

AUTOMAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a automação tornou-se parte do cotidiano com diversas aplicações na área doméstica, comercial e, principalmente, industrial.

Entende-se por **automático** todo processo que se desenvolve sem a necessidade de intervenção humana (medição, decisão e ação corretiva).

Tabela 1.1 – Aplicações da Automação.

APLICAÇÕES		
DOMÉSTICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL
<ul style="list-style-type: none">• Climatização• Eletrodomésticos inteligentes (lavadoras, aspiradores, etc.)• Monitoramento de alarmes• Prédios inteligentes	<ul style="list-style-type: none">• Caixas automáticos (bancários)• Centrais telefônicas• Controle de tráfego e estacionamento• Sistema de cobrança (etiqueta inteligente)• Sistemas de segurança	<ul style="list-style-type: none">• Controle automático de processos industriais• Intertravamento• Gerenciamento de energia• Sistemas de Transporte

Além das aplicações listadas na tabela 1.1 a automação tem como na agricultura um setor emergente com controle de umidade e temperatura em estufas e controle de irrigação e aplicação de herbicidas.

1.1 Histórico

Em toda a história da humanidade estão presentes as tentativas de substituir a força humana pela de animais, ação dos ventos e quedas d'água embora isto quase sempre tenha sido feito com o emprego de máquinas rudimentares. Este processo denominado **mecanização** apresentou uma forte evolução a partir da revolução industrial (séc. XVIII) com o uso de máquinas a vapor e, mais adiante com o aparecimento do motor a explosão e de aplicações bem sucedidas da energia elétrica.

O desenvolvimento, por James Watt, do regulador centrífugo de velocidade para máquinas a vapor (Fig. 1.1) em 1769 aparece como um dos primeiro dispositivos automáticos pois permitia o controle da velocidade sem necessidade de um operador.

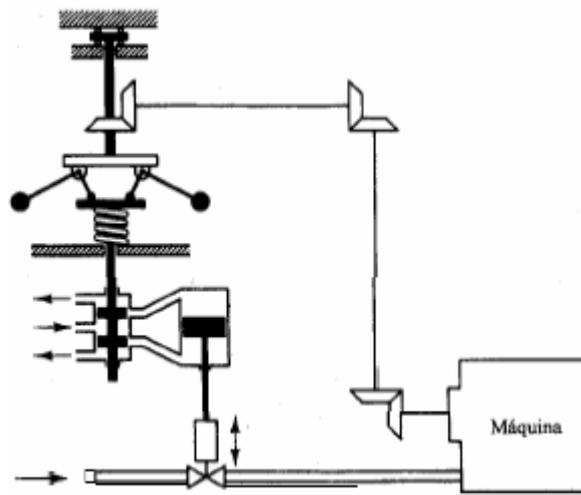


Figura 1.1 – Regulador de Velocidade de Watt.

No início do século XX surgiram vários dispositivos capazes de controlar alguns processos simples como termostatos e chaves de nível. Após o surgimento dos primeiros controladores nos anos 30 e, com a evolução da **instrumentação** todo processo tornou-se virtualmente passível de ser automatizado. Nos anos 60 apareceram as primeiras aplicações de controle baseadas em computador e aquisição de dados, a partir dos anos 80 o aparecimento de sensores e atuadores inteligentes, robôs, tornos CNC, eficientes sistemas de supervisão além do uso de protocolos redes que permitem a integração destes dispositivos. Hoje impulsionado pela evolução da eletrônica com o aumento da capacidade de processamento e de memória dos dispositivos de controle dispomos de uma grande variedade de elementos que permitem o controle automático de plantas industriais de elevada complexidade possibilitando disponibilidade de dados para supervisão e controle inclusive através de redes sem fio (*wireless*), Internet ou telefone celular.

Instrumentação corresponde às técnicas e dispositivos empregados na medição, tratamento e transmissão das variáveis do processo.

1.2 Objetivos da Automação

Basicamente a automação de um processo produtivo visa a sua otimização, obtendo produtos com um custo unitário reduzido em um tempo menor e com uma maior uniformidade. Isto é conseguido indiretamente quando alcançados os seguintes objetivos:

- Aumentar e controlar a qualidade do produto
- Incrementar a produtividade
- Aumentar a confiabilidade do processo
- Disponibilizar dos dados referentes ao processo para análise
- Aumento da segurança em relação às pessoas e ao ambiente

1.3 Efeitos da Automação

Considerando que todo processo pode, de alguma forma, ser automatizado, a decisão entre a utilização da automação torna-se uma questão mais de ordem econômico-financeira que propriamente técnica. Ao longo dos anos a automação tem provocado uma série de mudanças no ambiente de trabalho:

- Redução no nível de emprego de atividades repetitivas e/ou que requerem pouca qualificação
- Desaparecimento de algumas profissões
- Aumento da qualidade e padronização de produtos
- Redução de custos de produção

2. CONTROLE DE PROCESSOS

Controlar um processo corresponde a manter uma variável deste processo num determinado valor desejado.

2.1 Definições

- **Processo** – qualquer operação onde pelo menos uma propriedade física ou química possa variar ao longo do tempo.
- **Variável controlada** – propriedade que se deseja controlar, corresponde a saída do processo.
- **Variável manipulada** – propriedade que pode ser modificada diretamente pela ação do controlador e cuja variação irá afetar a variável controlada, corresponde a entrada do processo.
- **Valor desejado (*setpoint*)** – valor de referência para a variável controlada. Em geral é determinado por um operador baseado nas necessidades do processo.
- **Elemento primário (sensor)** – dispositivo que utiliza a energia do processo para proporcionar uma medida da variável controlada.
- **Transmissor** – elemento que transforma a medida do sensor em um sinal padronizado que pode ser transmitido e interpretado pelo controlador.
- **Elemento Final de Controle (atuador)** – dispositivo que recebe o sinal do controlador e, desta forma, altera a variável manipulada (ex. válvulas, relés, etc.).
- **Controlador** – dispositivo que compara o valor da variável controlada com o valor desejado, calcula a ação corretiva necessária e emite o sinal de correção para o atuador.

2.2 Classificação

O controle de processos normalmente é considerado de dois tipos distintos: controle de variáveis contínuas (nível, temperatura, vazão, pressão, etc.) ou controle de variáveis discretas (controle da manufatura: posição, tempo, número, etc.). Uma possível classificação está ilustrada na figura 2.1.

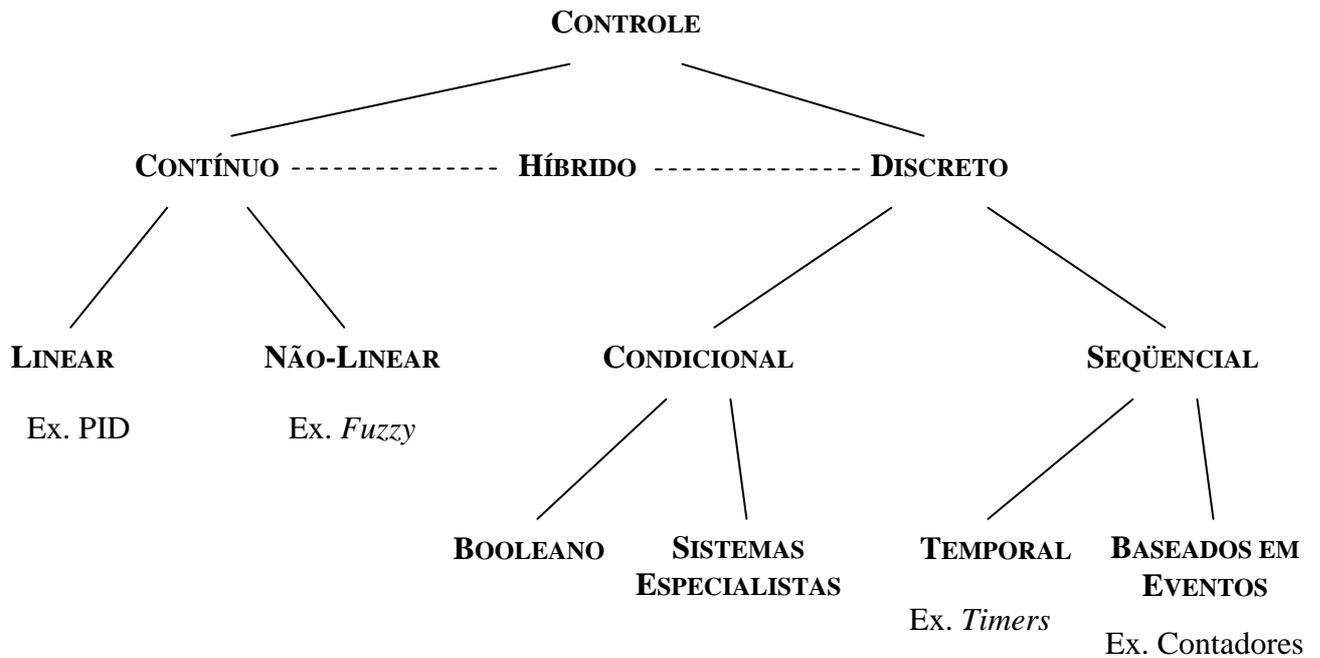


Figura 2.1 – Classificação dos Sistemas de Controle.

2.3 Realimentação

O controle de um processo baseado em realimentação é alcançado pela realização de três operações básicas: **medição** da variável controlada; **comparação** da variável controlada com o valor desejado e **ação corretiva**.

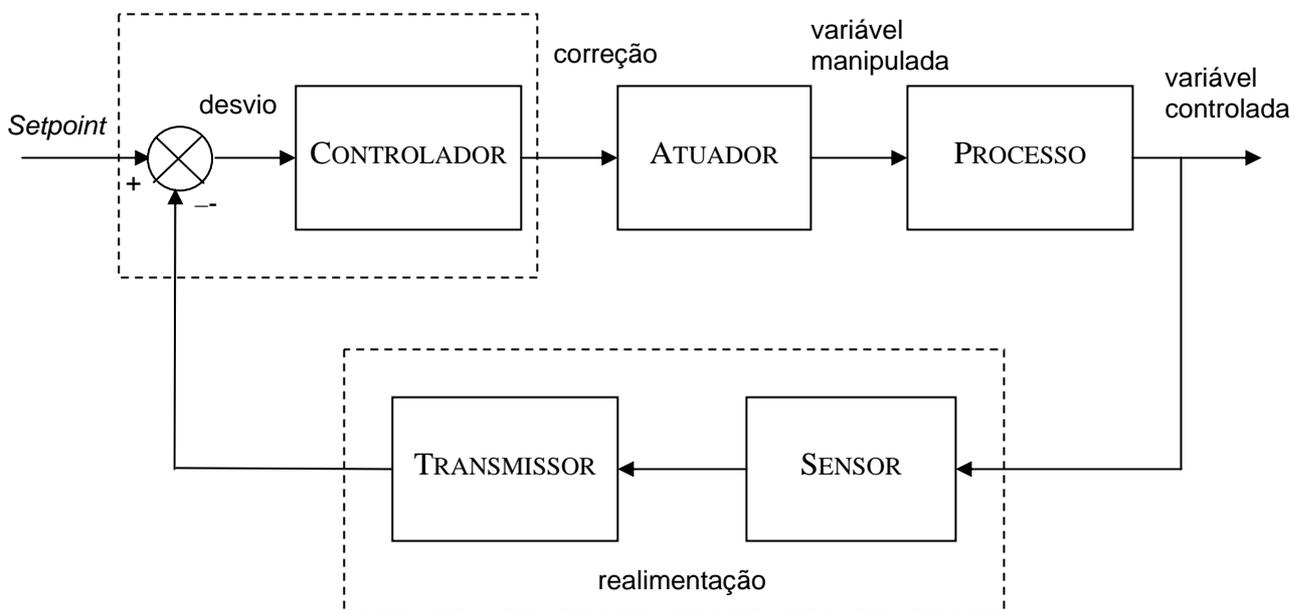


Figura 2.2 – Sistema de Controle com Realimentação.

Vários sistemas de controle não possuem a etapa de realimentação, estes são denominados controle em **malha aberta**, neste caso o controlador não recebe a informação da variável controlada e,

portanto, não pode corrigir automaticamente eventuais desvios em relação ao valor desejado. O seu desempenho depende de uma pré-sintonia.

Num sistema de controle em **malha fechada** (Fig. 2.3, 2.4) o controlador deverá ser capaz de realizar a **comparação** do valor medido da variável controlada com o valor desejado, os **cálculos** necessários para corrigir este desvio e a **ação corretiva** no processo para que a saída volte ao *setpoint*.

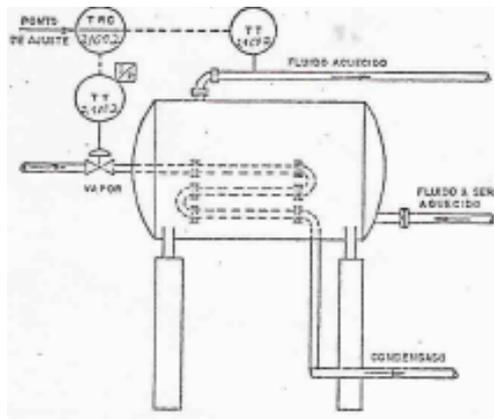


Figura 2.3 – Sistema de Controle de Temperatura.



Figura 2.4 – Sistema de Controle de Nível.

3. MEDIÇÃO DE VARIÁVEIS DO PROCESSO

A medição das variáveis envolvidas no processo é uma etapa fundamental em qualquer sistema de controle afinal não se pode controlar aquilo que não se pode medir, mesmo que, às vezes, esta medição ocorra de forma indireta. A precisão de um sistema de controle nunca será maior que a de seu sistema de medição.

Medir uma variável equivale a comparar a quantidade envolvida da grandeza associada a esta variável, com uma quantidade padrão previamente estabelecida.

3.1 Definições

- **Faixa de medida (*range*)** – faixa de valores compreendida entre os limites inferior e superior da capacidade de medição do instrumento.
- **Alcance (*span*)** – diferença algébrica entre os valores superior e inferior do *range*.
- **Erro** – diferença entre o valor lido pelo instrumento e o valor real da variável.
- **Precisão** – limite de erro de medição do instrumento.
- **Sensibilidade** – valor mínimo de mudança na variável detectável pelo instrumento.
- **Zona morta (*dead zone*)** – faixa de valores da variável que não provoca variação da indicação ou sinal de saída do instrumento.
- **Repetibilidade** – capacidade de reprodução da indicação, ao se medir, repetidamente, valores idênticos de uma variável .
- **Histerese** – diferença observada entre a medição de uma variável quando esta percorre a escala no sentido crescente e no decrescente.
- **Elevação de zero** – quantidade com que o zero da variável supera o valor inferior do *range*.
- **Supressão de zero** – quantidade com que o valor inferior do *range* supera o zero da variável.
- **Tempo morto (*dead time*)** – atraso verificado entre a ocorrência de uma alteração na variável e a sua percepção pelo instrumento, também chamado de atraso de transporte.

3.2 Simbologia

A padronização de simbologia segundo a ISA (*The Instrumentation, Systems and Automation Society*) estabelece através da norma ISA S 5.1 (*Instrumentation, Symbols and Identification*) que cada instrumento deverá ser identificado por um conjunto de letras e algarismos (Tabela 3.1). A primeira letra indica a variável medida / controlada e as subseqüentes indicam a função desempenhada pelo instrumento. O primeiro conjunto de algarismos indica a área / fábrica e o segundo indica a malha ou função programada a qual o instrumento pertence.

Tabela 3.1 – Letras de Identificação da Instrumentação.

Letra	1º Grupo de Letras Variável Medida		2º Grupo de Letras Função		
	1ª Letra	Modificadora	Passiva	Ativa	Modificadora
A	Análise		Alarme		
B	Chama				
C	Condutividade			Controlador	
D	Densidade	Diferencial			
E	Tensão		Sensor		
F	Vazão	Razão			
G	Livre Escolha		Visão Direta		
H	Manual				Alto
I	Corrente Elétrica		Indicador		
J	Potência	Varredura ou Seleção Manual			
K	Tempo	Taxa de Variação		Estação de Controle	
L	Nível		Lâmpada Piloto		Baixo
M	Umidade	Instantâneo			Médio
N	Livre Escolha				
O	Livre Escolha		Orifício		
P	Pressão		Conexão para Ponto de Teste		
Q	Quantidade	Totalização			
R	Radiação		Registrador		
S	Velocidade ou Frequência	Segurança		Chave	
T	Temperatura			Transmissor	
U	Multivariável		Multifunção		
V	Vibração			Válvula	
W	Peso ou Força		Ponta de Prova		
X	Não Classificada	Eixo dos X	Não Classificada	Não Classif.	Não Classif.
Y	Estado, Presença ou Seqüência de Eventos	Eixo dos Y		Relé, Conversor, Solenóide	
Z	Posição ou Dimensão	Eixo dos Z		Acionador, Atuador não Classificado	

Exemplos:

a) TRC-210-02A

T - variável medida: Temperatura

R - Função Passiva: Registrador

C - Função Ativa: Controlador

210 - Área da fábrica onde o instrumento atua

02 - Número da malha de controle

A - Sufixo

b) LIC-210-02

c) TE-110-01B

d) FT-110-03

Tabela 3.2 – Simbologia Geral para Instrumentos ou Funções Programadas.

Tipo / Localização	Locação principal acessível ao operador	Montado no campo	Locação auxiliar acessível ao operador	Locação auxiliar não acessível ao operador
Instrumentos discretos				
Instrumentos compartilhados				
Computador de processo				
Controlador programável				

Tabela 3.3 – Simbologia e Funções de Processamento de Sinais.

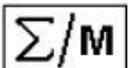
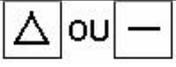
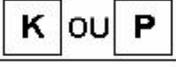
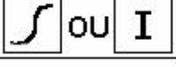
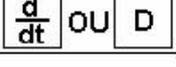
SÍMBOLO	FUNÇÃO	SÍMBOLO	FUNÇÃO
	SOMA		MULTIPLICAÇÃO
	MÉDIA		DIVISÃO
	SUBTRAÇÃO		EXTRAÇÃO DE RAIZ QUADRADA
	PROPORCIONAL		EXTRAÇÃO DE RAIZ
	INTEGRAL		EXPONENCIAÇÃO
	DERIVATIVO		FUNÇÃO NÃO LINEAR
	SELETOR DE SINAL ALTO		LIMITE SUPERIOR
	SELETOR DE SINAL BAIXO		LIMITE INFERIOR
	POLARIZAÇÃO		LIMITADOR DE SINAL
	FUNÇÃO TEMPO		CONVERSÃO DE SINAL

Tabela 3.4 – Simbologia de Linhas para Instrumentos.

SUPRIMENTO		SINAL BINÁRIO PNEUMÁTICO	
SINAL NÃO DEFINIDO		SINAL ELÉTRICO	
SINAL PNEUMÁTICO		TUBO CAPILAR	
SINAL HIDRÁULICO		SINAL ELETROMAGNÉTICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO NÃO GUIADA)	
SINAL ELETROMAGNÉTICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO GUIADA)		LIGAÇÃO MECÂNICA	
LIGAÇÃO CONFIGURADA INTERNAMENTE AO SISTEMA (LIGAÇÃO POR SOFTWARE)		SINAL BINÁRIO ELÉTRICO	
SINAL FIELDBUS			

Exemplos:

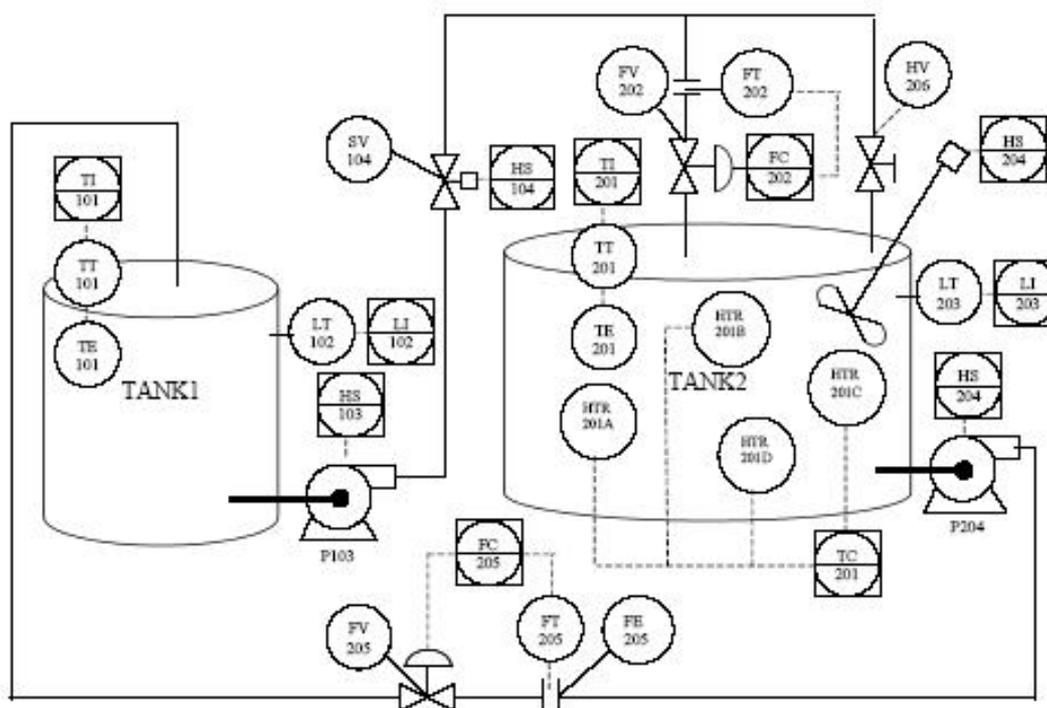


Figura 3.1 – Exemplo 1 de Simbologia.

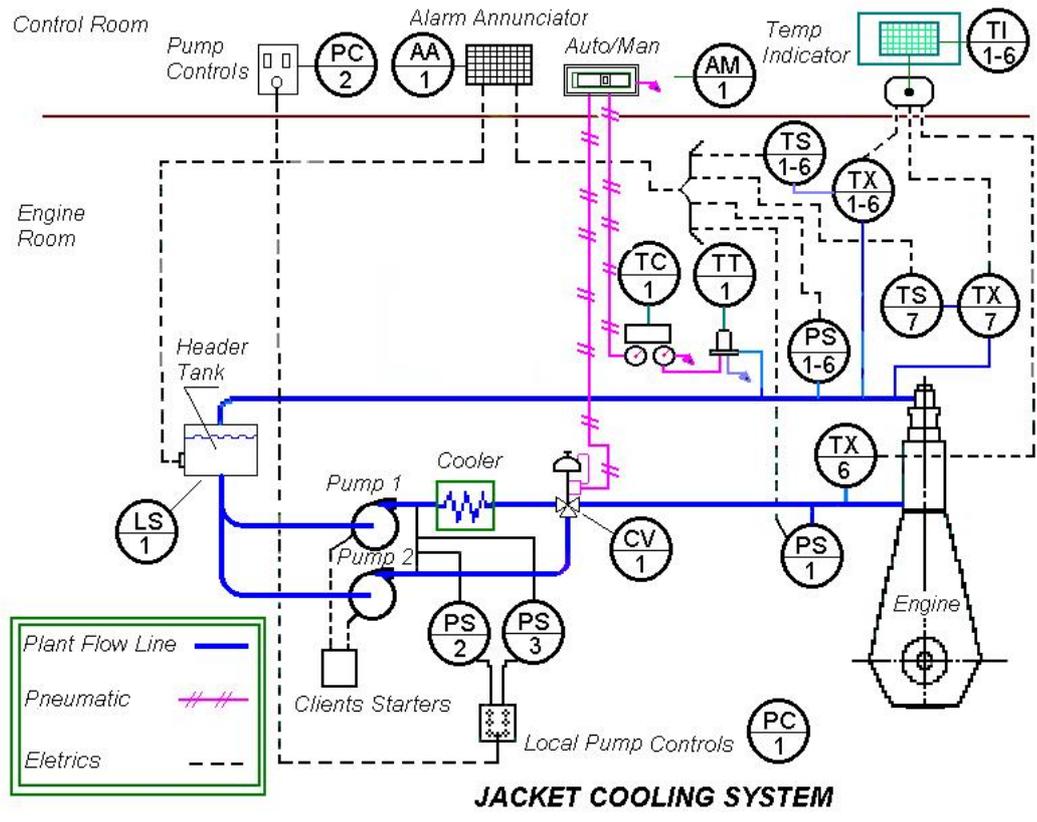


Figura 3.2 – Exemplo 2 de Simbologia.

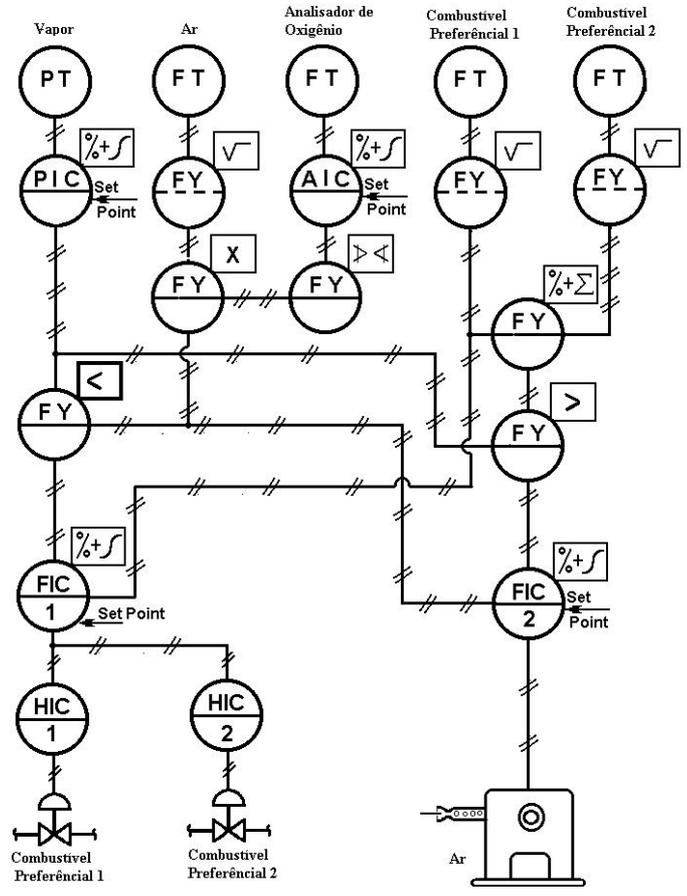


Figura 3.3 – Exemplo 3 de Simbologia.

3.3 Medição de Temperatura

3.3.1 Conceitos

Temperatura – É o grau de agitação molecular de um corpo;

Energia Térmica – É o somatório de energia cinética das moléculas do corpo;

Calor – Energia térmica em trânsito, desloca-se, normalmente, do corpo mais quente ao corpo mais frio.

3.3.2 Escalas Termométricas

a) Celsius (°C): divide o intervalo de temperatura em 100 partes ou graus, sendo o 0°C o ponto de congelamento da água e 100°C o ponto de ebulição;

b) Fahrenheit (°F): divide o intervalo de temperatura, em 180 partes, ou graus, sendo 32°F o ponto de congelamento da água e 212°F o ponto de ebulição;

c) Kelvin (K): define uma escala absoluta de temperatura, sendo o zero absoluto (0K) a temperatura teórica mais baixa, ou seja, aquela em que cessa todo o movimento molecular e, portanto, não existe mais calor;

d) Rankine (R): divide a escala de temperatura semelhante a Fahrenheit, e 491,7R equivale à temperatura de congelamento da água e 671,7R a temperatura de ebulição da água.

	escalas absolutas		escalas relativas	
	R	K	°C	°F
Ponto de ebulição da água	671,67	373,15	100	212
Ponto de fusão do gelo	491,67	273,15	0	32
Zero absoluto	0	0	-273,15	-459,67

Figura 3.4 – Equivalência entre as Escalas.

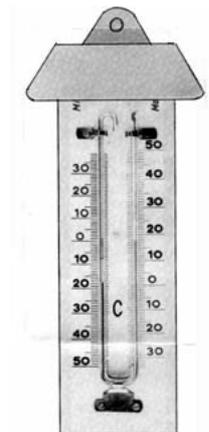
$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_R - 491}{9}$$

3.3.3 Termômetro de Líquido com Bulbo de Vidro

Este termômetro possui um bulbo com um líquido que ao submeter-se a variações de temperatura desloca-se em um tubo capilar graduado.

Características:

- Compartimentos cobertos ou fechados e nos quais a leitura é local;
- Apresenta erros de até 1% de escala;
- Possui tempo de resposta elevado;
- Aplicados na faixa de -150°C a 350°C .



Apesar de tradicionalmente encontrar aplicação em termômetros clínicos e para laboratórios, a sua aplicação industrial é possível utilizando proteção para aumentar sua robustez.

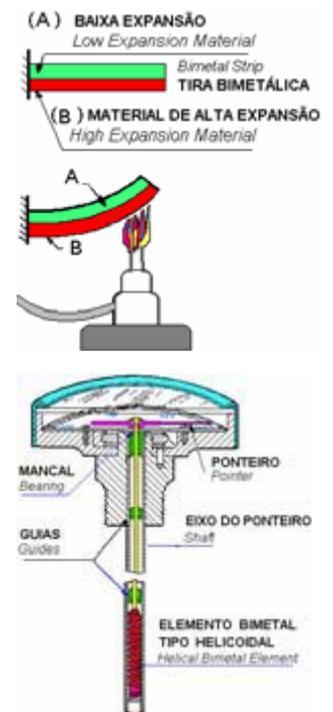
3.3.4 Termômetro Bimetálico

O termômetro bimetálico consiste em duas lâminas de metais com coeficientes de dilatação diferentes sobrepostas, formando uma só peça. Variando-se a temperatura do conjunto, observa-se um encurvamento que é proporcional à temperatura. Na prática, a lâmina bimetálica é enrolada em forma de espiral ou hélice, o que aumenta bastante a sensibilidade.

Normalmente utiliza-se o invar (64% Fe e 36% Ni) com baixo coeficiente de dilatação e o latão como metal de alto coeficiente de dilatação.

Características:

- Baixo custo;
- Leitura apenas local;
- Construção robusta;
- Possui tempo de resposta elevado;
- Aplicados na faixa de -50°C a 500°C



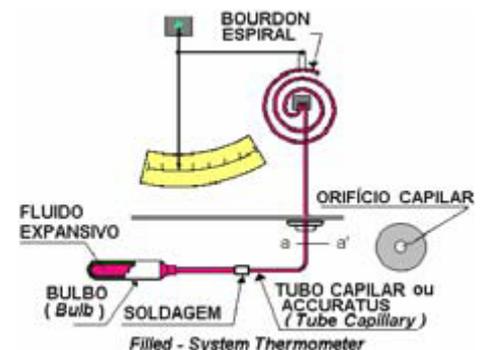
Além de sua aplicação na medição de temperatura, elementos bimetálicos são utilizados, também, na construção de termostatos e dispositivos de proteção.

3.3.5 Termômetro Bulbo-Capilar

Neste termômetro, um fluido preenche todo o recipiente e sob o efeito de um aumento de temperatura se dilata, deformando um elemento extensível (sensor volumétrico).

São classificados pela ISA em quatro classes básicas:

- Classe I: cheio de líquido volátil (-100°C a $+300^{\circ}\text{C}$);
- Classe II: cheio de vapor (-200°C a $+300^{\circ}\text{C}$);
- Classe III: cheio de gás (-260°C a $+760^{\circ}\text{C}$);
- Classe V: cheio de mercúrio (-40°C a 600°C).



Além da indicação complementar da faixa de operação em relação à temperatura ambiente:

- A: apenas temperaturas acima da faixa ambiente;
- B: apenas temperaturas abaixo da faixa ambiente;
- C: Temperaturas acima e abaixo da faixa ambiente;
- D: Temperaturas acima e abaixo da faixa ambiente incluindo a mesma.

Características:

- Baixo custo;
- Robustez;
- Pode ser facilmente acoplado a um transmissor;
- A deflexão é proporcional à pressão, e esta, à temperatura, resultando numa relação linear;
- Variações na temperatura ambiente devem ser compensadas através de uma lâmina bimetálica.

3.3.6 Termômetros de Resistência

Materiais condutores possuem resistência elétrica que variam em função da temperatura possibilitando o seu uso como sensor.

a) Bulbo de Resistência de Fio Metálico

São conhecidos como RTD (*Resistance Temperature Detector*) podendo ser constituídos de Platina, Níquel, Cobre, Balco (70% Ni, 30% Fe).

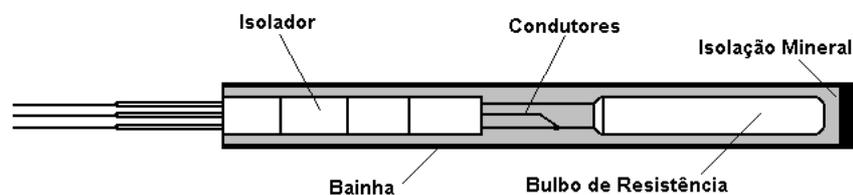


Figura 3.8 – Construção típica de um RTD.

As termoresistências são, normalmente, ligadas a um circuito de medição tipo Ponte de Wheatstone, sendo que o circuito encontra-se balanceado quando é respeitada a relação $R_4 \cdot R_2 = R_3 \cdot R_1$, neste caso os potenciais nos pontos A e B são iguais.

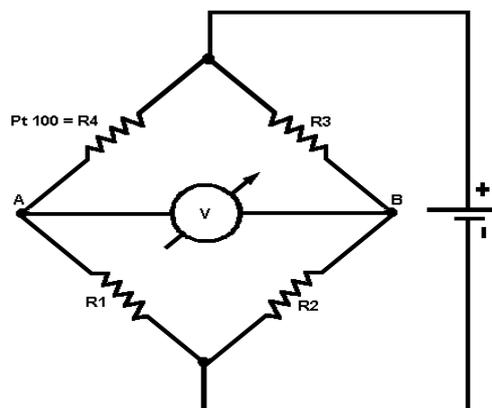


Figura 3.9 – Ligação de um RTD em Ponte de Wheatstone.

Termoresistência - Pt100: É constituído de Platina e possui uma resistência padronizada de 100 ohms a 0°C apresentando boas características de estabilidade, repetibilidade e precisão, além de uma ampla faixa de medição (-250°C a +850°C).

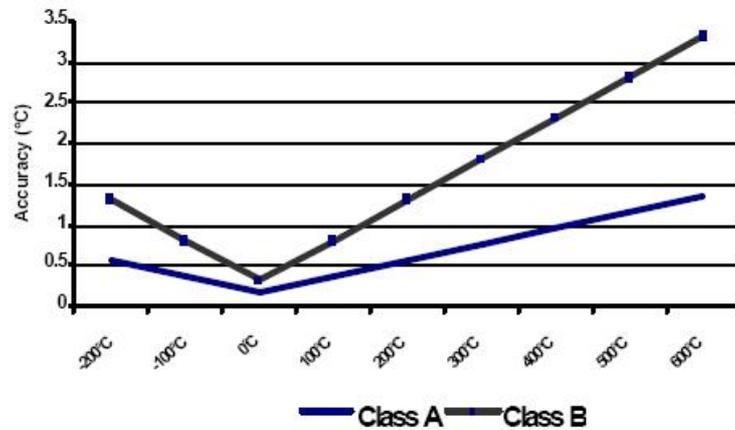


Figura 3.9 – Classes de precisão para o Pt100.

b) Termistores

Termistores (resistores termicamente sensíveis) são dispositivos semicondutores fabricados a partir de óxido de Níquel, Manganês, Cobalto, Ferro e Titânio apresentando grandes variações da resistência com a temperatura. Esta variação poderá ser negativa: NTC (*Negative Thermal Coefficient*), ou positiva: PTC (*Positive Thermal Coefficient*) com aplicação entre -100°C e +300°C

Podem ser encontrados no mercado modelos de baixa precisão (5 a 10%) para uso como proteção ou de alta precisão ($\pm 0,05^\circ\text{C}$) para uso em medição.

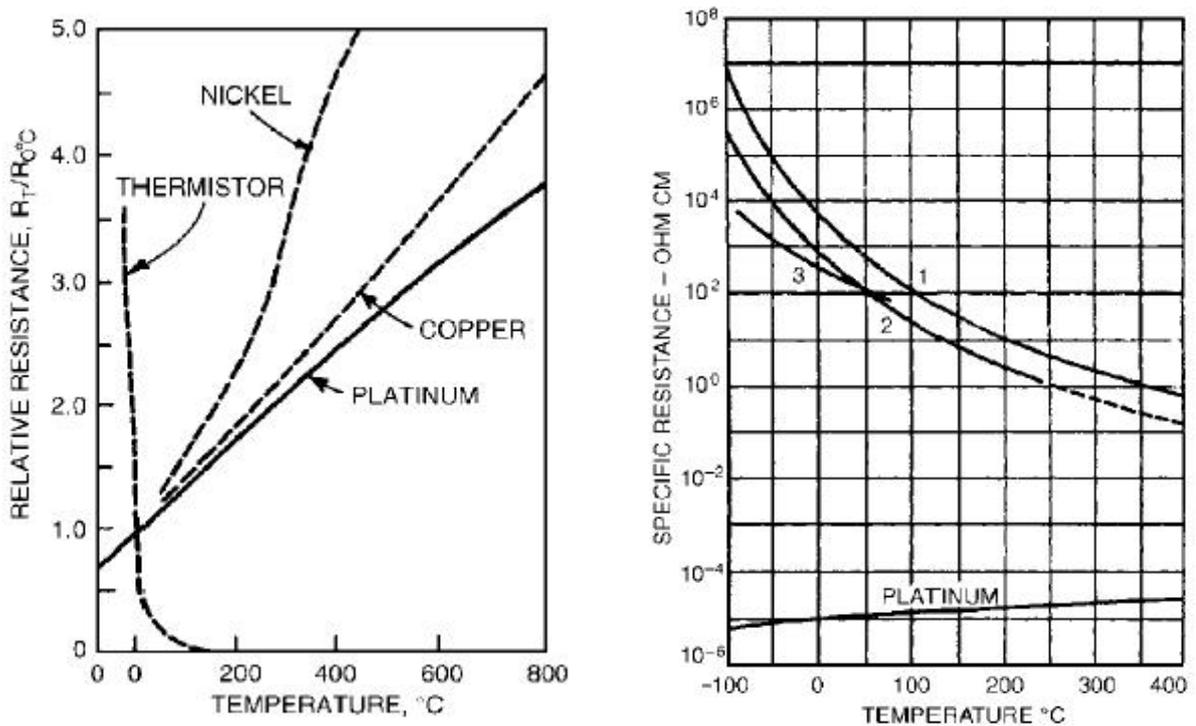


Figura 3.9 – Comparação entre sensores de temperatura resistivos.

Tabela 3.5 – Resistência x temperatura para alguns metais.

Metal	Resistivity, gΩ · cm	Relative Resistance R_t/R_0 at 0°C											
		-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Alumel	28.1			1.000	1.239	1.428	1.537	1.637	1.726	1.814	1.899	1.982	2.066
Copper	1.56	0.117	0.557	1.000	1.431	0.862	2.299	2.747	3.210	3.695	4.208	4.752	5.334
Iron	8.57			1.000	1.650	2.464	3.485	4.716	6.162	7.839	9.790	12.009	12.790
Nickel	6.38			1.000	1.663	2.501	3.611	4.847	5.398	5.882	6.327	6.751	7.156
Platinum	9.83	0.177	0.599	1.000	1.392	1.773	2.142	2.499	3.178	3.178	3.500	3.810	4.109
Silver	1.50	0.176	0.596	1.000	1.408	1.827	2.256	2.698	3.616	3.616	4.094	5.586	5.091

3.3.7 Termopar

É um dos dispositivos mais simples de medição elétrica de temperatura.

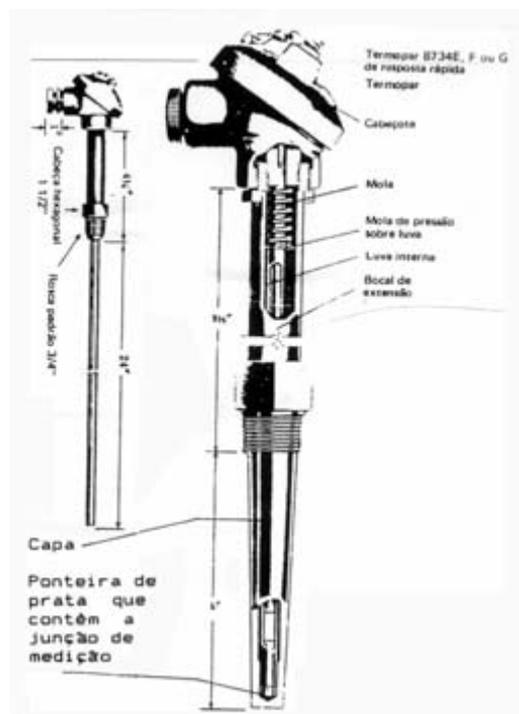
Basicamente, consiste em um par de condutores metálicos diferentes ligados em uma extremidade, formando a junção quente ou de detecção e na outra extremidade, formando a chamada junção fria ou junção de referência conectada a um instrumento de medição elétrica, como um milivoltímetro ou a um circuito.

- A f.e.m. medida normalmente é comparada a alguma referência, tal como o ponto de congelamento.
- São utilizados para medições em processos de altas temperaturas (200°C á 1000°C) e que exigem respostas rápidas.

Efeito Seebeck: Em um circuito fechado, formado por dois condutores diferentes A e B, ocorre uma circulação de corrente enquanto existir uma diferença de temperatura ΔT entre as suas junções.

Funcionamento

- O sistema de medição consiste em manter a temperatura da junção de referência constante, resultando na não variação da voltagem.
- Alterando a temperatura da junção quente do termopar haverá uma diferença de temperatura entre as junções, que provocará uma corrente fluir no circuito, devido às duas f.e.m. geradas nas junções, ou seja, aumentará a voltagem.
- A f.e.m. resultante é medida em um milivoltímetro, ou num potenciômetro, e convertido em graus de temperatura
- Em aplicações nas quais são usadas grandes pressões, os tubos de proteção são geralmente construídos em peça única perfurada, ou são montados, soldando-se um tubo, uma bucha e uma cabeça sextavada



- Quando um termopar é usado em conjunto com um milivoltímetro ou potenciômetro, que mede a f.e.m. gerada e indica ou registra esta f.e.m. em termos de temperatura, temos um pirômetro a termopar

3.3.8 Pirômetros - ótico, infra-vermelho

3.4 Medição de Nível

A medição de nível na indústria pode ser feita tanto de líquidos como sólidos e pode ser feita em unidade de comprimento linear (cm, m), em unidade de volume (L, galão), ou ainda, em unidades de massa (kg, ton, lb).

3.4.1 Sonda

Normalmente é feita de uma vara, haste ou fita métrica metálica graduadas que podem ser inseridas no tanque ou reservatório; a verdadeira profundidade (altura) do material é dada pela porção molhada na sonda.

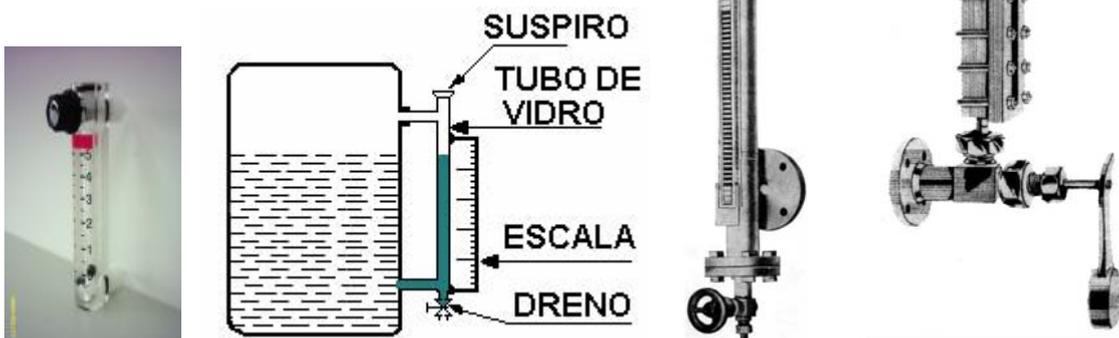


3.4.2 Visor de Nível

Indicado para uma leitura local do nível pode não representar o verdadeiro nível do fluido quando este for muito baixo. Deve ser instalado em local que permita uma boa visibilidade por parte do operador. Técnica não recomendada para fluidos viscosos ou corrosivos ao vidro.

a) **Visor de vidro tubular:** recomendados para pressões de até 2 bar e temperaturas de até 100°C.

b) **Visor de vidro plano:** Mais empregado atualmente por questões de segurança.

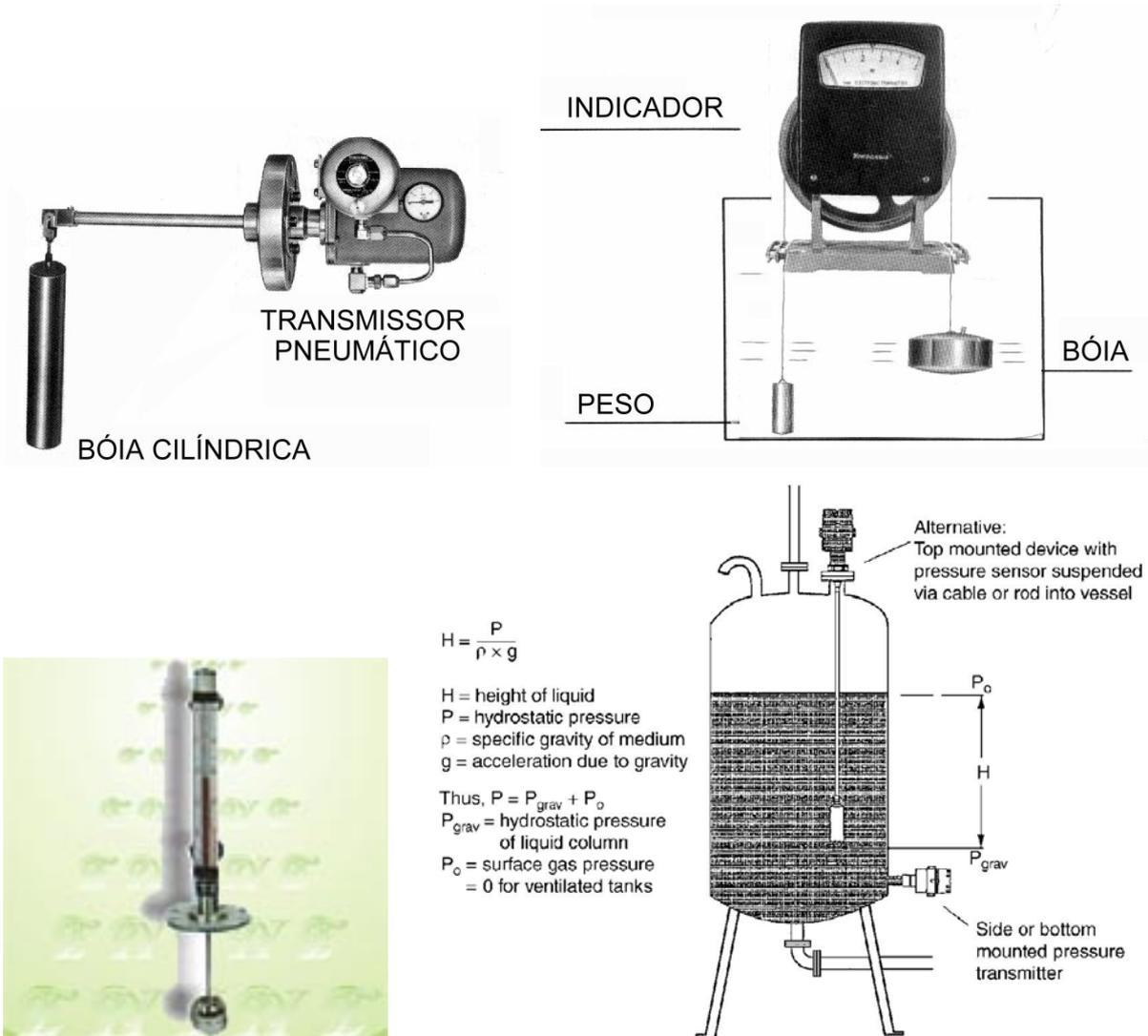


3.4.3 Flutuador

Seu funcionamento se baseia no princípio do empuxo.

Princípio de Arquimedes: "o corpo imerso no fluido recebe uma força vertical, de baixo para cima, igual ao peso do fluido deslocado".

O flutuador pode ser utilizado mesmo na ocorrência de grandes variações de nível sofrendo pouca influência da variação de densidade do fluido, sua aplicação, no entanto, não é recomendável para fluidos sujeitos a grande agitação.

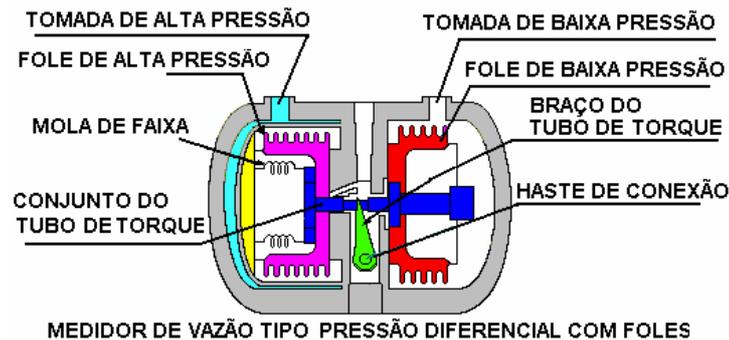


3.4.4 Medidor de Nível Baseado na Pressão

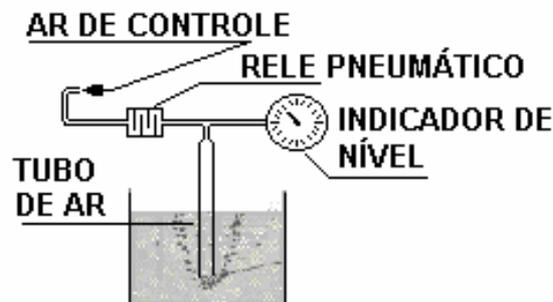
Seu funcionamento se baseia que a pressão no fundo do reservatório é proporcional à quantidade de líquido no seu interior. Este sistema é recomendado para líquidos limpos, pouco viscosos e pouco corrosivos.

a) **Medidor de Diafragma** - Este medidor se baseia na pressão hidrostática, apresenta uma construção simples sendo recomendado para tanques abertos. Apresenta limitações na faixa de nível e temperatura.

b) **Medidor por Pressão Diferencial** - É empregado para medir nível em tanques fechados. Neste caso, a pressão acima do líquido deve ser compensada. O instrumento diferencial de pressão é conectado nos pontos de nível máximo e mínimo do tanque. O instrumento mede a diferença de pressão entre estes pontos que representa aquela produzida pela quantidade de fluido presente.



c) **Por Borbulhamento** - Neste sistema o nível é determinado em função da pressão necessária para provocar borbulhamento do líquido. Utilizado em tanques abertos para líquidos que apresentem densidade constante.

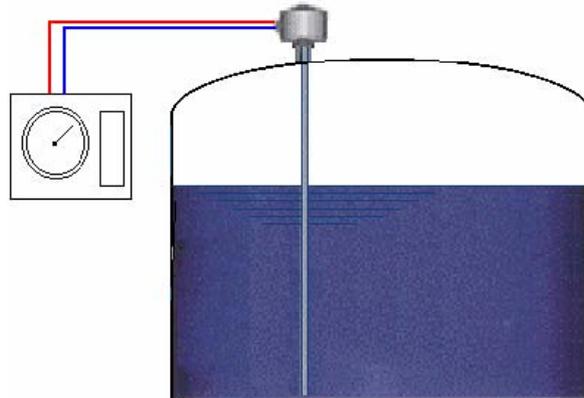


3.4.5 Medidor de Nível Baseado nas Propriedades Elétricas

a) **Medidor por Condutividade** - Aplicado em fluidos condutores, apresenta fácil manutenção e baixo custo. Funciona baseado no circuito formado entre as paredes do reservatório e o líquido condutor, estes são interligados por eletrodos de forma a determinar se o nível atinge determinadas posições mantendo, assim, o circuito aberto ou fechado.



b) Medidor Capacitivo - Aplicado para materiais isolantes, funciona baseado na variação da capacitância do reservatório onde o fluido ou grão atua como dielétrico.



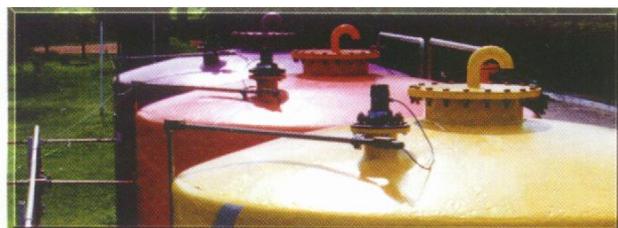
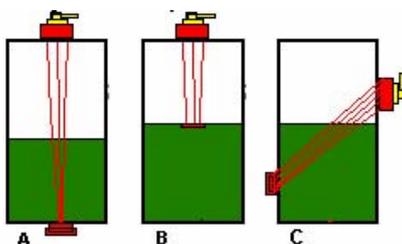
3.4.5 Medidor de Nível Baseado em outras Propriedades

Empregados quando o fluido possui características que dificultem a aplicação de outros sistemas de menor custo como, por exemplo, elevadas temperaturas, fluidos corrosivos, alta viscosidade, risco de contaminação, etc.

a) Medidor por Ultra-som - O nível é medido levando em conta a velocidade com que o sinal sonoro atravessa o material no interior do reservatório. Normalmente se utiliza um sinal de 26,5kHz.



b) Medidor por Radiação - Este instrumento utiliza raios gama e seu princípio de funcionamento é semelhante ao baseado em ultra-som, apresentando, no entanto, maior precisão sendo, por isso, recomendado para a medição contínua de nível.



3.5 Medição de Pressão

3.5.1 Definições

a) **Pressão Atmosférica** - Equivale à pressão produzida pela camada do ar atmosférico (cerca de 80 km) é medida em um barômetro. Como a camada de ar está em constante movimentação e sujeita a mudanças de temperaturas esta pressão pode apresentar grandes variações (altitude, ventos, temperatura).

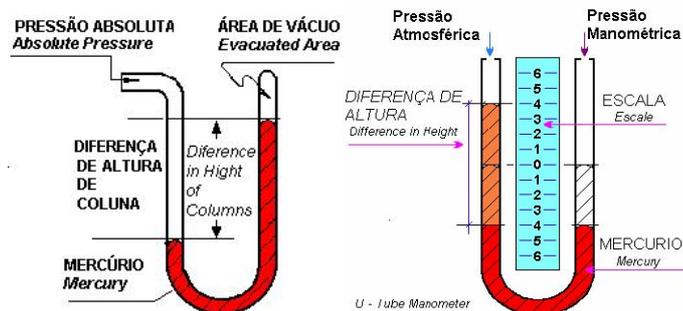
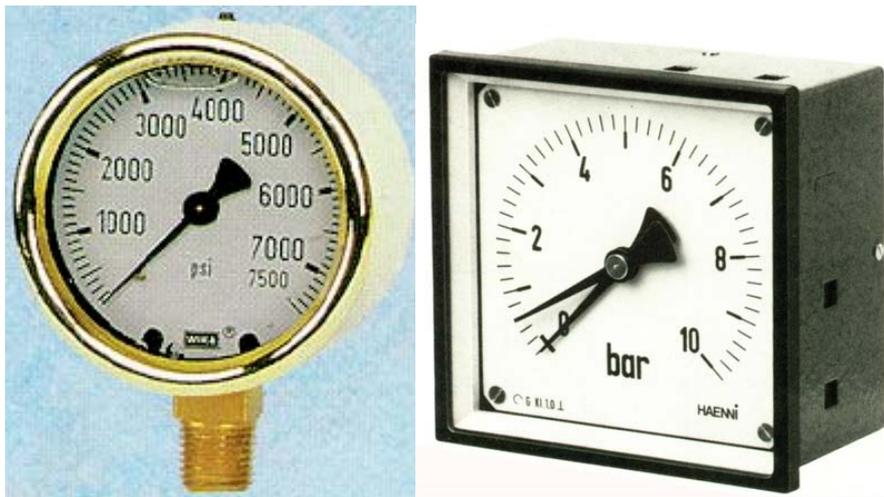
Seu valor ao nível do mar equivale, aproximadamente a $1,033\text{kg/cm}^2 = 760\text{mmHg}$

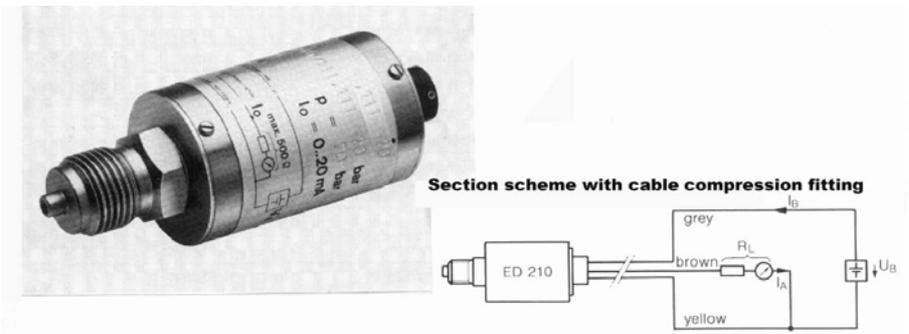
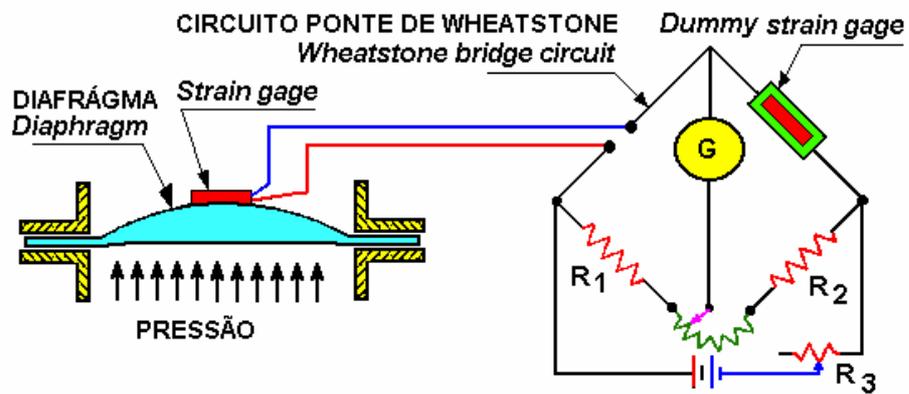
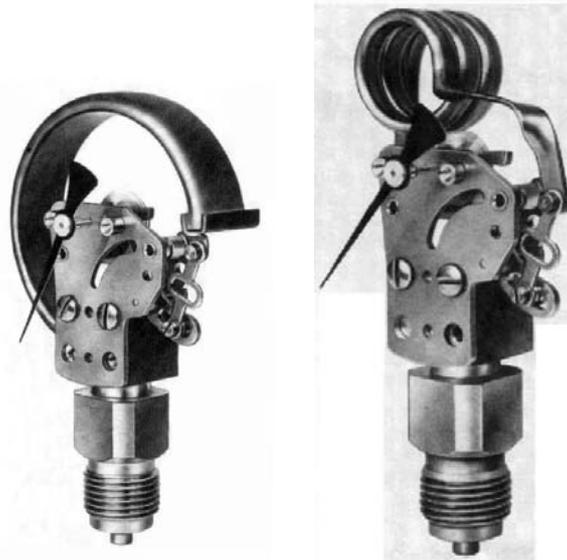
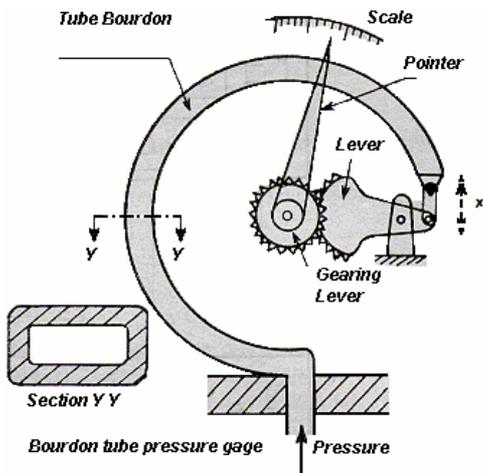
Outras unidades de pressão: $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa} = 1,020\text{ kg/cm}^2 = 750\text{ mmHg} = 14,50\text{ psi}$

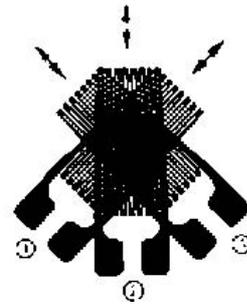
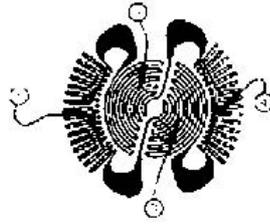
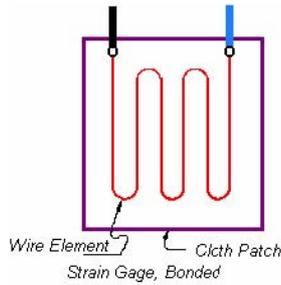
b) **Pressão Manométrica ou Relativa** - É a pressão medida em relação à pressão atmosférica, tomada como unidade de referência, ou seja, é a pressão indicada por um manômetro.

c) **Pressões Absoluta** - é a soma das pressões relativa e atmosférica.

d) **Vácuo** É quando um sistema tem pressão relativa menor que a pressão atmosférica. O instrumento que indica a pressão negativa é denominado de vacuômetro.







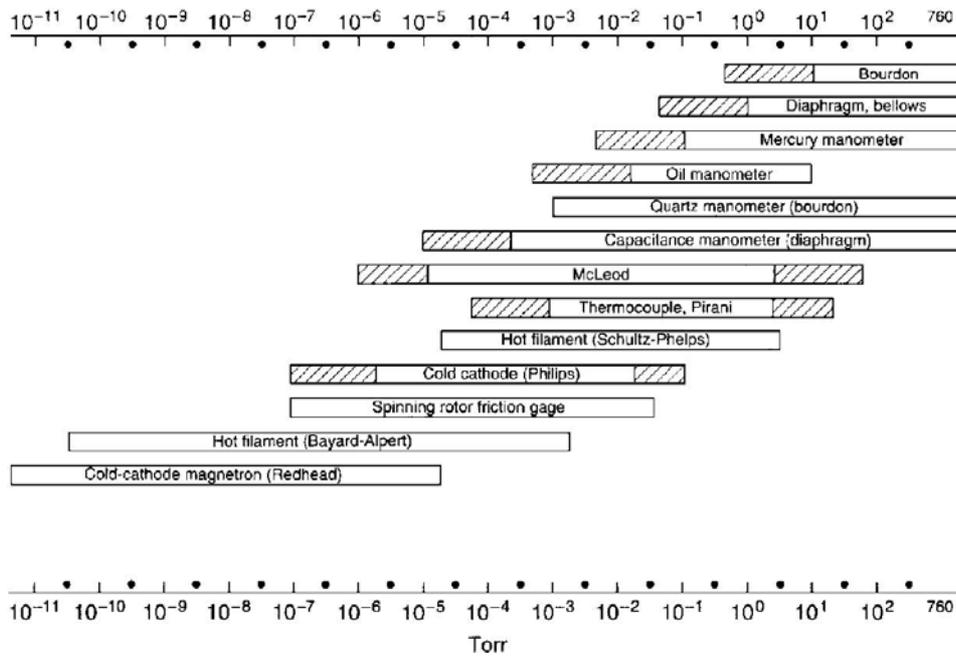
	Bourdon	Diaphragm, bellows	Manometer	McLeod	Quartz manometer	Capacitance manometer	Thermocouple, Pirani	Ionization: cold cathode	Ionization: hot filament	Ionization: Schultz-Phelps
1 Composition independent										
2 Continuous indicating										
3 Remote indication and interfacing										
4 Corrosion resistance										
5 Accuracy better than 10%										
6 Approximate cost	1-3	3-5	1-5	3-7	9	8-9	2-5	3-5	5-7	8

Key	1	S50 — 99
	2	100 — 199
	3	200 — 299
	4	300 — 399
	5	400 — 599
	6	500 — 799
	7	800 — 999
	8	1000 — 4999
	9	5000 and over

Comments
Common version inexpensive
Barometric compensation normal
Mercury vapor
Mercury vapor
Superior corrosion resistance
Widest useful pressure range
Convenient, inexpensive
Subject to oil contamination, rugged
Reaction with filament, burnout
Filament failure

Properties of Strain-Gage Materials

Material	Composition, %	Gage Factor	Thermal Coefficient of Resistivity, $^{\circ}\text{C}^{-1} \times 10^{-5}$
Constantan (Advance)	Ni 45, Cu 55	2.1	± 2
Isoelastic	Ni 36, Cr 8, Mn-Si-Mo 4, Fe 52	3.52 to 3.6	+17
Karma	Ni 74, Cr 20, Fe 3, Cu 3	2.1	+2
Manganin	Cu 84, Mn 12, Ni 4	0.3 to 0.47	± 2
Alloy 479	Pt 92, W 8	3.6 to 4.4	+24
Nickel	Pure	-12 to -20	670
Nichrome V	Ni 80, Cr 20	2.1 to 2.63	10
Silicon	<i>p</i> -Type	100 to 170	70 to 700
Silicon	<i>n</i> -Type	-100 to -140	70 to 700



3.6 Medição de Vazão

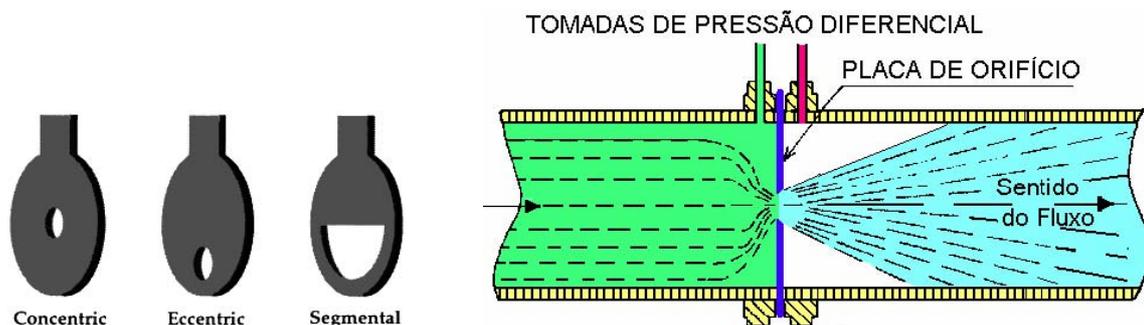
A vazão ou fluxo representa a quantidade de um fluido a se deslocar num determinado intervalo de tempo. Pode ser utilizada a **vazão volumétrica**, quantidade em termos de volume - m^3/h , L/min, GPM ou a **vazão mássica** (gravimétrica), quantidade em termos de massa - kg/h, lb/min.

3.6.1 Baseada em Pressão Diferencial

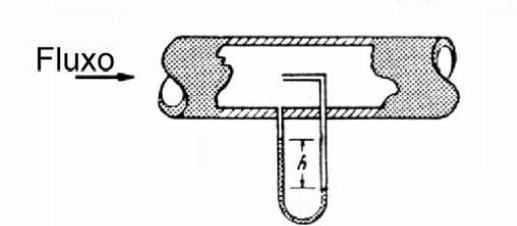
Os medidores de pressão diferencial caracterizam-se por possuir uma restrição na linha de fluxo. Junto à restrição haverá um aumento da velocidade do fluido e, conseqüentemente, uma queda de pressão. Esta queda de pressão varia com a quantidade de fluido que escoo pelo tubo. A vazão do fluido é proporcional à raiz quadrada da diferença de pressão medida.

a) Placa de Orifício

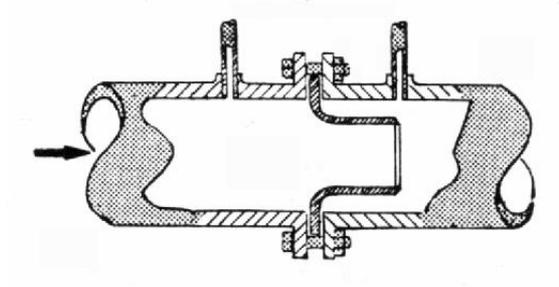
A placa de orifício é o dispositivo mais utilizado na medição de vazão, devido à sua simplicidade, baixo custo de fabricação e instalação. Também produz a mais elevada perda de carga, mas na maioria das medições esta perda não tem muita importância.



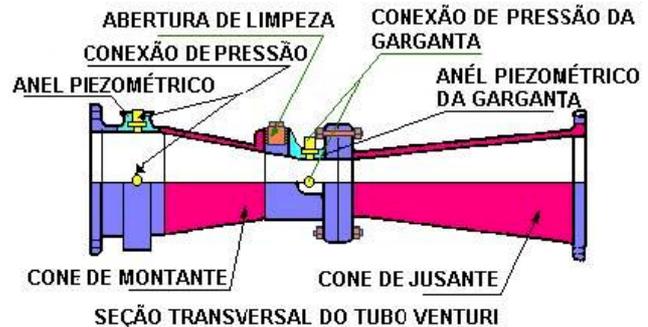
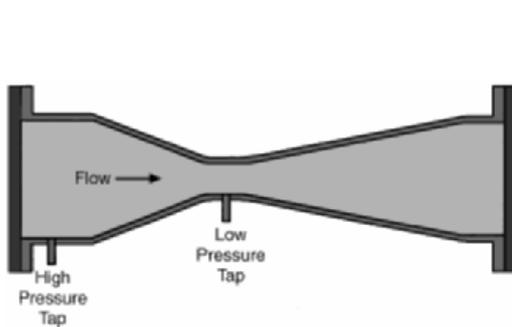
b) Pitot



c) Bocal de Fluxo



d) Venturi

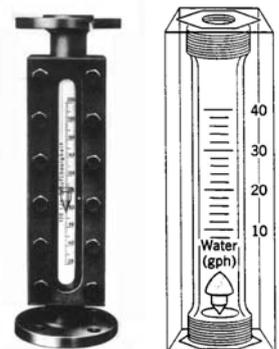


3.6.2 Dispositivos de Área Variável

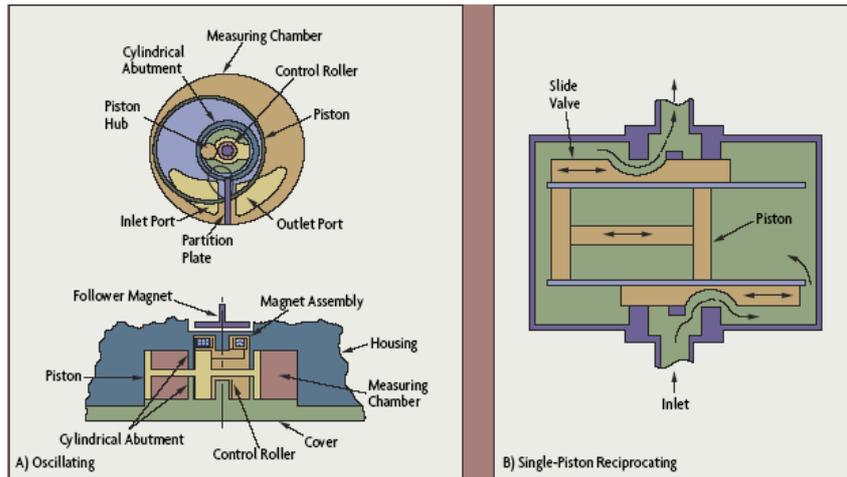
a) Rotâmetro

Um rotâmetro é um medidor que possui um flutuador colocado dentro de um tubo variável. A extremidade de diâmetro menor está na parte inferior e é a entrada do fluido. A folga ou o espaço anular, que fica entre o diâmetro interno do tubo e o flutuador e que aumenta na extensão do tubo, forma um orifício de área variável. O flutuador alcança uma posição de equilíbrio que é proporcional ao escoamento quando a força ascendente do fluido, passando pelo espaço anular, torna-se igual ao peso do flutuador.

A vazão pode ser lida diretamente da posição do flutuador no fluido, em uma escala graduada no próprio tubo, ou ao lado dele. O movimento do flutuador pode também ser transferido por meio de uma extensão a um sistema que atua em um ponteiro indicador, um registrador ou um transmissor pneumático ou elétrico. Os flutuadores são de metais duros e resistentes à corrosão, como aço inoxidável, liga hastelloy, ou monel e níquel e apresentam vários formatos e características de vazão. Os rotâmetros podem medir vazões entre 0,08 mm³/min. até enormes quantidades, como 23 m³/min. A perda de pressão é constante e pequena.



b) Cilindro e Pistão

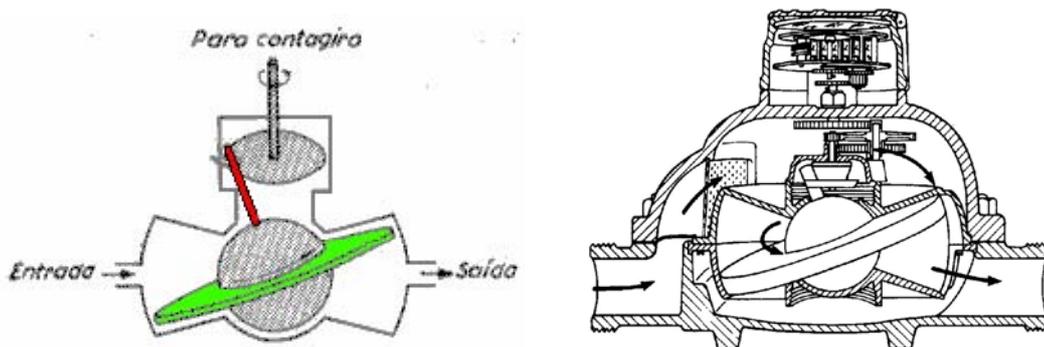


3.6.3 Medidores Volumétricos

Estes medidores se baseiam na medição do volume do fluido que passa através do mesmo.

a) Disco Nutante

Nesse tipo de medidor certo volume predeterminado é deslocado continuamente pelo movimento rotativo do disco, cujo centro é uma esfera. O número de rotações do disco é contado por meio de uma série de engrenagens e indica a quantidade de líquido deslocada de montante para jusante. Trata-se, pois, de um integrador de vazão, sendo apropriado para medir vazões não muito grandes de líquidos limpos. Emprega-se com tubulações de 1/2" até 4", para vazões de 0,2 até 100m³/h, com a precisão de $\pm 1\%$.

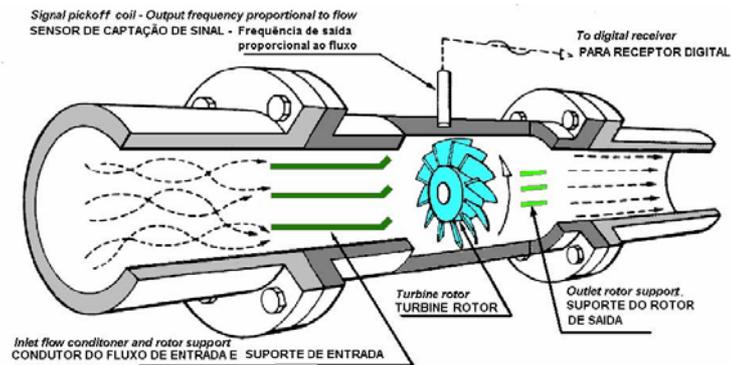


b) Turbina

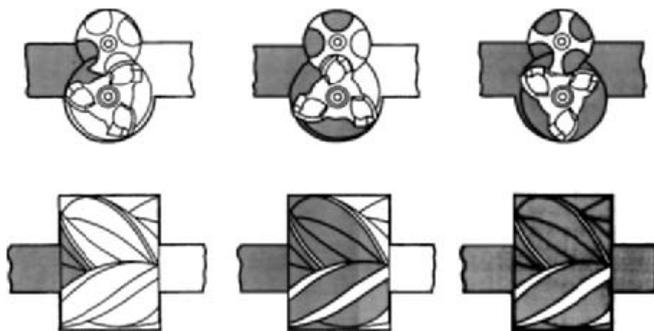
Um medidor de vazão de turbina consiste, basicamente, em um rotor provido de palhetas, com seu eixo de rotação paralelo à direção do fluxo. O rotor é acionado pela passagem dos fluidos sobre as palhetas em ângulo; a velocidade angular do rotor é proporcional à velocidade do fluido que, por sua vez, é proporcional à vazão do volume. Uma bobina sensora na parte externa do corpo do medidor, detecta o movimento do rotor.

Em razão de seu alto desempenho, os medidores DP são muito usados na medição de vazão de óleo combustível e outros produtos à base de hidrocarbonetos em tubos de pequenos diâmetros. Por

dispensar uma fonte de energia auxiliar, é adequado para aplicações em veículos tanque. A limitação básica de um medidor de deslocamento positivo são suas peças móveis com folgas restritas, limitando seu uso aos líquidos limpos e necessitando manutenção constante. Também é limitada a escolha de materiais adequados, restringindo a sua resistência à corrosão e limitação quanto à temperatura e pressão elevadas.



c) Rotor



3.6.4 Instrumento Eletromagnético

Esses medidores são os únicos que não têm obstruções de qualquer espécie no percurso do líquido. Portanto, a perda de carga é quase nula. Por este motivo constituem os elementos primários ideais para medidas de vazões de líquidos viscosos ou com sólidos em suspensão. A única condição é que o líquido tenha uma condutividade elétrica acima de um certo mínimo.

O funcionamento destes medidores baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. Um condutor elétrico, movendo-se com a velocidade V , perpendicularmente a um campo magnético de indução B , produz uma f.e.m. O condutor em movimento é o próprio líquido o qual circula num tubo de medida e não-magnético, com o mesmo diâmetro da tubulação externa. O tubo de medida é

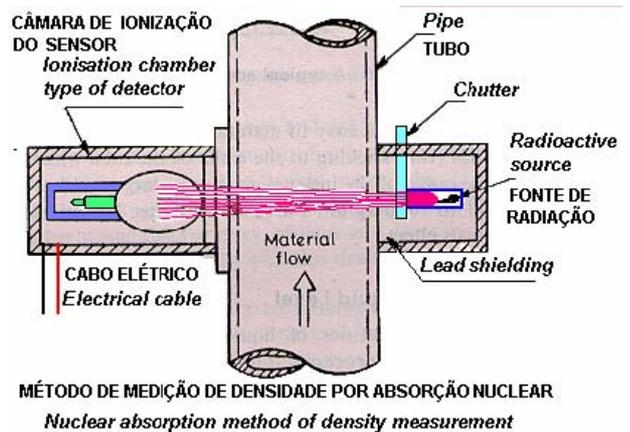


normalmente constituído por aço inoxidável. Os materiais do forro interior e os eletrodos são escolhidos em função do fluido a medir. Há dois eletrodos implantados no tubo de medida que fazem contato com o líquido. Perpendicularmente à linha dos eletrodos, é aplicado um campo magnético produzido por duas bobinas exteriores ao tubo de medida.

3.6.5 Instrumento Ultra-Sônico

Um feixe de ondas sonoras estreito (na faixa acústica ou na ultra-sônica) lançado através de um fluido em movimento sofre um efeito de arrastamento. Na forma mais simples, é constituído por um transdutor transmissor de ultra-sons (TT) e por um transdutor receptor (TR).

A onda ultra-sônica, enviada em pulsações, atravessa o fluido duas vezes, após reflexão na parede oposta. Como a onda é arrastada pelo movimento do líquido, o percurso total e a atenuação da onda dependem da velocidade do fluido. Este tipo de medidor tem uma precisão melhor que a placa de orifícios e não introduz qualquer obstrução, identicamente ao medidor eletromagnético. Serve, pois, para líquidos viscosos e pastosos ou perigosos (alta pressão, corrosivos, radioativos). Necessita de uma correção automática de temperatura por meio de um termistor porque a velocidade do som é alterada em função da temperatura.



4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (C.L.P.)

Um controlador lógico programável é um dispositivo físico eletrônico, baseado num microprocessador, dotado de memória programável capaz de armazenar programas implementados por um usuário com o objetivo de, baseado no estado de suas entradas, determinar o estado das saídas de forma a controlar um determinado processo.

Controlador Lógico Programável

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*): é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

4.1 Histórico

Concebido originalmente para a linha de montagem da General Motors em 1968 para substituir os painéis de controle a relé, estes painéis possuíam pouca flexibilidade sendo necessária sua reconstrução a cada modificação do projeto. Como estas modificações ocorriam de maneira freqüente, os CLP foram concebidos com o principal objetivo de facilitar e desonerar e reduzir a manutenção das linhas de produção. O primeiro controlador que atendia a estas especificações foi construído em 1969 pela Gould Modicon (*Modular Digital Controller*), em 1971 sua aplicação foi ampliada a outras indústrias e, em 1973 surgiu o primeiro sistema de comunicação que permitia que os CLP trocassem informação entre si e, já em 1975 passou a incorporar o controle PID (Proporcional - Integral - Derivativo). Até 1977 os CLP eram implementados com componentes eletrônicos discretos, somente a partir de então passando a serem confeccionados a partir de microprocessadores. Com a evolução dos microprocessadores ocorreu o aumento da capacidade de processamento e de memória dos CLP que passaram a se tornar atrativos, além de todos os campos de atividade industrial, também, a área de automação predial atuando no controle de climatização, alarmes, iluminação. As atuais gerações de controladores possuem funções avançadas de controle, disponibilidade de grande número de entradas e saídas, além de uma grande facilidade de comunicação com sistemas supervisórios e sensores e atuadores inteligentes.

4.2 Características

Os CLP surgiram em substituição de sistemas convencionais baseados em relés e, em relação a estes sistemas apresenta as seguintes características:

- Ocupa menor espaço;
- Requer menor potência elétrica;
- Permite sua fácil reutilização;
- É programável, permitindo a alteração dos parâmetros de controle;
- Apresenta maior confiabilidade;
- Sua manutenção é mais fácil e rápida;
- Oferece maior flexibilidade;
- Apresenta interface de comunicação com outros CLP e computadores;
- Permite maior rapidez na elaboração do projeto do sistema.

4.3 Principais Fabricantes

Atualmente um grande número de fabricantes atua na confecção de CLP, disponibilizando ao usuário softwares avançados de programação além de simuladores.

Tabela 3.1 – Fabricantes de CLP.

Principais Fabricantes de Controladores

 Allen-Bradley		SIEMENS
		
		ABB
TOSHIBA		
		
		
 MITSUBISHI		Honeywell
		

4.4 Constituição

Os CLP são constituídos basicamente por uma fonte de alimentação, uma Unidade Central de Processamento (*Central of Processing Unit - CPU*), além de módulos de entrada e saída. A *CPU* é onde são realizados todos os cálculos necessários à obtenção dos valores necessários às saídas, com base nas entradas lida, determinados pelo programa armazenado na memória (Fig. 3.1).

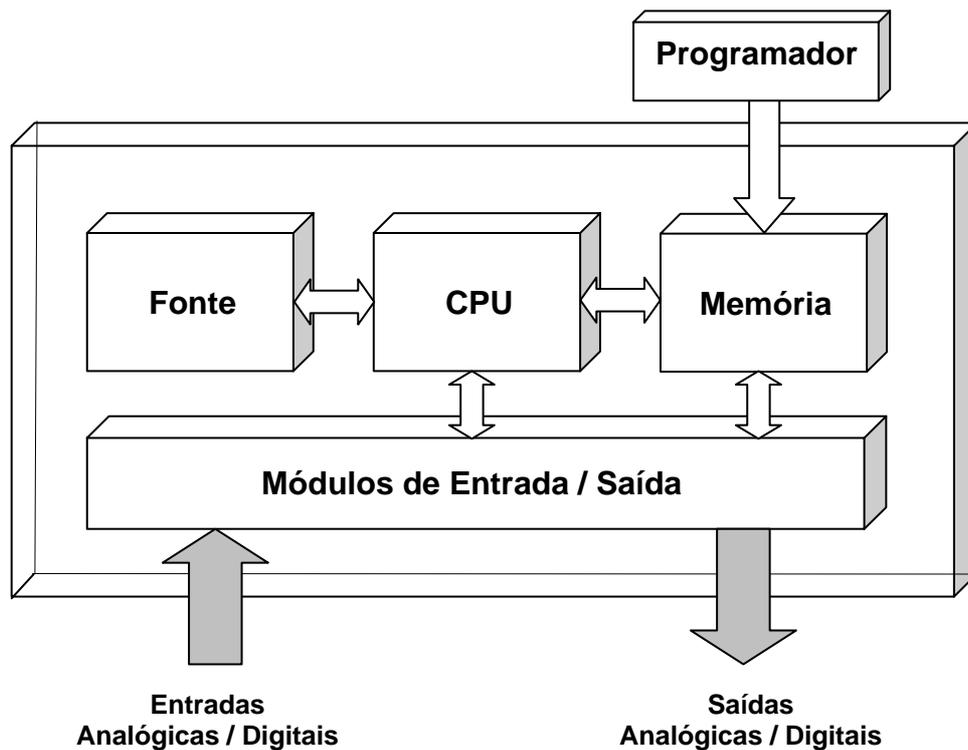


Figura 3.1 – Estrutura Básica de um CLP.

O CLP possui, eventualmente, um dispositivo programador que, em geral, pode ser substituído por um computador ou ainda podendo ser integrado ao controlador através de uma IHM (Interface Homem-Máquina) que possibilita o envio ou edição de programas, modificação de parâmetros de sintonia ou mesmo consulta aos valores de variáveis do processo.

A **CPU** é o elemento principal do controlador, responsável tanto pela execução dos programas do usuário quanto pelas funções associadas ao endereçamento de memória, operações aritméticas e lógicas e relógio.

A **memória** é o dispositivo responsável pela armazenagem de dados e programas utilizados durante o funcionamento do CLP.

O **módulo de Entrada / Saída** (*I/O - Input / Output*) corresponde à conexão do controlador aos sensores e atuadores do processo. As **entradas** podem ser do tipo **digitais** (variáveis discretas) - relés, botões ou **analógicas** (variáveis contínuas) - velocidade, temperatura. As **saídas** da mesma forma podem ser **digitais** - lâmpadas, contactores ou **analógicas** - servoválvula, conversor de frequência.

A figura 3.2 ilustra algumas entradas e saídas típicas de um CLP bem como a utilização de uma IHM e de um microcomputador como dispositivo de programação.

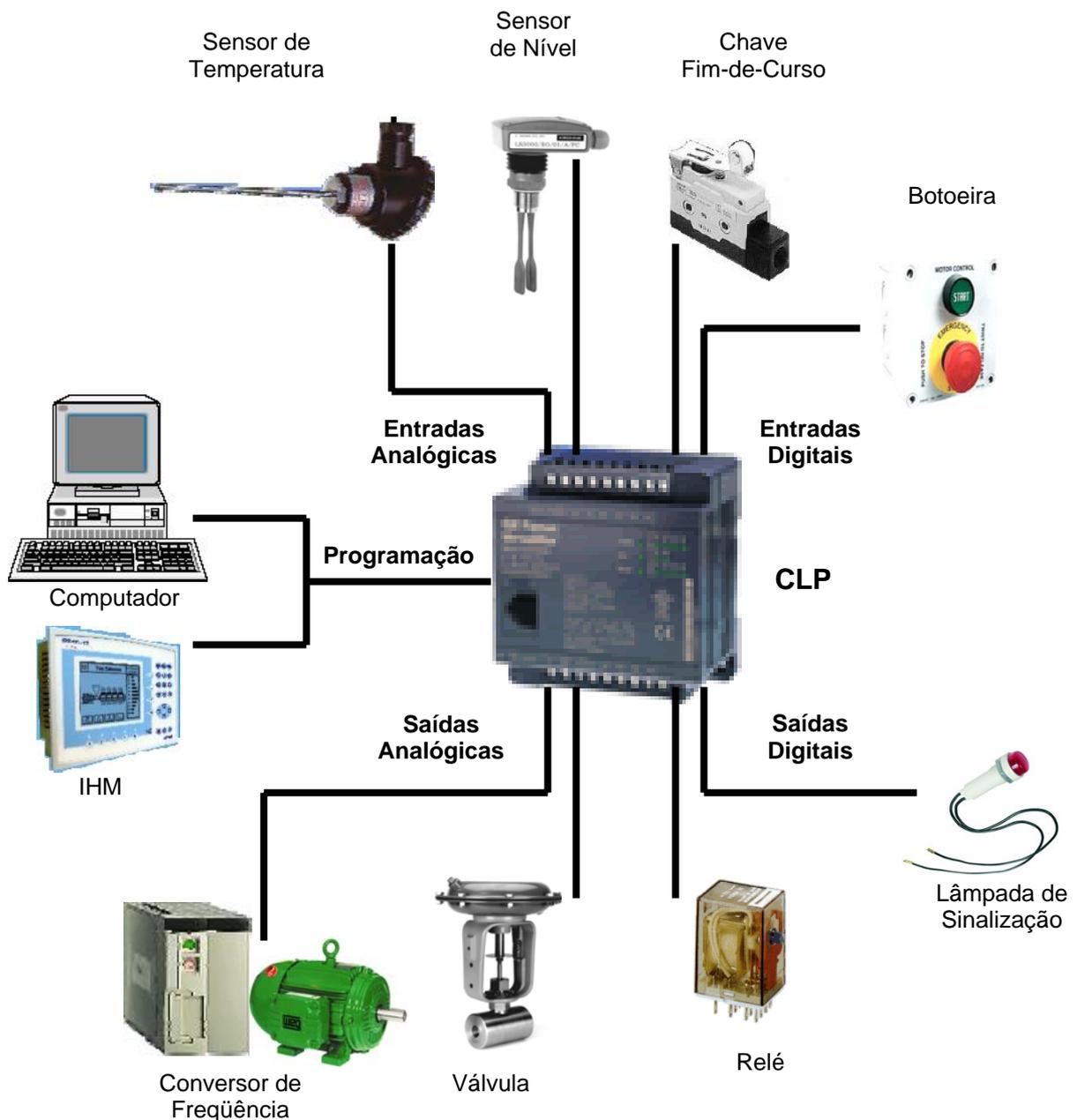


Figura 3.2 – Possíveis Entradas e Saídas de um CLP.

As entradas e saídas discretas apresentam dois níveis lógicos: “0” ou “1”, ligado ou desligado enquanto que as entradas e saídas analógicas apresentam sinais contínuos que são padronizados para trabalhar numa faixa, normalmente, 4 a 20mA (corrente) ou 0 a 10V (tensão).

4.5 Funcionamento

Um controlador pode assumir o modo de **espera** quando está sendo programado ou parametrizado, estado de **operação** quando está executando um programa ou estado de **erro** se ocorre alguma falha no controlador (Fig. 3.3).

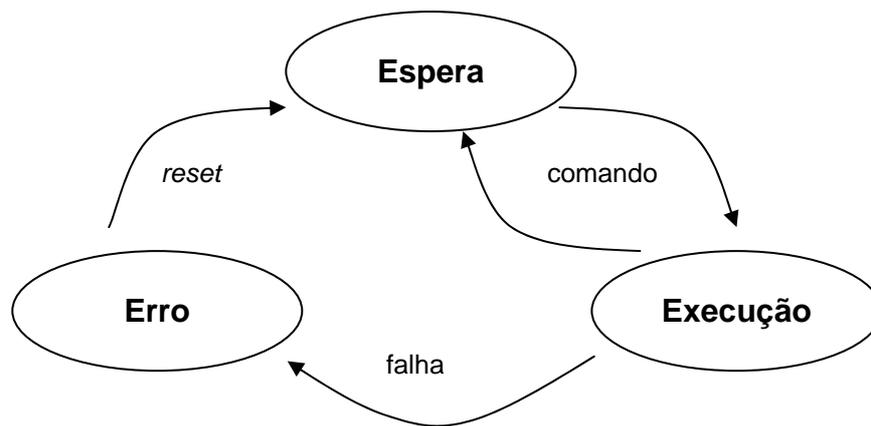


Figura 3.3 – Modos de um CLP.

Quando está no estado de execução, um CLP trabalha em *loop* executando, a cada ciclo de varredura, cuja duração é da ordem de mili-segundos, uma série de instruções referentes aos programas presentes em sua memória como ilustra a figura 3.4.

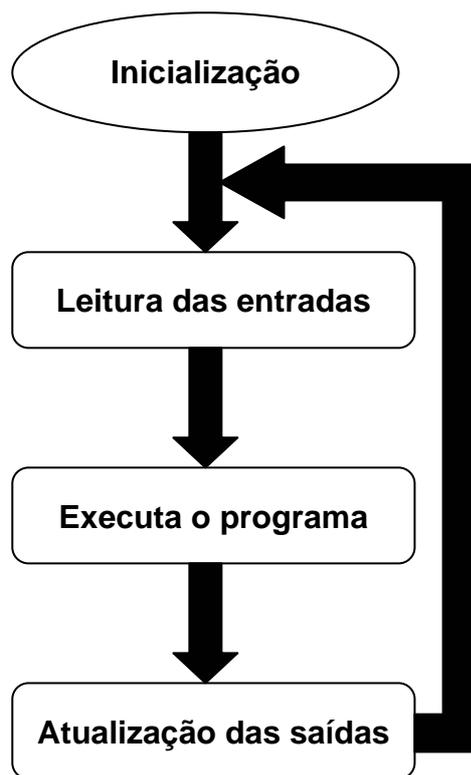


Figura 3.4 – Ciclo de Varredura de um CLP.

4.6 Programação

A grande responsável pela flexibilidade de um CLP é a sua capacidade de ser programado, seja através de um dispositivo IHM ou de um microcomputador. Os *softwares* atualmente existentes apresentam uma série de facilidades no processo de programação e testes do programa possibilitando,

inclusive, a realização de simulações, forçamento de entradas além de uma série de ferramentas avançadas de edição.

3.6.1 Linguagens de Programação

Com a evolução dos CLP surgiram, ao longo dos anos, diversas linguagens de programação possibilitando a confecção de programas cada vez mais complexos e melhor estruturados.

A norma internacional IEC-11313 define quatro linguagens de programação para CLP, sendo duas textuais e duas gráficas:

Textuais:

- Lista de Instruções, IL (*Instruction List*)
- Texto Estruturado, ST (*Structured Text*)

Gráficas:

- Diagrama *Ladder*, LD (*Ladder Diagram*)
- Diagrama de Blocos Funcionais, FBD (*Function Block Diagram*)

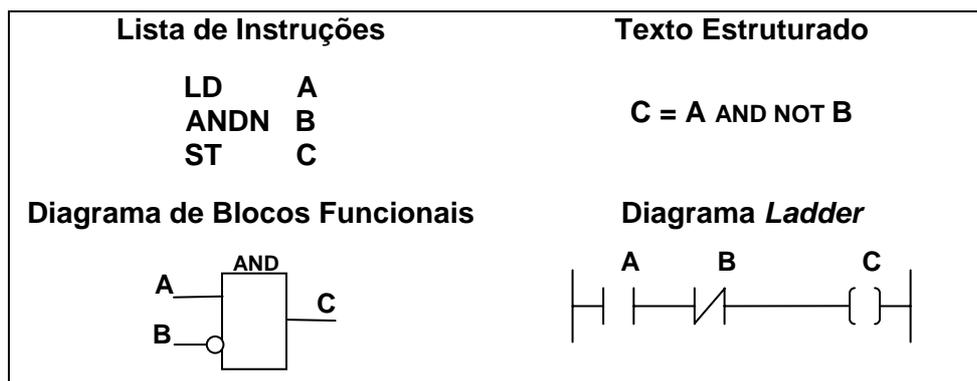


Figura 3.5 – Linguagens de Programação.

A figura 3.5 ilustra uma mesma lógica de programa representada pelas quatro linguagens. A seleção da linguagem de programação a ser empregada depende:

- da formação do programador;
- do problema a resolver;
- do nível da descrição do problema;
- da estrutura do sistema de controle;
- da interface com outras pessoas / departamentos.

Ladder tem sua origem nos EUA. É baseada na representação gráfica da lógica de relés.

Lista de Instruções de origem européia, é uma linguagem textual, se assemelha ao *assembler*.

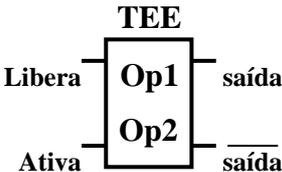
Blocos Funcionais é muito usada na indústria de processos. Expressa o comportamento de funções, blocos funcionais e programas como um conjunto de blocos gráficos interligados, como nos diagramas de circuitos eletrônicos. Se parece com um sistema em termos do fluxo de sinais entre elementos de processamento.

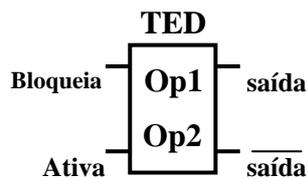
Texto Estruturado é uma linguagem de alto nível muito poderosa, com origem em Ada, Pascal e “C”. Contém todos os elementos essenciais de uma linguagem de programação moderna, incluindo condicionais (IF-THEN-ELSE e CASE OF) e iterações (FOR, WHILE e REPEAT). Estes elementos também podem ser aninhados. Esta linguagem é excelente para a definição de blocos funcionais complexos, os quais podem ser usados em qualquer outra linguagem IEC.

3.6.2 Linguagem de Diagramas de Contatos (*ladder*)

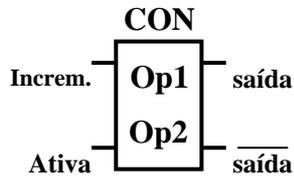
Esta é a linguagem favorita dos técnicos com formação na área industrial por mais se assemelhar aos circuitos de relés, consiste numa linguagem bastante intuitiva de fácil interpretação apresentando, no entanto, limitações para sua utilização em programas extensos ou com lógicas mais complexas.

Tabela 3.2 – Comandos Básicos da Linguagem *Ladder*.

Símbolo	Descrição
	Contato Normalmente Aberto (NA) : pode estar associado a uma entrada digital do controlador ou mesmo a um contato auxiliar, no caso de ser uma entrada (p.ex. NA de uma botoeira) será acionado modificando o seu estado sempre que esta entrada for acionada. Da mesma forma, se for um contato auxiliar, será acionado sempre que a bobina associada a esta variável for energizada.
	Contato Normalmente Fechado (NF) : da mesma forma que o NA, pode estar associado a uma entrada digital ou a um contato auxiliar.
	Bobina Simples (BOB) : sempre que for acionada altera o estado de todos os elementos associados a ela, abrindo contatos fechados e fechando os abertos, atua enquanto for mantida a energização.
	Bobina Liga (BBL) : sempre que for acionada altera o estado de todos os elementos associados a ela, abrindo contatos fechados e fechando os abertos.
	Bobina Desliga (BBD) : sempre que for acionada força o retorno ao estado original de todos os elementos associados a ela.
	Temporizador na Energização (TEE) : Realiza contagem de tempo com a energização de suas entradas. O operando Op1 é a memória acumuladora de tempo e Op2 é o tempo limite (décimos de segundo). Sempre que as entradas Libera e Ativa estiverem energizadas começa a contagem. Se Libera for desenergizada a contagem é interrompida e se Ativa for desenergizada Op1 é zerado. Quando a contagem de Op1 atingir o limite de Op2 a saída é energizada.



Temporizador na Desenergização (TED): Semelhante ao TEE, realiza contagem de tempo, porém, com a energização de sua entrada **Bloqueia**. Se **Bloqueia** for energizada a contagem é interrompida e se **Ativa** for desenergizada **Op1** é zerado.



Contador Simples (CON): Realiza contagens simples, uma unidade a cada acionamento. O operando **Op1** é a memória acumuladora unidades e **Op2** é o número limite. Sempre que as entradas **Incrementa** e **Ativa** estiverem energizadas começa a contagem. Se **Ativa** for desenergizada **Op1** é zerado. Quando **Op1 = Op2**, a **saída** é acionada.

Na representação *ladder* existe uma linha vertical de energização a esquerda e outra linha a direita. Entre estas duas linhas existe a matriz de programação formada por xy células, dispostas em x linhas e y colunas. Cada conjunto de células é chamado de uma lógica do programa aplicativo. As duas linhas laterais da lógica representam barras de energia entre as quais são colocadas as instruções a serem executadas. As instruções podem ser contatos, bobinas, temporizadores, etc.

A lógica deve ser programada de forma que as instruções sejam “energizadas” a partir de um “caminho de corrente” entre as duas barras, através de contatos ou blocos de funções interligados. Entretanto, o fluxo de “corrente elétrica” simulado em uma lógica flui somente no sentido da barra da esquerda para a direita, diferentemente dos esquemas elétricos reais. As células são processadas em colunas, iniciando pela célula esquerda superior e terminando pela célula direita inferior.

Cada célula pode ser ocupada por uma conexão (“fio”), por um bloco (relé de tempo, operação aritmética, etc), ou ainda por um contato ou bobina. Além disso, existem algumas regras impostas na linguagem Ladder. Por exemplo, as bobinas devem ocupar somente a última coluna a direita. Abaixo temos a ordem de execução das células em uma lógica Ladder. Note que o programa aplicativo pode ser composto de várias lógicas Ladder. Além disso, um módulo de configuração permite especificar parâmetros do CLP, como modelo, velocidade de ciclo, endereço do CLP na rede de comunicação, etc.

1	5	9	13	17	21	25	29
2	6	10	14	18	22	26	30
3	7	11	15	19	23	27	31
4	8	12	16	20	24	28	32

Figura 3.6 – Células de um Lógica *Ladder*.

4.7 Aplicações

Embora sejam bastante variadas as aplicações dos CLP que podem ser representadas facilmente através da linguagem *Ladder*, as de representação mais direta são aquelas relacionadas ao acionamento de máquinas elétricas através de circuitos de comando e força.

3.7.1 Exemplos de Programas *Ladder*

a) Partida Direta de um Motor

O programa representado na figura 3.7 corresponde ao acionamento de um motor através de uma botoeira, a entrada do controlador corresponde aos comandos LIGA, contato NA do botão *On* da botoeira, e DESLIGA, contato NF do botão *Off* da botoeira. A bobina MOTOR corresponde à saída do controlador que acionará um contactor responsável pela partida direta do motor.

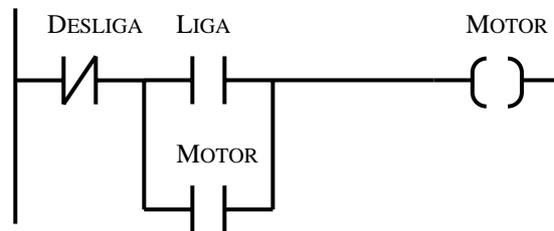


Figura 3.7 – Programa *Ladder* para Partida de um Motor.

O contato aberto da bobina MOTOR é responsável por realizar a retenção, ou seja, manterá a sua bobina energizada mesmo após o operador parar de pressionar o botão LIGA.

b) Partida Direta e Reversão de um Motor

A reversão no sentido de rotação de um motor trifásico é possível pela troca de duas das fases que alimentam este motor conforme ilustrado pelo esquema de força da figura 3.8.

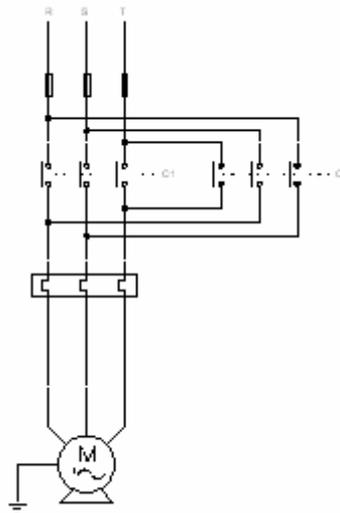


Figura 3.8 – Circuito de Força para Partida e Reversão.

O programa representado na figura 3.9 ilustra um circuito de partida direta e reversão de um motor onde o acionamento do contactor C_1 permite a partida direta do motor no sentido horário e C_2 no sentido anti-horário.

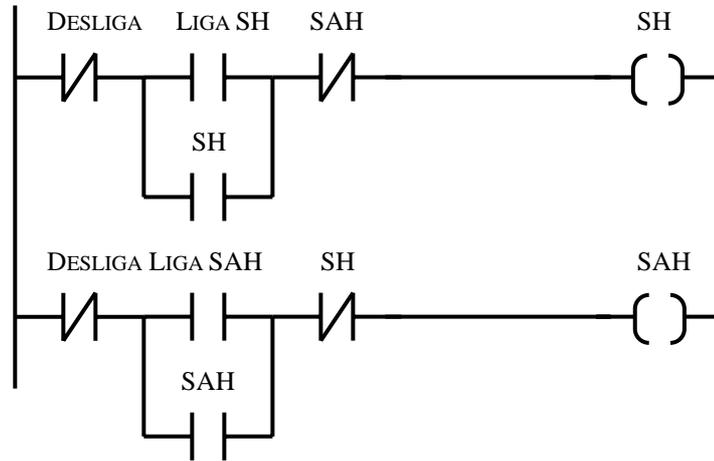


Figura 3.9 – Programa *Ladder* para Partida e Reversão de um Motor.

A saída SH do controlador acionará C_1 enquanto que a saída SAH acionará C_2 . Neste caso C_1 e C_2 nunca poderão ser acionados simultaneamente pois isto provocaria um curto-circuito sendo necessário, portanto, o intertravamento realizado pelo contato NF de SAH em série com a bobina SH e o contato NF SH em série com a bobina SAH. Tanto a retenção como o intertravamento são realizados utilizando comandos *ladder* sem a necessidade do uso dos contatos auxiliares dos contactores.

c) Partida Estrela-Triângulo

Neste caso, a partida do motor dá-se na configuração estrela, de forma a minimizar a corrente de partida e, após determinado tempo, comuta-se o motor para a configuração triângulo que corresponde ao regime normal de trabalho do motor.

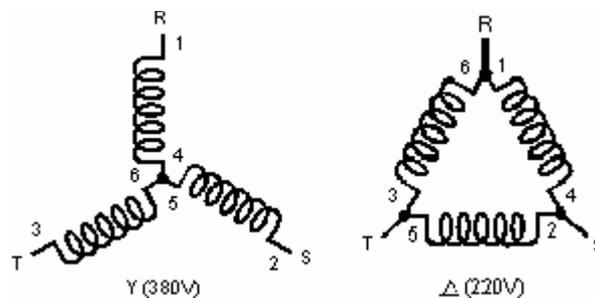


Figura 3.10 – Esquemas de Ligação de um Motor Trifásico.

São utilizados três contactores: C_1 que alimenta as pontas 1, 2 e 3 do motor com as três fases R, S e T, respectivamente; C_2 que alimenta com a mesma sequência as pontas 6, 4 e 5 e; C_3 que interliga as pontas 4, 5 e 6. Desta forma a ligação simultânea de C_1 e C_3 corresponde a configuração estrela, enquanto que a ligação de C_1 e C_2 equivale a configuração triângulo (Fig. 3.11).

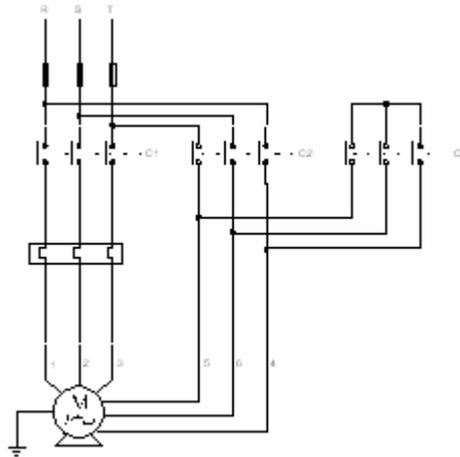


Figura 3.11 – Circuito de Força da Partida Estrela-Triângulo.

O diagrama *ladder* ilustrado na figura 3.12 representa a partida estrela-triângulo de um motor onde o tempo é ajustado para 5,0 segundos.

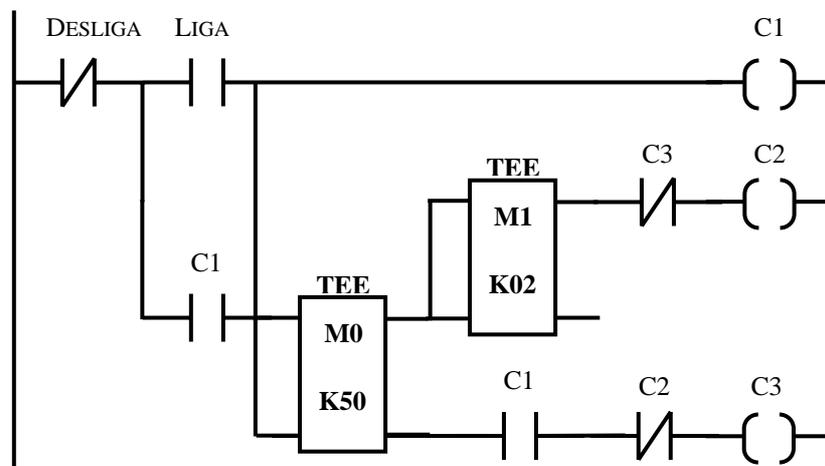


Figura 3.12 – Programa *Ladder* para Partida Estrela-Triângulo.

É possível observar, uma vez mais, as ações de retenção (C_1) e intertravamento (evitando que C_2 e C_3 sejam acionados simultaneamente).

3.7.2 Exercícios

a) Elabore um programa *Ladder* de partida/parada de um motor, semelhante ao representado na figura 3.7 porém, desta vez, sem a necessidade do uso de retenção.

b) Elabore um programa para controlar o nível no tanque ilustrado na figura 3.13 de maneira que o operador possa ser capaz de selecionar o modo de funcionamento: AUTOMÁTICO ou MANUAL. Em MANUAL, a bomba poderá ser ligada pressionando-se o botão LIGA e desligada pressionando-se o botão DESLIGA. Neste modo, as chaves de nível não têm nenhuma ação. Em AUTOMÁTICO a bomba d'água seja ligada sempre que a chave de NÍVEL BAIXO for acionada e que seja desligada toda vez que a chave de NÍVEL ALTO seja acionada.

Observe o diagrama de estados da bomba d'água representado pela figura 3.14 na elaboração do programa *ladder*.

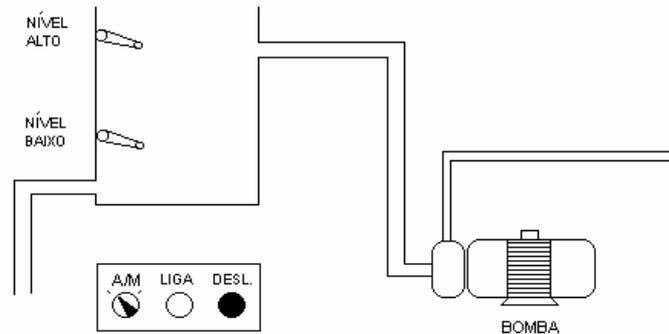


Figura 3.13 – Sistema Controle de Nível.

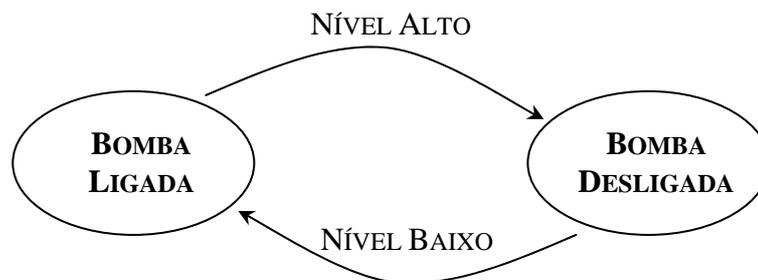


Figura 3.13 – Diagrama de Estados da Bomba.

c) A figura 3.15 mostra um misturador usado para fazer cores personalizadas de tinta. Dois encanamentos alimentam o tanque, fornecendo dois ingredientes diferentes, enquanto que, um único encanamento no fundo do tanque transporta a tinta misturada (produto final). Nessa aplicação o programa deverá controlar a operação de preenchimento, o nível do tanque, o funcionamento do misturador e o período de aquecimento conforme as seguintes etapas:

- 1º – Encher o tanque com o ingrediente 1.
- 2º – Encher o tanque com o ingrediente 2.
- 3º – controlar o nível do tanque para o acionamento da chave *High-Level*.
- 4º – Manter o status da bomba se a chave *Start* está aberta .
- 5º – Começar a mistura e o período de aquecimento .
- 6º – Ligar o motor do misturador e a válvula de vapor .
- 7º – Drenar o tanque da mistura.
- 8º – Contar cada período.

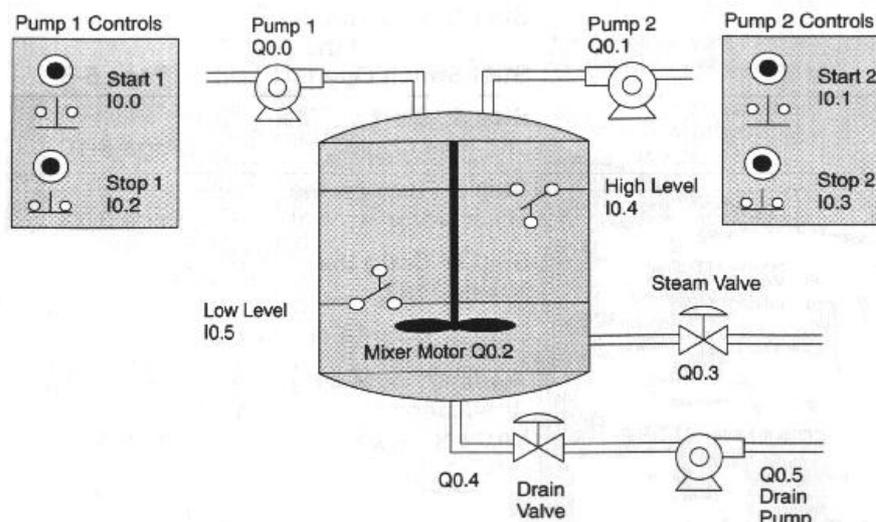


Figura 3.15 – Sistema de Mistura de Tintas.

3.7.3 CLP Piccolo

Os controladores programáveis da série Piccolo foram desenvolvidos pela empresa ALTUS Sistemas de Informática S.A. para a automação e controle de processos de pequeno e médio porte, apresentando dimensões compactas, integram em um único gabinete plástico: CPU, pontos de entrada e saída digitais, analógicos, entradas de contagem rápida e canal serial para carga de programas e conexão à rede ALNET I. Os modelos presentes no laboratório de automação do Colégio Técnico Industrial - Prof. Mário Alquati são o 102/R (saídas a relé) e o 102/T (saídas a transistor) que possuem 14 entradas digitais 24 Vdc, 10 saídas digitais, canal serial RS-232 (Fig. 3.16).

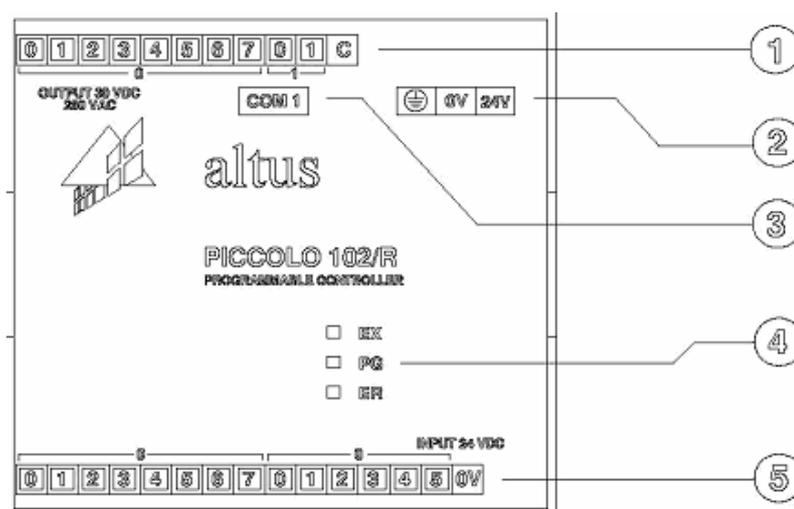


Figura 3.16 – Painel Frontal do PL102/R.

A tabela 3.3 apresenta a descrição dos principais elementos do painel do CLP PL102 ilustrados na figura 3.16

Tabela 3.3 – Partes Principais do Painel do PL102.

Nº	DESCRIÇÃO
1	Saídas digitais a relé / transistor (conforme o modelo)
2	Conector de alimentação
3	Interface Serial
4	LEDs de estado da CPU
5	Entradas digitais 24 Vdc

Manual Anexo

3.7.4 Mastertool

Utilização

3.7.5 Exemplos de Aplicações (controle discreto, analógico, exercícios, implementações)

BIBLIOGRAFIA

- [1] ALTUS, “Manual de Utilização - Série PICCOLO”, Ver. D - 2003, Cód. Doc.MU299014, 2003.
- [2] ALTUS, “MASTERTOOL Manual de Utilização”, Ref. 6203-012.4 Rev. A 05/95, 1995.
- [3] ALTUS, “Série PICCOLO Manual de Utilização”, Ref. 6299-014.4 Rev. A 12/95, 1995.
- [4] ANTONELLI, P.L. “CLP Básico”, 1998.
- [5] JACK, H. “Automating Manufacturing Systems with PLCs”, versão 4.6, disponível em <http://claymore.engineer.gvsu.edu/~jackh/books.html>, 2004.
- [6] KILIAN, “Modern Control Technology: Components and Systems”, 2ª edição, 2003.
- [7] MCMILLAN, G.K. e CONSIDINE, D.M., “Process/Industrial Instruments and Controls Handbook”.5ª Edição, Ed. McGraw-Hill, New York, 1999.
- [8] NATALE, F. “Automação Industrial”, Ed. Érica, São Paulo, 2000.
- [9] RABELO, F. “Apostila do Micrologix 1000”, CIBA, 2004.
- [10] RICHTER, C. “Controladores Programáveis - Curso de Automação Industrial”, DEXTER, 2001.
- [11] SILVA FILHO, B.S. “Curso de Controladores Lógicos Programáveis”, LEE-UERJ, Rio de Janeiro, RJ, 1998.
- [12] SOUSA, A.M. e SCHUTTENBERG, R.M.C. “Apostila de Laboratório: Controle de Processos e PLC”, Belo Horizonte - MG, 2ª Ed., 2000.
- [13] U.S. Department of Energy, “Instrumentation and Control Fundamentals Handbook”, DOE-HDBK-1013/1-92, Washington, 1992.