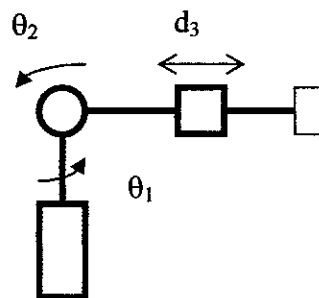


## PMR 2560- 2ª. Lista de Exercícios

### PARTE A: Cinemática Inversa

3. Equacione o problema de cinemática inversa para o manipulador abaixo.



4. Formule a solução da cinemática inversa para um manipulador com punho esférico, considerando os casos:  
a) braço antropomórfico (RRR); b) braço esférico (RRP)

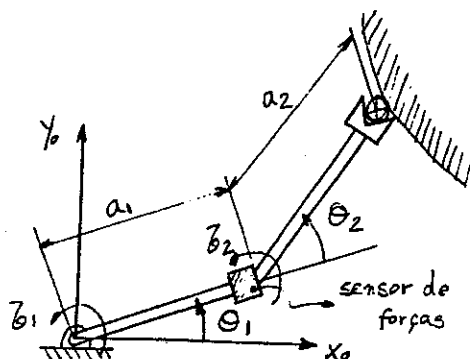
### PARTE B: Estática

1. Dado o esquema abaixo do robô de duas articulações de revolução no plano. São fornecidas as seguintes informações:

- O plano  $x_0y_0$  é paralelo à superfície da Terra;
- O efetuador do robô está em contato com uma superfície, na qual aplica esforços na condição estática, ou seja, parado;
- Um sensor de força e momento, posicionado no ligamento 2, mede os esforços presentes na articulação 2, descritos em relação ao sistema de coordenadas fixo no ligamento 2.

Pede-se:

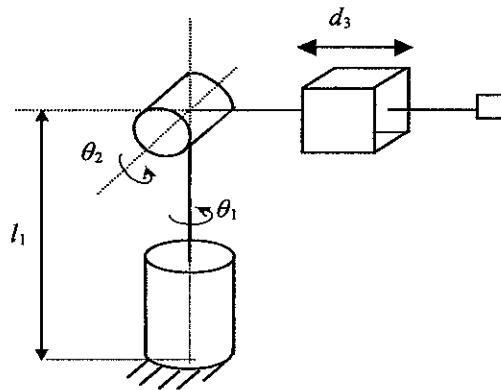
- a) Calcule os esforços que o robô aplica no ambiente, descrito em relação ao sistema fixo na base, dado que as medidas fornecidas pelo sensor de forças e momento é  $[8N, 10N, 3Nm]$ .  
b) Calcule os torques nas articulações do robô, para o caso da parte (a).



$$\begin{aligned} a_1 &= 1\text{ m} \\ a_2 &= 0,7\text{ m} \\ \theta_1 &= 30^\circ \\ \theta_2 &= 45^\circ \end{aligned}$$

2. Um manipulador de 3 graus de liberdade é representado na figura abaixo. Os ligamentos possuem massa “m1” e “m21+ m22”, onde “m1” é a massa do ligamento de comprimento “l1” (cilindro homogêneo), “m21” é a massa da parte fixa do segundo ligamento (tubo cilíndrico homogêneo de comprimento “l2”) e “m22” refere-se à parte móvel do segundo ligamento (cilindro homogêneo de comprimento “l3”). A aceleração da gravidade é  $\vec{g} = [0, 0, -10m/s^2]^T$ .  
 Pede-se:

- A matriz de transformação homogênea entre o sistema da base e o do efetuador;
- O Jacobiano de velocidades (linear e angular) do efetuador ;
- Os Jacobianos de velocidade linear, referentes aos baricentros das partes fixa e móvel do segundo ligamento.
- Os esforços a serem aplicados pelos atuadores quando o efetuador, em equilíbrio estático, aplica no ambiente o esforço  $\vec{F} = [1N, 1N, 1N]^T$  e  $\vec{M} = [1Nm, 0, 0]^T$  (coordenadas do efetuador), na situação em que  $l1 = l21 = 1m$ ,  $m1 = 10kg$ ,  $m21 = 5kg$ ,  $m22 = 5kg$ ,  $d3 = 2m$  e  $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$ .



2. A figura a seguir mostra um anel, representando um sistema de células de carga, posicionado próximo a uma garra. Dado o vetor posição entre o sistema de eixos do anel e do parafuso,  $\vec{r} = [r_x, r_y, r_z]^T$ , calcule os esforços aplicados pela ferramenta quando o sensor de esforços indica  $\vec{F}_m = [f_{mu}, f_{mv}, f_{mw}, Mm_u, Mm_v, Mm_w]^T$ .

