



Laboratory for Research on Visual Applications - LARVA

Minicurso:

Robótica Articulada Simulada

(parte 2)

Maicol Peterson



## Tipos de Robôs Fixos

- 1960 -Devole Engelberger desenvolve o primeiro robô industrial (Unimate)



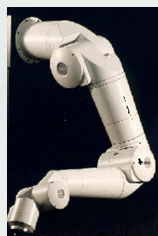
## Tipos de Robôs Fixos

- SCARA



## Tipos de Robôs Fixos

- Antropomórfico:
  - ombro(junta com 3 GDL)
  - cotovelo(junta com 1 GDL)
  - punho(junta com 3 GDL)



## Robôs Articulados

- Possuem juntas de revolução
- Podem ser simples, com duas estruturas ligadas por juntas
- Ou elaborados, com sistemas possuindo mais de 10 estruturas ligadas por juntas
- As juntas são montadas em forma de cadeia, para que uma junta possa suportar uma outra existente em um outro ponto da cadeia.



## Robôs Articulados



Robô articulado para manipular peças de vidro. Cargas de até 500 kg.



## Robôs Articulados



Robôs utilizados para manipular alimentos. Cargas mais leves.

## Robôs Articulados: SCARA

- SCARA = Selective Compliant Assembly Robot Arm
- O A de Assembly pode ser trocado por **Articulated**
- Fixo no eixo z, com certa liberdade de movimentos nos eixos x e y
- Utilizado para inserção de pinos em buracos, por exemplo

## Robôs Articulados: SCARA



## Robôs Articulados: SCARA

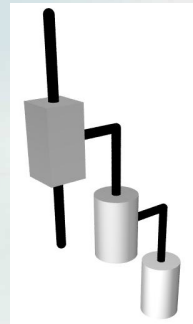


Diagrama cinemático

## Robôs Articulados: SCARA

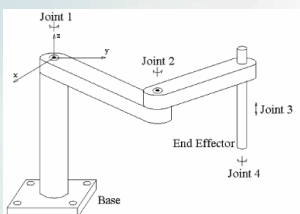
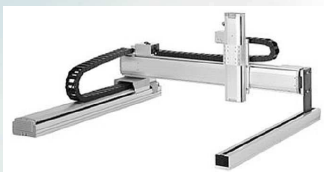


Figure 5. SCARA - Selective Compliance Assembly Robot Arm.

## Robôs Articulados: Cartesianos

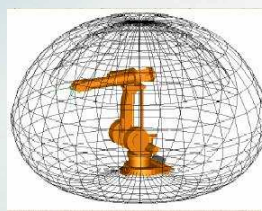
- Industrial
- Três eixos principais de controle lineares
- Relação entre eixos feita através de ângulos retos
- Grandes

## Robôs Articulados: Cartesianos



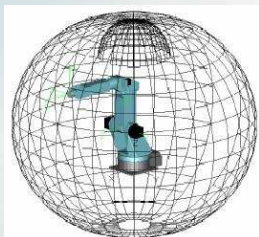
Robô Gantry

## Volumes de Trabalho: Exemplos



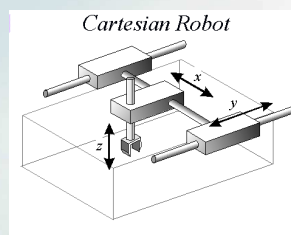
Pseudo Elipse

## Volumes de Trabalho: Exemplos



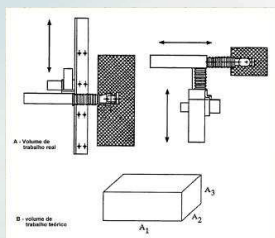
Esférico

## Volume de trabalho: Cartesiano

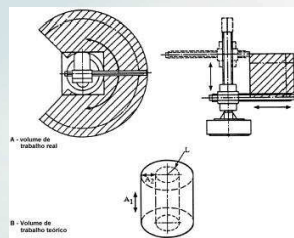


*Cartesian Robot*

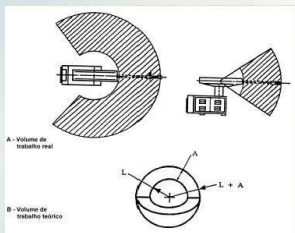
## Volume de trabalho: Cartesiano



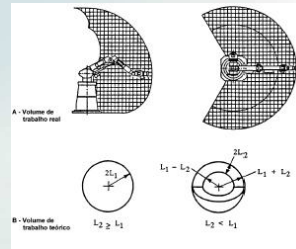
## Volume de Trabalho: Cilindro



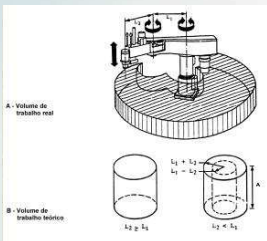
### Volume de Trabalho: Esfera



### Volume de Trabalho: Robô Articulado Verticalmente



### Volume de Trabalho: SCARA



### Tipos de Órgãos Terminais

- Garras mecânicas: manipulam a peça entre dedos mecânicos
- Garras à vácuo: ventosas para sucção de elementos como chapas de aço e vidros
- Aparatos magnéticos: para objetos ferrosos
- Ferramentas de solda
- Pistola de pintura
- Ferramenta para corte

### Tipos de Garras

- Garras duplas
- Garras com dedos intercambiáveis
- Garras de troca rápida
- Garras com sensores de tato
- Garras com mais de dois dedos (mão humana)
- Garras flexíveis para permitir trabalho cooperativo entre robôs

### Tipos de Garras

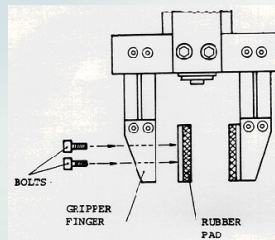




## Tipos de Garras



## Tipos de Garras



## Tipos de Acionamento de Robôs

- Acionamento pneumático: cargas leves, velocidade alta, baixo custo
- Acionamento hidráulico: cargas pesadas, velocidade baixa, alto custo
- Acionamento elétrico: cargas médias, velocidade alta, custo médio

## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - Garra estar aberta

## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - Ter objetos na mesa

## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - Não ter colisões no momento da preensão

## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - PFP estar perto do objeto



## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - Objeto não ser maior que a garra nas 3 dimensões



## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - PFP esta perto do ponto central do objeto



## Simulação de preensão

- Requisitos para uma preensão (pegar objeto):
  - Orientação da garra ser correta para pegar aquele tipo de objeto



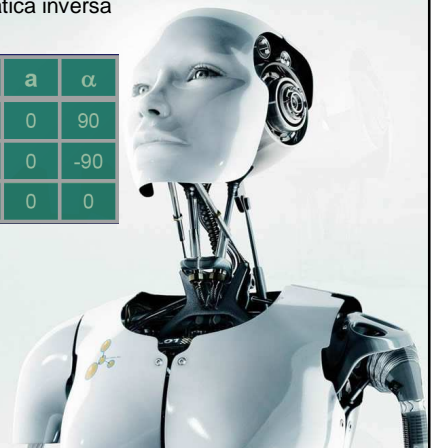
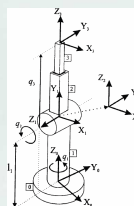
## Cinemática Inversa

- Cálculo de movimento de robôs, partindo-se da posição do atuador final em relação a um sistema de coordenadas fixo na base do robô, deve-se determinar os deslocamentos de cada uma das juntas do mesmo para que o ponto final do efetuador final fique na posição correta.



## Cálculo da cinemática inversa

Junta	$\theta$	d	a	$\alpha$
1	$q_1$	$l_1$	0	90
2	$q_2$	0	0	-90
3	0	$q_3$	0	0



### Cálculo da cinemática inversa

$${}^0A_1 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & -C_1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad {}^1A_2 = \begin{bmatrix} C_2 & 0 & -S_2 & 0 \\ S_2 & 0 & C_2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad {}^2A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = {}^0A_3 = {}^0A_1 {}^1A_2 {}^2A_3$$

$$= \begin{bmatrix} C_1C_2 & -S_1 & -C_1S_2 & -q_3C_1S_2 \\ S_1C_2 & C_1 & -S_1S_2 & -q_3S_1S_2 \\ S_2 & 0 & C_2 & l_1 + q_3C_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### Cálculo da cinemática inversa

$$({}^0A_1)^{-1}T = {}^1A_2 {}^2A_3$$

$$({}^1A_2)^{-1}({}^0A_1)^{-1}T = {}^2A_3$$

$$({}^0A_1)^{-1} {}^0T_3 = {}^1A_2 {}^2A_3$$

$$\begin{bmatrix} C_1 & S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -l_1 \\ S_1 & -C_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_2 & 0 & -S_2 & -S_2q_3 \\ S_2 & 0 & C_2 & C_2q_3 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Escolhe-se uma das relações que expressam  $q_1$  como função apenas de constantes. Igualando os termos (3,4) das duas matrizes, obtém-se  $q_1$ :

$$p_xS_1 - p_yC_1 = 0 \Rightarrow \tan(q_1) = \left(\frac{p_y}{p_x}\right) \Rightarrow q_1 = \arctan\left(\frac{p_y}{p_x}\right)$$

### Cálculo da cinemática inversa

$$({}^1A_2)^{-1}({}^0A_1)^{-1} {}^0T_3 = {}^2A_3$$

$$\begin{bmatrix} C_1C_2 & S_1C_2 & S_2 & -l_1S_2 \\ -S_1 & C_1 & 0 & 0 \\ -C_1S_2 & -S_1S_2 & C_2 & -l_1C_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Após esta multiplicação, obtém-se as equações abaixo, igualando-se

os termos (1,4) de ambos os lados:  $p_xC_1C_2 + p_yS_1C_2 + p_zS_2 - l_1S_2 = 0$

os termos (3,4) de ambos os lados:  $-p_xC_1S_2 - p_yS_1S_2 + p_zC_2 - l_1C_2 = q_3$

Destas duas equações, obtém-se as expressões para  $q_2$  e  $q_3$ :

$$q_2 = \arctan\left(\frac{\sqrt{p_x^2 + p_y^2}}{l_1 - p_z}\right) \quad q_3 = C_2(p_z - l_1) - S_2\sqrt{p_x^2 + p_y^2}$$

## Tarefa Parte 2

Mãos à obra!