

INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO

Instrumentação Básica

- Ementa do curso
- Instrumentação Básica

Professor: Ailson O. Martins

Ementa

▪ Geral:

- Identificar os diversos elementos de controle e instrumentação em um processo industrial.
- Conhecer o comportamento destes elementos.
- Analisar e inferir de forma corretiva sobre a planta de um processo industrial.

▪ Parte I

- Introdução à Instrumentação
- Instrumentos
 - Equipamentos de Medidas na Instrumentação: Sensores e Transdutores;
 - Classe de isolamento e categoria de instrumento
 - Incertezas de medição e calibração de instrumentos
- Fluxograma
- Malhas de Instrumentação e Controle

Ementa

- Parte II
 - Equipamentos de Instrumentação
 - Cilindros pneumáticos e hidráulicos
 - Válvulas e Atuadores
- Parte III
 - Processamento de Sinais
 - Transmissores de sinais
 - Pontes
 - Condicionamento de sinais
- Parte IV
 - Conceitos e Considerações Básicas de Controle Automático

Ementa

▪ **Parte V**

- Características de Processos Industriais
 - Mono e Multivariáveis
 - Contínuos e Descontínuos
 - Parâmetros de resposta
 - Estabilidade e Controlabilidade

▪ **Parte VI**

- Ações de Controle
 - ON-OFF
 - Proporcional, Integral e Derivativo
 - Proporcional-Integral
 - Proporcional-Integral-Derivativo

Bibliografia

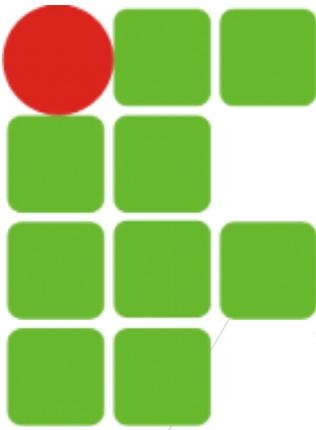
- BEGA, E. A. Instrumentação Industrial. Editora Interciência. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2011.
- **CHAVES, C. R - PETROBRÁS - CURSO DE FORMAÇÃO DE OPERADORES DE REFINARIA: INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA**, CURITIBA: Equipe Petrobras de Abastecimento, 2012.
- THOMAZINI, D. e ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. Editora Érica, 3ª edição, São Paulo, 2005.
- FIALHO, A. B. **Instrumentação Industrial: Conceitos, Aplicações e Análises**. Editora Érica. 2ª edição. São Paulo, 2004.
- FIALHO, A. B. **Automação Pneumática - Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. Editora Érica. 2ª edição. São Paulo, 2004.

Apostilas

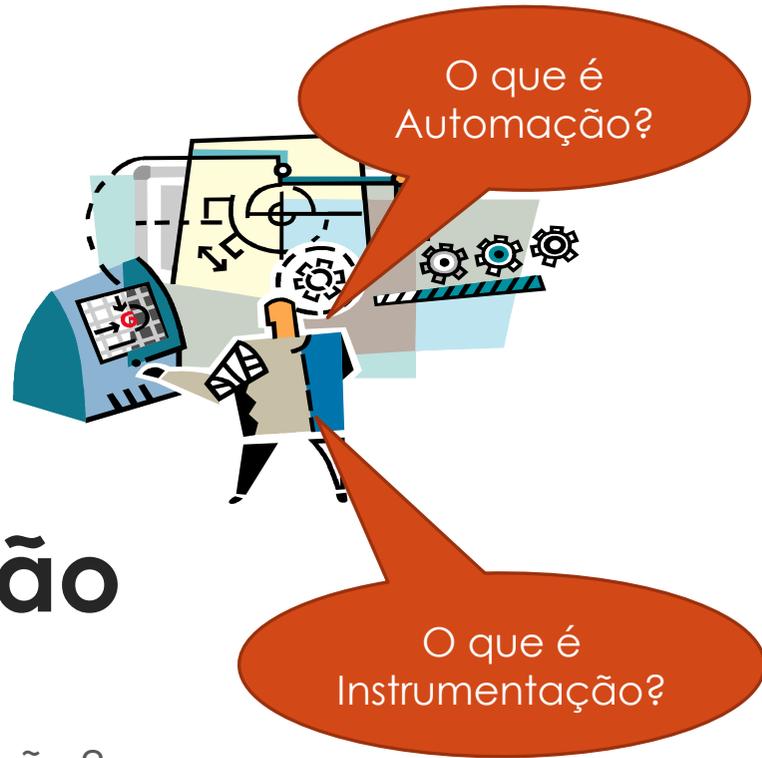


Apostilas





INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO



Introdução

O que é Automação?

O que é Instrumentação?

O que é Automação?

- Automação é um sistema que emprega processos automáticos que comandam e controlam os mecanismos para seu próprio funcionamento.
- Esta palavra tem origem no grego *autómatos* que significa mover-se por si ou que se move sozinho.
- A automação é um sistema que faz uso de técnicas computadorizadas ou mecânicas com o objetivo de dinamizar e otimizar todos os processos produtivos dos mais diversos setores da economia.
- A ideia de automação está diretamente ligada à ideia das máquinas, que agilizam as tarefas quase sempre sem a interferência humana. Porém, existe um tipo de automação que se refere ao trabalho humano que é realizado em muitas indústrias, de forma contínua e repetitiva, quase “robotizada”.
- A automação mecanizada é aquela que faz uso de sensores, sistemas de computação (software) e sistemas mecânicos, na linha de montagem e produção das indústrias, monitorada e controlada pelo ser humano.

O que é Automação?



O que é Instrumentação?

- A instrumentação industrial é a ciência que estuda, desenvolve e aplica instrumentos de medição e controle de processos na indústria.
- A eficiência dos processos dependem da qualidade da instrumentação, da confiabilidade dos equipamentos e do suporte dos melhores fornecedores.
- A Instrumentação Industrial, quando utilizada de maneira criteriosa e planejada, reduz custos, aumenta a produtividade e contribui com a qualidade e a segurança da produção.
- No dia a dia, principalmente da Indústria, o trabalho de um técnico instrumentista é fundamental na Pirâmide de Automação Industrial.
- Cada um dos instrumentos usados no processo industrial é importante. Seja na medição de nível, vazão, temperatura, pressão ou qualquer outra grandeza.

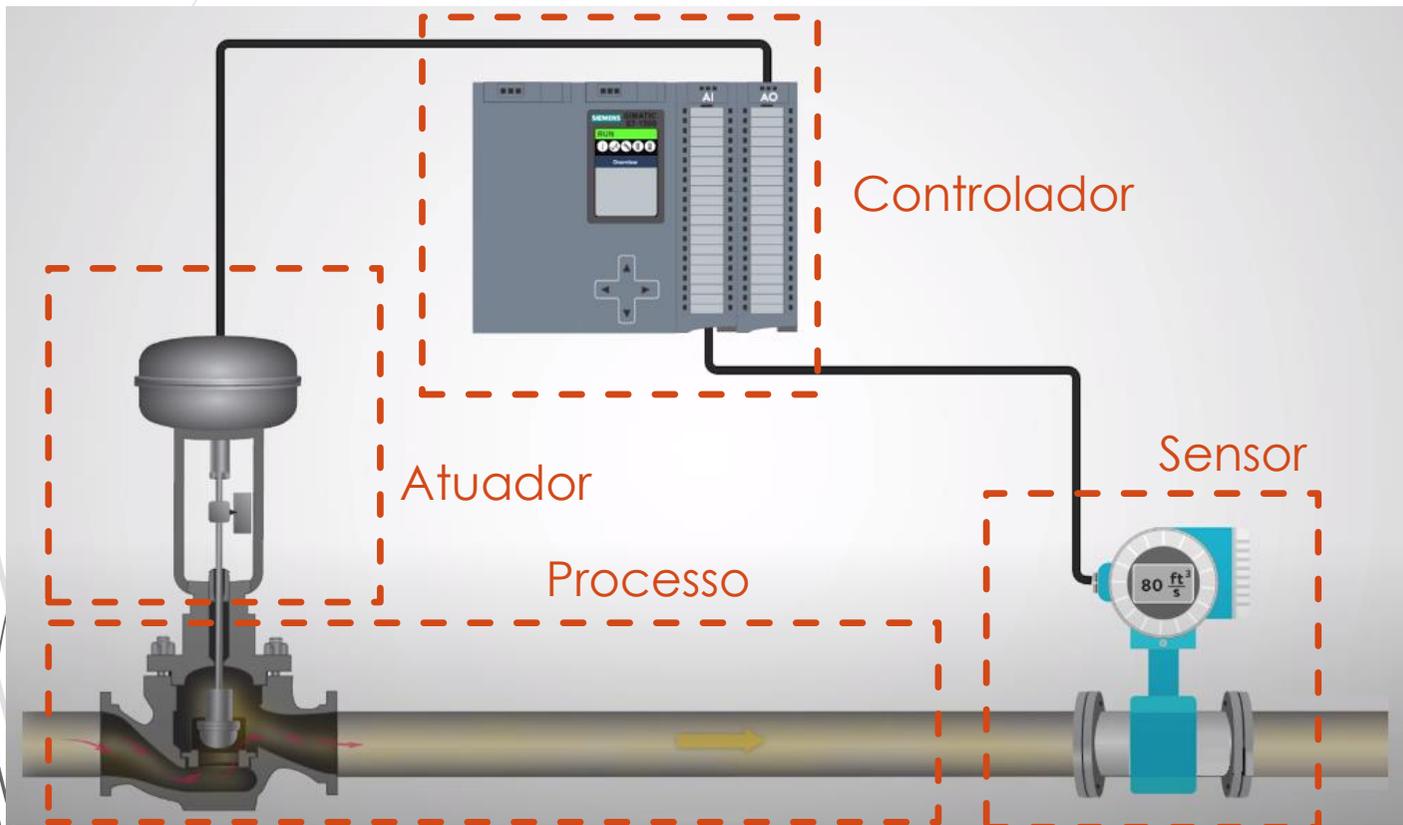
O que é Instrumentação?

- Um dos principais elementos da automação são os **sensores** ou **instrumentos de medição**.

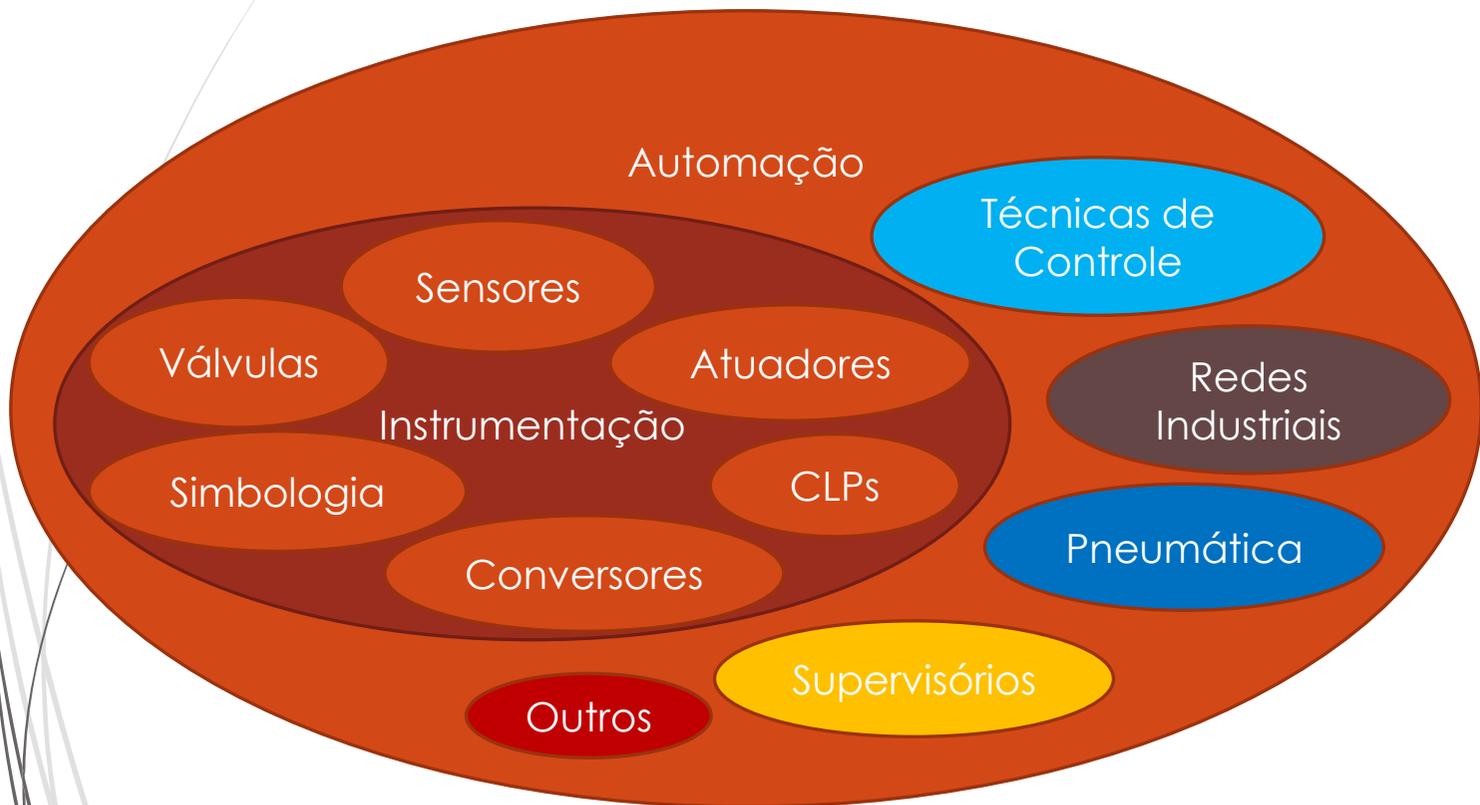


Automação e Instrumentação

- Malha de Controle Automático

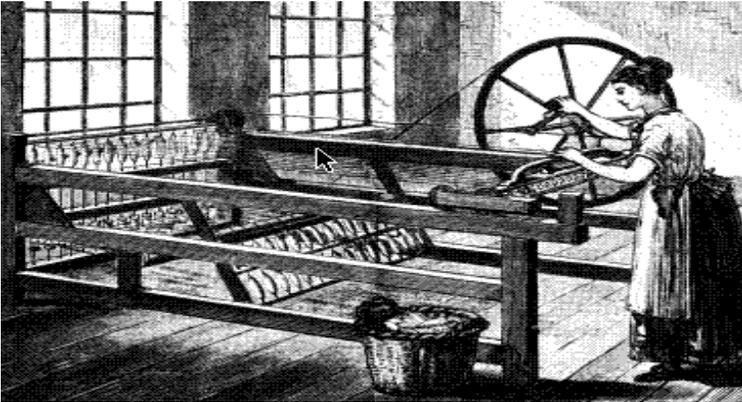


Resumindo



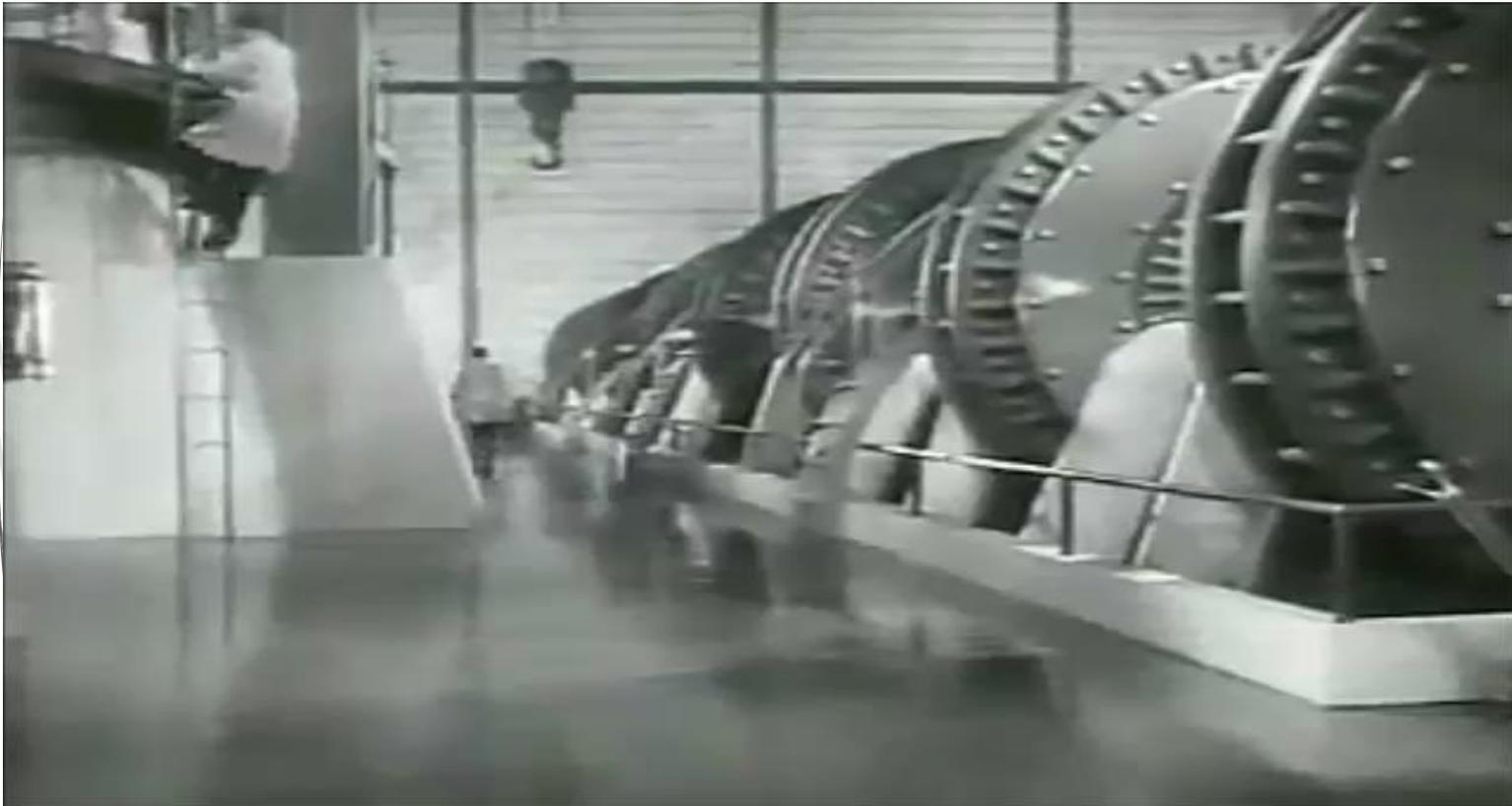
História da Automação

- Revolução Industrial – 1760 - 1840



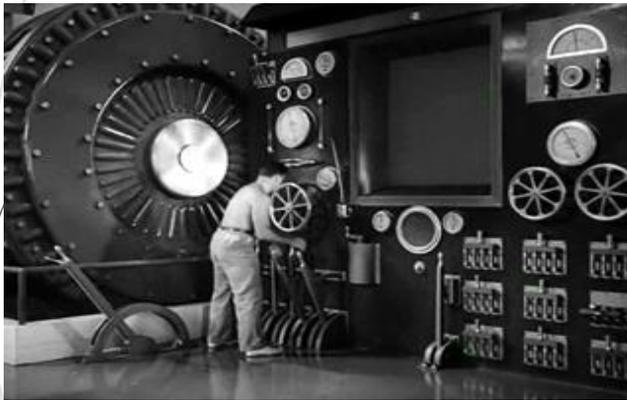
História da Automação

- Tempos Modernos – 1936



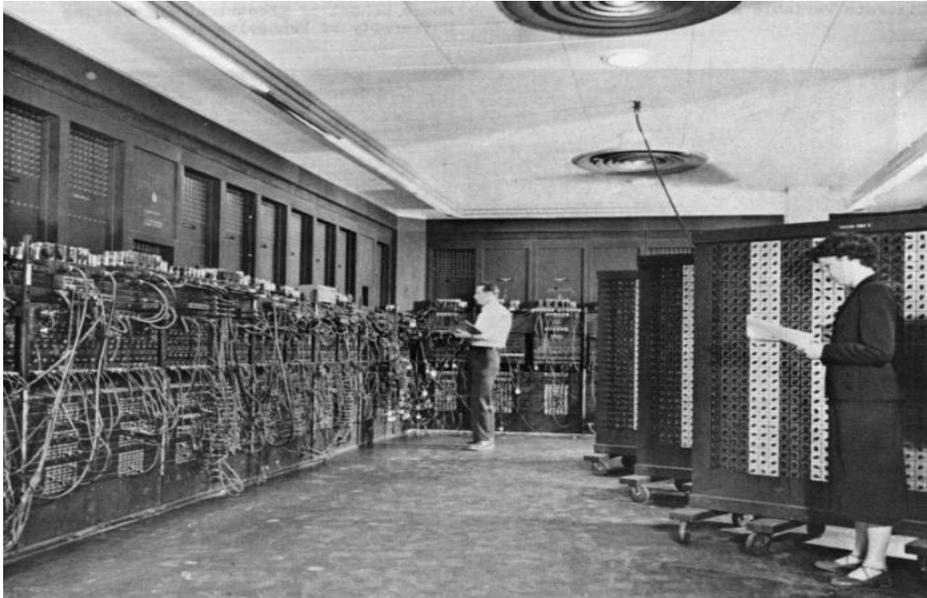
História da Automação

- Até **1930** o controle de processos se resumia ao controle de uma característica do mecanismo ou instrumento.
- A partir daí, trabalhos começaram a **caracterizar a dinâmica dos sistemas**. *Ziegler* e *Nichols* são pioneiros na criação da chamada “**teoria de controle por realimentação**”.



História da Automação

- Paralelamente a evolução da computação – **1940**;
 - Desenvolvido na Segunda Guerra Mundial;
 - Primeiro computador (ENIAC);
 - Capaz de realizar 5.000 operações por segundo;



História da Automação

- Primeiro Circuito Integrado - 1958



História da Automação

▪ Evolução da Automação



História da Automação

- Automação Atual:
- **Interoperabilidade:** a capacidade dos sistemas ciber-físicos (máquinas, estações de montagem e produtos) e dos humanos de se comunicarem entre si por meio da Internet das Coisas e da Computação em Nuvem.
- **Virtualização:** simulações virtuais do ambiente industrial são criadas por sensores de dados interconectados, permitindo rastrear e monitorar remotamente todos os processos físicos da fábrica.
- **Descentralização:** por meio dos sistemas ciber-físicos, as máquinas conseguem tomar decisões sem intercessão humana e em conformidade com as necessidades de produção.
- **Capacidade em Tempo-Real:** consiste em coletar dados, analisá-los e entregar análises de forma instantânea.
- **Orientação a Serviço:** disponibilização dos serviços (dos sistemas ciber-físicos, humanos ou das Fábricas Inteligentes) através da Computação em Nuvem.
- **Modularidade:** capacidade de adaptar a produção flexivelmente conforme a expansão, reposição, retirada ou mutação de módulos.

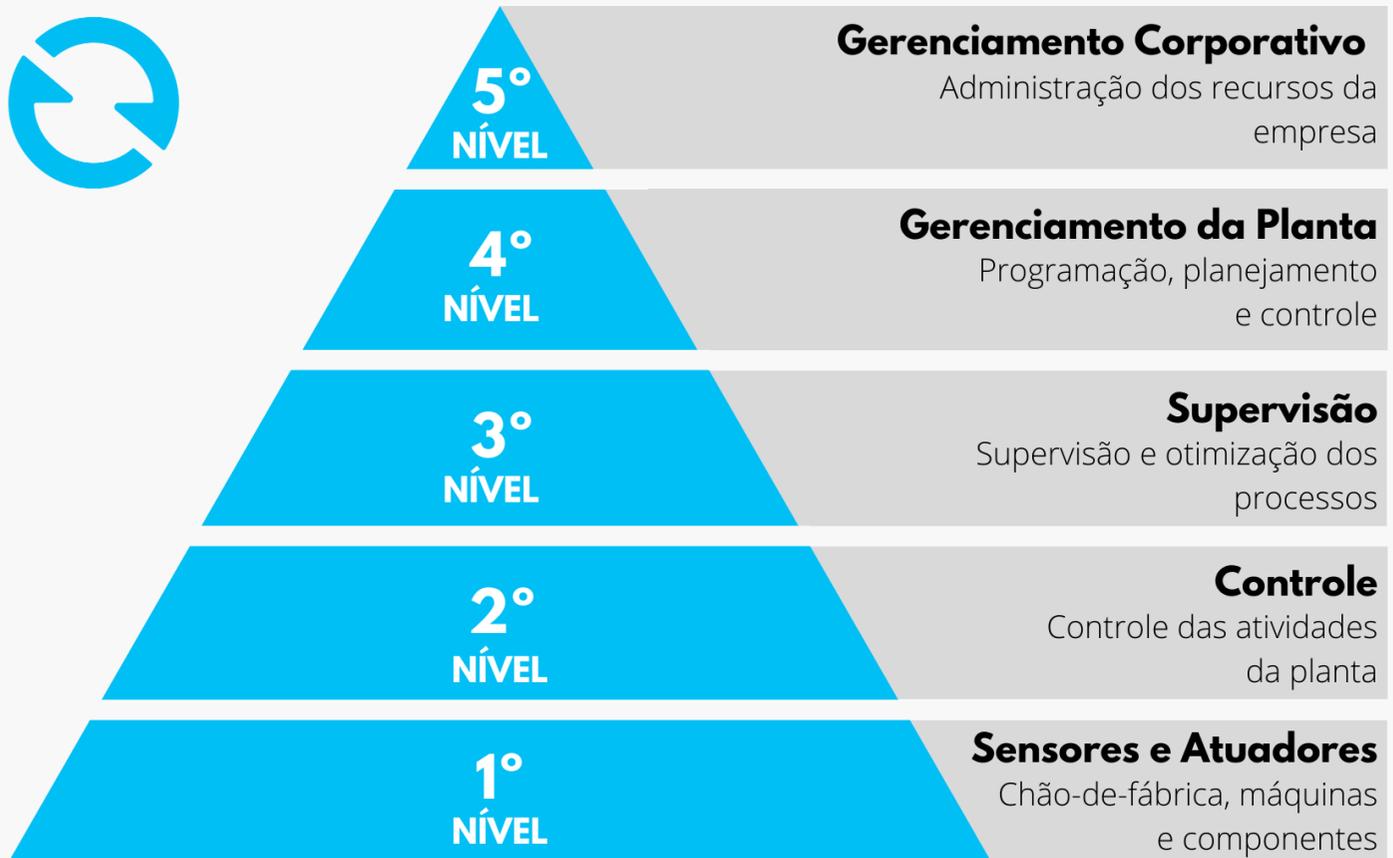


História da Automação

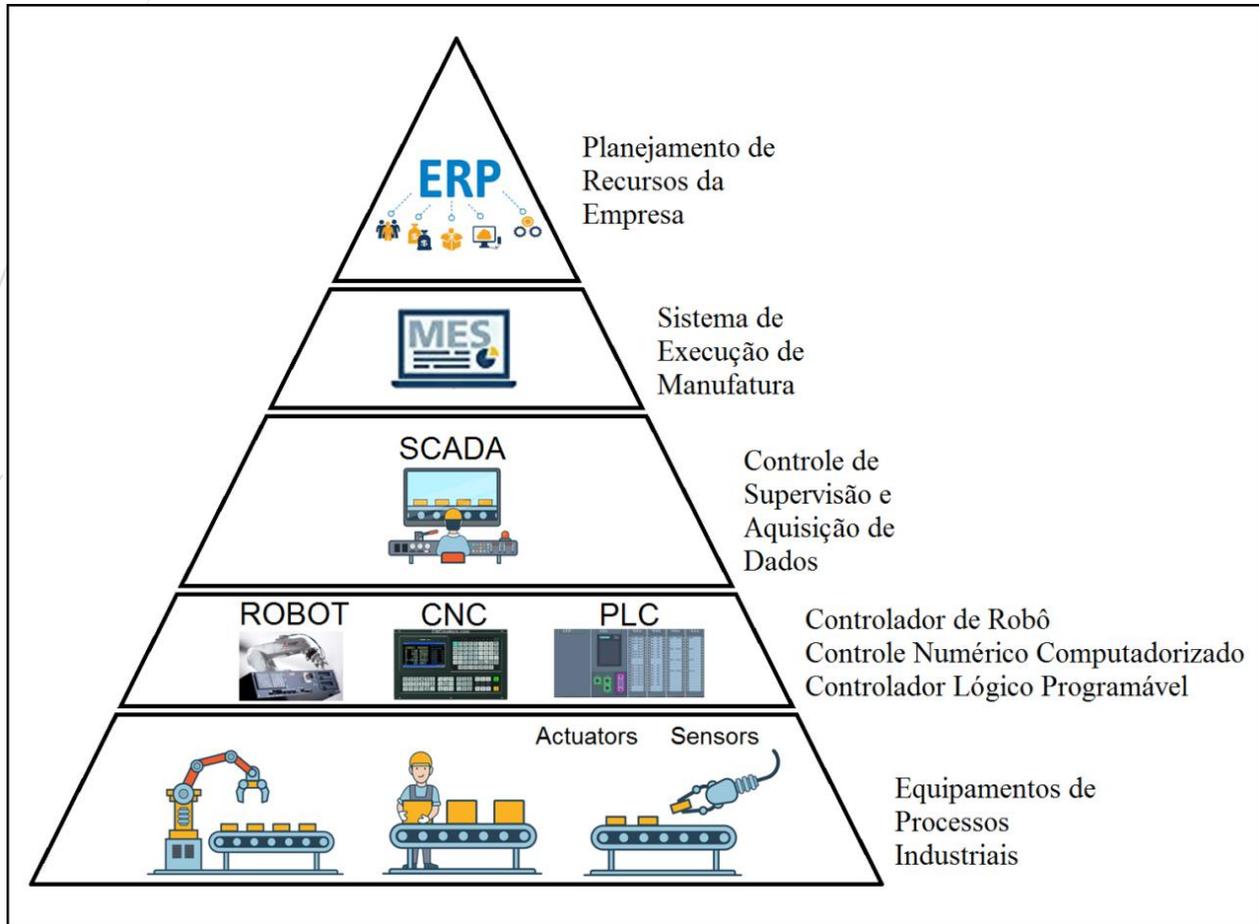
- Tempos Modernos – **Atualmente**



Pirâmide da Automação Industrial



Pirâmide da Automação Industrial



Tipos de Automação

- Automação Comercial



Tipos de Automação

■ Automação Residencial



AUTOMAÇÃO DE AR CONDICIONADO

CONTROLE FACILMENTE TODOS OS APARELHOS DE AR CONDICIONADO DE SUA RESIDÊNCIA

AUTOMAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

CRIE CENAS, DIMERIZE, ACENDA E APAGUE FACILMENTE AS LUZES DE SUA RESIDÊNCIA

AUTOMAÇÃO DE ÁUDIO E VÍDEO

CONTROLE FACILMENTE AS TVS, SOM AMBIENTE E O HOME THEATER DE SUA RESIDÊNCIA

AUTOMAÇÃO DE PERSIANAS E CORTINAS

CONTROLE FACILMENTE AS PERSIANAS E CORTINAS DE SUA RESIDÊNCIA

AUTOMAÇÃO DE CÂMERAS DE SEGURANÇA

VISUALIZE, EM IPAD OU IPHONE, TODAS AS CÂMERAS DE SEGURANÇA DE SUA RESIDÊNCIA

AUTOMAÇÃO DE ÁREA EXTERNA

CONTROLE A IRRIGAÇÃO DO JARDIM, ILUMINAÇÃO PISCINA, TOLDOS ELÉTRICOS E SOM AMBIENTE DA ÁREA EXTERNA

COM A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DAG BRASIL VOCÊ PODE CONTROLAR TUDO ISSO UTILIZANDO SEU IPAD, IPHONE, KEYPADS (TECLADOS DE PAREDE) OU WALLPADS (IPADS NAS PAREDES DE CADA AMBIENTE)

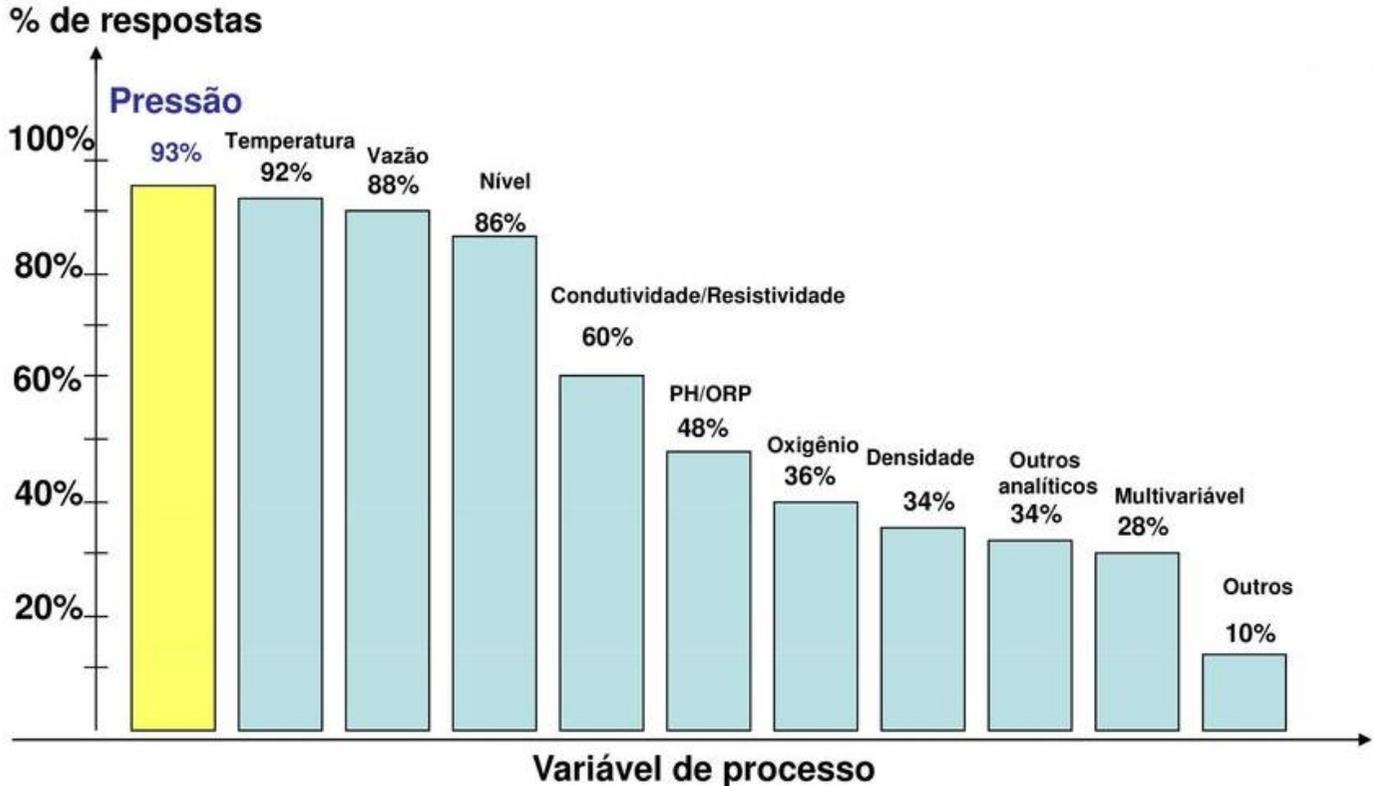


Tipos de Automação

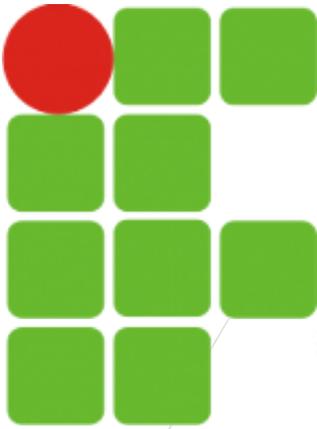
- Automação Urbana



Por onde começamos?



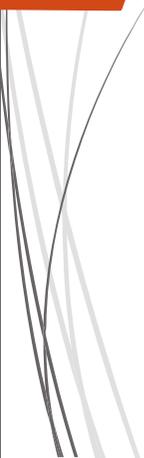
Fonte: Revista Control Engineering 2002 - Transmitter Product Focus Study
A somatória chega a mais de 100%, devido a múltiplas respostas.



INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO



Terminologias





Terminologias

- Os instrumentos de controle empregados na indústria de processos têm sua própria terminologia. Os termos usados definem as características próprias de medida e controle dos diversos indicadores, registradores, controladores, transmissores e válvulas usados nos processos.
- **Terminologias mais utilizadas:**
 - Range (Faixa de Medição)
 - Span (Alcance)
 - Zero do instrumento e Fundo de escala.
 - Exatidão de um instrumento de medição.
 - Repetibilidade.
 - Classe de exatidão.
 - Sensibilidade.
 - Resolução.
 - Tipos específicos de erros de medição.
 - Erros estáticos.
 - Linearidade e não-linearidade.
 - Histerese.
 - Zona mortas.
 - Erros dinâmicos
 - Resposta dinâmica.
 - Degrau e rampa.
 - Tempo morto.
 - Constante de tempo (τ).
 - Tempo de subida.
 - Reprodutibilidade

Terminologias

▪ Range (Faixa de Medição)

- A faixa de indicação, alcance ou range é o conjunto de valores limitados pelas indicações extremas (de acordo com o INMETRO), ou seja, entre os valores máximos e mínimos possíveis de serem medidos com determinado instrumento.
- Por exemplo, podemos citar que um instrumento que mede pressão entre 10 e 50 psi tem um range de 10 a 50 psi.

▪ Span (Alcance)

- A amplitude nominal ou span diferença nominal entre os dois limites de uma faixa nominal (de acordo com o INMETRO), ou seja, é a diferença entre o maior e menor valor de uma escala de um instrumento (Procel).
- Como um exemplo, apresentamos um instrumento que possui a faixa de medição de entre 200 a 1200°C, o span será de 1000°C.
 - Valor Máximo = 1200°C.
 - Valor Mínimo = 200°C.
 - Span = $1200 - 200 = 1000^\circ\text{C}$.

Terminologias

- Zero do instrumento.
 - É o limite inferior da faixa. Não é necessariamente o zero numérico. Exemplificando, se tivermos um instrumento e quisermos medir o seu menor valor, dizemos que o zero é o valor mínimo da sua faixa.
- Fundo de escala
 - Em um instrumento de medida, fundo de escala é o valor máximo que ele pode medir sem ser danificado. Por exemplo, é a maior indicação ou deflexão de um ponteiro que um instrumento analógico como um galvanômetro pode indicar. Em um circuito digital, fundo de escala é o valor máximo que o sistema pode representar.



Terminologias

▪ Exatidão de um instrumento de medição

- É o grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando (INMETRO).
- Aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro convencional. A exatidão é um conceito qualitativo e normalmente é dada como um valor percentual do fundo de escala do instrumento. É também conhecida pelo termo em inglês **accuracy**.
- Um voltímetro com fundo de escala 10V e classe de exatidão $\pm 1\%$, o erro máximo esperado é de 0,1V. Sendo assim, o instrumento poderá apresentar indicações com valores entre 9,9 e 10,1V.
- O erro exatidão de um instrumento pode ser expresso numericamente de diversas formas, entre elas:

- Exatidão por erro absoluto: $\text{erro} = \text{valor medido} - \text{valor real}$

- Exatidão por porcentagem do erro sobre o valor real:

$$\text{erro}_{\% \text{valor real}} = \frac{\text{valor medido} - \text{valor real}}{\text{valor real}} \cdot 100\%$$

- Exatidão por porcentagem do erro sobre o span:

$$\text{erro}_{\% \text{span}} = \frac{\text{valor medido} - \text{valor real}}{\text{span}} \cdot 100\%$$

Terminologias

■ Repetitividade

- É o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição (INMETRO).
- Antigamente a repetitividade era chamada de **precisão**. Como a palavra **precisão** era muito confundida com exatidão, o termo **precisão** foi substituído por **repetitividade**.
- O grau de repetitividade também pode ser definido como um termo que descreve o grau de liberdade a erros aleatórios, ou seja, ao nível de espalhamento de várias leituras em um mesmo ponto.
- O índice de precisão (repetibilidade) é comumente dado em função do desvio padrão sobre a média dos valores medidos. Exemplo:

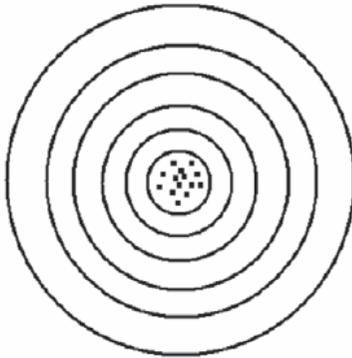
$$\text{Desvio padrão: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = 0,9659$$

$$\text{Média aritmética: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = 1203,4$$

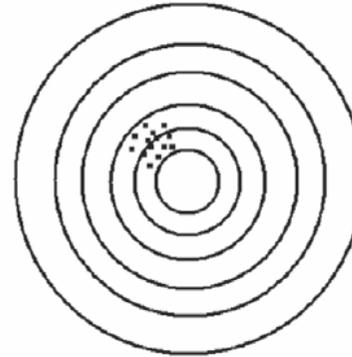
Leituras	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5
Valores	1203,5	1204,1	1201,7	1204,0	1203,4

$$\text{Índice de precisão: } ip = \frac{\sigma}{\bar{X}} = 0,0008$$

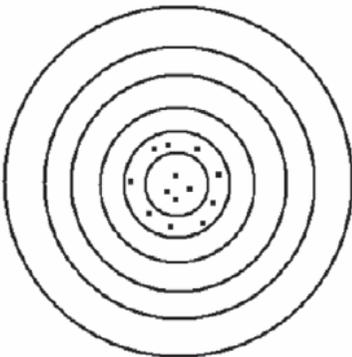
Terminologias



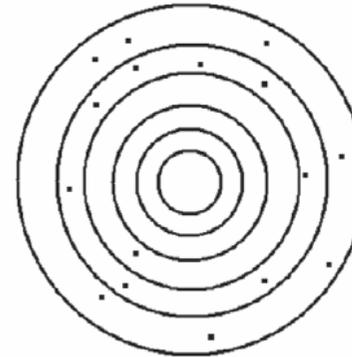
Boa precisão & Boa exatidão



Boa precisão & Má exatidão



Má precisão & Boa exatidão



Má precisão & Má exatidão

Terminologias

▪ Sensibilidade

- Segundo o INMETRO, a sensibilidade é definida como a resposta de um instrumento de medição dividida pela correspondente variação no estímulo.
- A sensibilidade pode depender do valor do estímulo. Sendo assim, a sensibilidade pode ser contabilizada como a inclinação da reta que define a relação entre a leitura e a grandeza medida.

Transdutor	Sensibilidade
Termopar tipo J	50mV/°C
Junção PN	-2mV/°C
Termoresistência PT100	400mΩ/°C
Termistor (10k a 25°C)	-400Ω/°C

- Um termômetro de vidro com range de 0 a 500°C, possui uma escala de leitura de 50 cm. Qual o valor da sua sensibilidade?

$$\text{Sensibilidade} = (50 \text{ cm} / 500^{\circ}\text{C}) = 0,1\text{cm} / ^{\circ}\text{C}$$



Terminologias

- Resolução
 - O INMETRO define resolução como a menor diferença entre indicações de um dispositivo mostrador que pode ser significativamente percebida.
 - Para um dispositivo mostrador digital é a variação na indicação quando o dígito menos significativo varia de uma unidade. Este conceito também se aplica a um dispositivo registrador.
 - Exemplificando: um voltímetro analógico com divisões na escala de 0,001 V terá sua leitura apresentada com uma resolução de 1 mV.



1. 5 7 1

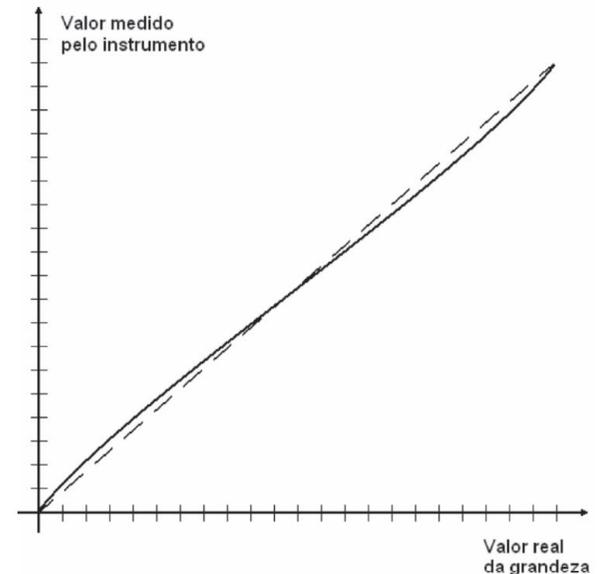
DC
600V
200V
20V
2V
200 mV

↑
Resolução: 0,001 V = 1 mV

Terminologias

■ Linearidade e Não-Linearidade

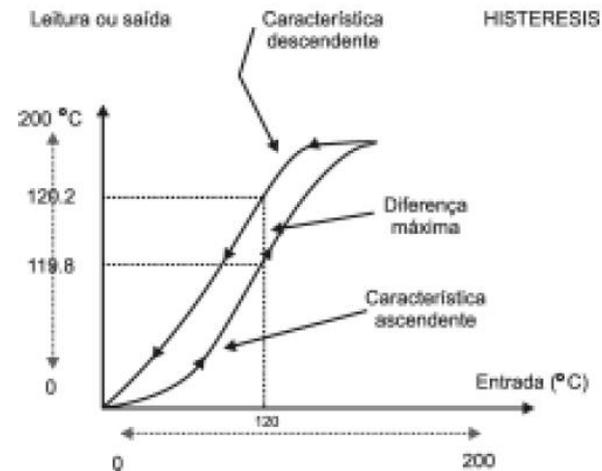
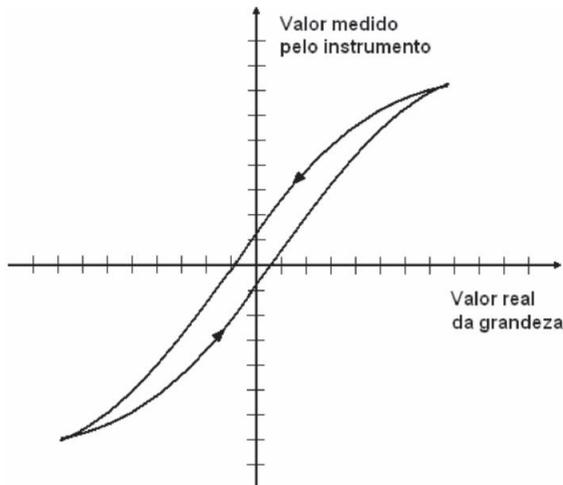
- A linearidade é uma característica normalmente desejável para a faixa de operação de um instrumento. O valor da resposta medida é proporcional à grandeza real que está sendo medida. Sua resposta é dada por uma curva, e o gráfico a seguir mostra a relação entre uma grandeza e o resultado de medições. Nesta figura pode-se observar certo grau de liberdade que pode ser notada mesmo visualmente.
- No entanto, utilizar-se-á métodos estatísticos, tais como um coeficiente de correlação, para saber o quão a curva mostrada se aproxima de uma reta.
- A não-linearidade, por sua vez, é definida como o máximo desvio de qualquer uma das leituras com relação à reta obtida.
- Normalmente expressa como uma porcentagem do fundo de escala.



Terminologias

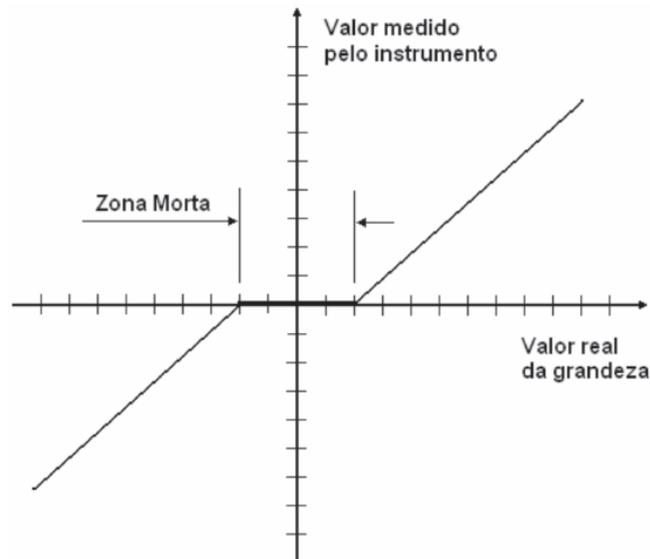
■ Histerese

- A histerese é a tendência de um material ou sistema conservar suas propriedades na ausência do estímulo que as gerou. Pode-se encontrar diferentes manifestações desse fenômeno.
- Em geral os efeitos de não-linearidade e histerese estão intimamente ligados.
- É a diferença máxima apresentada por um instrumento, para um mesmo valor, em qualquer ponto da faixa de trabalho, quando a variável percorre toda a escala nos sentidos ascendente e descendente.



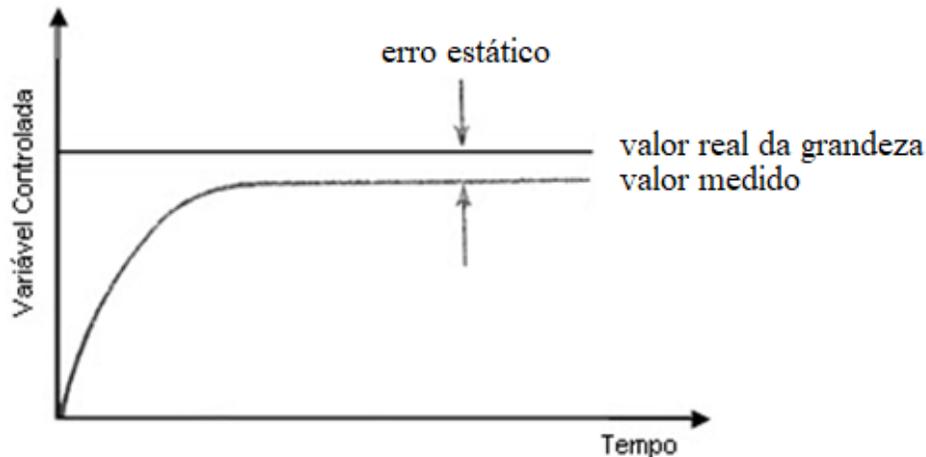
Terminologias

- Zona morta
 - De acordo com o INMETRO, o intervalo máximo no qual um estímulo pode variar em ambos os sentidos, sem produzir variação na resposta de um instrumento de medição. A zona morta pode depender da taxa de variação e muitas vezes ser deliberadamente ampliada, de modo a prevenir variações na resposta para pequenas variações no estímulo.



Terminologias

- Tipos específicos de erros de medição
 - Erros estáticos:
 - São erros que provocam o desvio da medida do valor real quando a grandeza medida se fixa num determinado valor ou apresenta variações muito lentas. Ele indica a diferença entre o valor verdadeiro de uma grandeza física que não varia com o tempo (estática) e o valor indicado pelo instrumento.
 - Normalmente o erro estático é indicado em porcentagem do span (alcance).



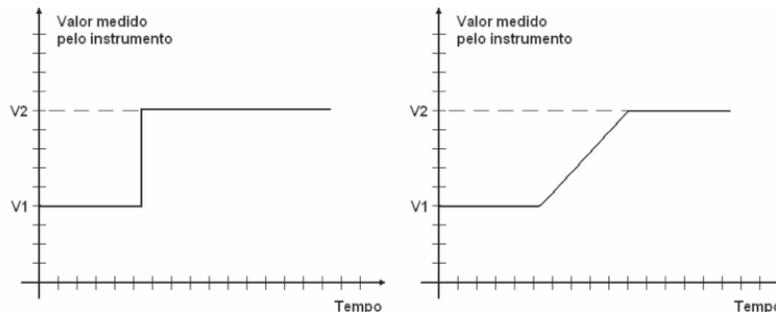
Terminologias

■ Erros dinâmicos

- Qualquer instrumento gasta um determinado tempo para responder às variações do sinal de entrada, pois esta resposta depende dos efeitos físicos de transporte e conversão de energia.
- Procura-se caracterizar sua resposta dinâmica através da análise de sua saída a alguns sinais de testes aplicados à entrada. Variações na forma de degrau e rampa não são comuns no processo, assim, tais sinais devem ser produzidos e aplicados em ensaios de laboratório.

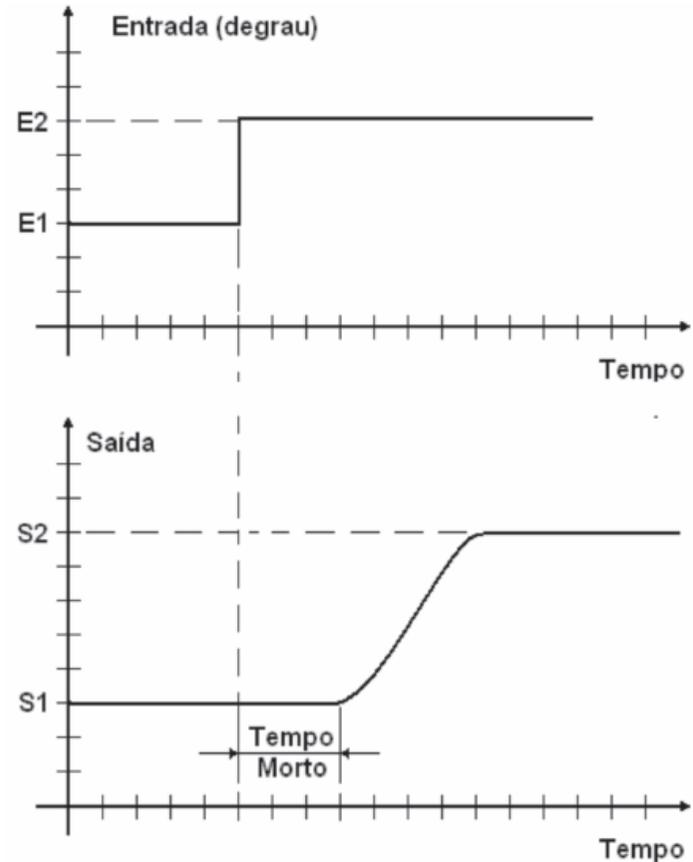
■ Resposta dinâmica

- Os erros dinâmicos dependem da resposta dinâmica, ou seja, do comportamento da saída do instrumento com relação ao tempo quando a sua entrada varia.



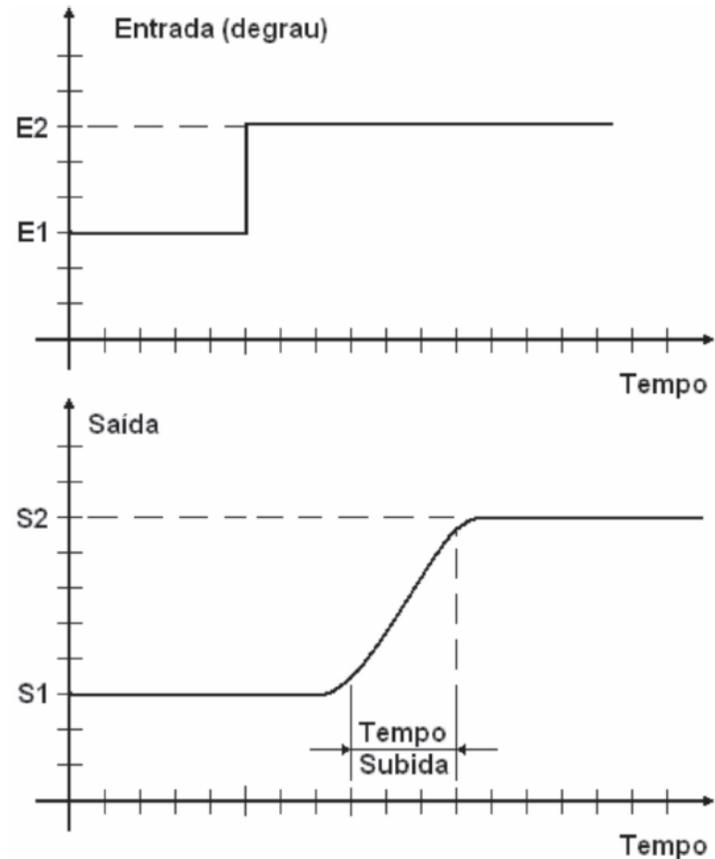
Terminologias

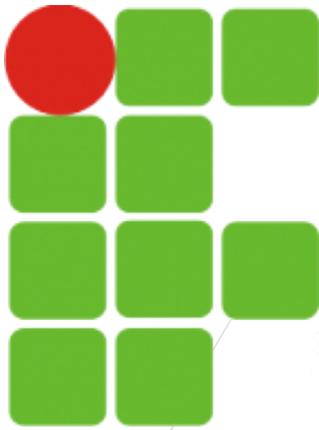
- Tempo Morto
 - É o tempo gasto entre o instante de aplicação do degrau e o início da resposta do instrumento (a saída é atrasada com relação à entrada).
 - Este tempo é fruto, principalmente, do posicionamento do transdutor no processo.



Terminologias

- Constante de tempo
 - É o tempo gasto do início de variação da saída até a mesma atingir 63,2% do valor esperado como final.
 - Após um tempo de 3 a 5 vezes a constante de tempo, o valor da saída do instrumento é válido, ou seja, é alcançado o valor de regime permanente, este tempo é denominado Tempo de Acomodação ou setting time.





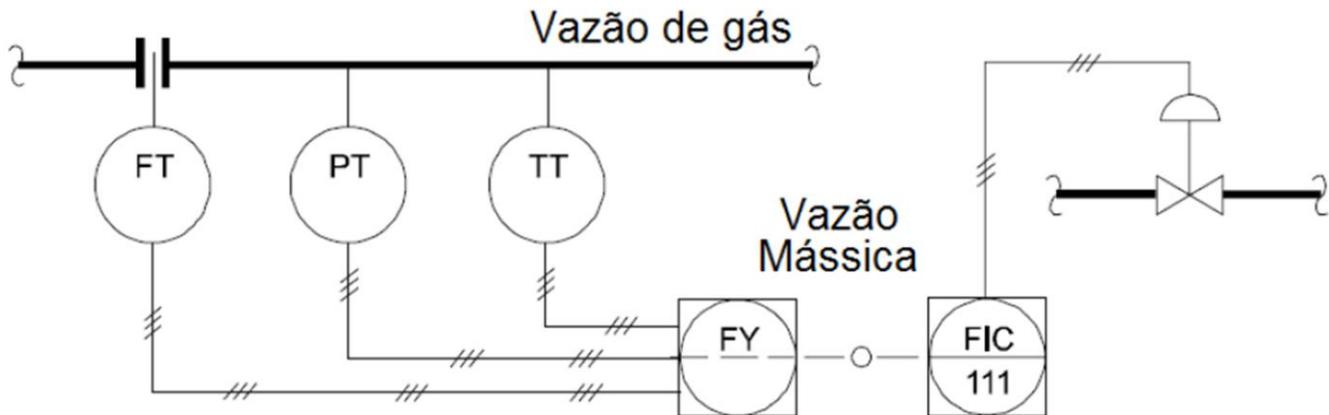
INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO

Norma ISA 5.1

Diagramas de Instrumentação P&ID
(Piping & Instrumentation Diagram)

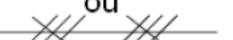
Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)
 - Símbolos, gráficos e codificação para identificação de instrumentos ou funções, utilizadas nos diagramas e malhas instrumentação.
 - Objetivo: Simplificar e padronizar os diagramas.
 - Os Diagramas de Instrumentação são também chamados de P&ID (Piping & Instrumentation Diagram, algo como “Diagrama de Tubulação e Instrumentação”).



Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Símbolos de linhas de instrumentos

Alimentação do instrumento ou conexão ao processo *	
Sinal indefinido	
Sinal pneumático **	
Sinal elétrico	 ou 
	
Tubo capilar	
Sinal eletromagnético ou sônico (guiado) ***	
Sinal eletromagnético ou sônico (não guiado) ***	
Ligação interna do sistema (software ou link de dados)	
Ligação mecânica	
Sinal binário pneumático	
Sinal binário elétrico	 ou 

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Símbolos gerais de instrumento ou função

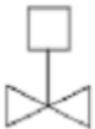
	Montado no campo	Montado no painel principal de controle	Montado atrás do painel principal de controle	Montado em painel local ou do equipamento
Instrumento Discreto	 Diâmetro = 12 mm			
Display compartilhado (<i>Panel view</i>)				
Função executada no computador				
PLC				
	Interface CLP/ Campo/CLP	Interface CLP/Supervisor/CLP	Interface Interna (lógica)	Interface CLP/Panel View/CLP

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

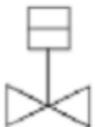
- Válvulas de Controle



Válvula com atuador pneumático de diafragma



Válvula com atuador elétrico



Válvula com atuador hidráulico ou pneumático tipo pistão



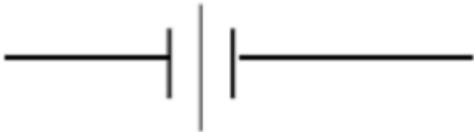
Válvula manual



Válvula auto-operada de diafragma

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

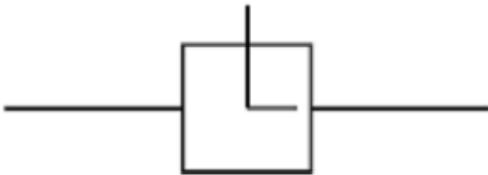
- Instrumentação de Vazão



Placa de orifício



Medidor Venturi



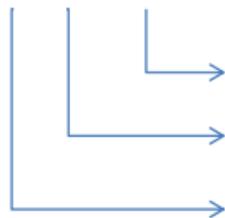
Tubo Pitot

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

■ Identificação Funcional

- Cada instrumento será identificado por um conjunto de letras (identificação funcional) e números (identificação da malha de controle)
- **1. Conjunto de letras.**
 - 1ª letra: identifica a variável medida pelo instrumento (variável de controle, distúrbio).
 - Letras subsequentes: funções do instrumento (modificador).
- **2. Número da malha: todos os instrumentos da malha devem apresentar o mesmo número.**

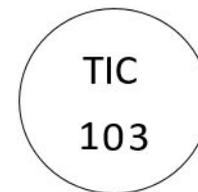
Ex.: T IC 103



Número da malha

Função do instrumento (indicador e controlador)

Variável da malha (temperatura)



Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

■ Tabela de Identificação Funcional

Primeiras Letras (mais usadas):

A	Analizador
F	Flow / Vazão
L	Level / Nível
P	Pressure
T	Temperature

Principais modificadores:

D	Diferença entre duas tomadas
S	Segurança

Segundo Grupo de Letras (mais usadas):

A	Alarme
C	Controle
I	Indicador
R	Registrador
Y	Qualquer cálculo ou manipulação numérica
T	Transmissor
V	Válvula

Principais modificadores:

H	High / Alta
L	Low / Baixa

(H e L são utilizados com a letra A para indicar alarme de alta e baixa).

	Primeira Letra		Letras subsequentes		
	Variável medida ou inicial	Modificadora	Função de informação ou Passiva	Função Final	Modificadora
A	Analizador	-	Alarme	-	-
B	Chama de queimador	-	Indefinida	Indefinida	Indefinida
C	Condutividade elétrica	-	-	Controlador (12)	-
D	Densidade ou massa específica (<i>Density</i>)	Diferencial	-	-	-
E	Tensão elétrica	-	Elemento primário	-	-
F	Vazão (<i>Flow</i>)	Razão (fração)	-	-	-
G	Medida dimensional	-	Visor	-	-
H	Comando Manual (<i>Hand</i>)	-	-	-	-
I	Corrente Elétrica	-	Indicador	-	-
J	Potência	Varredura ou seletor	-	-	-
L	Nível (<i>Level</i>)	-	Lâmpada piloto	-	-
M	Umidade (<i>Moisture</i>)	-	-	-	-
N	Indefinida	-	Indefinida	Indefinida	Indefinida
O	Indefinida	-	Orifício de restrição	-	-
P	Pressão ou Vácuo	-	Ponto de teste	-	-
Q	Quantidade ou Evento	Integrador ou totalizador	-	-	-
R	Radioatividade	-	Registrador ou Impressor	-	-
S	Velocidade ou frequência (<i>Speed</i>)	Segurança	-	Chave	-
T	Temperatura	-	-	Transmissor	-
U	Multivariável	-	Multifunção	Multifunção	Multifunção
V	Viscosidade	-	-	Válvula	-
W	Peso ou Força (<i>weigh</i>)	-	Poço	-	-
X	Não classificada	-	Não classificada	Não classificada	Não classificada
Y	Indefinida	-	-	Relé ou computação	-
Z	Posição	-	-	Elemento final de controle não classificado	-

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

▪ Tabela de Identificação Funcional

Primeiras Letras (mais usadas):

A	Analizador
F	Flow / Vazão
L	Level / Nível
P	Pressure
T	Temperature

Principais modificadores:

D	Diferença entre duas tomadas
S	Segurança

Segundo Grupo de Letras (mais usadas):

A	Alarme
C	Controle
I	Indicador
R	Registrador
Y	Qualquer cálculo ou manipulação numérica
T	Transmissor
V	Válvula

Principais modificadores:

H	High / Alta
L	Low / Baixa

(H e L são utilizados com a letra A para indicar alarme de alta e baixa).

Alguns exemplos:

TRC (Controlador registrador de temperatura)

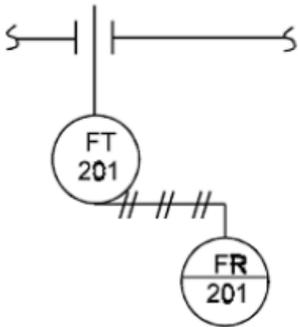
PDIC (Controlador indicador de pressão diferencial)

LAH (Alarme de nível elevado)

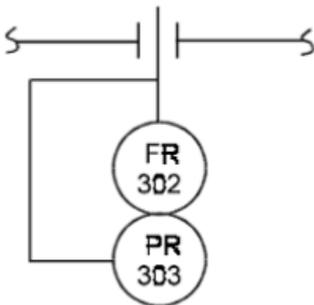
FAL (Alarme de baixas vazões)

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Exemplos:



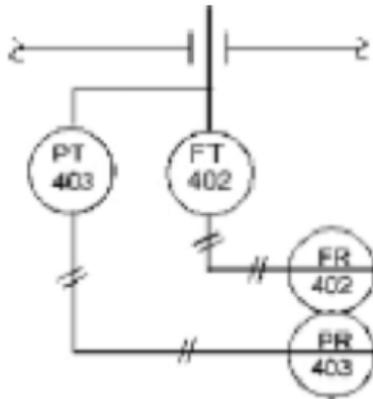
Registrador montado no painel e transmissor local com transmissão pneumática.



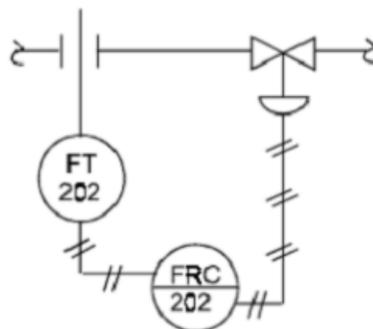
Registrador conectado a registrador de pressão (montagem local)

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Exemplos:



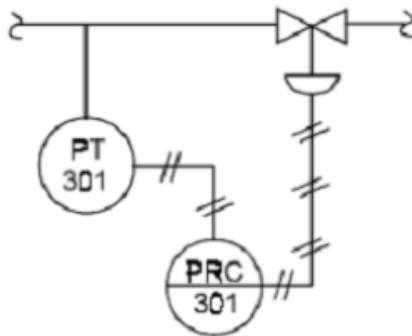
Registrador de vazão com registrador de pressão. Registradores no painel e transmissores locais com transmissão pneumática.



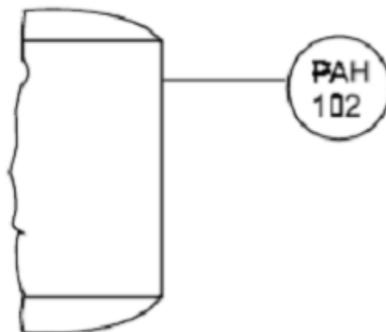
Controlador e registrador de vazão comandando válvula de controle, com transmissão pneumática. Registrador no painel e transmissor local.

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Exemplos:



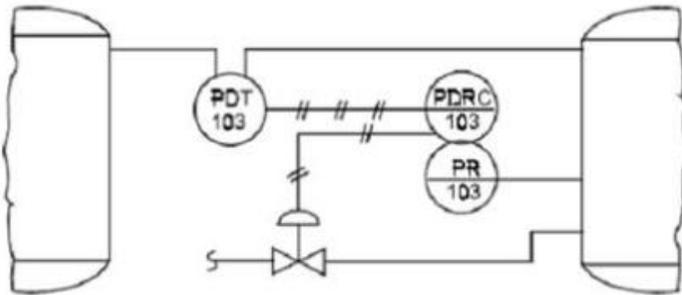
Registrador-controlador de pressão, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática. Registrador no painel e transmissor local.



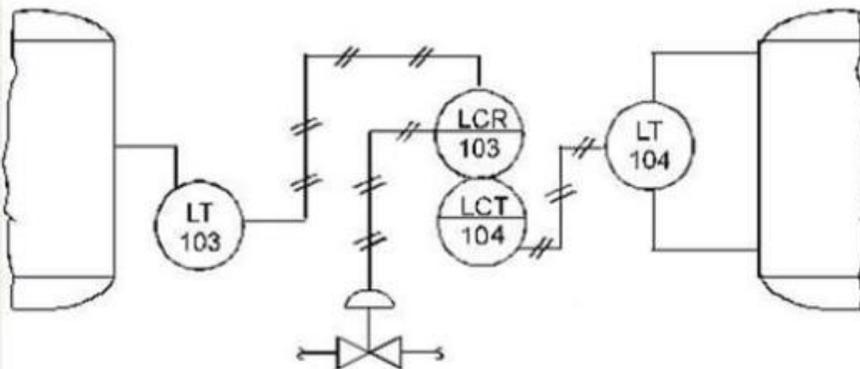
Alarme de pressão alta montagem local.

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Exemplos:



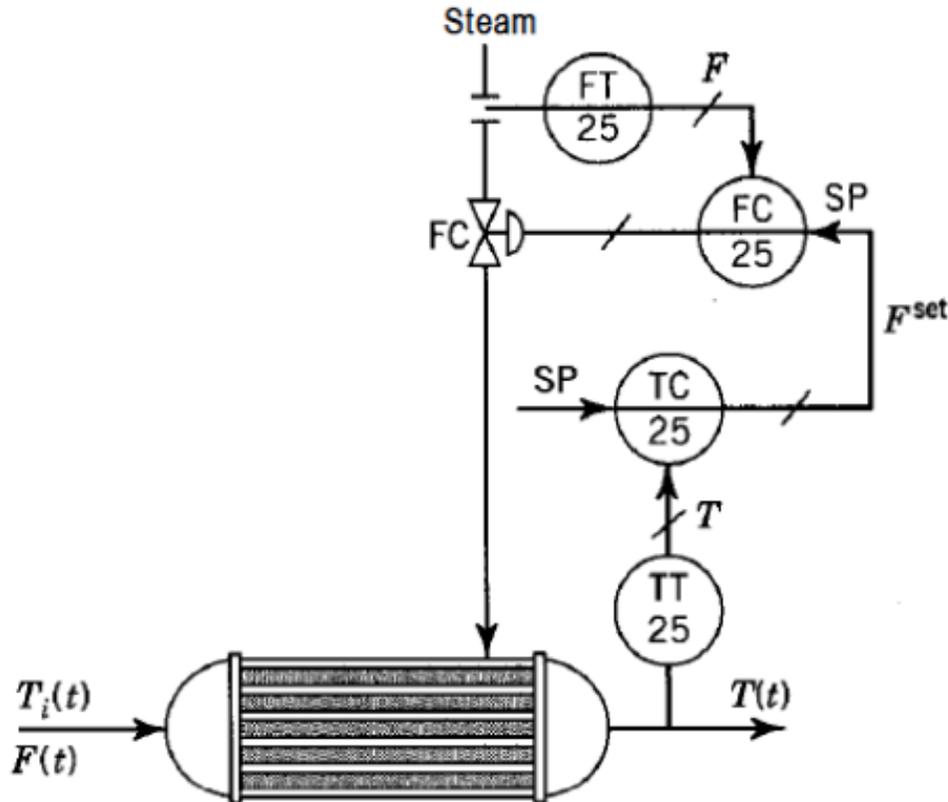
Instrumento combinado de registro e controle, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática. Instrumento no painel transmissores de locais.

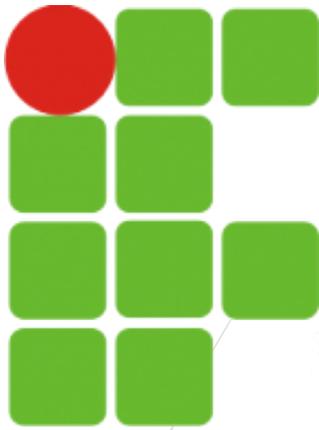


Instrumento combinado de registro e controle de nível, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática. Instrumento no painel transmissores de locais.

Norma ISA 5.1 (Identificação de Instrumentos)

- Exemplos:





INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO



Fim

E-mail: ailson.martins@ifes.edu.br