

Introdução

Conceito e Finalidade

Nos últimos tempos, a necessidade do aumento de produção para atender a sempre crescente demanda e o baixo custo, a criação e fabricação de novos produtos, propiciou o aparecimento de um número cada vez maior de indústrias. Estas indústrias só puderam surgir devido ao Controle Automático de Processos Industriais, sem o qual a produção não seria de boa qualidade e mesmo alguns produtos não poderiam ser fabricados.

O Controle Automático dos Processos Industriais é cada vez mais empregado por aumentar a produtividade, baixar os custos, eliminar erros que seriam provocados pelo elemento humano e manter automática e continuamente o balanço energético de um processo.

Para poder controlar automaticamente um processo precisamos saber como está ele se comportando para poder corrigi-lo, fornecendo ou retirando dele alguma forma de energia, como por exemplo: pressão ou calor. Essa atividade de medir e comparar grandezas é feita por equipamentos ou instrumentos que veremos a seguir.

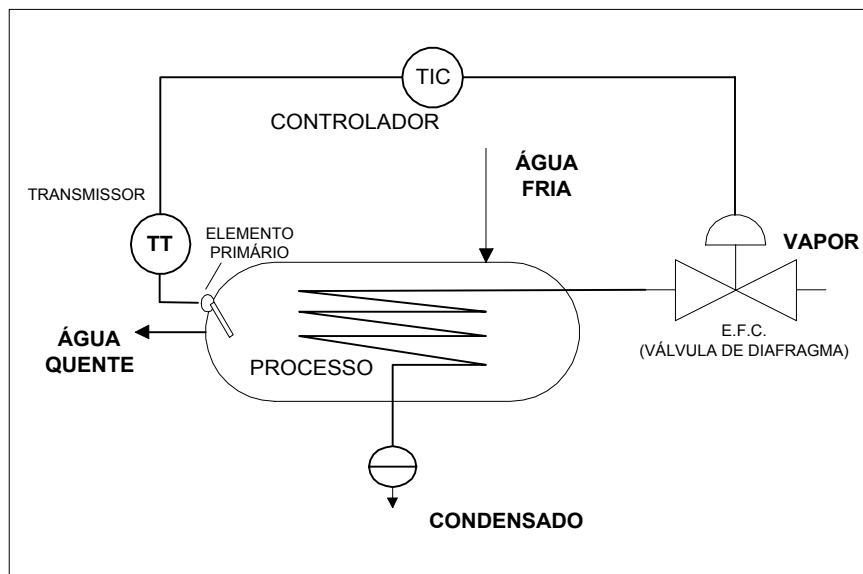
Instrumentação: é a arte e a ciência que projeta, constrói, instala, opera e mantém os instrumentos.

Instrumentos: medem variáveis de processo. Em instrumentação, quando dizemos "medir" geralmente queremos dizer indicar, registrar, totalizar ou controlar.

Medida é o tipo mais comum de controle. Os instrumentos de controle industrial, trabalham só ou em combinação para sentir e controlar o trabalho das variáveis do processo. Os mostradores são os indicadores e registradores.

Variáveis de Processos: são Fenômenos físicos que chamamos simplesmente variáveis, por exemplo: vazão, temperatura, pressão, nível, densidade, etc. Cada sistema de Instrumentos pode ser compreendido em termos do que ele faz, por exemplo: indicar temperatura ou totalizar vazão ou registrar pressão, ou controlar nível. Cada uma dessas questões é a base da descrição de sistema de instrumentos.

Processo: operação ou série de operações no qual o valor de uma quantidade ou condição é controlada. Inclui todas variáveis das funções que, direta ou indiretamente, afetam o valor da Variável Controlada.



Classes de Instrumentos

De um modo geral os elementos de controle são:

Elemento Primário - componente que está em contato com a variável de processo e tem por função, transformá-la em uma grandeza mensurável por um mecanismo.

Transmissor - instrumento que mede uma determinada variável, e envia um sinal proporcional a distância, a um indicador, registrador, controlador, etc.

Transdutor - termo aplicado ao instrumento que não trabalha com sinal na entrada e saída padrão. Como é possível observar o elemento primário, transmissor entre outros, podem ser considerados um transdutor, porém estes elementos possuem funções específicas com nomes específicos.

Indicador - instrumento que nos fornece o valor de uma variável de processo, na forma de um ponteiro e uma escala, ou números, ou bargraph, etc...

Registrador - instrumento que registra, o valor da variável de processo em uma carta gráfica, por meio de um traço contínuo ou pontos.

Controlador - instrumento que tem por função, manter o valor da variável de processo, igual ao valor estabelecido em seu mecanismo, enviando um sinal de saída ao elemento final de controle.

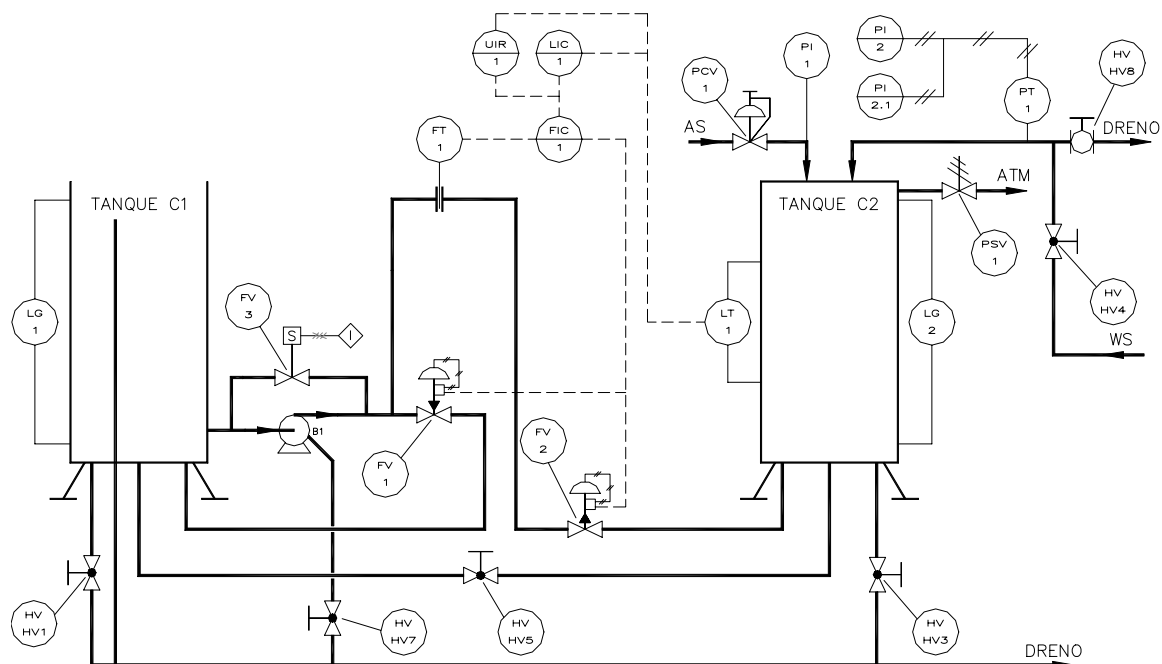
Conversor - instrumento que recebe e envia um sinal padrão em instrumentação, de grandezas diferentes.

Relê De Computação - instrumento que recebe um ou mais sinais de outros instrumentos, realiza operações matemáticas, de lógica ou de seleção de sinais e envia o resultado a um instrumento.

Elemento Final De Controle - dispositivo que está em contato direto com a variável manipulada, modificando-a em resposta a um sinal de comando.

Fluxogramas de Processo

Fluxogramas são as representações simbólicas do processo para fins de localização, identificação e análise do funcionamento de seus componentes. Os fluxogramas são desenhos esquemáticos sem escala que mostram toda a rede de tubulações e os diversos vasos, bombas, instrumentos e todo equipamento pertencente ao processo.



Nos fluxogramas de processo deve estar contido o seguinte.

- As tubulações principais com indicação do fluido contido e do sentido do fluxo
- As principais válvulas de bloqueio, regulação, controle, segurança, alívio etc.
- Todos os vasos (tanques, torres, tambores, reatores etc.) com indicação das características básicas, como tipo, dimensões principais, temperatura e pressão de trabalho, número de bandejas etc.
- Todos os equipamentos importantes (bombas, compressores, ejetores, filtros, trocadores de calor etc.) com indicação das características básicas, como vazão, temperatura, pressão, carga térmica etc.
- Todos os instrumentos principais deverão estar indicados por sua simbologia e nomenclatura.

Para todos os tipos usuais de vasos, equipamentos, válvulas, instrumentos etc., existem convenções de desenho, geralmente de acordo com as convenções da Sociedade de Instrumentos da América - ISA.

Identificação e Símbolos de Instrumentos

Norma S.5.1

As normas de instrumentação estabelecem símbolos gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas, que deverão ser utilizados nos diagramas de malhas de controle de projetos de instrumentação.

Para facilitar o entendimento do texto deste trabalho, mostra-se a seguir, a essência da norma S.5.1 (Instrumentation Symbols and Identification) da Instrument Society of America (ISA). De acordo com esta norma, cada instrumento ou função programada será identificado por um conjunto de letras que classifica funcionalmente (Ver tabela.) é um conjunto de algarismos que indica a malha à qual o instrumento ou na função programada pertence.

Eventualmente, para completar a identificação, poderá ser acrescido um sufixo. A figura mostra um exemplo de instrumento identificado de acordo com a norma em referência.

T	RC	210	2	A
VARIÁVEL	FUNÇÃO	ÁREA DE ATIVIDADES	NO SEQUENCIAL DA MALHA	S U F I X O
IDENTIFICAÇÃO FUNCIONAL		IDENTIFICAÇÃO DA MALHA		
IDENTIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS				

Exemplo de identificação de instrumento Onde:

T - variável medida ou iniciadora: temperatura;

R - função passiva ou de informação: registrador;

C - função ativa ou de saída: controlador;

210 - área de atividades, onde o instrumento ou função programada atua;

















02 - número seqüencial da malha;

A – sufixo

	1º GRUPO DE LETRAS		2º GRUPO DE LETRAS		
	VARIÁVEL MEDIDA OU INDICADORA			FUNÇÃO	
Letra	1ª LETRA	MODIFICADORA	PASSIVA OU DE INFORMAÇÃO	ATIVA OU DE SAÍDA	MODIFICADORA
A	ANÁLISE		ALARME		
B	CHAMA				

Instrumentação

C	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA			CONTROLADOR	
D	DENSIDADE	DIFERENCIAL			
E	TENSÃO		SENSOR (ELEM. PRIMÁRIO)		
F	VAZÃO	RAZÃO			
G			VISÃO DIRETA		
H	MANUAL				ALTO
I	CORRENTE ELÉTRICA		INDICADOR		
J	POTÊNCIA	VARREDURA OU SELEÇÃO MANUAL			
K	TEMPO OU TEMPORIZAÇÃO	TAXA DE VARIAÇÃO COM O TEMPO		ESTAÇÃO DE CONTROLE	
L	NÍVEL		LÂMPADA PILOTO		BAIXO
M	UMIDADE	INSTANTÂNEO			MÉDIO OU INTERMEDIÁRIO
N					
O			ORIFÍCIO DE RESTRIÇÃO		
P	PRESSÃO		CONEXÃO PARA PONTO DE TESTE		
Q	QUANTIDADE	INTEGRAÇÃO OU TOTALIZAÇÃO			
R	RADIAÇÃO		REGISTRADOR		
S	VELOCIDADE OU FREQUÊNCIA	SEGURANÇA		CHAVE	
T	TEMPERATURA			TRANSMISSOR	
U	MULTIVARIÁVEL		MULTIFUNÇÃO		
V	VIBRAÇÃO OU ANÁLISE MECÂNICA			VÁLVULA OU DEFLETOR (DAMPER OU LOUVER)	
W	PESO OU FORÇA		POÇO OU PONTA DE PROVA		
X	NÃO CLASSIFICADA	EIXO DOS X	NÃO CLASSIFICADA	NÃO CLASSIFICADA	NÃO CLASSIFICADA
Y	ESTADO, PRESENÇA OU SEQUÊNCIA DE EVENTOS	EIXO DOS Y		RELÊ, RELÊ DE COMPUTAÇÃO OU CONVERSOR, SOLENÓIDES	
Z	POSIÇÃO OU DIMENSÃO	EIXO DOS Z		ACIONADOR OU ATUADOR P/ ELEMENTO FINAL DE CONTROLE NÃO CLASSIFICADO	

LOCALIZAÇÃO TIPO	LOCAÇÃO PRINCIPAL NORMALMENTE ACESSÍVEL AO OPERADOR	MONTADO NO CAMPO	LOCAÇÃO AUXILIAR NORMALMENTE ACESSÍVEL AO OPERADOR	LOCAÇÃO AUXILIAR NORMALMENTE NÃO ACESSÍVEL AO OPERADOR
INSTRUMENTOS DISCRETOS				
INSTRUMENTOS COMPARTILHADOS				
COMPUTADOR DE PROCESSO				
CONTROLADOR PROGRAMÁVEL				

SÍMBOLO	FUNÇÃO	SÍMBOLO	FUNÇÃO
Σ ou $+$	SOMA	\times	MULTIPLICAÇÃO
Σ/x	MÉDIA	\div	DIVISÃO
Δ ou $-$	SUBTRAÇÃO	$\sqrt{\quad}$	EXTRAÇÃO DE RAIZ QUADRADA
K ou P	PROPORCIONAL	$\sqrt[n]{\quad}$	EXTRAÇÃO DE RAIZ
\int ou I	INTEGRAL	x^N	EXPONENCIAÇÃO
$\frac{d}{dt}$ ou D	DERIVATIVO	$f(x)$	FUNÇÃO NÃO LINEAR
$>$	SELETOR DE SINAL ALTO	\triangleright	LIMITE SUPERIOR
$<$	SELETOR DE SINAL BAIXO	\triangleleft	LIMITE INFERIOR
\pm	POLARIZAÇÃO	$\triangleright \triangleleft$	LIMITADOR DE SINAL
$f(t)$	FUNÇÃO TEMPO	$\frac{n}{n}$	CONVERSÃO DE SINAL

	SUPRIMENTO OU IMPULSO *
	SINAL PNEUMÁTICO **
	SINAL HIDRÁULICO
	SINAL ELETROMAGNÉTICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO GUIADA) ***
	LIGAÇÃO CONFIGURADA INTERNAMENTE AO SISTEMA (LIGAÇÃO POR SOFTWARE)
	SINAL BINÁRIO PNEUMÁTICO

	SINAL NÃO DEFINIDO
	SINAL ELÉTRICO
	TUBO CAPILAR
	SINAL ELETROMAGNÉTICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO NÃO GUIADA) ***
	LIGAÇÃO MECÂNICA
	SINAL BINÁRIO ELÉTRICO

* As abreviações seguintes são sugeridas para denotar o tipo de alimentação.

Essas designações também podem ser aplicadas para alimentação de fluido de purga.

AS - Ar de alimentação

IA - Ar de instrumento

PA - Ar da planta



Opcional

ES - Alimentação elétrica

GS - Alimentação de gás

HS - Alimentação Hidráulica

NS - Alimentação de Nitrogênio

SS - Alimentação de vapor

WS - Alimentação de água

O nível de alimentação pode ser adicionado na linha de alimentação do instrumento, exemplo: AS-100 . ou ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DE 24 VOLTS CONTÍNUA.

** O símbolo de sinal pneumático aplica-se para qualquer gás de médio sinal. Se um outro gás é usado, este pode ser identificado por uma nota no símbolo do sinal ou de outra maneira.

*** Fenômeno eletromagnético inclui aquecimento, ondas de rádio, radiação nuclear e luz.

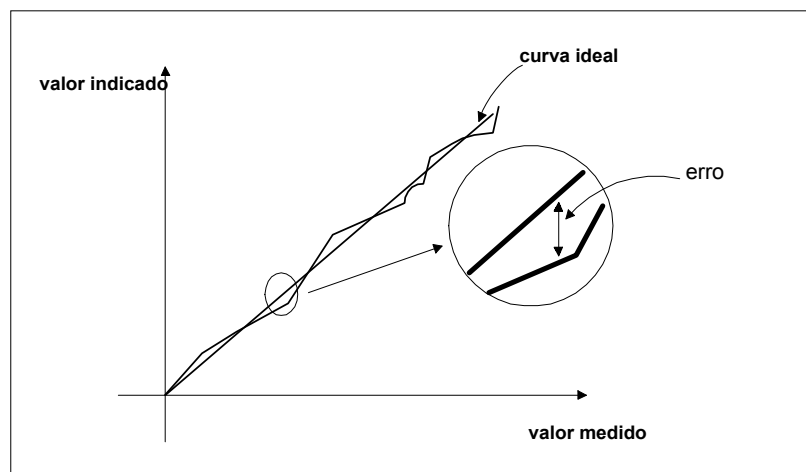
Terminologia

Erro: É a diferença entre o valor lido ou transmitido pelo instrumento, em relação ao valor real da variável medida. Se tivermos o processo em regime permanente, chamaremos de erro estático, que poderá ser positivo ou negativo, dependendo da indicação do instrumento, o qual poderá estar indicando a mais ou a menos.

Quando tivermos a variável variando, teremos um atraso na transferência de energia do meio para o medidor. O valor medido estará geralmente atrasado em relação ao valor real da variável. Esta diferença entre o valor real e o valor medido é chamado de ERRO DINÂMICO.

Quando a variável não estiver variando, podemos ter somente o ERRO ESTÁTICO.

Quando a variável estiver variando, poderemos ter o ERRO DINÂMICO e o ERRO ESTÁTICO.



Erro Absoluto - Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro convencional da grandeza medida.

Erro Aleatório - Componente do erro de medição que varia de uma forma imprevisível quando se efetuam várias medições da mesma grandeza.

Erro Sistemático - Componente do erro de medição que se mantém constante ou varia de forma previsível quando se efetuam várias medições de uma mesma grandeza. Os erros sistemáticos e suas causas podem ser conhecidos ou desconhecidos. Para um instrumento de medida ver "erro de justeza".

Valor Verdadeiro (de uma grandeza) - Valor que caracteriza uma grandeza perfeitamente definida nas condições existentes quando ela é considerada. O valor verdadeiro de uma grandeza é um conceito ideal e não pode ser conhecido exatamente.

Valor Verdadeiro Convencional (de uma grandeza) - Valor de uma grandeza que para um determinado objetivo pode substituir o valor verdadeiro. Um valor verdadeiro convencional é, em geral, considerado como suficientemente próximo do valor verdadeiro para que a diferença seja insignificante para determinado objetivo.

Quanto ao Instrumento de Medir

Instrumento de Medir - Dispositivo destinado a fazer uma medição, sozinho ou em conjunto com outros equipamentos.

Escala - Conjunto ordenado de marcas, associado a qualquer numeração, que faz parte de um dispositivo indicador.

Valor de uma Divisão - Diferença entre os valores da escala correspondentes a duas marcas sucessivas.

Ajuste (de um instrumento) - (*calibração*) Operação destinada a fazer com que um instrumento de medir tenha um funcionamento e justeza adequados à sua utilização.

Calibração (de um instrumento) - (*aferição*) Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões. O resultado de uma calibração permite tanto o estabelecimento dos valores do mensurando para as indicações, como a determinação das correções a serem aplicadas. Quando registrada em um documento, temos um certificado de calibração ou relatório de calibração.

Quanto às Características dos Instrumentos de Medir

Faixa Nominal - (*faixa de medida*, *RANGE*) Conjunto de valores da grandeza medida que pode ser fornecido por um “instrumento de medir”, consideradas todas as suas faixas nominais de escala. A faixa nominal é expressa em unidades da grandeza a medir, qualquer que seja a unidade marcada sobre a escala e é normalmente especificada por seus limites inferior e superior, como por exemplo 100°C a 200°C.

Amplitude da Faixa Nominal - (*alcance*, *SPAN*) Módulo da diferença entre os dois limites de uma faixa nominal de um “instrumento de medir”.

Exemplo: faixa nominal: -10 V a 10 V
 amplitude da faixa nominal: 20 V

URL (Upper Range Limit) - Limite superior da faixa nominal - máximo valor de medida que pode ser ajustado para a indicação de um instrumento de medir.

URV (Upper Range Value) - Valor superior da faixa nominal - máximo valor que pode ser indicado por um instrumento de medir. O URV ajustado num instrumento é sempre menor ou igual ao URL do instrumento.

LRL (Lower Range Limit) - Limite inferior da faixa nominal - mínimo valor de medida que pode ser ajustado para a indicação de um instrumento de medir.

LRV (Lower Range Value) - Valor inferior da faixa nominal - mínimo valor que pode ser indicado por um instrumento de medir. O LRV ajustado num instrumento é sempre maior ou igual ao LRL do instrumento.

Condições de Referência - Condições de utilização de um instrumento de medir prescritas para ensaios de funcionamento ou para assegurar a validade na comparação de resultados de medição.

Sensibilidade - Quociente da variação da resposta de um instrumento de medir pela variação correspondente do estímulo. A sensibilidade pode depender do estímulo.

Limiar - Menor variação de um estímulo que provoca uma variação perceptível na resposta de um instrumento de medir.

Exemplo: Se a menor variação da carga que provoca um deslocamento perceptível do ponteiro de uma balança é de 90 mg, então o limiar de mobilidade da balança é de 90 mg.

Exatidão

Podemos definir como sendo o maior valor de erro estático que um instrumento possa ter ao longo de sua faixa de trabalho. Podemos expressá-la de diversas maneiras:

Em porcentagem do alcance (Span)

Um instrumento que possui um SPAN de 100°C e está indicando 80°C; sua precisão é de 0,5%. Portanto, sabemos que a temperatura estará entre 79,5°C e 80,5°C.

Podemos ter também a precisão dada diretamente em unidades da variável.

Ex.: Precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Em porcentagem do valor medido

Ex.: Precisão de $\pm 1\%$. Para uma indicação de 80°C teremos uma margem de $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$; para uma indicação de 40°C teremos uma margem de $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$.

Em porcentagem do valor máximo da escala do instrumento (porcentagem do fundo de escala).

Ex.: Precisão de 1% . Range de 50 a 150°C \rightarrow A precisão será de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$.

Em porcentagem do comprimento da escala.

Ex.: Se o comprimento da escala de um instrumento fosse de 30cm , com range de 50 a 150°C e precisão de 1% , teríamos uma tolerância de $\pm 0,3\text{cm}$ na escala do instrumento. Podemos ter a precisão variando ao longo da escala de um instrumento, podendo o fabricante indicar seu valor em algumas faixas da escala do instrumento.

Ex.: Um manômetro pode ter uma precisão de $\pm 1\%$ em todo seu range e ter na faixa central de sua escala uma precisão de $0,5\%$.

Resolução - Expressão quantitativa da aptidão de um instrumento de medir de distinguir valores muito próximos da grandeza a medir sem necessidade de interpolação.

Estabilidade - Aptidão de um instrumento de medir em conservar constantes suas características metrológicas. É usual considerar a estabilidade em relação ao tempo. Em relação a outra grandeza é necessário especificá-la.

Exatidão - Aptidão de um instrumento de medir para dar indicações próximas do valor verdadeiro de uma grandeza medida.

Rastreabilidade - Propriedade de um resultado de medição que consiste em poder referenciar-se a padrões apropriados geralmente internacionais ou nacionais por meio de uma cadeia de comparações, segundo uma hierarquia metrológica.

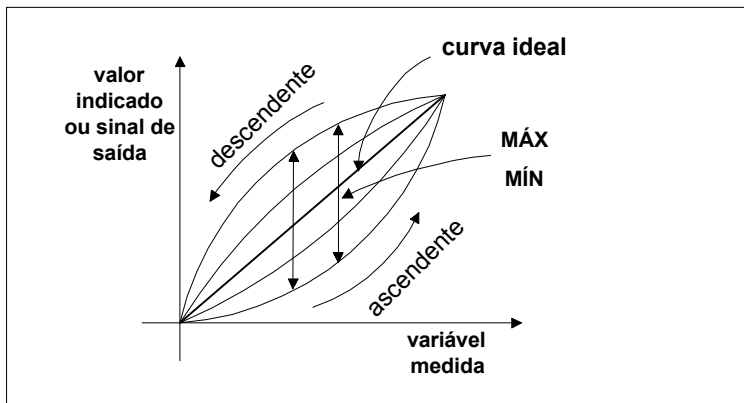
Zona Morta - (*banda morta*, *dead band*) Intervalo dentro do qual um estímulo pode ser modificado sem produzir uma variação na resposta de um instrumento de medir.

Ou seja, é a máxima variação que pode haver na grandeza medida sem provocar variação na indicação ou sinal de saída de um instrumento.

Obs.: A zona morta é, algumas vezes, deliberadamente aumentada para reduzir as variações indesejáveis da resposta a pequenas variações do estímulo.

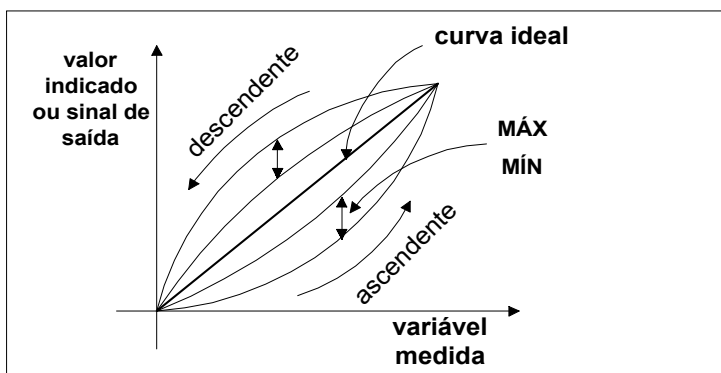
Histerese - Propriedade de um instrumento de medir pela qual a resposta a um dado estímulo depende da seqüência dos estímulos precedentes. Num instrumento de medir, é o erro máximo apresentado pelo instrumento, para um mesmo valor, em qualquer ponto da faixa de trabalho, quando a variável percorre a escala nos sentidos ascendente ou descendente.

Ex.: Num instrumento com range de - 50°C a 100°C e histerese de $\pm 0,3\%$. o erro será de $0,3\%$ de $150^{\circ}\text{C} = \pm 0,45^{\circ}\text{C}$. O termo "zona morta" está incluído na histerese.



Repetibilidade

É a máxima diferença entre diversas medidas de um mesmo valor da variável, adotando sempre o mesmo sentido de variação. Expressa-se em porcentagem do SPAN, no instrumento. O termo repetibilidade não inclui a histerese.



Tempo de Resposta - Intervalo de tempo entre o instante em que um estímulo é submetido a uma variação brusca e o instante em que a resposta alcança seu valor final e nele permanece, dentro de limites especificados.

Quanto aos Padrões

Padrão - Medida materializada, instrumento de medir ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou vários valores conhecidos de uma grandeza a fim de transmiti-lo por comparação, a outros instrumentos de medir.

Exemplos: a) padrão de massa: 1 kg;
 b) resistência padrão: 100 Ω ;
 c) amperímetro padrão.

Padrão Primário - Padrão que possui as mais altas qualidades metrológicas num campo específico.

Esse conceito é válido tanto para unidades de base quanto para unidades derivadas.

Padrão Secundário - Padrão cujo valor é determinado por comparação com um padrão primário.

Padrão Internacional - Padrão reconhecido por um acordo internacional para servir internacionalmente de base no estabelecimento dos valores de todos os demais padrões da grandeza a que se refere.

Padrão Nacional - Padrão reconhecido por uma decisão nacional oficial em país para servir de base no estabelecimento dos valores de todos os demais padrões da grandeza a que se refere.

Introdução aos Sistemas de Medição

Grandezas - Grandeza é tudo aquilo que pode ser medido. As grandezas são atributos dos corpos ou das substâncias, representando uma característica de um elemento.

Exemplo:

- A *temperatura* da água;
- A *pressão* do ar;
- O *volume* de um reservatório;
- A *velocidade* de um automóvel;
- O *comprimento* de uma mesa.

As grandezas podem ser *escalares* ou *vetoriais*.

Grandeza Escalar - é a grandeza que necessita apenas de um número e uma unidade de medida para ser representada. A grandeza escalar é informada apenas pela quantidade de uma medida de referência. Por exemplo:

Grandeza	Número	Unidade de medida
Temperatura	30	graus Celsius
Tempo	15	minutos
Comprimento	25	metros
Volume	8	litros

Grandeza Vetorial - é a grandeza que para ser representada necessita mais do que um número e uma unidade de medida (para representar a intensidade). É necessário informar também a referência espacial na qual a grandeza foi medida. Desse modo, a grandeza vetorial é informada por sua intensidade, direção e sentido. Por exemplo:

Grandeza	Número	Unidade de medida	Direção	Sentido
Velocidade	50	quilômetro por hora	horizontal	para frente
Força	10	newtons	Vertical	para baixo

Sistemas de Unidades

É todo conjunto de unidades das grandezas que intervêm no setor de ciência considerado. Existem sistemas de unidades mecânicas, termológicas, ópticas, elétricas, etc.

Cada grandeza física liga-se a outras mediante uma definição ou uma Lei, (exemplo: sistemas CGS, MKS e FPS são base de comprimento, massa e tempo. Sistema MK*S são base de comprimento, força e tempo).

Sistema Internacional

MKS (metro, kilograma, segundo)

- Unidades fundamentais

comprimento: metro (m)

massa: quilograma (kg)

tempo: segundo (s)

- Unidades derivadas

Velocidade: m/s

aceleração: m/s^2

gravidade normal: $9,81 \text{ m/s}^2$

força: kg.m/s^2

trabalho: N.m (Joule)

potência: J/s (Watt)

pressão: N/m^2 (Pascal)

MTS (metro, tonelada, segundo)

- Unidades fundamentais

comprimento: metro (m)

massa: tonelada (t)

tempo: segundo (s)

- Unidades derivadas

velocidade, aceleração e gravidade normal são iguais ao sistema MKS.

força: t.m/s^2 (Steno: sth)
trabalho: sth.m (kilojoule)
potência: kj/s (kilowatt)
pressão: sth/m^2 (Piezo)

FPS (Foot, Pound, second)

- Unidades fundamentais

comprimento: pé (foot)
massa: libra (pound)
tempo: segundo (second)

- Unidades derivadas

velocidade: pé/s (ft/s)
aceleração: pé/s^2
gravidade: $32,17 \text{ pé/s}^2$
força: lb.pé/s^2 (pdl)
trabalho: pdl.pé
potência: pdl.pé/s
pressão: pdl/pé^2

CGS (centímetro, grama, segundo)

- Unidades fundamentais

comprimento: centímetro (cm)
massa: grama (g)
tempo: segundo (s)

- Unidades derivadas

Velocidade: cm/s
aceleração: cm/s^2
gravidade normal: 981 cm/s^2
força: g.cm/s^2 (dina)
trabalho: dina.cm (erg)
potência: erg/s
pressão: dina/cm^2

				SISTEMAS					
GRANDEZAS		DEFINIÇÃO USUAL	DIMEN- SÃO	FÍSICO (CGS)	DECIMAL (MKS) SI	TÉCNICO (MK*S)	PRÁTICO INGLÊS (FPS)	INGLÊS (FP*S)	MTS
Comprimento	B Á S I C A S	L	L	cm	m	m	ft	ft	m
Massa		M	M	g	kg	UTM	pd	pd	ton
Tempo		t	T	s	s	s	s	s	s
Superfície	D E R I V A S	A / S	L ²	cm ²	m ²	m ²	ft ²	ft ²	m ²
Volume		V	L ³	cm ³	m ³	m ³	ft ³	ft ³	m ³
Velocidade		v	L.T ⁻¹	cm / s	m / s	m / s	ft / s	ft / s	m / s
Aceleração		a	L.T ⁻²	cm / s ²	m / s ²	m / s ²	ft / s ²	ft / s ²	m / s ²
Força		F	M.L.T ⁻²	g.cm / s ² (dyn)	kg.m / s ² (N)	utm.m / s ² (kgf)	pd.ft / s ² (pdl)	$\frac{\text{pd.ft.32,17}}{\text{s}^2}$ (lbf)	ton.m / s ² (sth)
Trabalho		τ	M.L ² .T ⁻²	g.cm ² / s ² (erg)	kg.m ² /s ² (J)	utm.m ² /s ² (kgm)	pd.ft ² / s ²	$\frac{\text{pd.ft}^2.32,17}{\text{s}^2}$	ton.m ² / s ²
Potência		W	M.L ² .T ⁻³	erg / s	J / s (W)	kgm / s	pd.ft ² / s ³	$\frac{\text{pd.ft}^2.32,17}{\text{s}^3}$	kJ / s
Pressão		p	M.L ⁻¹ .T ⁻²	dyn / cm ² (bária)	N / m ² (Pascal)	kgf / m ²	pdl / ft ²	lbf / ft ²	sth / m ² (piezo)

LEGENDA

- FORÇA:

N - Newton = $1 \text{ kg.m} / \text{s}^2$

dyn - dina = $1 \text{ g.1 cm} / \text{s}^2$

kgf = $1 \text{ kg. } 9,80665 \text{ m} / \text{s}^2$ (a)

kgf = 1 UTM. $1 \text{ m} / \text{s}^2$

sth - steno = $1 \text{ ton.m} / \text{s}^2$

lbf = 1 lb. $32,17562 \text{ pé} / \text{s}^2$

pdl - poundal = $1 \text{ lbf. } 32,17562 \text{ pé} / \text{s}^2$

- PRESSÃO:

Pa - pascal = N / m^2

bária = dyn / cm^2

psi - pound square inch = $\text{lbf} / \text{pol}^2$

psig - pound square inch gauge =

mmHg = torr (torricelli)

mca - metro de coluna de água

piezo = sth / m^2

- MASSA:

lb - libra = pd - pound

UTM

Unid.Téc.de Massa

psi ton - tonelada

g - grama

- COMPRIMENTO:

inch = in. = pol. = " = polegada

ft - feet = pé

- TRABALHO:

kgm - kilogrâmetro

J - Joule

- POTÊNCIA:

W - watt = J /

- ACELERAÇÃO NORMAL DA GRAVIDADE: $g = 9,80665 \text{ m} / \text{s}^2$

(Latitude 45° e ao nível do mar) $g = 32,17562 \text{ pé} / \text{s}^2$

TABELAS DE CONVERSÃO

	FORÇA					
DE↓ PARA →	kgf	N	lbf	dyn	sth	pdl
Kgf	1	9,80665	2,205	$9,807 \cdot 10^5$	$9,807 \cdot 10^3$	70,921985
N	0,101971	1	0,22484	10^5	10^{-3}	7,2320297
Lbf	0,4535	4,44746	1	$4,447 \cdot 10^5$	$4,447 \cdot 10^{-3}$	32,17032
Dyn	$1,019 \cdot 10^{-6}$	10^{-5}	$2,248 \cdot 10^{-6}$	1	10^{-8}	$7,233 \cdot 10^{-5}$
Sth	101,971	10^3	224,839	10^8	1	7231,7716
Pdl	$1,41 \cdot 10^{-2}$	0,138273	$3,108 \cdot 10^{-2}$	$1,3826 \cdot 10^4$	$1,365 \cdot 10^{-4}$	1

	MASSA				
DE↓ PARA →	kg	g	lb	UTM	ton
Kg	1	1000	2,205	0,101971	10^{-3}
G	10^{-3}	1	$2,205 \cdot 10^{-3}$	$1,01971 \cdot 10^{-4}$	10^{-6}
Lb	0,4535147	453,5147	1	$4,625 \cdot 10^{-2}$	$4,536 \cdot 10^{-4}$
UTM	9,80665	9806,65	21,623	1	$9,80665 \cdot 10^{-3}$
Ton	10^3	10^6	$2,205 \cdot 10^3$	101,971	1

	COMPRIMENTO				
DE↓ PARA →	m	cm	mm	pé (ft)	in.
M	1	100	1000	3,281	39,37
Cm	10^{-2}	1	10	$3,281 \cdot 10^{-2}$	0,3937
Mm	10^{-3}	0,1	1	$3,281 \cdot 10^{-3}$	$3,937 \cdot 10^{-2}$
pé (ft)	0,3048	30,48	304,8	1	12
in.	$2,54 \cdot 10^{-2}$	2,54	25,4	$8,33 \cdot 10^{-2}$	1

	ÁREA				
DE↓ PARA →	m ²	cm ²	mm ²	pé ²	in ²
m ²	1	10 ⁴	10 ⁶	10,7649	1549,99
cm ²	10 ⁻⁴	1	100	$1,076 \cdot 10^{-2}$	0,154999
mm ²	10 ⁻⁶	10 ⁻²	1	$1,076 \cdot 10^{-5}$	$1,549 \cdot 10^{-3}$
pé ²	$9,29 \cdot 10^{-2}$	929,0304	$9,2903 \cdot 10^4$	1	144
in ²	$6,451 \cdot 10^{-4}$	6,4516	645,16	$6,944 \cdot 10^{-3}$	1

Definição das Unidades

O Sistema Internacional de Unidades, abreviação SI, é o sistema desenvolvido na conferência geral de pesos e medidas e é adotado em quase todas as nações industrializadas do mundo.

METRO: é o comprimento igual a 1.650.763,73 comprimentos de onda no vácuo de radiação, correspondente à transição entre os níveis 2p₁₀ e 5d₅ do átomo de Criptônio - 86.

SEGUNDO: é a duração de 9.192.631.770 períodos de radiação, correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de Césio -133.

QUILOGRAMA: é a unidade de massa.

NEWTON: é a força que dá a um corpo de quilograma de massa, a aceleração de um metro por segundo ao quadrado.

WATT: é a potência que dá origem à produção de energia na taxa de um joule por segundo.

JOULE: é o trabalho realizado quando o ponto de aplicação de uma força igual a um Newton desloca-se de um metro na direção da força.

Área e volume

Área

$$A = b \cdot h \text{ (retângulo)}$$

$$A = \pi \cdot r^2 \text{ ou } A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ (círculo)}$$

$$A = L^2 \text{ (quadrado)}$$

Volume

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \text{ (cilindro } V = A \cdot h)$$

$$V = a^3 \text{ (cubo)}$$

$$V = a \cdot b \cdot h \text{ (prisma de base retangular)} \quad V = \frac{D^3 \cdot \pi}{6} \text{ (esfera)}$$