

Ricardo Oscar

Instrumentação Industrial

Controle Total de Processos



editora
VIENA

1ª Edição
Bauru/SP
Editora Viena
2016

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	19
1. CONCEITOS BÁSICOS DE INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL	21
1.1. Processo	23
1.2. Classificações dos Processos Industriais	23
1.2.1. Processo Contínuo	24
1.2.2. Processo por Batelada	24
1.2.3. Processo de Manufatura	24
1.3. Terminologias	24
1.3.1. Range	25
1.3.2. Span	26
1.3.3. Erro	26
1.3.3.1. Erro Sistemático	26
1.3.3.2. Erro Aleatório	27
1.3.3.3. Erro Grosseiro	27
1.3.4. Desvio	27
1.3.5. Exatidão	27
1.3.6. Repetitividade	28
1.3.7. Precisão	28
1.3.8. Resolução	28
1.3.9. Zona Morta	29
1.3.10. Histerese	29
1.3.11. Sensibilidade	29
1.3.12. Set Point	29
1.4. Identificação de Instrumentos	29
1.4.1. Considerações da Tabela	32
1.5. Tagueamento – Construção do TAG	34
1.5.1. Outros Símbolos Usados nos Diagramas de Processo	36
1.5.2. Simbologia Geral	37
1.6. Classificação dos Instrumentos	37
1.6.1. Instrumento Indicador (Mostrador)	38
1.6.2. Instrumento Registrador	38
1.6.3. Instrumento Transdutor	39
1.6.4. Instrumento Controlador	40
1.6.5. Instrumento Elemento Final de Controle	40
1.6.6. Instrumento Transmissor	41
2. TELEMETRIA	51
2.1. Conceito	53
2.2. Vantagens da Telemetria	54
2.3. Transmissores	55
2.4. Sinais Analógicos	55
2.4.1. Sinal Pneumático	56
2.4.2. Sinal Elétrico	56
2.4.3. Sinal Hidráulico	57
2.4.4. Sinal Eletrônico	58
2.4.5. Sinal Via Rádio	58

2.4.6.	Sinal Via Modem	59
2.5.	Sinal Digital.....	59
2.6.	Comunicação Digital X Analógica	60
2.7.	Protocolos de Comunicação.....	61
2.7.1.	FIELDBUS ou Barramento de Campo	62
2.7.2.	Modbus	63
2.7.3.	Hart.....	64
2.7.4.	Profibus	65
3.	CONCEITOS BÁSICOS DE CONTROLE DE PROCESSOS.....	71
3.1.	Processo	73
3.2.	Classificação dos Processos Industriais	74
3.3.	Variáveis de Processo.....	75
3.3.1.	Distúrbios.....	76
3.4.	Objetivos de um Sistema de Controle	77
3.5.	Malhas de Controle	77
4.	VARIÁVEIS DE PROCESSO - PRESSÃO	83
4.1.	Medição de Pressão e um Pouco de História	86
4.1.1.	Definições Básicas.....	86
4.2.	Princípios, Leis e Teoremas da Física, Utilizadas na Medição de Pressão	87
4.2.1.	Lei da Conservação de Energia (Teorema de Bernoulli).....	88
4.2.2.	Teorema de Stevín	88
4.2.2.1.	Vasos Comunicantes	90
4.2.3.	Princípio de Pascal	90
4.2.4.	Equação Manométrica	91
4.3.	Definição de Pressão	91
4.3.1.	Tipos de Pressão Medidas	92
4.3.2.	Relação Entre Tipos de Pressão Medida	93
4.3.3.	Unidades de Pressão.....	93
4.4.	Técnicas de Medição de Pressão	94
4.4.1.	Introdução.....	94
4.4.2.	Composição dos Medidores de Pressão	95
4.5.	Principais Tipos de Medidores	95
4.5.1.	Manômetros	95
4.5.2.	Manômetro de Líquido.....	96
4.5.2.1.	Construção e Princípios de Funcionamento	96
4.5.2.2.	Líquidos de Enchimento.....	97
4.5.2.3.	Faixa de Medição	97
4.5.2.4.	Como Fazer a Leitura de Forma Correta (Formação de Menisco no Capilar)	97
4.5.2.5.	Influência Gerada pela Temperatura nas Leituras	98
4.5.3.	Tipos de Manômetro de Líquido	99
4.5.3.1.	Manômetro tipo Coluna em “U”	99
4.5.3.2.	Manômetro Tipo Coluna Reta Vertical	100
4.5.3.3.	Manômetro do Tipo Coluna Inclínada	101
4.5.3.4.	Manômetro Tipo Elástico	102
4.5.3.4.1.	Funcionamento do Medidor Tipo Elástico.....	103
4.5.3.5.	Manômetro Tubo Bourdon.....	104
4.5.3.5.1.	Construção e Característica dos Tubos de Bourdon.....	104
4.5.3.5.2.	Materiais dos Bourdons	105

4.5.3.5.3.	Classificação dos Manômetros o Tipo BOURDON.....	105
4.5.4.	Tipos Construtivos de Manômetros de Bourdon	106
4.5.4.1.	Manômetro Fechado.....	107
4.5.4.2.	Manômetro de Pressão Diferencial.....	107
4.5.4.3.	Manômetro Duplo	108
4.5.4.4.	Manômetro com Selagem Líquida	108
4.5.4.5.	Manômetro Tipo Diafragma.....	110
4.5.4.6.	Manômetro Tipo Fole.....	111
4.5.4.7.	Manômetro Padrão.....	112
4.5.4.8.	Manômetro Tipo Coluna Líquida.....	112
4.5.4.9.	Manômetro Tipo Balança de Peso Morto.....	112
4.6.	Acessórios para Manômetro Tipo Bourdon	115
4.6.1.	Amortecedores de Pulsação	115
4.6.2.	Sifões	116
4.6.3.	Supressor de Pressão.....	116
4.7.	Instrumento de Transmissão de Sinal	117
4.7.1.	Escolha do Tipo de Medidor.....	117
4.8.	Instrumentos para Alarme e Intertravamento	118
4.8.1.	Pressostato	119
4.8.2.	Tipos de Pressostatos	119
4.8.2.1.	Diferencial Fixo ou Ajustável	119
4.8.2.2.	Contato SPDT e DPDT.....	120
4.8.3.	Como Selecionar Corretamente um Pressostato	120
4.8.3.1.	Vida Útil do Pressostato.....	120
4.8.3.2.	Pressostato de Teste.....	121
4.8.3.3.	Função do Pressostato.....	121
4.8.3.4.	Seleção da Faixa Ajustável	122
5.	VARIÁVEIS DE PROCESSO - NÍVEL	127
5.1.	Definição.....	129
5.2.	Princípios da Medição de Nível.....	129
5.3.	Método de Medição Direta.....	130
5.3.1.	Régua Graduada	130
5.3.2.	Gabarito	131
5.3.3.	Visores de Nível.....	131
5.3.4.	Visores Tubulares	132
5.3.5.	Visores de Vidro Plano.....	132
5.3.6.	Reflex ou Refletivos	133
5.3.7.	Boia ou Flutuador.....	134
5.3.8.	Medidor de Nível com Flutuador Interno.....	135
5.3.9.	A Escolha do Flutuador Adequado.....	135
5.4.	Medição de Nível Indireta	136
5.4.1.	Medição de Nível por Pressão Hidrostática	136
5.4.2.	Medição de Nível por Pressão Diferencial	137
5.5.	Supressão e Elevação de Zero	139
5.5.1.	Supressão de Zero	139
5.5.2.	Elevação de Zero.....	140
5.5.3.	Medição de Nível com Borbulhador	140
5.5.4.	Medição de Nível por Empuxo	141
5.5.5.	Medição de Nível por Interface.....	142
5.5.6.	Medição de Nível com Raios Gama	143
5.5.7.	Medição de Nível Capacitivo	144

5.5.8.	Medidor de Nível por Ultrassom	145
5.5.8.1.	Princípios Físicos	146
5.5.8.2.	Geração do Ultrassom.....	146
5.5.9.	Medição de Nível por Radar	148
5.6.	Medição de Nível Descontínua.....	148
5.6.1.	Medição de Nível por Condutividade	149
5.6.2.	Medição de Nível Descontínua por Boia.....	149
5.7.	Métodos de Medição de Nível de Sólidos.....	150
5.7.1.	Medição de Nível por Pesagem	150
5.8.	Escolha do Tipo de Medidor de Nível.....	152
5.9.	Instrumentos para Alarme e Intertravamento	152
5.9.1.	Chaves de Nível	152
5.10.	Tipos de Chave de Nível.....	153
5.10.1.	Tipo Vibratória.....	153
5.10.1.1.	Princípio de Operação	153
5.10.1.2.	Construção Básica da Chave de Nível de uma Lâmina.....	153
5.10.1.3.	Aplicações.....	154
5.10.1.4.	Instalação.....	154
5.10.2.	Chave de Nível Capacitiva a Dois Terminais.....	154
5.10.3.	Chave de Nível a Três Terminais	155
5.10.3.1.	Aplicações.....	156
5.10.3.2.	Cuidados na Instalação	156
6.	VARIÁVEIS DE PROCESSO - TEMPERATURA	165
6.1.	Um Pouco da História	167
6.1.1.	Conceito.....	168
6.1.2.	Temperatura e Calor	169
6.1.3.	Escala de Temperatura	170
6.1.4.	Conversão de Escalas	172
6.1.5.	Escala Internacional de Temperatura.....	173
6.2.	Medidores de Temperatura	175
6.2.1.	Termômetro para Dilatação de Líquido	176
6.2.1.1.	Recipiente de Vidro Transparente	176
6.2.1.2.	Recipiente Metálico	177
6.2.2.	Termômetros para Dilatação de Sólidos (Termômetros Bimetálicos).....	178
6.3.	Sensores de Temperatura Tipo Termopar.....	179
6.3.1.	Efeitos Termoelétricos.....	180
6.3.1.1.	Efeito Termoelétrico de SEEBECK.....	180
6.3.1.2.	Efeito Termoelétrico de PELTIER.....	181
6.3.1.3.	Efeito Termoelétrico de THOMSON	182
6.3.2.	Efeito Termoelétrico Volta	183
6.3.3.	Leis Termoelétricas.....	183
6.3.4.	Lei do Circuito Homogêneo	184
6.3.5.	Lei dos Metais Intermediários.....	184
6.3.6.	Lei das Temperaturas Intermediárias	185
6.3.7.	Correlação da FEM em Função da Temperatura	185
6.4.	Medição de Temperatura por Termopar	186
6.4.1.	Tipos e Características dos Termopares	187
6.4.2.	Correção das Juntas de Referência.....	192
6.4.3.	Associação de Termopares	194
6.4.4.	Associação Série – Oposta.....	195

6.4.5.	Fios de Compensação e Extensão	196
6.5.	Medição de Temperatura por Termorresistência	196
6.5.1.	Princípio de Funcionamento.....	197
6.5.2.	Construção Física do Sensor	198
6.5.3.	Bulbo de Resistência Tipo Pt-100	199
6.5.4.	Vantagens e Desvantagens dessa Medição.....	201
6.5.5.	Princípio de Medição.....	201
6.5.5.1.	Ligação a Dois Fios.....	202
6.5.5.2.	Ligação a 3 Fios	204
6.5.5.3.	Ligação a 4 Fios	205
6.5.6.	Recomendações para a Instalação de Termorresistências	205
6.5.7.	Vantagens e Desvantagens de Termorresistência x Termopar	206
6.6.	Sensores sem Contato	206
6.6.1.	Termômetros de Radiação.....	207
6.6.2.	Radiômetro ou Pirômetro de Radiação	207
7.	VARIÁVEIS DE PROCESSO - VAZÃO.....	219
7.1.	Introdução.....	221
7.1.1.	Definição.....	221
7.1.2.	Conceitos Físicos para Medição de Vazão	224
7.2.	Distribuição de Velocidade em um Duto	225
7.3.	Medidores de Vazão	226
7.3.1.	Medidores de Deslocamento Positivo.....	227
7.3.2.	Medidor de Engrenagens	227
7.3.3.	Medidor de Engrenagens Ovais	228
7.3.4.	Medidor de Palhetas	228
7.3.5.	Lóbulos Rotativos.....	229
7.3.6.	Medidores de Diafragma.....	230
7.4.	Medidores de Pressão Diferencial.....	231
7.4.1.	Placa de Orifício	232
7.4.2.	Tubo Venturi	234
7.4.3.	Tubo Pitot	234
7.5.	Medidor de Vazão Área Variável.....	235
7.5.1.	Rotâmetros	235
7.5.1.1.	Tipos de Boias	236
7.6.	Medidores Especiais de Vazão	237
7.6.1.	Tipo Turbina	237
7.6.2.	Medidor de Vazão por Eletromagnetismo	239
7.6.3.	Medidores Ultrassônicos	239
7.6.3.1.	Medidores de Efeito Doppler.....	240
7.6.3.2.	Medidores de Tempo de Trânsito	241
7.6.4.	Medidor de Vazão Tipo Vortex	242
7.6.5.	Medidor por Efeito Coriolis.....	244
7.7.	Conclusão.....	246
8.	ELEMENTOS FINAIS DE CONTROLE	253
8.1.	Válvulas de Controle.....	256
8.2.	Partes Principais de uma Válvula de Controle.....	257
8.2.1.	Atuador	257
8.2.2.	Corpo	257
8.3.	Válvulas de Deslocamento Linear da Haste	258
8.3.1.	Válvulas Globo	258

8.3.1.1.	Válvulas Globo Sede Simples	259
8.3.1.2.	Válvula Globo Sede Dupla.....	260
8.3.2.	Válvula Globo Tipo Gaiola	261
8.3.3.	Válvula Globo Tipo Gaiola Sede Simples	262
8.3.4.	Válvula Gaiola Sede Simples não Balanceada.....	262
8.3.5.	Válvula Globo Tipo Gaiola Sede Simples Balanceada	263
8.3.6.	Válvula Tipo Diafragma ou Saunders.....	263
8.3.7.	Válvula de Controle Tipo Guilhotina.....	264
8.4.	Válvulas de Deslocamento Rotativo da Haste.....	264
8.4.1.	Válvula de Controle Tipo Borboleta.....	264
8.4.2.	Válvula Esfera	266
8.4.1.2.	Tipos de Guia do Obturador na Válvula Esfera.....	266
8.4.3.	Válvula de Controle Tipo Obturador Rotativo – Excêntrico.....	267
8.5.	Atuadores Pneumáticos.....	268
8.5.1.	Atuador Pneumático Tipo Mola e Diafragma.....	268
8.5.2.	Atuador Pneumático Tipo Pistão	269
8.5.3.	Atuador Elétrico	269
8.5.4.	Atuador Eletro-Hidráulico.....	270
8.5.5.	Posição de Segurança por Falha.....	270
8.5.6.	Vantagens e Desvantagens dos Atuadores.....	270
8.6.	Posicionadores	272
8.6.1.	Limitações do Uso do Posicionador	272
8.7.	Boosters Pneumáticos de Volume e de Pressão	273
8.7.1.	Boosters de Volume	273
8.7.2.	Booster de Pressão	273
8.7.3.	Posicionador Inteligente.....	273
8.8.	Válvula de Segurança	274
8.8.1.	Tipos de Válvulas.....	275
REFERÊNCIAS.....		281
GLOSSÁRIO.....		283

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
Al	Alumínio.
ATM	Pressão Atmosférica.
AWG	American Wire Gauge.
CGS	Sistema de Unidades de Medidas Físicas.
CLP	Controlador Lógico Programável.
CNC	Computer Numeric Control.
Cr	Cromo.
Cu	Cobre.
DCS	Sistema de Controle Distribuído.
ddp	Diferença de Potencial.
DP	Decentralized Peripherals.
DPDT	Double Pole-Double Throw.
E/S	Entrada e Saída.
fem	Força Eletro Motriz.
FMS	Fieldbus Message Specification.
FSK	Frequency Shift Key.
Ghz	Gigahertz.
GPM	Galão por Minuto.
GN	Gás Natural.
HART	Highway Addressable Remote Transducer.
Hz	Hertz.
IEC	Comissão Internacional Eletrotécnica.
IGPM	Galão Imperial por Minuto.
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
IPTS	Escala Prática Internacional de Temperatura.
ISA	Instrument Society of America.
kHz	Quilohertz.
m	Metro.
mA	Miliampere.
mm	Milímetro.
mmH ₂ O	Milímetro de Água.
mmHg	Milímetro de Mercúrio.
Mn	Manganês.
mV	Milivolt.
Ni	Níquel.
PA	Process Automation.
PID	Controlador Proporcional Integral Derivativo.
PLC	Programmable Logic Controller.
PMTA	Pressão Máxima de Trabalho.
PSI	Pound Force per Square Inch.
PSI	Pressão Atmosférica.
PSV	Pressure Safety and Relief Valve.
Pt	Platina.

<i>SCFM</i>	<i>Pés Cúbicos “Standard per Minute”.</i>
<i>Si</i>	<i>Silício.</i>
<i>SI</i>	<i>Sistema Internacional de Unidades.</i>
<i>SPDT</i>	<i>Single Pole-Double Throw.</i>
<i>V</i>	<i>Volt.</i>
<i>VAC</i>	<i>Voltage Alternate Current.</i>
<i>VDC</i>	<i>Voltage Direct Current.</i>
<i>utm</i>	<i>Unidade Técnica de Massa.</i>

CAPÍTULO



CONCEITOS BÁSICOS DE INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

PROCESSO

•

CLASSIFICAÇÕES DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS

•

TERMINOLOGIAS

•

IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS

•

TAGUEAMENTO - CONSTRUÇÃO DO TAG

•

CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS



CONCEITOS BÁSICOS DE INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

1

CAPÍTULO

Neste capítulo são apresentados os conceitos básicos da instrumentação industrial, o processo e suas classificações, as terminologias, a identificação, o tagging e a classificação dos instrumentos.

1.1. PROCESSO

Processo é qualquer operação ou sequência de operações com o intuito de modificar matérias-primas em algum produto final. Vejamos alguns exemplos de processos:

- » A mudança no estado de energia, como do quente para o frio ou talvez do líquido para o gasoso como a produção de vapor em uma caldeira.
- » Ou ainda a mudança de composição, como a que ocorre em reações químicas ou na mistura de diferentes materiais, como a produção de aço em siderúrgicas, onde ferro e carvão mineral são misturados em quantidades pré-determinadas, originando diferentes ligas de aço.

Um processo pode ser algo extremamente complicado, como a extração de gasolina a partir de complexas misturas químicas de componentes do óleo cru, até algo tão simples quanto bombear água de um lugar para outro; podendo envolver uma intervenção por reação química, mecânica, elétrica, ou uma combinação desses fatores.

1.2. CLASSIFICAÇÕES DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS

Os processos industriais de uma forma geral são procedimentos rotineiros, englobando artifícios físicos, químicos, mecânicos ou até mesmo uma combinação deles.

Os processos industriais atualmente são os elementos principais das indústrias de grande e pequeno porte para a produção em massa de produtos com as exigências mínimas do mercado contemporâneo.

1.2.1. PROCESSO CONTÍNUO

O processo contínuo é tido como um método muito utilizado nas indústrias, na intenção de garantir maior quantidade de fabricação de um determinado produto durante o menor espaço de tempo possível.

Nos processos contínuos o tempo de processamento por unidade é relativamente pequeno, porém com alta velocidade de produtividade. É um sistema de baixa complexibilidade e pode ser empregado em uma variedade muito pequena de produtos, associado às baixas etapas de produção e a grande demanda por esses poucos produtos, justifica-se altos investimentos em equipamentos que operam 24 horas por dia.

1.2.2. PROCESSO POR BATELADA

Já nos processos por batelada, ao contrário do processo contínuo, o número de etapas é maior e a complexibilidade do produto também. Nas indústrias químicas de maior precisão, por exemplo, é muito comum atingir mais de dez etapas de produção em estágios diferentes para um mesmo produto. O fato de produzir uma maior variedade de produtos de acordo com sua necessidade para a própria produção com a utilização de uma mesma malha de produção, torna o controle da produção muito mais complexo, devido a necessidade constante de reconfigurar e reconectar as máquinas envolvidas para proporcionar novas configurações de processos.

1.2.3. PROCESSO DE MANUFATURA

O processo de fabricação por manufatura, trata-se de um sistema de fabricação de grande quantidade de produtos onde existe uma clara divisão social do trabalho, inclusive em algumas máquinas que precisam da mão de obra humana. Nesse tipo de processo, pode ser utilizado somente as mãos (como era realizado antes da revolução industrial), ou a utilização de máquinas de grande porte, mas uma das características mais marcantes é a necessidade da presença humana em todo o processo de fabricação.

Falaremos sobre os tipos de processo de forma mais detalhada nos próximos capítulos.

1.3. TERMINOLOGIAS

Claro, que para obter um resultado minimamente adequado é necessário padronização, (que pode ser uma simples receita de um bolo ou mesmo a fabricação de energia em uma usina elétrica), e para que algo seja de fato padronizado, é necessário a interpretação de diversos documentos específicos,

estabelecidos por consenso e aprovados por organismos reconhecidos, que fornecem regras e normas para o uso comum e repetitivo no intuito de disseminar as diretrizes ou características para atividades ou resultados, visando a obtenção máxima de ordem em um determinado contexto, tais documentos são chamados de NORMAS TÉCNICAS.

Dentre a infinidade de normas técnicas existentes, destacamos uma especial que trata diretamente das condições técnicas de instrumentação, a INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA – ISA, de organizações norte americanas.

As outras normas que também fazem parte do contexto técnico serão vistas ao longo dos estudos e, principalmente no dia a dia de trabalho.

Baseado na ISA um instrumento de medição industrial é:

Todo e qualquer dispositivo usado de forma direta ou indireta no intuito de medir ou controlar uma variável de processo.

Essas definições da ISA também estão agregadas em:

- » Elementos sensores.
- » Elementos finais de controle.
- » Dispositivos computacionais.
- » Dispositivos elétricos.
- » Alarmes (esses desde que atuantes da malha de fabricação).
- » Chaves e botoeiras.

O termo não se aplica as partes que compõem os mecanismos internos de instrumentos de medição (norma ANSI/ISA-S5.1-1984-R-1992).

Os instrumentos de controle aplicados na indústria de processos possuem uma terminologia própria descrita pela ISA. Esses termos definem e identificam as características próprias de medidas e controles desses diversos tipos de instrumentos.

A terminologia aplicada é padronizada entre os fabricantes, usuários e todos os organismos regulamentadores ou credenciados que intervêm direta ou indiretamente na área da instrumentação industrial, a seguir veremos algumas das mais usuais.

1.3.1. RANGE

O range nada mais é do que a faixa de medição, o conjunto de valores da variável a ser medida que está compreendida dentro de valores limites, tanto superior como inferior, da capacidade do instrumento. É representada sempre indicando os valores extremos.

Exemplos:

- » **0 - 100 PSI (pound force per square inch):** Libra força por polegada quadrada, unidade de pressão.
- » **10 - 100 °C Graus Celsius:** Unidade de temperatura.
- » **30 - 300 A:** Ampere, unidade de corrente elétrica.

1.3.2. SPAN

O span é o alcance do instrumento, retratado pela diferença algébrica entre os valores inferiores e superiores da graduação da escala.

Exemplos:

Se o range da escala de um indicador de pressão for de: 100 - 500 Kgf/Cm², o span será igual a 400 Kgf/Cm².

Do mesmo modo que um indicador de temperatura com um range de: -30 - 100 °C, o span será de 130 °C.

1.3.3. ERRO

Uma das definições mais importantes na área da instrumentação é saber o significado exato dessa expressão, que é a diferença entre o valor lido e o valor de referência da variável (aquele dado como verdadeiro) que está sendo medida ou controlada, o erro de uma medição ou de um sistema de medição pode ser compreendido em três tipos: sistemático, aleatório e grosseiro.

1.3.3.1. ERRO SISTEMÁTICO

É o fragmento do erro sempre presente nas medições realizadas em idênticas condições de operação. Um exemplo clássico de erro sistemático seria o de um indicador analógico com um ponteiro danificado (torto), nesse caso todas as medições repetiriam o mesmo erro enquanto o ponteiro mantivesse as mesmas características.

Esse atributo pode ser causado por um problema de ajuste como pelo desgaste do próprio sistema, além de poder estar associado ao próprio princípio de medição empregado, ou ainda por agentes de fatores externos como condições ambientais.

A estimativa do erro sistemático de um instrumento ou sistema de medição é também denominada como TENDÊNCIA.

Embora seja um erro que supostamente se repita quando medido em condições idênticas, geralmente não é constante ao longo da escala a ser medida. Para cada valor distinto do valor a ser medido é possível ter um valor diferente para o erro sistemático, a forma de como ele varia ao longo da faixa de medição depende de cada instrumento ou sistema de medição, tornando-o de difícil previsão.

1.3.3.2. ERRO ALEATÓRIO

Esse erro é compreendido quando em mesmas condições as medidas realizadas apresentam variações em relação ao valor da média, tanto para mais como para menos.

Os fatores que contribuem para o ERRO ALEATÓRIO podem ser os mais diversos possíveis, como folgas, atritos, vibração, flutuações de tensão e influências ambientais.

A intensidade desse erro pode variar ao longo de sua escala de medição, a forma como o ERRO ALEATÓRIO se manifesta em cada instrumento ou sistema de medição pode variar tornando-o de difícil previsão.

1.3.3.3. ERRO GROSSEIRO

E, por fim, um dos mais comuns e menos aceitáveis, pois geralmente se dá por decorrência de mau uso ou mau funcionamento, associado a erros de leitura ou interpretação diretamente do operador, seu valor é totalmente imprevisível, porém de fácil detecção devido aos seus resultados esporádicos.

1.3.4. DESVIO

É a diferença entre a média dos valores obtidos de uma grandeza, e um valor adotado, que mais se aproxima do valor real.

1.3.5. EXATIDÃO

Pode ser definida como a aptidão de cada instrumento ou sistema de medição de apresentar o resultado mais próximo possível daquele considerado verdadeiro. Matematicamente ela pode ser descrita de três maneiras:

- » Percentual do fundo de escala ou range (% do FE).
- » Percentual do span (% do span).
- » Percentual do valor lido (% do VL).

Nessas condições, digamos que temos um indicador de pressão com range de 50 ~ 250 Kgf/Cm², e o valor medido seja de 100 Kgf/Cm², determinamos o provável intervalo do valor real da seguinte forma:

Exatidão de 1% do fundo de escala.

$$\text{Valor real} = 100 \text{ Kgf/Cm}^2 \pm (0,01 \times 250) = 100 \pm 2,5 \text{ Kgf/Cm}^2$$

Exatidão de 1% do span.

$$\text{Valor real} = 100 \text{ Kgf/Cm}^2 \pm (0,01 \times 200) = 100 \pm 2,0 \text{ Kgf/Cm}^2$$

Exatidão de 1% do valor lido.

$$\text{Valor real} = 100 \text{ Kgf/Cm}^2 \pm (0,01 \times 100) = 100 \pm 1,0 \text{ Kgf/Cm}^2$$

1.3.6. REPETITIVIDADE

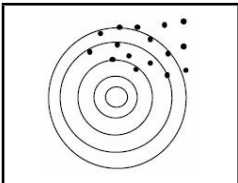
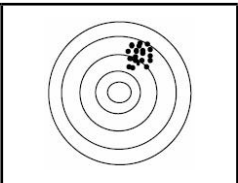
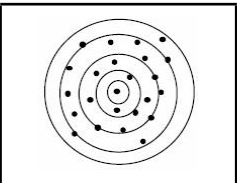
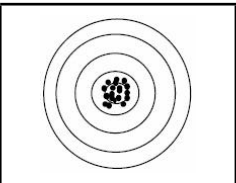
É o grau de concordância entre os resultados de medição sucessivos de um mesmo parâmetro, mensurando as mesmas condições de medição.

As condições necessárias para serem consideradas incluem:

- » Mesmo procedimento adotado.
- » Mesmo operador.
- » Mesmo instrumento ou sistema utilizado nas mesmas condições.
- » Mesmo local.
- » Repetição em curto período de tempo.

1.3.7. PRECISÃO

É a capacidade que um instrumento apresenta de repetir os resultados de uma medição. Uma boa maneira de entender a diferença entre precisão e exatidão é a representação do exemplo do alvo:

			
Sem precisão e sem exatidão.	Com precisão e sem exatidão.	Com exatidão e sem precisão.	Com precisão e com exatidão.

Instrumento indicador analógico.

Observação: Nesse exemplo o erro seria a média dos “tiros” em relação à “mosca”. A diferença máxima entre os tiros mais distantes entre si seria considerada desvio. E a repetitividade seria a capacidade de repetir o mesmo resultado independente de seu aspecto.

1.3.8. RESOLUÇÃO

É a menor divisão da grandeza medida, que causa uma variação perceptível na indicação da variável.

1.3.9. ZONA MORTA

Pode ser definida como a máxima variação aceitável (Objeto da medição, Grandeza específica submetida à medição) sem provocar alterações na indicação ou sinal de saída do instrumento em questão.

1.3.10. HISTERESE

Se trata da maior diferença apresentada por um instrumento, para um mesmo valor, em qualquer ponto da faixa de trabalho, de modo que a variável percorra toda a escala nos sentidos de carregamento e de descarregamento.

1.3.11. SENSIBILIDADE

É definida como a mínima variação aceitável que um mensurando (Objeto da medição, Grandeza específica submetida à medição) apresenta sem provocar alterações na indicação ou sinal de saída de um instrumento.

1.3.12. SET POINT

Valor desejado ou ponto de ajuste da variável ao qual se pretende controlar, estabelecido pela necessidade do processo. É geralmente estabelecido pelo gerente de processo e pode ser ajustado tanto por um operador (forma direta) ou por meio de um controlador automático (forma indireta).

1.4. IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS

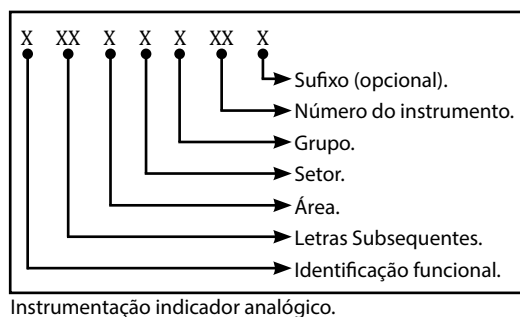
Um dos requisitos principais para a qualidade de um projeto industrial depende em quase sua totalidade do grau de precisão e de confiabilidade da documentação técnica envolvida no projeto, dentre essas documentações o tagging é de vital importância para obter uma boa confiabilidade de todo o sistema e, portanto, deve ser uma das primeiras ações a serem definidas, assim é possível obter um mapeamento seguro de todos os instrumentos e equipamentos da malha industrial.

Portanto regras de identificação devem ser adotadas sempre que uma nova implantação é planejada, independente do tamanho do projeto.

Para que tais regras se façam valer, torna-se imprescindível os números de TAG, que consiste em um número referente à área, setor e o grupo, em que cada instrumento ou equipamento faz parte, esse número deve ser único e intransferível para cada componente da malha de processo em uma planta fabril minimamente adequada.

A filosofia para a criação de um TAG para qualquer tipo de instrumento ou sistema de medição é basicamente simples, desenvolvida de um código alfanumérico, onde se inicia por um prefixo de letras. Esse prefixo indica a classificação internacional do instrumento, os demais dígitos são referentes a sua localização na planta industrial, convém que essa localização seja coerente com a sistemática adotada para tagueamento dos equipamentos de modo que todos os seus elementos, instrumentos e componentes recebam igualmente o mesmo dígito de identificação relacionados a área, setor e grupo.

Abaixo temos o formato de tagueamento sugerido pelas normas ISA - S5 International Society for Measurement and Control e pela ABNT, NBR-8190.



Recomendam-se no máximo três (3) letras para a identificação funcional, onde, em alguns casos uma quarta letra é permitida somente em circunstâncias de extrema necessidade, na qual se faz necessário explicar com mais veracidade qual a real função do devido instrumento, o resultado dessa associação de letra e números deve ser representado dentro do que chamamos de círculo de identificação do instrumento:

- » Para instrumentos ou equipamentos de maior complexidade, as letras nesses casos podem ser divididas em subgrupos.
- » A letra “I” pode ser omitida dos instrumentos no caso de registro e indicação da mesma variável.

Em instrumentos de alta complexidade, com funções e tipos variados de medição, é possível a utilização de mais de uma identificação. Dessa forma um instrumento transmissor registrador de razão de vazão com chave atuada pela razão, em fluxograma pode ser identificado por dois círculos tangenciais (como demonstrado no tópico “**1.5.2. Simbologia Geral**” com as identificações “FFRT” e “FFS”. Em outros tipos de documentos como os de simbologia gráfica o mesmo instrumento pode ser apresentado da seguinte forma: “FFRT/FFS”.

Também de acordo com a norma ISA-S5 são estabelecidos símbolos, gráficos e outros recursos para identificar instrumentos de funções programadas geralmente utilizados nos diagramas e malhas de controle das plantas de instrumentação, seguindo sua recomendação, cada instrumento, equipamento ou função