

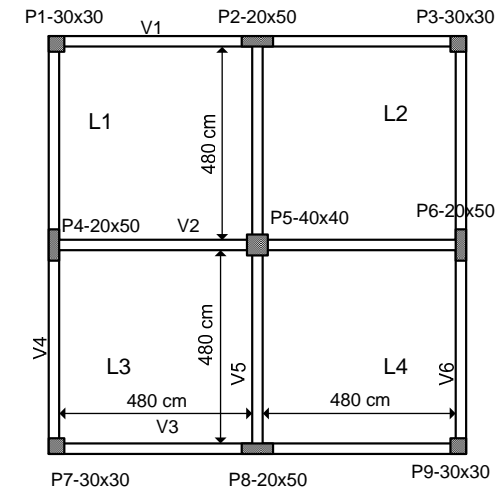
Exemplo de projeto estrutural

Estruturas de Concreto Armado

Prof. José Milton de Araújo

1

Planta de formas do pavimento tipo



2

Dados adicionais:

1. Todas as vigas possuem seção 20cm x 50cm
2. Altura de piso a piso = 2,80 m
3. Altura de paredes sobre as vigas = 2,30 m
4. Desconsiderar aberturas nas paredes
5. Todas as lajes possuem $h=10$ cm

3

A) CÁLCULO DAS LAJES

Considerar as lajes simplesmente apoiadas e depois adotar uma armadura negativa igual à maior armadura positiva nos vãos, em cada direção.

Vãos de cálculo: $l_x=l_y=5$ m

Cargas: peso próprio= $25 \times 0,10 = 2,5$ kN/m²

revestimento= 1,0 kN/m²

acidental = 1,5 kN/m²

$g = 3,5$ kN/m² ; $q = 1,5$ kN/m² ; $p = g + q = 5,0$ kN/m² ;

$p_o = g + 0,3q = 3,95$ kN/m²

Flecha final: $W = 15,69$ mm

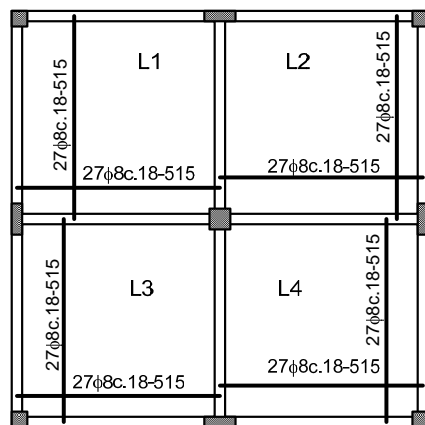
Flecha admissível: $W_{adm} = 20,00$ mm OK!

Momentos fletores: $M_x = M_y = 5,51$ kNm/m

Reações: $R_x = R_y = 6,25$ kN/m

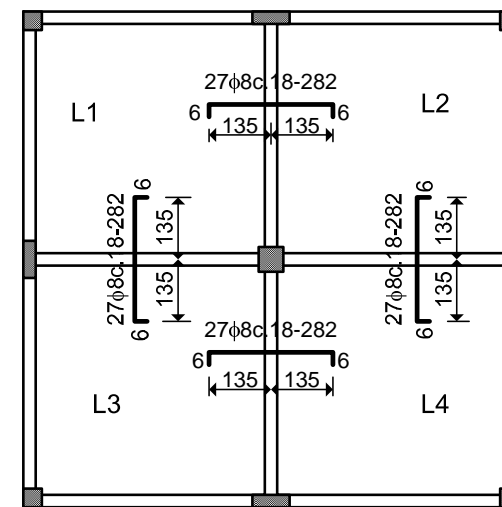
4

Dimensionamento: $f_{ck}=25$ MPa ; aço CA-50; $d=7,0$ cm
 $A_s=2,68$ cm² (ϕ 8 c. 18 cm)



Armaduras positivas

5



Armaduras negativas

6

B) CÁLCULO DAS VIGAS

Cargas:

peso próprio:

$$25 \times 0,20 \times 0,50 = 2,5 \text{ kN/m}$$

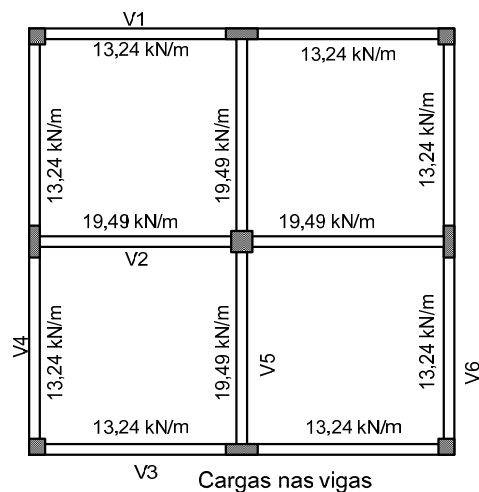
parede:

$$13 \times 0,15 \times 2,30 = 4,49 \text{ N/m}$$

ação das lajes:

6,25 kN/m (nas vigas externas)

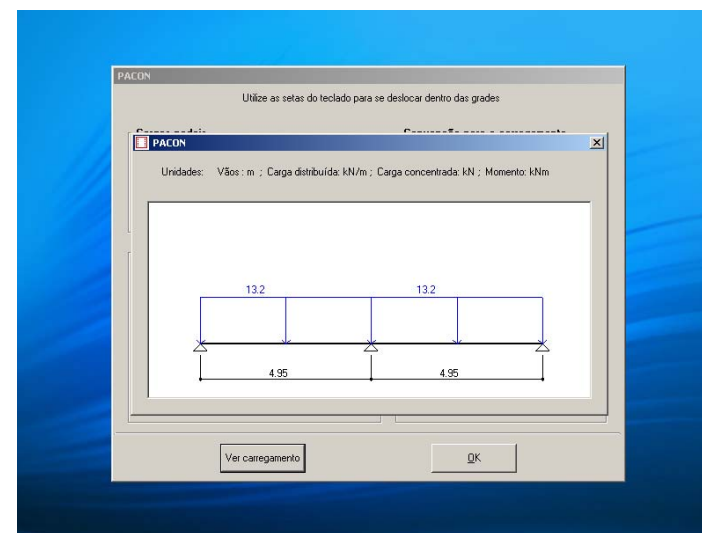
12,50 kN/m (nas vigas internas).



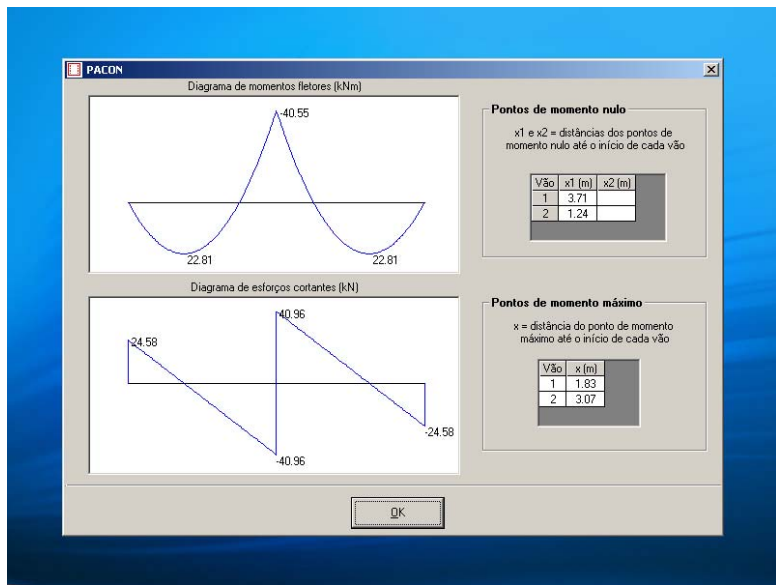
Cargas nas vigas

7

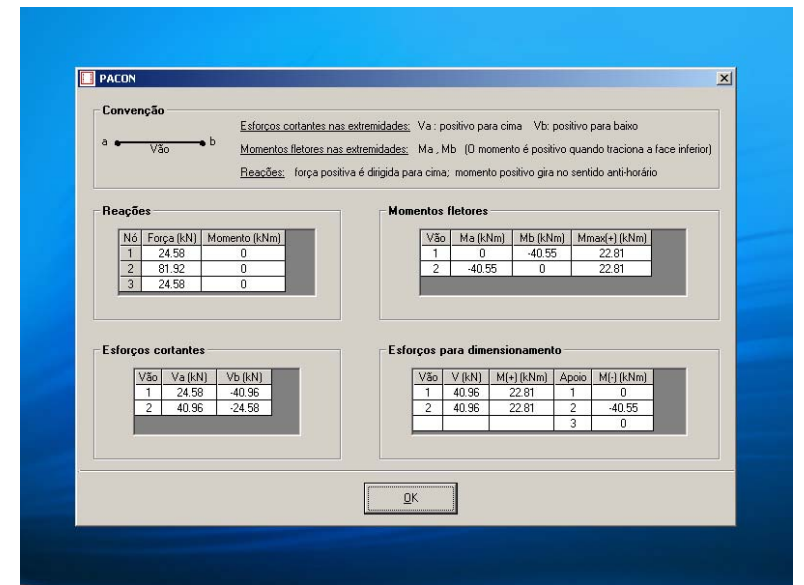
Cálculo da Viga V1:



8



9



10

Dimensionamento das armaduras longitudinais:

Vão: $M_k=22,81$ kNm: $A_s=1,64$ cm² ($2\phi 12,5$: $A_{se}=2,45$ cm²)

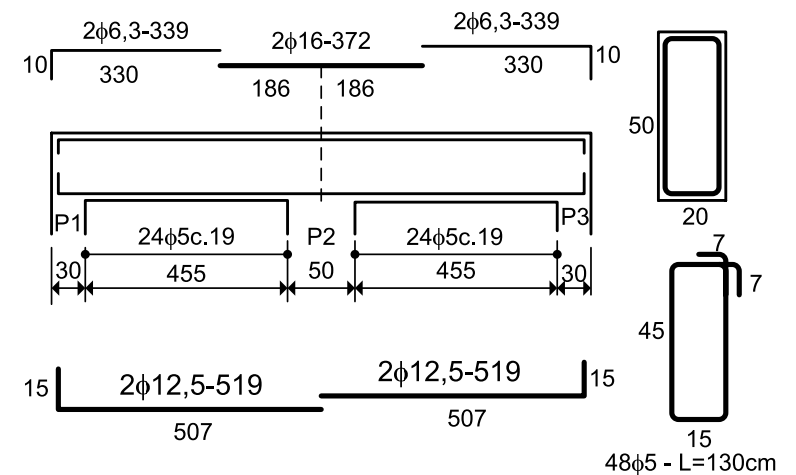
Apoio interno: $M_k=40,55$ kNm: $A_s=2,98$ cm² ($2\phi 16$: $A_{se}=4,02$ cm²)

Dimensionamento dos estribos:

$V_k=40,96$ kN: $A_{sw}=2,06$ cm² ($\phi 5c.19$ cm)

11

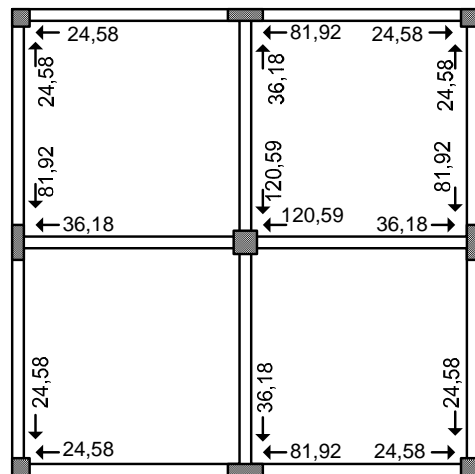
Viga V1 - 20x50



Sem levar em conta os efeitos do vento

12

C) CÁLCULO DOS PILARES



Reações das vigas em kN

13

Tabela 1 – Cargas nos pilares (kN)

Pilar	$\sum R_k$	Peso próprio	F_k (por pavimento)
1	49,16	6,30	55,46
2	118,10	7,00	125,10
3	49,16	6,30	55,46
4	118,10	7,00	125,10
5	241,18	11,20	252,38
6	118,10	7,00	125,10
7	49,16	6,30	55,46
8	118,10	7,00	125,10
9	49,16	6,30	55,46

Obs: Somando as cargas em todos os pilares = 974,62 kN

A área total do pavimento é 104,04 m²

$974,62/104,04 = 9,37$ kN/m² (porque as lajes são grandes e não tem paredes sobre as lajes).

Nos edifícios residenciais, essa carga é da ordem de 12 kN/m².

14

Telhado

8° pav

7° pav

6° pav

5° pav

4° pav

3° pav

2° pav

1° pav

- Para determinar corretamente as cargas nos pilares, é necessário calcular as lajes e as vigas do último pavimento (laje de forro) com as cargas corretas (peso de telhado, etc).

- Admitindo para essa laje o mesmo carregamento do pavimento tipo, pode-se determinar as cargas nos pilares ao longo da altura do edifício.

15

Tabela 2 - Cargas de serviço nos pilares (kN)

Pavimento	P1	P2	P5
8	55,46	125,10	252,38
7	110,92	250,20	504,76
6	166,38	375,30	757,14
5	221,84	500,40	1009,52
4	277,30	625,50	1261,90
3	332,76	750,60	1514,28
2	388,22	875,70	1766,66
1	443,68	1000,80	2019,04
Tipo	canto	extremidade	intermediário

16

Momentos iniciais nos pilares:

1) Pilar P2 (pilar de extremidade)

Carga na viga: $p=19,49 \text{ kN/m}$; vão: $lvig= 500 \text{ cm}$

$$M_{eng}=pl^2/12=40,60 \text{ kNm}$$

$$r_{vig}=4lvig/lvig=1666 \text{ cm}^3$$

$$r_{inf}=r_{sup}=r_p=6lp/lp=714 \text{ cm}^3$$

No pavimento tipo:

$$M_{inf} = M_{sup} = M_{eng} \frac{r_p}{2r_p + r_{vig}}$$

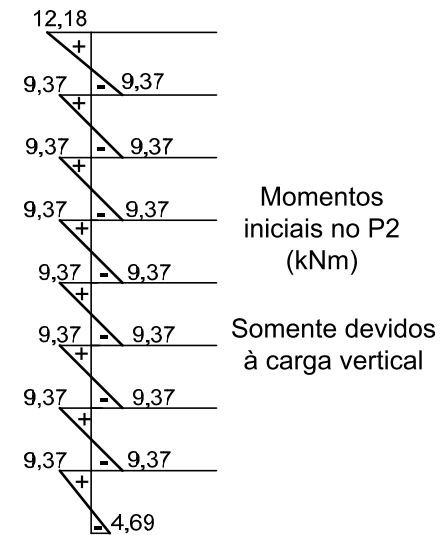
$$M_{inf} = M_{sup} = 9,37 \text{ kNm}$$

No último nível:

$$M_{inf} = M_{eng} \frac{r_p}{r_p + r_{vig}}$$

$$M_{inf} = 12,18 \text{ kNm}$$

17



18

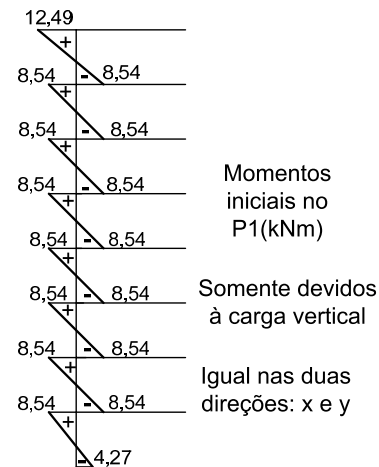
2) Pilar P1 (pilar de canto)

Carga na viga V1: $p=13,24 \text{ kN/m}$

$lvig= 4,95 \text{ m}$

Pilar P1: 30x30

Os momentos iniciais nas duas direções serão iguais.



19

Verificação da indeslocabilidade horizontal

Rigidez equivalente com modelo de carga concentrada:

Pórtico P1-P2-P3 (2 vezes): $E_{eq}=9.595.047 \text{ kNm}^2$

Pórtico P4-P5-P6 (1 vez): $E_{eq}=8.060.049 \text{ kNm}^2$

Total: $E_{eq} = 27.250.143 \text{ kNm}^2$

$h_{tot}= 22,90 \text{ m}$

$F_v=7800 \text{ kN}$ (da tabela 2)

$$\alpha = 22,90 \sqrt{\frac{7800}{27250143}} = 0,38$$

Como $\alpha < 0,5$ a estrutura pode ser considerada indeslocável (de nós fixos).

20

Ação do vento:
(usando PACON: módulo Força no contraventamento)

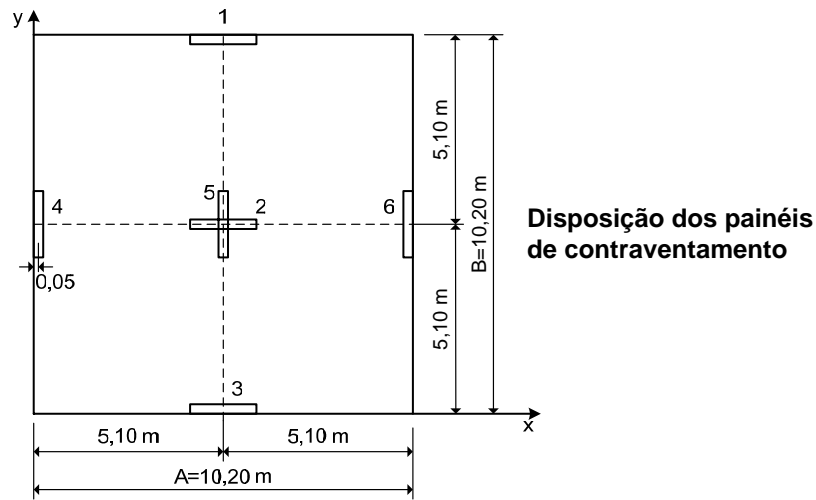


Tabela 3 – Dados dos painéis de contraventamento

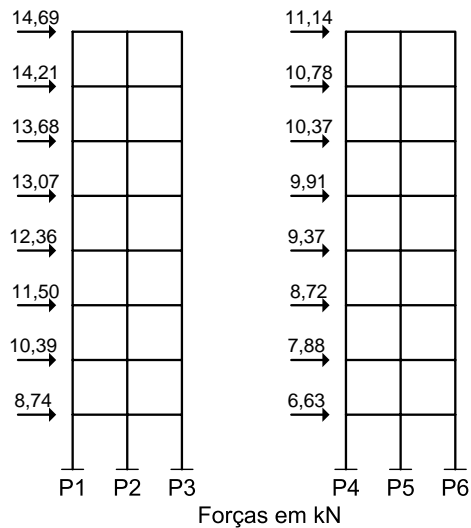
Painel	K (kN/m)	x (m)	y (m)	α °
1	2397	5,10	10,15	0
2	2013	5,10	5,10	0
3	2397	5,10	0,05	0
4	2397	0,05	5,10	90
5	2013	5,10	5,10	90
6	2397	10,15	5,10	90

Dados do vento:

$V_0=45$ m/s ; baixa turbulência

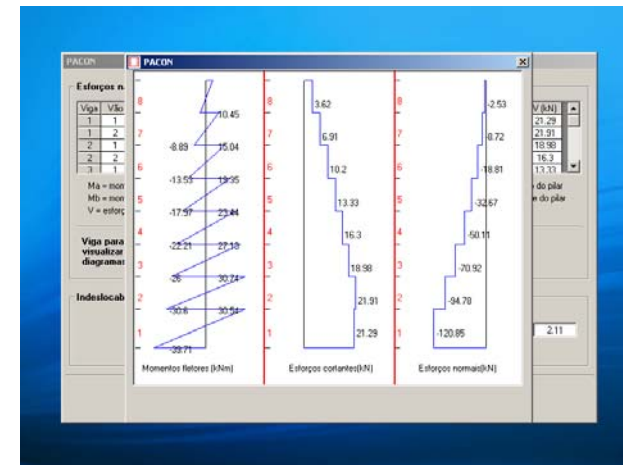
$S_1=1,0$; categoria IV; classe B ; $S_3=1,0$

$e_a=+0,075A$; $e_b=+0,075B$

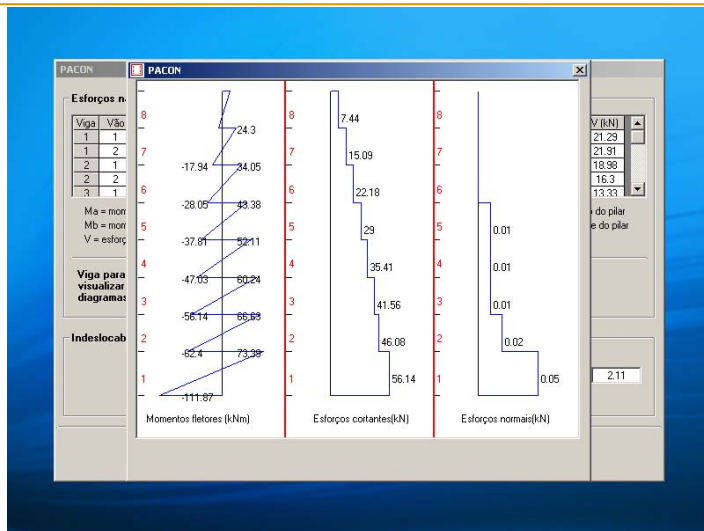


Forças máximas nos pórticos de contraventamento

Esforços devidos ao vento
(PACON: módulo Esforços devidos ao vento)



Esforços no P1 (vento segundo direção x)



Esforços no P2 (vento segundo direção x)

- Esses momentos se superpõem aos momentos devidos ao carregamento vertical.
- Os esforços normais se somam às cargas verticais da tabela 2.

Tabela 4 - Cargas de serviço no pilar P1 (kN): vento segundo x + carga vertical

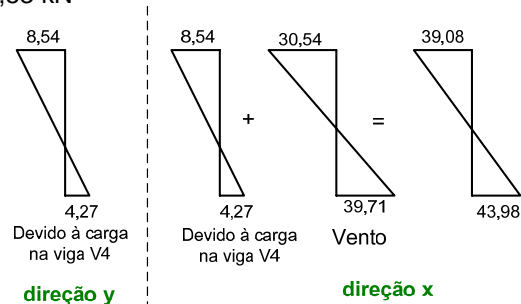
Pavimento	Carga vertical	Vento x (+ ou -)	Mínimo	Máximo
8	55,46	2,53	52,93	57,99
7	110,92	8,72	102,20	119,64
6	166,38	18,81	147,57	185,19
5	221,84	32,67	189,17	254,51
4	277,30	50,11	227,19	327,41
3	332,76	70,92	261,84	594,60
2	388,22	94,78	261,84	483,00
1	443,68	120,85	322,83	564,53

Observações:

- O pilar P2 fica submetido à flexão oblíqua: M_x devido ao vento e M_y devido às cargas na viga V5.
- O dimensionamento deve ser feito para os esforços normais máximos e mínimos, adotando-se a maior armadura.

Exemplo Pilar P1 no térreo

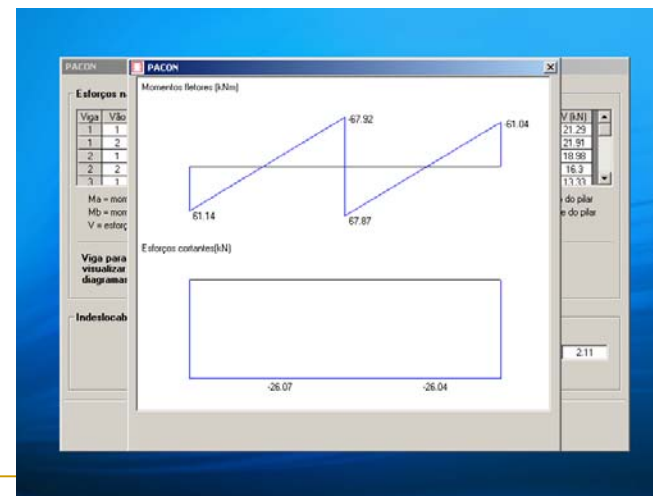
$F_k=322,83$ kN e $F_k=564,53$ kN



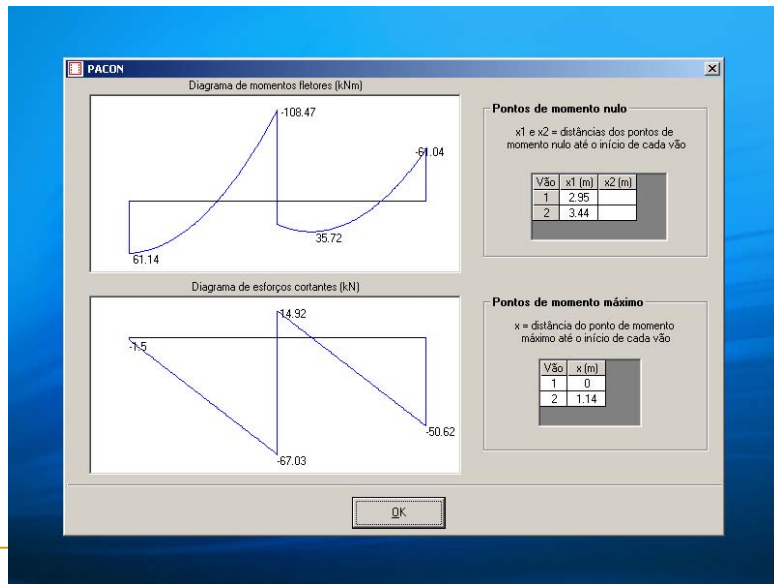
Momentos iniciais no P1 (kNm)

Esforços na Viga V1 no segundo pavimento (primeira laje), devidos ao vento:

Vento segundo a direção x, da esquerda para direita



Esforços na viga devidos a 100% do vento + 100% da carga vertical



29

▪ Rodar também com vento no sentido da direita para esquerda e determinar a envoltória.

▪ **Observação:** o correto é fazer as duas combinações de cargas como visto em aula.

▪ Observa-se um grande aumento nos esforços solicitantes e, conseqüentemente, nas armaduras da viga, além do exaustivo trabalho de cálculo.

▪ Usar esse edifício modelo para praticar com o PAFCON e tirar todas as dúvidas, antes de fazer o projeto de graduação (fazer isso nas férias?)

30