PEF 3208

Aula do dia 28/2/2020

PROF. OSVALDO NAKAO

Projeto, construção:

1) Arquitetura define os espaços
2) Estrutura para que o espaço exista: dimensões, materiais,
3) Memória de cálculo: documento
4) Segurança: 10^{-6} ; 10^{-7}
5) TRABALHA-SE COM MODELOS:

   Ciência para resolver problemas práticos

   Comportamento (funcionamento da estrutura)

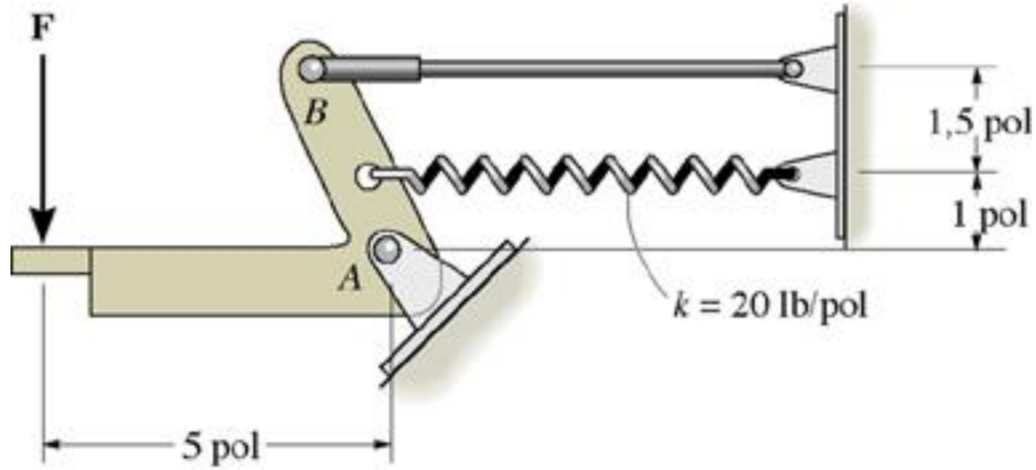
   Deformações (como?, medidas)

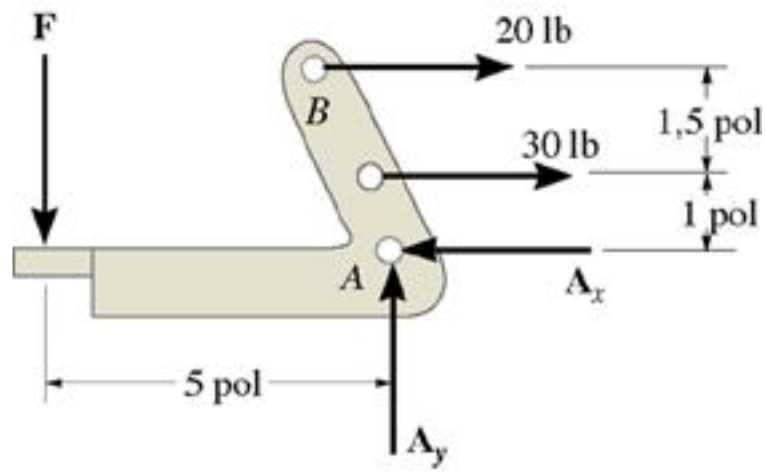
   Não se medem esforços

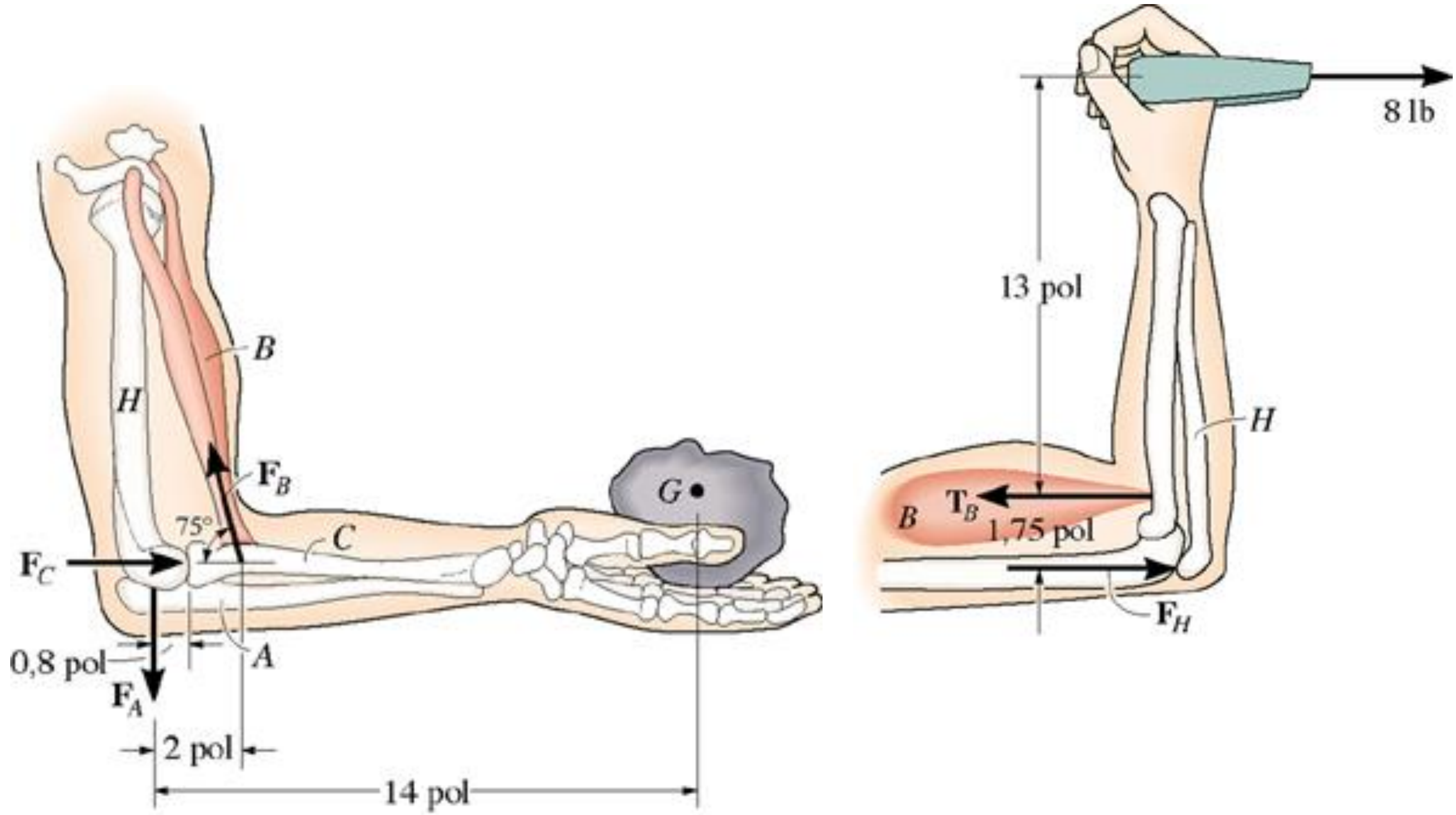
   Resultados aproximados

6) A melhor maneira de estudar é por meio de como se deforma


B
A


F
B
A
1,5 pol
1 pol
k = 20 lb/pol
5 pol


F
20 lb
B
30 lb
1,5 pol
1 pol
A
A_x
5 pol
A_y


B
H
F_B
75°
C
G
F_C
0,8 pol
A
F_A
2 pol
14 pol
8 lb
13 pol
H
T_B
B
1,75 pol
F_H

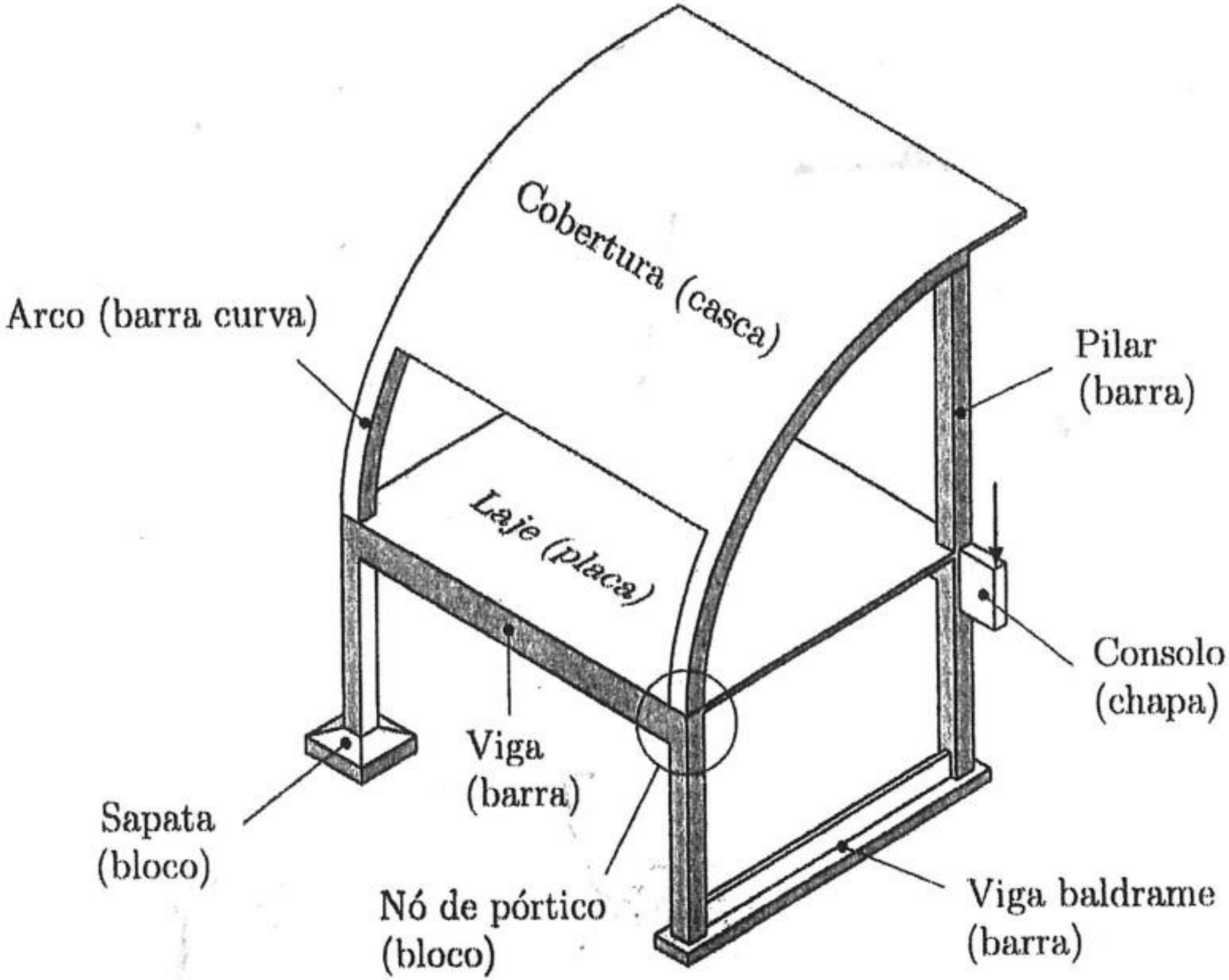
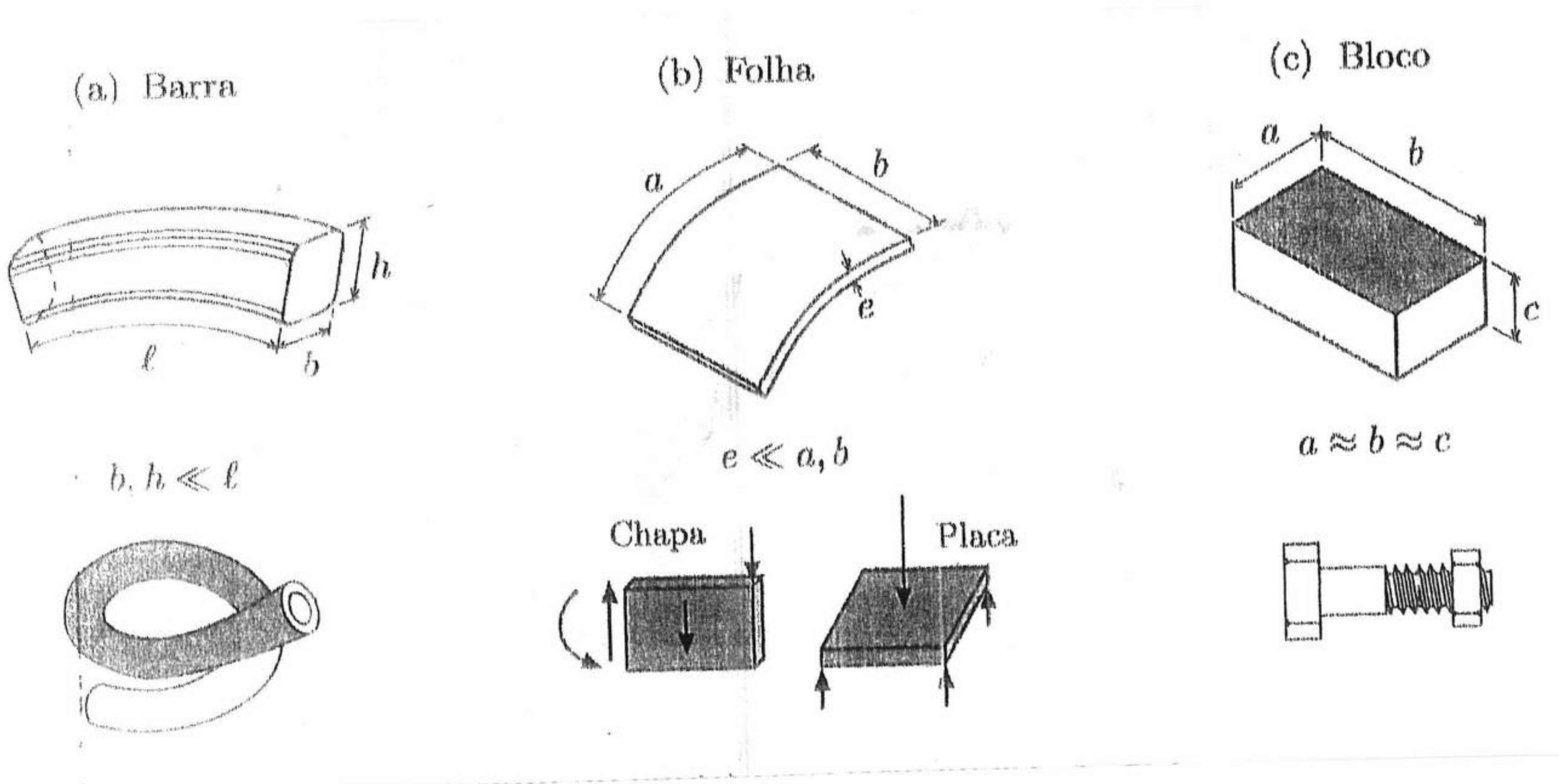


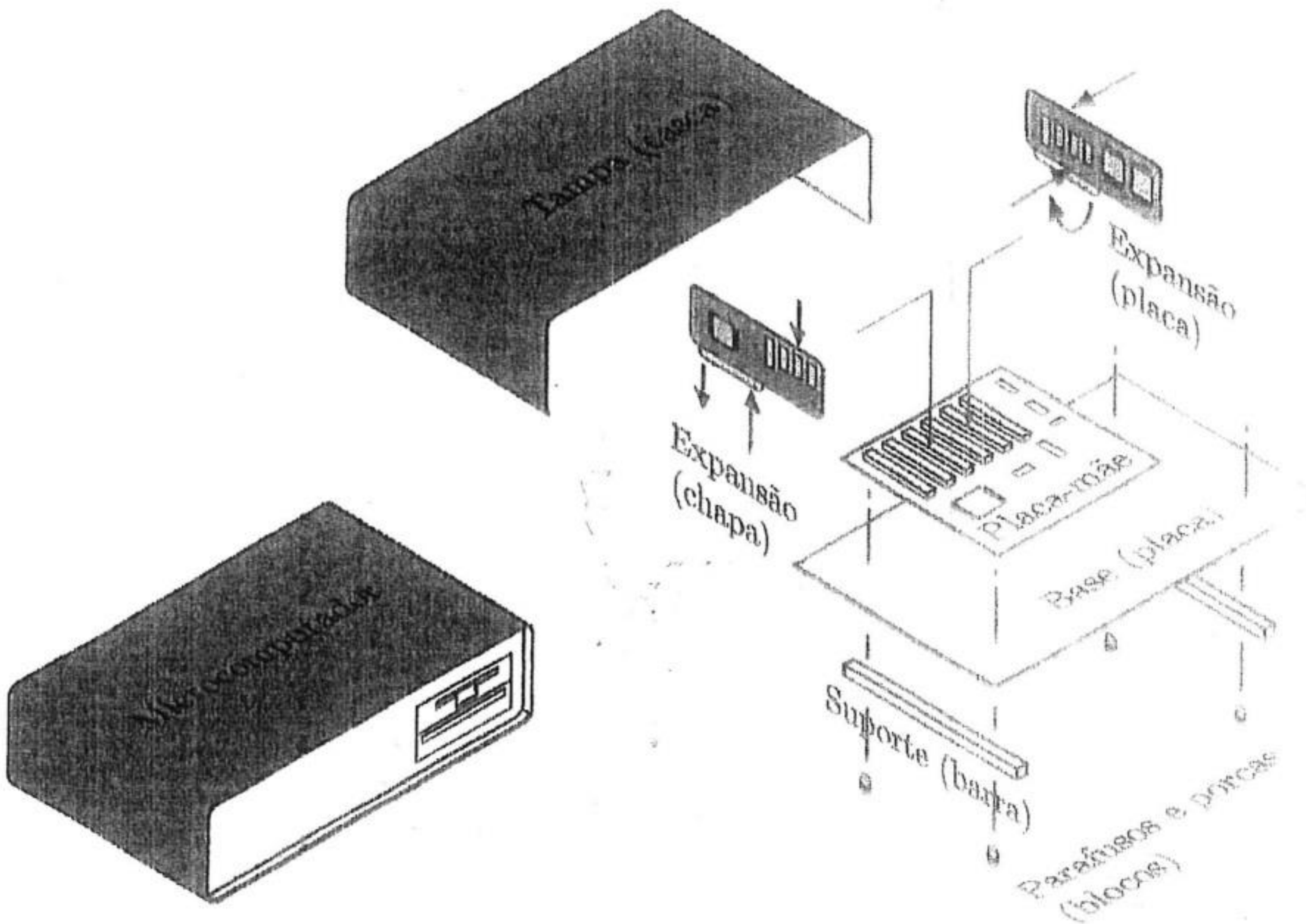
Fig. 1: Elementos estruturais de uma edificação.

Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011

Classificação dos elementos estruturais quanto à geometria

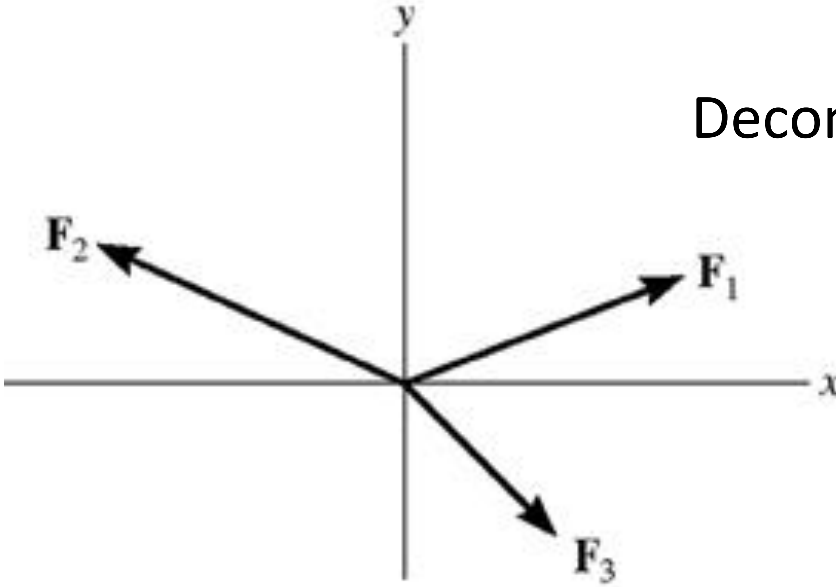


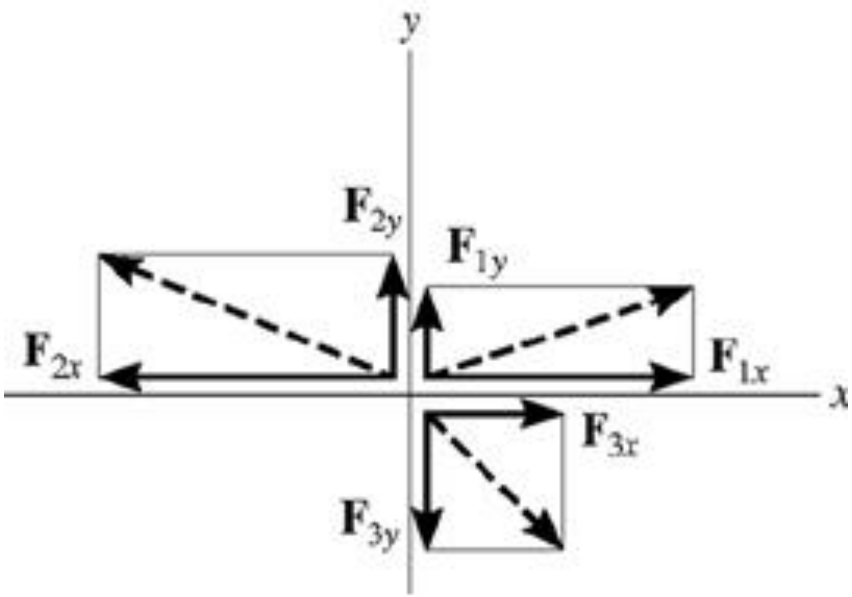
Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011

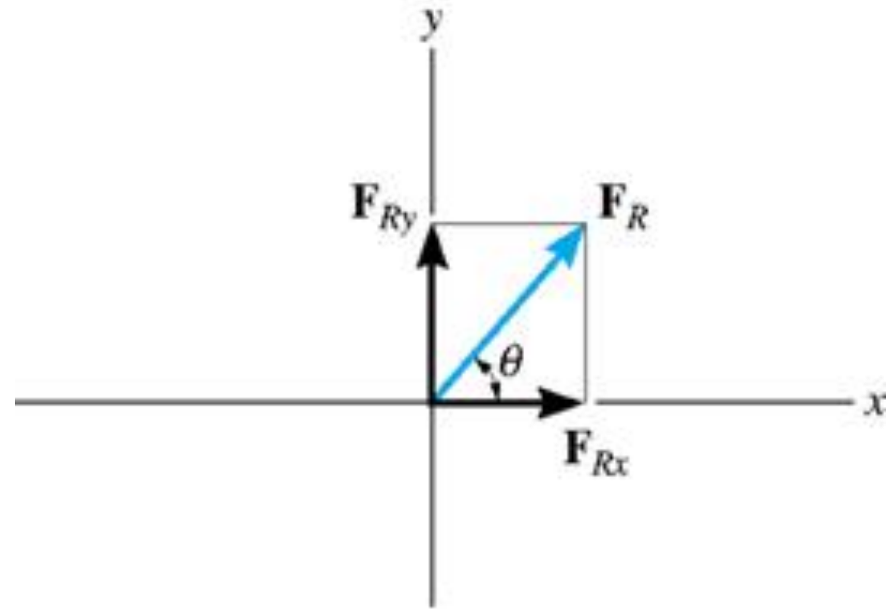


Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011

Decomposição de forças

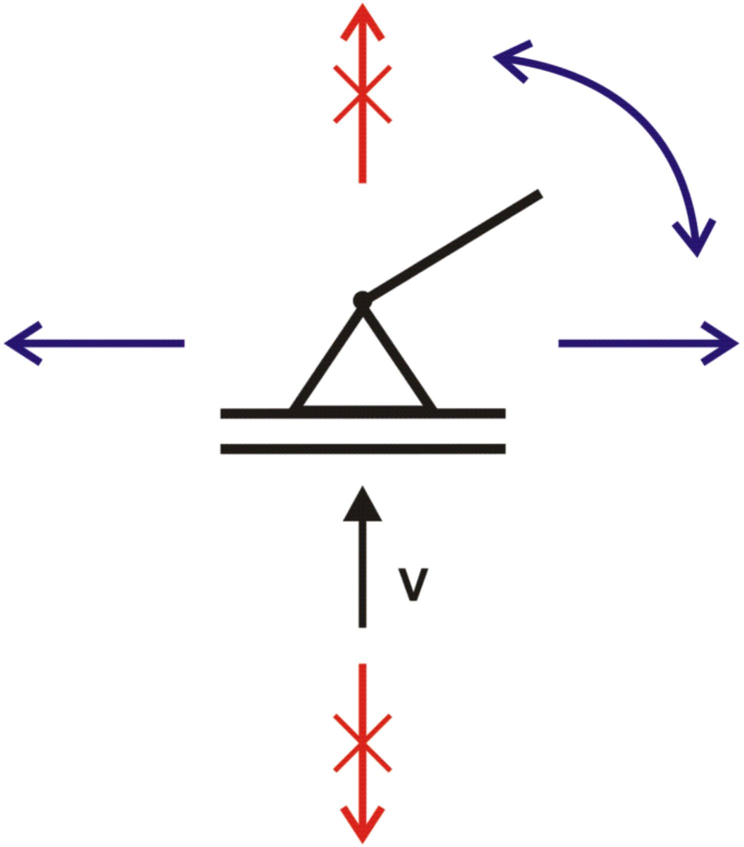






APOIOS DE ESTRUTURAS

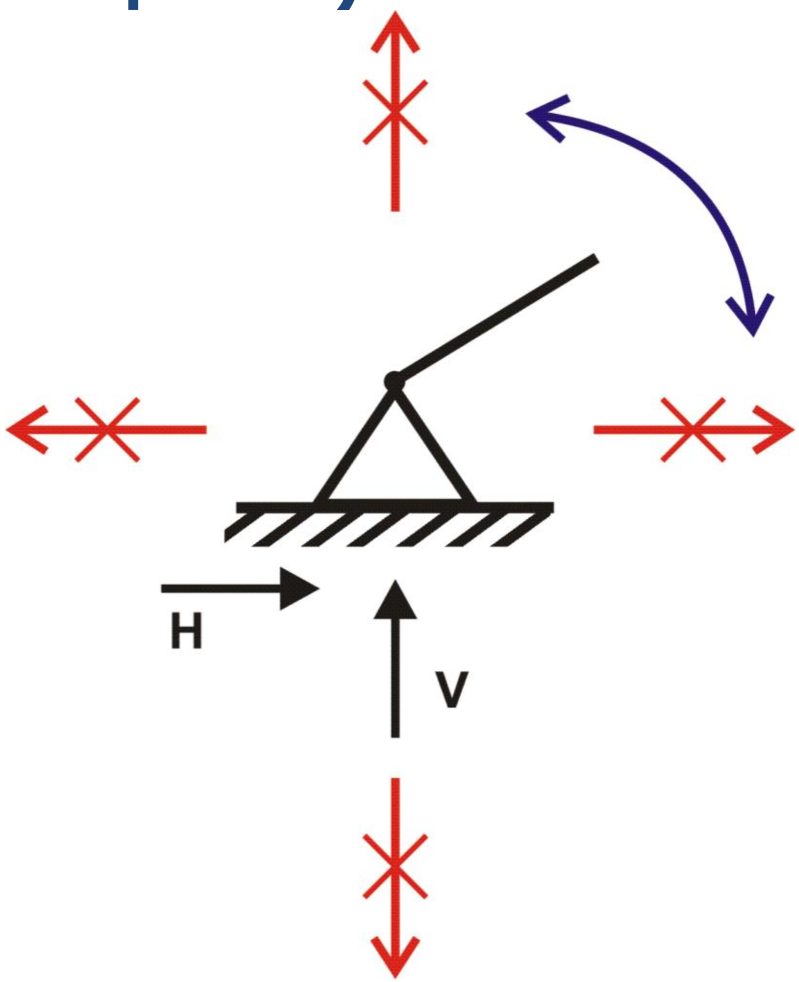
- **Articulação móvel (estrutura plana)**



Ponte D. Pedro II, sobre o rio Paraguaçu, ligando Cachoeira a São Félix, na Bahia, 1885

Ponte ferroviária Zarate Brazo Largo I sobre o rio Paraná de las Palmas, na Argentina, 1978

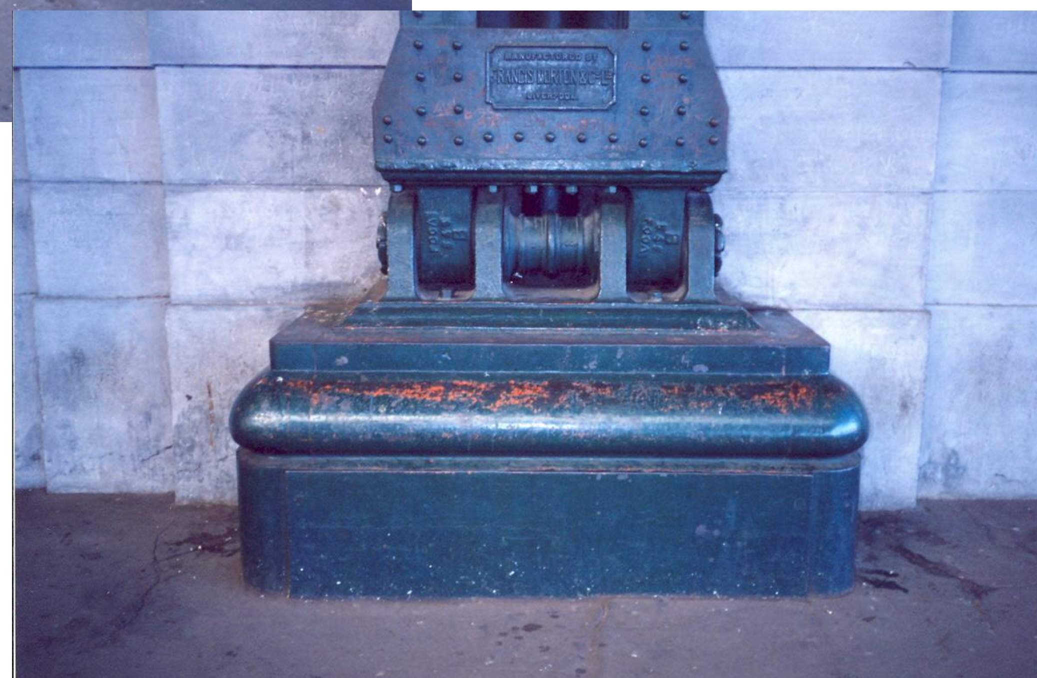

- **Articulação fixa (estrutura plana)**



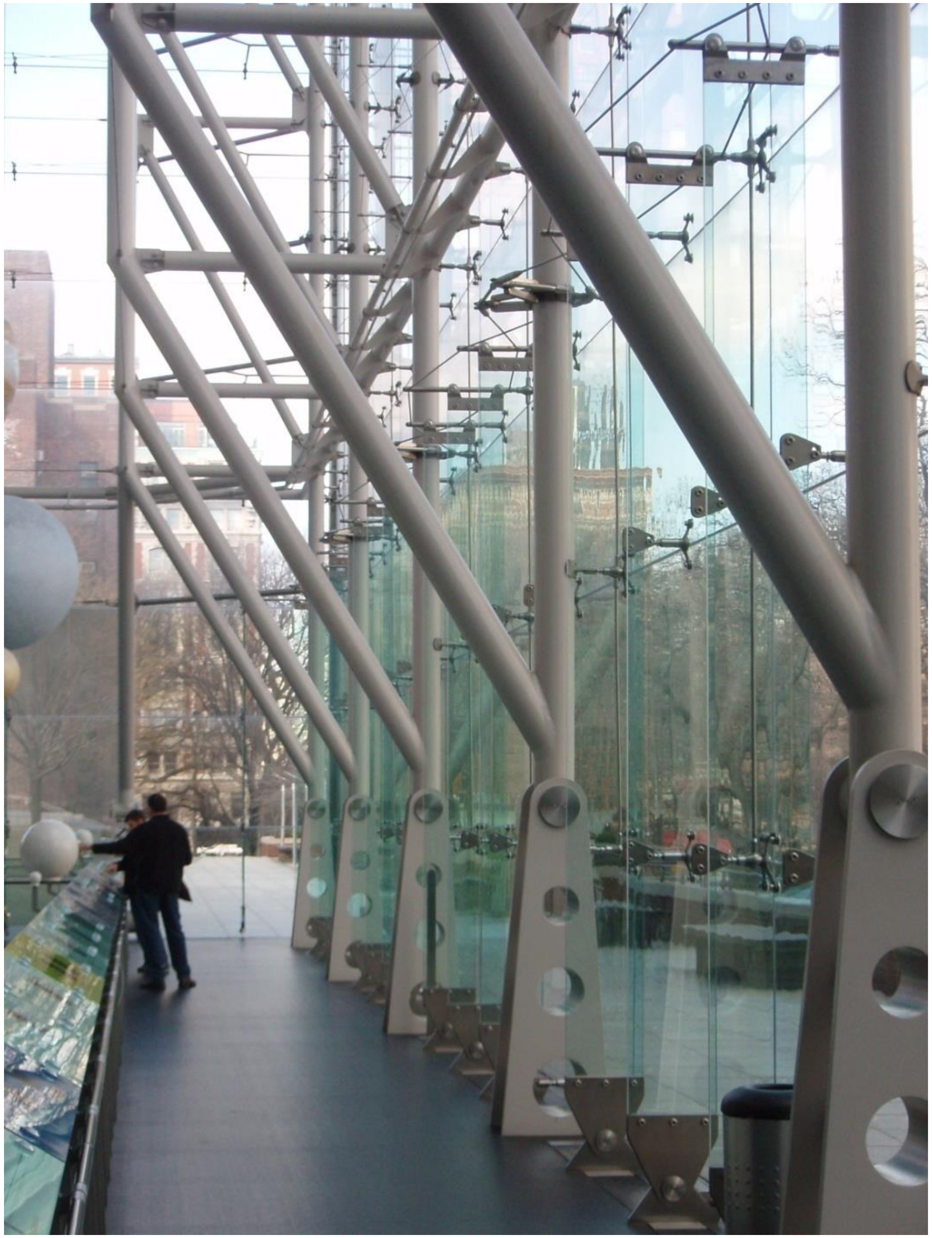
Ponte ferroviária Zarate Brazo Largo I sobre o rio Paraná de las Palmas, na Argentina, 1978

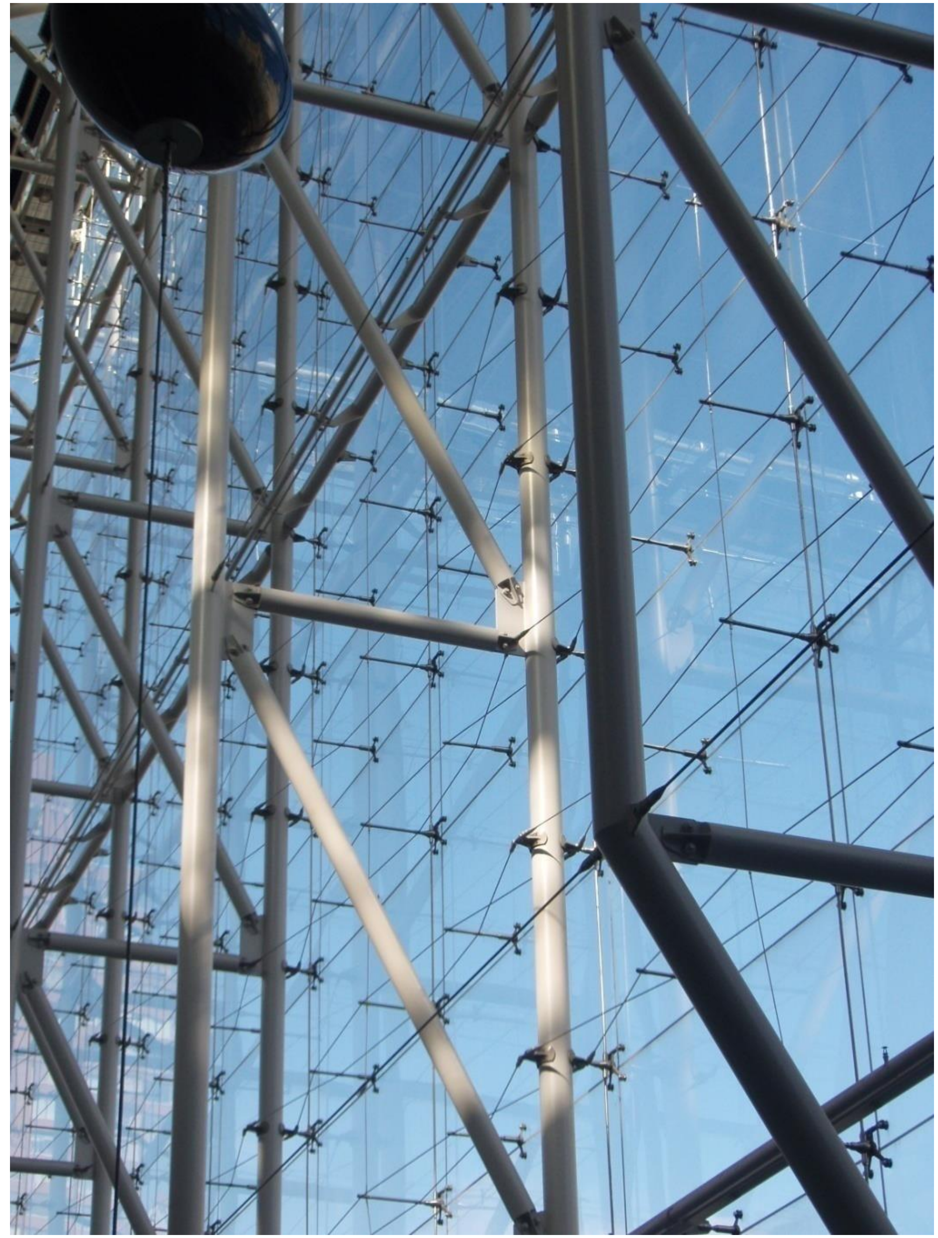
Estação Mapocho, hoje um centro cultural, em Santiago, Chile, 1912

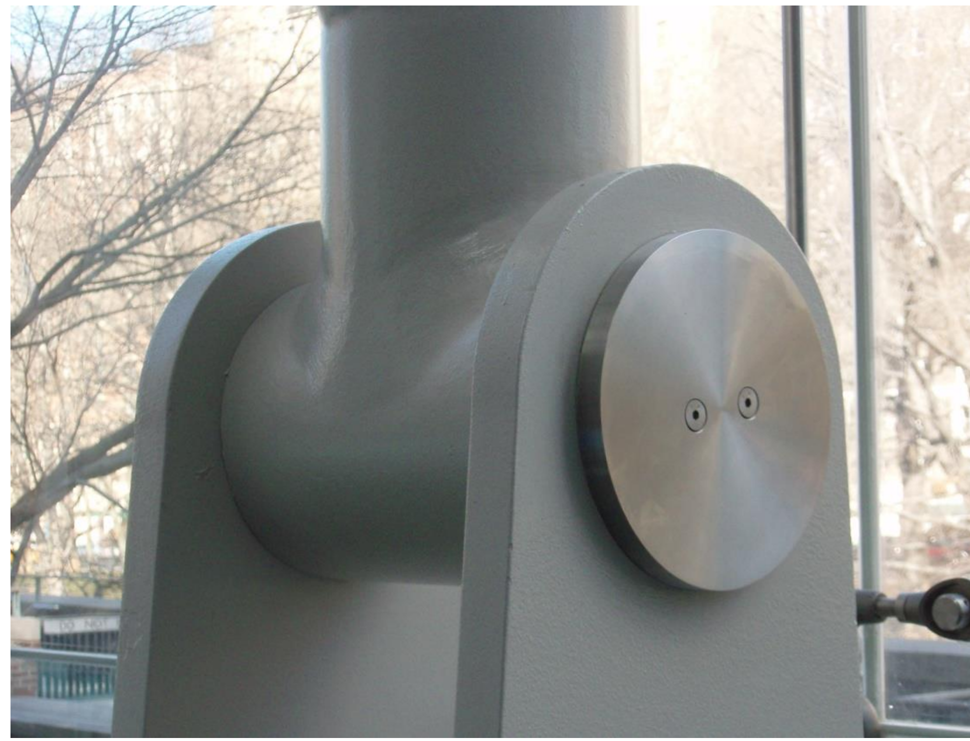
Estação Retiro, em Buenos Aires, 1915

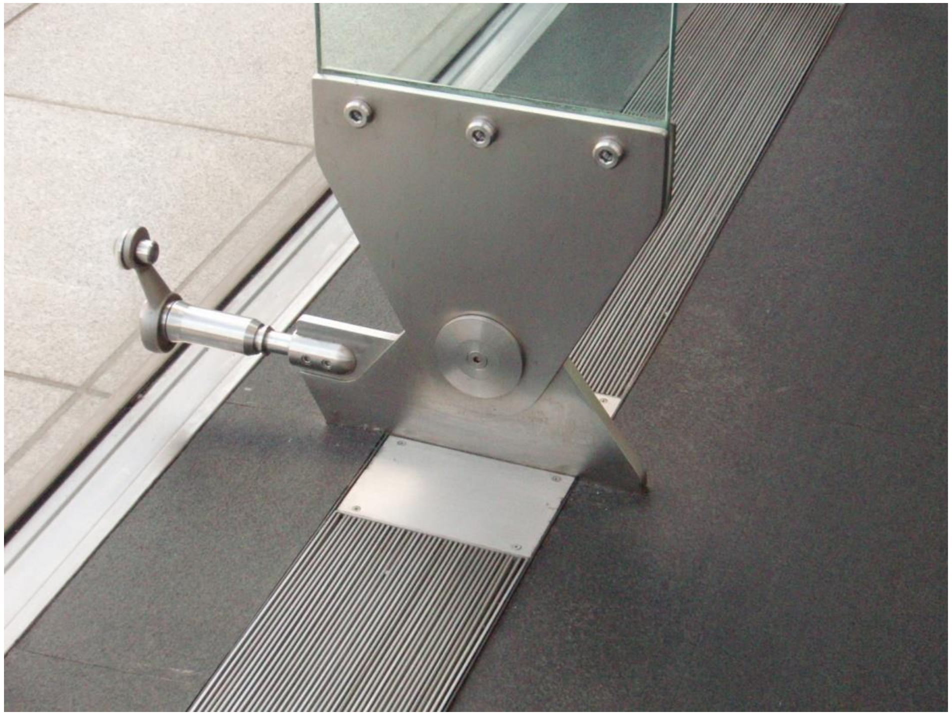

MANUFACTURED BY
FRANCIS MORTON & Co Ld
LIVERPOOL

Hayden Planetarium, em Nova York, 2000

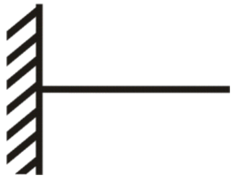


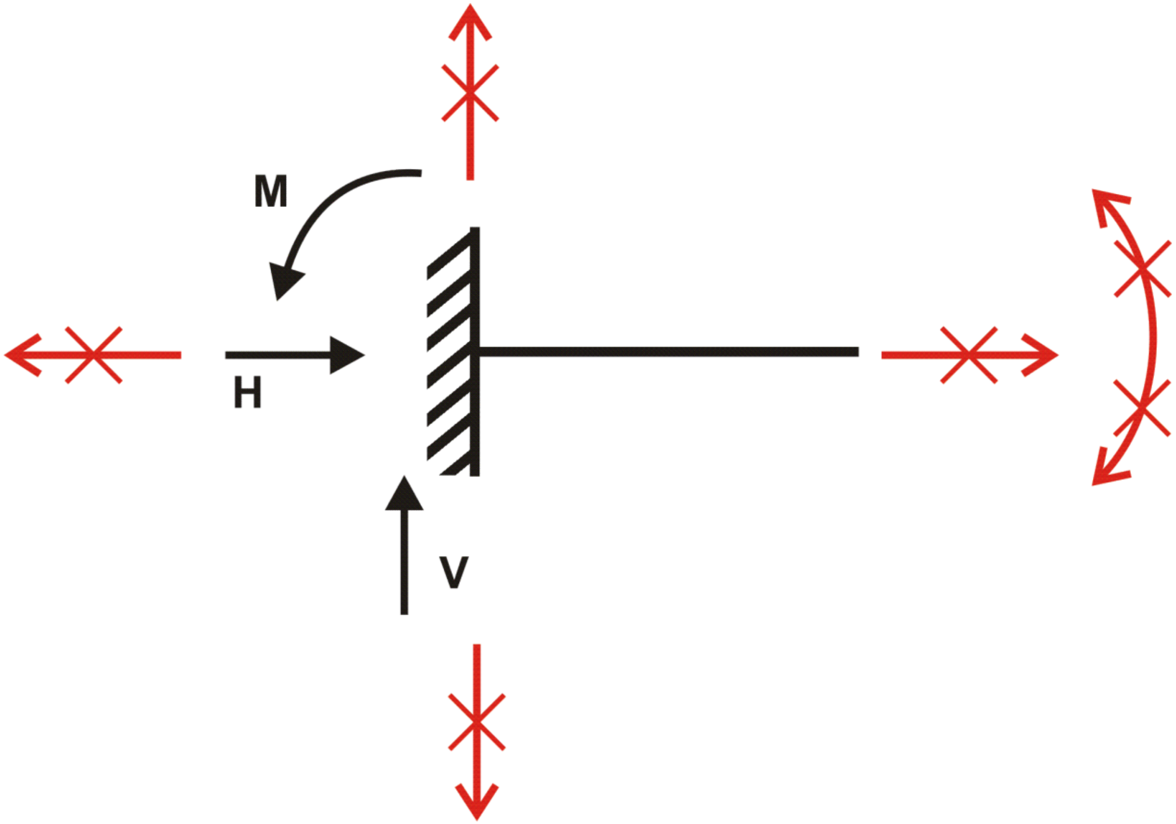






- **Engastamento (estrutura plana)**



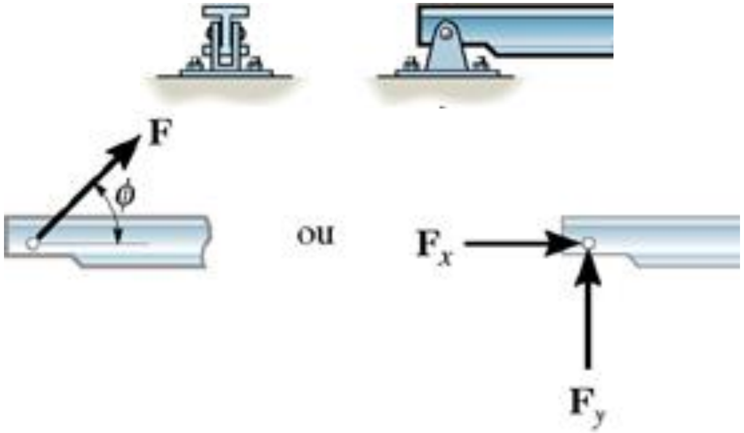



CN Tower, em Toronto, no Canadá, inaugurada em 1976; possui 553 m de altura

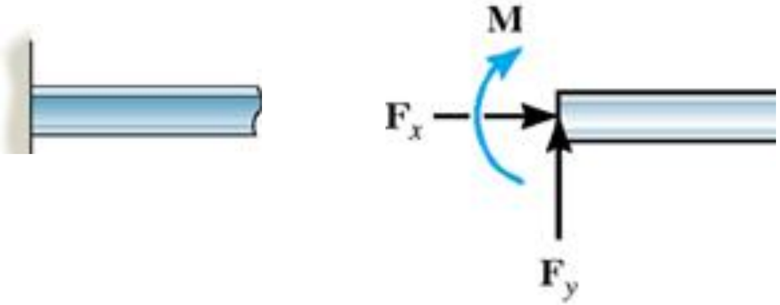
APOIOS NO PLANO

ARTICULAÇÃO MÓVEL:

ARTICULAÇÃO FIXA:



ENGASTAMENTO:







Para um corpo em repouso em relação a um sistema inercial, as leis de Euler[3] fornecem:

$$\sum_{i=1}^{n_F} \boldsymbol{F}_i = \boldsymbol{0}, \qquad \sum_{j=1}^{n_M} \boldsymbol{M}_{\mathrm{O}\,j} = \boldsymbol{0}, \tag{2.1}$$

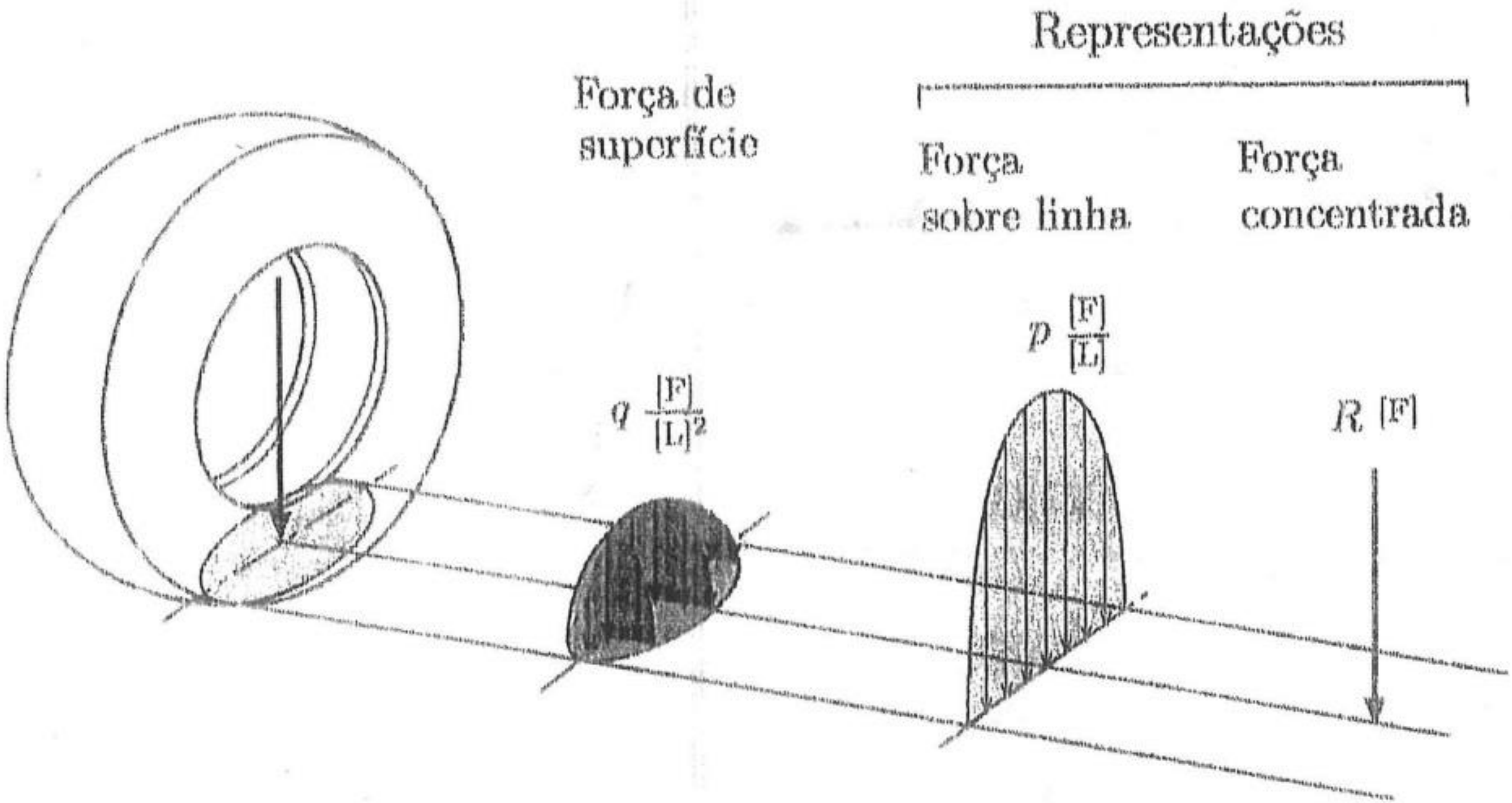
correspondendo ao equilíbrio de n_F forças $\boldsymbol{F}_i$ e n_M momentos $\boldsymbol{M}_j$ em relação a um polo arbitrário O. Reescrevendo a equação acima empregando as componentes de força e momento em relação a três eixos ortogonais x, y e z passando por O, obtemos

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0, \qquad & \sum M_{\mathrm{O}x} &= 0, \\ \sum F_y &= 0, \qquad & \sum M_{\mathrm{O}y} &= 0, \\ \sum F_z &= 0, \qquad & \sum M_{\mathrm{O}z} &= 0, \end{aligned} \tag{2.2}$$

onde os índices foram omitidos. Para um sistema de forças coplanares em que as forças e momentos atuam no plano definido pelos eixos x e y, restam apenas três equações não-identicamente nulas:

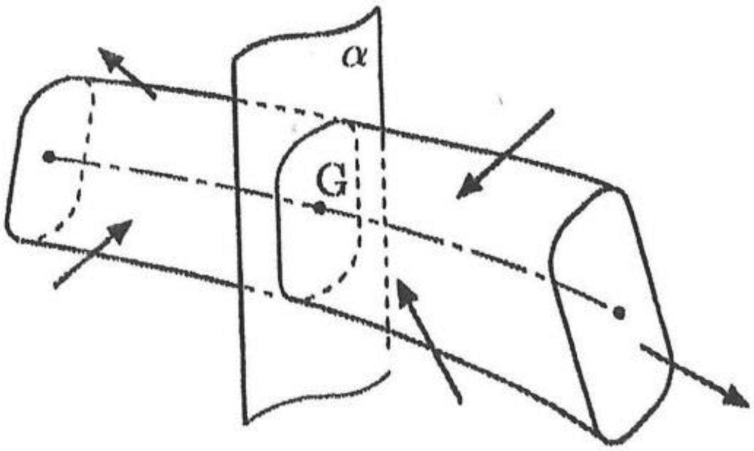
$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0, \\ \sum F_y &= 0, \end{aligned} \qquad \sum M_{\mathrm{O}z} = 0. \tag{2.3}$$

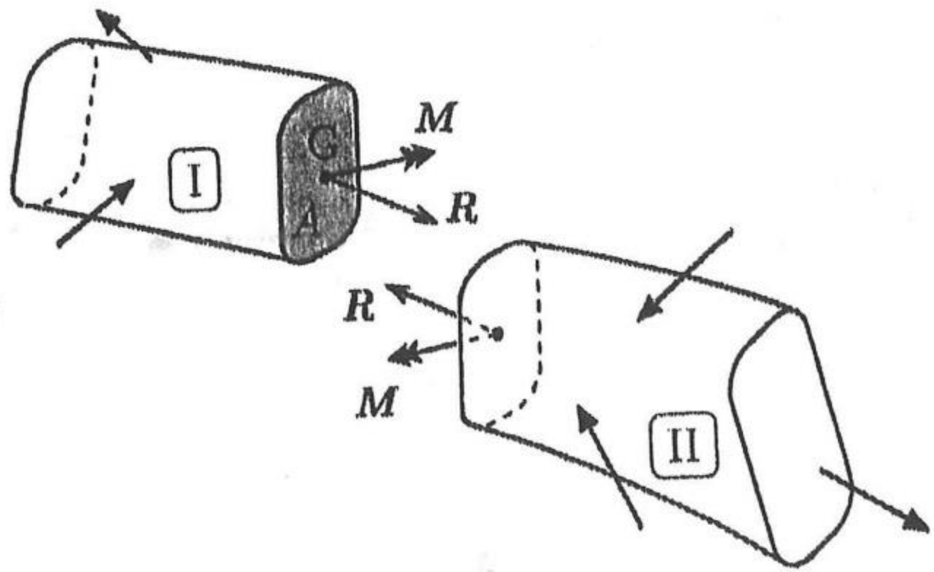
Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011



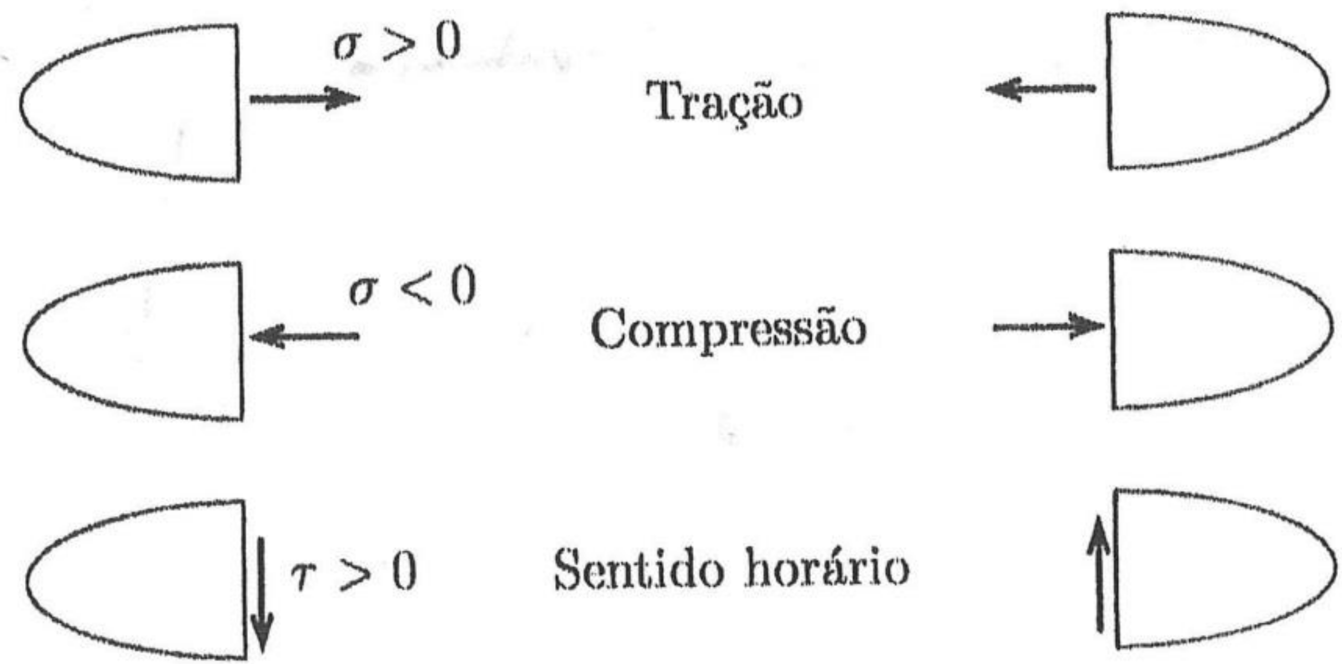
Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011

Teorema fundamental da Resistência dos materiais
Teorema do corte





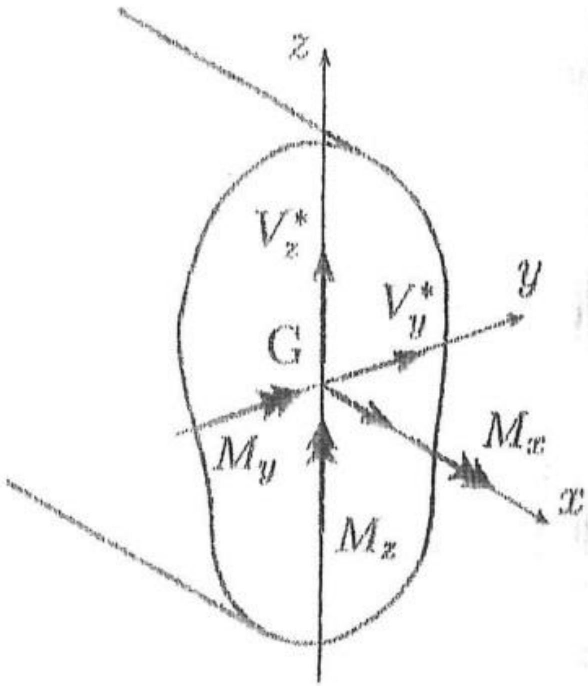
Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011

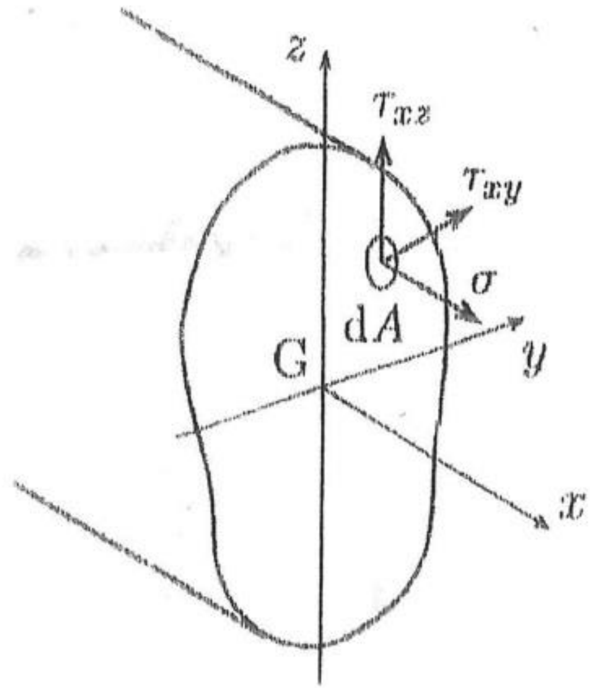


$$\mathrm{d}N = \sigma\,\mathrm{d}A, \qquad \mathrm{d}V_y^* = \tau_{xy}\,\mathrm{d}A, \qquad \mathrm{d}V_z^* = \tau_{xz}\,\mathrm{d}A,$$

$$\mathrm{d}M_y = \sigma\, z\,\mathrm{d}A, \qquad \mathrm{d}M_z = -\sigma\, y\,\mathrm{d}A, \qquad \mathrm{d}M_x = (\tau_{xz}\, y - \tau_{xy}\, z)\,\mathrm{d}A$$

Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011





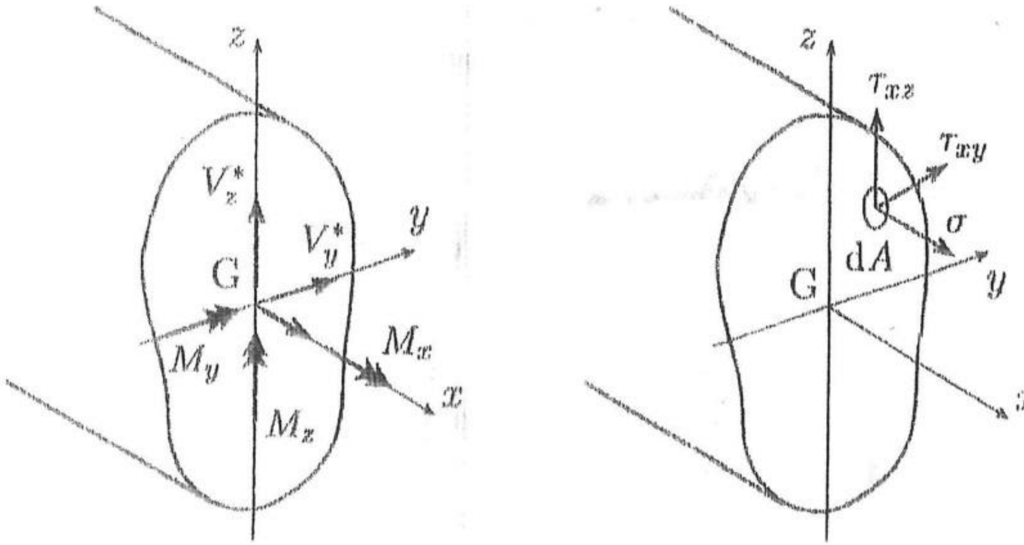
Esforços solicitantes e componentes de tensão na seção transversal.

$$\mathrm{d}N = \sigma\,\mathrm{d}A, \qquad \mathrm{d}V_y^* = \tau_{xy}\,\mathrm{d}A, \qquad \mathrm{d}V_z^* = \tau_{xz}\,\mathrm{d}A,$$

$$N = \int_A \sigma\,\mathrm{d}A, \qquad V_y^* = \int_A \tau_{xy}\,\mathrm{d}A, \qquad V_z^* = \int_A \tau_{xz}\,\mathrm{d}A,$$

$$M_y = \int_A \sigma\,z\,\mathrm{d}A, \qquad M_z = -\int_A \sigma\,y\,\mathrm{d}A, \qquad M_x = \int_A (\tau_{xz}\,y - \tau_{xy}\,z)\,\mathrm{d}A.$$

Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011

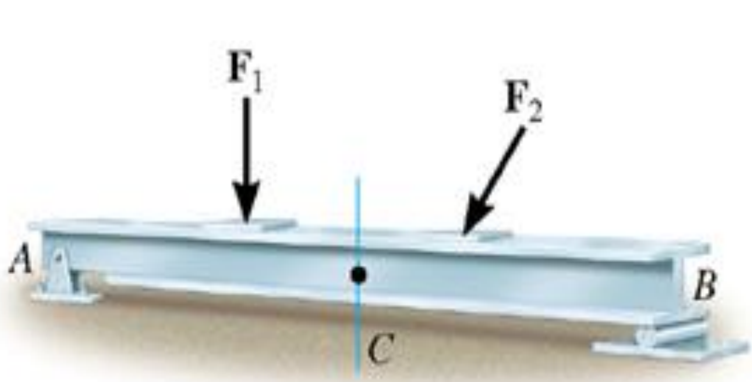


Esforços solicitantes e componentes de tensão na seção transversal.

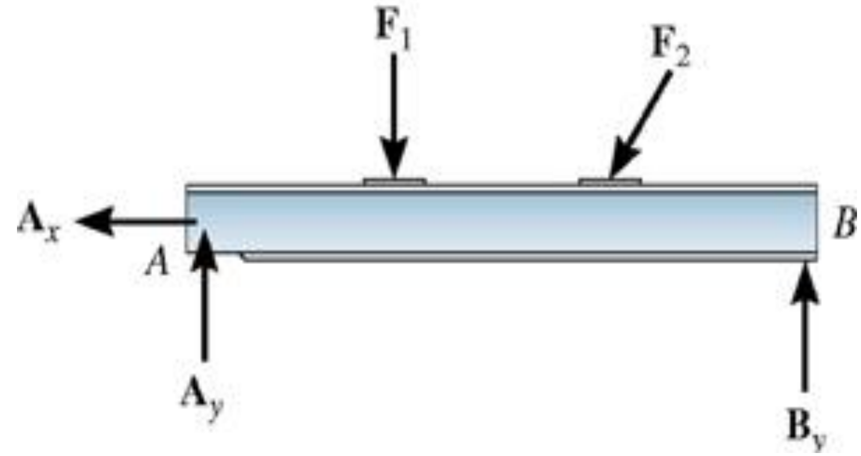
$$N = \int_A \sigma \, \mathrm{d}A, \qquad V_y^* = \int_A \tau_{xy} \, \mathrm{d}A, \qquad V_z^* = \int_A \tau_{xz} \, \mathrm{d}A,$$

$$M_y = \int_A \sigma \, z \, \mathrm{d}A, \qquad M_z = -\int_A \sigma \, y \, \mathrm{d}A, \qquad M_x = \int_A (\tau_{xz} \, y - \tau_{xy} \, z) \, \mathrm{d}A.$$

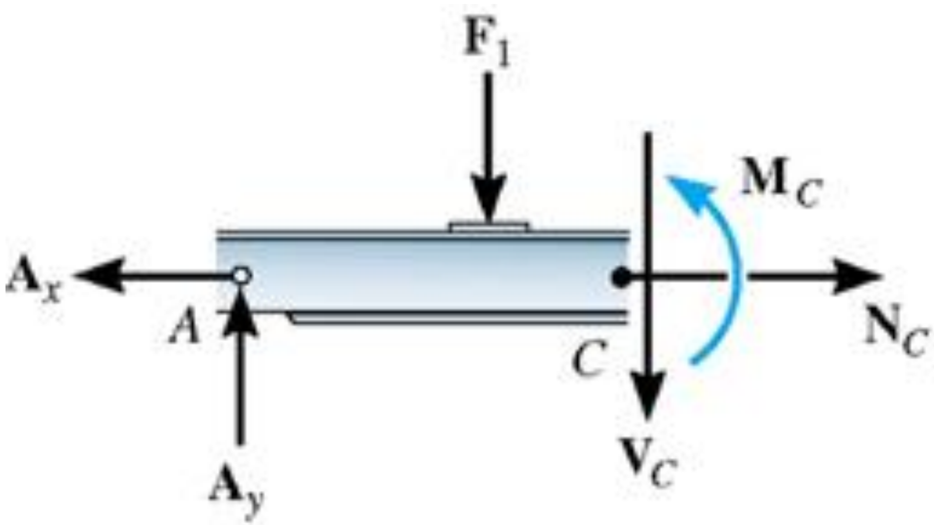
Fonte: Almeida Neto, E. S. Conceitos fundamentais de Resistência dos materiais, apostila Epusp, São Paulo, 2011



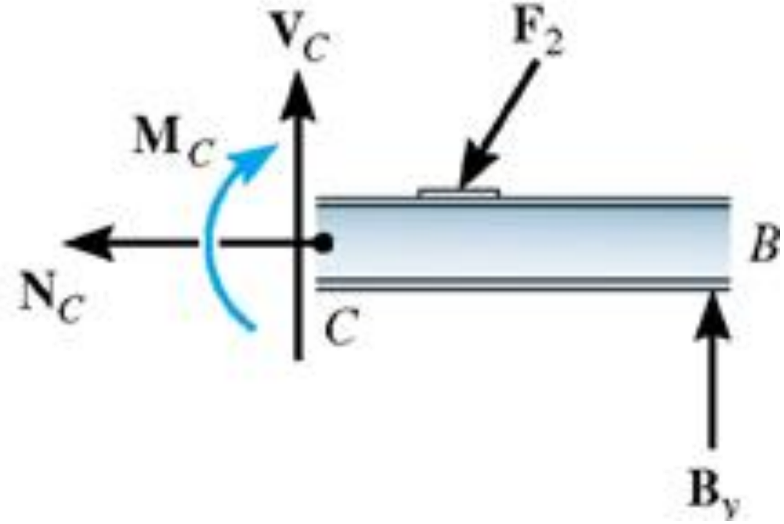
F1
F2
A
B
C



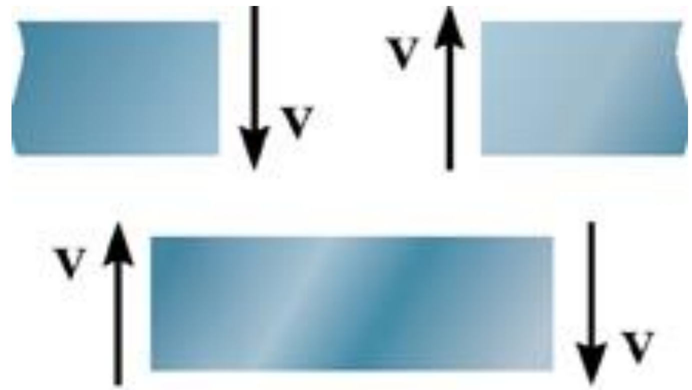
F1
F2
Ax
A
B
Ay
By



F1
MC
Ax
A
C
NC
VC
Ay



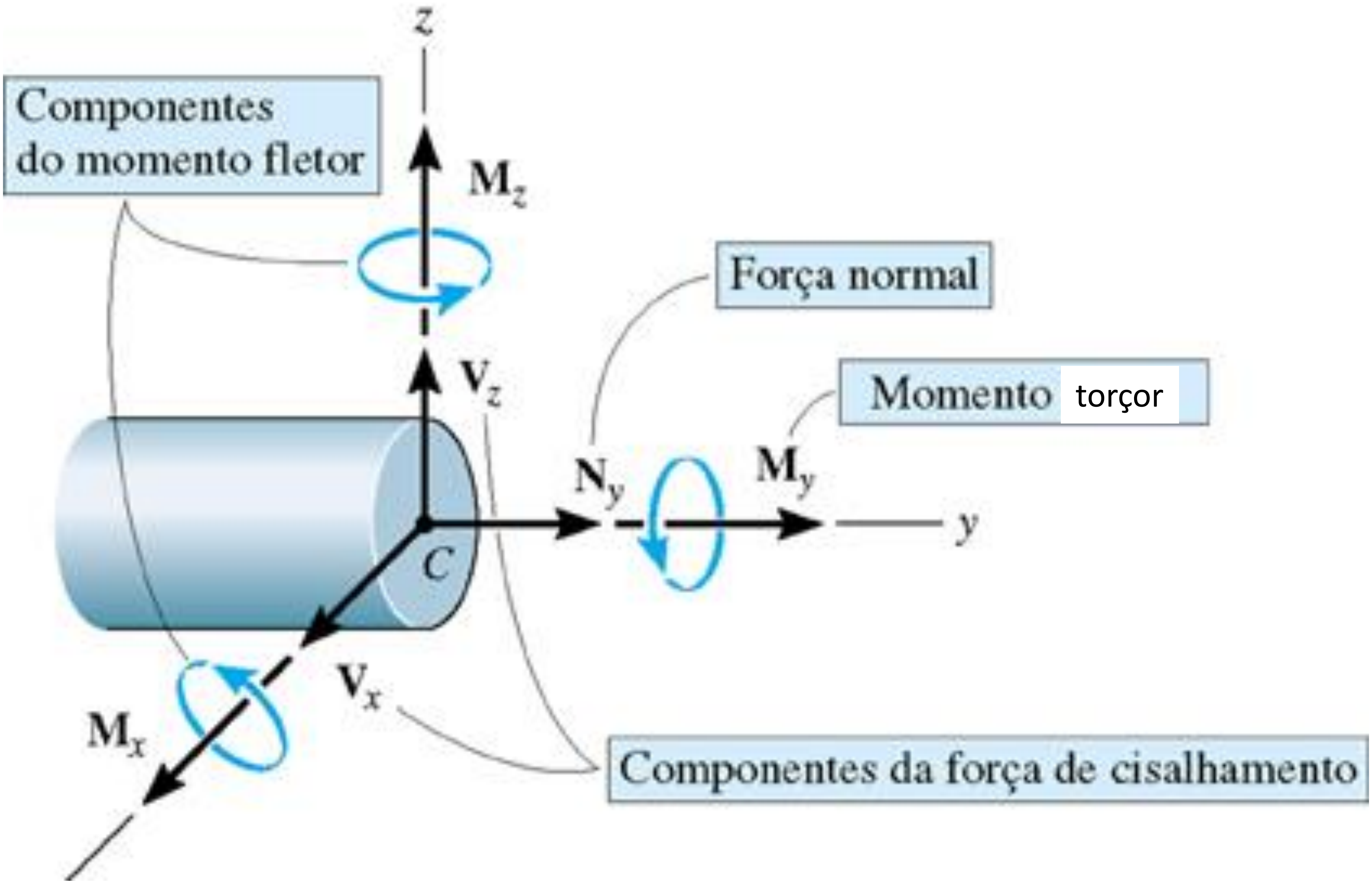
VC
F2
MC
NC
C
B
By



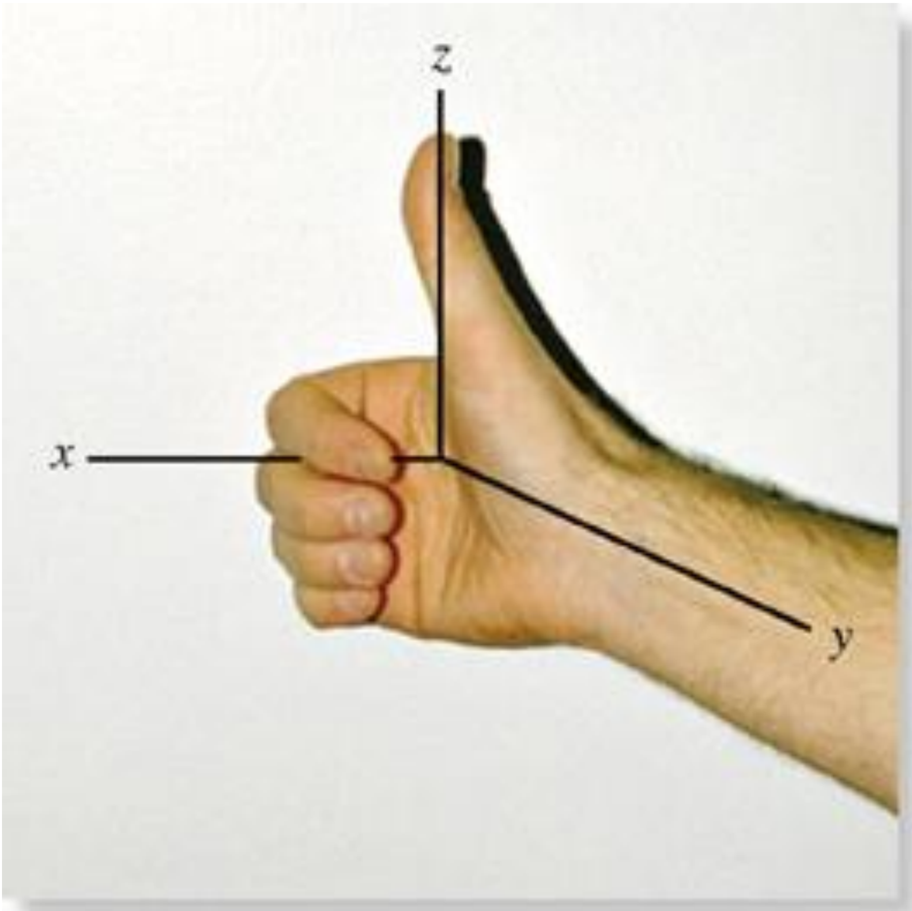
Força de cisalhamento positiva

Momento fletor positivo

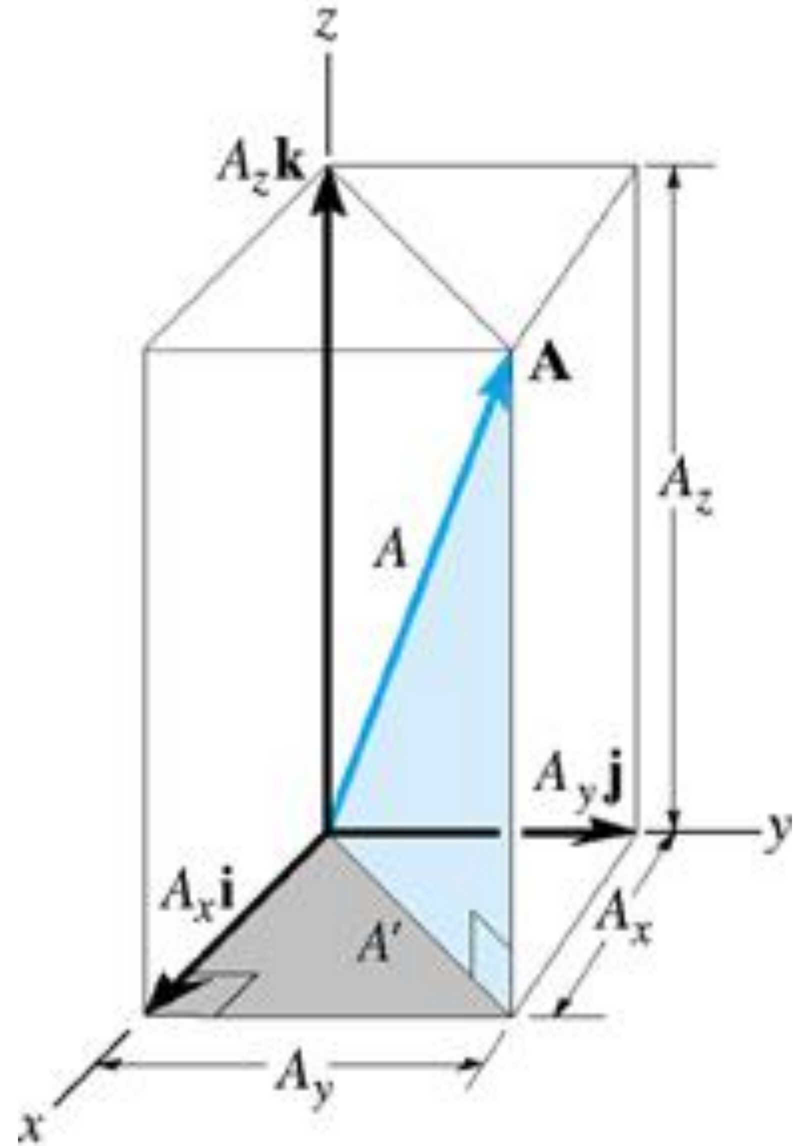
Convenção de sinais para a viga

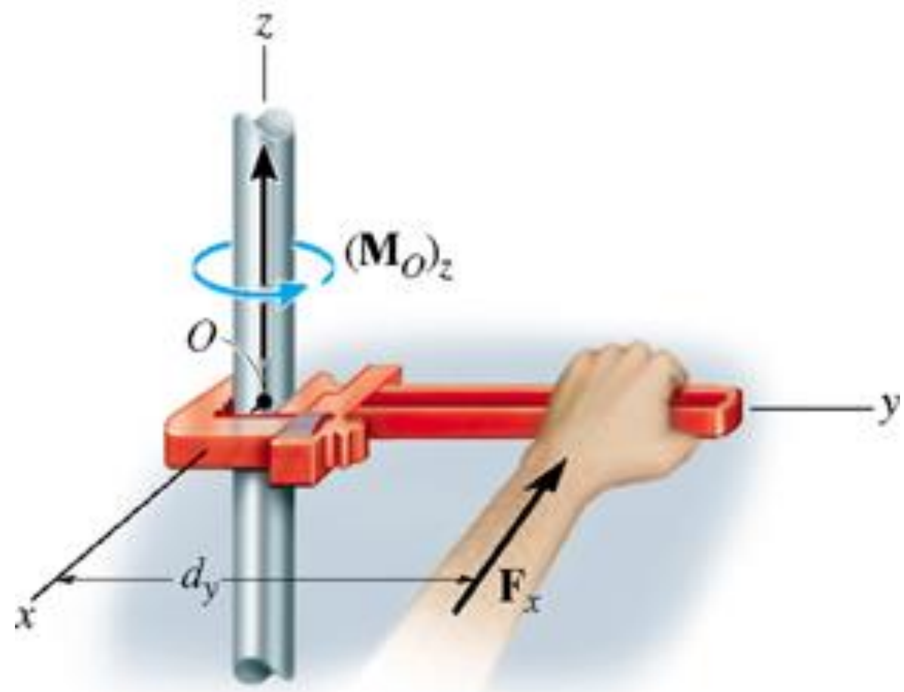


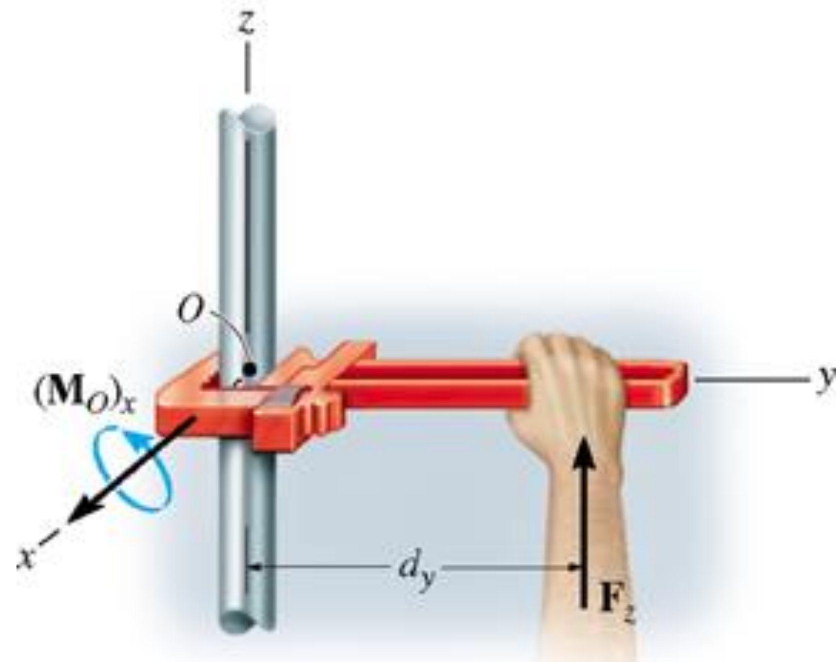
Componentes do momento fletor
z
M_z
V_z
Força normal
Momento torçor
N_y
M_y
y
C
V_x
M_x
Componentes da força de cisalhamento

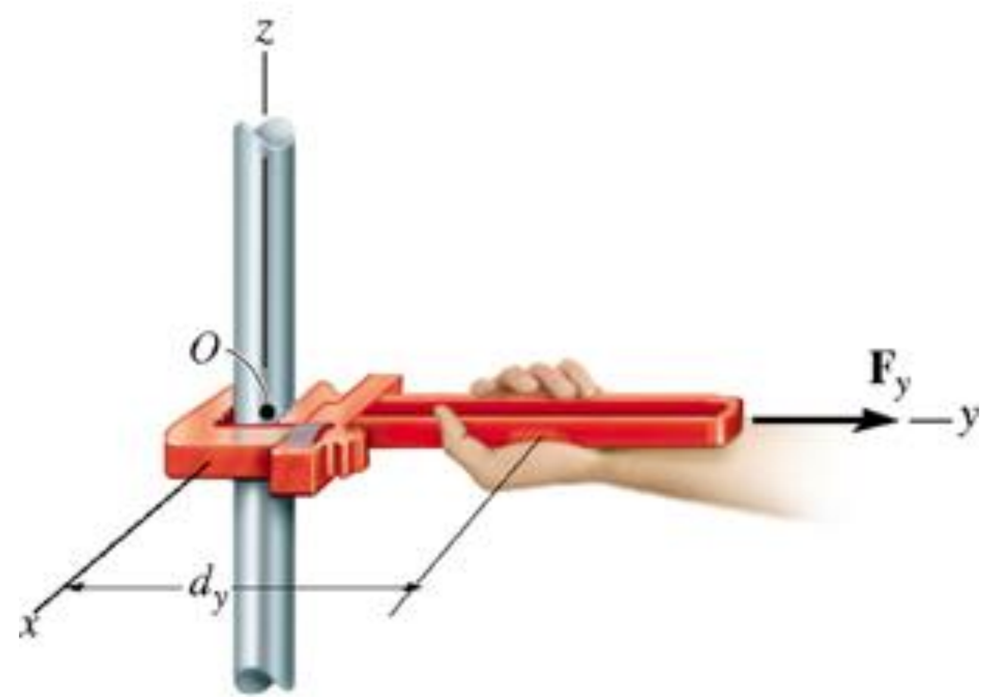


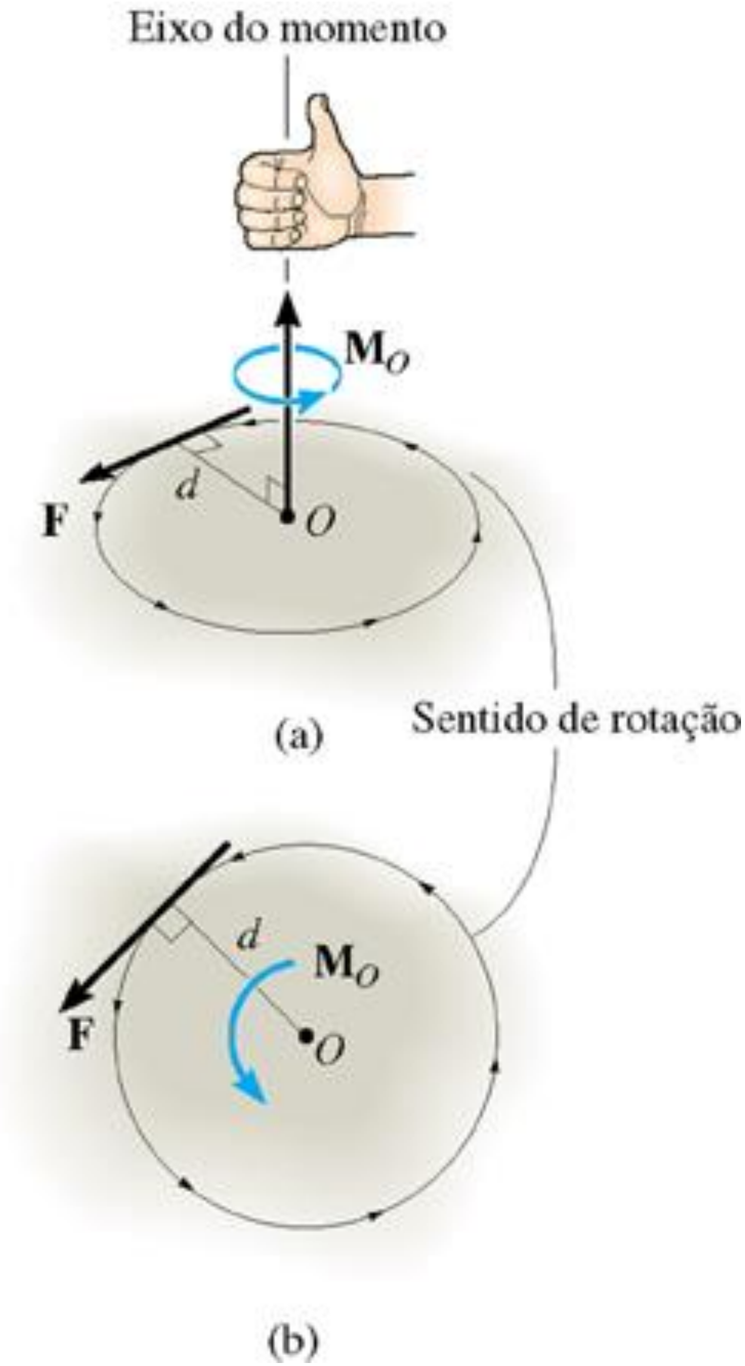
Sistema de coordenadas da mão direita

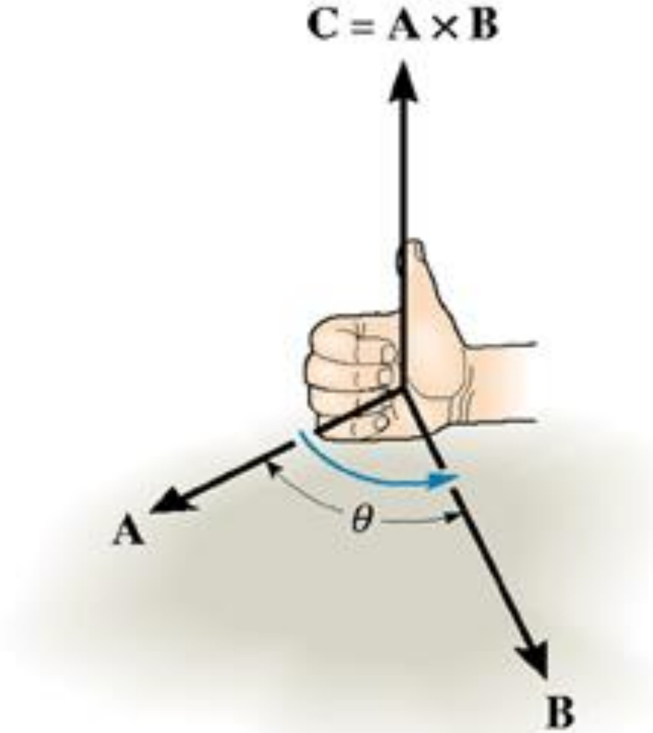


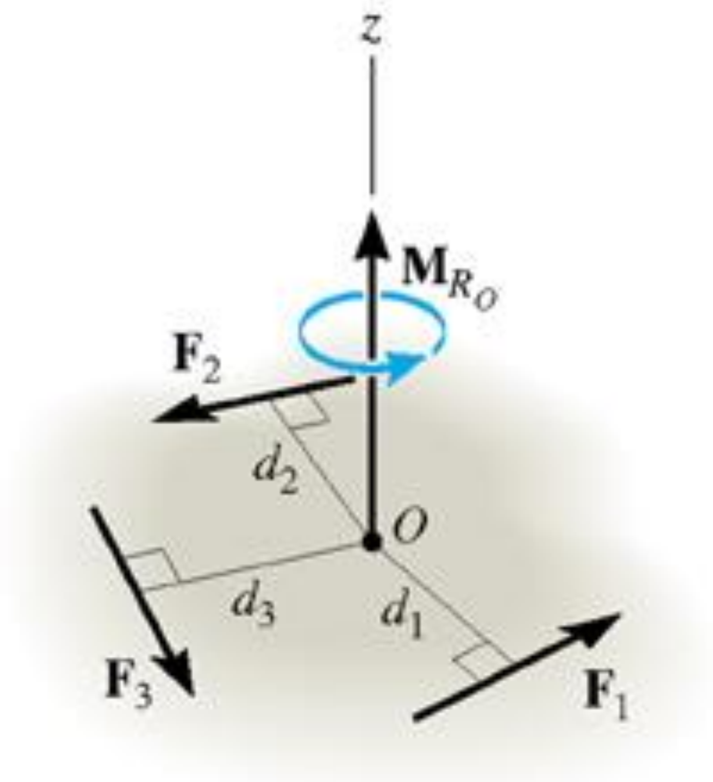

z
$(\mathbf{M}_O)_z$
O
y
x
d_y
$\mathbf{F}_x$


z
O
y
$(\mathbf{M}_O)_x$
x
d_y
$\mathbf{F}_z$

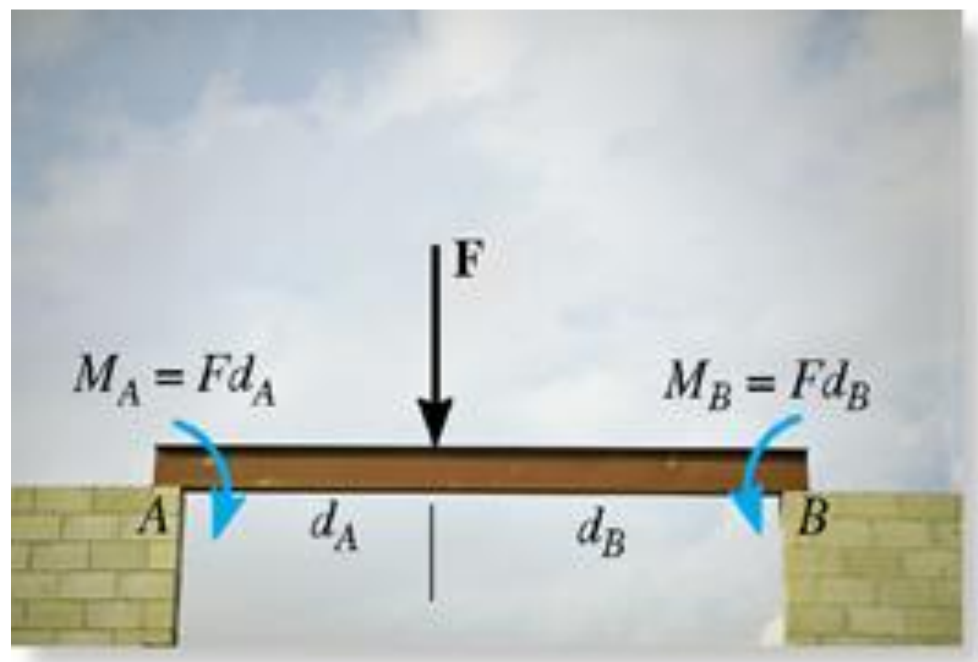

z
O
$\mathbf{F}_y$
y
x
d_y


Eixo do momento
$\mathbf{M}_O$
F
d
O
(a)
Sentido de rotação
$\mathbf{M}_O$
F
d
O
(b)

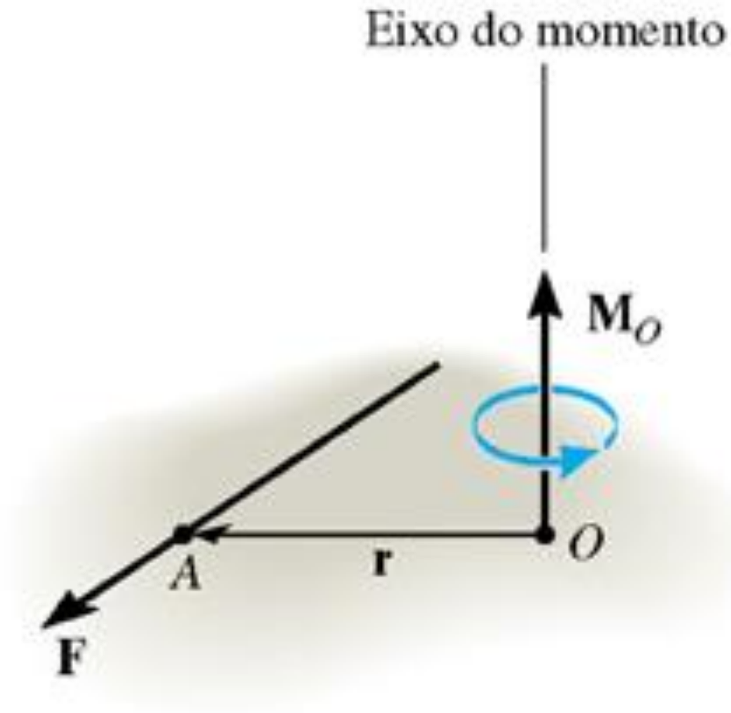

$\mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B}$
A
θ
B



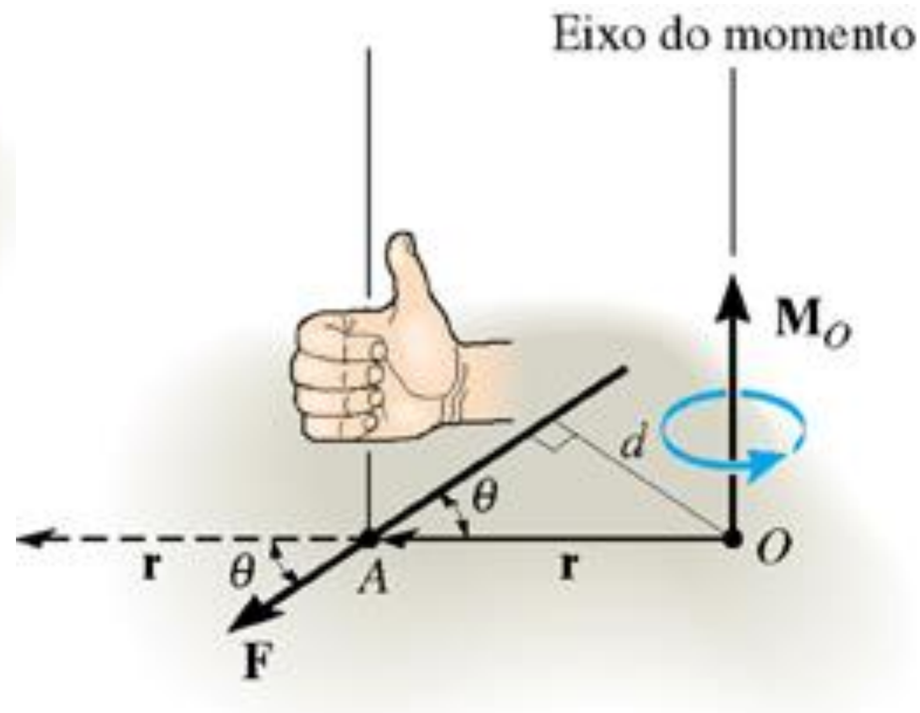
z
$\mathbf{M}_{R_O}$
$\mathbf{F}_2$
d_2
O
d_3
d_1
$\mathbf{F}_3$
$\mathbf{F}_1$



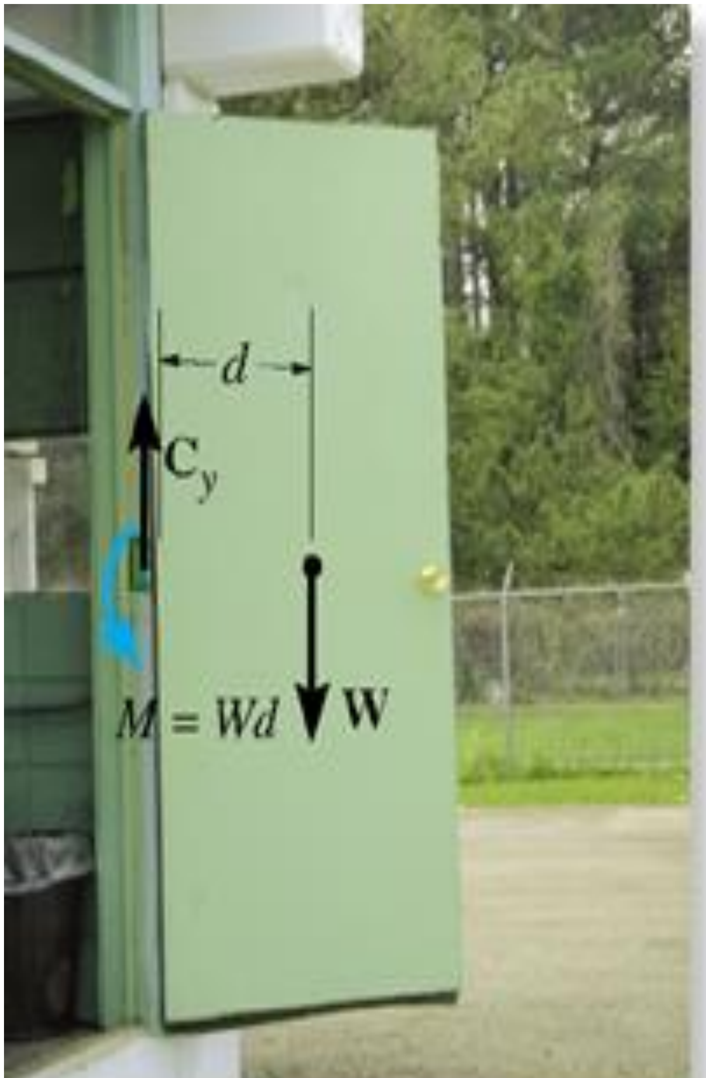
$\mathbf{F}$
$M_A = Fd_A$
$M_B = Fd_B$
A
d_A
d_B
B

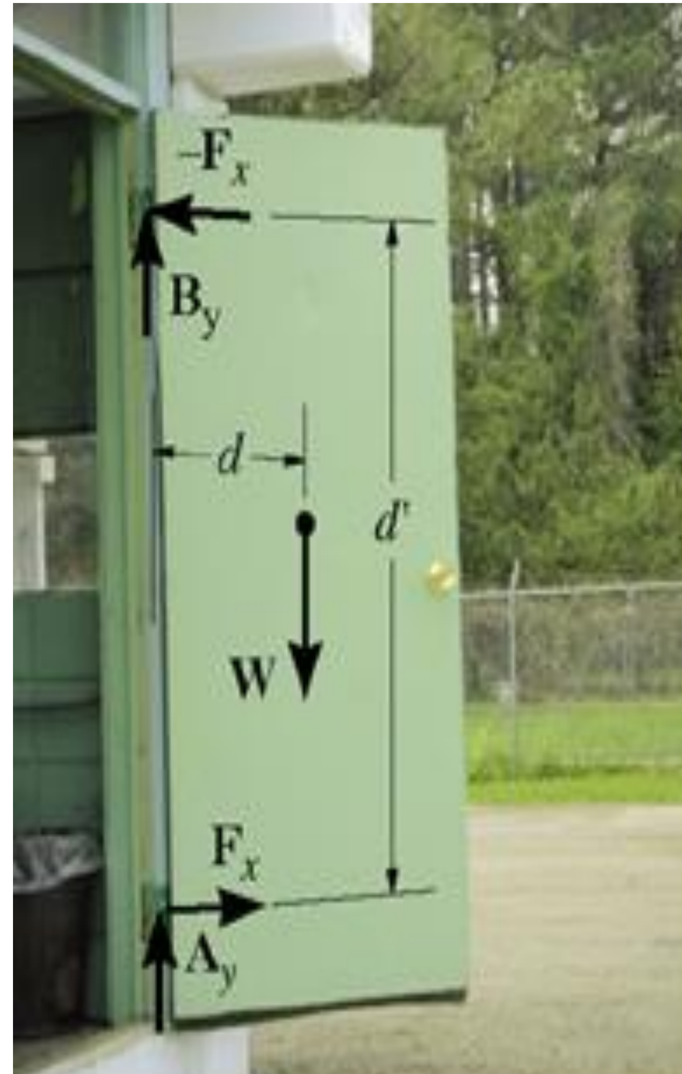


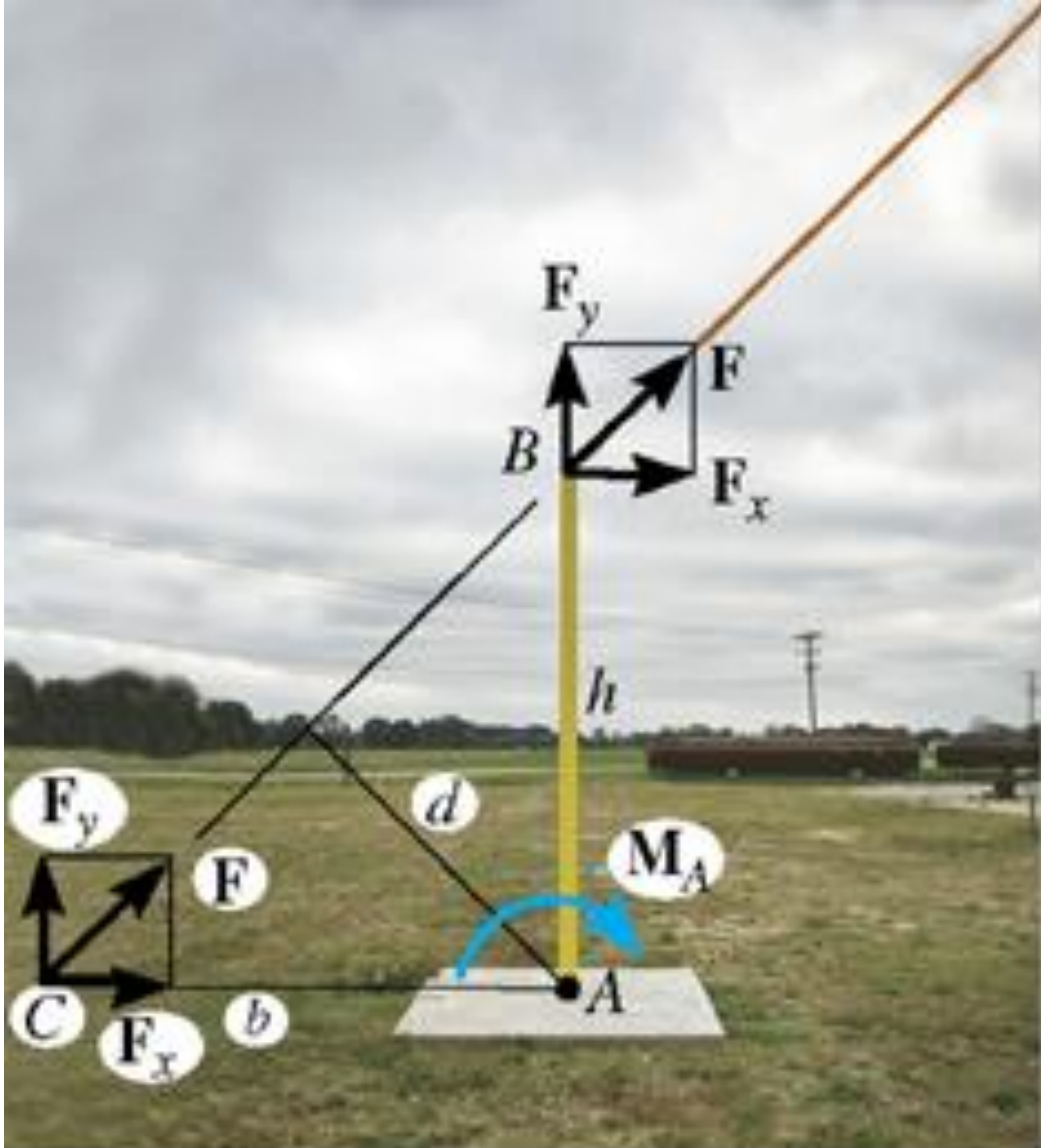
Eixo do momento
M_O
O
A
r
F



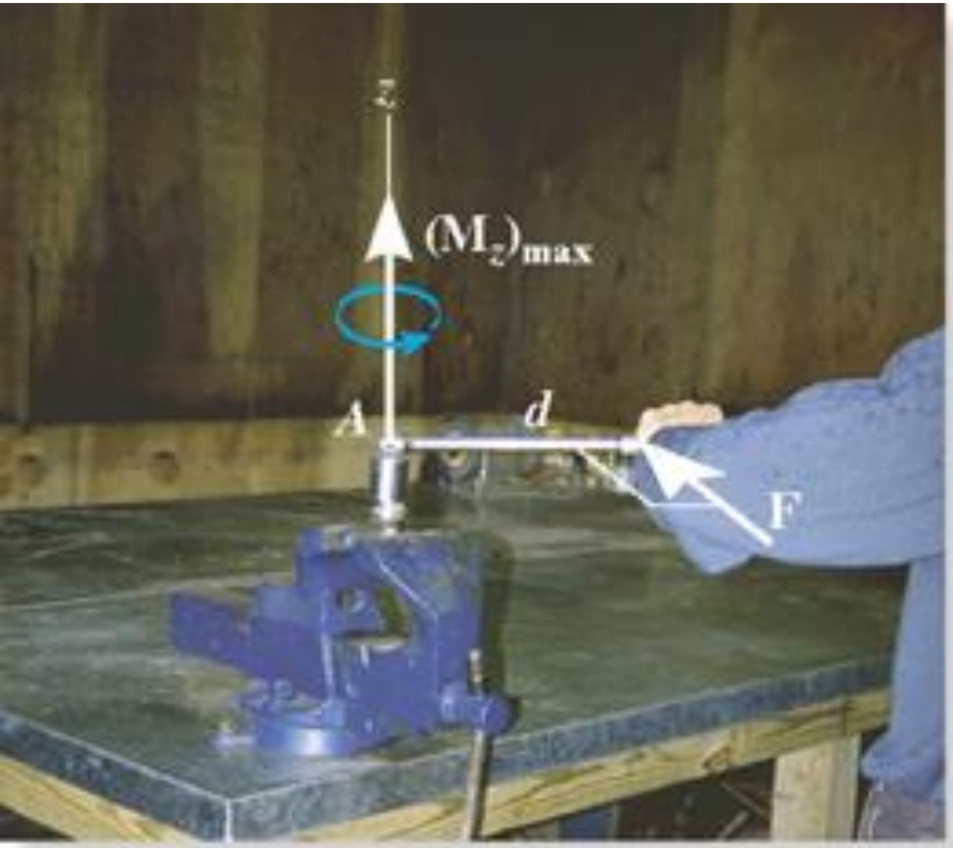
Eixo do momento
M_O
d
θ
O
r
θ
A
r
F

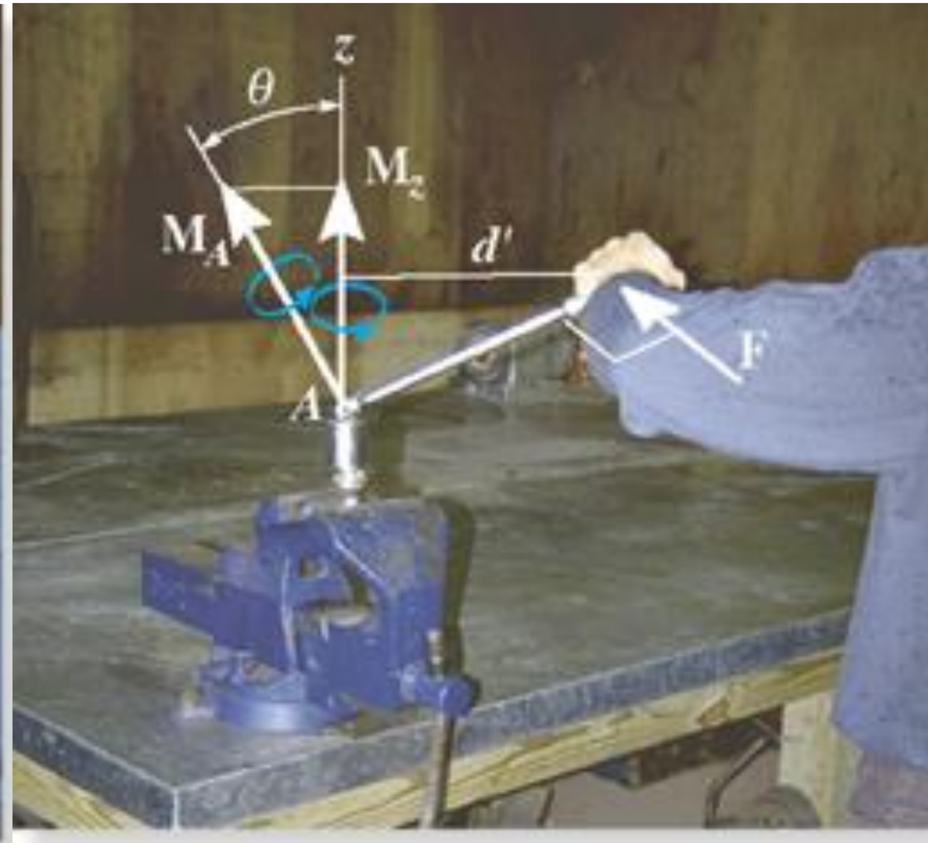

d
C_y
M = Wd
W

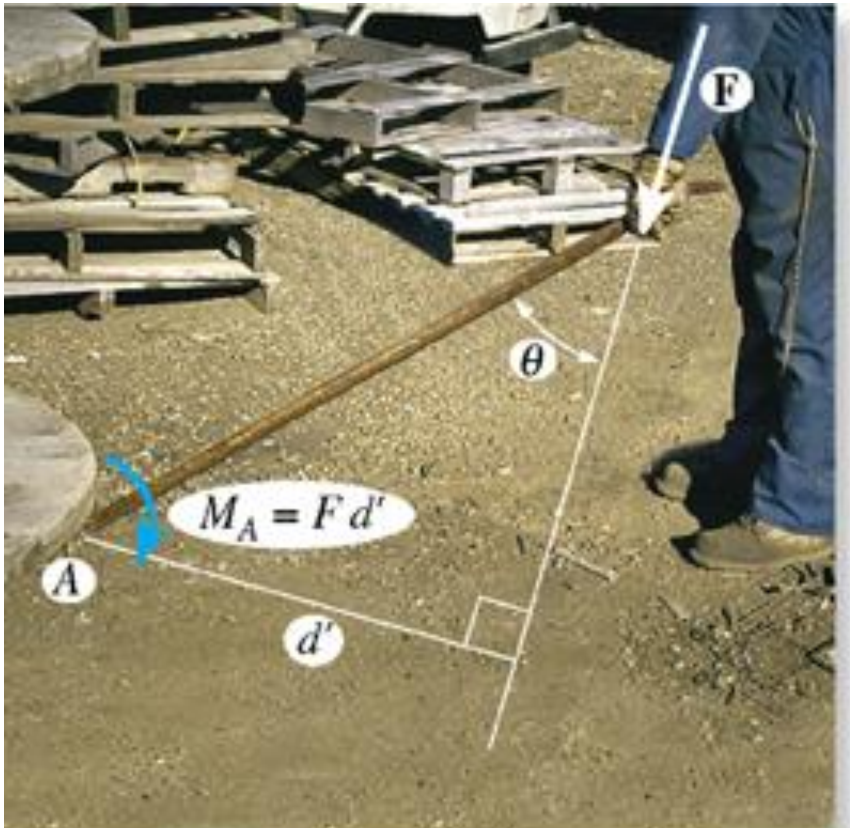

–F_x
B_y
d
d'
W
F_x
A_y

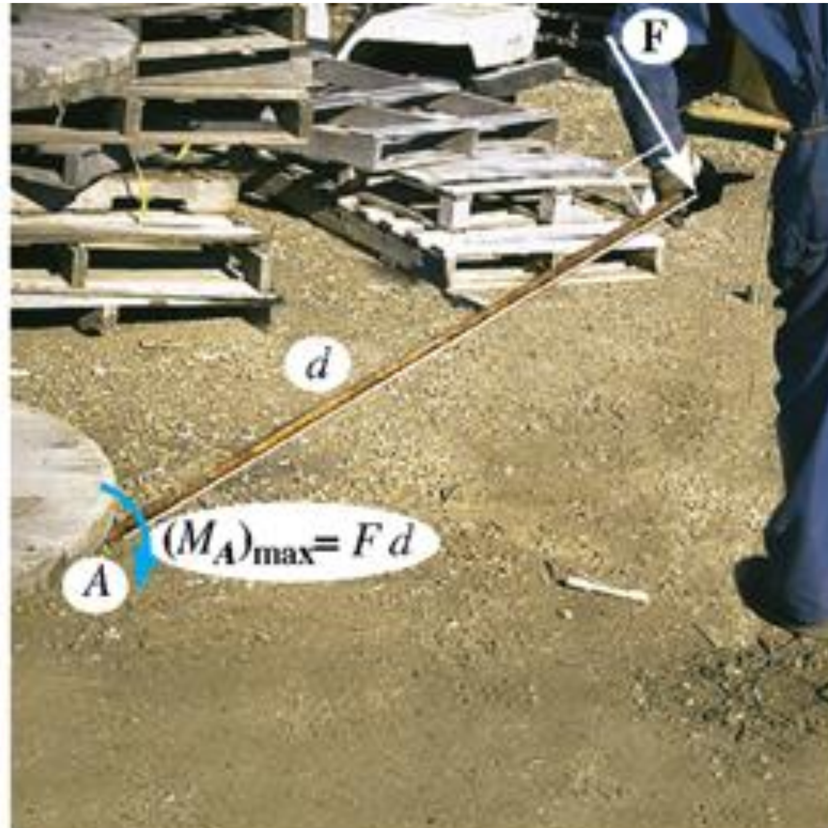


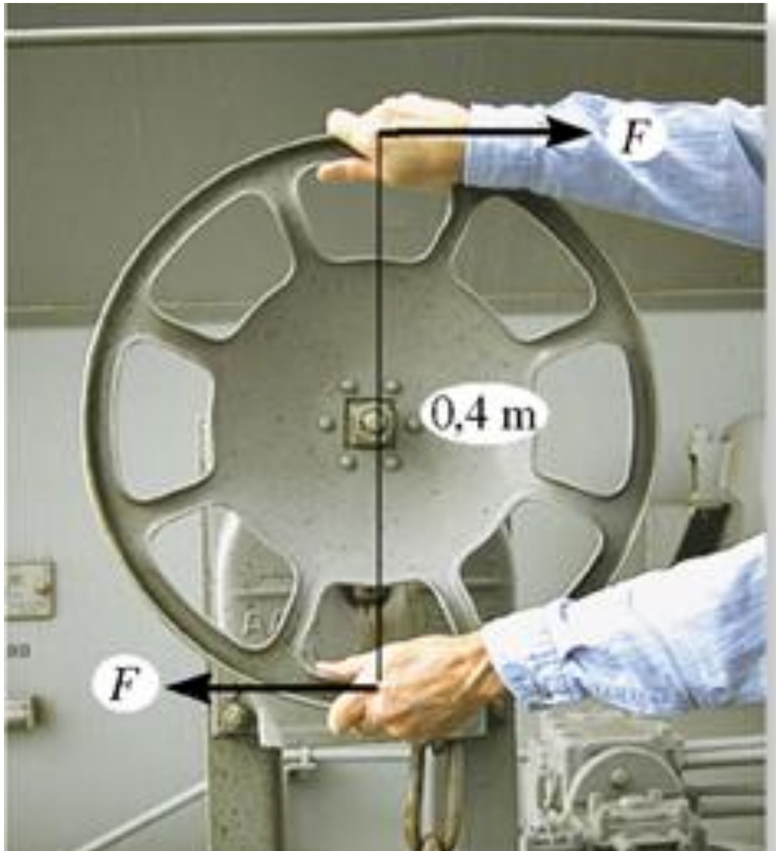
$$M_A = F \cdot d = F_x \cdot h = F_y \cdot b$$

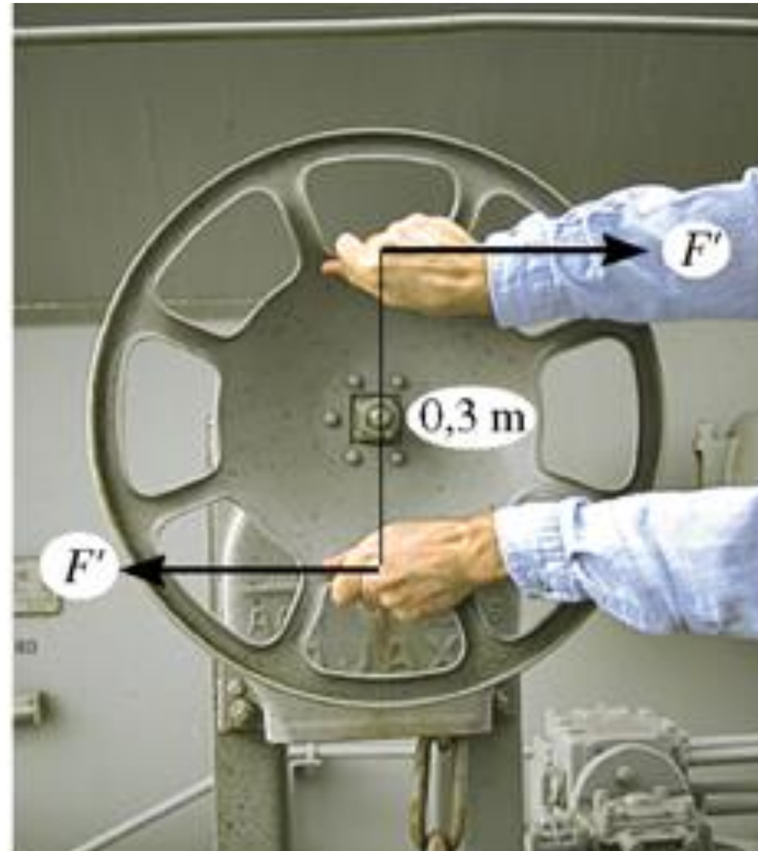

z
(M_z)max
A
d
F

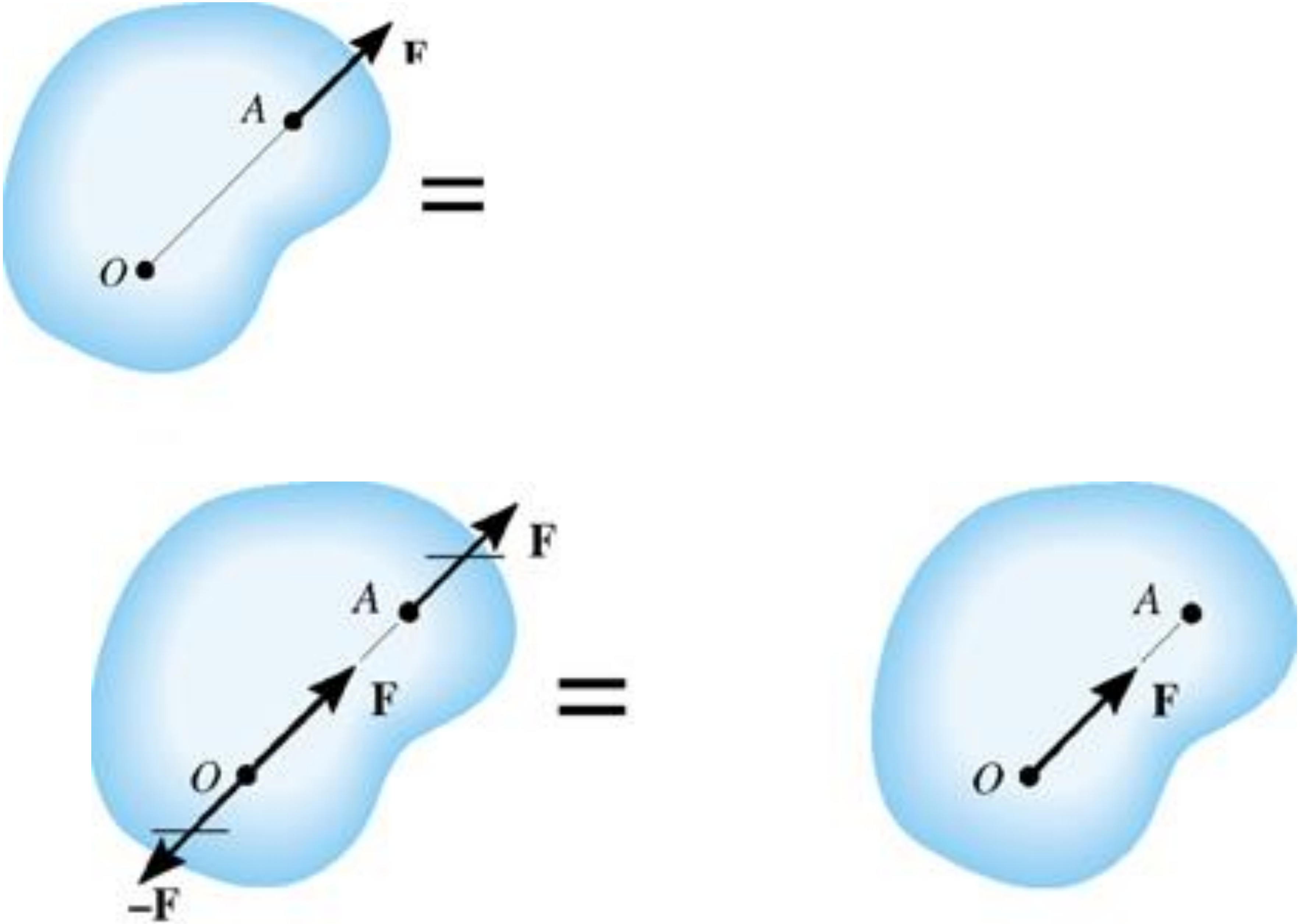

z
θ
M_z
M_A
d'
A
F

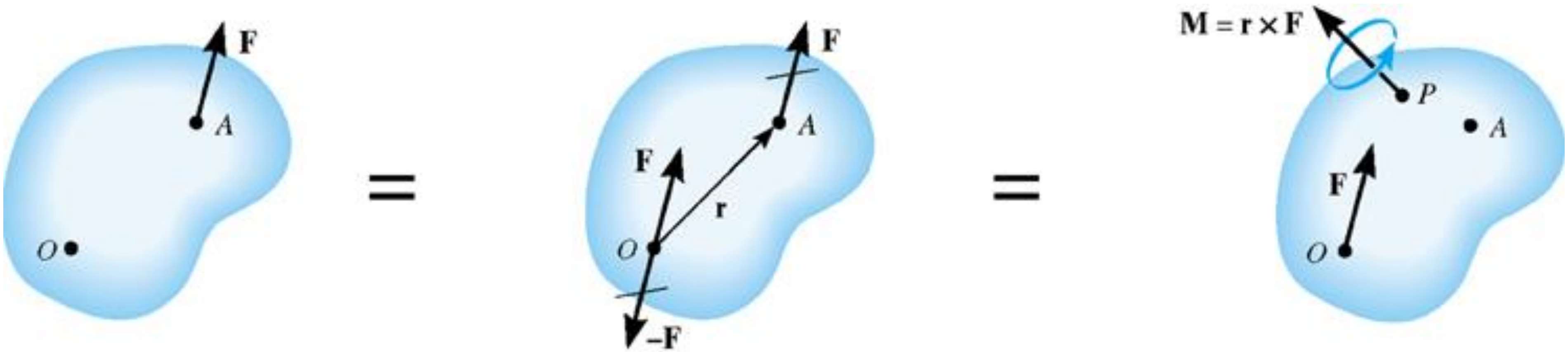

F
θ
M_A = F d'
A
d'


F
d
(M_A)max= F d
A

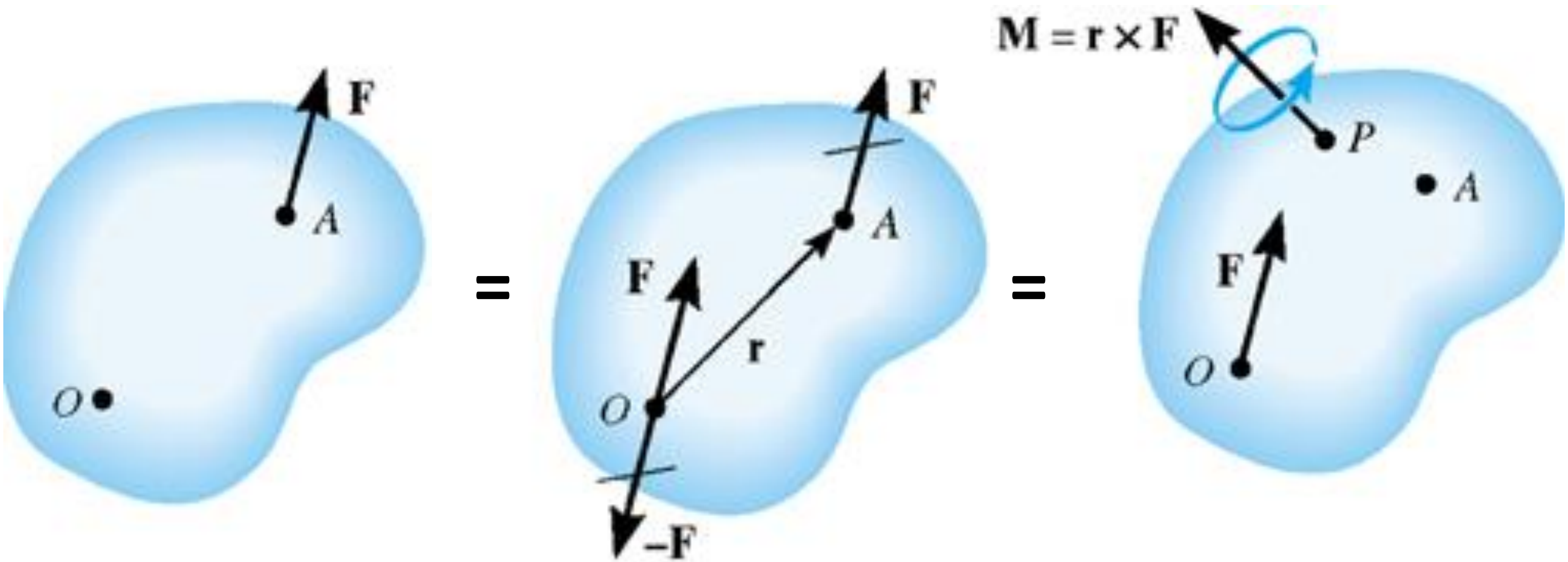

F
0,4 m
F


F′
0,3 m
F′

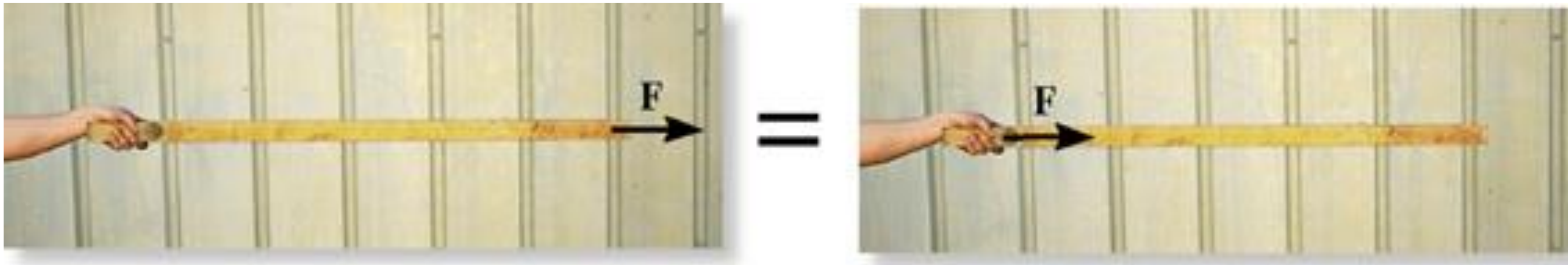

F
A
O
F
A
F
O
–F
A
F
O

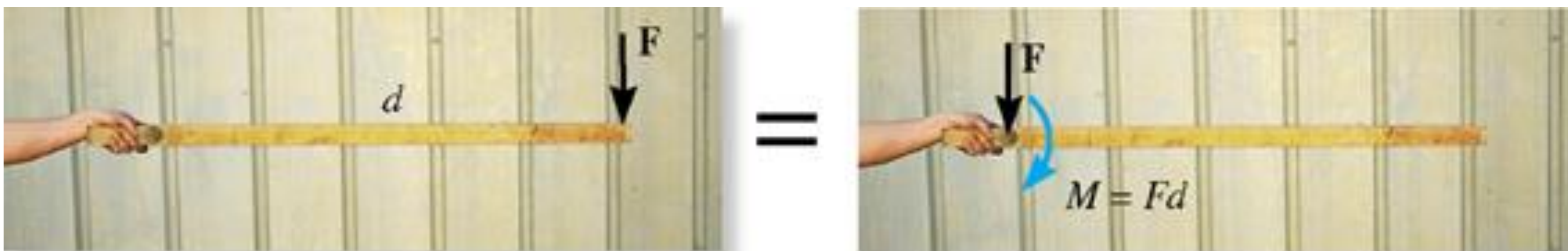


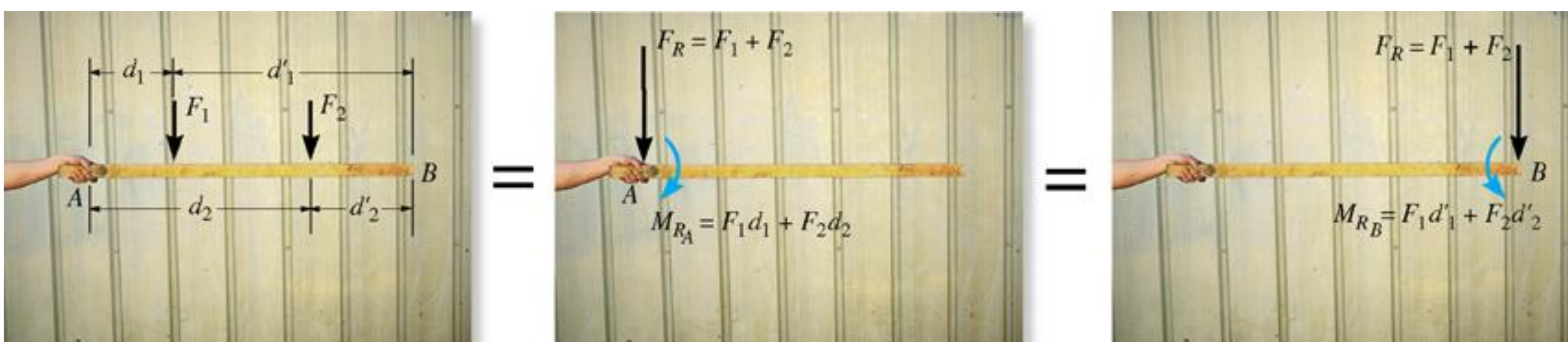
F
A
O
=
F
A
F
r
O
–F
=
M = r × F
P
A
F
O

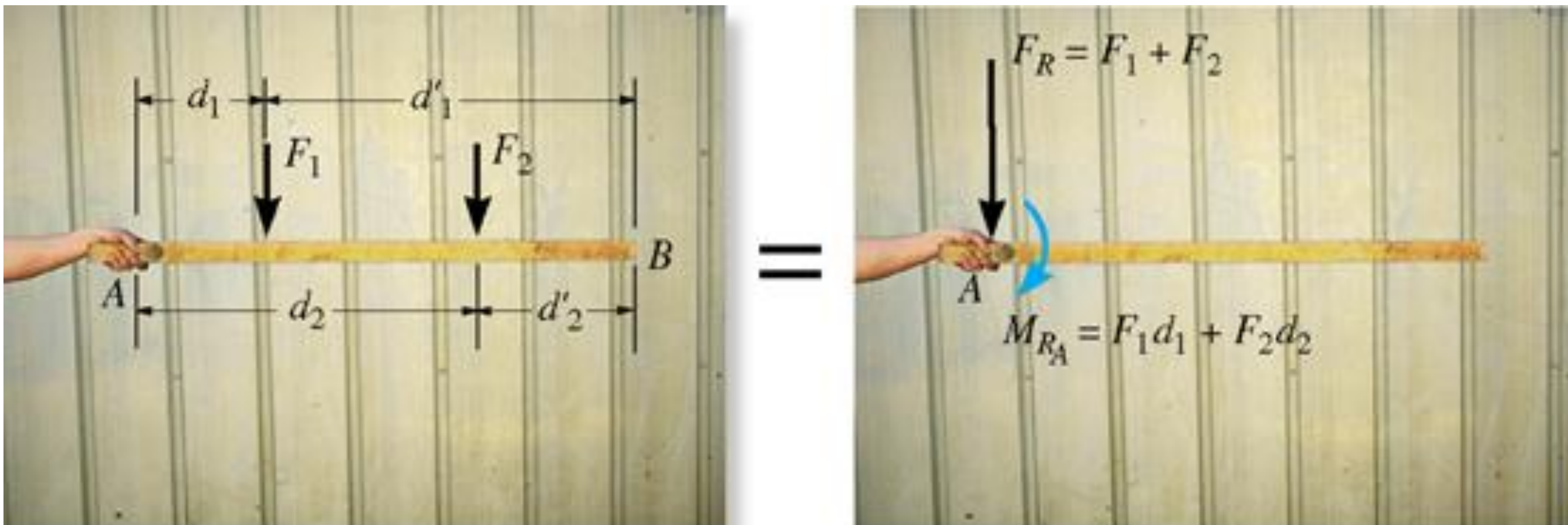


F
A
O
=
F
F
A
r
O
−F
=
M = r × F
P
A
F
O

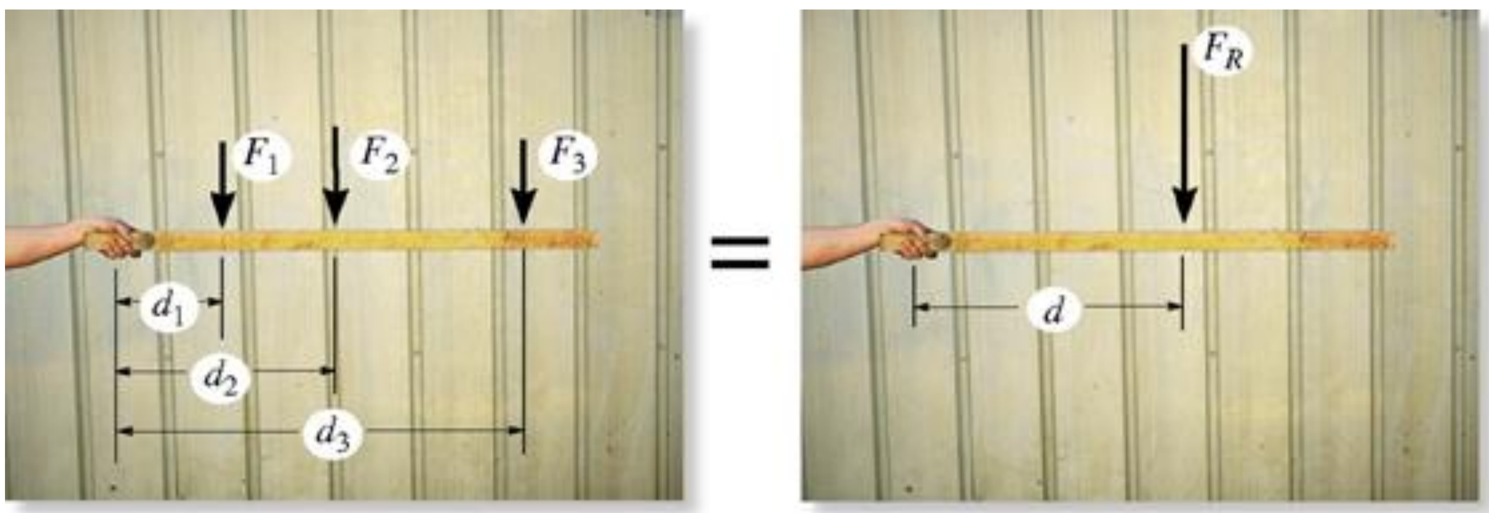

F
=
F


F
d
=
F
$M = Fd$


d_1
d'_1
F_1
F_2
A
B
d_2
d'_2
=
$F_R = F_1 + F_2$
A
$M_{R_A} = F_1 d_1 + F_2 d_2$
=
$F_R = F_1 + F_2$
B
$M_{R_B} = F_1 d'_1 + F_2 d'_2$



d_1
d'_1
F_1
F_2
B
A
d_2
d'_2
=
$F_R = F_1 + F_2$
A
$M_{R_A} = F_1 d_1 + F_2 d_2$


F_1
F_2
F_3
d_1
d_2
d_3
=
F_R
d