UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
Curso de Engenharia Civil
Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas

PROJETO DE ESTRUTURAS COM GRANDES VARANDAS

EDUARDO VIEIRA DA COSTA

Projeto Final de Curso apresentado ao corpo docente do Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado por:

_____
Henrique Inneco Longo
Prof. Associado, D Sc, EP/UFRJ(Orientador)

_____
Claudia Ribeiro Eboli
Prof. Associado, DE, EP/UFRJ

_____
Sergio Hampshire
Prof. Associado, D Sc, EP/UFRJ

Novembro/2007

UVIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE MECÂNICA APLICADA E ESTRUTURA

PROJETO DE ESTRUTURAS COM GRANDES VARANDAS

EDUARDO VIEIRA DA COSTA

AGOSTO DE 2007

Resumo

O objetivo deste trabalho é projetar as estruturas de grandes varandas e analisar várias soluções. Foi feito um estudo do pavimento pelo método dos elementos finitos. A melhor solução foi obtida pelo modelo tridimensional com o uso de mãos francesas e pendurais.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os professores e em especial ao professor Henrique Longo, que me motivou e me ajudou em todo o trabalho.

Índice

1. Introdução.....6
2. Modelos Estruturais Comparados.....8
3. Dados do Projeto.....10
4. Análise das estruturas e resultados obtidos.....11
5. Cálculo da flecha ao longo do tempo 12
6. Modelo Tridimensional.....16
7. Conclusão.....23
8. Referências Bibliográficas.....23
9. Anexos.....24

1. Introdução

A partir dos anos 80, foi dado o início da urbanização dos bairros: Barra da Tijuca, principalmente, o Jardim Oceânico e no Recreio dos Bandeirantes. As características das construções dessa época e que, perdura até os dias de hoje, são:

- prédios com três andares;
- dois apartamentos por andar;
- grandes varandas com o balanço chegando até 5 m(cinco metros) de comprimento.

Os principais problemas constatados neste tipo de estrutura, foram:

- grandes deslocamentos;
- fissuras aparentes, no revestimento, nas paredes das varandas;
- na passagem de veículos de grande porte, ocorre grandes vibrações.

Em alguns casos, é necessário ser feito um projeto de recuperação das varandas, com colocação de reforços na estrutura.

O objetivo deste trabalho é, analisar os vários sistemas estruturais para as grandes varandas de concreto armado, com a obtenção de apresentar o melhor sistema estrutural que menos interfira no projeto de arquitetura, levando em consideração, a menor flecha imediata e, também, o efeito do tempo de acordo com os parâmetros da NBR-6118/2003.

A análise das estruturas foi feita por um programa de computador pelo Método dos Elementos Finitos (SAP2000). As lajes foram modeladas com elementos finitos de placas e as vigas com elementos reticulados. Os elementos finitos da malha foram quadrados, com 25cm (vinte e cinco centímetros) de lado e foram considerados os seguintes carregamentos: cargas permanentes, sobrecarga nas lajes, revestimento e paredes.

Nesse estudo, foi analisado um pavimento constituído por: uma varanda de 5m (cinco metros) de vão e 16m (dezesseis metros) de extensão e por um conjunto de lajes e vigas vizinhas a esta varanda.

Inicialmente, foi feita uma análise da varanda totalmente em balanço (solução hipotética). Neste caso, a espessura da laje ficou bem grande, para que a flecha máxima ficasse menor do que o seu valor limite previsto pela norma NBR-6118/2003. Os momentos fletores e os esforços cortantes, também, ficaram bem grandes, fazendo com que fosse necessário colocar armaduras longitudinais e transversais com grandes bitolas e pouco espaçadas.

Posteriormente, foi feita uma análise acrescentando vigas transversais, sendo uma no meio e duas vigas na extremidade da varanda. Como as vigas ficaram embutidas nas paredes, foi possível projetá-las com alturas relativamente grandes, mas os valores dos esforços continuaram elevados. Incluímos duas vigas intermediarias e foi constatado que a espessura da laje da varanda poderia ser menor do que a do caso anterior.

A solução estrutural da varanda que apresentou os melhores resultados, foi a estrutura projetada com nove vigas transversais, sendo uma central, duas na extremidade e 6 intermediárias. Essas vigas foram prolongadas até a laje vizinha para que não houvesse um momento de torção na viga paralela ao bordo da varanda.

Utilizando-se essa melhor solução, foi feita uma análise tridimensional, constituída de 3 andares e apoios rígidos nos pilares para se obter resultados mais precisos.

Uma análise crítica dos resultados e algumas ponderações podem ser encontradas ainda neste trabalho. Deve-se ressaltar, no entanto, que o intuito desse trabalho é estabelecer o melhor sistema, do ponto de vista estrutural, levando-se em consideração a flecha imediata e a flecha ao longo do tempo das lajes.

A figura 1 mostra uma edificação com grandes varandas no Recreio dos Bandeirantes

Fig.1 - Edificação com grandes varandas no Recreio dos Bandeirantes (RJ)

2. Modelos Estruturais Comparados

Para analisar a melhor solução estrutural de uma varanda, foi estudado um pavimento tipo constituído por uma varanda de 5m de vão, conforme trecho de uma planta esquemática de arquitetura mostrada na figura 2. A edificação possui três andares (2 tipos e uma cobertura) com dois apartamentos separados por uma parede divisória.

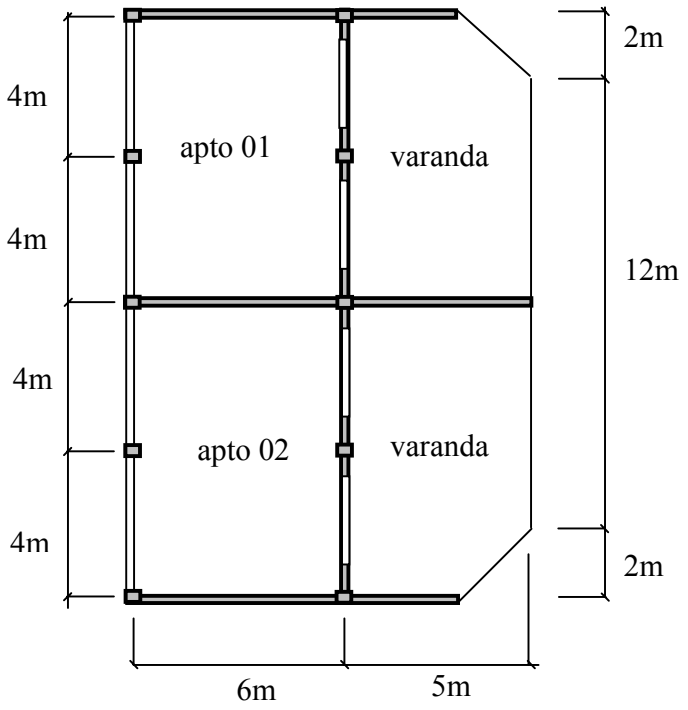
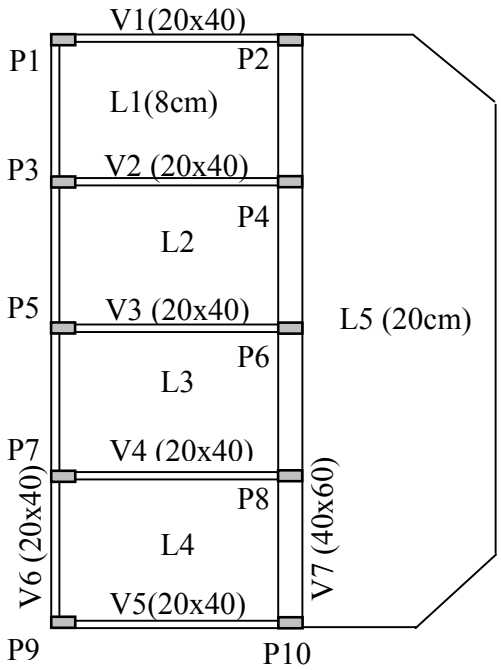
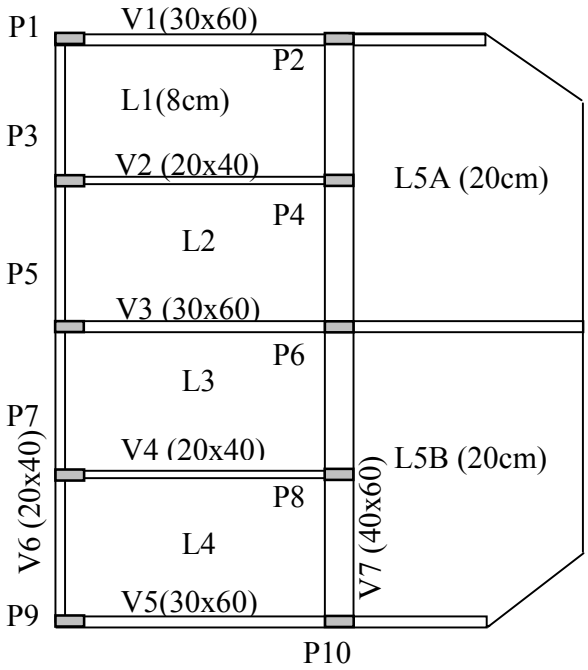


Fig. 2 – planta de arquitetura esquemática

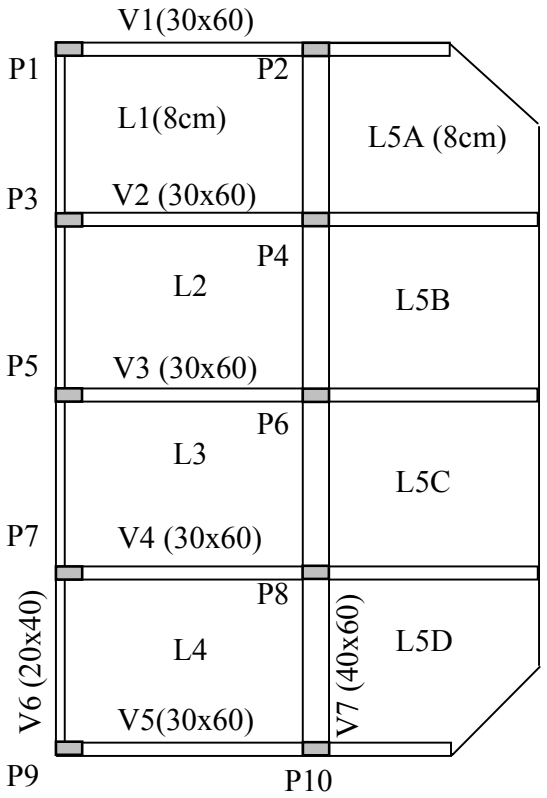
SOLUÇÃO 1 **SOLUÇÃO 2**



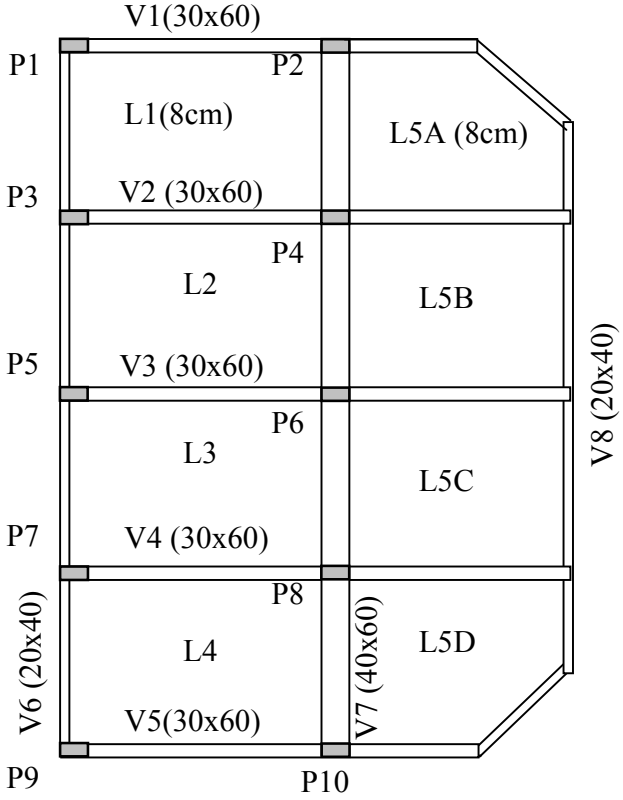
SOLUCÃO 3



SOLUÇÃO 4



SOLUÇÃO 5



SOLUÇÃO 6

Fig.3 – soluções 1 a 4

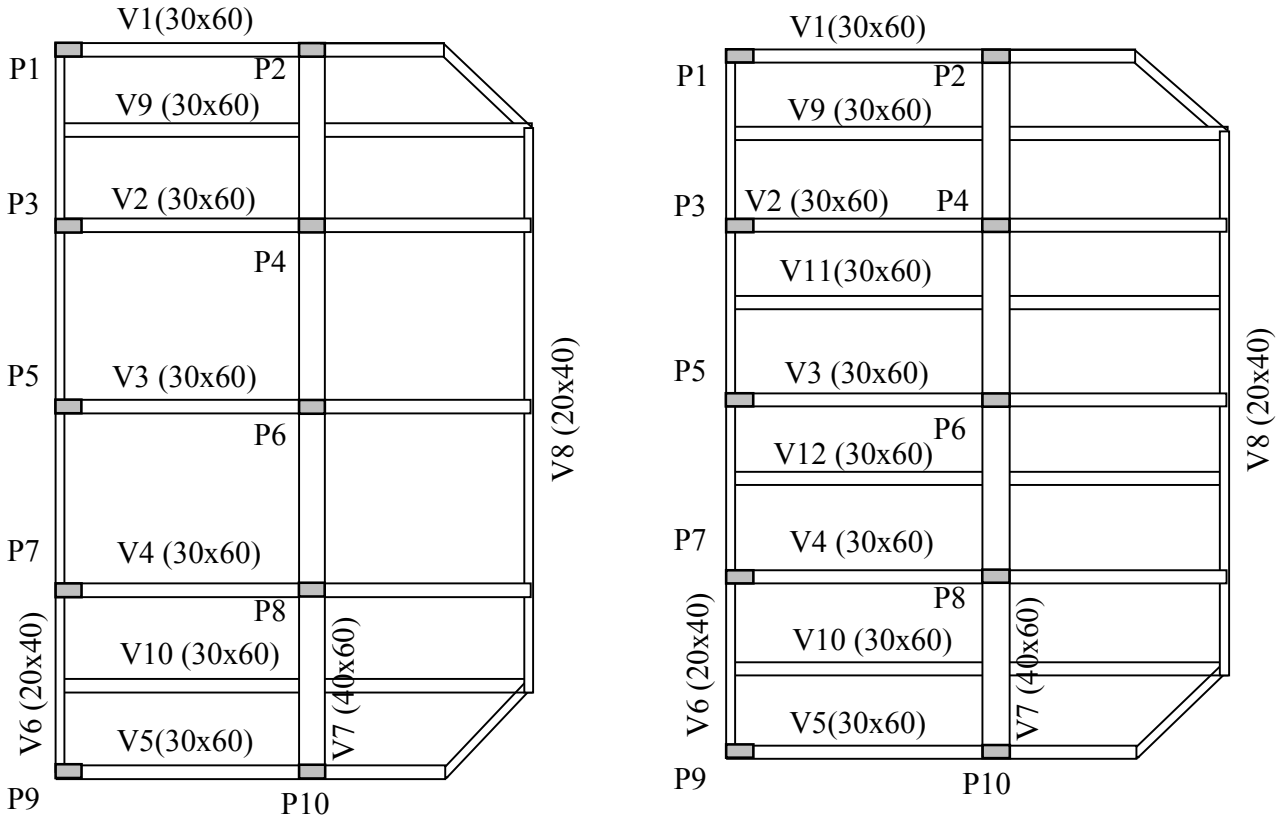


Fig.4 – soluções 5 e 6

3. Dados do projeto

- fck = 30MPa;
- Ec = 0,85x5.600x30½ = 26.071,594MPa;
- Peso próprio – Neste caso foi utilizado o programa SAP 2000 inserindo o peso específico do concreto, $\gamma c = 25kN/m^3$;
- Sobrecarga – Foi considerada uma carga de $2kN/m^2$;
- Revestimento – Foi utilizado a carga de $0,5kN/m^2$;
- Alvenaria – $13kN/m^3$ x 0,15 x 3,00 = 5,85kN/m.

4. Resultados obtidos

Na tabela 1 estão indicados os valores dos momentos fletores(kN/m) e das flechas (cm) imemdiatas nas lajes e vigas para as soluções 1 a 6. É importante frisar que as flechas da tabela 5 são os valores para as cargas totais sem a consideração dos coeficientes das combinações em serviço e sem o efeito da fluência do concreto.

		Solução1	Solução2	Solução3	Solução4	Solução5	Solução6
Laje	Mx -	105,02	59,85	6,20	6,43	6,13	2,73
	My -	29,53	21,33	6,28	4,62	4,40	2,08
	Flecha	**10,88**	**4,70**	**2,91**	**3,01**	**2,62**	**1,87**
Viga7	M +	69,55	60,51	44,31	51,93	118,66	103,85
	M -	81,11	71,59	50,04	56,66	99,06	111,50
	Torção	195,51	83,95	25,90	19,36	17,80	12,21
	Cortante	109,37	89,84	62,03	66,55	122,76	122,72
Viga3	M +		10,13	15,90	12,69	17,79	11,12
	M -		527,05	318,52	332,66	304,82	216,57
	Cortante		150,52	114,80	117,32	112,44	87,76
Vigas 1 e 5	M +		4,17	23,33	12,45	10,18	13,04
	M -		330,03	143,26	191,52	150,41	139,08
	Cortante		96,42	68,10	76,53	64,45	62,99
Vigas 2 e 4	M +			12,64	8,96	7,83	5,81
	M -			266,03	284,44	233,72	183,92
	Cortante			91,20	94,61	82,11	68,12
Vigas 9 e 10	M +					3,61	6,36
	M -					170,13	152,52
	Cortante					58,76	56,40
Vigas 11 e 12	M +						3,27
	M -						183,39
	Cortante						61,35

Tab.1 – Comparação de resultados

5.Cálculo da flecha ao longo do tempo

5.1 Combinações de ações no Estado Limite de Serviço

De acordo com a NBR-6118(2003), nas combinações freqüentes de serviço (CF), a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor quase permanente $\Psi_1 F_{q1k}$ e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores quase permanentes $\Psi_2 F_{q2k}$. Assim sendo:

$$F_{d,ser} = \sum F_{gi,k} + \Psi_1 F_{q1k} + \sum \Psi_2 F_{q2j,k}$$

$F_{d,ser}$	valor de cálculo das ações para combinações de serviço
$\sum F_{gi,k}$	soma das ações permanentes diretas
F_{q1k}	ações quase permanentes
F_{q2k}	ações variáveis diretas

Para cargas quase permanentes e acidentais em edifícios residenciais, os coeficientes são:

$$\Psi_1 = 0{,}3 \quad \text{e} \quad \Psi_2 = 0{,}3$$

Assim, temos:

$$F_{d,ser} = \sum F_{gi,k} + 0{,}3\Psi_1 F_{q1k} + 0{,}3\sum \Psi_{2j} F_{q2j,k}$$

5.2 Flecha diferida no tempo

De acordo com a NBR-6118(2004), a flecha adicional diferida no tempo proveniente das cargas de longa duração em função da fluência, pode ser calculada de maneira aproximada pela multiplicação da flecha imediata f_{og} pelo fator α_f dado pela expressão:

$$\alpha_f = \frac{\Delta\xi}{1 + 50\rho'}$$

sendo

$\Delta\xi = \xi(t) - \xi(t_0)$

t - tempo, em meses, quando se deseja o valor da flecha diferida

t_0 - idade, em meses, relativa à aplicação da carga de longa duração

ρ' – taxa geométrica de armadura longitudinal de compressão

O valor de $\xi(t)$ é um coeficiente em função do tempo que pode ser calculado pela expressão abaixo, para t ≤ 70 meses:

$$\xi(t) = 0{,}68(0{,}996^{t})t^{0{,}32}$$

Se t> 70 meses:

$$\xi(t) = 2{,}0$$

Considerando o tempo t = 28 dias (0,933 meses)

$$\xi(t) = 0{,}66$$

Se t > 70 meses, $\xi(t) = 2{,}0$

$$\Delta\xi = 2{,}0 - 0{,}66$$

$$\Delta\xi = 1{,}34$$

Adotando uma taxa geométrica ρ' da armadura longitudinal de compressão igual a 0,5%:

$$\alpha_f = \frac{1{,}34}{1 + 50x0{,}005}$$

$$\alpha_f = 1{,}07$$

Segundo a NBR-6118(2004), o valor da flecha total proveniente das cargas de longa duração vale:

$$f_g = (1 + \alpha_f)\, f_{og}$$

$$f_g = 2{,}07\, f_{og}$$

Considerando o efeito da fluência nas cargas de longa duração, a flecha total será:

$$f_{d,ser} = 2{,}07 \sum f_{gi,k} + 0{,}3\, f_{q1k} + 0{,}3 \sum f_{q2j,k}$$

5.3 Deslocamentos limites

Estes deslocamentos limites são valores práticos utilizados para verificação no estado limite de deformações excessivas da estrutura. De acordo com a NBR-6118 (2003), o deslocamento limite total para a aceitabilidade sensorial deve ser igual a:

$$f_{T\lim} = l/250$$

O deslocamento limite devido a cargas acidentais:

$$f_{Ac\lim} = l/350$$

No caso de grandes varandas com l = 5m, os valores limites são:

$$f_{LIM} = 2cm$$

$$f_{Ac\lim} = 1{,}43cm$$

5.4 Cálculo da flecha total para a solução 6

De acordo com a tabela1 de comparação de resultados, a melhor solução em termos de menor flecha e menores esforços foi a opção 6

Fazendo-se o cálculo da flecha total para esta opção obtemos os valores da tabela 2:

Tab.2 - Valores das flechas de acordo com sistema Sap2000(cm)

Carregamento	Deslocamento
Peso próprio	1,17
Paredes	0,16
Sobrecarga	0,43
Revestimento	0.11
TOTAL	1,87

Adotando como valor principal a flecha devida a carga permanente, a flecha devido ao revestimento e as paredes como quase permanentes e a flecha devido a sobrecarga como acidental:

$$f_{d,ser} = 2{,}07\sum f_{gi,k} + 0{,}3\, f_{q1k} + 0{,}3\sum f_{q2j,k}$$

$$f_{d,ser} = 2{,}07.1{,}17 + 0{,}3.(0{,}11 + 0{,}16) + 0{,}3.0{,}43$$

$$f_{d,ser} = 2{,}42 + 0{,}08 + 0{,}13 = 2{,}55 > 2cm$$

Assim sendo não foi possível obter uma flecha total que atendesse aos critérios da norma. Resolvemos então primeiramente alterar os valores da alturas das vigas V1, V5 e V3 e diminuindo sua largura para que ficassem com a largura das paredes. O resultado que obtivemos para os deslocamentos estão na tabela 3:

Tab.3 – Deslocamentos das vigas V1, V3 e V5 em função da altura

Estrutura	Deslocamento
Vigas de 15x70	1,94
Vigas de 15x80	1,78
Vigas de 15x90	1,60
Vigas de 15x100	1,43

Valores das flechas para as vigas de 15x 100de acordo com sistema SAP2000 estão na tabela 4.

Tab.4 – Deslocamentos parciais para as vigas com 15x100

Carregamento	Deslocamento
Peso próprio	0,92
Paredes	0,10
Sobrecarga	0,34
Revestimento	0,07
TOTAL	1,43

Para este caso a flecha total será:

$$f_{d,ser} = 2{,}07 \sum f_{gi,k} + 0{,}3 f_{q1k} + 0{,}3 \sum f_{q2j,k}$$

$$f_{d,ser} = 2{,}07.0{,}92 + 0{,}3.0{,}17 + 0{,}3.0{,}34$$

$$f_{d,ser} = 1{,}90 + 0{,}05 + 0{,}07 = 2{,}05 > 2cm$$

Esta solução, além de ter vigas muito altas, também não conseguiu atender aos critérios da norma. Então resolvemos adotar um modelo com mão francesas na viga V3, com pendurais nas varandas. Para isto desenvolvemos um modelo tridimensional como veremos no próximo item.

6 Modelo Tridimensional

Para este modelo, utilizamos a solução 5 por possuir menos vigas e por isso mais econômica. Neste caso, foi utilizado a mão francesa de 12cm x 12cm e pendurais de 12cm x 12cm apenas na extremidade na viga 3. A utilização da largura de 12 cm é para poder ficar embutido na alvenaria/acabamento. Estes elementos estruturais não foram colocados no térreo para evitar interferência no projeto de arquitetura. Os pilares utilizados têm seção de 20cmx60cm. Os nós dos pilares P3, P5, P7 foram restringidos na direção y, para substituir a continuação do prédio e os nós dos pilares P1 e P9 estão liberados devido aos prismas de ventilação em cada lado do prédio.

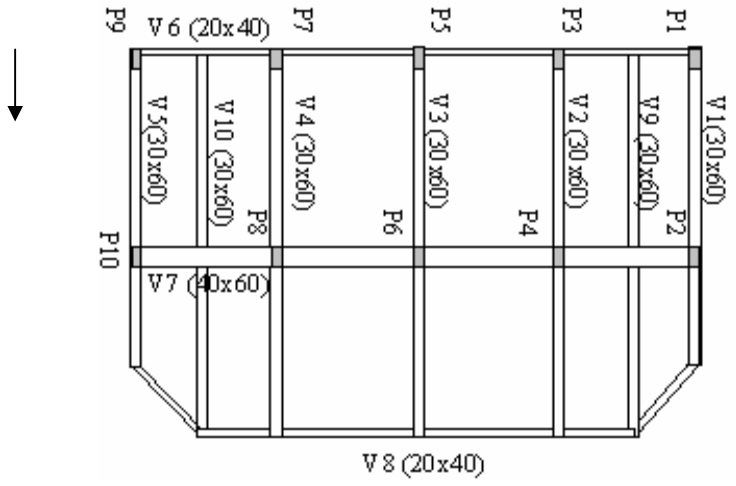


Fig.5 – Estrutura para o modelo tridimensional

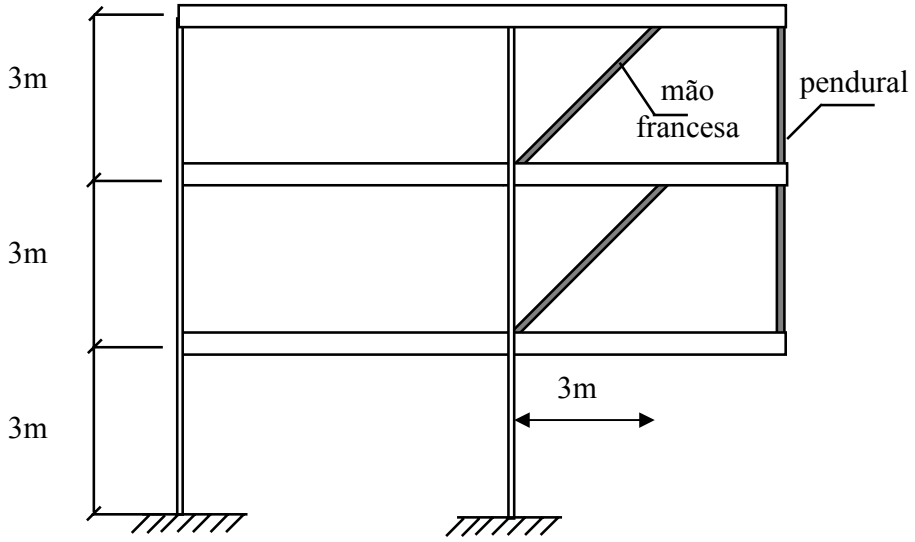


Fig.6 – Estrutura com mão francesa e pendurais

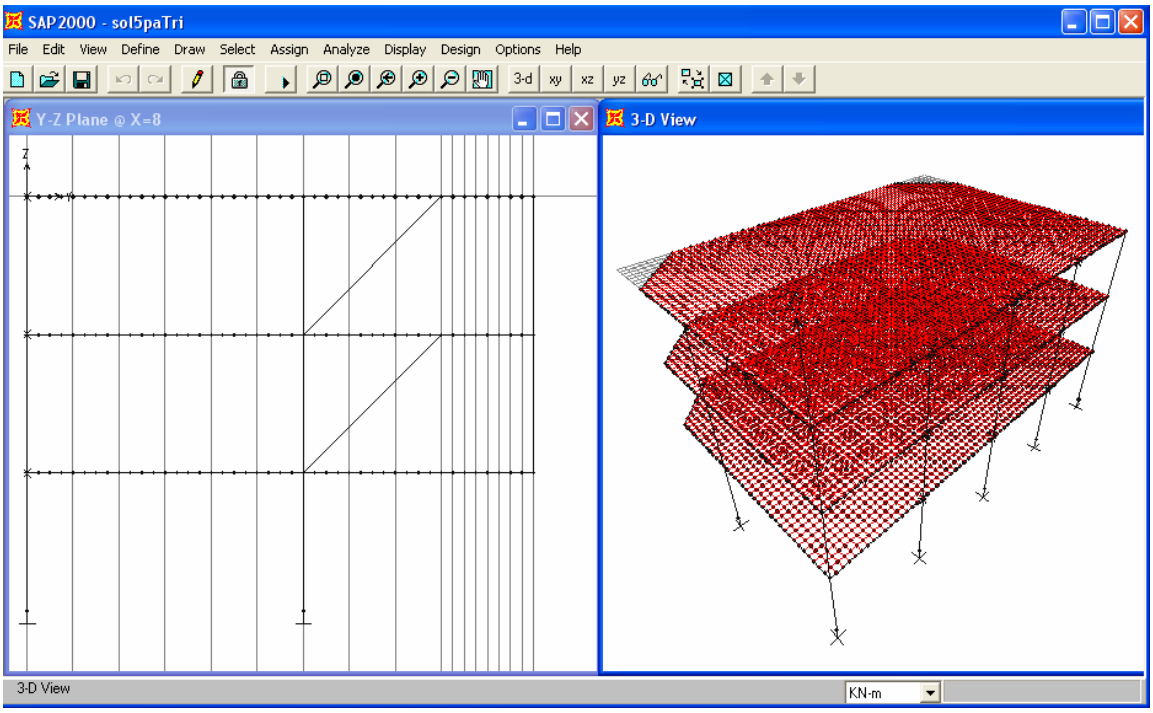


Fig.7 – Modelo tridimensional

6.1 Análise e Resultados obtidos

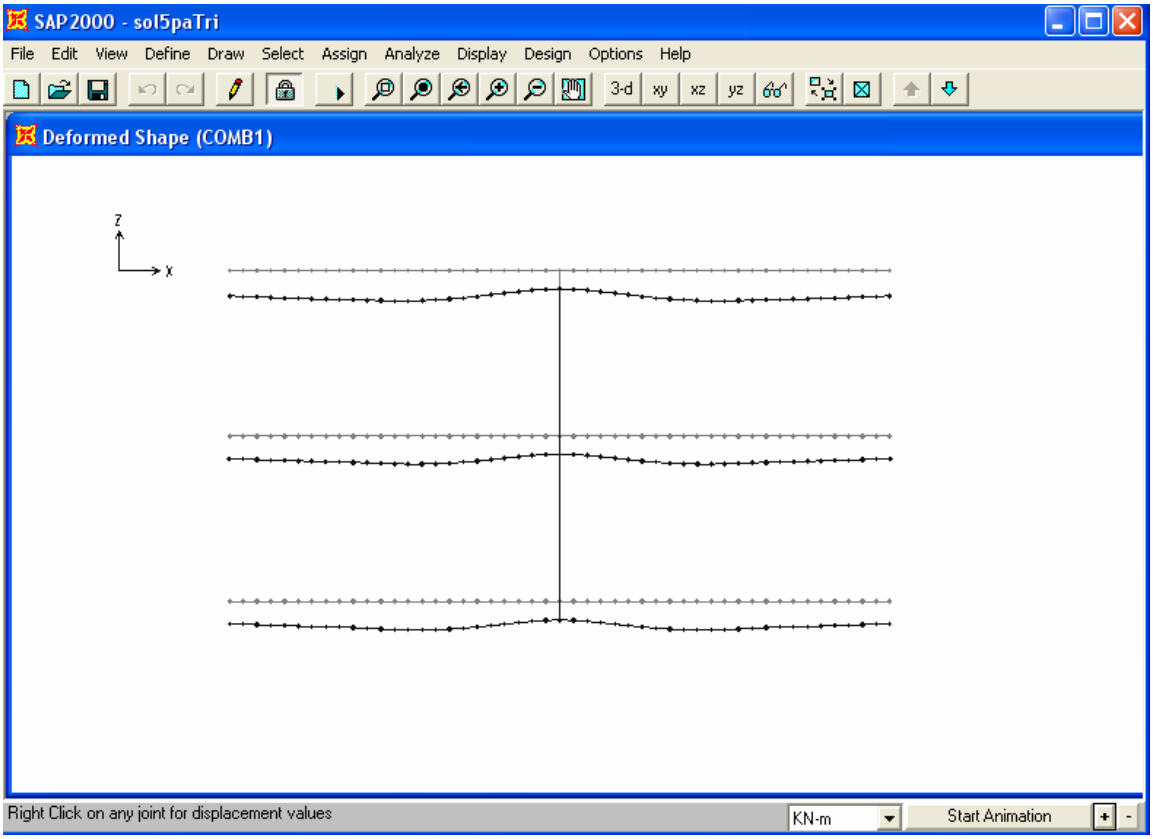
Na tabela 5 estão mostrados os valores dos momentos fletores(kN/m) e flechas (cm) imediatas para o modelo tridimensional da solução 5 por pavimentos e comparando o resultado com a solução 6.É importante frisar que as flechas da tabela 5 são os valores para as cargas totais sem a consideração dos coeficientes das combinações em serviço e sem o efeito da fluência do concreto.

Tab.5 – Momentos fletores e flechas para o modelo tridimensional

		Tridimensional			
		1 Laje	2 Laje	3 Laje	Solução6
Laje	Mx -	5,11	4,78	4,89	2,73
	My -	6,75	7,51	7,62	2,08
	Flecha	**1,29**	**1,27**	**1,36**	**1,87**
Viga7	M +	85,28	82,73	94,44	103,85
	M -	73,97	66,98	67,97	111,50
	Torção	16,78	16,94	17,04	12,21
	Cortante	94,45	89,93	96,10	122,72
Viga3	M +	38,91	42,67	44,67	11,12
	M -	188,52	108,37	96,91	216,57
	Cortante	89,20	80,69	75,00	87,76
Vigas 1 e 5	M +	22,99	23,34	23,18	13,04
	M -	95,68	95,75	96,02	139,08
	Cortante	51,20	51,28	51,31	62,99
Vigas 2 e 4	M +	24,81	25,24	23,35	5,81
	M -	210,04	209,14	202,71	183,92
	Cortante	76,67	76,07	74,03	68,12
Vigas 9 e 10	M +	3,10	3,35	2,66	6,36
	M -	124,43	135,09	138,06	152,52
	Cortante	48,63	48,04	49,21	56,40
M. F	N -	186,30	176,24		
Pend	N +		36,78	15,51	

A figura 8 mostra a deformada no extremo da varanda neste modelo tridimensional para a solução 5.

Fig.8 – Deformada no extremo da varanda



6.2 Cálculo da flecha total para o modelo tridimensional

Fazendo-se o cálculo da flecha total para esta opção obtemos:

Tab.6 - Valores das flechas (cm) de acordo com sistema Sap2000

Carregamento	Com pendural e mão francesa
Peso próprio	0,77
Paredes	0,05
Sobrecarga	0,43
Revestimento	0.11
TOTAL	1,36

$$f_{d,ser} = 2{,}07 \sum f_{gi,k} + 0{,}3 f_{q1k} + 0{,}3 \sum f_{q2j,k}$$

$$f_{d,ser} = 2{,}07.0{,}78 + 0{,}3.(0{,}11 + 0{,}14) + 0{,}3.0{,}43$$

$$f_{d,ser} = 1{,}61 + 0{,}07 + 0{,}13 = 1{,}81 < 2cm$$

Outra alternativa seria inserir as mãos francesas e os pendurais nas extremidades e no meio (Tridimensional B), para que o conjunto tenha mais rigidez.As flechas deste caso estão na tabela 7

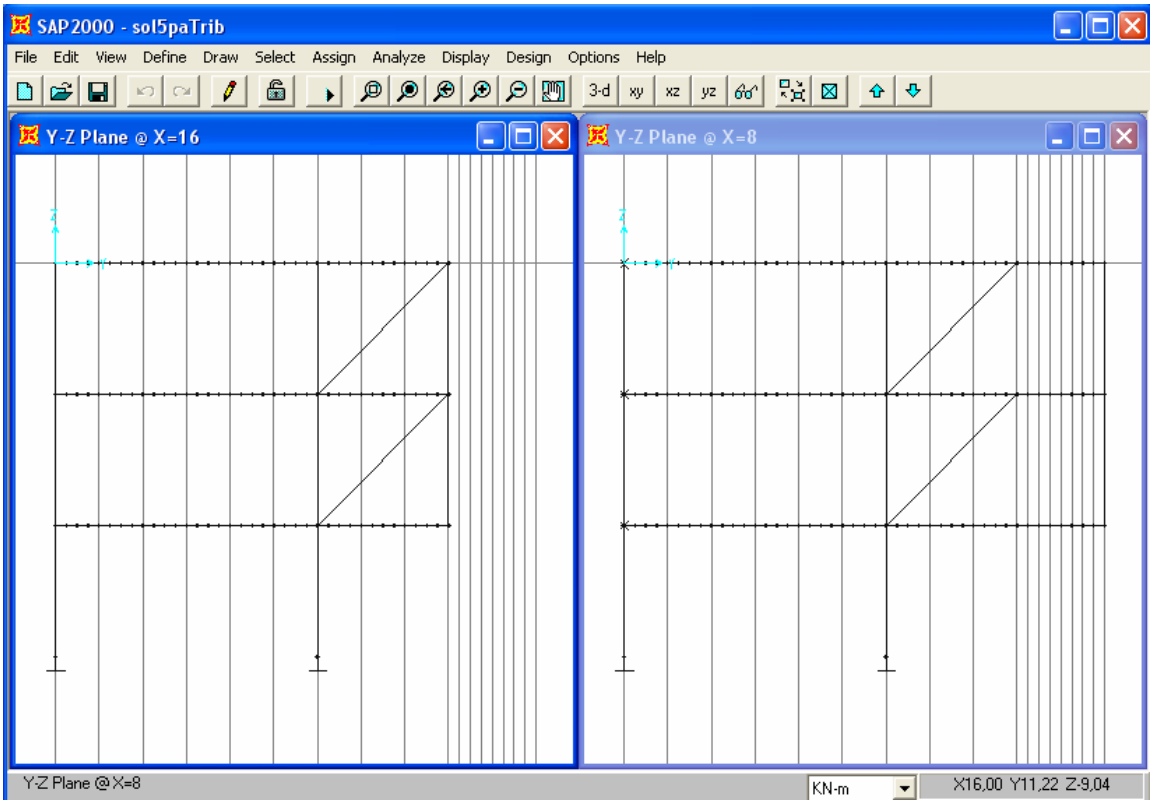


Fig. 9 - Mãos francesas e pendurais nas extremidades e no meio

Tab.7 – Comparação das flechas

	Tridimensional			Tridimensional B		
Flecha	**1 Laje**	**2 Laje**	**3 Laje**	**1 Laje**	**2 Laje**	**3 laje**
	1,29	**1,27**	**1,36**	**1,28**	**1,26**	**1,34**

Como observamos a tabela 7 esta alternativa não trouxe modificações significativas

Uma outra alternativa que poderia ser tentada dependendo da arquitetura seria inserir os pendurais nas quinas e no meio das varandas(Tridimensional C).(Figura10)

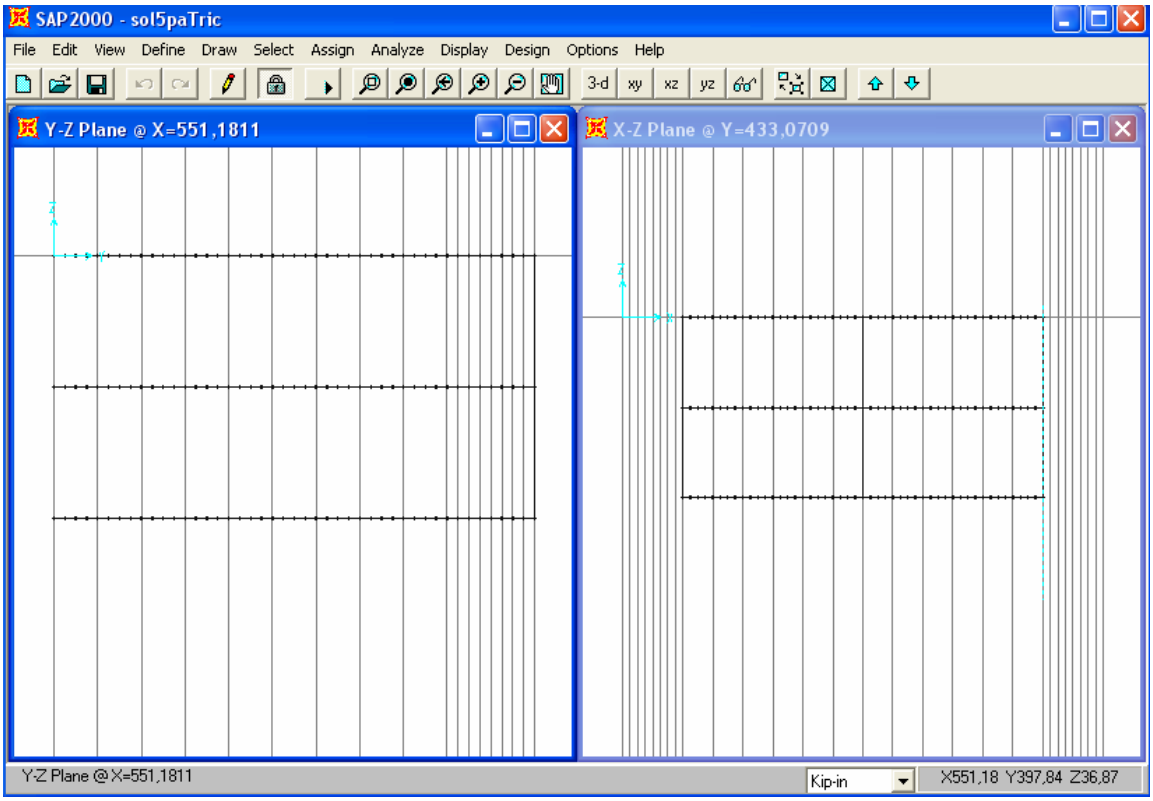


Fig.10 – Pendurais nas quinas e no meio das varandas

Tab.8 – Comparação das flechas

	Tridimensional			Tridimensional C		
Flecha	**1 Laje**	**2 Laje**	**3 Laje**	**1 Laje**	**2 Laje**	**3 laje**
	1,29	**1,27**	**1,36**	**1,30**	**1,28**	**1,34**

Como observamos a tabela 8 esta alternativa também não trouxe mudanças significativas

Uma outra alternativa analisada por Longo e Costa (2007) foi a de colocar de colocar uma parede estrutural de 12 cm de espessura. Toda parede ficaria sobre a viga V3 embutidos pelo revestimento, conforme mostrado na figura 11. Neste caso a flecha máxima ficou menor do que a flecha limite da norma.

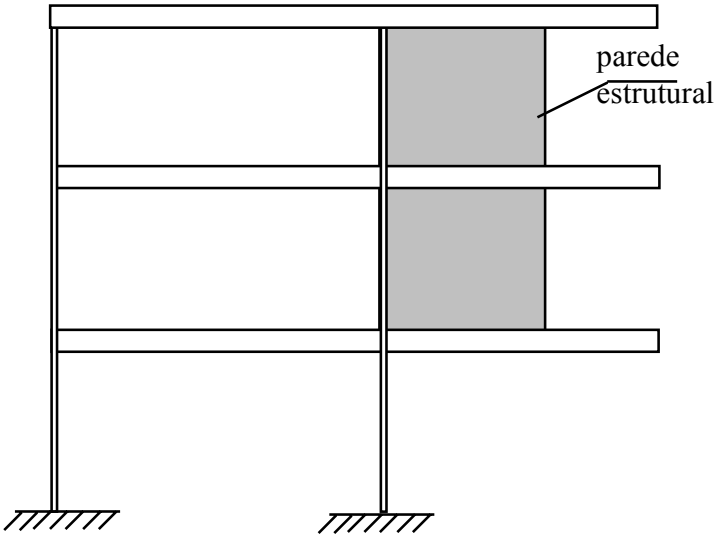


Fig.11 – Parede estrutural

7 Conclusão

Ao longo do tempo que estudei na faculdade tive a oportunidade de estagiar tanto em escritório de cálculo como na obra. O que pude observar com a minha pouca experiência é que o dimensionamento das estruturas de grandes varandas era feito levando-se apenas em consideração os esforços momento fletor e cortante. No escritório, apenas fazia-se o dimensionamento e as verificações desses esforços. Na obra, até havia uma preocupação com as flechas, devido ao número de reclamações dos moradores dos apartamentos, o que obrigava a execução de consertos feitos nas varandas. Na verdade, até se fazia essa exigência no projeto, mas quando o projeto estava pronto, não havia nenhuma análise em relação a flecha. Por causa da pressa ou falta de tempo, este item passava despercebido.

Analisando e comparando os resultados encontrados, ficou claro que apenas as vigas longitudinais não são suficientes para atender aos critérios da norma. Na análise plana do pavimento vimos que a estrutura com o maior número de vigas, espaçadas a cada dois metros, foi a que apresentou os melhores resultados mas não o suficiente para atender ao critério da flecha ao longo do tempo da norma NBR-6118(2003). Então apresentamos o modelo tridimensional com as mãos francesas e os pendurais na viga central, o qual atendeu com facilidade os critérios da flecha ao longo do tempo da norma NBR-6118(2004). Apresentamos outras variações desse modelo mas não trouxe modificações significativas.

Portanto, do ponto de vista de projeto, o melhor modelo encontrado dentre os modelos estudados foi o modelo tridimensional com os pendurais e a mão francesa, a parede estrutural também é uma boa solução. Uma outra alternativa seria a de inserir a contra- -flecha. Cabe ao engenheiro analisar os projetos e optar pelo modelo mais adequado.

7 Referências Bibliográficas

LONGO,H.I. e Costa,E.V., Análise das Estruturas de Grandes Varandas, Artigo para o II Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas,2007

NORMA NBR-6118, Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1ª ed., 2003.

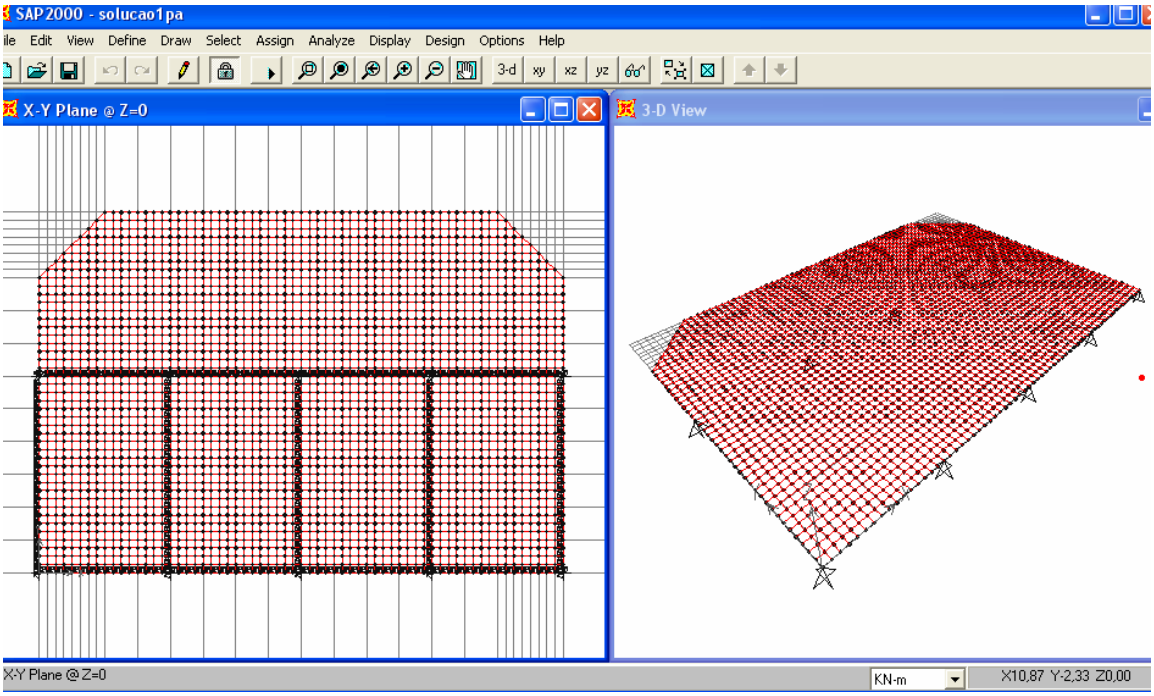
NORMA NBR-6120, Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edifícios , Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1975.

PROGRAMA SAP 2000, Structural Analysis Program, Non Linear Version 6.11, Computers and Structural, Inc., 1997.

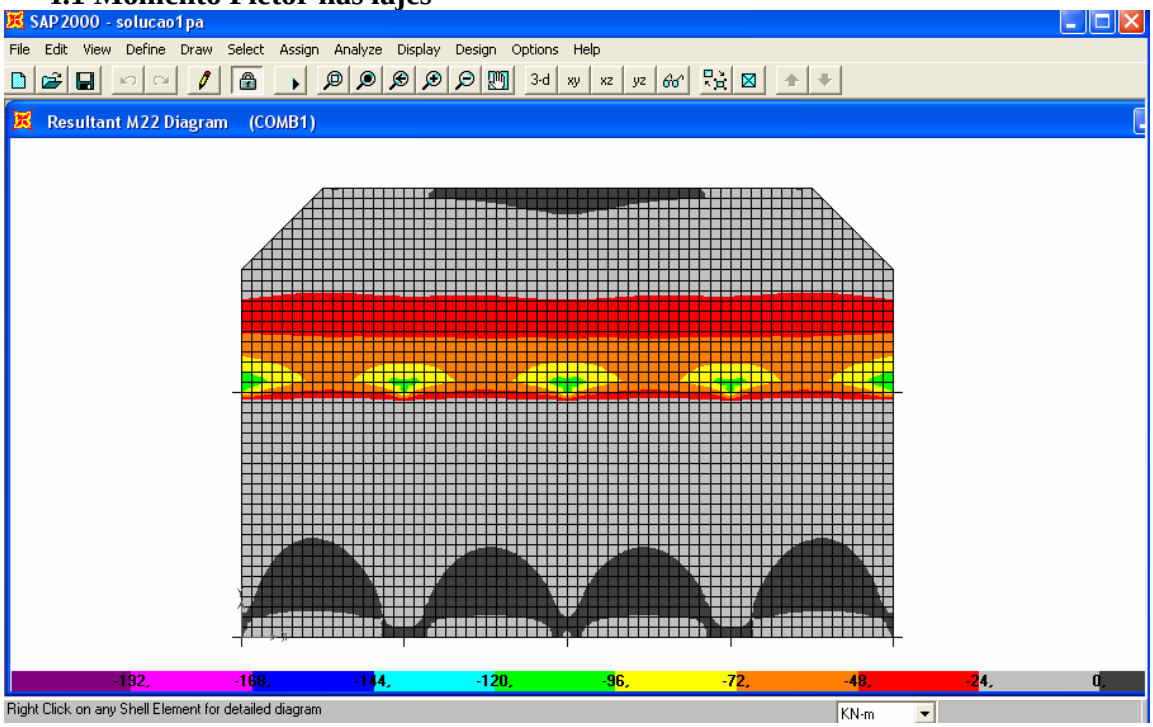
ANEXOS

Anexo I - Resultados Solução 1

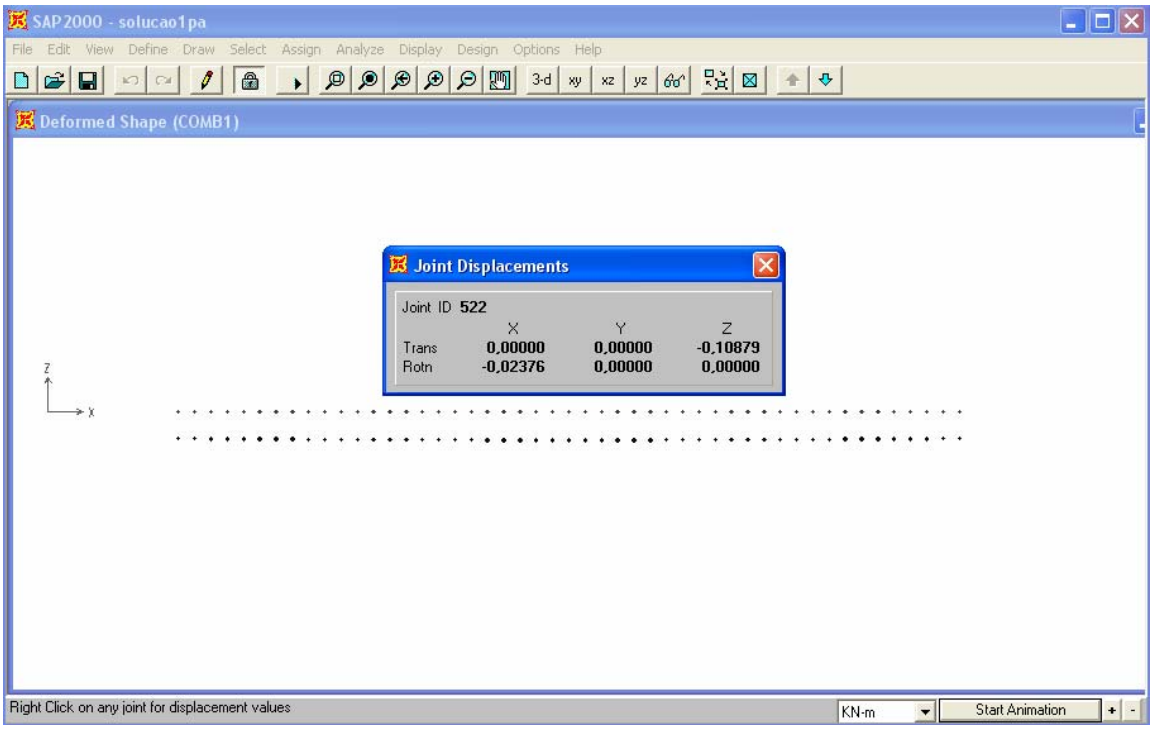
I. Varanda em Balanço



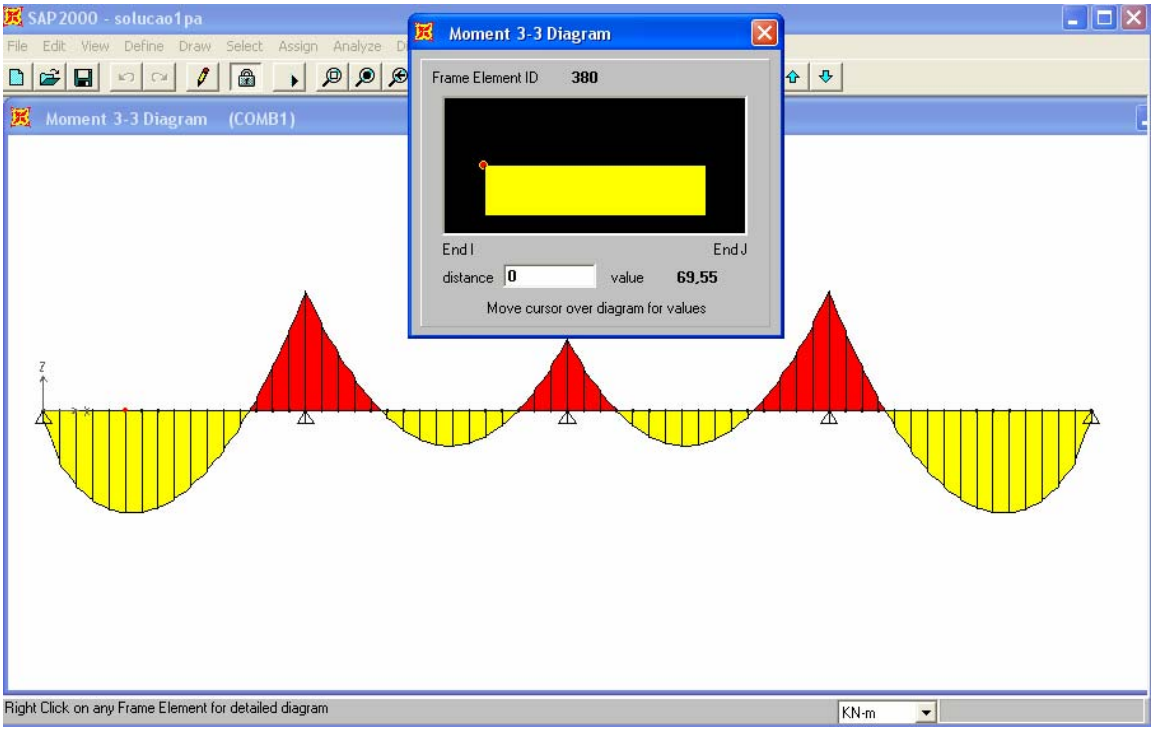
I.1 Momento Fletor nas lajes



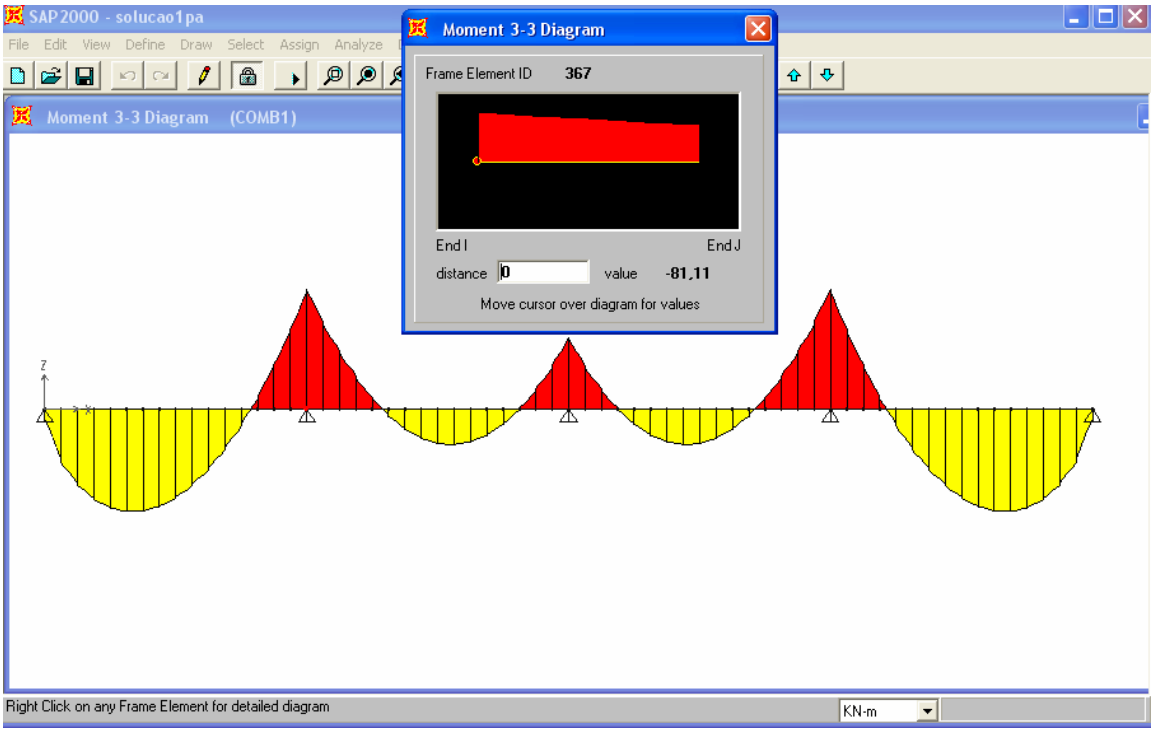
I.2 Flecha imediata



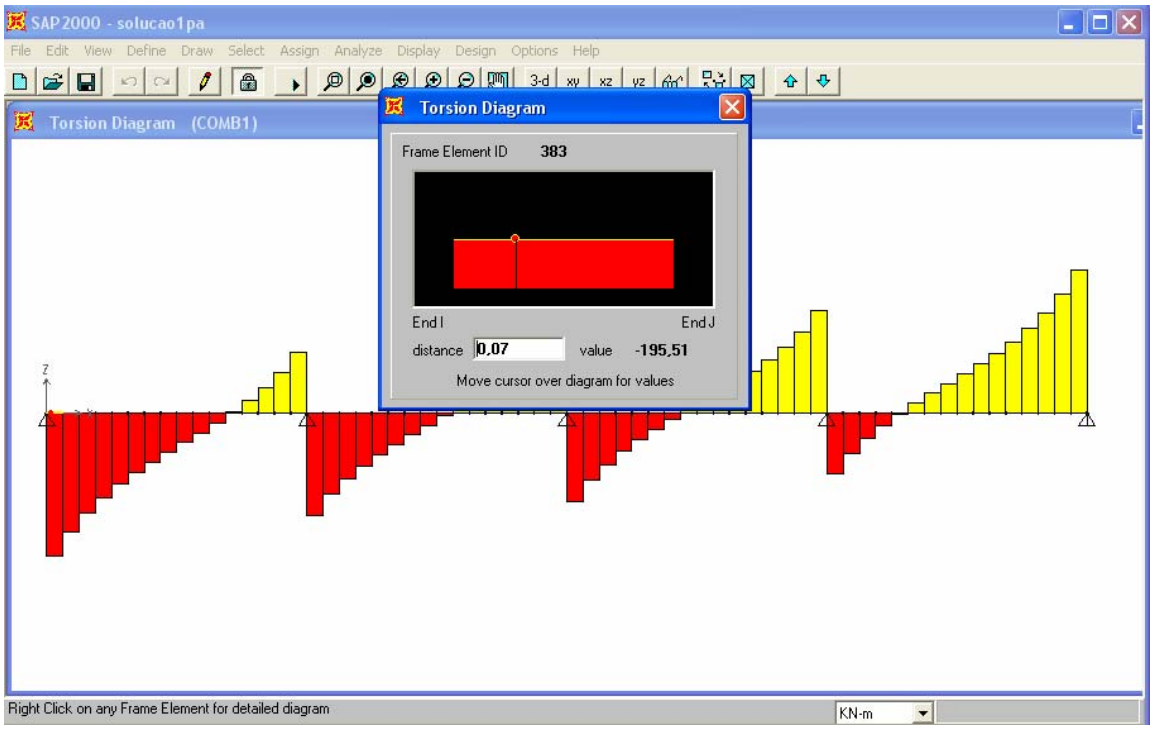
I.3 Momento fletor positivo na viga V7



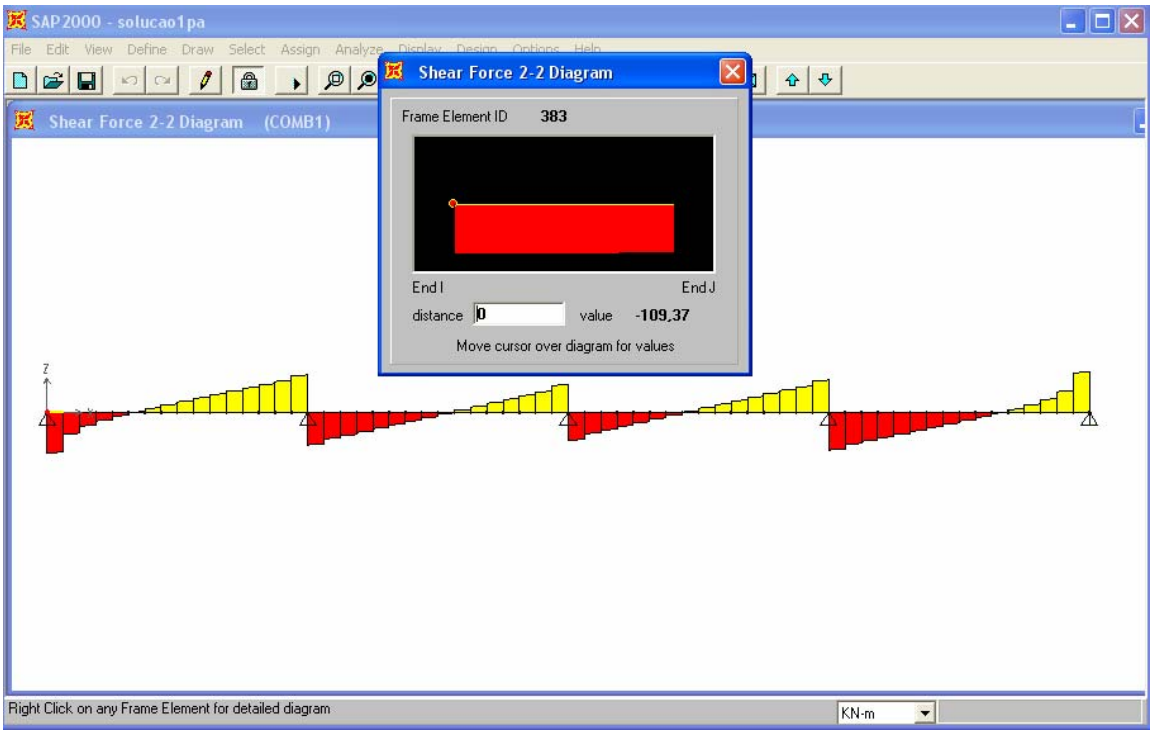
I.4 Momento fletor negativo na viga V7



I.5 Momento de torção na viga V7

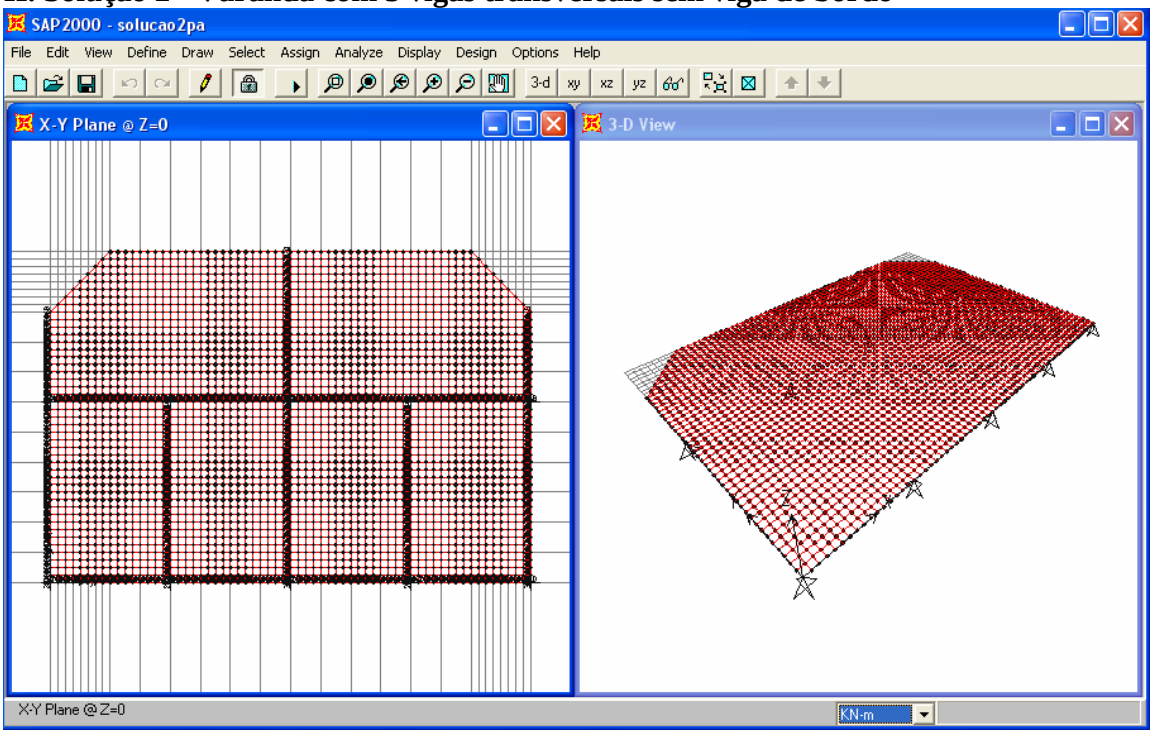


I.6 Esforço cortante na V7

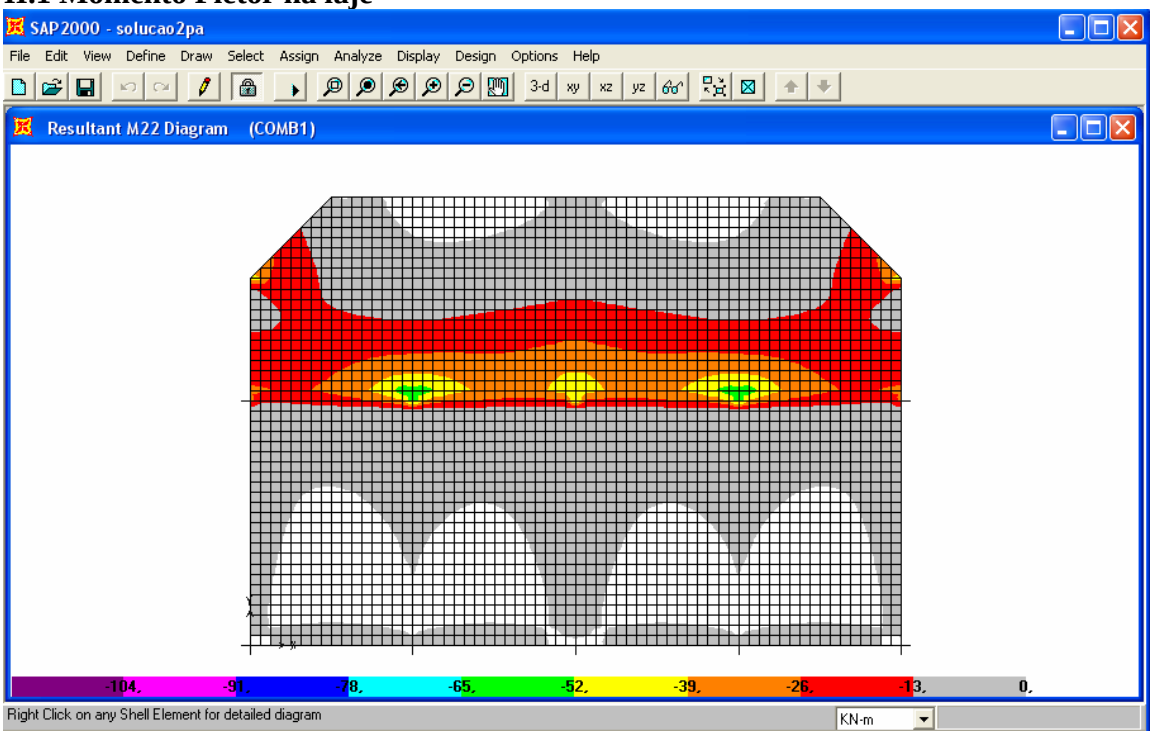


Anexo II - Resultados Solução 2

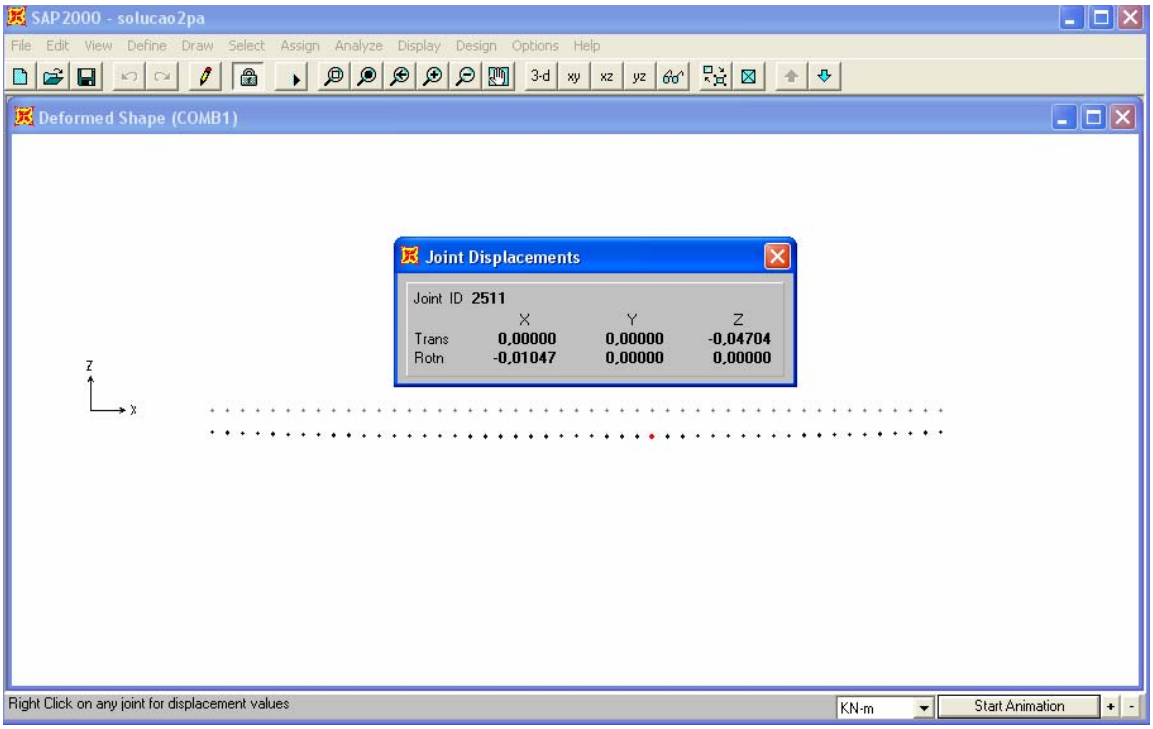
II. Solução 2 - Varanda com 3 vigas transversais sem viga de bordo



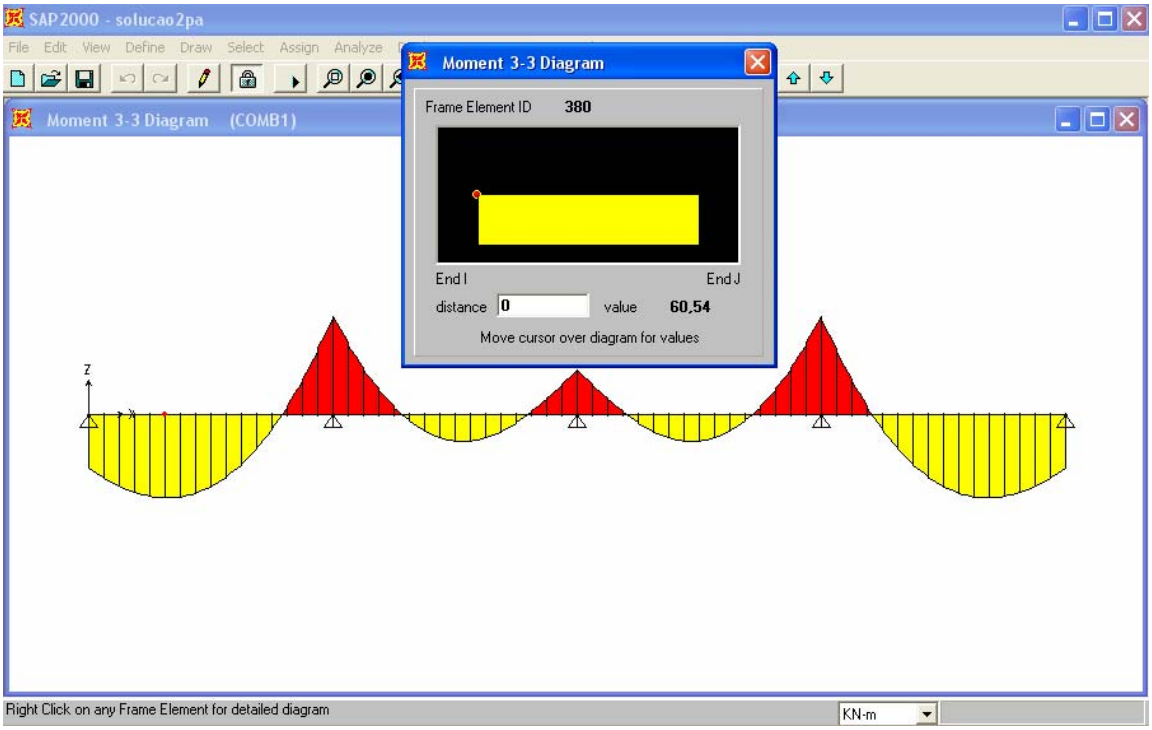
II.1 Momento Fletor na laje



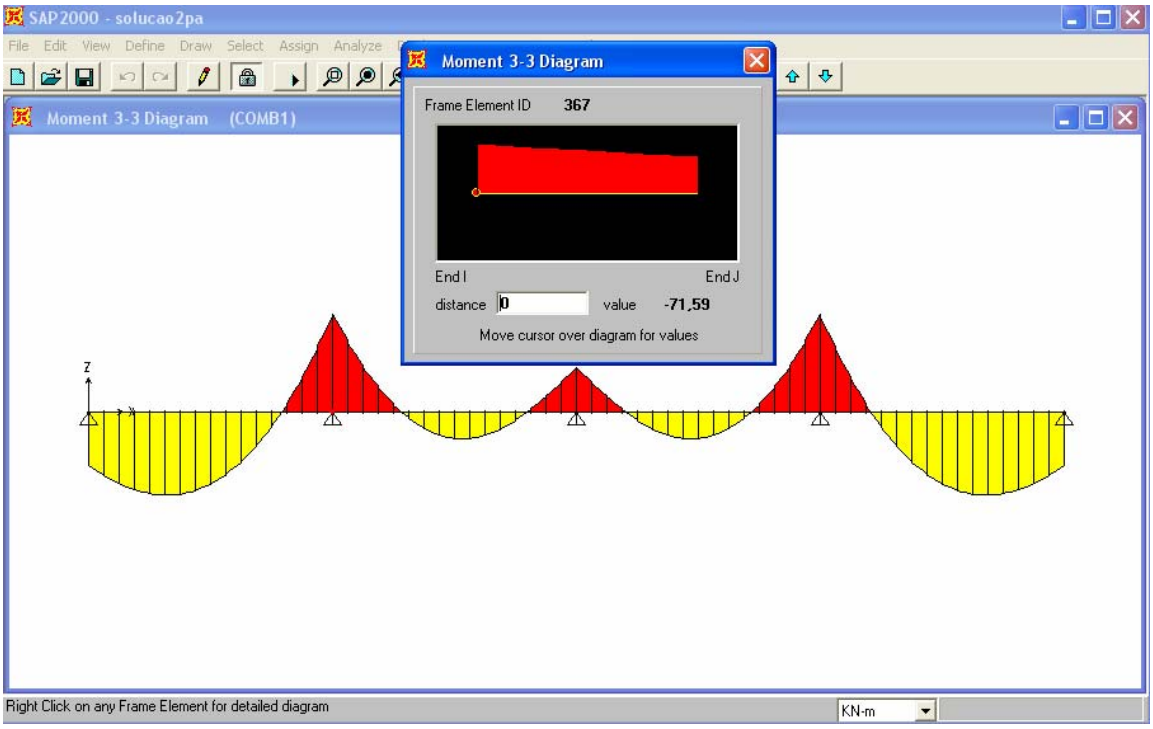
II.2 Flecha imediata



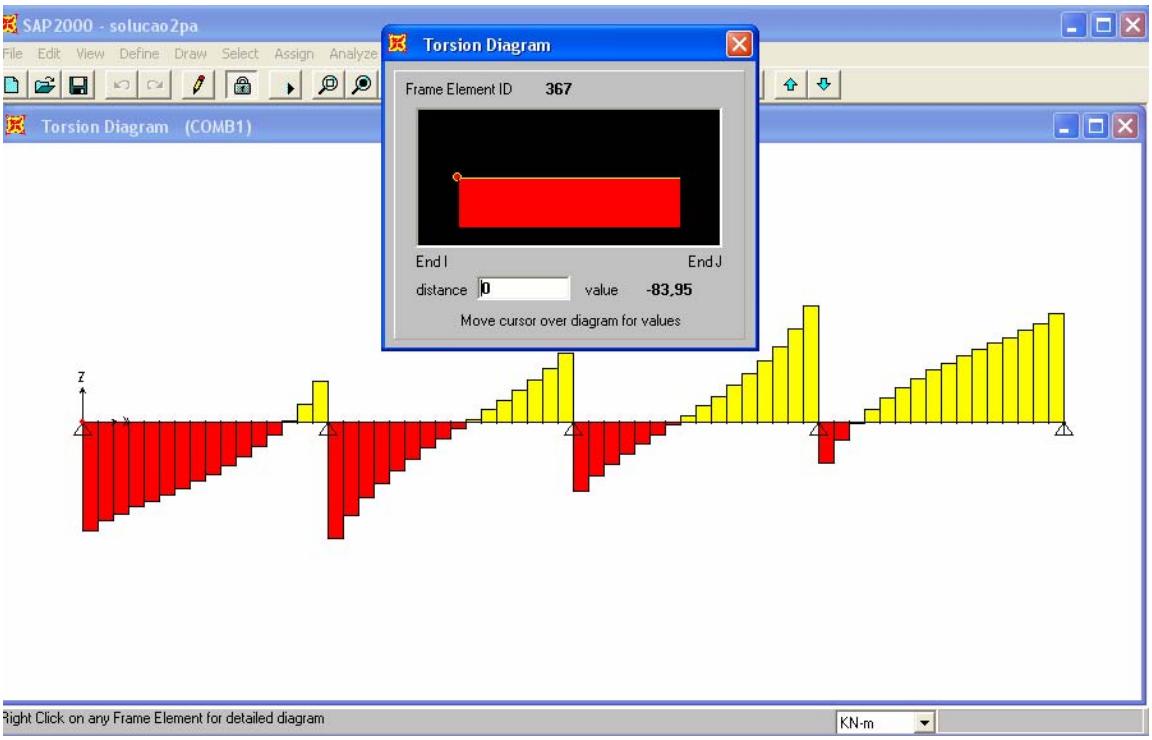
II.3 Momento fletor positivo na viga V7



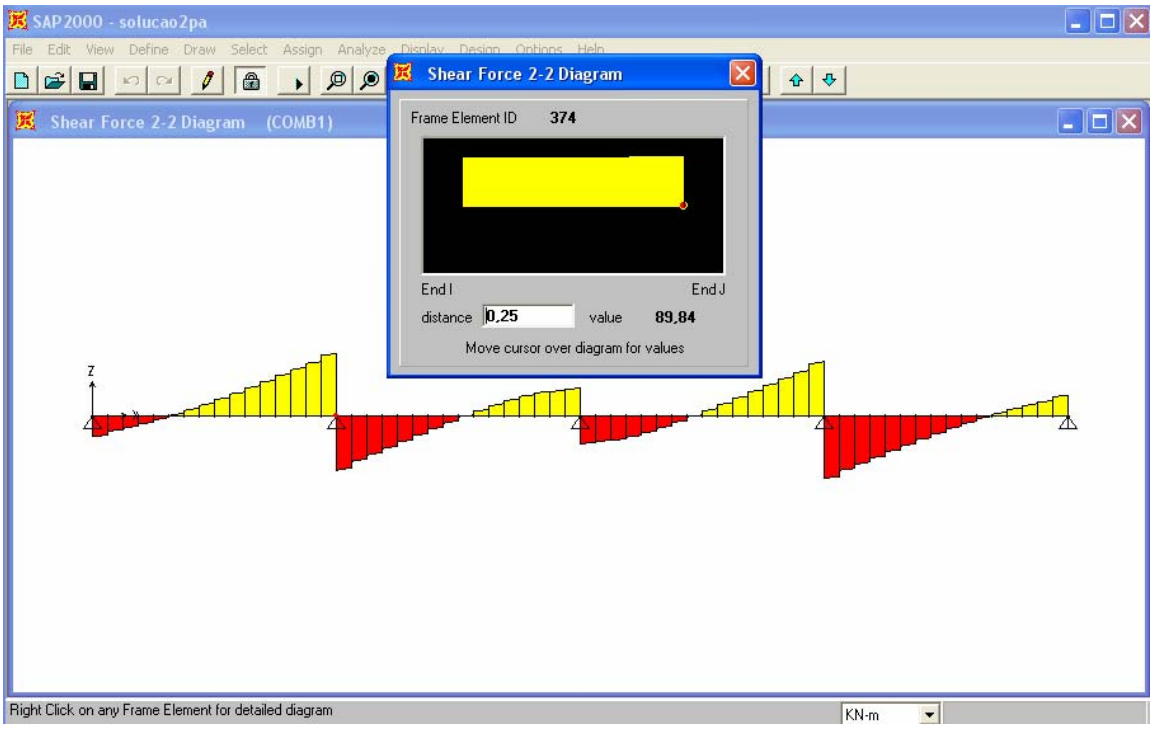
II.4 Momento fletor negativo na viga V7



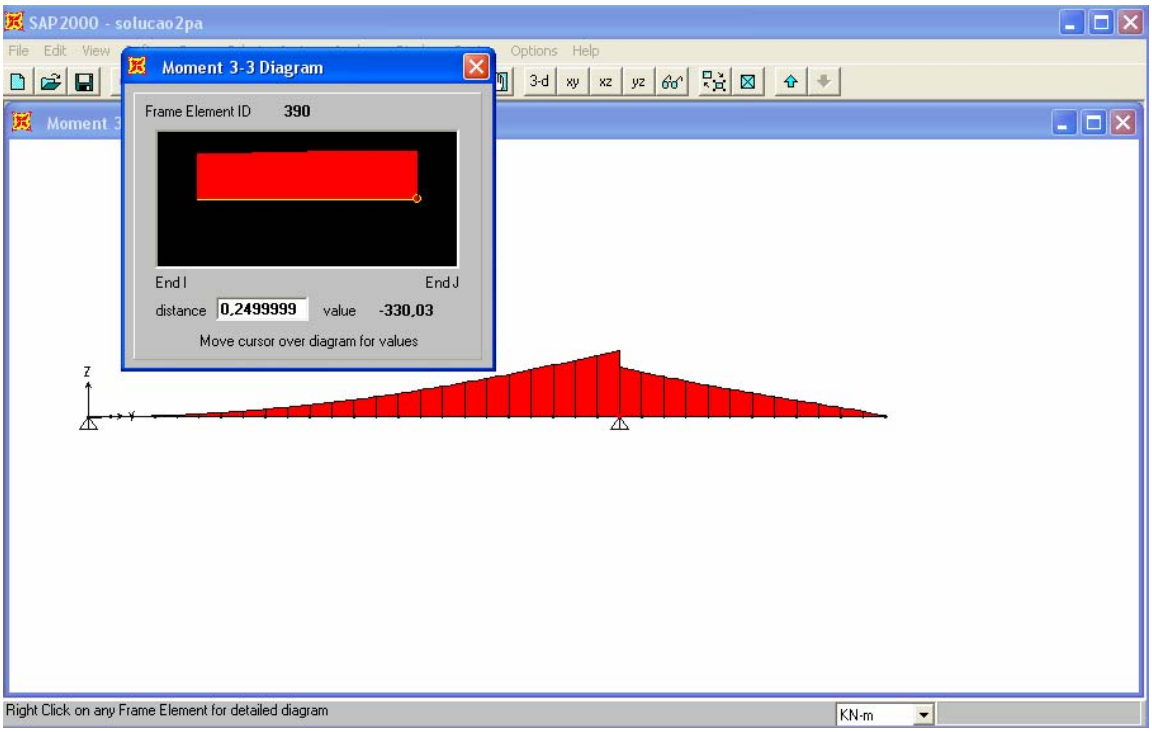
II.5 Momento de torção na viga V7



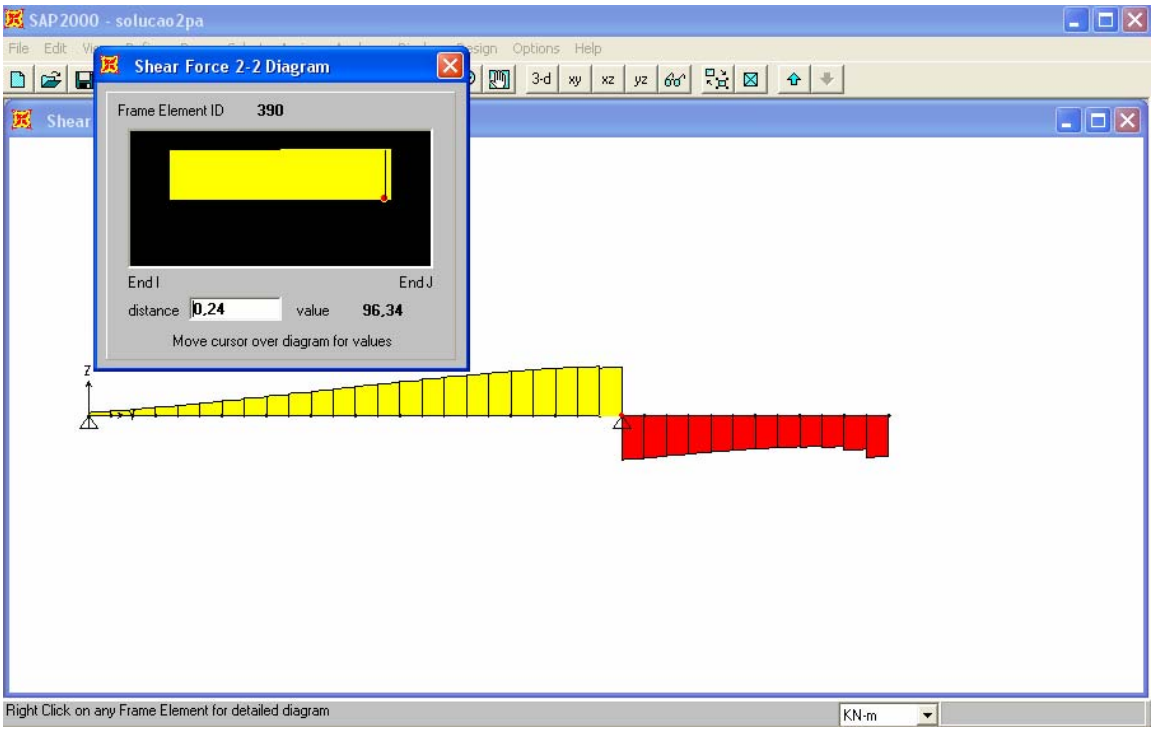
II.6 Esforço cortante na V7



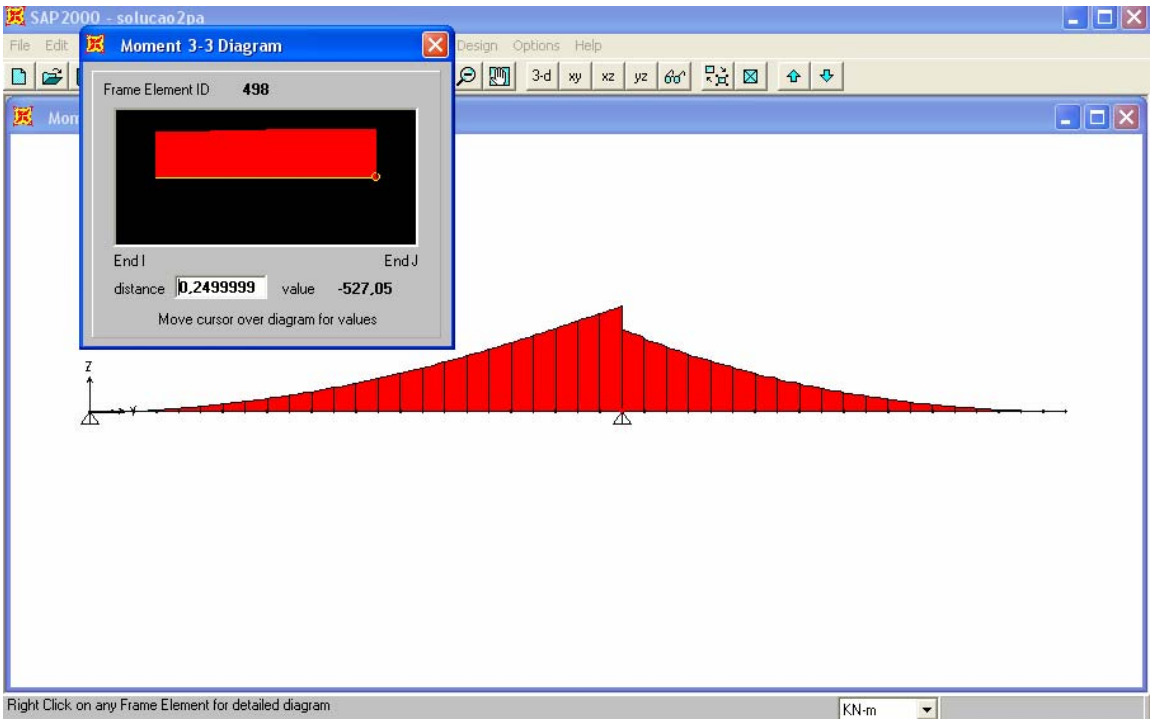
II.7 Momento fletor nas vigas V1 e V5



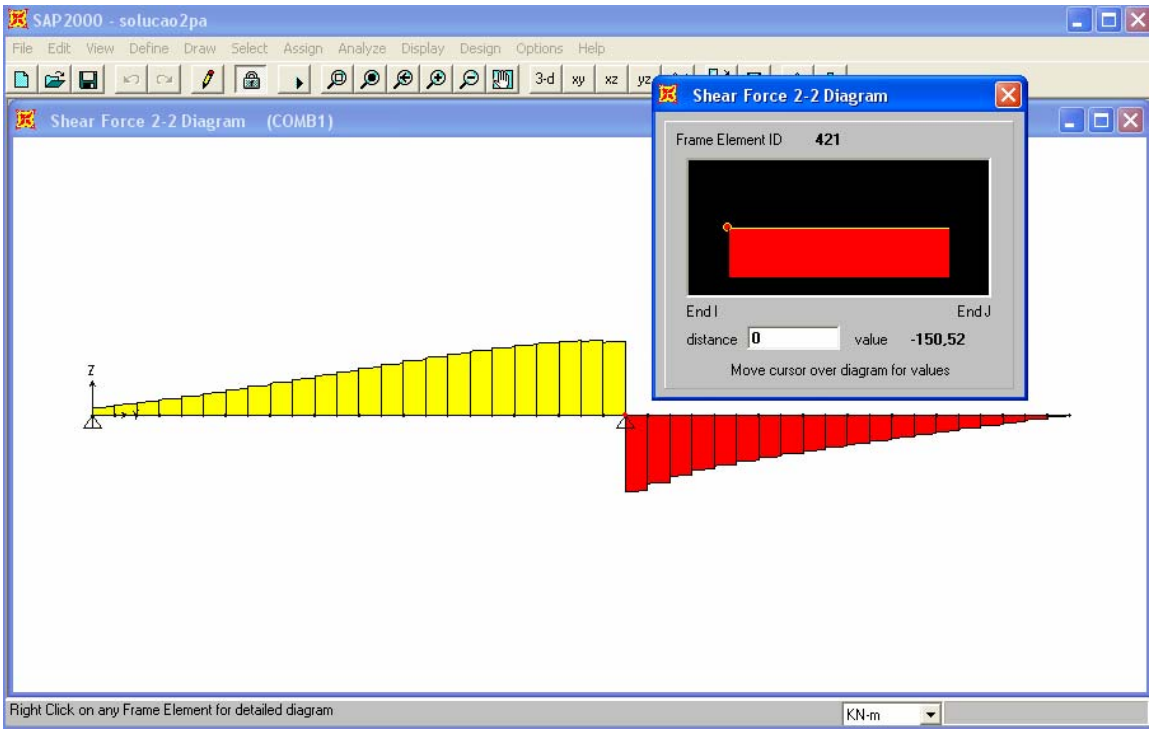
II.8 Esforço Cortante nas vigas V1 e V5



II.9 Momento fletor na viga V3

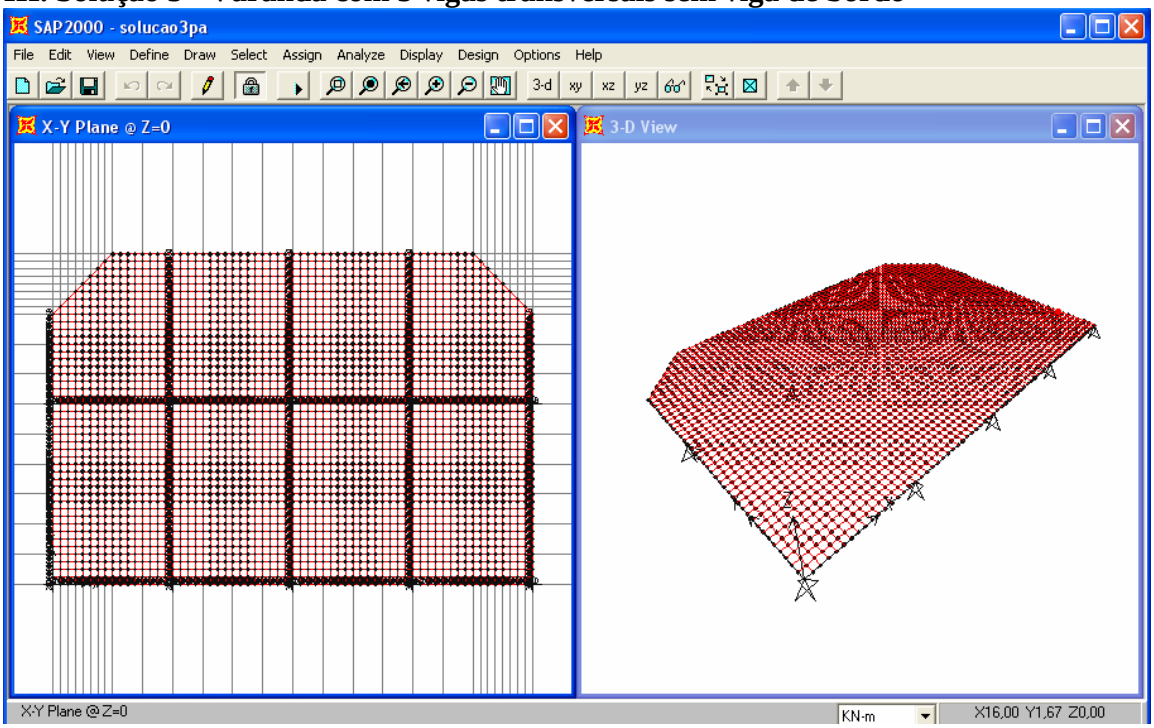


II.10 Esforço Cortante na viga V3

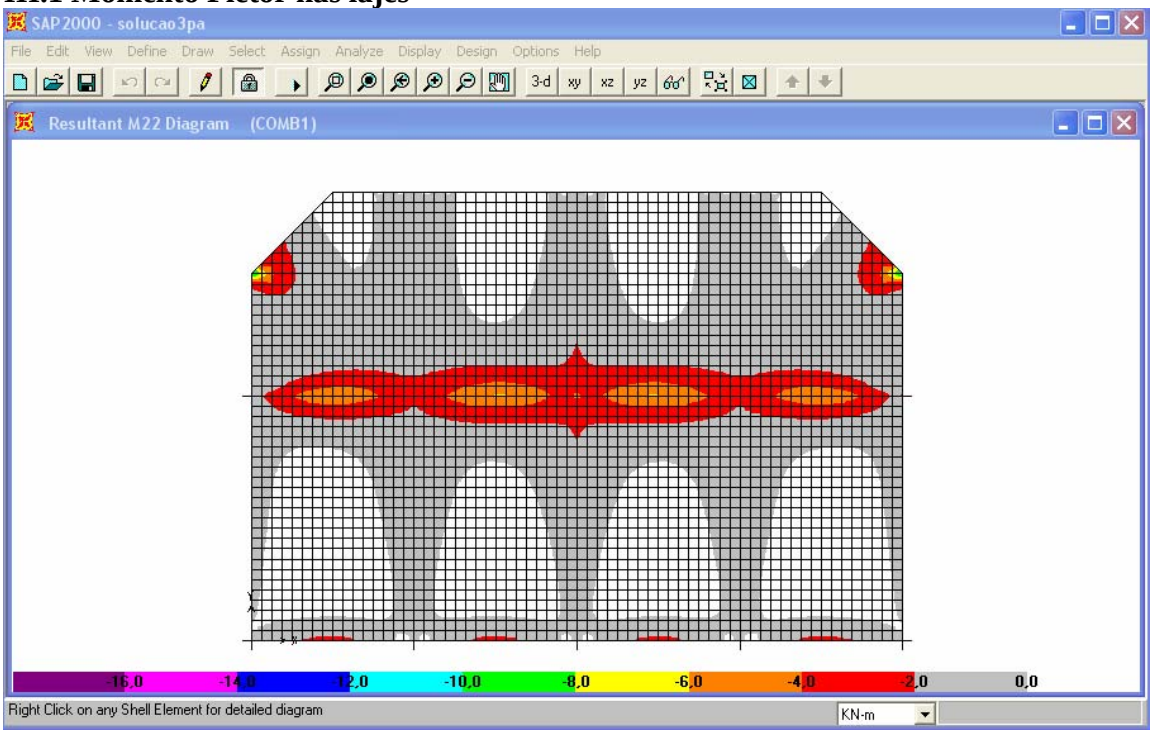


Anexo III-Resultados Solução 3

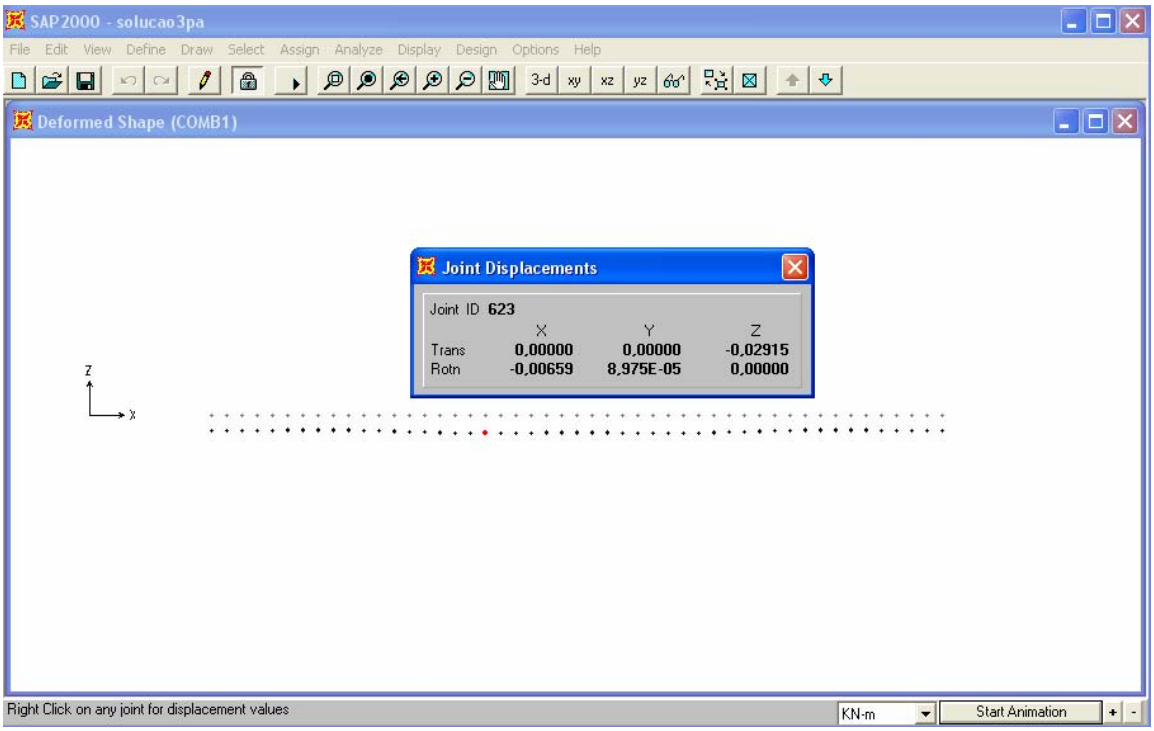
III. Solução 3 - Varanda com 5 vigas transversais sem viga de bordo



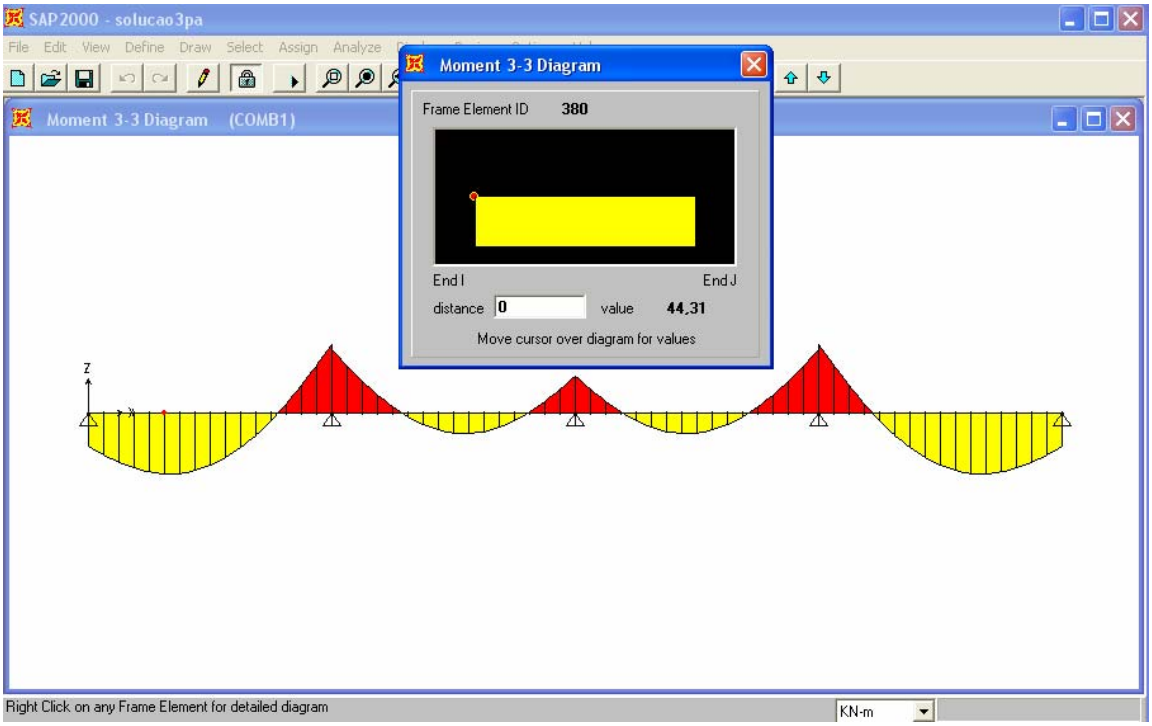
III.1 Momento Fletor nas lajes



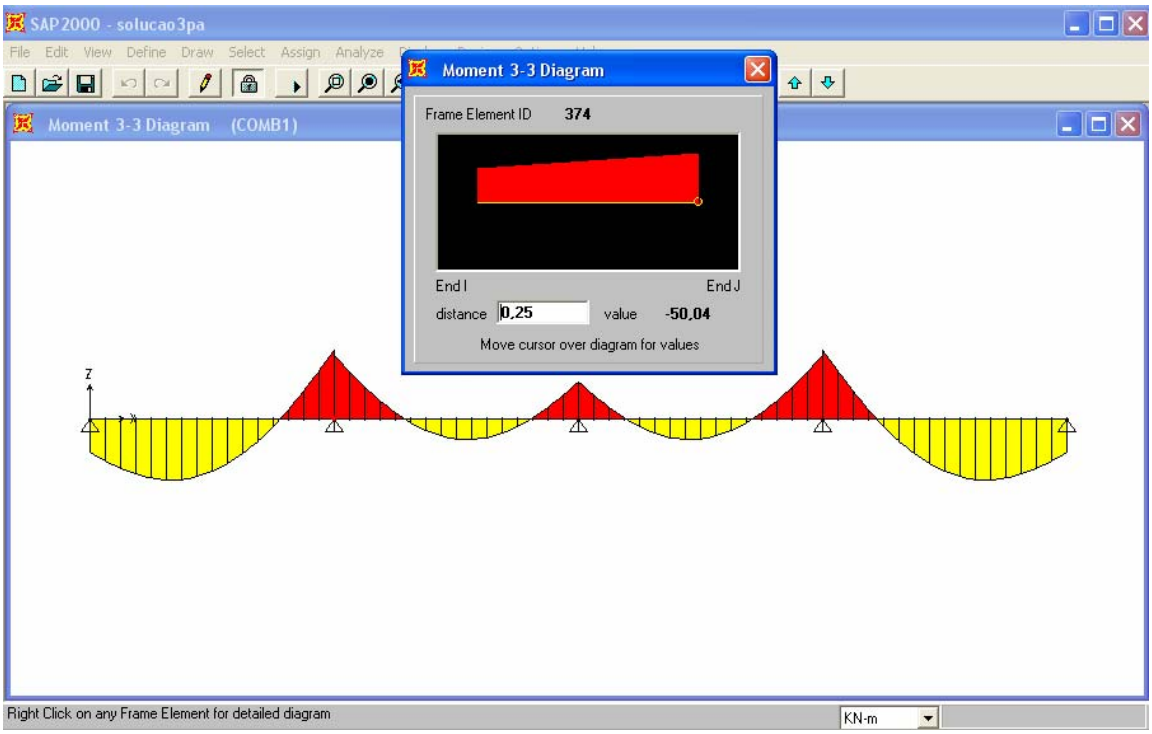
III.2 Flecha imediata



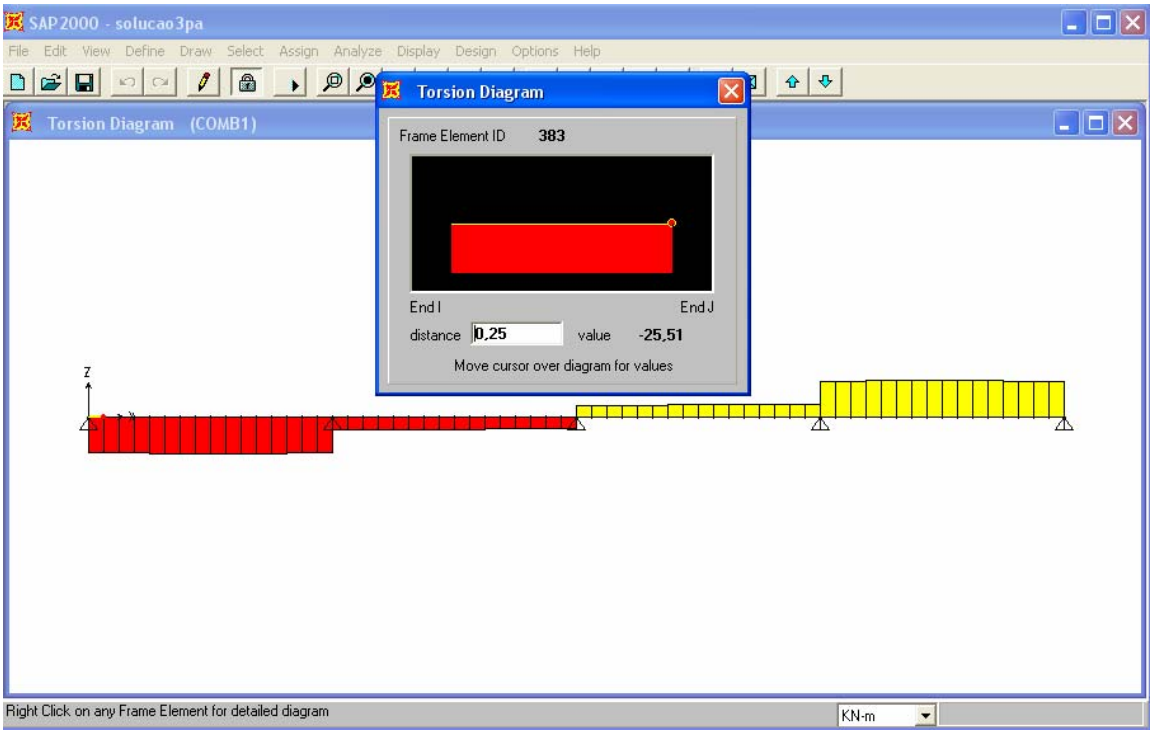
III.3 Momento fletor positivo na viga V7



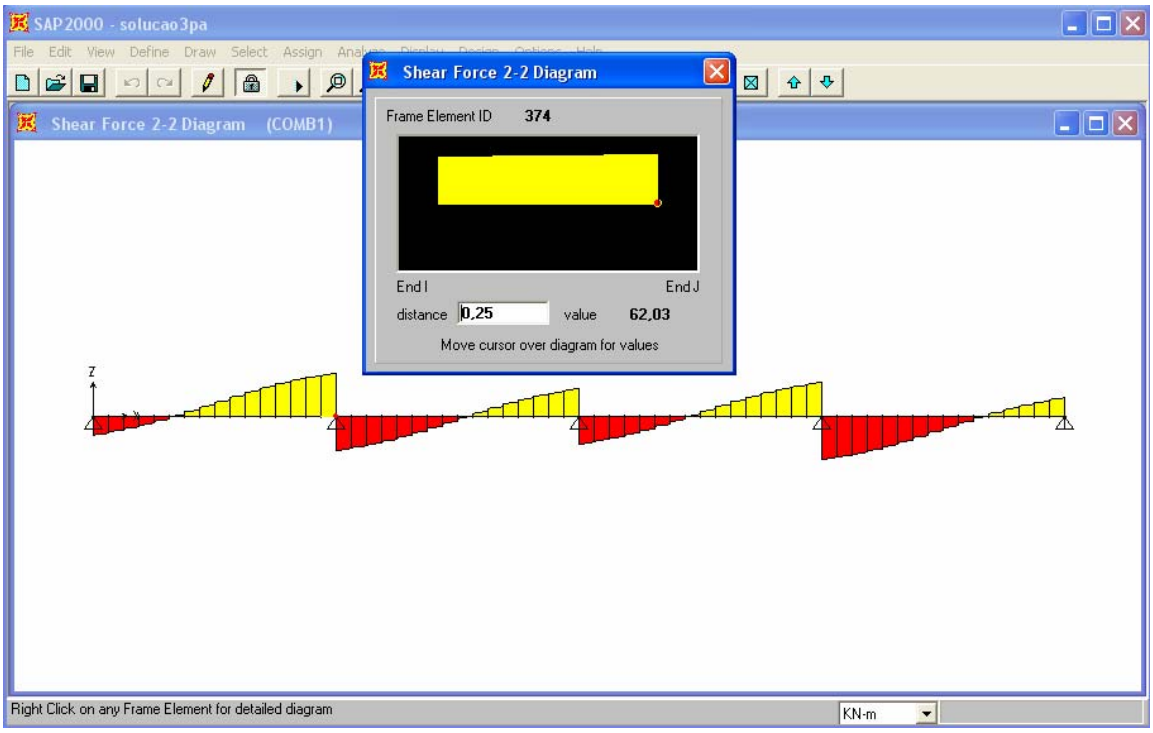
III.4 Momento fletor negativo na viga V7



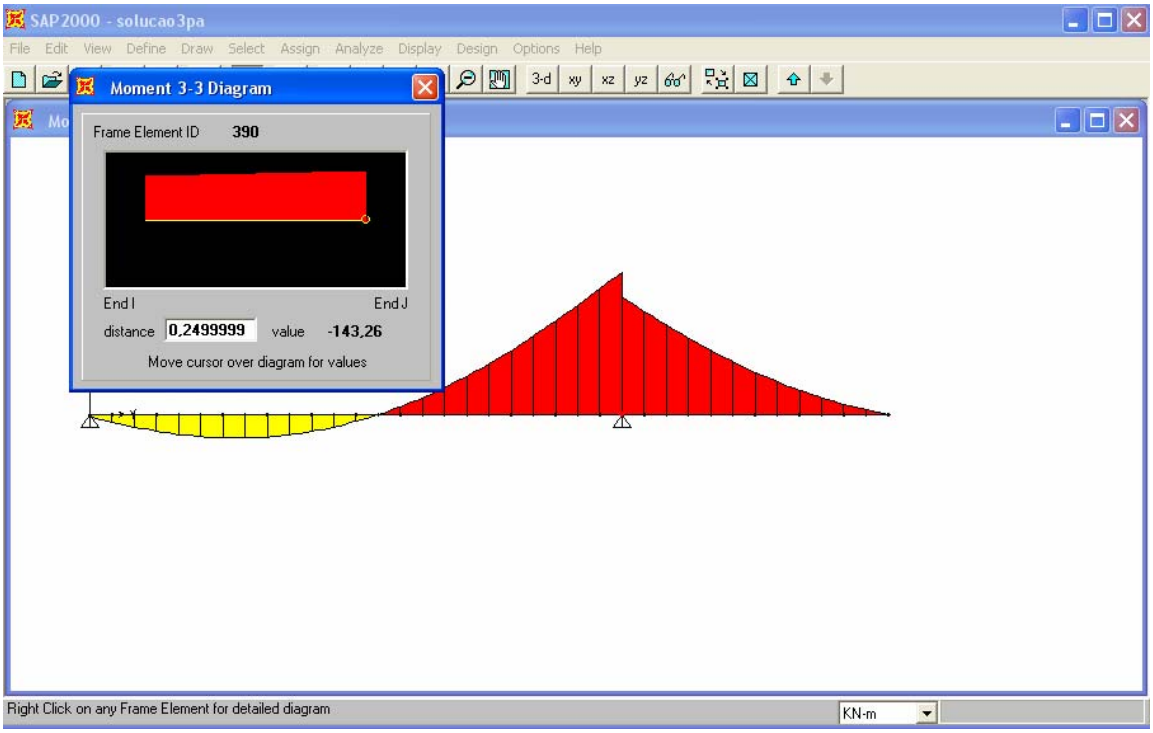
III.5 Momento de torção na viga V7



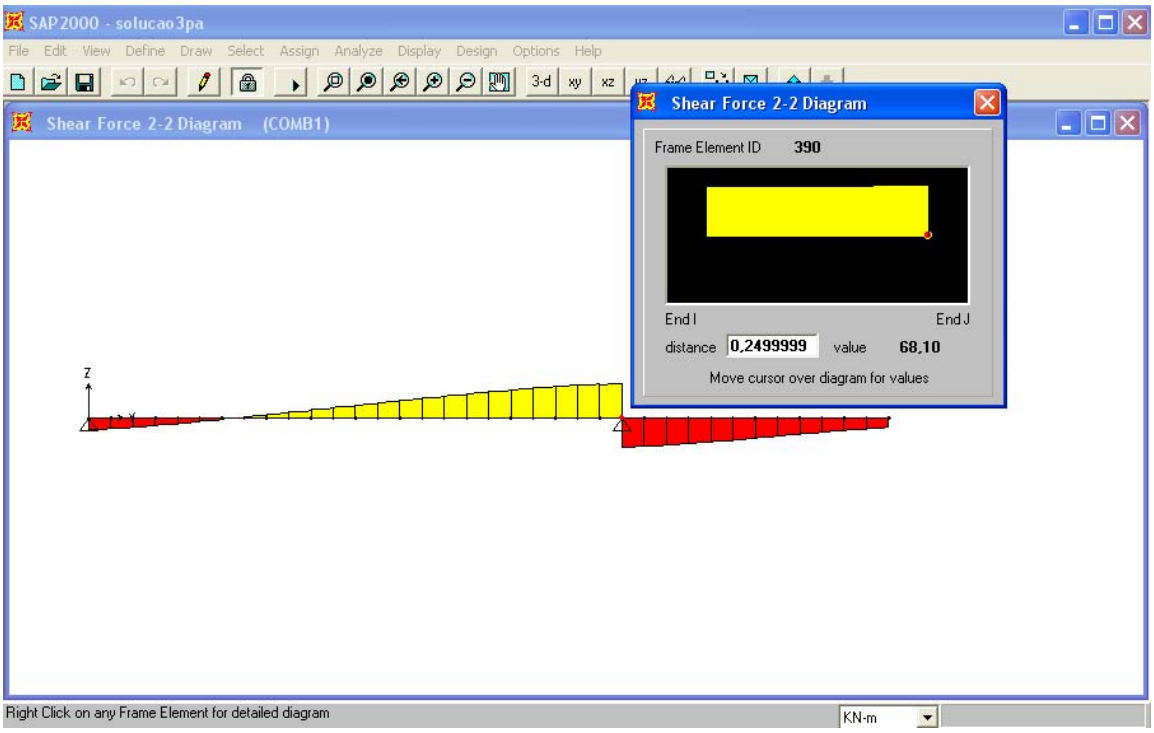
III.6 Esforço cortante na V7



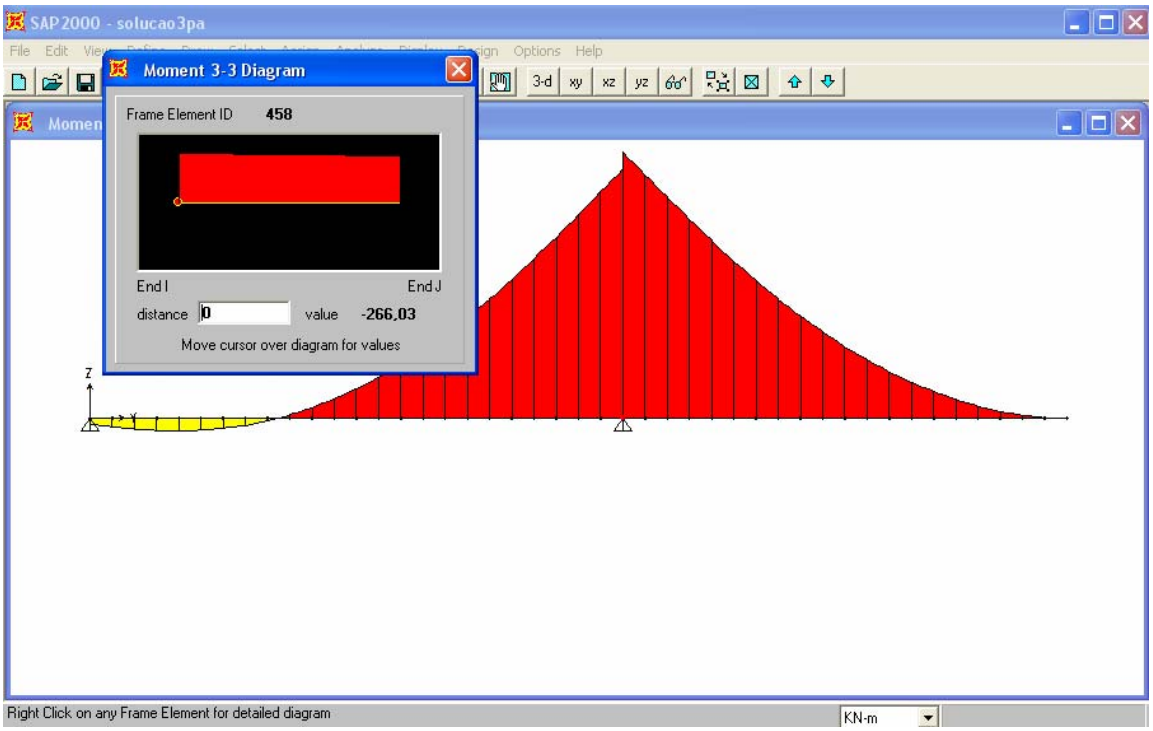
III.7 Momento fletor nas vigas V1 e V5



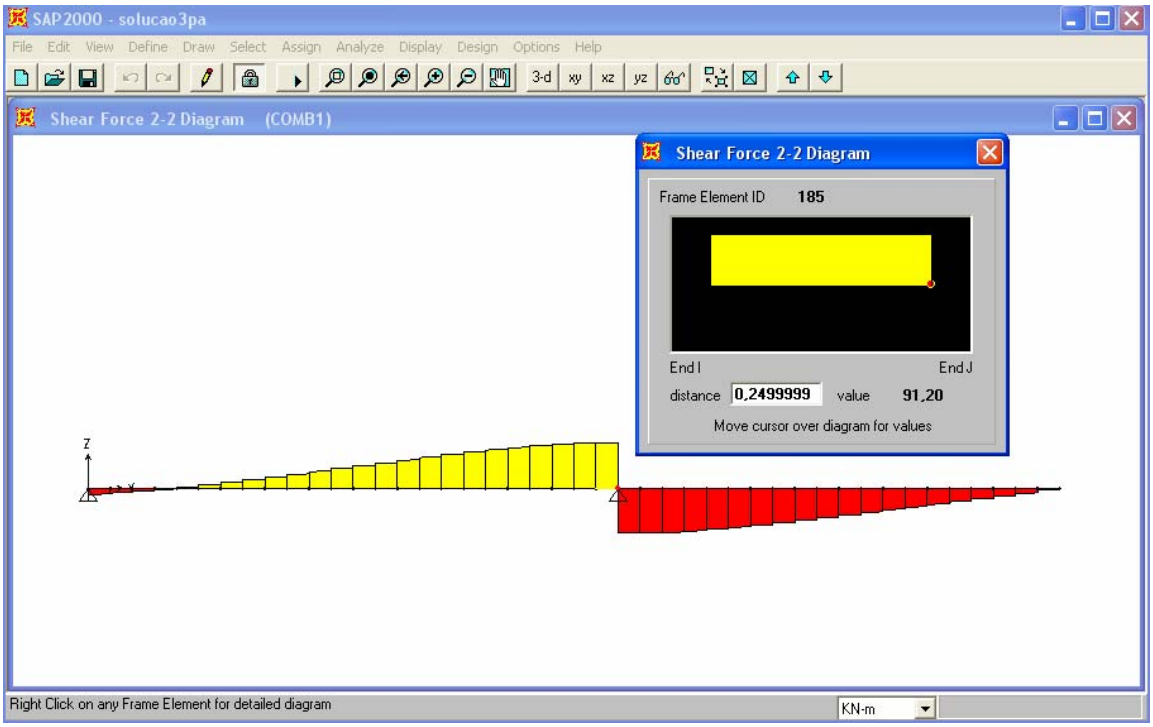
III.8 Esforço Cortante nas vigas V1 e V5



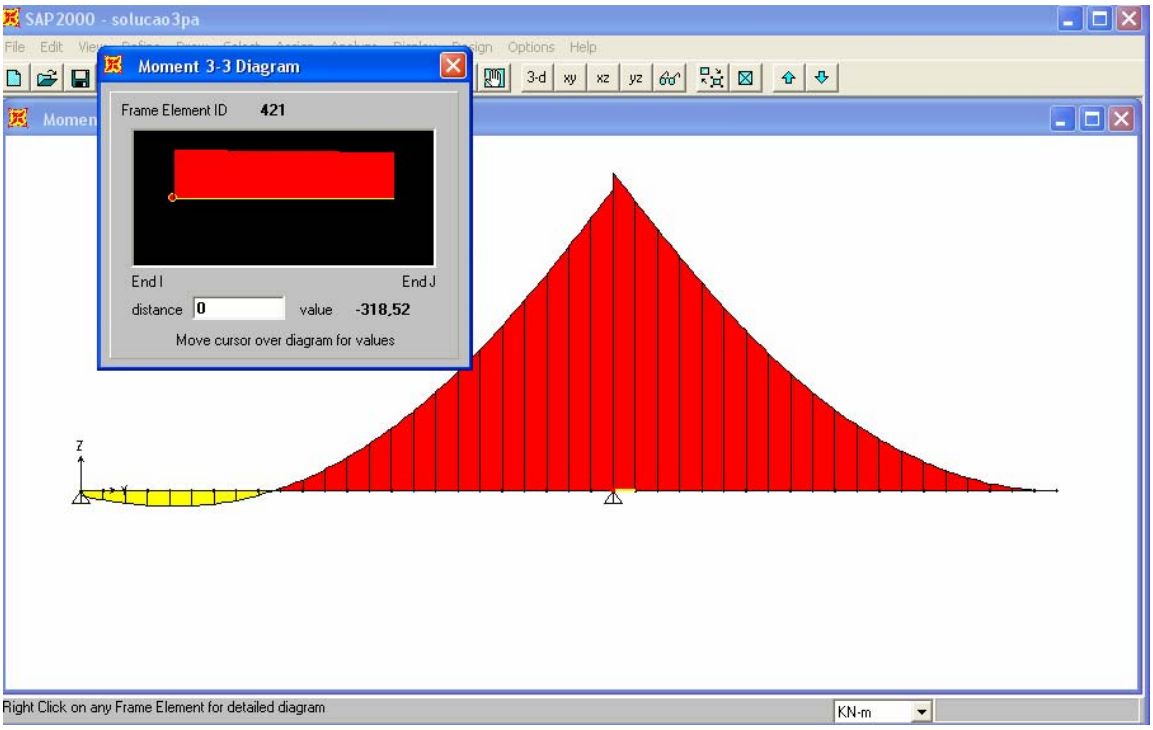
III.9 Momento fletor nas vigas V2 e V4



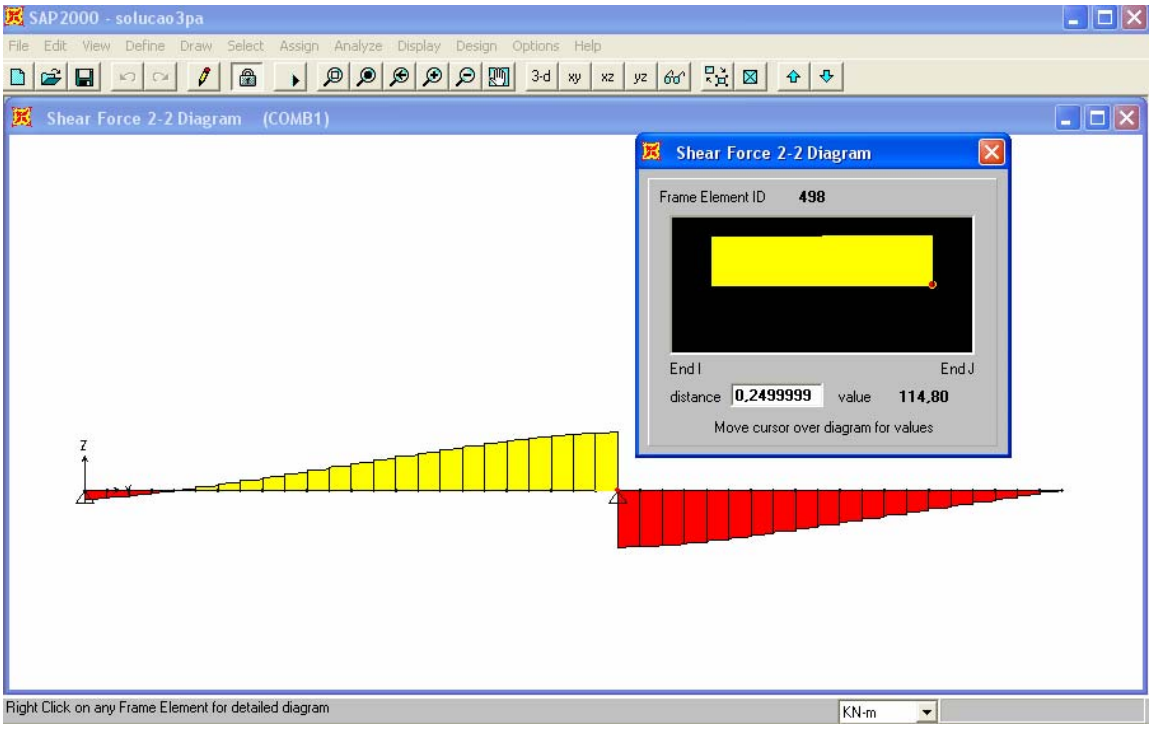
III.10 Esforço Cortante nas vigas V2 e V4



III.11 Momento fletor na viga V3

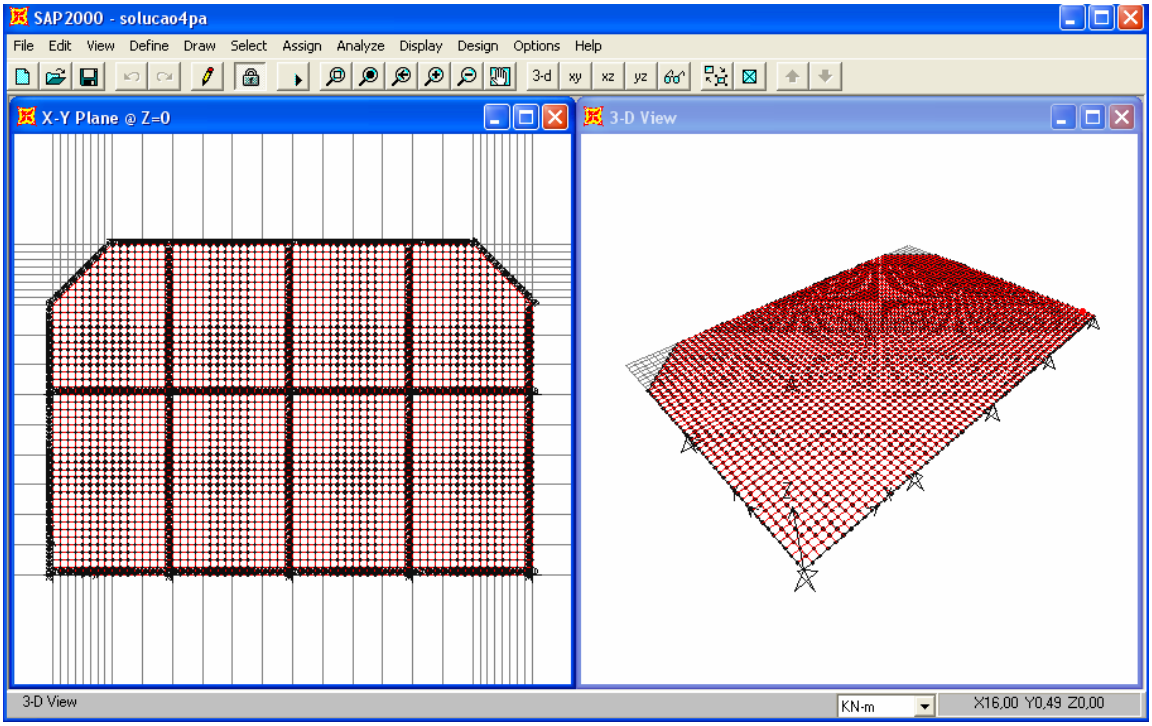


III.12 Esforço Cortante na viga V3

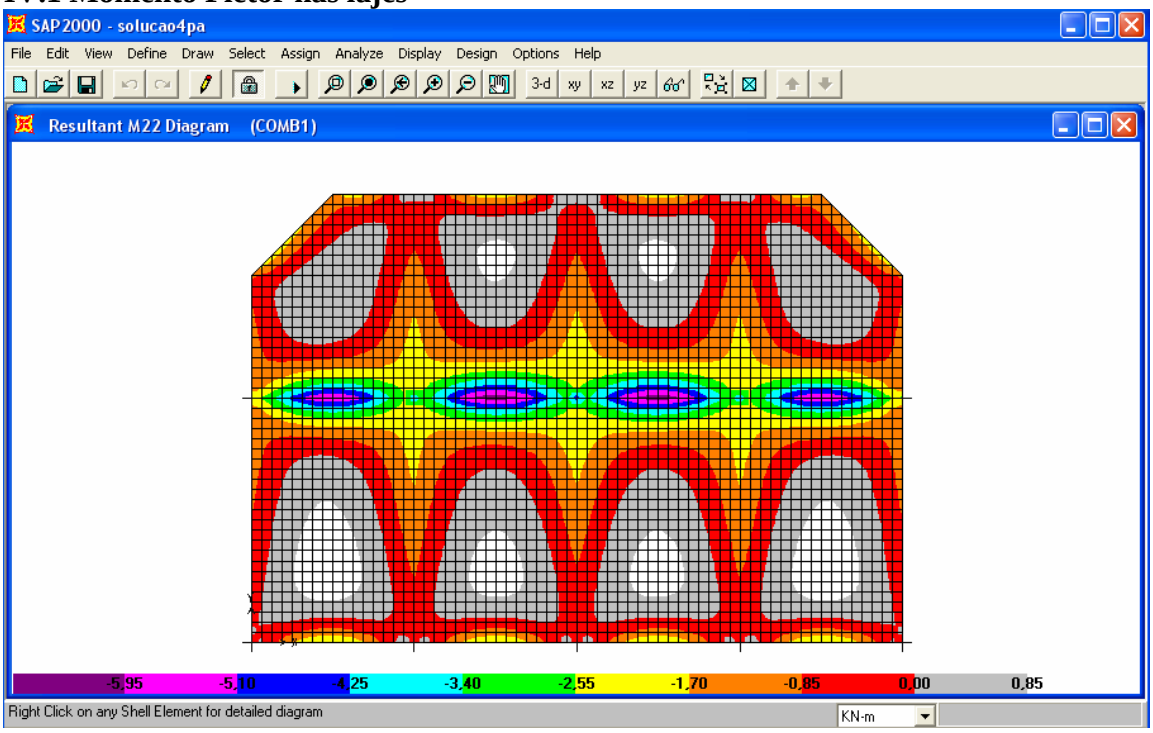


Anexo IV-Resultados Solução 4

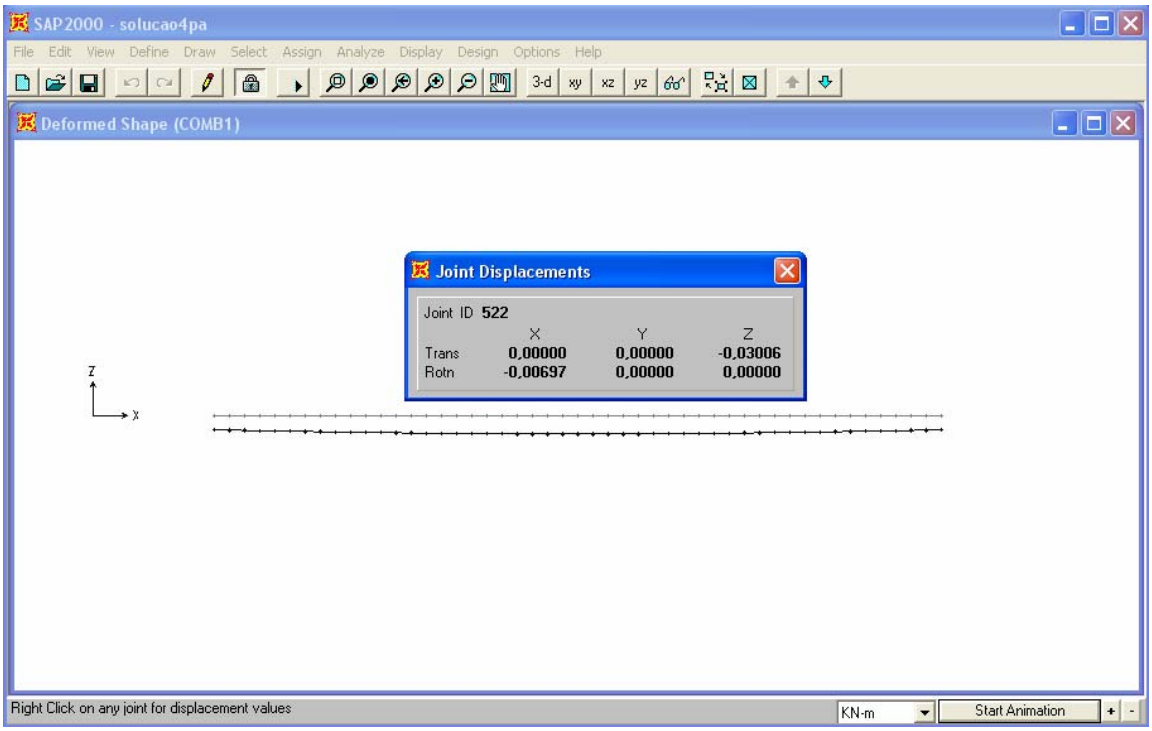
IV Solução 4 - Varanda com 5 vigas transversais com viga de bordo



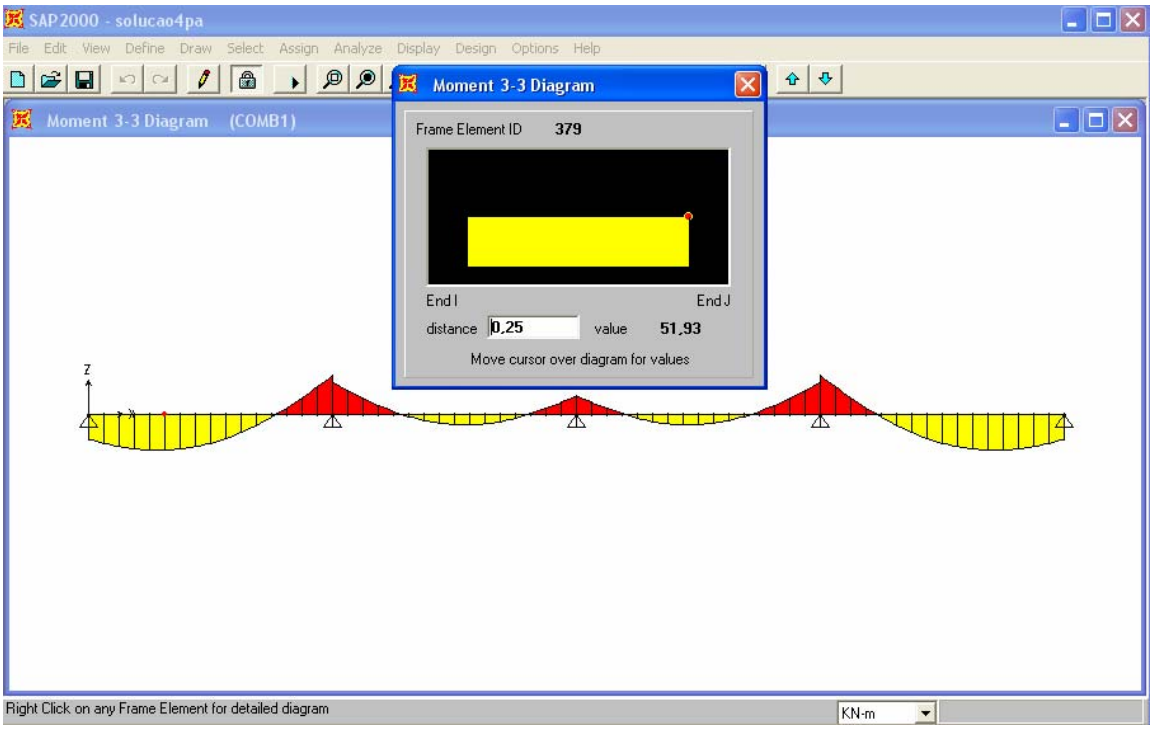
IV.1 Momento Fletor nas lajes



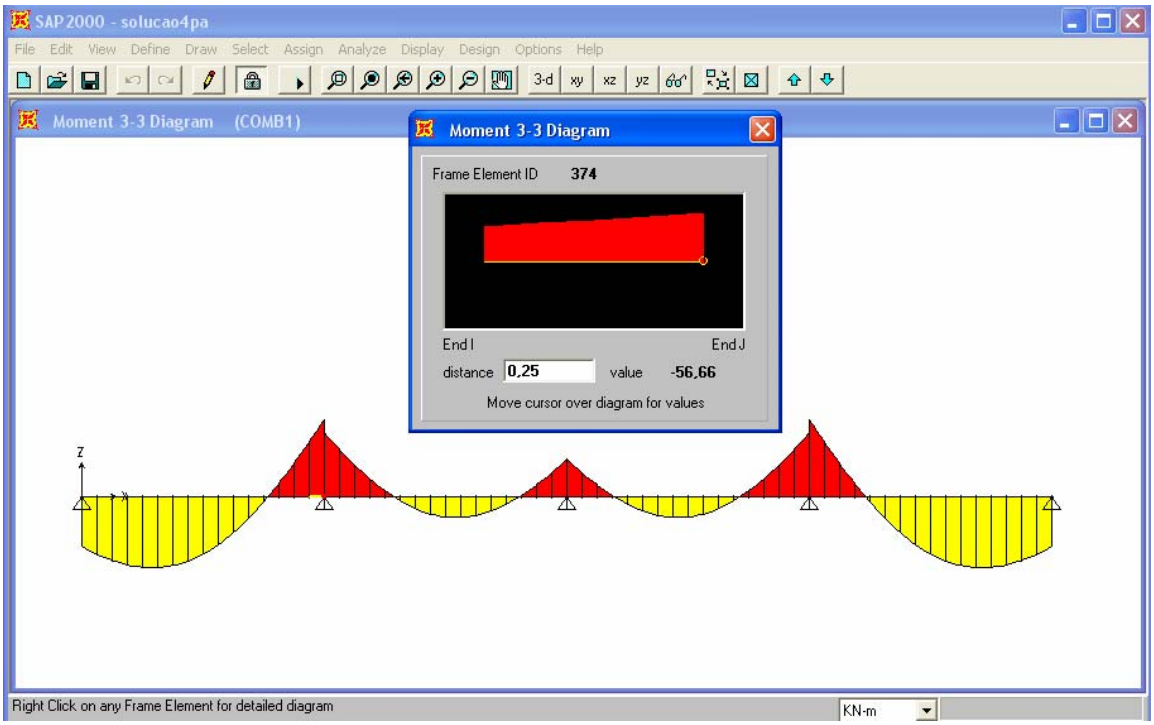
IV.2 Flecha imediata



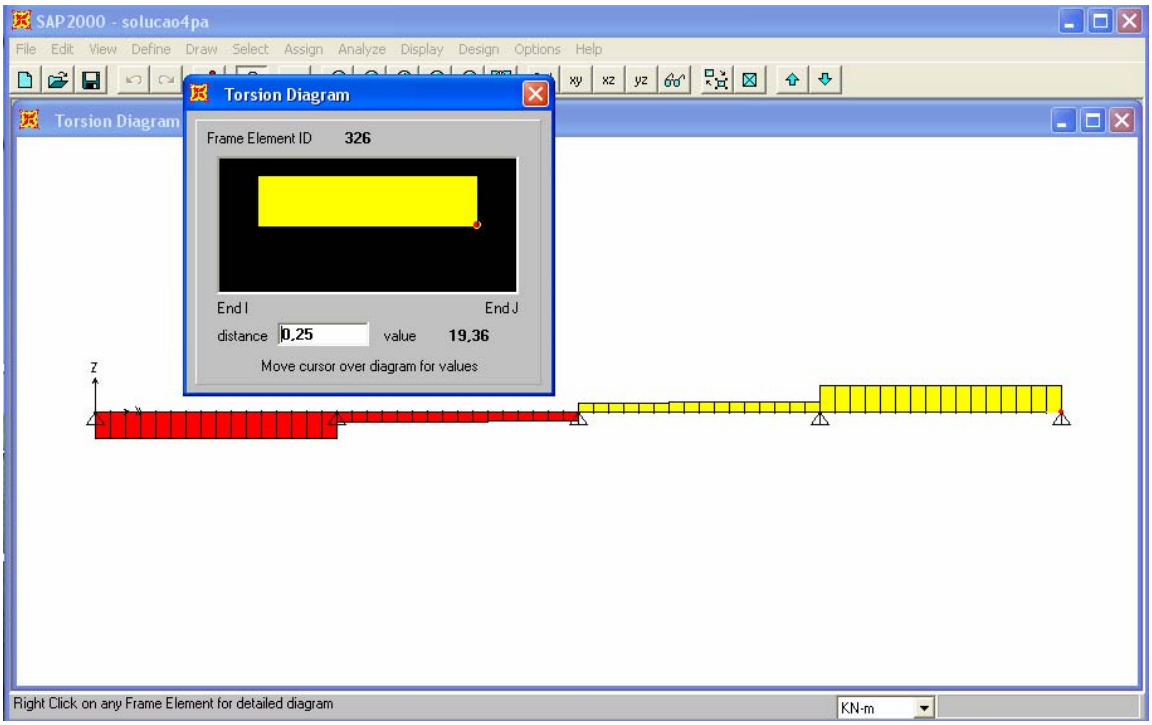
IV.3 Momento fletor positivo na viga V7



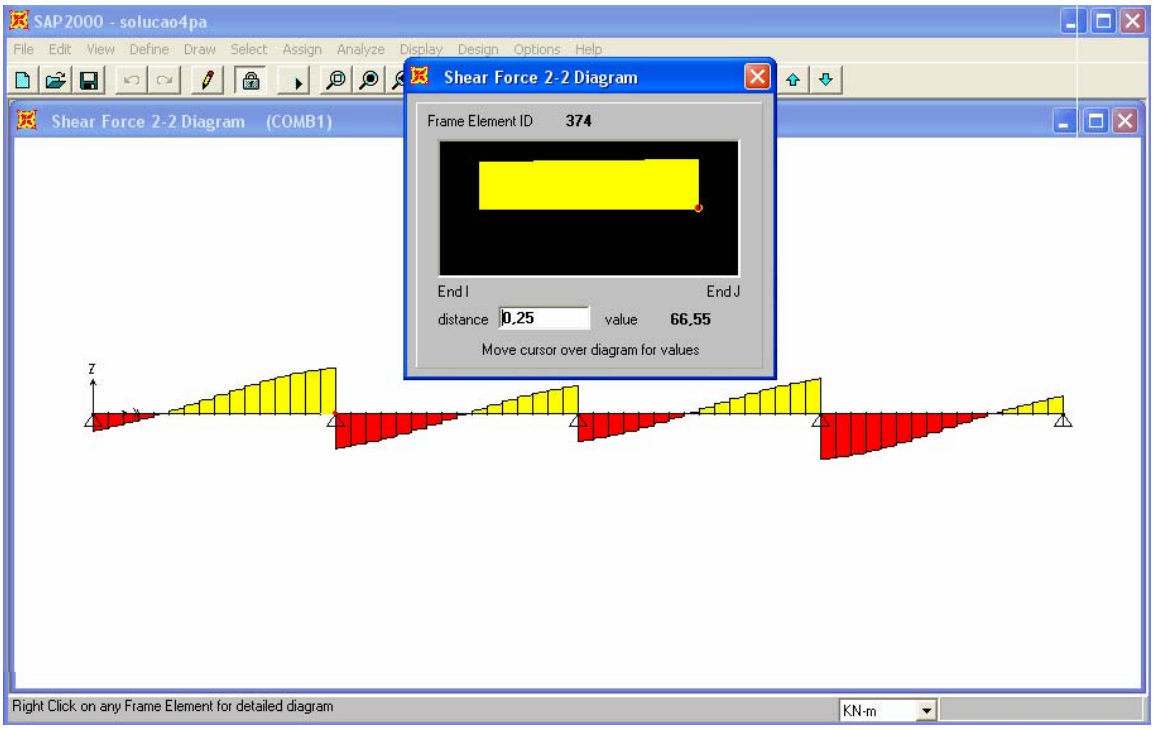
IV.4 Momento fletor negativo na viga V7



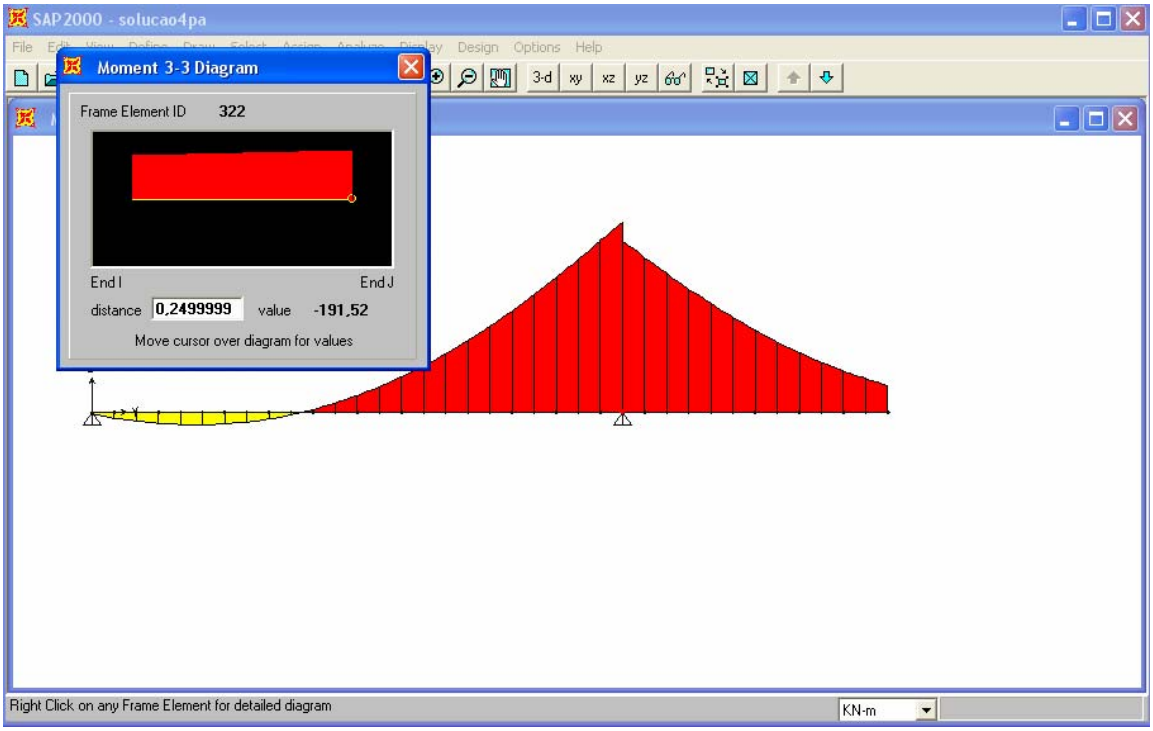
IV.5 Momento de torção na viga V7



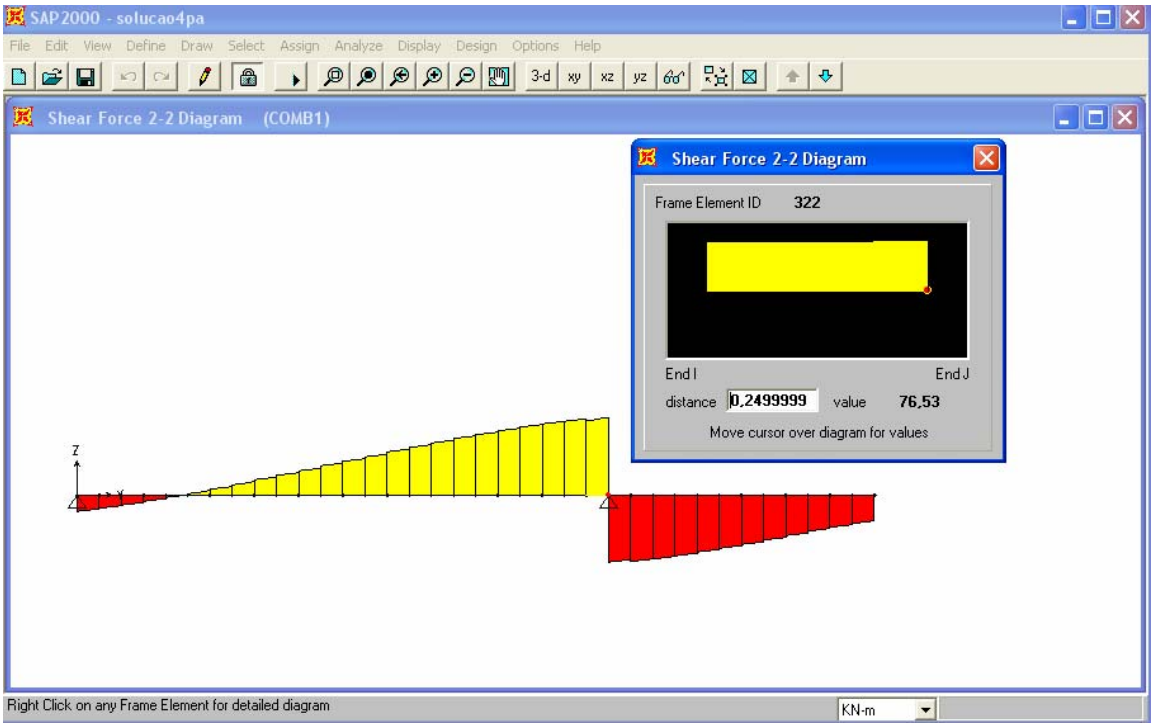
IV.6 Esforço cortante na V7



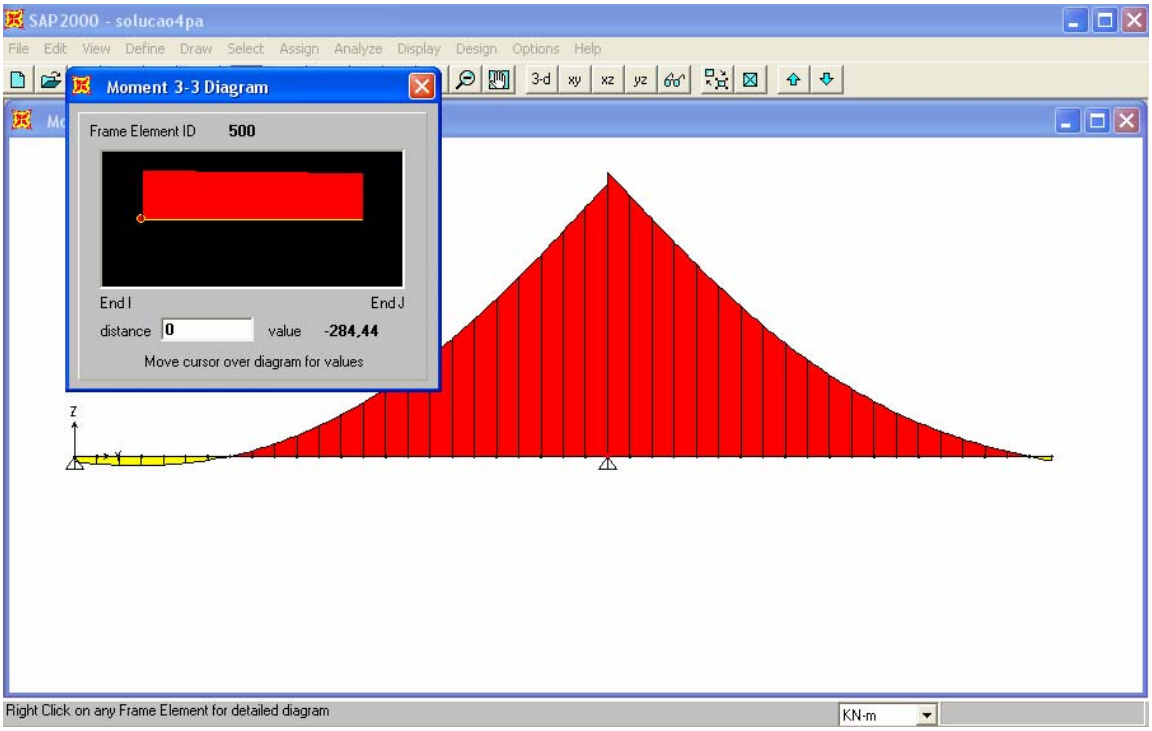
IV.7 Momento fletor na viga V1 e V5



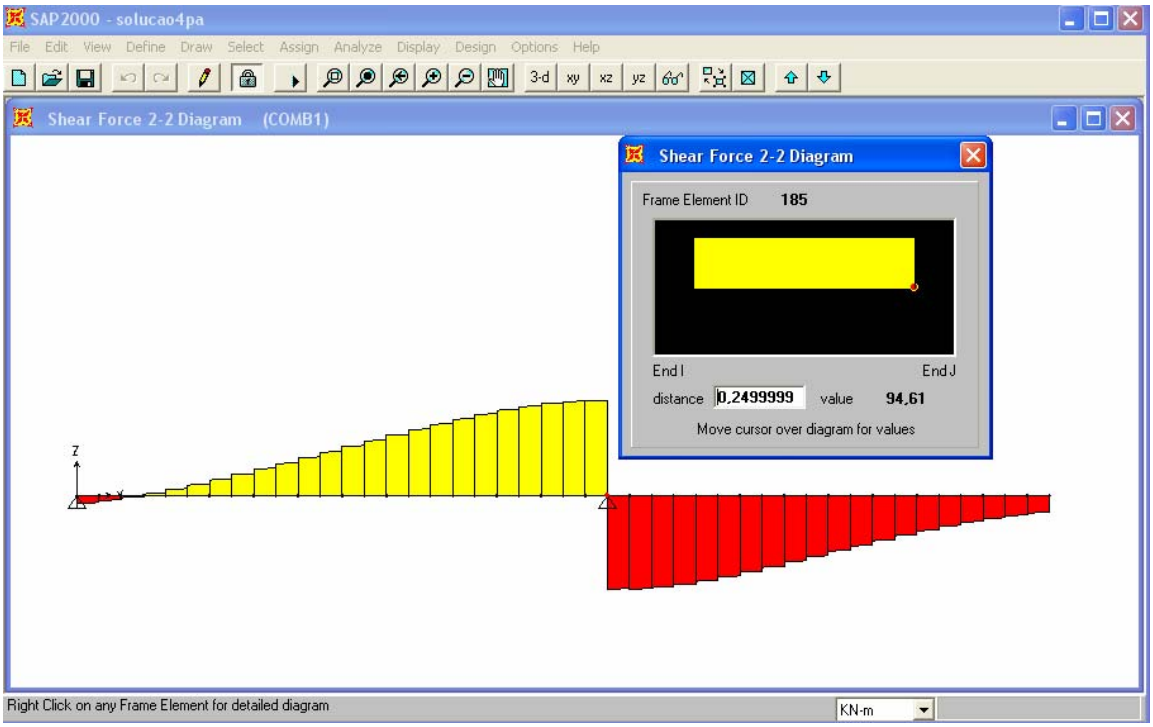
IV.8 Esforço Cortante na viga V1 e V5



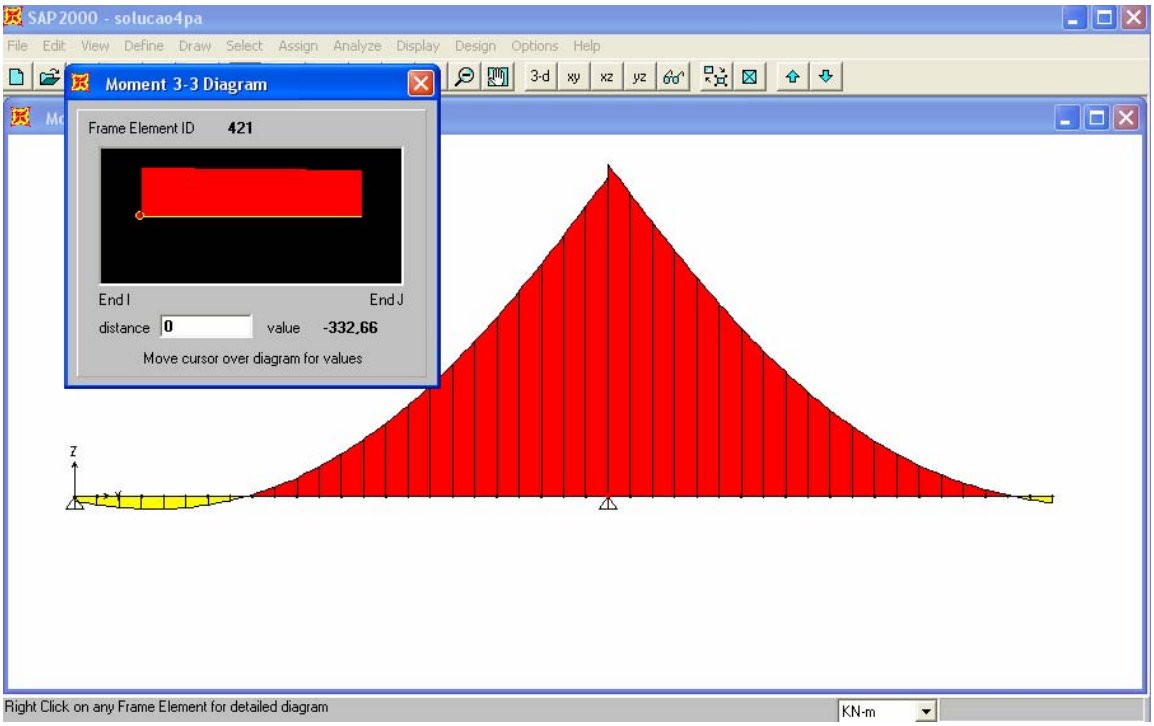
IV.9 Momento fletor nas vigas V2 e V4



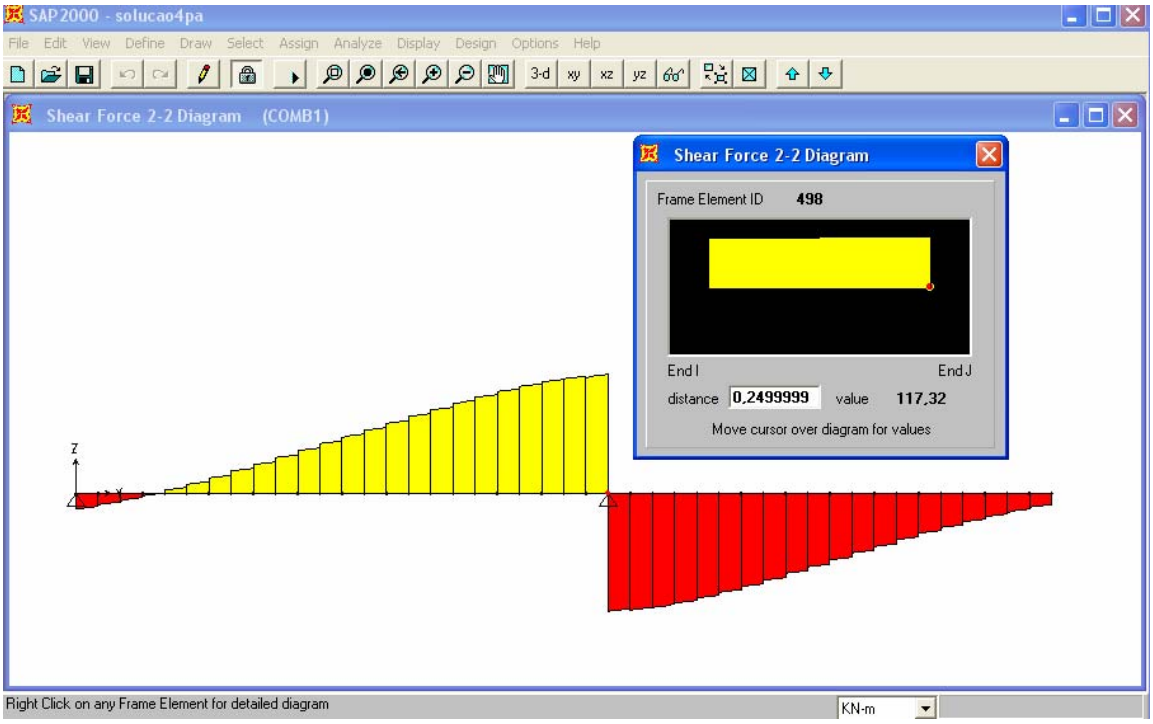
IV.10 Esforço Cortante nas vigas V2 e V4



IV.11 Momento fletor nas vigas V3

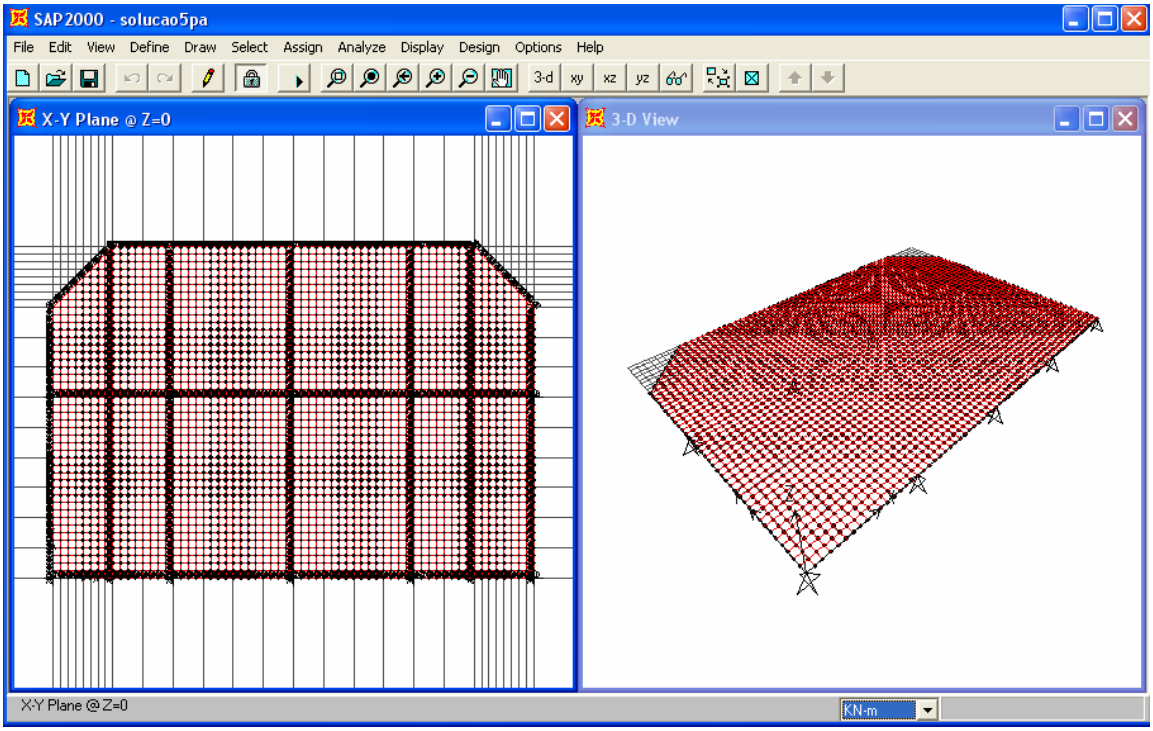


IV.12 Esforço Cortante na viga V3

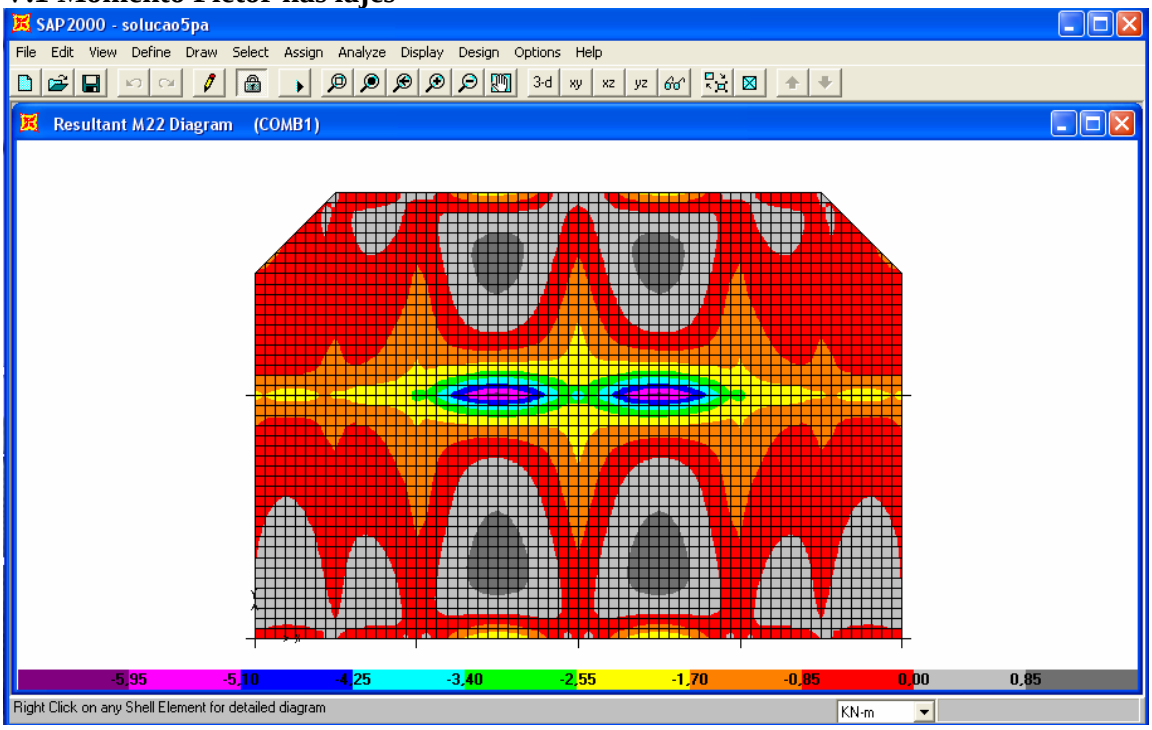


Anexo V- Resultados Solução 5

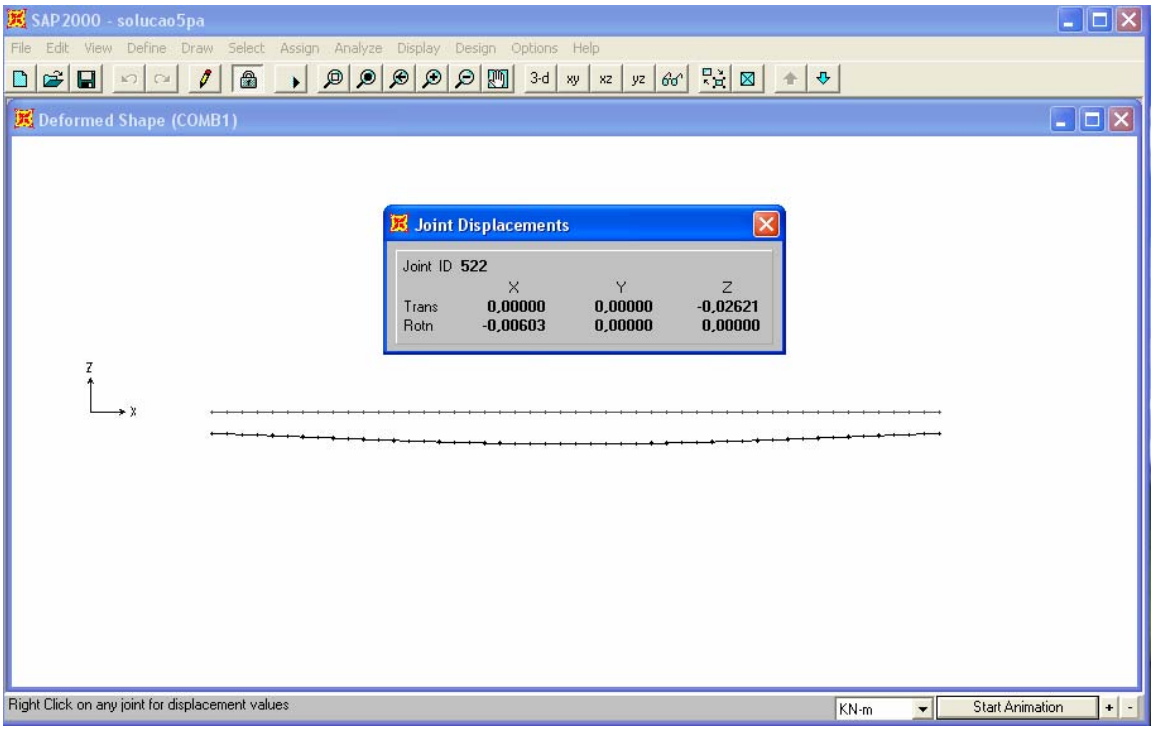
V Solução 5 - Varanda com 7 vigas transversais com viga de bordo



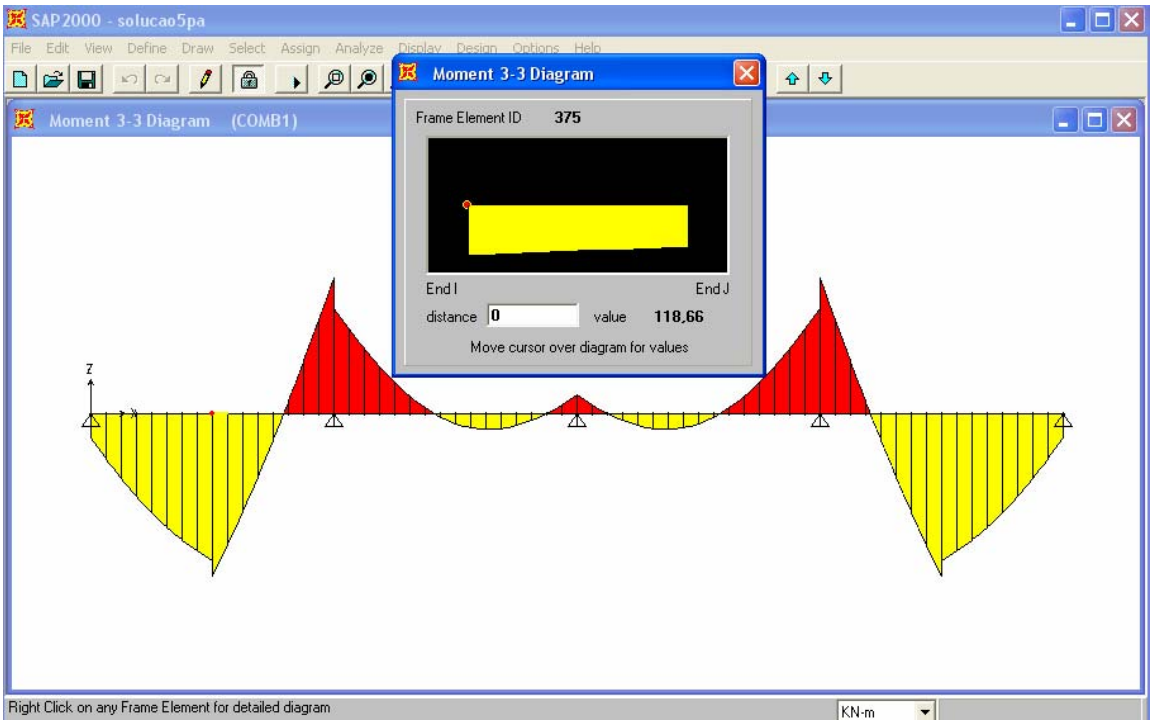
V.1 Momento Fletor nas lajes



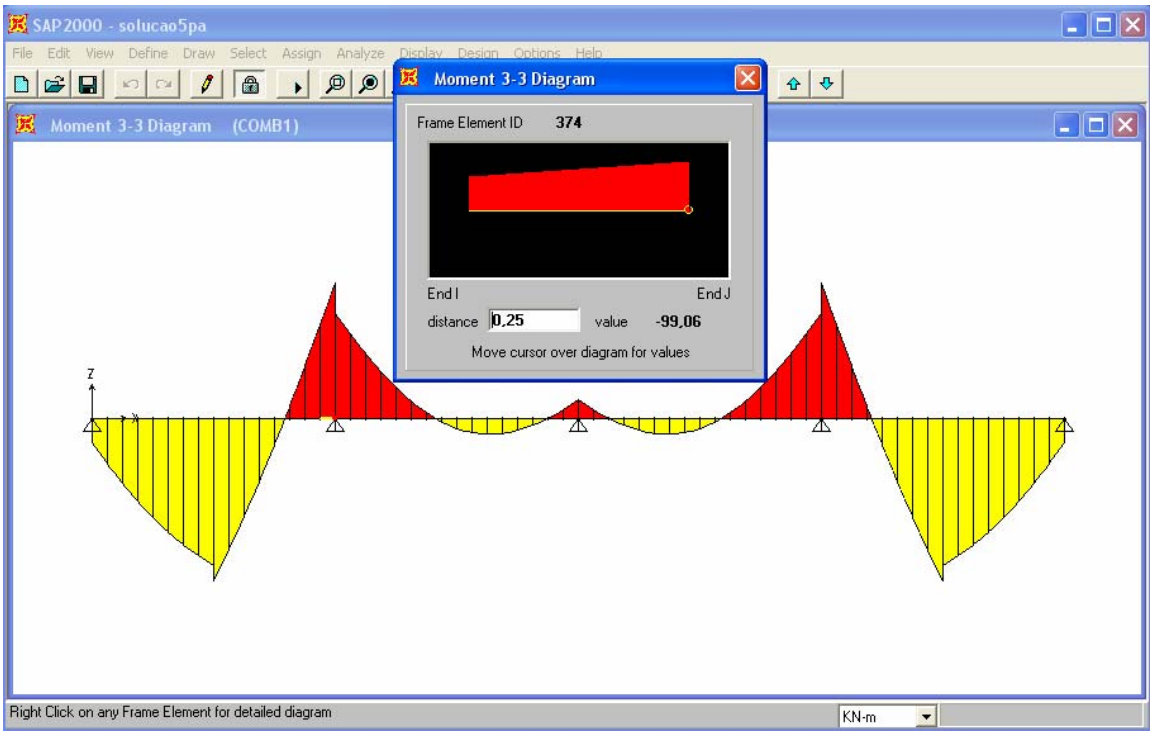
V.2 Flecha imediata



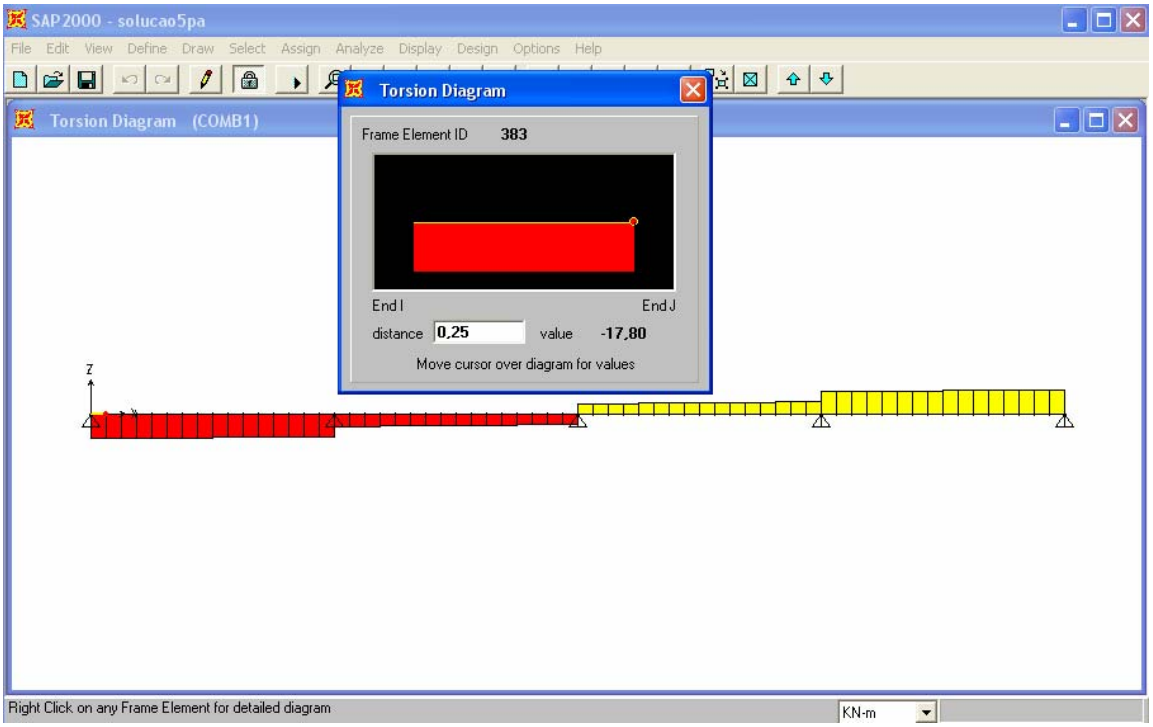
V.3 Momento fletor positivo na viga V7



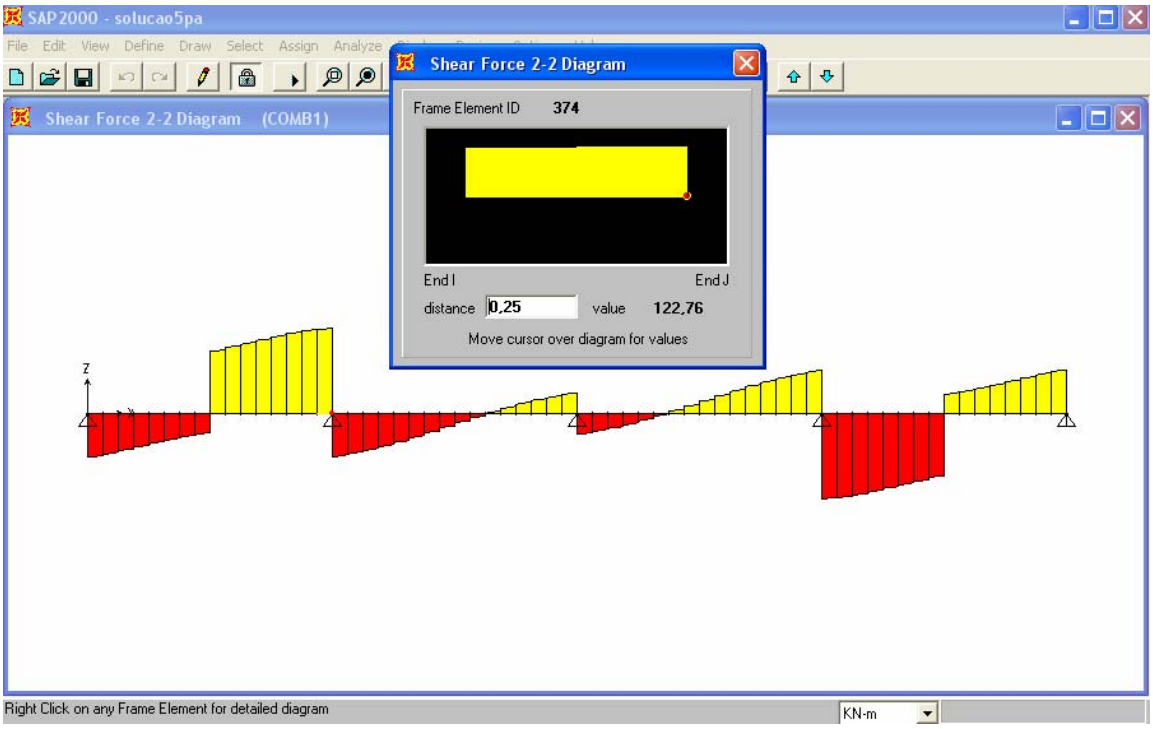
V.4 Momento fletor negativo na viga V7



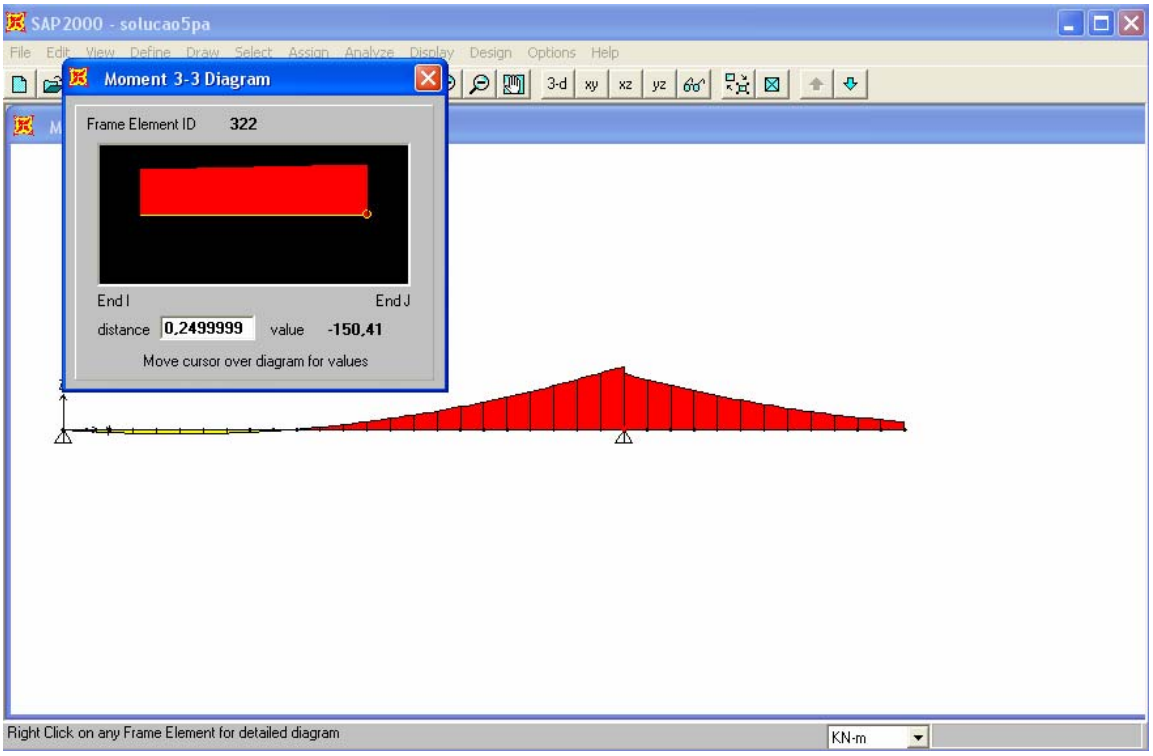
V.5 Momento de torção na viga V7



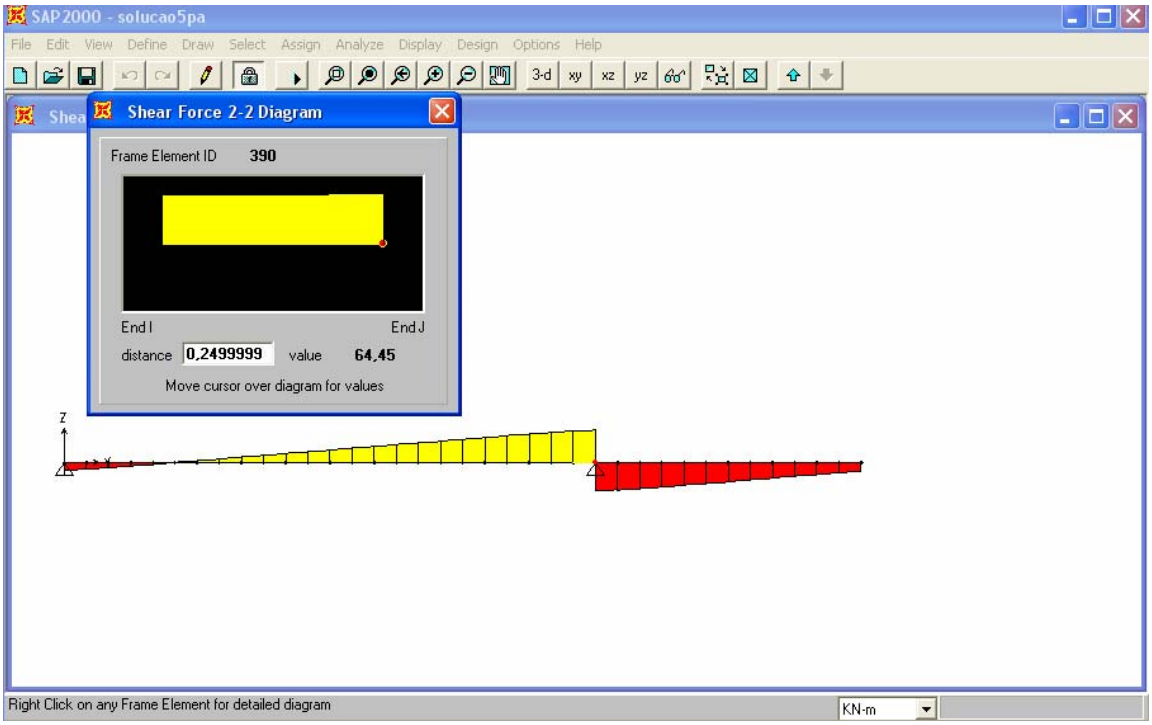
V.6 Esforço cortante na V7



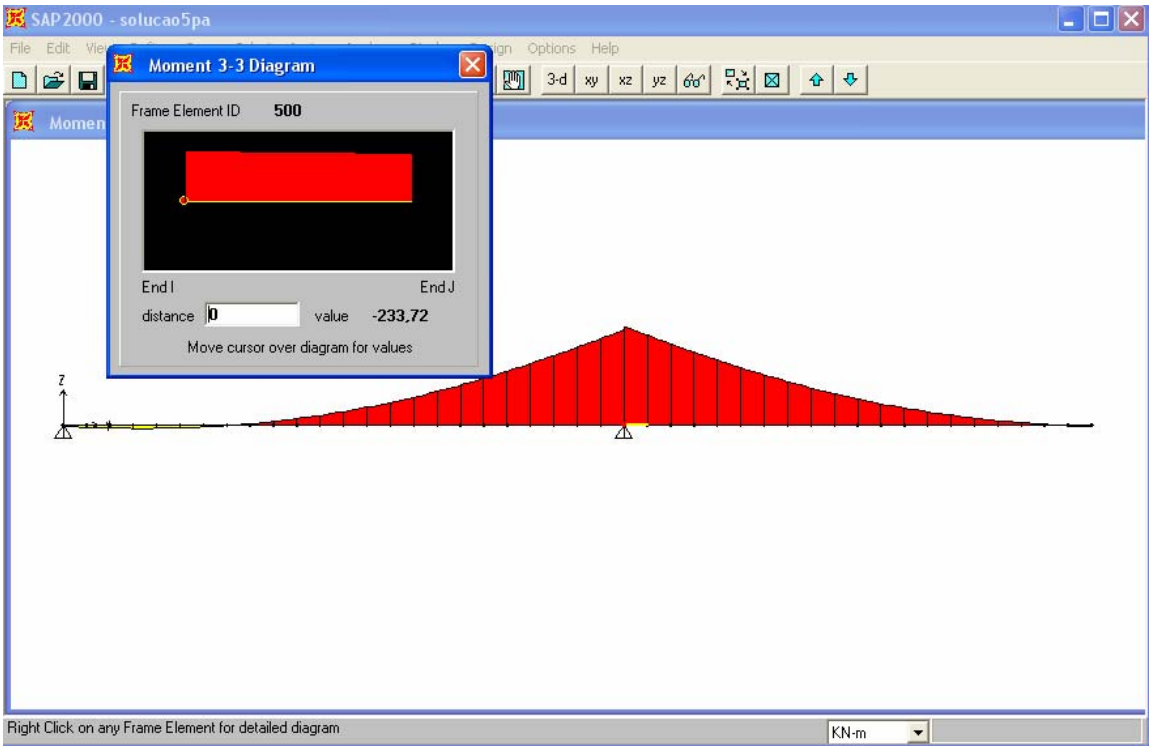
V.7 Momento fletor nas vigas V1 e V5



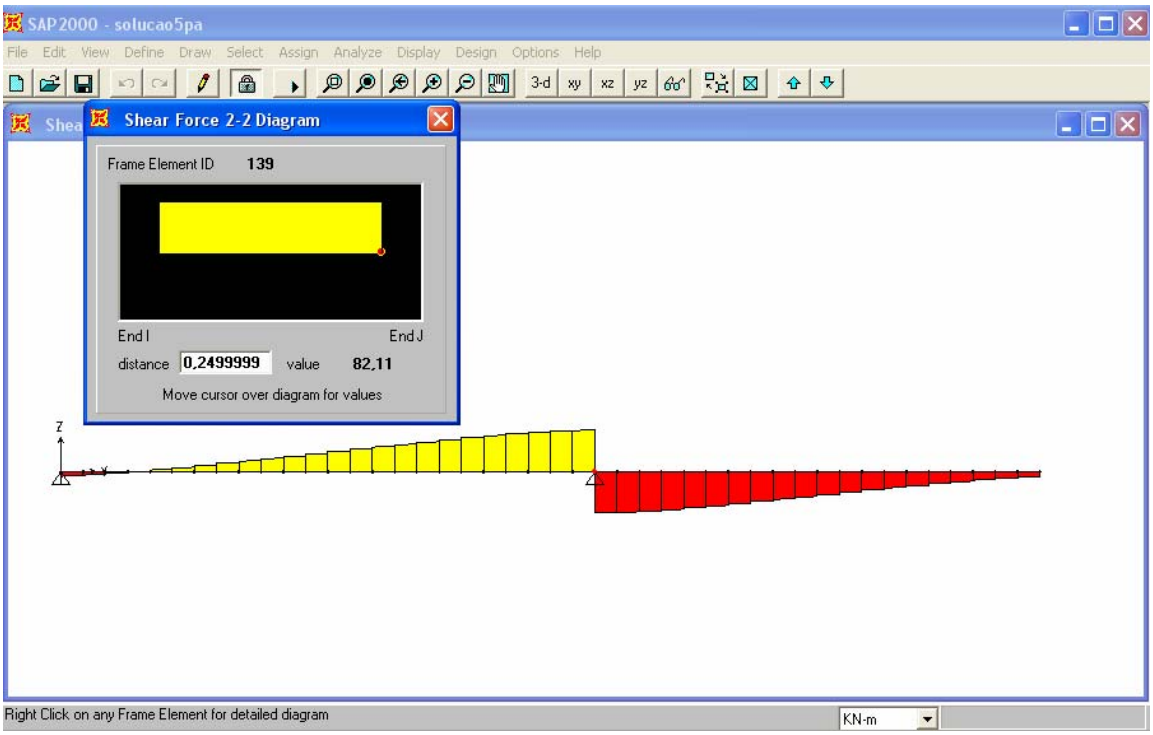
V.8 Esforço Cortante nas vigas V1 e V5



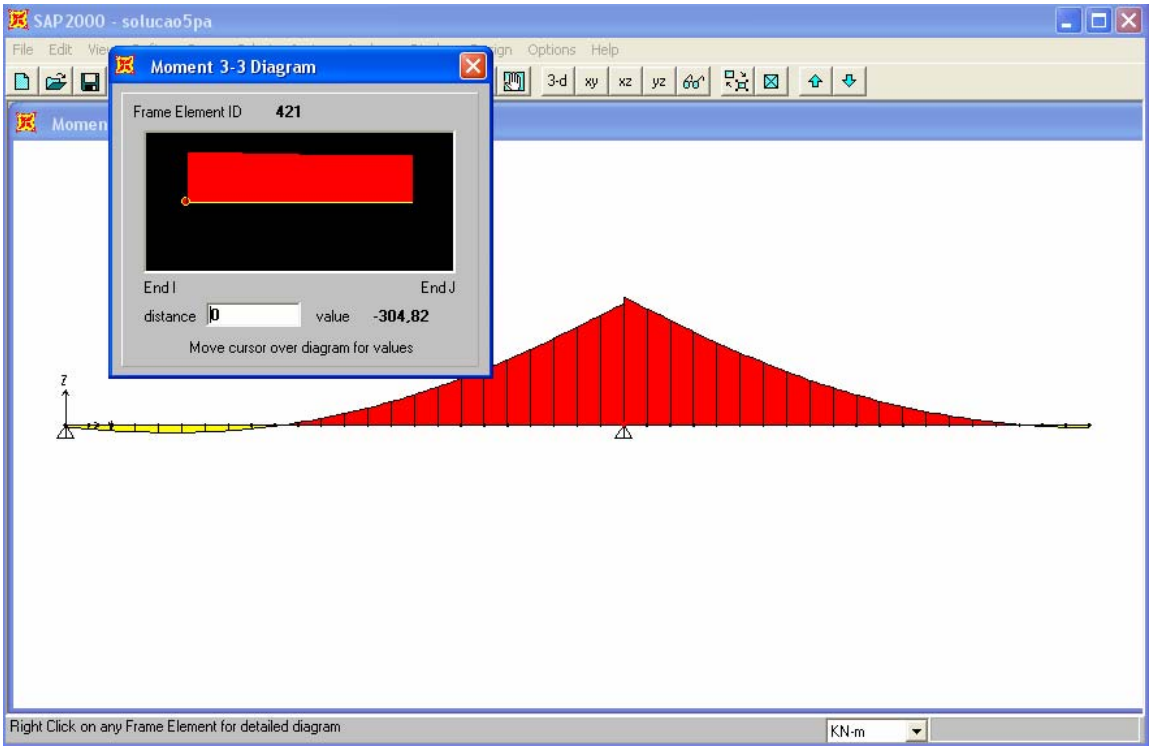
V.9 Momento fletor nas vigas V2 e V4



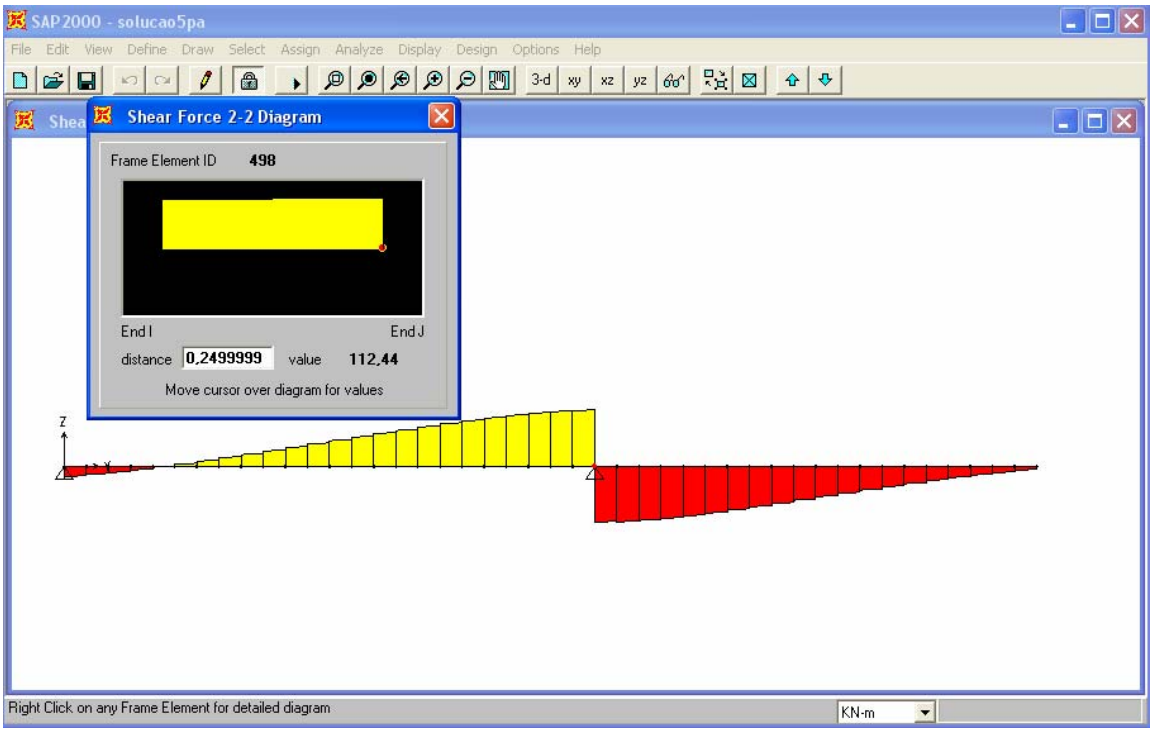
V.10 Esforço Cortante nas vigas V2 e V4



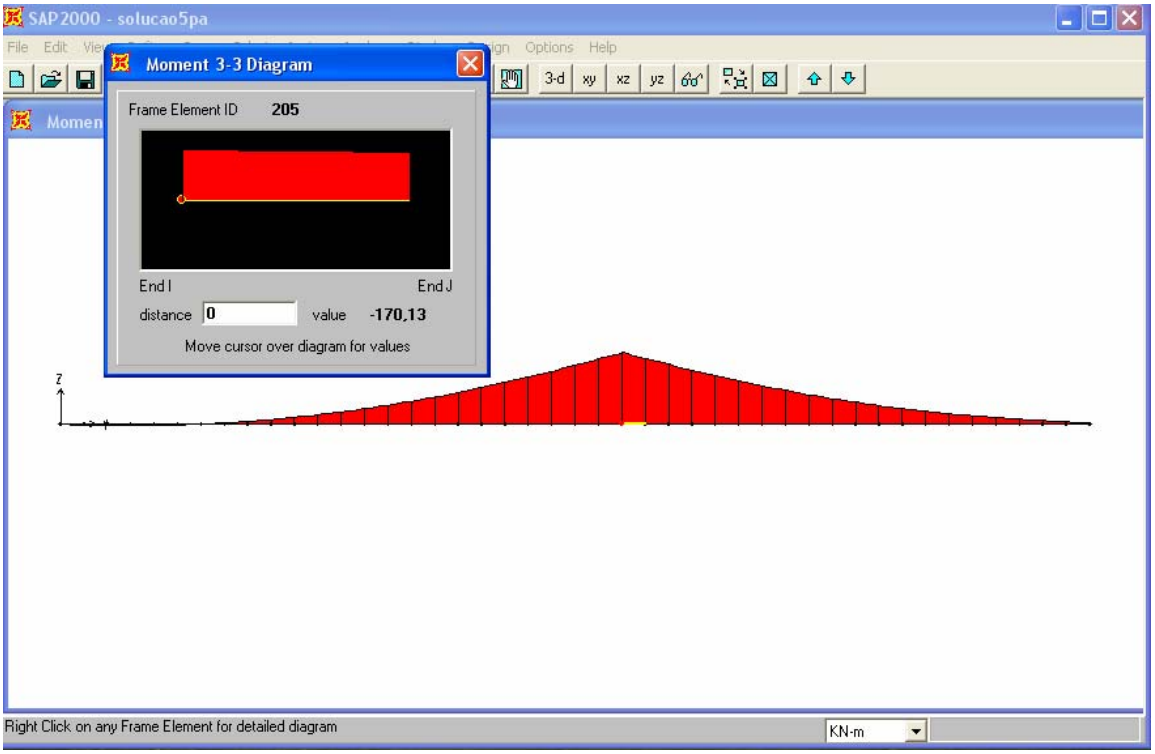
V.11 Momento fletor nas vigas V3



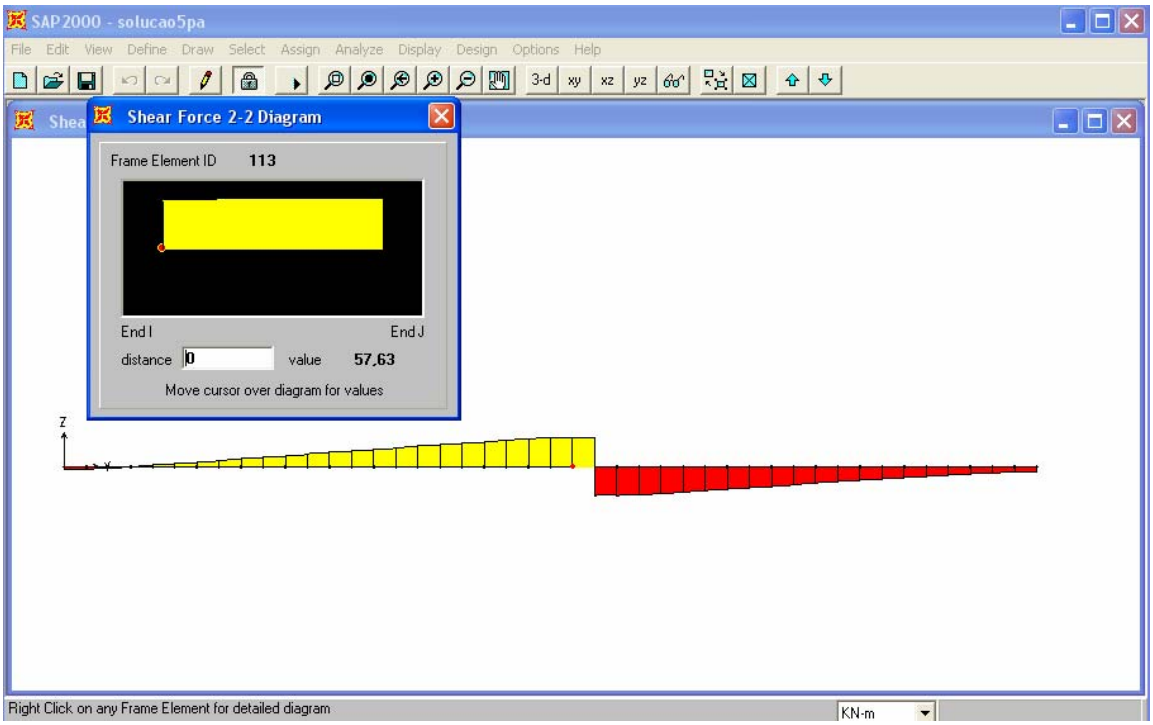
V.12 Esforço Cortante na viga V3



V.13 Momento fletor nas vigas V9 e V10

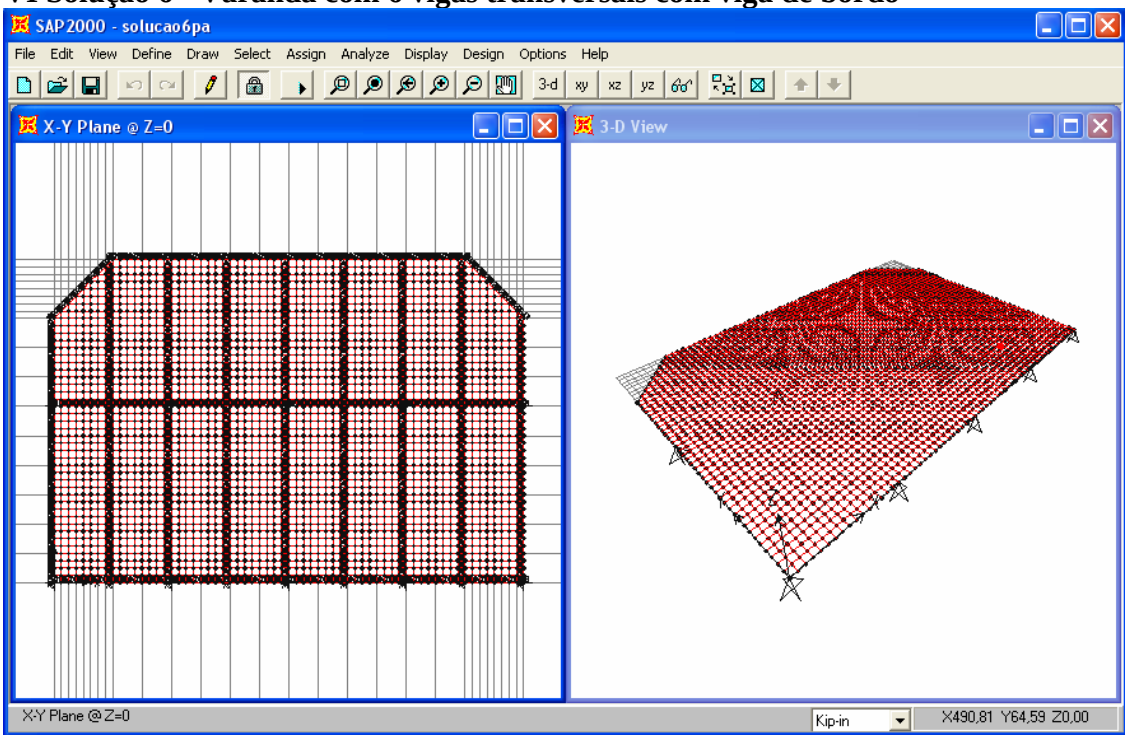


V.14 Esforço Cortante nas vigas V9 e V10

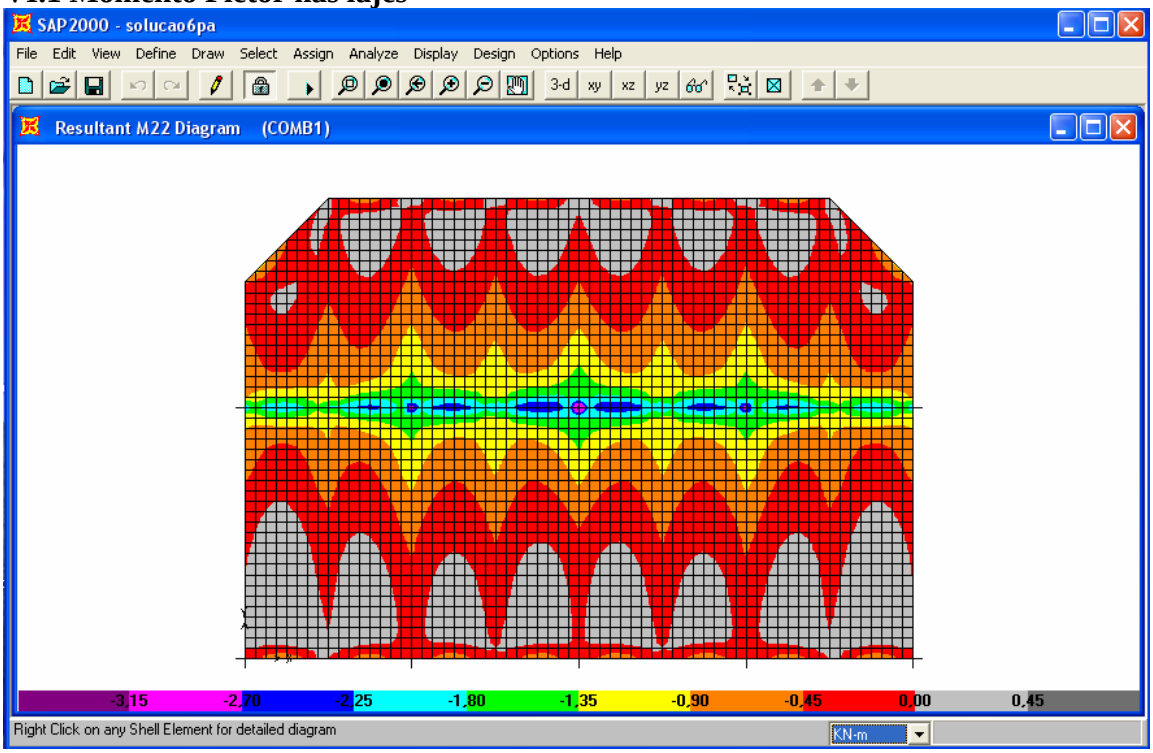


Anexo VI-Resultados Solução 6

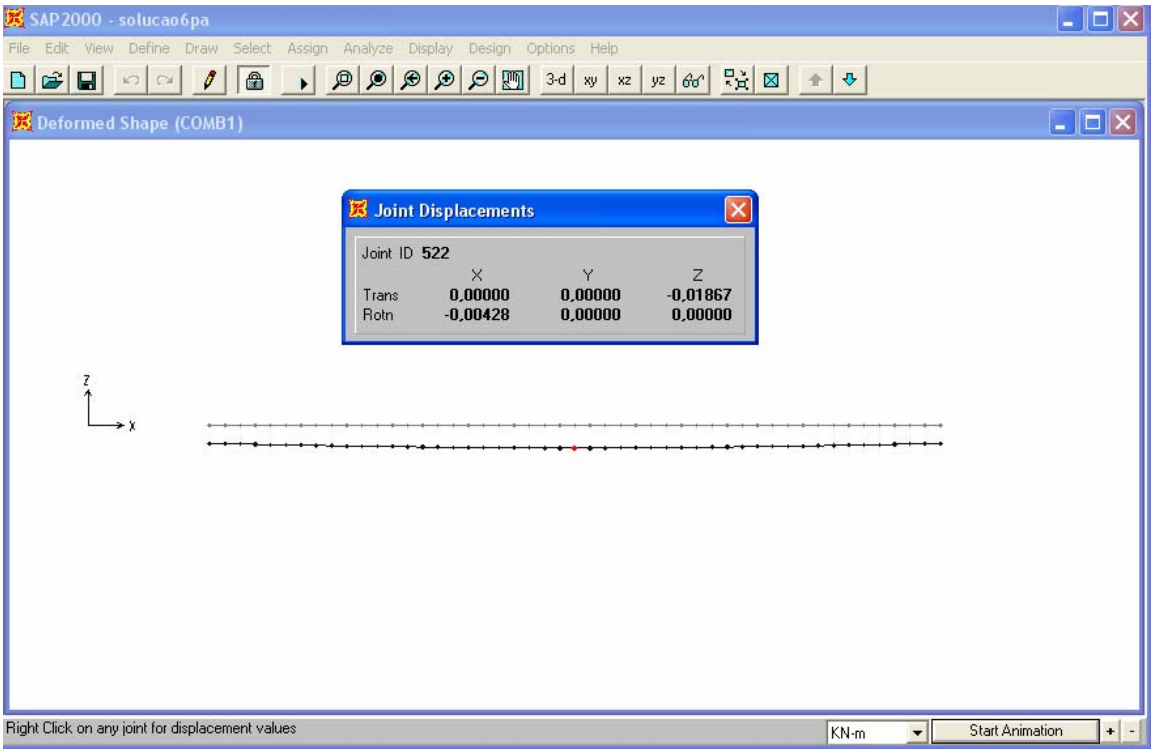
VI Solução 6 - Varanda com 6 vigas transversais com viga de bordo



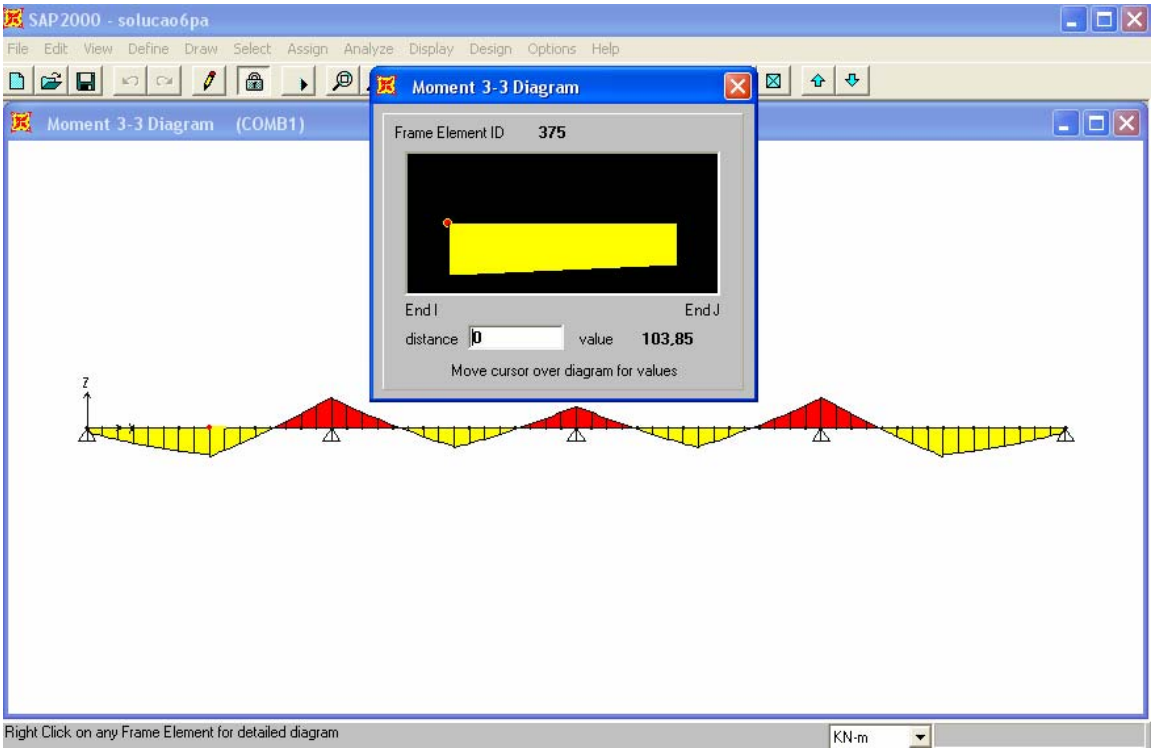
VI.1 Momento Fletor nas lajes



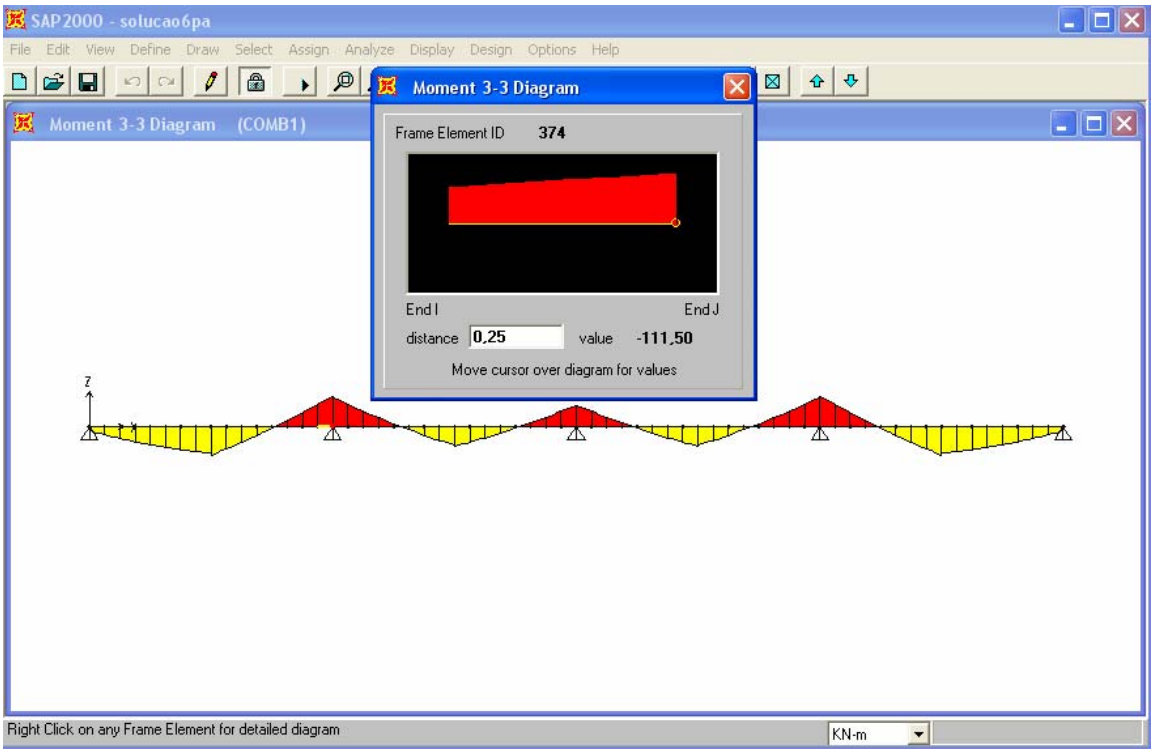
VI.2 Flecha imediata



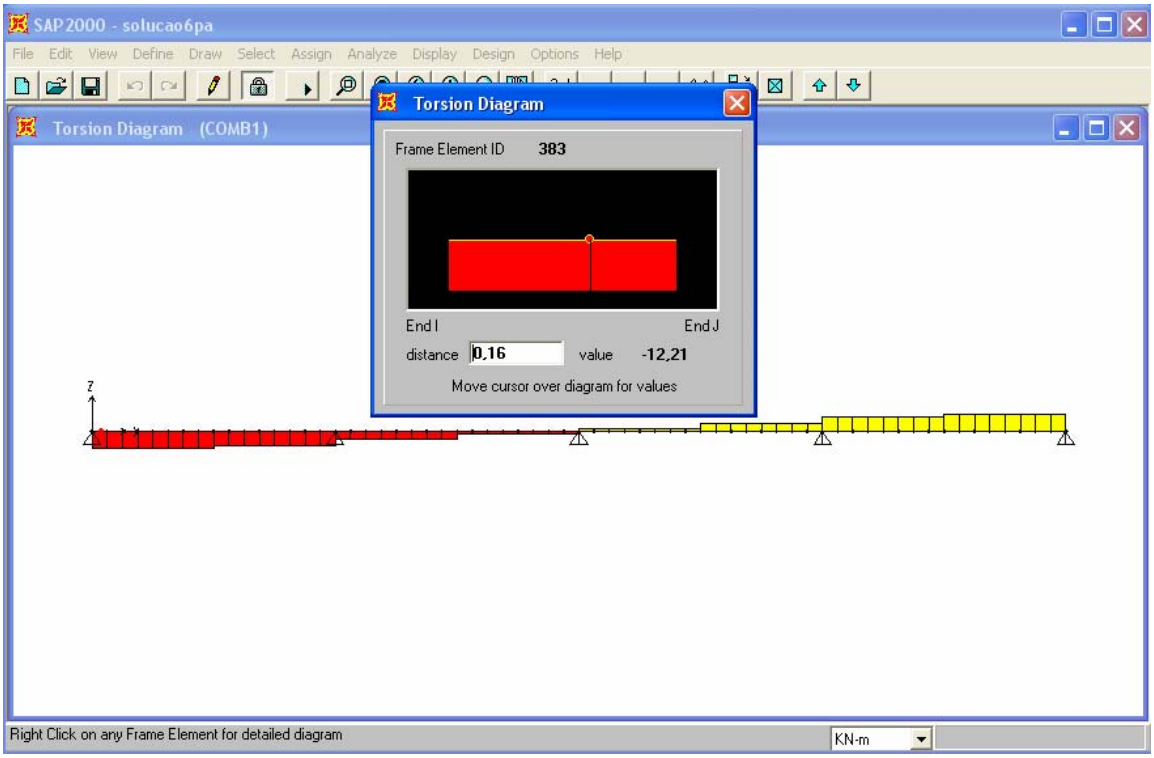
VI.3 Momento fletor positivo na viga V7



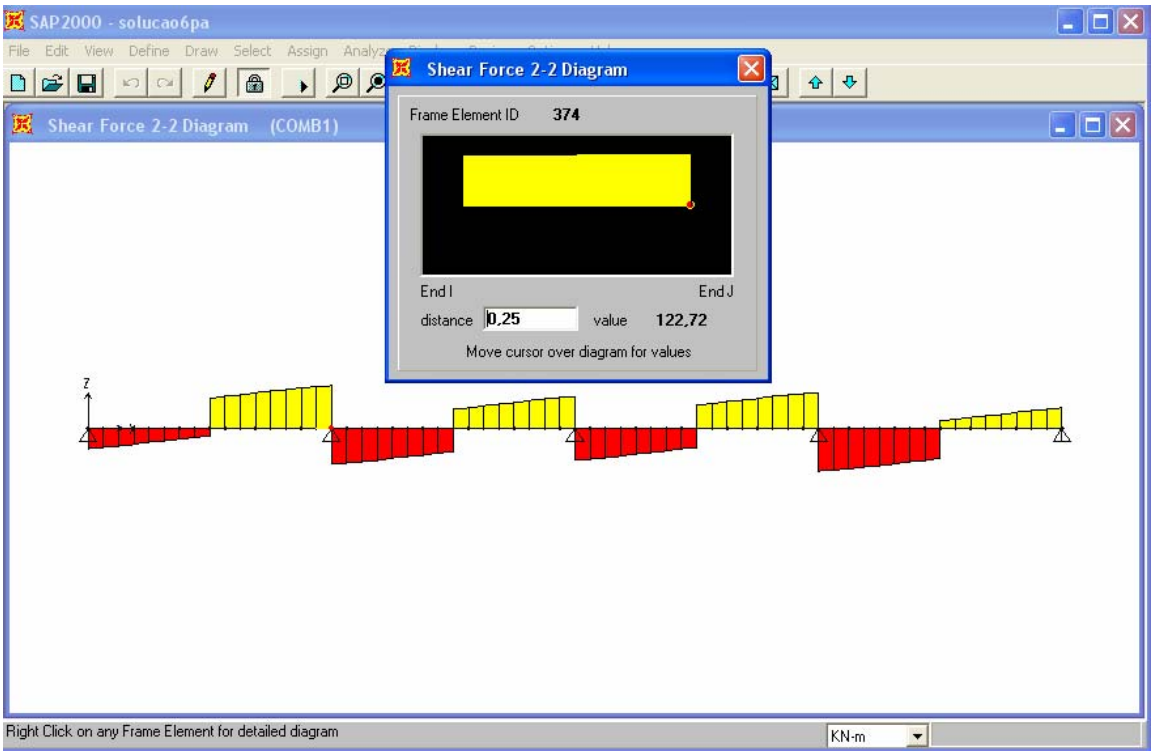
VI.4 Momento fletor negativo na viga V7



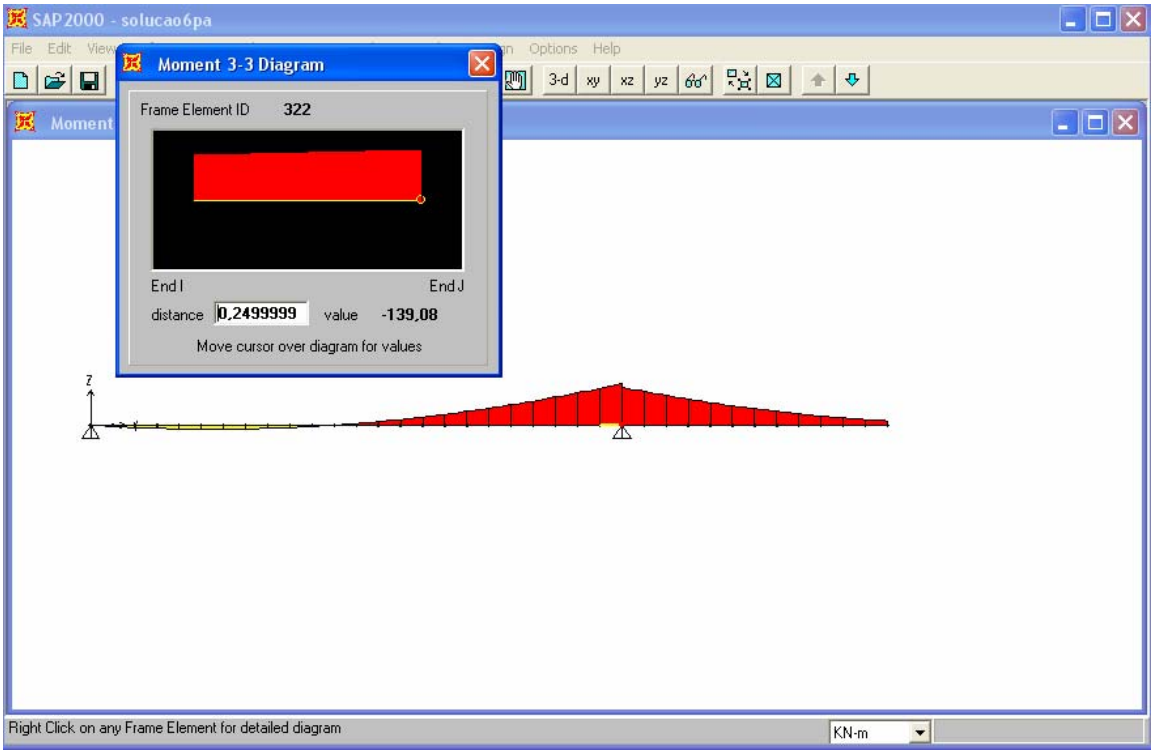
VI.5 Momento de torção na viga V7



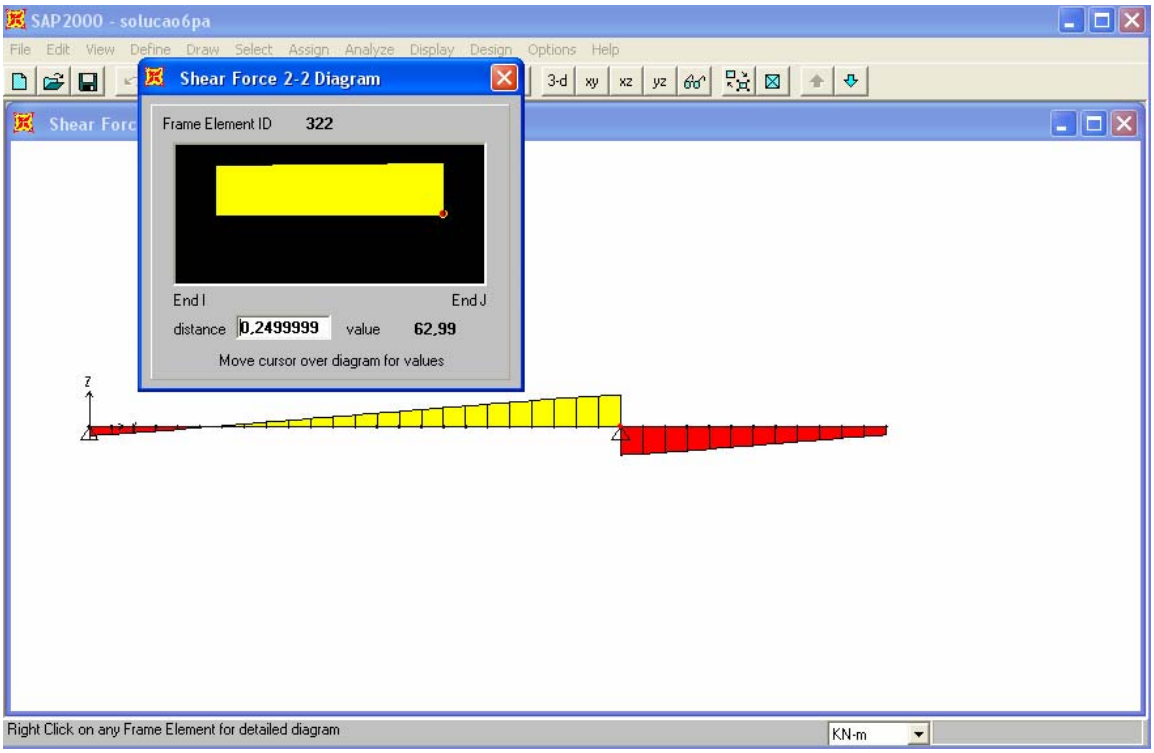
VI.6 Esforço cortante na V7



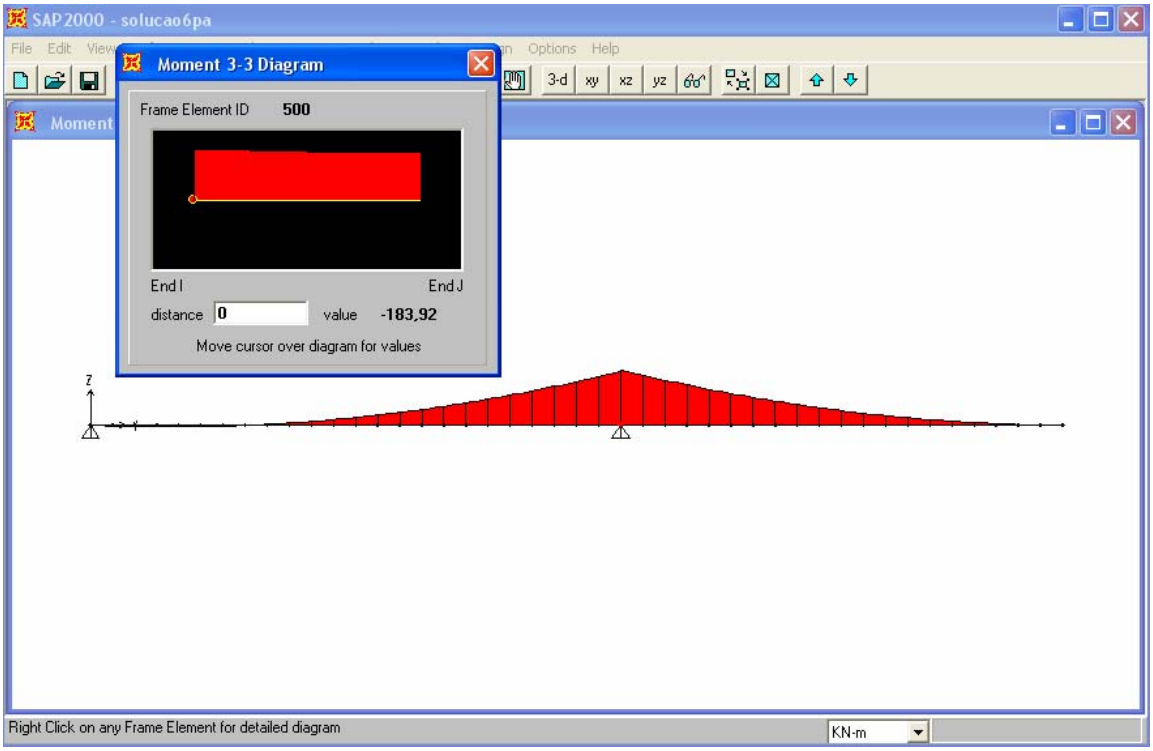
VI.7 Momento fletor nas vigas V1 e V5



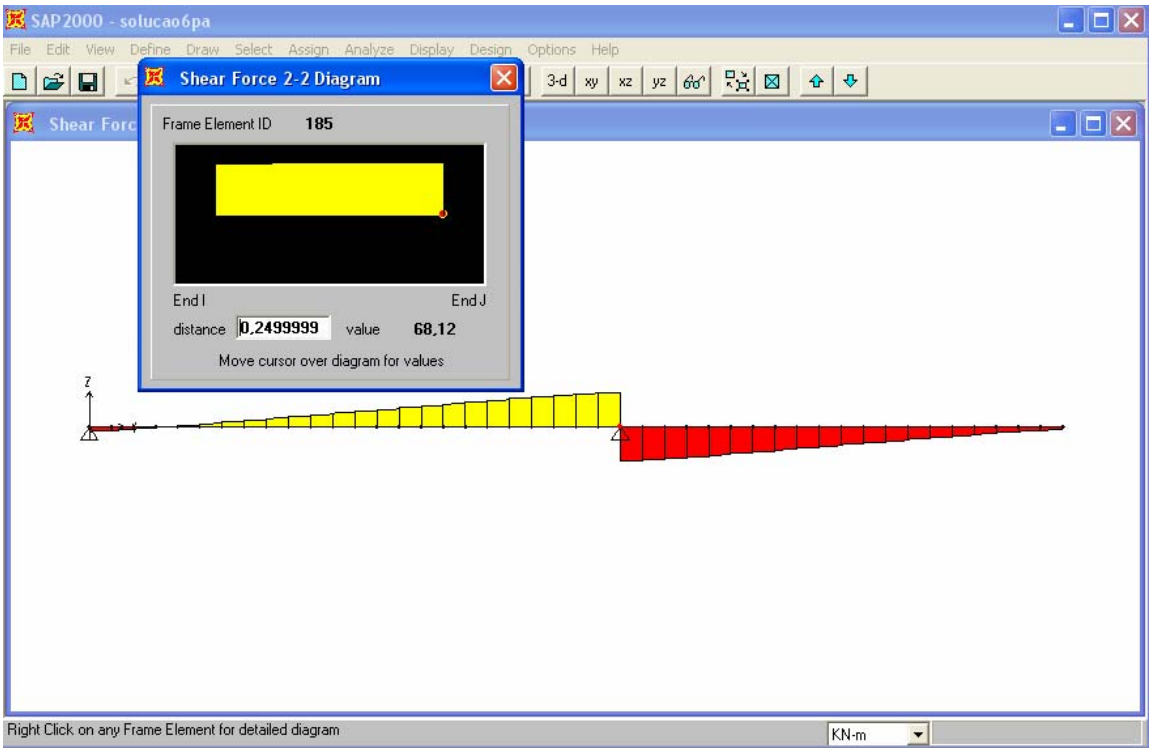
VI.8 Esforço Cortante nas vigas V1 e V5



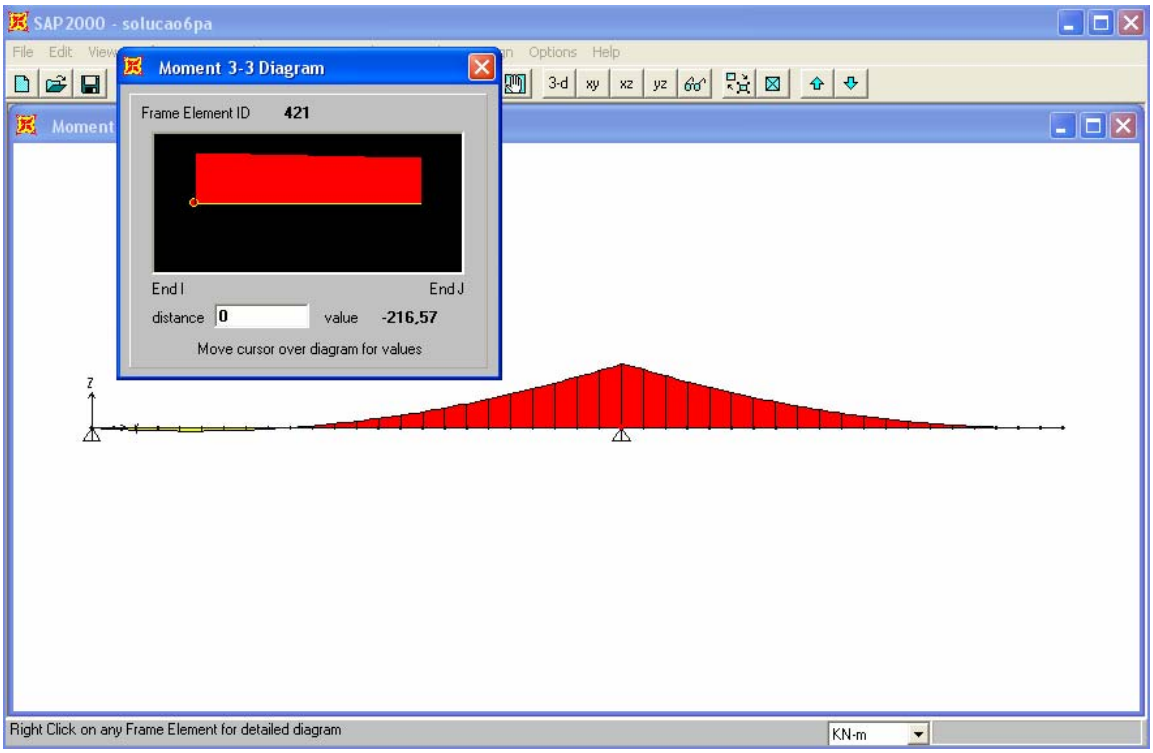
VI.9 Momento fletor nas vigas V2 e V4



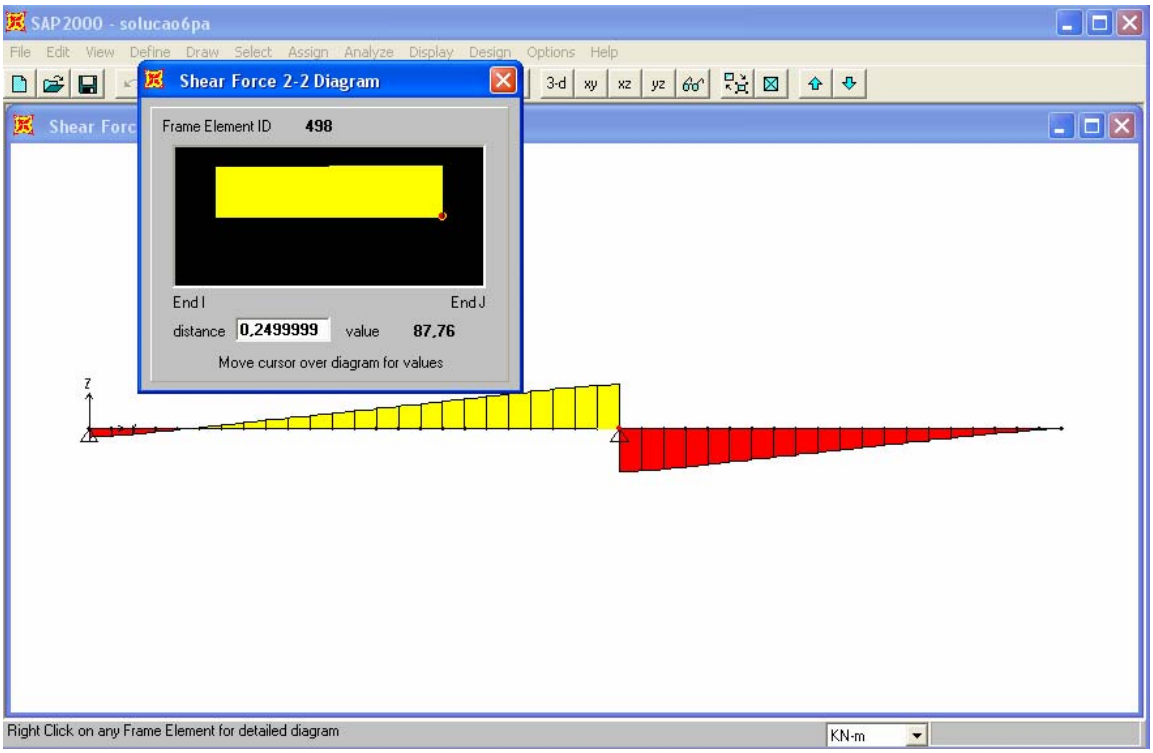
VI.10 Esforço Cortante nas vigas V2 e V4



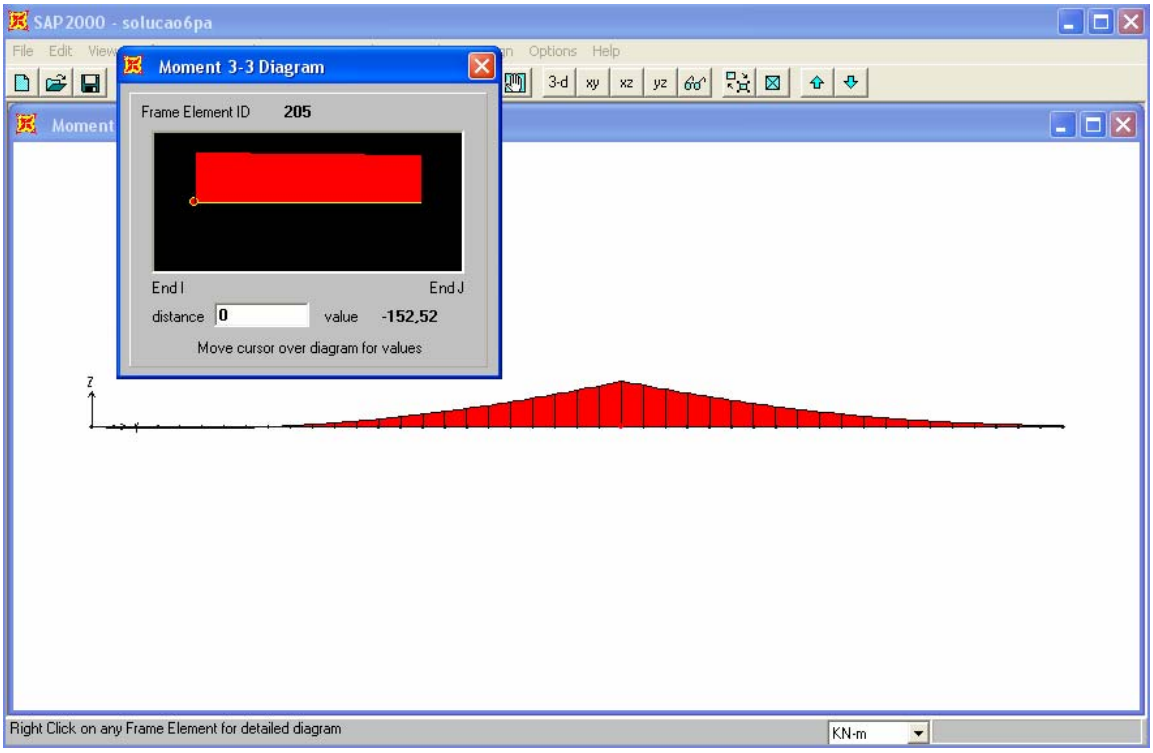
VI.11 Momento fletor nas vigas V3



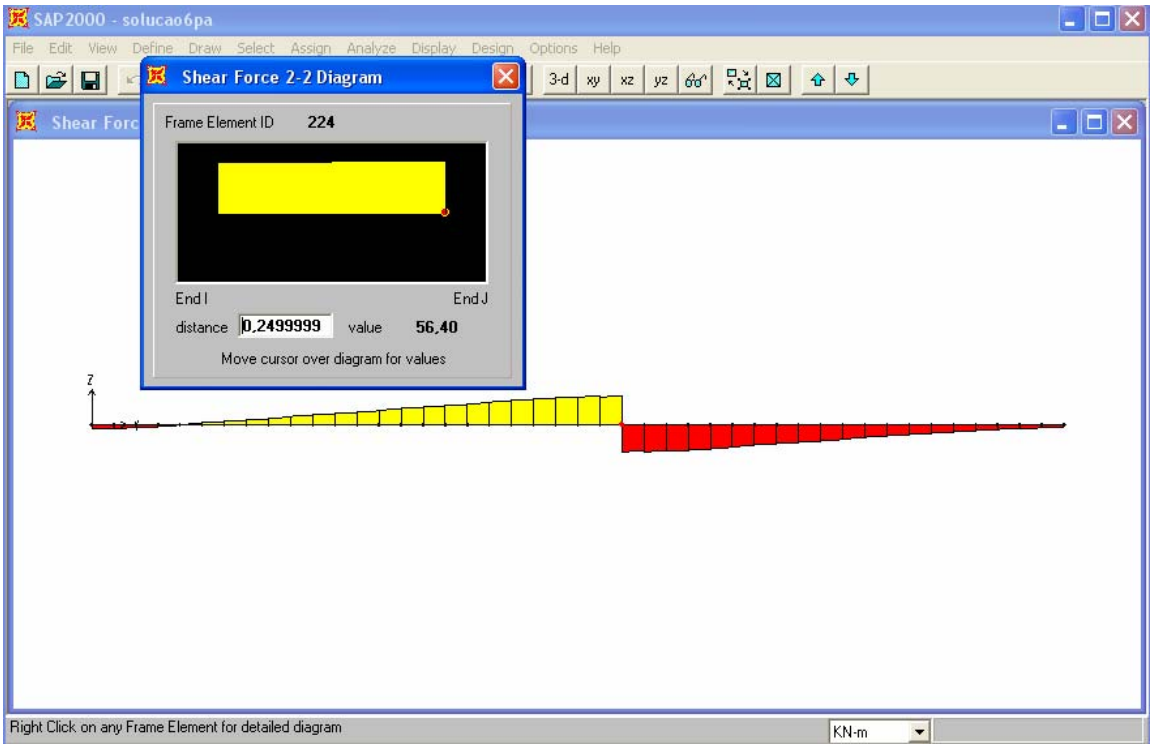
VI.12 Esforço Cortante na viga V3



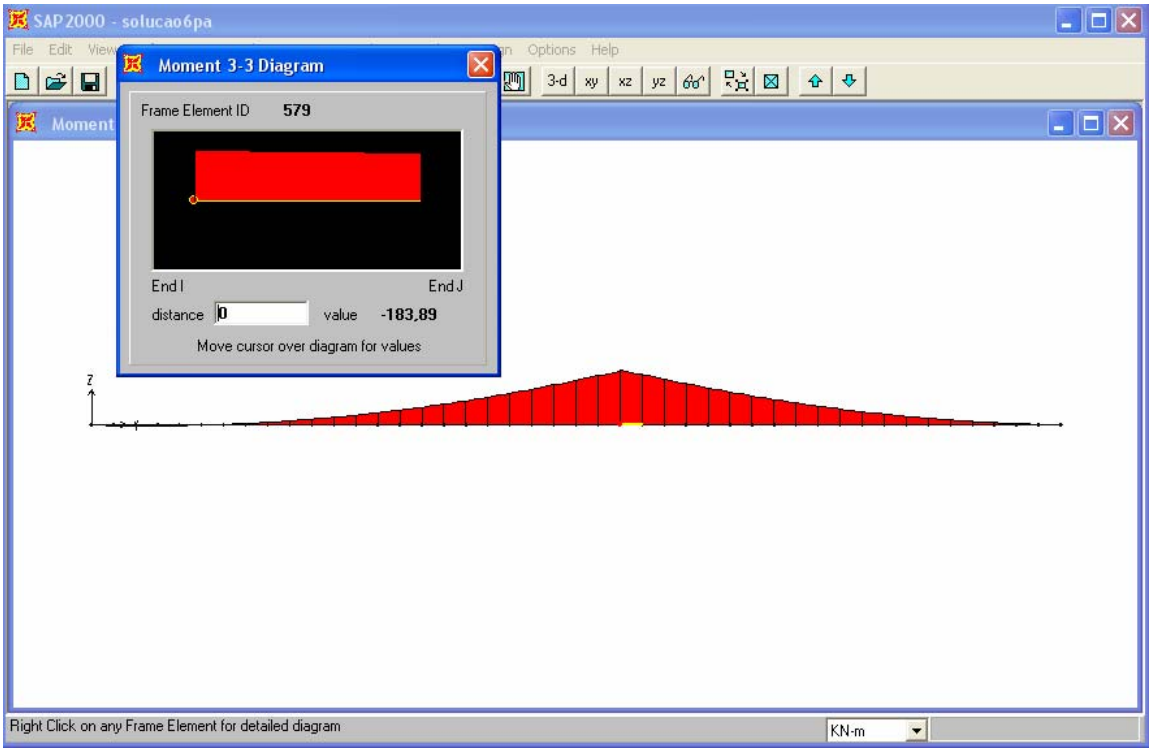
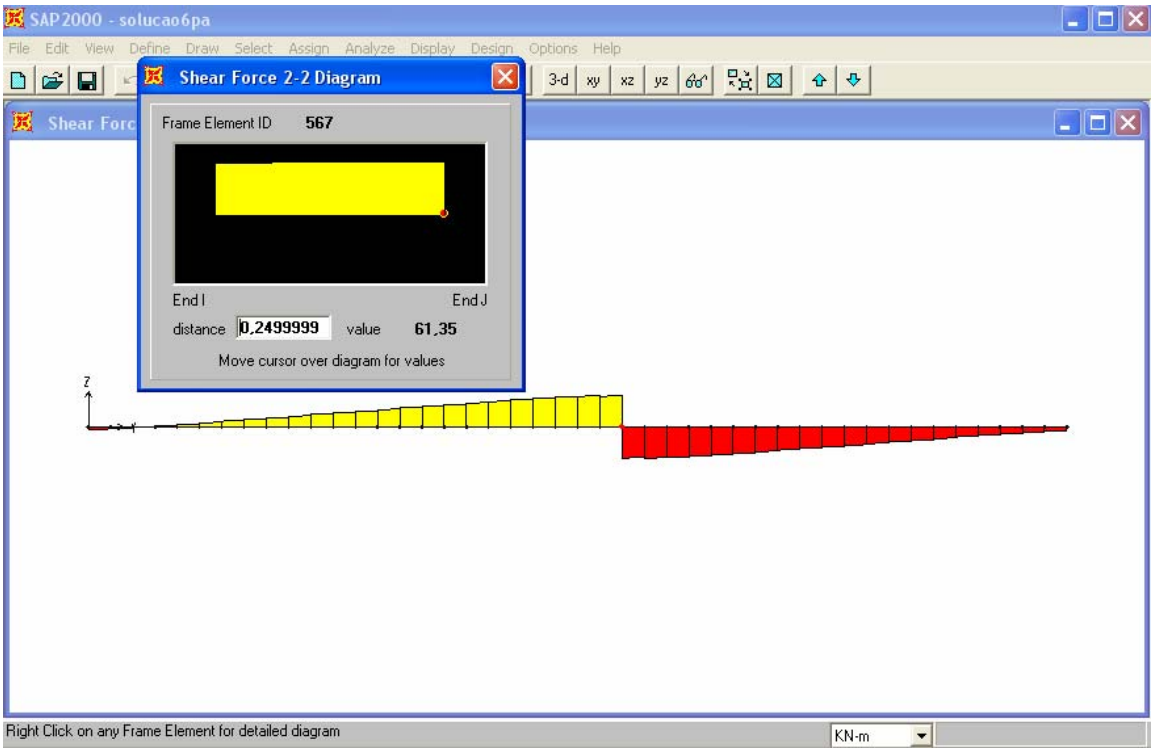
VI.13 Momento fletor nas vigas V9 e V10



VI.14 Esforço Cortante nas vigas V9 e V10



VI.15 Momento fletor nas vigas V11 e V12



VI.16 Esforço Cortante nas vigas 11 e V12