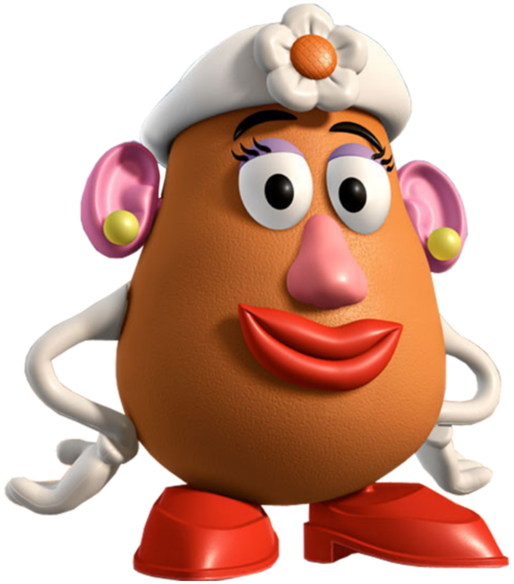
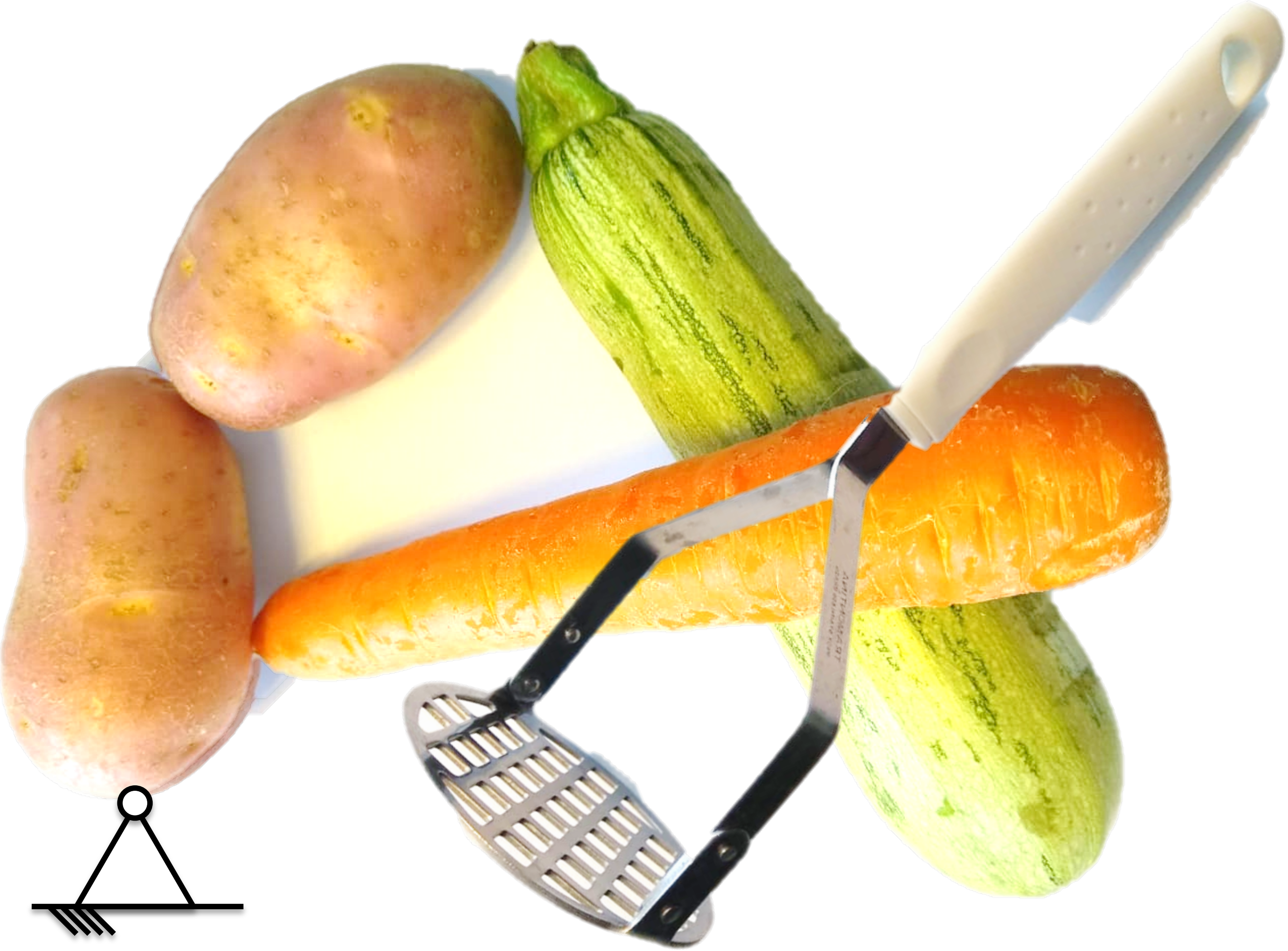


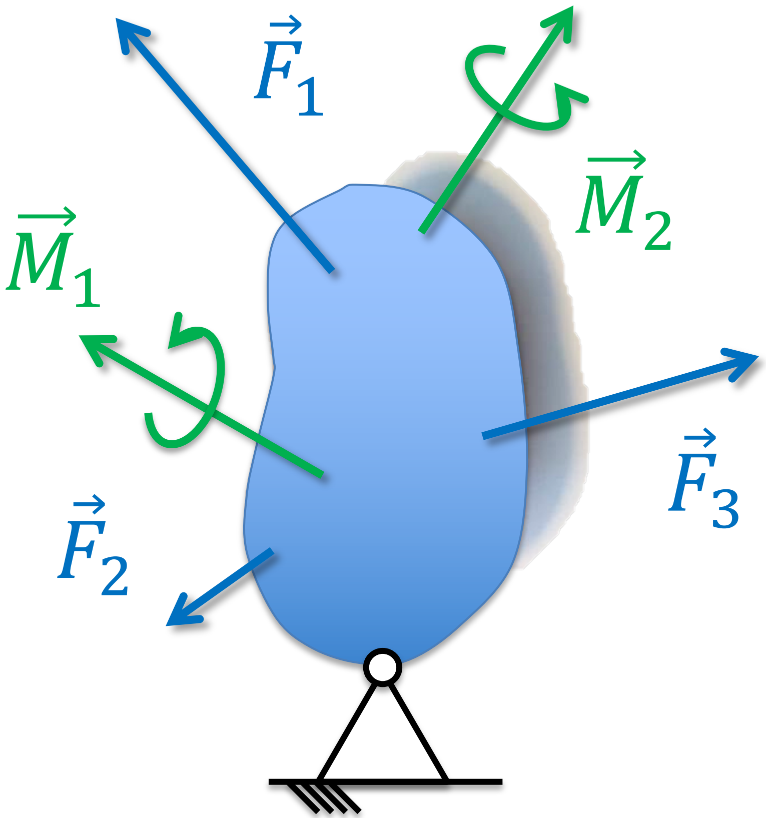
Equilíbrio de Corpo Rígido

Prof. Assoc. Flávio D. Marques & Prof. Assoc. Leopoldo de Oliveira



Definição:

- Corpo Rígido
  (*rígido mesmo?*)
- Conjuntos de Corpos
  (*vínculos / juntas*)
- Condições de Contorno
  (*restrições*)



Natureza das Forças:

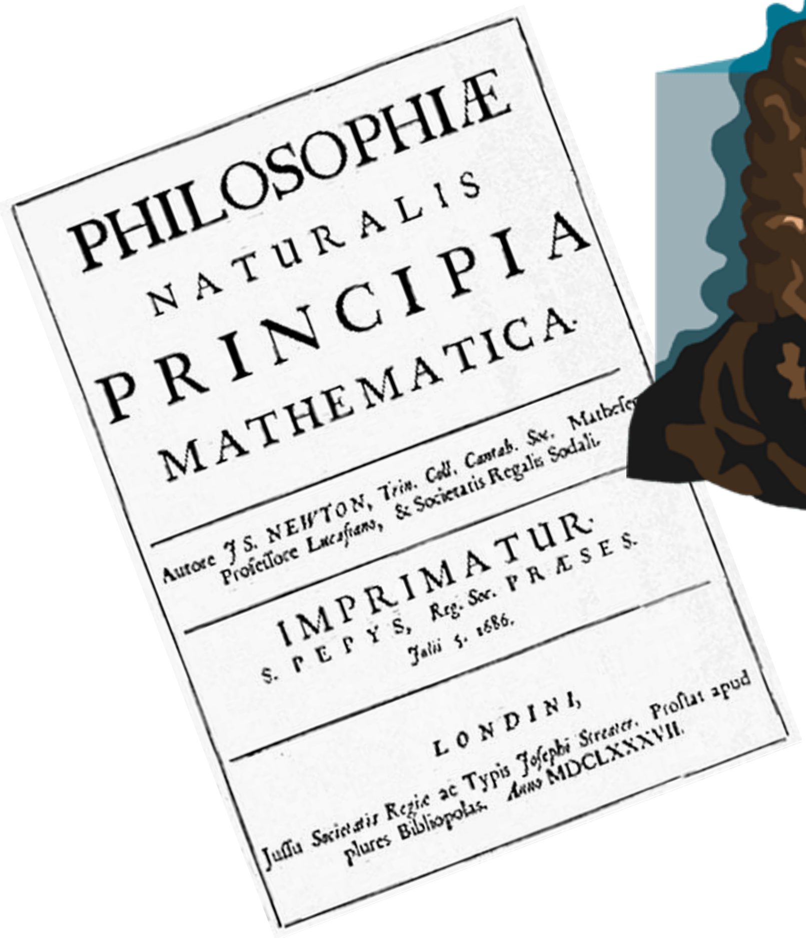
- Campos, magnético, elétrico, gravitacional
- Contatos com outros corpos
- Vínculos com a terra

Definição:

- Corpo Rígido (*rígido mesmo?*)
- Conjuntos de Corpos (*vínculos / juntas*)
- Condições de Contorno (*restrições*)

interpretação / representação física do problema

resolver as equações



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore J S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Mathes
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

interpretação física do problema

- **1ª lei**:

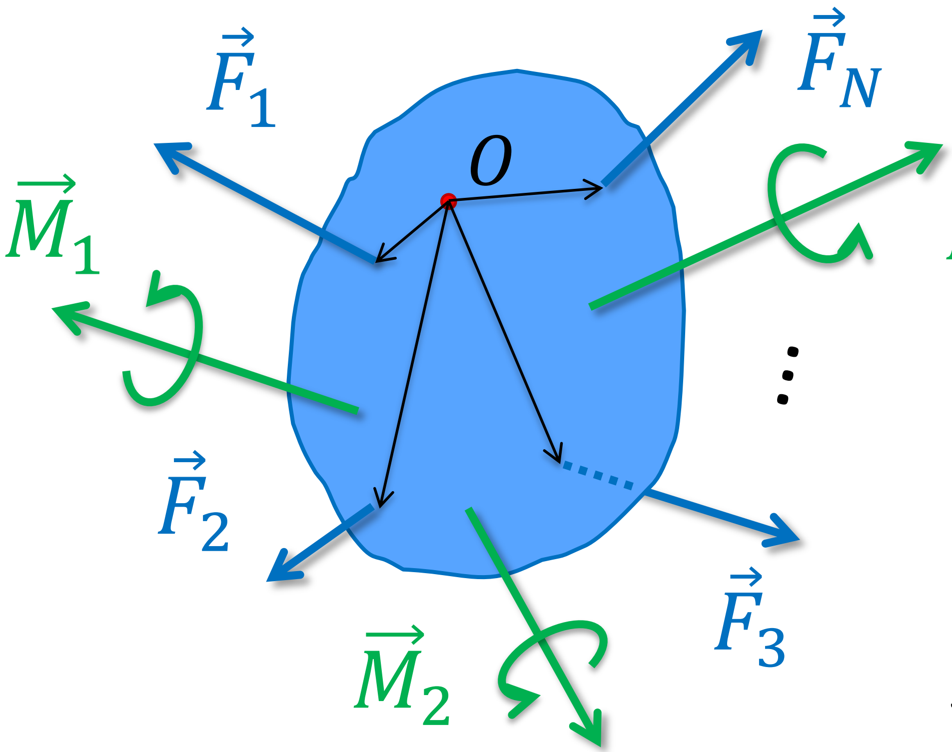
"todo corpo continua em seu estado de repouso ou movimento uniforme não acelerado ..."

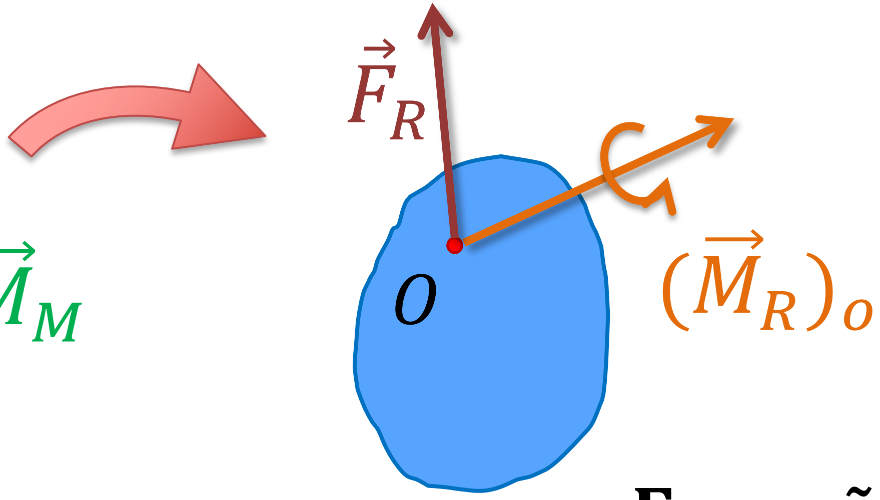
- 2ª lei:

"a mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida ..."

- **3ª lei:**

"para toda ação há sempre uma reação oposta e de mesma intensidade..."





❖ 1ª lei:

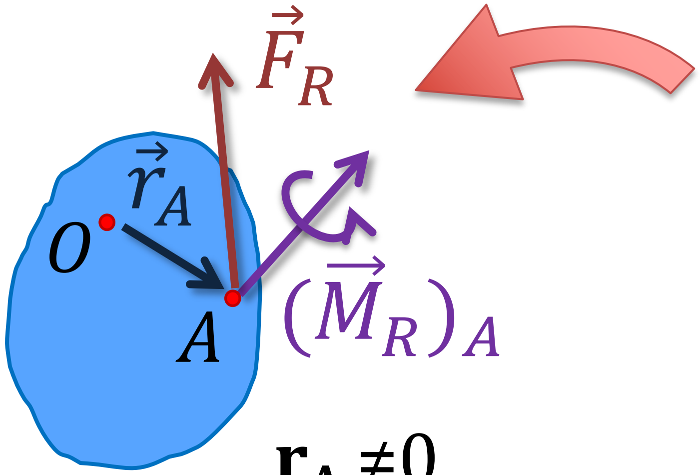
Equações de Equilíbrio

$$\sum_{n=1}^{N} \vec{F}_n = \vec{F}_R = 0$$

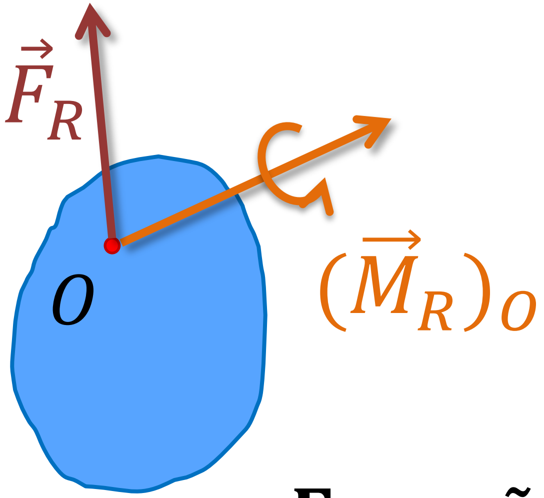
$$\underbrace{\sum_{n=1}^{N} (\vec{F}_n \times \vec{r}_n)_O}_{\text{Momento das Forças (depende de } O)} + \underbrace{\sum_{m=1}^{M} \vec{M}_m}_{\text{Binários (não depende de } O)} = (\vec{M}_R)_O = 0$$

Momento das Forças (depende de O)

Binários (não depende de O)



$\mathbf{r}_A \neq 0$



❖ 1ª lei:

Equações de Equilíbrio

Nesta nova posição

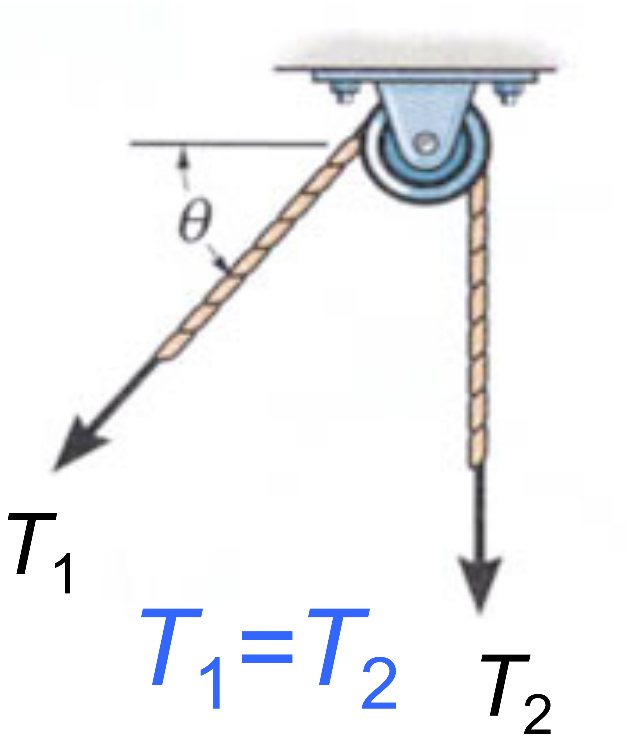
$$(\vec{M}_R)_A = \vec{F}_R \times \vec{r}_A + (\vec{M}_R)_O = 0$$

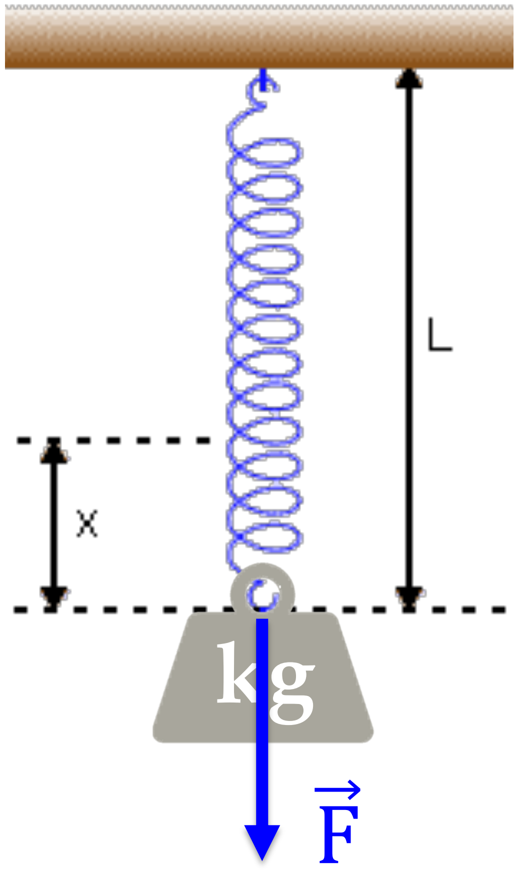
$$\begin{cases} \vec{F}_R = 0 \\ (\vec{M}_R)_O = 0 \end{cases}$$

condição suficiente!

mas de onde vêm essas forças e momentos?

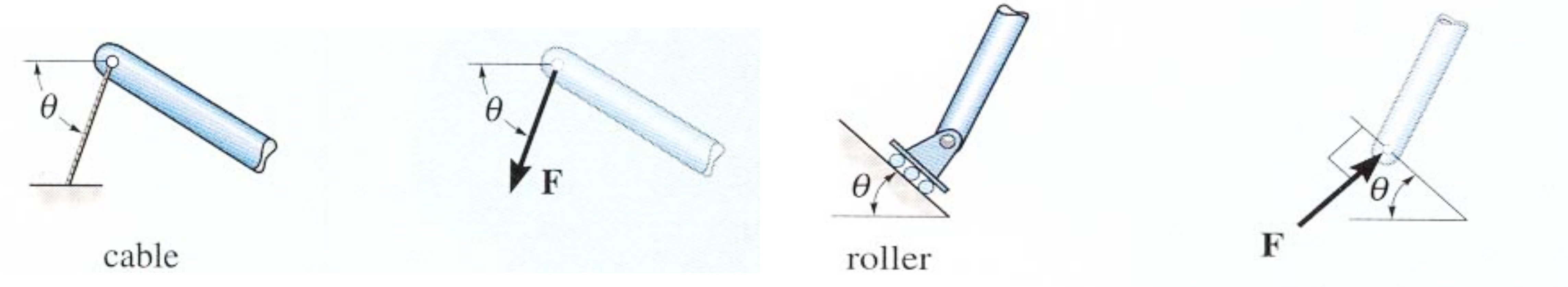
interpretação física do problema





Já começamos a fazer interpretação física de sistemas reais (*modelos*)

representação física do problema



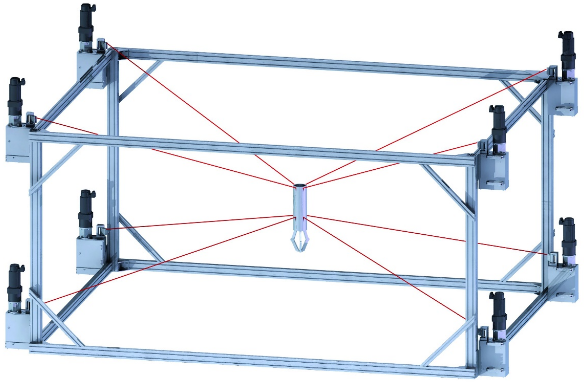
A regra é clara: Removeu um ***grau de liberdade****, aparece uma força de restrição!!!*

Será que tem uma REGRA?

... mas o que é GdL?

Definição: é o número de parâmetros independentes que são necessários para se definir a posição de um corpo no espaço em qualquer instante.

Quantos GdL tem esse robô?
Quantos motores tem esse robô?




M FS 4748

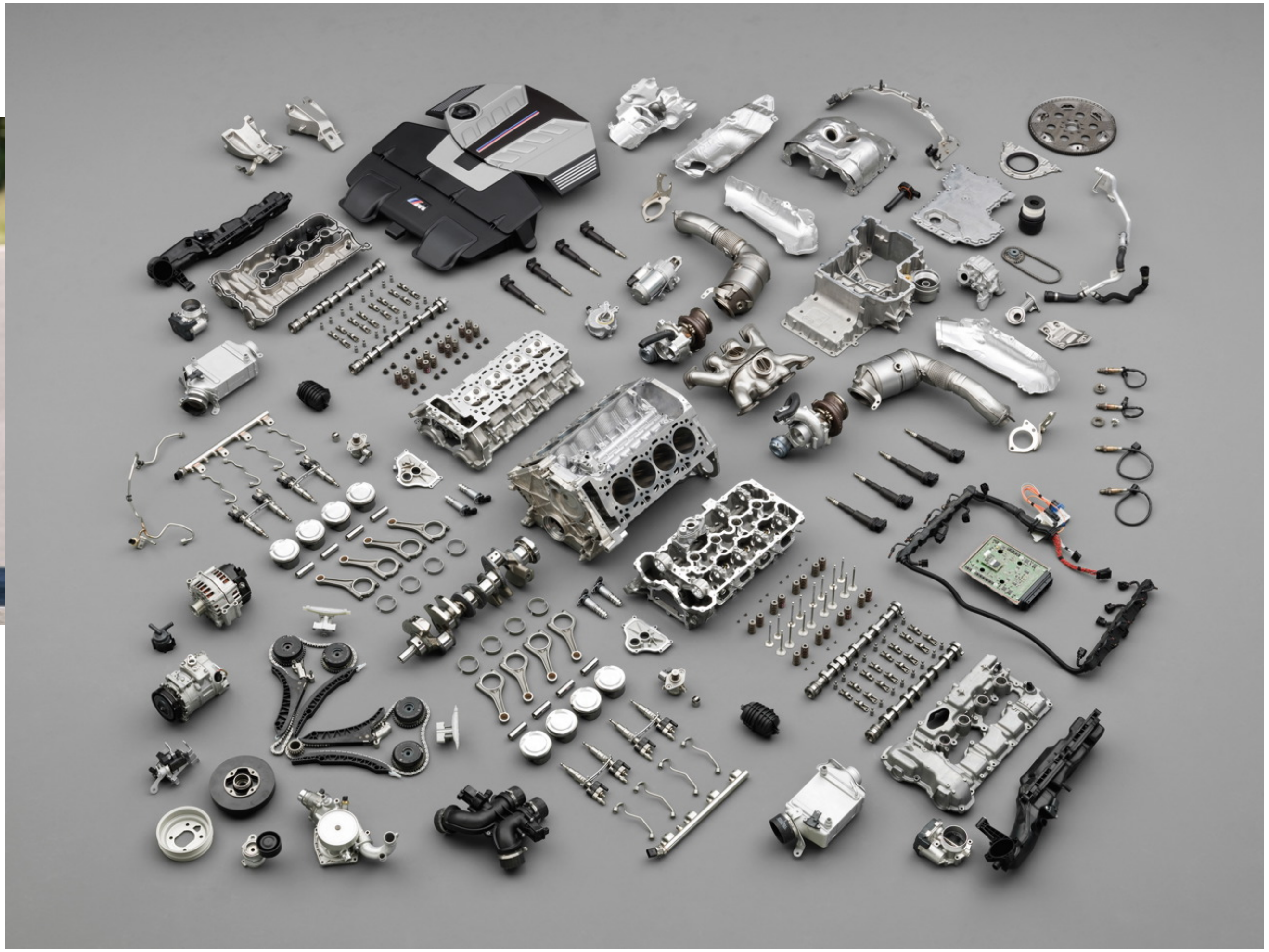
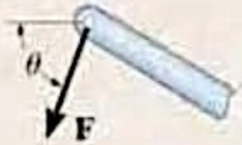
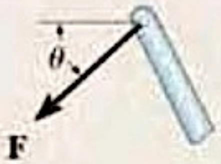
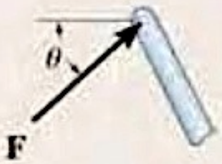


TABLE 5–1 Supports for Rigid Bodies Subjected to Two-Dimensional Force Systems

Types of Connection	Reaction	Number of Unknowns
(1)  cable		One unknown. The reaction is a tension force which acts away from the member in the direction of the cable.
(2)  weightless link	 or 	One unknown. The reaction is a force which acts along the axis of the link.
(3)  roller		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the surface at the point of contact.

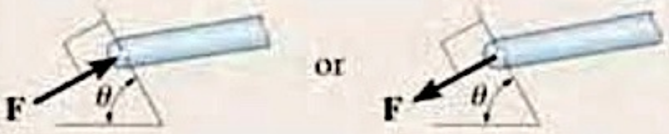
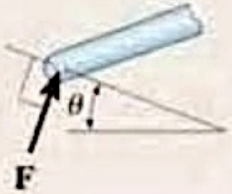
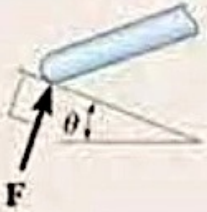
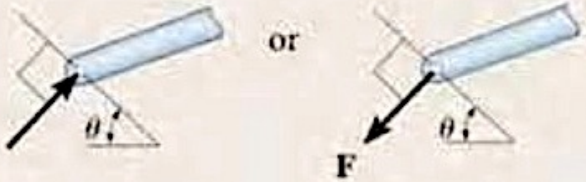
(4)  roller or pin in confined smooth slot		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the slot.
(5)  rocker		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the surface at the point of contact.
(6)  smooth contacting surface		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the surface at the point of contact.
(7)  member pin connected to collar on smooth rod		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the rod.

TABLE 5–1 Continued

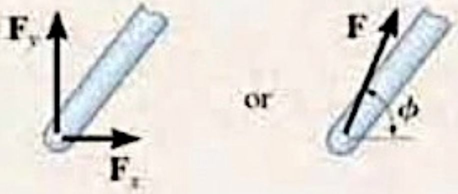
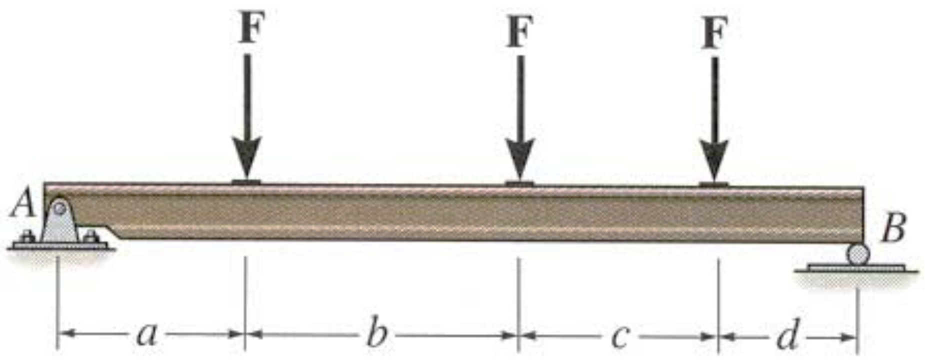
Types of Connection	Reaction	Number of Unknowns
(8)  smooth pin or hinge		Two unknowns. The reactions are two components of force, or the magnitude and direction ϕ of the resultant force. Note that ϕ and θ are not necessarily equal [usually not, unless the rod shown is a link as in (2)].
(9)  member fixed connected to collar on smooth rod		Two unknowns. The reactions are the couple moment and the force which acts perpendicular to the rod.
(10)  fixed support		Three unknowns. The reactions are the couple moment and the two force components, or the couple moment and the magnitude and direction ϕ of the resultant force.

Diagrama de Corpo Livre (DCL)

- esboçar um corpo livre;
- representar os esforços externos no corpo;
- substituir todos os vínculos pelos respectivos esforços;
- indicar o sistema de coordenadas e dimensões principais.

Diagrama de Corpo Livre (DCL)

- DCL deste exemplo:



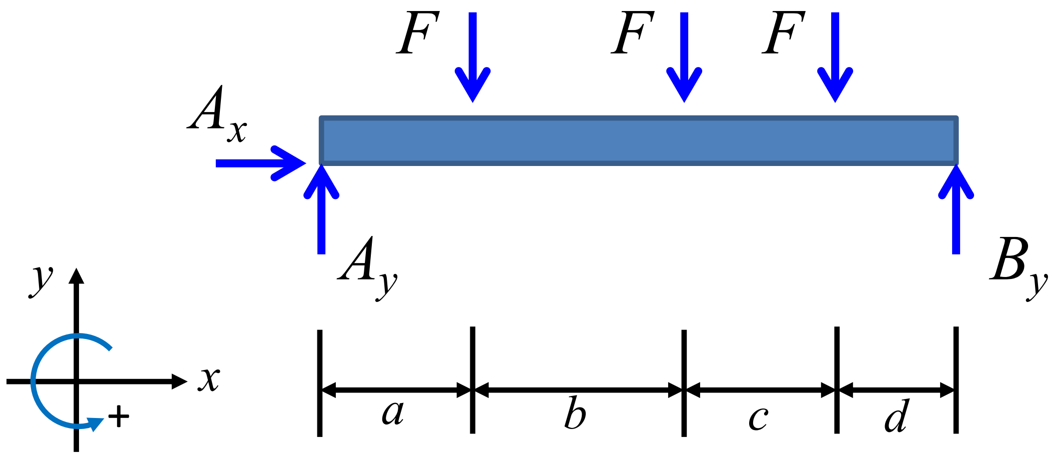
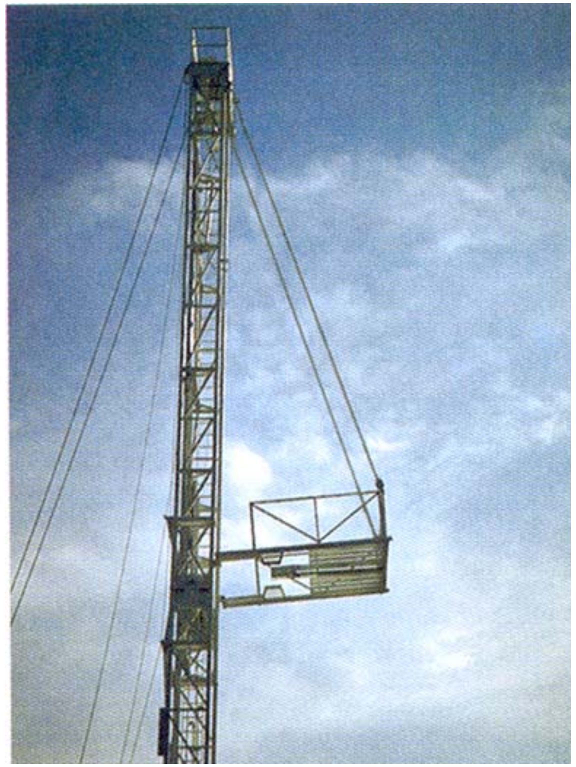
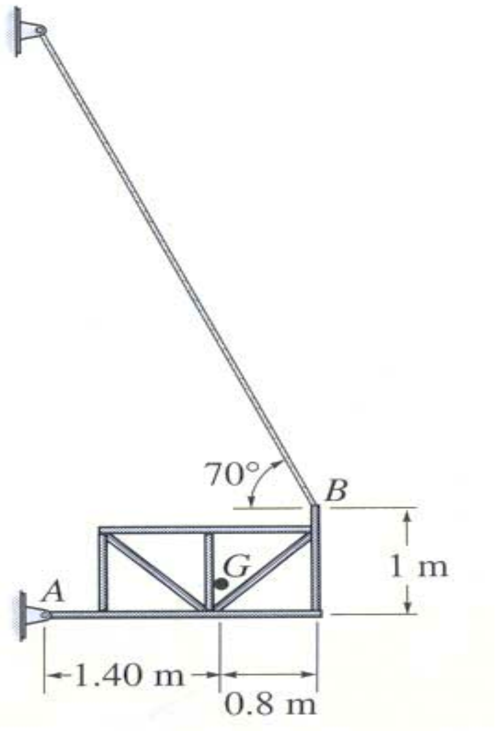


Diagrama de Corpo Livre (DCL)

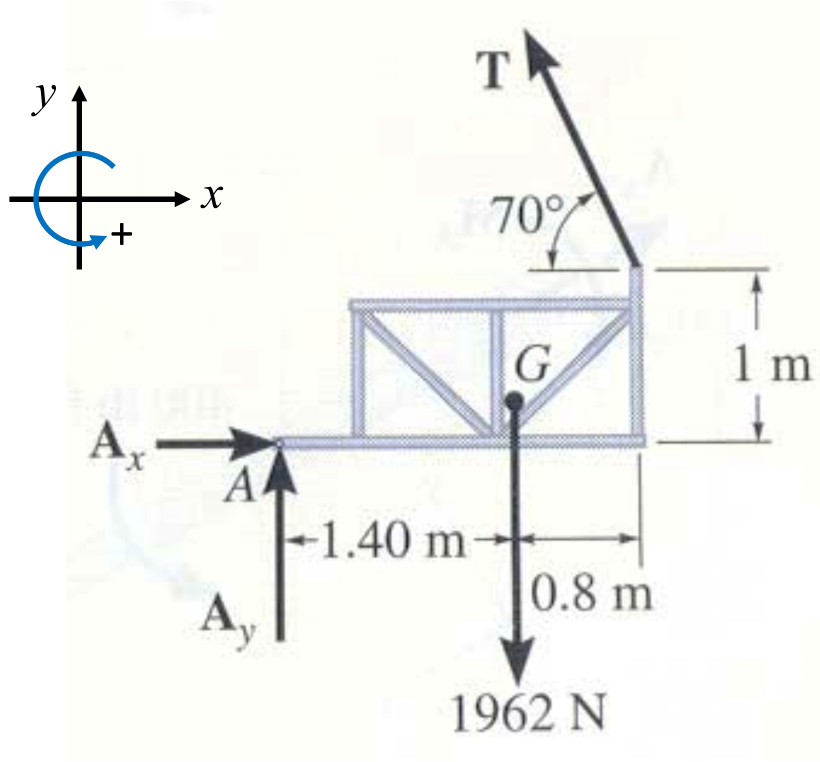
- Vamos tentar desenhar o DCL desses exemplos:



fotografia



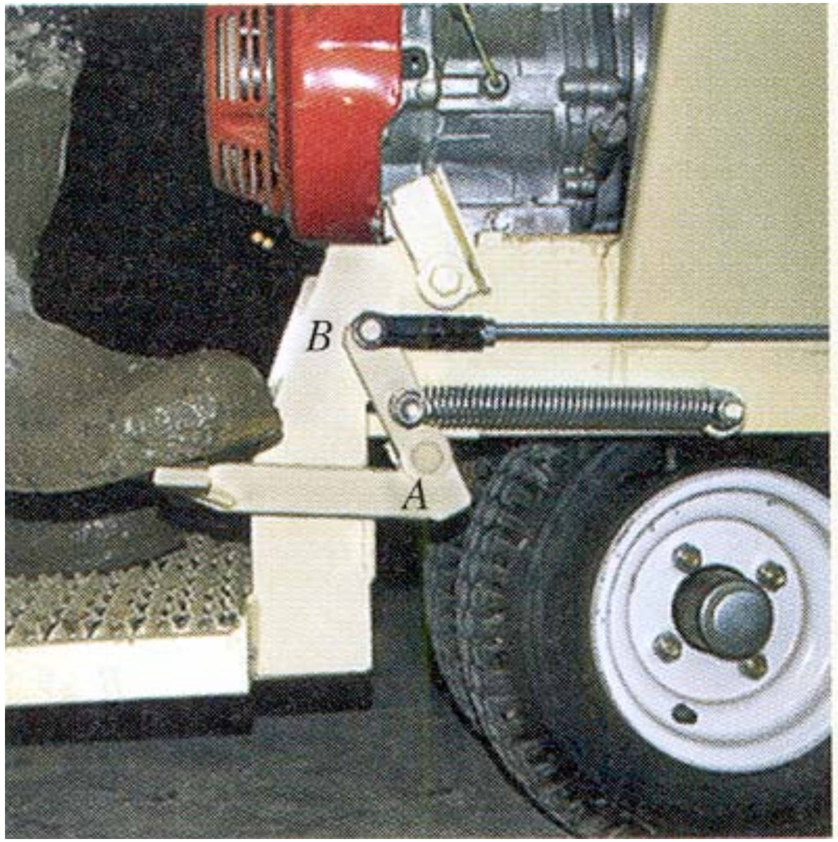
esboço



(DCL)

Diagrama de Corpo Livre (DCL)

- Vamos tentar desenhar o DCL desses exemplos:



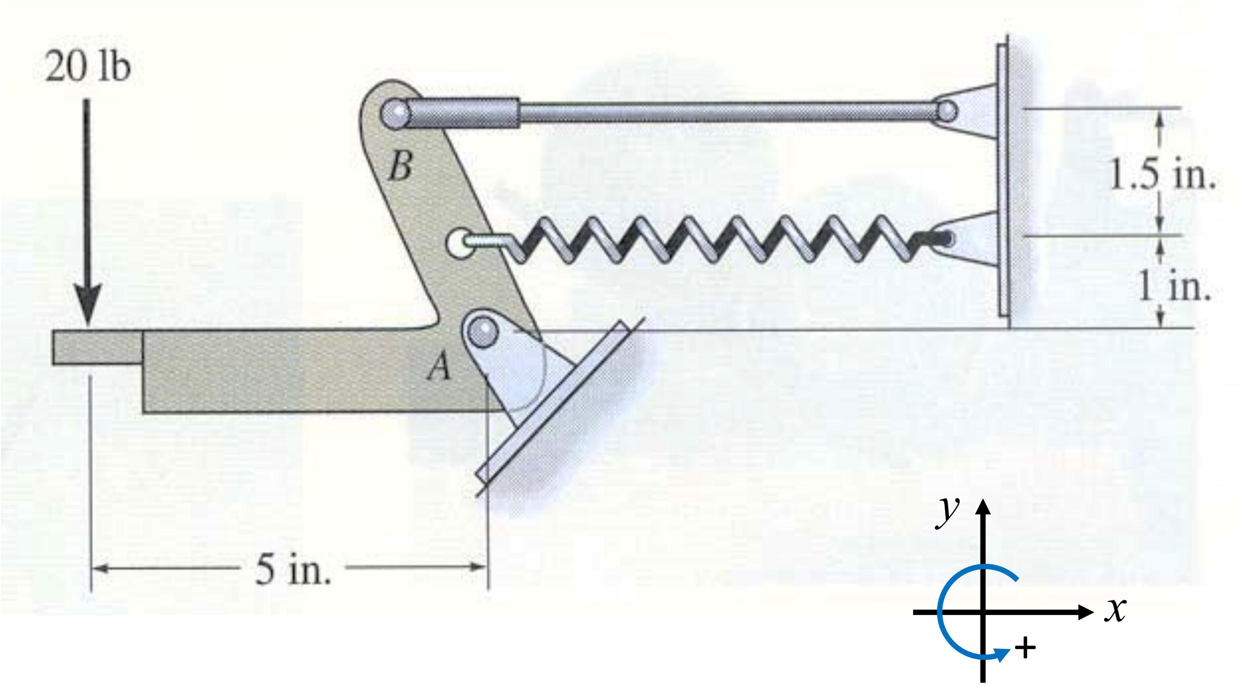


Diagrama de Corpo Livre (DCL)

- Representações clássicas (as mais utilizadas):

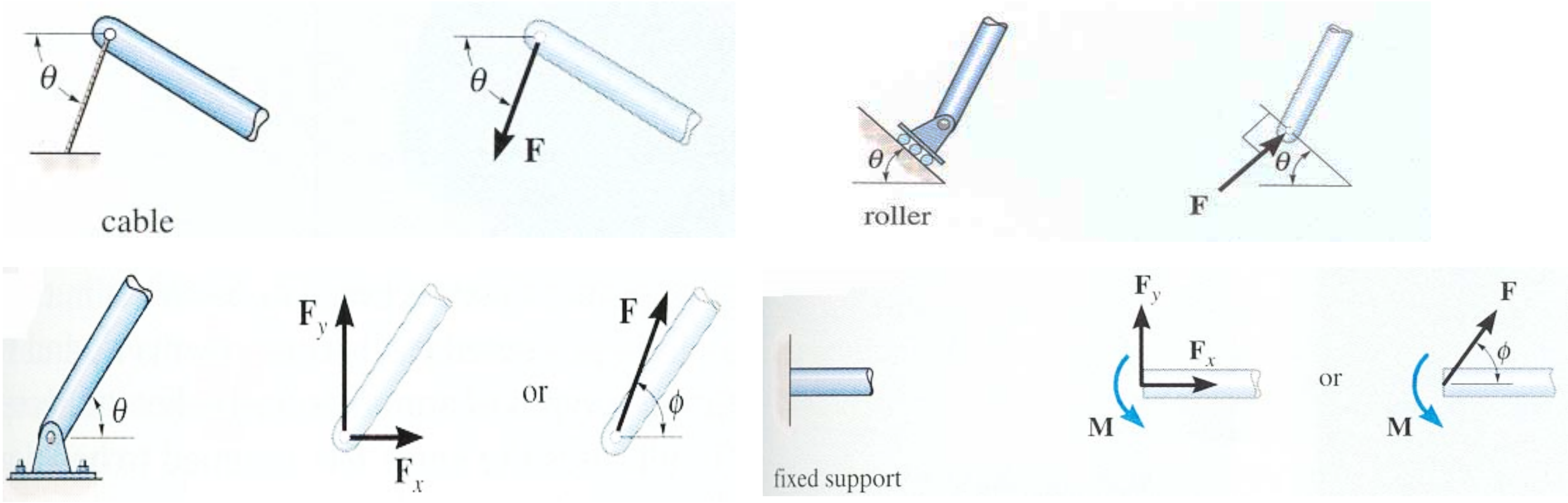


Diagrama de Corpo Livre (DCL)

- Representações clássicas (as mais utilizadas):

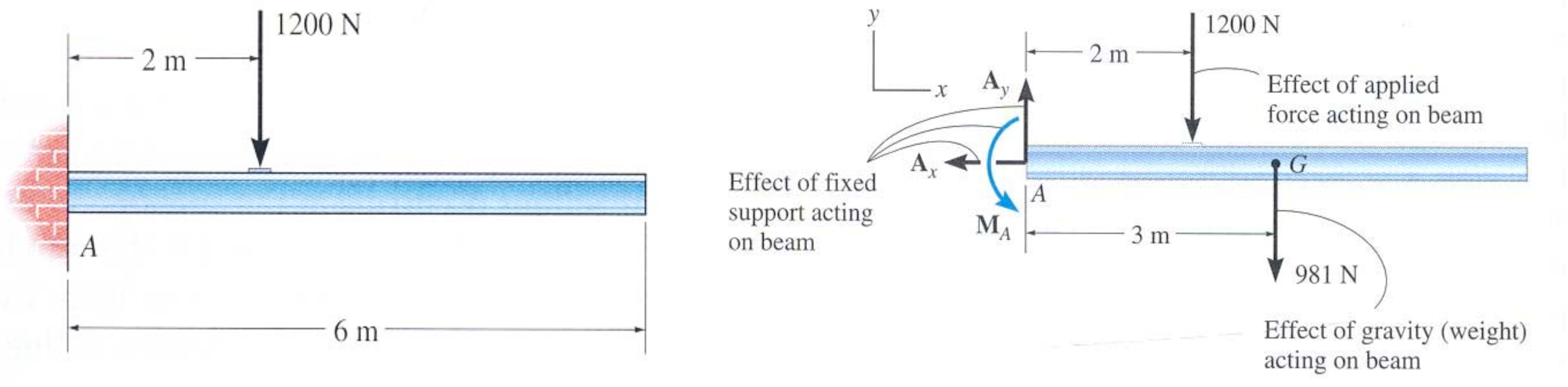
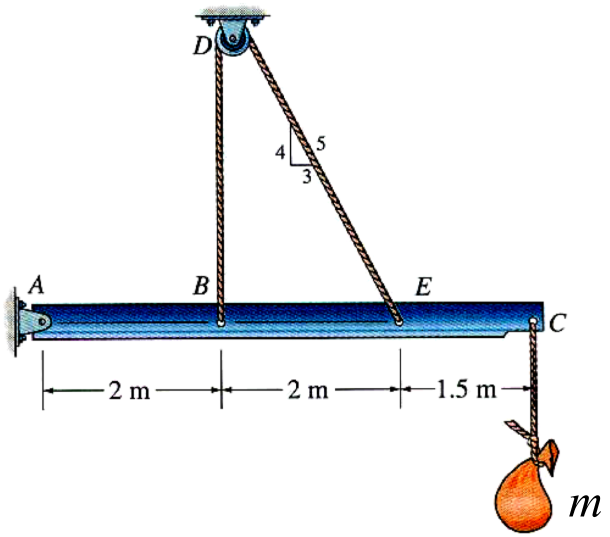


Diagrama de Corpo Livre (DCL)

- Representações clássicas (as mais utilizadas):



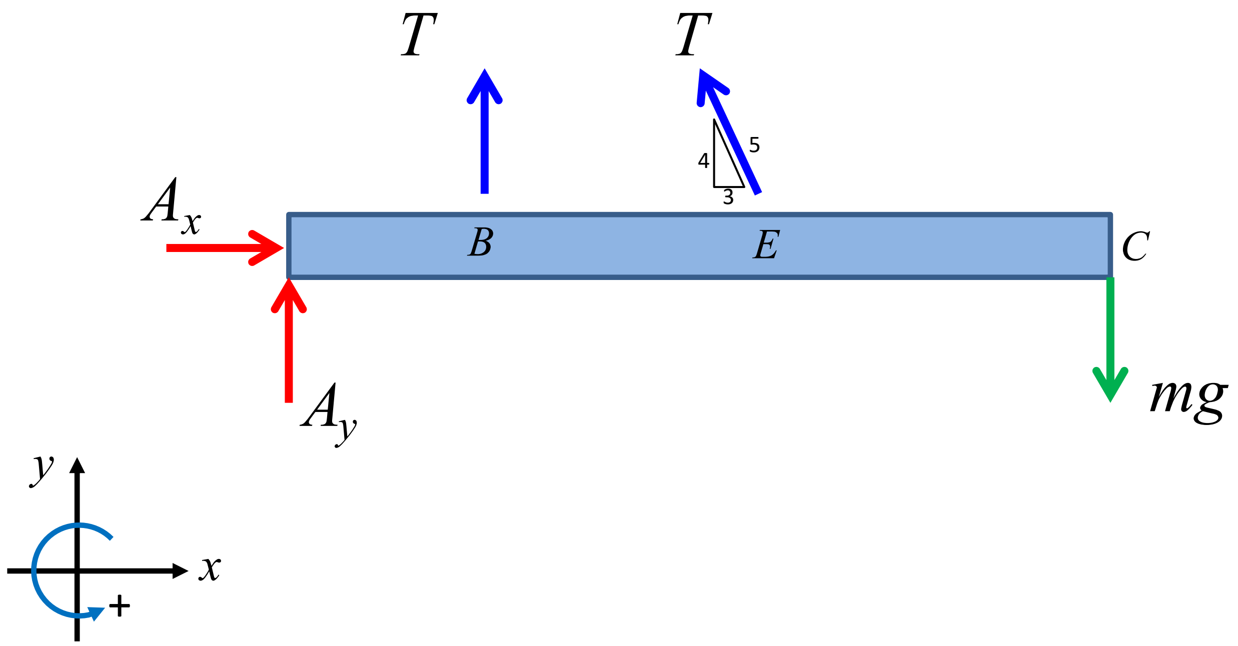
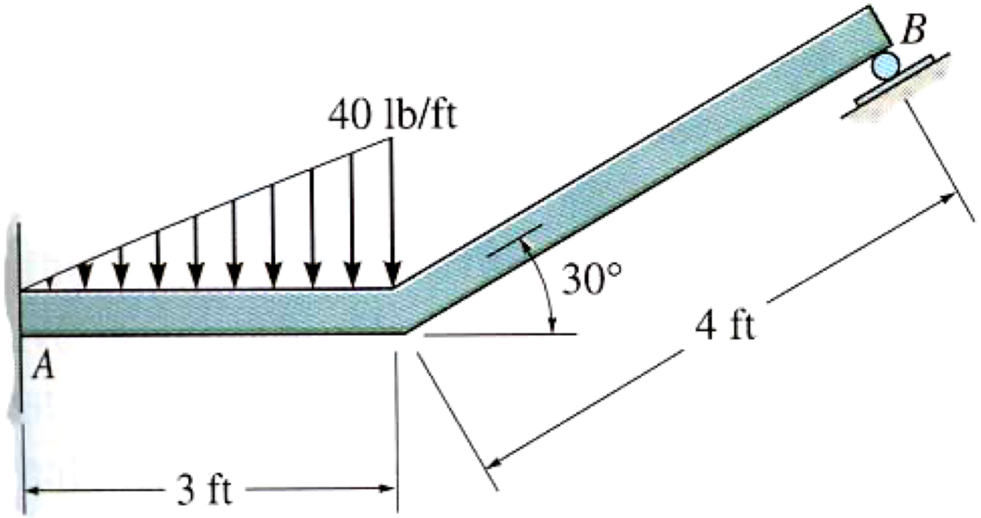
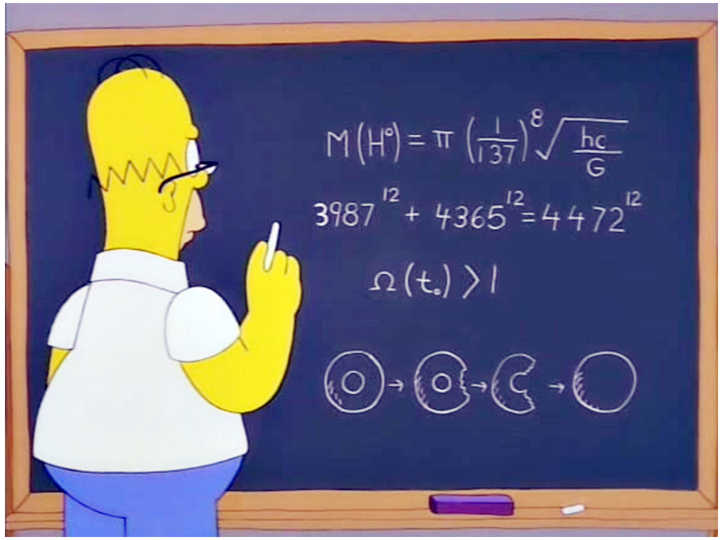


Diagrama de Corpo Livre (DCL)

• problema: faça o DCL da estrutura ao lado e diga se ele pode ser resolvido como um problema de (iso)estática.

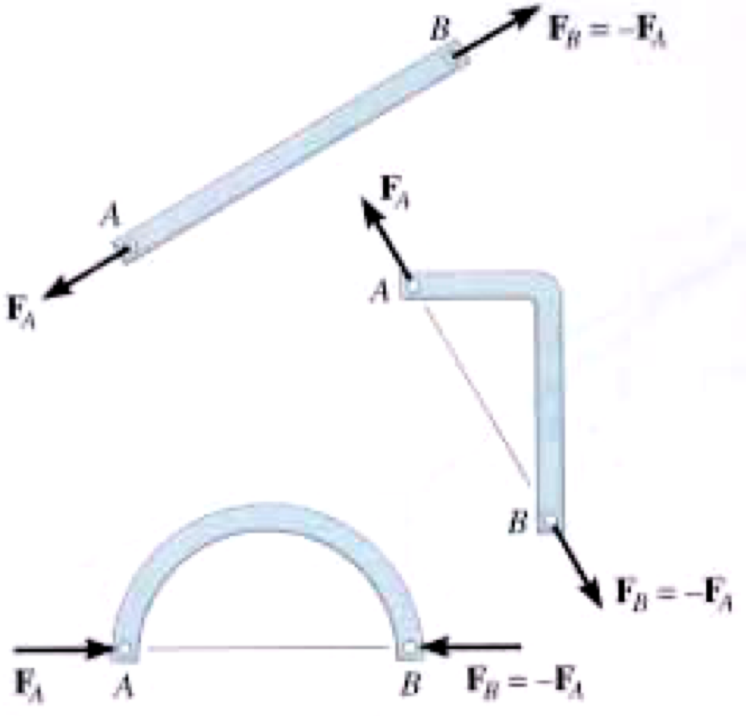


Resolvendo na lousa ....



Casos Especiais

- Elementos de 2 Forças



Two-force members

Casos Especiais

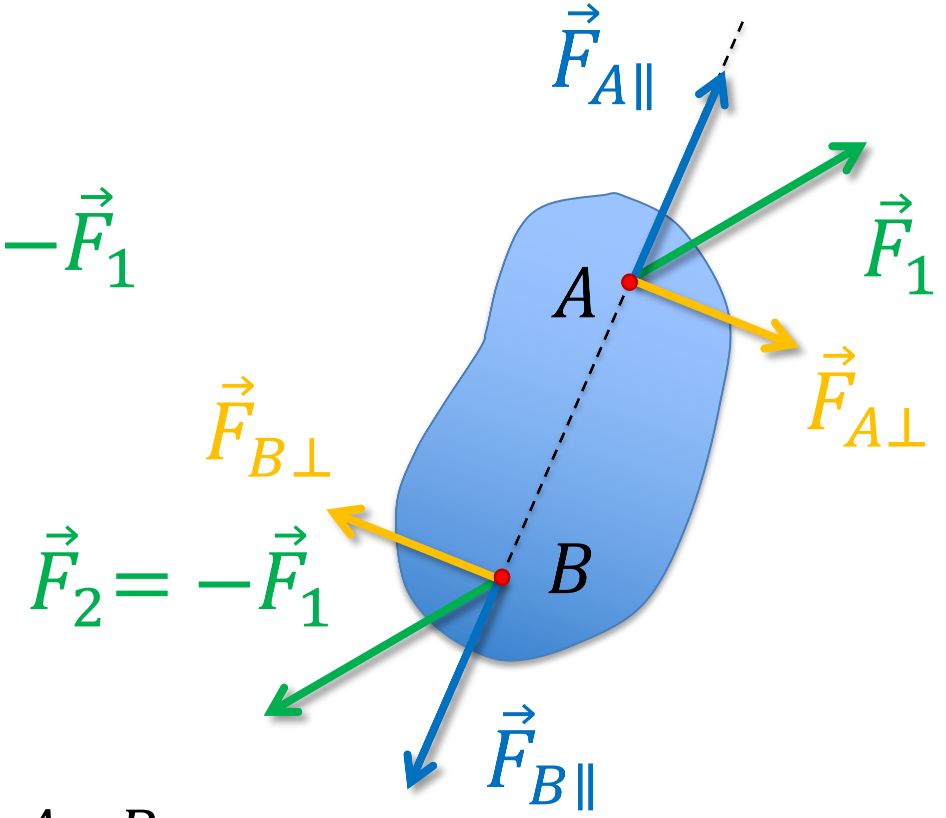
- Elementos de 2 Forças

Equações de Equilíbrio

$$\sum_{n=1}^{N} \vec{F}_n = 0 \rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \rightarrow \vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$

$$\vec{F}_{A\parallel} = \vec{F}_{B\parallel} \quad e \quad \vec{F}_{A\perp} = \vec{F}_{B\perp}$$

$$(\vec{M}_R)_B = 0 \rightarrow \vec{F}_{A\perp} = 0$$



As 2 forças atuam na direção da reta que passa por A e B.

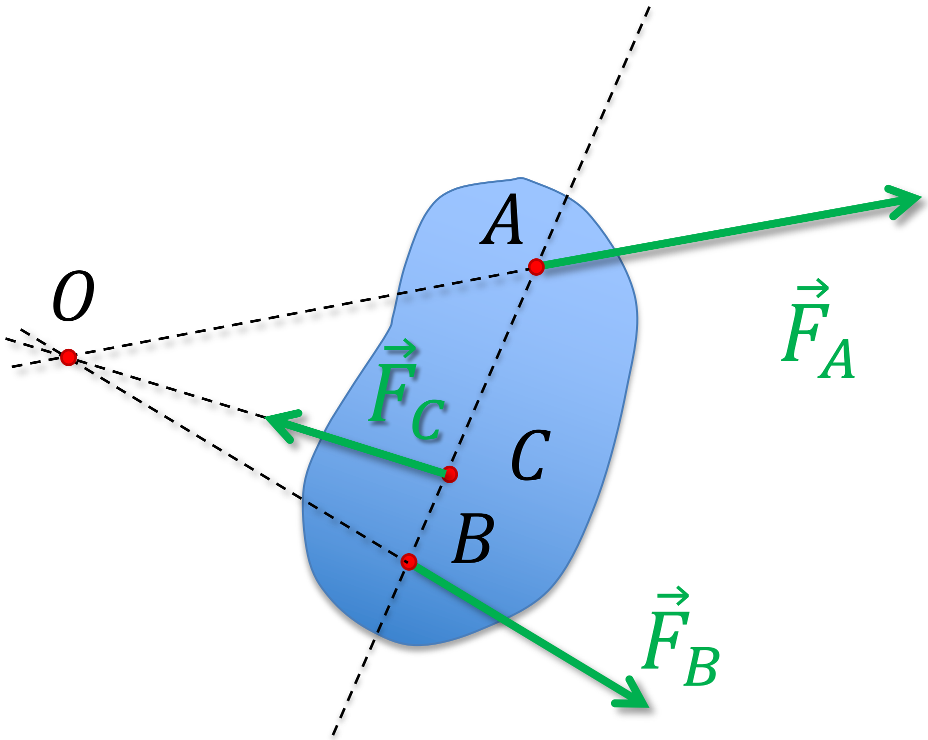
Casos Especiais

- Elementos de 3 Forças

Equações de Equilíbrio

$$\sum_{n=1}^{N} \vec{F}_n = 0 \rightarrow \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C = 0$$

$$(\vec{M}_R)_O = 0 \rightarrow$$ *As 3 forças devem ser concorrentes em O*



Casos Especiais

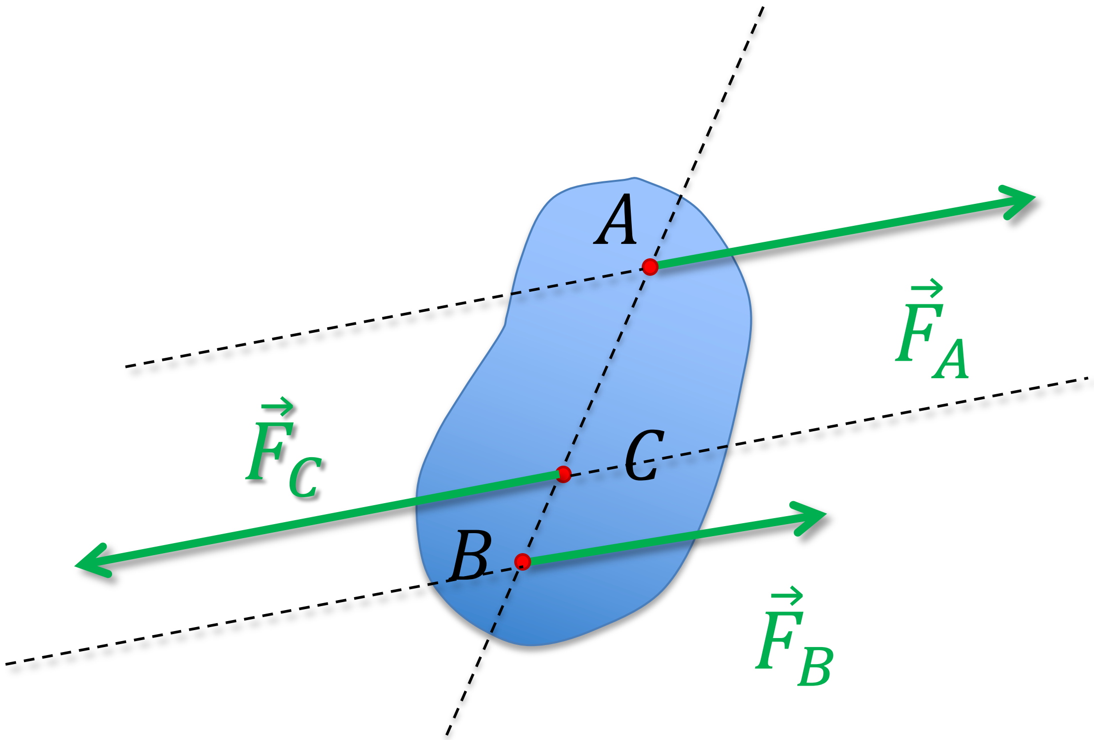
- Elementos de 3 Forças

Equações de Equilíbrio

$$\sum_{n=1}^{N} \vec{F}_n = 0 \rightarrow \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C = 0$$

$$(\vec{M}_R)_O = 0 \rightarrow$$ *As 3 forças devem ser* ***concorrentes em O***

$\rightarrow$ *As 3 forças devem ser* ***paralelas***

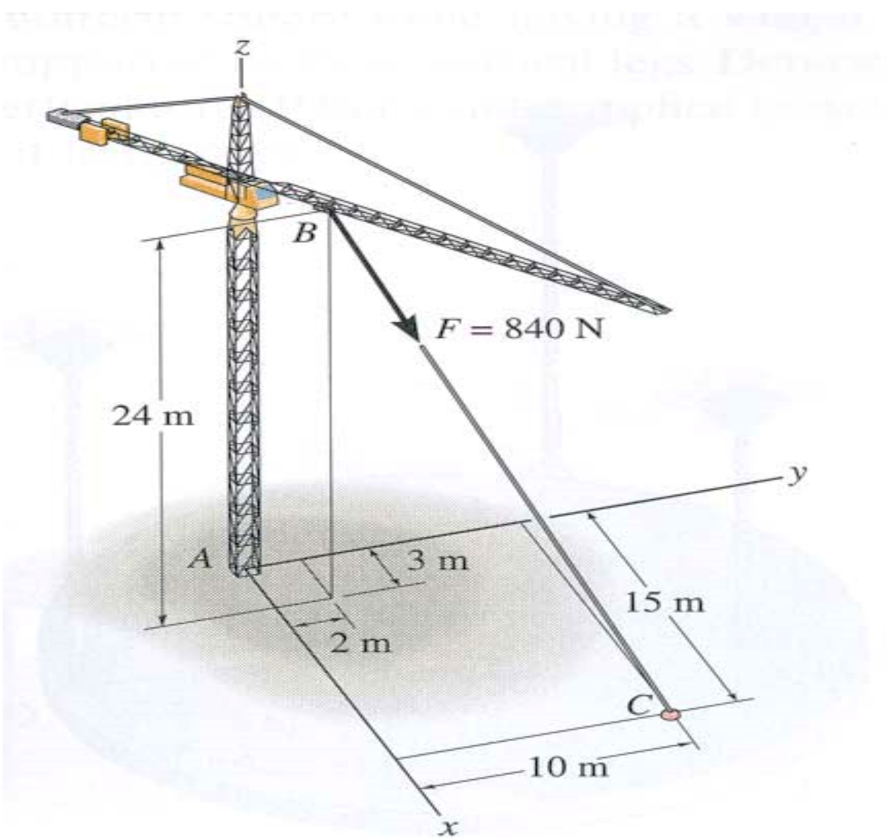


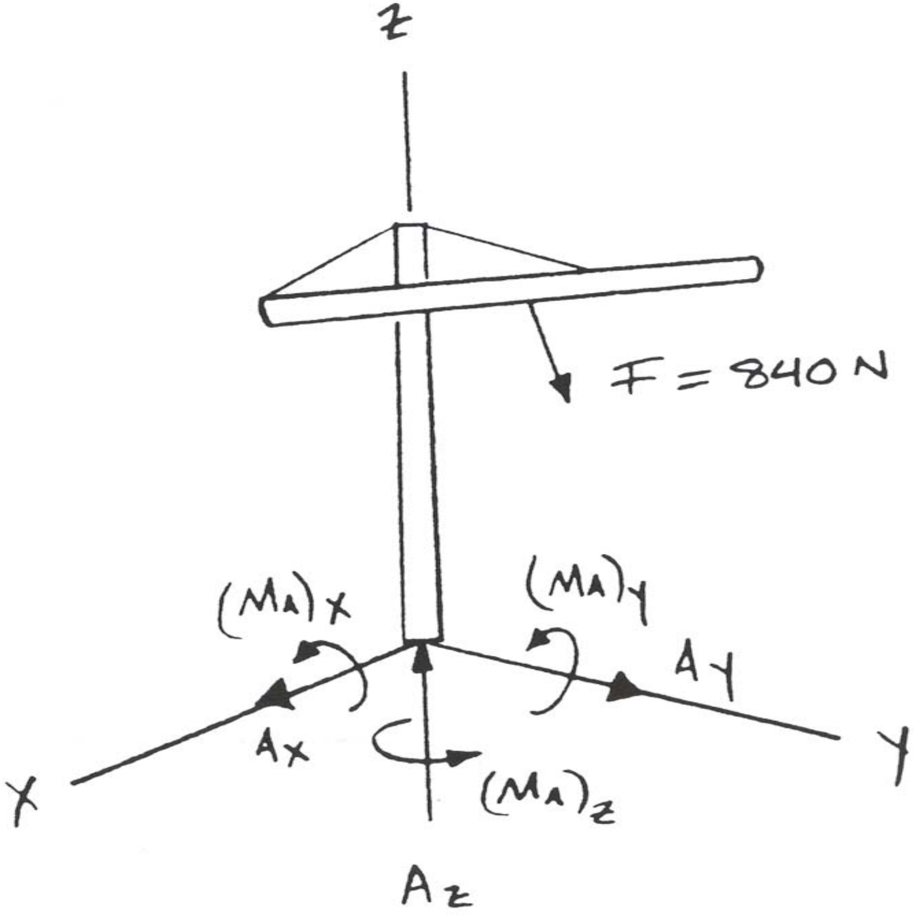
ATENÇÃO para o exemplo (vídeo).

Diagrama de Corpo Livre em 3D

DCL – problemas tridimensionais

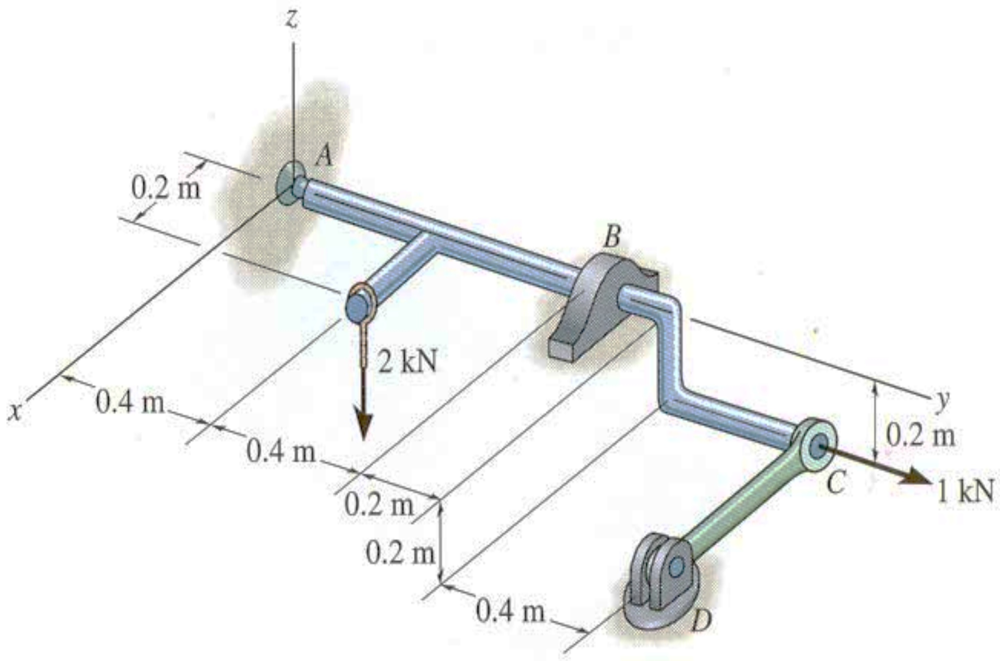
- pode parecer trivial...

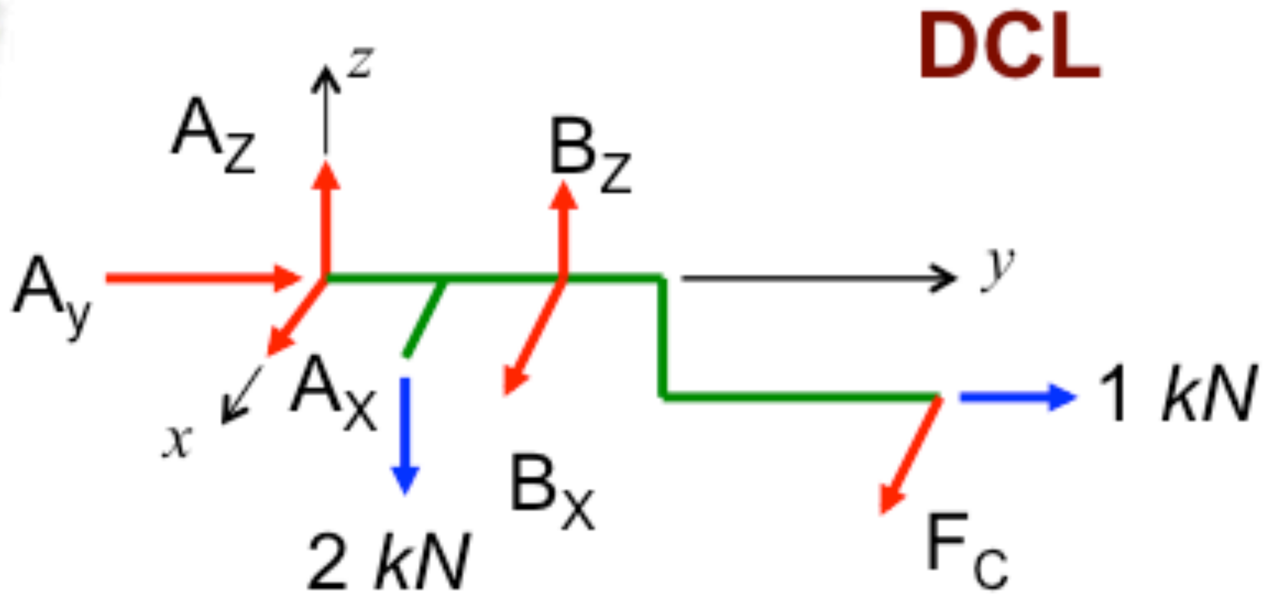




DCL – problemas tridimensionais

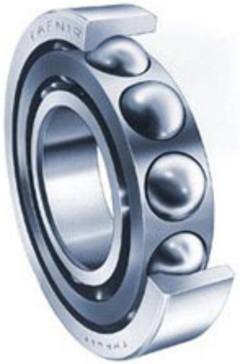
... mas há peculiaridades

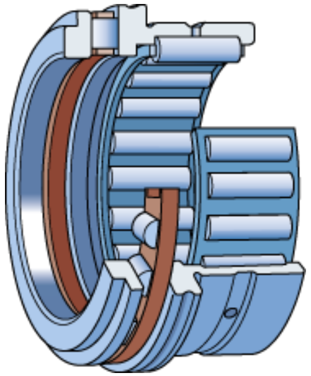


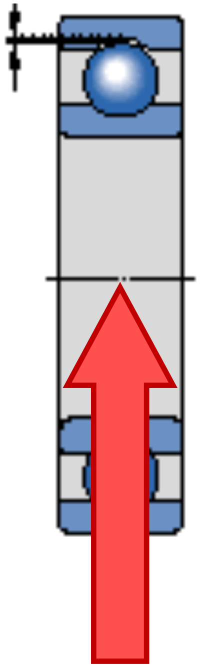


DCL – problemas tridimensionais

- Mancal Radial





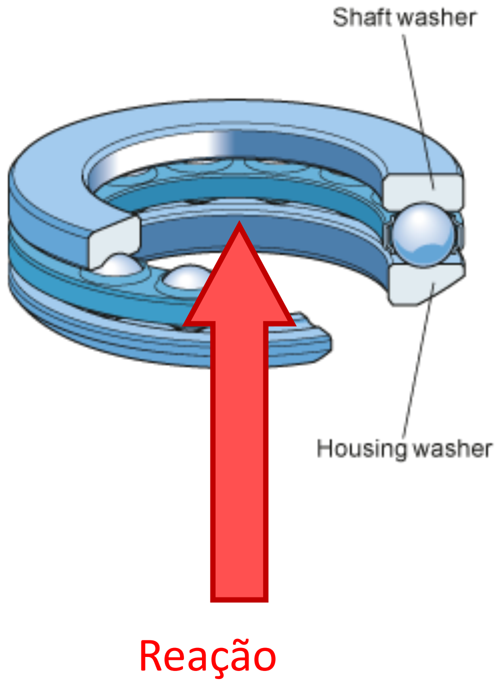


Reação

(caso ideal)

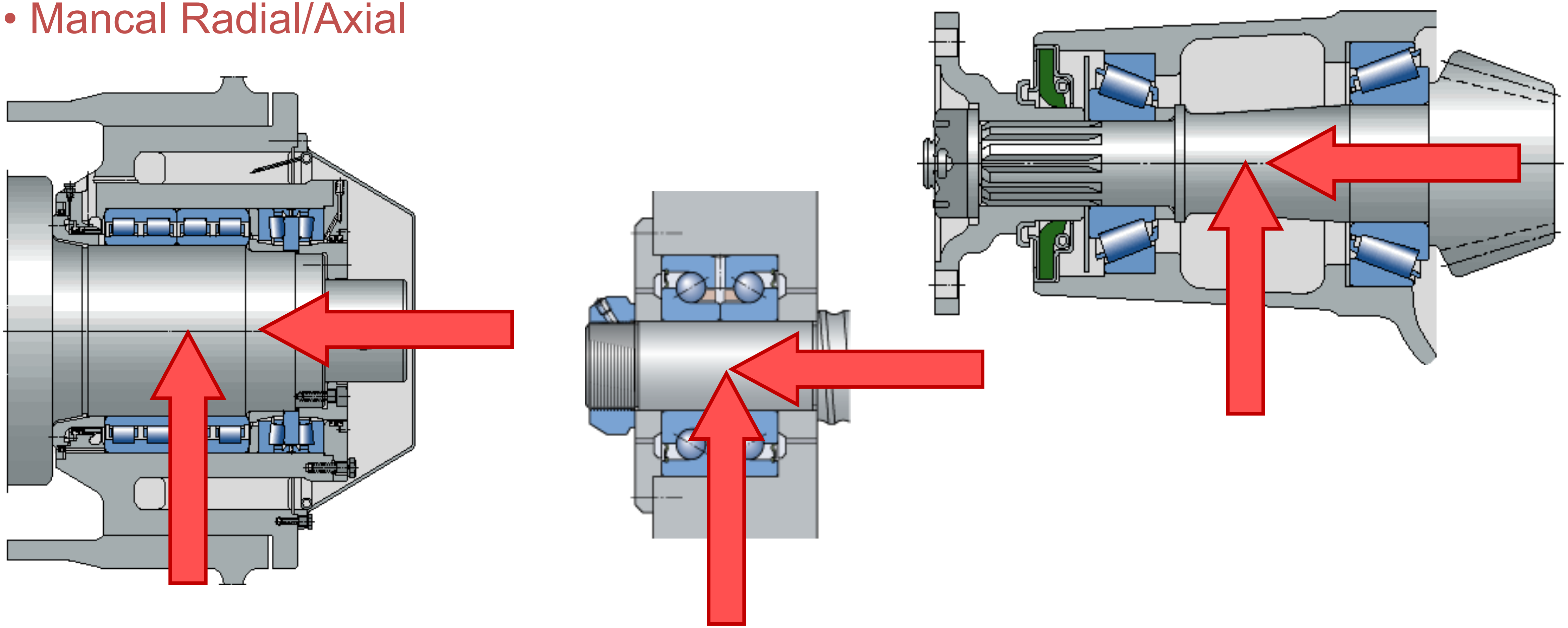
DCL – problemas tridimensionais

- Mancal Axial (de encosto)



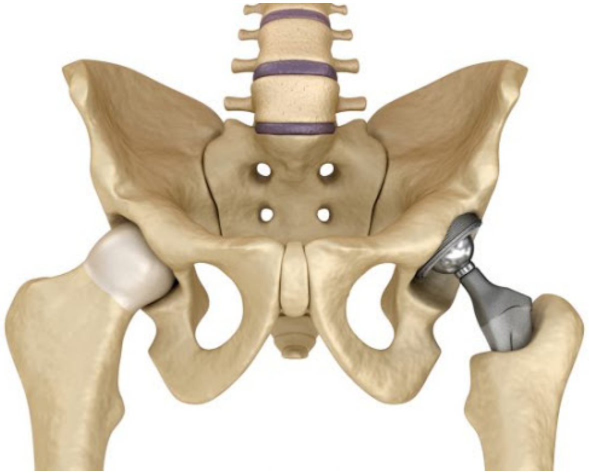
DCL – problemas tridimensionais

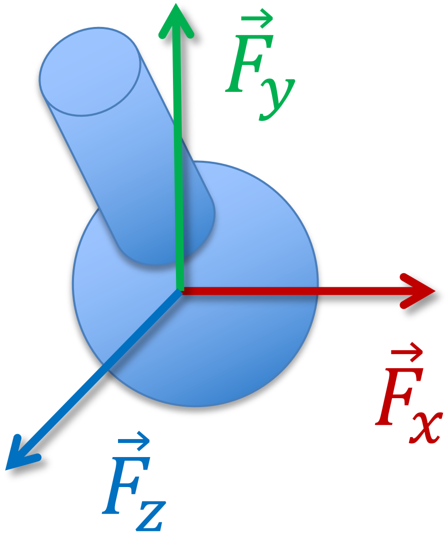
- Mancal Radial/Axial



DCL – problemas tridimensionais

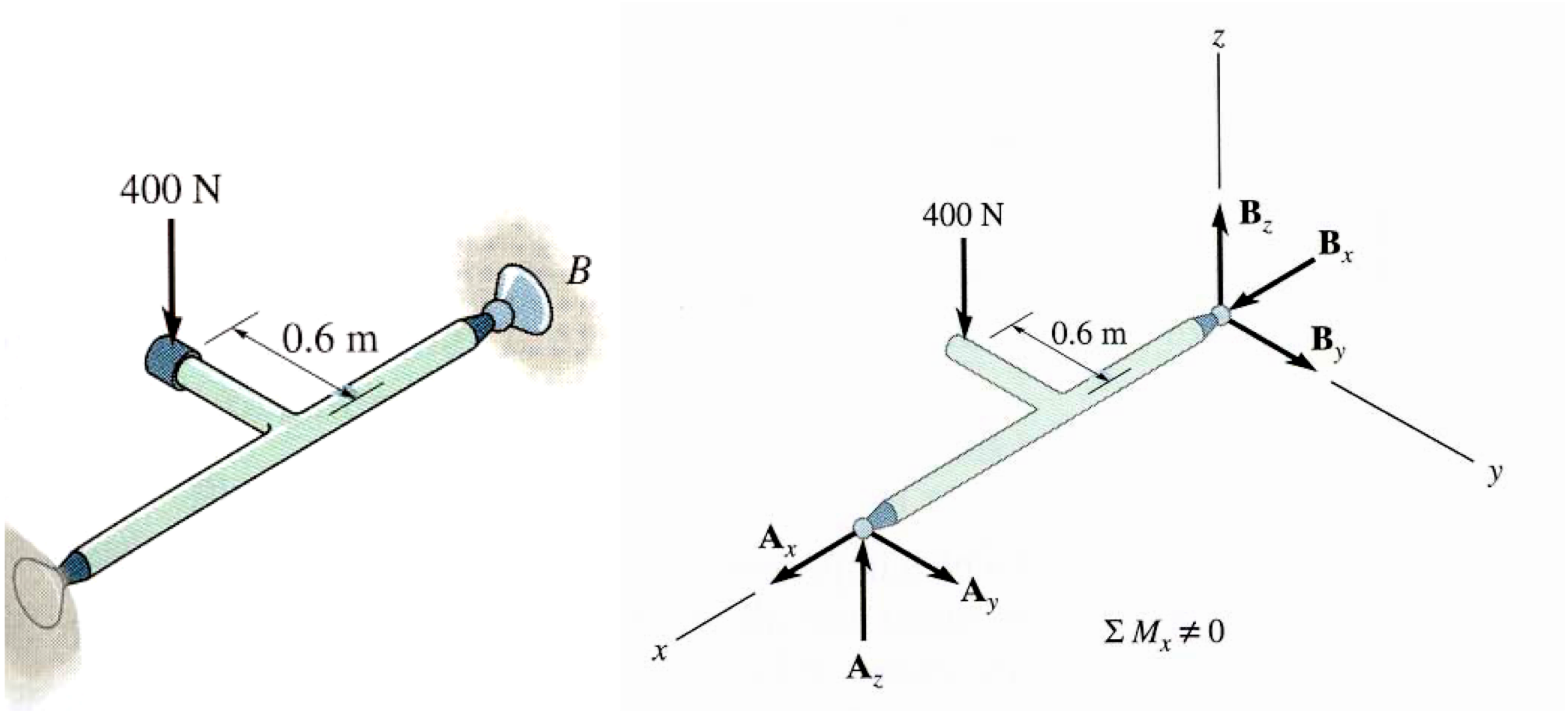
- Junta esférica (rótula)

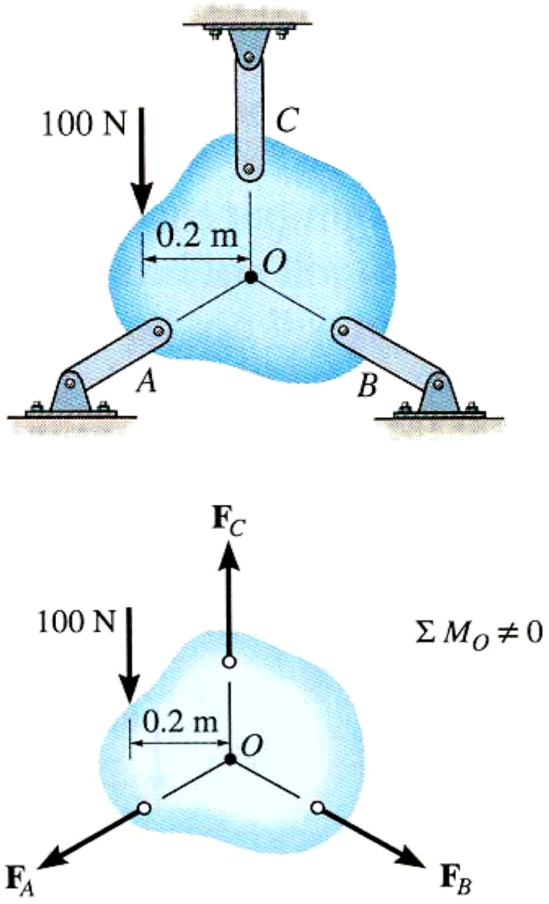




DCL – problemas tridimensionais

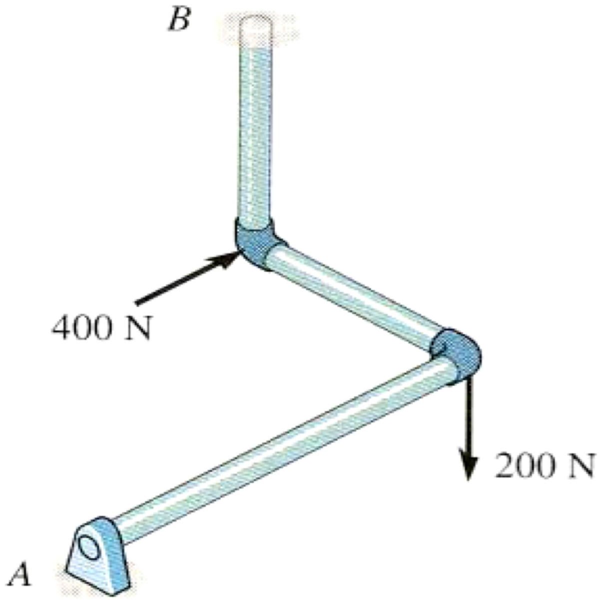
- <u>CUIDADO:</u> Restrições Impróprias

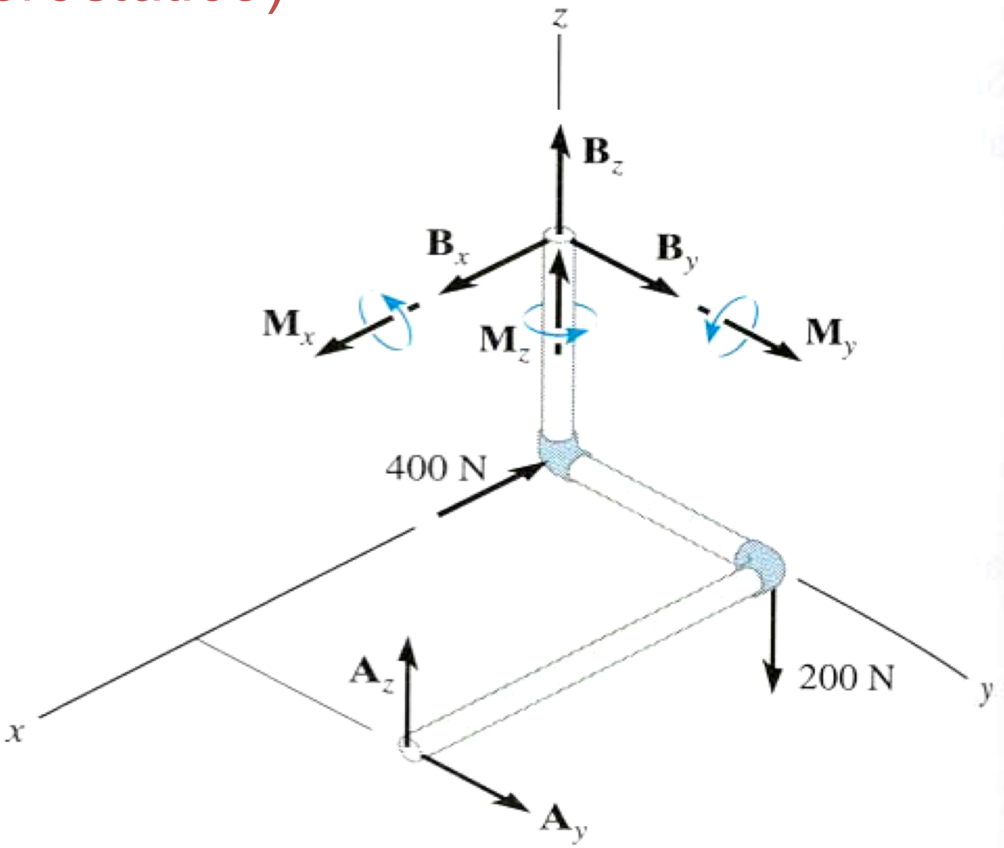




DCL – problemas tridimensionais

- CUIDADO: Restrições redundantes (*hiperestático*)





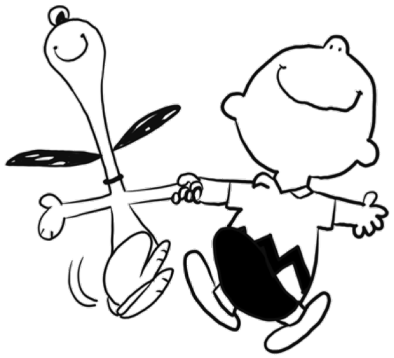
Definir um SISTEMA DE REFERÊNCIA

DCL

Desenhar o DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

$$\Sigma f = 0$$

Escrever as EQUAÇÕES DO EQUILÍBRIO



Por hora, é isso meus caros!