

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNESP - Campus de Bauru/SP
FACULDADE DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Civil

2151 – Alvenaria Estrutural

**DISTRIBUIÇÃO DE AÇÕES
HORIZONTAIS**

Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DOS SANTOS BASTOS
(wwwp.feb.unesp.br/pbastos)

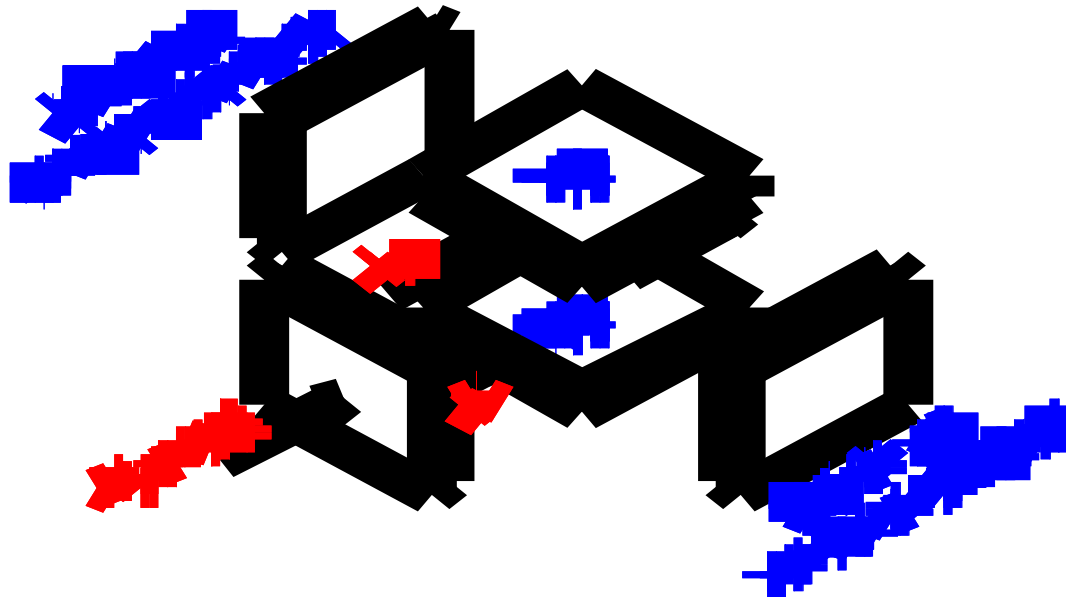
Bauru - Maio/09

FONTES:

ACCETTI, K.M. *Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria*. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1998, 247p.

RAMALHO, M.A. ; CORRÊA, M.R.S. *Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural*. São Paulo, Ed. Pini, 2003, 174p.

As ações horizontais que devem obrigatoriamente ser consideradas são a ação dos ventos e o desaprumo.



DESAPRUMO

Considerado tomando por base a DIN-1053.

Ângulo de desaprumo do eixo da estrutura:

$$\varphi = \frac{1}{100\sqrt{H}}$$

onde

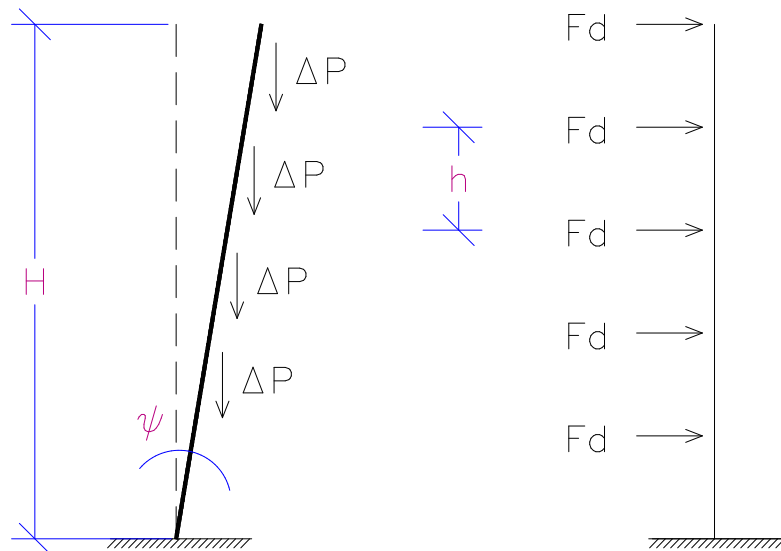
φ : ângulo em radianos;

H : altura da edificação (metros).

Ação lateral equivalente ao desaprumo, aplicada ao nível de cada pavimento:

$$F_d = \Delta P \cdot \varphi$$

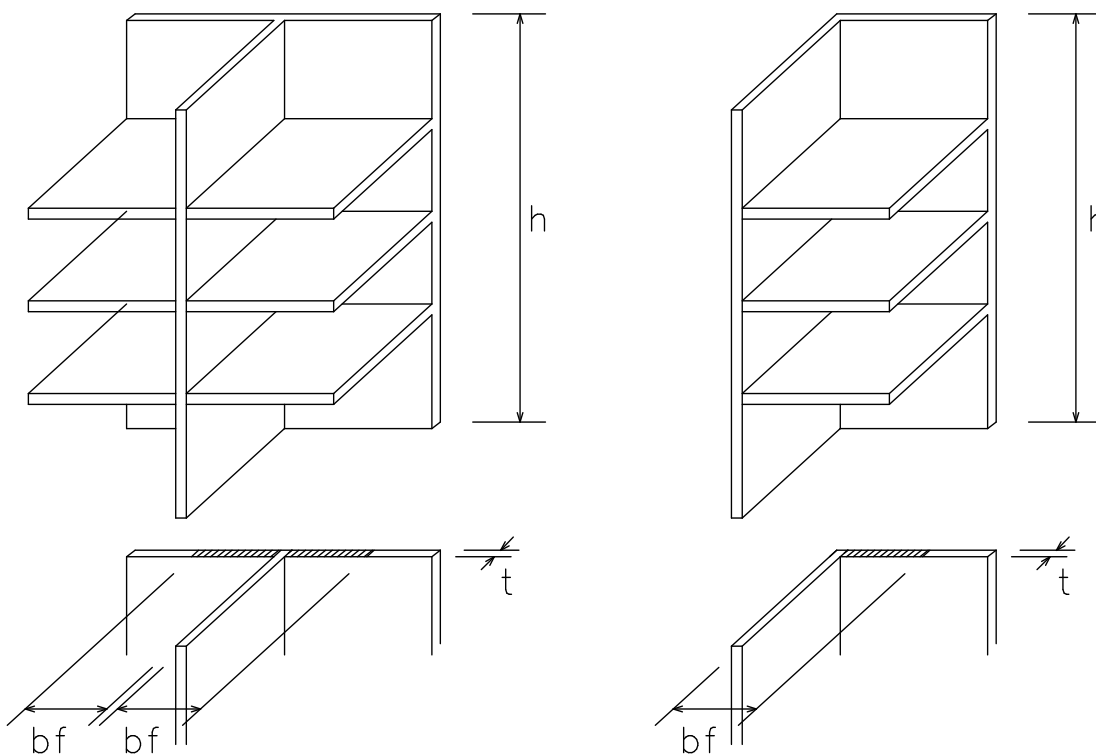
ΔP : peso total do pavimento considerado.



Consideração de Abas ou Flanges

São trechos das paredes transversais à ação que se considera.

Critério NBR 10837: não é bom! Considerar: $b_f \leq 6 t$



DISTRIBUIÇÃO DE AÇÕES PARA CONTRAVENTAMENTO SIMÉTRICO

Procedimento: PAREDES ISOLADAS

Cada painel assume um quinhão de carga proporcional à sua rigidez, ou, para painéis de rigidez constante ao longo da altura, simplesmente proporcional ao seu momento de inércia.

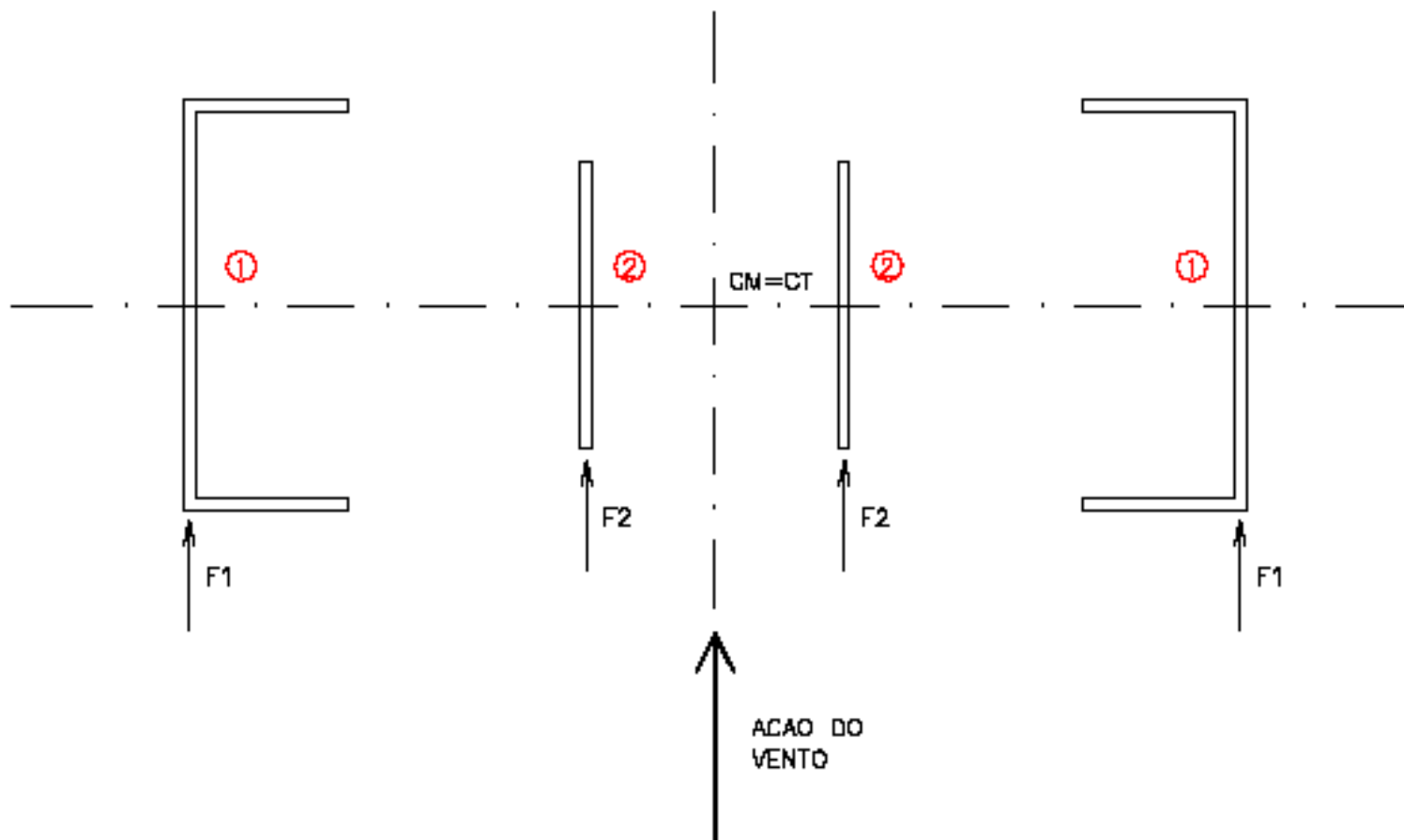
Soma de todas as inércias:

$$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Procedimento: PAREDES ISOLADAS

Rigidez relativa de cada painel:

$$R_i = I_i / \Sigma I$$



Procedimento: PAREDES ISOLADAS

Ação sobre cada painel:

$$F_i = F_{\text{tot}} \times R_i$$

Com as forças ao nível de cada pavimento, determinar os diagramas de esforços solicitantes.

Tensões nos painéis:

$$\sigma = M / W$$

M = momento fletor atuante na parede;

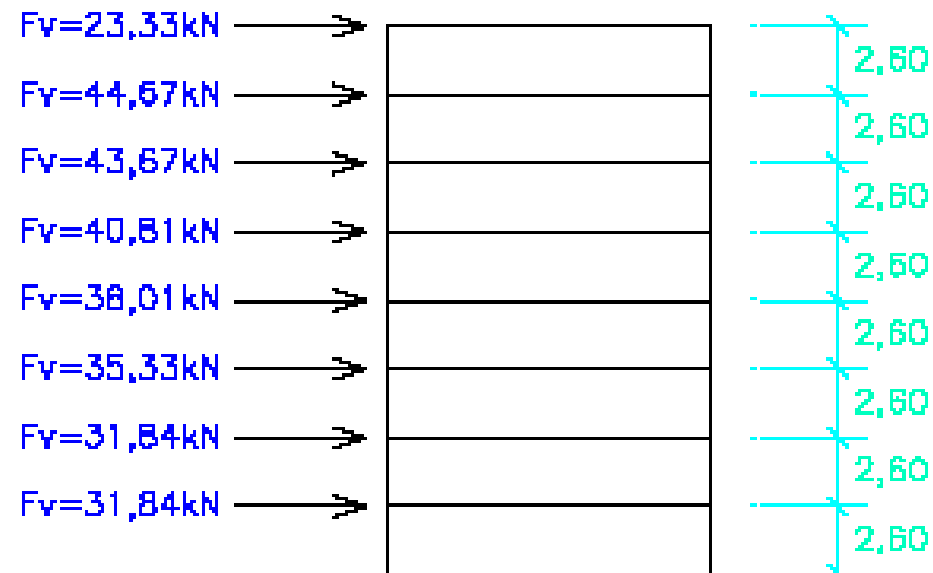
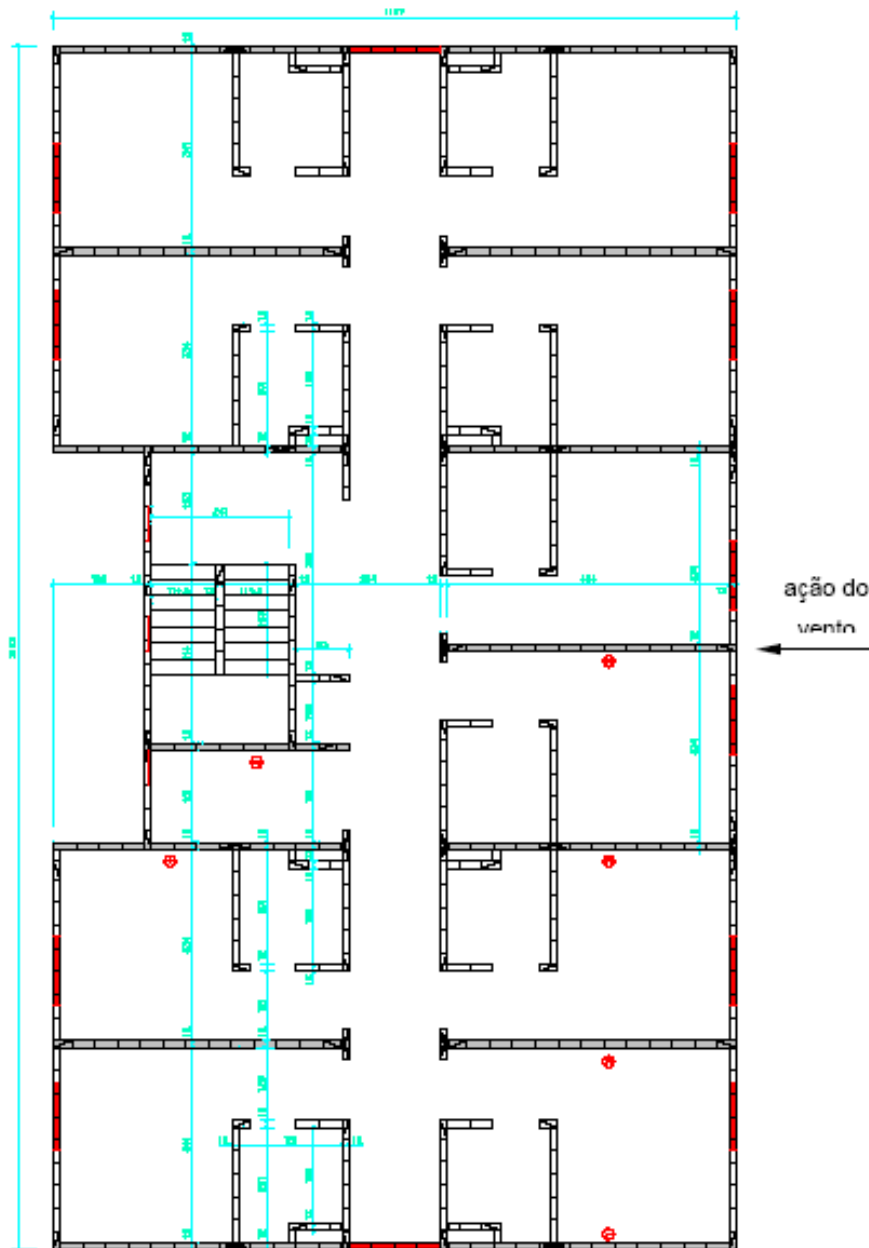
W = módulo de resistência à flexão ($W = I / y_{\text{máx}}$).

EXEMPLO (Accetti, p.84)

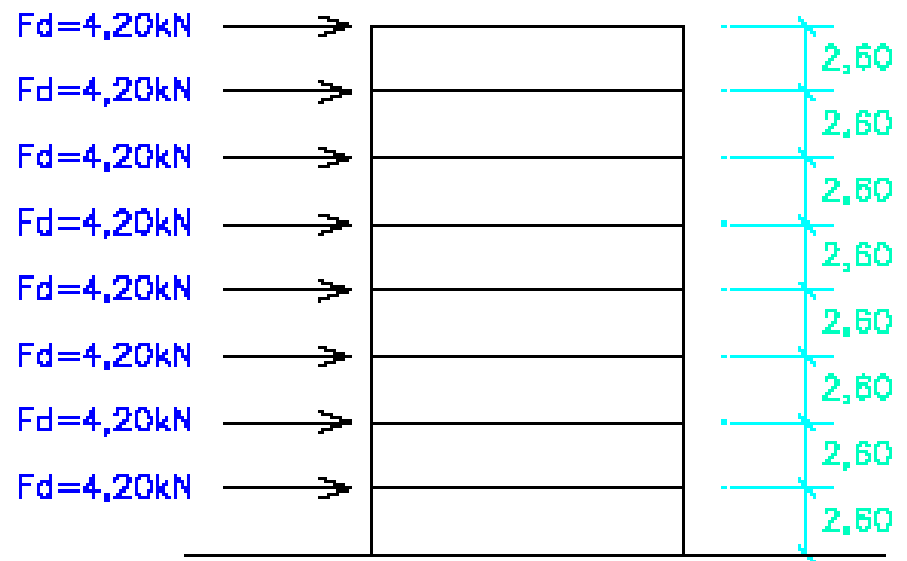
Procedimento: PAREDES ISOLADAS

Edifício de 8 pav., pé-direito de 2,60 m, bloco 12x19x39.

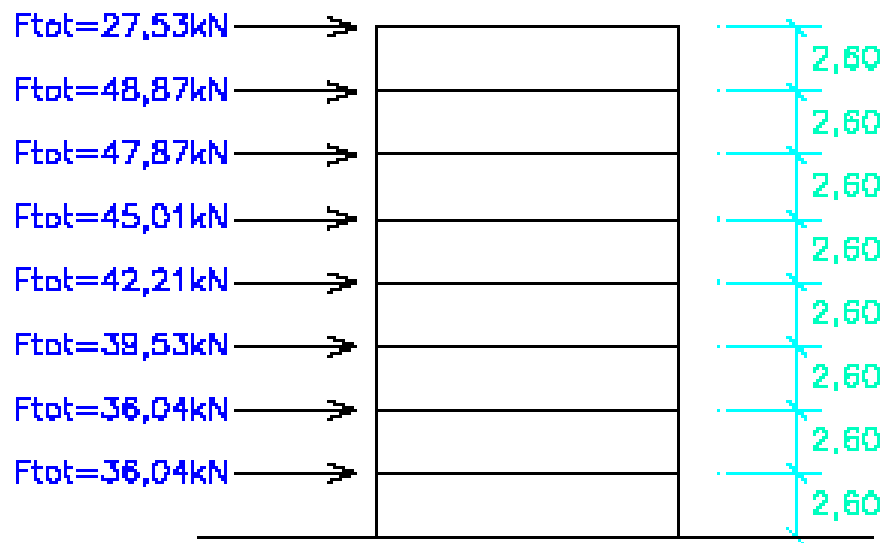
Forças do vento:



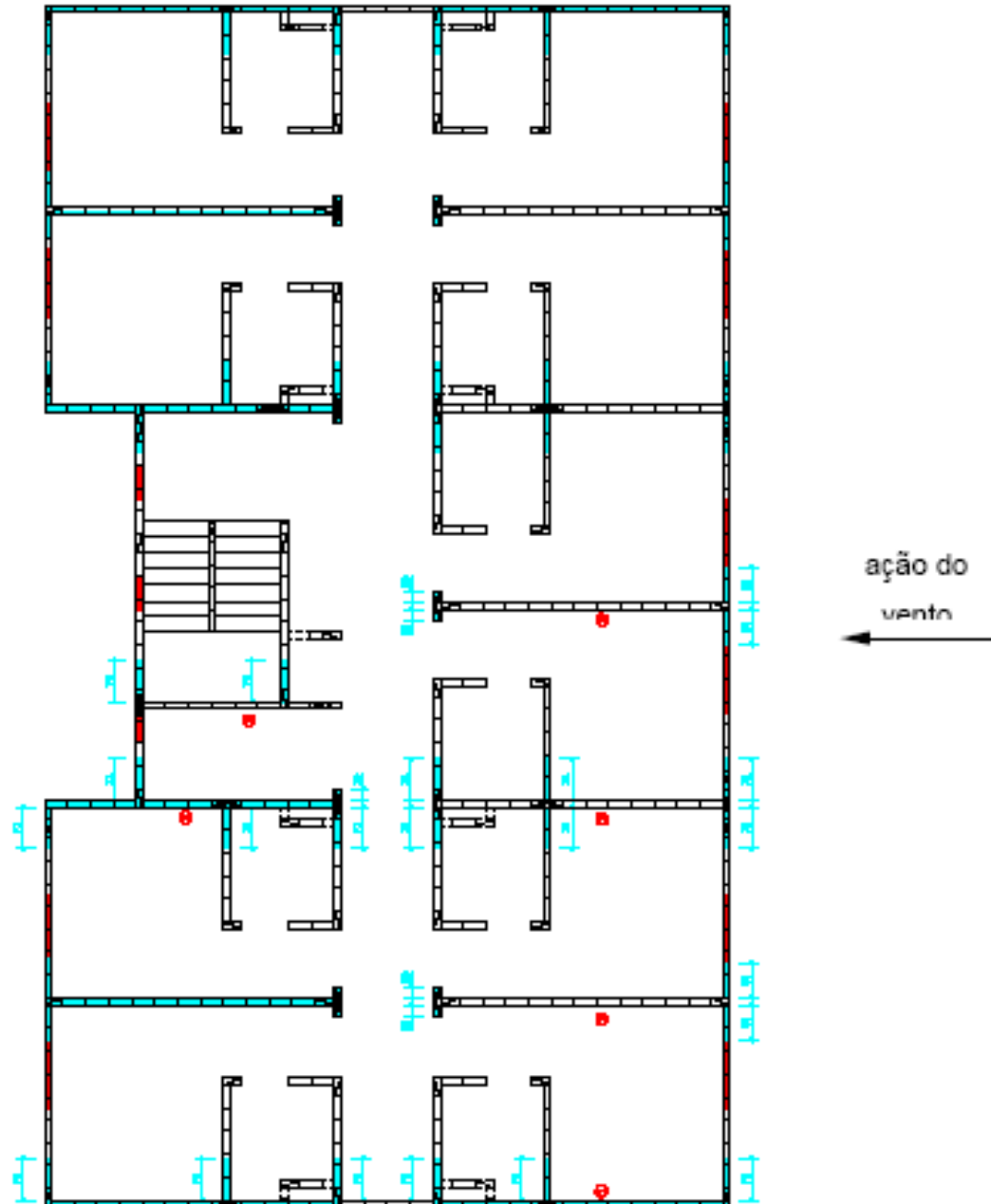
Forças de desaprumo:



Forças de vento mais desaprumo:

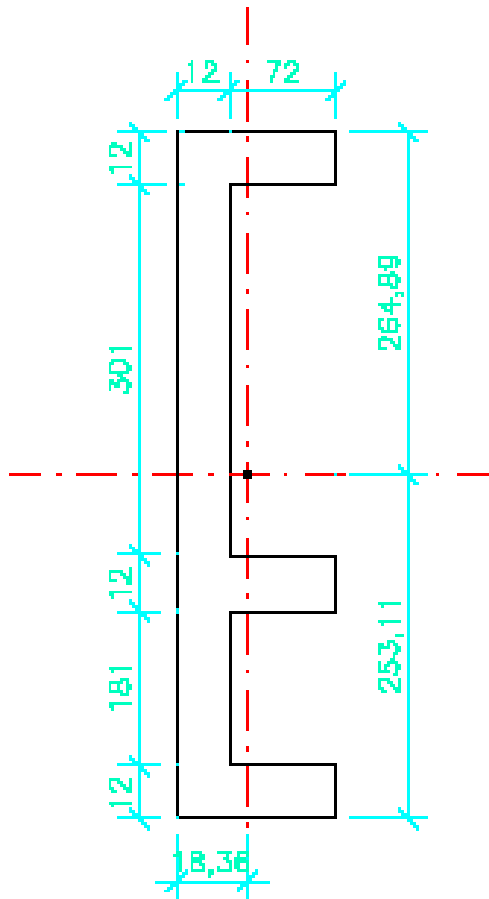


Paredes e abas:



Cálculo da rigidez de cada painel (para rigidez constante, é o próprio momento de inércia):

Painel ① - 4x



$$x_{CG} = \frac{12 \times 72 \times 512 + 12 \times 72 \times 199 + 12 \times 72 \times 6}{3 \times 12 \times 72 + 12 \times 518} + \frac{12 \times 518 \times 259}{3 \times 12 \times 72 + 12 \times 518} = 253,11 \text{ cm}$$

$$y_{CG} = \frac{3(12 \times 72 \times 48) + 12 \times 518 \times 6}{3 \times 12 \times 72 + 12 \times 518} = 18,36 \text{ cm}$$

$$I_1 = \frac{72 \times 12^3}{12} + 258,89^2 \times 72 \times 12 + \frac{72 \times 12^3}{12} + 54,11^2 \times 72 \times 12 + \frac{72 \times 12^3}{12} + 247,11^2 \times 72 \times 12 + \frac{12 \times 518^3}{12} + 5,89^2 \times 12 \times 518 = 252.435.781 \text{ cm}^4$$

Rigidez total do edifício:

$$\sum I = 4I_1 + 5I_2 + 2I_3 + 2I_4 + I_5 = 3.641.333.672 \text{ cm}^4$$

Rigidez relativa de cada painel:

$$R_i = I_i / \sum I$$

$$R_1 \cong 0,0693$$

$$R_4 \cong 0,0757$$

$$R_2 \cong 0,0699$$

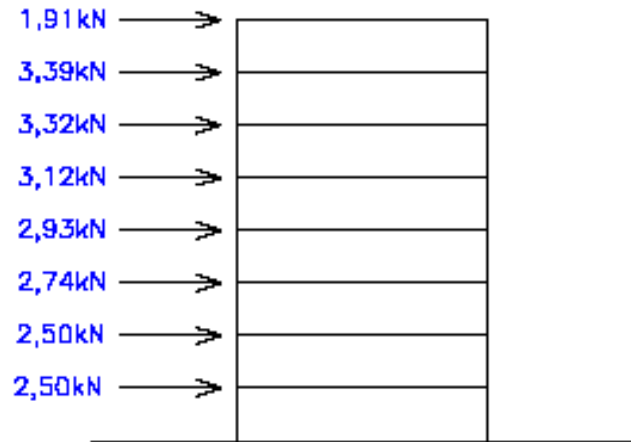
$$R_5 \cong 0,0209$$

$$R_3 \cong 0,1004$$

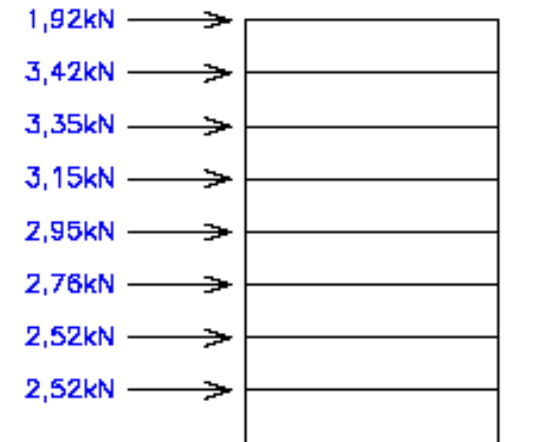
EXEMPLO (Accetti, p.84)

Força sobre
cada painel:

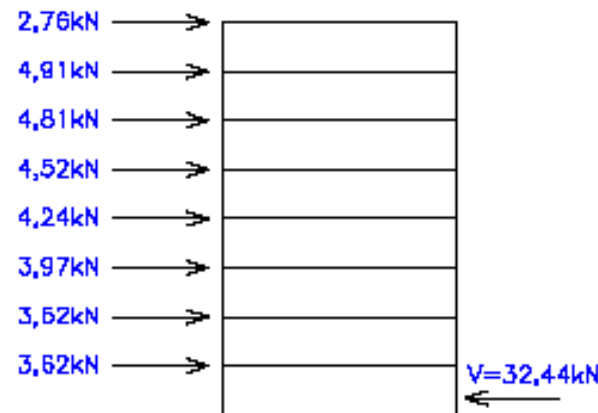
$$F_i = F_{\text{tot}} \times R_i$$



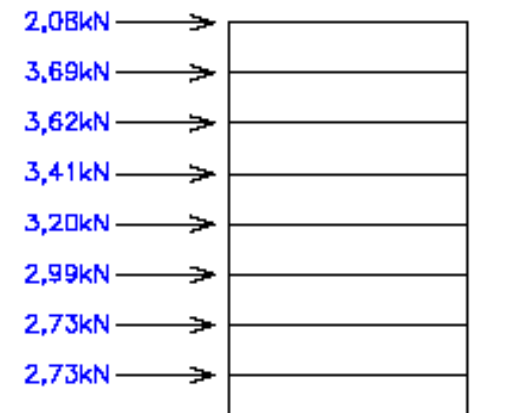
painel ①



painel ②



painel ③



painel ④

Momento fletor na base de cada painel:

painel ①: $M_1 = 270,40 \text{ kN.m}$

painel ②: $M_2 = 272,81 \text{ kN.m}$

painel ③: $M_3 = 391,85 \text{ kN.m}$

painel ④: $M_4 = 295,13 \text{ kN.m}$

painel ⑤: $M_5 = 81,59 \text{ kN.m}$

Módulo de resistência à flexão:

$$W_1 = \frac{252.435.781}{264,89} = 952.983 \text{ cm}^3$$

$$W_4 = \frac{275.484.376}{262,25} = 1.050.465 \text{ cm}^3$$

$$W_2 = \frac{254.661.575}{288,85} = 881.640 \text{ cm}^3$$

$$W_5 = \frac{76.219.917}{192,34} = 396.277 \text{ cm}^3$$

$$W_3 = \frac{365.547.002}{268,09} = 1.363.523 \text{ cm}^3$$

Tensões normais nas fibras extremas das paredes do primeiro pavimento:

$$\sigma_1 = \pm \frac{M_1}{W_1} = \frac{27.040}{952.983} = 0,0284 \text{ kN/cm}^2 = 284 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \pm \frac{M_2}{W_2} = \frac{27.281}{881.640} = 0,0309 \text{ kN/cm}^2 = 309 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_3 = \pm \frac{M_3}{W_3} = \frac{39.185}{1.363.523} = 0,0287 \text{ kN/cm}^2 = 287 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_4 = \pm \frac{M_4}{W_4} = \frac{29.513}{1.050.465} = 0,0281 \text{ kN/cm}^2 = 281 \text{ kN/m}^2$$

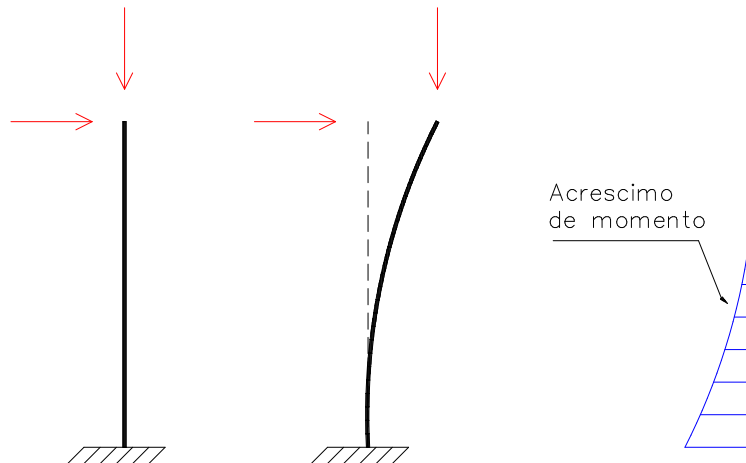
$$\sigma_5 = \pm \frac{M_5}{W_5} = \frac{8.159}{396.277} = 0,0206 \text{ kN/cm}^2 = 206 \text{ kN/m}^2$$

ESTABILIDADE GLOBAL DA ESTRUTURA DE CONTRAVENTAMENTO

A verificação da estabilidade global de uma estrutura de contraventamento é recomendável para qualquer edificação.

Conceitos Básicos

Devido ao deslocamento horizontal da barra surge um momento fletor de segunda ordem, que só não existiria se a barra fosse indeslocável.



A rigor, todo edifício é deslocável. Pode-se considerar um edifício como indeslocável quando os momentos fletores de segunda ordem são inferiores a 10 % dos momentos fletores de primeira ordem.

Na prática, procura-se conceber as estruturas dos edifícios de modo que possam ser considerados “ind deslocáveis”.

AVALIAÇÃO DA DESLOCABILIDADE DAS ESTRUTURAS

PARÂMETRO α (CEB-FIP MC-90)

$$\alpha = H \sqrt{\frac{P}{EI}}$$

α = parâmetro de instabilidade;

H = altura total do edifício;

P = peso total da edificação;

E I = rigidez à flexão do sistema de contraventamento.

PARÂMETRO α

O acréscimo de esforços de 2ª ordem será menor que 10% se α for:

$\alpha \leq 0,7$: para sistemas compostos apenas por pilares-parede;

$\alpha \leq 0,6$: para sistemas mistos;

$\alpha \leq 0,5$: para sistemas compostos apenas por pórticos.

Se α exceder os limites, o projetista deve fazer a análise do edifício em teoria de 2ª ordem, de forma a avaliar o acréscimo nos esforços.

PARÂMETRO γ_z

É um valor que estima o acréscimo de esforços de 2ª ordem.

Consegue-se estimar o efeito de 2ª ordem apenas com o resultado do cálculo da estrutura submetida às ações verticais e horizontais.

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M}{M_1}}$$

ΔM = acréscimo de momento devido aos deslocamentos horizontais;

M_1 = momento de 1ª ordem.