

Robótica: Atividade 03 - Prática

Aluno: Aldemir Melo Rocha Filho

Aluno: Sandoval da Silva Almeida Junior

Aluno: Tayco Murilo Santos Rodrigues

Matricula:17212086

Matricula:18210505

Matricula:17211250

1 Descrição da atividade

Nesta atividade, a equipe deverá montar o algoritmo de cinemática direta e cinemática inversa diferencial do robô apresentado. A Figura 1 mostra os comprimentos de cada elo, mas a escolha de posicionamento dos *frames* é livre.

2 Apresentação do Modelo

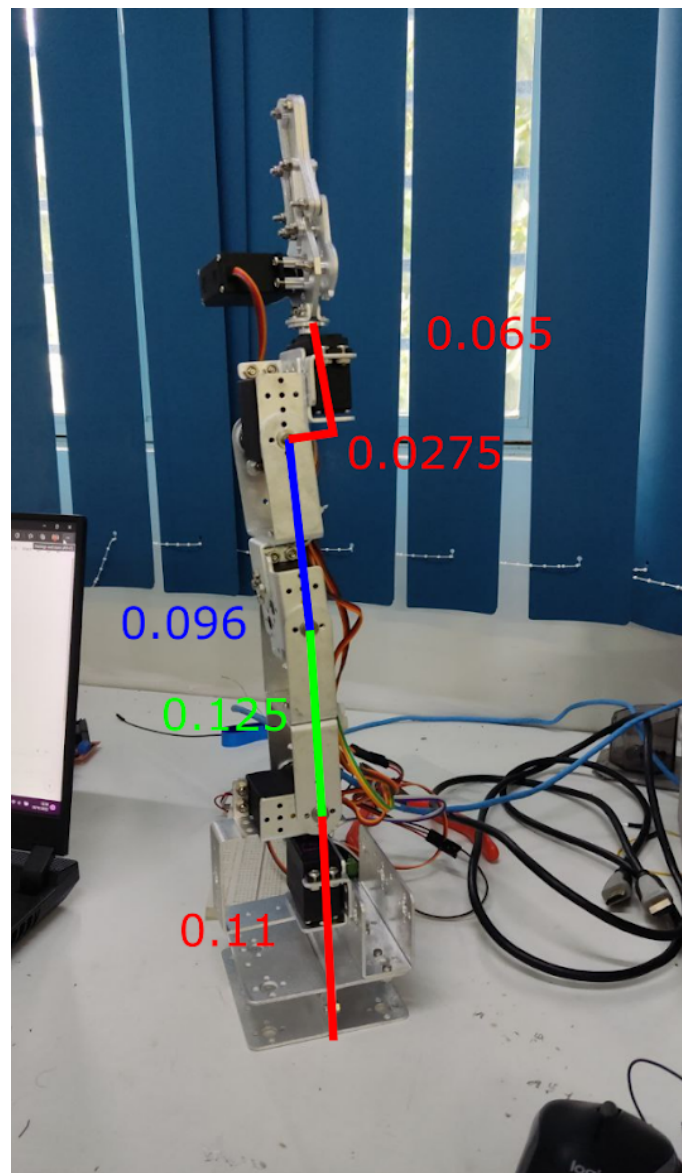


Figura 1: Comprimentos dos elos.

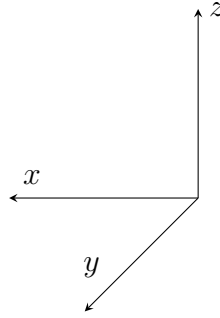
3 Tabela de Parâmetros DH

Baseado no modelo presente na Figura 1, podemos montar a seguinte tabela de parâmetros DH:

i	θ	d_i	a_i	α
1	θ_1	0.11	0	$-\frac{\pi}{2}$
2	$\theta_2 - \frac{\pi}{2}$	0	0.125	0
3	$\theta_3 + \frac{\pi}{2}$	0	0.096	0
4	$\theta_4 + \frac{\pi}{2}$	0	-0.0275	$\frac{\pi}{2}$
5	θ_5	0.065	0	0

Tabela 1: Parâmetros DH para a Figura 1

De forma que a configuração inicial dos eixos é mostrada baixo



4 Matrizes de transformação até o efetuador

Do *frame* 0 até o *frame* 1, temos:

$${}^1_0T = \begin{bmatrix} c\theta_1 & 0 & -s\theta_1 & 0 \\ s\theta_1 & 0 & c\theta_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0.11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Do *frame* 1 até o *frame* 2, temos:

$${}^2_1T = \begin{bmatrix} c\left(\frac{2\theta_2-\pi}{2}\right) & -s\left(\frac{2\theta_2-\pi}{2}\right) & 0 & 0.125c\left(\frac{2\theta_2-\pi}{2}\right) \\ s\left(\frac{2\theta_2-\pi}{2}\right) & c\left(\frac{2\theta_2-\pi}{2}\right) & 0 & 0.125s\left(\frac{2\theta_2-\pi}{2}\right) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Do *frame* 2 até o *frame* 3, temos:

$${}^3_2T = \begin{bmatrix} c\left(\frac{2\theta_3+\pi}{2}\right) & -s\left(\frac{2\theta_3+\pi}{2}\right) & 0 & 0.096c\left(\frac{2\theta_3+\pi}{2}\right) \\ s\left(\frac{2\theta_3+\pi}{2}\right) & c\left(\frac{2\theta_3+\pi}{2}\right) & 0 & 0.096s\left(\frac{2\theta_3+\pi}{2}\right) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Do *frame* 3 até o *frame* 4, temos:

$${}^4_3T = \begin{bmatrix} c\left(\frac{2\theta_4+\pi}{2}\right) & 0 & s\left(\frac{2\theta_4+\pi}{2}\right) & -0.0275c\left(\frac{2\theta_4+\pi}{2}\right) \\ s\left(\frac{2\theta_4+\pi}{2}\right) & 0 & -c\left(\frac{2\theta_4+\pi}{2}\right) & -0.0275s\left(\frac{2\theta_4+\pi}{2}\right) \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Do *frame* 4 até o *frame* 5, temos:

$${}^5_4T = \begin{bmatrix} c\theta_5 & -s\theta_5 & 0 & 0 \\ s\theta_5 & c\theta_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.065 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

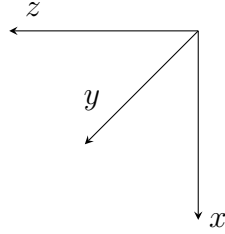
Logo, é imediato que do *frame* 0 até o *frame* 5 temos:

$${}^4_0T = {}^1_0T \cdot {}^2_1T \cdot {}^3_2T \cdot {}^4_3T \cdot {}^5_4T \quad (1)$$

O código em **Python** responsável por realizar o calculo presente em (1) é mostrado abaixo.

```
1 def fkine(q):
2     return t0_1(q[0]) @ t1_2(q[1]) @ t2_3(q[2]) @ t3_4(q[3]) @ t4_5(q[4])
```

Ao fim do processo teremos a seguinte configuração final para os eixos:



5 Cálculo da Jacobiana

Partindo do que foi mostrando nas seções 2, 3 e 4, temos a seguinte definição para \mathcal{J} :

$$\mathcal{J}(q) = \begin{bmatrix} Z_0 \cdot (P_5 - P_0) & Z_1 \cdot (P_5 - P_1) & Z_2 \cdot (P_5 - P_2) & Z_3 \cdot (P_5 - P_3) & Z_4 \cdot (P_5 - P_3) \\ Z_0 & Z_1 & Z_2 & Z_3 & Z_4 \end{bmatrix}$$

Como cada elemento presente na matriz $\mathcal{J}(q)$ possui dimensão 3x1, teremos portanto que $\mathcal{J}(q)$ possui uma dimensão final de 6 linhas por 5 colunas. A função responsável por calcular cada $\mathcal{J}_{5 \times 6}$ para cada valor de entrada de q está presente no código e sua apresentação neste documento foi suprimida para melhor visualização do mesmo. Abaixo são apresentados os valores iniciais e finais presentes em \mathcal{J} para o caso em questão.

$$\mathcal{J}(q)_{inicial} = \begin{bmatrix} 0 & 0.1524 & 0.0274 & 0.0275 & 0 \\ 0.1611 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.1611 & -0.161 & -0.065 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -0.0003 \end{bmatrix}$$

$$\mathcal{J}(q)_{final} = \begin{bmatrix} 0 & 0.1281 & 0.0054 & 0.0231 & 0 \\ 0.1847 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.1847 & -0.1611 & -0.0667 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9977 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -0.0672 \end{bmatrix}$$

6 Resultados

6.1 Pose do efetuador

Para a pose do efetuador, tivemos os seguintes valores ao longo de 15s de simulação:

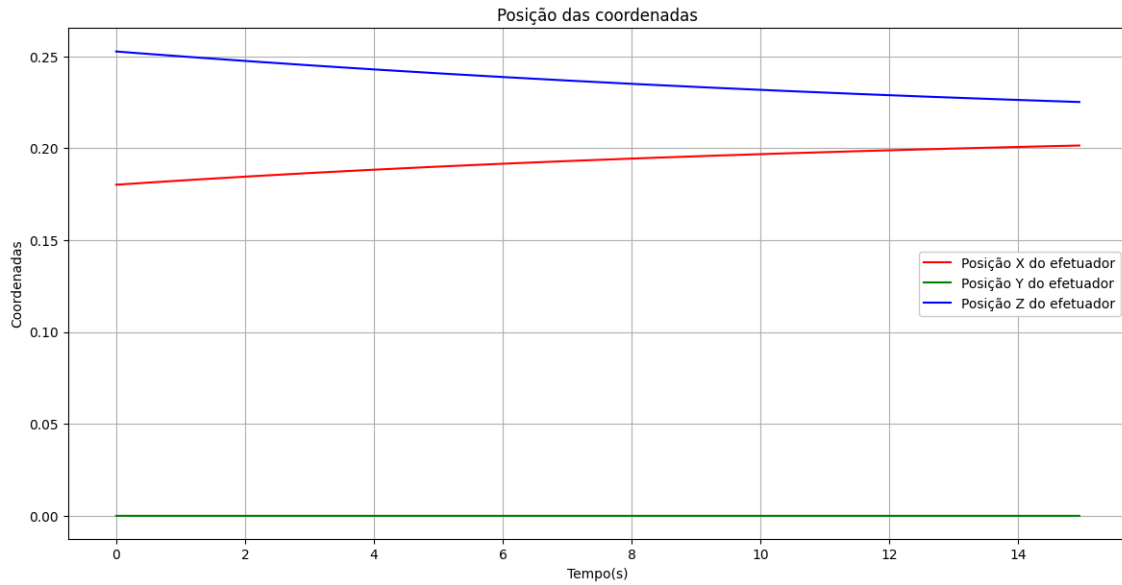


Figura 2: Pose do efetuador.

6.2 Valores das Juntas

Para os valores das juntas, tivemos os seguintes valores ao longo de 15s de simulação:

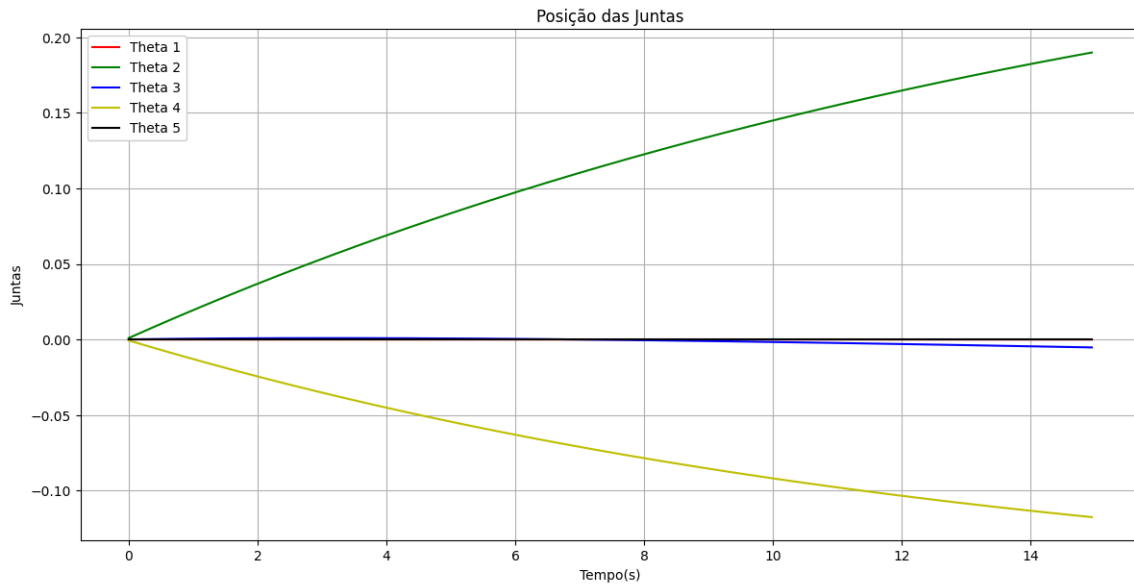


Figura 3: Valores das juntas.

6.3 Manipulabilidade

Para a manipulabilidade, tivemos os seguintes valores ao longo de 15s de simulação:

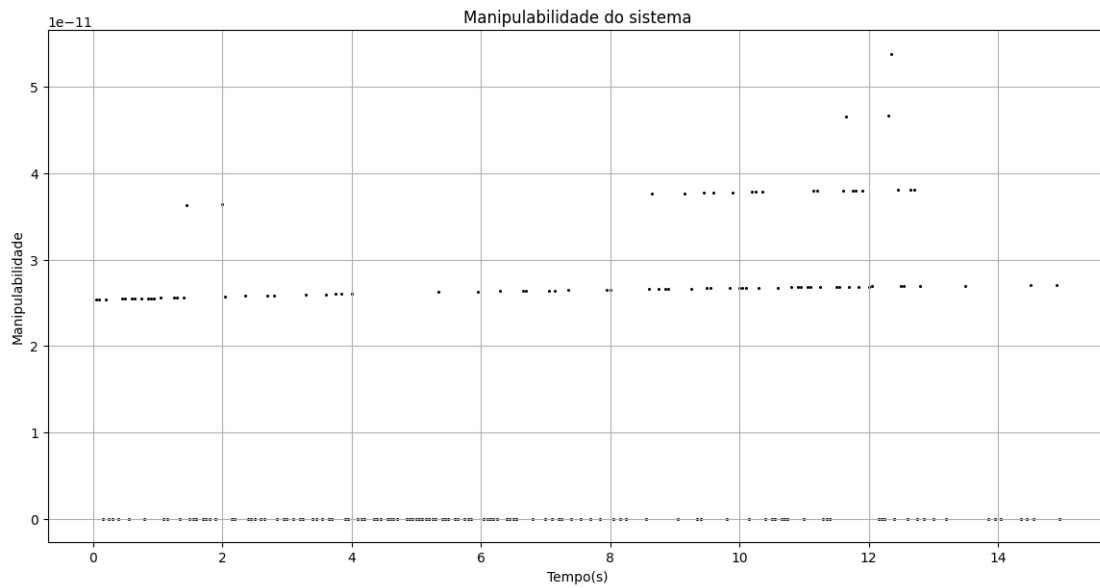


Figura 4: Manipulabilidade.

Os valores de manipulabilidade foram apresentados de forma discreta para melhor visualização dos valores.

6.4 Validação dos resultados

Podemos validar os resultado apresentados nas Figuras 2, 3 e 4 além dos valores apresentados em $\mathcal{J}(q)_{inicial}$ e $\mathcal{J}(q)_{final}$ observando a figura abaixo.

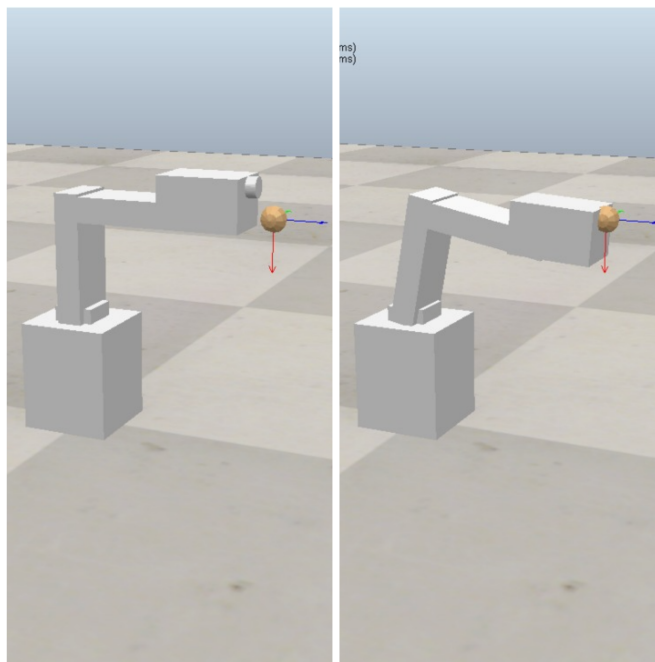


Figura 5: A esquerda o efetuador em sua posição inicial. A direita sua posição final