

Automação

Prof. Ivan Rossato Chrun
prof.ivanchrun@feitep.edu.br

HISTÓRICO

- A maioria das plantas industriais era essencialmente operada de forma manual antes da década de 1940, e se usavam apenas controladores elementares.
- Muitos homens eram necessários para manter o controle das diversas variáveis existentes nas plantas industriais.
- Nos processos contínuos eram empregados grandes tanques como capacitores entre os estagias da planta.
- Esses tanques, embora muitas vezes de custo elevado, isolavam as perturbações entre um estágio e outro do processo

HISTÓRICO

- *Com o aumento nos custos de mão de obra e equipamentos, bem como o desenvolvimento de equipamentos e processos de maior performance nas décadas de 1940 e 1950, tornou-se antieconómico, ou mesmo inviável, operar plantas sem dispositivos de controle automático.*
- Nesse estágio, controladores à realimentação negativa foram introduzidos nas plantas, mas, em face da escassez de considerações teóricas sobre a dinâmica dos processos, empirismo e experiência consistiam nas únicas técnicas de projeto.

HISTÓRICO

- Somente a partir da década de 1960 é que toda a teoria de controle e análise dinâmica, desenvolvida inicialmente por engenheiros eletricitas e aeroespaciais, começou a ser aplicada em plantas de processos industriais.
- Nos anos de 1970 e 1980 a teoria de controle evoluiu para a melhoria e o refinamento do controle. Com o aumento na capacidade de processamento dos computadores digitais, foram desenvolvidos algoritmos capazes de realizar o controle de forma digital (*DDC – controle digital direto*) e métodos para identificação, otimização, controle avançado e controle estatístico dos processos.
- Um novo incremento na capacidade de processamento dos computadores, nos anos de 1990, fez com que as técnicas de controle se voltassem para a aplicação da inteligência artificial no controle de processos industriais. Assim, começaram a ser desenvolvidos Sistemas Especialistas, controladores baseados em lógica difusa e em redes neurais.

HISTÓRICO

- Paralelamente, os instrumentos e equipamentos para controle de processos evoluíram
- desde os primeiros instrumentos mecânicos no início do século, quando o controle era realizado localmente. Os instrumentos pneumáticos a partir da década de 1940 permitiram a transmissão dos sinais relativos às variáveis de processo a distância, possibilitando a concentração dos controladores em uma única área e dando origem, então, às salas de controle de processo.
- Os instrumentos eletrônicos analógicos nos anos de 1950 e 1960 permitiram a simplificação e o aumento das distâncias para transmissão de sinal, enquanto os instrumentos e sistemas digitais dos anos de 1970 e 1980 elevaram o grau de automação. Os transdutores, inicialmente baseados em tubos bourdon, dispositivos mecânicos e pneumáticos, evoluíram até a utilização de transdutores baseados em ultrassom e elementos radioativos emissores de raios gama

PROCESSOS INDUSTRIAIS E VARIÁVEIS DE PROCESSO

- Vários são os tipos de indústrias existentes nos diversos ramos da atividade industrial. Em geral, podemos distinguir indústrias de duas naturezas:
 - **indústrias de processamento contínuo**
 - **indústrias de processamento discreto, ou manufaturas**

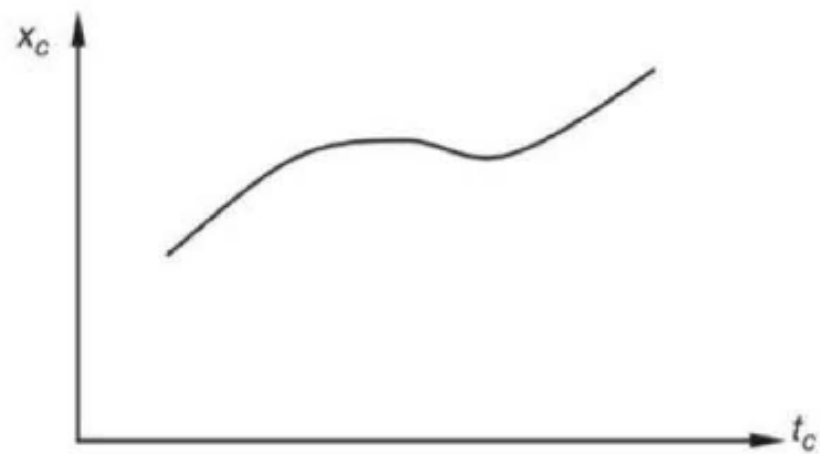
Indústrias de processamento contínuo

- aquelas cujo processo produtivo envolve de maneira mais significativa variáveis contínuas no tempo.
- A produção é medida em toneladas ou metros cúbicos, e o processo produtivo essencialmente manipula fluidos.
- Podemos citar como exemplo as indústrias petrolíferas, químicas, petroquímicas, de papel e celulose, alimentícia, cimenteira, metalúrgica, de tratamento de água, geração e distribuição de energia elétrica, entre outras.
- Essas indústrias são tradicionalmente intensivas em capital, isto é, movimentam grande aporte de capital, mas mobilizam pouca mão de obra.

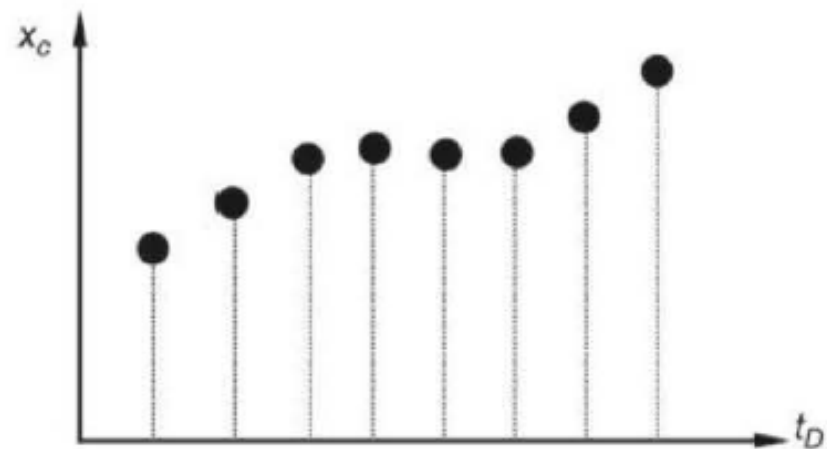
Indústrias de processamento discreto, ou manufaturas

- Referem-se às unidades industriais cujo processo produtivo envolve de maneira mais significativa variáveis discretas no tempo.
- A produção é medida em unidades produzidas, tais como na indústria automobilística e fábricas em geral.
- Essas indústrias eram tradicionalmente intensivas em mão de obra, à medida que seu processo produtivo necessitava de grande contingente de mão de obra.

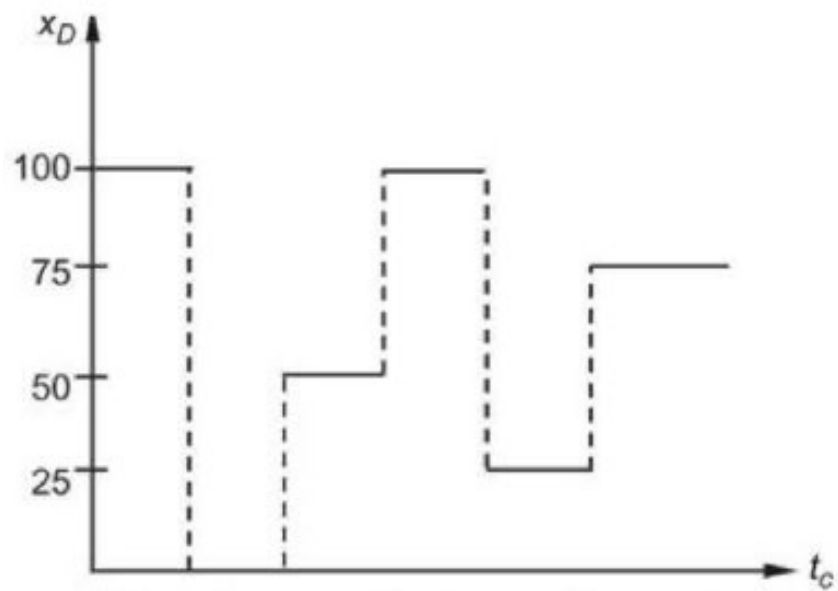
- Evidentemente existem, em qualquer tipo de indústria, variáveis contínuas e discretas no tempo a ser controladas;
- Nos processos contínuos as variáveis mais usuais são temperatura, pressão, vazão e nível, embora existam diversas outras, tais como análise (taxa de gases), chama, condutividade elétrica, densidade, tensão, corrente elétrica, potência, tempo, umidade, radiação, velocidade ou frequência, vibração, peso ou força, e posição ou dimensão.
- Nos processos discretos, as variáveis de interesse normalmente são ligado, desligado e limites de quaisquer variáveis (tais como temperatura alta, nível baixo, limite de posição etc.).



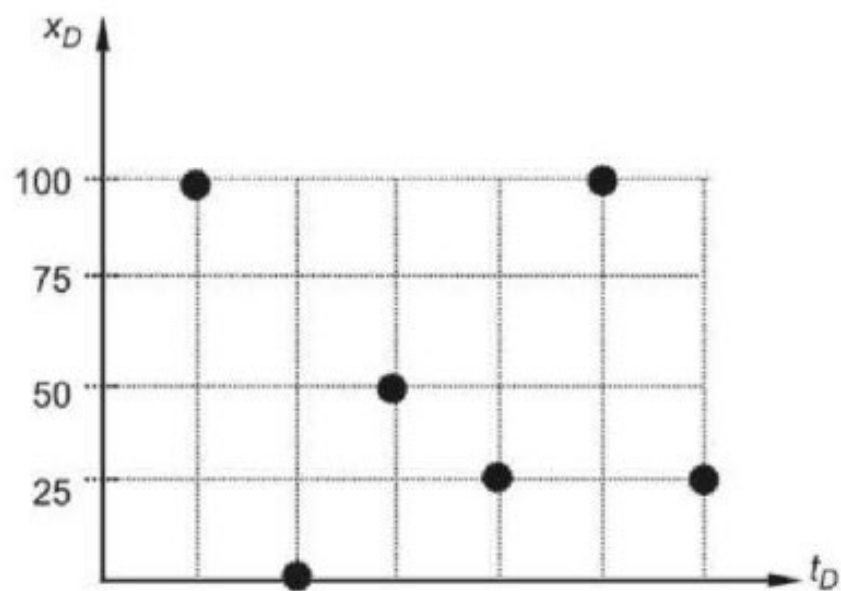
Contínuo em amplitude e no tempo



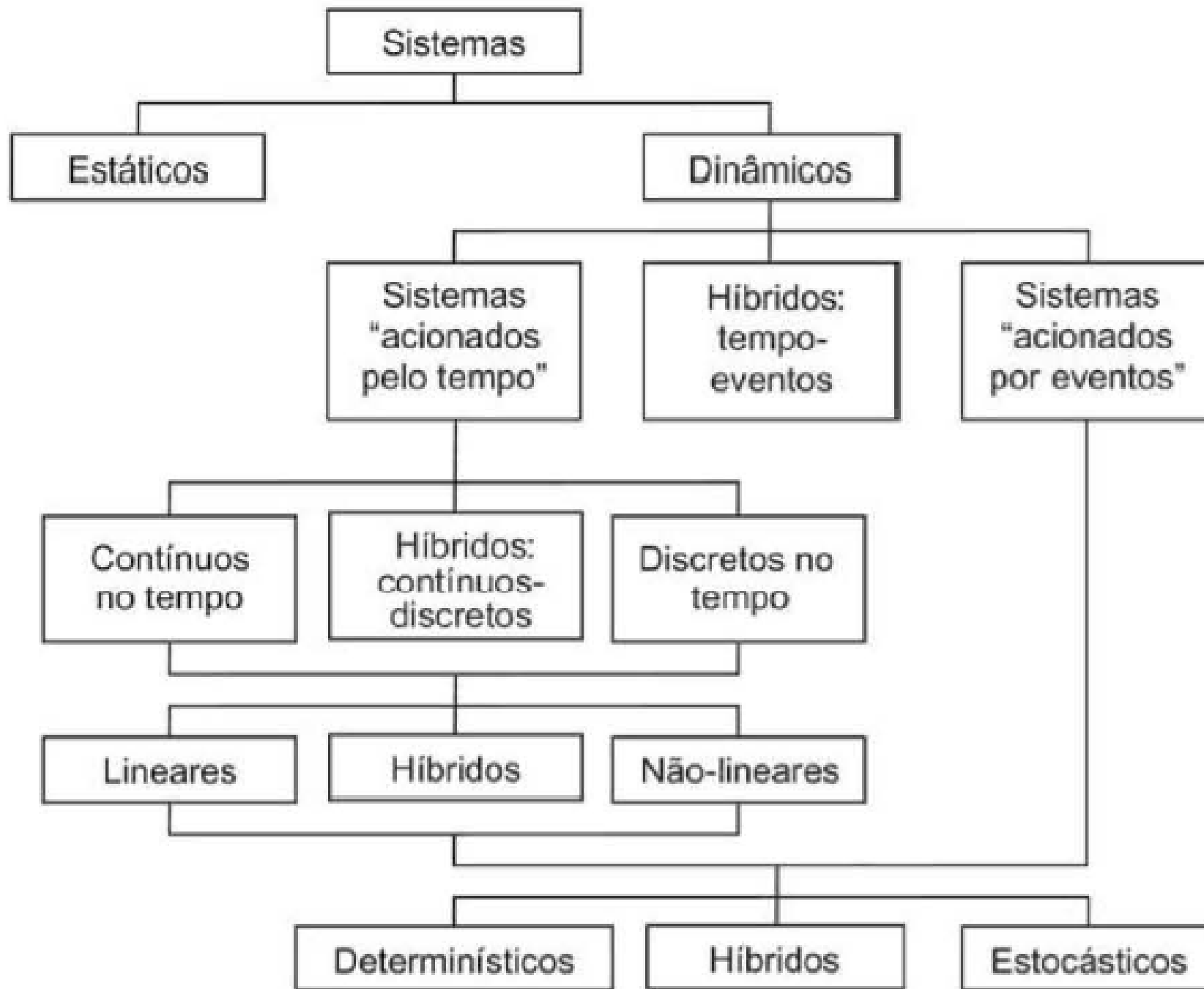
Contínuo em amplitude e discreto no tempo



Discreto em amplitude e contínuo no tempo

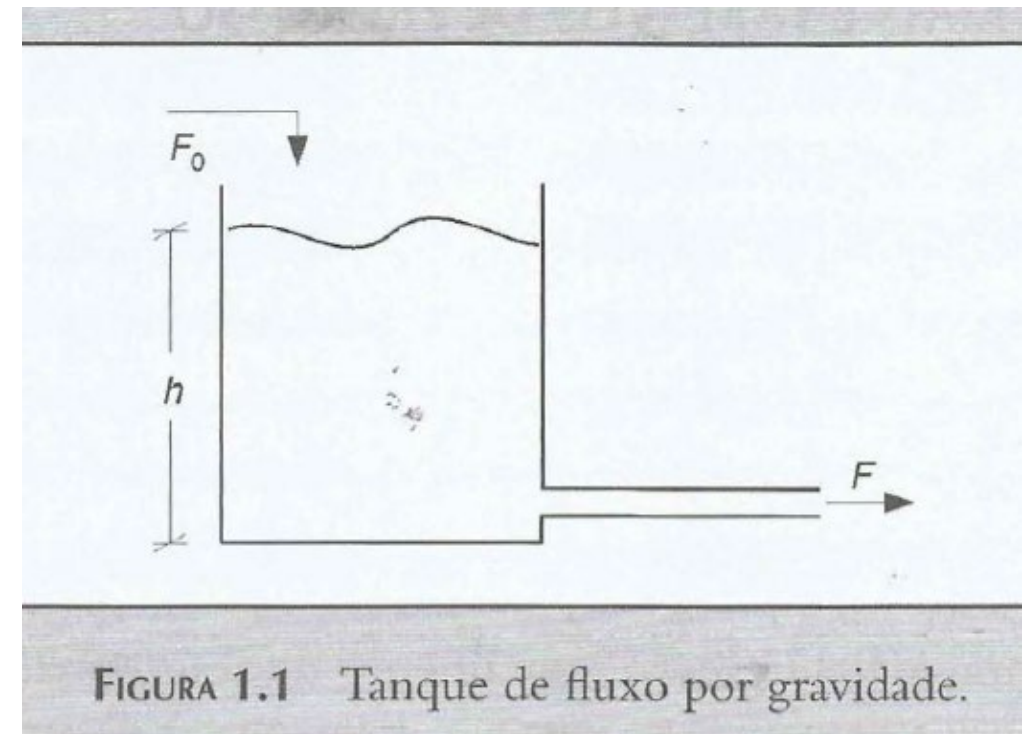


Discreto em amplitude e no tempo



EXEMPLO 1.1 Tanque de fluxo por gravidade

- um tanque aberto para a atmosfera onde um líquido incompressível (densidade constante) é bombeado a uma vazão F_0 (m³/s), variante no tempo de acordo com as condições de alimentação.
- A altura do líquido na vertical do tanque é chamada de nível, sendo representada por h (m).
- A vazão de saída do tanque é F (m³/s), que escoam através de uma tubulação.



EXEMPLO 1.1 Tanque de fluxo por gravidade

- Em regime permanente, a vazão de entrada F_0 é igual à vazão de saída F , o nível h do tanque se mantém constante e a pressão exercida pelo peso da coluna do líquido-existente no interior do tanque é suficiente para vencer a força de atrito da tubulação de saída.

EXEMPLO 1.1 Tanque de fluxo por gravidade

- E se houvesse uma mudança em F_0 ?
- para um novo valor de F_0 haverá um outro ponto de equilíbrio, com novos valores h e F . Fisicamente, existirá um limite, no qual o nível não poderá ultrapassar a altura total do tanque.
- Um bom projeto deve prever uma faixa de segurança e alarmes de nível alto (em alguns casos, alarmes de nível baixo também) para que a planta de processo seja interrompida por sistemas de emergência devidamente interligados aos alarmes.

EXEMPLO 1.1 Tanque de fluxo por gravidade

- Outra questão importante é de que maneira as variáveis do processo sairão de seus valores iniciais h_0 e F_0 para seus novos valores de equilíbrio h e F . Se de maneira lenta
- Se de maneira lenta, como na curva **1** da Figura 1.2,
- se mais rápido, como na curva 2,
- ou se rápido com um sobrepasso (*overshoot*) como na curva 3
- (estas curvas são apenas ilustrativas, não representando a resposta do tanque).

EXEMPLO 1.1 Tanque de fluxo por gravidade

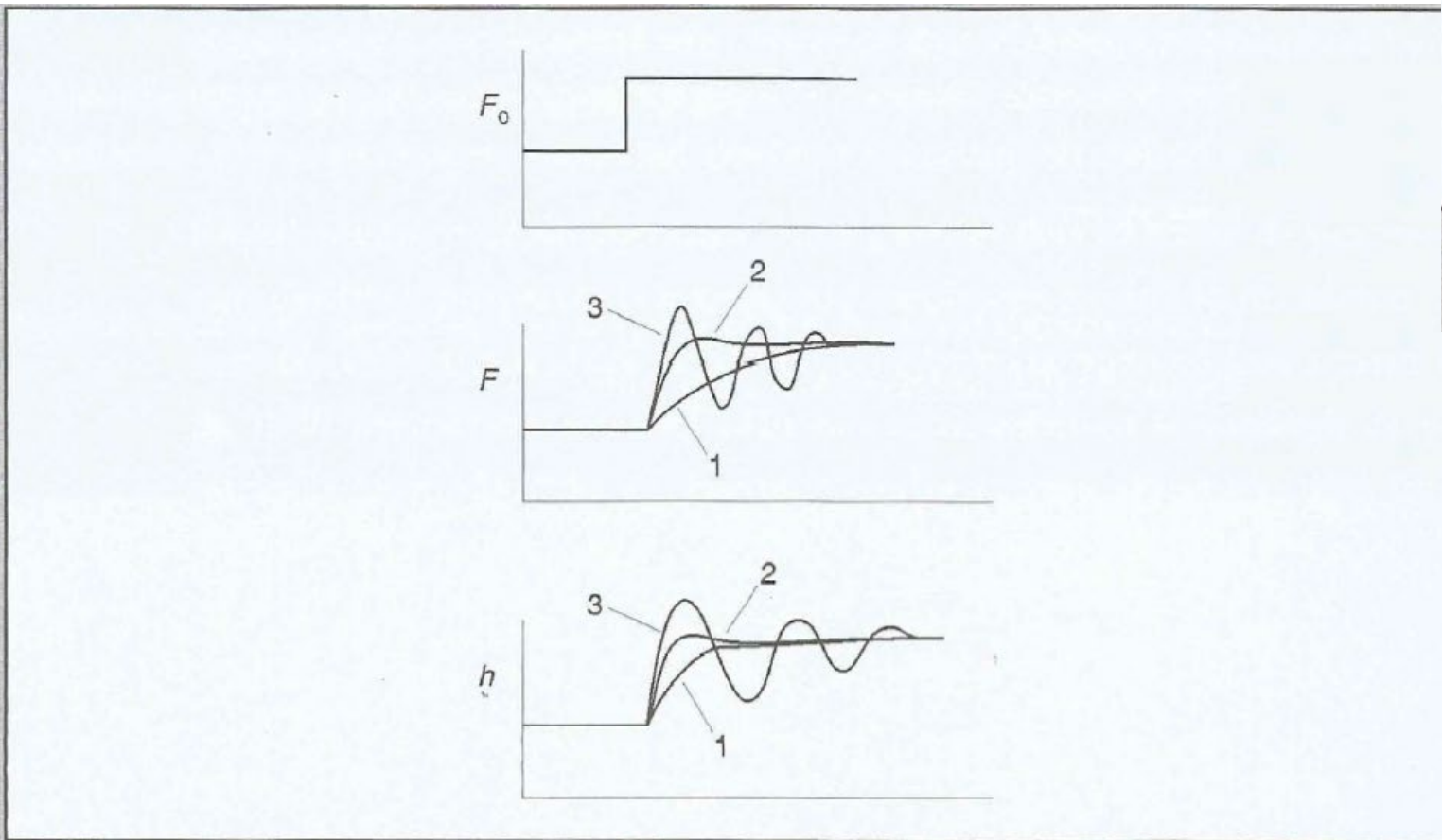
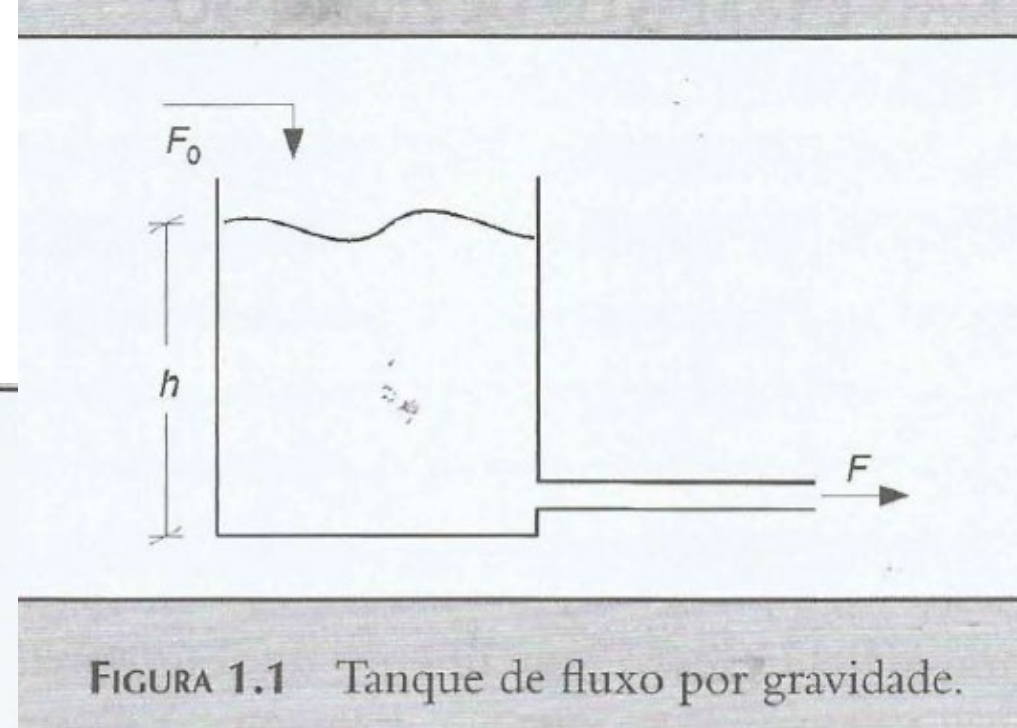


FIGURA 1.2 Respostas possíveis do tanque a um aumento em degrau na vazão de entrada.

EXEMPLO 1.1 Tanque de fluxo por gravidade

- Ainda que nas alternativas apresentadas as variáveis cheguem sempre ao mesmo ponto de equilíbrio, poderão ocorrer implicações importantes para o processo de acordo com a sua dinâmica.
- Com um sobrepasso muito grande, por exemplo, o líquido poderá transbordar. Já um tempo muito grande para se atingir um novo ponto de equilíbrio poderá resultar em um produto fora das especificações de qualidade desejada.
- O estudo do comportamento dinâmico dos processos é essencial para que, a partir de seu conhecimento, sejam encontradas formas de controlar o processo, levando as variáveis que se quer controlar a valores preestabelecidos.

AUTOMAÇÃO

- A palavra *automation* foi inventada pelo *marketing* da indústria de equipamentos na década de 1960.
- O neologismo, sem dúvida sonoro, buscava enfatizar a participação do computador no controle automático industrial

AUTOMAÇÃO

- Entende-se por automação qualquer sistema, *apoiado em computadores*, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços.
- Exemplos: automação da mineração, da manufatura metálica, dos grandes processos químicos contínuos, automação bancária, metroviária, aeroportuária.

AUTOMAÇÃO

- É comum pensar que a automação resulta tão, somente do objetivo de reduzir custos de produção.
- Isso não é verdade: ela decorre mais de necessidades tais como maior nível de qualidade, expressa por especificações numéricas de tolerância, maior flexibilidade de modelos para o mercado, maior segurança pública e dos operários, menores perdas materiais e de energia, mais disponibilidade e qualidade da informação sobre o processo e melhor planejamento e controle da produção

AUTOMAÇÃO

- A automação envolve a implantação de sistemas interligados e assistidos por redes de comunicação, compreendendo sistemas supervisórios e interfaces homem-máquina que possam auxiliar os operadores no exercício da supervisão e da análise dos problemas que porventura venham a ocorrer.
- A vantagem de utilizar sistemas que envolvam diretamente a informatização é a possibilidade da expansão utilizando recursos de fácil acesso; nesse contexto, são de extraordinária importância os controladores lógicos programáveis (CLPs), que tomam a automação industrial uma realidade onipresente.

AUTOMAÇÃO

- Quando se visita uma instalação automatizada é difícil distinguir as contribuições da engenharia, tanto a de controle dinâmico quanto a de controle lógico; o que se vê são computadores de interface homem-máquina, cabos de sinal e de energia e componentes físicos do processo, tais como motores, válvulas, tubulações, tanques, veículos etc. A rigor, coexistem contribuições das duas especialidades de controle, assim como de outras engenharias

AUTOMAÇÃO

- Por exemplo, no caso de uma planta química pioneira de processo contínuo é claro que uma reação química teórica deve ser inicialmente comprovada em laboratório:
 - Confirmada sua viabilidade, a engenharia química deve montar uma planta piloto para estabelecer as condições operacionais mais eficientes;
 - um projeto químico industrial, em plena escala, para depois virem a engenharia civil do prédio, a mecânica e a hidráulica dos vasos e tubulações, e a de instrumentação
 - Paralelamente, a engenharia de controle dinâmico deve pesquisar modelos matemáticos do processo e projetar as malhas de realimentação capazes de manter as condições operacionais nos valores eficientes, a despeito das perturbações previsíveis no processo e na qualidade dos insumos

AUTOMAÇÃO

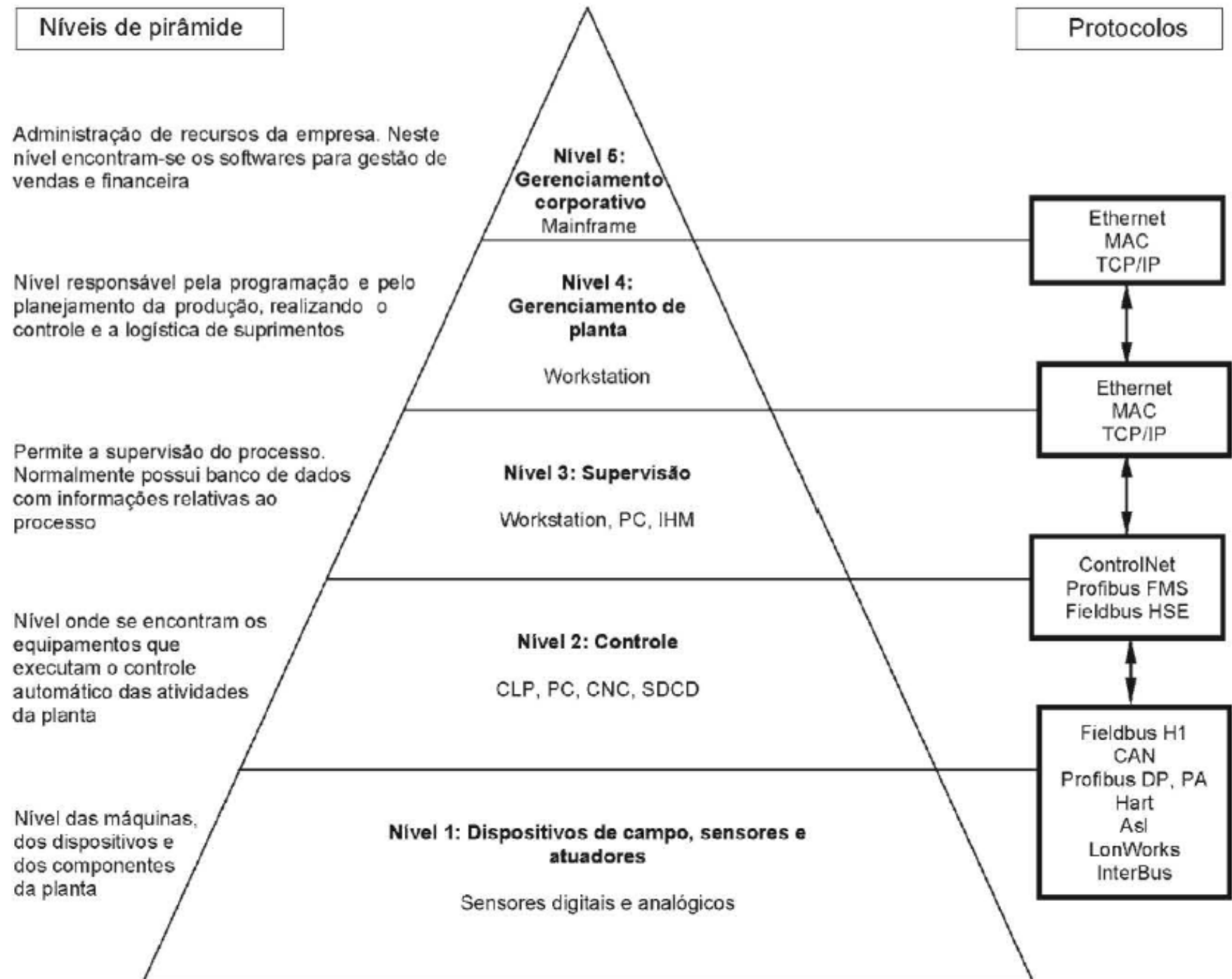
- Finalmente, intervém a *engenharia de automação* priorizando o *controle lógico*, através da implementação das regras desejadas para os eventos discretos no processo, ou seja, das manobras capazes de leva-lo aos níveis da operação eficiente.
- Deve ainda considerar os níveis de segurança para os componentes e para as pessoas, assim como os requisitos de monitoração, alarme e intervenção por parte dos operadores e os relatórios gerenciais
- engenharia de automação deve selecionar os equipamentos de computação e de redes, depois programa-los, testá-los em bancada e acompanhar o desempenho no *start-up*

AUTOMAÇÃO

- Em automação há uma combinação dos dois tipos de controle, numa proporção infinitamente variável.
- O desafio maior da sua engenharia, no entanto, parece ser *implementar com segurança todas as necessidades de controle lógico, de controle dinâmico e de comunicação digital*

A Pirâmide de Automação

- A automação industrial exige a realização de muitas funções;



A Pirâmide de Automação

- **Nível 1:** é o nível das máquinas, dispositivos e componentes (chão.-de .. fábrica). Ex.: máquinas de embalagem, linha de montagem ou manufatura.
- **Nível 2:** é o nível dos controladores digitais, dinâmicos e lógicos, e de algum tipo de supervisão associada ao processo. Aqui se encontram concentradores de informações sobre o Nível 1, e as Interfaces Homem.-Máquina (IHM).
- **Nível 3:** permite o controle do processo produtivo da planta; normalmente é constituído por bancos de dados com informações dos índices de qualidade da produção, relatórios e estatísticas de processo, índices de produtividade, algoritmos de otimização da operação produtiva. Ex.: avaliação e controle da qualidade em processo químico ou alimentício; supervisão de um laminador de tiras a frio.

A Pirâmide de Automação

- **Nível 4:** é o nível responsável pela programação e pelo planejamento da produção, realizando o controle e a logística dos suprimentos. Ex.: controle de suprimentos e estoques em função da sazonalidade e da distribuição geográfica.
- **Nível 5:** é o nível responsável pela administração dos recursos da empresa, em que se encontram os softwares para gestão de vendas e gestão financeira; é também onde se realizam a decisão e o gerenciamento de todo o sistema.

CONCEITOS BASICOS E TERMINOLOGIA

- alguns conceitos e terminologias utilizados em automação e controle de processos.
- **Dinâmica**
 - Comportamento de um processo dependente do tempo. O comportamento sem controladores no sistema é chamado de **resposta em malha aberta**.

CONCEITOS BASICOS E TERMINOLOGIA

- **Variáveis**

- *Variáveis de entrada:* pressões, temperaturas, vazões, composições químicas, entre outras, dos fluxos de entrada dos processos. Também serão utilizadas como **variáveis manipuladas**, isto é, aquelas que iremos variar para controlar o sistema.
- *variáveis de saída:* por exemplo, pressões, temperaturas, vazões, composições químicas, dos fluxos de saída ou dentro dos processos. Serão as **variáveis controladas**, isto é, aquelas que queremos controlar.

CONCEITOS BASICOS E TERMINOLOGIA

- **Controle à Realimentação (*feedback*)**

- A maneira tradicional de se controlar um processo é medir a variável a ser controlada, comparar seu valor com o **valor de referência, ou *set point*** do controlador, e alimentar a diferença, o **erro**, em um controlador que mudará a variável manipulada de modo a levar a variável medida (controlada) ao valor desejado.
- - Nesse caso, a informação foi realimentada da saída, subtraída do valor de referência para, então, alterar a variável manipulada de entrada, como mostrado na Figura 1.3

Controle à Realimentação (*feedback*)

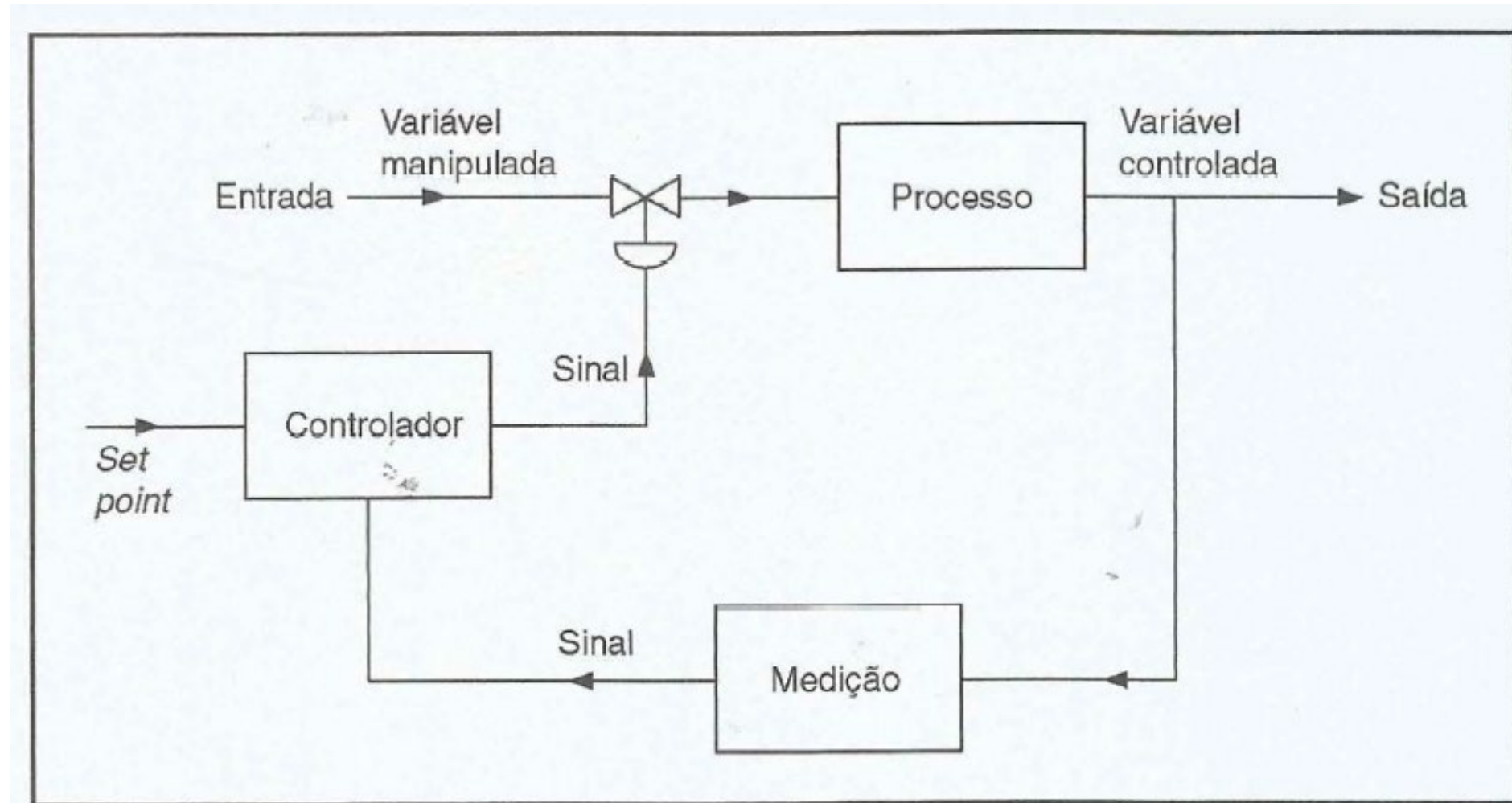


FIGURA 1.3 Controle à realimentação.

CONCEITOS BASICOS E TERMINOLOGIA

- **Controle Antecipativo (*feedforward*)**

- Esta estratégia foi difundida posteriormente à realimentação negativa e se aplica a processos com grandes atrasos.
- A técnica, mostrada na Figura 1. 4, consiste em detectar o distúrbio assim que este ocorre no processo e realizar a alteração apropriada na variável manipulada, de modo a manter a saída igual ao valor desejado.
- Dessa forma, a ação corretiva tem início assim que o distúrbio na entrada do sistema for detectado, em vez de aguardar que o mesmo se propague por todo o processo antes de a correção ser feita, como ocorre na realimentação.

Controle Antecipativo (*feedforward*)

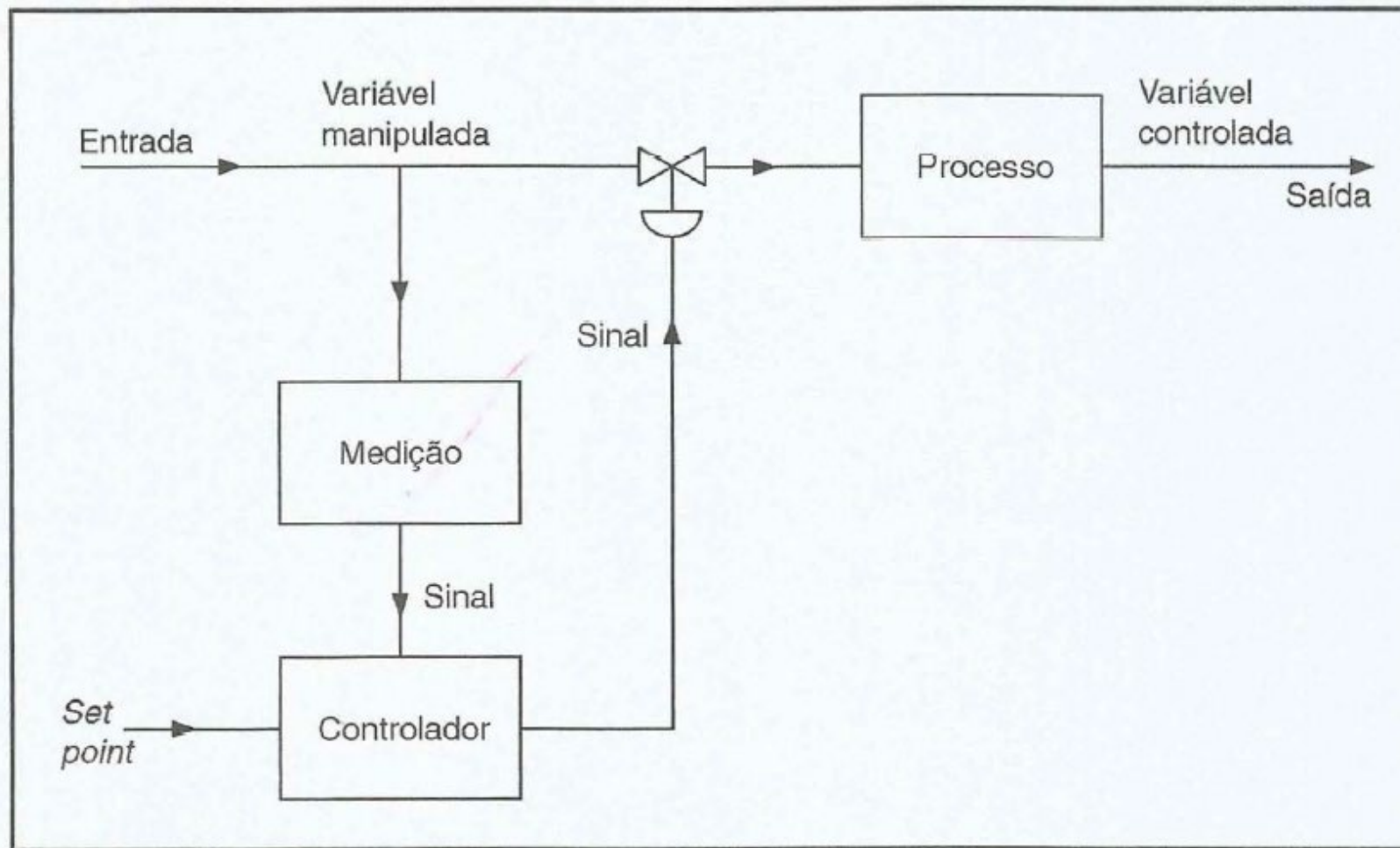


FIGURA 1.4 Controle antecipativo.

CONCEITOS BASICOS E TERMINOLOGIA

- **Estabilidade**

- Um processo é instável se sua saída ficar cada vez maior. A Figura 1.5 mostra alguns exemplos. Num sistema real sempre haverá um limite para as oscilações, porque existirá alguma restrição física, como uma válvula que ficará totalmente aberta ou fechada. Um sistema linear estará exatamente no limite de estabilidade se oscilar, mesmo não havendo perturbação na entrada, e a amplitude da oscilação não decair.
- A maioria dos processos é estável em malha aberta, quando não existem controladores no sistema. Todos os processos reais podem ser transformados em estáveis em malha fechada, com controlador à realimentação. Dessa forma, a estabilidade constitui uma preocupação vital nos sistemas de controle baseados em realimentação.

Estabilidade

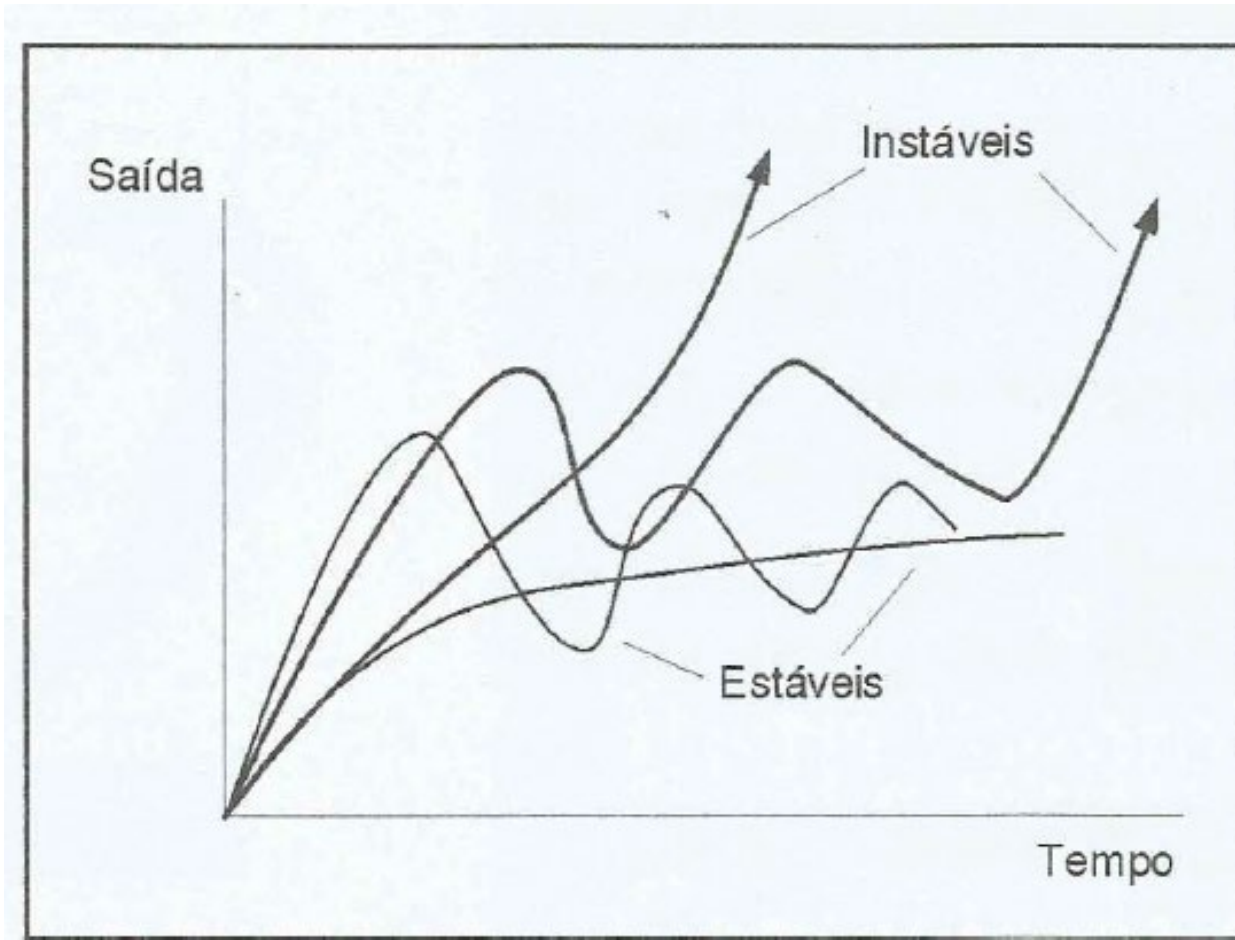


FIGURA 1.5 Estabilidade.

Instrumentos para Controle de Processos

- **CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS**

- As diversas funções necessárias ao correto funcionamento de uma malha de controle são desempenhadas por dispositivos chamados de instrumentos para controle de processos. De acordo com a função desempenhada, os instrumentos mais comumente encontrados numa malha de controle são:

- **Elemento Primário ou Sensor**

- Parte de uma malha ou de um instrumento que primeiro, sente o valor da variável de processo.

CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **Indicador**

- Dispositivo que apenas indica o valor de uma determinada variável de processo, sem interferir no processo.

- **Transmissor**

- Dispositivo que sente uma variável de processo por meio de um elemento primário e produz uma saída cujo valor é geralmente proporcional ao valor da variável de processo. O elemento primário pode ser ou não parte integrante do transmissor.

CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **Controlador**

- Dispositivo que tem por finalidade manter em um valor predeterminado uma variável de processo.

- **Registrador**

- Dispositivo destinado ao armazenamento dos valores de uma determinada variável de processo. Esta função anteriormente era realizada por meio do traçado de gráficos sobre um papel de forma contínua. Atualmente o armazenamento de tais informações é feito de modo digital.

CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **Conversor**

- Dispositivo que emite um sinal de saída padronizado modificado em relação à natureza do correspondente sinal de entrada.

- **Válvula de Controle**

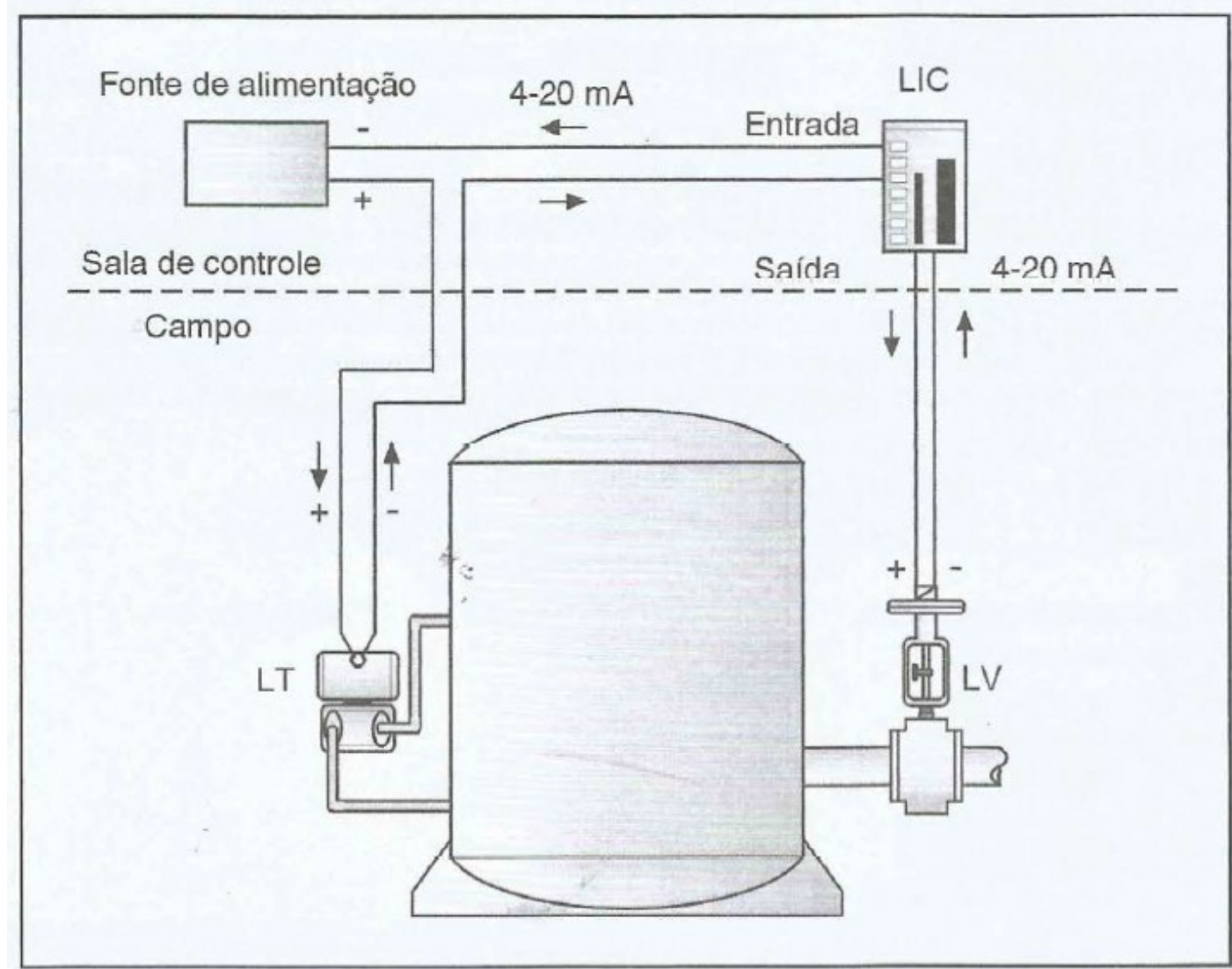
- É um elemento final de controle que manipula diretamente a vazão de um ou mais fluidos de processo.

CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **Chave**

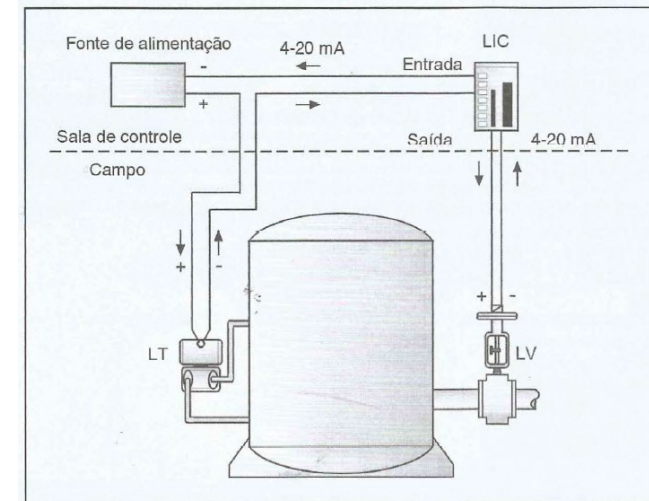
- Dispositivo que conecta, desconecta ou transfere um ou mais circuitos, manual ou automaticamente. Neste caso, atuado diretamente pela variável de processo ou seu sinal representativo. Sua saída pode ser usada para atuar alarmes, lâmpadas-piloto, intertravamento ou sistema de segurança. As chaves não participam do controle contínuo das variáveis de processo.
- Conforme sua função, os instrumentos podem estar localizados no **campo** ou num **painel** dentro de uma sala de controle. Os instrumentos recebem o nome correspondente à variável de processo sob controle. Assim, pode-se ter um transmissor de nível, um indicador e controlador de temperatura, uma chave de pressão (também chamada de pressostato), entre outras combinações de funções e variáveis de processo.

EXEMPLOS DE INSTRUMENTOS EM MALHAS DE CONTROLE



EXEMPLOS DE INSTRUMENTOS EM MALHAS DE CONTROLE

- composta por um sensor, para detectar a variável de processo que se quer controlar;
- um transmissor, para converter o sinal do sensor em um sinal pneumático ou elétrico equivalente;
- um controlador, que compara o sinal do processo com o *set point* e produz um sinal apropriado de controle;
- e um elemento final de controle, que altera a variável manipulada.
- Normalmente o elemento final de controle é uma válvula operada através de um atuador pneumático que abre e fecha a válvula de modo a alterar o fluxo da variável manipulada



EXEMPLOS DE INSTRUMENTOS EM MALHAS DE CONTROLE

- A função de controle está retornando para o campo com a introdução dos transmissores inteligentes, que contêm um controlador microprocessado incorporado

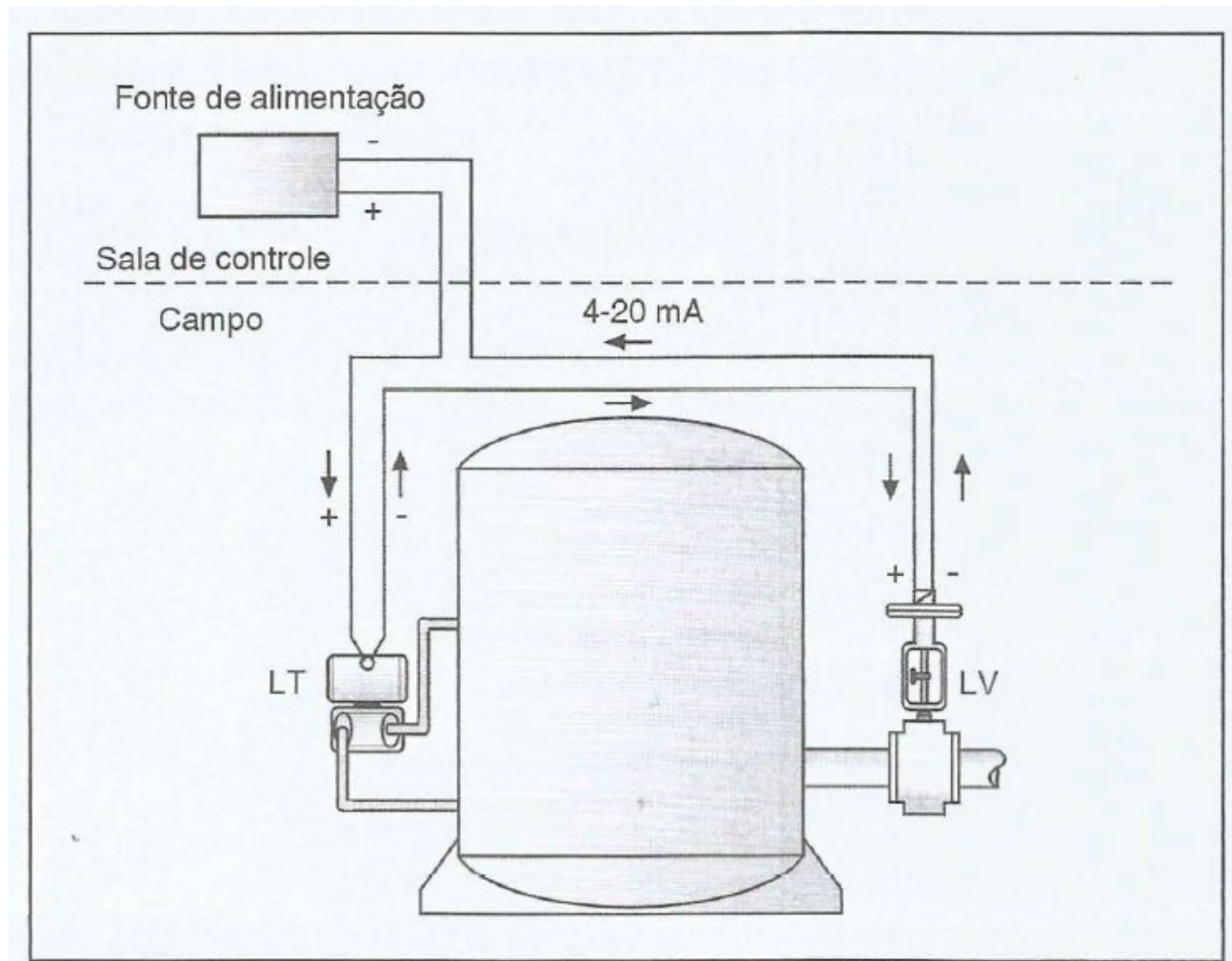


FIGURA 2.2 Malha de controle de nível com transmissor inteligente.

EXEMPLOS DE INSTRUMENTOS EM MALHAS DE CONTROLE

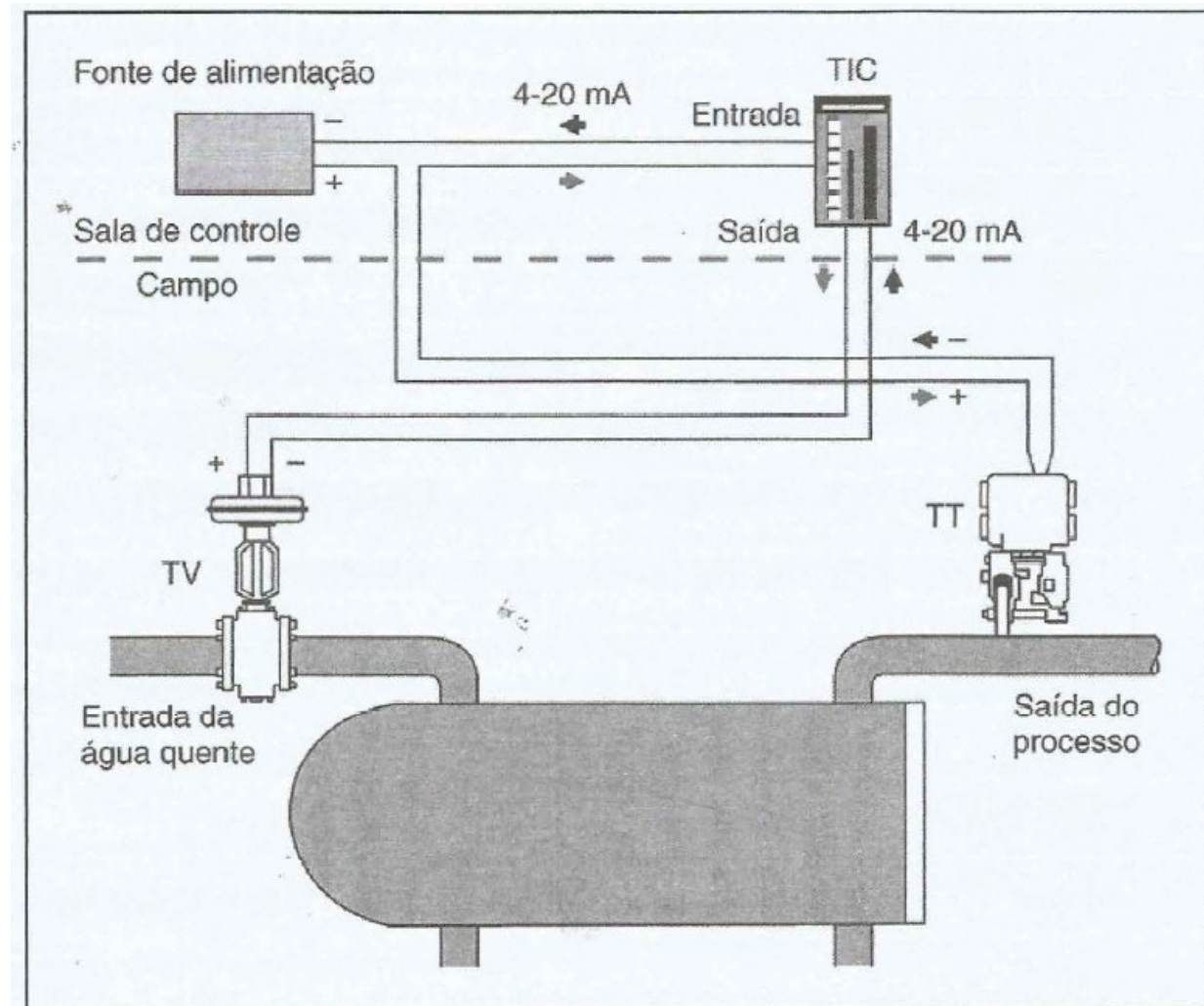


FIGURA 2.3 Malha de controle de temperatura convencional.

SIMBOLOS GRAFICOS E IDENTIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- As normas de instrumentação estabelecem símbolos gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas que deverão ser utilizados nos diagramas e malhas de controle de projetos de instrumentação.
- Internacionalmente, a norma que regula esse assunto é a norma ISA S5.1 (Instrumentation Symbols and Identification).

TABELA 2.1 Instrumentos para controle de processo

	Pressão	Temperatura	Vazão	Nível
Sensores	Bourdon	Bimetal	Orifício	Flutuador
	Fole	Termorresistência	Volumétrico	Pressão
	Diafragma	Termopar	Turbina	Radar
	Capacitivo	Radiação	Magnético	Ultrassom
	<i>Strain gage</i>		Ultrassom	
	Piezoelétrico		Coriolis	
Indicadores Locais	Manômetro	Termômetro		
Visores (<i>gauges</i>)			Rotâmetro	Visor
Transmissores			Pulsos	
	Pneumáticos 3-15 psig (0,2-1,0 kg/cm ²)			
	Analógicos 4-20 mA 1-5 volts			
	Controladores digitais, Protocolos HART e <i>Fieldbus</i>			

Controladores	Pneumáticos locais e de painel		
	Eletrônicos analógicos		
	Eletrônicos digitais multimalhas		
Registradores	Pneumáticos locais e de painel		
	Eletrônicos analógicos		
	Eletrônicos digitais multimalhas		
Totalizadores			Computadores
Sistemas	SDCD — Sistema Digital de Controle Distribuído		
	SCADA — Sistema de Controle Superv. e de Aquisição de Dados		
	CLP — Controlador Lógico Programável		

Identificação dos instrumentos

- Cada função programada ou instrumento deve ser identificado por um conjunto de letras que o classifica funcionalmente e um conjunto de algarismos que indica a malha ao qual o instrumento ou função programada pertence.

Identificação dos Instrumentos

De acordo com a Norma ISA-S5

P	R C	001	02	A
Variável	Função	Área da atividade	Nº sequencial da malha	Sufixo
Identificação funcional		Identificação da malha		
Identificação do instrumento				

P = Variável medida – Pressão

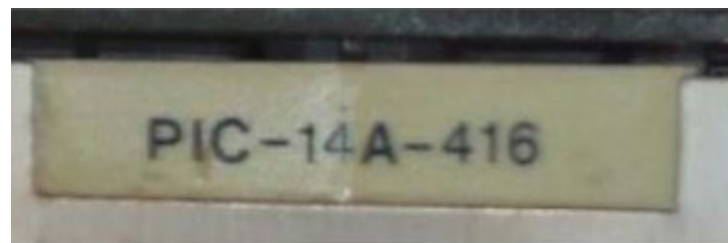
R = Função passiva ou de informação – Registrador

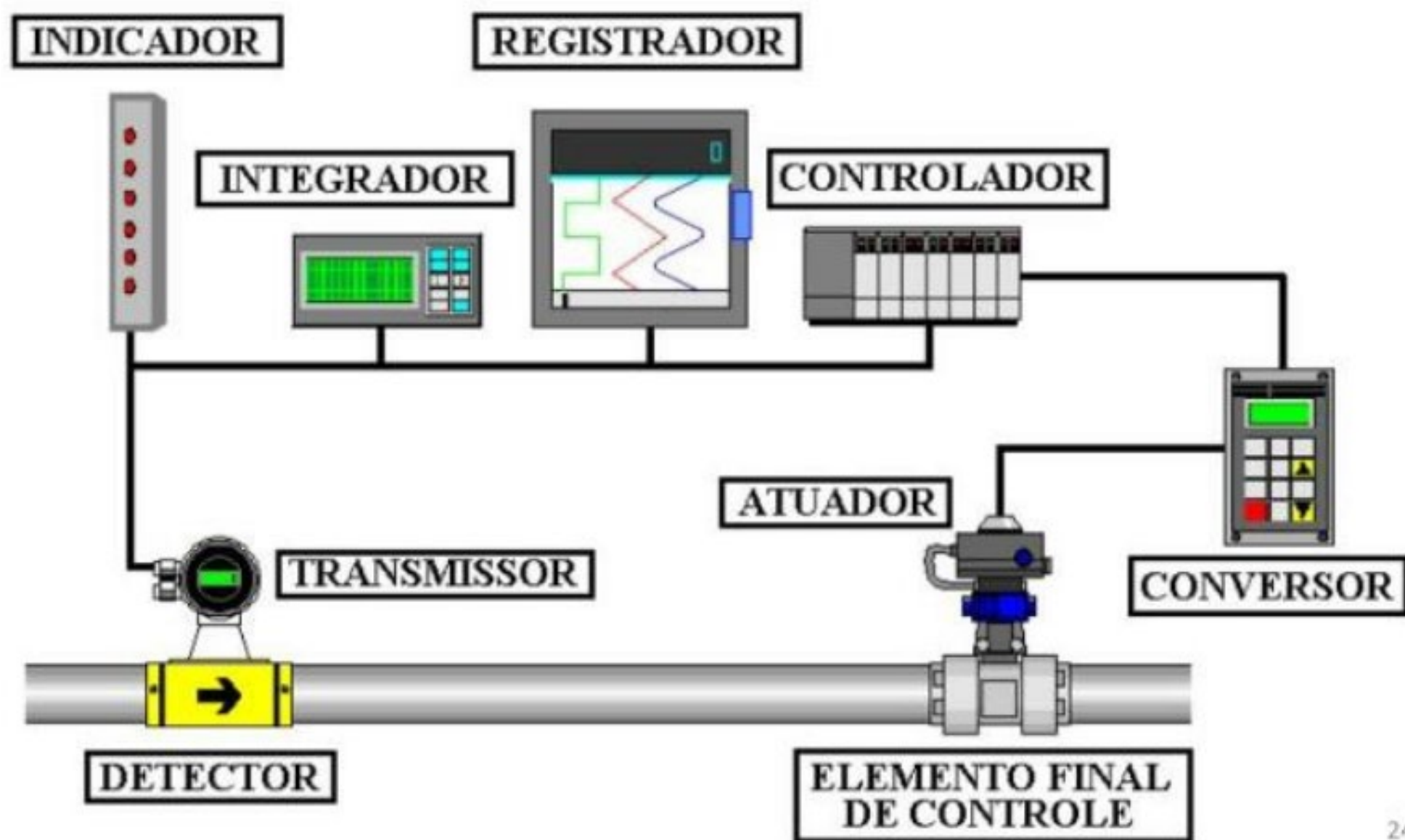
C = Função ativa ou de saída – Controlador

001 = Área de atividade onde o instrumento atua

02 = Número sequencial da malha

A = Sufixo





Identificação dos instrumentos

1.º Grupo de letras — identifica a variável medida ou iniciadora

1.ª Letra — variável medida

Letras mais usadas: pressão — P, temperatura — T, vazão — F, nível — L

2.ª Letra — modificadora

Letras mais usadas: diferencial — D, totalização — Q

2.º Grupo de letras — identifica a função

1.ª Letra — função passiva ou de informação

Letras mais usadas: alarme — A, elemento primário — E, visão direta (“gage” ou “gauge”) — G, indicador — I, registrador — R

2.ª Letra — função ativa de saída

Letras mais usadas: controlador — C, chave — S, transmissor — T, válvula ou damper — V, relé — Y

3.ª Letra — modificadora

Letras mais usadas: alto — H, baixo — L

Identificação dos instrumentos

PIC — controlador e indicador de pressão

TIC — controlador e indicador de temperatura

LIC — controlador e indicador de nível

PT — transmissor de pressão

TT —*transmissor de temperatura

LT — transmissor de nível

FQI — totalizador e indicador de vazão

LSH — chave de nível alto

LSLL — chave de nível muito baixo

PSV — válvula de segurança de pressão

PSHH — chave de pressão muito alta

PSLL — chave de pressão muito baixa

LSHH — chave de nível muito alto

LV — válvula de nível

PV — válvula de pressão

PI — indicador de pressão

LG — visor de nível

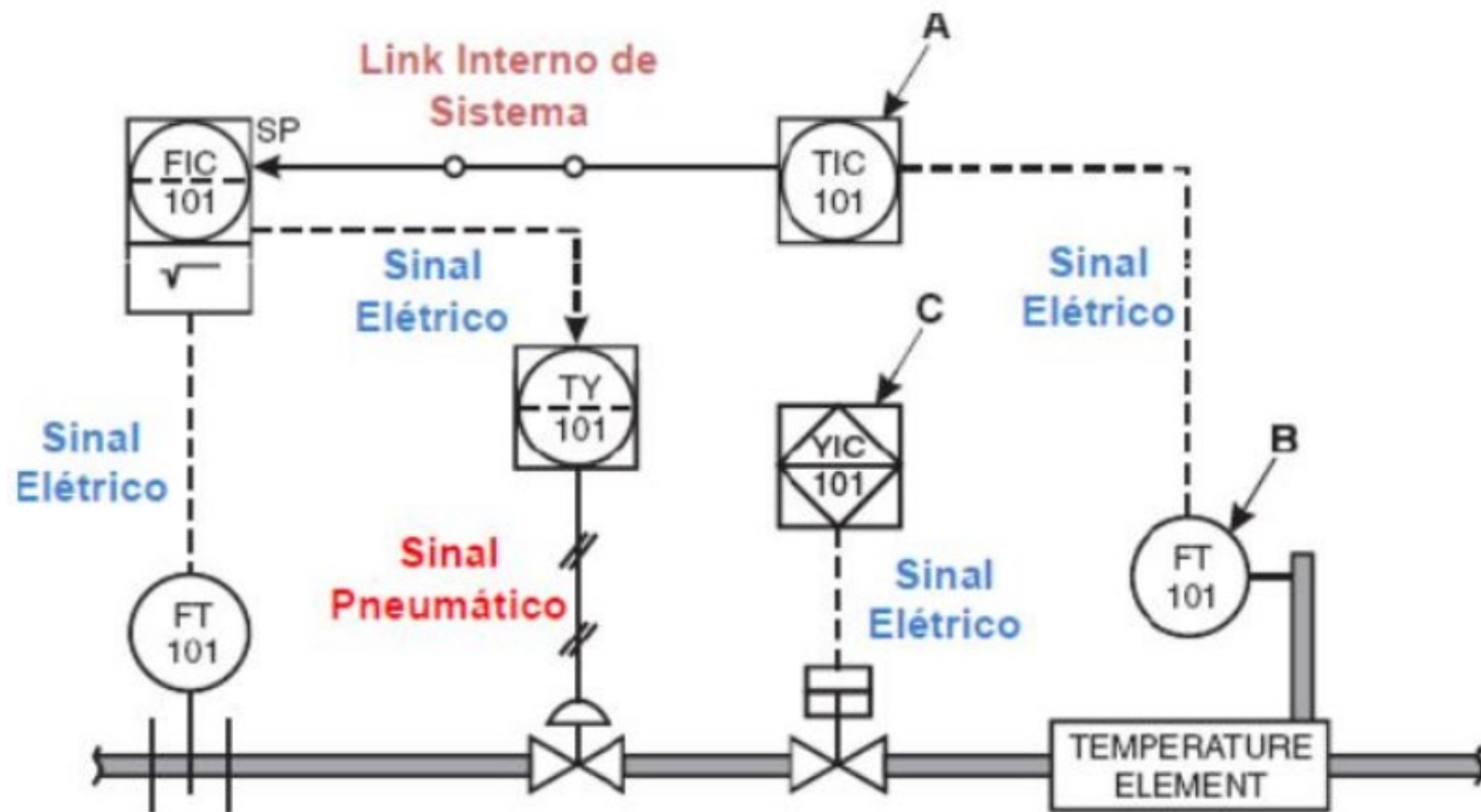


TABELA 2.2 Identificação dos instrumentos Segundo a norma ISA 5

	Primeiro Grupo de Letras		Segundo Grupo de Letras		
	Variável Inicial ou Medida	Modificador	Função Passiva ou de Leitura	Função de Saída	Modificador
A	Análise		Alarme		
B	Queimador, combustão		Escolha do usuário	Escolha do usuário	Escolha do usuário
C	Escolha do usuário			Controle	
D	Escolha do usuário	Diferencial			
E	Voltagem		Sensor, elemento primário		
F	Vazão, fluxo	Razão, fração			
G	Escolha do usuário		Vidro, visor		
H	Manual				Alto
I	Corrente (elétrica)		Indicação		
J	Potência	Varredura			
K	Tempo	Variação no tempo		Estação de controle	
L	Nível		Luz		Baixo
M	Escolha do usuário	Momentâneo			Meio
N	Escolha do usuário		Escolha do usuário	Escolha do usuário	Escolha do usuário

O	Escolha do usuário		Orifício, restrição		
P	Pressão, vácuo				
Q	Quantidade	Integrado, totalizado			
R	Radiação		Registrador		
S	Velocidade, frequência	Segurança		Chave	
T	Temperatura			Transmite	
U	Multivariável		Multifunção	Multifunção	Multifunção
V	Vibração, análise mecânica			Válvula, damper	
W	Peso, força		Poço		
X	Não classificado	Eixo X	Não classificado	Não classificado	Não classificado
Y	Evento	Eixo Y		Relé, computa, converte	
Z	Posição, dimensão	Eixo Z		Atuador, elemento final	

Símbolos para linhas de instrumentos

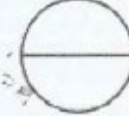











- Todas as linhas que interligam os instrumentos devem ser mais finas do que as das tubulações de processo e, dependendo da natureza do sinal de transmissão, os símbolos a seguir devem ser usados:

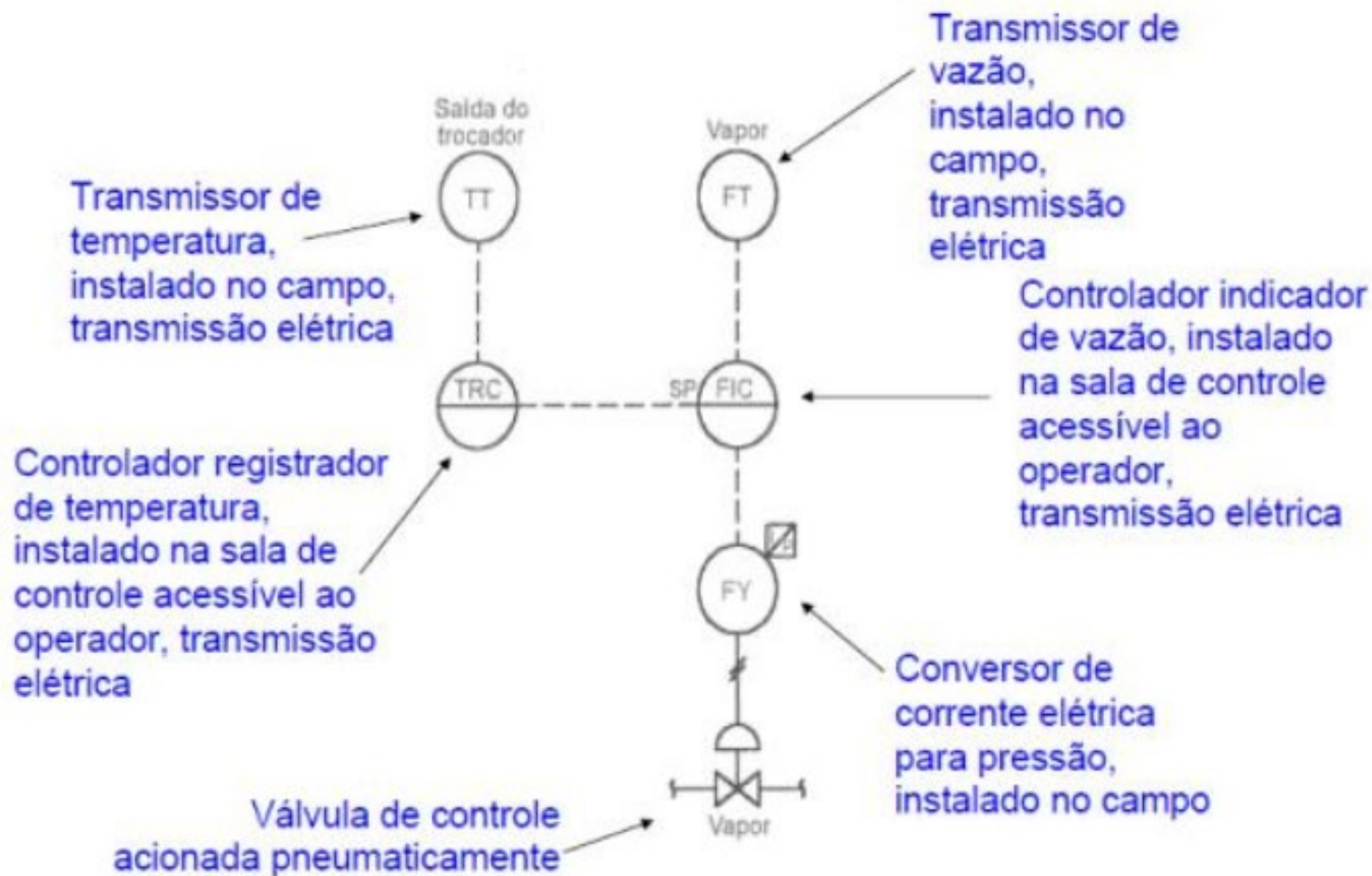
Alimentação do instrumento ou conexão ao processo	
Sinal indefinido	
Sinal pneumático	
Sinal elétrico	----- ou 
Sinal hidráulico	
Tubo capilar	
Sinal sônico ou eletromagnético guiado	
Sinal sônico ou eletromagnético não guiado	
Ligação interna de sistema (ligação por software ou dado)	
Ligação mecânica	
Sinal pneumático binário	
Sinal elétrico binário	-----  ou 

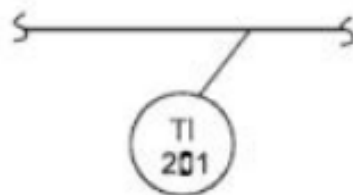
Símbolos gerais para instrumentos ou funções

A Tabela 2.3 mostra os símbolos gerais para instrumentos ou funções programadas previstas na ISA 5.1.

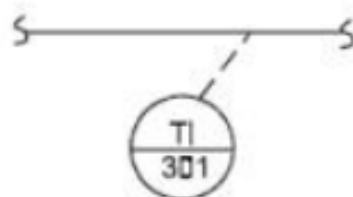
TABELA 2.3 Símbolos gerais para instrumentos ou funções pela norma ISA 5.1

	Localização Principal Normalmente Acessível ao Operador	Montado no Campo	Localização Auxiliar Normalmente Não Acessível ao Operador
Instrumentos Discretos	1 	2 	3 
Mostrador ou Controle Compartilhados	4 	5 	6 
Função Computadorizada	7 	8 	9 
Controle Lógico Programável	10 	11 	12 

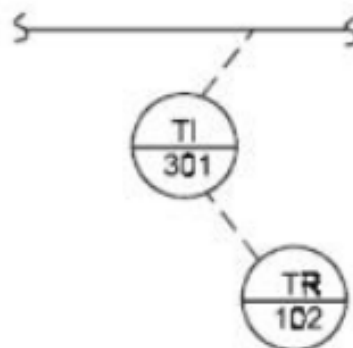




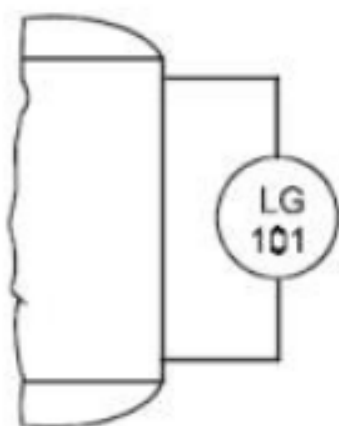
Indicador de temperatura.



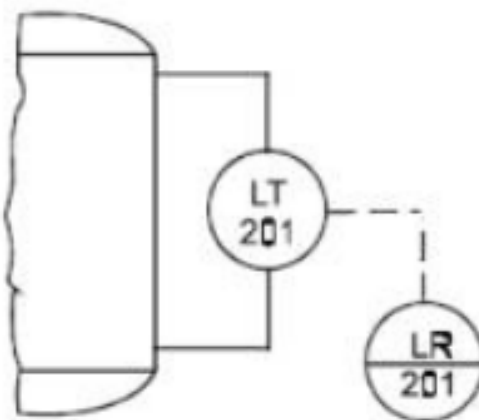
Indicador de temperatura no painel com transmissão elétrica.



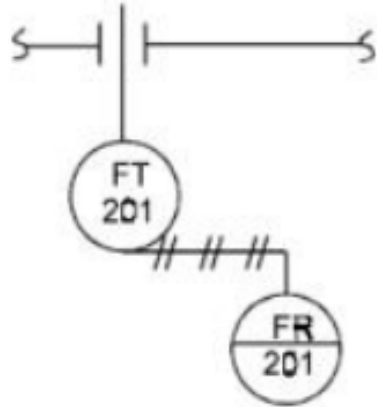
Indicador e registrador de temperatura no painel, com transmissão elétrica.



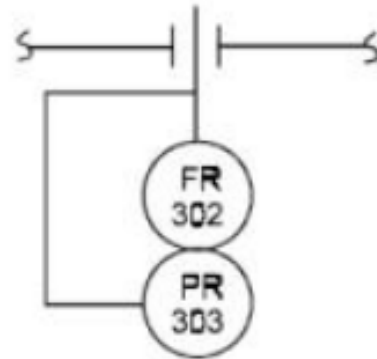
Visor de Nível



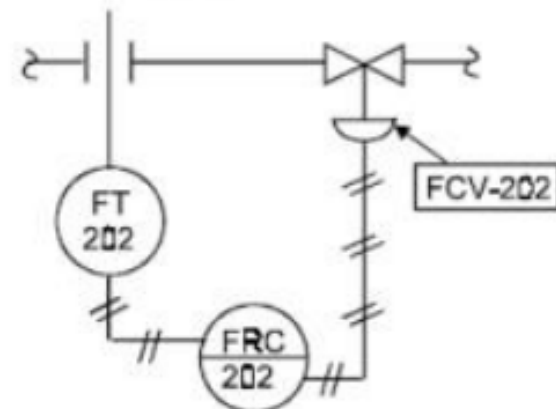
Registrador de nível no painel, com recepção elétrica e instrumento transmissor externo.



Registrador montado no painel e transmissor local com transmissão pneumática.



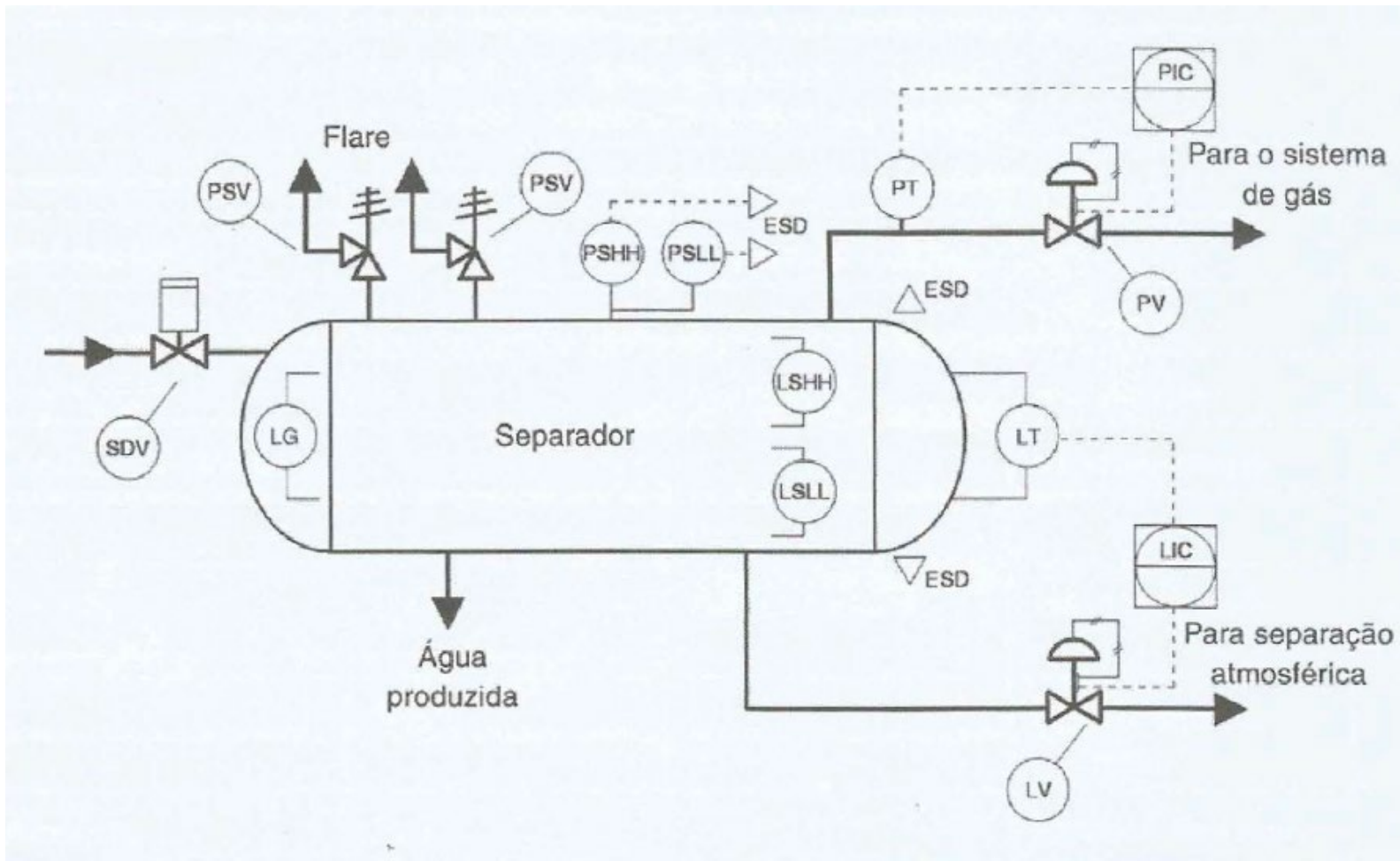
Registrador conectado a registrador de pressão (montagem local)



Controlador e registrador de vazão comandando válvula de controle, com transmissão pneumática.
Registrador no painel e transmissor local.

Trabalho 01

- Entrega 11/08, pelo portal.
- Indicar a nomenclatura dos componente;



Fluxograma simplificado de tubulação e instrumentação (P&ID) de um vaso separador de produção.

