

## **A Pirâmide da Automação Industrial seus níveis hierárquicos de controle e trabalho, Tipos de Propagação de erros e Malhas de Controle**

Gabryella Andrade; João Paulo; Marcos Antônio; Matheus Verissimo; Uberdan Quaresma; *Jomar Teodoro Gontijo*

*Instituto de Ensino Superior e Pesquisa – Universidade do Estado de Minas Gerais; Divinópolis – MG*

*Engenharia de Produção, 8º Período 2016*

### **Resumo**

Este artigo tem a finalidade de descrever a Pirâmide da Automação Industrial apresentando seus níveis hierárquicos e controles de trabalho de modo a demonstrar o método de trabalho adotado na indústria com base na instrumentação e simbologia dos medidores bem como apresentar os tipos de Erros encontrados durante os cálculos dos processos industriais e os tipos de Malhas de Controles existentes no processo.

Palavras-chave: automação, instrumentação, erros, controle.

### **Abstract**

This article has the purpose to describe the Industrial Automation Pyramid presenting hierarchical levels and job control in order to demonstrate the method of work assumed in the industry based on instrumentation and symbology of meters and introduce the types of found errors in the calculations industrial processes and types of checking meshes in the process.

Keywords: automation, instrumentation, errors, control.

### **Introdução**

A Pirâmide da Automação Industrial apresenta de forma hierárquica os níveis de controle e trabalho em automação industrial através de cinco níveis.

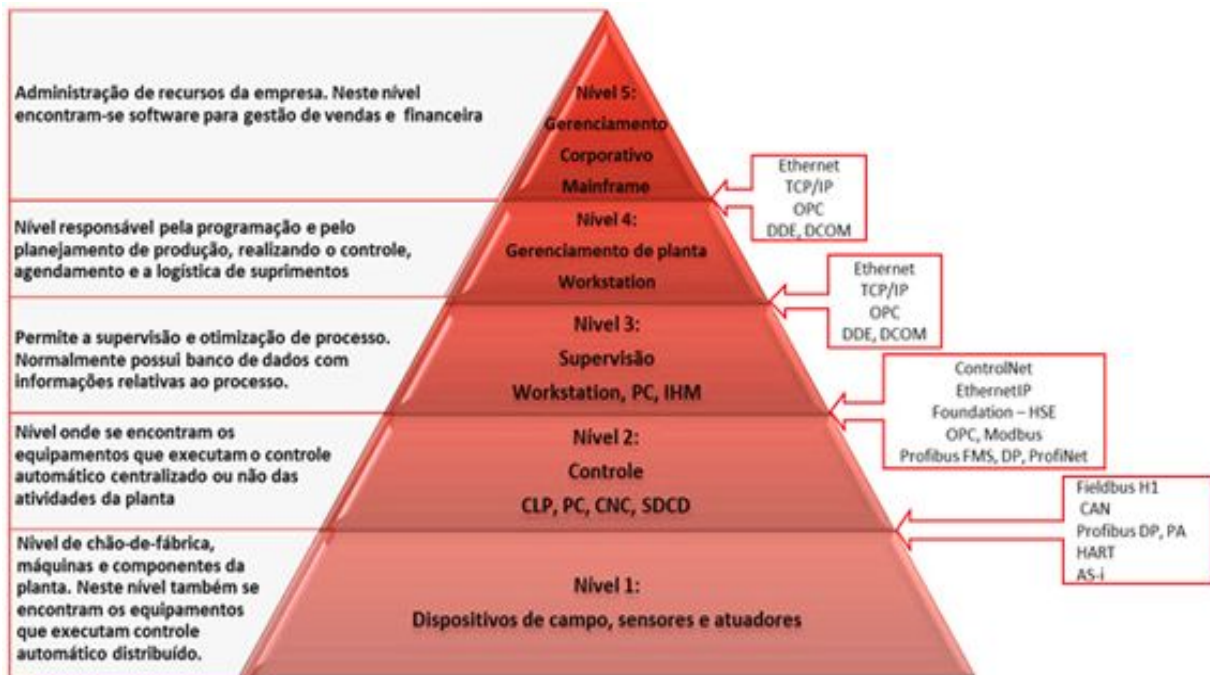
**Nível 1 – Aquisição de Dados e Controle Manual:** composto por dispositivos de campo. Atuadores, sensores, transmissores e outros componentes presentes na planta compõem este nível.

**Nível 2 – Controle Individual:** compostos por equipamentos responsáveis por realizar o controle automatizado das atividades da planta. CLP's (Controlador Lógico Programável), SDCD's (Sistema Digital de Controle Distribuído) e relés.

**Nível 3 – Controle de Célula, Supervisão e Otimização do Processo:** responsável pela 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:** responsável pela parte de programação e planejamento da produção. Auxilia tanto no controle de processos industriais e na logística de suprimentos.

**Nível 5 – Planejamento Estratégico e Gerenciamento Corporativo:** responsável pela administração dos recursos da empresa que conta com softwares para ajudar na tomada de decisões.



Fonte: Blog Automação Industrial

Para controlar o resultado dos processos industriais e conseguir melhor exatidão durante as atividades realizadas as indústrias necessitam conhecer a fundo os tipos de erros e as suas malhas de controle para fabricar produtos com padrões internacionais e confiáveis ao seu consumidor final, assim torna-se necessário o empenho em análise de cada tipo de erro existente e o conhecimento dos processos de malhas de controle.

## A Pirâmide da Automação Industrial seus níveis hierárquicos de controle e trabalho

### Nível- 1 Dispositivos de Campo

#### Instrumentação

Em linhas gerais, a “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. Em indústrias, tais como siderúrgica, petroquímica,

alimentícia, papel, entre outras, a instrumentação é responsável pelo rendimento máximo de um processo, pois, faz com que toda energia cedida seja transformada em trabalho na elaboração do produto desejado (CHAVES, 2002).

Em todos estes processos é absolutamente necessário controlar algumas variáveis, tais como: pressão, vazão, temperatura, nível, pH, condutividade, velocidade e umidade. Os instrumentos de medição e controle permitem manter constantes as variáveis do processo, objetivando a melhoria em qualidade, o aumento em quantidade do produto e a segurança (GONCALVES,2003).

### **Malhas de controle**

A malha de controle pode ser definida como um conjunto de instrumentos e equipamentos com o objetivo de controlar uma determinada variável no processo, geralmente elas controlam a variável de saída. Esse controle pode ser de duas formas, malhas abertas ou fechadas.

Malhas abertas: Nessa forma de controle a informação sobre a variável controlada não é utilizada para ajustar nenhuma variável de entrada.

Malha Fechada: O controle realizado na malha fechada pode ser realizado por um operador humano ou com o auxílio de algum instrumento de controle automático.

### **Classes dos instrumentos**

- Os instrumentos podem ser divididos em até 6 classes diferentes, são elas:
- Instrumento de medição indicador: É o instrumento que apresenta uma indicação, Ex: Micrômetro;
- Instrumento de medição registrador: Esse instrumento deve fornecer um registro da indicação; Ex: Barógrafo;
- Transmissor: São responsáveis por detectar a variação de medida e transmitir à distância. Ex: Transmissor de Vazão;
- Transdutor: Sua função é receber a informação e fornecer um sinal de saída resultante. Ex: Conversor
- Controlador: Instrumento que realiza a comparação entre a variável de um processo e fornece um sinal de saída.
- Elemento final de controle: Esses mecanismos variam em quantidade de material em resposta ao sinal enviado pelo controlador.

### **Definições da Instrumentação**

Para que os resultados obtidos dentro das atividades da instrumentação sejam analisados e compreendidos com clareza são utilizadas diversas definições para ações dentro desse campo.

Veja a seguir algumas ações e suas definições dentro da instrumentação:

- Faixa de medida (RANGE) : São os conjuntos de valores da variável analisada;
- Alcance (SPAM): É a diferença entre o valor superior e inferior da faixa que o instrumento utiliza para realizar as medições;
- Erro: Diferença entre o valor indicado pelo instrumento e o valor real apresentado pela variável medida;
- Precisão: Indica o maior valor de erro estático que o instrumento pode apresentar em sua faixa de trabalho;
- Sensibilidade: É a razão entre a variação do valor indicado pela variável que acionou, após atingir o estado de repouso;
- Conformidade: É o desvio máximo de forma percentual que uma variável vai se distanciando de sua curva característica;
- Reprodutibilidade: É a diferença máxima encontrada utilizando um valor conhecido diversas vezes.

### **Instrumentação: Pressão**

A pressão é uma grandeza que se mede com relação a referência. Ela pode ser medida como pressão relativa se a referência em questão é a pressão atmosférica ou como pressão absoluta, caso a referência seja o vácuo. Os instrumentos utilizados para medição da pressão podem ser elétricos ou mecânicos, entre eles podemos citar:

- Coluna Vertical;
- Tubo de Bourdon;
- Diafragma;
- Fole.

### **Instrumentação: Vazão**

É definido como vazão a quantidade de produto que passa pelo instrumento em um determinado tempo, podem ser considerados para o cálculo da vazão a massa e o volume do produto. O acompanhamento dos dados de vazão é essencial para todas as fases manipulação de fluidos, seja na produção, processamento ou distribuição do produto. O conjunto do instrumento é formado por um medidor que na maioria das vezes pode vir acompanhado de outras peças como: retificadores de vazão, reguladores do perfil da velocidade, filtros e tomadas de medições.

Os medidores de vazão podem ser de vários tipos, como por exemplo:

- Tubo de Venturi;
- Tubo de Dall;
- Placa de orifício;

- Efeito eletromagnético;
- Ultra-sônico;
- Vortex.

### **Instrumentação: Temperatura**

Todos os corpos se encontram moléculas em constante agitação, definimos como temperatura o grau de agitação dessas moléculas, quanto mais agitadas mais quentes e quanto menos agitadas mais frias. A temperatura pode ser considerada a variável mais importante de qualquer processo produtivo, sendo responsável por alterações químicas e físicas no produto. Sendo assim a temperatura afeta diretamente o comportamento podendo provocar por exemplo:

- Alteração na qualidade do produto;
- Aumento ou diminuição na segurança do equipamento e do operador;
- Maior ou menor custo de produção.
- Entre os principais medidores de temperatura utilizados nos processos industriais podemos citar:
  - Termômetros de vidro;
  - Termômetro de gás pressurizado;
  - Termômetros bimetálico;
  - Pirômetro óptico.

### **Instrumentação: Nível**

A medição de um nível em um reservatório, seja de um material líquido ou sólido é efetuada com o objetivo de manter o essa variável entre um valor que seja fixo ou entre dois valores já determinados. Para realizar a medição podem ser utilizados dois métodos:

Método de medição direta: É a medição feita com base na posição do plano superior da substância que é medida.

Método da medição indireta: É o tipo de medição feita para determinar o nível em função de uma segunda variável.

Entre os principais medidores de níveis utilizados nos processos industriais podemos citar:

#### **Diretamente:**

- Régua ou gabarito;
- Visores de nível;
- Boia ou flutuado.

#### **Indiretamente;**

- Por pesagem;

- Pressão diferencial;
- Borbulhador.

## **Chão de Fábrica**

Nessa primeira fase da pirâmide encontra-se o nível das máquinas, equipamentos e componentes que integram a planta. Essa área é caracterizada pela “inteligência” em baixo nível, mas nem por isso ela deixa de apresentar equipamentos sofisticados mas que por sua vez geram uma pequena quantidade de dados para o sistema. Tais redes possuem na maioria das vezes uma funcionalidade restrita.

Os chamados “Dispositivos de Campo” que são frequentemente utilizados no chão de fábrica, serão divididos em três grupos onde será feito um breve aprofundamento em suas áreas de importância significativa para este artigo. As divisões serão:

- Sensores Analógicos;
- Sensores Digitais;
- Atuadores.

## **Definição de Sensor**

O sensor pode ser definido como “aquilo que sente”. No cenário da eletrônica o sensor é classificado como uma ferramenta que possibilita uma análise de uma condição em questão, seja ela algo simples como determinar a temperatura de um ambiente ou uma atividade mais complexa como identificar a rotação de um motor.

## **Sensores Analógicos**

São encontrados com extrema facilidade em qualquer operação que necessite de algum acompanhamento. Esse tipo de sensor, mesmo limitado entre dois valores já estipulados (geralmente máximo e mínimo) podem identificar diversos valores dentro dessa faixa. Existem diversos tipos de sensores analógicos, entre eles podemos citar alguns exemplos como:

- Potenciômetros: Captam o giro e o deslizamento;
- Sliders: Captam um deslocamento linear sobre uma superfície;
- Termistores: Captam a temperatura de um determinado ambiente;
- Foto-resistores: Captam a luz;
- Flexores: Captam a flexão / movimento;
- Acelerômetros: Captam a inclinação ou o movimento do objeto que estão posicionados para atuar;

- Piezo Elétrico: Produzem uma variação de voltagem quando são submetidos a uma deformação, dessa forma captam, força, temperatura ou som;
- Infravermelhos: Captam a interrupção ou a presença da luz vermelha;
- Biopotencias: Realizam a medição de energia gerada pelos movimentos vitais do corpo;
- Eletromagnéticos: Fazem a medição do campo magnético no entorno de um corpo físico;
- Sonoros: Captam as vibrações sonoras.

## Sensores Digitais

Os sensores digitais trabalham de forma definida, os seus níveis dois níveis são High( Alto) ou Low (Baixo), basicamente esse modelo utiliza um código binário para suas ações, dispondo de 1 e 0 para o processamento de dados. Diferente dos sensores analógicos que podem variar suas medições dentro de uma faixa estabelecida, os sensores digitais podem apresentar apenas dados ou estados já pré-definidos, impossibilitando a existência de um valor intermediário entre eles.

Para facilitar a compreensão do funcionamento de sensores digitais, vamos utilizar um sistema infravermelho de exemplo. Nesse sistema apenas dois estados são possíveis, se o feixe infravermelho atinge o receptor, um baixo nível de tensão é identificado. Em caso de obstrução do feixe, um alto nível de tensão é constatado, sendo assim é impossível um nível de tensão intermediário.

Veja a seguir algumas formas de chaves digitais:

- Chaves Digitais

A chaves digitais tem um funcionamento muito simples, pois elas permitem indicar se ocorre a passagem de energia ou não. Esse modelo é encontrado com extrema facilidade em qualquer operação da indústria, da mais simples até a mais complexa.

- Chave Magnética

Também chamadas de “Reed Switch”, esse formato tem a mesma função de uma chave digital, o que a diferencia é que sua ativação é feita por um ímã. Ela se trata de dois contatos elétricos abertos, porém na presença de um campo magnético em volta desses contatos eles se fecham e permitem a passagem de corrente elétrica. Vale ressaltar que os contatos ficam dentro de uma capsula de vidro, dessa forma eles ficam protegidos da corrosão atmosférica.

- Par Ótico

Esse sensor se trata de um conjunto formado por um LED emissor de infravermelho e um fototransistor, ele é utilizado na transmissão de dados sem fio ( controle de TV, mouse sem fio, etc ). Os sinais enviados pelo LED são captados pelo fototransistor que são destinados a outro circuito que faz a análise dos dados obtidos.

- Sensor de Mercúrio

Chamado de sensor TILT, esse sensor é formado por um bulbo com dois terminais metálicos. Dentro desse bulbo se encontra uma gota de mercúrio, dependendo da posição do bulbo a gota encosta nos dois terminais permitindo a passagem de corrente elétrica.

### **Atuadores**

É definido como atuador um elemento que produz movimento, ele pode atender a comandos manuais, elétricos ou mecânicos. Nesse sistema é encontrado um servomecanismo que deverá obedecer os comandos, acoplados a um sistema de malha fechada.

Veja a seguir alguns exemplos de atuadores:

- Atuadores elétricos (motores): É um dispositivo que permite a transformação de energia elétrica em energia mecânica.
- Atuadores Pneumáticos: Utilizam um gás para sua movimentação. Geralmente são mais baratos que atuadores hidráulicos, porém possuem uma baixa precisão em suas atividades e uma grande limitação de suas ações.
- Atuadores Hidráulicos: Necessitam de um fluido a pressão para sua movimentação. Sua principal aplicação são em máquinas que operam direto e com um ritmo elevado de potência e velocidade.

### **Nível 2- Controle do Processo**

Nível onde se encontram os equipamentos que executam o controle automático/autômato das atividades da planta. O nível 2 é responsável pelo controle de todos os equipamentos de automação do nível 1 e engloba os controladores digitais, dinâmicos e lógicos, como os CLPs, e de supervisão associada ao processo fabril. Esses equipamentos também são responsáveis por repassar os comandos dos níveis superiores para as máquinas da planta da fábrica (nível 1). São os CLPs que “delegam” as tarefas para os equipamentos do nível 1



## **Equipamentos e dispositivos.**

### **CLP**

Um CLP é um computador de pequeno porte, autocontido e robusto projetado para controlar processos no ambiente industrial. Cada CLP contém um microprocessador programado para dirigir os terminais de saída de uma maneira especificada, com base dos valores dos terminais de entrada.

### **PC**

Usa de computadores apropriados para a automação. Não são simplesmente modelos desktops de mesa, são computadores industriais que podem ser alocados em painéis de controle.

### **CNC**

CNC é a sigla de Controle Numérico Computadorizado, ou Comando Numérico Computadorizado. É uma evolução do termo NC, que significa apenas Comando Numérico. Como o próprio nome diz, refere-se ao controle de máquinas ferramentas programáveis por computador.

### **SDCD**

Sistema Digital de Controle Distribuído

#### **Digital**

Sistema baseado em computadores digitais

#### **Controle**

Destinado a realizar funções de controle em processos industriais

#### **Distribuído**

As funções de controle podem estar distribuídas em diversas estações / equipamentos. As estações / equipamentos podem estar distribuídos geograficamente na fábrica.

## **Perfil profissional nível 2**

### **Conhecimentos Técnicos**

São necessários conhecimentos técnicos em áreas além das citadas anteriormente: computação, redes, telecomunicações e em automação, principalmente em CLPs.

### **Conhecimentos Gerenciais**

Gerenciamento de equipamentos, ainda há muito contato com o sistema. Os supervisores possuem uma visão mais abrangente (sistêmica) que os supervisores do nível 1.

### **Nível 3- Supervisão**

Controle de Célula, Supervisão e Otimização do Processo: Supervisão dos processos executados por uma determinada célula de trabalho em uma planta, podendo encontrar dados no banco de dados como informações sobre qualidade da produção, relatórios e estatísticas. Na maioria dos casos, também obtém suporte de um banco de dados com todas as informações relativas ao processo. Nesse nível se obtém um suporte de um banco de dados com todas as informações relativas ao processo, sobre qualidade da produção, relatórios e estatísticas. Os sistemas supervisores concentram as informações passadas pelos equipamentos dos níveis 1 e 2 e as repassam para os níveis administrativos (níveis 4 e 5). Permite a supervisão do processo. Normalmente possui banco de dados com informações relativas ao processo.

#### **Exemplo de sistema de supervisão**

Faz-se uso de animações e gráficos para representar o processo e facilitar o monitoramento do mesmo. Há softwares específicos para tal feito, mas é possível criar um modelo de simulação próprio.

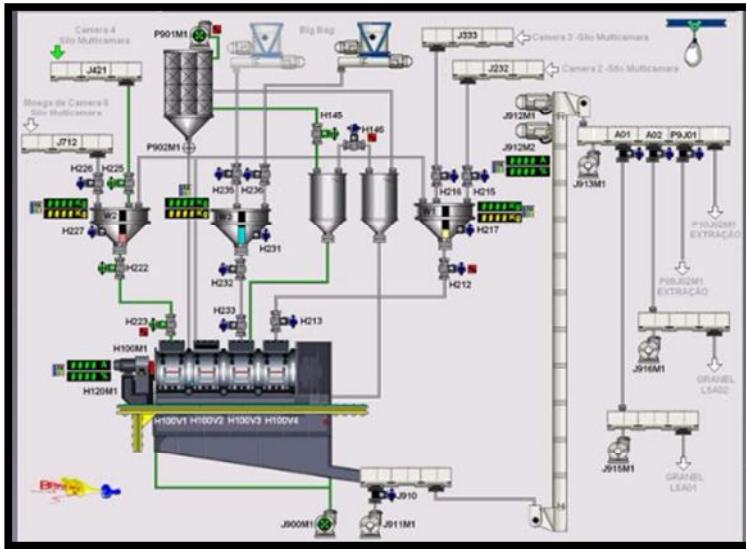
#### **IHM**

IHM significa “Interação Homem Máquina” ou “Interface Homem Máquina”. Você também poderá se deparar por aí com a sigla em inglês HMI, que quer dizer “Human-Machine Interface”. Assim sendo, o IHM é um equipamento com algum tipo de visor ou tela que serve para facilitar a comunicação entre as pessoas e as máquinas.

#### **Workstation**

Workstation, ou estação de trabalho, é o computador com capacidade de processamento de cálculos e gráficos superior aos comuns. Eles são destinados principalmente a usos profissionais específicos, tais como arquitetura, desenho industrial, criação de filmes 3D ou em laboratórios de física. Não se trata simplesmente de um desktop "turbinado", pois são feitos para atender a uma finalidade específica.

## Sistema com Silos e Tanques de Processo



Fonte: Docplayer

### Perfil profissional

Profissionais de nível superior (Bacharéis e Tecnólogos) capazes de operar softwares específicos e tomar decisões importantes. São necessários conhecimentos técnicos mais abrangentes (sistêmicos), além de certo grau de autonomia na tomada de decisões.

### Nível 4 - Gestão de Planta

#### Instrumentos de medição

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. Os instrumentos de medição são classificados por função (instrumentos que podem compor uma malha). Sinal transmitido ou suprimento e tipo de sinal (SENAI – ES, 1999).

Classificação por função de instrumentos que compõe uma malha de instrumentação:

- Detector: São dispositivos com os quais conseguimos detectar alterações na variável do processo. Pode ser ou não parte do transmissor
- Transmissor: Instrumento que tem a função de converter sinais do detector em outra forma capaz de ser enviada à distância para um instrumento receptor, normalmente localizado no painel.
- Indicador: Instrumento que indica o valor da quantidade medida enviado pelo detector, transmissor, etc.

- Registrador: Instrumento que registra graficamente valores instantâneos medidos ao longo do tempo, valores estes enviados pelo detector, transmissor, Controlador 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 nos sinais de valores de entrada de acordo com uma determinada expressão e fornece uma saída resultante da operação.
- Integrador: Instrumento que indica o valor obtido pela integração de quantidades medidas sobre o tempo.
- Controlador: Instrumento que compara o valor medido com o desejado e, baseado na diferença entre eles, emite sinal de correção para a variável manipulada a fim de que essa diferença seja igual a zero.
- Elemento final de controle : Dispositivo cuja função é modificar o valor de uma variável que leve o processo ao valor desejado.

### **Classificação por Sinal de Transmissão ou Suprimento**

Tipo pneumático: Nesse tipo é utilizado um gás comprimido, cuja pressão é alterada conforme o valor que se deseja representar. Nesse caso a variação da pressão do gás é linearmente manipulada numa faixa específica, padronizada internacionalmente, para representar a variação de uma grandeza desde seu limite inferior até seu limite superior. O padrão de transmissão ou recepção de instrumentos pneumáticos mais utilizado é de 0,2 a 1,0 kgf/cm<sup>2</sup> (aproximadamente 3 a 15psi no Sistema Inglês).

- Tipo Hidráulico: O tipo hidráulico utiliza-se da variação de pressão exercida em óleos hidráulicos para transmissão de sinal. É especialmente utilizado em aplicações onde torque elevado é necessário ou quando o processo envolve pressões elevadas.
- Tipo elétrico: Esse tipo de transmissão é feita utilizando sinais elétricos de corrente ou tensão. Face a tecnologia disponível no mercado em relação a fabricação de instrumentos eletrônicos microprocessados, hoje, é esse tipo de transmissão largamente usado em todas as indústrias, onde não ocorre risco de explosão. Assim como na transmissão pneumática, o sinal é linearmente modulado em uma faixa padronizada representando o conjunto de valores entre o limite mínimo e máximo de uma variável de um processo qualquer. Como padrão para transmissão a longas distâncias são utilizados sinais em corrente contínua variando de (4 a 20 mA) e para distâncias até 15 metros aproximadamente, também utiliza-se sinais em tensão contínua de 1 a 5V.
- Tipo Digital: Nesse tipo, “pacotes de informações” sobre a variável medida são enviados para uma estação receptora, através de sinais digitais modulados e padronizados. Para que a

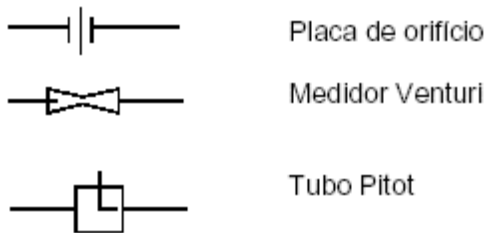
comunicação entre o elemento transmissor receptor seja realizada com êxito é utilizada uma “linguagem” padrão chamado protocolo de comunicação.

- Via Rádio: Neste tipo, o sinal ou um pacote de sinais medidos são enviados à sua estação receptora via ondas de rádio em uma faixa de frequência específica.
- Via Modem: A transmissão dos sinais é feita através de utilização de linhas telefônicas pela modulação do sinal em frequência, fase ou amplitude.

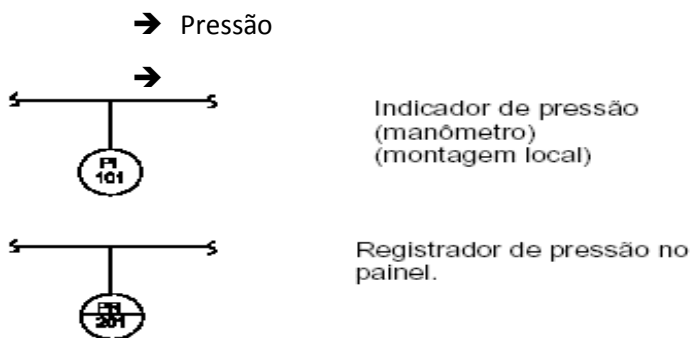
### Simbologia de instrumentação

Com objetivo de simplificar e globalizar o entendimento dos documentos utilizados para representar as configurações utilizadas para representar as configurações das malhas de instrumentação, normas foram criadas em diversos países. No Brasil Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através de sua norma NBR 8190 apresenta e sugere o uso de símbolos gráficos para representação dos diversos instrumentos e suas funções ocupadas nas malhas de instrumentação (SENAI – ES, 1999).

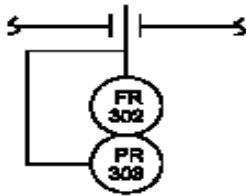
#### Instrumentação de vazão



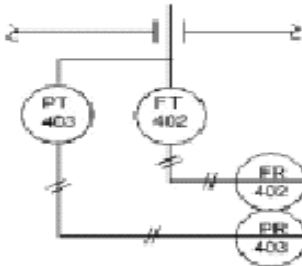
Fonte: Apostila SENAI Instrumentação



Fonte: Apostila SENAI Instrumentação

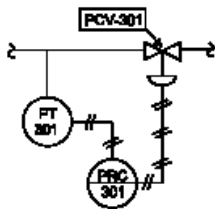


Registrador conectado a registrador de pressão (montagem local)

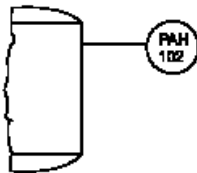


Registrador de vazão com registrador de pressão. Registradores no painel e transmissores locais com transmissão pneumática.

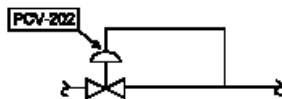
Fonte: Apostila SENAI Instrumentação



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

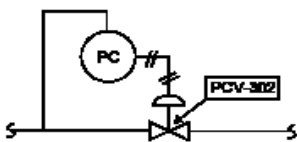


Alarme de pressão alta montagem local.

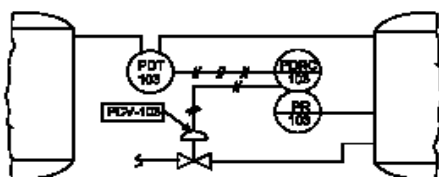


Válvula reguladora de pressão auto-atuada.

Fonte: Apostila SENAI Instrumentação

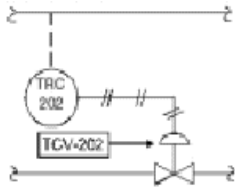


Controlador de pressão, tipo cego, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática.

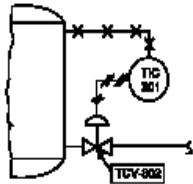


Instrumento combinado de registro e controle de nível, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática. Instrumento no painel transmissores de locais.

Fonte: Apostila SENAI Instrumentação

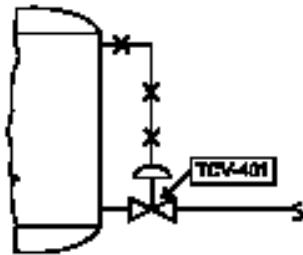


Registrador controlador de temperatura, no painel (com transmissão elétrica) comandando válvula de controle, com transmissão pneumática.



Controlador-indicador de temperatura, tipo expansão comandando válvula de controle, com transmissão pneumática.

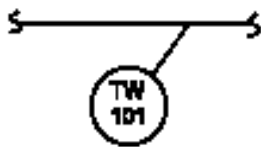
Fonte: Apostila SENAI Instrumentação



Válvula de controle auto-atuada.

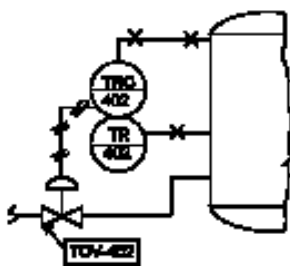
Fonte: Apostila SENAI Instrumentação

- Temperatura



Poço para termômetro ou termopar.

Fonte: Apostila SENAI Instrumentação



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

Fonte: Apostila SENAI Instrumentação

## **Nível 5 – Planejamento Estratégico e Gerenciamento Corporativo**

Planejamento estratégico é um processo contínuo e dinâmico que consiste em um conjunto de ações intencionais, integradas, coordenadas e orientadas para tornar realidade um objetivo futuro, de forma a possibilitar a tomada de decisões antecipadamente. Essas ações devem ser identificadas de modo a permitir que elas sejam executadas de forma adequada e considerando aspectos como o prazo, custos, qualidade, segurança, desempenho e outras condicionantes.

Esse Planejamento Estratégico e Gerenciamento Corporativo é o último nível da pirâmide da automação industrial, que 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.

Como podemos notar, o esquema demonstrado através da pirâmide da automação industrial tenta organizar os diferentes níveis de controle existentes através da divisão em cinco níveis hierárquicos. Os níveis mais baixos estão diretamente relacionados com os equipamentos utilizados em campo, enquanto os níveis superiores tratam do gerenciamento dos processos, da planta e da empresa.

Os computadores localizados nos níveis 4 e 5 precisam ser altamente confiáveis e possuir muita memória para o armazenamento de dados e grande capacidade de processamento. Devem contar com redundância de máquina e de disco rígido, além de restrito acesso para garantir a segurança de todo o sistema de automação.

As mais recentes tecnologias para automação do nível 3 em diante são o Manufacturing Execution System (MES), sistema de gerenciamento de operações, e o Enterprise Resource Planning (ERP), programa que realiza o planejamento de negócios e logística

O Enterprise Resource Planning trata-se de um software integrado de gestão empresarial que reúne numa única solução as informações gerenciais dos setores de uma empresa, tais como: Contabilidade, Finanças, Fiscal, RH, Suprimentos, Patrimônio e Vendas.

O sistema ERP integra as atividades, automatiza processos, facilita a gestão empresarial e elimina a necessidade de vários programas e controles departamentais paralelos.

O software ERP normalmente é disponibilizado em módulos, sendo um para cada área da empresa. A Sispro, por exemplo, dispõe de uma solução modular que pode ser implantada gradualmente, de acordo com a conveniência, necessidade e capacidade de investimento do Cliente.

Alguns módulos são comuns a qualquer segmento, como, Folha de Pagamento, Contas a Pagar, Compras, entre outros. No entanto, cada ramo de atividade possui suas particularidades e necessitam de módulos específicos. Por exemplo: um supermercado pode integrar a sua frente de caixa com o seu Financeiro, Estoque e outras áreas, para isso, utiliza um módulo para PDV. Já uma indústria que precisa controlar o seu “chão de fábrica”, necessita de um módulo específico para Planejamento e Controle de Produção.



A cada ano aumenta o número de empresas que passam a adotar sistemas de ERP em seus modelos de gestão empresarial, como reflexo à necessidade de modernização e acompanhamento das mudanças do mercado e concorrência cada vez mais agressiva.

### **A importância do ERP nas organizações**

O sistema ERP tem uma fundamental importância dentro de uma organização, uma vez que o mesmo “monitora” todo o processo empresarial, desde o início do processo organizacional até o término do mesmo. Com as informações dos diversos setores empresariais consolidados em um único sistema, torna-se de certa forma fácil de analisar todo o processo empresarial como um todo. Pode-se, por exemplo, detectar as falhas que ocorrem no gerenciamento de estoque devido à produção excessiva de determinado produto, ocasionando assim perdas significativas na organização.

### **Vantagens de um sistema ERP nas organizações**

- Redução de custos: Com o constante monitoramento da organização como um todo, detecta-se rapidamente onde estão os processos mais dispendiosos e quais os impactos financeiros que este processo irá causar caso seja modificado.
- Otimização do fluxo de informações: Pode-se determinar quais setores empresariais estão com deficiência em troca de informações e quais medidas devem ser tomadas para que o fluxo de informações flua de forma satisfatória.
- Otimização no processo de decisão: Com as informações consolidadas fica relativamente simples a tomada de decisão e suas principais consequências dentro da organização.

### **Desvantagens do sistema ERP nas organizações**

- Muitos gestores acham que a simples implantação de um sistema ERP por si só integra a organização, o que na prática não acontece, muito pelo contrário, se o sistema ERP não encontrar um ambiente adequado para seu funcionamento, pode funcionar de forma inversa ao esperado, desestruturando toda uma organização.
- Um sistema ERP deve ser implantado ao longo dos anos, de uma forma estruturada e cadencial, devido ao seu alto custo e seu grau de complexidade. Somente desta forma a relação custo/benefício investida no sistema é justificada.
- Outro ponto desfavorável é quando ocorre a compra do sistema, pois a organização fica dependente do fornecedor do software. Por isso, antes de adquirir um sistema ERP, devemos analisar o fornecedor para avaliarmos se o mesmo possui uma estrutura sólida e será capaz de honrar com seus compromissos.

- Por fim, podemos falar na resistência do usuário final, pois o mesmo se sente de certa forma controlado pelo sistema, uma vez que o sistema monitora seu trabalho. Uma das causas do não funcionamento do sistema ERP é exatamente o não comprometimento do usuário final com o sistema

## **Tipos de Propagação de erros e Malhas de controle**

### **Grandezas Físicas**

As grandezas físicas são responsáveis pelas medições que descrevem quantitativamente e qualitativamente as relações que existem entre as propriedades observadas no estudo dos fenômenos físicos. Com base nestas grandezas as propriedades das matérias podem ser medidas e quantificadas através de aparelhos ou simplesmente com base em cálculos.

Para se medir uma grandeza física é necessário utilizar uma grandeza com as mesmas características como padrão. O padrão é denominado unidade de medida. Assim com a necessidade de padronizar as medidas foi fundado o Sistema Internacional de Medidas (S.I.), que é um órgão responsável por padronizar as medidas à fim de se facilitar a comunicação na mensuração de unidades no mundo.

### **Algarismos significativos**

Através do resultado de uma medição obtemos o valor de uma grandeza física. É importante saber averiguar se o valor encontrado no processo de medição está correto com a utilização dos cálculos e arredondamentos numéricos. Quando é encontrado o resultado descrevemos os algarismos significativos como todos aqueles algarismos contados da esquerda para a direita, a partir do primeiro algarismo diferente de zero. Exemplo: Na medição 62,40cm obtemos quatro algarismos significativos e na medição de 0,0595m obtemos três algarismos significativos.

Quando realizamos uma medição com a utilização de uma régua graduada em centímetros é possível observar a medida de um objeto. Durante o processo de medição podem ser obtidos algarismos inteiros ou algarismos com casas decimais, ou seja, o algarismo que se encontra após a vírgula da esquerda para direita é um algarismo duvidoso. Exemplo: na medida de 42,8cm obtemos dois algarismos corretos (4 e 2) e um algarismo duvidoso (8), porque o último foi observado por um determinado observador e outro observador poderia realizar uma medida um pouco diferente.

### **Medições**

Medir uma grandeza física significa compará-la com uma outra grandeza do mesmo tipo, escolhida como termo de comparação ou padrão. A medição também pode ser definida como o relacionamento entre duas grandezas físicas, comparação. É um ato projetado para “obter informação quantitativa a

respeito de” algum fenômeno físico através da comparação com uma referência ou padrão [Hercerg, 1972, em Carr, 1996]. Medição é “atribuição de números para representar-se propriedades (físicas)” [Hercerg, 1972].

### **Unidade de Medição**

A unidade de medida obtém o valor numérico de uma grandeza através de uma grandeza adotada por convenção para realizar a comparação com a primeira grandeza. Para obter o comprimento de uma rua, por exemplo, é necessário adotar uma unidade de medida. O comprimento é medido com base com a utilização da unidade de medida denominada metros que foi padronizada pelo Sistema Internacional de Unidades. O Metro é definido como sendo o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de 1 dividido por 299.792.458 de segundo.

### **Padrão**

O Padrão metrológico é definido como a obtenção de medidas iguais de uma mesma peça por pessoas diferentes com a utilização de um instrumento de medir. O Padrão é caracterizado como a mais alta qualidade metrológica quando o valor é aceito sem observar as referências de outro padrão como um padrão primário, assim os valores que são obtidos através dos valores primários são chamados de padrões secundários, terciários e assim por diante.

### **Instrumento de Medição e Medida Materializada**

O Sistema Internacional de Unidades ao padronizar as unidades de medidas criou os instrumentos de medição para servir como referência. Assim podemos utilizar a fita métrica para encontrar o comprimento de uma rua em metros. A fita métrica é padronizada pelo Sistema Internacional de Unidades assim quando for utilizada para medir um mesmo objeto será encontrada uma medida igual em ambas as medições assim é definido o padrão de uma medição, ou seja, obter medidas iguais de uma mesma peça por pessoas diferentes com a utilização de um instrumento padrão.

### **Método de Medição**

Os métodos e procedimentos de medição são adotados para realizar a medição de uma determinada grandeza a ser medida. Para determinar o volume de 200ml de leite, se não for necessário uma quantidade exata de leite o método escolhido para medir pode ser um copo graduado. Porém, se o resultado exigir maior exatidão como em um ensaio em laboratório é necessário utilizar outro método de medição que observe outras variáveis, como a temperatura, origem, quantidade de gordura uma vez que o volume do leite pode sofrer variação em relação a temperatura que ele apresenta no momento da medição.

## Resultado da Medição

Ao medir uma grandeza observamos o resultado. Assim se a medição é destinada a fins domésticos, não é necessário qualquer rigor ao expressar o seu resultado. Entretanto, quando se trata de medições para fins científicos ou tecnológicos, será preciso deixar claro se o resultado apresentado refere-se àquela medição indicada. Assim é necessário obter informações sobre a incerteza da medição expressando o nome e a simbologia da grandeza de forma correta e levar em consideração os algarismos significativos que compõem o valor numérico da medição observada.

## Teoria dos erros e tipos de erros

Medir é comparar quantidades semelhantes o que leva a pensar que toda medida vem afetada de um possível erro durante a medição, assim o verdadeiro valor da grandeza a medir, em princípio indeterminável esta dentro de um intervalo centrado no valor numérico da medida. A preocupação de quem mede é então, tornar esse intervalo o menor possível. Isto depende de alguns tipos de erros costumeiros. O erro de uma medida pode ser definido com a diferença entre o valor real (ou suposto verdadeiro) e o efetivamente obtido. O Erro é o resultado do valor medido subtraído pelo valor real da medição.

**Erro absoluto:** Diferença entre o valor exato de um número e seu valor médio aproximado obtido a partir de um procedimento numérico. Em geral apenas o valor exato do número é conhecido, e o que se faz é assumir um limitante superior ou uma estimativa para o módulo do erro absoluto.

**Erro relativo:** O erro absoluto não é suficiente para descrever a precisão de um cálculo. Assim o conceito de erro relativo é definido como o erro absoluto dividido pelo valor aproximado.

**Erros grosseiros:** podem ser provocados por falhas ocasionais dos instrumentos, pelo observador ou por outros parâmetros intervenientes. São facilmente detectáveis porque produzem medições substancialmente fora do esperado ou por identificação do agente causador do erro, sendo necessária a repetição da experiência.

**Erros aleatórios:** são naturalmente decorrentes da própria experiência, uma vez que o rigor absoluto ou reprodução exata dos valores em sucessivas medições não são os valores esperados. Praticamente todo o trabalho experimental, ainda que muito dele automatizado, está sujeito a pequenas variações, pois mesmo a instrumentação tem limites quanto ao número de dígitos significativos do valor que pretende quantificar.

**Erros sistemáticos:** são decorrentes um trabalho sem rigor durante uma determinada experiência ou má calibração dos instrumentos. Assim resulta na distorção da medição alterando os resultados causando um desvio no valor correto.

## **Incerteza e Propagação da incerteza**

Os procedimentos experimentais não são completamente confiáveis podendo sempre ocorrer alguma incerteza associada aos valores das grandezas experimentais. Assim todas as grandezas de entrada obtidas experimentalmente possuem algum tipo de incerteza o que pode provocar incerteza na grandeza da saída do processo. A repercussão da incerteza das grandezas de entrada sobre a incerteza da grandeza de saída é denominada propagação da incerteza.

## **Erros em instrumentos analógicos**

O limite do erro num instrumento analógico é representado pelo índice de classe. O índice de classe é, em percentagem, o quociente entre o valor absoluto máximo do erro, suposto constante em toda a gama de medição, e o valor máximo da escala de medição.

### **Erro de paralaxe**

Este é o erro que acontece em instrumentos analógicos quando o observador se posiciona incorretamente em relação ao instrumento, e também é conhecido como erro de falsa leitura. Se dá em função da formação de um ângulo entre a linha de visão do usuário do instrumento de medição e uma reta perpendicular à escala de medição do aparelho. O tamanho do ângulo é diretamente proporcional ao erro na leitura.

### **Erro de interpolação**

Erro de interpolação é aquele que se origina em função do posicionamento do ponteiro em relação à escala de medida do instrumento. É um tipo de erro que não há meios de ser evitado, uma vez que o ponteiro sempre poderá parar entre dois valores sucessivos na escala do aparelho.

## **Erros em instrumentos digitais**

Na instrumentação digital, o erro é especificado em duas parcelas: a percentagem da entrada ou leitura e como um erro de resolução em número de dígitos da década menos significativa. Por exemplo, num indicador digital de três dígitos (indicações de 000 a 999), a especificação do erro é  $\pm[0,1\% \text{ da entrada} + 1 \text{ dígito (LSD)}]$  onde LSD é o dígito menos significativo.

## **Sistemas de controle**

Um sistema de controle é um dispositivo ou conjunto de dispositivos que comandam o comportamento de outros dispositivos. O sistema de controle é utilizado em diversas aplicações como numa boia que controla o nível de um tanque de água até os sistemas digitais de indústrias. O

conceito de sistema de controle é amplo e utilizado em diversas áreas não tendo exclusividade nas áreas de engenharia, como por exemplo o controle de redução da população de uma praga por meio da criação de predadores é um sistema de controle. Assim os estudos dos sistemas de controle requer o conhecimento prévio de alguns conceitos matemáticos.

### Componentes do sistema de controle

Sistema de Controle é um sistema que tende a manter uma relação pré-estabelecida entre duas variáveis do sistema através da comparação de funções destas variáveis e utilizando a diferença como meio de controle. Uma versão detalhada do diagrama funcional de um Sistema de controle de malha fechada é dada na Figura abaixo:

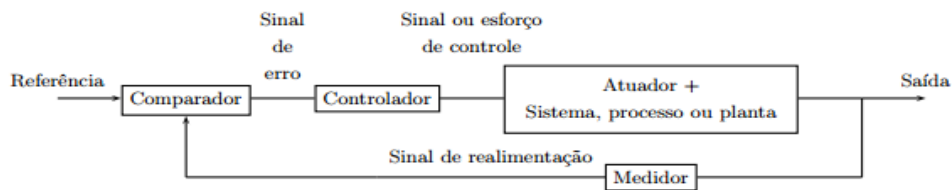


Diagrama de um sistema de controle em malha fechada

Fonte: MSPC - Informações Técnicas

Este diagrama mostra os principais componentes do sistema de controle, definidos a seguir:

Referência: Valor desejado da variável a ser controlada.

Comparador: Dispositivo que constrói o sinal de erro entre o valor desejado e o obtido.

Controlador: Dispositivo que manipula o sinal de erro, gerando um sinal de controle que será aplicado no sistema, afim de corrigir a variável a ser controlada.

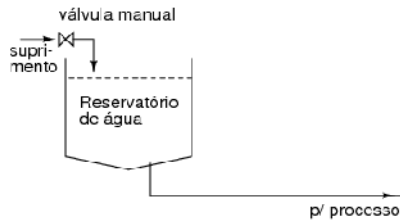
Atuador: Dispositivo que recebe o sinal de controle e gera um sinal com potência suficiente para atuar sobre o sistema.

Sistema: Dispositivo ou fenômeno que se deseja operar com alguma finalidade (objetivo de controle). Um sistema é representado por uma variável de entrada (controle), uma de saída (controlada) e uma relação (função de transferência) entre elas.

Medidor: (transdutor) Dispositivos responsáveis pela medição e conversão da variável a ser controlada para fins de comparação e obtenção do erro de saída.

### Sistemas de Controle em Malha Aberta e em Malha Fechada

Um Sistema de Controle em Malha Aberta utiliza um controlador conectado em série com o processo a ser controlado, de modo que a entrada do processo deve ser tal que sua saída se comportará como desejado. A característica importante é que a ação de controle independe da saída. Observe-se que um sistema de controle deste tipo fornecerá a saída desejada se não ocorrerem perturbações externas que alterem o valor da saída ou alterações paramétricas internas do sistema. Se alguma destas ocorrer, a saída muda, mas a ação de controle continua exatamente a mesma.

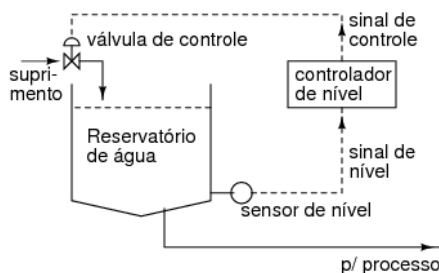


Fonte: MSPC - Informações Técnicas

A Figura dá um exemplo simples: a alimentação de água para um reservatório é comandada por uma válvula manual. Desde que as vazões de suprimento e de processo costumam variar, esse sistema exige a periódica intervenção de um operador para manter o nível de água acima do mínimo necessário e abaixo do máximo (evitar transbordamento).

### Sistemas de Controle em Malha Fechada

Um Sistema de Controle em Malha Fechada utiliza uma medida adicional da saída (resposta) real a fim de compará-la com a resposta desejada do sistema. O Sistema de Controle em Malha Fechada também é chamado Servomecanismo. O termo servomecanismo era originalmente empregado para denotar uma classe de sistemas de controle para os quais a referência era constante. Atualmente o termo servomecanismo é usado em sentido amplo, significando Sistema de Controle em Malha Fechada. No entanto, usa-se ainda a expressão problema de servomecanismo em conexão com o objetivo de seguir uma referência constante e problema de rastreamento, em conexão com o objetivo de seguir uma referência que varia com o tempo. Embora o conceito de sistema de controle em malha aberta seja usado, sistemas de controle reais são essencialmente de malha fechada. Isto leva à definição geral de sistemas de controle.



Fonte: MSPC - Informações Técnicas

No exemplo da Figura o controle manual é substituído por um automático o sinal de um sensor de nível é enviado a um dispositivo controlador que abre ou fecha a válvula de controle de acordo com valores pré-ajustados de níveis mínimo e máximo. Desde que a variação de nível depende da vazão do processo, essa saída comanda indiretamente a entrada de água no reservatório.

## Referências

Sistemas de Controle. Disponível em: <[http://www.mspc.eng.br/contr/ctrl\\_0110.shtml](http://www.mspc.eng.br/contr/ctrl_0110.shtml)>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

Conceitos Básicos Sobre Medição. Disponível em:  
<[http://www.ipem.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3&Itemid=258](http://www.ipem.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=258)>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

Grandezas Físicas. Disponível em: <[http://www.mspc.eng.br/contr/ctrl\\_0110.shtml](http://www.mspc.eng.br/contr/ctrl_0110.shtml)>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

Apostila de Instrumentação. Disponível em:  
<[www.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/7d/07/7d072db6-f277-4bb3-8243-cb655264a078/instrumentao\\_corrigeo.pdf](http://www.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7d/07/7d072db6-f277-4bb3-8243-cb655264a078/instrumentao_corrigeo.pdf)>. Acesso em 19 de agosto de 2016.

Pirâmide da Automação Industrial, Disponível em: <http://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/>>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

O sistema ERP e as organizações. Disponível em:  
<<http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoco/files/08/09.pdf>>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

SENAI - Procedimento de Segurança e Higiene do Trabalho – Instrumentação. Disponível em:  
<<http://www.abraman.org.br/arquivos/63/63.pdf>>. Acesso em 21 de agosto de 2016.

Instrumentação industrial. Volta Redonda, RJ. 2004. Disponível em: < [http://www.aedb.br/faculdades/eng\\_auto/Downloads/Inst\\_apostila.doc](http://www.aedb.br/faculdades/eng_auto/Downloads/Inst_apostila.doc)>. Acesso em 21 de Agosto de 2016.