

2. Simbologia de Instrumentação

Com objetivo de simplificar e globalizar o entendimento dos documentos utilizados para se representar as configurações dos instrumentos e das malhas de instrumentação, utilizam-se normas e padrões internacionais e nacionais.

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 de suas funções nas malhas de instrumentos. No entanto, como é dada a liberdade para cada empresa estabelecer/escolher a norma a ser seguida na elaboração dos seus diversos documentos de projeto de instrumentação outras são utilizadas.

As normas da ANSI/ISA S5.1 à S5.5 (Instrument Society of America) para a elaboração de Fluxogramas de Processo, conhecidos internacionalmente como P&ID (Piping and Instrumentation ou Process and Instrumentation Diagrams) são a mais importante referência internacional e servem de base para a norma brasileira NBR 8190 da ABNT.

A seguir, serão apresentadas algumas das regras de identificação e de simbologia presentes na norma da ISA, entretanto, para a elaboração de projetos, deve-se consultar diretamente as normas citadas.

Identificação de Instrumentos segundo a norma ISA S5.1:

Cada instrumento deve se identificar com um sistema de letras, que o classifique funcionalmente, e números que servem para identificar a malha de controle na qual o instrumento está inserido. O identificador funcional começa com uma primeira letra denotando a variável física que está sendo medida. Quando for necessário, a variável é seguida de um modificador. O segundo grupo de letras é responsável por qualificar a finalidade/funcionalidade do instrumento.

"TAG" (etiqueta de identificação)

EXEMPLO: INSTRUMENTO P R C – 00102A				
P	R C	001	02	A
VARIÁVEL	FUNÇÃO	AREA ATIVIDADE	N. SEQUENCIAL	SUFIXO
IDENTIFICAÇÃO FUNCIONAL		IDENTIFICAÇÃO DA MALHA DE CONTROLE		

Controlador Registrador de Pressão da área 001 malha 02 A

Figura 9.1. Regra para Identificação

A identificação funcional é feita de acordo com os objetivos de controle da malha e não com a sua construção. Por exemplo, um medidor/transmissor diferencial de pressão que for usado para medir a queda de pressão em uma placa de orifício objetivando a medição da vazão será representado como FT e não PDT. Da mesma forma, uma válvula que seja utilizada para controlar uma malha de pressão será indicada como PV e não como FV. Cada malha de controle terá um único número de identificação. Este número é o mesmo para todos os instrumentos da malha. A tabela a seguir lista as letras utilizadas para estabelecer os identificadores funcionais.

PRIMEIRA LETRA	LETRAS SUBSEQUENTES
-----------------------	----------------------------

	Variável Medida ou inicial (3)	Modificadora	Função de informação ou passiva	Função final	Modificadora
A	Analisador (4)	-	Alarme	-	
B	Chama de queimador		Indefinid	Indefinida (1)	Indefinida (1)
C	Condutividade elétrica	-	-	Controlador (12)	-
D	Densidade ou massa específica	Diferencial (3)	-	-	-
E	Tensão elétrica	-	Elemento primário	-	-
F	Vazão	Razão (fração)	-	-	-
G	Medida dimensional	-	Visor (8)	-	-
H	Comando Manual	-	-	-	Alto (6,14,15)
I	Corrente elétrica	-	Indicador (9)		-
J	Potência	Varredura ou Seletor (6)	-	-	-
L	Nível		Lâmpada Piloto	-	Baixo (6,14,15)
M	Umidade				Médio intermediário
N(1)	Indefinida		Indefinida (1)	Indefinida (1)	Indefinida (1)
O	Indefinida (1)		Orifício de restrição	-	-
P	Pressão ou vácuo		Ponto de teste	-	-
Q	Quantidade ou evento	Integrador ou totalizador (3)	-	-	-
R	Radioatividade	-	Registrador ou impress	-	-
S	Velocidade ou frequência	Segurança (7)		Chave (12)	-
T	Temperatura	-	-	Transmissor	-
U	Multivariável (5)	-	* Multifunção (11)	* Multifunção (11)	* Multifunção (11)
V	Viscosidade	-	-	Válvula (12)	-
W	Peso ou força	-	Poço	-	-
X(2)	Não classificada	-	Não classificada	Não classificada	Não classificada
y	Indefinida (1)	-	-	Relé ou computação (11,13)	-
Z	Posição	-	-	Elemento final de controle classificado	-

Os números entre parênteses se referem às notas relativas que são dadas a seguir:

1)As letras "*indefinidas*" são próprias para indicação de variáveis não listadas que podem ser repetidas em um projeto particular. Se usada, a letra deverá ter um significado como "*primeira-letra*" e outro significado como "*letra subsequente*". O significado precisará ser definido somente uma vez e uma legenda para aquele respectivo projeto. Por exemplo: a letra N pode ser definida como Módulo de Elasticidade na "*primeira-letra*" na "*letra subsequente*".

2)A letra "não-classificada", X, é própria para indicar variáveis que serão usadas uma vez, ou de uso limitado. Se usada, a letra poderá ter qualquer número de significados como "primeira-letra" e qualquer número de significados como "letra subsequente". Exceto para seu uso como símbolos

específicos, seu significado deverá ser definido fora do círculo de identificação no fluxograma. Por exemplo: XR-3 pode ser um "registrador de vibração", XR-2 pode ser um "registrador de tensão mecânica" e XX4 pode ser um "osciloscópio de tensão mecânica".

3) Qualquer primeira-letra, se usada em combinação com as letras modificadoras D (diferencial), F (razão) ou Q (totalização ou integração), ou qualquer combinação, será tratada como uma entidade "primeira-letra". Então, instrumentos TDI e TI medem duas diferentes variáveis, que são: temperatura diferencial e temperatura.

4) A "primeira-letra" A, para análise, cobre todas as análises não listadas na Tabela 1 e não cobertas pelas letras "indefinidas". Cada tipo de análise deverá ser definido fora do seu círculo de indefinição no fluxograma. Símbolos tradicionalmente conhecidos como pH, O₂, e CO, têm sido usados opcionalmente em lugar da "primeira-letra" A. Esta prática pode causar confusão particularmente quando as designações são datilografadas por máquinas que usam somente letras maiúsculas.

5) O uso da "primeira-letra" U para multivariáveis em lugar de uma combinação de "primeira-letra" é opcional.

6) O uso dos termos modificadores alto, baixo, médio ou intermediário e varredura ou seleção é preferido, porém opcional.

7) O termo "segurança" se aplicará somente para elementos primários de proteção de emergência e elementos finais de controle de proteção de emergência. Então, uma válvula auto-operada que previne a operação de um sistema acima da pressão desejada, aliviando a pressão do sistema, será uma PCV, mesmo que a válvula não opere continuamente. Entretanto esta válvula será uma PSV se seu uso for para proteger o sistema contra condições de emergência, isto é, condições que colocam em risco o pessoal e o equipamento, ou ambos e que não se esperam acontecer normalmente. A designação PSV aplica-se para todas as válvulas que são utilizadas para proteger contra condições de emergência em termos de pressão, não importando se a construção e o modo de operação da válvula enquadram-se como válvula de segurança, válvula de alívio ou válvula de segurança e alívio.

8) A função passiva "visar" aplica-se a instrumentos que dão uma visão direta e não calibrada do processo.

9) O termo "indicador" é aplicável somente quando houver medição de uma variável. Um ajuste manual, mesmo que tenha uma escala associada, porém desprovido de medição de fato, não deve ser designado "indicador".

10) Uma "lâmpada-piloto", que é a parte de uma malha de instrumentos, deve ser designada por uma "primeira-letra" seguida pela "letra subsequente". Entretanto, se é desejado identificar uma "lâmpada-piloto" que não é parte de uma malha de instrumentos, a "lâmpada-piloto" pode ser designada da mesma maneira ou alternadamente por uma simples letra L. Por exemplo: a lâmpada que indica a operação de um motor elétrico pode ser designada com EL, assumindo que a tensão é a variável medida ou XL assumindo a lâmpada é atuada por contatos elétricos auxiliares do sistema de partida do motor, ou ainda simplesmente L. A ação de uma "lâmpada-piloto" pode ser acompanhada por um sinal audível.

11) O uso da "letra subsequente" U para "multifunção" em lugar de uma combinação de outras letras funcionais é opcional.

12) Um dispositivo que conecta, desconecta ou transfere um ou mais circuitos pode ser, dependendo das aplicações, uma "chave", um "relé", um "controlador de duas posições", ou uma "válvula de controle". Se o dispositivo manipula uma corrente fluida de processo e não é uma válvula de bloqueio comum atuada manualmente, deve ser designada como uma "válvula de controle". Para todas as outras aplicações o equipamento é designado como: uma "chave", quando é atuado manualmente; uma "chave" ou um "controlador de duas posições", se é automático e se é atuado pela variável medida. O termo "chave" é geralmente atribuído ao dispositivo que é usado para atuar um circuito de alarme, "lâmpada piloto", seleção, intertravamento ou segurança. O termo "controlador" é geralmente atribuído ao equipamento que é usado para operação de controle normal; um "relé", se é automático e não atuado pela variável medida, isto é, ele é atuado por uma "chave" ou por um

"controlador de duas posições".

13) Sempre que necessário as funções associadas como o uso da "letra subseqüente" Y devem ser definidas fora do círculo de identificação. Não é necessário esse procedimento quando a função é por si só evidente, tal como no caso de uma válvula solenóide.

14) O uso dos termos modificadores "alto" "baixo" "médio" ou "intermediário" deve corresponder a valores das variáveis medidas e não dos sinais, a menos que de outra maneira seja especificado. Por exemplo: um alarme de nível alto derivado de um transmissor de nível de ação reversa é um LAH, embora o alarme seja atuado quando o sinal alcança um determinado valor baixo. Os termos podem ser usados em combinações apropriadas.

15) Os termos "alto" e "baixo", quando aplicados para designar a posição de válvulas, são

16) definidos como: alto - denota que a válvula está em ou aproxima-se da posição totalmente aberta; baixo - denota que a válvula está em ou aproxima-se da posição totalmente fechada.

Exemplos de Identificação de Instrumentos:

LG	visor de nível
HV	válvula manual
FV	válvula de fluxo
PCV	válvula controladora de pressão
PSV	válvula de segurança de pressão
LICA	controlador indicador de nível com alarme
PIC	controlador indicador de pressão
PT	transmissor de pressão

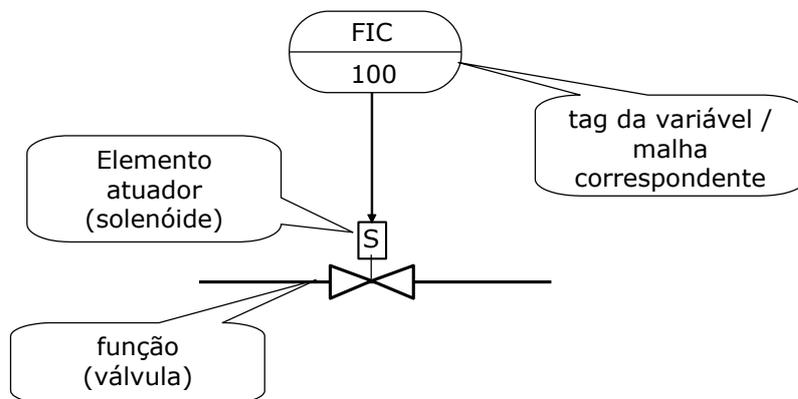


Figura 9.2. Exemplo de Identificação e seu elemento

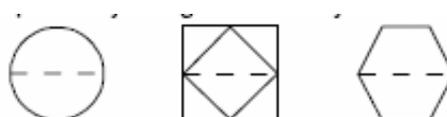
Simbologia para Instrumentos

TIPO \ LOCALIZAÇÃO	LOCAÇÃO PRINCIPAL NORMALMENTE ACESSÍVEL AO OPERADOR (1)	MONTADO NO CAMPO	LOCAÇÃO AUXILIAR NORMALMENTE ACESSÍVEL AO OPERADOR (1) (2)
INSTRUMENTOS DISCRETOS	 MD 1(3)		
INSTRUMENTOS COMPARTILHADOS	 CO 2(3)		
COMPUTADOR DE PROCESSO			
CONTROLADOR PROGRAMÁVEL			

Continuação:

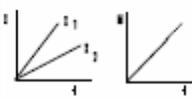
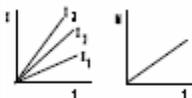
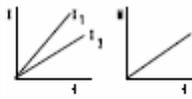
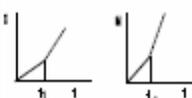
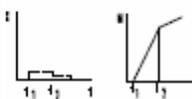
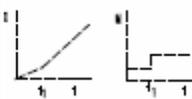
13	14  Instrumento com números de identificação grandes	15  Instrumentos montados no mesmo alojamento ****
16  Luz Piloto	17  Ponto de teste montado no painel	18  ***** Purga
19	20  diafragma de selagem	21 *** ****  Intertravamento lógico indefinido

Em geral, instrumentos inacessíveis ou montados atrás de painéis são representados com o mesmo símbolo, porém com uma linha horizontal tracejada, como a seguir:



O tamanho do símbolo pode variar de acordo com a necessidade do usuário e do tipo do documento. As abreviaturas da escolha do usuário, tal como IPI (painel do instrumento nº 1), IC2 (console do instrumento nº 2) ou CC3 (console do computador nº 3) podem ser usados quando for necessário especificar a localização do instrumento ou da função.

Simbologia para Funções

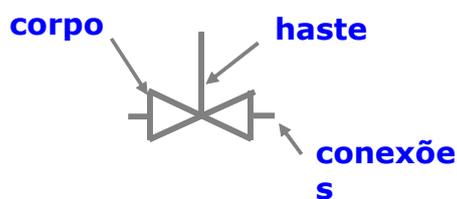
FUNÇÃO	SÍMBOLO	EQUACÃO MATEMÁTICA	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	DEFINIÇÃO
SOMA	Σ	$N = I_1 + I_2 + \dots + I_n$		A SAÍDA É IGUAL A SOMA ALGÉBRICA DAS ENTRADAS
MÉDIA	Σ/n	$N = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{N}$		A SAÍDA É IGUAL A SOMA ALGÉBRICA DIVIDIDA PELO NÚMERO DE ENTRADAS
DIFERENÇA	Δ	$N = I_1 - I_2$		A SAÍDA É IGUAL A DIFERENÇA ALGÉBRICA DAS DUAS ENTRADAS
PROPORCIONAL	$\begin{matrix} [1:1] \\ [2:1] \\ [3:1] \end{matrix}$	$N = KI$		A SAÍDA É DIRETAMENTE PROPORCIONAL A ENTRADA. NO CASO DE REFORÇADOR(BOOSTER) DE VOLUME DEVE SER REPRESENTADO [1:1] P/ GANHOS INTEIROS, [2:1] [3:1] ETC.
INTEGRAL	\int	$N = \int_{t_1}^{t_2} I dt$		A SAÍDA VARIA DE ACORDO COM A INTENS. E A DURAÇÃO DA ENTRADA. A FUNÇÃO DE SAÍDA É PROPORCIONAL A INTEGRAL DA FUNÇÃO DE ENTRADA EM REL. AO TEMPO
DERIVATIVO	d/dt	$N = \frac{dx}{dt}$		A SAÍDA É PROPORCIONAL A TAXA DE VARIAÇÃO DA ENTRADA. A FUNÇÃO DE SAÍDA É PROPORCIONAL A DERIVADA DA FUNÇÃO DE ENTRADA EM REL. AO TEMPO

Simbologia para Linhas

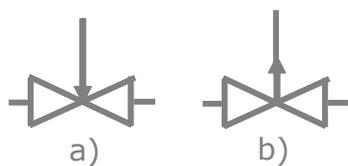
1		SUPRIMENTO (2) (3) OU IMPULSO	2		SINAL A SER DEFINIDO (7)
3		SINAL PNEUMÁTICO	4		SINAL ELÉTRICO
5		SINAL HIDRÁULICO	6		TUBO CAPILAR
7		SINAL ELETROMAGNÉTICO (6) OU SÔNICO (TRANSMISSÃO GUIADA)	8		SINAL ELETROMAGNÉTICO (6) OU SÔNICO (TRANSMISSÃO NÃO GUIADA)
9		LIGAÇÃO CONFIGURADAS INTERNAMENTE AO SISTEMA (LIGAÇÃO DE "SOFTWARE")	10		LIGAÇÃO MECÂNICA
11		SINAL BINÁRIO PNEUMÁTICO (VER ITEM 6.3)	12		SINAL BINÁRIO ELÉTRICO (VER ITEM 6.3)

O símbolo do sinal pneumático se aplica para utilização de sinal, usando qualquer gás, e um fenômeno eletromagnético pode incluir calor, ondas de rádio, radiação nuclear e luz.

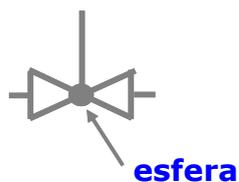
Simbologia para Elementos do Processo



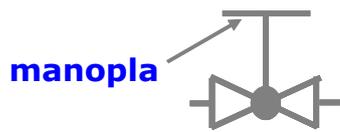
Corpo genérico de uma válvula com a haste e as conexões.



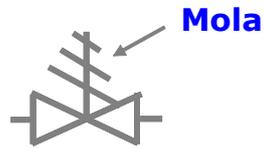
Sentido de fechamento da válvula:
a) Fecha com a descida da haste
b) Fecha com a subida da haste



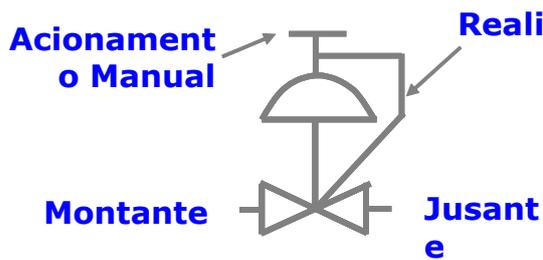
Corpo de uma válvula esfera com a haste e as conexões.



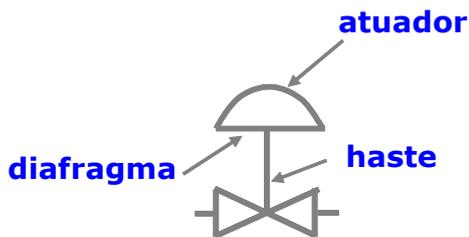
Válvula de Bloqueio Manual tipo esfera



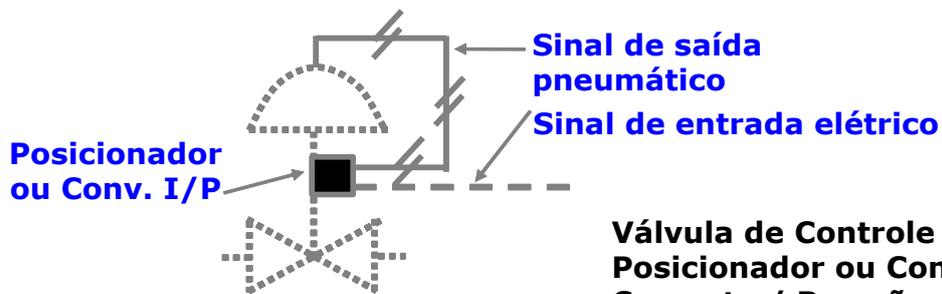
Válvula de Segurança ou de Alívio



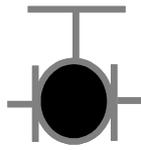
Válvula de Auto regulada ou Válvula Reguladora com ajuste manual



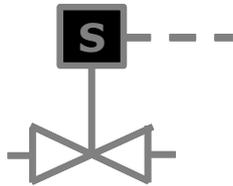
Válvula de Controle Básica.



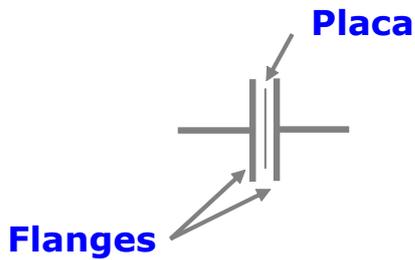
Válvula de Controle com Posicionador ou Conversor Corrente / Pressão



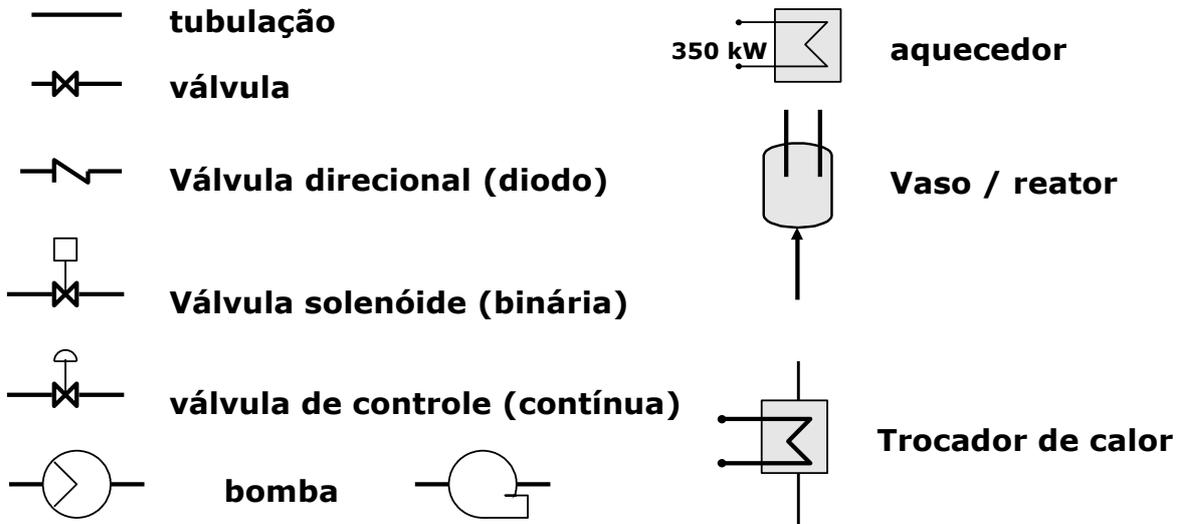
Válvula de Dreno ou Purgador



Válvula Solenóide



Placa de Orifício

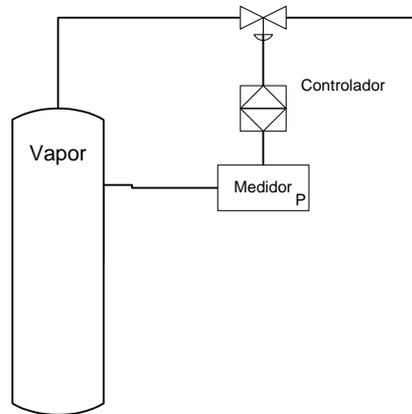


Pode-se também adicionar as seguintes abreviações para denotar os tipos de suprimentos ou alimentações:

- AS - suprimento de ar (opções: IA - ar do instrumento, PA - ar da planta)
- ES - alimentação elétrica
- GS - alimentação de gás
- HS - suprimento hidráulico
- NS - suprimento de nitrogênio
- SS - suprimento de vapor
- WS - suprimento de água

O valor do suprimento pode ser adicionado à linha de suprimento do instrumento; Exemplo: AS-100, suprimento de ar 100-psi; ES-24DC; alimentação elétrica de 24VDC.

Normas complementares



Além da norma ANSI/ISA S5.1 (Instrumentation Symbols and Identification), deve-se consultar as seguintes normas complementares:

- 1) Norma ANSI/ISA S5.2 - Diagramas Lógicos Binários para Operações de Processo: Diagramação lógica de sistemas de intertravamento e seqüenciais binários para a partida, operação, alarme e desligamento de equipamentos e processos em indústrias de processo.
- 2) Norma ANSI/ISA S5.3 – Simbologia para sistemas de controle distribuídos, controladores lógicos e computadores.
- 3) Norma ANSI/ISA S5.4 – Diagramas de loop.
- 4) Norma ANSI/ISA S5.5 – Simbologia para equipamentos industriais.

Exemplos de representação simplificada para malhas de controle por feedback

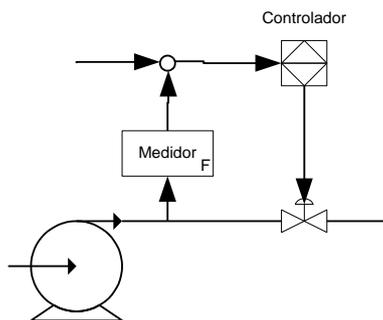


Figura 9.3. Malha de controle de vazão

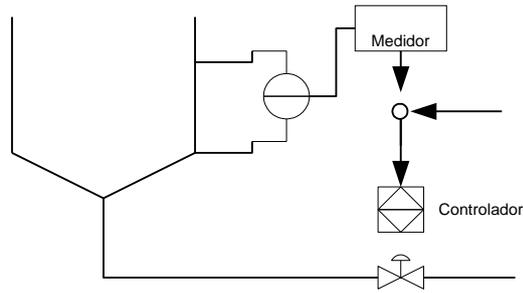


Figura 9.4. Malha de controle de nível

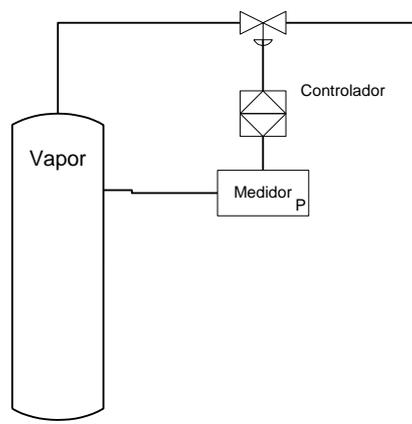


Figura 9.5. Malha de controle de pressão de resposta rápida

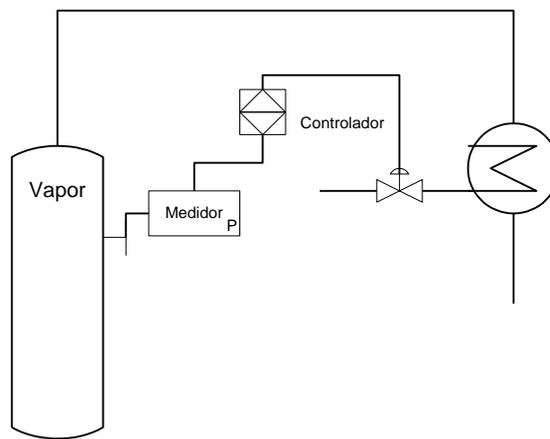


Figura 9.6. Malha de controle de pressão de resposta lenta

Exemplos de Fluxogramas de Processo

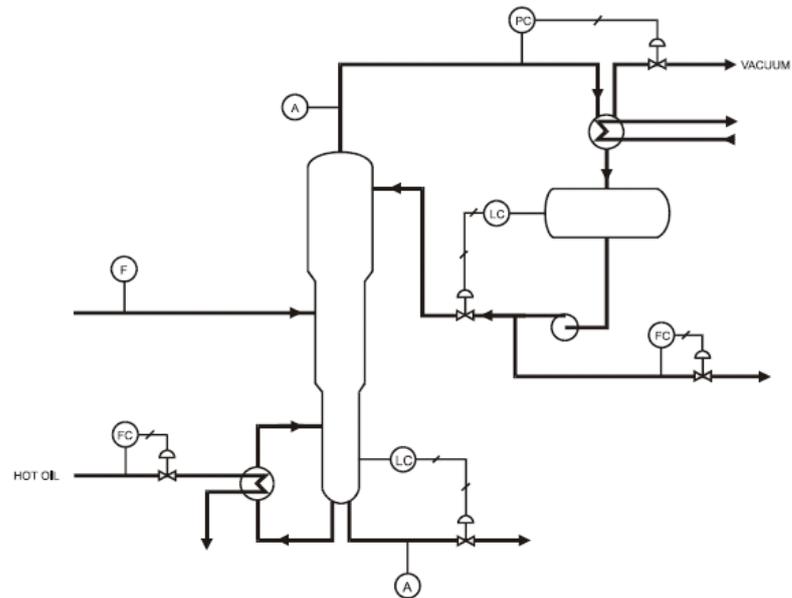


Figura 9.7. Exemplo de um detalhe de fluxograma simplificado

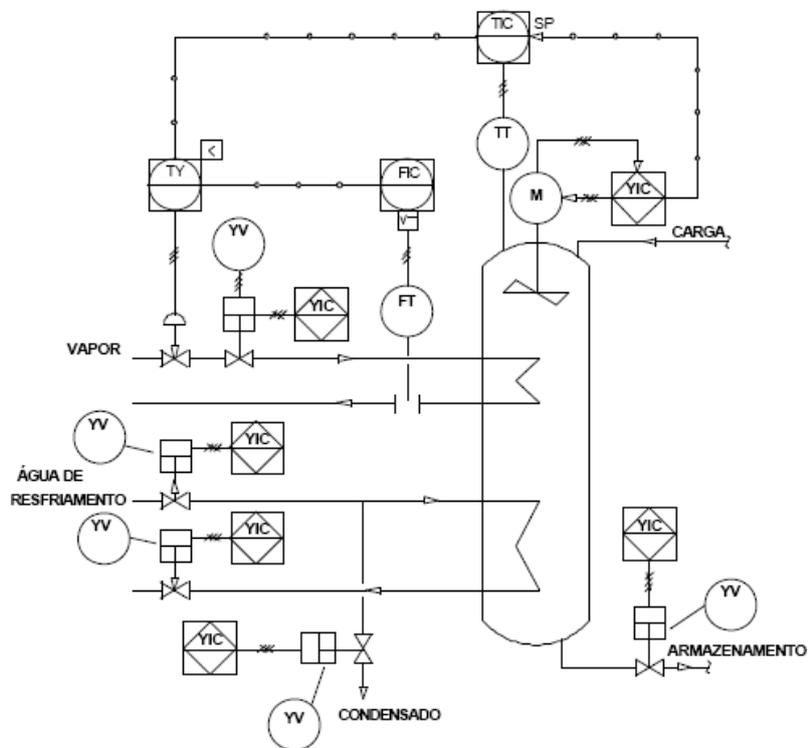


Figura 9.8. Exemplo do simbolismo de fluxogramas conceituais

3. Fundamentos de Controle e o Controlador PID

Os sistemas de controle de processos contínuos possuem o objetivo de manter variáveis de processo dentro de limites pré-estabelecidos de desempenho e segurança. A implementação de um sistema de controle pode ser realizada em malha aberta ou malha fechada. Os sistemas de controle em malha aberta são caracterizados pela definição de um sinal de atuação por um operador para que a saída do sistema controlado seja atingida. Este tipo de controle é de implementação simples e barata, porém não é eficiente quando distúrbios ou mudanças internas na dinâmica da planta são observados.

Tanto em malha aberta, como em malha fechada, representam-se matematicamente os modelos de comportamentos dinâmicos de sistemas reais através de funções transferência no domínio da variável de Laplace, quando se considera a variável em tempo contínuo ou no domínio da variável “z” quando no domínio de tempo discreto.

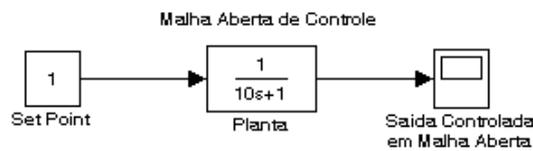


Figura 10.1. Malha Aberta de Controle em Diagrama de Blocos

Como alternativa ao uso de sistemas de controle em malha aberta, é possível a implantação do controle em malha fechada através do uso de controladores automáticos. O sistema de controle que permite fazer isto se define como aquele que compara o valor da variável do processo com o valor desejado e toma uma atitude de correção de acordo com o desvio existente, sem a intervenção do operador. Para que se possa realizar esta comparação e conseqüentemente a correção, é necessário que se tenha uma unidade de medida, uma unidade de controle e um elemento final de controle no processo.

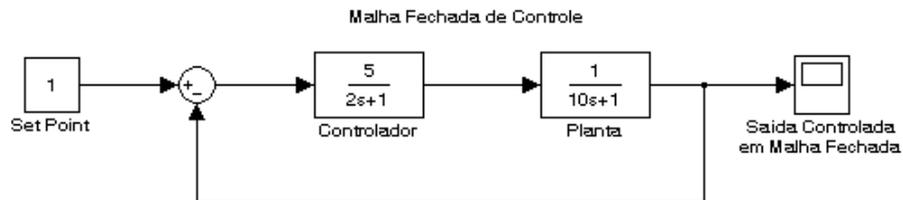


Figura 10.2. Malha Fechada de Controle em Diagrama de Blocos

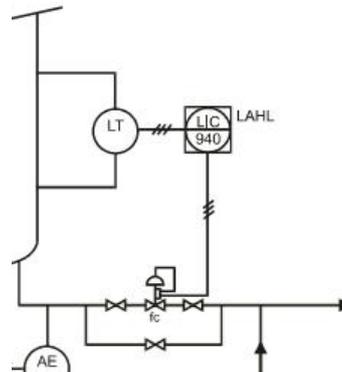


Figura 10.3. Malha Fechada de Controle em Fluxograma de Instrumentação