



# Disciplina: Controle e Servomecanismos I



Atividade: **Controle em Malha Aberta**  
X  
**Controle em Malha Fechada**

Professor: José Paulo Vilela Soares da Cunha

Rio de Janeiro, 13 de agosto de 2020.



## Referências

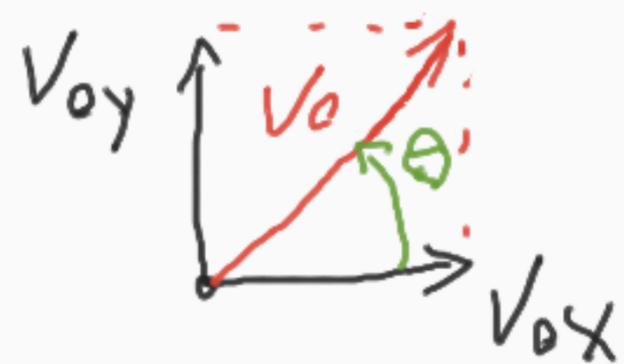
- Castrucci, P. B. L., Bittar, A. & Sales, R. M. (2018). Controle Automático, 2ª edição, LTC. (\*)
- Castrucci, P. B. L., Bittar, A. & Sales, R. M. (2011). Controle Automático, LTC.

(\*) Organizado para a 2ª edição, Seções 2.7.2 e 3.10.

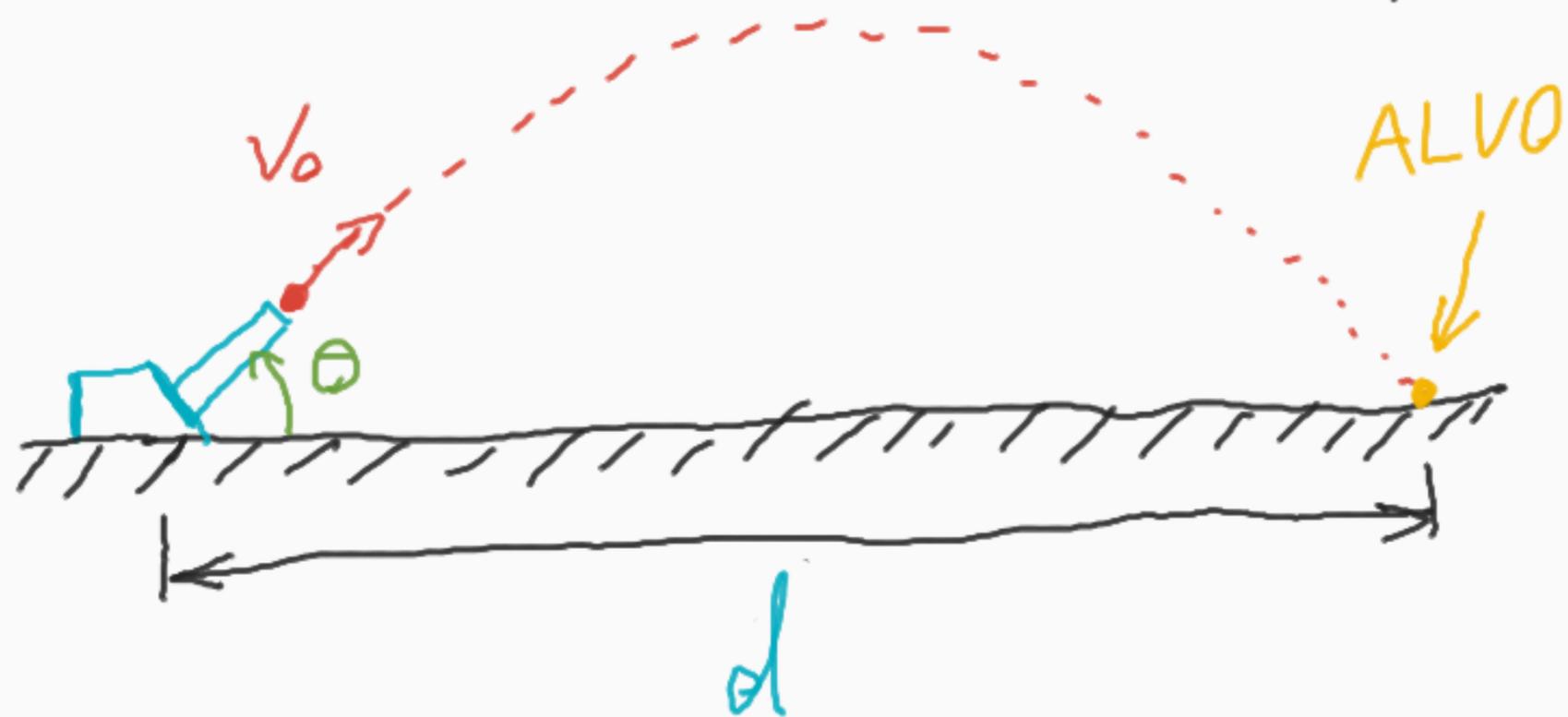
# CONTROLE

- CONTROLE MANUAL - REALIZADO POR HUMANO
- CONTROLE AUTOMÁTICO - REALIZADO POR DISPOSITIVO ARTIFICIAL
  - { CONTROLE EM MALHA ABERTA
  - CONTROLE EM MALHA FECHADA

# EXEMPLO DE CONTROLE EM MALHA ABERTA: CANHÃO



$\downarrow g$



$$V_{0x} = V_0 \cos \theta$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \theta$$

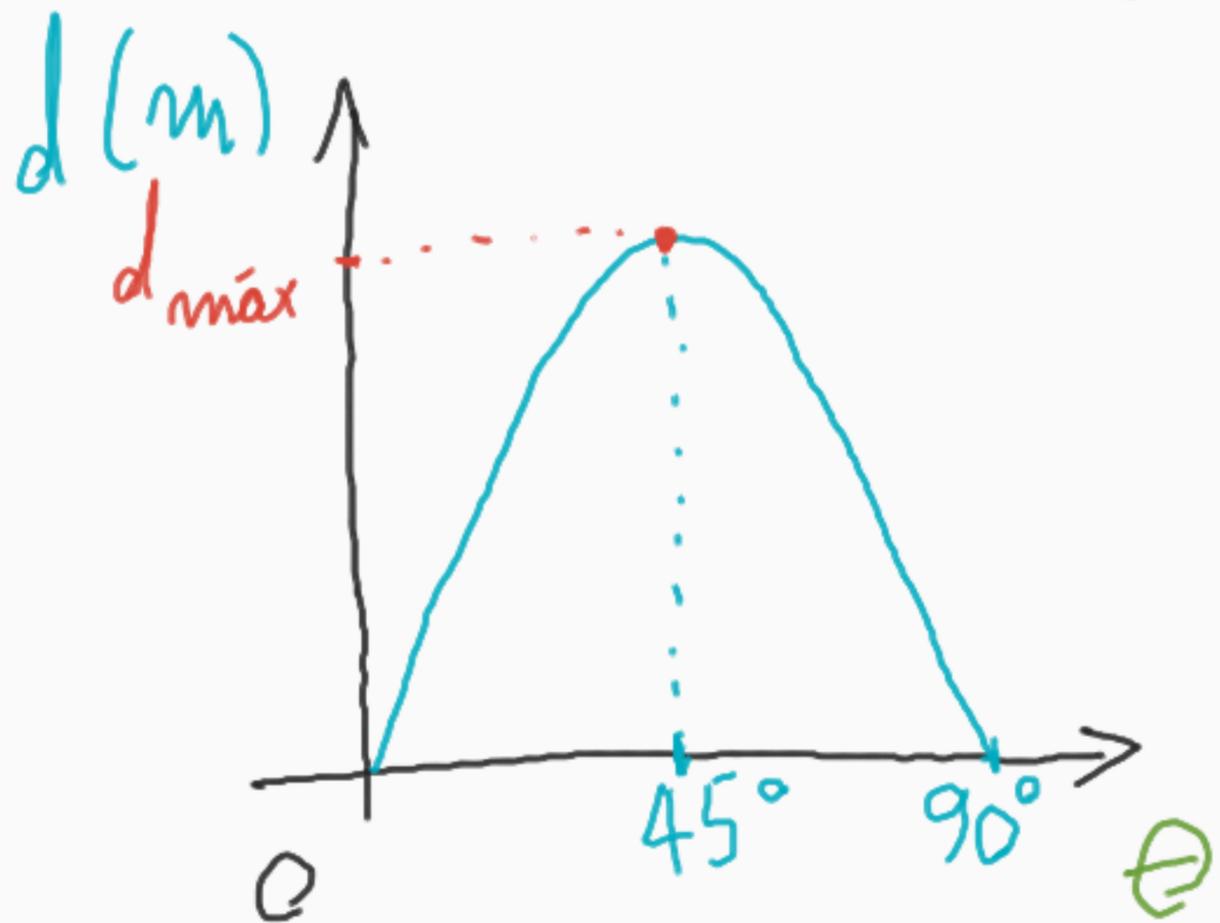
$$V_y(t) = V_{0y} - g t$$

$$V_y(t_f) = -V_{0y} = V_{0y} - g t_f$$

$$\Rightarrow g t_f = 2 V_{0y} \Rightarrow t_f = \frac{2 V_{0y}}{g}$$

$$t_f = \frac{2}{g} v_0 \operatorname{sen} \theta$$

$$d = t_f v_{0x} = \frac{2}{g} v_0 \operatorname{sen} \theta v_0 \cos \theta = \frac{1}{g} v_0^2 \operatorname{sen} 2\theta$$

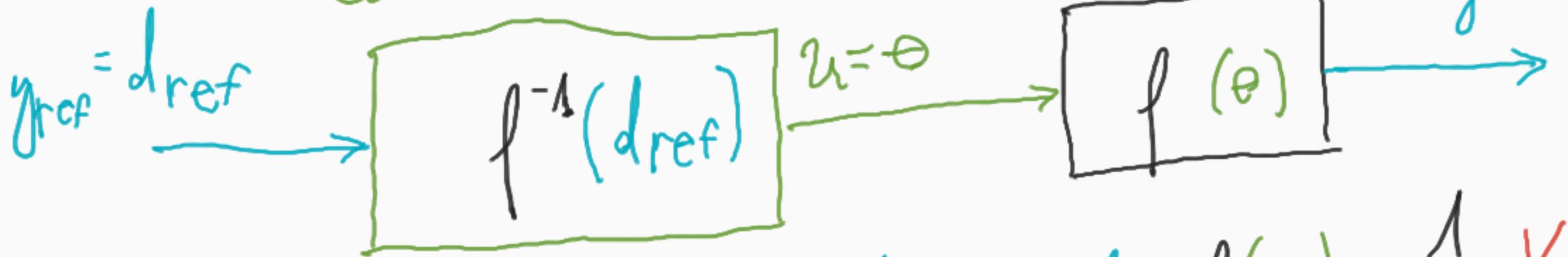
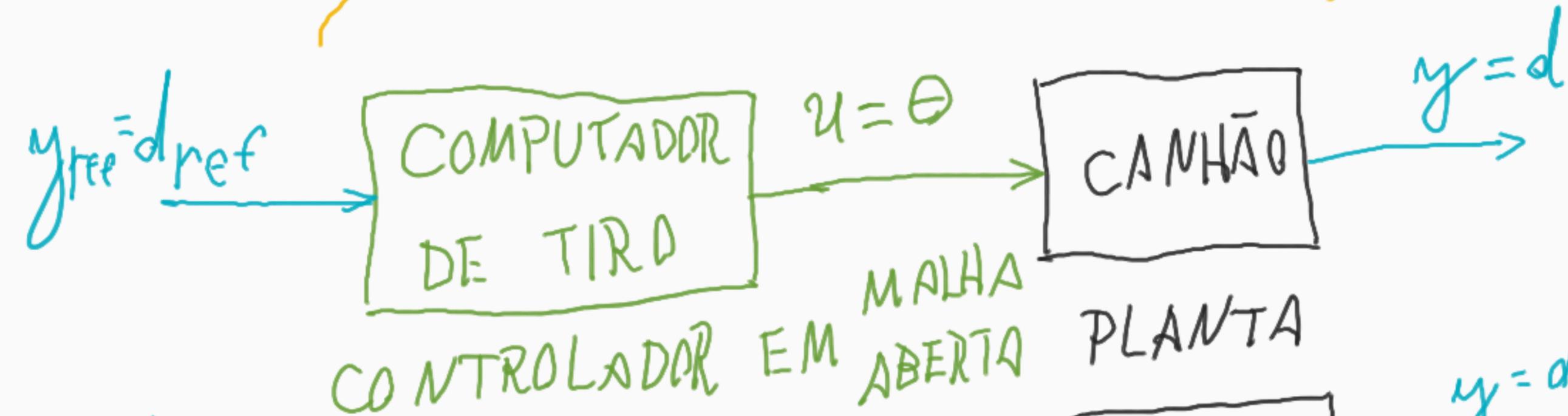


$$E_c = \frac{m v_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2 E_c}{m}$$

$$d_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arcsen \left( \frac{d g}{v_0^2} \right)$$

# IDEALMENTE GANHO UNITÁRIO



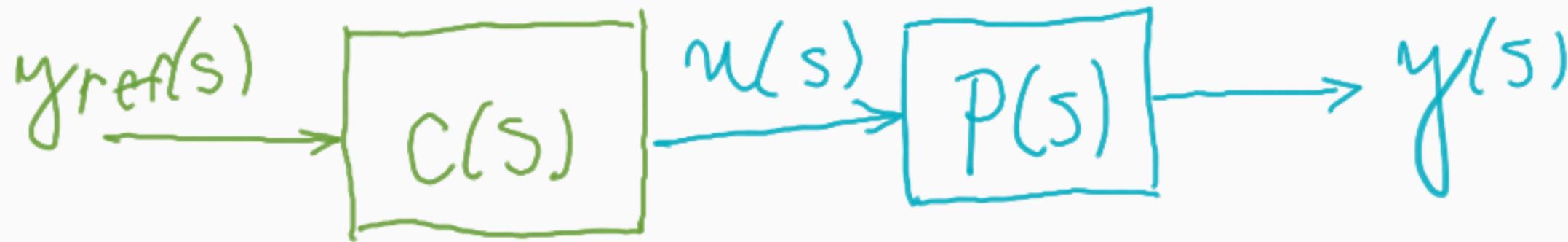
$$\theta = f^{-1}(d_{ref}) = \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{d_{ref} g}{V_0^2}\right)$$

$$d = f(\theta) = \frac{1}{g} V_0^2 \sin(2\theta)$$

• Um bom controlador em malha aberta  $f^{-1}(\cdot)$  é o inverso do modelo da planta  $f(\cdot)$ .

- ① Falha: Sensíveis a incertezas no modelo da planta  $f(\cdot)$ .
- ② Falha: Incapazes de estabilizar a planta.

IDEALMENTE: GANHO UNITÁRIO  $G(s) = \frac{y(s)}{y_{ref}(s)} = 1$



$$G(s) = C(s)P(s) = 1 \Rightarrow C(s) = [P(s)]^{-1}$$

Ex.: CIRCUITO RC

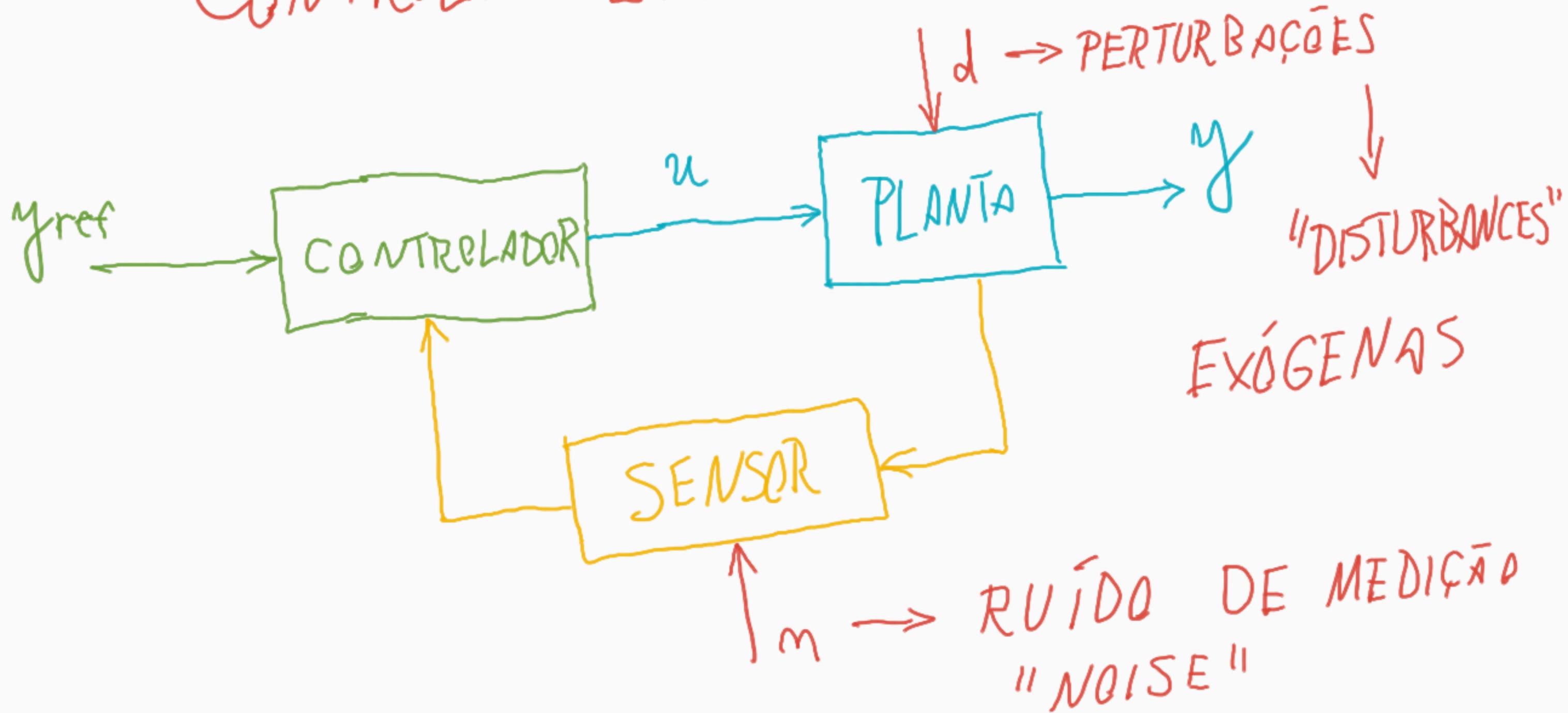
$$P(s) = \frac{1}{\tau s + 1}, \quad \tau = RC$$

$$u = V_{in}$$
$$y = V_o$$

$$C(s) = [P(s)]^{-1} = \tau s + 1$$

DERIVADOR IDEAL É NÃO CAUSAL!

# CONTROLE EM MALHA FECHADA



- Controle em malha fechada é capaz de compensar perturbações e incertezas.
- Controle em malha fechada é capaz de estabilizar a planta.
- Controle em malha fechada depende das medições realizadas por sensores. Então, são sensíveis a erros de medição.