

PTC3421 – Instrumentação Industrial

# Aspectos Gerais de Instrumentos

## Parte I

---

V2017A

PROF. R. P. MARQUES

# Instrumentos Típicos

---

Um instrumento pode ter uma ou (usualmente) várias das funções abaixo.

## 1. SENSOR

Dispositivo que, entre outras funções, coleta o sinal de uma variável de processo. Há uma infinidade de tipos (sensores de pressão, temperatura, vazão, velocidade, nível, etc.).

Sensores são o principal tópico deste curso.

Frequentemente combinam funções de indicação, transmissão e até mesmo controle e atuação.

# Instrumentos Típicos

---

## 2. RECEPTOR

Dispositivo que recebe o sinal padronizado de um transmissor. Frequentemente incorporado ao sistema de controle, atuador, etc.

## 3. INDICADOR

Dispositivo que exibe o valor de uma variável de processo. Pode ser analógico ou digital.

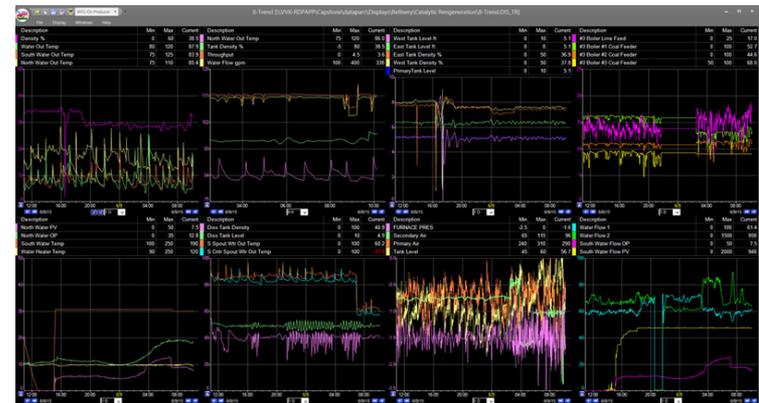


# Instrumentos Típicos

## 4. REGISTRADOR

Dispositivo que armazena o histórico de um sinal.

Está caindo em desuso, mas ainda ainda existem registradores por aí. Hoje em dia os sistemas supervisórios assumiram essa função.



# Instrumentos Típicos

---

## 5. TRANSMISSOR

Dispositivo que transmite um sinal (usualmente de um sensor) em alguma forma padrão. Pode estar incorporado a este (o mais comum) ou ser um dispositivo separado conectado.

Transmissores são necessários para indicação remota e automação.



# Instrumentos Típicos

## 6. CONVERSOR

Dispositivo que converte um sinal padrão em outro sinal padrão, às vezes de natureza física diferente. Exemplos:

Tensão -1mV a +1mV  
Tensão  
Pressão  
(sinal digital)  
(sinal digital elétrico)  
(sinal digital via cabo)

em  
em  
em  
em  
em

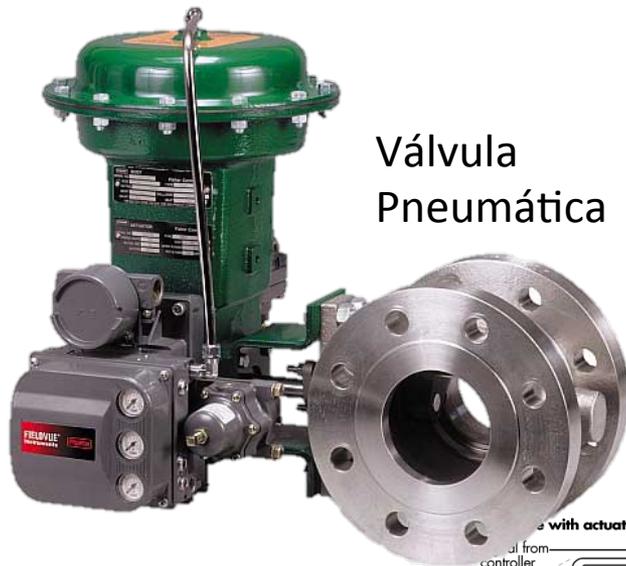
Tensão -5V a +5V  
Corrente  
Corrente  
Tensão  
(sinal digital ótico)  
(sinal digital WIFI)



# Instrumentos Típicos

## 7. ATUADOR

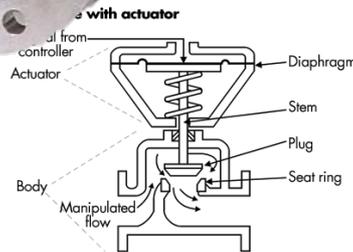
Dispositivo que atua no processo. Os mais típicos são válvulas (ou servoválvulas ou válvulas de controle), resistores e inversores.



Válvula  
Pneumática



Válvula  
Motorizada



# Instrumentos Típicos

## 7. ATUADOR

Dispositivo que atua no processo. Exemplos típicos são válvulas (ou servoválvulas ou válvulas de controle), resistores e inversores.



inversores



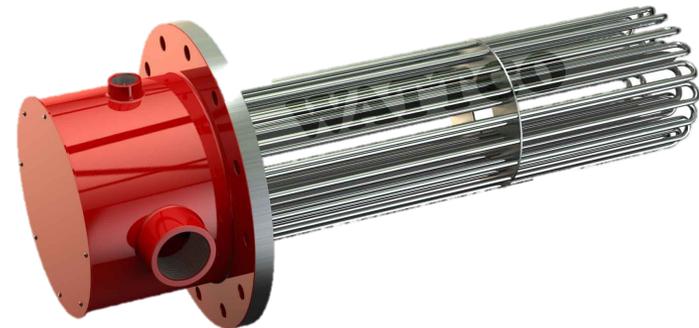
# Instrumentos Típicos

## 7. ATUADOR

Dispositivo que atua no processo. Os mais típicos são válvulas (ou servoválvulas ou válvulas de controle), resistores e inversores.



resistores



# Instrumentos Típicos

## 8. CHAVES

Dispositivos que ligam ou desligam um circuito

CHAVES DE COMANDO:  
(atuadores)



CHAVES DE PRESSÃO (PRESSOSTATOS):  
(sensores/atuadores/controladores)



CHAVES DE TEMPERATURA (TERMOSTATOS):  
(sensores/atuadores/controladores)



e ainda chaves de vazão (fluxostatos), chaves de nível, etc.



# Instrumentos Típicos

---

## 9. VÁLVULAS

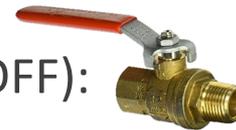
VÁLVULA DE CONTROLE (já vista)

VÁLVULA REGULADORA DE PRESSÃO:

(podem também ser controladores de vazão)



VÁLVULA LIGA/DESLIGA (VÁLVULA ON/OFF):



VÁLVULA DE SEGURANÇA OU ALÍVIO:



# Instrumentos Típicos

## 10. CONTROLADORES (fora do escopo deste curso)

SINGLE-LOOP



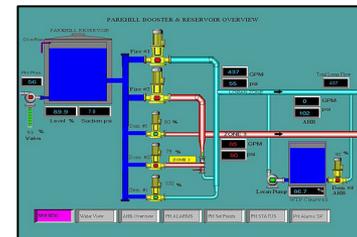
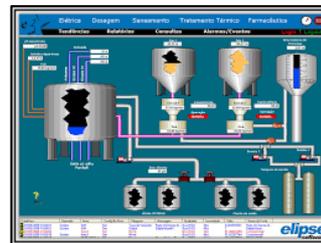
CLP (Controlador Lógico Programável)



SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído)



SCADA (Controle Supervisório e Aquisição de Dados)  
(também referido como IHM – Interface Humano Máquina)



# Classificação

---

## 1. Com relação à indicação:

### INSTRUMENTO CEGO

Sem indicação

(comum em lugares inacessíveis)

### INSTRUMENTO INDICADOR

Com indicação

### INSTRUMENTO REGISTRADOR

Como já visto. Caindo em desuso

# Classificação - Observação

---

Já há novos instrumentos que dispensam indicação ou registro.

Eles possuem comunicação sem fio (tipicamente bluetooth) e diversas informações, incluindo:

- indicação;
- registros (gráficos de tendência, etc.);
- configuração;
- diagnóstico.

Essas informações podem ser acessadas através de um aplicativo em handheld ou tablet.

Exemplo: <https://www.youtube.com/watch?v=rt3WnvcBtgg>



# Classificação

---

## 2. Com relação à transmissão:

TRANSMISSOR  
Como já visto.

RECEPTOR  
Como já visto.

CONVERSOR  
Como já visto.

Em esquemas tradicionais sensores atuam como transmissores, atuadores atuam como receptores e controladores atuam como ambos.

Em esquemas modernos, há comunicação bilateral entre quaisquer dispositivos (por exemplo via rede), o que não invalida a classificação.

# Classificação

---

## 3. Com relação à função:

### ELEMENTO PRIMÁRIO

Em contato físico direto com a variável e troca energia com o processo e informação com o sistema de controle.

Associado usualmente a sensores (às vezes a atuadores também).

OBS: Sensores podem conter mais do que apenas o elemento primário (e.g. eletrônica, indicadores, transmissores, etc.).

### ELEMENTO FINAL DE CONTROLE

Elemento que recebe informação do sistema de controle e troca energia com o processo.

Associado a atuadores (e.g. válvulas, etc.).

OBS: Atuadores podem conter mais do que apenas o elemento final de controle.

### CONTROLADOR

Troca informação com sensores e atuadores. Controla a planta.

# Classificação

---

## 3. Ainda com relação à função:

### ALARME

Dispositivo (ou função de um SCADA, por exemplo) que indica ao operador valores anormais em alguma variável de processo, usualmente através de sinais visuais ou sonoros (ou mensagens em um SCADA, por exemplo).

Alarmes usualmente são classificados em termos de prioridade, usualmente cobrindo três classes:

ALTA	Requer reconhecimento do operador e ação imediata (usualmente associado a alguma ação automática)
MÉDIA	Requer reconhecimento do operador
BAIXA / AVISO	Dispensa reconhecimento

# Classificação

---

## 4. Com relação à representação:

### CONTÍNUA (às vezes chamada ANALÓGICA)

Dispositivo que lida com grandezas contínuas, isto é, que podem variar continuamente ao longo de uma faixa e assumir diversos valores.

Exemplos: temperatura, nível, vazão, abertura de válvula (%), potência, tempo, etc.

### BINÁRIA (às vezes chamada DIGITAL)

Dispositivo que lida com grandezas representadas por apenas dois valores distintos.

Exemplos: ligar/desligar (atuadores), ligado/desligado (sensores), abrir/fechar (atuadores), aberto/fechado (sensores), normal/falha (alarmes), etc.

# Classificação

---

## 4. Com relação à tecnologia:

### ANALÓGICA

Dispositivo baseado em tecnologia analógica.

Exemplos: eletrônica analógica, dispositivos mecânicos, etc.

### DIGITAL

Dispositivo baseado em tecnologia eletrônica digital e usualmente programável.

Exemplos: boa parte dos sensores e atuadores modernos.

A distinção é importante, pois a tecnologia digital possibilita uma série de benefícios ausentes na tecnologia analógica, por exemplo comunicação em rede, processamento de sinais (e.g. linearização, calibração, análise, etc.), configuração remota, diagnóstico, etc.

# Definições

---

## CAVEAT

As definições usuais de instrumentação foram concebidas à época de instrumentos e controle analógico e refletem principalmente esse contexto tecnológico.

Boa parte desses conceitos é perfeitamente aplicável a modernos instrumentos baseados em tecnologia digital, mas conceitos importantes em termos analógicos às vezes não são relevantes para sistemas digitais e vice-versa.

Por outro lado, instrumentação analógica convive, e conviverá ainda por muito tempo, com equipamentos mais modernos.

A usina de Henry Borden opera desde 1926.  
Que tipo de instrumentação será que existe por lá?



# Definições

---

## 1. FAIXA NOMINAL (range)

É o conjunto de valores para a variável de processo compreendidos entre os limites inferior e superior de atuação/medida/transmissão do instrumento.

Exemplos:	0°C – 1000°C	(para um sensor de temperatura)
	1m – 3m	(para um sensor de nível)
	0% – 100%	(para abertura de válvula, etc.)
	3psi – 15psi	(para transmissores de pressão)
	4mA – 20mA	(para transmissores de corrente)

OBS: Alguns sensores digitais modernos produzem (usualmente via rede) valores em unidades de engenharia obtidos de maneira bastante complexa, e o conceito de faixa nominal pode não ser relevante ou adequado.

Exemplo: um espectrômetro.

# Definições

---

2. ALCANCE (span)  
(associado à faixa nominal de um instrumento)

É a amplitude da faixa nominal, isto é:

$$(\text{alcance}) = (\text{limite superior}) - (\text{limite inferior})$$

Exemplos:	(range)	(span)
	0°C – 1000°C	1000°C
	1m – 3m	2m
	0% – 100%	100%
	3psi – 15psi	12psi
	4mA – 20mA	16mA

# Definições

---

## 3. ELEVAÇÃO DE ZERO

Diferença entre o valor zero da variável de processo e o limite inferior da faixa nominal do instrumento.

Válido para diferenças positivas apenas.

Exemplo: Para um sensor de temperatura de faixa nominal  
-100°C – 1000°C

A elevação de zero é:	100°C	(em unidades)
	9%	(% do span)

## 4. SUPRESSÃO DE ZERO

Diferença entre o limite inferior da faixa nominal do instrumento e o valor zero da variável de processo.

Válido para diferenças negativas apenas.

Exemplo: Para um transmissor de pressão de faixa nominal  
3psi – 15psi

A supressão de zero é:	3psi	(em unidades)
	18,8%	(% do span)

# Definições

---

## 4. ERRO (offset)

Diferença entre o valor real e o valor medido/comandado de uma variável de processo.

Para um sensor:  $(\text{erro}) = (\text{valor real}) - (\text{valor medido})$

Para um atuador:  $(\text{erro}) = (\text{valor real}) - (\text{valor comandado})$

Definimos ainda:

ERRO ESTÁTICO      para regime permanente

ERRO DINÂMICO      causado pelo comportamento dinâmico dos instrumentos durante transitórios, comumente como um atraso de medição ou atuação.

Exemplos: Um sensor de temperatura leva alguns segundos até que a medida se estabilize durante um transitório; uma válvula leva um certo tempo para excursionar até um valor comandado.

# Definições

---

## 4. ACURÁCIA (accuracy)

É a tolerância (ou erro máximo) de um valor medido, comandado ou transmitido.

Pode ser expressa em:

- i. Unidades da variável de processo;
- ii. Porcentagem do span;
- iii. Porcentagem do valor real;
- iv. Porcentagem do valor medido/comandado;
- v. Porcentagem do limite superior do range;
- vi. Porcentagem da escala do indicador;

etc. etc.

OBS. Acurácia é um sinônimo de precisão.

# Definições

---

## 5. SENSIBILIDADE (sensitivity)

Para sensores: valor mínimo que a variável de processo deve mudar para que o valor medido se altere.

Para atuadores: valor mínimo que a variável comandada deve mudar para que o valor atuado se altere.

Usualmente expressa em porcentagem do span (às vezes em bits, para sinais digitais).

## 6. REPETIBILIDADE (repeatability)

Capacidade de representar adequadamente valores idênticos de uma variável repetidamente, nas mesmas condições de operação e no mesmo sentido de variação (v. histerese mais adiante).

Usualmente expressa em porcentagem do span.

OBS. Um instrumento pode apresentar boa repetibilidade, mas medir/atuar sempre com um erro muito grande.

# Definições

---

## 7. HISTERESE (hysteresis)

Diferença observada no valor medido/atuado/transmitido quando a variável de processo atinge um mesmo valor crescendo ou decrescendo.

