



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E AUTOMAÇÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**RELATÓRIO DA 1ª EXPERIÊNCIA**  
**Modelagem de Sistemas Dinâmicos:**  
**Simulação de um Sistema de Tanques Acoplados**

**TURMA: 04**  
**GRUPO Nº 2**

José E. de A. Junior: 20170009356

Kallil de A. Bezerra: 20180154987

Victor K. C. Sousa: 20180155278

Natal-RN  
2016

José E. de A. Junior: 20170009356

Kallil de A. Bezerra: 20180154987

Victor K. C. Sousa: 20180155278

**Modelagem de Sistemas Dinâmicos:  
Simulação de um Sistema de Tanques Acoplados**

Primeiro Relatório Parcial apresentado à disciplina de Laboratório de Sistemas de Controle, correspondente à avaliação da 1ª unidade do semestre 2020.6 do 7º período do curso de Engenharia de Computação e Automação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, sob orientação do **Prof. Fábio Meneghetti Ugulino de Araújo**.

Professor: Fábio Meneghetti Ugulino de Araújo.

Natal-RN  
2016

## **RESUMO**

Nesse relatório serão apresentados os conceitos iniciais que serão usados ao longo do semestre na disciplina de Laboratório de Sistemas de Controle, então aqui serão feitos:

- a introdução à representação matemática da dinâmica de sistemas
- a modelagem de sistemas dinâmicos, mais especificamente de um sistema de tanques acoplados, e por último
- a simulação dinâmica de sistemas dinâmicos

No primeiro experimento também será escolhido o software para realizar os experimentos, no Grupo 02 da Turma 04 o MatLab foi escolhido pela compatibilidade com alguns arquivos já disponibilizados pelo professor.

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$	Matriz triangular superior com diagonal unitária.
$D$	Matriz diagonal obtida a partir de $W^T W$
$\theta$	Vetor de parâmetros.
$\Xi$	Vetor de resíduos de modelagem.
$d$	Tempo de retardo de um sistema ou tempo morto.
$e(k)$	Resíduo (Erro de Estimação mais o Ruído).

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARX	Matriz triangular superior com diagonal unitária.
ARMAX	Matriz diagonal obtida a partir de $W^T W$
NARX	Vetor de parâmetros.
NARMAX	Vetor de resíduos de modelagem.
MQ	Tempo de retardo de um sistema ou tempo morto.

## Lista de Figuras

1	Tanque Quanser . . . . .	8
2	Configurações do tanque . . . . .	9
3	1.0V e 3cm . . . . .	11
4	1.5V e 6cm . . . . .	11
5	2.0V e 11cm . . . . .	12
6	2.5V e 25cm . . . . .	12
7	3.0V e 18cm . . . . .	12
8	3.5V e 35cm . . . . .	13
9	4.0V e 45cm . . . . .	13

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1	Seções . . . . .	9
2.1.1	Subseções . . . . .	9
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>10</b>
3.1	Seções . . . . .	10
3.1.1	Subseções . . . . .	10
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Teste de tensão versus altura da coluna de água</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Teste de coluna de água versus tensão de entrada</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>14</b>

Referências bibliográficas 15

# 1 INTRODUÇÃO

No primeiro experimento da disciplina serão estudadas algumas simulações com um sistema de tanques acoplados. Esse sistema de tanques é baseado num kit didático da Quanser, composto por:

- 2 tanques
- 1 reservatório
- 1 mini bomba de água
- tubos para conexão

Na figura abaixo o sistema é exibido com os componentes citados.



Figura 1: Tanque Quanser

No sistema mostrado a bomba eleva o líquido do reservatório (que está na parte mais baixa), até duas conexões hidráulicas. Tubos podem ser conectados a essas conexões, de modo que ele pode fluir para um dos dois tanques. A partir do tanque 1 o líquido pode passar para o tanque 2, e do tanque 2 pode passar para o reservatório. Cada um dos tanques está equipado com um sensor de nível, que fornece um sinal elétrico em função da altura da coluna do fluido. Esse sistema de tanques acoplados também contém conexões elétricas de entrada e saída, e é possível usa-las para enviar sinais nos sensores, variando entre 0 e 4.8 Volts, para o sistema de aquisição de dados e -12 a 12 Volts para o acionamento da bomba. Três configurações são possíveis:



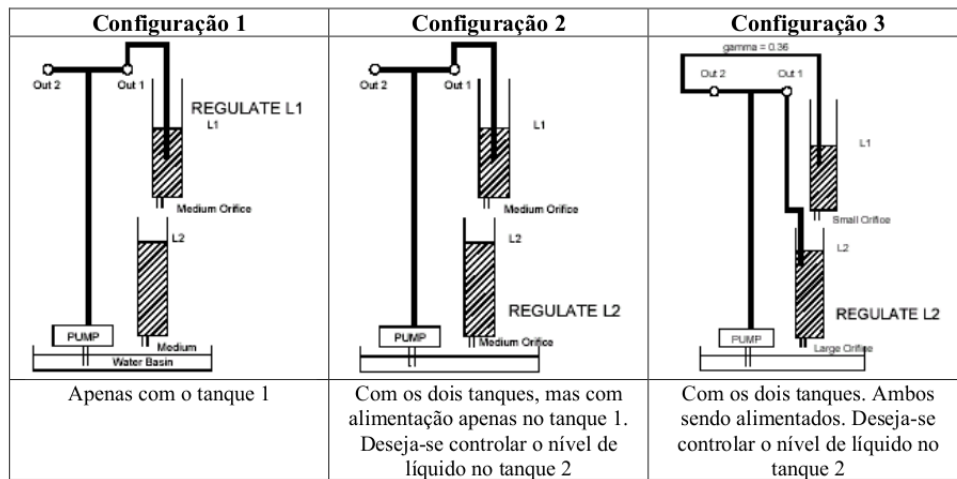


Figura 2: Configurações do tanque

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Trata-se da apresentação do embasamento teórico sobre o qual se fundamentará o trabalho, ou seja, são os pressupostos que darão suporte à abordagem do trabalho. Lembrar de sempre que utilizar texto de outros lugares, utilizar citação da fonte, como por exemplo, [Mittelbach e Goossens 2004].

### 2.1 Seções

#### 2.1.1 Subseções

## **3 METODOLOGIA**

A metodologia é caracterizada pela explicação minuciosa dos procedimentos técnicos realizados durante todo o trabalho.

### **3.1 Seções**

#### **3.1.1 Subseções**

## 4 RESULTADOS

Como foi dito anteriormente, decidimos usar o modelo de simulação disponibilizado no SIGAA.

## 5 Teste de tensão versus altura da coluna de água

Usando o MatLab, tentamos determinar, aproximadamente, qual o nível em que os tanques estabilizariam para as tensões determinadas, os valores encontrados são:

Tensão de Entrada (V)	Valores de resposta (cm)
1.0	3
1.5	6
2.0	11
2.5	25
3.5	18
3.5	35
4.0	45

Tabela 1: Tensão por altura da coluna de água

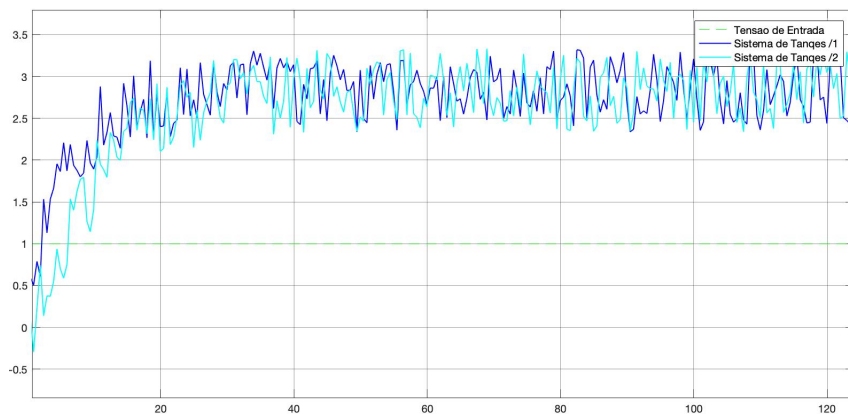


Figura 3: 1.0V e 3cm

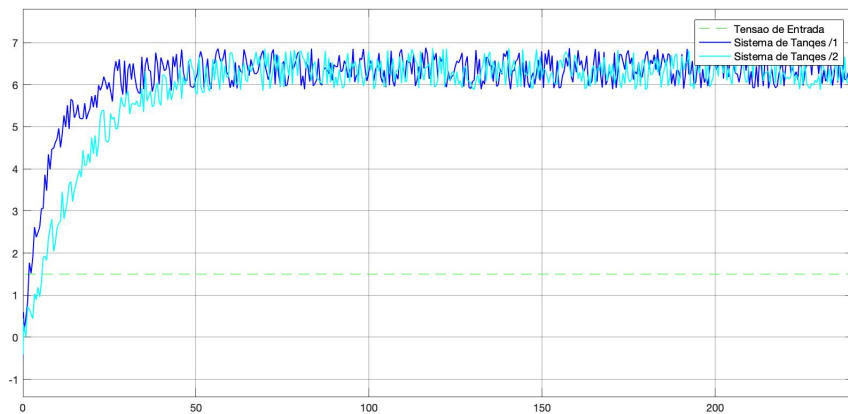


Figura 4: 1.5V e 6cm

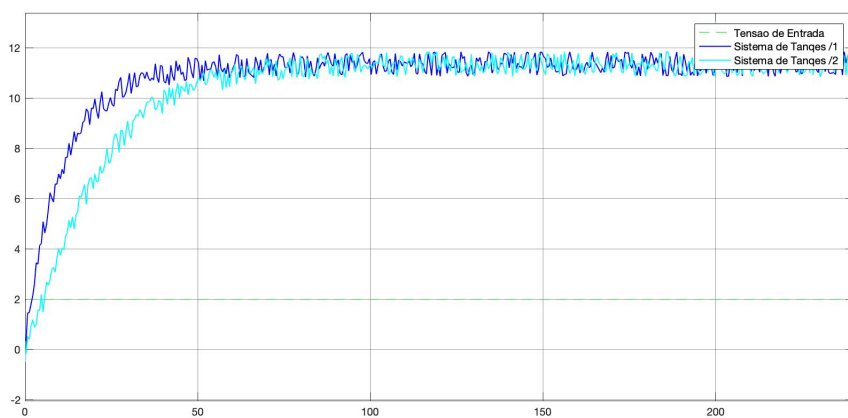


Figura 5: 2.0V e 11cm

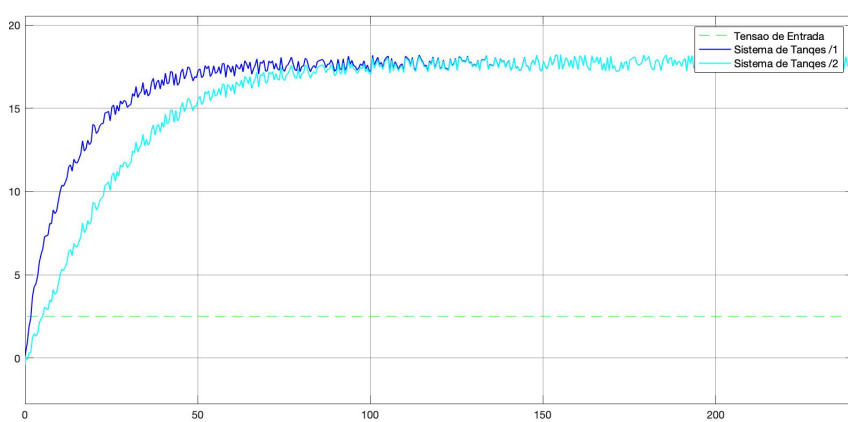


Figura 6: 2.5V e 25cm

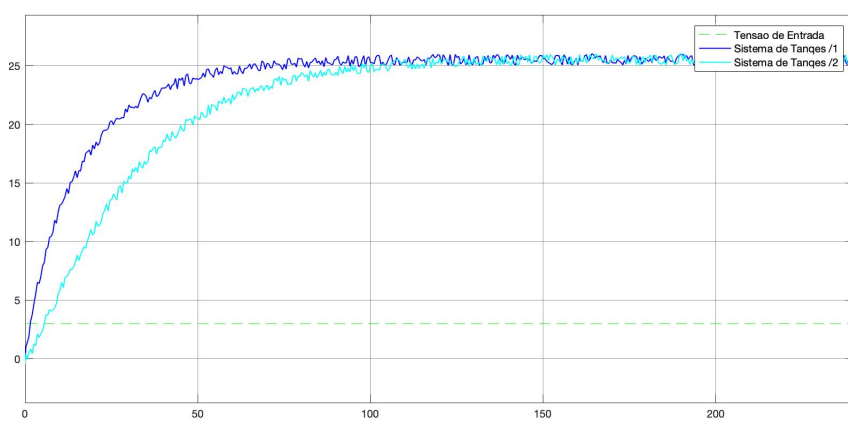


Figura 7: 3.0V e 18cm

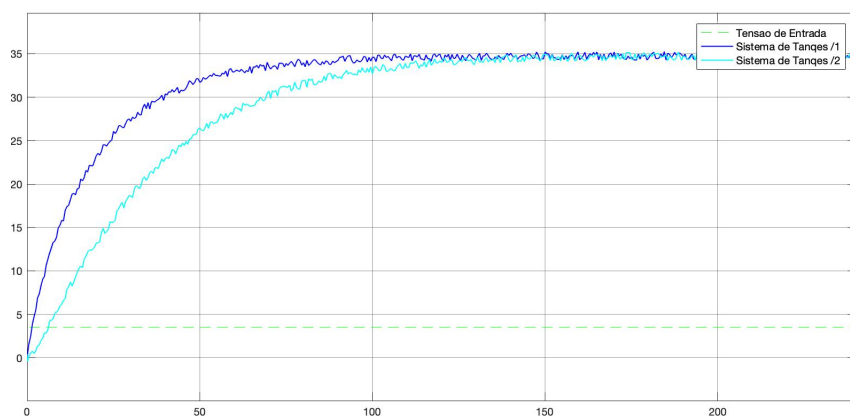


Figura 8: 3.5V e 35cm

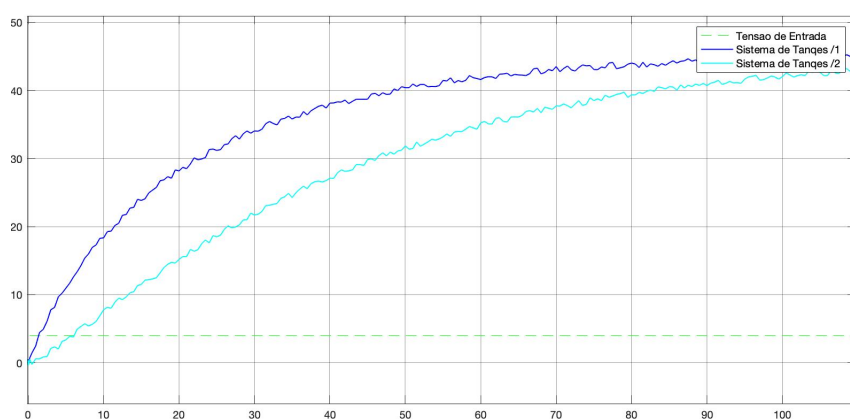


Figura 9: 4.0V e 45cm

## 6 Teste de coluna de água versus tensão de entrada

Usando o MatLab, tentamos determinar, aproximadamente, qual o nível em que os tanques estabilizariam para as tensões determinadas, os valores encontrados são:

Tensão de Entrada (V)	Valores de resposta (cm)
1.0	3
1.85	10
2.3	15
2.65	20
3.0	25
3.3	30
4.5	35

Tabela 2: Altura da coluna de água em função da tensão

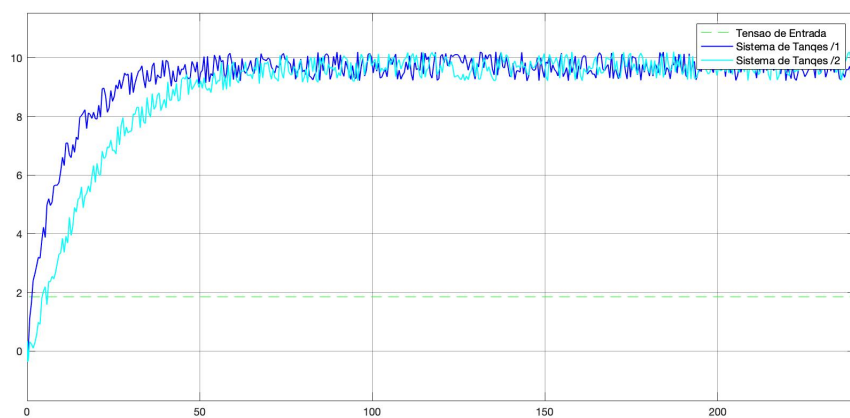


Figura 10: 10cm e 1.85V

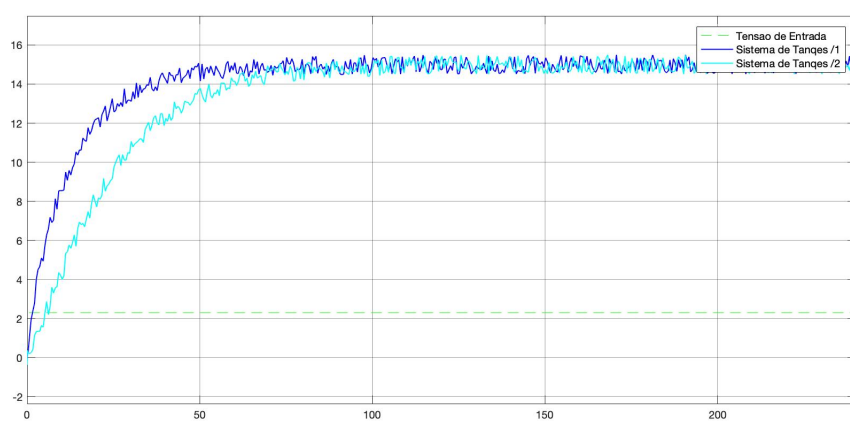


Figura 11: 15cm e 2.3V

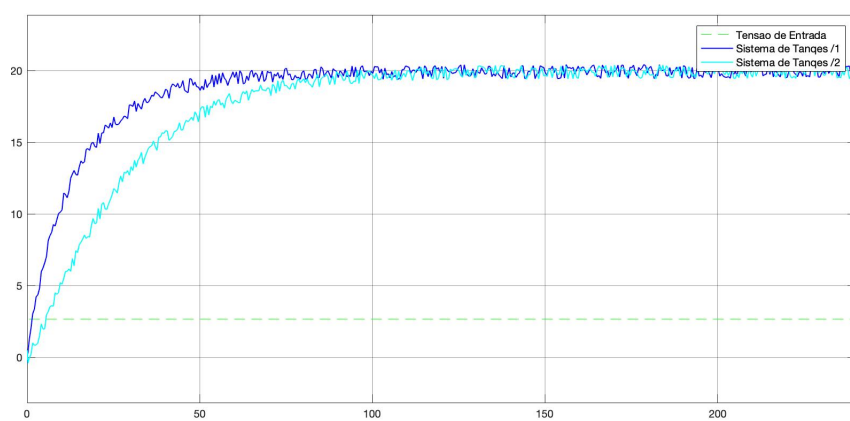


Figura 12: 20cm e 2.65V

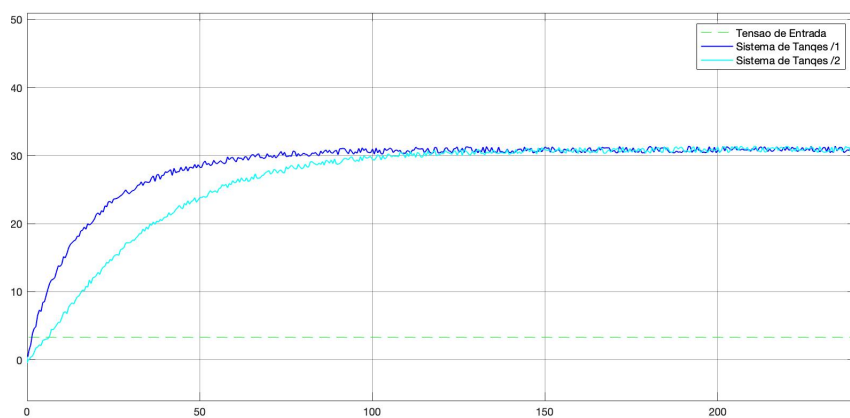


Figura 13: 30cm e 3.3V

## **7 CONCLUSÃO**

A conclusão, além de guardar uma proporção relativa ao tamanho do trabalho, deve guardar uma proporcionalidade também quanto ao conteúdo. Não deve conter assuntos desnecessários, nem exageros numa linguagem excessivamente técnica e rebuscada. A conclusão deve dar respostas às questões do trabalho, correspondente aos objetivos propostos. Deve ser breve, podendo, se necessário, apresentar sugestões para pesquisas futuras.



## Referências

[Mittelbach e Goossens 2004]MITTELBACH, F.; GOOSSENS, M. *The  $\LaTeX$  Companion*. 2. ed. San Francisco, EUA: Addison-Wesley, 2004.