



Universidade Federal de Lavras

Engenharia de Controle e Automação

Robótica

Professor: Leonardo Paiva

Data:

Jacobiano de  
um  
Manipulador

Nota

Aluno:

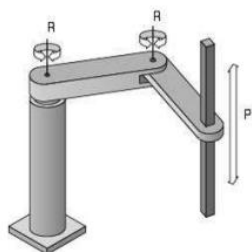
**Questão 1)** Determine genericamente o jacobiano para um manipulador planar com três juntas rotacionais.

**Questão 2)** Determine genericamente o jacobiano para cada uma das cinco anatomias dos manipuladores industriais:

- Articulado
- Cartesiano
- Cilíndrico
- Esférico
- SCARA

**Questão 3)**

a) Dado a anatomia do manipulador Scara, bem como as matrizes de transformação homogênea do referido manipulador, obtenha o jacobiano simbólico, considerando os dados apresentados:



$$\mathbf{J} = [\mathbf{J}_1 \quad \mathbf{J}_2 \quad \mathbf{J}_3]$$

$$\dot{\mathbf{q}} = \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{d}_3 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_0^1 = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 & 300c_1 \\ s_1 & c_1 & 0 & 300s_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}_1^2 = \begin{bmatrix} c_2 & s_2 & 0 & 200c_2 \\ s_2 & -c_2 & 0 & 200s_2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_2^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} z_0 \times (\mathbf{o}_3 - \mathbf{o}_0) & z_1 \times (\mathbf{o}_3 - \mathbf{o}_1) & z_2 \\ z_0 & z_1 & 0 \end{bmatrix}$$

b) Obtenha o jacobiano numérico, considerando os dados apresentados:

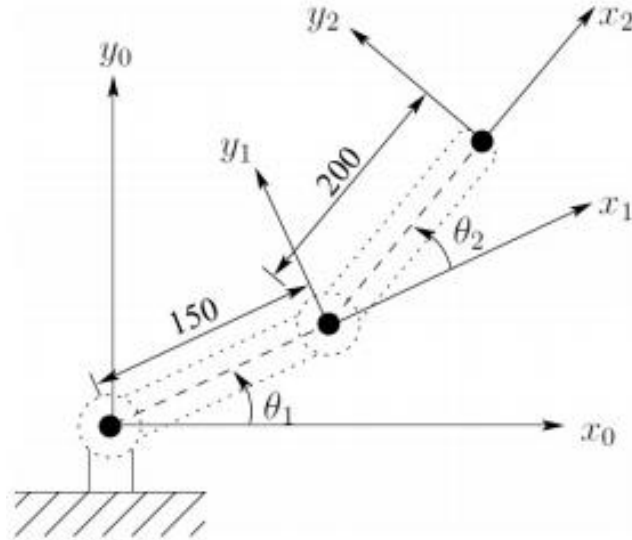
$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ d_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -90^\circ \\ 50 \text{ mm} \end{bmatrix} \quad \dot{\mathbf{q}} = \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{d}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1^\circ/\text{s} \\ 20 \text{ mm/s} \end{bmatrix}$$

#### Questão 4)

Seja o manipulador planar de dois graus de liberdade (grandezas em mm), determine:

- O jacobiano do manipulador;
- As velocidades do órgão terminal, sabendo que:

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} \pi/4 \\ \pi/6 \end{bmatrix} \quad \dot{\mathbf{q}} = \begin{bmatrix} 2 \text{ rad/s} \\ 3 \text{ rad/s} \end{bmatrix};$$



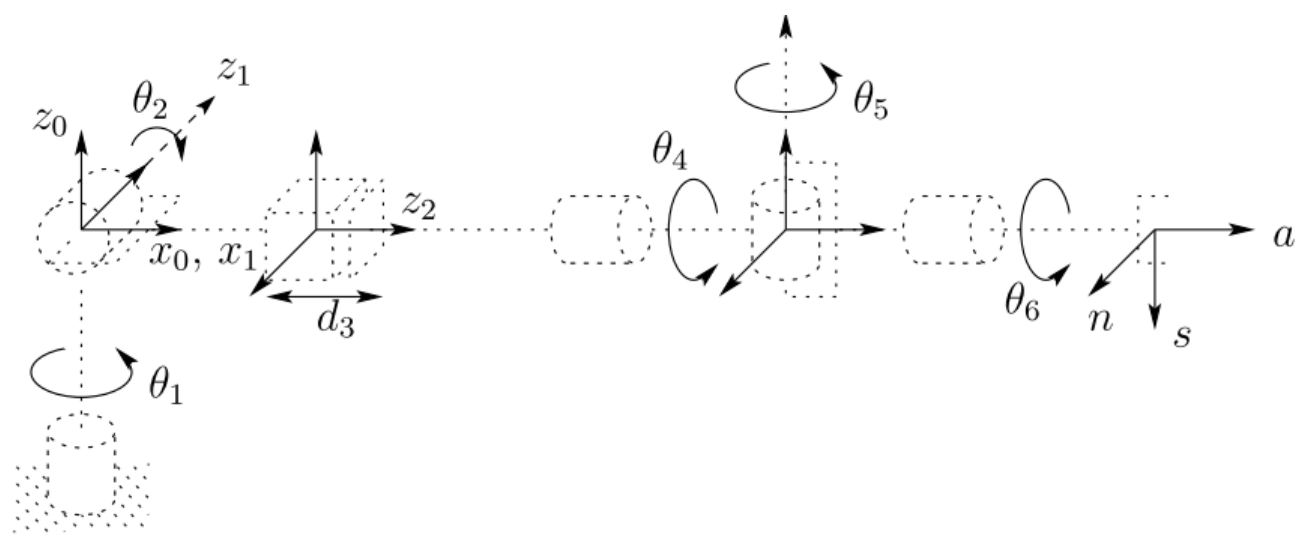
**Questão 5)** Para um manipulador articulado, determine as velocidades do órgão terminal com relação à base do robô, sabendo que as matrizes de transformação homogênea da cinemática direta são:

$$\mathbf{H}_0^1 = \begin{bmatrix} c_1 & 0 & s_1 & 0 \\ s_1 & 0 & -c_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 200 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}_1^2 = \begin{bmatrix} c_2 & -s_2 & 0 & 100c_2 \\ s_2 & c_2 & 0 & 100s_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}_2^3 = \begin{bmatrix} c_3 & -s_3 & 0 & 50c_3 \\ s_3 & c_3 & 0 & 50s_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

E que as variáveis de posição angular e velocidades angulares das juntas são:

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} 0 \\ \pi/2 \\ \pi/2 \end{bmatrix} \quad \dot{\mathbf{q}} = \begin{bmatrix} 4 \text{ rad/s} \\ 3 \text{ rad/s} \\ 0 \end{bmatrix}.$$

**Questão 6)** Considere o manipulador de Stanford com seus associados as coordenadas de Denavit Hartenberg



Link	$d_i$	$a_i$	$\alpha_i$	$\theta_i$
1	0	0	$-90$	$\theta^*$
2	$d_2$	0	$+90$	$\theta^*$
3	$d^*$	0	0	0
4	0	0	$-90$	$\theta^*$
5	0	0	$+90$	$\theta^*$
6	$d_6$	0	0	$\theta^*$

Calcule o jacobiano simbólico para o referido manipulador