



**Universidade Federal do Pará**  
**Curso de Engenharia Elétrica e da Computação**

**Laboratório de Sistema de Controle - Experiência 1**  
**Comportamento Transitório de Sistemas Lineares**

### **1.1 Objetivo**

---

- Definição de sistemas e simulação temporal
- Relacionar os parâmetros da função de transferência e a resposta temporal do sistema que ela representa.

### **1.2 Sistemas de Primeira Ordem**

---

Simule a resposta ao degrau do sistema dado pela função de transferência:

$$\frac{C(S)}{R(s)} = \frac{k}{\tau s + 1} \quad (1)$$

Considerando: (i)  $k = 2$  e  $\tau = 0.1, 1, 10$ ; (ii)  $\tau = 1$  e  $k = 0.1, 1, 10$ . Meça e compare o valor de regime permanente atingido em cada caso e o tempo que o sistema leva para chegar a este valor. Conclua sobre o efeito de  $k$  e  $\tau$  sobre estes indicadores. Obtenha a resposta analítica (a partir de expansão em frações parciais e da Transformada de Laplace inversa) do sistema e justifique o obtido a partir da observação dos termos exponenciais.

### **1.3 Sistemas de Segunda Ordem**

---

A função de transferência de um sistema de segunda ordem pode ser escrita como:

$$\frac{C(S)}{R(s)} = \frac{k w_n^2}{s^2 + 2\xi w_n s + w_n^2} \quad (2)$$

Esta forma é chamada de forma padrão de um sistema de segunda ordem.

O comportamento dinâmico do sistema de segunda ordem pode ser descrito em termos de 2 parâmetros

$\xi$  - coeficiente de amortecimento

$w_n$  – frequência natural do sistema sem amortecimento.

Simule a resposta ao degrau do sistema dado pela função de transferência em (2) para as seguintes condições:

(i)  $w_n = 2, k = 8, \xi = 1, 0.7, 0.2$ ; (ii) idem para  $w_n = 10$ .

- Conclua sobre o efeito de  $w_n$  e  $\xi$  sobre as seguintes características da resposta ao degrau: tempo de subida e valor máximo de sobre-sinal. Meça estes valores diretamente na resposta temporal para cada sistema.
- Calcule o tempo de pico para cada sistema através da equação abaixo e confirme o valor calculado através das respostas simuladas.

$$t_p = \frac{\pi}{w_d}, \quad w_d = w_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

## 1.4 Projeto

---

Considere o sistema com a seguinte função de transferência de malha fechada:

$$\frac{C(S)}{R(s)} = \frac{K}{s^2 + (1 + KK_h)s + K} \quad (3)$$

Determine  $K$  e  $K_h$  de tal maneira que a resposta ao degrau unitário do sistema apresente máximo valor de sobre-sinal  $M_p$  igual a 0.2 e o tempo de pico igual a 1 segundo.

Com esses valores de  $K$  e  $K_h$ , obtenha o tempo de acomodação da resposta do sistema à entrada degrau unitário (critério 5%).

Simule a resposta do sistema e confirme os valores de  $M_p$  igual a 0.2 e o tempo de pico igual a 1 segundo.