

# Refrigeração Industrial



## **Tubulação Industrial**

Tubulação é um conjunto de tubos e acessórios voltados ao processo industrial, principalmente para distribuição de gases, óleos, vapores, lubrificantes e demais líquidos industriais e, chegam a representar.

As tubulações industriais são utilizadas em indústrias de processamento, químicas, petroquímicas, refinarias de petróleo, alimentícias e farmacêuticas para transportar fluídos de uma entrada (bomba), para uma saída (reservatório).

Fluído conduzido – aspectos de resistência à corrosão, impurezas, agentes contaminadores, ph, toxidez, etc.

Condições de serviço – Temperatura e pressão. Deve se consideradas condições extremas, mesmo que sejam eventuais ou transitórias.

Resistência mecânica – O material deve ter resistência compatível com os esforços (sobrecargas externas, reações de dilatação térmica, vento, peso, etc.)

Disponibilidade dos materiais – Com exceção do aço carbono, os materiais utilizados na fabricação dos tubos têm limitações e disponibilidade.

Custo dos materiais – Consideram-se os custos diretos e os indiretos que são o tempo de vida e os custos de reposição e paralisação do sistema.

Grau de Segurança – O grau de segurança dependerá da resistência mecânica e do tempo de vida.

Resistência ao escoamento – Perdas de carga. Deve ser transmitida a maior potência possível com a menor perda.

A seleção adequada é um problema difícil porque, na maioria dos casos, os fatores determinantes podem ser conflitantes entre si. Caso típico é corrosão versus custo.

Os principais fatores que influenciam são:

Fluído conduzido – Natureza e concentração do fluido. Impurezas ou contaminantes; pH; Velocidade; Toxidez; Resistência à corrosão; Possibilidade de contaminação.

Condições de serviço – Temperatura e pressão de trabalho. (Consideradas as condições extremas, mesmo que sejam condições transitórias ou eventuais.)

Nível de tensões do material – O material deve ter resistência mecânica compatível com a ordem de grandeza dos esforços presentes. (pressão do fluido, pesos, ação do vento, reações de dilatações térmicas, sobrecargas, esforços de montagem etc.

Natureza dos esforços mecânicos – Tração; Compressão; Flexão; Esforços estáticos ou dinâmicos; Choques; Vibrações; Esforços cíclicos etc.

Disponibilidade dos materiais – Com exceção do aço-carbono os materiais têm limitações de disponibilidade.

Sistema de ligações – Adequado ao tipo de material e ao tipo de montagem.

Custo dos materiais – Fator freqüentemente decisivo. Deve-se considerar o custo direto e também os custos indiretos representados pelo tempo de vida, e os conseqüentes custos de reposição e de paralisação do sistema.

Segurança – Do maior ou menor grau de segurança exigido dependerão a resistência mecânica e o tempo de vida.

Facilidade de fabricação e montagem – Entre as limitações incluem-se a soldabilidade, usinabilidade, facilidade de conformação etc.

Experiência prévia – É arriscado decidir por um material que não se conheça nenhuma experiência anterior em serviço semelhante.

Tempo de vida previsto – O tempo de vida depende da natureza e importância da tubulação e do tempo de amortização do investimento. Tempo de vida para efeito de projeto é de aproximadamente 15 anos.

## Automação industrial

Automação industrial é a aplicação de técnicas, softwares e/ou equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial, com o objetivo de aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse, processo ou máquina. É um passo além da mecanização, onde operadores humanos são providos de maquinaria para auxiliá-los em seus trabalhos.

Entre os dispositivos eletroeletrônicos que podem ser aplicados estão os computadores ou outros dispositivos capazes de efetuar operações lógicas, como controladores lógicos programáveis, microcontroladores, SDCDs ou CNCs. Estes equipamentos em alguns casos, substituem tarefas humanas ou realizam outras que o ser humano não consegue realizar.

É largamente aplicada nas mais variadas áreas de produção industrial.

Alguns exemplos de máquinas e processos que podem ser automatizados são listados a seguir:

Indústria automobilística

Processos de estamparia (moldagem de chapas ao formato desejado do veículo)

Máquinas de solda

Processos de pintura

Indústria química

Dosagem de produtos para misturas

Controle de pH

Estações de tratamento de efluentes

Indústria de mineração

Britagem de minérios

Usinas de Pelotização

Carregamento de vagões

Indústria de papel e celulose

Corte e descascamento de madeira

Branqueamento

Corte e embalagem

Embalagens em todas as indústrias mencionadas

Etiquetado

Agrupado

Lacrado

Ensacado

A parte mais visível da automação, atualmente, está ligada à robotização, mas também é utilizada nas indústrias química, petroquímicas e farmacêuticas, com o uso de transmissores de pressão, vazão, temperatura e outras variáveis necessárias para um SDCD (sistema digital de controle distribuído) ou CLP (Controlador Lógico Programável). A Automação industrial visa, principalmente, a produtividade, qualidade e segurança em um processo. Em um sistema típico toda a informação dos sensores é concentrada em um controlador programável o qual de acordo com o programa em memória define o estado dos atuadores. Atualmente, com o advento de instrumentação de campo inteligente, funções executadas no controlador programável tem uma tendência de serem migradas para estes instrumentos de campo. A automação industrial possui vários barramentos de campo (mais de 10, incluindo vários protocolos como: CAN OPEN, INTERBUS-S, FOUNDATION FIELDBUS, MODBUS, STD 32, SSI, PROFIBUS, DEVICENET etc) específicos para a área industrial (em tese estes barramentos se assemelham a barramentos comerciais tipo ethernet, intranet, etc.), mas controlando equipamentos de campo como válvulas, atuadores eletromecânicos, indicadores, e enviando estes sinais a uma central de controle conforme descritos acima. A partir destes barramentos que conversam com o sistema central de controle eles podem também conversar com o sistema administrativo da empresa conforme mostrado no parágrafo abaixo.

Uma contribuição adicional importante dos sistemas de Automação Industrial é a conexão do sistema de supervisão e controle com sistemas corporativos de administração das empresas. Esta conectividade permite o compartilhamento de dados importantes da operação diária dos processos, contribuindo para uma maior agilidade do processo decisório e maior confiabilidade dos dados que suportam as decisões dentro da empresa para assim melhorar a produtividade.

## **Robotização**

Robotização é o nome dado para o processo que envolve a automação de tarefas outrora executadas por humanos, de forma que tais atividades passem a ser executadas por meio de robôs.

A tecnologia envolvendo a robotização é altamente sofisticada e requer elevado grau de desenvolvimento técnico-científico. Dentre as áreas mais comumente robotizadas, temos os setores industriais, computacional e médico. Contudo, diversas outras áreas podem ser robotizadas, como o caso do comércio, onde máquinas robotizadas conhecidas por vending machines fazem a comercialização de produtos como café, refrigerantes, chocolates, lanches, cigarros, preservativos, ingressos para eventos, entre inúmeros outros itens.

## Pressão e Vácuo

Na química, na física e na linguagem cotidiana, o vácuo é um espaço onde não existe matéria. O vácuo perfeito, porém, não é possível na natureza, ainda que ocorram situações muito próximas dele (por exemplo, no espaço sideral) e também não pode ser criado por um ser humano, pois para criação do vácuo poderíamos pensar em retirar o ar de um recipiente o que seria executável, porém nunca será possível a retirada de 100% do mesmo, pois não temos um equipamento capaz de reduzir a matéria a zero, em um certo volume. Na física clássica, um vácuo parcial em uma certa região do espaço pode ser quantificado referindo-se à pressão naquela região (o vácuo perfeito teria pressão zero). No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade para a pressão é o pascal (Pa). A pressão também pode ser expressa como uma porcentagem da pressão atmosférica usando o bar ou a escala barométrica.

Graus do vácuo ou Energia[editar | editar código-fonte]

pressão atmosférica = 760 torr ou 100 kPa

aspirador = cerca de 300 torr ou 40 kPa

bomba de vácuo mecânica = cerca de 10 millitorr ou 1,3 Pa

próximo do espaço = cerca de 10–6 torr ou 130 µPa

pressão na Lua = cerca de 10–8 torr ou 1,3 µPa

Câmara de vácuo cryopump MBE (molecular beam epitaxy) = 10–9 - 10–11 torr

espaço interestelar = cerca de 10–10 torr ou 13 nPa

Tabela - Graus de vácuo	
Grau de Vácuo	Intervalo de Pressão (Pa)
Baixo	$105 > p > 3,3 \times 10^3$
Médio	$3,3 \times 10^3 \geq p > 10^{-1}$
Alto	$10^{-1} \geq p > 10^{-4}$
Muito Alto	$10^{-4} \geq p > 10^{-7}$
Ultra-Alto	$10^{-7} \geq p > 10^{-10}$
Extremo Ultra-Alto	$10^{-10} > p$

### As flutuações quânticas no vácuo

Segundo a teoria quântica de campos, mesmo na ausência total de átomos ou de qualquer partícula elementar, o espaço não pode ser considerado totalmente vazio. A razão disso é que pares partícula-antipartícula virtuais estão sendo formados e aniquilados o tempo todo no "vácuo", fenômeno chamado de flutuação quântica do vácuo. As partículas virtuais distinguem-se das "reais" por serem indetectáveis individualmente; porém, podem produzir efeitos mensuráveis, como o efeito Casimir.

O vácuo pode ser usado para fechar embalagens de produtos alimentícios, dando maior tempo de validade enquanto a embalagem estiver fechada. Usa-se muito esse processo em embalagens de pó de café, e também nos aspiradores usados na limpeza doméstica, onde nele há um ventilador que "empurra" o ar interno para a parte de "trás" do aspirador. Com isso ele diminui o número de moléculas de ar interno, provocando uma redução na pressão, a qual fica, então, menor que a pressão do ar externo. Desse modo, a pressão atmosférica "empurra" o ar para dentro do aparelho.

Os processos em vácuo também estão presentes:

Na metalurgia, na fundição de metais;

Em crescimento de cristais;  
Fusão de feixe de elétrons (Electron beam melting);  
Deposição física a vapor (Physical vapor deposition);  
Deposição química a vapor (Chemical vapor deposition);  
Medicina (tubos de raios-X, esterilização de equipamentos);  
Reciclagem;  
Processos de fabricação da tecnologia de chips de semicondutores;  
Biotecnologia;  
Fusão nuclear;  
Metrologia;  
Nanotecnologia;  
Pesquisas em plasmas;  
Simulações espaciais  
Crescimento de filmes finos;  
Radiação síncrotron.

### **Bomba de vácuo**

Bomba de vácuo é um aparelho destinado a retirar o gás de um determinado volume, de forma que a pressão seja baixada a valores adequados ao propósito desejado.

A variedade de aplicações da tecnologia do vácuo é tamanha, que para determinados propósitos pressões da ordem de 100 mbar podem ser suficientes, enquanto para outros propósitos são necessárias pressões da ordem de 10-10 mbar.

Dessa forma existem uma grande variedade de tipos de bombas de vácuo capazes de atender as mais diversas aplicações

### **Tipos de bombas**

As bombas de vácuo podem ser classificadas em três categorias: bombas de deslocamento positivo; bombas de transferência de momento e bombas de captura.

### **Bombas de deslocamento positivo**

Neste tipo de bomba, o gás é manipulado usando-se movimentos repetitivos de peças mecânicas, sincronizados com a abertura e fechamento de válvulas, que deslocam o gás da entrada até a saída em pequenas e discretas quantidades, com uma alta taxa de repetição e com alguma compressão.

Alguns exemplos são: bomba de palhetas rotativas, bomba de diafragma, bomba Roots e bomba scroll.

### **Bombas de transferência de momento**

Nessa bomba, as moléculas do gás interagem com um jato de alta velocidade de um fluido ou com uma superfície sólida com movimentação muito rápida.

Esta interação altera a direção do movimento da molécula, e a empurra continuamente até a saída, que está, usualmente, a uma pressão muito menor que a atmosférica.

Este tipo de bomba necessita de uma outra bomba (tipicamente de deslocamento positivo) ligada à sua saída para funcionar.

Alguns exemplos são: bomba difusoras (ou de difusão); bomba drag, e bomba turbomolecular .

### **Bombas de captura**

Neste tipo de bomba, as moléculas são removidas da fase gasosa por meio de uma captura realizada em superfícies, por processos físicos ou químicos de condensação ou adsorção.

Geralmente o processo de captura é ajudado pela presença de campos elétricos ou magnéticos presentes na bomba.

Este tipo de bomba não apresenta uma saída para o gás bombeado, pois o mesmo fica armazenado num estado condensado.

Exemplos são as bombas criogênicas, bombas de sublimação e bombas iônicas

Vácuo é geralmente definido como espaço vazio, ou espaço absolutamente desprovido de matéria. No meio industrial vácuo é considerado um espaço parcialmente esvaziado (até o mais alto grau possível), através de meios artificiais, como por uma bomba de ar. Outra definição diz que é o grau de rarefação abaixo da pressão atmosférica.

Em 1643, Evangelista Torricelli criou o primeiro vácuo da história produzido pelo homem, enchendo um tubo de vidro de 1,20m, fechado em um dos lados, com mercúrio e emborcando-o em um recipiente cheio de mercúrio. Com isso 760 mm de mercúrio permaneceram no tubo.

Em um sistema de ar comprimido, o aumento da pressão do ar cria a força motriz. Em um sistema a vácuo, a pressão do ar é reduzida para níveis abaixo da pressão atmosférica, de modo que a pressão mais elevada da atmosfera vizinha é usada para criar a força motriz.

A pressão é reduzida para níveis de vácuo devido à remoção de porções de moléculas de ar de um sistema fechado. Ao evacuar o ar do sistema fechado, desenvolve-se uma pressão diferencial entre o sistema e a atmosfera vizinha. Pode-se dizer, então, que o volume disponível para as moléculas aumentou.

Pressão atmosférica é variável, mas padronizada em 101,325 kPa (760 Torr)

Baixo vácuo, também chamado de vácuo “grosseiro”, é aquele que pode ser atingido ou medido com equipamento rudimentar como aspirador de pó e manômetro de coluna líquida.

Médio vácuo é o que pode ser atingido com uma bomba simples, mas é muito baixo para ser medido através de um manômetro mecânico ou de coluna líquida. Pode ser medido usando um medidor McLeod, um medidor térmico ou capacitivo.

Alto vácuo é aquele onde o MFP (mean free path – que é a distância média que uma partícula se desloca entre colisões com outras partículas) dos gases residuais é maior do que o tamanho da câmara ou do objeto em teste. O alto vácuo geralmente requer bombeamento em multi-estágios e medidores iônicos. Alguns textos fazem diferenciação entre alto vácuo e muito alto vácuo.

Ultra alto vácuo requer aquecimento da câmara para remover traços de gases e outros procedimentos especiais.

Espaço sideral é geralmente muito mais vazio do que qualquer vácuo artificial que possa ser criado.

Vácuo perfeito é um estado ideal que não pode ser obtido em um laboratório, nem mesmo no espaço sideral.

Pressão atmosférica	760 Torr	101 kPa
Baixo vácuo	760 a 25 Torr	100 a 3 kPa
Médio vácuo	25 a $1 \times 10^{-3}$ Torr	3 kPa a 100 mPa
Alto vácuo	$1 \times 10^{-3}$ a $1 \times 10^{-8}$ Torr	100 mPa a 1 $\mu$ Pa
Ultra alto vácuo	$1 \times 10^{-9}$ a $1 \times 10^{-12}$ Torr	100 nPa a 100 pPa
Extremamente alto vácuo	$< 1 \times 10^{-12}$ Torr	$< 100$ pPa
Espaço sideral	$1 \times 10^{-6}$ a $< 3 \times 10^{-17}$ Torr	100 nPa a $< 3$ fPa
Vácuo perfeito	0 Torr	0 Pa

A pressão mais baixa atualmente atingida em laboratório é 10-13 Torr, onde há poucos átomos de hidrogênio por cm<sup>3</sup>.

O vácuo é útil para uma infinidade de processos e equipamentos. Lâmpadas incandescentes contêm um vácuo parcial, geralmente preenchido com argônio, que protege o filamento de tungstênio da degradação química. Outros exemplos: solda eletrolítica; fabricação de semicondutores; solda a frio; por reduzir a convecção melhora o isolamento térmico em garrafas térmicas e vidros duplos de janelas; no processo de freeze drying; preparação de adesivos; destilação; metalurgia; ultracentrífugas; as propriedades elétricas do vácuo tornaram possível o microscópio eletrônico e os tubos de vácuo como os tubos de raios catódicos.

### Bombeamento

A bomba d'água manual eleva a água de um poço criando um vácuo que faz a água escoar na tentativa de preenchê-lo. Dessa forma, a bomba age

como para evacuar o poço, apesar do vazamento não permitir que haja um vácuo de alta qualidade durante muito tempo.

Os líquidos não podem ser puxados, então é tecnicamente impossível criar vácuo por sucção. Sucção é o movimento dos fluidos no vácuo sob o efeito de uma grande pressão externa, mas o vácuo tem que ser criado antes. O modo mais simples de criar um vácuo artificial é expandindo o volume de um recipiente.

## Medição

O vácuo é medido em unidades de pressão. No Sistema Internacional de Unidades em pascal (Pa), mas também é medido em Torricelli (Torr). Um Torr é igual ao deslocamento de um milímetro de mercúrio (mmHg) em um manômetro, portanto, 1 Torr = 133.3223684 Pa sob zero de pressão absoluta. O vácuo também pode ser medido em micrômetros de mercúrio (pressão barométrica), ou como uma porcentagem da pressão atmosférica, bar ou atm. Outras unidades são as polegadas de mercúrio (inHg) abaixo da atmosférica, o que significa que a pressão absoluta é igual à pressão atmosférica (29,92 inHg) menos a pressão do vácuo em inHg. Então, o vácuo de 26 inHg equivale à pressão absoluta de (29,92 – 26) ou 4 inHg.

Muitos equipamentos são utilizados para medir a pressão no vácuo, dependendo da intensidade de vácuo.

Medidores hidrostáticos (como a coluna de mercúrio ou manômetro) consiste em uma coluna vertical de líquido em um tubo, cujas extremidades estão expostas a diferentes pressões. A coluna irá subir ou descer até que seu peso esteja em equilíbrio com a pressão diferencial entre as duas extremidades do tubo. O modelo mais simples é um tubo fechado em forma de U, tendo uma extremidade conectada conectada à região de interesse. Qualquer fluido pode ser usado, mas o mercúrio é o preferido devido à sua alta densidade e baixa pressão de vapor. Os medidores hidrostáticos simples podem medir pressões de 1 Torr (100 Pa) até valores acima da atmosférica. Uma importante variação é o medidor McLeod que isola um volume conhecido de vácuo e o comprime até multiplicar a variação de altura da coluna líquida. O medidor McLeod pode medir vácuo de 10<sup>-6</sup> Torr (0,1 mPa), que é a menor medida de vácuo obtido diretamente com a tecnologia atual. Outros medidores de vácuo podem medir pressões menores, mas indiretamente, através de outras propriedades relacionadas com a pressão. Estas medidas indiretas tem que ser calibradas

no SI de unidades por medida direta, o que é comumente realizado com um medidor McLeod.

Medidores mecânicos são do tipo tubo de Bourdon, diafragma ou cápsulas, geralmente feitos de metal, que mudam sua forma de acordo com a pressão exercida na região de interesse. Uma variante desta ideia é o manômetro capacitivo, no qual um diafragma faz parte do sistema junto com o capacitor. Uma mudança na pressão comprime o diafragma que resulta em uma mudança na capacitância. Esses medidores são eficientes na faixa de 10-3 Torr a 10-4 Torr.

Medidores por condutividade térmica se baseiam no fato de que a habilidade de um gás conduzir calor diminui com a pressão. Neste tipo de medidor, um filamento metálico é aquecido pela passagem de uma corrente elétrica através dele. Um par termelétrico ou um detector de temperatura por resistência elétrica (RTD) podem ser usados para medir a temperatura do filamento. Esta temperatura depende da taxa na qual o filamento perde calor para o gás no seu entorno, e, portanto, da condutividade térmica. Um variante comum é o medidor Pirani que usa um único filamento de platina tanto como elemento aquecido como RTD. Esses medidores são precisos de 10 Torr a 10-3 Torr, mas são sensíveis à composição química dos gases de medição.

Medidores iônicos são usados em ultra alto vácuo. São de dois tipos: cátodos a quente e a frio. Na versão de cátodo a quente um filamento aquecido eletricamente produz um feixe de elétrons. Os elétrons atravessam o medidor e ionizam as moléculas do gás em torno deles. Os íons resultantes são captados no eletrodo negativo. A corrente depende do número de íons, que depende da pressão no medidor. Esse tipo de medidor é preciso de 10-3 Torr a 10-10 Torr. O princípio de funcionamento do cátodo a frio é o mesmo, exceto que os elétrons são produzidos por uma descarga criada por uma alta voltagem elétrica. Esse tipo de medidor é preciso de 10-2 Torr a 10-9 Torr. A calibração dos medidores iônicos depende do modelo construtivo do aparelho, da composição química dos gases de medição, da corrosão e dos depósitos sobre as superfícies. A calibração pode ser inválida para medidas na pressão atmosférica ou em baixo vácuo. A composição dos gases em alto vácuo é geralmente imprevisível, porque um espectrômetro de massa tem que ser usado juntamente com o medidor iônico para medições precisas.

## **Equipamento de medição, instrumento de medição ou sistema de medição**

A metrologia é ciência da medição e como toda ciência possui um vocabulário próprio. O entendimento dos termos e conceitos é fundamental para o entendimento dessa ciência e suas aplicações em nossa vida. O Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM 2012) apresenta os termos e definições da metrologia, mas o problema é que não é só esse documento que apresenta termos e definições que são utilizados na metrologia ou instrumentação.

Um exemplo muito comum nas indústrias são os termos: sistema de medição, equipamento de medição e instrumento de medição. Esses conceitos podem ser encontrados no documento Análise dos Sistemas de Medição (MSA) publicado no Brasil pelo Instituto de Qualidade Automotiva – IQA, na norma ABNT NBR ISO 9000-2005 Sistema de gestão da qualidade: Fundamentos e Vocabulário e no VIM (clique para baixar). Entretanto esses documentos apresentam definições complementares e similares.

### **Medidores de vibração**

Os medidores de vibração são utilizados para avaliar a intensidade das vibrações nos braços, mãos e corpo do colaborador, durante a realização das atividades de rotina. Os compactadores, britadeiras, marteletes e lixadeiras estão entre os principais causadores desse tipo de efeito. Esse aparelho mede tanto as vibrações localizadas, como as que são reproduzidas em máquinas de grande porte, como tratores e guindastes.

#### **Sistema de Medição:**

É a coleção de instrumentos ou dispositivos de medição, padrões, operações, métodos, dispositivos de fixação, software, pessoal, ambiente e premissas utilizadas para quantificar a unidade de medição ou corrigir a avaliação de uma característica sendo medida; o processo completo para obter medições.

O objetivo de uma medição é determinar o valor de uma grandeza a ser medida. Esta medição começa com uma apropriada especificação da grandeza, do método e procedimento de medição.

Considere um sistema de medição para medir o diâmetro de um conector de torneira com tolerância de +/- 0,5 mm.

Antes de qualquer análise estatística devemos obter uma boa definição do sistema de medição. Abaixo, apresentamos de forma simplificada o sistema de medição para medir o diâmetro do conector.

Definição do sistema de medição:

Equipamento de medição: paquímetro digital de resolução 0,01mm;

Observe que o equipamento de medição (paquímetro) apresenta uma resolução adequada para a característica que vamos medir, pois temos uma tolerância de +/- 0,5 mm, o que corresponde a uma faixa de 1 mm. Ao dividirmos a tolerância por 10, obtemos que a exatidão mínima requerida é de 0,1 mm. Como o paquímetro digital tem resolução de 0,01 mm, concluímos que este é adequado para realizar tal medição.

Método de medição:

Posicionar o paquímetro no centro do conector;

### **Executar a medida**

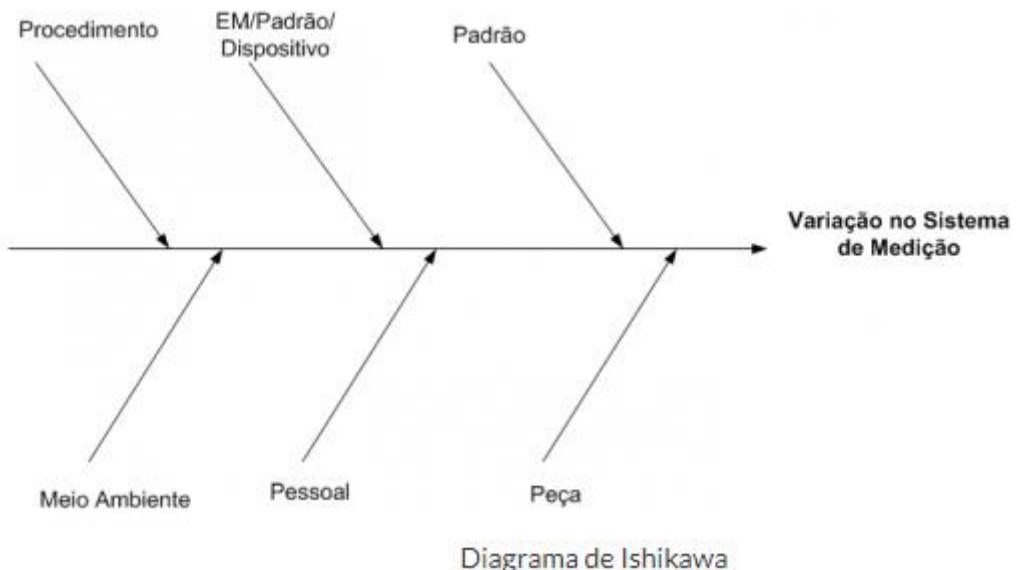


Diagrama de Ishikawa

### **Equipamento de Medição**

É o dispositivo utilizado para realizar uma medição. No âmbito da Metrologia Legal, os instrumentos de medição são utilizados no comércio, nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente e na definição ou aplicação de penalidades (efeito fiscal).

A definição de instrumento de medição é um dispositivo usado para inspecionar, medir, testar ou examinar partes e dados, a fim de determinar a conformidade com as especificações exigidas. Termômetros, ampulhetas e relógios, por exemplo, são modelos de instrumentos de medição comuns no nosso dia a dia.

A calibração, ou aferição de equipamentos de medição, é considerada um dos processos mais importantes entre os serviços prestados por empresas e laboratórios especializados em padronização de aparelhos de medição precisa para a indústria.

O serviço de aferição de equipamentos de medição, calibração ou conformidade padrão RBC, como é popularmente conhecido, tem a função primordial de estabelecer, conforme as condições específicas da RBC ou outros órgãos internacionais responsáveis, a relação entre os valores apresentados por determinado aparelho de medição, e os valores padrão estabelecidos para esse equipamento. E por se tratar de um serviço que requer precisão nos resultados pois interferem diretamente na qualidade de toda a cadeia de produção, os padrões utilizados para a aferição de equipamentos de medição devem ser de altíssima qualidade e com emissão de certificado de calibração.

Tão importante quanto a aferição de equipamentos de medição é a realização de manutenção periódica, que se trata da correção, a fim de garantir que o equipamento de medição opere adequadamente conforme as características especificadas pelo fabricante e os padrões, sob os quais foi projetado.

A manutenção deve ser realizada em dois caráteres – corretivo: utilizado para corrigir falhas ou comprometimento das características originais do aparelho de medição, que acarretam no mal funcionamento; e preventivo: que visa prevenir ocorrências futuras, evitando custos adicionais e parada do funcionamento do equipamento de forma não prevista.

Recomenda-se, sempre que houver manutenção corretiva, realizar aferição de equipamentos de medição, devido à alteração das características técnicas, como por exemplo, a sensibilidade de componentes eletrônicos ou mecânicos e acoplamentos.

## **Instrumentação industrial**

Instrumentação é definida como “a ciência que estuda, desenvolve e aplica instrumentos de medição e controle de processos”.

A instrumentação é utilizada para se referir à área de trabalho dos técnicos e engenheiros que lidam com processos industriais (técnicos de operação, instrumentação, engenheiros de processamento, de controle e de automação), mas também pode estar relacionada aos vários métodos e técnicas possíveis aplicadas aos instrumentos.

Para controlar um processo industrial (independentemente de qual seja o produto fabricado ou a sua área de atuação) é necessária a medição e o controle de uma série de variáveis físicas e químicas; para isso, é utilizada a instrumentação. O engenheiro que desenvolve, projeta e especifica os instrumentos que realizam estas medições é o engenheiro de instrumentação.

A instrumentação é relacionada com os seguintes equipamentos: caldeira, reator químico, bomba centrífuga, coluna de destilação, forno, queimador industrial, refrigerador, aquecedor, secador, condicionador de ar, compressor, trocador de calor e torre de resfriamento.

### **Elementos de Medição**

Um instrumento é um dispositivo que é utilizado para medir, indicar, transmitir ou controlar grandezas características de sistemas físicos ou químicos.

As variáveis medidas são praticamente todas as variáveis mensuráveis relacionadas com as ciências físicas. A tabela exibe algumas variáveis que podem ser controladas com a instrumentação:

<b>Variáveis de medição</b>			
Pressão	Temperatura	Nível	Vazão
Densidade	Viscosidade	pH	Condutividade
Corrente elétrica	Tensão elétrica	Resistência	Vibração mecânica
Analítica			

Nas indústrias de processo as variáveis de temperatura, pressão, vazão e nível são as principais variáveis (delas podemos obter muitas outras). Um instrumento pode ser visto simplesmente como um aparelho que ao receber um estímulo na “entrada” produz uma “saída”. Por exemplo, se colocarmos uma termorresistência num meio quente, ela faz variar uma grandeza qualquer de saída. No caso da termorresistência a sua “saída” é um valor de resistência elétrica.

## Transmissão e Recepção

O transmissor, converte uma variável física ou química, em outra de mais fácil mensuração. Este é responsável em encaminhar o sinal de saída do elemento de medição (entende-se como o valor medido da variável de processo), até o instrumento controlador da malha de controle. Este instrumento pode ser físico (um controlador em um painel na sala de controle) ou virtual (através de um sistema supervisório). O transmissor pode ser fabricado no mesmo invólucro do elemento de medição em alguns casos. Os sinais de transmissão padronizados típicos são apresentados a seguir:

Sinais Analógicos			Sinais Digitais
Pneumáticos	Corrente (em mili Ampères)	Tensão (em Volts)	Protocolo HART
3-15 psi	4-20	1-5	Modbus
		0-5	Foundation Fieldbus
		0-10	Profibus

Esta padronização do sinal é feita para reduzir custos de projeto e se ter instrumentos intercambiáveis.

O sinal de um transmissor é enviado até o sistema de controle onde será recepcionado por um instrumento que decodifica o sinal e o converte em unidade de engenharia, facilitando a leitura do sinal para uma linguagem que o operador entenda sem realizar conversões ele próprio. Exemplo: um transmissor de pressão envia um sinal de 8 mA para um instrumento receptor

que efetua a conversão de 8 mA para uma unidade de engenharia, que neste caso será 2Kgf/cm<sup>2</sup>. Os instrumentos de recepção podem ser:

Instrumentos de controle e alarme

Controlador

Instrumentos de indicação e registro

Indicador

Registrador

Instrumentos de conversão entre sinais (Transdutores)

Conversor de corrente para pressão (I/P)

Conversor de pressão para corrente (P/I)

Conversor de tensão para corrente (V/I)

Conversor de tensão para pressão (V/P)

## **Controle de Processo**

Controlar um processo industrial pode tanto parecer simples como pode ser bastante complicado, dependendo da complexidade do comportamento do sistema a ser controlado, ou seja, do Sistema de Controle.

Os instrumentos estão ligados a um sistema de controle, o qual analisa a medição enviada pelo instrumento. A resposta programada no sistema de controle vai atuar nos dispositivos de controle inseridos no processo. Este ciclo de atualização dos valores das variáveis manipuladas, medida dos valores das variáveis controladas para se gerar a resposta adequada é a forma mais simples de descrever os conceitos associados ao controle de processos.

Os dispositivos de controle utilizados são normalmente considerados como parte integrante da instrumentação, e podem ir desde os mais simples CLPs até aos já mais avançados DCSs. As entradas nestes dispositivos podem variar desde um pequeno número de variáveis medidas, até a ordem dos milhares.

O controlador recebe o sinal padrão do transmissor. Executa cálculos com o sinal, o set-point (valor desejado da variável medida), parâmetros como o

clássico PID (Proporcional, Integral e Derivativo), ou até algoritmos complexos e inteligentes envolvendo redes neurais. Controladores podem ser pneumáticos, elétricos/eletrônicos ou microprocessados utilizando redes de comunicação.

## **Instrumentação X Automação**

Embora essas duas áreas possuam itens em comum, em sua essência possuem definições e conceitos diferentes. A instrumentação trata de dispositivos e técnicas de controle de processos com o objetivo de otimizar o desempenho dos processos industriais, ou o aumento da segurança de equipamentos e pessoas. A automação, em essência, estuda dispositivos e técnicas para eliminar, reduzir ou otimizar o uso da mão-de-obra em qualquer processo. Exemplo: seria muito arriscado enviar um homem a outro planeta, com a missão de exploração, ou um homem para desarmar uma bomba. Por isso utilizam-se robôs controlados remotamente de um ambiente seguro. Contudo, as duas modalidades se completam, e geralmente a grade curricular de um curso de instrumentação possui a matéria "automação". O contrário também é verdadeiro, ou seja, a grade curricular de um curso de automação, geralmente possui a matéria de "instrumentação".

## **Sensores Precisos de Temperatura**

O sensor de temperatura é um dispositivo de medição que detecta a temperatura a partir de uma característica física correspondente do dispositivo, como uma resistência elétrica, o campo eletromagnético (EMF) ou radiação térmica sendo que a maneira como um sensor de temperatura funciona depende da propriedade física que constitui o mesmo. Dentre as opções de sensor incluem:

- ✓ Termopares
- ✓ Detectores de temperatura de resistência (RTDs)
- ✓ Termistores
- ✓ Interruptores bimetálicos
- ✓ sensor de temperatura infravermelho sem contato

## Termopares

Os termopares são precisos, altamente sensíveis a pequenas mudanças de temperatura e respondem rapidamente a mudanças no ambiente. Eles consistem de um par de fios de metal com propriedades diferentes unidos em uma extremidade. O par de metal gera uma diferença de tensão termoelétrica entre suas extremidades refletindo assim a diferença de temperatura existente entre elas. Uma padronização de temperatura no termopar é feita calibrando o dispositivo com temperaturas conhecidas, colocando uma das junções de metal no gelo (ou algo que tenha uma temperatura conhecida) e a outra no objeto cuja temperatura precisa ser identificada. A tensão exibida é lida utilizando uma fórmula de calibração e a temperatura do objeto pode ser calculada.

As vantagens dos termopares incluem sua alta precisão e operação confiável em uma faixa extremamente ampla de temperaturas. Eles também são adequados para fazer medições automatizadas de baixo custo e duráveis.

As desvantagens incluem erros causados por seu uso durante um longo período de tempo, e o fato de que duas temperaturas são necessárias para fazer medições. Materiais termopar também estão sujeitos à corrosão, o que pode afetar a tensão termoelétrica.

O sensor de temperatura termopar é dividido em vários tipos que incluem dispositivos feitos de Chromel e Constantan (tipo E), ferro e Constantan (tipo J), Chromel e Alumel (tipo K) e cobre e Constantan (tipo T). Os materiais Chromel, Alumel e Constantan são marcas registradas da Hoskin Manufacturing Company. Os termopares de metal Nobel também estão disponíveis em alguns fornecedores de sensores de temperatura. Cada tipo opera dentro de um intervalo de temperatura especificado.

## RTDs

O sensor de temperatura de resistência (RTDs) é um enrolamento de fio que exibe mudanças na resistência com mudanças de temperatura. Assim, quanto mais quentes eles se tornam, maior o valor de sua resistência elétrica. A platina é o material mais comumente usado neste tipo de sensor de temperatura porque este material é quase linear em uma ampla faixa de temperaturas e é muito preciso tendo um tempo de resposta ráPIDo. Os RTDs também podem ser feitos de cobre ou níquel, com uma observação de que esses materiais possuem faixas restritas e problemas com a oxidação. Os elementos de RTD são geralmente fios longos, semelhantes a molas, cercados por um isolador e colocados em uma bainha de metal.

## **Termistores**

Os termistores são extremamente sensíveis mas em contrapartida possuem uma faixa de temperatura limitada. Um termistor é um dispositivo semicondutor com uma resistência elétrica proporcional à temperatura. Existem dois tipos de termistores: com coeficiente de temperatura negativo (NTC), onde a resistência cai de forma não linear com o aumento da temperatura; e o de coeficiente de temperatura positivo (PTC), onde a resistência aumenta à medida que a temperatura aumenta. Há várias vantagens e desvantagens em utilizar um termistor NTC.

## **Interruptores Bimetálicos**

Os interruptores bimetálicos utilizam uma mola bimetálica como elemento principal do sensor de temperatura. Esta mola helicoidal é feita de dois tipos diferentes de metais que são presos juntos. Estes tipos de metais podem incluir cobre, aço ou latão, desde que um tenha baixa sensibilidade ao calor, enquanto o outro metal tenha alta sensibilidade ao calor. Assim, sempre que a parte soldada for aquecida, os dois metais sofrerão mudança de comprimento com base em suas taxas individuais de expansão térmica. Uma vez que os dois metais se expandem com comprimentos diferentes, a tira bimetálica é forçada a dobrar ou ondular para o lado com um coeficiente de expansão térmico. O movimento da tira é usado para desviar um ponteiro sobre uma escala calibrada, que então indica a temperatura para o usuário.

## **Sensores de temperatura por infravermelho sem contato**

O sensor de temperatura infravermelho sem contato absorve radiação infravermelha (IR) emitida por uma superfície aquecida. Ele é utilizado em uma variedade de aplicações onde a medição direta de temperatura não é possível. Com o sensor de temperatura infravermelho sem contato, a luz recebida é convertida em um sinal elétrico que corresponde a uma determinada temperatura.

## **Especificações do Sensor de Temperatura**

Ao adquirir um sensor de temperatura, devem ser consideradas algumas especificações do produto dentre elas:

A faixa de medição de temperatura que inclui a temperatura mínima e máxima que pode ser medida;

Precisão que se refere a como exatamente a temperatura do sensor térmico corresponde à temperatura do objeto ou ambiente medida.

A estabilidade que considera os ambientes operacionais ideais do sensor, durabilidade e expectativa de vida.

Tipo de sonda que descreve a unidade que abriga o sensor de temperatura;

O estilo de terminação que se refere a como o usuário sabe quando a leitura é concluída. As opções incluem alarmes, leituras programadas ou um conjunto de interruptores para uma temperatura específica.

## **Tipos de Transdutores**

Os transdutores convertem uma grandeza em outra, no nosso caso uma temperatura num sinal elétrico que pode ser uma corrente ou uma tensão. Os transdutores podem então ser usados como sensores na medição ou controle de temperaturas.

Existem quatro tipos de transdutores principais usados na medida e controle de temperaturas:

- \* RTDs (resistance temperature detectors)
- \* Termistores
- \* CI Sensores
- \* Pares termoelétricos

Analisemos o funcionamento de cada um deles para que possamos ter uma idéia das suas limitações, vantagens e principais áreas de aplicação.

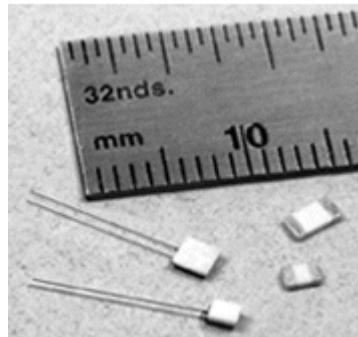
a) RTDs

Os RTDs ou Resistance Temperature Detectors são dispositivos que se baseiam na variação da resistividade de um material com a temperatura. Os tipos principais, de maior qualidade, usam a platina como material sensor, a qual apresenta as medidas mais estáveis para temperaturas até uns 500º C.

Tipos mais baratos usando níquel ou ligas de níquel também podem ser encontrados no mercado, mas não são tão estáveis como os tipos de platina.

A principal desvantagem desse tipo de sensor está no fato de que ele funciona com uma corrente de medida que o atravessa. Essa corrente pode provocar o auto-aquecimento do sensor, dando assim uma falsa indicação da temperatura que deve ser medida.

Uma outra desvantagem está no fato de que o fio sensor, por ser muito curto, apresenta uma resistência muito baixa, o que dificulta a elaboração dos circuitos que devem medir as variações da corrente que ocorre. Essa resistência muito baixa também faz com que a própria resistência dos cabos de conexão do sensor passem a apresentar uma certa influência no circuito de medida.



### b) Termistores

Da mesma forma que os RTDs, os termistores são dispositivos cuja resistência depende da temperatura. No entanto, eles são fabricados com materiais cerâmicos semicondutores, o que significam que apresentam uma resistência muito mais alta.

Os termistores, além disso, apresentam um volume muito pequeno, o que significa uma baixa capacidade térmica que se traduz em maior prontidão e menor possibilidade de afetar a temperatura do corpo que está sendo medido.

A desvantagem maior do componente, também está nessa baixa massa térmica que faz com que uma corrente maior de medida afete sua temperatura.

Também é uma desvantagem a ser considerada sua baixa linearidade que exige dos circuitos o emprego de algoritmos que façam a correção.

### c) CIs Sensores

A grande vantagem dos circuitos integrados projetados para operar como sensores de temperatura é que eles já possuem recursos que permitem obter uma resposta linear.

Além disso, já possuem circuitos de saída capazes de fornecer sinais intensos, com características que os circuitos usados normalmente podem operar.

No entanto, a maior dificuldade é que o número de componentes disponíveis é pequeno, assim como as configurações e faixas de temperatura. Os sensores, além disso, precisam de uma fonte de alimentação externa, o que os torna também sensíveis ao próprio aquecimento dado pela corrente de operação. Isso faz com que erros sejam introduzidos.

Também é uma desvantagem a ser considerada o tamanho desses dispositivos o que significa uma capacidade térmica capaz de limitar a prontidão e também afetar a temperatura do corpo que está sendo medido.

A tendência atual da indústria é cada vez mais fornecer sensores "espertos" (smart) com eletrônica embutida de tal forma a dotar o dispositivo de inteligência. Com isso esses dispositivos teriam maior facilidade em fornecer a informação correta para a computação e também da forma mais apropriada aos meios de transmissão usados.

Em suma, os sensores desse tipo vão incluir todo o sistema de aquisição de dados, eventualmente com recursos para multiplexação ou operação conjunta com diversos sensores do mesmo tipo, de maneira sincronizada.

### d) Pares termoelétricos

Os pares termoelétricos consistem em uma família especial de sensores de temperatura que, por suas características podem ser considerados como pertencente a um ramo separado da categoria.

De fato, além de sua robustez, eles são indicados para a medida de temperaturas muito mais altas do que as que podem ser alcançadas com todos os outros sensores que vimos até agora.

O princípio de funcionamento já é bem conhecido dos leitores: dois metais diferentes que formam uma junção e que estejam submetidos à temperaturas diferentes, geram uma tensão proporcional à essa diferença de temperatura

Como eles geram tensão a partir da temperatura medida, eles não precisam de fonte de alimentação e além disso, sua tecnologia simples permite sua fabricação a um custo bastante acessível.

Para que possamos entender suas limitações e vantagens, devemos partir do fato de que eles operam pela teoria dos gradientes

Se um fio for aquecido, a tensão que aparece em suas extremidades é função do gradiente de temperatura de um extremo a outro. Da mesma forma, se dois fios de metais diferentes formarem uma junção, conforme mostra a figura 6 a tensão gerada depende da temperatura, a qual é proporcional ao coeficiente de Seebeck.

Nesse ponto já nos deparamos com uma diferença importante de comportamento para esse tipo de sensor. Diferente dos demais que medem temperaturas absolutas, o termopar ou par termoelétrico mede diferenças de temperatura. Além disso, temos a própria influência dos circuitos em que eles são ligados.

Qualquer que sejam os sensores usados numa aplicação existem entretanto, fatores comuns que devem ser levados em conta para se obter uma medida precisa da temperatura. Os ruídos, por exemplo, são especialmente importantes quando se usam os pares termoelétricos.

Vejamos quais são os principais ruídos que afetam as medidas de temperatura e como eles ocorrem;

#### a) Ruído em modo comum

Esse tipo de ruído normalmente ocorre devido a realimentação pela linha de terra em pares termoelétricos, já que na maioria das aplicações, o terminal de terra do sensor é sua própria carcaça que é ligada ao corpo da máquina ou equipamento em que ele funciona.

Como a corrente flui tanto pelo terminal aterrado como pelo terminal vivo, os efeitos que ela causa podem se somar no circuito processador causando grandes erros.

Para evitar esse tipo de problema o sistema de aquisição de dados preferivelmente deve ser de alta impedância em relação à a terra, devendo ter uma boa especificação de rejeição em modo comum. O isolamento do sensor em relação à terra também pode ajudar a eliminar esse problema.

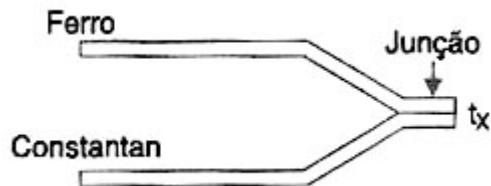
b) Ruído no modo normal

Uma das possíveis fontes para esse ruído é a indução de correntes nos cabos do sensor devido a campos magnéticos existentes no seu percurso. Isso ocorre quando o cabo do sensor tem grandes extensões próximas de cabos de altas intensidades de corrente.

O ruído em modo normal pode ser reduzido ou eliminado encurtando-se os cabos do sensor ou usando cabos trançados. Também devemos afastar os cabos dos sensores de cabos de altas correntes.

c) Ruído eletrostático

Esse tipo de ruído pode ser causado por partes móveis de uma máquina que geram cargas estáticas intensas. Essas cargas podem provocar descargas nos dispositivos sensores com a produção de pulsos de transientes. Esse tipo de ruído pode ser eliminado como uso de cabos blindados.



## Automação de Sistemas

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.

### Automação industrial

A automação industrial teve seu ponto de partida após 1950 com o desenvolvimento da eletrônica. Esta permitiu o aparecimento da informática e a automação das indústrias, com a utilização de modernas técnicas de produção, com destaque para a robotização, isto é, o uso de robôs controlados por computadores que realizam o trabalho de seres humanos, substituindo-os na produção de bens econômicos ou mercadorias. A automação exerce grande importância para a modernização dos processos industriais.

### Automação e informática

O termo informática, fusão de informação e automática, foi utilizado pela primeira vez, na França, em 1962, quando Philippe Dreyfus, diretor do Centre National de Calcul Électronique de Bull usou para designar seu projeto de Société d’Informatique Appliquée. O consenso hoje é que informática se refere a qualquer processo de automação, por meio de sistemas computacionais, no tratamento da informação.

## **Sistema Automatizado**

Um dos sistemas automatizados mais conhecidos e utilizados no dia a dia é o da automação industrial, que nada mais é do que um conjunto de sistemas que vão alinhar as necessidades de produção. O início de tudo isso se deu na década de 1950 quando o desenvolvimento da eletrônica estava a todo vapor.

Posteriormente, a informática foi ganhando seu espaço e a indústria precisou se adaptar às tecnologias, unindo tudo isso se deu, então, a automação industrial que hoje é tão importante no terceiro setor.

A automação aplicada às máquinas automáticas permite o alcance de ciclos de produção mais rápidos e com maior eficiência. Pensando que um trabalhador

não conseguiria realizar esse trabalho e para tal seria necessário vários empregados, é notório que um sistema automatizado produz mais e em menor tempo.

Para chegar à mesma quantidade de produção de um sistema automatizado são necessários vários trabalhadores, logo, nota-se que há redução de custos em aplicar essa automação.

Mesmo que a princípio o custo de aplicação seja elevado, é necessário pensar a médio e longo prazo, pois o investimento inicial será pago com a própria produção e logo o lucro será satisfatório.

Um fato importante e que merece ser evidenciado é que esses sistemas automatizados são concebidos com o objetivo de diminuir o consumo de energia elétrica também, ou seja, a redução de custos não estará apenas na mão de obra, mas também nos custos mensais fixos.

#### Qualidade:

A repetição de uma máquina traz resultados satisfatórios e de alta qualidade, o que não seria possível apenas com o trabalho humanizado.

Quando se utiliza a automação industrial, os problemas de controle de qualidade envolvidos com o erro humano diminuem significativamente, pois os processos podem ser cuidadosamente regulados e controlados, de modo que a qualidade do produto final seja mais consistente.

#### Segurança:

Antes de colocar em prática um sistema automatizado é necessário planejamento, e a segurança é um dos itens indispensáveis nesse processo.

Um trabalhador pode passar por algum momento inesperado e se acidentar enquanto comanda alguma máquina, mas um sistema automatizado não pode cometer erros, pois é operado por computador e devido a este controle, as chances de acidentes são muito mais baixas em um sistema automatizado.

## Automação

Em um contexto industrial, pode se definir automação como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletroeletrônicos e computacionais na operação e controle da produção. Diversos exemplos de automação de sistemas de produção podem ser observados nas linhas de produção industrial, nas máquinas de montagem mecanizadas, nos sistemas de controle de produção industrial realimentados, nas máquinas-ferramentas dotadas de comandos numéricos e nos robôs de uso industrial.

## **Automação x Mecanização**

Automação é diferente de mecanização. A mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo o esforço físico do homem. Já a automação possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente, capazes de se autorregularem.

## **Automação Industrial**

Desde a pré-história, o homem já tentava mecanizar suas atividades. Não é por acaso que a roda, moinhos movidos por vento ou força animal e rodas d'água foram inventados. Essas invenções demonstram as primeiras tentativas do homem de poupar esforço para realizar seu trabalho.

A automação industrial começou a ganhar destaque na sociedade por volta da segunda metade do século XVIII, na Inglaterra. Foi nessa época que os sistemas de produção artesanal e agrário começaram a se transformar em industrial e foram desenvolvidos os primeiros dispositivos simples e semi-automáticos.

Entretanto, somente no início do século XX que os sistemas se tornaram inteiramente automáticos.

A necessidade de aumento na produção e produtividade fez com que houvesse diversas séries de inovações tecnológicas neste sentido:

Máquinas com capacidade de produzir com maior rapidez e precisão, comparado com o trabalho feito à mão

A utilização do vapor como fonte de energia, em substituição à energia muscular (manual) e hidráulica

Foi aproximadamente no ano de 1788 que James Watt criou o que pode ser considerado um dos primeiros sistemas de controle com realimentação. Tratava-se de um dispositivo que regulava o fluxo de vapor em máquinas.

Por volta de 1870, a energia elétrica começou a ser introduzida. Inicialmente, estimulou indústrias como a do aço, química e de máquinas-ferramenta.

Um ponto que vale destacar é a diferença entre a automação e a mecanização. Mesmo que em um primeiro instante estas duas palavras possam dar a impressão de ter um significado semelhante, seus conceitos são completamente diferentes.

A automação industrial permite realizarmos algum trabalho através de máquinas controladas automaticamente. Já a mecanização simplesmente se limita ao emprego de máquinas para executar alguma tarefa, substituindo o esforço físico.

No século XX, os computadores, servomecanismos e controladores programáveis passaram a fazer parte da tecnologia da automação.

Hoje, os computadores podem ser considerados a principal base da automação industrial contemporânea.

A partir desse momento, podemos começar a considerar que o desenvolvimento da tecnologia da automação industrial está diretamente ligada com a evolução dos computadores de um modo geral. Além disso, as redes industriais surgiram quando houve a necessidade de comunicação entre equipamentos e sistemas distintos.

Já em 1948, John T. Parsons criou um método que consistia no uso de cartões perfurados com informações que serviam para controlar movimentos de uma máquina-ferramenta. Este método foi apresentado para a Força Aérea, que investiu em outros projetos do Laboratório de Servomecanismos do Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Após alguns anos, isto acabou culminando em um protótipo de fresadora com três eixos com servomecanismos de posição. A partir deste momento, várias empresas privadas que fabricavam máquinas-ferramentas começaram a desenvolver projetos particulares. Foi assim que surgiu o comando numérico.

E finalmente em 1954 surgiram os primeiros robôs (do tcheco robota, que significa “escravo”) pelas mãos do americano George Devol, que alguns anos depois fundaria a fábrica de robôs Unimation. Inicialmente, eles substituíram a mão-de-obra no transporte de materiais perigosos, mas poucos anos depois, a GM instalou robôs em sua linha de produção para a soldagem de carrocerias.

Os processos de automação industrial continuaram a evoluir até chegar nos dias atuais, onde temos diferentes níveis de controle de automação industrial, explicados através da pirâmide da automação industrial.

## Calibração dos Instrumentos

Todo dispositivo usado para medições críticas de processo deve ser checado periodicamente para verificar se continua a mostrar a exatidão necessária. Quando é possível fazer ajustes, um dispositivo que faz medições fora dos limites esperados deve ser reajustado conforme um nível de desempenho aceitável, mas no caso de equipamentos não ajustáveis, o desvio ou o desempenho da medição devem ser registrados e deve-se decidir se o equipamento continua adequado para sua finalidade.

No caso de equipamentos que medem temperatura, as propriedades dos dispositivos bimetálicos e do fio dos termopares mudam com o uso e o tempo (principalmente quando usados em temperaturas elevadas), resultando em desvios na medição. Além disso, uma sonda termopar pode ser danificada em serviço, mecanicamente ou por corrosão, levando a uma rápida deterioração do fio. RTD's e termistores também são dispositivos frágeis que facilmente sofrem danos, portanto devem ser inspecionados periodicamente. O mesmo se aplica a termômetros infravermelhos e câmeras de imagem térmica.

Os padrões de qualidade geralmente deixam a critério do usuário decidir a frequência de calibração de determinado dispositivo. Entretanto, um auditor espera uma boa justificativa para a frequência escolhida, seja ela qual for. Ao defini-la, deve-se considerar o uso pretendido para o dispositivo, o risco de dano e a taxa de desvio (que pode ser determinada com base no histórico de registros de calibração).

Caso o processo de calibração mostre que um dispositivo está operando fora dos limites aceitáveis, deve-se implementar procedimentos para definir as ações necessárias. Por exemplo, um produto fabricado antes da última calibração talvez precise ser recolhido (e o custo dessa operação talvez influencie a frequência de calibração). Em situações críticas de segurança, como na produção farmacêutica ou de alimentos, a calibração talvez tenha que ser realizada todos os dias ou até mesmo em cada turno.

É preciso lembrar ainda que a frequência ideal de calibração de temperatura pode ter várias mudanças dependendo do instrumento a ser calibrado e da frequência de utilização do mesmo. Porém, isso não precisa ser considerado precisamente uma regra, pois há vários estudos para saber a frequência ideal de calibração de um equipamento, material ou instrumento.

De qualquer modo, é sempre muito importante estudar o local e o modo de uso do instrumento de calibração de temperatura. Geralmente a calibração de temperatura faz parte de sistemas complexos. Ela não é usada apenas para corrigir e arrumar os termômetros e os sensores, mas também pode ser útil em outros vários tipos de equipamentos e máquinas, até mesmo em dispositivos que medem pressão, velocidade ou torque.

Muitos processos de fabricação utilizam calor para modificar as características do produto. Em alguns casos, um controle preciso da temperatura é essencial para garantir sua adequação ao uso pretendido e uma comprovação por escrito (registros de temperatura mais evidência de calibração) confirma se o fabricante seguiu os procedimentos certos para manter a qualidade dos itens produzidos. A calibração dos sensores de temperatura, seja ela feita na própria empresa ou em um laboratório especializado contratado, é uma parte fundamental dessa atividade.

## **Automação Industrial, Sensores e Atuadores**

O objetivo principal da automação industrial é criar mecanismos que sejam capazes de produzir o melhor produto com o menor custo. Alguns objetivos que devem ser buscados nos projetos de automação industrial são:

Melhorar a produtividade de uma empresa aumentando o número de itens produzidos por hora de forma a reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade.

Melhorar as condições de trabalho das pessoas eliminando trabalhos perigosos e aumentando a segurança.

Realizar operações que seriam impossíveis de controlar intelectualmente ou manualmente.

Melhorar a disponibilidade de produtos de forma com que seja possível fornecer quantidades necessárias no momento certo.

Simplificar a operação e manutenção de modo que o operador não precise ter grande expertise ao manusear o processo de produção.

A automação industrial de um sistema é um procedimento mediante o qual as tarefas de produção que são realizadas por operadores humanos são transferidas a um conjunto de elementos tecnológicos levando-se em consideração possíveis eventualidades que possam ocorrer mantendo sempre a segurança e a qualidade.

Cada vez mais os segmentos de produção industrial, geração e distribuição de energia, transportes e muitos outros requerem um número crescente de novos sistemas e máquinas automatizadas. Isto se deve ao aumento da produção, aos custos mais baixos de componentes de automação e máquinas, a qualidade e estabilidade de novos produtos e à necessidade de substituir trabalhos perigosos e monótonos dos operadores.

No passado, os sistemas automatizados eram sistemas fechados que controlavam individualmente cada processo de uma instalação, mas com o passar do tempo, estes sistemas passaram a ser abertos com capacidade de abranger mais processos de forma a otimizar o funcionamento de toda a planta. Atualmente, um sistema automatizado é composto por 2 partes principais:

### Parte Operacional

A parte operacional na automação industrial é uma parte do sistema que atua diretamente no processo e é um conjunto de elementos que fazem com que a máquina se MOVa e realize a operação desejada. Estes elementos que formam a parte operacional são os dispositivos de acionamento e pré-acionamento como motores, cilindros, compressores de ares, válvulas, pistões e também dispositivos de detecção como sensor indutivo, sensor capacitivo, sensor de visão, sensor ultrassônico, etc.

### Parte de Controle

Já a parte de controle é a parte programável do sistema que geralmente é implementada com a ajuda do CLP(Controlador Lógico Programável). No passado, esta lógica era feita com relês eletromagnéticos, temporizadores, placas eletrônicas e módulos lógicos. Atualmente, com o aumento do volume de dados e componentes eletrônicos, o mais comum é o emprego dos CLPs e computadores industriais para o controle de máquinas e processos. O CLP é considerado o cérebro na automação industrial, pois ele é capaz de se comunicar com todos os componentes que compõem este sistema de forma a reconhecer as entradas, processar a lógica e atualizar as saídas a todo momento.

## **Sensores e Transdutores**

Assim como o ser humano necessita dos sentidos para perceber o que está acontecendo à sua volta, na automação industrial as máquinas precisam de sensores e transdutores para captarem as informações. Além de captar variáveis, estes componentes devem ser capazes de distinguir a variação de certas magnitudes do sistema e o próprio estado físico de outros componentes.

Os dispositivos encarregados de converter as magnitudes físicas em elétricas são denominados transdutores. Vale lembrar aqui que a diferença entre sensor e transdutor é que o sensor detecta uma variação no meio e o transdutor converte a variação em magnitude elétrica. Assim, podemos dizer que muitos sensores atualmente também são transdutores, mas nem todos os transdutores são sensores. Os transdutores podem ser classificados em função do tipo de sinal que transmitem:

**Transdutores Binários:** Com estes dispositivos é tudo ou nada. Ou ele está atuado ou não (1 ou 0). Alguns exemplos são: sensor indutivo, contator, sensor capacitivo, sensor fim de curso ou chaves de nível.

**Transdutores Numéricos:** Transmitem valores numéricos em forma de combinações binárias (Gray, BCD, etc.). Um exemplo é o encoder absoluto que faz a leitura da posição angular de um carro bobinador onde a medida que o encoder gira, ele gera uma combinação binária que representa a quantidade de giros que ele deu, podendo esta informação ser interpretada pelo CLP.

**Transdutores Analógicos:** Fornecem um sinal contínuo proporcional ao valor da magnitude. Exemplos deste tipo são os transdutores de pressão, sensores de temperatura, sensor ultrassônico para medição de distância ou nível e Micrômetro Laser para medições de diâmetro.

### Atuadores e Pre-Atuadores

O atuador é o elemento final de controle que em resposta a um sinal de comando recebido, atua sobre a variação do elemento final do processo. Um atuador converte a energia conectada nele em uma automação útil para o ambiente industrial e eles podem ser classificados em elétricos, pneumáticos e hidráulicos.

Os atuadores elétricos são adequados para movimentos angulares e de rotação, com ou sem controle de velocidade. Estes dispositivos devem ser alimentados com energia elétrica para funcionar e alguns exemplos são os motores de corrente contínua, motores de indução e servo motores.

Os atuadores pneumáticos, por outro lado, são adequados para aplicações que demandam Movimentos lineares curtos necessários por exemplo em operações de transferência, montagem de tampa, apertos, posicionamento de produtos em esteiras, etc. São chamados pneumáticos pois precisam ser alimentados com ar comprimido.

Já os atuadores hidráulicos são utilizados em sua grande maioria quando a força necessária é muito alta ou quando uma máquina em marcha lenta necessita de um controle preciso (mesmo assim, neste último caso, os atuadores hidráulicos tendem a ser substituídos por servo motores). São chamados hidráulicos por serem alimentados com fluido (óleo hidráulico).

Os atuadores mais utilizados na indústria são os cilindros e motores de corrente contínua ou alternada e são na maioria das vezes comandados por CLPs ou controladores. Por exemplo, o CLP pode acionar uma válvula solenoide que libera o ar para fazer com que o cilindro pneumático seja acionado. Por outro lado, o CLP pode comandar um contator ou inversor de frequência de forma com que os motores sejam acionados. Mesmo com todas as ferramentas de controle, você ainda pode encontrar atuadores que são comandados diretamente pelo operador.

O termo pré atuador aplica-se nos casos onde é necessária uma amplificação do sinal de controle para que o atuador possa ser acionado. Nos dois exemplos que eu citei acima podemos identificar os pre atuadores como sendo a válvula solenoide, o contator e o inversor.

### Sistema de Controle

Como eu disse, os comandos dos sistemas automatizados sofreram uma revolução com o passar dos anos haja vista o desenvolvimento de novos processadores, dispositivos com alta capacidade de armazenamento e IHMs com recursos touch e acionamento remoto. Primeiramente, vamos entender como tudo começou com as tecnologias cabeadas e módulos lógicos até evoluir para os CLPs e computadores.

### Tecnologias Cabeadas

Consiste em interconectar reles com os dispositivos de entrada e saída de maneira que a lógica possa ser criada com combinações em série ou paralelo dos elementos para que então seja criado o automatismo. estes elementos podem ser reles, valvulas ou placas lógicas.

Esta foi a primeira solução adotada na automação industrial, mas com o passar do tempo foi sendo abandonada por apresentar inconvenientes como pouca flexibilidade para aceitar modificações ou adaptações futuras e também pelo

fato de que este tipo de solução demandava grandes espaços para locação de painéis elétricos. E você ainda pode imaginar o quanto estes sistemas eram caros e difícil de realizar manutenções. Pense no caso de uma falha, você ter que ficar checando a lógica rele por rele ou descobrir em qual válvula ou placa houve o problema.

Em uma automação industrial mais simples com baixo custo, no entanto, esta solução ainda pode ser viável. Mesmo assim deve-se analisar bem, pois atualmente um CLP custa o equivalente a 20 reles ou 8 válvulas e ainda tem a vantagem de você poder programar ele da forma como quiser, deixando a solução bem enxuta.

Os dispositivos que podem ser utilizados na tecnologia cabeada são:

#### Reles Eletromagnéticos

Os relês eletromagnéticos de comutação possuem uma estrutura muito parecida com um contator em que todos os contatos são projetados para uma mesma corrente, que geralmente é baixa.

#### Módulos Lógicos Pneumáticos

Baseiam-se na utilização de ar comprimido e de elementos como válvulas solenoides, detectores, cilindros, comandos por pressão e válvulas pilotadas. A principal vantagem deste método é que ele não é afetado por interferências eletromagnéticas. Também temos aplicações em ambientes que precisam da automação industrial, mas o risco de explosão é alto. Imagine uma mina subterrânea que precisa de automação, mas que qualquer faísca poderia causar uma explosão. Neste caso, tudo pode ser implementado com a tecnologia pneumática, eliminando o risco de acidente devido ao automatismo.

Por outro lado, lógicas implementadas com tecnologia pneumática necessitam de muito mais espaço, produzem ruídos no ambiente e demandam redes de ar comprimidos supridas por compressores de ares que obviamente necessitam de manutenção, pois o fornecimento de ar deve ser constante e seguir padrões de pressão e umidade. Na Figura abaixo podemos ver alguns elementos pneumáticos sendo que as válvulas e blocos e os cilindros podem compor lógicas.

Caso houver a necessidade de maior potência e precisão, a tecnologia pneumática é substituída pela hidráulica, devido ao fato do óleo ser um fluido incompressível. Para você entender melhor o que eu estou falando, basta pegar uma seringa com ar, tampar a ponta dela e apertar. Mesmo sem o ar sair, você consegue deslocar o êmbolo devido ao ar se comprimir, o que não ocorre com o fluido hidráulico. Assim, a tecnologia hidráulica fornece maior precisão e suporta aplicações com necessidade de forças muito maiores como as necessárias em prensas hidráulicas.

Um computador, como parte do comando de uma automação industrial apresenta a vantagem de ser altamente flexível a modificações de processo e por outro lado por ter sido projetado especificamente para o ambiente industrial tem a desvantagem de ser frágil quando colocado na linha de produção. Por este motivo foram desenvolvidos os computadores industriais com maior robustez e que suportam ambientes agressivos. A única desvantagem atualmente que algumas empresas observam para não empregar os computadores industriais no controle é que o seu emprego exige equipes com conhecimentos de TI, automação e processos. No entanto, esta realidade está mudando rapidamente com o conceito de indústria 4.0 que tem em uma de suas premissas a fusão da tecnologia da automação (TA) com a tecnologia da informação (TI).

Como eu falei antes, o CLP é considerado o cérebro da automação industrial por controlar os equipamentos e processos. Sua vantagem é que ele possui as características de um computador, mas a diferença de ter sido projetado especialmente para trabalhar em ambientes industriais dos mais limpos aos mais agressivos. Outra vantagem que ele possui é que a programação é mais intuitiva com a utilização da lógica Ladder (lógica de programação que reproduz os diagramas elétricos em blocos lógicos e blocos de função).

Outra diferença com relação ao computador, é que o firmware (software interno) de um CLP é muito adaptado para a gestão de falhas e defeitos que podem ser avarias internas, falhas de energia ou falhas nas conexões dos cartões de forma a garantir a segurança das pessoas e instalações em caso de falhas. O CLP também possui alta flexibilidade devido a possibilidade de expansões de entradas, saídas e comunicação que também pode ser realizada com diferentes dispositivos industriais. As principais vantagens dos CLPs são:

Flexibilidade e adaptação ao processo;

São hardwares padrões produzidos em grande escala;

Tamanho reduzido;

Controle estruturado e distribuído;

Comunicação com diferentes dispositivos;

Possuem ferramentas de simulação e depuração;

Fornecem a possibilidade de modificações on-line;

Fácil instalação e manutenção

## **Elementos de Entrada de Ordens**

Na automação industrial, os elementos de entrada de ordem permitem que o operador ordene um comando ao sistema e podem ser classificados em 2 categorias:

Os Binários são a forma mais simples de dar o comando. Se o operador deseja acionar, ele pode apertar a botoeira e se deseja desligar, ele pode simplesmente apertar a botoeira novamente. Além de botoeiras, podem ser utilizados interruptores e comutadores. Novamente, o binário é 1 ou 0. Se o botão estiver apertado emitindo o sinal 1, quando estiver desapertado emitirá um sinal 0 para o sistema de controle.

Numéricos (ou alfanuméricos): Enquanto os binários são sim ou não, os numéricos permitem a entrada de qualquer tipo de informação através de números ou letras. Alguns exemplos são os potenciômetros e teclados numéricos.

## **Elementos de saída da informação**

Já os elementos de saída da informação na automação industrial são responsáveis pela comunicação do sistema de controle com o operador. Em sua grande maioria são elementos visuais como sinalizadores e telas de IHMs e assim como os de entrada, também podem ser classificados nas categorias binárias e alfanuméricas. Abaixo alguns exemplos:

Binários: Fornecem a informação de sim ou não, ligado ou desligado e alguns exemplos são os sinalizadores, alarmes ou sirenes;

Numéricos e alfanuméricos: Permitem a visualização de números e textos e são muito úteis para visualizar dados de processo como níveis, o que está ligado ou não, qual parte do processo não está com o desempenho adequado, etc. Alguns exemplos são os displays de LCD, monitores e IHMs, sendo que as IHMs permitem tanto a visualização quanto a entrada de informação.

Abstratamente pensamos nos blocos do diagrama acima como sistemas dinâmicos. Frequentemente ignoramos a dinâmica dos blocos SENSOR e ATUADOR. Em termos industriais, SENSOR, CONTROLADOR e ATUADOR

são equipamentos ou componentes. Chamamos esses equipamentos ou componentes de INSTRUMENTOS.

Apesar de instrumentação também incluir os controladores, este curso tratará efivamente de sensores, atuadores e aspectos relacionados (já temos diversas disciplinas tratando de controladores). A ênfase será maior em sensores (como é usual em cursos de instrumentação).

Sensores obtêm informações do processo industrial, na forma de sinais. A palavra-chave aqui é ‘informação’ em oposição a ‘energia’. Idealmente sensores coletam informações com o mínimo de influência sobre o processo. Atuadores utilizam informações do controle para modificar o comportamento do processo, o que certamente envolve energia. A ideia geral aqui é a transformação de ‘informação’ em ‘energia’. A natureza ‘sica’ de sensores e atuadores é bem diversa.

A teoria de controle foi criada e se desenvolveu em laboratórios, universidades e foi impulsionada por grandes projetos e eventos, como a corrida espacial, a segunda guerra mundial ou a guerra fria. Instrumentação se desenvolveu em ambiente industrial com auxílio de fornecedores, com o propósito de atender a necessidades e resolver problemas específicos do dia a dia da indústria. Desde o final do Séc. XIX já se reconhecia instrumentação como uma disciplina, e nessa época já existiam livros sobre o assunto. Os primeiros livros de controle foram editados durante a segunda guerra mundial.

A chamada “pirâmide da automação industrial” apresenta os diferentes níveis de controle de automação industrial, desde os equipamentos e dispositivos em campo até o gerenciamento corporativo da empresa.

A descrição de cada um destes níveis:

**Nível 1 – Aquisição de Dados e Controle Manual:** O primeiro nível é majoritariamente composto por dispositivos de campo. Atuadores, sensores, transmissores e outros componentes presentes na planta compõem este nível.

**Nível 2 – Controle Individual:** O segundo nível comprehende equipamentos que realizam o controle automatizado das atividades da planta. Aqui se encontram CLP's (Controlador Lógico Programável), SDCD's (Sistema Digital de Controle Distribuído) e relés.

**Nível 3 – Controle de Célula, Supervisão e Otimização do Processo:** O terceiro nível destina-se a supervisão dos processos executados por uma determinada célula de trabalho em uma planta. Na maioria dos casos, também obtém suporte de um banco de dados com todas as informações relativas ao processo.

Nível 4 – Controle Fabril Total, Produção e Programação: O quarto nível é responsável pela parte de programação e também do planejamento da produção. Auxilia tanto no controle de processos industriais quanto também na logística de suprimentos. Podemos encontrar o termo Gerenciamento da Planta para este nível.

Nível 5 – Planejamento Estratégico e Gerenciamento Corporativo: O quinto e último nível da pirâmide da automação industrial se encarrega da administração dos recursos da empresa. Neste nível encontram-se softwares para gestão de venda, gestão financeira e BI (Business Intelligence) para ajudar na tomada de decisões que afetam a empresa como um todo.

## **Instrumentação**

Instrumentação é a ciência que aplica e desenvolve técnicas para adequação de instrumentos de medição, transmissão, indicação, registro e controle de variáveis físicas em equipamentos nos processos industriais. Nas indústrias caracterizadas como “indústrias de processos”, a instrumentação de campo faz parte do sistema de controle e de automação. As principais grandezas físicas encontradas e medidas em tais processos industriais são pressão, nível, vazão, temperatura, massa, densidade, pH, deslocamento, velocidade angular entre outras. Este capítulo visa introduzir conceitos básicos para a classificação, especificação e análise de instrumentos de campo dentro do enfoque da automação industrial.

## **Classificação por Função**

Os instrumentos em sistemas de automação são interligados para realizar uma determinada tarefa de controle ou monitoramento em processos industriais. A um conjunto desses instrumentos chama-se malha, e os instrumentos que compõem uma malha são então classificados pela função que executam, conforme a lista a seguir: Transdutores: são os dispositivos ou elementos que detectam alterações nas variáveis físicas de processo e fornecem uma grandeza de saída em geral elétrica. O elemento do transdutor, ou elemento primário, que entra em contato direto com a variável física a ser medida (mensurando) é denominado sensor. Quando o elemento é responsável pela “detecção” de determinada condição no processo pode ser também denominado detector.

Transmissor: instrumento que tem a função de converter sinais do transdutor, geralmente sinais elétricos de baixa potência, em outra forma de sinal (análogo ou digital) capaz de ser enviada à distância para um instrumento receptor, normalmente localizado longe do ponto de medição.

Indicador: instrumento para indicação visual da quantidade medida e eventualmente enviada por um transmissor. Todo instrumento indicador possui uma faixa de indicação. Em indicadores analógicos pode-se denominar esta por faixa de escala. A escala possui divisões (parte de uma escala compreendida entre duas marcas sucessivas) com seus correspondentes valores expressos na unidade de engenharia indicada. As escalas podem ser lineares (coeficiente de proporcionalidade constante ao longo da escala) ou não lineares (exemplo: escala logarítmica, escala quadrática).

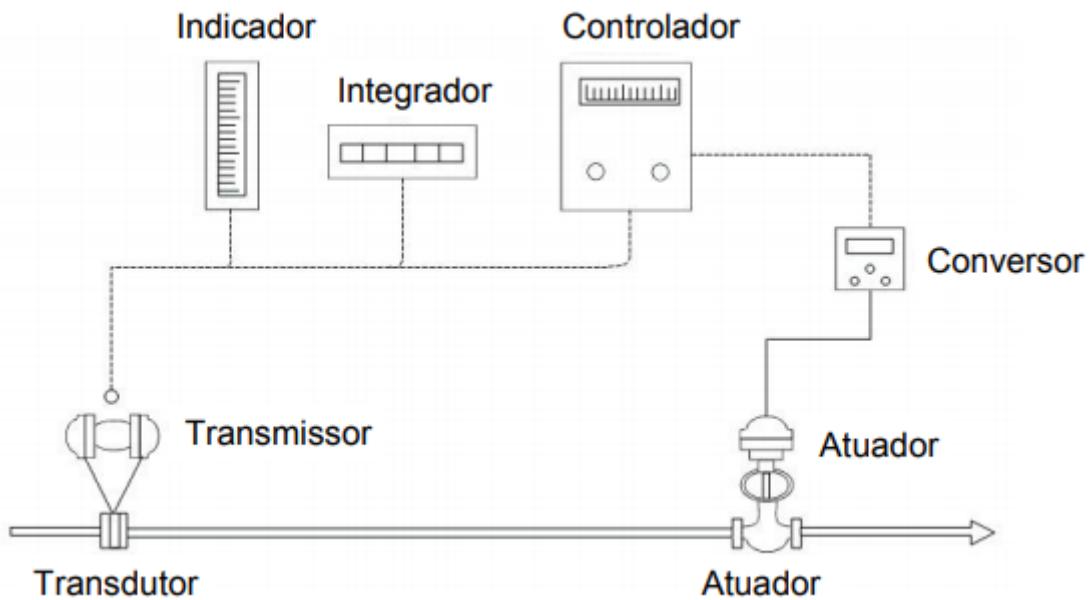
Registrador: instrumento que registra graficamente valores instantâneos medidos ao longo do tempo, valores estes enviados por transmissores, controladores, etc.

Conversor: instrumento cuja função é a de receber uma informação na forma de um sinal, alterar esta forma e a emitir como um sinal de saída proporcional ao de entrada.

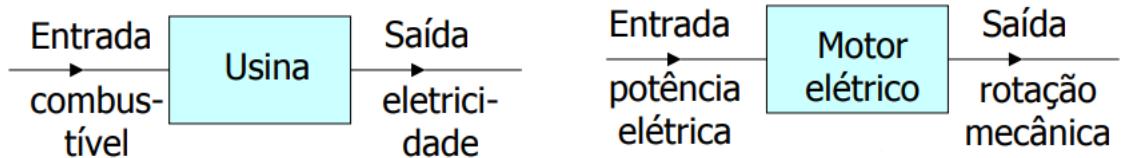
Unidade Aritmética: instrumento que realiza operações aritméticas em seus sinais de entrada de acordo com uma determinada expressão, e fornece um sinal de saída resultante. Integrador: Instrumento que indica e/ou registra um valor obtido pela integração de sinais medidos em determinado período de tempo. Controlador: Instrumento que compara um valor medido (variável primária ou primary value ou "PV") com um valor desejado (referência ou set point ou "SP") e, baseado na diferença entre eles (erro), emite um sinal de correção (variável manipulada ou manipulated variable ou "MV") a fim de que a atuação no processo causada pela MV leve o erro calculado a zero.

Elemento final de controle ou atuador: Instrumento cuja função é a de transformar um sinal (MV) vindo em geral de um controlador em uma atuação física efetiva no processo, por exemplo, válvulas, motores ou atuadores pneumáticos.

Os instrumentos descritos em sistemas de automação estão em geral interligados entre si da seguinte forma:



## Sistemas



## Mecatrônica

Mecatrônica funciona como uma espécie de "futuro das engenharias". Inicialmente, o curso tem disciplinas comuns a qualquer engenharia: Cálculo, Física, Mecânica e Elétrica básica. Na parte específica do curso, são introduzidas disciplinas que incluem circuitos lógicos, controle de sistemas mecânicos e automação industrial. Como várias das disciplinas do curso envolvem aspectos práticos e experimentais, elas naturalmente incluem aulas em laboratórios específicos.

Devemos também considerar no exercício da mecatrônica, conhecimentos aprofundados em materiais, suas ligas e propriedades físico-químicas. Tais

características são fundamentais e determinarão a vida útil de um equipamento ou dispositivo mecatrônico.

A mecatrônica é uma tendência no desenvolvimento de produtos, na automação, na competição internacional dos produtos manufaturados e na natureza da engenharia e da sociedade nos próximos anos. Os engenheiros de sucesso terão que se envolver com a mecatrônica para se tornarem líderes de equipes de desenvolvimento e de gerência.

O impacto da mecatrônica e por consequência da automação em nossa sociedade não pode ser colocado em segundo plano. Ela tem influenciado a vida das pessoas, mesmo daquelas que não trabalham diretamente nas áreas técnicas. O profissional da mecatrônica irá influenciar significativamente na forma como o trabalho é dividido entre homens e máquinas, não apenas em fábricas mas também nos escritórios, nos hospitais e até mesmo em nossas casas.

Um sistema mecânico desde a sua concepção até a sua manutenção junto ao cliente, não pode mais ser pensado sem a presença de componentes e ferramentas de informática e de eletro-eletrônica. Microprocessadores controlam desde sistemas simples como uma máquina de lavar roupa até complexos sistemas de produção. O Engenheiro Mecatrônico é o profissional que agrega as habilidades de Engenharia Mecânica aos conceitos e técnicas de computação, eletrônica e eletrotécnica.

### **Instrumento de medida**

Um polígrafo, ou instrumento de medida, é um tipo de instrumento que efetua a medida simultânea de vários valores físicos, e que regista em papel, ou através meios eletrónicos, a evolução dos mesmos. Dependendo do tamanho do objeto a ser medido, são necessários aparelhos ou métodos diferentes. É possível medir com precisão adequada desde insetos pequenos até o diâmetro da Lua e dos planetas ou, então, distâncias entre dois sulcos de um disco a laser até a distância entre a Terra e a Lua.

As réguas, fitas métricas, trenas, são instrumentos adequados para medir a largura e o comprimento de uma folha de papel, o comprimento de uma sala e o tamanho de uma sala, assim como a sua orientação magnética. A menor unidade de medição de uma fita métrica comum é de um milímetro.

### **Instrumentos delicados e precisos**

Existem instrumentos delicados e precisos, apropriados para se medir dimensões bem pequenas. Por exemplo, o paquímetro e o micrômetro. O paquímetro é adequado para se medir o diâmetro de uma agulha fina, o diâmetro de esferas de rolamento, profundidade de sulcos em peças de aparelhos que requerem alta precisão. O micrômetro é utilizado para medir espessuras de folhas, fios e diâmetros de tubos com a mais alta precisão.

### Distâncias

Para distâncias e objetos de dimensões ainda menores são necessários métodos indiretos de medida, como através de difração da luz, ou então microscópios especiais, devidamente calibrados. Já para distâncias muito grandes como, por exemplo, diâmetro da Lua, altura de uma montanha são utilizados métodos que usam relações simples de trigonometria ou então de triângulos semelhantes. Esse método é conhecido como triangulação.

### Áreas

Para a medição de áreas foi importante a evolução do teodolito.

### Precisão necessária

Dependendo da precisão necessária a uma determinada medida é quase olhemos o aparelho mais adequado para efetuá-la. Tem que ser usado o conhecimento e o bom senso. Não tem sentido usar um aparelho de alta precisão para medir objetos nitidamente não-uniformes. Se o objeto a ser medido é muito menor que a menor divisão do instrumento usado, obviamente não se pode obter precisão alguma na medida.

## Multímetro



Um multímetro ou multiteste (multimeter ou DMM - digital multi meter em inglês) é um aparelho destinado a medir e avaliar grandezas elétricas. Existem modelos com mostrador analógico (de ponteiro) e modelos com mostrador digital.

Utilizado na bancada de trabalho (laboratório) ou em serviços de campo, incorpora diversos instrumentos de medidas elétricas num único aparelho como voltímetro, amperímetro e ohmímetro por padrão

e capacímetro, frequencímetro, termômetro entre outros, como opcionais conforme o fabricante do instrumento disponibilizar.

Tem ampla utilização entre os técnicos em eletrônica e eletrotécnica, pois são os instrumentos mais usados na pesquisa de defeitos em aparelhos eletrônicos devido à sua simplicidade de uso e, normalmente, portabilidade.

Diferentes fabricantes oferecem inúmeras variações de modelos. Oferecem uma grande variedade de precisões (geralmente destaca-se a melhor precisão para medidas em tensão CC), nível de segurança do instrumento, grandezas possíveis de serem medidas, resolução (menor valor capaz de ser mostrado/exibido), conexão ou não com um PC, etc.

Há modelos destinados a uso doméstico (onde o risco de um acidente é menor) e modelos destinados a uso em ambiente industrial (que devido as maiores correntes de curto-circuito apresentam maior risco). A precisão de leitura (exatidão) não é o que diferencia estas duas opções e sim sua construção interna (trilhas do CI mais espaçadas, maior espaçamento entre a placa de CI e a carcaça e maior robustez a transientes nos modelos industriais).

### **Escalímetro**



O escalímetro é um instrumento na forma de um prisma triangular que possui seis réguas com diferentes escalas. É utilizado para medir e conceber desenhos em escalas ampliadas ou reduzidas.

### **Pirômetro**



O pirômetro é um tipo de termômetro. É um equipamento que mede irradiação térmica da superfície de um objeto e informa a temperatura. Diferentes tipos de pirômetros foram desenvolvidos pelo homem – hoje se trata de um dispositivo que não necessita de contato, contrastando com outros meios de obter informação sobre a temperatura de um objeto, como o termopar e uma termorresistência.

A origem do nome é do grego pyro, que significa fogo, e metros, que significa medida/medição. O termo foi cunhado para descrever equipamentos capazes de medir temperaturas acima da incandescência - com brilho perceptível pelo olho humano.

O impulso que motivou o desenvolvimento de pirômetros foi a necessidade de medir a temperatura de objetos muito quentes, impossibilitando contato direto, como metais fundidos, cerâmicas e outros processos industriais, estrelas e também a temperatura em câmaras como as de vácuo. Hoje em dia os pirômetros são métodos eficazes (com erros próximos a 2% e que diminuem conforme a temperatura aumenta) para medição de temperatura inclusive negativas.

## Tacômetro

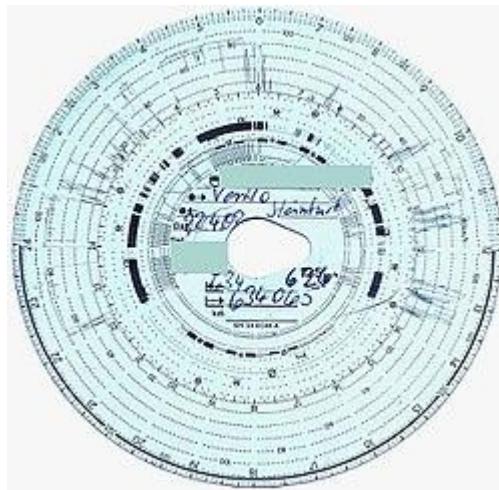


O tacômetro, também conhecido como taquímetro, conta-rotações, conta-voltas ou conta-giros, é um instrumento de medição do número de rotações (geralmente por minuto, RPM) de um motor ou outra máquina.

Sua versão digital é um eletrônico de baixo custo, que pode ser utilizado como um tacômetro óptico ou como um tacômetro de contato, o que permite medir as rotações por minuto em vários tipos de aplicações. Utilizado como tacômetro de contato, permite medir a velocidade linear (metros/segundo). Já quando no modo fototacômetro, dispõe de uma mira laser com precisão até 100 cm de distância do ponto de medição de rotação.

Dispõe também de um indicador de cristal líquido de grande tamanho facilitando a leitura das medições, além de memória de máximo e mínimo.

### Tacógrafo



Disco do tacógrafo

Tacógrafo é um dispositivo empregado em veículos para monitorar o tempo de uso, a distância percorrida e a velocidade que desenvolveu. Foi criado por Max Maria von Weber, sendo aplicado inicialmente em trens.

Utiliza um disco-diagrama de papel carbonado para registrar as informações, sendo que cada disco pode registrar a informação de um dia, uma semana ou outro período de tempo conforme a versão do aparelho. Versões digitais e mais recentes destes aparelhos utilizam smart cards, ajudando a evitar adulterações nos registros.

Muito utilizado por empresas de transporte, assegura que os motoristas estejam cumprindo suas horas de trabalho sem excedê-las. Também ajuda a evitar multas por excesso de velocidade por registrar a velocidade desenvolvida durante os trajetos. Vários países tornaram o uso do tacógrafo obrigatório em veículos de transportadoras por exigência de sindicatos. Sua utilização obrigatória no Brasil se deve através da Lei 9503 de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro. Quem faz a utilização do Tacógrafo, é obrigatório por lei, fazer aferição(revisão), de dois em dois anos, com a comprovação de lacração e selagem do mesmo, obtendo junto um certificado.

## **Termopar**

Termopares são sensores de temperatura simples, robustos e de baixo custo, sendo amplamente utilizados nos mais variados processos de medição de temperatura. Um termopar é constituído de dois metais distintos unidos em uma das extremidades. Quando há uma diferença de temperatura entre a extremidade unida e as extremidades livres, verifica-se o surgimento de uma diferença de potencial que pode ser medida por um voltímetro. Diferentes tipos de termopares possuem diferentes tipos de curva diferença de potencial versus temperatura.

### **Termopares**

Os termopares disponíveis no mercado têm os mais diversos formatos, desde os modelos com a junção a descoberto que têm baixo custo e proporcionam tempo de resposta rápido, até os modelos que estão incorporados em sondas. Estão disponíveis uma grande variedade de sondas, adequadas para diferentes aplicações (industriais, científicas, investigação médica, etc...).

Quando se procede à escolha de um termopar deve-se ponderar qual o mais adequado para a aplicação desejada, segundo as características de cada tipo de termopar, tais como a gama de temperaturas suportada, a exatidão e a confiabilidade das leituras, entre outras.

Também deve-se levar em consideração, além da especificação do tipo de liga, a construção física do termopar. Para cada processo é necessário uma construção física específica, já que alguns processos agridem o material utilizado. Desta forma, é imprescindível que na especificação do termopar, além da liga, seja levada em consideração sua construção física externa.

### **Tipo K (Cromel / Alumel)**

O termopar tipo K é um termopar de uso genérico. Tem um baixo custo e, devido à sua popularidade estão disponíveis variadas sondas. Cobrem temperaturas entre os -200 e os 1200 °C, tendo uma sensibilidade de aproximadamente 41 $\mu$ V/°C

Termoelemento positivo (KP): Ni90%Cr10% (Cromel)

Termoelemento negativo (KN): Ni95%Mn2%Si1%Al2% (Alumel)

Faixa de utilização: -270 °C a 1200 °C [

f.e.m. produzida: -6,458 mV a 48,838 mV

**Tipo E (Cromel / Constantan)**

Este termopar tem uma elevada sensibilidade (68  $\mu$ V/°C) que o torna adequado para baixas temperaturas.

Termoelemento positivo (EP): Ni90%Cr10% (Cromel)

Termoelemento negativo (EN): Cu55%Ni45% (Constantan)

Faixa de utilização: -270 °C a 1000 °C

f.e.m. produzida: -9,835 mV a 76,373 mV

**Tipo J (Ferro / Constantan)**

A sua gama limitada (-40 a 750 °C) é a responsável pela sua menor popularidade em relação ao tipo K. Quaisquer equipamentos, controladores e indicadores de temperatura, podem ser configurados para termopares do TIPO J, ainda muito utilizado na indústria, por ser barato e muito confiável. A utilização do tipo J acima dos 760 °C leva a uma transformação magnética abrupta que lhe estraga a calibração.

Termoelemento positivo (JP): Fe99,5%

Termoelemento negativo (JN): Cu55%Ni45% (Constantan)

Faixa de utilização: -210 °C a 760 °C

f.e.m. produzida: -8,096 mV a 42,919 mV

**Tipo N (Nicrosil / Nisil)**

A sua elevada estabilidade e resistência à oxidação a altas temperaturas tornam o tipo N adequado para medições a temperaturas elevadas, sem

recorrer aos termopares que incorporam platina na sua constituição (tipos B, R e S). Foi desenhado para ser uma “evolução” do tipo K.

#### Tipo B (Platina / Ródio-Platina)

Os termopares tipo B, R e S apresentam características semelhantes. São dos termopares mais estáveis, contudo, devido à sua reduzida sensibilidade (da ordem dos  $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ), utilizam-se apenas para medir temperaturas acima dos  $300^\circ\text{C}$ . Note-se que devido à reduzida sensibilidade destes termopares, a sua resolução de medida é também reduzida.

Adequado para medição de temperaturas até aos  $1800^\circ\text{C}$ .

Contra aquilo que é habitual nos outros termopares, este origina a mesma tensão na saída a  $0$  e a  $42^\circ\text{C}$ , o que impede a sua utilização abaixo dos  $50^\circ\text{C}$ . Em compensação, utiliza cabos de extensão de cobre comum desde que a sua conexão com o termopar esteja neste intervalo ( $0^\circ\text{C}$  a  $50^\circ\text{C}$ ). Os demais termopares necessitam de cabos de ligação com o mesmo material do termopar, sob o risco de formarem com o cobre um "outro termopar", se a conexão estiver a temperatura diferente do instrumento de processamento do sinal (p.ex. transmissor)

Termoelemento positivo (BP): Pt70,4%Rh29,6% (Ródio-Platina)

Termoelemento negativo (BN): Pt93,9%Rh6,1% (Ródio-Platina)

Faixa de utilização:  $50^\circ\text{C}$  a  $1820^\circ\text{C}$

f.e.m. produzida:  $0,000 \text{ mV}$  a  $13,820 \text{ mV}$

#### Tipo R (Platina / Ródio-Platina)

Adequado para medição de temperaturas até aos  $1600^\circ\text{C}$ . Reduzida sensibilidade ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) e custo elevado.

Termoelemento positivo (RP): Pt87%Rh13% (Ródio-Platina)

Termoelemento negativo (RN): Pt100%

Faixa de utilização:  $-50^\circ\text{C}$  a  $1768^\circ\text{C}$

f.e.m. produzida:  $-0,226 \text{ mV}$  a  $21,101 \text{ mV}$

#### Tipo S (Platina / Ródio-Platina)

Adequado para medição de temperaturas até aos 1600 °C. Reduzida sensibilidade (10  $\mu$ V/°C), elevada estabilidade e custo elevado.

Termoelemento positivo (SP): Pt90%Rh10% (Ródio-Platina)

Termoelemento negativo (SN): Pt100%

Faixa de utilização: -50 °C a 1768 °C

f.e.m. produzida: -0,236 mV a 18,693 mV

**Tipo T (Cobre / Constantan)**

É dos termopares mais indicados para medições na gama dos -270 °C a 400 °C.

Termoelemento positivo (TP): Cu100%

Termoelemento negativo (TN): Cu55%Ni45% (Constantan)

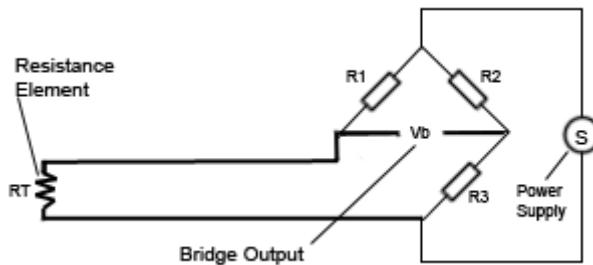
Faixa de utilização: -270 °C a 370 °C

f.e.m. produzida: -6,258 mV a 20,872 mV

### Comparação de tipos

		Sem definição
		Sem definição
Sem definição	Sem definição	Sem definição

## Termorresistência



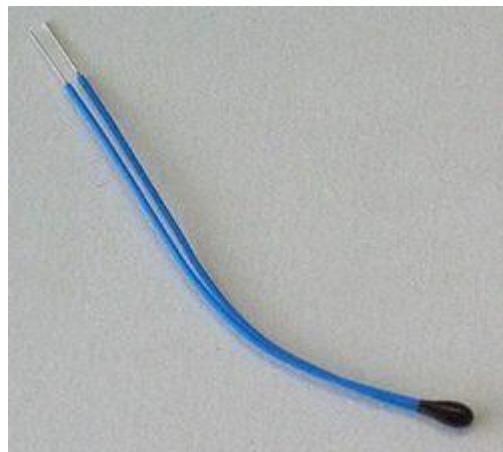
Configuração mais simples de uma termorresistência

Uma termorresistência (RTD do inglês Resistance Temperature Detector) é um instrumento que permite conhecer a temperatura do meio ambiente, recorrendo à relação entre a resistência eléctrica de um material e a sua temperatura.

A maior parte das termorresistências são feitas de platina, mas são também utilizados outros materiais, como por exemplo o níquel. Por norma, quando se fala de uma termorresistência ela é identificada pelo material que a constitui e pela resistência que apresenta a 0 °C. Por exemplo, uma Pt-100 será uma termorresistência de platina que a 0 °C apresenta uma resistência de 100 Ω, ao passo que uma Ni-500 será uma termorresistência de níquel que a 0 °C apresenta uma resistência de 500 Ω.

## Termíster

Termíster (ou termistor) são semicondutores sensíveis à temperatura.



Termíster do tipo NTC

Existem basicamente dois tipos de termistores:

NTC (do inglês Negative Temperature Coefficient) - termistores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é negativo: a resistência diminui com o aumento da temperatura.

PTC (do inglês Positive Temperature Coefficient) - termistores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é positivo: a resistência aumenta com o aumento da temperatura.

Conforme a curva característica do termistor, o seu valor de resistência pode diminuir ou aumentar em maior ou menor grau em uma determinada faixa de temperatura.

Assim alguns podem servir de proteção contra sobreaquecimento, limitando a corrente eléctrica quando determinada temperatura é ultrapassada. Outra aplicação corrente, no caso a nível industrial, é a medição de temperatura (em motores por exemplo), pois podemos com o termistor obter uma variação de uma grandeza eléctrica em função da temperatura a que este se encontra.

A Medição de Nível, assim como toda boa atividade que envolve Automação e Instrumentação Industrial, quando utilizada de maneira criteriosa e planejada, reduz custos, aumenta a produtividade e contribui com a qualidade e a segurança da produção em que você trabalha.

A eficiência da planta que você atua e/ou gerencia depende da qualidade da instrumentação, da confiabilidade dos equipamentos e do suporte dos melhores fornecedores.

A indústria vem aumentado a demanda de controle de processos a cada dia. Manter um controle adequado tem se tornado cada vez mais importante não apenas para operadores de campo, mas também para toda empresa, incluindo executivos e gerentes de diferentes setores.

Isso é resultado de dois fatores: redução dos custos de produção e aumento do foco em segurança do trabalho.

#### Eficiência e Redução de custos na medição de nível

O principal objetivo da medição de nível é manter o controle do processo produtivo seja em volume ou peso. Se a sua medição é eficiente, você terá como resultado um maior rendimento da produção, pois os processos serão feitos sem interrupções.

A medição de nível é um elemento fundamental dentro de um sistema de calibração de tanques. Medições de nível mais precisas aumentam

significativamente a eficiência da planta. É comum encontrar níveis de precisão de até 3mm.

Por exemplo, se um silo de grãos precisa estocar uma certa quantidade de material o tempo inteiro, mas não é preenchido em sua capacidade máxima por falhas na medição, a unidade de produção poderá precisar de silos adicionais, acarretando despesa de compra e manutenção desnecessárias.

Muitos processos necessitam de um fluxo contínuo, entrada e saída de materiais. É inviável obter um fornecimento consistente com taxas variáveis ou se houver incidentes na linha de abastecimento.

#### Segurança do trabalho na medição de nível

A medição de nível também é feita por razão de segurança. Imagine o transbordamento acidental de um tanque de ácido causado por uma medição imprecisa.

A medição de nível permite:

A avaliação do estoque de tanques de armazenamento;

O controle dos processos contínuos em que existam volumes líquidos ou sólidos, de acumulação temporária, amortecimento, mistura, resistência etc.

A medição de nível faz parte dos processos de automação e sua decorrente instrumentação industrial. Para entender melhor tudo que envolve a medição de nível é importante entender que ela está inserida no contexto da automação industrial e serve para o controle de processos.

A automação de um modo geral vem trazendo ao longo do tempo uma série de benefícios nos mais diversos setores da indústria e da própria sociedade.

A automação industrial, mais precisamente a instrumentação industrial, quando utilizada com critério e de forma planejada, reduz drasticamente os custos, aumenta a produtividade e contribui com a qualidade e a segurança na produção.

A principal melhoria alcançada pela automação envolve a mão de obra. Toda instrumentação faz com que os trabalhadores se livrem de atividades monótonas, repetitivas e, principalmente, perigosas. É uma melhoria tanto para o financeiro quanto para a segurança do trabalho no setor industrial.

O processo contínuo é aquele que operam ininterruptamente grande quantidade de produtos e materiais nas mais diversas formas sem manipulação direta. São processos caracterizados por tubulações, tanques, trocadores de calor, misturadores, reatores, entre outros.

As indústrias química, petroquímica, alimentícia e de papel e celulose, são algumas áreas que os processos contínuos atuam.

Um processo pode ser controlado por meio da medição de variáveis que representam o estado desejado e pelo ajuste automático de outras variáveis, de maneira a se conseguir o valor que se deseja para a variável controlada. As condições ambientais devem sempre ser incluídas na relação de variáveis de processo.

As variáveis de processo são as grandezas físicas que afetam o desempenho de um processo e podem mudar de valor espontaneamente em virtude de condições internas ou externas. Por essa razão, essas variáveis típicas de processos contínuos necessitam de controle.

As principais variáveis medidas e controladas nos processos contínuos são: pressão, vazão, temperatura, nível, pH, condutividade, velocidade e umidade.

### Vasos de pressão

Vasos de pressão são todos os reservatórios, de qualquer tipo, dimensões ou finalidades, não sujeitos à chama, fundamentais nos processos industriais que contêm fluidos e sejam projetados para resistir com segurança a pressões internas diferentes da pressão atmosférica, ou submetidos à pressão externa, cumprindo assim a função básica de armazenamento.

### Aplicações

Em refinarias de petróleo, Usinas de Açucar e Etanol, Indústrias Químicas e Petroquímicas os vasos de pressão constituem um conjunto importante de equipamentos que abrangem os mais variados usos. O projeto e a construção de vasos de pressão envolve uma série de cuidados especiais e exige o conhecimento de normas e materiais adequados para cada tipo de aplicação, pois as falhas em vasos de pressão podem acarretar consequências catastróficas até mesmo com perda de vidas, sendo considerados os Vasos de Pressão equipamentos de grande periculosidade.

Vasos de Pressão e Reservatórios de Ar comprimido se enquadram na norma NR-13 e ASME VIII

### Regulamentação

No Brasil, após a publicação da NR-13 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego), estabeleceram-se critérios mais rigorosos para o

projeto, inspeção, manutenção e operação de vasos de pressão, tendo como objetivo principal a diminuição de acidentes envolvendo estes equipamentos.

Os vasos de pressão são reservatórios, com tipos, dimensões e finalidades diferentes, essenciais para os processos industriais que envolvam a utilização de fluidos ou gases, devendo ser projetados para resistir com segurança a pressões internas diferentes da pressão normal do ambiente, preservando os fluidos e gases em seu interior.

Os vasos de pressão servem, basicamente, para três finalidades:

- Armazenar gases sob pressão, para que possam ter um maior peso num volume relativamente pequeno;
- Acumulação intermediária de gases e líquidos, em sistemas onde é necessária essa função, entre as etapas de um mesmo processo ou mesmo entre processos diferenciados entre si;
- Processamento de gases e líquidos, quando o processo de transformação exige que as condições sejam feitas sob pressão.

Os vasos de pressão necessitam de projetos específicos para sua construção, mantendo cuidados especiais na fabricação, na montagem e nos testes, uma vez que podem trazer riscos aos operadores, por operar com altas pressões e temperaturas elevadas. Normalmente, os vasos de pressão também possuem um custo unitário elevado, daí vindo tantos cuidados em sua montagem, precisando assim que operem pelo máximo de tempo possível dentro das estritas condições de segurança, sem a necessidade de paradas do equipamento para manutenção, reduzindo assim os custos operacionais.

Vasos de pressão são utilizados em usinas de açúcar e etano, em indústrias químicas e petroquímicas, constituindo um conjunto de equipamentos que servem para os mais variados usos. Os reservatórios de ar comprimido de compressores, utilizados para fins de recupagens, para uso de frigoríficos, indústrias as mais diversas, também se utilizam dos vasos de pressão, podendo ser encontrados nos digestores, nos trocadores de calor, nos boillers, cozedores de alimentos, evaporadores, reatores, etc.

Diante dos perigos que podem causar, os vasos de pressão precisam ser projetados, fabricados e operados dentro de uma série de normas, utilizando-se materiais adequados para cada tipo de aplicação, já que qualquer falha pode acarretar sérias consequências, inclusive podendo provocar perda de vidas humanas. Vasos de pressão estão entre os equipamentos considerados de alta periculosidade.

Em sua classificação geral, podemos encontrar os seguintes tipos de vasos de pressão:

- Vasos não sujeitos a chama;
- Vasos de acumulação e armazenamento;
- Torres de destilação, podendo ser fracionadoras, retificadoras e absorvedoras;
- Reatores;
- Esferas de armazenamento de gases;
- Permutadores de calor.

Nessa classificação também podemos considerar os vasos de pressão segundo sua capacidade de suportar diferenças de pressão com relação à pressão normal atmosférica:

- Vasos atmosféricos, quando a pressão interna é a mesma da externa;
- Vasos de baixa pressão, quando não existe muita diferença entre a pressão interna e a externa;
- Vasos de alta pressão, quando se exige maior concentração dos fluídos e gases dentro dos vasos, em diferenças mais acentuadas entre as pressões interna e externa.

Para apresentar maior segurança, os vasos de pressão precisam ter:

- Uma válvula ou dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalada diretamente no vaso ou no sistema

onde ele está inserido (PMTA é a Pressão Máxima de Trabalho Permitida pelo equipamento, que é acionado automaticamente em caso de riscos);

- Dispositivo de segurança contra bloqueio inadvertido da válvula, quando esta não estiver instalada diretamente no vaso de pressão;
- Um manômetro, instrumento que indica a pressão de operação do vaso.

### **Processos de fabricação de tubos**

#### **TUBOS SEM COSTURA**

- ✓ Laminção - Dia. Grandes
- ✓ Extrusão - Dia. Pequenos
- ✓ Fundição

#### **TUBOS COM COSTURA**

- ✓ Fabricação por solda

