-24,3	-76,5

(?) Ver FIG. 5.10

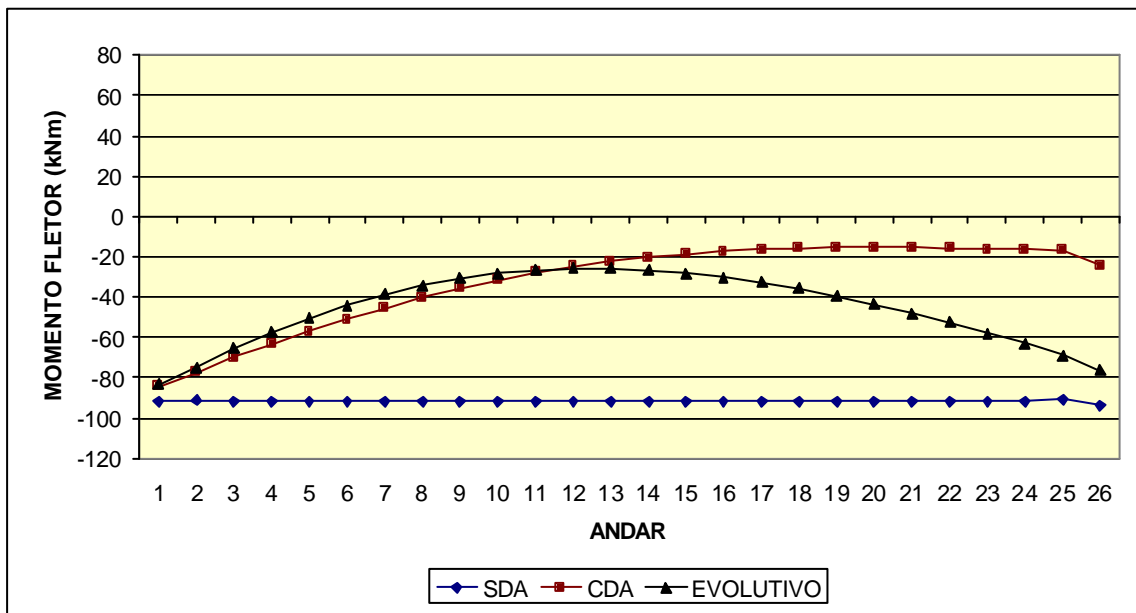


FIGURA 8.44 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS

2? processamento

TABELA 8.47 - Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS
3? processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	-91,9	-88,5	-88,9
5	2?	-91,4	-85,2	-85,5
8	3?	-91,5	-81,9	-81,1
11	4?	-91,5	-78,8	-77,3
14	5?	-91,5	-75,9	-73,9
17	6?	-91,5	-73,1	-70,9
20	7?	-91,5	-70,6	-68,5
23	8?	-91,5	-68,3	-66,4
26	9?	-91,5	-66,2	-64,8
29	10?	-91,5	-64,3	-63,6
32	11?	-91,5	-62,7	-62,8
35	12?	-91,5	-61,3	-62,4
38	13?	-91,5	-60,1	-62,4
41	14?	-91,5	-59,1	-62,7
44	15?	-91,5	-58,4	-63,4
47	16?	-91,5	-57,9	-64,5
50	17?	-91,5	-57,5	-65,8
53	18?	-91,5	-57,4	-67,3
56	19?	-91,5	-57,3	-69,1
59	20?	-91,5	-57,4	-71,1
62	21?	-91,5	-57,5	-73,3
65	22?	-91,5	-57,8	-75,5
68	23?	-91,5	-58,0	-77,9
71	24?	-91,6	-57,9	-80,3
74	25?	-90,9	-58,3	-83,1
77	26?	-93,8	-63,8	-87,4

(?) Ver FIG. 5.10

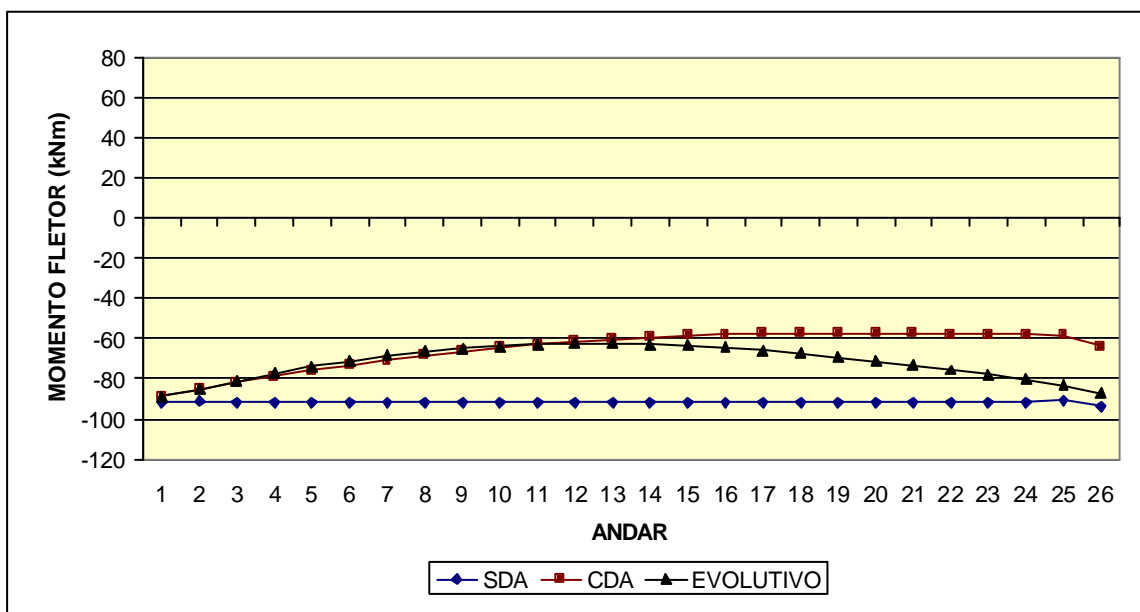


FIGURA 8.45 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS

3º processamento

TABELA 8.48 - Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS
4º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	-91,9	-90,5	-91,5
5	2º	-91,4	-88,9	-90,4
8	3º	-91,5	-87,6	-88,4
11	4º	-91,5	-86,4	-86,7
14	5º	-91,5	-85,3	-85,3
17	6º	-91,5	-84,1	-83,9
20	7º	-91,5	-83,0	-82,8
23	8º	-91,5	-82,0	-81,8
26	9º	-91,5	-81,2	-81,1
29	10º	-91,5	-80,5	-80,6
32	11º	-91,5	-79,7	-80,2
35	12º	-91,5	-79,2	-80,0
38	13º	-91,5	-78,7	-80,1
41	14º	-91,5	-78,3	-80,2
44	15º	-91,5	-78,1	-80,6
47	16º	-91,5	-77,8	-81,1
50	17º	-91,5	-77,7	-81,6
53	18º	-91,5	-77,7	-82,4
56	19º	-91,5	-77,7	-83,2
59	20º	-91,5	-77,7	-84,1
62	21º	-91,5	-77,8	-85,1
65	22º	-91,5	-77,9	-86,1
68	23º	-91,5	-78,0	-87,2
71	24º	-91,6	-77,9	-88,3
74	25º	-90,9	-78,1	-89,7
77	26º	-93,8	-82,7	-92,6

(*) Ver FIG. 5.10

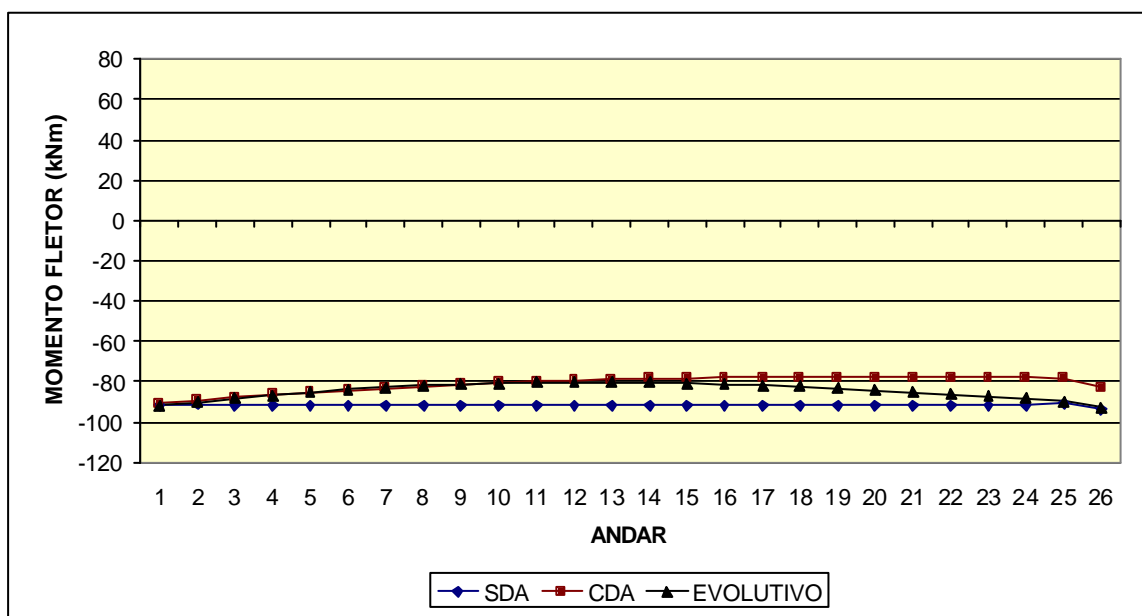


FIGURA 8.46 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS

4º processamento

TABELA 8.49 - Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-SVS
5º processamento

BARRA (°)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	-91,9	-91,5	-92,7
5	2º	-91,4	-90,8	-92,7
8	3º	-91,5	-90,3	-91,7
11	4º	-91,5	-89,9	-91,0
14	5º	-91,5	-89,5	-90,4
17	6º	-91,5	-89,1	-89,8
20	7º	-91,5	-88,7	-89,2
23	8º	-91,5	-88,4	-88,9
26	9º	-91,5	-88,2	-88,6
29	10º	-91,5	-87,9	-88,4
32	11º	-91,5	-87,7	-88,3
35	12º	-91,5	-87,5	-88,2
38	13º	-91,5	-87,4	-88,2
41	14º	-91,5	-87,2	-88,3
44	15º	-91,5	-87,2	-88,5
47	16º	-91,5	-87,1	-88,7
50	17º	-91,5	-87,1	-88,9
53	18º	-91,5	-87,1	-89,3
56	19º	-91,5	-87,1	-89,7
59	20º	-91,5	-87,2	-90,1
62	21º	-91,5	-87,2	-90,5
65	22º	-91,5	-87,3	-91,0
68	23º	-91,5	-87,3	-91,5
71	24º	-91,6	-87,2	-92,0
74	25º	-90,9	-87,3	-92,8
77	26º	-93,8	-91,5	-94,9

(?) Ver FIG. 5.10

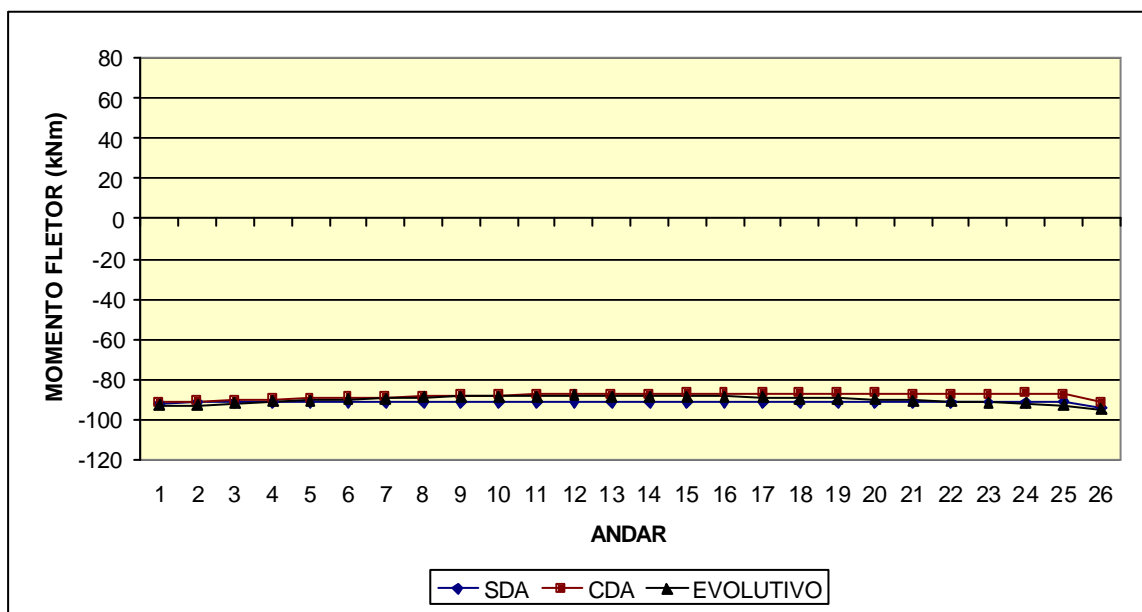


FIGURA 8.47 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-SVS

5º processamento

TABELA 8.50 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS
1º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3619	4631	4428
4	2º	3480	4486	4282
7	3º	3341	4336	4130
10	4º	3202	4181	3971
13	5º	3063	4022	3808
16	6º	2923	3859	3640
19	7º	2784	3693	3469
22	8º	2645	3523	3294
25	9º	2506	3351	3118
28	10º	2366	3176	2939
31	11º	2227	2998	2760
34	12º	2088	2819	2579
37	13º	1949	2638	2399
40	14º	1809	2456	2218
43	15º	1670	2271	2037
46	16º	1531	2086	1857
49	17º	1392	1899	1678
52	18º	1252	1712	1500
55	19º	1113	1523	1323
58	20º	974	1334	1148
61	21º	835	1144	975
64	22º	695	953	804
67	23º	556	762	636
70	24º	417	571	471
73	25º	278	379	310
76	26º	138	187	152

(?) Ver FIG. 5.10

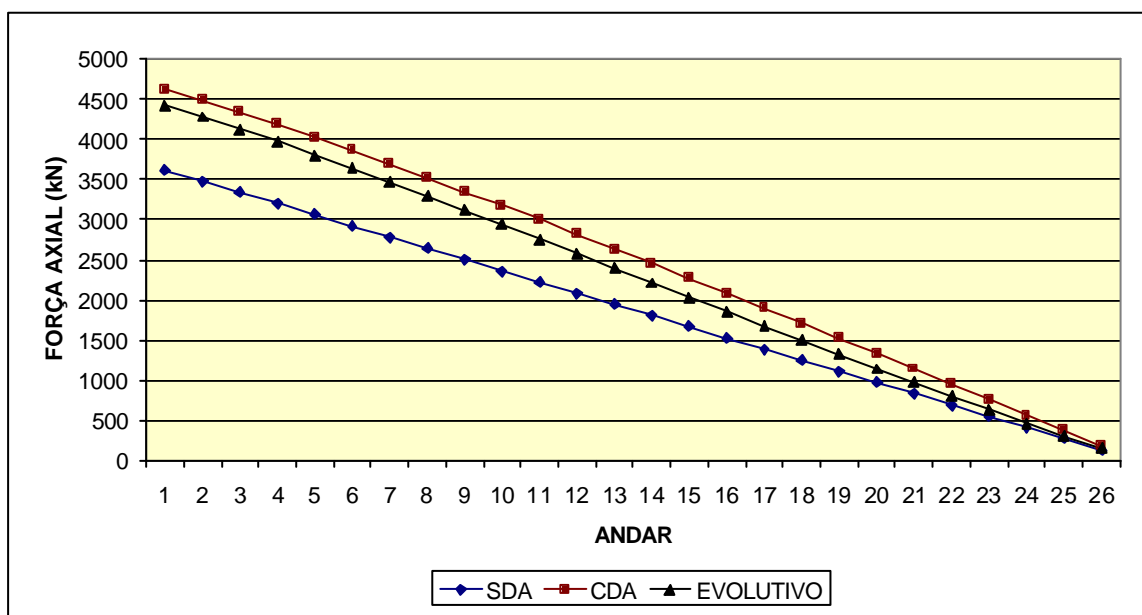


FIGURA 8.48 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS
1º processamento

TABELA 8.51 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS
2º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3619	4123	3999
4	2º	3480	3981	3858
7	3º	3341	3837	3713
10	4º	3202	3691	3566
13	5º	3063	3542	3416
16	6º	2923	3392	3264
19	7º	2784	3239	3109
22	8º	2645	3084	2953
25	9º	2506	2928	2796
28	10º	2366	2770	2637
31	11º	2227	2611	2477
34	12º	2088	2451	2317
37	13º	1949	2290	2157
40	14º	1809	2128	1997
43	15º	1670	1965	1837
46	16º	1531	1802	1677
49	17º	1392	1638	1518
52	18º	1252	1474	1360
55	19º	1113	1310	1203
58	20º	974	1145	1047
61	21º	835	981	892
64	22º	695	817	739
67	23º	556	652	587
70	24º	417	488	438
73	25º	278	324	289
76	26º	138	160	143

(*) Ver FIG. 5.10

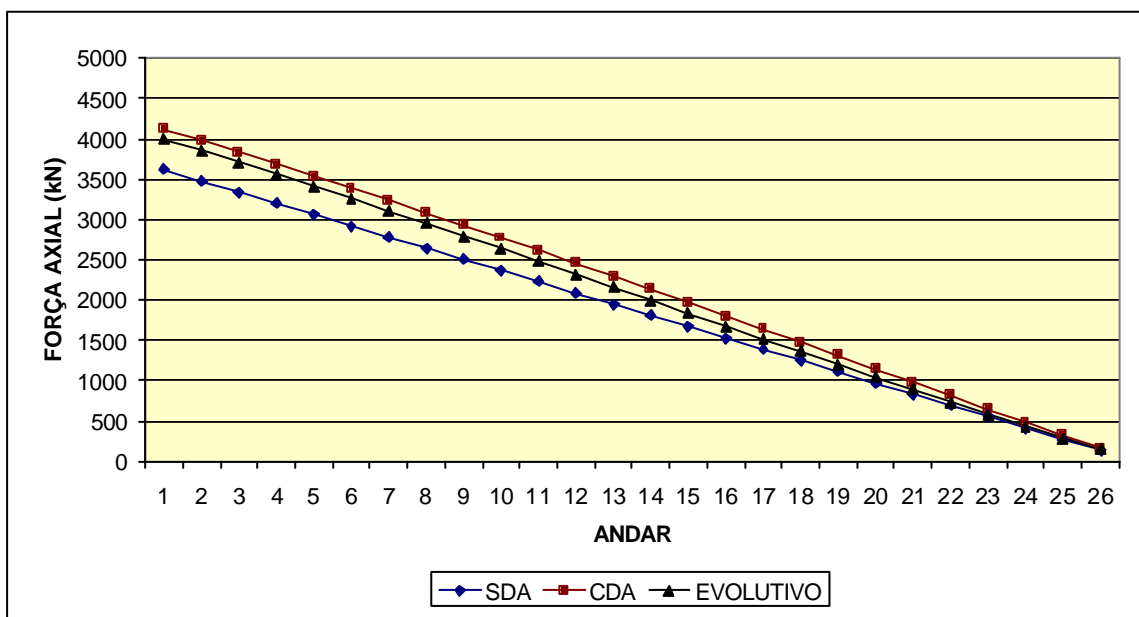


FIGURA 8.49 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS
2º processamento

TABELA 8.52 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS
3º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3619	3846	3775
4	2º	3480	3706	3636
7	3º	3341	3564	3495
10	4º	3202	3422	3353
13	5º	3063	3278	3209
16	6º	2923	3134	3065
19	7º	2784	2989	2919
22	8º	2645	2843	2773
25	9º	2506	2696	2626
28	10º	2366	2548	2478
31	11º	2227	2400	2330
34	12º	2088	2251	2182
37	13º	1949	2102	2034
40	14º	1809	1952	1885
43	15º	1670	1802	1737
46	16º	1531	1652	1589
49	17º	1392	1502	1441
52	18º	1252	1351	1294
55	19º	1113	1200	1147
58	20º	974	1050	1.001
61	21º	835	899	856
64	22º	695	749	711
67	23º	556	598	567
70	24º	417	448	424
73	25º	278	298	281
76	26º	138	148	140

(*) Ver FIG. 5.10

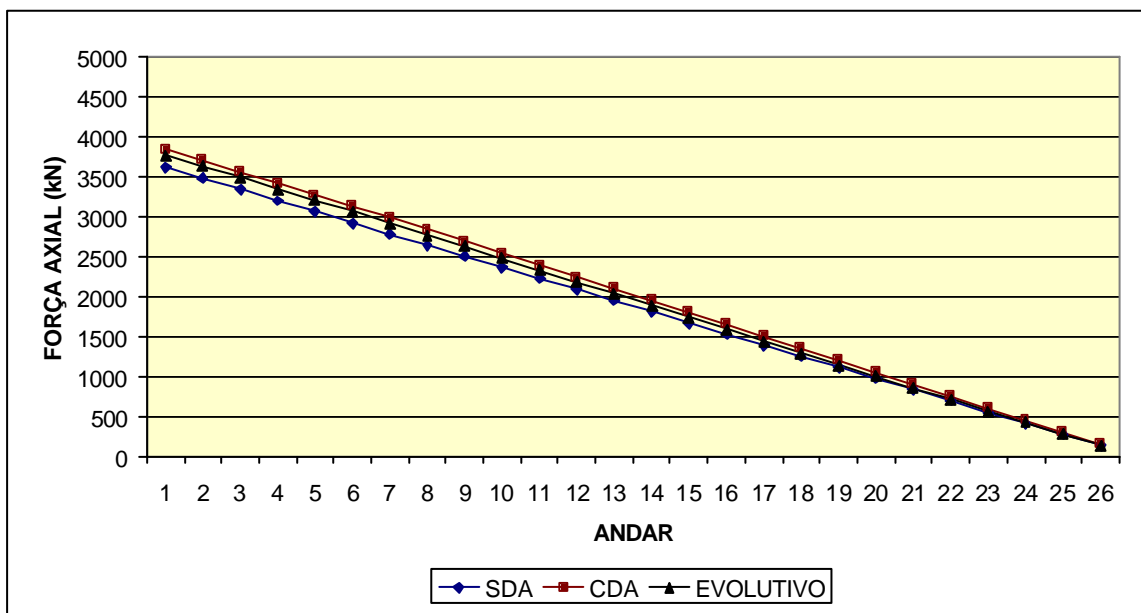


FIGURA 8.50 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS
3º processamento

TABELA 8.53 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS
4º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3619	3710	3668
4	2º	3480	3571	3529
7	3º	3341	3431	3390
10	4º	3202	3290	3250
13	5º	3063	3149	3110
16	6º	2923	3008	2969
19	7º	2784	2866	2828
22	8º	2645	2724	2686
25	9º	2506	2582	2544
28	10º	2366	2439	2402
31	11º	2227	2296	2260
34	12º	2088	2153	2117
37	13º	1949	2010	1975
40	14º	1809	1866	1832
43	15º	1670	1723	1690
46	16º	1531	1579	1547
49	17º	1392	1435	1405
52	18º	1252	1292	1263
55	19º	1113	1148	1122
58	20º	974	1004	980
61	21º	835	860	839
64	22º	695	716	698
67	23º	556	573	557
70	24º	417	429	417
73	25º	278	285	277
76	26º	138	141	138

(*) Ver FIG. 5.10

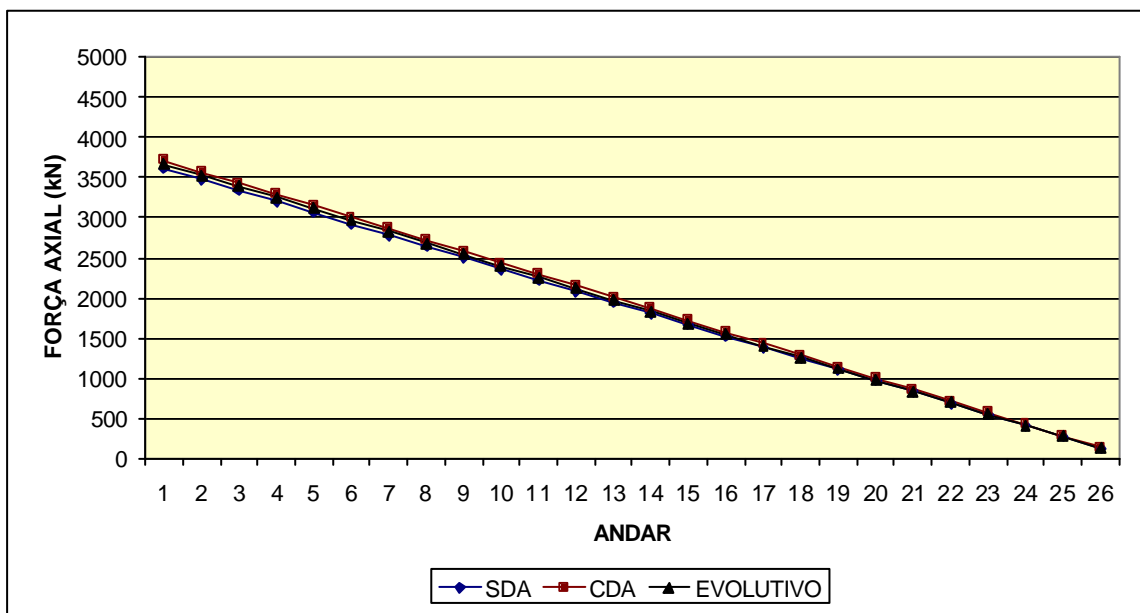


FIGURA 8.51 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS
4º processamento

TABELA 8.54 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-SVS
5º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3619	3648	3619
4	2º	3480	3509	3480
7	3º	3341	3369	3342
10	4º	3202	3229	3203
13	5º	3063	3090	3065
16	6º	2923	2950	2925
19	7º	2784	2810	2786
22	8º	2645	2670	2647
25	9º	2506	2529	2507
28	10º	2366	2389	2367
31	11º	2227	2248	2227
34	12º	2088	2108	2088
37	13º	1949	1967	1948
40	14º	1809	1827	1808
43	15º	1670	1686	1668
46	16º	1531	1545	1528
49	17º	1392	1405	1389
52	18º	1252	1264	1249
55	19º	1113	1123	1110
58	20º	974	983	970
61	21º	835	842	831
64	22º	695	701	692
67	23º	556	561	553
70	24º	417	420	414
73	25º	278	279	276
76	26º	138	139	137

(*) Ver FIG. 5.10

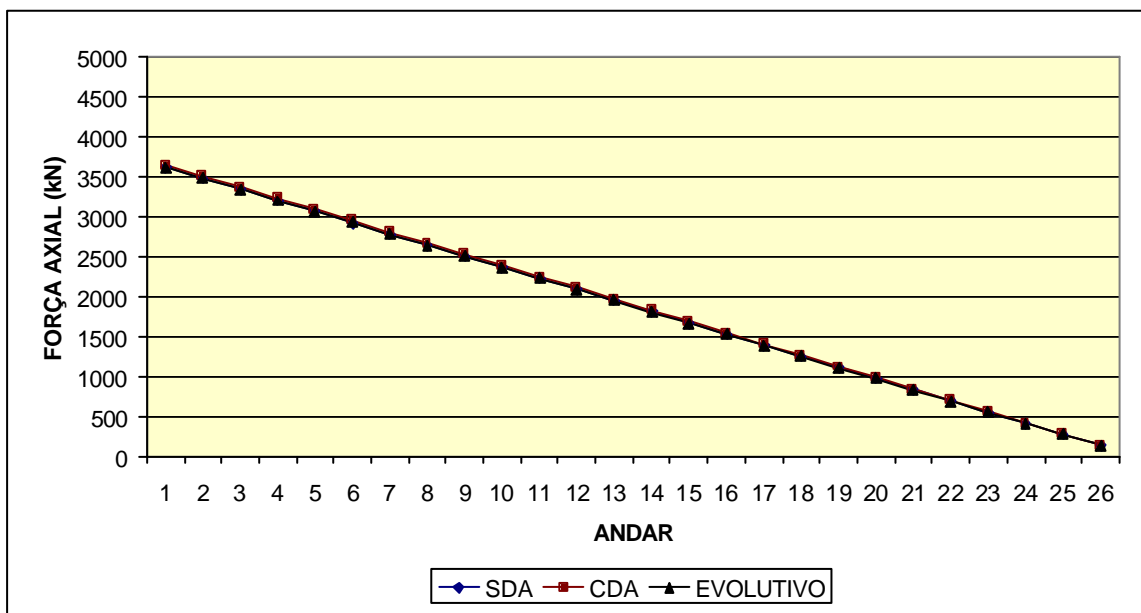


FIGURA 8.52 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-SVS
5º processamento

TABELA 8.55 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS
1º processamento

BARRA (°)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8361	6338	6744
6	2º	8039	6028	6436
9	3º	7718	5728	6141
12	4º	7396	5438	5857
15	5º	7075	5156	5584
18	6º	6753	4882	5320
21	7º	6432	4615	5063
24	8º	6110	4354	4811
27	9º	5789	4099	4565
30	10º	5467	3849	4321
33	11º	5146	3603	4080
36	12º	4824	3362	3841
39	13º	4503	3124	3603
42	14º	4181	2889	3365
45	15º	3860	2657	3126
48	16º	3538	2428	2886
51	17º	3217	2202	2645
54	18º	2895	1977	2401
57	19º	2574	1754	2154
60	20º	2252	1533	1904
63	21º	1931	1313	1650
66	22º	1609	1094	1392
69	23º	1288	876	1128
72	24º	966	659	858
75	25º	645	443	581
78	26º	343	227	296

(?) Ver FIG. 5.10

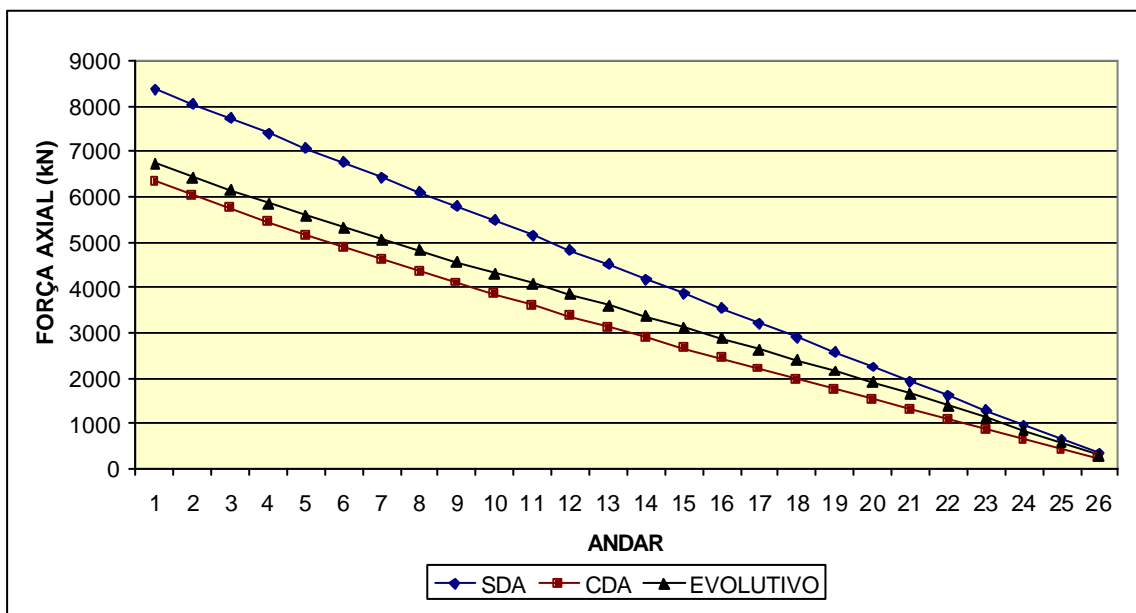


FIGURA 8.53 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS
1º processamento

TABELA 8.56 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS
2º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8361	7355	7602
6	2º	8039	7038	7285
9	3º	7718	6726	6973
12	4º	7396	6419	6668
15	5º	7075	6116	6368
18	6º	6753	5817	6072
21	7º	6432	5522	5781
24	8º	6110	5231	5493
27	9º	5789	4944	5209
30	10º	5467	4659	4926
33	11º	5146	4377	4645
36	12º	4824	4098	4365
39	13º	4503	3820	4086
42	14º	4181	3544	3807
45	15º	3860	3270	3527
48	16º	3538	2997	3246
51	17º	3217	2724	2964
54	18º	2895	2452	2681
57	19º	2574	2181	2395
60	20º	2252	1909	2107
63	21º	1931	1638	1816
66	22º	1609	1367	1522
69	23º	1288	1095	1225
72	24º	966	823	925
75	25º	645	552	621
78	26º	343	280	313

(*) Ver FIG. 5.10

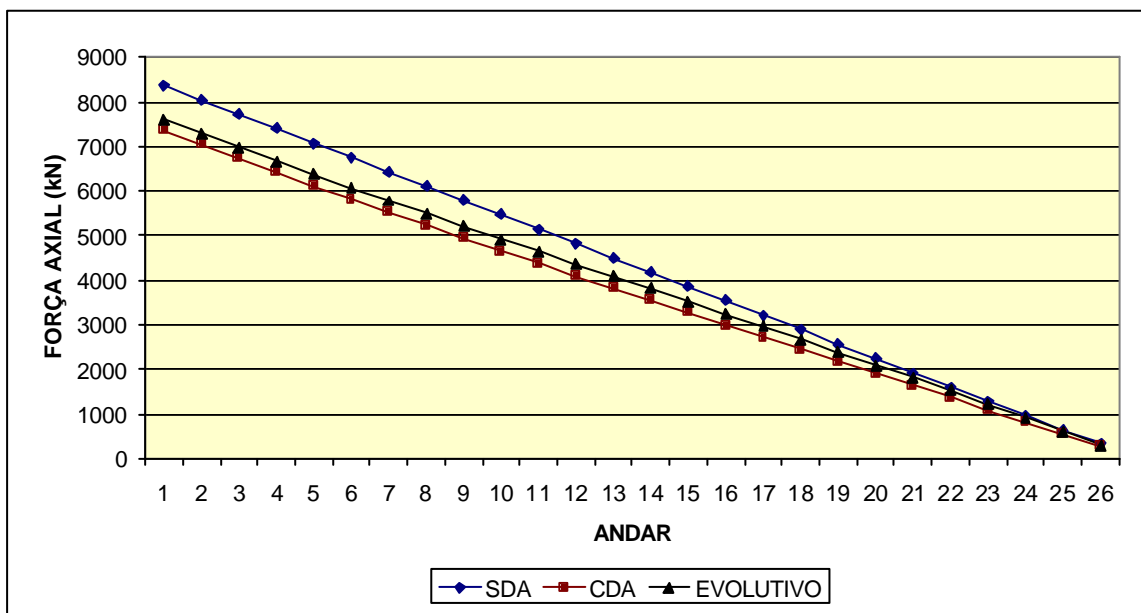


FIGURA 8.54 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS
2º processamento

TABELA 8.57 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS
3º processamento

BARRA (°)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8361	7909	8049
6	2º	8039	7589	7729
9	3º	7718	7272	7410
12	4º	7396	6956	7095
15	5º	7075	6643	6782
18	6º	6753	6332	6471
21	7º	6432	6023	6162
24	8º	6110	5715	5855
27	9º	5789	5409	5549
30	10º	5467	5104	5244
33	11º	5146	4801	4940
36	12º	4824	4498	4636
39	13º	4503	4197	4333
42	14º	4181	3896	4030
45	15º	3860	3596	3726
48	16º	3538	3296	3422
51	17º	3217	2997	3117
54	18º	2895	2698	2812
57	19º	2574	2399	2505
60	20º	2252	2100	2198
63	21º	1931	1801	1889
66	22º	1609	1502	1578
69	23º	1288	1203	1266
72	24º	966	904	953
75	25º	645	604	638
78	26º	343	305	321

(?) Ver FIG. 5.10

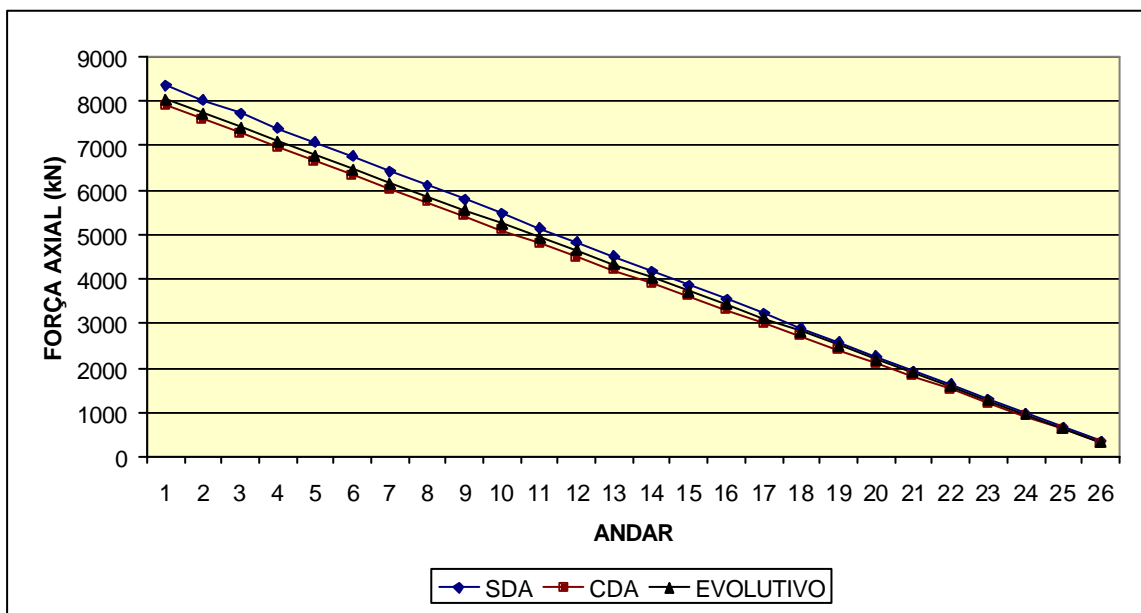


FIGURA 8.55 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS
3º processamento

TABELA 8.58– Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS
4º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8361	8179	8264
6	2º	8039	7858	7941
9	3º	7718	7538	7620
12	4º	7396	7219	7299
15	5º	7075	6901	6980
18	6º	6753	6584	6662
21	7º	6432	6267	6344
24	8º	6110	5951	6027
27	9º	5789	5636	5711
30	10º	5467	5321	5396
33	11º	5146	5007	5080
36	12º	4824	4693	4765
39	13º	4503	4380	4450
42	14º	4181	4067	4135
45	15º	3860	3754	3820
48	16º	3538	3442	3505
51	17º	3217	3129	3190
54	18º	2895	2817	2874
57	19º	2574	2505	2557
60	20º	2252	2192	2240
63	21º	1931	1880	1922
66	22º	1609	1567	1604
69	23º	1288	1255	1285
72	24º	966	942	966
75	25º	645	630	645
78	26º	343	317	324

(*) Ver FIG. 5.10

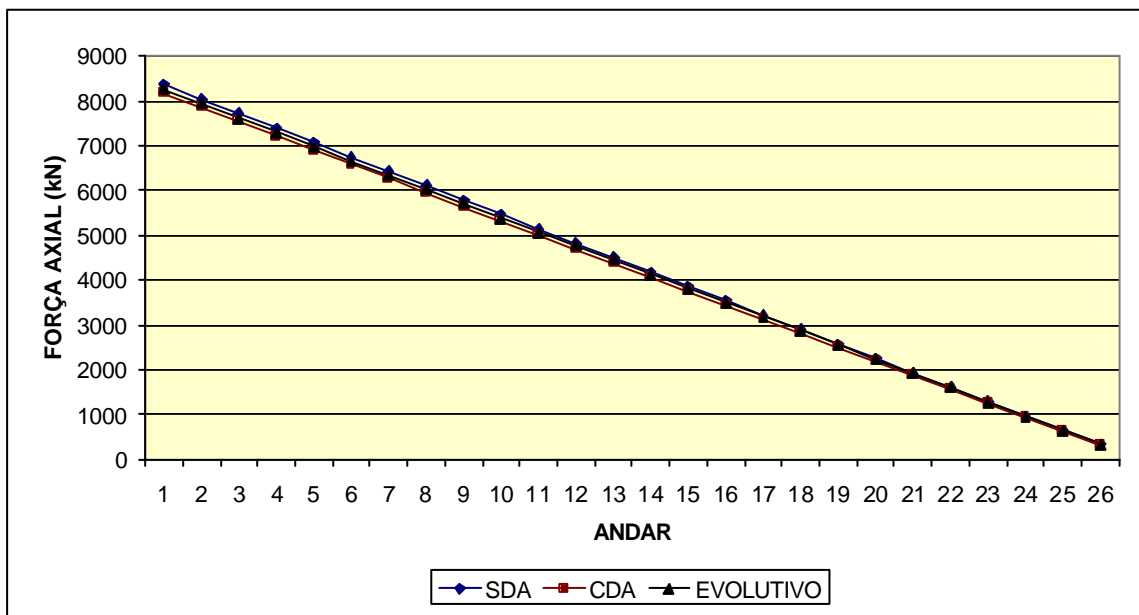


FIGURA 8.56 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS
4º processamento

TABELA 8.59– Força axial no pilar interno do pórtico P26-SVS
5º processamento

BARRA (°)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8361	8305	8362
6	2º	8039	7983	8039
9	3º	7718	7662	7716
12	4º	7396	7341	7393
15	5º	7075	7021	7071
18	6º	6753	6701	6749
21	7º	6432	6381	6428
24	8º	6110	6061	6107
27	9º	5789	5742	5786
30	10º	5467	5422	5466
33	11º	5146	5103	5145
36	12º	4824	4784	4825
39	13º	4503	4465	4504
42	14º	4181	4147	4184
45	15º	3860	3828	3864
48	16º	3538	3509	3543
51	17º	3217	3191	3223
54	18º	2895	2872	2902
57	19º	2574	2554	2581
60	20º	2252	2235	2260
63	21º	1931	1916	1938
66	22º	1609	1598	1616
69	23º	1288	1279	1294
72	24º	966	960	972
75	25º	645	642	649
78	26º	343	323	325

(?) Ver FIG. 5.10

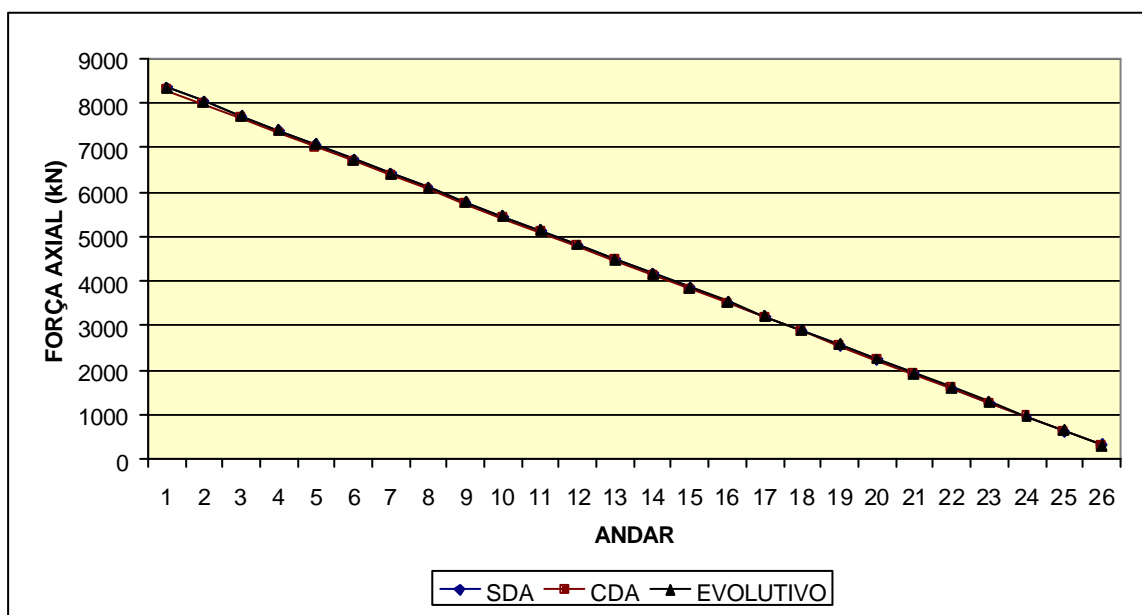


FIGURA 8.57 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-SVS
5º processamento

TABELA 8.60 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-SVS
1º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,89	1,20
2º	0	1,69	2,25
3º	0	2,41	3,18
4º	0	3,06	3,98
5º	0	3,65	4,64
6º	0	4,18	5,19
7º	0	4,66	5,64
8º	0	5,10	5,99
9º	0	5,48	6,26
10º	0	5,83	6,46
11º	0	6,15	6,59
12º	0	6,43	6,66
13º	0	6,68	6,67
14º	0	6,91	6,64
15º	0	7,11	6,55
16º	0	7,29	6,42
17º	0	7,44	6,25
18º	0	7,58	6,03
19º	0	7,70	5,76
20º	0	7,80	5,45
21º	0	7,89	5,09
22º	0	7,96	4,69
23º	0	8,02	4,22
24º	0	8,07	3,70
25º	0	8,10	3,12
26º	0	8,12	2,47

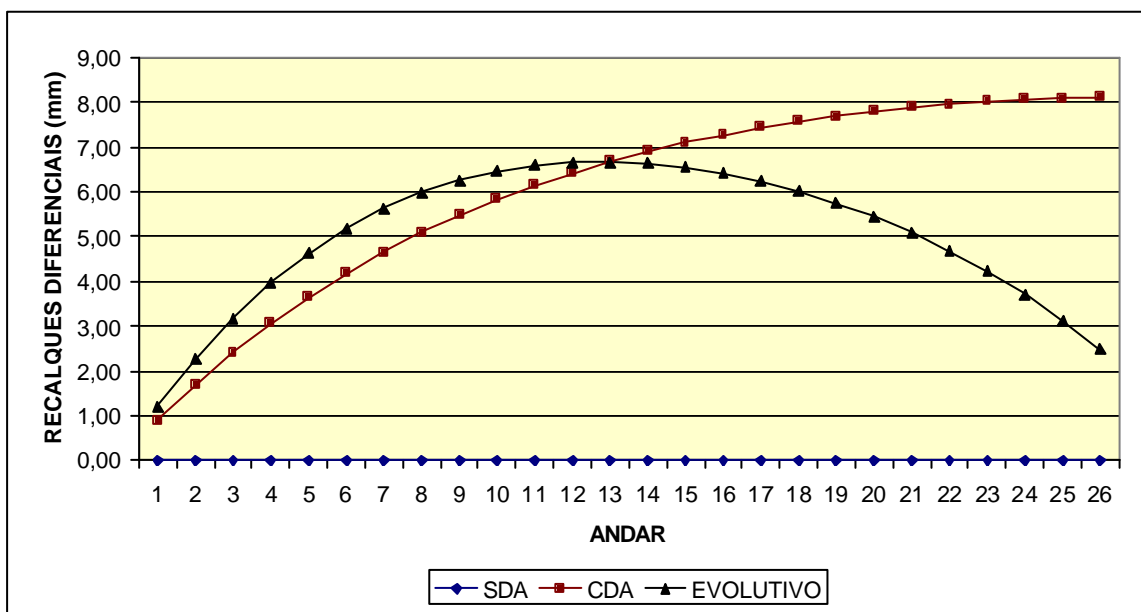


FIGURA 8.58 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-SVS
1? processamento

TABELA 8.61 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-SVS
2? processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,37	0,52
2?	0	0,73	1,00
3?	0	1,09	1,47
4?	0	1,44	1,88
5?	0	1,76	2,24
6?	0	2,06	2,57
7?	0	2,34	2,83
8?	0	2,60	3,06
9?	0	2,84	3,23
10?	0	3,04	3,36
11?	0	3,23	3,45
12?	0	3,38	3,49
13?	0	3,51	3,49
14?	0	3,62	3,45
15?	0	3,70	3,38
16?	0	3,77	3,28
17?	0	3,81	3,15
18?	0	3,84	2,99
19?	0	3,86	2,80
20?	0	3,86	2,60
21?	0	3,85	2,37
22?	0	3,84	2,13
23?	0	3,82	1,87
24?	0	3,80	1,60
25?	0	3,79	1,33
26?	0	3,78	1,05

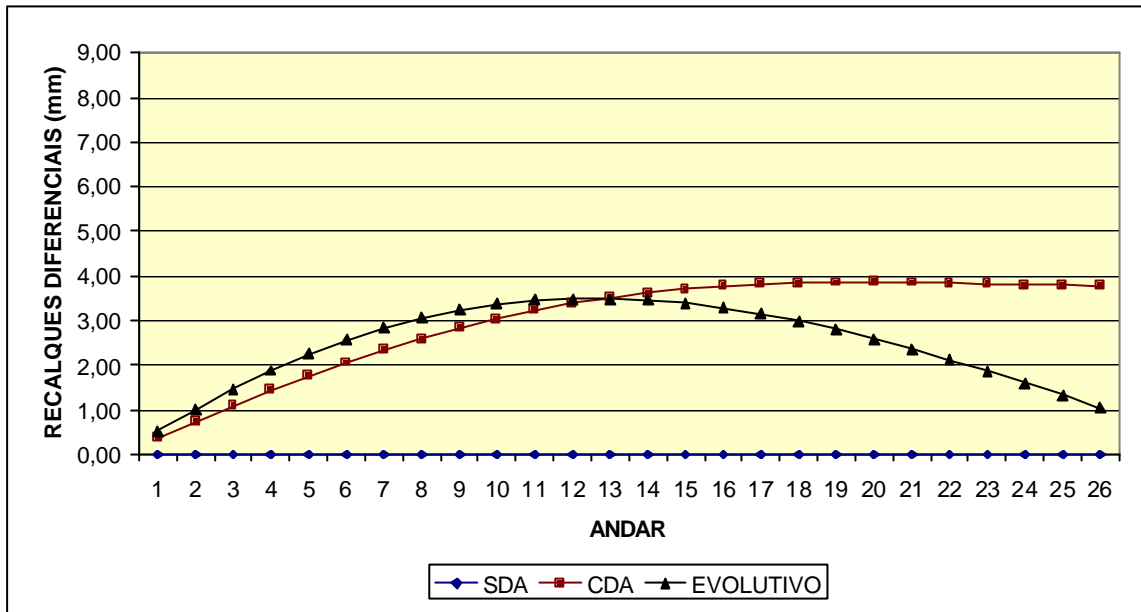


FIGURA 8.59 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-SVS
2º processamento

TABELA 8.62 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-SVS
3º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,17	0,24
2º	0	0,33	0,46
3º	0	0,49	0,68
4º	0	0,64	0,87
5º	0	0,79	1,05
6º	0	0,93	1,20
7º	0	1,06	1,32
8º	0	1,18	1,43
9º	0	1,29	1,51
10º	0	1,38	1,57
11º	0	1,47	1,61
12º	0	1,54	1,63
13º	0	1,60	1,63
14º	0	1,65	1,62
15º	0	1,68	1,58
16º	0	1,71	1,53
17º	0	1,73	1,46
18º	0	1,74	1,38
19º	0	1,74	1,29
20º	0	1,73	1,19
21º	0	1,73	1,08
22º	0	1,72	0,97
23º	0	1,70	0,84
24º	0	1,69	0,72
25º	0	1,69	0,59
26º	0	1,68	0,47

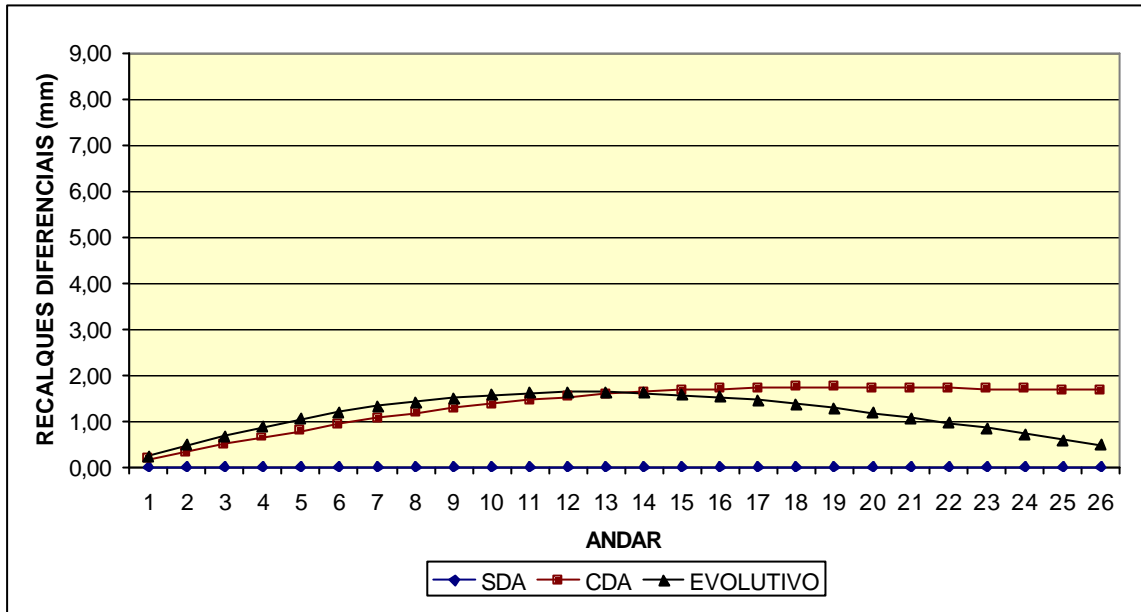


FIGURA 8.60 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-SVS
3? processamento

TABELA 8.63 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-SVS
4? processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1?	0	0,07	0,11
2?	0	0,13	0,21
3?	0	0,20	0,30
4?	0	0,26	0,39
5?	0	0,32	0,47
6?	0	0,38	0,54
7?	0	0,43	0,59
8?	0	0,48	0,64
9?	0	0,52	0,68
10?	0	0,56	0,70
11?	0	0,60	0,72
12?	0	0,63	0,73
13?	0	0,65	0,73
14?	0	0,67	0,72
15?	0	0,68	0,71
16?	0	0,69	0,68
17?	0	0,70	0,65
18?	0	0,70	0,61
19?	0	0,70	0,57
20?	0	0,70	0,53
21?	0	0,70	0,48
22?	0	0,69	0,42
23?	0	0,68	0,37
24?	0	0,68	0,31
25?	0	0,68	0,25
26?	0	0,68	0,19

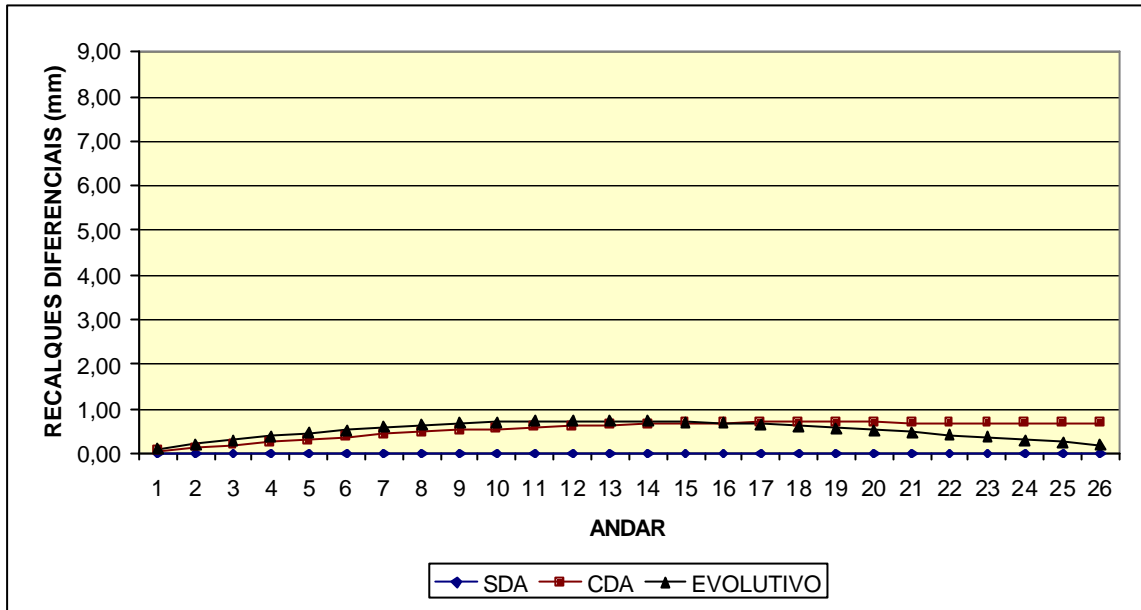


FIGURA 8.61 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-SVS
4º processamento

TABELA 8.64 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-SVS
5º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,02	0,05
2º	0	0,04	0,09
3º	0	0,06	0,14
4º	0	0,08	0,17
5º	0	0,10	0,20
6º	0	0,12	0,24
7º	0	0,14	0,26
8º	0	0,16	0,28
9º	0	0,17	0,30
10º	0	0,18	0,31
11º	0	0,19	0,31
12º	0	0,20	0,32
13º	0	0,21	0,32
14º	0	0,22	0,31
15º	0	0,22	0,30
16º	0	0,22	0,29
17º	0	0,22	0,28
18º	0	0,22	0,26
19º	0	0,22	0,24
20º	0	0,22	0,22
21º	0	0,22	0,20
22º	0	0,22	0,17
23º	0	0,21	0,15
24º	0	0,21	0,12
25º	0	0,21	0,09
26º	0	0,21	0,07

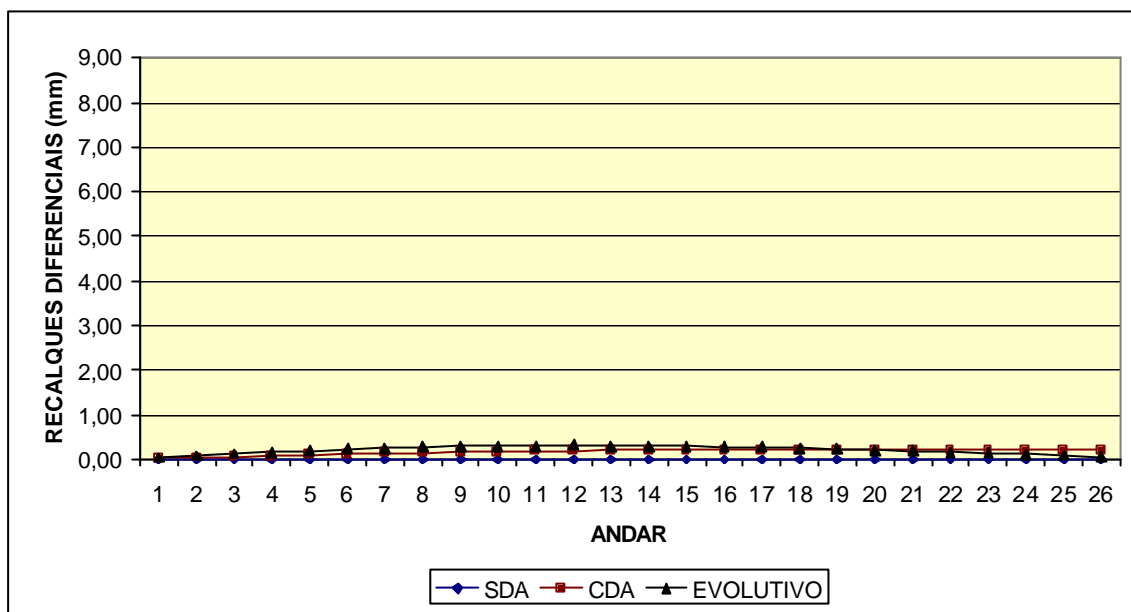


FIGURA 8.62 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-SVS
5? processamento

8.3 – Uniformização das Tensões do Pórtico P26-CVS

Neste item o objetivo também é mostrar que o algoritmo proposto no item 8.1 para uniformização das tensões normais nos pilares pode ser aplicado para um pórtico com qualquer número de andares e com seções variando.

Os comentários a serem feitos com relação às tabelas e gráficos apresentados a seguir são análogos aos já feitos no item 8.1 para o pórtico P16.

Para facilitar o exame das tabelas e gráficos, apresenta-se abaixo uma relação de equivalência entre eles:

ITEM 8.1		ITEM 8.3
TAB. 8.1	↔	TAB. 8.65
TAB. 8.2	↔	TAB. 8.66
TAB. 8.3	↔	TAB. 8.67
TAB. 8.4	↔	TAB. 8.68
TAB. 8.5	↔	TAB. 8.69

TAB. 8.6 ✍ TAB. 8.70

TAB. 8.7 ✍ TAB. 8.71

FIG. 8.1 ✍ FIG. 8.63

FIG. 8.2 ✍ FIG. 8.64

FIG. 8.3 ✍ FIG. 8.65

FIG. 8.4 ✍ FIG. 8.66

FIG. 8.5 ✍ FIG. 8.67

FIG. 8.6 ✍ FIG. 8.68

TABELA 8.65 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS – 1º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	? _{xe} ? (7)?	? _{xi} ? (8)?	? _{xi} ? _{xe} ? (9)?	A = F _{xi} /? _{xe} (10)
1	3	4384	3416	0,4225	0,2113	10377	16169	1,558	0,329
4	6	4239	3261	0,4225	0,2113	10033	15438	1,539	0,325
7	9	4085	3115	0,4225	0,2113	9668	14746	1,525	0,322
10	12	3922	2977	0,4225	0,2113	9285	14094	1,518	0,321
13	15	3753	2847	0,4225	0,2113	8884	13476	1,517	0,320
16	18	3578	2722	0,4225	0,2113	8468	12887	1,522	0,321
19	21	3399	2601	0,3025	0,15125	11235	17199	1,531	0,232
22	24	3229	2471	0,3025	0,15125	10098	16340	1,531	0,232
25	27	3055	2346	0,3025	0,15125	9510	15507	1,536	0,232
28	30	2877	2223	0,3025	0,15125	8914	14698	1,545	0,234
31	33	2697	2104	0,3025	0,15125	8310	13907	1,560	0,236
34	36	2514	1986	0,3025	0,15125	9380	13131	1,580	0,239
37	39	2330	1870	0,3025	0,15125	7701	12360	1,606	0,243
40	42	2144	1756	0,3025	0,15125	7088	11610	1,638	0,248
43	45	1958	1642	0,3025	0,15125	6471	10859	1,678	0,254
46	48	1770	1530	0,3025	0,15125	5852	10114	1,728	0,261
49	51	1587	1413	0,1600	0,0800	9921	17659	1,780	0,142
52	54	1424	1276	0,1600	0,0800	8901	15948	1,792	0,143
55	57	1260	1140	0,1600	0,0800	7874	14253	1,810	0,145
58	60	1095	1005	0,1600	0,0800	6843	12565	1,836	0,147
61	63	930	870	0,1600	0,0800	5814	10872	1,870	0,150
64	66	767	733	0,1600	0,0800	4793	9164	1,912	0,153
67	69	606	594	0,1600	0,0800	3785	7430	1,963	0,157
70	72	447	453	0,1600	0,0800	2794	5663	2,027	0,162
73	75	292	308	0,1600	0,0800	1825	3850	2,110	0,169
76	78	141	159	0,1600	0,0800	879	1992	2,265	0,181

TABELA 8.66 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS – 2º processamento

Barra	Força Axial (kN)	Área (m ²)	Tensão (kN/m ²)	Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
-------	------------------	------------------------	-----------------------------	---------------------	-----------------------------------

Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	$\frac{F_{xe}}{A_e}$ (7)?	$\frac{F_{xi}}{A_i}$ (8)?	$\frac{F_{xi}}{A_i} \cdot \frac{A_e}{F_{xe}}$ (9)?	A = F _{xi} /F _{xe} (10)
1	3	3891	3909	0,4225	0,329	9210	11880	1,290	0,424
4	6	3752	3748	0,4225	0,325	8880	11533	1,299	0,422
7	9	3608	3592	0,4225	0,322	8540	11155	1,306	0,421
10	12	3460	3440	0,4225	0,321	8190	10716	1,309	0,420
13	15	3308	3292	0,4225	0,320	7830	10287	1,314	0,420
16	18	3153	3147	0,4225	0,321	7462	9804	1,314	0,422
19	21	2995	3005	0,3025	0,232	9902	12951	1,308	0,303
22	24	2843	2857	0,3025	0,232	9397	12316	1,311	0,304
25	27	2688	2712	0,3025	0,232	8886	11690	1,316	0,305
28	30	2531	2569	0,3025	0,234	8368	10978	1,312	0,307
31	33	2373	2427	0,3025	0,236	7844	10284	1,311	0,309
34	36	2213	2287	0,3025	0,239	7317	9568	1,308	0,313
37	39	2053	2147	0,3025	0,243	6786	8836	1,302	0,316
40	42	1892	2008	0,3025	0,248	6255	8097	1,295	0,321
43	45	1731	1869	0,3025	0,254	5722	7358	1,286	0,327
46	48	1570	1730	0,3025	0,261	5190	6628	1,277	0,333
49	51	1412	1588	0,1600	0,142	8825	11183	1,267	0,180
52	54	1267	1433	0,1600	0,143	7916	10024	1,266	0,181
55	57	1121	1279	0,1600	0,145	7008	8819	1,258	0,182
58	60	977	1124	0,1600	0,147	6103	7643	1,252	0,184
61	63	832	968	0,1600	0,150	5203	6451	1,240	0,186
64	66	689	811	0,1600	0,153	4309	5298	1,230	0,188
67	69	548	652	0,1600	0,157	3423	4155	1,214	0,191
70	72	407	493	0,1600	0,162	2546	3041	1,195	0,194
73	75	269	331	0,1600	0,169	1680	1960	1,167	0,197
76	78	132	168	0,1600	0,181	823	930	1,131	0,205

TABELA 8.67 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS – 3º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	$\frac{F_{xe}}{A_e}$ (7)?	$\frac{F_{xi}}{A_i}$ (8)?	$\frac{F_{xi}}{A_i} \cdot \frac{A_e}{F_{xe}}$ (9)?	A = F _{xi} /F _{xe} (10)
1	3	3634	4167	0,4225	0,424	8600	9827	1,143	0,484
4	6	3496	4004	0,4225	0,422	8276	9487	1,146	0,484
7	9	3358	3842	0,4225	0,421	7948	9126	1,148	0,483
10	12	3218	3683	0,4225	0,420	7615	8768	1,151	0,484
13	15	3075	3525	0,4225	0,420	7279	8392	1,153	0,484
16	18	2931	3369	0,4225	0,422	6938	7983	1,151	0,486
19	21	2786	3214	0,3025	0,303	9211	10606	1,151	0,349
22	24	2644	3056	0,3025	0,304	8742	10052	1,150	0,350
25	27	2501	2899	0,3025	0,305	8268	9504	1,149	0,351
28	30	2357	2743	0,3025	0,307	7793	8934	1,146	0,352
31	33	2213	2587	0,3025	0,309	7314	8374	1,145	0,354
34	36	2067	2433	0,3025	0,313	6834	7772	1,137	0,356
37	39	1922	2278	0,3025	0,316	6353	7210	1,135	0,359
40	42	1776	2124	0,3025	0,321	5871	6617	1,127	0,362
43	45	1630	1970	0,3025	0,327	5389	6024	1,118	0,366
46	48	1485	1816	0,3025	0,333	4907	5452	1,111	0,370
49	51	1340	1660	0,1600	0,180	8377	9221	1,101	0,198
52	54	1204	1496	0,1600	0,181	7524	8266	1,099	0,199
55	57	1068	1332	0,1600	0,182	6673	7320	1,097	0,200
58	60	932	1168	0,1600	0,184	5824	6349	1,090	0,201
61	63	796	1004	0,1600	0,186	4977	5396	1,084	0,202
64	66	662	839	0,1600	0,188	4134	4460	1,079	0,203
67	69	527	673	0,1600	0,191	3295	3523	1,069	0,204
70	72	394	506	0,1600	0,194	2460	2610	1,061	0,206
73	75	261	339	0,1600	0,197	1630	1722	1,056	0,208
76	78	129	172	0,1600	0,205	803	836	1,041	0,213

TABELA 8.68 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS – 4º processamento

Barra	Força Axial (kN)	Área (m ²)	Tensão (kN/m ²)	Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
-------	------------------	------------------------	-----------------------------	---------------------	-----------------------------------

Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	$\frac{F_{xe}}{A_e}$ (7)?	$\frac{F_{xi}}{A_i}$ (8)?	$\frac{F_{xi}}{A_e}$ (9)?	A = F _{xi} /A _e (10)
1	3	3514	4286	0,4225	0,484	8318	8855	1,065	0,515
4	6	3379	4122	0,4225	0,484	7997	8516	1,065	0,515
7	9	3243	3958	0,4225	0,483	7675	8194	1,068	0,516
10	12	3106	3794	0,4225	0,484	7351	7840	1,067	0,516
13	15	2968	3632	0,4225	0,484	7025	7504	1,068	0,517
16	18	2830	3470	0,4225	0,486	6697	7141	1,066	0,518
19	21	2691	3309	0,3025	0,349	8895	9482	1,066	0,372
22	24	2554	3146	0,3025	0,350	8442	8990	1,065	0,373
25	27	2416	2984	0,3025	0,351	7988	8501	1,064	0,374
28	30	2279	2822	0,3025	0,352	7532	8016	1,064	0,375
31	33	2140	2660	0,3025	0,354	7076	7513	1,062	0,376
34	36	2002	2498	0,3025	0,356	6619	7017	1,060	0,377
37	39	1864	2336	0,3025	0,359	6161	6508	1,056	0,379
40	42	1725	2175	0,3025	0,362	5703	6008	1,054	0,381
43	45	1586	2014	0,3025	0,366	5244	5502	1,049	0,384
46	48	1448	1852	0,3025	0,370	4786	5006	1,046	0,387
49	51	1310	1690	0,1600	0,198	8188	8535	1,042	0,206
52	54	1178	1522	0,1600	0,199	7360	7650	1,039	0,207
55	57	1045	1355	0,1600	0,200	6533	6774	1,037	0,207
58	60	913	1187	0,1600	0,201	5708	5904	1,034	0,208
61	63	781	1019	0,1600	0,202	4885	5042	1,032	0,209
64	66	650	850	0,1600	0,203	4063	4187	1,030	0,209
67	69	519	681	0,1600	0,204	3243	3339	1,029	0,210
70	72	388	512	0,1600	0,206	2426	2485	1,025	0,211
73	75	258	342	0,1600	0,208	1610	1646	1,022	0,213
76	78	127	173	0,1600	0,213	796	811	1,019	0,217

TABELA 8.69 – Uniformização das tensões no pórtico P26-CVS – 5º processamento

Barra		Força Axial (kN)		Área (m ²)		Tensão (kN/m ²)		Relação das Tensões	Nova Área de Pi (m ²)
Pe (1)	Pi (2)	F _{xe} (3)	F _{xi} (4)	A _e (5)	A _i (6)	$\frac{F_{xe}}{A_e}$ (7)?	$\frac{F_{xi}}{A_i}$ (8)?	$\frac{F_{xi}}{A_e}$ (9)?	A = F _{xi} /A _e (10)
1	3	3463	4337	0,4225	0,515	8196	8422	1,027	0,529
4	6	3328	4172	0,4225	0,515	7876	8102	1,029	0,530
7	9	3193	4007	0,4225	0,516	7557	7766	1,028	0,530
10	12	3058	3843	0,4225	0,516	7237	7447	1,029	0,531
13	15	2922	3678	0,4225	0,517	6916	7114	1,029	0,532
16	18	2786	3514	0,4225	0,518	6594	6784	1,029	0,533
19	21	2650	3350	0,3025	0,372	8759	9006	1,028	0,382
22	24	2515	3185	0,3025	0,373	8314	8539	1,027	0,383
25	27	2380	3020	0,3025	0,374	7868	8075	1,026	0,384
28	30	2245	2855	0,3025	0,375	7421	7614	1,026	0,385
31	33	2110	2690	0,3025	0,376	6975	7155	1,026	0,386
34	36	1975	2526	0,3025	0,377	6527	6699	1,026	0,387
37	39	1839	2361	0,3025	0,379	6080	6229	1,025	0,388
40	42	1704	2196	0,3025	0,381	5632	5765	1,024	0,390
43	45	1568	2032	0,3025	0,384	5184	5291	1,021	0,392
46	48	1433	1868	0,3025	0,387	4736	4826	1,019	0,394
49	51	1298	1703	0,1600	0,206	8109	8265	1,019	0,210
52	54	1167	1533	0,1600	0,207	7292	7407	1,016	0,210
55	57	1036	1364	0,1600	0,207	6475	6589	1,017	0,211
58	60	906	1194	0,1600	0,208	5661	5742	1,014	0,211
61	63	776	1025	0,1600	0,209	4847	4902	1,011	0,211
64	66	645	855	0,1600	0,209	4034	4089	1,014	0,212
67	69	516	685	0,1600	0,210	3222	3260	1,012	0,212
70	72	386	514	0,1600	0,211	2411	2437	1,011	0,213
73	75	256	344	0,1600	0,213	1602	1614	1,007	0,215
76	78	127	173	0,1600	0,217	792	798	1,008	0,219

TABELA 8.70 – Tensões σ_x nos pilares interno e externo (kN/m²) do pórtico P26-CVS
1^o ao 5^o processamentos

Andar	1 ^o Processamento		2 ^o Processamento		3 ^o Processamento		4 ^o Processamento		5 ^o Processamento	
	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}	σ_{xe}	σ_{xi}
1 ^o	10377	16169	9210	11880	8600	9827	8318	8855	8196	8422
2 ^o	10033	15438	8880	11533	8276	9487	7997	8516	7876	8102
3 ^o	9668	14746	8540	11155	7948	9126	7675	8194	7557	7766
4 ^o	9285	14094	8190	10716	7615	8768	7351	7840	7237	7447
5 ^o	8884	13476	7830	10287	7279	8392	7025	7504	6916	7114
6 ^o	8468	12887	7462	9804	6938	7983	6697	7141	6594	6784
7 ^o	11235	17199	9902	12951	9211	10606	8895	9482	8759	9006
8 ^o	10098	16340	9397	12316	8742	10052	8442	8990	8314	8539
9 ^o	9510	15507	8886	11690	8268	9504	7988	8501	7868	8075
10 ^o	8914	14698	8368	10978	7793	8934	7532	8016	7421	7614
11 ^o	8310	13907	7844	10284	7314	8374	7076	7513	6975	7155
12 ^o	9380	13131	7317	9568	6834	7772	6619	7017	6527	6699
13 ^o	7701	12360	6786	8836	6353	7210	6161	6508	6080	6229
14 ^o	7088	11610	6255	8097	5871	6617	5703	6008	5632	5765
15 ^o	6471	10859	5722	7358	5389	6024	5244	5502	5184	5291

16?	5852	10114	5190	6628	4907	5452	4786	5006	4736	4826
17?	9921	17659	8825	11183	8377	9221	8188	8535	8109	8265
18?	8901	15948	7916	10024	7524	8266	7360	7650	7292	7407
19?	7874	14253	7008	8819	6673	7320	6533	6774	6475	6589
20?	6843	12565	6103	7643	5824	6349	5708	5904	5661	5742
21?	5814	10872	5203	6451	4977	5396	4885	5042	4847	4902
22?	4793	9164	4309	5298	4134	4460	4063	4187	4034	4089
23?	3785	7430	3423	4155	3295	3523	3243	3339	3222	3260
24?	2794	5663	2546	3041	2460	2610	2426	2485	2411	2437
25?	1825	3850	1680	1960	1630	1722	1610	1646	1602	1614
26?	879	1992	823	930	803	836	796	811	792	798

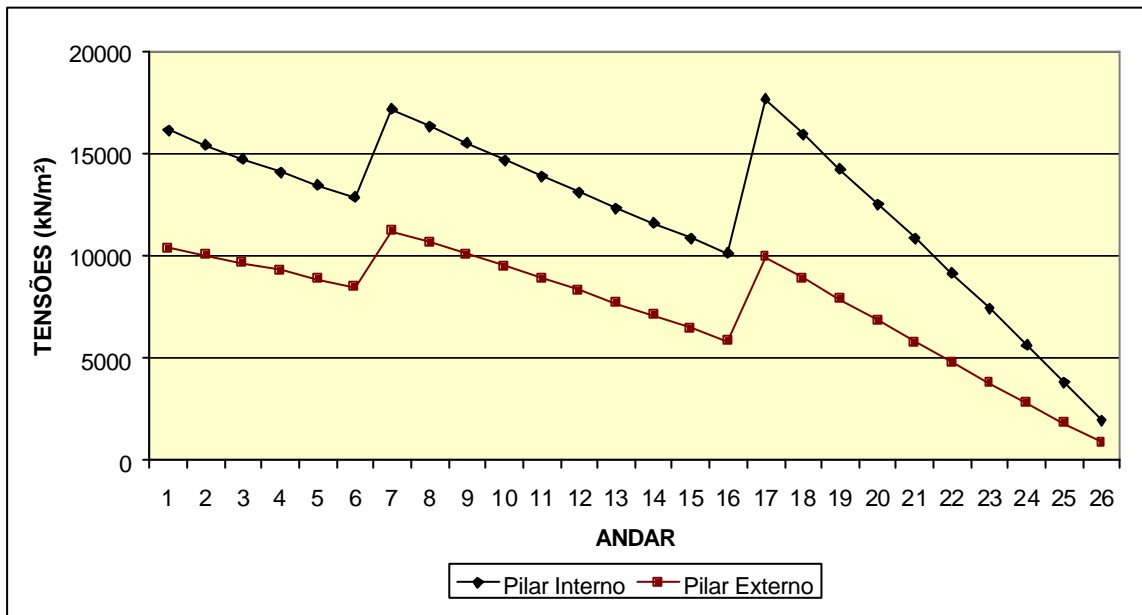


FIGURA 8.63 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS

1? processamento

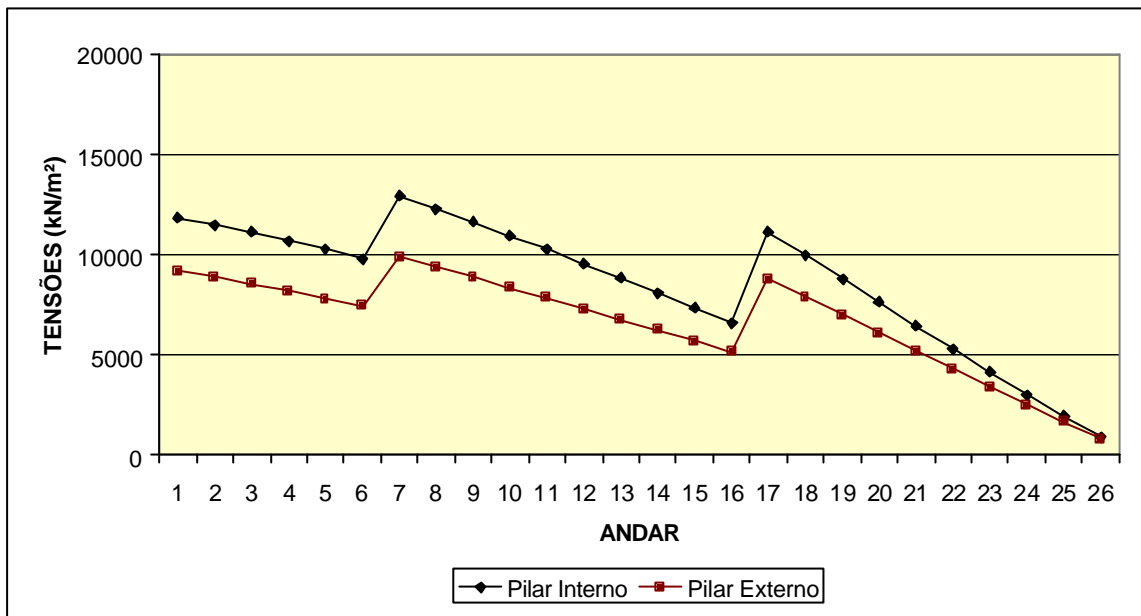


FIGURA 8.64 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS 2º processamento

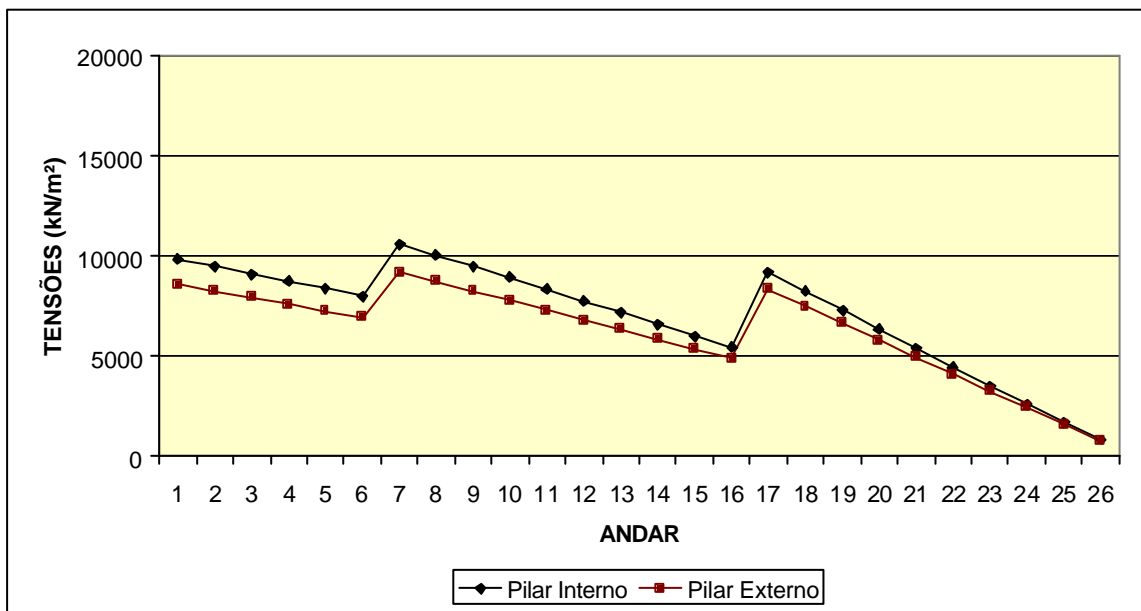


FIGURA 8.65 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS 3º processamento

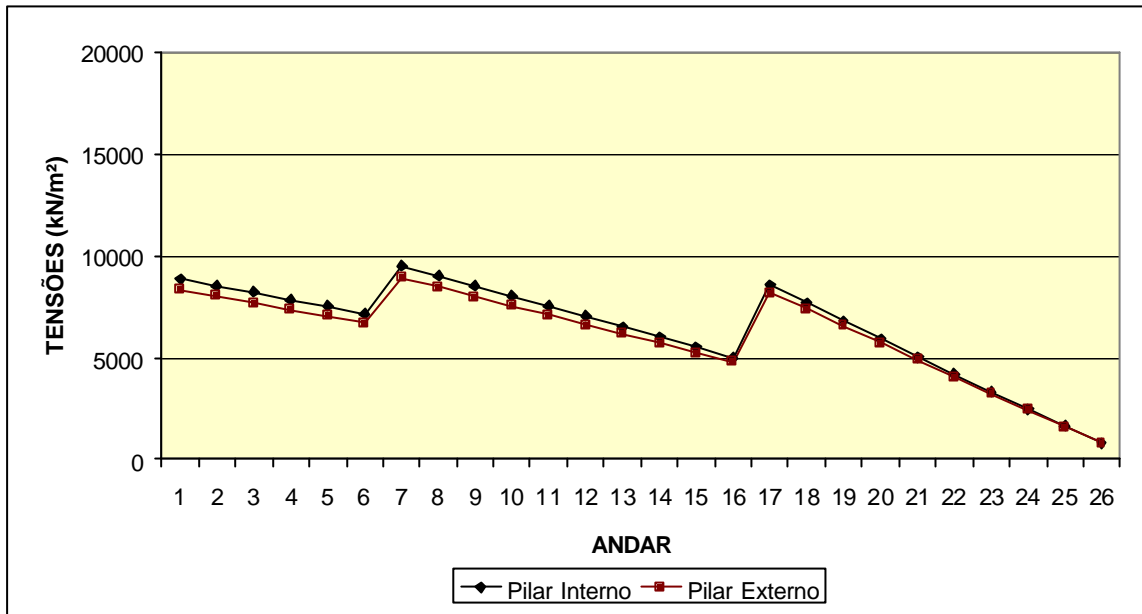


FIGURA 8.66 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS
4º processamento

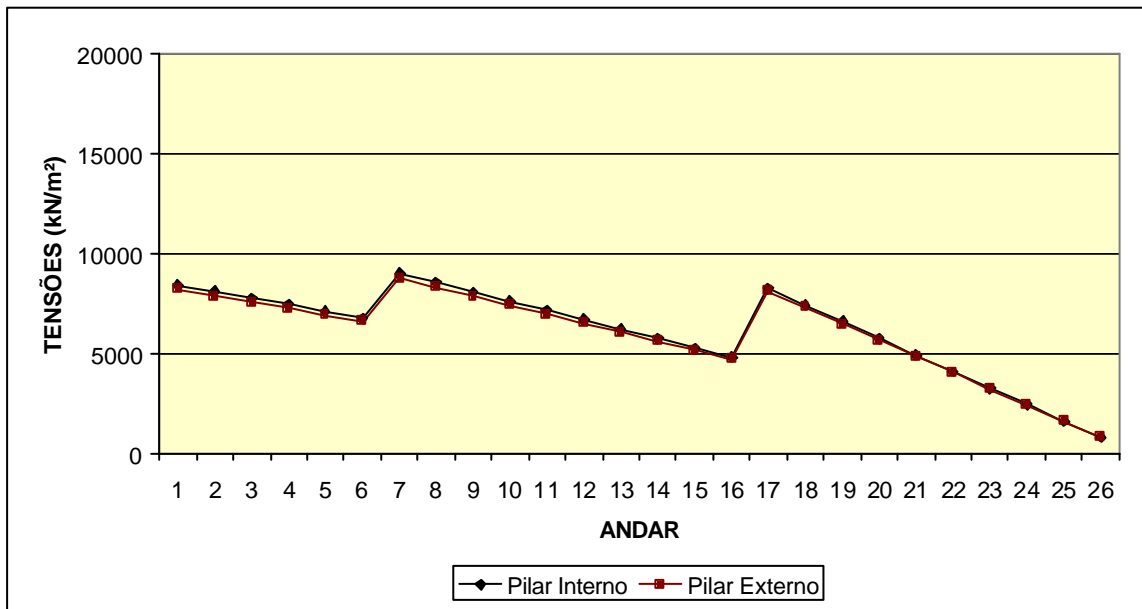


FIGURA 8.67 – Gráfico de tensões σ_x nos pilares interno e externo do P26-CVS
5º processamento

TABELA 8.71 – Áreas do pilar interno (m²) do pórtico P26-CVS
1ª ao 5ª processamentos

Andar	1º processamento	2º processamento	3º processamento	4º processamento	5º processamento
1ª	0,2113	0,329	0,424	0,484	0,515
2ª	0,2113	0,325	0,422	0,484	0,515
3ª	0,2113	0,322	0,421	0,483	0,516
4ª	0,2113	0,321	0,420	0,484	0,516
5ª	0,2113	0,320	0,420	0,484	0,517
6ª	0,2113	0,321	0,422	0,486	0,518
7ª	0,15125	0,232	0,303	0,349	0,372
8ª	0,15125	0,232	0,304	0,350	0,373
9ª	0,15125	0,232	0,305	0,351	0,374
10ª	0,15125	0,234	0,307	0,352	0,375
11ª	0,15125	0,236	0,309	0,354	0,376
12ª	0,15125	0,239	0,313	0,356	0,377
13ª	0,15125	0,243	0,316	0,359	0,379
14ª	0,15125	0,248	0,321	0,362	0,381
15ª	0,15125	0,254	0,327	0,366	0,384
16ª	0,15125	0,261	0,333	0,370	0,387
17ª	0,0800	0,142	0,180	0,198	0,206
18ª	0,0800	0,143	0,181	0,199	0,207
19ª	0,0800	0,145	0,182	0,200	0,207
20ª	0,0800	0,147	0,184	0,201	0,208

21?	0,0800	0,150	0,186	0,202	0,209
22?	0,0800	0,153	0,188	0,203	0,209
23?	0,0800	0,157	0,191	0,204	0,210
24?	0,0800	0,162	0,194	0,206	0,211
25?	0,0800	0,169	0,197	0,208	0,213
26?	0,0800	0,181	0,205	0,213	0,217

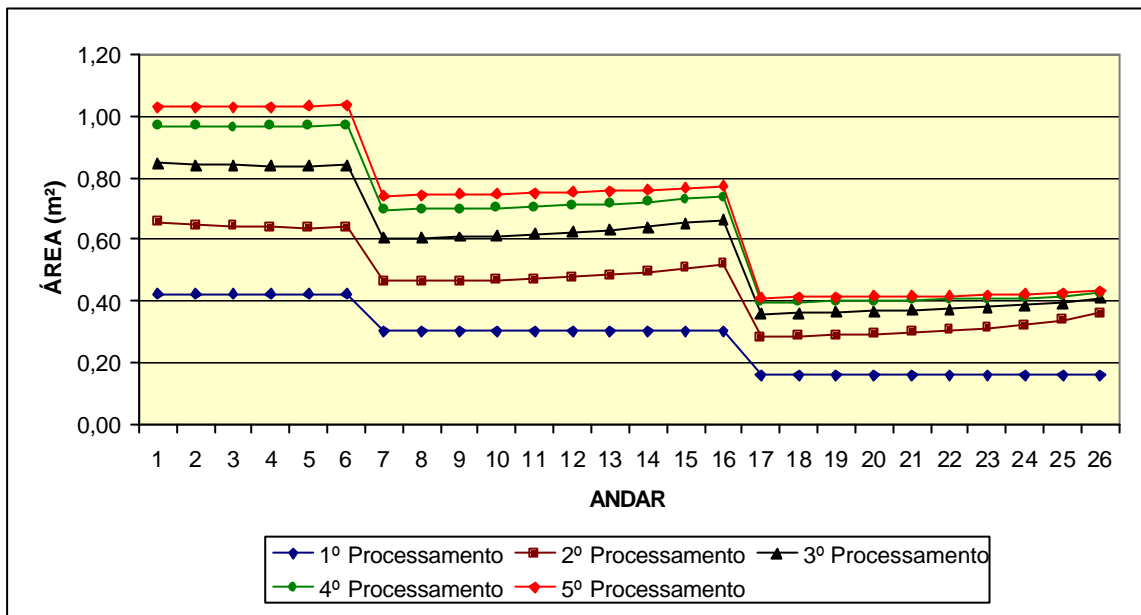


FIGURA 8.68 – Gráfico de áreas do pilar interno (m²) do P26-CVS
1? ao 5? processamentos

A seguir são apresentados gráficos e tabelas relativos a momento fletor nos nós j e k das vigas, força axial nos pilares externos e interno e recalques diferenciais. Os comentários a serem feitos com relação a eles são análogos aos já feitos no item 8.1 para o pórtico P16.

Para facilitar o exame das tabelas e gráficos, apresenta-se abaixo uma relação de equivalência entre eles:

ITEM 8.1		ITEM 8.3
TAB. 8.8	↔	TAB. 8.72
TAB. 8.9	↔	TAB. 8.73
TAB. 8.10	↔	TAB. 8.74
TAB. 8.11	↔	TAB. 8.75
TAB. 8.12	↔	TAB. 8.76

TAB. 8.13	↗	TAB. 8.77
TAB. 8.14	↗	TAB. 8.78
TAB. 8.15	↗	TAB. 8.79
TAB. 8.16	↗	TAB. 8.80
TAB. 8.17	↗	TAB. 8.81
TAB. 8.18	↗	TAB. 8.82
TAB. 8.19	↗	TAB. 8.83
TAB. 8.20	↗	TAB. 8.84
TAB. 8.21	↗	TAB. 8.85
TAB. 8.22	↗	TAB. 8.86
TAB. 8.23	↗	TAB. 8.87
TAB. 8.24	↗	TAB. 8.88
TAB. 8.25	↗	TAB. 8.89
TAB. 8.26	↗	TAB. 8.90
TAB. 8.27	↗	TAB. 8.91
TAB. 8.28	↗	TAB. 8.92
TAB. 8.29	↗	TAB. 8.93
TAB. 8.30	↗	TAB. 8.94
TAB. 8.31	↗	TAB. 8.95
TAB. 8.32	↗	TAB. 8.96

ITEM 8.1**ITEM 8.3**

FIG. 8.7	↗	FIG. 8.69
FIG. 8.8	↗	FIG. 8.70
FIG. 8.9	↗	FIG. 8.71
FIG. 8.10	↗	FIG. 8.72
FIG. 8.11	↗	FIG. 8.73
FIG. 8.12	↗	FIG. 8.74
FIG. 8.13	↗	FIG. 8.75
FIG. 8.14	↗	FIG. 8.76
FIG. 8.15	↗	FIG. 8.77
FIG. 8.16	↗	FIG. 8.78
FIG. 8.17	↗	FIG. 8.79
FIG. 8.18	↗	FIG. 8.80
FIG. 8.19	↗	FIG. 8.81
FIG. 8.20	↗	FIG. 8.82

FIG. 8.21	↗	FIG. 8.83
FIG. 8.22	↗	FIG. 8.84
FIG. 8.23	↗	FIG. 8.85
FIG. 8.24	↗	FIG. 8.86
FIG. 8.25	↗	FIG. 8.87
FIG. 8.26	↗	FIG. 8.88
FIG. 8.27	↗	FIG. 8.89
FIG. 8.28	↗	FIG. 8.90
FIG. 8.29	↗	FIG. 8.91
FIG. 8.30	↗	FIG. 8.92
FIG. 8.31	↗	FIG. 8.93

TABELA 8.72 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS
1? processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
--------------	-------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------

2	1?	76,9	100,6	100,4
5	2?	79,7	123,5	123,7
8	3?	79,1	143,0	147,7
11	4?	79,1	160,9	168,4
14	5?	79,8	178,1	186,4
17	6?	76,4	183,4	194,4
20	7?	74,9	165,8	168,5
23	8?	76,0	178,1	179,2
26	9?	75,8	189,6	189,2
29	10?	75,9	200,2	197,2
32	11?	75,9	210,0	203,5
35	12?	75,8	219,3	208,4
38	13?	75,9	228,0	211,9
41	14?	75,6	236,4	214,3
44	15?	77,1	247,8	217,6
47	16?	69,5	226,1	199,3
50	17?	60,1	165,0	137,3
53	18?	62,5	174,4	140,9
56	19?	62,2	180,2	142,0
59	20?	62,2	185,3	140,9
62	21?	62,2	189,7	137,6
65	22?	62,2	193,3	132,1
68	23?	62,3	196,3	124,6
71	24?	61,8	197,8	114,8
74	25?	65,0	207,7	105,6
77	26?	43,8	138,4	69,7

(*) Ver FIG. 5.10

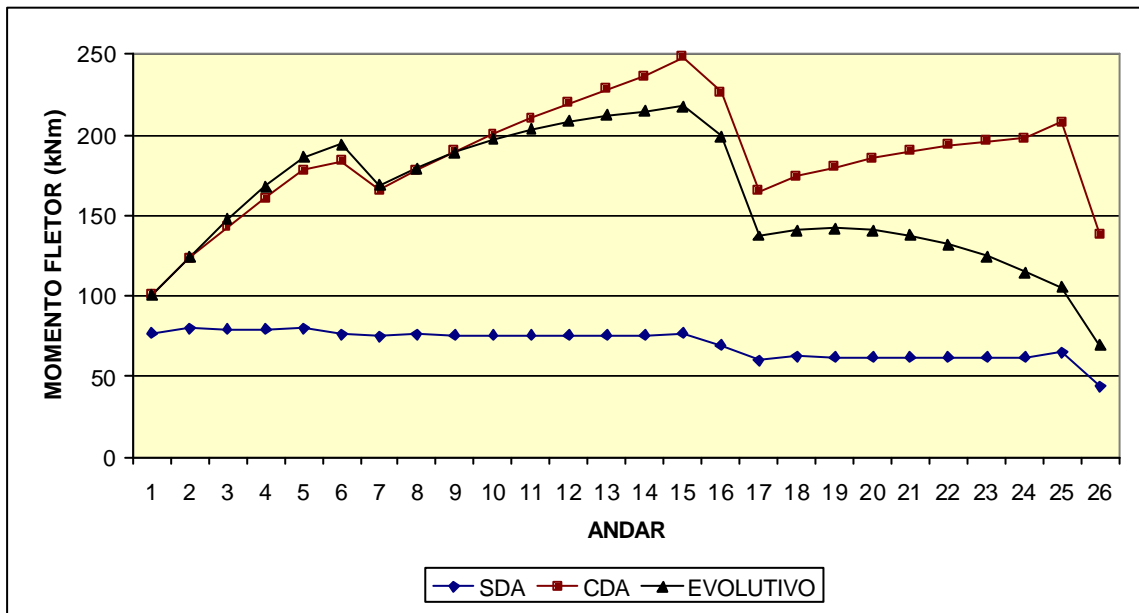


FIGURA 8.69 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS

1? processamento

TABELA 8.73 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS

2? processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA	MOMENTO Z CDA	MOMENTO Z EVOL
-----------	-------	---------------	---------------	----------------

		(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)
2	1?	76,9	87,6	83,7
5	2?	79,7	100,0	93,8
8	3?	79,1	110,2	106,5
11	4?	79,1	120,0	117,9
14	5?	79,8	129,8	128,1
17	6?	76,4	131,6	133,4
20	7?	74,9	122,3	118,2
23	8?	76,0	129,5	124,0
26	9?	75,8	135,9	129,8
29	10?	75,9	141,7	134,4
32	11?	75,9	146,9	137,8
35	12?	75,8	151,6	140,2
38	13?	75,9	155,5	141,5
41	14?	75,6	158,9	141,9
44	15?	77,1	163,7	142,3
47	16?	69,5	147,3	130,6
50	17?	60,1	110,4	90,2
53	18?	62,5	114,1	89,7
56	19?	62,2	115,1	88,4
59	20?	62,2	115,9	86,4
62	21?	62,2	116,3	83,6
65	22?	62,2	116,6	80,1
68	23?	62,3	116,6	76,1
71	24?	61,8	116,1	71,4
74	25?	65,0	120,7	68,1
77	26?	43,8	80,0	48,4

(*) Ver FIG. 5.10

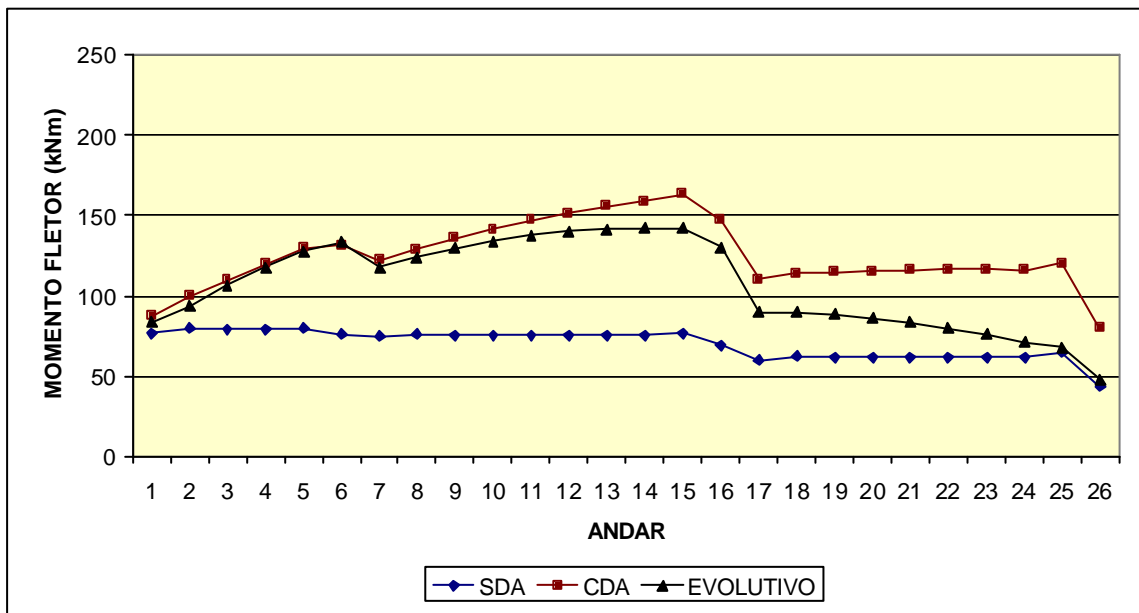


FIGURA 8.70 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS

2? processamento

TABELA 8.74 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS

3? processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	76,9	81,5	75,9
5	2?	79,7	88,0	79,0
8	3?	79,1	92,4	84,8
11	4?	79,1	96,5	90,1
14	5?	79,8	100,9	94,8
17	6?	76,4	99,7	97,5
20	7?	74,9	95,2	88,3
23	8?	76,0	98,7	90,7
26	9?	75,8	101,3	93,3
29	10?	75,9	103,7	95,4
32	11?	75,9	105,8	96,9
35	12?	75,8	107,5	97,9
38	13?	75,9	109,0	98,4
41	14?	75,6	110,2	98,5
44	15?	77,1	112,4	98,5
47	16?	69,5	100,8	92,4
50	17?	60,1	80,3	66,3
53	18?	62,5	82,6	65,5
56	19?	62,2	82,5	64,5
59	20?	62,2	82,5	63,3
62	21?	62,2	82,4	61,8
65	22?	62,2	82,2	60,1
68	23?	62,3	82,1	58,3
71	24?	61,8	81,6	56,1
74	25?	65,0	84,8	55,3
77	26?	43,8	56,2	41,2

(*) Ver FIG. 5.10

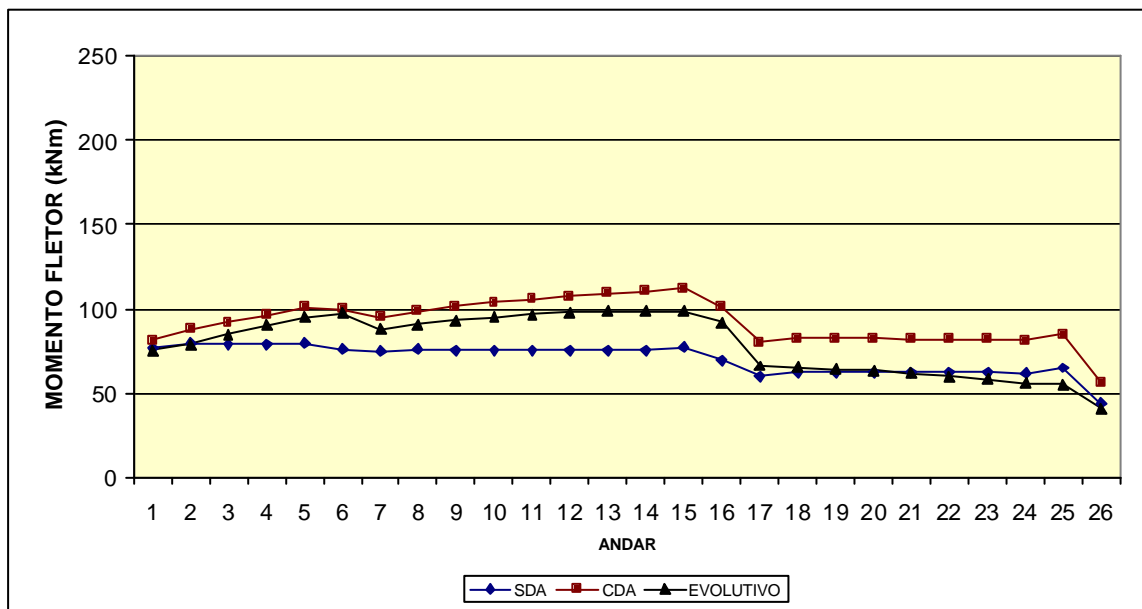


FIGURA 8.71 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS

3? processamento

TABELA 8.75 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS

4? processamento

BARRA (°)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1?	76,9	78,5	72,2
5	2?	79,7	82,1	71,9
8	3?	79,1	83,6	74,5
11	4?	79,1	85,0	76,8
14	5?	79,8	86,6	78,8
17	6?	76,4	84,0	80,2
20	7?	74,9	81,8	73,8
23	8?	76,0	83,3	74,5
26	9?	75,8	84,1	75,6
29	10?	75,9	84,9	76,5
32	11?	75,9	85,5	77,2
35	12?	75,8	86,0	77,7
38	13?	75,9	86,4	77,9
41	14?	75,6	86,6	78,0
44	15?	77,1	87,8	78,1
47	16?	69,5	78,7	74,8
50	17?	60,1	66,3	55,6
53	18?	62,5	68,2	54,9
56	19?	62,2	67,8	54,2
59	20?	62,2	67,6	53,5
62	21?	62,2	67,4	52,7
65	22?	62,2	67,2	51,9
68	23?	62,3	67,1	51,0
71	24?	61,8	66,7	49,9
74	25?	65,0	69,4	50,1
77	26?	43,8	46,0	38,3

(*) Ver FIG. 5.10

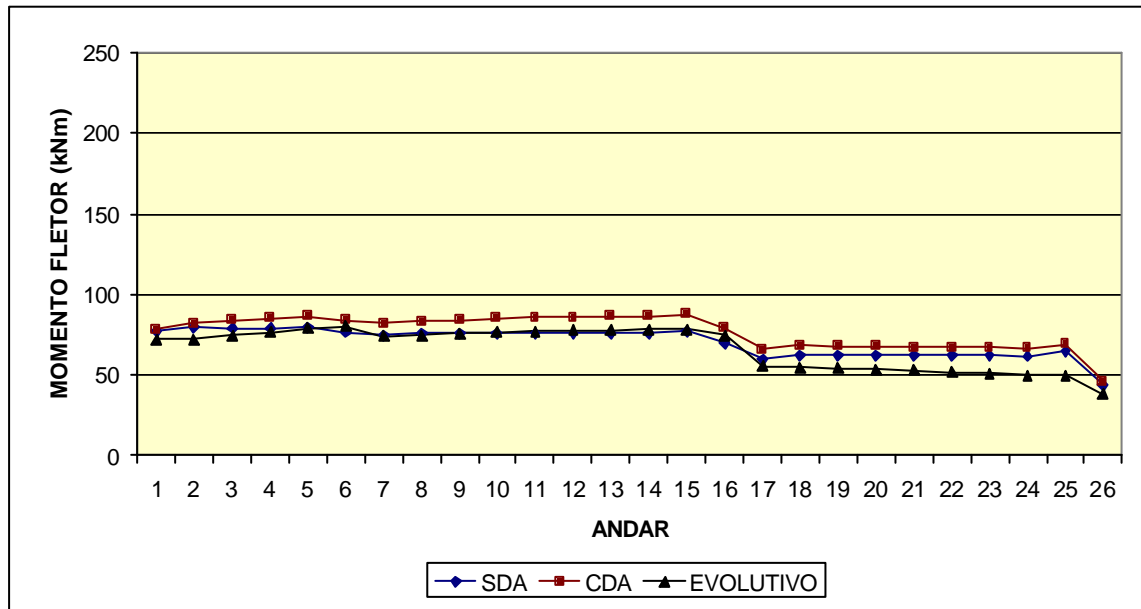


FIGURA 8.72 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS

4? processamento

TABELA 8.76 – Momento fletor no nó j das vigas do pórtico P26-CVS

5º processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	76,9	77,1	70,5
5	2º	79,7	79,4	68,8
8	3º	79,1	79,6	69,9
11	4º	79,1	79,8	70,9
14	5º	79,8	80,2	71,7
17	6º	76,4	77,0	72,6
20	7º	74,9	75,8	67,4
23	8º	76,0	76,6	67,5
26	9º	75,8	76,6	67,9
29	10º	75,9	76,6	68,3
32	11º	75,9	76,6	68,6
35	12º	75,8	76,5	68,9
38	13º	75,9	76,5	69,1
41	14º	75,6	76,4	69,2
44	15º	77,1	77,1	69,4
47	16º	69,5	69,1	67,3
50	17º	60,1	60,3	51,0
53	18º	62,5	62,0	50,5
56	19º	62,2	61,6	49,9
59	20º	62,2	61,4	49,5
62	21º	62,2	61,1	49,0
65	22º	62,2	61,0	48,5
68	23º	62,3	60,8	48,0
71	24º	61,8	60,5	47,4
74	25º	65,0	62,9	47,9
77	26º	43,8	41,7	37,1

(*) Ver FIG. 5.10

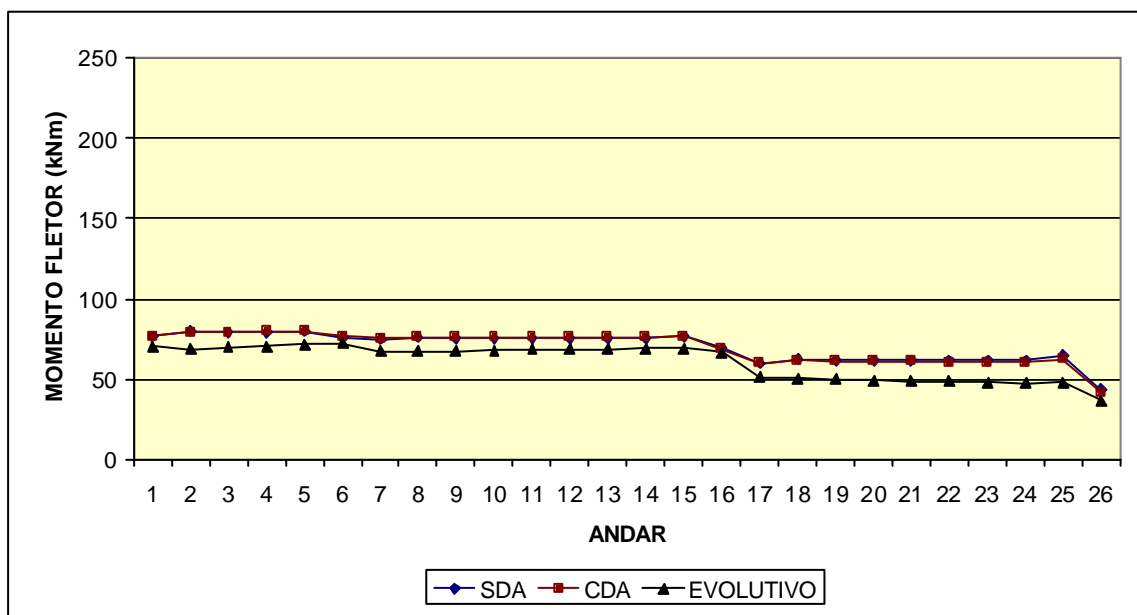


FIGURA 8.73 – Gráfico de momento fletor no nó j das vigas do P26-CVS

5º processamento

TABELA 8.77 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS
1ª processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1ª	-96,6	-71,5	-67,2
5	2ª	-95,1	-48,0	-40,2
8	3ª	-95,4	-27,3	-14,5
11	4ª	-95,5	-8,2	7,8
14	5ª	-95,1	9,8	26,9
17	6ª	-96,8	21,2	39,7
20	7ª	-97,5	1,3	12,5
23	8ª	-97,0	14,8	25,2
26	9ª	-97,1	27,3	36,3
29	10ª	-97,1	38,8	45,2
32	11ª	-97,1	49,6	52,2
35	12ª	-97,1	59,7	57,6
38	13ª	-97,1	69,3	61,5
41	14ª	-97,2	78,5	64,2
44	15ª	-96,4	89,0	66,8
47	16ª	-100,2	82,9	58,0
50	17ª	-105,0	23,5	1,3
53	18ª	-103,7	33,2	5,9
56	19ª	-103,9	40,4	7,7
59	20ª	-103,9	46,7	6,5
62	21ª	-103,9	52,0	2,5
65	22ª	-103,9	56,4	-4,0
68	23ª	-103,9	60,1	-13,1
71	24ª	-104,1	62,5	-24,8
74	25ª	-102,5	68,6	-37,8
77	26ª	-113,1	34,8	-65,6

(*) Ver FIG. 5.10

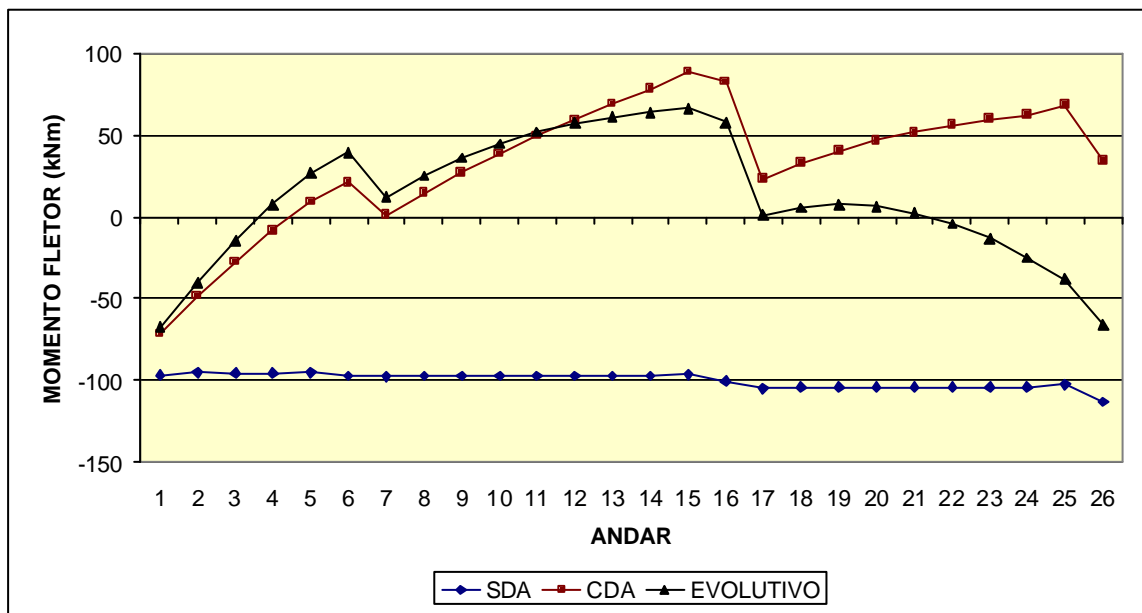
FIGURA 8.74 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS
1ª processamento

TABELA 8.78 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS
2ª processamento

BARRA (°)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1ª	-96,6	-85,2	-85,1
5	2ª	-95,1	-73,2	-72,4
8	3ª	-95,4	-62,3	-58,8
11	4ª	-95,5	-51,9	-46,6
14	5ª	-95,1	-41,7	-35,6
17	6ª	-96,8	-35,9	-27,9
20	7ª	-97,5	-46,1	-42,7
23	8ª	-97,0	-38,5	-35,7
26	9ª	-97,1	-31,4	-29,3
29	10ª	-97,1	-25,1	-24,3
32	11ª	-97,1	-19,4	-20,5
35	12ª	-97,1	-14,3	-17,8
38	13ª	-97,1	-10,0	-16,3
41	14ª	-97,2	-6,3	-15,9
44	15ª	-96,4	-2,2	-16,1
47	16ª	-100,2	-9,1	-22,7
50	17ª	-105,0	-43,4	-57,7
53	18ª	-103,7	-40,5	-58,0
56	19ª	-103,9	-39,2	-59,5
59	20ª	-103,9	-38,3	-61,9
62	21ª	-103,9	-37,7	-65,3
65	22ª	-103,9	-37,4	-69,5
68	23ª	-103,9	-37,4	-74,4
71	24ª	-104,1	-37,7	-80,0
74	25ª	-102,5	-35,5	-85,2
77	26ª	-113,1	-55,9	-98,8

(*) Ver FIG. 5.10

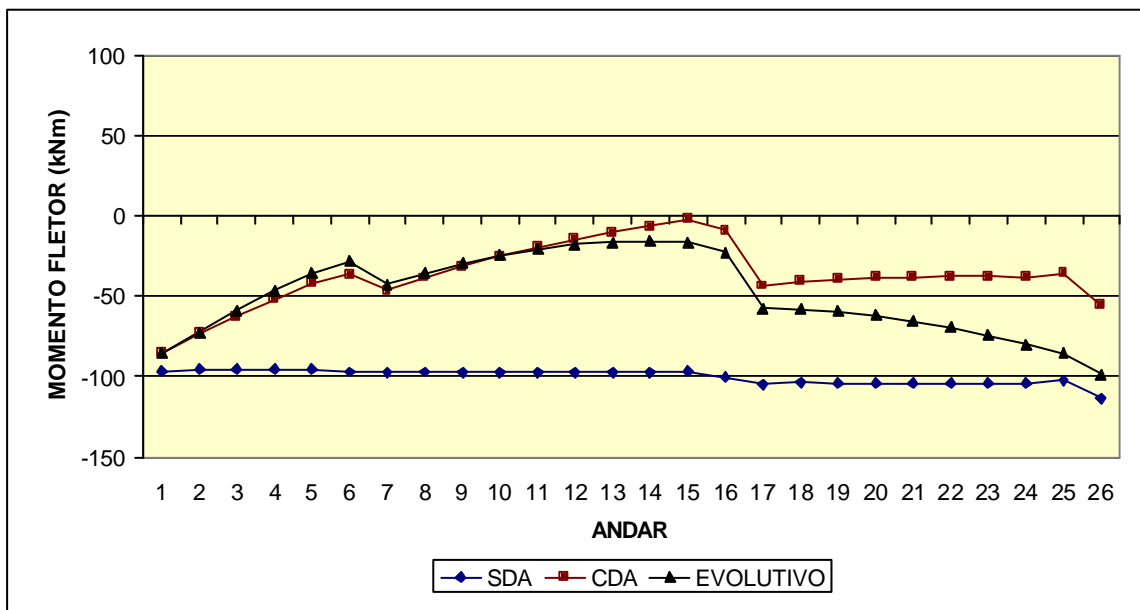
FIGURA 8.75 – Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS
2ª processamento

TABELA 8.79 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS
3º processamento

BARRA (°)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	-96,6	-91,7	-93,3
5	2º	-95,1	-86,0	-88,3
8	3º	-95,4	-81,4	-82,1
11	4º	-95,5	-76,9	-76,5
14	5º	-95,1	-72,5	-71,4
17	6º	-96,8	-71,0	-67,7
20	7º	-97,5	-75,6	-75,6
23	8º	-97,0	-72,1	-72,4
26	9º	-97,1	-69,2	-69,6
29	10º	-97,1	-66,6	-67,3
32	11º	-97,1	-64,3	-65,6
35	12º	-97,1	-62,4	-64,5
38	13º	-97,1	-60,8	-63,9
41	14º	-97,2	-59,5	-63,8
44	15º	-96,4	-58,0	-64,0
47	16º	-100,2	-63,4	-67,5
50	17º	-105,0	-80,4	-87,5
53	18º	-103,7	-79,1	-88,2
56	19º	-103,9	-79,1	-89,3
59	20º	-103,9	-79,1	-90,7
62	21º	-103,9	-79,2	-92,5
65	22º	-103,9	-79,4	-94,6
68	23º	-103,9	-79,6	-96,9
71	24º	-104,1	-80,0	-99,4
74	25º	-102,5	-78,5	-101,4
77	26º	-113,1	-92,8	-110,0

(*) Ver FIG. 5.10

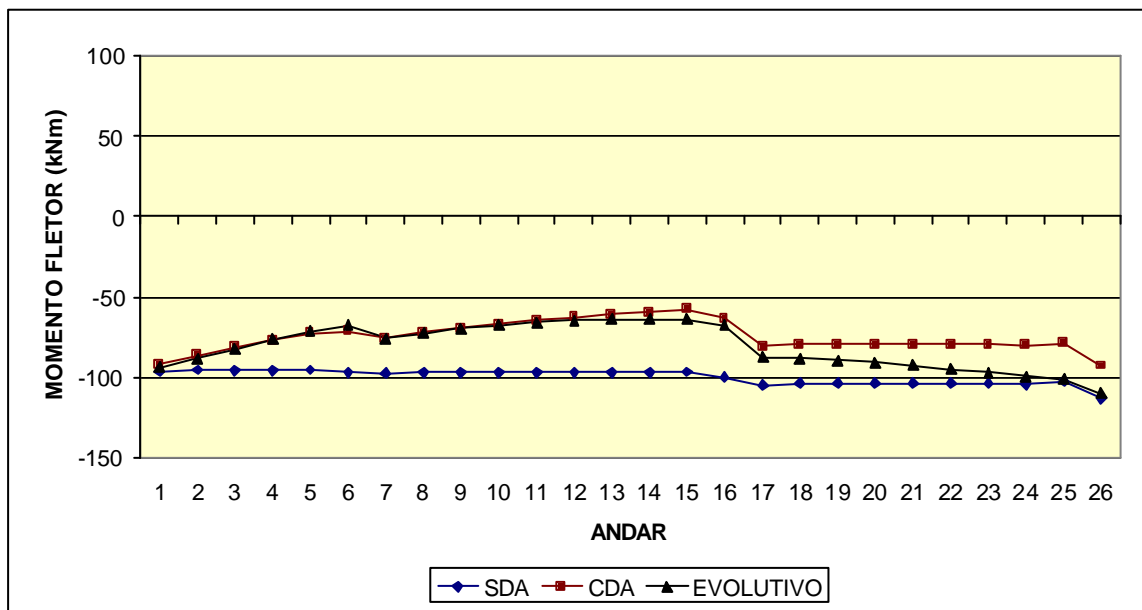
FIGURA 8.76– Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS
3º processamento

TABELA 8.80 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS
4º processamento

BARRA (°)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1º	-96,6	-94,9	-97,3
5	2º	-95,1	-92,3	-95,9
8	3º	-95,4	-90,7	-93,2
11	4º	-95,5	-89,3	-90,8
14	5º	-95,1	-87,7	-88,6
17	6º	-96,8	-88,3	-86,8
20	7º	-97,5	-90,2	-91,5
23	8º	-97,0	-88,9	-90,3
26	9º	-97,1	-88,0	-89,1
29	10º	-97,1	-87,2	-88,1
32	11º	-97,1	-86,5	-87,3
35	12º	-97,1	-86,0	-86,8
38	13º	-97,1	-85,6	-86,5
41	14º	-97,2	-85,3	-86,4
44	15º	-96,4	-84,6	-86,4
47	16º	-100,2	-89,2	-88,2
50	17º	-105,0	-97,6	-100,8
53	18º	-103,7	-96,7	-101,4
56	19º	-103,9	-97,1	-102,1
59	20º	-103,9	-97,3	-102,9
62	21º	-103,9	-97,5	-103,9
65	22º	-103,9	-97,7	-104,9
68	23º	-103,9	-97,9	-106,0
71	24º	-104,1	-98,2	-107,3
74	25º	-102,5	-97,0	-107,9
77	26º	-113,1	-108,7	-114,5

(*) Ver FIG. 5.10

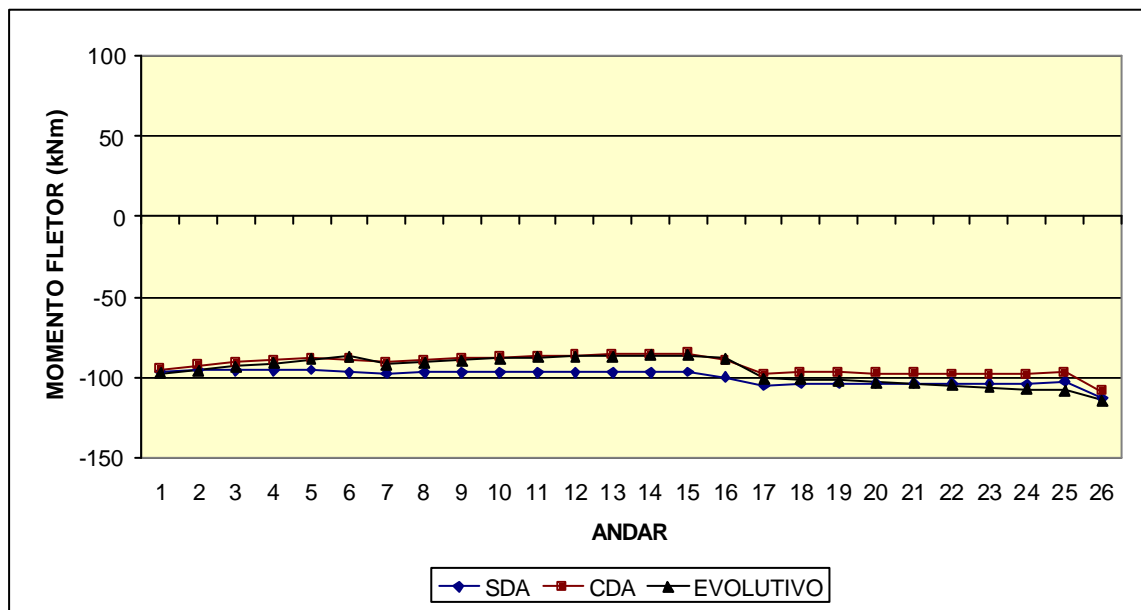
FIGURA 8.77– Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS
4º processamento

TABELA 8.81 – Momento fletor no nó k das vigas do pórtico P26-CVS
5ª processamento

BARRA (*)	ANDAR	MOMENTO Z SDA (kN.m)	MOMENTO Z CDA (kN.m)	MOMENTO Z EVOL (kN.m)
2	1ª	-96,6	-96,4	-99,1
5	2ª	-95,1	-95,2	-99,3
8	3ª	-95,4	-95,0	-98,2
11	4ª	-95,5	-94,8	-97,1
14	5ª	-95,1	-94,5	-96,2
17	6ª	-96,8	-96,0	-95,3
20	7ª	-97,5	-96,7	-98,4
23	8ª	-97,0	-96,3	-98,0
26	9ª	-97,1	-96,3	-97,6
29	10ª	-97,1	-96,3	-97,1
32	11ª	-97,1	-96,3	-96,8
35	12ª	-97,1	-96,3	-96,5
38	13ª	-97,1	-96,4	-96,3
41	14ª	-97,2	-96,5	-96,1
44	15ª	-96,4	-96,2	-96,0
47	16ª	-100,2	-100,3	-97,1
50	17ª	-105,0	-105,0	-106,5
53	18ª	-103,7	-104,3	-106,9
56	19ª	-103,9	-104,7	-107,4
59	20ª	-103,9	-104,9	-108,0
62	21ª	-103,9	-105,2	-108,6
65	22ª	-103,9	-105,4	-109,2
68	23ª	-103,9	-105,6	-109,8
71	24ª	-104,1	-105,9	-110,5
74	25ª	-102,5	-104,7	-110,6
77	26ª	-113,1	-115,3	-116,4

(*) Ver FIG. 5.10

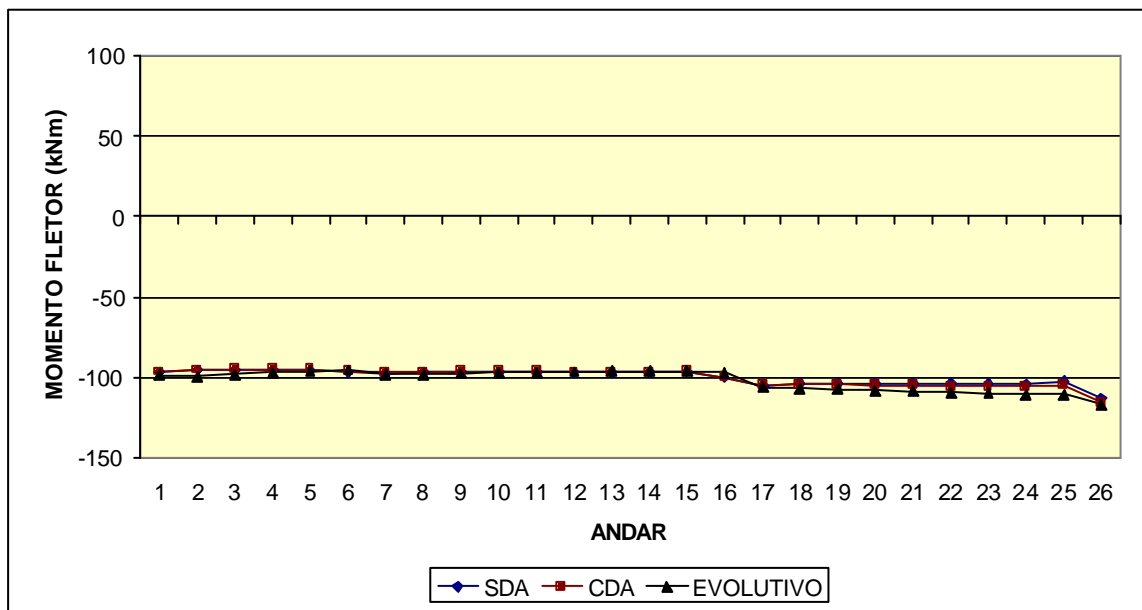
FIGURA 8.78– Gráfico de momento fletor no nó k das vigas do P26-CVS
5ª processamento

TABELA 8.82 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS
1º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3512	4587	4384
4	2º	3375	4443	4239
7	3º	3238	4290	4085
10	4º	3101	4131	3923
13	5º	2963	3965	3753
16	6º	2826	3794	3578
19	7º	2689	3620	3399
22	8º	2553	3452	3229
25	9º	2416	3280	3055
28	10º	2280	3104	2877
31	11º	2144	2924	2697
34	12º	2007	2741	2514
37	13º	1871	2554	2330
40	14º	1734	2365	2144
43	15º	1598	2172	1958
46	16º	1461	1976	1770
49	17º	1326	1784	1587
52	18º	1194	1613	1424
55	19º	1060	1438	1260
58	20º	927	1262	1095
61	21º	794	1083	930
64	22º	661	903	767
67	23º	528	721	606
70	24º	395	538	447
73	25º	262	355	292
76	26º	128	169	141

(*) Ver FIG. 5.10

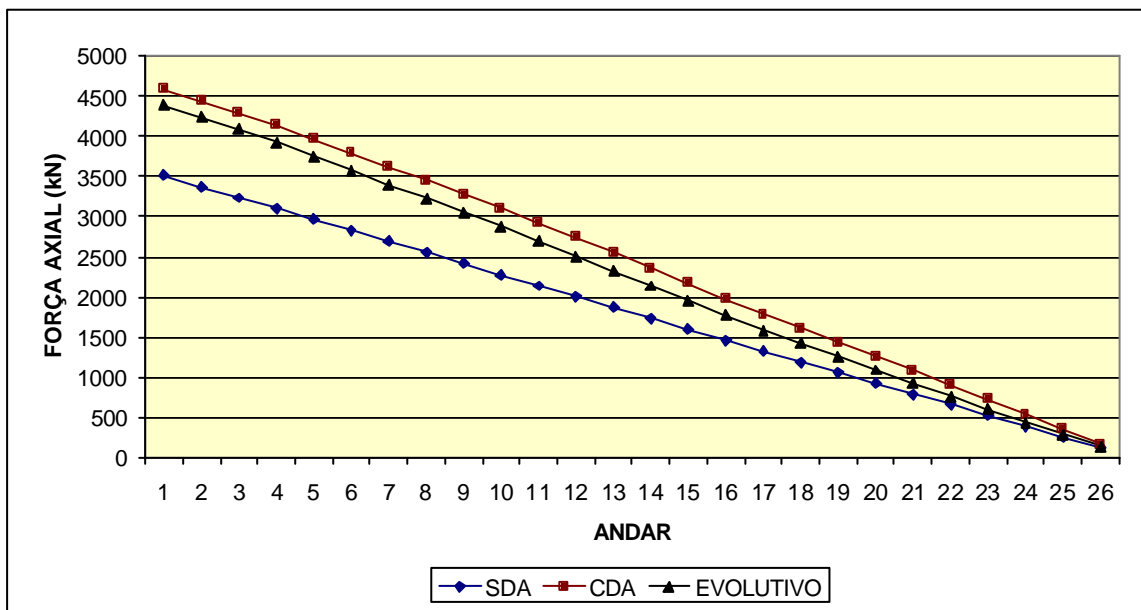
FIGURA 8.79 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS
1º processamento

TABELA 8.83 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS
2º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3512	4023	3891
4	2º	3375	3883	3752
7	3º	3238	3738	3608
10	4º	3101	3590	3460
13	5º	2963	3439	3308
16	6º	2826	3284	3153
19	7º	2689	3128	2995
22	8º	2553	2976	2843
25	9º	2416	2821	2688
28	10º	2280	2663	2531
31	11º	2144	2504	2373
34	12º	2007	2342	2213
37	13º	1871	2180	2053
40	14º	1734	2015	1892
43	15º	1598	1850	1731
46	16º	1461	1683	1570
49	17º	1326	1520	1412
52	18º	1194	1369	1267
55	19º	1060	1216	1121
58	20º	927	1064	977
61	21º	794	911	832
64	22º	661	758	689
67	23º	528	605	548
70	24º	395	451	407
73	25º	262	298	269
76	26º	128	144	132

(*) Ver FIG. 5.10

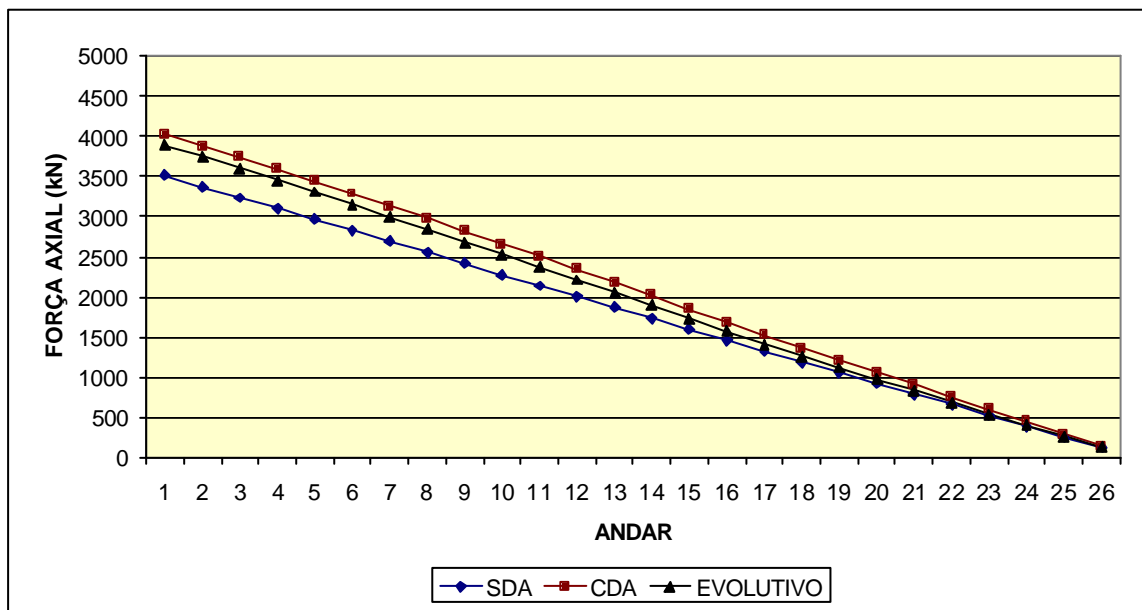
FIGURA 8.80 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS
2º processamento

TABELA 8.84 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS
3º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3512	3717	3634
4	2º	3375	3579	3496
7	3º	3238	3438	3358
10	4º	3101	3297	3218
13	5º	2963	3153	3075
16	6º	2826	3009	2931
19	7º	2689	2864	2786
22	8º	2553	2721	2644
25	9º	2416	2576	2501
28	10º	2280	2431	2357
31	11º	2144	2285	2213
34	12º	2007	2138	2067
37	13º	1871	1990	1922
40	14º	1734	1842	1776
43	15º	1598	1694	1630
46	16º	1461	1545	1485
49	17º	1326	1398	1340
52	18º	1194	1258	1204
55	19º	1060	1118	1068
58	20º	927	977	932
61	21º	794	837	796
64	22º	661	696	661
67	23º	528	556	527
70	24º	395	415	394
73	25º	262	275	261
76	26º	128	134	129

(*) Ver FIG. 5.10

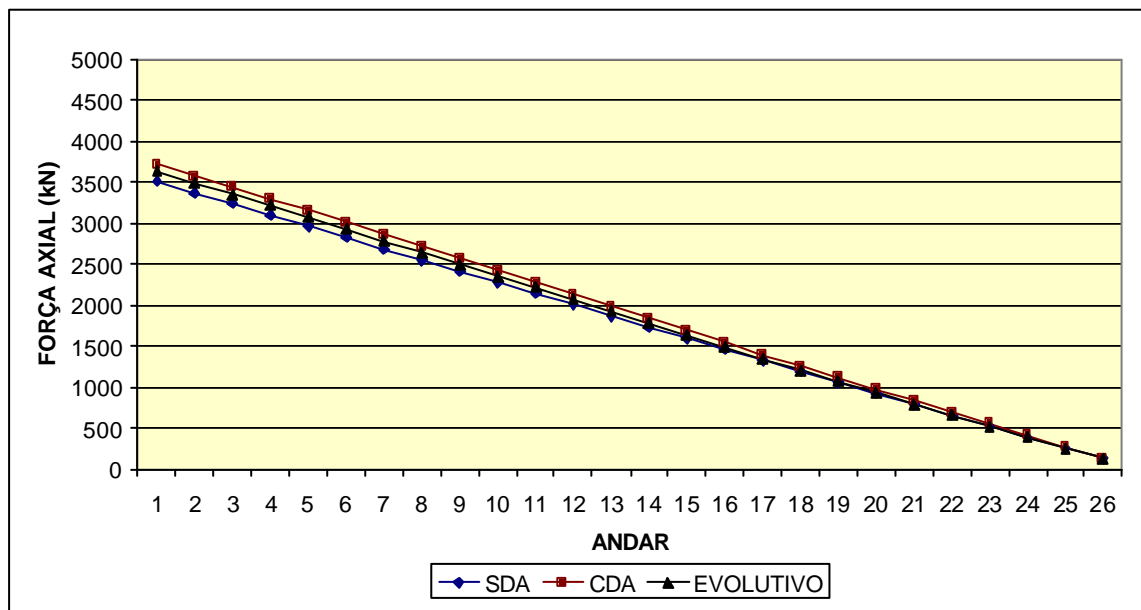
FIGURA 8.81 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS
3º processamento

TABELA 8.85 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS
4º processamento

BARRA (°)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3512	3573	3514
4	2º	3375	3436	3379
7	3º	3238	3298	3243
10	4º	3101	3159	3106
13	5º	2963	3019	2968
16	6º	2826	2880	2830
19	7º	2689	2740	2691
22	8º	2553	2602	2554
25	9º	2416	2463	2416
28	10º	2280	2323	2279
31	11º	2144	2184	2140
34	12º	2007	2044	2002
37	13º	1871	1904	1864
40	14º	1734	1764	1725
43	15º	1598	1624	1586
46	16º	1461	1483	1448
49	17º	1326	1345	1310
52	18º	1194	1210	1178
55	19º	1060	1075	1045
58	20º	927	940	913
61	21º	794	804	782
64	22º	661	669	650
67	23º	528	535	519
70	24º	395	400	388
73	25º	262	265	258
76	26º	128	130	127

(*) Ver FIG. 5.10

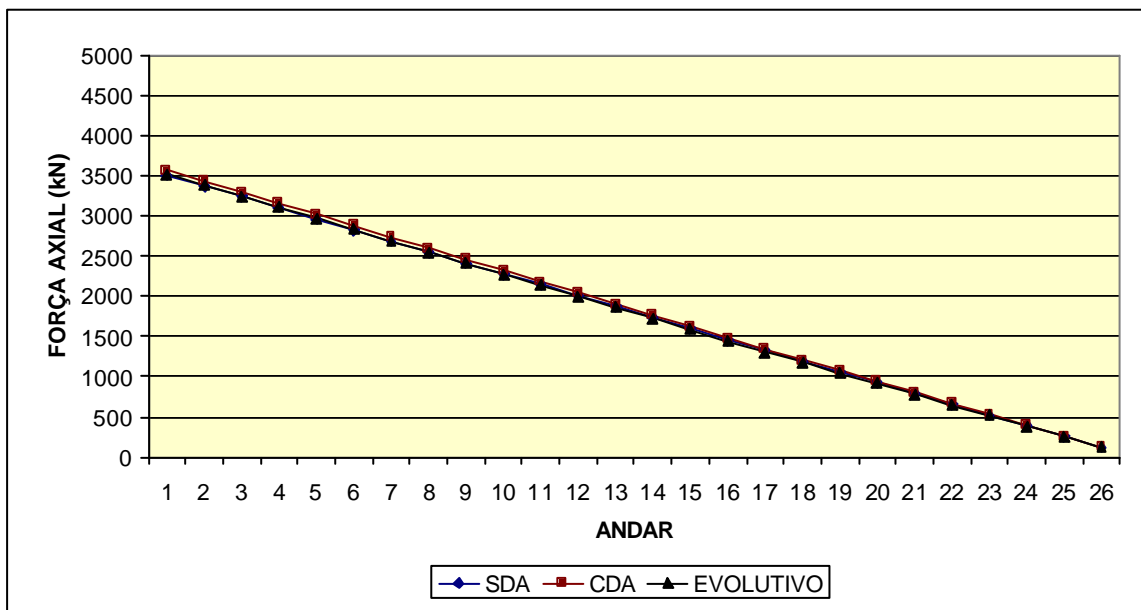
FIGURA 8.82 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS
4º processamento

TABELA 8.86 – Força axial nos pilares externos do pórtico P26-CVS
5º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
1	1º	3512	3511	3463
4	2º	3375	3374	3328
7	3º	3238	3236	3193
10	4º	3101	3099	3058
13	5º	2963	2962	2922
16	6º	2826	2824	2786
19	7º	2689	2687	2650
22	8º	2553	2551	2515
25	9º	2416	2414	2380
28	10º	2280	2277	2245
31	11º	2144	2140	2110
34	12º	2007	2004	1975
37	13º	1871	1867	1839
40	14º	1734	1730	1704
43	15º	1598	1594	1568
46	16º	1461	1457	1433
49	17º	1326	1322	1298
52	18º	1194	1190	1167
55	19º	1060	1057	1036
58	20º	927	924	906
61	21º	794	791	775
64	22º	661	658	645
67	23º	528	526	516
70	24º	395	393	386
73	25º	262	261	256
76	26º	128	128	127

(*) Ver FIG. 5.10

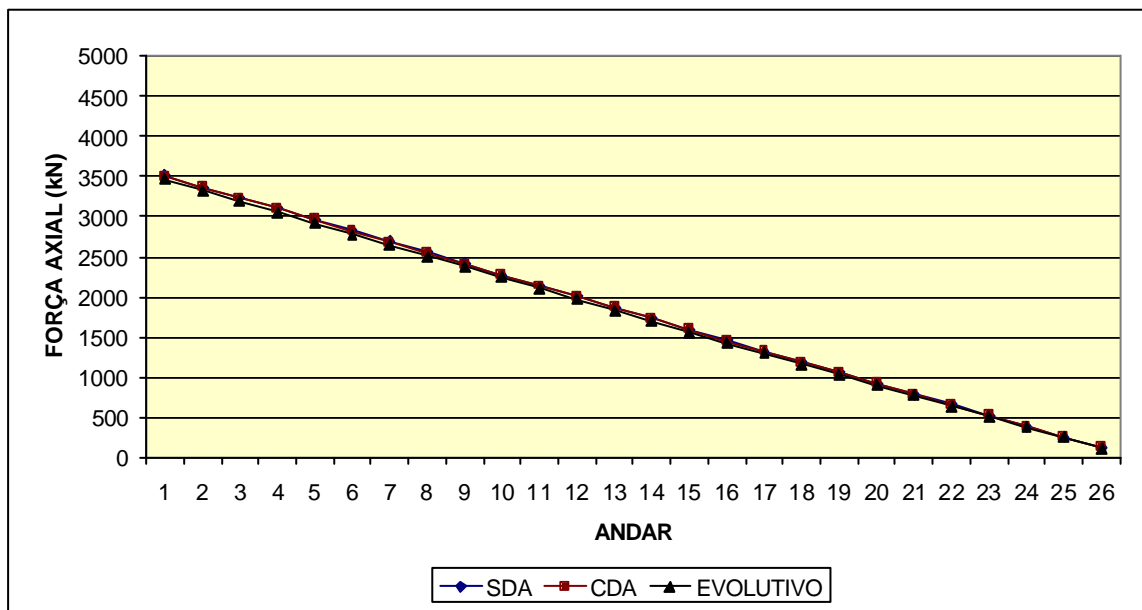
FIGURA 8.83 – Gráfico de força axial nos pilares externos do P26-CVS
5º processamento

TABELA 8.87 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS
1º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8576	6425	6831
6	2º	8250	6115	6522
9	3º	7924	5820	6230
12	4º	7599	5539	5955
15	5º	7273	5270	5693
18	6º	6948	5012	5445
21	7º	6622	4761	5203
24	8º	6294	4496	4943
27	9º	5967	4240	4691
30	10º	5640	3993	4446
33	11º	5313	3752	4207
36	12º	4986	3519	3972
39	13º	4659	3292	3741
42	14º	4332	3071	3512
45	15º	4005	2856	3285
48	16º	3678	2648	3060
51	17º	3348	2431	2825
54	18º	3013	2174	2552
57	19º	2679	1923	2280
60	20º	2345	1677	2010
63	21º	2011	1434	1739
66	22º	1677	1195	1466
69	23º	1344	958	1189
72	24º	1010	723	906
75	25º	676	490	616
78	26º	343	262	319

(*) Ver FIG. 5.10

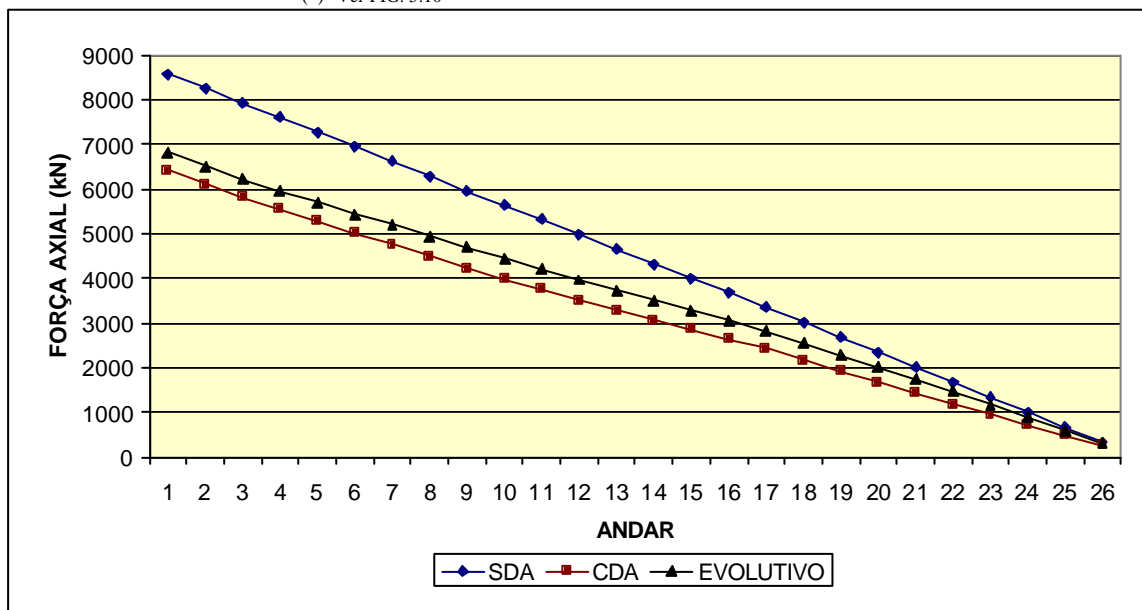
FIGURA 8.84 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS
1º processamento

TABELA 8.88 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS
2º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1?	8576	7554	7817
6	2?	8250	7234	7497
9	3?	7924	6923	7184
12	4?	7599	6619	6880
15	5?	7273	6322	6584
18	6?	6948	6031	6294
21	7?	6622	5743	6009
24	8?	6294	5449	5715
27	9?	5967	5159	5424
30	10?	5640	4874	5138
33	11?	5313	4593	4854
36	12?	4986	4315	4573
39	13?	4659	4041	4294
42	14?	4332	3770	4016
45	15?	4005	3500	3738
48	16?	3678	3234	3460
51	17?	3348	2960	3176
54	18?	3013	2663	2867
57	19?	2679	2367	2557
60	20?	2345	2073	2247
63	21?	2011	1778	1935
66	22?	1677	1485	1621
69	23?	1344	1191	1305
72	24?	1010	897	985
75	25?	676	604	662
78	26?	343	312	337

(*) Ver FIG. 5.10

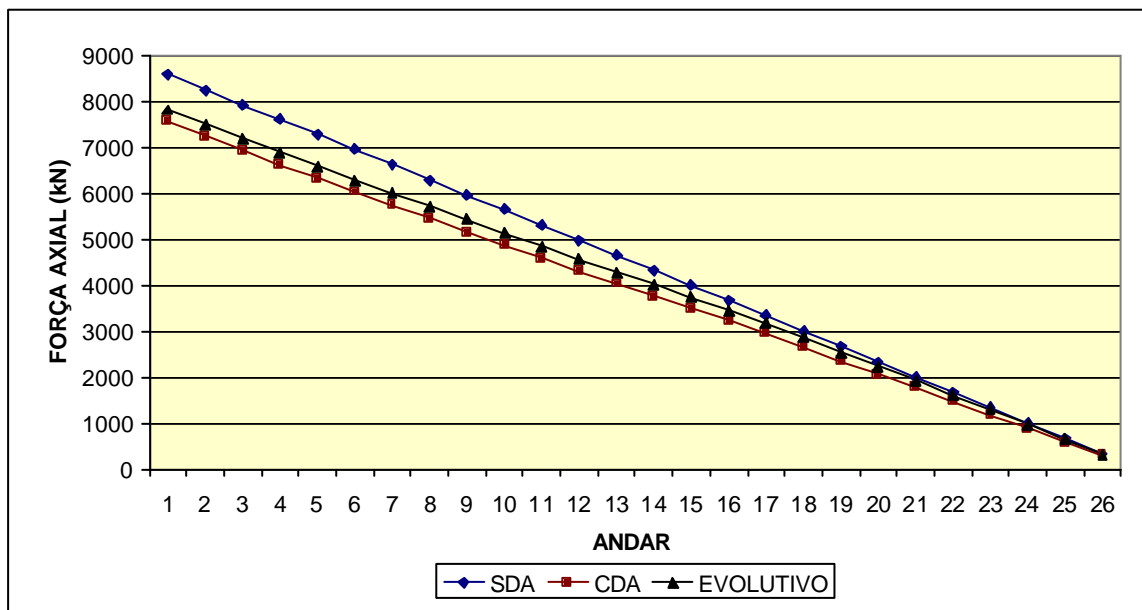
FIGURA 8.85 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS
2º processamento

TABELA 8.89 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS
3º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8576	8166	8333
6	2º	8250	7843	8007
9	3º	7924	7523	7684
12	4º	7599	7207	7365
15	5º	7273	6894	7050
18	6º	6948	6583	6737
21	7º	6622	6273	6427
24	8º	6294	5959	6111
27	9º	5967	5648	5798
30	10º	5640	5339	5485
33	11º	5313	5031	5175
36	12º	4986	4725	4865
39	13º	4659	4420	4556
42	14º	4332	4116	4248
45	15º	4005	3813	3940
48	16º	3678	3511	3631
51	17º	3348	3203	3319
54	18º	3013	2883	2992
57	19º	2679	2564	2665
60	20º	2345	2246	2336
63	21º	2011	1927	2007
66	22º	1677	1608	1677
69	23º	1344	1289	1346
72	24º	1010	970	1013
75	25º	676	650	678
78	26º	343	332	343

(*) Ver FIG. 5.10

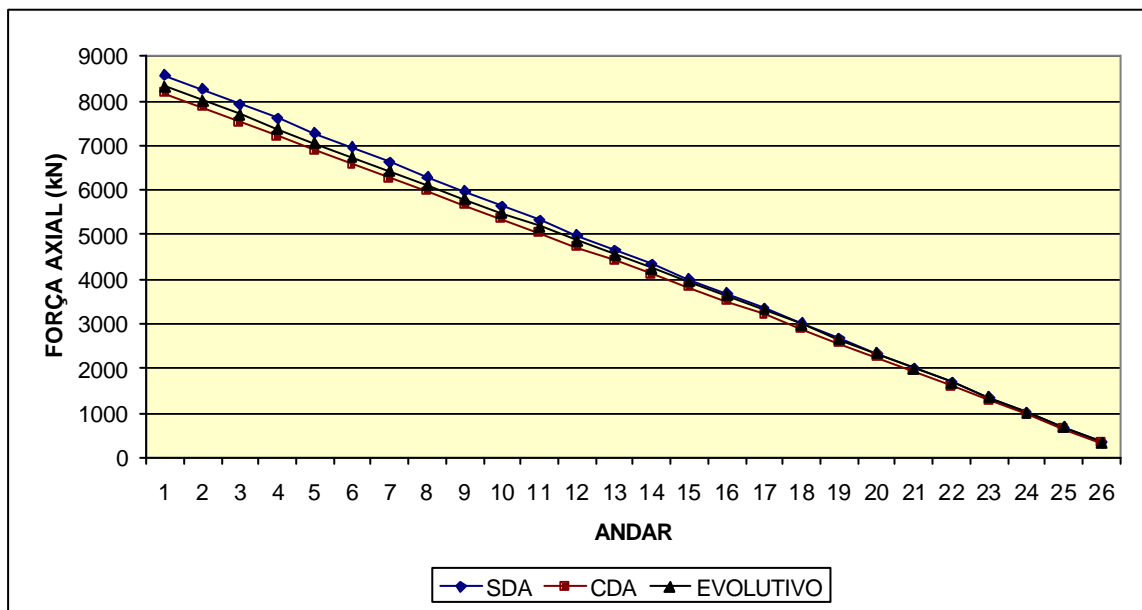
FIGURA 8.86 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS
3º processamento

TABELA 8.90 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS
4º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1?	8576	8454	8571
6	2?	8250	8128	8243
9	3?	7924	7805	7915
12	4?	7599	7483	7589
15	5?	7273	7161	7264
18	6?	6948	6841	6941
21	7?	6622	6519	6619
24	8?	6294	6197	6293
27	9?	5967	5875	5967
30	10?	5640	5553	5643
33	11?	5313	5233	5319
36	12?	4986	4912	4996
39	13?	4659	4592	4673
42	14?	4332	4273	4350
45	15?	4005	3953	4027
48	16?	3678	3634	3704
51	17?	3348	3311	3380
54	18?	3013	2980	3045
57	19?	2679	2651	2709
60	20?	2345	2321	2373
63	21?	2011	1991	2037
66	22?	1677	1661	1700
69	23?	1344	1331	1362
72	24?	1010	1001	1024
75	25?	676	670	685
78	26?	343	341	345

(*) Ver FIG. 5.10

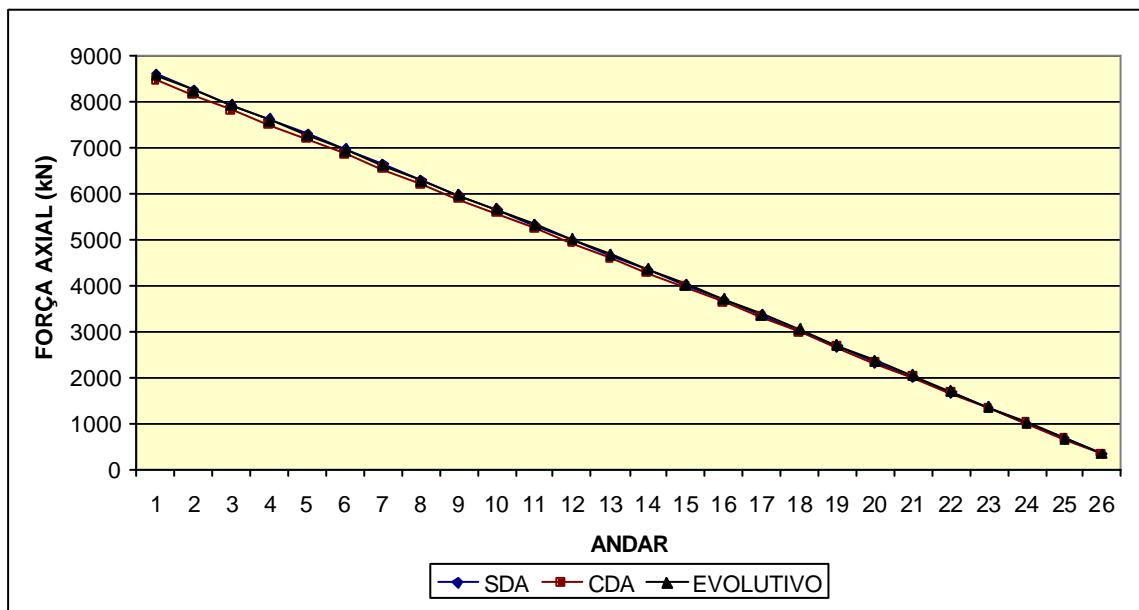
FIGURA 8.87 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS
4º processamento

TABELA 8.91 – Força axial no pilar interno do pórtico P26-CVS
5º processamento

BARRA (*)	ANDAR	FORÇA X SDA (kN)	FORÇA X CDA (kN)	FORÇA X EVOL (kN)
3	1º	8576	8579	8674
6	2º	8250	8252	8345
9	3º	7924	7927	8014
12	4º	7599	7602	7685
15	5º	7273	7277	7356
18	6º	6948	6952	7028
21	7º	6622	6626	6701
24	8º	6294	6299	6370
27	9º	5967	5972	6040
30	10º	5640	5646	5710
33	11º	5313	5319	5380
36	12º	4986	4993	5051
39	13º	4659	4666	4722
42	14º	4332	4339	4393
45	15º	4005	4013	4064
48	16º	3678	3686	3735
51	17º	3348	3356	3405
54	18º	3013	3021	3067
57	19º	2679	2687	2728
60	20º	2345	2353	2389
63	21º	2011	2018	2049
66	22º	1677	1683	1709
69	23º	1344	1349	1369
72	24º	1010	1014	1028
75	25º	676	678	687
78	26º	343	345	346

(*) Ver FIG. 5.10

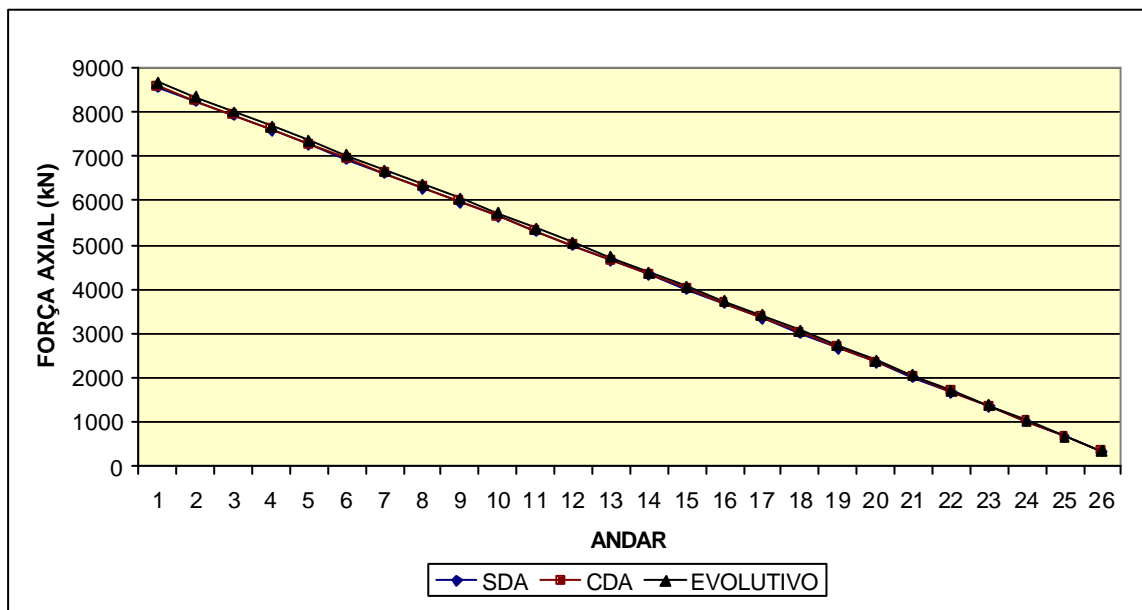
FIGURA 8.88 – Gráfico de força axial no pilar interno do P26-CVS
5º processamento

TABELA 8.92 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-CVS
1º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,62	0,83
2º	0	1,19	1,55
3º	0	1,70	2,20
4º	0	2,18	2,75
5º	0	2,62	3,23
6º	0	3,03	3,64
7º	0	3,57	4,24
8º	0	4,07	4,73
9º	0	4,52	5,14
10º	0	4,94	5,46
11º	0	5,33	5,72
12º	0	5,70	5,92
13º	0	6,05	6,06
14º	0	6,38	6,17
15º	0	6,70	6,23
16º	0	7,02	6,25
17º	0	7,60	6,76
18º	0	8,10	7,04
19º	0	8,53	7,16
20º	0	8,90	7,10
21º	0	9,22	6,87
22º	0	9,48	6,49
23º	0	9,69	5,96
24º	0	9,85	5,28
25º	0	9,98	4,44
26º	0	10,06	3,45

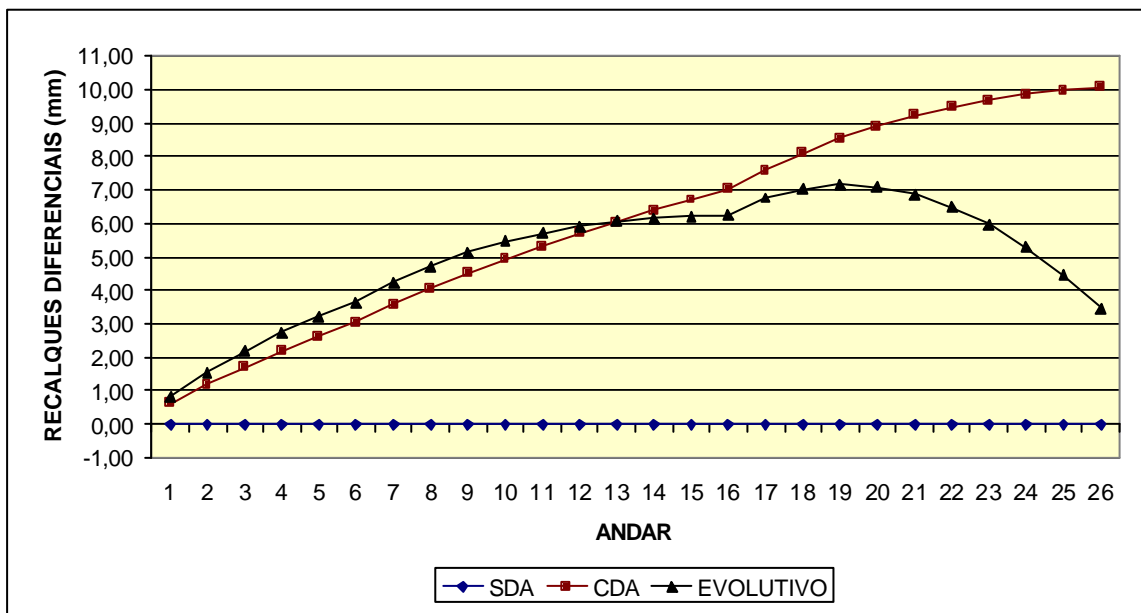
FIGURA 8.89 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-CVS
1º processamento

TABELA 8.93 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-CVS
2º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,28	0,38
2º	0	0,56	0,74
3º	0	0,83	1,08
4º	0	1,09	1,39
5º	0	1,34	1,66
6º	0	1,57	1,90
7º	0	1,86	2,22
8º	0	2,13	2,50
9º	0	2,39	2,73
10º	0	2,62	2,92
11º	0	2,83	3,06
12º	0	3,01	3,15
13º	0	3,17	3,21
14º	0	3,30	3,22
15º	0	3,41	3,20
16º	0	3,50	3,15
17º	0	3,64	3,22
18º	0	3,74	3,21
19º	0	3,82	3,13
20º	0	3,88	2,99
21º	0	3,91	2,79
22º	0	3,93	2,55
23º	0	3,93	2,25
24º	0	3,93	1,93
25º	0	3,91	1,57
26º	0	3,91	1,20

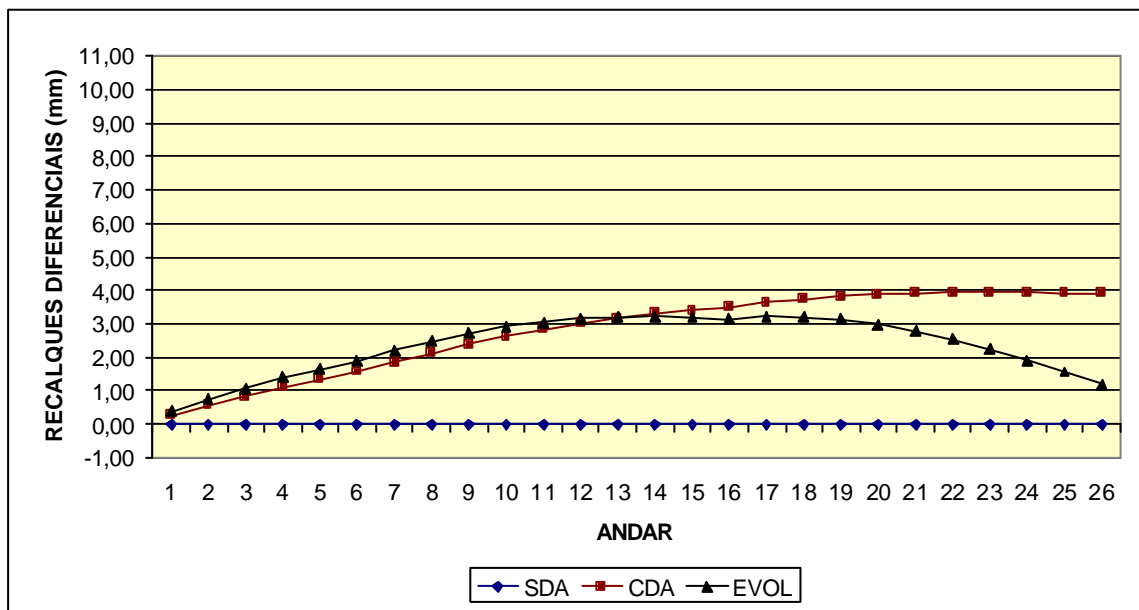
FIGURA 8.90 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-CVS
2º processamento

TABELA 8.94 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-CVS
3º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,12	0,18
2º	0	0,24	0,34
3º	0	0,35	0,49
4º	0	0,46	0,63
5º	0	0,57	0,76
6º	0	0,66	0,87
7º	0	0,79	1,02
8º	0	0,91	1,15
9º	0	1,01	1,26
10º	0	1,11	1,34
11º	0	1,19	1,41
12º	0	1,26	1,44
13º	0	1,32	1,47
14º	0	1,37	1,47
15º	0	1,40	1,45
16º	0	1,42	1,42
17º	0	1,44	1,44
18º	0	1,46	1,41
19º	0	1,47	1,35
20º	0	1,47	1,26
21º	0	1,46	1,16
22º	0	1,45	1,04
23º	0	1,44	0,90
24º	0	1,42	0,75
25º	0	1,41	0,60
26º	0	1,41	0,44

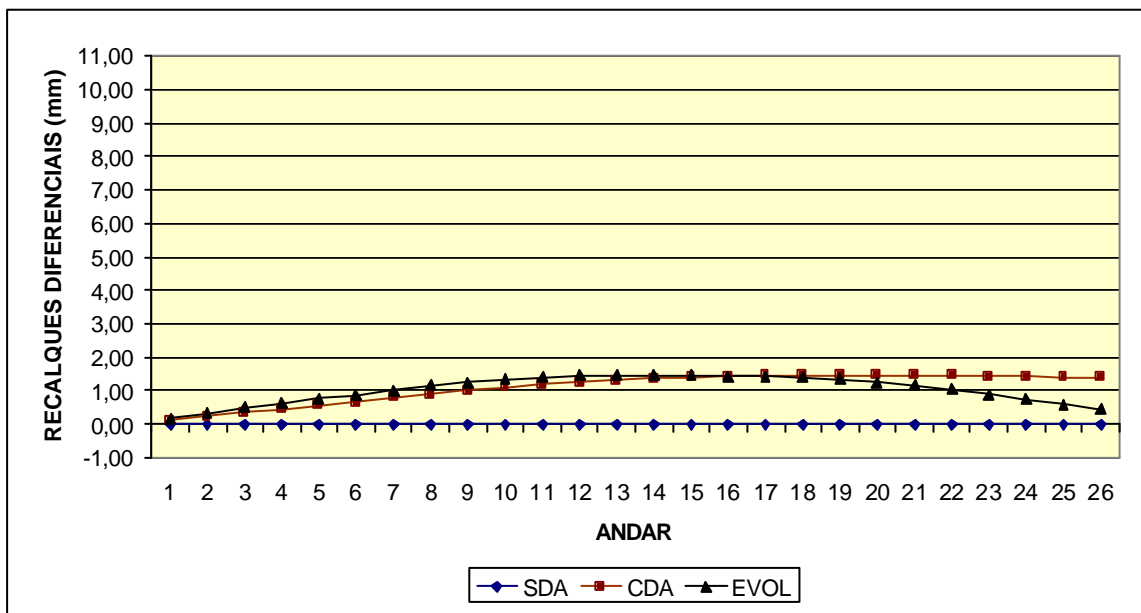
FIGURA 8.91 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-CVS
3º processamento

TABELA 8.95 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-CVS
4º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,04	0,08
2º	0	0,08	0,15
3º	0	0,12	0,22
4º	0	0,15	0,28
5º	0	0,19	0,33
6º	0	0,22	0,38
7º	0	0,26	0,45
8º	0	0,30	0,50
9º	0	0,33	0,54
10º	0	0,36	0,58
11º	0	0,38	0,61
12º	0	0,40	0,63
13º	0	0,42	0,64
14º	0	0,43	0,64
15º	0	0,43	0,64
16º	0	0,44	0,63
17º	0	0,43	0,64
18º	0	0,42	0,62
19º	0	0,41	0,58
20º	0	0,39	0,53
21º	0	0,38	0,48
22º	0	0,36	0,41
23º	0	0,35	0,35
24º	0	0,34	0,28
25º	0	0,34	0,20
26º	0	0,33	0,13

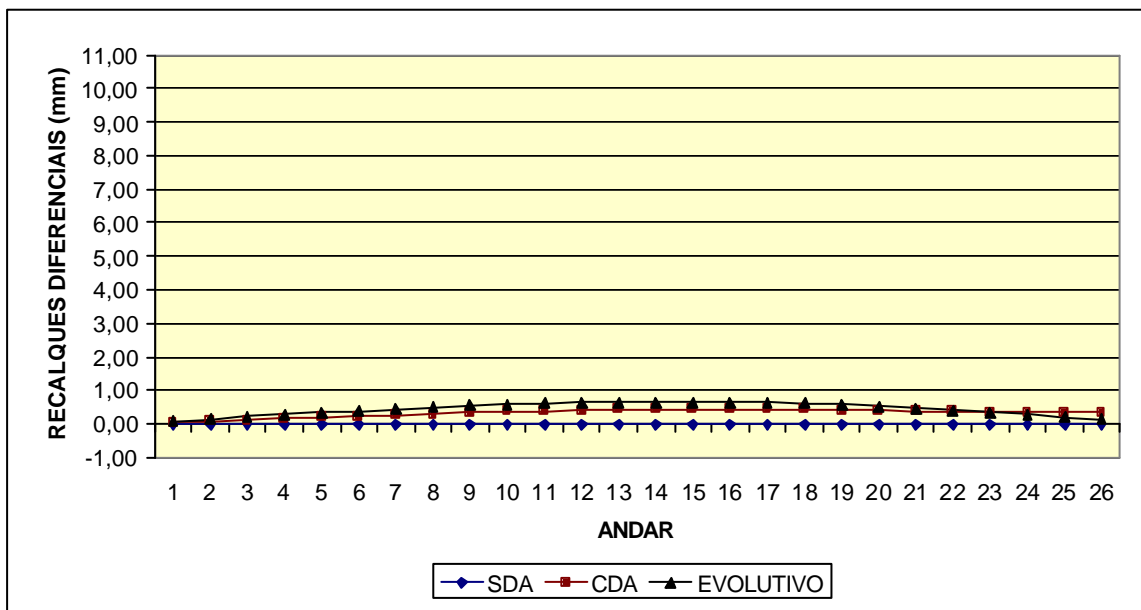


FIGURA 8.92 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-CVS
4º processamento

TABELA 8.96 – Módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do pórtico P26-CVS
5º processamento

MÓDULOS DOS RECALQUES DIFERENCIAIS (mm)			
ANDAR	SDA	CDA	EVOL
1º	0	0,00	0,03
2º	0	0,01	0,06
3º	0	0,01	0,09
4º	0	0,01	0,12
5º	0	0,02	0,14
6º	0	0,02	0,16
7º	0	0,03	0,19
8º	0	0,03	0,22
9º	0	0,03	0,23
10º	0	0,03	0,25
11º	0	0,03	0,26
12º	0	0,03	0,27
13º	0	0,03	0,28
14º	0	0,02	0,29
15º	0	0,02	0,29
16º	0	0,01	0,29
17º	0	0,01	0,30
18º	0	0,03	0,28
19º	0	0,05	0,26
20º	0	0,06	0,23
21º	0	0,08	0,19
22º	0	0,09	0,16
23º	0	0,10	0,12
24º	0	0,11	0,08
25º	0	0,12	0,04
26º	0	0,12	0,00

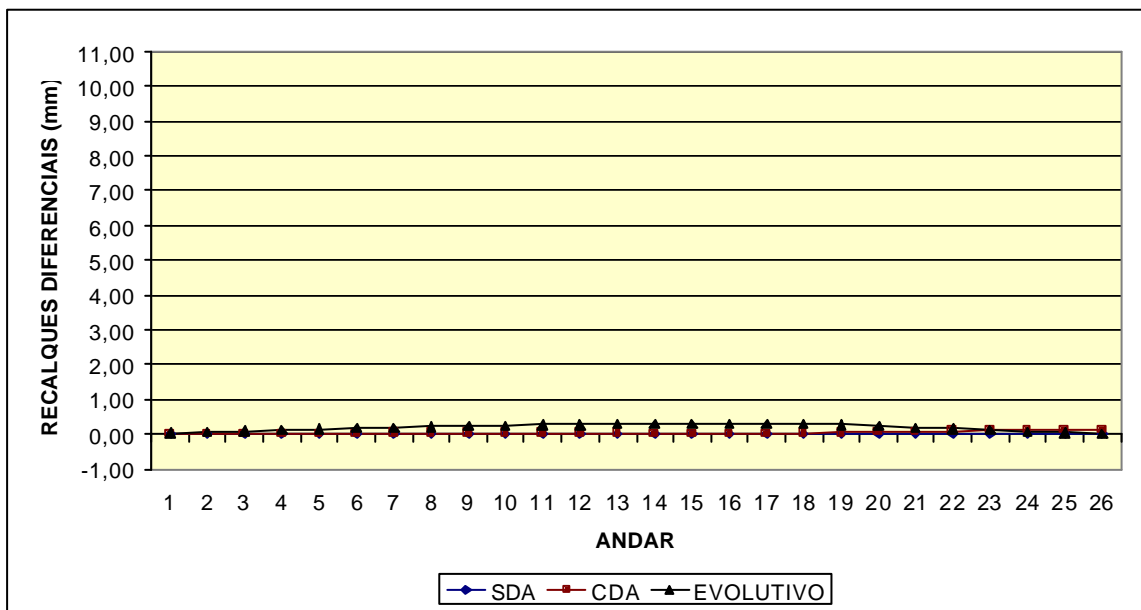


FIGURA 8.93 – Gráfico de módulos dos recalques diferenciais ($D_{yi} - D_{ye}$) do P26-CVS
5º processamento

9

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estudados três pórticos planos: um de 16 andares (P16) e dois de 26 andares (P26-SVS e P26-CVS). Eles foram analisados através dos modelos SDA, CDA e EVOL com o objetivo de melhor compreender os parâmetros que direta ou indiretamente interferem nos resultados de esforços e deslocamentos, bem como de comparar o cálculo clássico com o cálculo evolutivo.

Com relação ao pórtico de 16 andares pode-se afirmar o seguinte:

- a) foram analisados os modelos SDA, CDA e EVOL;
- b) foram comparados os resultados obtidos através dos três modelos e observou-se uma grande discrepância entre eles;
- c) foi verificada a influência da rigidez à flexão do viga em nos resultados; percebeu-se que à medida que esta rigidez diminui os valores dos momentos fletores M_z nas vigas e das forças axiais F_x nos pilares, obtidos com os três modelos, convergem entre si; todavia, o mesmo não ocorreu com os recalques diferenciais entre os pilares nos diversos andares;
- d) diminuir a rigidez à flexão do viga em não é um caminho factível para obter convergência de resultados computados com os modelos SDA, CDA e EVOL;

isto porque há um limite na diminuição da rigidez à flexão do vigamento, sob pena de ter-se uma estrutura demasiadamente flexível;

- e) verificou-se a influência da rigidez axial dos pilares nos resultados; percebeu-se que à medida que a rigidez axial do pilar central é aumentada os valores dos momentos fletores M_z nas vigas e das forças axiais F_x nos pilares, obtidos com os três modelos, convergem entre si; o mesmo ocorreu com os recalques diferenciais entre os pilares nos diversos andares;
- f) aumentar a rigidez axial do pilar central é um caminho viável para obter convergência de resultados computados com os modelos SDA, CDA e EVOL.

Com relação aos pórticos de 26 andares pode-se dizer o seguinte:

- a) todos os comentários, comparações e conclusões feitos para o pórtico de 16 andares aplicam-se igualmente aos pórticos de 26 andares;
- b) constatou-se, além disso, que a discrepância entre os resultados obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL aumenta com a altura dos pórticos.

Como já se comentou, a majoração da rigidez axial do pilar central fez com que os recalques diferenciais entre os pilares de um mesmo andar, calculados com os modelos CDA e EVOL, tendessem para zero. Da mesma forma, os valores dos momentos fletores M_z nas vigas e das forças axiais F_x nos pilares, computados com os modelos SDA, CDA e EVOL, convergiram entre si.

Em vista do acima exposto, vislumbrou-se a possibilidade de obter a convergência dos resultados, computados com os três modelos, impondo-se a condição de que os recalques diferenciais entre pilares de um mesmo andar tendam para zero. Para isto, é necessário que as deformações axiais nos centróides dos pilares de um mesmo andar sejam iguais entre si. Conseqüentemente, deve-se ter a mesma tensão normal média σ_x em todos os pilares de um mesmo andar. Assim sendo, foi elaborado um algoritmo visando uniformizar estas tensões nos pilares dos pórticos P16, P26-SVS e P26-CVS. Como se esperava, os resultados obtidos com os modelos SDA, CDA e EVOL

convergir entre si à medida que as tensões normais médias σ_x , nos pilares de cada andar se tornaram uniformes.

Com base nos exemplos estudados, pode-se afirmar que o modelo EVOL (cálculo evolutivo) é superior aos modelos clássicos SDA (sem deformação axial) e CDA (com deformação axial).

Todavia, pelo grande aumento de trabalho envolvido torna-se fundamental a elaboração de softwares amigáveis capazes de fazer o cálculo evolutivo de estruturas de edifícios altos.

Alternativamente, até que estes softwares estejam disponíveis, sugere-se como um caminho viável para obter a convergência dos resultados, computados com os três modelos, a uniformização das tensões normais médias σ_x em todos os pilares de cada andar.

BIBLIOGRAFIA

AÇOMINAS, SIDERBRÁS (1979) Edifícios de Andares Múltiplos, Belo Horizonte, Aço Minas Gerais S.A.

CHOI, C. K. e KIM, E. D. (1985). Multistory Frames Under Sequential Gravity Loads. *Journal of Structural Engineering* - ASCE, v. 111, No 11, Nov., p. 2373 – 2384.

CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A.; PRADO, J.F.M.A. (1998). Panorama Sobre Ações Construtivas em Estruturas de Edifícios em Concreto Armado. *Revista IBRACON*, No 21, Abr - Jul, p. 21 – 31.

FONTE, A. O. C.; SORIANO, H. L. (1989). Influência do Efeito Construtivo Incremental em Edifícios Altos, II Seminário EPUSP sobre Estruturas de Concreto, Escola Politécnica da USP.

GRUNDY, P.; KABAILA, A. (1963). Construction Loads on Slabs with Shored Formwork in Multistory Buildings, *ACI Structural Journal*, v. 60, No 12, Dec., p. 1729 - 1738.

KRIPKA, M. (1990). Análise Incremental Construtiva de Edificações, Rio de Janeiro, Dissertação(mestrado) - COPPE - UFRJ.

KRIPKA, M. e SORIANO, H. L. (1992). Sistema para Análise Incremental Construtiva de Edificações. XIII CILAMCE, Porto Alegre-RS, p. 381-390.

LASISI, M. Y.; NG, S. N. (1979). Construction Loads Imposed on High-Rise Floor Slabs, *Concrete International*, v. 1, No 2, Feb., p. 24 – 29.

LIN, T.Y.; STOTESBURY S.D. (1981) Structural Concepts and Systems for Architects and Engineers, Cap. 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 10 , New York, John Wiley and Sons, Inc.

LIU, X.; CHEN, W.; BOWMAN, M.D. (1985) Construction Load Analysis For Concrete Structures, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, v. 111, No. 5, May, p. 1019 – 1036.

MORAGUES, J. J.; CATALÁ, J.; PELLICER, E. (1996). An Analysis of Concrete Framed Structures During the Construction Process, *Concrete International*, Nov., p. 44 – 48.

MOSALLAM, K.; CHEN, W.F. (1992). Construction Load Distributions for Laterally Braced Formwork, *ACI Structural Journal*, v. 89, No. 4, July-August, p. 415-424.

OSIER, D.; GROBMAN, S.; BATSON, S. (1997) Aprenda em 21 dias Delphi 2, Rio de Janeiro, Campus.

PITANGUEIRA, R.; VASCONCELLOS FILHO, A. (1999) Uso do Programa PLENOR para Análise de Estruturas Reticuladas, (Apostila), Belo Horizonte, EEUFMG – MG.

PRADO, J.F.M.A. (1999). Estruturas de Edifícios em Concreto Armado Submetidas a Ações de Construção, São Carlos (SP), 184p., Tese (Doutorado) - EESC – SP.

PRADO, J.F.M.A.; RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. (1998) Construction Load Analysis of Concrete Structures Using Computer 3D Models. FOURTH WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS – IACM, Buenos Aires.

SAFFARINI, H.(1987) Multistory Frames under Sequential Gravity Loads, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, July, p. 1628 – 1630, (discussion).

SELVARAJ, S.; SHARMA, S.P. (1974). Influence of Construction Sequence on the Stresses in Tall Building Frames. *Regional Conference on Tall Buildings*, Bangkok, Jan., p. 197 – 211.

SMITH, B.S.; COULL, A. (1991) Tall Building Structures: Analysis and Design, Cap. 2, p. 10-11, New York, John Wiley and Sons, Inc.

STIVAROS, P. C.; HALVORSEN, G. T., (1991) Equivalent Frame Analysis of Concrete Buildings During Construction, *Concrete International*, Aug., p. 57 – 62.

VASCONCELLOS FILHO, A. (1981) Edifícios de Andares Múltiplos, Belo Horizonte, 148 p., Tese (Concurso de Professor Titular), EEUFMG - MG.

VASCONCELLOS FILHO, A., (1986) Teoria das Estruturas: Método dos Deslocamentos, Processo de Cross, Tabelas, Belo Horizonte, EEUFMG – MG, Imprensa Universitária.

VASCONCELLOS FILHO, A.; MAIA, E. V.; SILVA, R. P. (1995) Programas para Cálculo de Estruturas de Barras, (Apostila), Belo Horizonte, EEUFMG – MG.

VASCONCELLOS FILHO, A.; CAMPOS, M.R. (1996) Programa PLENOR – Exemplos de Aplicação, (Apostila), Belo Horizonte, EEUFMG – MG.

WEAVER Jr., W.; GERE, J.M. (1990) Matrix Analysis of Framed Structures, New York, Van Nostrand Reinhold.