

# INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

## Resumo de ELT 314

Wérikson Alves

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Brasil

e-mails: werikson.alves@ufv.br

9 de fevereiro de 2021

## 1 Aspectos gerais da área de instrumentação

### 1.1 Introdução

Os processos industriais exigem controle na fabricação de seus produtos. Estes processos são muito variados e abrangem diversos tipos de produtos, como, por exemplo, a fabricação dos derivados do petróleo, produtos alimentícios, a indústria de papel e celulose etc.

Os instrumentos de medição e controle permitem manter constantes as variáveis do processo, objetivando a melhoria em qualidade, o aumento em quantidade do produto e a segurança.

Exemplos de materiais manuais: manômetro, termômetro, válvulas manuais etc.

Com o passar do tempo, estes foram se complicando, exigindo um aumento da automação nos processos industriais, através dos instrumentos de medição e controle. Enquanto isso, os operadores iam se liberando de sua atuação física direta no processo e, ao mesmo tempo, ocorria a centralização das variáveis em uma única sala.

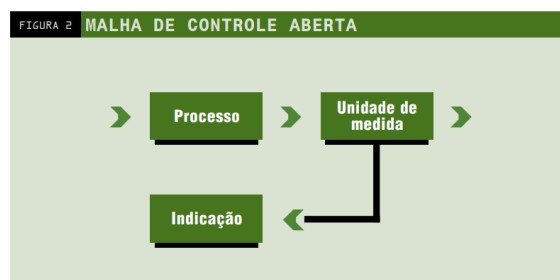
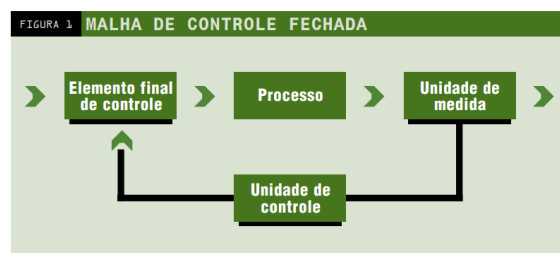
Devido à centralização das variáveis do processo, podemos fabricar produtos que seriam impossíveis por meio do controle manual. Mas, para atingir o nível em que estamos hoje, os sistemas de controle sofreram grandes transformações tecnológicas, como: controle manual, controle mecânico e hidráulico, controle pneumático, controle elétrico, controle eletrônico e atualmente controle digital.

Os processos industriais podem dividir-se em dois tipos: processos contínuos e descontínuos. Em ambos os tipos devem-se manter as variáveis próximas aos valores desejados.

O sistema de controle que permite fazer isto se define

como aquele que compara o valor da variável do processo com o valor desejado e toma uma atitude de correção de acordo com o desvio existente, sem a intervenção do operador.

Para que se possa realizar esta comparação e consequentemente a correção, é necessário que se tenha uma unidade de medida, uma unidade de controle e um elemento final de controle no processo.



### 1.2 Terminologia

Os instrumentos de controle empregados na indústria de processos têm sua própria terminologia. Os termos utilizados definem as características próprias de medida e controle dos diversos instrumentos: indicadores, registradores, controladores, transmissores e válvulas de controle.

A terminologia empregada é unificada entre os fabricantes, os usuários e os organismos que intervêm direta

ou indiretamente no campo da instrumentação industrial.

### 1.2.1 Range (Faixa de medida)

Conjunto de valores compreendido dentro de uma faixa. Ex.: 50 a 250 °C.

### 1.2.2 Span (Alcance)

Diferença entre o valor superior e inferior da Range. Ex.: 200 °C.

### 1.2.3 Erro

Diferença entre o valor lido e o valor real.

### 1.2.4 Exatidão

Aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro. Ex.:

- **% do FE** - Valor Real = 100 °C  $\pm(0,01 \times 250)$  = 100 °C  $\pm 2,5$  °C
- **% do span** - Valor Real = 100 °C  $\pm(0,01 \times 200)$  = 100 °C  $\pm 2,0$  °C
- **% do VL** - Valor Real = 100 °C  $\pm(0,01 \times 100)$  = 100 °C  $\pm 1,0$  °C

### 1.2.5 Rangeabilidade (largura de faixa)

É a relação entre o valor máximo e o valor mínimo, lidos com a mesma exatidão na escala de um instrumento. Ex.: **COMPLETAR**

### 1.2.6 Zona Morta

É a máxima variação que a variável pode ter sem que provoque alteração na indicação ou sinal de saída de um instrumento. Ex.: Um instrumento com range de 0 a 200°C e uma zona morta de  $0,01\% = 0,1 \times \frac{200}{100} = \pm 0,2$  °C.

### 1.2.7 Sensibilidade

É a mínima variação que a variável pode ter, provocando alteração na indicação ou sinal de saída de um instrumento. Ex.: **COMPLETAR**

### 1.2.8 Histerese

É o erro máximo apresentado 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.

- Expressa-se em percentagem do span do instrumento.
- Deve-se destacar que a expressão zona morta está incluída na histerese.

Ex.: **COMPLETAR**

### 1.2.9 Repetibilidade

É a máxima diferença entre diversas medidas de um mesmo valor da variável, adotando sempre o mesmo sentido de variação.

- Expressa-se em percentagem do span do instrumento.
- O termo repetibilidade não inclui a histerese.

### 1.2.10 Funções de Instrumentação

Podemos denominar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que desempenham no processo.

- **Indicador** - Instrumento que dispõe de um ponteiro e de uma escala graduada na qual podemos ler o valor da variável. Existem também indicadores digitais que mostram a variável em forma numérica com dígitos ou barras gráficas.
- **Registrador** - Instrumento que registra a variável através de um traço contínuo ou pontos em um gráfico.
- **Transmissor** - Determina o valor de uma variável no processo através de um elemento primário, tendo o mesmo sinal de saída (pneumático ou eletrônico), cujo valor varia apenas em função da variável do processo.
- **Transdutor** - Recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica, caso necessário, estas informações e fornece um sinal de saída resultante. Dependendo da aplicação, o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou

outro dispositivo. O conversor é um tipo de transdutor que trabalha apenas com sinais de entrada e saída padronizados. Se aparece no início é um sensor e se aparecer no final é um atuador. Ex.: O Motor pode ser considerado um transdutor.

- **Controlador** - Compara a variável controlada com um valor desejado e fornece um sinal de saída a fim de manter a variável controlada em um valor específico ou entre valores determinados. A variável pode ser medida diretamente pelo controlador ou indiretamente através do sinal de um transmissor ou transdutor.
- **Elemento final de projeto** - Modifica diretamente o valor da variável manipulada de uma malha de controle.

Os instrumentos podem ser classificados em instrumentos de painel, campo, à prova de explosão, poeira, líquido etc. Combinações dessas classificações são efetuadas formando instrumentos de acordo com as necessidades.

### 1.3 Identificação de instrumentos

As normas de instrumentação estabelecem símbolos, gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas, que deverão ser utilizadas nos diagramas e malhas de controle de projetos de instrumentação. De acordo com a norma ISA-S5, cada instrumento ou função programada será identificado por um conjunto de letras que o classifica funcionalmente e um conjunto de algarismos que indica a malha à qual o instrumento ou função programada pertence.

QUADRO 3 IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS

IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS				
De acordo com a Norma ISA-55				
P	R C	001	02	A
Variável	Função	Área da atividade	Nº sequencial da malha	Sufixo
Identificação funcional		Identificação da malha		
Identificação do instrumento				
P = Variável medida – Pressão R = Função passiva ou de informação – Registrador C = Função ativa ou de saída – Controlador 001 = Área de atividade onde o instrumento atua 02 = Número sequencial da malha A = Sufixo				

FIGURA 9 SINAIS UTILIZADOS NOS FLUXOGRAMAS DE PROCESSO

	Suprimento ou impulso		Sinal não-definido
	Sinal pneumático		Sinal elétrico
	Sinal hidráulico		Tubo capilar
	Sinal eletromagnético ou sônico guiado		Sinal eletromagnético ou sônico não-guiado
	Ligação por software		Ligação mecânica
	Sinal binário pneumático		Sinal binário elétrico

FIGURA 10 SÍMBOLOS DE INSTRUMENTOS

Utilizados nos fluxogramas de processo				
Instrumentos	Painel principal acessível ao operador	Montado no campo	Painel auxiliar acessível ao operador	Painel auxiliar não-acessível ao operador
Instrumentos discretos				
Instrumentos compartilhados				
Computador de processo				
Controlador lógico programável				

QUADRO 2 IDENTIFICAÇÃO FUNCIONAL DOS INSTRUMENTOS

PRIMEIRA LETRA		LETRAS SUCESSIVAS		
Variável medida	Letra de modificação	Função de leitura passiva	Função de saída	Letra de modificação
A Analisador	Alarma	Alarma		
B Queimador (chama)	Botão de pressão			
C Condutibilidade elétrica			Controlador	
D Densidade ou peso específico	Diferencial			
E Tensão (Fem)			Elemento primário	
F Vazão	Relação			
G Medida dimensional			Visor	
H Comando manual	Entrada manual			Alto
I Corrente elétrica			Indicação ou Indicador	
J Potência	Varredura			
K Tempo ou programa			Cálculos em sistema digital	

L Nível	Lâmpada piloto	Baixo
M Umidade	Média	Médio ou intermediário
N Vazão molar		
O Orifício ou restrição		
P Pressão	Percentual	Tomada de impulso
Q Quantidade	Integração	
R Remoto		Registrador
S Velocidade ou frequência	Velocidade/Chave de segurança	Interruptor ou chave
T Temperatura		Transmissão Transmissor
U Multivariável	Cálculo feito por computador	Multifunção Multifunção
V Vibração		Válvula
W Peso ou força	Poço	
X ou Y Escolha do usuário	Solenóide / Conversor de sinal	Relé ou computador
Z Posição / Deslocamento		El. final de controle

T = Temperatura	R = Registrador	P = Pressão	I = Indicador
F = Vazão	V = Válvula	L = Nível	G = Visor

## 1.4 Principais sistemas de medidas

Os sistemas podem ser classificados quanto à natureza de suas unidades fundamentais, quanto ao valor dessas unidades e também quanto às relações escolhidas na determinação dos derivados. Os principais sistemas são:

<b>SISTEMA MÉTRICO DECIMAL</b>  Tem como unidades fundamentais o metro, o quilograma e o segundo (MKS)	<b>SISTEMA FÍSICO OU CGESIMAL</b>  Tem como unidades fundamentais o centímetro, o grama e o segundo (CGS)
<b>SISTEMA INDUSTRIAL FRANCÊS</b>  Tem como unidades fundamentais o metro, a tonelada e o segundo (MTS), definidas em função do sistema métrico decimal	<b>SISTEMA INGLÊS</b>  Tem como unidades fundamentais o pé ( <i>foot</i> ), a libra ( <i>pound</i> ) e o segundo ( <i>second</i> )

## 1.5 Telemetria

Chamamos de telemetria a técnica de transportar medições obtidas no processo a distância, em função de um instrumento transmissor.

A transmissão a distância dos valores medidos está tão intimamente relacionada com os processos contínuos, que a necessidade e as vantagens da aplicação da telemetria e do processamento contínuo se entrelaçam.

Um dos fatores que se destacam na utilização da telemetria é a possibilidade de centralizar instrumentos e controles de um determinado processo em painéis de controle ou em uma sala de controle.

### Vantagens da Telemetria:

- Os instrumentos agrupados podem ser consultados mais fácil e rapidamente, possibilitando à operação uma visão conjunta do desempenho da unidade;
- Podemos reduzir o número de operadores com simultâneo aumento da eficiência do trabalho;
- Cresce, consideravelmente, a utilidade e a eficiência dos instrumentos em face das possibilidades de pronta consulta, manutenção e inspeção, em situação mais acessível, mais protegida e mais confortável.

## 1.6 Transmissores

Os transmissores são instrumentos que medem uma variável do processo e a transmitem, a distância, a um instrumento receptor, indicador, registrador, controlador ou

a uma combinação destes. Existem vários tipos de sinais de transmissão: pneumáticos, elétricos, hidráulicos e eletrônicos.

### • Transmissão pneumática:

Em geral, os transmissores pneumáticos geram um sinal pneumático variável, linear, de 3 a 15 psi (libras força por polegada ao quadrado) para uma faixa de medidas de 0 a 100% da variável (o valor 0 psi é utilizado para quando houver algum problema na linha). Podemos, entretanto, encontrar transmissores com outras faixas de sinais de transmissão. Por exemplo: de 20 a 100kPa.

O alcance do sinal no sistema métrico é cerca de 5% menor que o sinal de 3 a 15 psi. Este é um dos motivos pelos quais devemos calibrar os instrumentos de uma malha (transmissor, controlador, elemento final de controle etc.), sempre utilizando uma mesma norma.

Note que o valor mínimo do sinal pneumático também não é zero, e sim 3psi ou 0,  $2\text{kgf/cm}^2$ . Deste modo, conseguimos calibrar corretamente o instrumento, comprovando sua correta calibração e detectando vazamentos de ar nas linhas de transmissão.

Se o valor mínimo de saída fosse 0 psi, não seria possível fazermos esta comparação rapidamente. Para que pudéssemos detectá-lo, teríamos de esperar um aumento de temperatura para que tivéssemos um sinal de saída maior que 0 (o qual seria incorreto).

### • Transmissão eletrônica:

Os transmissores eletrônicos geram vários tipos de sinais em painéis, sendo os mais utilizados: 4 a 20 mA, 10 a 50 mA e 1 a 5 V. Temos estas discrepâncias nos sinais de saída entre diferentes fabricantes, porque tais instrumentos estão preparados para uma fácil mudança do seu sinal de saída. A relação de 4 a 20 mA, 1 a 5 V está na mesma relação de um sinal de 3 a 15 psi de um sinal pneumático.

O “zero vivo” utilizado, quando adotamos o valor mínimo de 4 mA, oferece a vantagem também de podermos detectar uma avaria (rompimento dos fios), que provoca a queda do sinal, quando ele está em seu valor mínimo (é preferível utilizar corrente pois ao utilizar a tensão em uma resistência há uma queda de tensão nela e ao usar corrente, ela permanece constante, LKC).

### • Protocolo Hart:

Consiste num sistema que combina o padrão 4 a 20 mA com a comunicação digital. É um sistema a dois fios com taxa de comunicação de 1.200 bits/s (BPS) e modulação FSK (Frequency Shift Keying). O Hart é baseado no sistema mestre/escravo, permitindo a existência de dois mestres na rede simultaneamente.

As desvantagens são que existe uma limitação quanto à velocidade de transmissão das informações e a falta de economia de cabeamento (precisa-se de um par de fios para cada instrumento).

#### Vantagens do protocolo hart:

- Usa o mesmo par de cabos para o 4 a 20 mA e para a comunicação digital;
- Usa o mesmo tipo de cabo empregado na instrumentação analógica;
- Dispõe de equipamentos de vários fabricantes.

### • Fieldbus

É um sistema de comunicação digital bidirecional, que interliga equipamentos inteligentes de campo com o sistema de controle ou com equipamentos localizados na sala de controle.

Este padrão permite comunicação entre uma variedade de equipamentos, tais como: transmissores, válvulas, controladores, CLP etc. Eles podem ser de fabricantes diferentes (interoperabilidade) e ter controle distribuído (cada instrumento tem a capacidade de processar um sinal recebido e enviar informações a outros instrumentos para correção de uma variável – pressão, vazão, temperatura etc.).

Uma grande vantagem é a redução do número de cabos do controlador aos instrumentos de campo. Apenas um par de fios é o suficiente para a interligação de uma rede fieldbus.

GRANDEZAS	DEFINIÇÃO	DIMENSÃO	FÍSICO (CGS)	DECIMAL (MKS)	GRAVITATÓRIO (MKFS)	PRÁTICO INGLÊS
Comprimento	L	L	centímetro (cm)	metro (m) micron ( $\mu$ ) = $10^{-6}$ m angstrom(A) = $10^{-10}$ m	metro (m)	foot (ft) = 1,0 Yd = 12 in = 30,48 cm
Massa	M	M	grama (g)	quilograma (kg)	(9,81 kg)	(32,174 pd)
Tempo	t	t	segundo (seg)	segundo (seg)	segundo (seg)	second (sec)
Superfície	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	square-foot = 929cm <sup>2</sup> square-inch = 6,45cm <sup>2</sup>
Volume	V <sup>3</sup>	V <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cubic-foot = 28,317cm <sup>3</sup> cubic-inch = 16,39cm <sup>3</sup>
Velocidade	$v = \frac{L}{t}$	LT <sup>-1</sup>	cm/seg	m/seg	m/seg ft/min = 197 ft/min	foot per second (ft/sec) ft/min = 6,5076 cm/s
Aceleração	$a = \frac{v}{t}$	LT <sup>-2</sup>	cm/seg <sup>2</sup>	m/seg <sup>2</sup>	m/seg <sup>2</sup>	ft/sec <sup>2</sup>
Força	$F = m \cdot y$	M L T <sup>-2</sup>	dina (d) (m = 1g; y = 1cm/seg) Megadina (M) = 10 <sup>6</sup> dina	Glorgl Newton (n) (m = 1kg; y = 1m/seg <sup>2</sup> ) = 10 <sup>3</sup> d	quilograma-força(kgf) (m = 1kg; y = 9,81m/seg <sup>2</sup> ) = 10 <sup>3</sup> x 9,81 = dina = 10 <sup>3</sup> x 9,81 = sth	pound (pd) (m = 1kg; y = 32,174 ft/sec <sup>2</sup> ) = 0,45359kg = 444,981d = 7000 grains
Trabalho	$T = F \cdot e$	M S <sup>2</sup> T <sup>-1</sup>	erg (F = 1 d; e = 1cm)	Joule (J) (F = 1n; e = 1m) = 10 <sup>7</sup> ergs	quilograma-força(kgm) (F = 1kgf; e = 1m) = 9,81 joules	foot-pound (ft.pd) (f = 1 pd; e = 1 ft) = 0,1382kgm = 1,3563 J
Potência	$w = \frac{T}{t}$	M S <sup>2</sup> T <sup>-2</sup>	erg/seg (T = 1 erg; t = 1seg)	Watt (w) (T = 1 J; t = 1seg) = 10 <sup>7</sup> ergs/seg = 44,8 ft. pd/min	kgm/seg (T = 1 kgf; t = 1seg) = 75 kgm/seg = 736 watts	foot pound per second Horse Power (HP) = 746kgm/seg (75) = 33000 ft.pd/min
Pressão	$P = \frac{F}{A}$	M L <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	bária (F = 1 d; S <sup>2</sup> = 1 cm <sup>2</sup> ) Bar = 10 <sup>5</sup> bárias (F = 1M; S <sup>2</sup> = 1cm <sup>2</sup> )	Pascal F = 1n; S <sup>2</sup> = 1m <sup>2</sup> ) = 10 bárias	kg/cm <sup>2</sup> = 1000 g/cm <sup>2</sup> atm = 1033 g/cm <sup>2</sup> (em Hg = 76cm)	pd/in <sup>2</sup> = 70,308 g/cm <sup>2</sup> pd/ft <sup>2</sup> atm = 11,992 pd/in <sup>2</sup>

