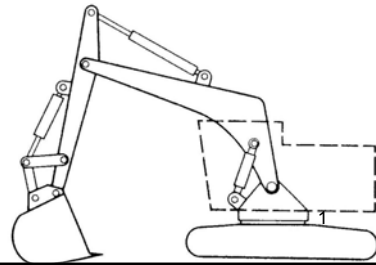


Mecanismos

2-Grau de Liberdade

Prof. Jorge Luiz Erthal
jorgeerthal@gmail.com



28/07/2016

Conteúdo

- Mobilidade de um corpo
- Par cinemático
- Elo
- Cadeia cinemática
- Mecanismo
- Grafo de um mecanismo
- Grau de liberdade de um mecanismo

28/07/2016

2

Definição de Par Cinemático

- Mobilidade
- Par cinemático
- Classificação

28/07/2016

3

Mobilidade

Representa a soma dos movimentos possíveis em cada “direção”.

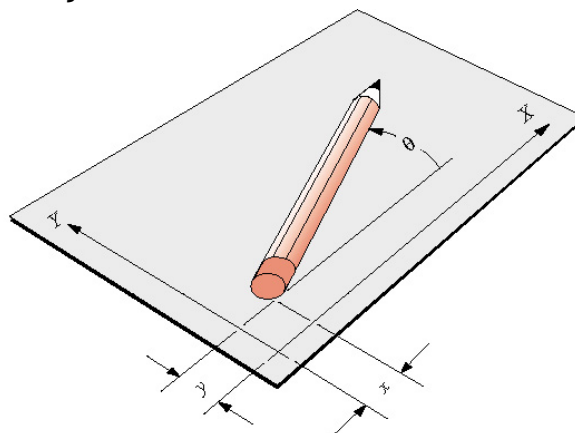


FIGURE 2-1

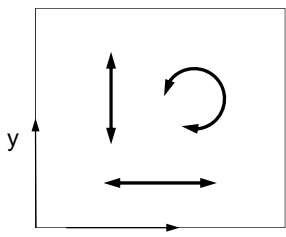
A rigid body in a plane has three *DOF*.

4

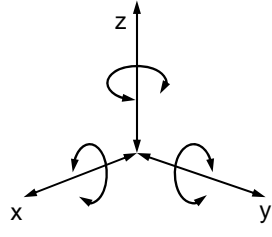
Mobilidade

Representa a soma dos movimentos possíveis em cada “direção”.

No plano: $M=3$ No espaço tridimensional: $M=6$



1 rotação
2 translações



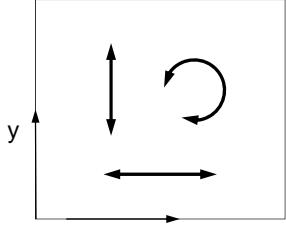
3 rotações
3 translações

28/07/2016
5

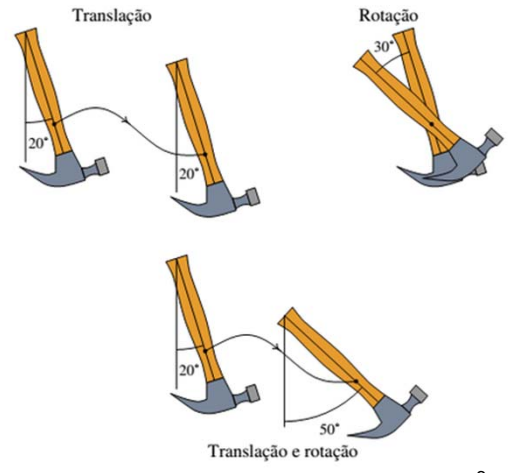
Mobilidade

Representa a soma dos movimentos possíveis em cada “direção”.

No plano: $M=3$



1 rotação
2 translações



Translação Rotação

Translação e rotação

28/07/2016
6

Junta ou Par cinemático

Par de superfícies mantidas permanentemente em contato de tal forma a produzir um movimento relativo bem definido entre elas.

Pode ser:

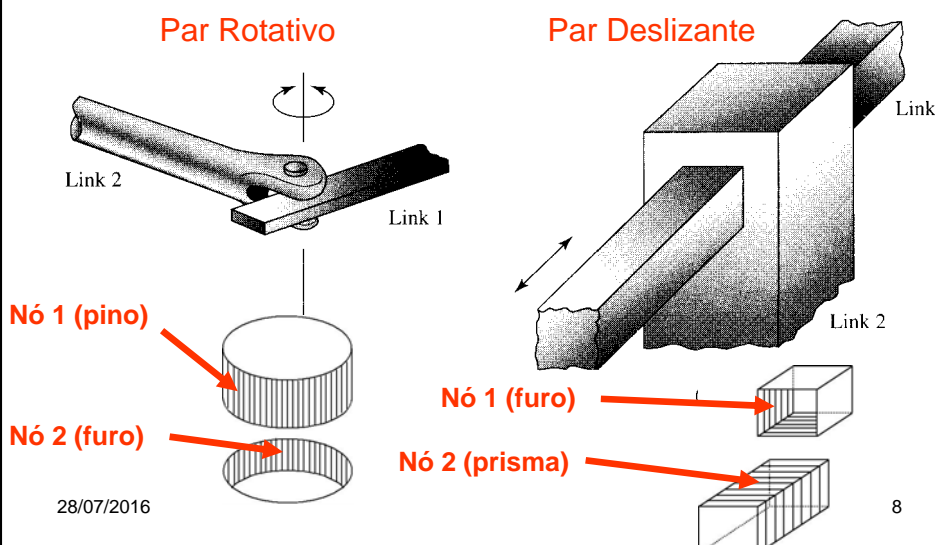
- **inferior**: o contato é uma superfície
- **superior**: o contato é uma reta ou um ponto

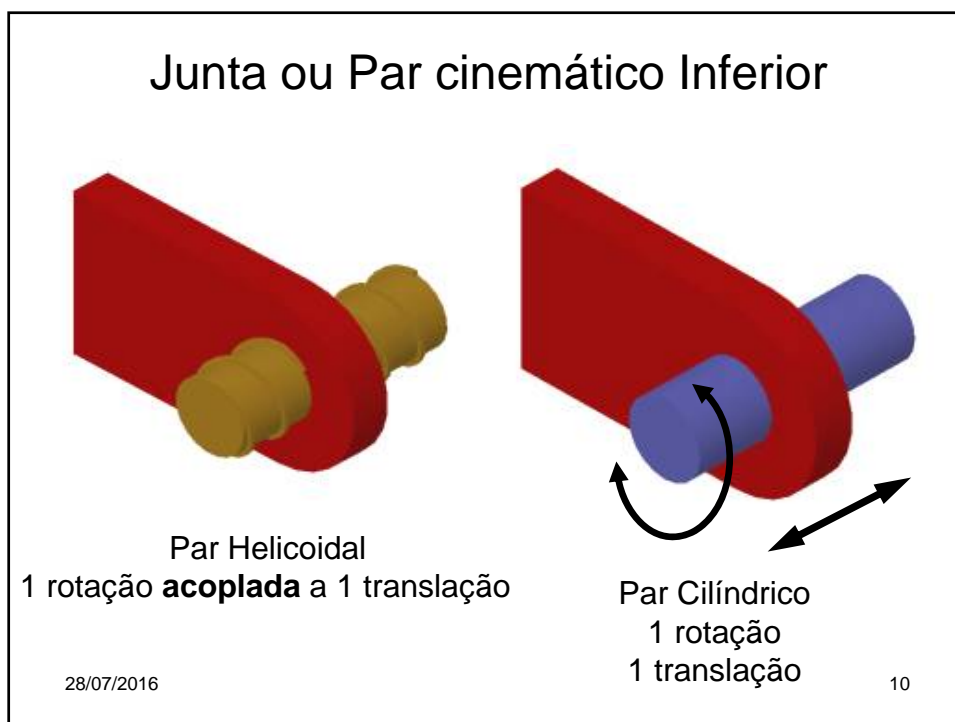
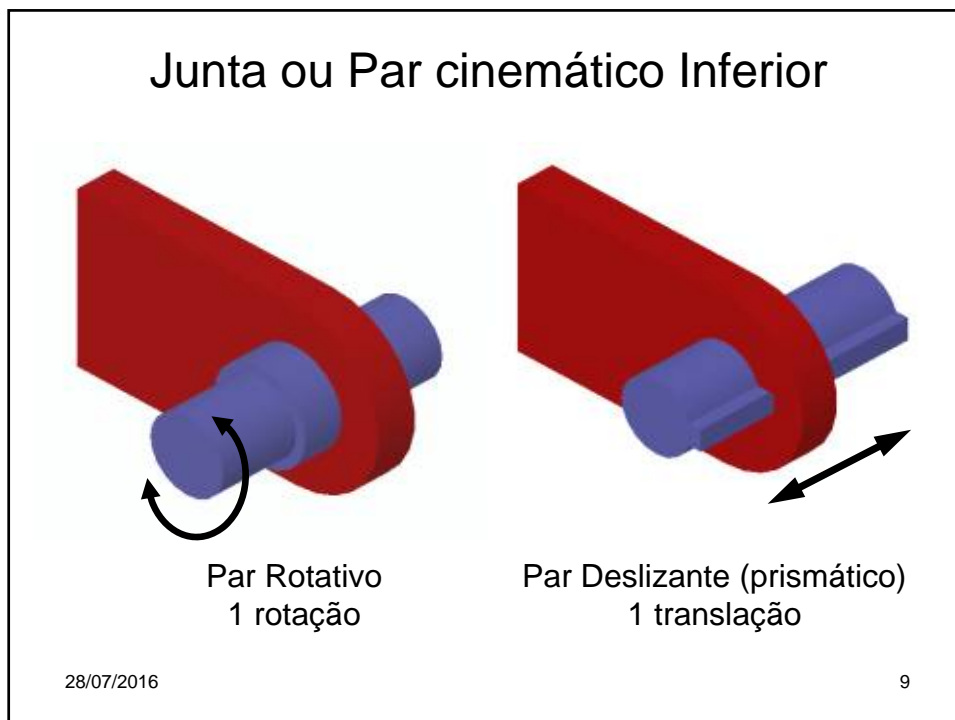
28/07/2016

7

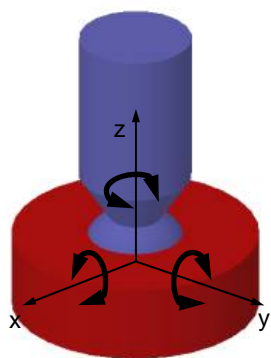
Junta ou Par cinemático Inferior

O contato é uma **superfície**

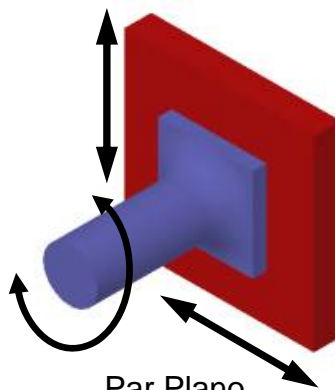




Junta ou Par cinemático inferior



Par Esférico
3 rotações



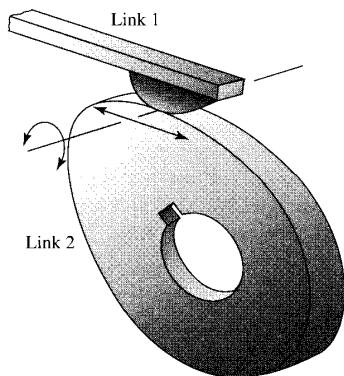
Par Plano
1 rotação
2 translações

28/07/2016

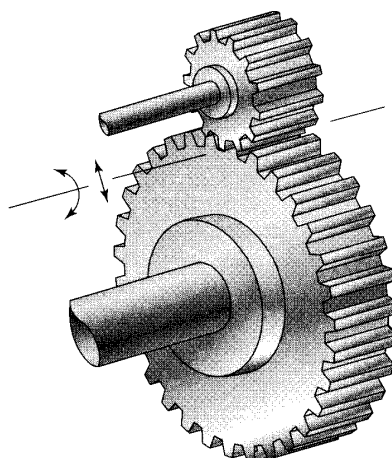
11

Junta ou Par cinemático

Par cinemático **superior**: o contato é um **ponto** ou uma **linha**



(a) Cam joint



(b) Gear joint

28/

Classificação dos pares cinemáticos

Type of joint (pair)	Lower pair (L) or higher pair (H)		Symbol	Degrees of freedom (connectivity) of the joint in a spatial linkage	Schematic representation	Possible configuration	Descriptive example
Revolute	L	R	1	θ			A pin joint that permits rotation only
Prism	L	P	1	x			A straight spline that permits sliding only
Helix	L	H	1	x or θ			Power screw or helical spline
Cylinder	L	C	2	x, θ			A sleeve that permits both rotation and sliding

Classificação dos pares cinemáticos

Sphere	L	S	3	θ, ϕ, γ			A ball (and socket) joint permitting rotation in three angular directions
Plane	L	P_L	3	x, y, θ			A surface restraint permitting rotation and motion parallel to the plane of the surface
Universal joint	L	U	2	θ, ϕ			The Hooke-type universal joint that combines two revolute pairs
Spur gear pair	H	G	2	(rolling and sliding)			Spur gears, helical gears, and other gears
Cam pair	H	*	2	(rolling and sliding)			Disk cam and follower

Definição de Mecanismo

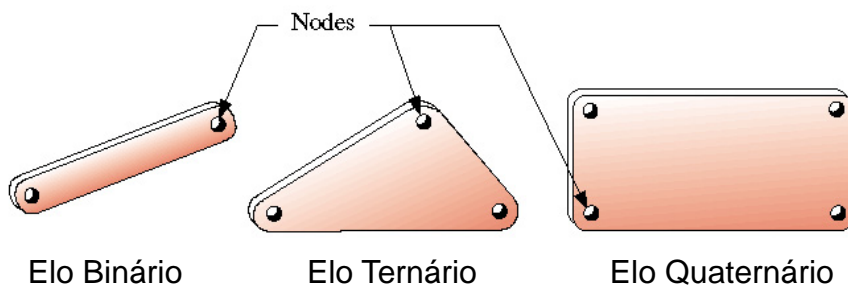
- Elo
- Cadeia cinemática
- Mecanismo

28/07/2016

15

Elo (*link*)

Corpo rígido composto por dois ou mais nós



Cadeia cinemática

Sistema resultante da conexão de vários **elos** formando um conjunto que ainda pode produzir movimento relativo.

pares cinemáticos

elos

28/07/2016
17

Mecanismo

Def.: Cadeia cinemática onde um dos elos permanece **fixo**.
 Fixando-se cada um dos elos tem-se um mecanismo diferente (inversão)

elo fixo

28/07/2016
18

Mecanismo

Def.: Cadeia cinemática onde um dos elos permanece **fixo**.
 Fixando-se cada um dos elos tem-se um mecanismo diferente (inversão)

elo fixo

28/07/2016 19

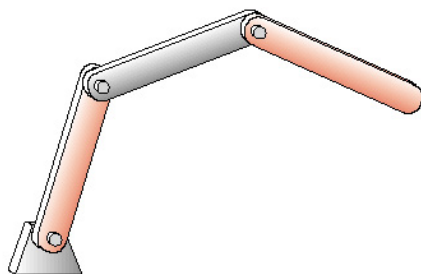
Classificação

- Quanto ao fechamento da cadeia cinemática
- Quanto ao número de circuitos

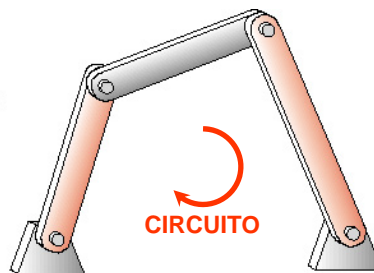
28/07/2016 20

Classificação

Quanto ao fechamento da cadeia cinemática



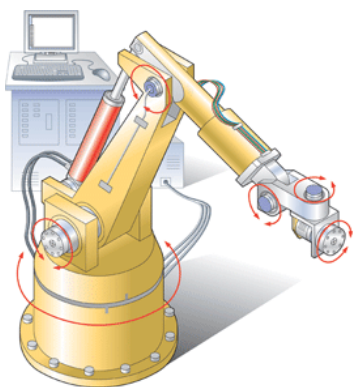
mecanismo de cadeia cinemática **aberta**



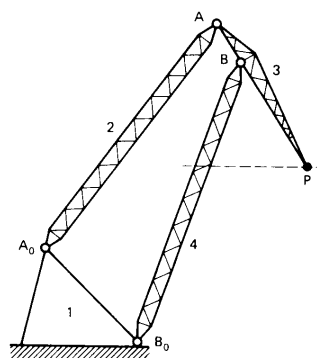
mecanismo de cadeia cinemática **fechada**

Exemplos

Quanto ao fechamento da cadeia cinemática



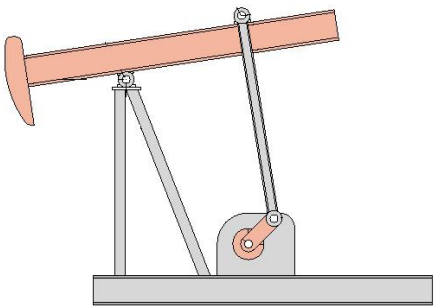
mecanismo de cadeia cinemática **aberta**



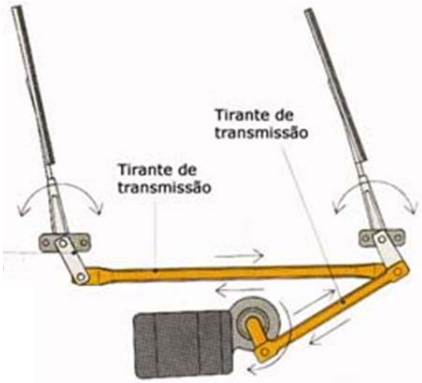
mecanismo de cadeia cinemática **fechada**

Classificação

Quanto ao número de circuitos



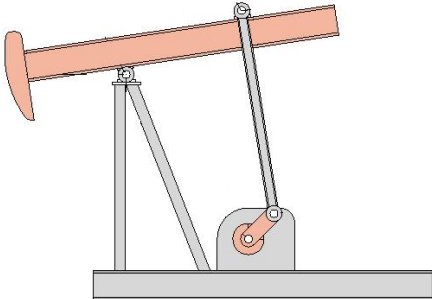
Cadeia SIMPLES
1 circuito

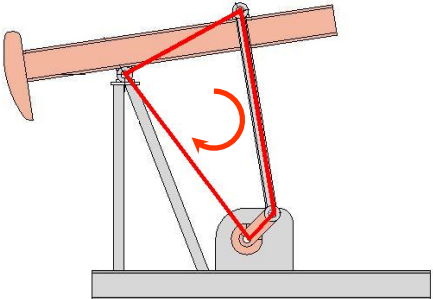


Cadeia COMPOSTA
mais de 1 circuito

28/07/2016 23

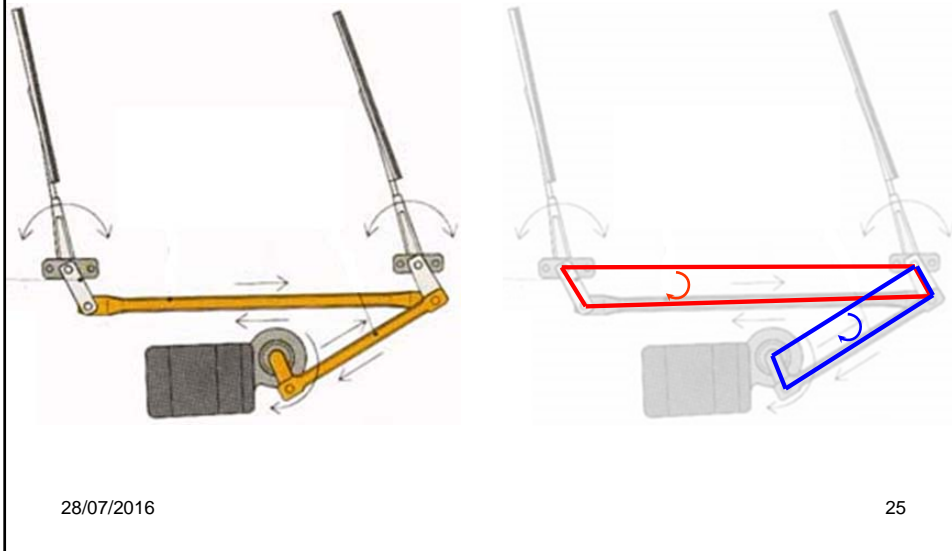
Mecanismo de cadeia cinemática simples





28/07/2016 24

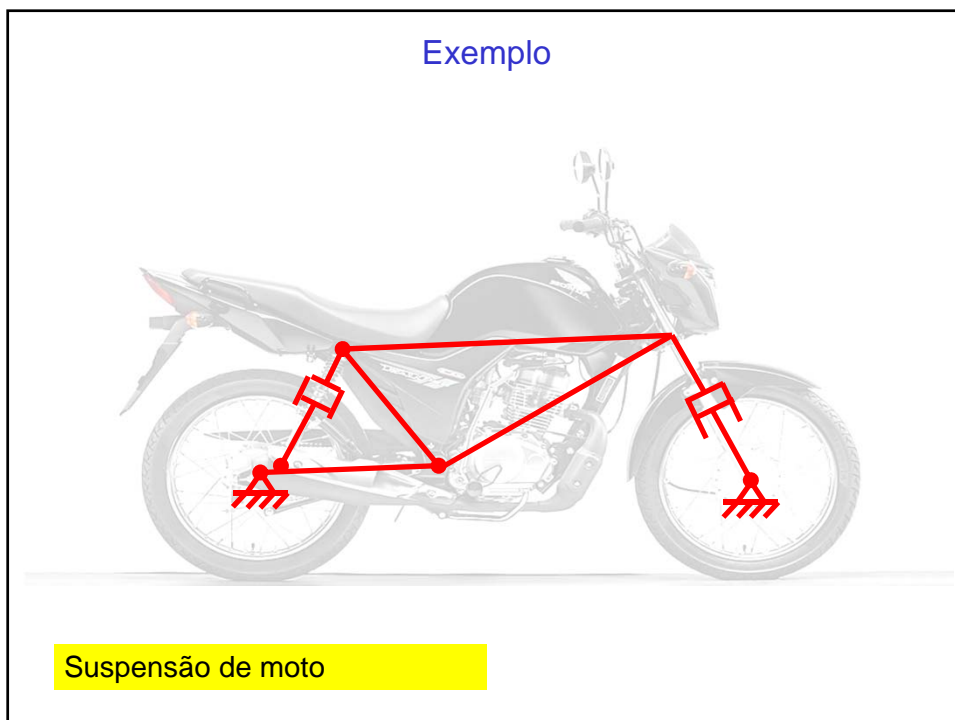
Mecanismo de cadeia cinemática composta



Exemplo



Suspensão de moto



Representação de um Mecanismo

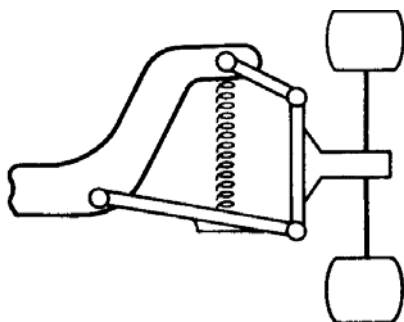
- Grau de detalhamento
- Cadeia cinemática
- Grafo

28/07/2016

29

Representação

Quanto ao grau de detalhamento



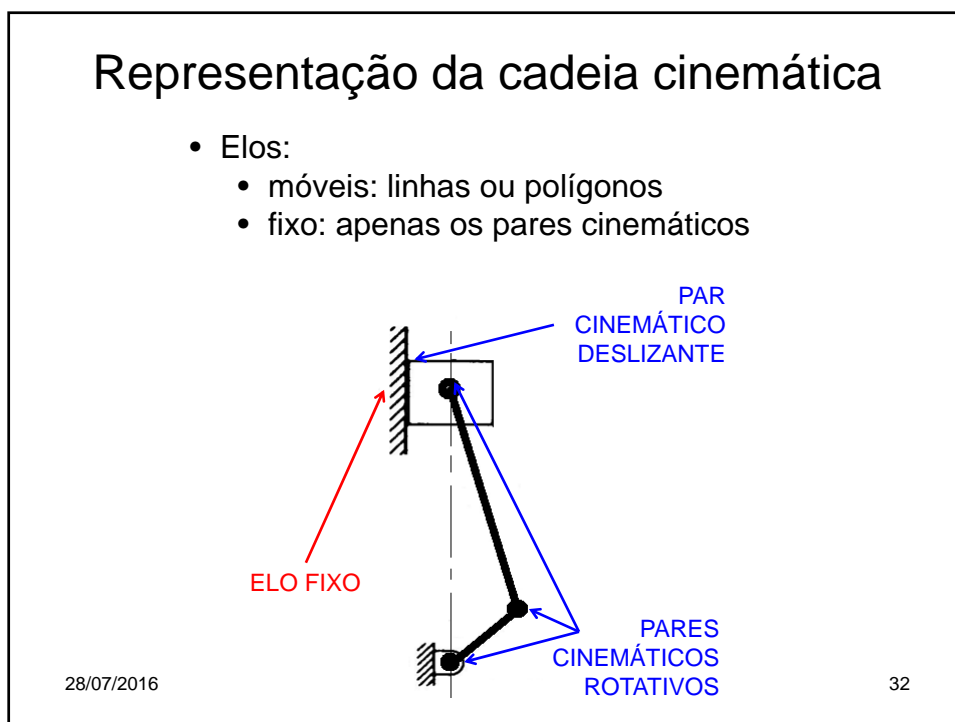
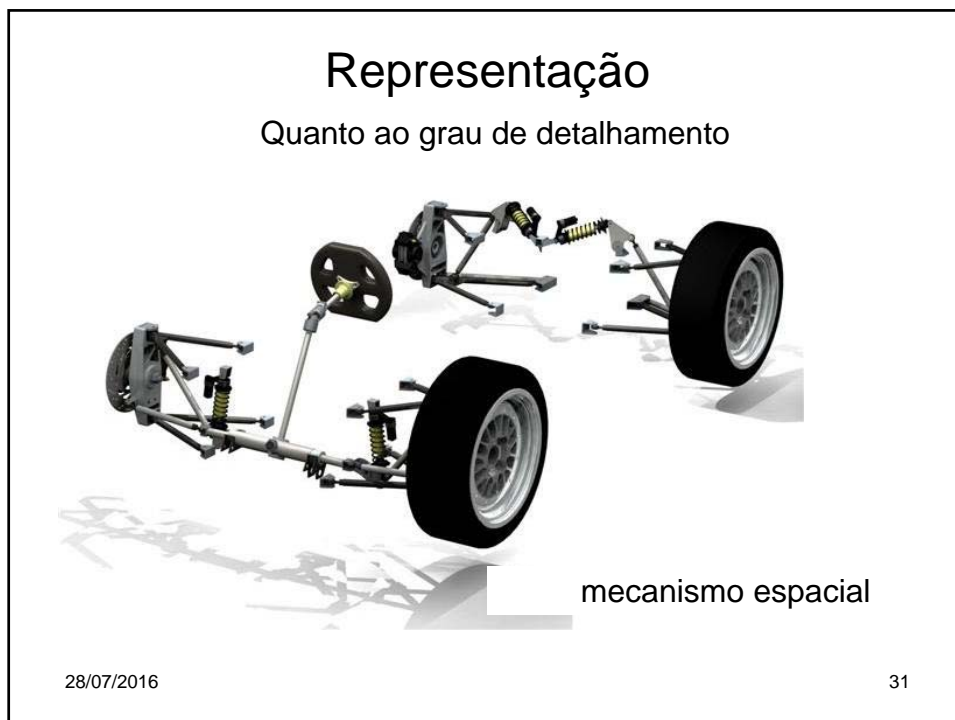
mecanismo plano

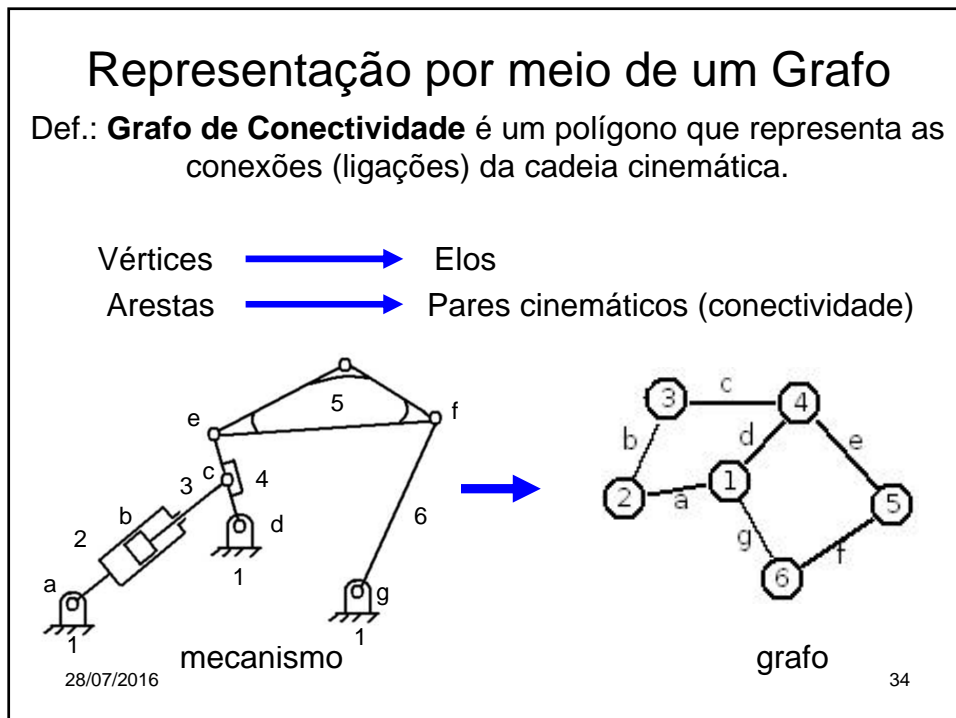
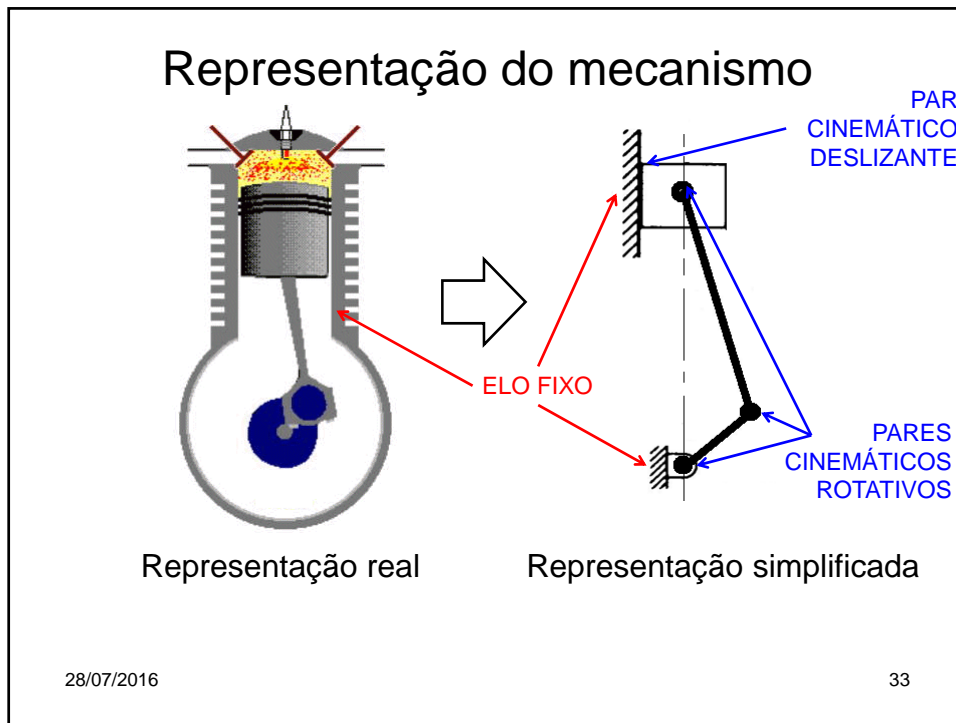


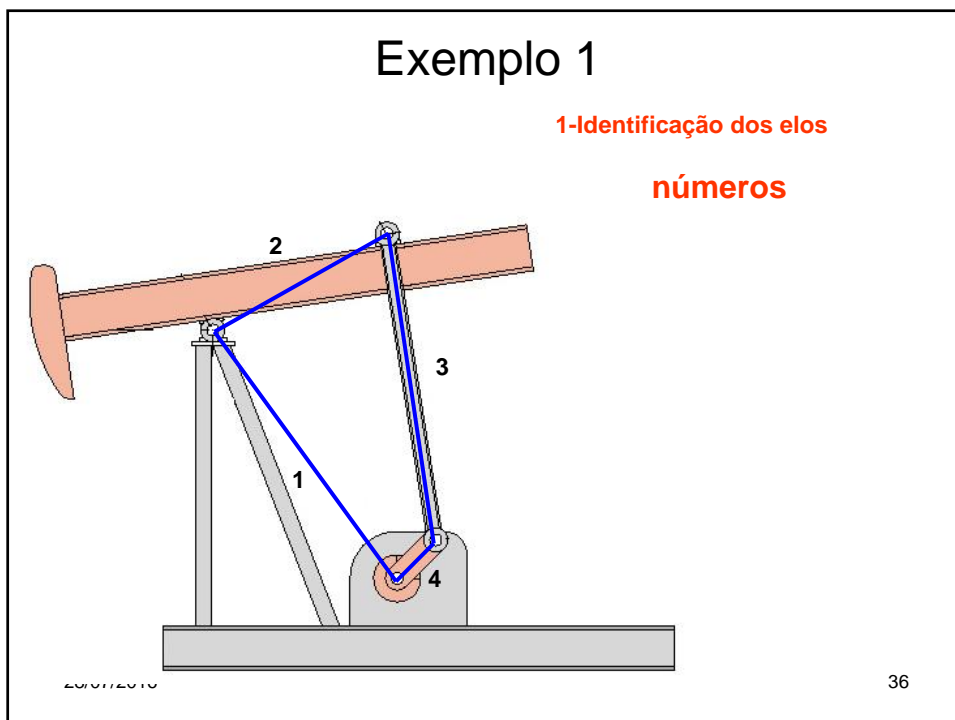
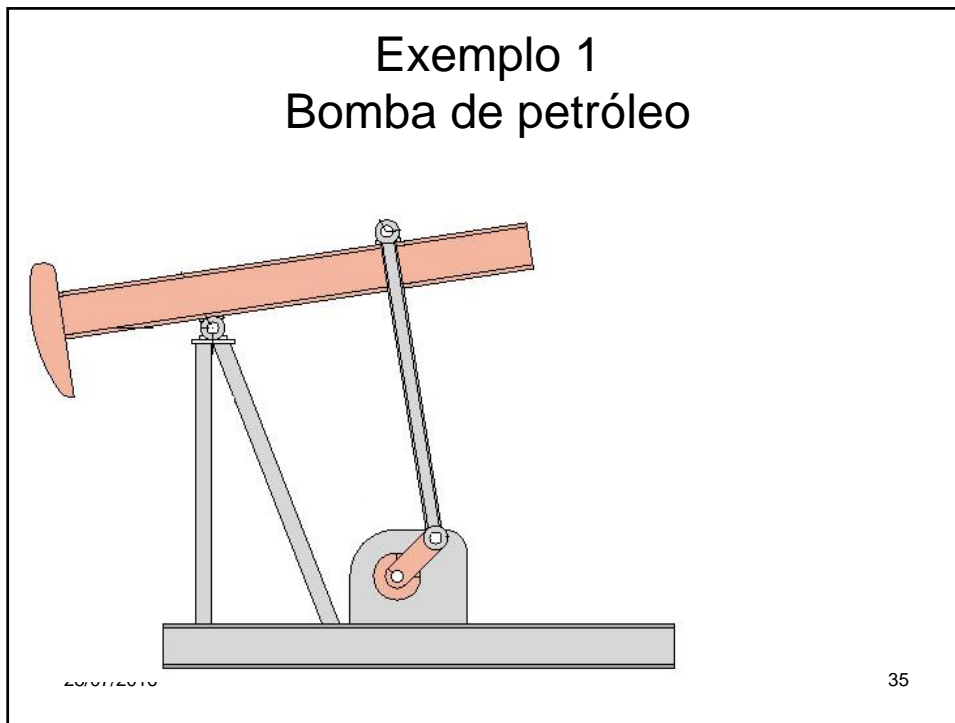
mecanismo espacial

28/07/2016

30







Exemplo 1

1-Identificação dos elos
2-Identificação dos pares cinemáticos

letras

28/07/2016 37

Exemplo 1

1-Identificação dos elos
2-Identificação dos pares cinemáticos
3-Definição dos vértices

elos

28/07/2016 38

Exemplo 1

- 1-Identificação dos elos
- 2-Identificação dos pares cinemáticos
- 3-Definição dos vértices
- 4-Definição das arestas

juntas (pares cinemáticos)

39

Exemplo 2 Caçamba

0

28/07

Grau de liberdade de um Mecanismo

- Critério de Gruebler

28/07/2016

41

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

- Número de acionamentos necessários para movimentar o mecanismo.
- Quantidade de parâmetros independentes necessária para especificar a posição de cada elo.

Critério de Gruebler: $F = 3.(N - 1) - 2.P1 - P2$

F – número de graus de liberdade do mecanismo

N – número total de elos do mecanismo

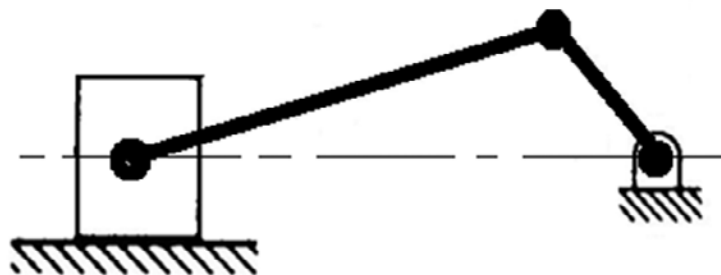
P1 – número de pares cinemáticos com 1 g.l.

P2 – número de pares cinemáticos com 2 g.l.

42

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

Exemplo 1:

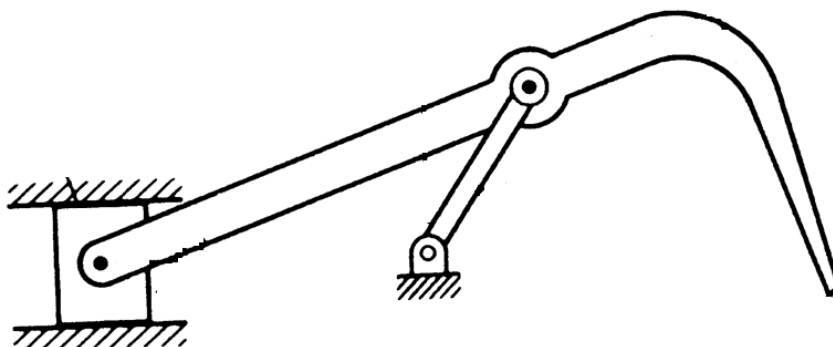


28/07/2016

43

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

Exemplo 2:

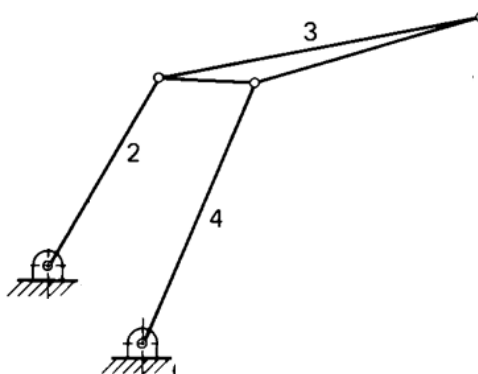


28/07/2016

44

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

Exemplo 3:

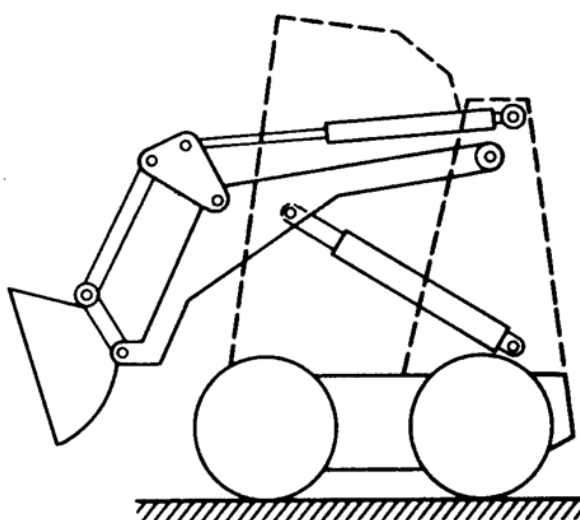


28/07/2016

45

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

Exemplo 4:

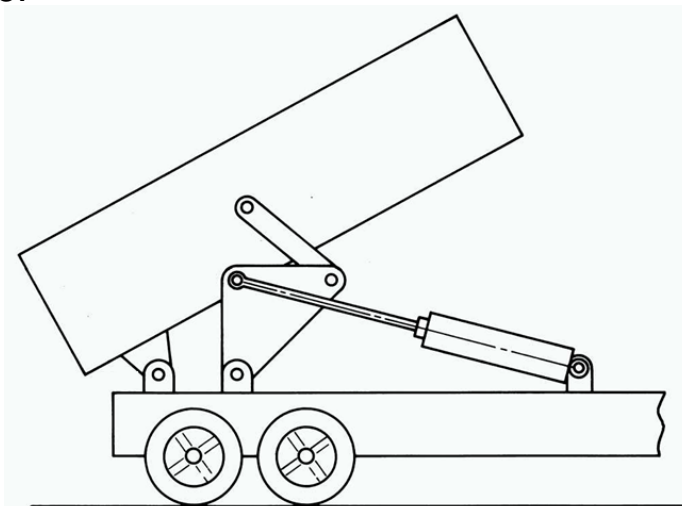


28/07/2016

46

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

Exemplo 5:

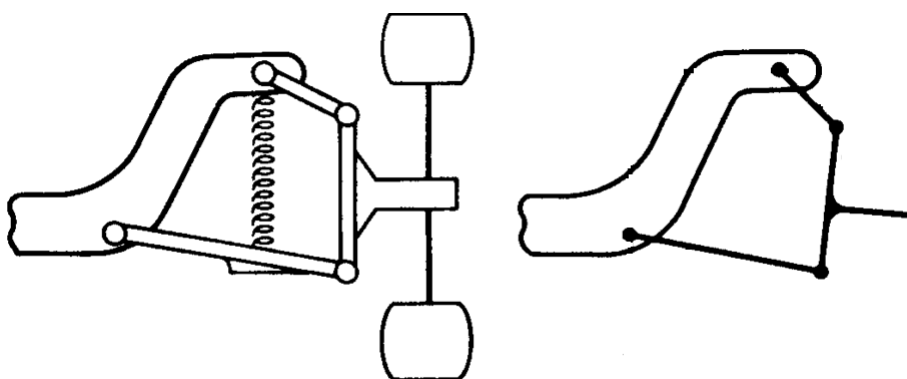


28/07/2016

47

Graus de liberdade (F) de um mecanismo

Exemplo 6:



28/07/2016

48

Exercícios

Para os mecanismos representados a seguir:

- a) Construir o grafo correspondente
- b) Calcular o número de graus de liberdade

28/07/2016

49

Exercício 1

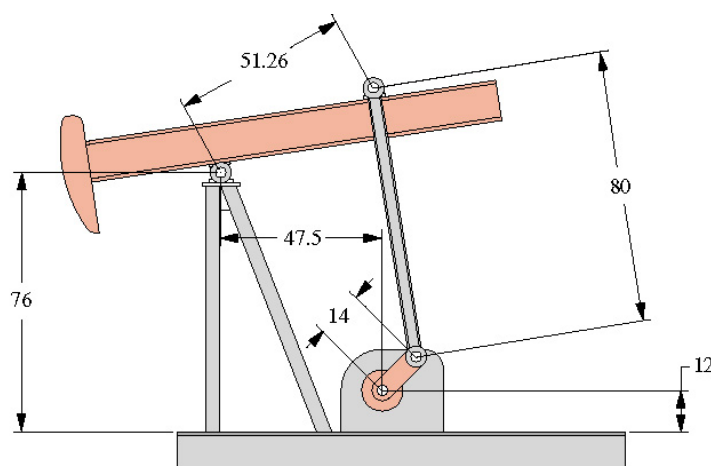
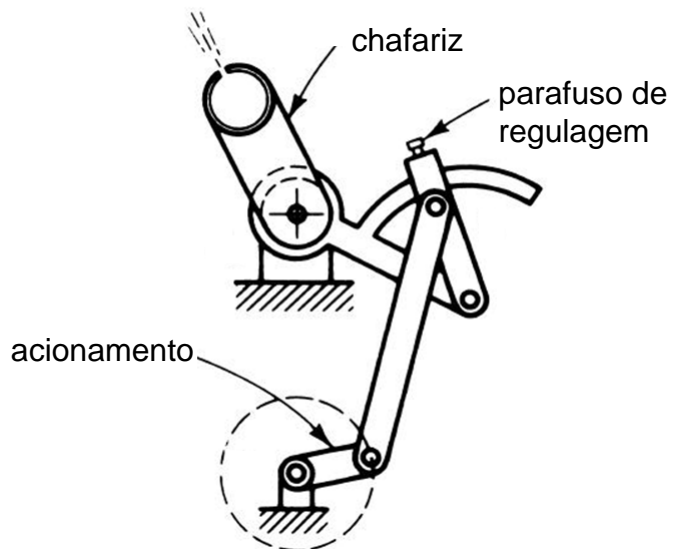


FIGURE P2-18

Problem 2-42 An oil field pump - dimensions in inches

10

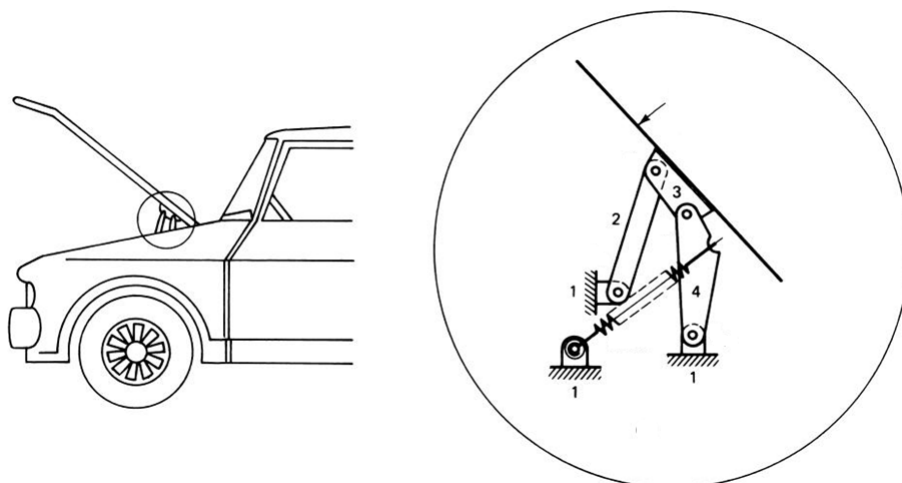
Exercício 2 - Hidrante



28/07/2016

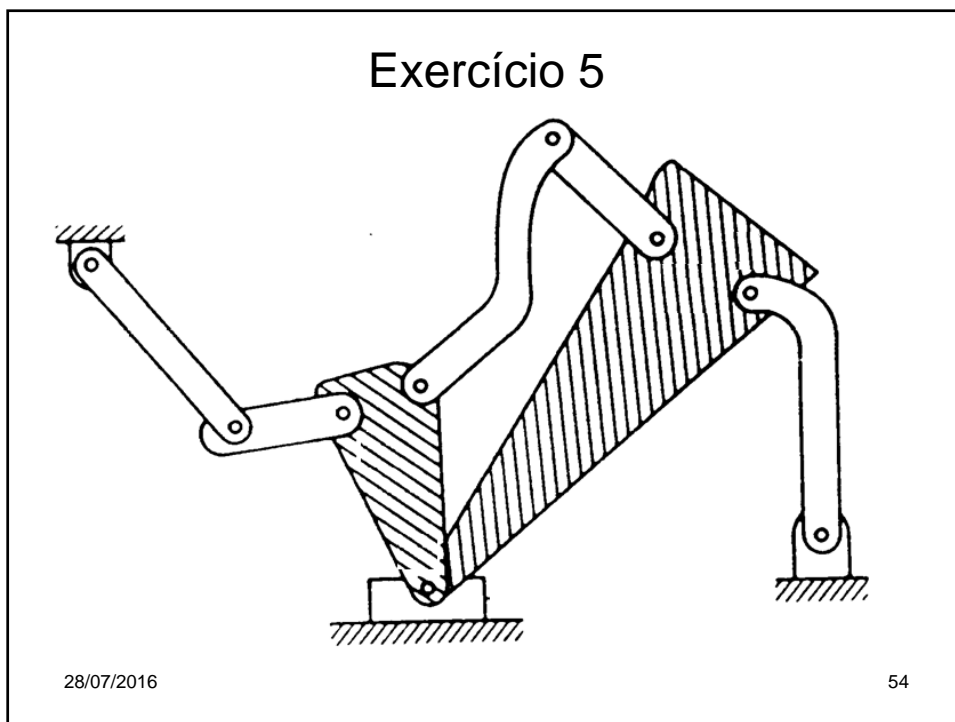
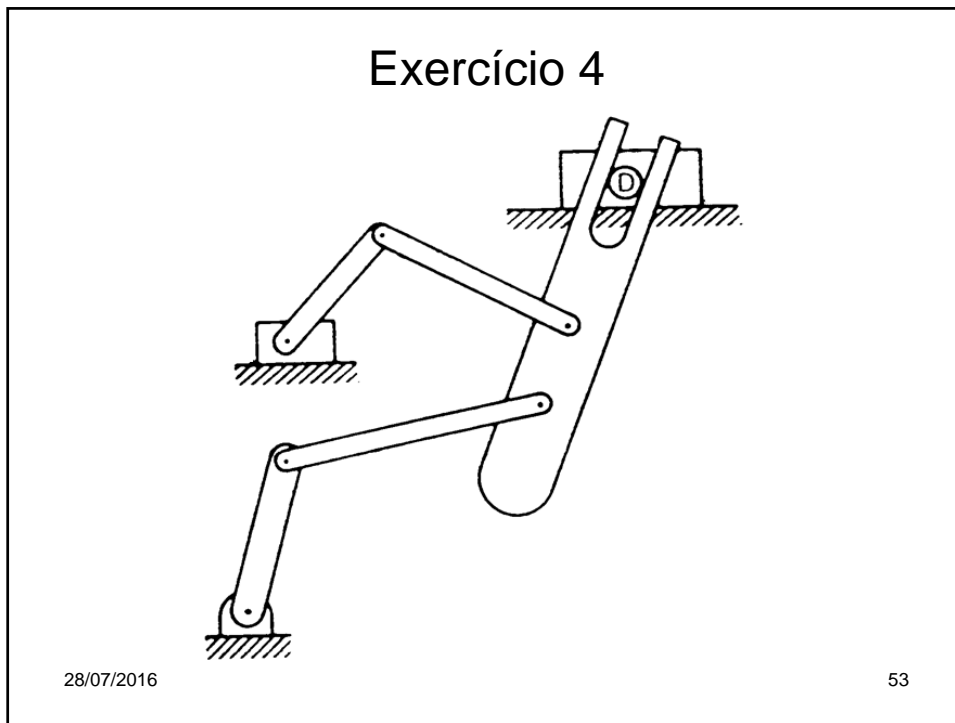
51

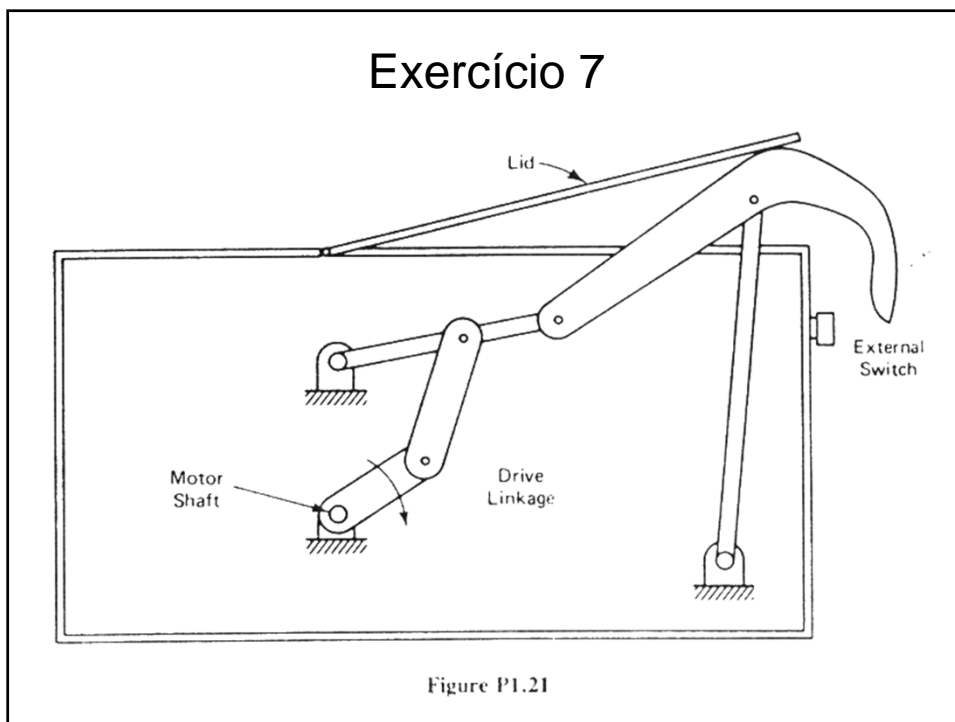
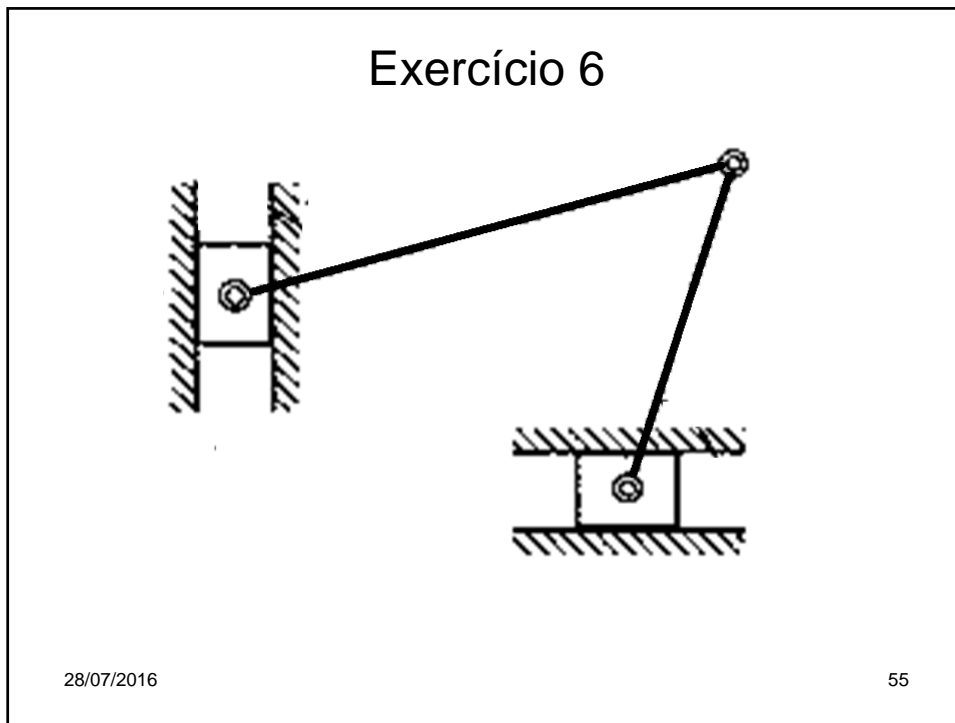
Exercício 3



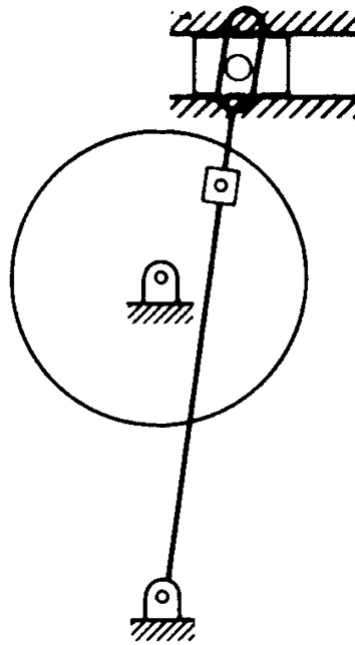
28/07/2016

52





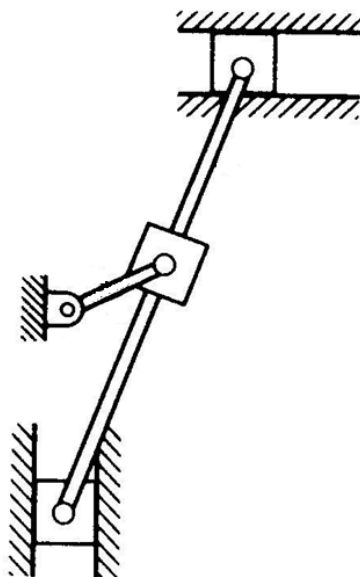
Exercício 8



28/07/2016

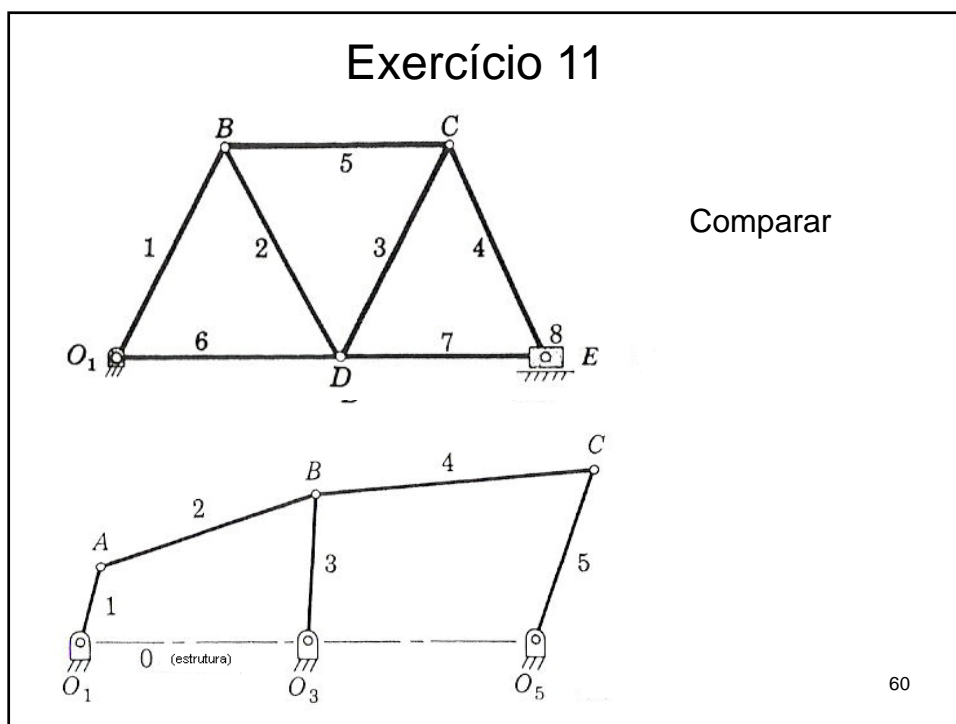
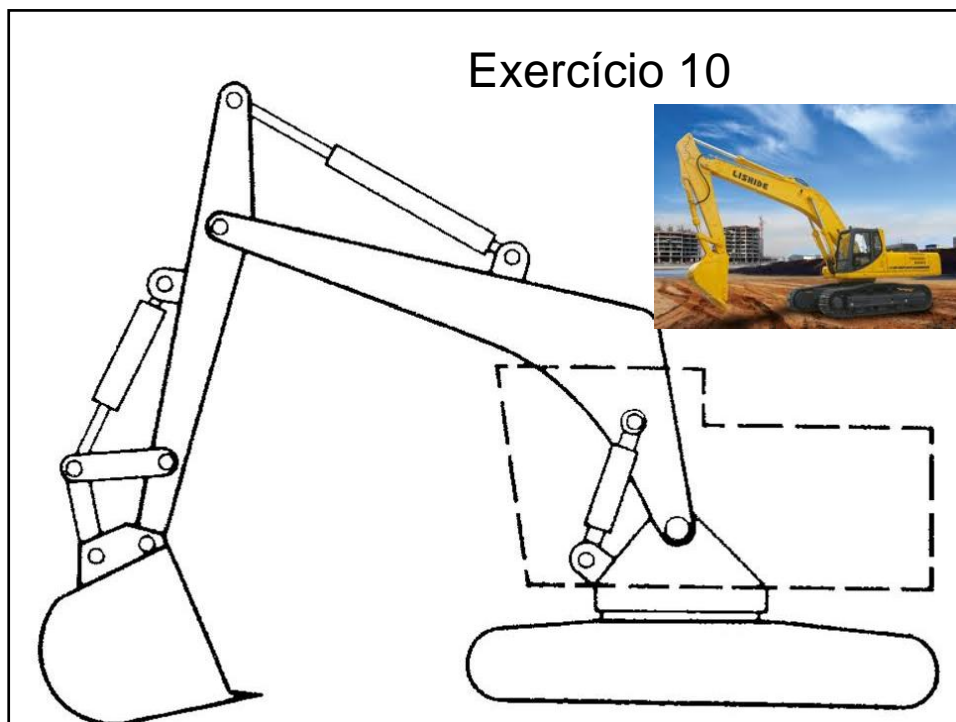
57

Exercício 9

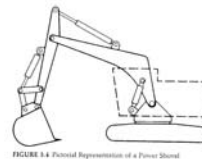


28/07/2016

58



Referência



Norton, R. L.. **Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos**. Bookman, 2010.

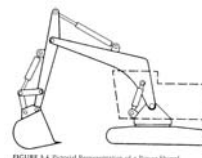
Wilson, C. E. & Sadler, J. P.. **Kinematics and Dynamics of Machinery**. Harper Collins College Publishers, 2nd Edition, 1993.

Doughty, S.. **Mechanics of Machines**. New York: John Wiley, 1988.

28/07/2016

61

Próxima aula



Análise cinemática geral de mecanismos planos com 1 grau de liberdade

1. Posição
 - a) Solução algébrica
 - b) Solução numérica

28/07/2016

62