



ROTEIRO DE LABORATÓRIO

1. Código da Experiência: 1C
2. Título: Modelos Matemáticos de Sistemas. Parte II: Modelo de 1ª Ordem do Sistema de Tanques Acoplados
3. Objetivos: Esta prática tem como objetivos:
 - O aprofundamento dos conhecimentos relacionados ao sistema de tanques acoplados;
 - O levantamento de um modelo matemático para o sistemas de tanques, que será muito útil em posteriores projetos de controladores;
 - Um reforço da contextualização da etapa de modelagem na solução de problemas de controle;
4. Equipamento Utilizado: São necessários para realização desta experiência:
 - Um microcomputador PC com um os softwares necessários (Windows, MATLAB/SIMULINK, compilador C, QUARC);
 - Uma placa de aquisição de dados Q8-USB da Quanser;
 - Um módulo de potência VoltPAQ-X1;
 - Um sistema de tanques acoplados da Quanser;
5. Introdução:

5.1. *O sistema de tanques acoplados*

O sistema de tanques acoplados é um "kit" didático da Quanser composto basicamente por: 2 tanques, 1 reservatório e tubos flexíveis para conexão.

A bomba eleva o líquido, desde o reservatório, até 2 duas conexões hidráulicas do tipo normalmente fechadas, denominadas OUT1 e OUT2. Tubos podem ser ligados a estas conexões de forma que o líquido passe para os tanques 1 e/ou 2. O líquido que sai do tanque 1, que é o tanque mais alto, flui por gravidade para dentro do tanque 2, passando através de um orifício, cujo diâmetro pode ser variado através de uma simples troca de peças. Do tanque 2, também por gravidade, o líquido flui de volta para o reservatório, passando por um orifício com as mesmas características do orifício do tanque 1. Cada um dos tanques está dotado com um sensor de nível, que fornece um sinal elétrico em função da altura da coluna de líquido no respectivo tanque.

O sistema de tanques acoplados contém ainda conexões elétricas de entrada e saída através das quais se pode enviar os sinais dos sensores para sistemas de aquisição de dados e receber sinais de controle para o acionamento da bomba.

Dependendo do tanque onde se quer controlar o nível de líquido e da forma como se ligam as conexões OUT1 e OUT2, são possíveis três diferentes configurações:

5.2. *Modelo matemático para o sistema de 1ª ordem (Configuração 1)*

A vazão fornecida pela bomba, que é acionada por um motor DC, é diretamente proporcional a tensão que alimenta este motor. Nesta configuração, toda a vazão da bomba passa apenas para o tanque 1, sendo assim, esta vazão é chamada de vazão de entrada (F_{in}) do tanque 1. A relação entre a tensão de alimentação da bomba (V_P) e a vazão de entrada no tanque 1 é dada por:

$$F_{in} = K_m V_P \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right] \quad (1)$$

onde: K_m é a constante da bomba.

A velocidade com que o líquido escoar pelo orifício de saída do tanque 1, é dada pela equação de Bernoulli para pequenos orifícios (*com relação ao escoamento de água*):

$$v_{out} = \sqrt{2gL_1} \left[\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right] \quad (2)$$

onde: g é a aceleração da gravidade em $[\text{cm/s}^2]$ e L_1 é o nível de água no tanque 1 em $[\text{cm}]$.

Desta forma, a vazão de saída do tanque 1 pode ser dada por:

$$F_{out} = a_1 v_{out} = a_1 \sqrt{2gL_1} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right] \quad (3)$$

onde: a_1 é a área do orifício de saída do tanque 1 em $[\text{cm}^2]$.

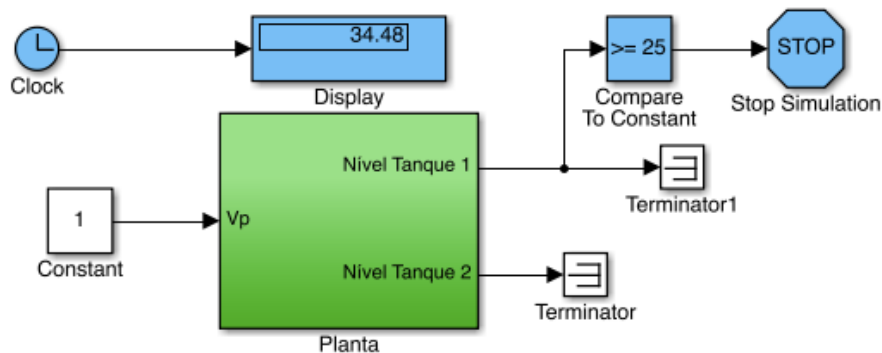
A taxa de variação do nível do tanque 1 (\dot{L}_1) é obtida dividindo-se a taxa de variação volumétrica (\dot{V}) pela área da base do tanque 1 (A_1). Sendo que a variação volumétrica no tanque 1 é dada pela diferença entre as vazões de entrada e de saída.

Configuração 1	Configuração 2	Configuração 3
Apenas com o tanque 1	Com os dois tanques, mas com alimentação apenas no tanque 1. Deseja-se controlar o nível de líquido no tanque 2	Com os dois tanques. Ambos sendo alimentados. Deseja-se controlar o nível de líquido no tanque 2

6. Desenvolvimento:

Inicialmente, a peça que contém o orifício do tanque 1 deverá ser substituída por uma sem orifício, fechando assim a saída do tanque 1. Em tal situação é necessário utilizar a saída com válvula manual para esvaziar o tanque 1.

Para o presente experimento é recomendável implementar, no Simulink, um modelo de simulação semelhante ao apresentado na figura a seguir.



Obs.: Para melhorar a acurácia do experimento é recomendável ajustar o sensor do tanque 1 para uma medição precisa no nível utilizado (p.ex. 25cm)

1º. Calcule o tempo gasto para encher o tanque até um nível fixo (*por exemplo 25cm*) para valores de tensão de 1 à 4 volts (com passos de 0,3v). Lembre-se de que a tensão que, realmente, alimenta a bomba ainda passa por um amplificador de ganho igual a três (3x). Monte uma tabela e faça um ajuste linear. Sabendo que o diâmetro interno dos tanques é de 4,445cm, calcule o valor de K_m .

Tensão Enviada (v)	Tensão na Bomba (v)	Tempo (s) (1º Experim.)	Tempo (s) (2º Experim.)	...	Tempo (s) (Nº Experim.)	Tempo Médio (s)	Vazão (cm ³ /s)
1,0	3,0						
1,3	3,9						
1,6	4,8						
...	...						
3,7	11,1						
4,0	12,0						

2º. Sabendo ainda que o diâmetro do orifício de saída é 0,47625cm encontre a equação diferencial (não-linear) que descreve a dinâmica do nível do tanque 1 [$L_1(t)$] em função da tensão na bomba [$V_P(t)$].

3º. Linearize a equação obtida no item anterior ($L_0 = 0$) e obtenha a função de transferência

$$G(s) = \frac{L_1(s)}{V_P(s)}$$