



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

**RELATÓRIO DA N° EXPERIÊNCIA**  
**TÍTULO DA EXPERIÊNCIA**

**TURMA:**  
**GRUPO N°**

**NOME COMPLETO 3º ALUNO: N° MATRÍCULA**

**FERNANDA MONTEIRO DE ALMEIDA 20160154228**

**NOME COMPLETO 3º ALUNO: N° MATRÍCULA**

**NOME COMPLETO 4º ALUNO: N° MATRÍCULA**

**Natal-RN**  
**2016**

NOME COMPLETO 1º ALUNO: Nº MATRÍCULA

NOME COMPLETO 2º ALUNO: Nº MATRÍCULA

NOME COMPLETO 3º ALUNO: Nº MATRÍCULA

NOME COMPLETO 4º ALUNO: Nº MATRÍCULA

## **TÍTULO DA EXPERIÊNCIA**

Primeiro Relatório Parcial apresentado à disciplina de Laboratório de Sistemas de Controle, correspondente à avaliação da 1º unidade do semestre 2016.1 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**

Trata-se da apresentação fiel, breve e concisa dos aspectos mais relevantes do trabalho, apresentando as ideias essenciais, na mesma progressão e no mesmo encadeamento que aparecem no texto. O resumo deve apresentar os objetivos, uma visão geral, ampla e, ao mesmo tempo, clara e objetiva do conteúdo do trabalho.

A norma da ABNT recomenda que se use de 150 a 500 palavras, em espaço simples, e deve-se usar o verbo na voz ativa e na terceira pessoa singular. Logo abaixo, devem ser colocadas as palavras-chave.

**Palavras-chave:**

## 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	Sistema de tanques . . . . .	9
2	Malha aberta . . . . .	10
3	Malha Fechada . . . . .	10

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1	MODELAGEM . . . . .	9
2.2	ANALISE . . . . .	9
2.3	SENSORES . . . . .	10
2.4	SISTEMA EM MALHA ABERTA . . . . .	10
2.5	SISTEMA EM MALHA FECHADA . . . . .	10
2.6	Seções . . . . .	11
2.6.1	Subseções . . . . .	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>13</b>
4.1	Seções . . . . .	13
4.1.1	Subseções . . . . .	13
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>14</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A introdução serve para o leitor ter uma noção genérica do tema que será abordado. Uma boa introdução deve criar uma expectativa positiva no leitor e despertar seu interesse pela leitura do restante do trabalho. Deve apresentar, basicamente, a delimitação do assunto o(s) objetivo(s) do estudo e sua finalidade, o ponto-de-vista sob qual o assunto será tratado, enfim, os elementos necessários para situar o tema do trabalho.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MODELAGEM

O sistema de controle é representado pelo seguinte modelo.

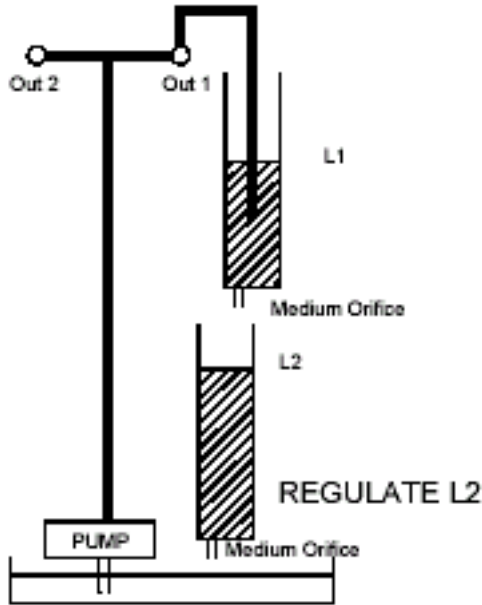


Figura 1: Sistema de tanques

Sabemos que a vazão de entrada é dada por  $k_m u(t)$  e a vazão de saída  $\sqrt{2gh(t)}a$ , onde  $k_m$  é a constante da bomba e "a" a área do furo. Assim:

$$\frac{dq}{dt} = q_{in} - q_{out}$$

$$A \frac{dh(t)}{dt} = k_m u(t) - \sqrt{2gh(t)}a$$

$$A \frac{dh(t)}{dt} = k_m u(t) - \sqrt{2gh(t)}a$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{k_m}{A} u(t) - \frac{a\sqrt{2gh(t)}}{A}$$

### 2.2 ANALISE

Para atingir um certo nível no tanque estamos interessados no valor de tensão que fará o sistema alcançar esse nível. Para isso precisamos analisar o regime permanente. Após algum tempo a altura praticamente não vai mais variar, então podemos considerar.  $\frac{dh(t)}{dt} = 0$ , com isso nossa equação fica:

$$0 = \frac{k_m}{A} u(t) - \frac{a\sqrt{2gh(t)}}{A}$$

$$\frac{k_m}{A} u(t) = \frac{a\sqrt{2gh(t)}}{A}$$

$$u(t) = \frac{a\sqrt{2gh(t)}}{k_m}$$

$$u(t) = k\sqrt{h} \quad (1)$$

Com a relação do sinal de entrada com o nível final do tanque, podemos calcular experimentalmente o valor de k, aplicando um sinal de entrada do tipo degrau e observando o seu valor final. Com o valor de k calculado dado um nível sabemos qual a tensão necessária para atingi-lo.

## 2.3 SENSORES

Para obter o nível dos tanques são utilizados sensores de pressão. a saída desses sensores são uma tensão proporcional a pressão e como a pressão é proporcional a altura podemos encontrar uma relação linear da tensão com a altura da água.

## 2.4 SISTEMA EM MALHA ABERTA

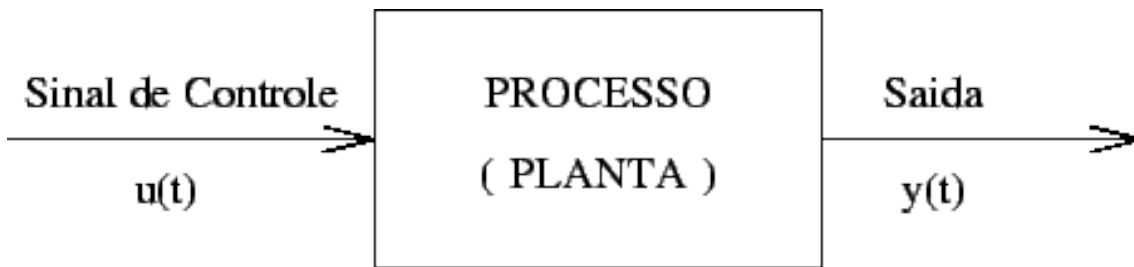


Figura 2: Malha aberta

No processo em malha aberta não existe nenhum controle o sinal de entrada é a tensão e a saída o nível do tanque que é lida pelo sensor.

## 2.5 SISTEMA EM MALHA FECHADA

No processo em malha fechada o sinal de entrada é o nível de referência. A entrada do controlador é a diferença de nível desejado para o medido, a saída do controlador é a própria diferença somada com a tensão necessária para o sistema estabilizar naquele nível, utilizando a equação 1. Assim a tensão somada dá o valor necessário para estabilizar e o erro acelera esse processo. O período de amostragem e o controle do sistema é feito a cada 100 milisegundos.

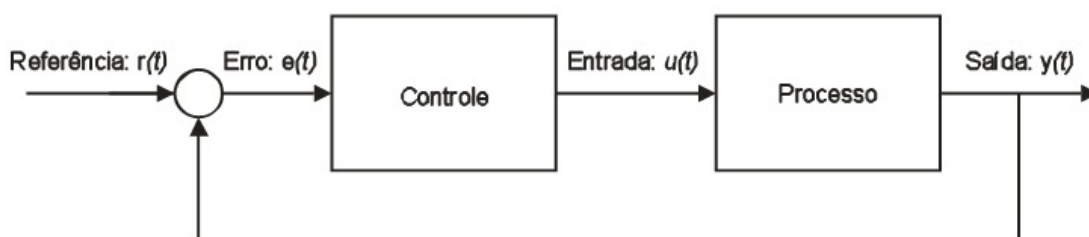


Figura 3: Malha Fechada

## **2.6 Seções**

### **2.6.1 Subseções**

### 3 METODOLOGIA

Neste sistema de controle desenvolvido, foi utilizado a planta da *Quanser*, um sistema com dois tanques com altura de 30cm e diâmetro de 4,45cm cada. Desejava-se controlar o nível dos tanques com a bomba através das tensões enviadas para a uma placa onde havia uma comunicação cliente-servidor. Fez-se um experimento inicial para se ter conhecimento do comportamento do fluxo de água enviado pela bomba, a vazão de saída dos tanques e a leitura dos sensores. Assim como os níveis de equilíbrio entre a vazão de entrada e saída. Após a obtenção desses valores, comparou-se com as constantes obtidas na documentação do fabricante: constante da bomba e constante para conversão dos valores obtidos do sensor para centímetro. Foi adotado, então, a constante do sensor do fabricante na conversão das leituras recebidas do sensor. Não foi necessário a constante da bomba, apenas para simulações feitas sem o uso da planta.

Em seguida, foi feito o planejamento do leiaute do software de controle, os parâmetros de entrada e os valores de saída a serem apresentados nos gráficos, seguindo as especificações do roteiro. O programa foi feito no ambiente Qt Creator utilizando a linguagem C++, pois tinha suporte para interface gráfica. A leitura e escrita não foi paralelizada para evitar alguns conflitos de sincronização.

Após finalizado o sistema, a validação do controle foi feita testando cada função de entrada: degrau, senoidal, dente de serra e aleatório. Variando também os valores de entrada e fazendo a comutação entre malha fechada e aberta.

No caso específico da malha fechada onde seria necessário utilizar as leituras do sensor, foi utilizado a seguinte estratégia: a referência era enviada para a placa e ao receber as leituras do sensor, esses valores eram comparados. Se houvesse alguma diferença, ou erro, era corrigido na referência diminuindo-se o erro.

## **4 RESULTADOS**

Neste capítulo, são apresentados e descritos os resultados obtidos dos experimentos feitos em laboratório. É importante que todos os gráficos e figuras apresentados neste capítulo estejam bem visíveis e com qualidade boa. Este é o capítulo mais importante do trabalho, pois é nele que o aluno irá descrever todos os resultados e observações obtidos no experimento.

### **4.1 Seções**

#### **4.1.1 Subseções**

## **5 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.