

Pesagem de peças e recálculo dos torques sofridos pelas juntas do braço robô

Por Amaro Duarte de Paula Neto

Introdução

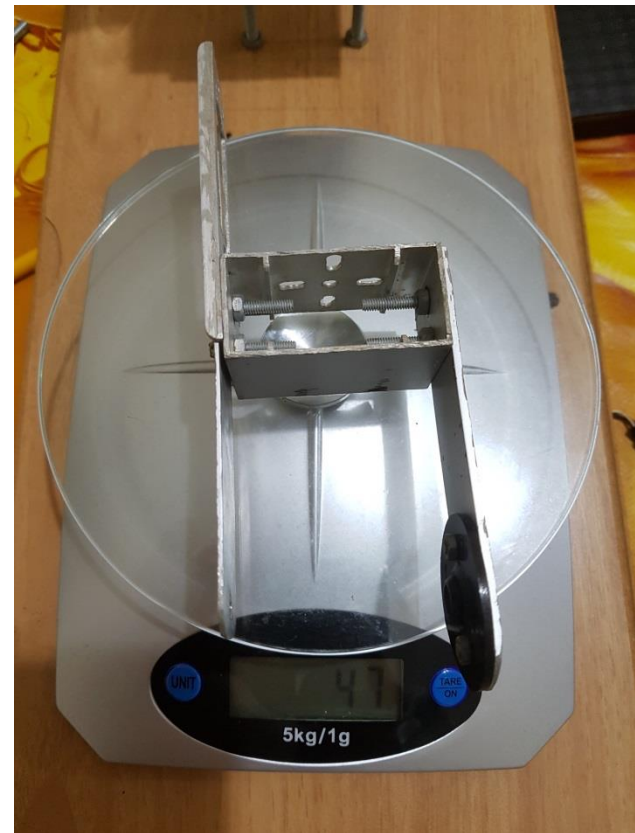
- Nesta análise, mostraremos as pesagens realizadas com as partes do braço robô, levando em conta, inclusive, os pesos dos parafusos utilizados na montagem dos segmentos e fixação dos motores, e dos cabos de extensão dos servomotores.
- Com base nas pesagens, é feito um recálculo dos motores seguindo a mesma sequência utilizada nos cálculos realizados no projeto inicial do braço robô.

Pesagens das peças na balança

Segmento L1 (com parafusos)



Segmento L1 (sem parafusos)



Pesagens das peças na balança

Parafusos dos servos (segmento L1)



Parafuso de fixação (segmento L1)



Pesagens das peças na balança

Peso do parafuso com porca e arruela



- Parafusos exercem mais torque sobre a junta 1 quanto mais próximos estiverem da garra.



Pesagens das peças na balança

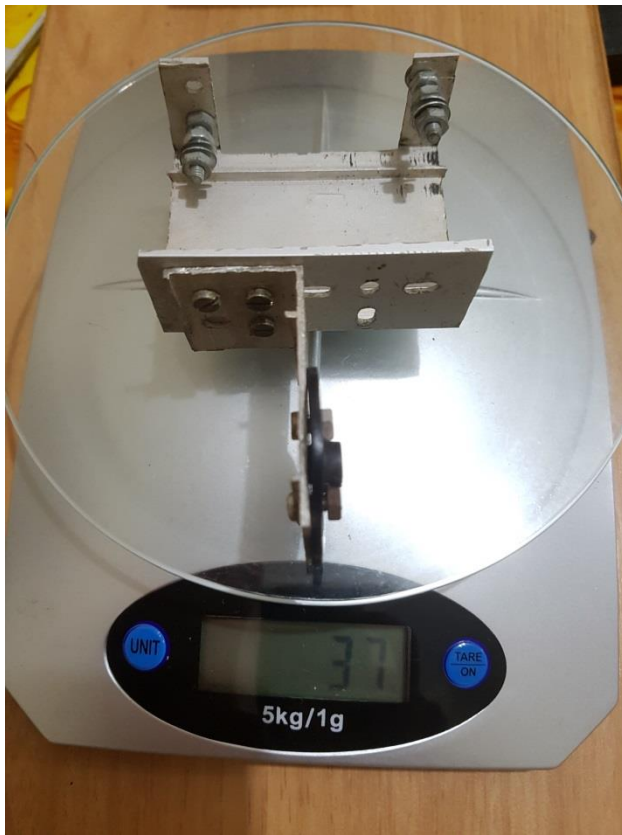
Segmento L2 (com parafusos do servo da junta 3)

**Segmento L2
(sem os parafusos)**

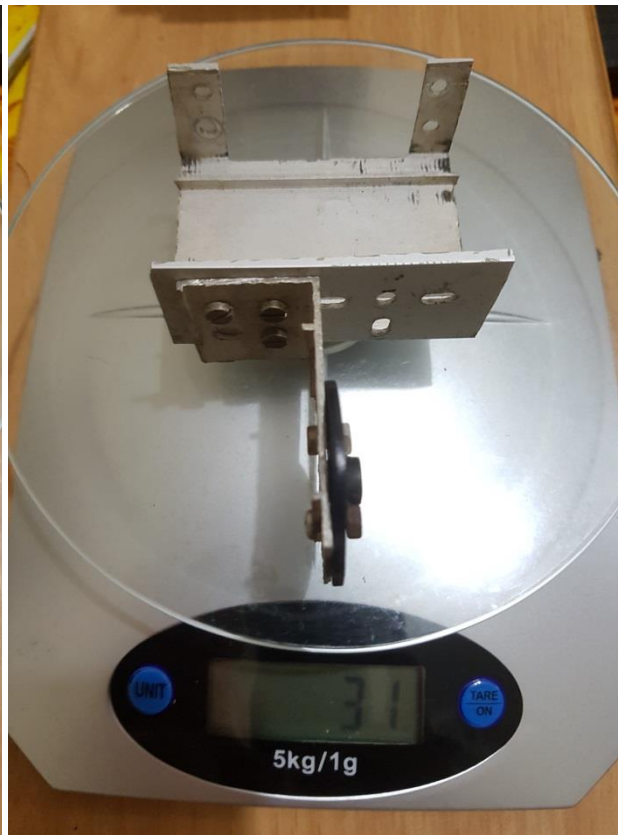


Pesagens das peças na balança

**Segmento L3 (com
parafusos de fixação
do servo da junta 4)**



**Segmento L3 (sem
parafusos)**



**Parafusos de fixação do
servo da junta 4**



Pesagens das peças na balança

Servo junta 1



Servo junta 2

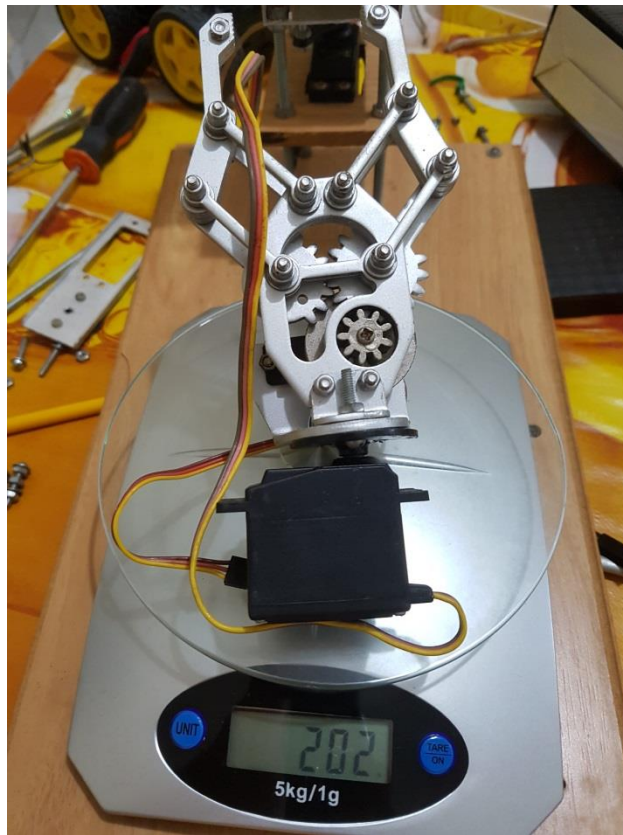


Servo junta 3



Pesagens das peças na balança

Garra MK2 + servo da junta 4



Detalhamento da Garra + servo J4

Servo HX5010 da junta 4



Parafusos de fixação do disco do servo da junta 4 à garra

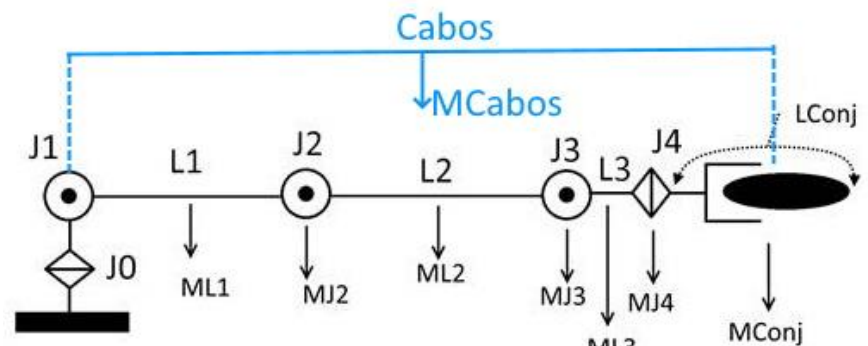


Pesagens das peças na balança

Cabos de extensão dos servomotores



- O cabo de extensão dos servomotores será encarado, no recálculo dos torques sofridos, como uma barra uniforme que se estende desde a junta 1 até o centro de massa do conjunto garra+objeto.



Pesos calculados X Pesos da balança

Segmentos

| | Calculado | Pesado |
|---------------------------------|-----------|--------|
| L1 | 66g | 53g |
| L2 | 33g | 17g |
| L3 | 46g | 37g |
| Garra (estimado c/ servo) | 85g | 156g |
| Garra (com servo) + servo J4 | 124g | 202g |

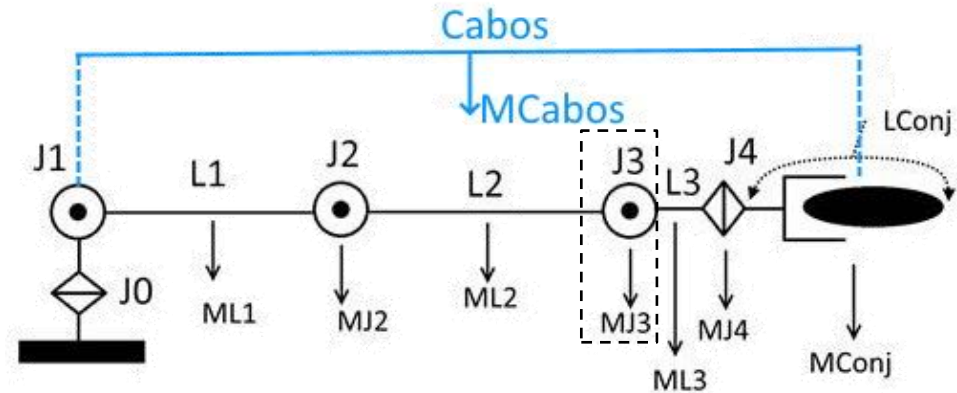
Servos (com seus respectivos cabos)

| | Pesquisado | Pesado |
|---------------|------------|--------|
| J1 | 75g | 70g |
| J2 | 55g | 62g |
| J3 | 39g | 46g |
| J4 (estimado) | 39g | 46g |

Cabos de extensão dos servos (pesado): 25g

Parafuso rosca máquina (com arruela e porca): 2g

Recálculo dos torques sofridos com base nas pesagens



- Torque sofrido pela junta 3

$$MConj = 156g + 50g = 206g \text{ (garra+servo+objeto)}$$

$$L3 = 8,15cm \text{ (do primeiro cálculo)}$$

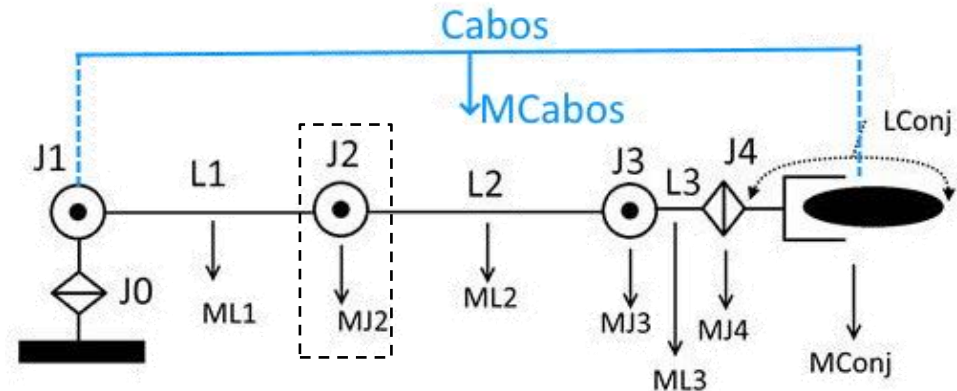
$$ML3 = 37g$$

$$TJ3 = ML3 \cdot \frac{L3}{2} + MJ4 \cdot L3 + MConj \cdot \left(L3 + \frac{LConj}{2} \right)$$

$$TJ3 = 4,3Kg.cm \quad \text{Primeiro cálculo: } 3,0Kg.cm$$

Servo HX5010: Torque TM3 = 6,9Kg.cm e MJ3 = 46g (pesado)

Recálculo dos torques sofridos com base nas pesagens



- Torque sofrido pela junta 2

$$MJ3 = 46g$$

$$L2 = 5,8cm \text{ (do primeiro cálculo)}$$

$$ML2 = 17g$$

$$TJ2 = ML2 \cdot \frac{L2}{2} + MJ3 \cdot L2 + ML3 \cdot \left(L2 + \frac{L3}{2} \right) + MJ4 \cdot (L2 + L3) + MConj \cdot \left(L2 + L3 + \frac{LConj}{2} \right)$$

$$\boxed{TJ2 = 6,3Kg.cm} \quad \text{Cálculo anterior: } 4,6Kg.cm$$

Servo HX12K: Torque $TM2 = 10Kg.cm$ e $MJ2 = 62g$ (pesado)

Recálculo dos torques sofridos com base nas pesagens

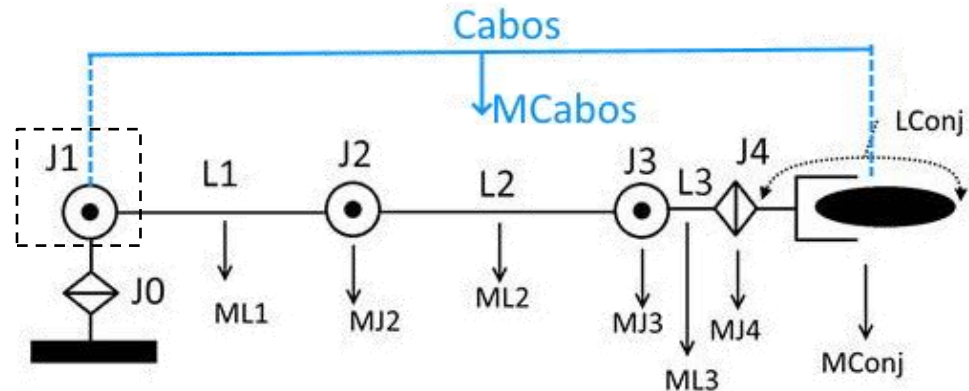
- Torque sofrido pela junta 1

$$MJ2 = 62g$$

$$L1 = 11,7cm \text{ (do primeiro cálculo)}$$

$$ML1 = 53g$$

$$MCabos = 25g$$



$$\begin{aligned}
 TJ1 = & ML1 \cdot \frac{L1}{2} + MJ2 \cdot L1 + ML2 \cdot \left(L1 + \frac{L2}{2} \right) + MJ3 \cdot (L1 + L2) \\
 & + ML3 \cdot \left(L1 + L2 + \frac{L3}{2} \right) + MJ4 \cdot (L1 + L2 + L3) \\
 & + MConj \cdot \left(L1 + L2 + L3 + \frac{LConj}{2} \right) \\
 & + MCabos \cdot \frac{\left(L1 + L2 + L3 + \frac{LConj}{2} \right)}{2}
 \end{aligned}$$

$$TJ1 = 11,86Kg.cm \quad \text{Cálculo anterior: } 8,99Kg.cm$$

$$\text{Servo TGY-MG959: Torque TM1} = 11,95Kg.cm \text{ (4,8V)}$$

Conclusão (segmentos)

- Pesos dos segmentos na balança, mesmo com os parafusos, são mais leves que o calculado no projeto. No final das contas, isso se deve ao corte das peças de alumínio terem resultado em peças com menor densidade que o tubo de alumínio, mesmo com a inclusão dos parafusos.

Conclusão (garra)

- Peso da garra (incluindo o servo) na balança é mais pesado que o calculado. Isso pode se dever à não inclusão dos pesos:
 - do cabo do servo;
 - dos parafusos de fixação do servo na garra;
 - da embreagem de amortecimento da garra (peça que evita que haja transferência total de torque/força entre o servo e os dedos da garra, a fim de evitar danos ao servo);
 - da engrenagem da embreagem;
 - do parafuso de fixação da engrenagem da embreagem ao eixo do servo.

Conclusão (pesos dos servos)

- Pesos dos servos das juntas 2, 3 e 4 deram maiores que os informados nos sites de compra dos mesmos. Isso se deve ao fato do peso informado não incluir o cabo.
- Se estimarmos os pesos dos cabos dos servos das juntas 2, 3 e 4 com base na pesagem e no valor informado, dá 7g para cada servo.
- O servo da junta 1, que foi comprado em uma loja de aeromodelos, tem peso mais leve que o informado na loja. Provavelmente, o peso informado seja juntamente com os parafusos e a cruzeta (ou o braço, ou o disco) a fixar no servo.

Conclusão geral

- Os torques resultantes de cada junta são os seguintes:
- $TR3 = TM3 - TJ3 = 6,9Kg.cm - 4,3Kg.cm = 2,6Kg.cm$
- $TR2 = TM2 - TJ2 = 10Kg.cm - 6,3Kg.cm = 3,7Kg.cm$
- $TR1 = TM1 - TJ1 = 11,95Kg.cm - 11,86Kg.cm = 0,09Kg.cm$
- A junta 1 tem dificuldades para erguer o braço robô da posição horizontal para a vertical porquê o torque resultante é muito reduzido, de forma que o servomotor TGY-MG959 não consegue iniciar o movimento de erguer o braço robô da posição horizontal para a vertical.
- Dependendo de quanto tempo o servo da junta 1 exerce esforço, é possível que o torque resultante possa, até mesmo, se tornar negativo.