



Eixo Tecnológico Controle e Processos Industriais

Fluxograma

Prof. Natália Joenck Ribeiro



TÓPICOS DA AULA

Terminologia básica

Instrumentação Industrial.

Simbologia

Diagramas P&I.

Fluxograma de Instrumentação

Fluxograma de plantas industriais incluindo sistemas de controle.

Introdução

Os instrumentos empregados na indústria para aquisição de dados têm uma terminologia específica que define as características próprias de medida dos diferentes equipamentos.

A terminologia empregada é padronizada entre os fabricantes e os usuários, o que facilita a especificação dos equipamentos.

Alcance (Span)

Obtido fazendo a diferença algébrica entre os valores superior e inferior da faixa de medida do instrumento.

Ex: Transmissor de pressão de 3 a 15 psi.
Seu span será de 12 psi.



Erro

Faixa de Medida (Range)

Ex: Sensor de temperatura que opera na faixa de medida de 0 a 630°C.

Exatidão

Ex: Exatidão Escala 1% -> Valor lido: 85°C
 $\pm (0.01 \times 100) ^\circ\text{C} = 85^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$

Introdução

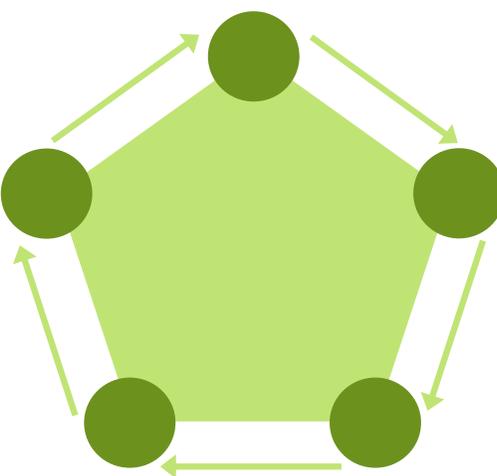
Rangeabilidade (Largura de Faixa)

Exemplo: para um sensor de vazão cuja escala é de 0 a 30 m³/h com exatidão de 1% do span e rangeabilidade 10:1, significa que a exatidão será respeitada entre 3 e 30 m³/h. No caso de uma válvula com rangeabilidade 10:1, haverá uma possibilidade de controle estável entre 10 e 100% de sua abertura total.

Sensibilidade

Muitas vezes chamada de ganho, é a medida da resposta do instrumento, sendo definida como a variação na saída por unidade de variação na entrada.

Considerando características lineares sobre toda a faixa, a sensibilidade é dada por:



$$\text{Ganho} = \frac{\text{Span de saída}}{\text{Span de entrada}}$$

Repetibilidade

Capacidade de um instrumento para produzir o mesmo sinal de saída para o mesmo sinal de entrada, ou seja, é a característica que o instrumento possui de conseguir apresentar o mesmo valor de saída quando se efetua a medição nas mesmas condições.

Linearidade
É altamente desejável que instrumentos tenham características de entrada e saída lineares.

$$i_{id} = -44.0 + 0.64\theta \quad i_{nl} = f(\theta)$$

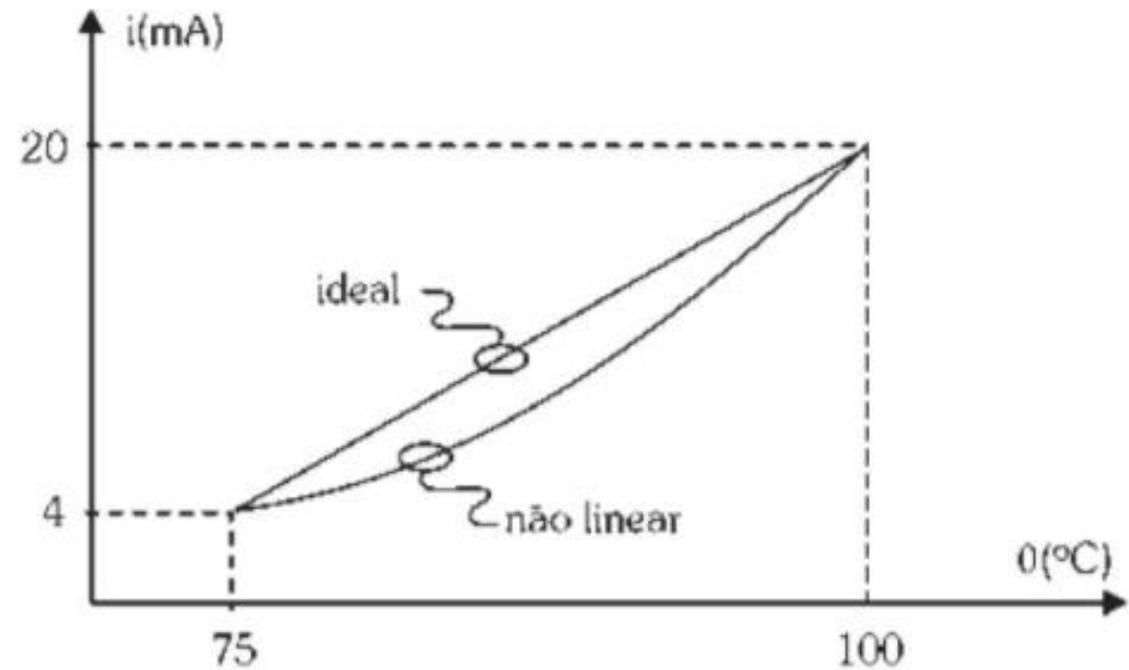


Figura 1.35 - Características ideal e não linear de um instrumento.

$$\frac{(ide - ias)}{16} \times 100$$

Histerese
É uma forma particular de não linearidade na qual o sinal de saída pode ser diferente se estiver na descendente (ide) ou ascendente (ias), como ilustrado na Figura.

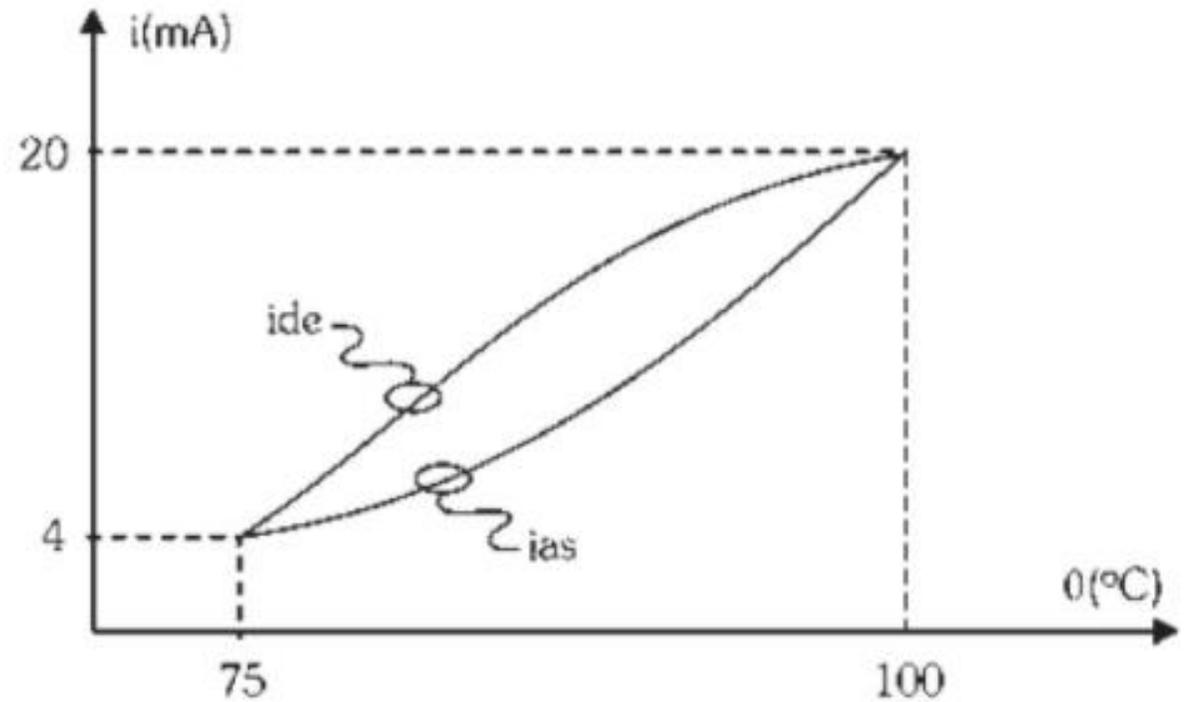


Figura 1.36 - Característica de sinal com histerese.

Simbologia

Os diagramas P&I (Piping and Instrumentation) são fundamentais em automação de processos, pois sua formulação é uma das etapas mais importantes no projeto de processos industriais.

Esses diagramas são largamente utilizados para descrição detalhada de projetos de malhas de controle. Eles descrevem os elementos de medida utilizados, tipos de controle, esquemas de controle e, principalmente, a sua interconexão com o processo propriamente dito.

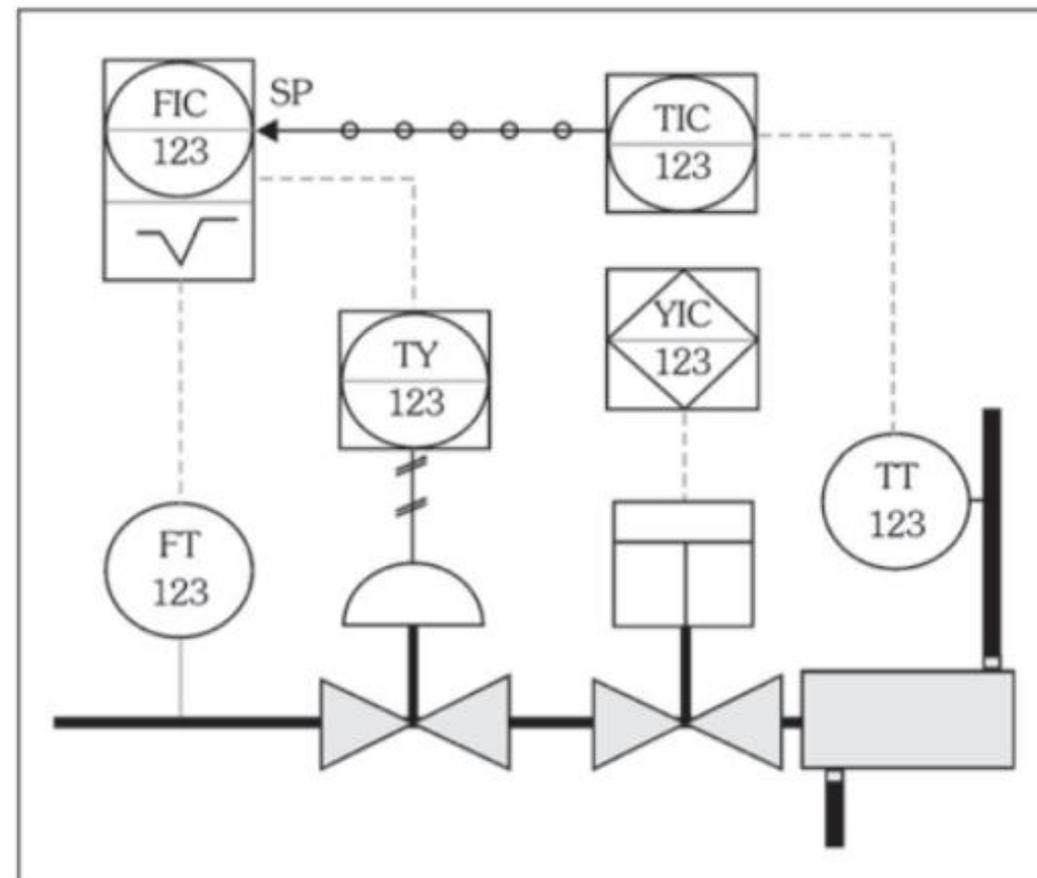


Figura 1.37 - Exemplo de simbologia de instrumentação.

Simbologia

Símbolos são utilizados no P&I para representar elementos individuais, como sensores e válvulas, ou a combinação de elementos, como malhas de controle. Existem diversos padrões para simbologia P&I, sendo o mais utilizado o ISA S5.1. Também é possível que algumas companhias utilizem uma convenção própria para a descrição de seus processos. Para este estudo é utilizada a norma ISA S5.1, por ser a mais adotada na prática e internacionalmente aceita.

O diagrama a seguir indica que a função da malha é o controle de vazão, em que são dadas informações sobre o tipo de instrumento utilizado ou os tipos de sinais envolvidos. Os elementos da malha de controle são mostrados na sua posição correta em uma forma funcional, isto é, a válvula de controle é o elemento final da malha de controle e o medidor de vazão está antes da válvula e da bomba, entretanto os símbolos podem não indicar necessariamente a posição relativa de forma funcional. Setas podem ser colocadas para indicar a direção do fluxo de informações, todavia em algumas representações elas são omitidas. Indicações de alimentações dos equipamentos e linhas de ar comprimido não são mostradas para evitar confusão com os sinais dos elementos de controle.

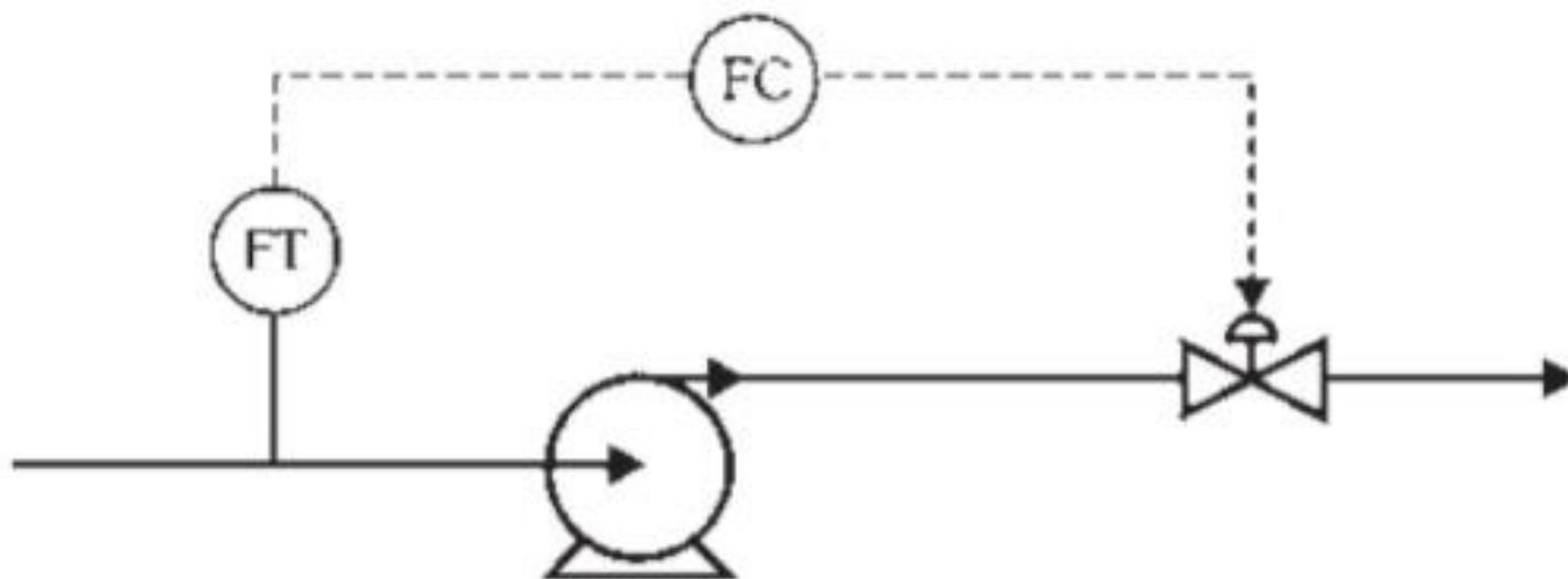


Figura 1.38 - Diagrama P&I de uma malha de controle de vazão.

Símbolos

Nos diagramas P&I, um círculo representa instrumentos de medida individuais, como transmissores e sensores. Uma única linha horizontal através do centro da forma indica que o instrumento ou função está em uma localização primária (sala de comando). Uma linha dupla indica que o instrumento está em uma localização auxiliar (rack de instrumentos). A ausência de linha indica que o elemento está montado no campo, e a linha tracejada indica que o instrumento é inacessível (colocado atrás da porta de um painel).

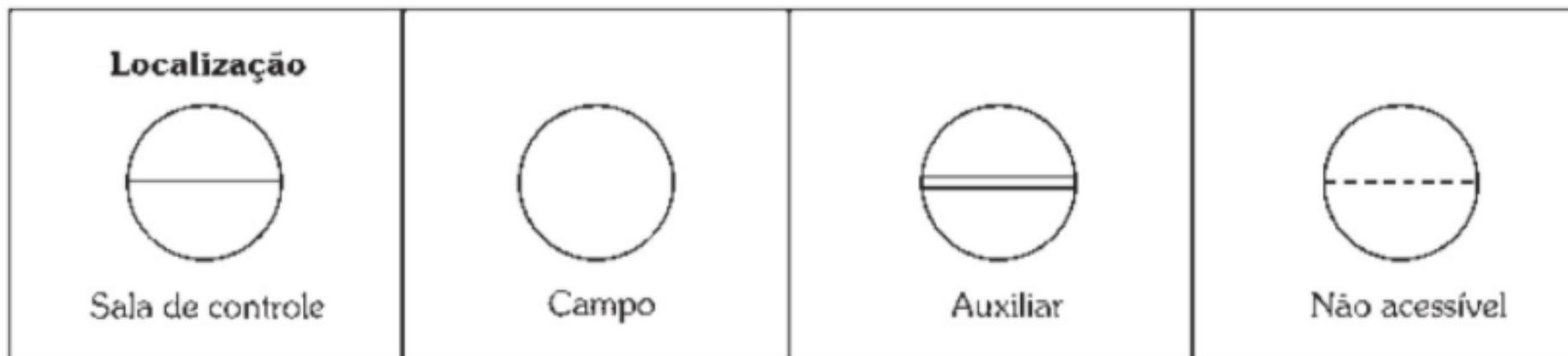


Figura 1.39 - Localização dos dispositivos.

Símbolos

Um quadrado com um círculo interno representa instrumentos que, além de efetuarem medições, executam alguma tarefa de controle. Isso ocorre em modernos transmissores equipados com microprocessadores que executam tarefas de controladores e enviam sinal de controle de saída para os elementos finais de controle.

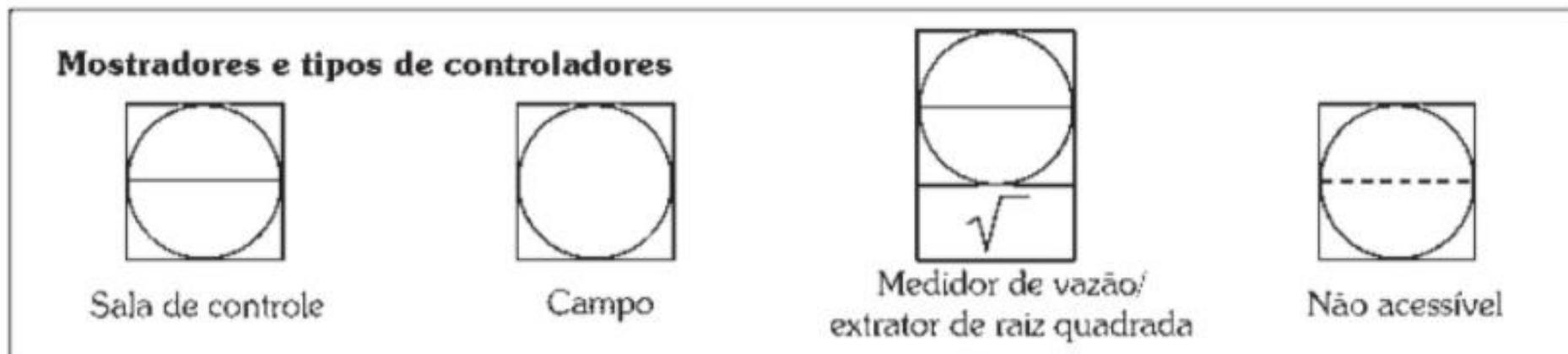
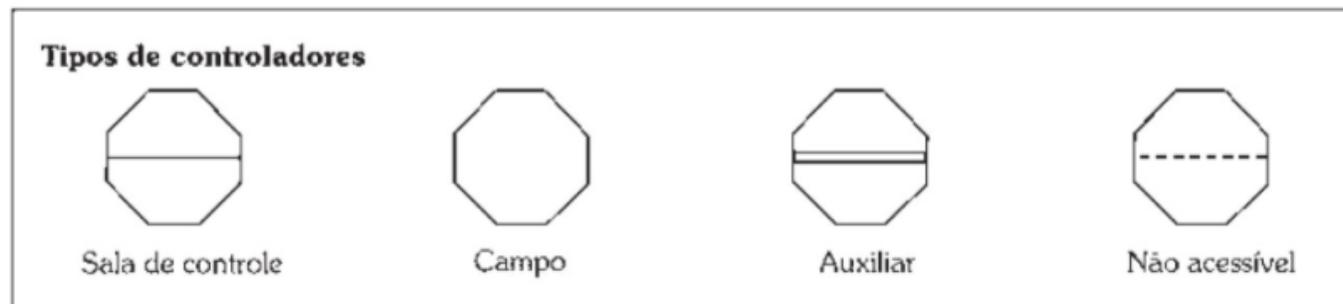


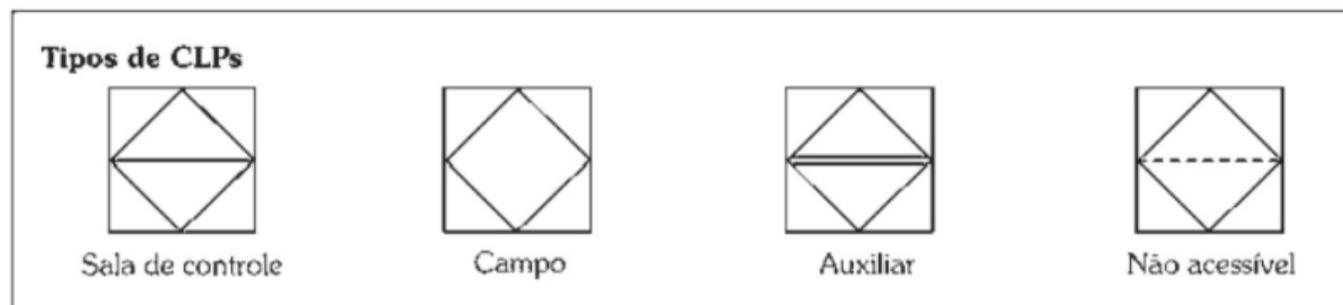
Figura 1.40 - Tipos de dispositivos e sua localização.

Símbolos

Um hexágono representa funções de controladores e tipos de CLPs.



(a)

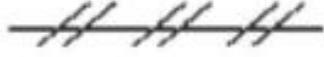


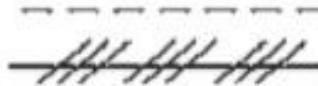
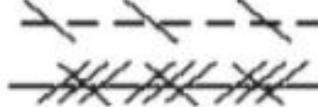
(b)

Figura 1.41 - Controladores: (a) tipos; (b) localização.

Símbolos

Tabela 1.1 - Sinais empregados na simbologia P&I.

	Suprimento ou impulso
	Sinal pneumático
	Sinal hidráulico
	Sinal eletromagnético ou sônico guiado
	Ligação por software
	Sinal binário pneumático

	Sinal não definido
	Sinal elétrico
	Tubo capilar
	Sinal eletromagnético ou sônico não guiado
	Ligação mecânica
	Sinal binário elétrico

Letras de Identificação

As letras de identificação na simbologia ISA indicam:

A variável a ser medida, como, por exemplo, vazão, temperatura, pressão;

A função do dispositivo (transmissor, chave, válvula, controlador); Modificadores (alto, baixo, diferencial, segurança).

Exemplo: FIC (controlador indicador de vazão), PT (transmissor de pressão) , TT (transmissor de temperatura).

Números nas simbologias P&I representam o tag do instrumento. Geralmente eles estão associados a uma malha de controle em particular como, por exemplo, a malha (123) representada na Figura.

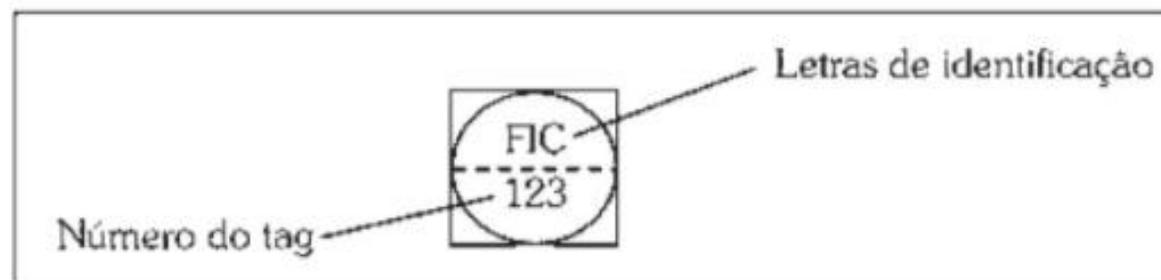


Figura 1.42 - Códigos empregados na simbologia P&I.

Exemplo: Identificação de um instrumento

P	RC	001	02	A
Variável Identificação Funcional	Função Letras Subsequentes	Área da Atividade	Nº do Instrumento	Sufixo
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 seqüencial da malha
- A - Sufixo

Identificação Funcional

- ▶ A identificação funcional do instrumento ou seu equivalente funcional consiste de letras.
- ▶ A primeira letra é a variável do processo medida e pode ter um modificador opcional. Por exemplo, PT é o transmissor de pressão e PDT é o transmissor de pressão diferencial.
- ▶ As letras subsequentes identificam as funções do instrumento ou ainda fazem o papel de letras modificadoras.
- ▶ A identificação funcional do instrumento é feita de acordo com sua função e não com a sua construção.
- ▶ Por exemplo, um registrador de pressão diferencial usado para registro de vazão deve ser identificado por FR.
- ▶ Outro exemplo, um indicador de pressão e um pressostato conectado na saída de um transmissor de nível devem ser identificados como LI e LS, respectivamente.
- ▶ TE tem sua primeira letra identificando a variável temperatura e a segunda letra E, chamada de subsequente, no caso um elemento primário que pode ser um sensor de temperatura, seja PT-100 ou termopar.

Primeira Letra			Letras sucessivas		
	Variável medida	Letra de modificação	Função de leitura passiva	Função de saída	Letra de modificação
A	Analizador	Alarme	Alarme		
B	Queimador (chama)	Balão de pressão			
C	Condutibilidade elétrica			Controlador	
D	Densidade ou peso específico	Diferencial			
E	Tensão (fem)		Elemento primário		
F	Vazão	Relação			
G	Medida dimensional		Visor		
H	Comando manual	Entrada manual			Alto
I	Corrente elétrica		Indicador		
J	Potência	Varredura			
K	Tempo ou programa		Cálculos em sistema digital		
L	Nível		Lâmpada piloto		
M	Umidade		Média		Médio ou intermediário
N	Vazão molar				

Primeira Letra			Letras sucessivas		
	Variável medida	Letra de modificação	Função de leitura passiva	Função de saída	Letra de modificação
O	Orifício ou restrição				
P	Pressão	Percentual	Tomada de impulso		
Q	Quantidade	Integração			
R	Remoto		Registrador		
S	Velocidade ou frequência	Velocidade/chave de segurança		Interruptor ou chave	
T	Temperatura			Transmissor	
U	Multivariável		Cálculo por computador	Multifunção	
V	Vibração			Válvula	
W	Peso ou força		Poço		
X ou Y	Escolha do usuário		Solenóide/ conversor de sinal	Relé ou computador	
Z	Posição/ Deslocamento			Elemento final de controle	

Exemplos

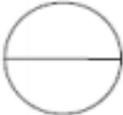
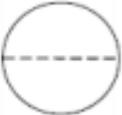
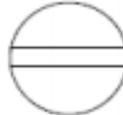
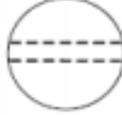
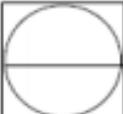
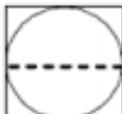
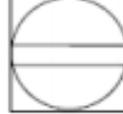
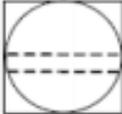
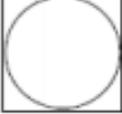
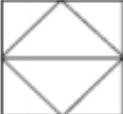
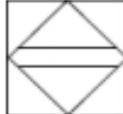
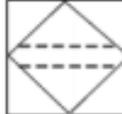
- **PI** = Indicador de pressão
“P” é a variável medida (Pressão)
“I” é a função de informação ou passiva.
Neste caso pode-se ter vários tipos de instrumentos. Desde um manômetro mecânico à instrumentos eletrônicos sofisticados.
Note que ao indicar PI em um fluxograma a intenção é descrever que naquele determinado ponto deseja-se somente indicar a pressão, independentemente do tipo de instrumento utilizado.
- **TI** = Indicador de Temperatura
- **LI** = Indicador de Nível
- **SI** = Indicador de Velocidade
- **RI** = Indicador de Radioatividade
- **MI** = Indicador de Umidade
- **AI** = Indicador de Condutividade, ou pH, ou O₂ etc.
- **VI** = Indicador de Viscosidade

Exemplos

- **PIC** = Indicador Controlador de Pressão
Neste caso a função final é o controle de uma malha, portanto, a letra "C" da coluna "função final". A letra "I" é somente uma função passiva mencionando que o instrumento também esta indicando de alguma forma a variável "P" pressão.
- **TIC** = Indicador Controlador de Temperatura
- **LIC** = Indicador Controlador de Nível
- **FIC** = Indicador Controlador de Vazão
- **JIC** = Indicador Controlador de Potência
- **SIC** = Indicador Controlador de Velocidade
- **BIC** = Indicador Controlador de Queima ou Combustão (queimadores de caldeiras ou fornos ou outros)

Exemplos

- **LAH** = Alarme de Nível Alto
Neste exemplo a letra "A" define a função de informação, indicando que o instrumento está sendo utilizado para um alarme. A letra modificadora "H" complementa esta informação indicando o parâmetro do alarme, no caso nível alto.
- **TAH** = Alarme de Temperatura Alta
- **SAL** = Alarme de Baixa Velocidade
- **WAL** = Alarme de Peso Baixo

	Sala de Controle (localização primária)		Localização Auxiliar		Campo
	Acessível ao operador (frente do painel)	Atrás do painel ou inacessível ao operador	Acessível ao operador (frente do painel)	Atrás do painel ou inacessível ao operador	Montado no campo
Instrumento dedicado, discreto					
Instrumento compartilhado					
Computador de processo					
Controlador Lógico Programável	 Interface CLP/ Supervisório/CLP	 Interface Interna (lógica)	 Interface CLP/ Panel View/CLP	 Interface CLP/ Campo/CLP	 Interface CLP/ Campo/CLP
Instrumentos compartilhando o mesmo invólucro. Não é mandatório mostrar uma caixa comum.					

Exercício

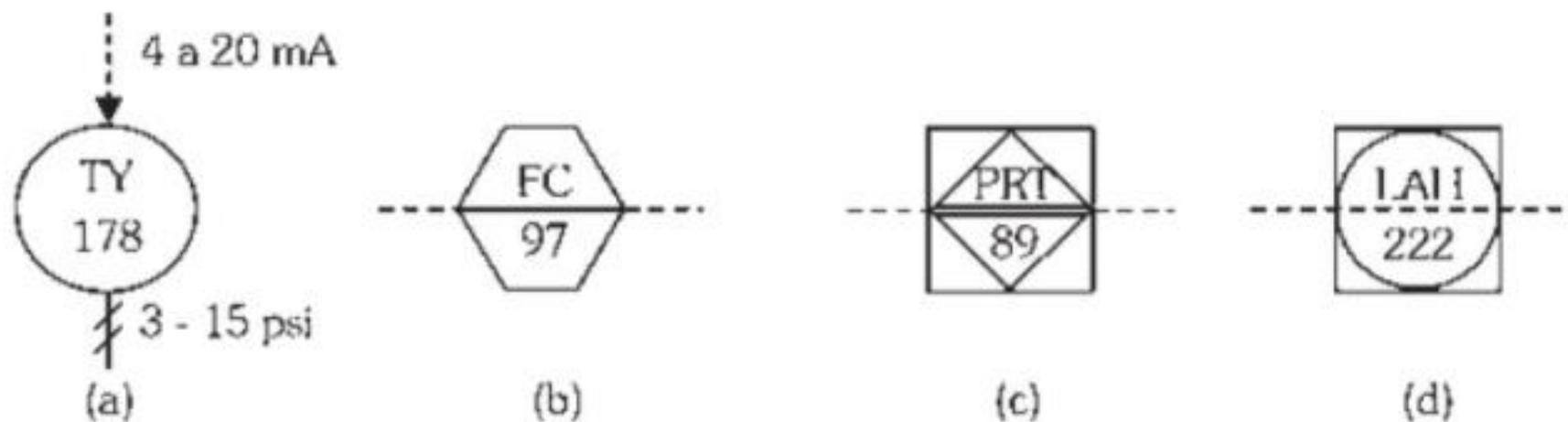


Figura 1.43 - Exemplos de códigos de letras e de números.

Símbolos Funcionais

Atuadores: A primeira linha dos exemplos são os elementos básicos utilizados em alguns diagramas P&I. Os outros desenhos mostram como essas seções básicas podem ser combinadas para formar famílias de atuadores. Por exemplo, o atuador manual e o atuador pneumático podem ser combinados com o símbolo da válvula de controle para representar uma válvula operada manualmente e uma válvula operada pneumaticam

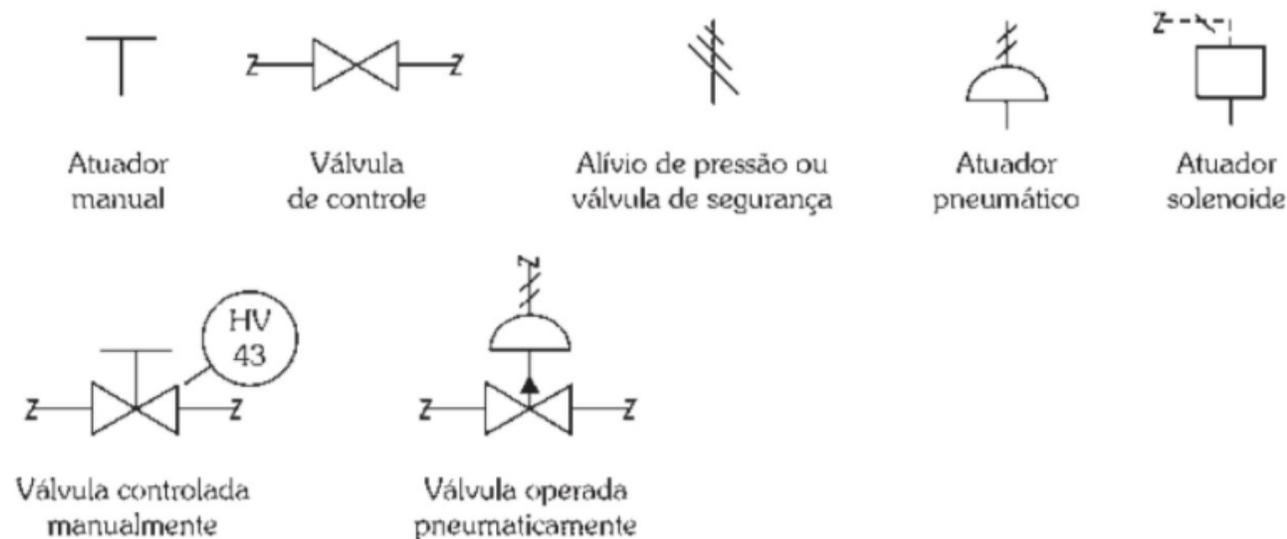
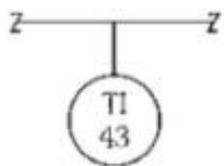
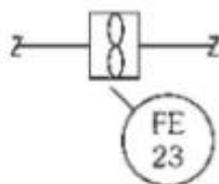


Figura 1.44 - Exemplos de atuadores primários básicos.

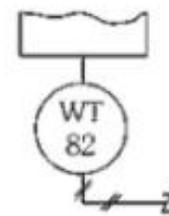
Elementos Primários



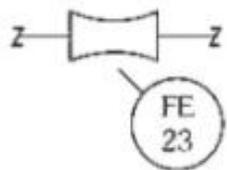
Indicador de temperatura
bimetálico ou tubo de vidro



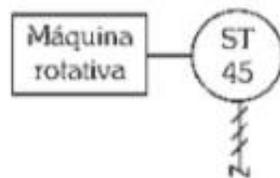
Elemento primário
turbina



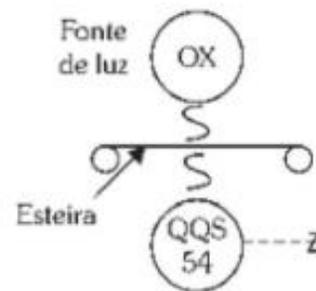
Transmissor de peso



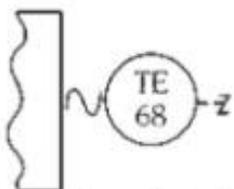
Tubo de Venturi



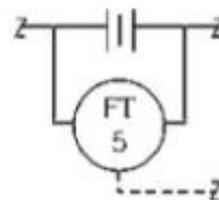
Transmissor de velocidade



Chave de contagem fotoelétrica



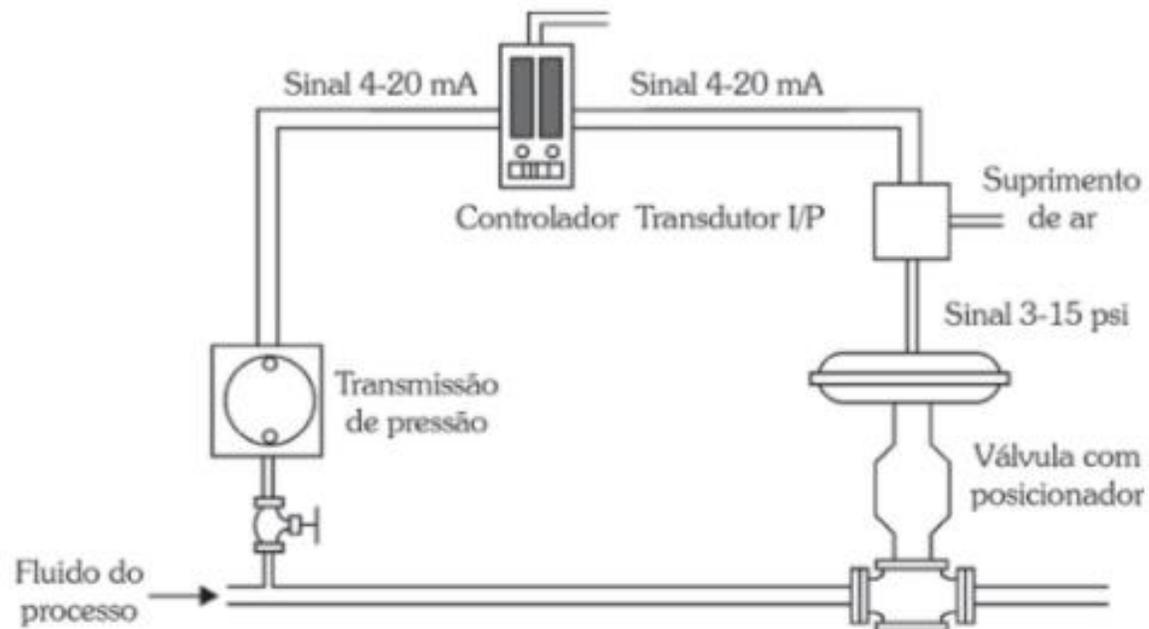
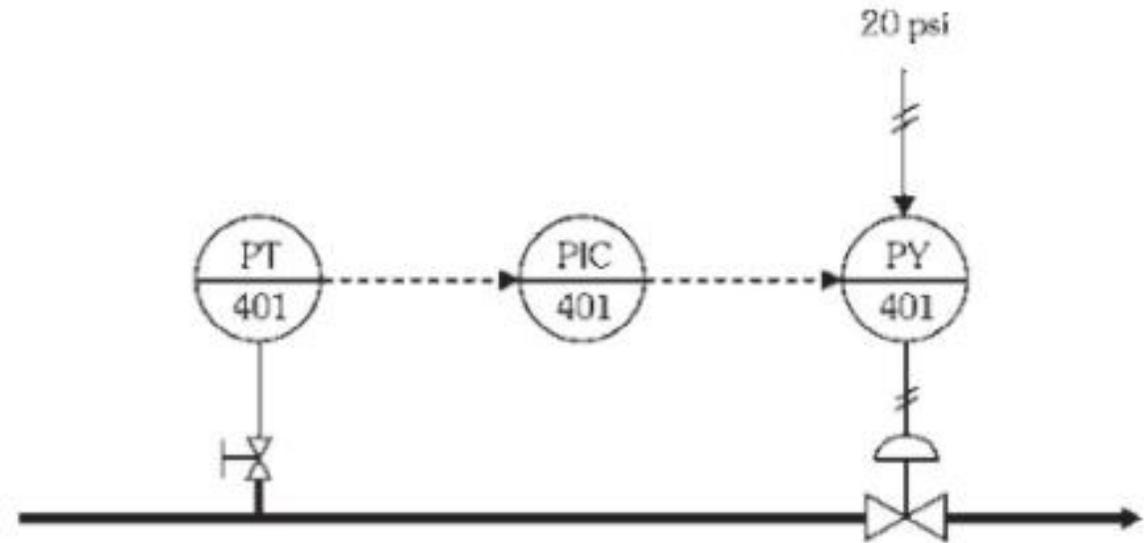
Elemento de medição de
temperatura por radiação



Placa de orifício conectada
ao medidor de vazão por
pressão diferencial

Figura 1.45 - Simbologia P&I para elementos primários.

- ▶ O transmissor de pressão é chamado de PT - 401
- ▶ A saída do transmissor de pressão é um sinal elétrico
- ▶ O controlador é designado como PIC - 401 (indicador controlador de pressão)

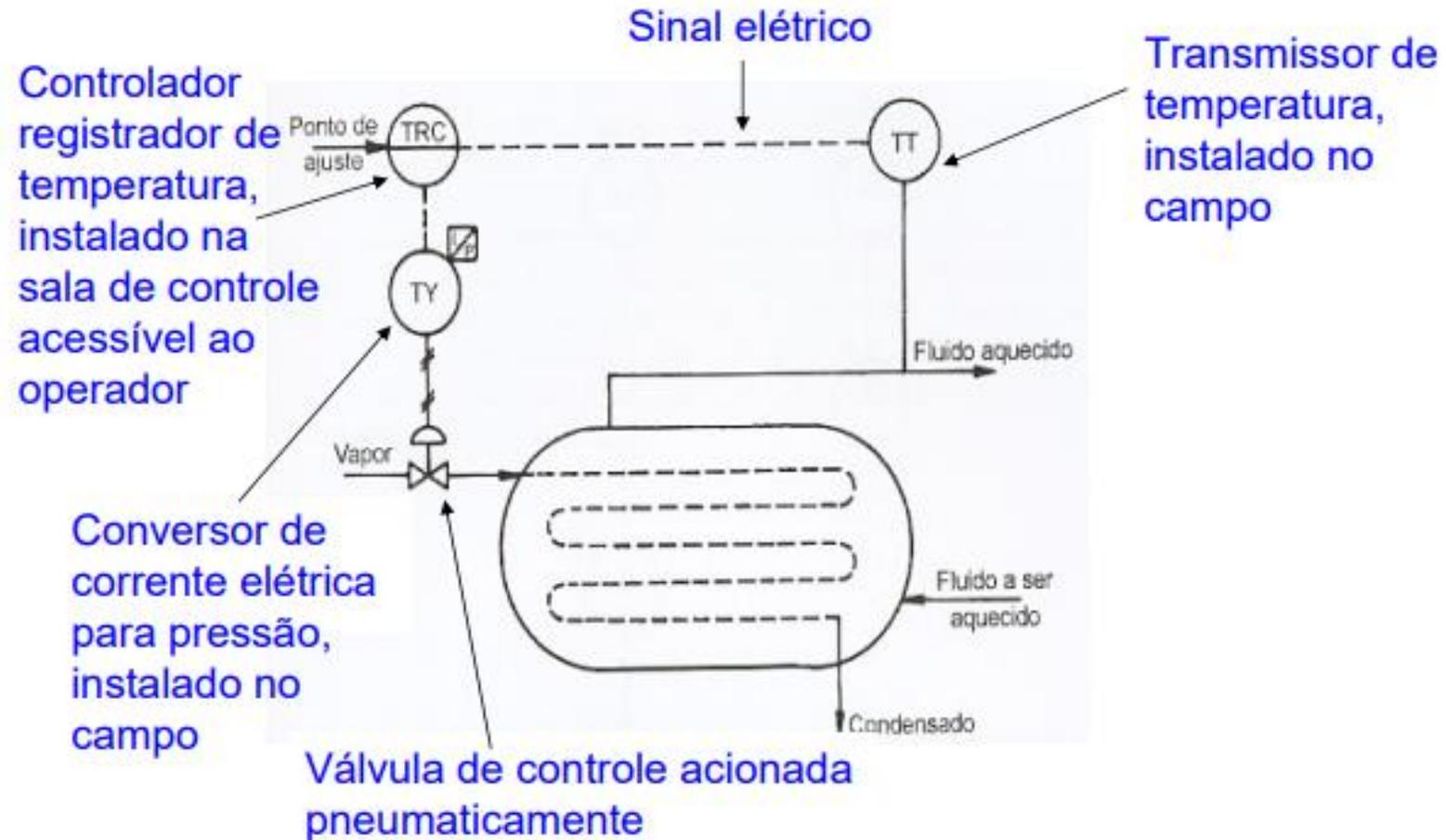


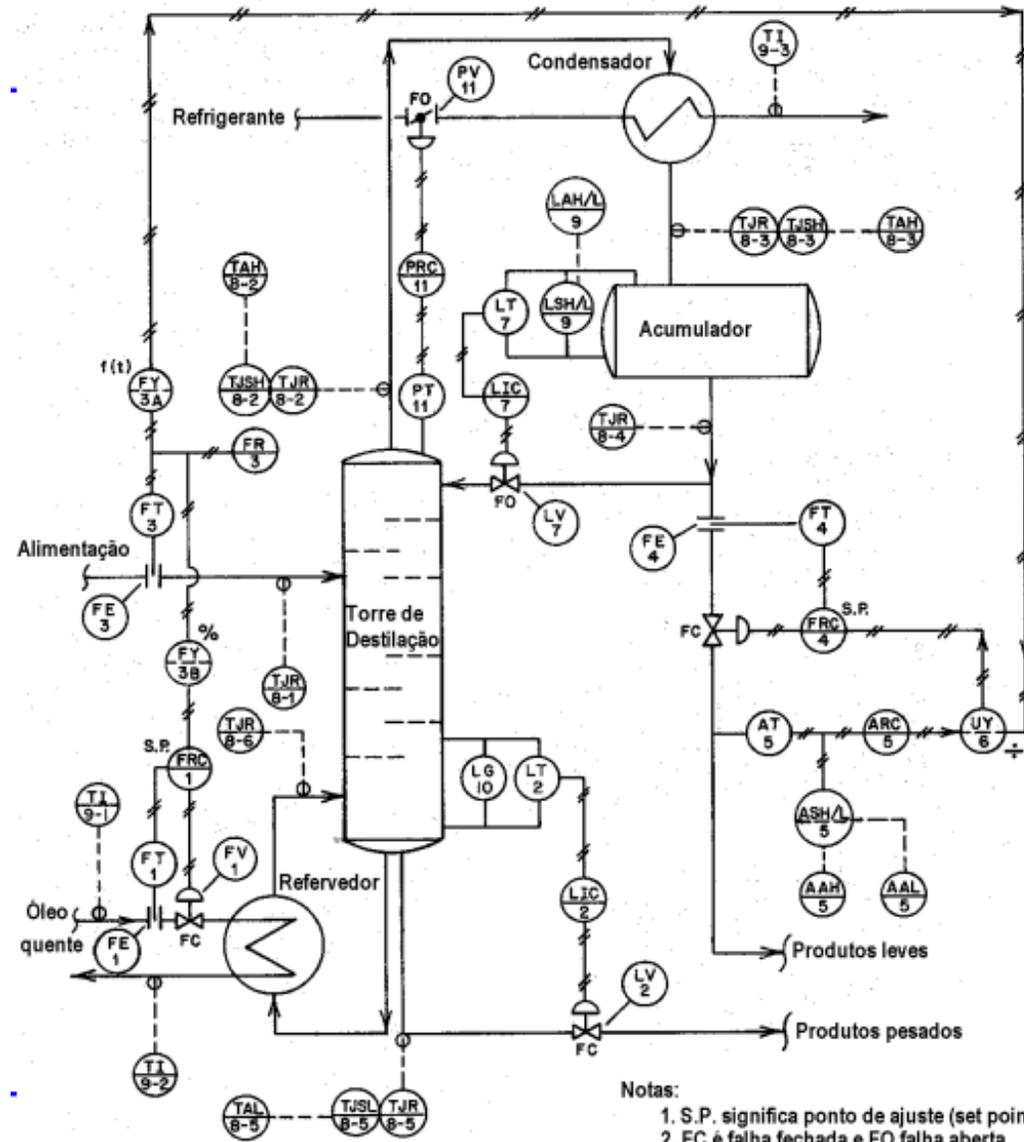
- ▶ A saída do controlador é um sinal elétrico
- ▶ O sinal elétrico de saída é convertido em pneumático pelo conversor I/P (PY - 401)
- ▶ Sinal de pressão é enviado à válvula pneumática

Exemplos



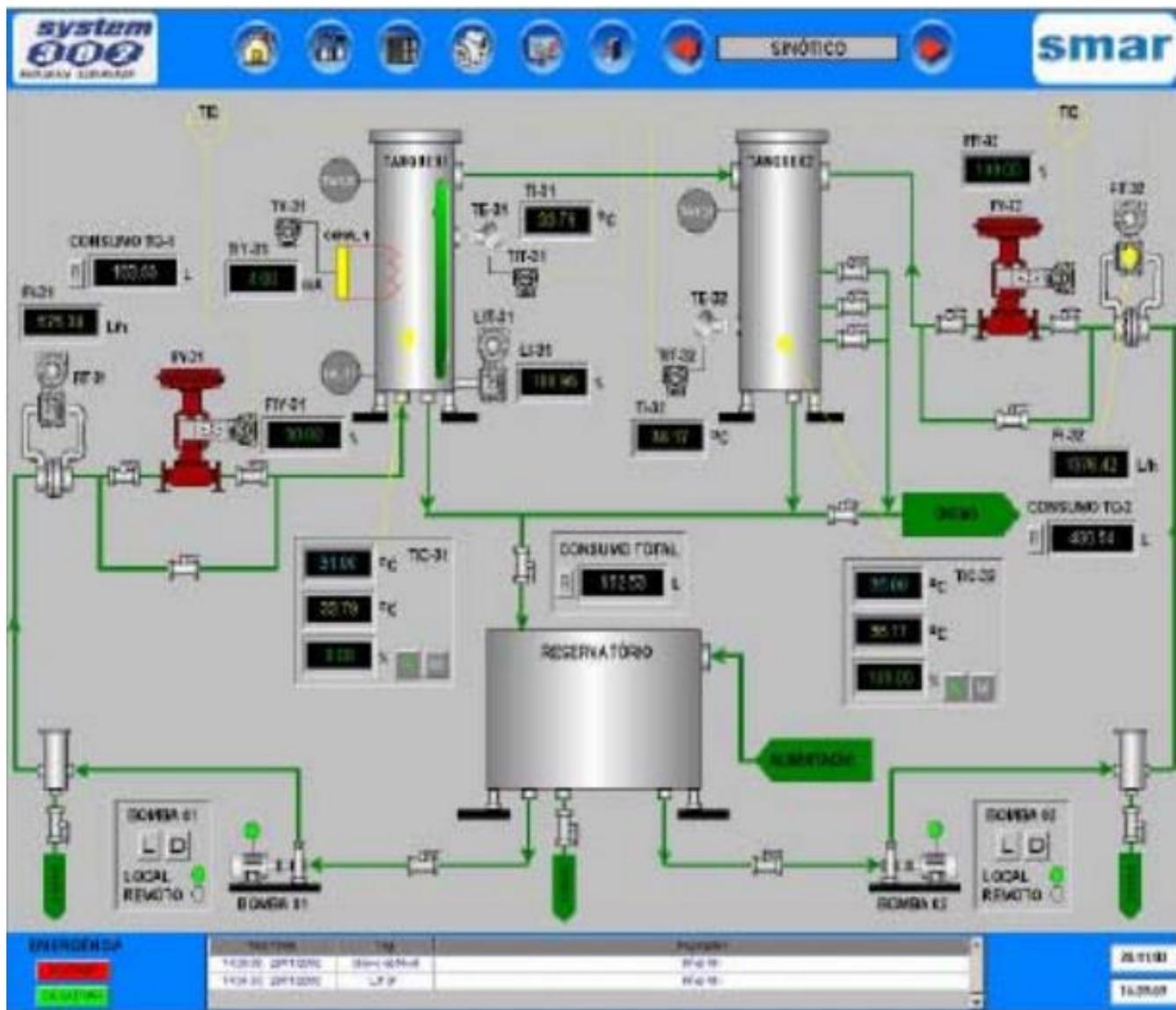
Controle de temperatura





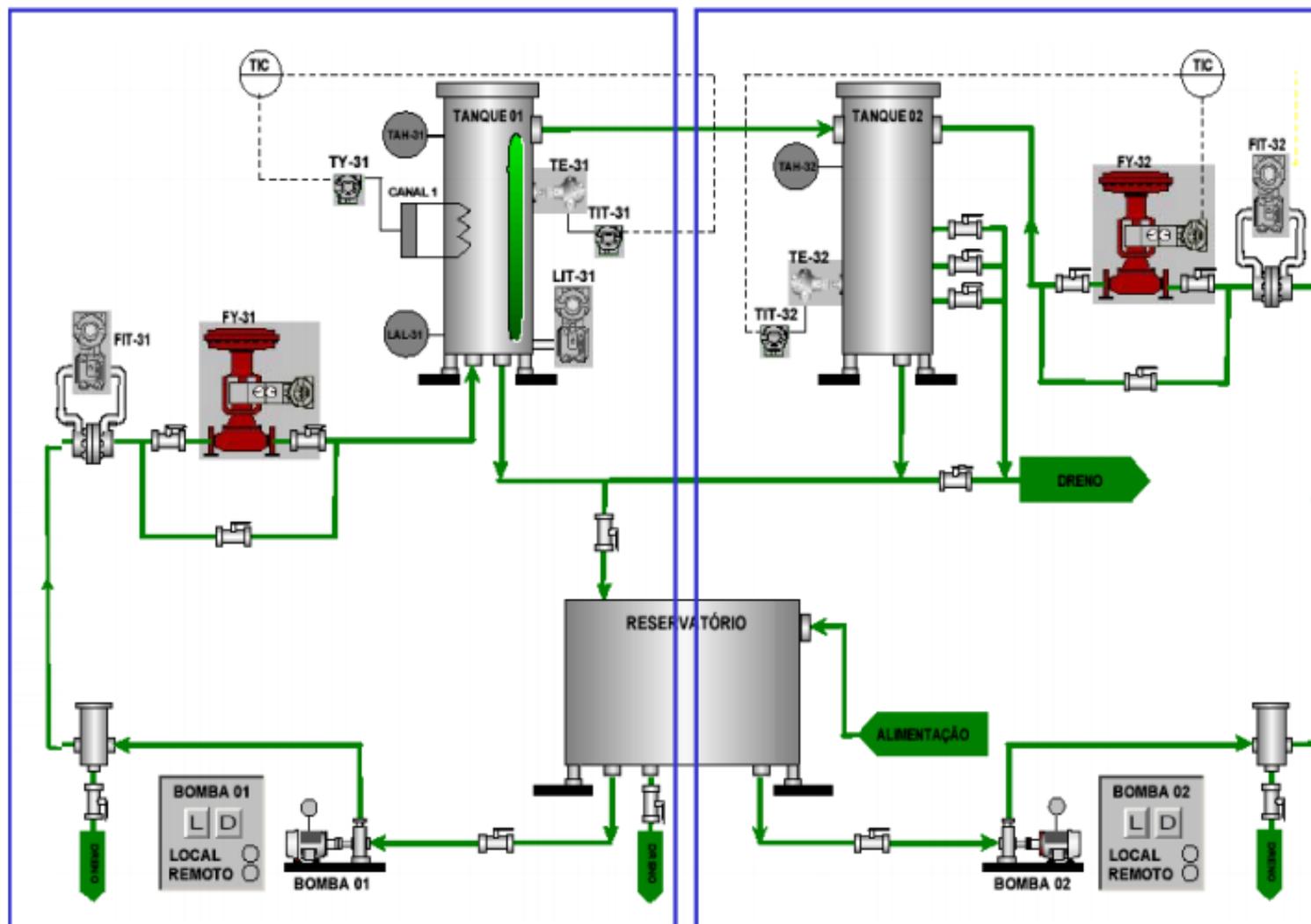
Notas:
 1. S.P. significa ponto de ajuste (set point)
 2. FC é falha fechada e FO falha aberta

Estudo de Caso

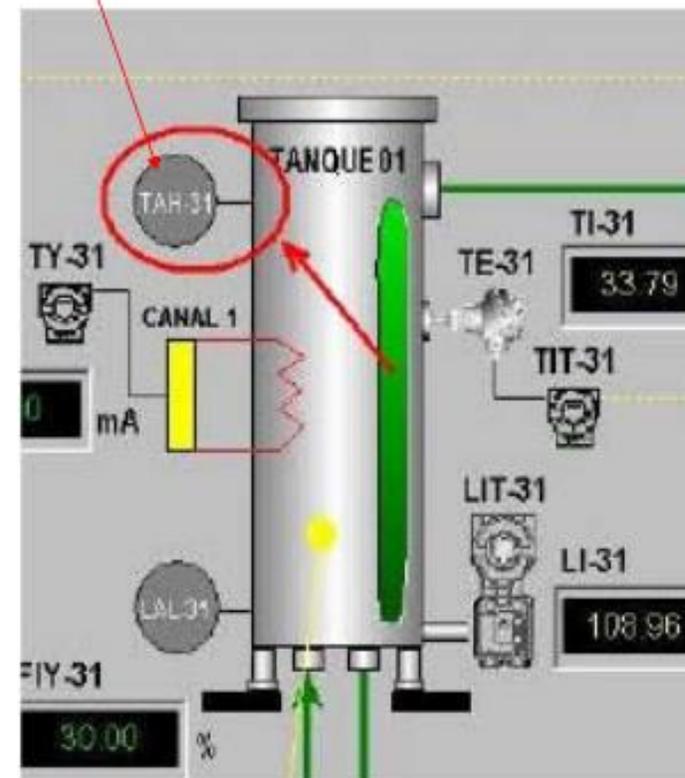
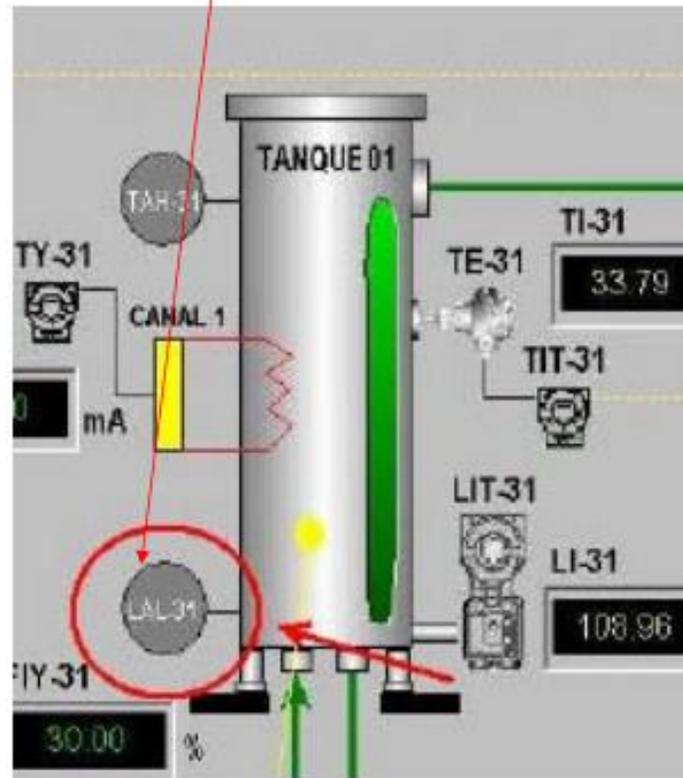


Malha 31

Malha 32

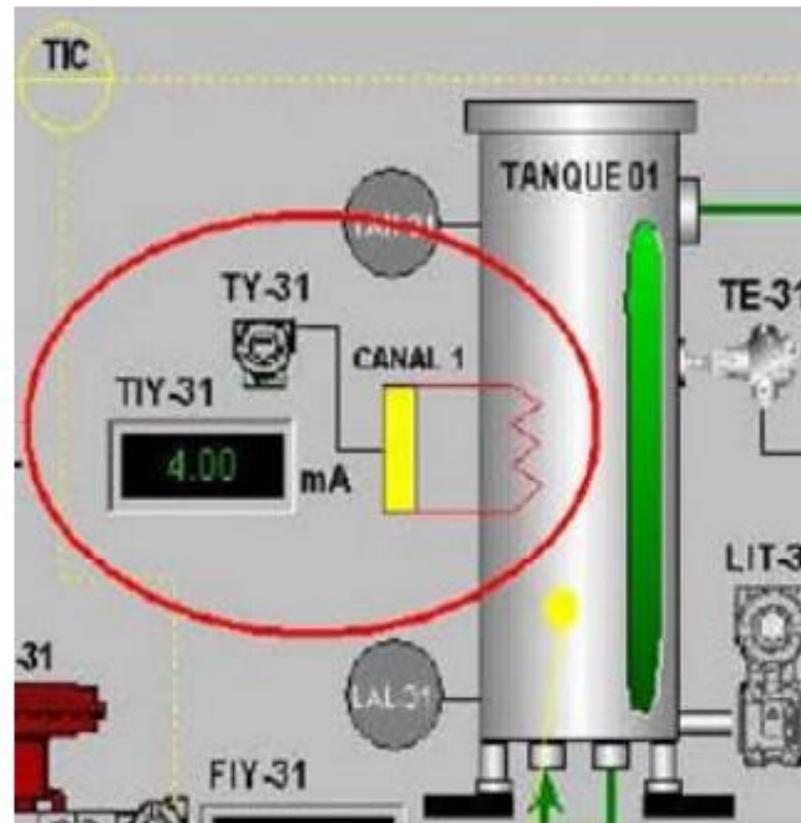


Chave de nível e termostato
A chave de nível acusa nível baixo quando a capacidade do tanque for inferior a 90% de sua capacidade.
O termostato acusa temperatura alta no tanque.



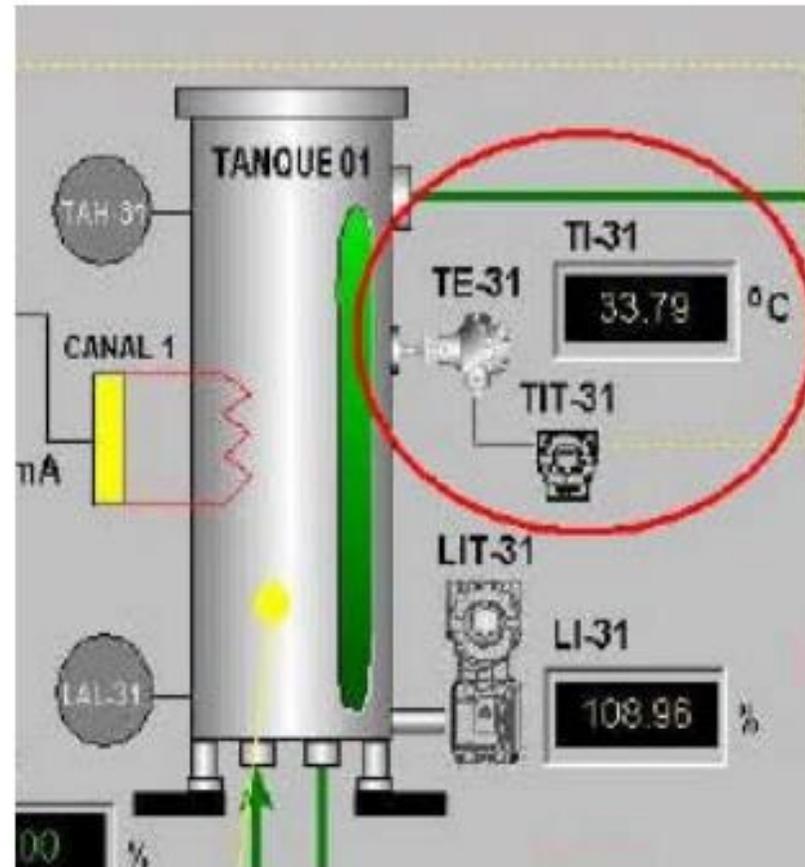
Conversor Estático

A planta didática possui um conversor resistivo que converte corrente em resistência elétrica. Estas resistências estão dentro do tanque de água quente e servem para aquecer a água deste tanque. Nesta planta está sendo utilizado um conversor de sinal Fieldbus para 4 a 20 mA FI-302 (Tag TY-31)



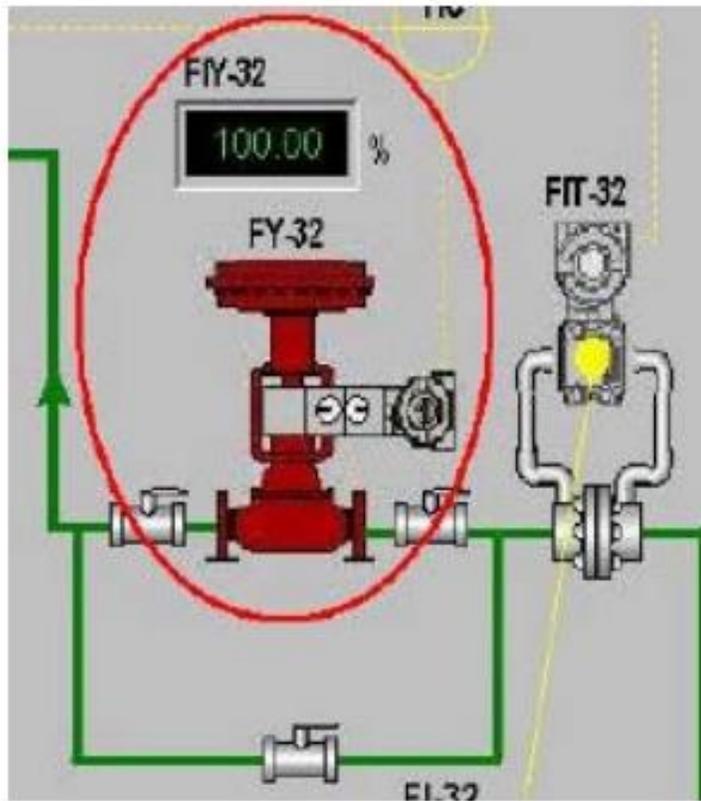
Temperatura do Tanque de Água Quente

A temperatura do tanque de água quente é medida através de um Transmissor de Temperatura Fieldbus TT-302 que recebe um sinal de uma termoresistência PT-100.



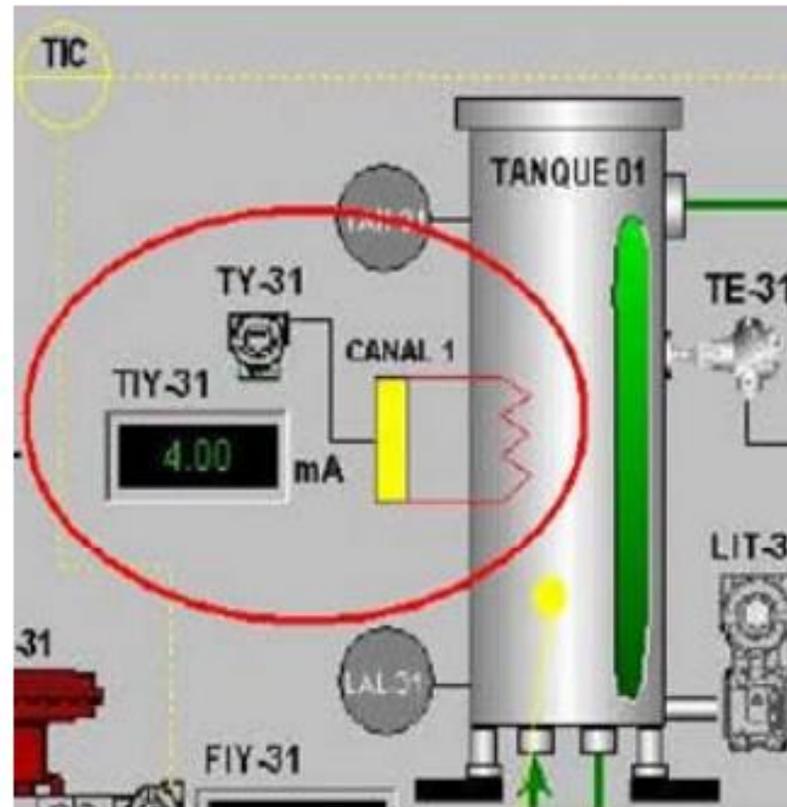
Válvula de Entrada de Água no Tanque de Mistura

A planta possui também uma válvula que regula a entrada de água no tanque de mistura, onde será misturada água quente com água fria.



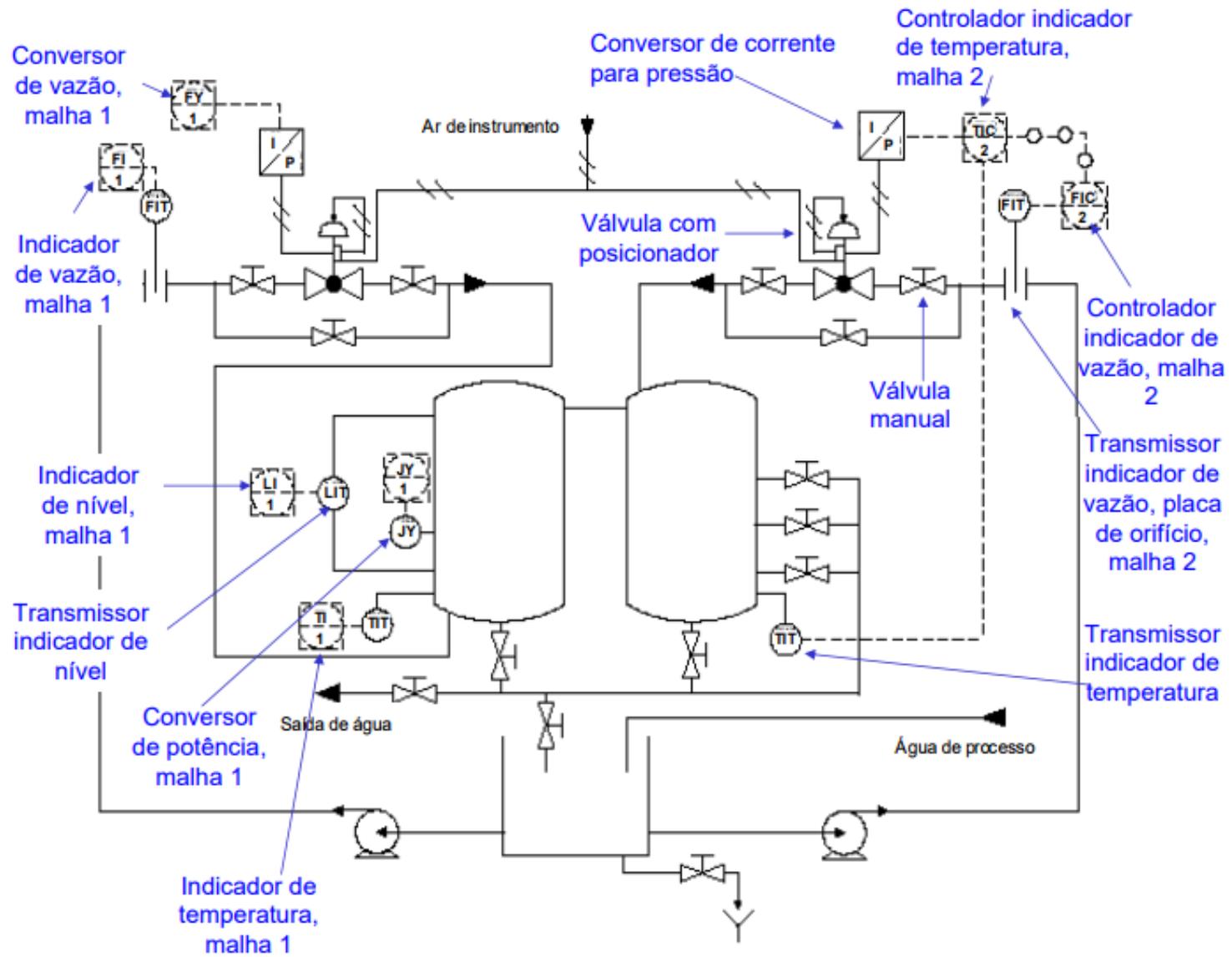
Conversor Estático

A planta didática possui um conversor resistivo que converte corrente em resistência elétrica. Estas resistências estão dentro do tanque de água quente e servem para aquecer a água deste tanque. Nesta planta está sendo utilizado um conversor de sinal Fieldbus para 4 a 20 mA FI-302 (Tag TY-31)



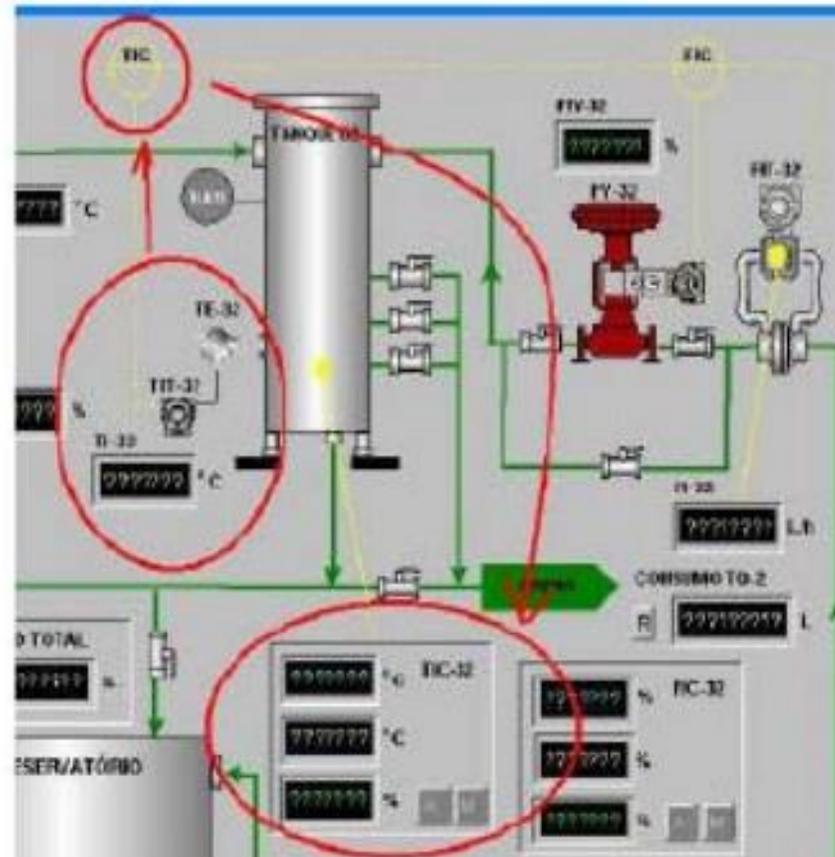
Controle em Cascata (Temperatura com vazão de água fria)

No tanque de mistura, a água quente proveniente do tanque de aquecimento é misturada com água fria para que esta se aqueça. A finalidade deste controle é manter a temperatura da água no tanque de mistura respondendo às variações de temperatura da água do tanque de aquecimento. A malha de vazão de água fria recebe como set-point a saída do controle de temperatura do tanque de mistura provocando assim, a ação da válvula de água fria quando a temperatura for diferente da solicitada.



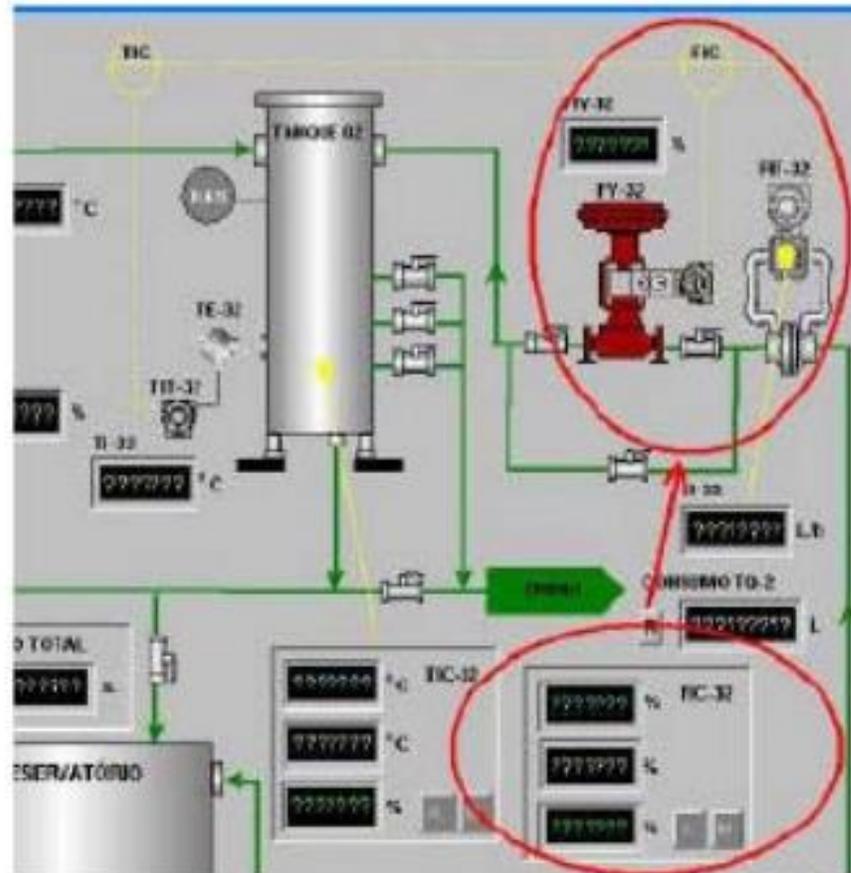
Malha de Temperatura TIC-32

A malha de temperatura faz um controle PID onde sua saída servirá como setpoint para a malha de vazão.



Malha de Vazão de Água Fria FIC-32

Esta malha utiliza como setpoint a saída do controle de temperatura sendo assim o seu valor não podendo ser alterado pelo operador.





Obrigada!