

# Aulas 02 e 03 - Versão 2019/2

## Sensores e instrumentação

Profº Engº Hermom Leal Moreira, Msc.  
FATEC - Osasco - São Paulo - Brasil

Ago/2019

### 1 Introdução

O uso de instrumentos em processos industriais visa a obtenção de um produto de melhor qualidade com menor custo, menor tempo e com quantidade reduzida de mão de obra.

A utilização de instrumentos nos permite, incrementar e controlar a qualidade do produto, aumentar a produção e o rendimento, obter e fornecer dados seguros da matéria prima e quantidade produzida além de ter em mãos dados relativos à economia dos processos.

### 2 Tipos de automação

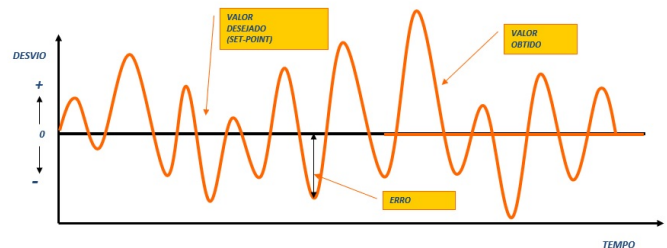
- Automação Predial;
- Automação Comercial;
- Automação Bancária;
- Automação de Gestão de Energia;
- Automação Industrial;
- Automação da Manufatura;
- Automação de Batelada;
- Automação de Processos Contínuos;

### 3 Grandezas utilizadas em controle e automação

- Temperatura;
- Vazão;
- Nível;
- Pressão;
- Ph;

- Condutividade;
- Umidade;
- Velocidade;
- Condutividade;

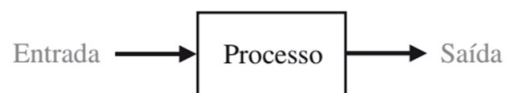
**Controle manual** O controle manual não permite a eliminação do erro, resultando em uma amplitude de variação excessiva do valor da variável que se deseja controlar.



Controle manual

### 4 Controle Automático

O primeiro passo para a análise de um sistema de controle é a obtenção de um modelo matemático do sistema que represente fisicamente a planta.

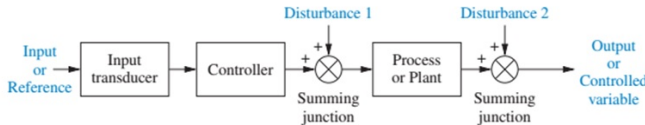


Processo a ser controlado

Uma vez obtido esse modelo, é possível analisar o desempenho do sistema a partir dos vários métodos disponíveis sendo necessário definir o tipo de malha de controle de acordo com o tipo de tarefa a ser realizada.

## 5 Sistemas em malha aberta

Um sistema em malha aberta genérico é mostrado na figura abaixo.



Sistema de malha aberta.

Ele começa com um subsistema chamado de transdutor de entrada, o qual converte a forma da entrada para aquela utilizada pelo controlador. O controlador aciona um processo ou uma planta.

A entrada algumas vezes é chamada de referência, enquanto a saída pode ser chamada de variável controlada. Outros sinais, como as perturbações, são mostrados adicionados às saídas do controlador e do processo através de junções de soma, as quais fornecem a soma algébrica dos seus sinais de entrada utilizando os sinais associados. Por exemplo, a planta pode ser uma fornalha ou um sistema de ar condicionado, no qual a variável de saída é a temperatura.

A característica distintiva de um sistema em malha aberta é que ele não pode realizar compensações para quaisquer perturbações que sejam adicionadas ao sinal de acionamento do controlador.

Na figura anterior o sinal de saída é subtraído do sinal de entrada. O resultado, geralmente, é chamado de sinal de atuação.

A primeira junção de soma adiciona algebricamente o sinal de entrada ao sinal de saída, que chega através da malha de realimentação, o caminho de retorno da saída para a junção de soma.

Entretanto, nos sistemas em que ambos os transdutores, de entrada e da saída, possuem ganho unitário (isto é, o transdutor amplifica sua entrada por um fator igual a 1), o valor do sinal de atuação é igual à diferença real entre a entrada e a saída. Nessas condições, o sinal de atuação é chamado de erro.

### Vantagens dos sistemas de controle de malha aberta

Seguem as principais vantagens dos sistemas de controle de malha aberta: 1. São simples de ser construídos e têm fácil manutenção; 2. São menos dispendiosos que um sistema correspondente de malha fechada; 3. Não apresentam problemas de estabilidade; 4. São adequados quando existem dificuldades de medição da saída ou quando a medição precisa da saída não é economicamente possível. (Por exemplo, no caso da máquina

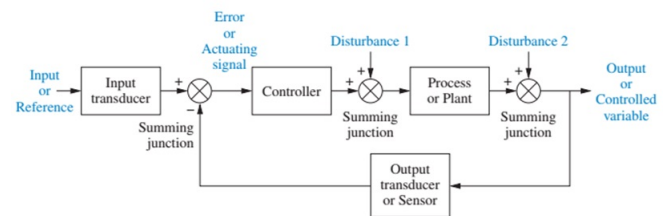
de lavar roupas, seria bastante dispendiosa a instalação de um dispositivo para avaliar se as roupas foram bem lavadas.)

### Desvantagens dos sistemas de controle de malha aberta

As principais desvantagens dos sistemas de controle de malha aberta são: 1. Distúrbios e mudanças na calibração causam erros, e a saída pode apresentar diferenças em relação ao padrão desejado; 2. Para que a saída mantenha a qualidade requerida, é necessária uma regulagem periódica.

## 6 Sistemas em Malha Fechada (Controle com Realimentação)

A arquitetura genérica de um sistema em malha fechada é mostrada na figura abaixo.



Sistema de malha fechada.

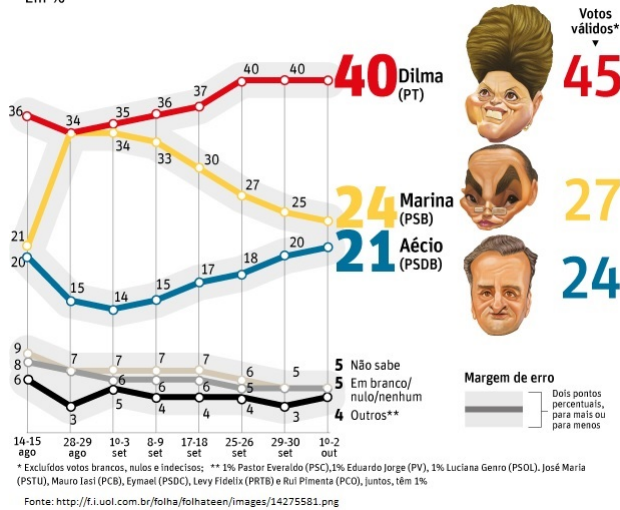
O transdutor de entrada converte a forma da entrada para a forma utilizada pelo controlador. Um transdutor de saída, ou sensor, mede a resposta da saída e a converte para a forma utilizada pelo controlador. Por exemplo, se o controlador utiliza sinais elétricos para operar as válvulas de um sistema de controle de temperatura, a posição de entrada e a temperatura de saída são convertidas em sinais elétricos. A posição de entrada pode ser convertida em uma tensão por meio de um potenciômetro, um resistor regulável, e a temperatura de saída pode ser convertida em uma tensão por meio de um termistor, um dispositivo cuja resistência elétrica varia com a temperatura.

## 7 Erros e Incertezas na Medição

Em qualquer medição deve ser atribuído valores de erros e incertezas nas medições. A Figura 1, ilustra a margem de erro na pesquisa de intenção de votos da eleição para presidente em 2014.

## CORRIDA PRESIDENCIAL

Em %



Margem de erro eleições 2014.

O **erro** pode ser definido como o valor (número) obtido de uma medição menos o **valor verdadeiro** do mensurando. A **incerteza** é um parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão do valor, ou uma faixa de que podem ser atribuídas ao mensurando.

## 8 Erros de Medição

A variação de valores de medição é comum no processo de instrumentação, pois os valores medidos entre um e outro operador, com um mesmo aparelho de medição não necessariamente serão idênticas. Os sistemas físicos nem sempre são perfeitamente lineares, por isso a tarefa de medição é complexa e imperfeita devido às características de dimensão, geometria, propriedades físicas, tipo de material, ótica que não correspondem aos valores ideais quando medidos.

Os erros podem ser classificados da seguinte forma:

- 1) **Erro sistemático**, correspondendo à porção previsível do erro, também definido como **erro médio**.
- 2) Erro aleatório, correspondendo à porção imprevisível do erro, apresentando nas medições repetidas indicações diferentes.

O erro pode ser calculado pela seguinte equação:

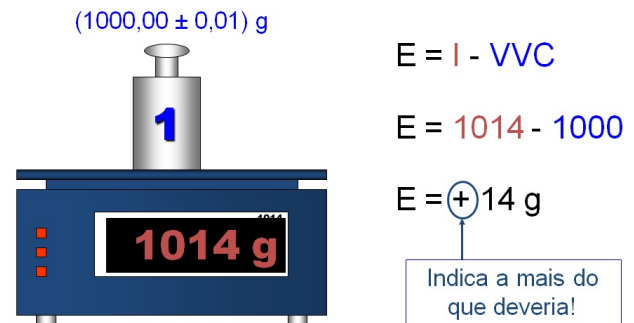
$$E = I - VV$$

sendo: E o erro de medição, I a indicação do sistema de medição e VV valor verdadeiro do mensurando.

Tabela 1: Fatores de incertezas

Fatores	Erros e Incertezas
1. Meio Ambiente	Temperatura, umidade, pressão, etc
2. Método de cálculo	Arredondamento, interpolação, extrapolação, etc.
3. Processo de medição	Alinhamento, número de medições, princípio de medição, etc.
4. Equipamento de Medição	Tendência, calibração.
5. Operador	Erro de paralaxe, experiência, treinamento, etc.
6. Outros	-

Um exemplo (vide Figura 2), é o experimento realizado em uma balança digital onde uma massa conhecida é repetidamente medida pela balança. O valor da massa é de  $(1,00000 \pm 0,00001)$  kg. Seria esperado que a indicação da balança sempre coincidisse com o valor verdadeiro da massa. Entretanto, a balança indica 1014 g. A balança apresenta um erro de medição positivo, que pode ser calculado pela equação anterior.



Exemplo de erro de medição. Fonte [1]

## 9 Fatores de Incertezas

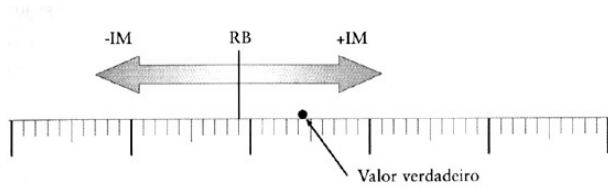
Os principais fatores provocadores por incertezas estão descritos na Tabela 1.

O erro de paralaxe ocorre devido ao ângulo de visão do observador. É um erro recorrente em equipamentos de medição com escala fixa e móvel.

O resultado da medição pode ser definido conforme [1] por:

$$RM = (RB \pm IM)[\text{unidade}],$$

onde: RM é o resultado medido, RB é o resultado base e IM é a incerteza da medição, conforme a Figura 3.



Resultado da medição:  $RM = RB \pm IM$ . Fonte:[1]

## 10 Confiabilidade da Medição

Conforme [1], os sistemas de medição têm por objetivo medir para monitorar, controlar e investigar, e isto deve ser realizado com certo grau de exatidão. A **qualidade** da medida está relacionada ao grau de incerteza e margem de erro da medição, sendo que quanto maiores forem estes parâmetros, menor a qualidade e confiabilidade da grandeza medida. A confiabilidade de uma medição depende, ainda, da **estabilidade no decorrer do tempo** e da **previsibilidade**.

Além da confiabilidade, outras características como a aceitação, credibilidade e universalidade devem ser obtidas nas práticas metrológicas.

## 11 Processo de medição

Diversos erros de medidas podem ser inseridos na instrumentação devido à inexistência de padronização. Por isto, é necessário observar a grafia e escrita correta das unidades de grandezas e símbolos não sendo permitidas combinações de partes escritas por extenso com partes expressas por símbolo. O processo de medição pode ser exemplificado através do Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama de causa e efeito, bastante utilizado na Engenharia de Produção. Com isto é possível determinar qual a qualidade da medição em função dos diversos fatores envolvidos na tarefa de medir uma determinada grandeza como na Figura 4.

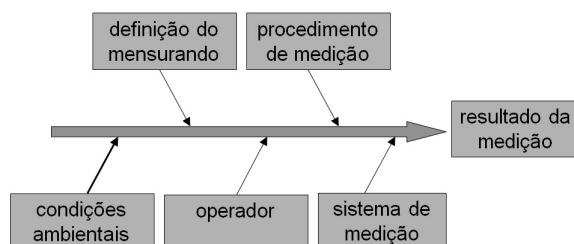


Diagrama de Processo de Medição. Fonte:[1]

## Referências

- [1] ALBERTAZZI, Armando; SOUZA, André Roberto de. Fundamentos de metrologia científica e industrial [Livro].- Barueri: Manole, 2008.-1ª Edição.
- [2] BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner J.. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. 2a ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2010, v.1.
- [3] OGATA, Katsuhiko; SEVERO, Bernardo. Engenharia de controle moderno. Prentice Hall do Brasil, 2010. 5ª Ed. 2010.
- [4] NISE, Norman S.; DA SILVA, Fernando Ribeiro. Engenharia de sistemas de controle. LTC, 2002. 7ª Ed. - 2017.