

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA
CONTROLE MODERNO
LISTA 1: ATIVIDADE EM DUPLA OU INDIVIDUAL
ENTREGA ATÉ 20/3/2019

1. Considere o sistema de vasos comunicantes cujo diagrama é apresentado na Figura 1, em que os tanques são cilíndricos, cada um com diâmetro interno de 1m, altura máxima de 1m. No tanque da esquerda, TQ-01, há a entrada de líquido $q_i(u(t))$, dada em

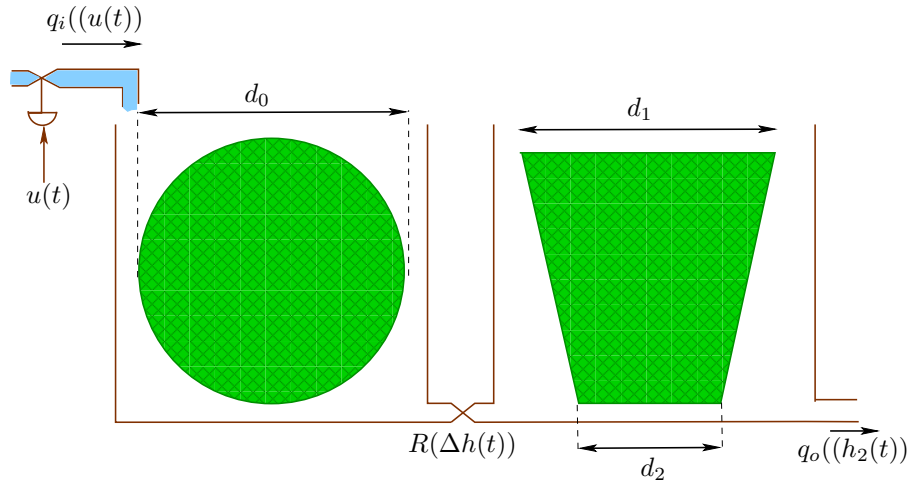


Figura 1: Sistema de vasos comunicantes.

litros/segundo e no tanque da direita, TQ-02, há a saída $q_o(h_2(t))$, também medida em litros por segundo, que depende apenas da altura no tanque TQ-02, dada por $h_2(t)$ m. Em TQ-01 há uma esfera de diâmetro $d_0 = 0,90$ m que está colocada a 0,05m do fundo do tanque. No tanque TQ-02 há um tronco de cone invertido, com diâmetro superior dado por $d_1 = 0,80$ m e diâmetro inferior $d_2 = 0,20$ m. A parte mais estreita do cone está a 0,10m do fundo do tanque TQ-02. A variável controlada é o nível $h_2(t)$ no tanque TQ-02, através da variável manipulada pode variar entre $0\% \leq u(t) \leq 100\%$. A vazão de entrada é dada por

$$q_i(u(t)) = 2,617 \times 10^{-4} u^2(t) + 0,03 \quad [l/s],$$

a vazão de saída é dada por

$$q_o(h_2(t)) = 2,6 \sqrt{h_2(t)} \quad [l/s]$$

e a vazão entre os tanques é positiva quando a vazão vai do TQ-01 para o TQ-02. Essa vazão depende da resistência hidráulica $R(\Delta h(t))$:

$$q_{12}(t) = \text{sign}(h_1(t) - h_2(t)) \, 6,78 R(\Delta h(t)), \quad R(\Delta h(t)) = \sqrt{|h_1(t) - h_2(t)|}.$$

- (a) Determine o modelo não-linear que relaciona a saída controlada com o sinal de controle.
- (b) Determine uma aproximação para o modelo não-linear para $h_2 \approx 0,8\text{m}$.
- (c) Mostre, através de simulação, usando apenas linhas de código, a validade da aproximação para variações em torno desse ponto de operação.
- (d) Avalie a aproximação obtida em relação ao modelo não-linear, partindo de $h_2(0) = 0,2\text{m}$ e fazendo o nível variar entre $0,5\text{m}$ e $0,15\text{m}$. Esta avaliação precisa ser qualitativa e quantitativa.