

# Equipamento de AF para iniciantes (Sistema de controle de processo)

Esta é uma breve descrição geral do sistema de controle de processo para iniciantes.

**Introdução****Objetivo do curso**

Um sistema de Instrumentação permite o controle da produção ao medir e controlar várias quantidades físicas. Por exemplo, taxa de fluxo, temperatura, pressão e nível líquido. Este curso pretende capacitar os iniciantes com conhecimento básico necessário para desempenhar o controle de instrumentação.

## Introdução Estrutura do curso



O conteúdo do curso é explicado a seguir.  
Recomendamos que você comece pelo Capítulo 1.

### Capítulo 1 - Sistema de instrumentação

Aprenda o básico sobre controle de sistemas de instrumentação.

### Capítulo 2 - Controle de realimentação

Aprenda os básicos do controle de realimentação (controle ON/OFF, ação proporcional (P), ação integral (I), controle de PI, ação diferencial (D), controle de PID).

### Capítulo 3 - Loop de controle

Aprenda sobre a seção de detecção e a seção de operação no diagrama em bloco do loop de controle.

### Teste Final

Grau de aprovação: 60% ou superior é necessário

**Introdução****Como utilizar esta ferramenta de e-Learning**

Ir para a próxima página		Ir para a próxima página.
Voltar para a página anterior		Voltar para a página anterior.
Mover-se para a página desejada		O "Índice" será exibido, permitindo que você navegue até a página desejada.
Sair do curso		Sair do curso. A janela, como a tela de "Conteúdo", e o curso serão fechados.

**Precauções de segurança**

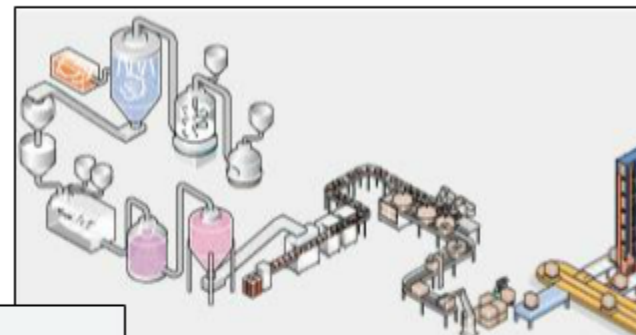
Antes de utilizar o equipamento físico, leia as Precauções de segurança nos manuais correspondentes e siga as informações de segurança relevantes lá contidas.

## 1.1

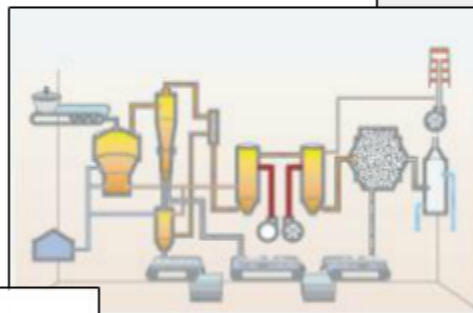
## Sistema de instrumentação

Sistema de instrumentação é usado em instalações de produção para realizar operações de medição e controle. Amplamente usado em várias indústrias:

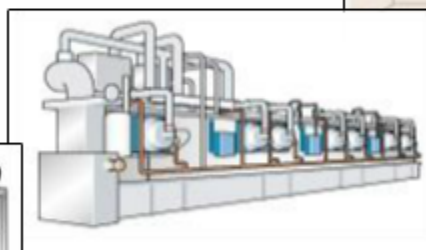
- Metalúrgicas
- Fábricas de compostos químicos
- Instalações ambientais
- Equipamento de tratamento de água e esgoto
- Condicionamento de ar
- Fábricas de semicondutores
- Fábricas de alimentos
- Fábricas de farmacêuticos
- Fábricas de papel
- Usinas, etc.



Usinas de refinamento



Instalações de resíduos



Forno industrial



Maquinaria de alimento

## 1.2

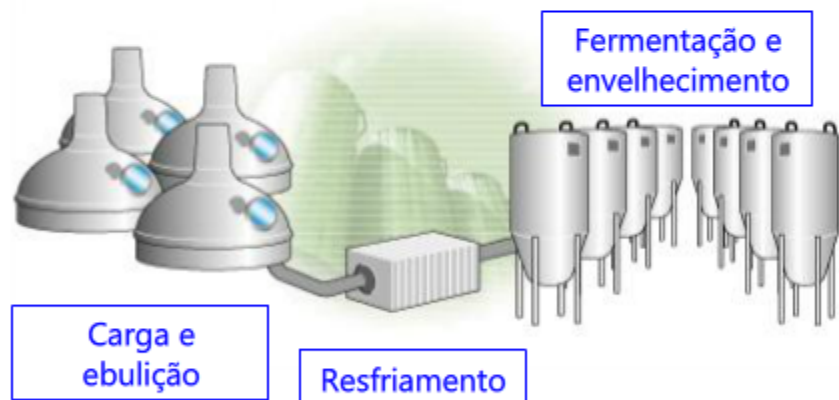
## Controle do sistema de instrumentação

Instalações de produção em uma fábrica podem ser classificadas de maneira simples no sistema de instrumentação, que lida principalmente com o controle de realimentação, e no sistema AF, que lida principalmente com o controle de sequências. Aqui estão alguns exemplos de controle de realimentação e controle de sequências em uma fábrica de cerveja.

## Controle de realimentação

No controle de realimentação, o processamento é controlado comparando-se o valor-alvo com o valor de medição obtido pela realimentação e decidindo a quantidade da operação necessária para fazer esses dois valores corresponderem.

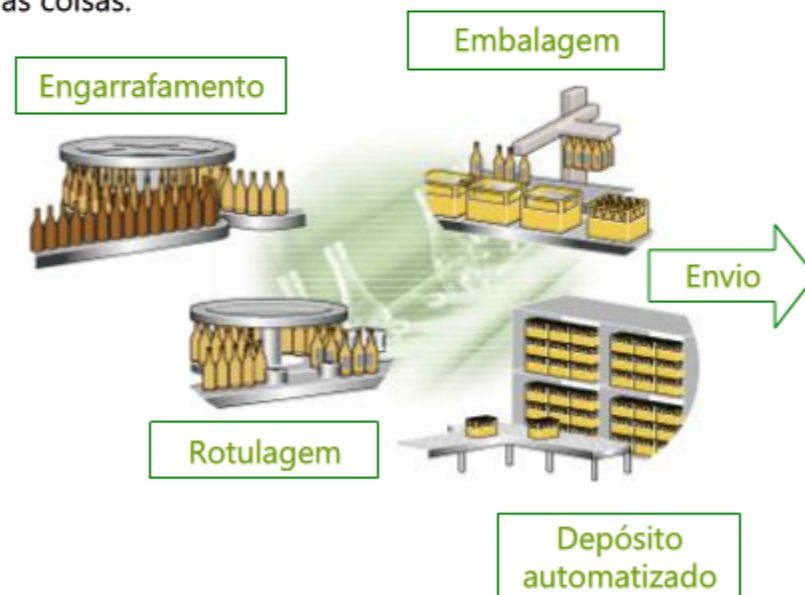
É usado para controlar temperatura, taxas de fluxo e pressão em processos como carga, fermentação e envelhecimento.



## Controle de sequências

No controle de sequências, o processamento é controlado passo a passo de acordo com uma determinada sequência ou procedimento.

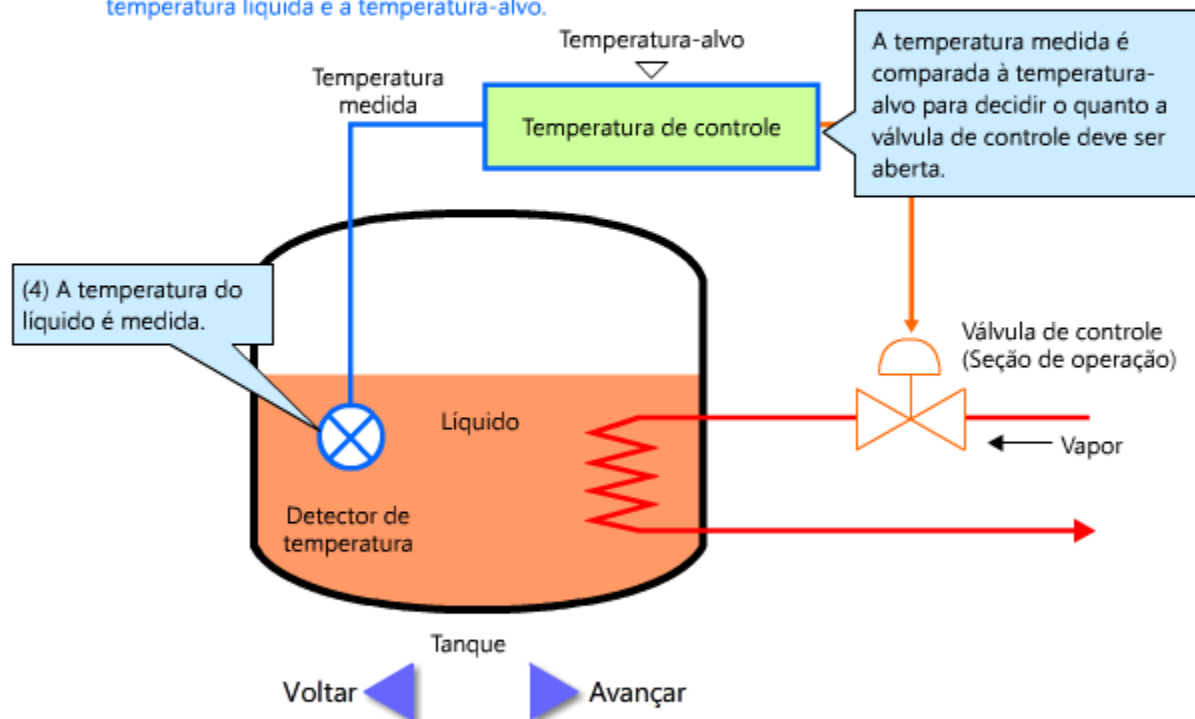
Ele é usado no processamento para embalagem, transporte e outras coisas.



## 1.3 Controle de realimentação

Este exemplo mostra como o controle de realimentação é usado para manter o líquido em um tanque em uma temperatura especificada.

- (1) O detector de temperatura mede a temperatura do líquido no tanque.
- (2) A temperatura medida é comparada à temperatura-alvo e a abertura da válvula de controle (quantidade de operação) é decidida de acordo com a diferença (desvio) entre as duas válvulas.
- (3) A válvula de controle é operada para controlar a quantidade de vapor que aquece o líquido do tanque.
- (4) Controle de realimentação envolve repetir os passos (1) a (3) para eliminar a diferença entre a temperatura líquida e a temperatura-alvo.

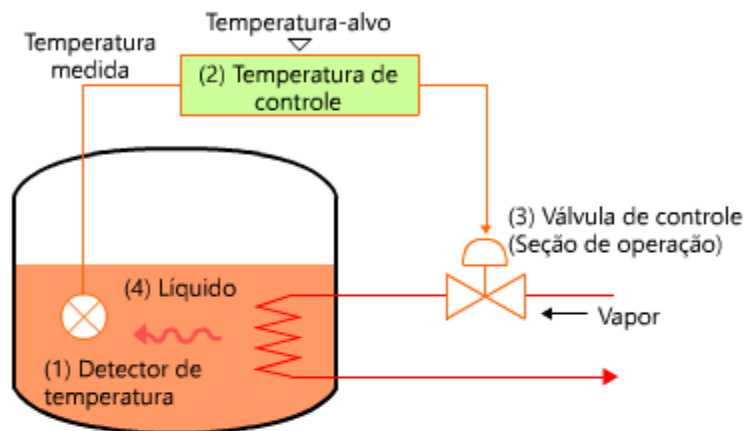


Esse tipo de controle, que compara um valor medido com um valor-alvo e realiza a operação para fazer eles corresponderem, é chamado de controle de realimentação.



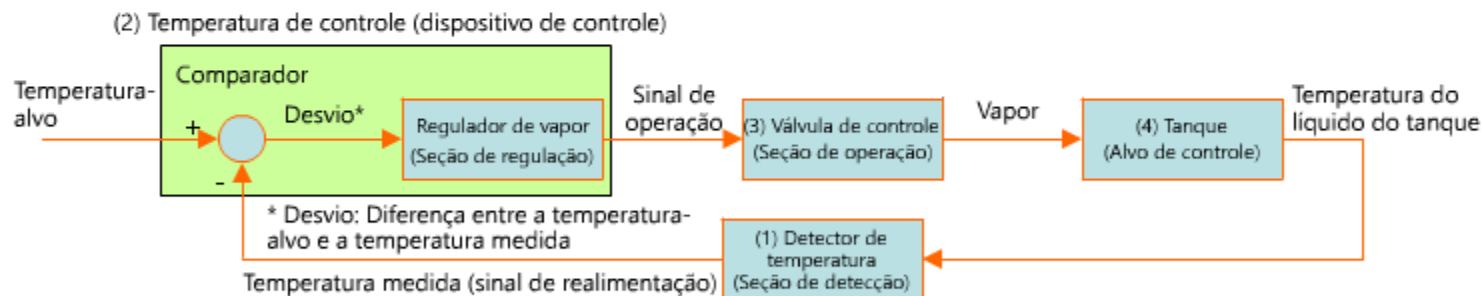
## 1.3 Controle de realimentação

O controle de realimentação da temperatura do líquido no tanque mostrado na Figura 1.3-1 pode ser representado pelo diagrama em bloco a seguir, Figura 1.3-2.



- (1) A temperatura-alvo e a temperatura medida são comparadas no comparador.
- (2) O regulador de vapor calcula a quantidade de operação de acordo com o desvio e envia o sinal de operação para a válvula de controle.
- (3) A válvula de controle é operada de acordo com o sinal de operação para enviar vapor para o tanque.
- (4) A temperatura do líquido no tanque é alterada pelo vapor e o detector de temperatura mede a temperatura do líquido novamente.

Os passos (1) a (4) são repetidos.



De acordo com este diagrama de bloco, o controle de realimentação funciona da seguinte maneira.

Voltar



Avançar

## 1.3 Controle de realimentação

O controle de realimentação também é usado para controlar taxa de fluxo, pressão e nível de líquido, além da temperatura. A Figura 1.3-3 mostra um diagrama em bloco geral para controle de realimentação e a Tabela 1.3-1 explica os termos individuais.

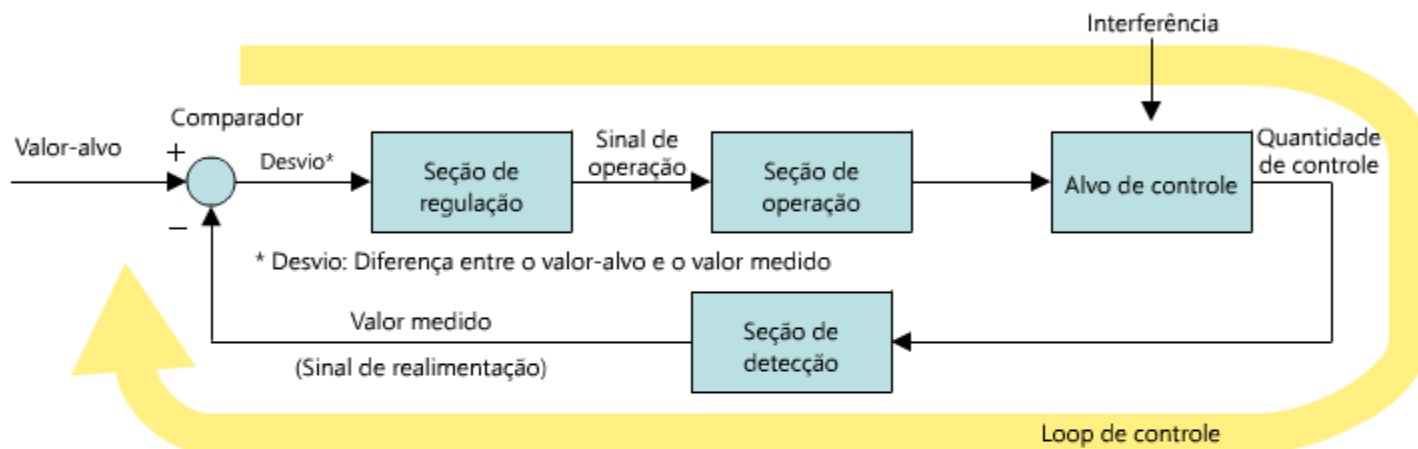


Figura 1.3-3

Termo	Explicação
Comparador	Compara o valor-alvo e o valor medido.
Seção de regulação	Baseada no valor-alvo e no valor medido, gera um sinal necessário para que o dispositivo de controle realize as operações pretendidas e envia um sinal para a seção de operação.
Seção de operação	Converte o sinal de operação recebido da seção de regulação em uma quantidade de operação e age sobre o alvo de controle para criar uma mudança.
Alvo de controle	A parte ou o total das máquinas, processos e maquinaria sujeitos a controle
Seção de detecção	Extraí os sinais necessários para controlar a partir de alvos de controle, como sensores.
Interferência	Uma mudança inesperada no ambiente que interfere no controle
Loop de controle	Retorna os resultados da operação para a seção de regulação. Uma unidade de controle de medição

Tabela 1.3-1

## 2.1

## Controle ON/OFF

Esta seção explica o controle ON/OFF, que é o tipo mais simples de controle de realimentação.

O Controle ON/OFF significa colocar como ON (ligar) e OFF (desligar) a seção de controle, dependendo de o desvio (valor-alvo - valor medido) ser positivo ou negativo.

Figura 2.1-1 mostra como o controle ON/OFF altera o estado da válvula de controle e a temperatura do líquido.

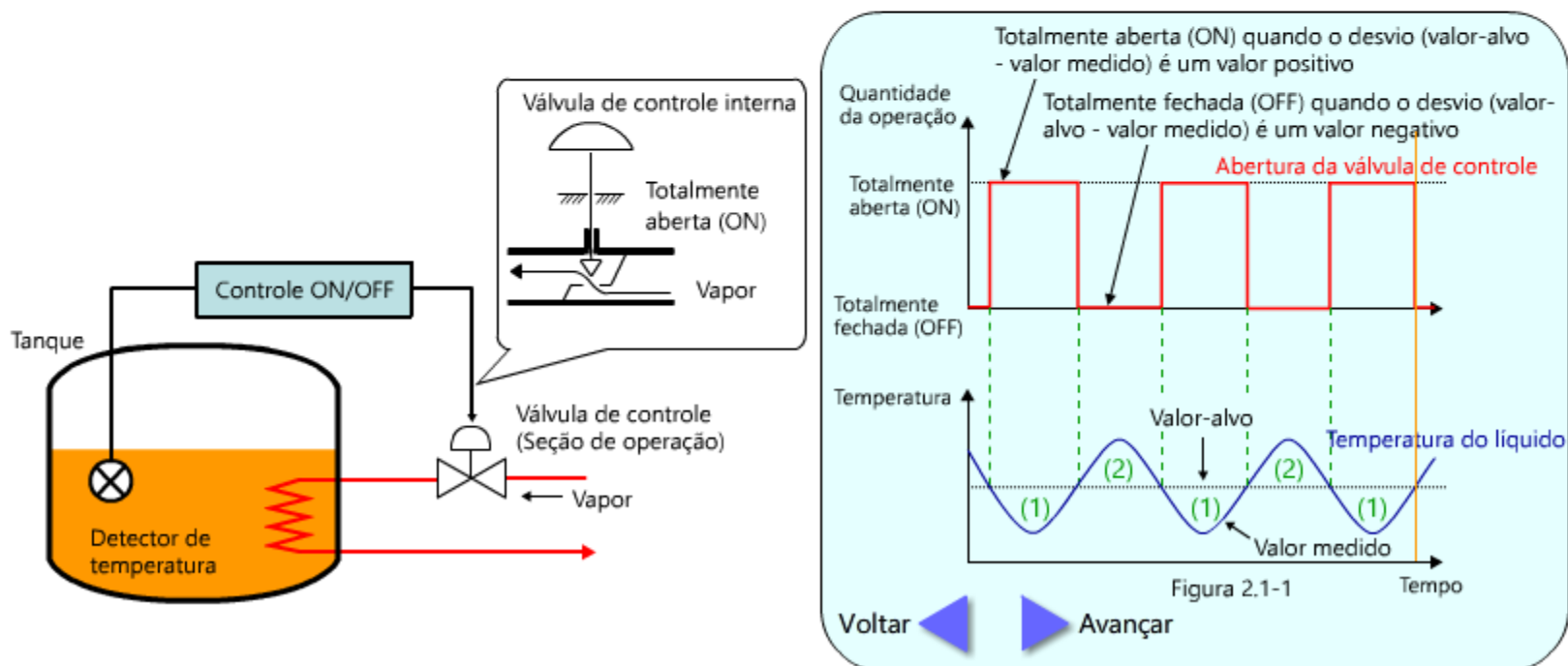
Como mostrado na Figura 2.1-1 (1), quando a temperatura do líquido cai para menos que o valor-alvo, a válvula de controle abre totalmente (ON) para alimentação do vapor.

Quando o vapor é alimentado, a temperatura do líquido não aumenta imediatamente, mas começa a subir depois de um tempo e, depois, supera o valor como em (2). Quando a temperatura supera o valor-alvo, a válvula de controle fecha totalmente (OFF) para interromper a alimentação do vapor.

No entanto, a temperatura do líquido não cai imediatamente, mas começa a fazê-lo depois de um tempo.

Sob o controle ON/OFF, a temperatura não é constante, mas varia repetidamente como mostrado na Figura 2.1-1.

Controle P (controle proporcional) foi inventado para solucionar esse problema, como explicado a seguir.



## 2.2

## Ação proporcional

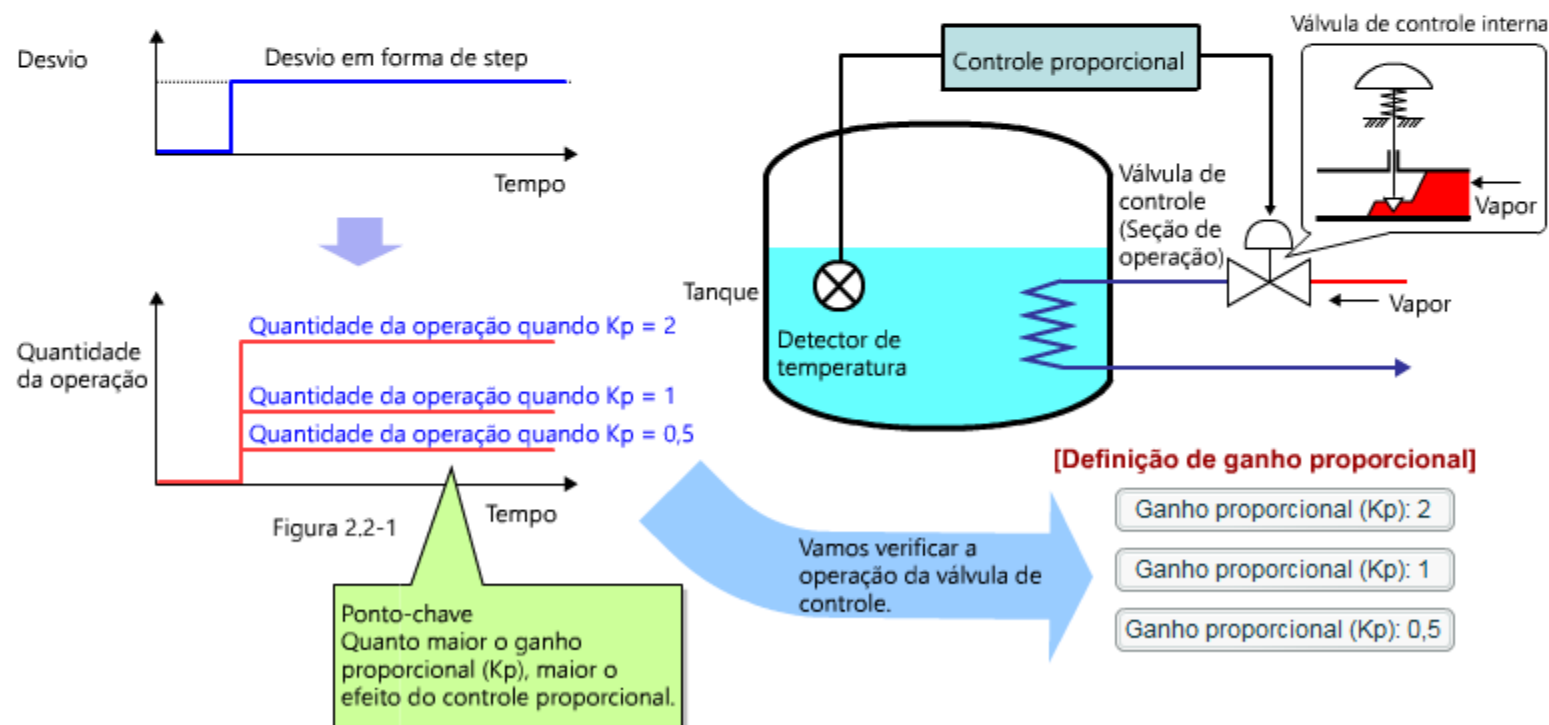
Uma ação que produz uma quantidade de operação proporcional ao desvio (valor-alvo - valor medido) é chamada de ação proporcional.

Ação proporcional pode reduzir flutuações na temperatura do líquido ao controlar a abertura da válvula de controle gradualmente de acordo com o desvio.

A quantidade da operação da ação proporcional é dada por:  $\text{quantidade da operação} = \text{ganho proporcional (Kp)} \times \text{desvio}$ . Mesmo com o mesmo desvio, na medida em que o ganho proporcional fica maior, a quantidade da operação fica maior, o que aumenta a quantidade de vapor.

Na medida em que o ganho proporcional fica menor, a quantidade da operação fica menor e isso diminui o fornecimento de vapor. (Figura 2.2-1)

As quantidades de operação das ações proporcionais por um desvio em forma de step são como mostradas abaixo.



## 2.2

## Ação proporcional

A figura 2.2-2 mostra como o resultado do controle de ações proporcionais difere dependendo da magnitude do ganho proporcional. (O resultado do controle equivale ao efeito do controle proporcional da temperatura do líquido no tanque.) Ajustar a válvula de controle aos poucos reduz as flutuações na temperatura do líquido.

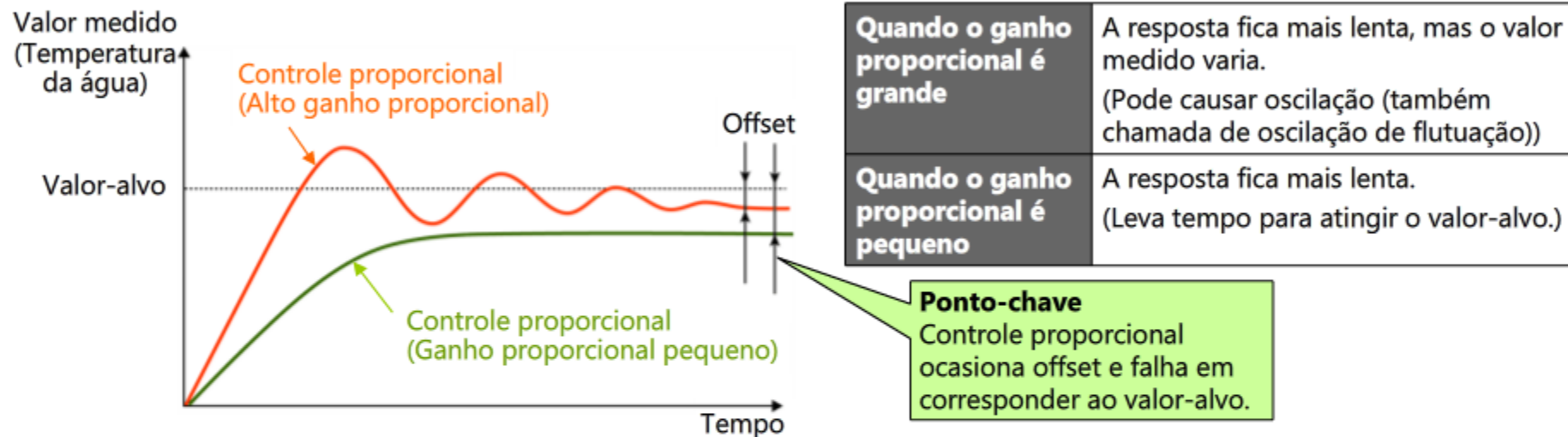


Figura 2.2-2

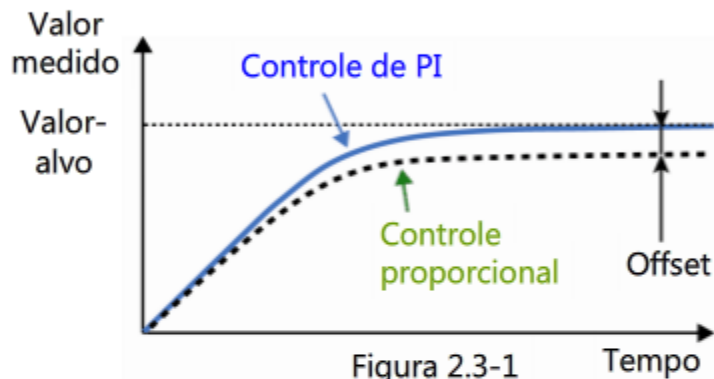
Ação proporcional pode reduzir flutuações na temperatura do líquido, mas não pode fazer o valor medido corresponder ao valor-alvo mesmo depois de algum tempo, permitindo um desvio. O desvio restante é chamado offset (desvio de estado constante ou desvio residual).

## 2.3 Ação integral e ação proporcional/Controle integral (PI)

Com ação proporcional, o valor medido e o valor-alvo não correspondem mesmo depois de algum tempo, resultando em offset. Para eliminar este offset, é usada a ação integral.

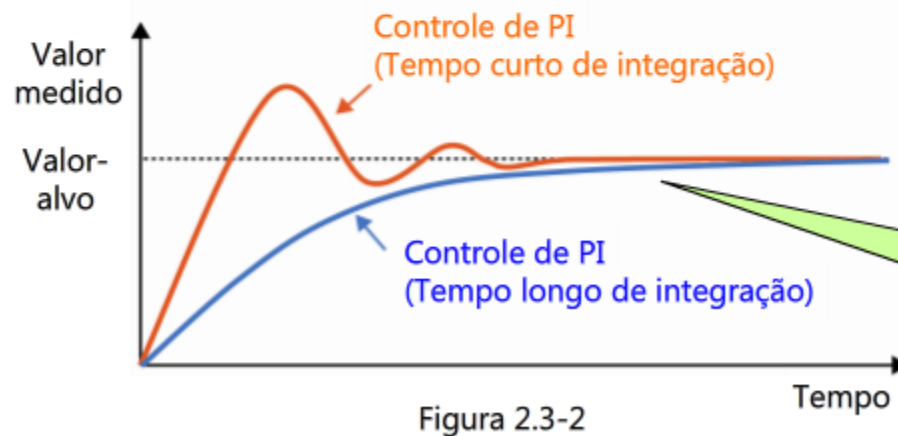
A ação integral elimina o offset ao integrar desvios passados e futuros ao longo do tempo e produzindo o resultado. (Figura 2.3-1)

Ação integral é usada em combinação com ação proporcional como "controle de PI".



Quanto menor o tempo de integração, mais rapidamente o offset é eliminado. Quando maior o tempo de integração, mais tempo leva para eliminar o offset.

A figura 2.3-2 mostra as diferenças de efeitos e integração de PI dependendo do comprimento do tempo de integração.



<b>Tempo curto de integração</b>	Elimina o offset mais rápido mas pode causar oscilação.
<b>Tempo longo de integração</b>	Altera os valores medidos lentamente mas demora para eliminar o offset.

### Ponto-chave

Quanto menor o tempo de integração, maior o efeito de integração. (O offset é eliminado mais rapidamente.)



## 2.4

## Ação diferencial

Para minimizar o efeito das interferências no alvo de controle, a ação diferencial adiciona uma saída que é proporcional à taxa de mudança do desvio (desvio diferencial) à saída de ativação proporcional.

Esta ação geralmente é usada em combinação com o controle de PI como "Controle de PID".

A Figura 2.4-1 mostra a diferença em resposta ao alvo de controle com ou sem a ação diferencial usada contra alterações de desvio causadas pela mesma interferência (interferência A). Adicionar a ação diferencial reduz o efeito da interferência.



Figura 2.4-1

Quanto maior o tempo diferencial, maior a quantidade de operação por ação diferencial e maior o efeito diferencial.

<b>Tempo diferencial curto</b>	Diminui o efeito diferencial.
<b>Tempo diferencial longo</b>	Aumenta o efeito diferencial, mas pode causar oscilação.

**Ponto-chave**

Quanto maior o tempo diferencial, maior o efeito diferencial.

## 2.5

## Controle de PID

Controle de PID adiciona a ação integral e a ação diferencial à ação proporcional que gera uma quantidade de operação proporcional ao desvio. A ação integral elimina o offset adicionando a quantidade de operação obtida ao integrar o desvio. A ação diferencial melhora a resposta à interferência adicionando uma quantidade de operação de acordo com a taxa ou a alteração do desvio. A Figura 2.5-1 compara a resposta de controle do controle proporcional, controle de PI e controle de PID.

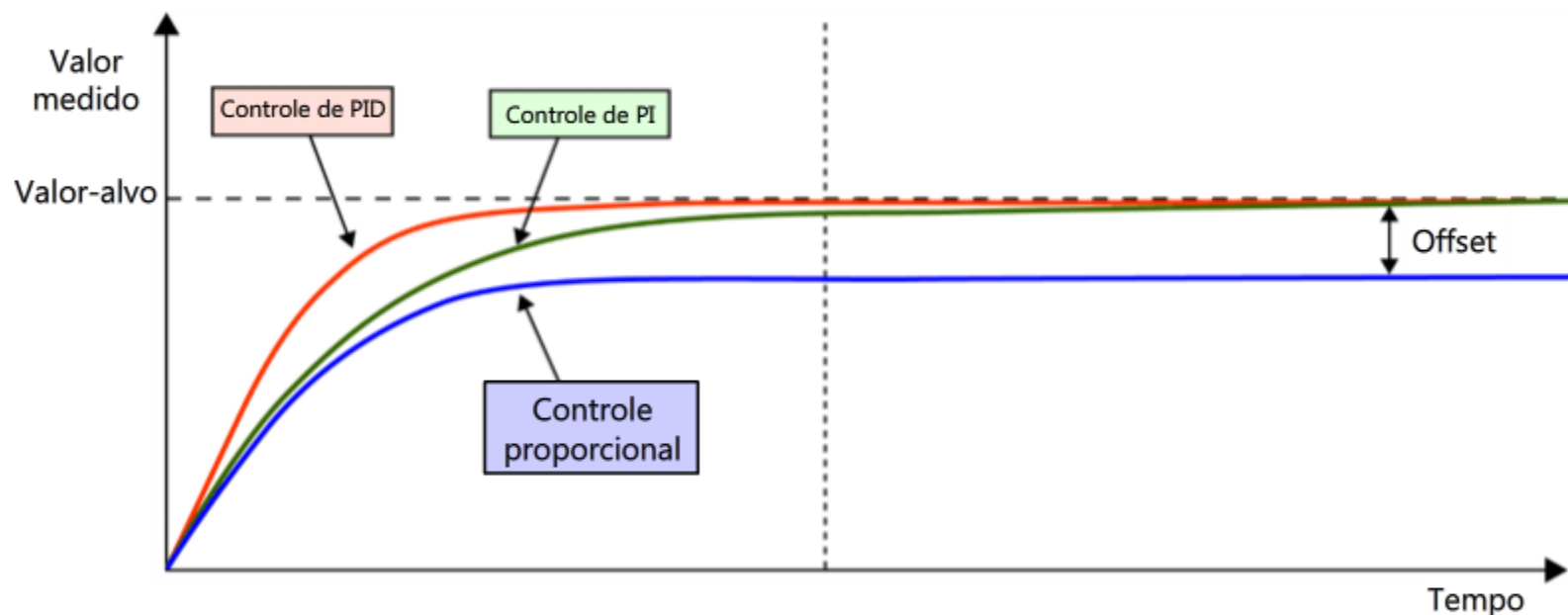


Figura 2.5-1



## 2.6

## Seleção do controle de PID

Controle de PI é frequentemente usado para controlar a taxa de fluxo e a pressão porque as respostas do processo são rápidas o bastante com o controle de PID. Além disso, o controle diferencial também pode amplificar o ruído de medição e desestabilizar processos.

Para controle de temperatura, as respostas de processo geralmente são lentas e, portanto, o controle de PID frequentemente é usado.

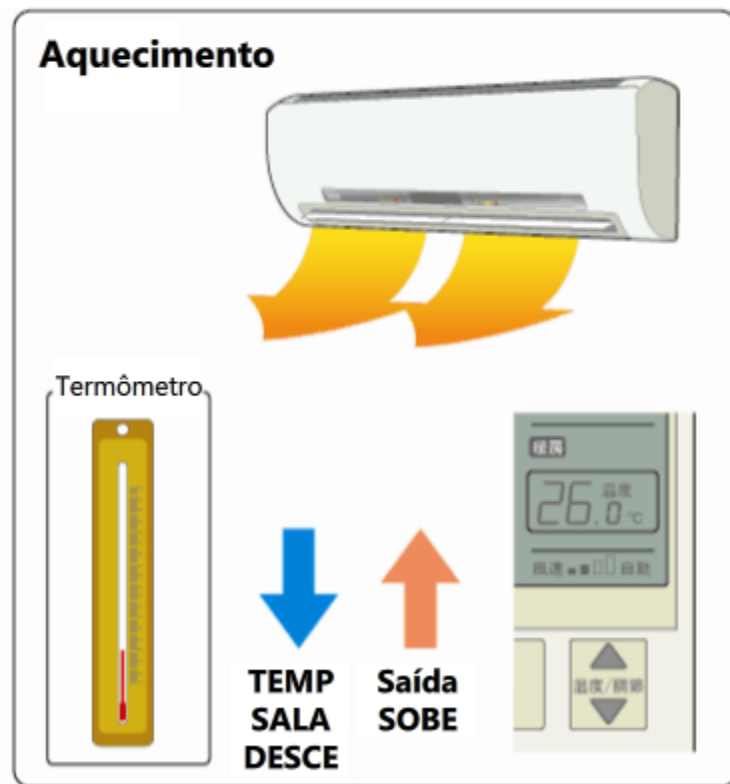
Alvo de controle	Controle	Considerações
Taxa de fluxo, pressão	PI	Taxa de fluxo e temperatura respondem rápido o bastante apenas com o controle de PI. Ação diferencial pode ampliar o ruído e desestabilizar as respostas do processo.
Temperatura	PID	A temperatura geralmente responde lentamente.

No controle de PID, os termos "ação normal" e "ação reversa" são usados dependendo da direção em que a quantidade de operação muda de acordo com as mudanças nos valores de medição.

A ação normal e ação reversa são explicadas abaixo usando um ar-condicionado como exemplo:

Ação normal: Aumenta a quantidade da operação (saída de resfriamento) na medida em que a temperatura da sala aumenta durante o resfriamento.

Ação reversa: Aumenta a quantidade da operação (saída de aquecimento) na medida em que a temperatura da sala diminui durante o aquecimento.



## 2.8

## Controle constante e controle de tracking

O controle de realimentação pode ser classificado em dois tipos de controle dependendo do modo de definição do valor-alvo: controle constante e controle de tracking.

- Controle constante

Controle com um valor-alvo constante, como para controlar pressão ou a temperatura e manter elas fixadas em um dado valor

- Controle de tracking

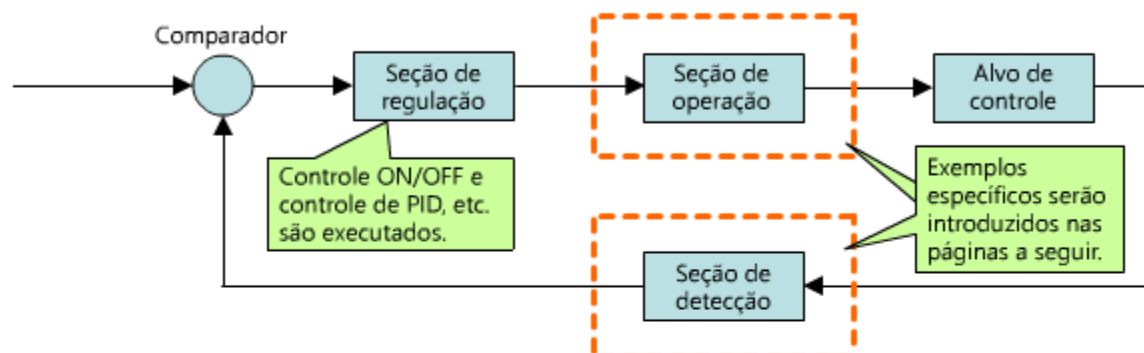
Controle com um valor-alvo que muda com o tempo. Também é chamado de controle de acompanhamento.

O controle de tracking é classificado também em dois tipos: controle de programa que altera a temperatura-alvo ao longo do tempo de acordo com um padrão especificado e controle de proporção que mantém as proporções constantes, como a proporção ar-combustível em combustão e a proporção de líquido quando dois ou mais são misturados.

## 3.1

# Seção de detecção e seção de operação

Um exemplo típico da seção de detecção e seção de operação é explicada pelo diagrama em bloco de loop de controle a seguir.

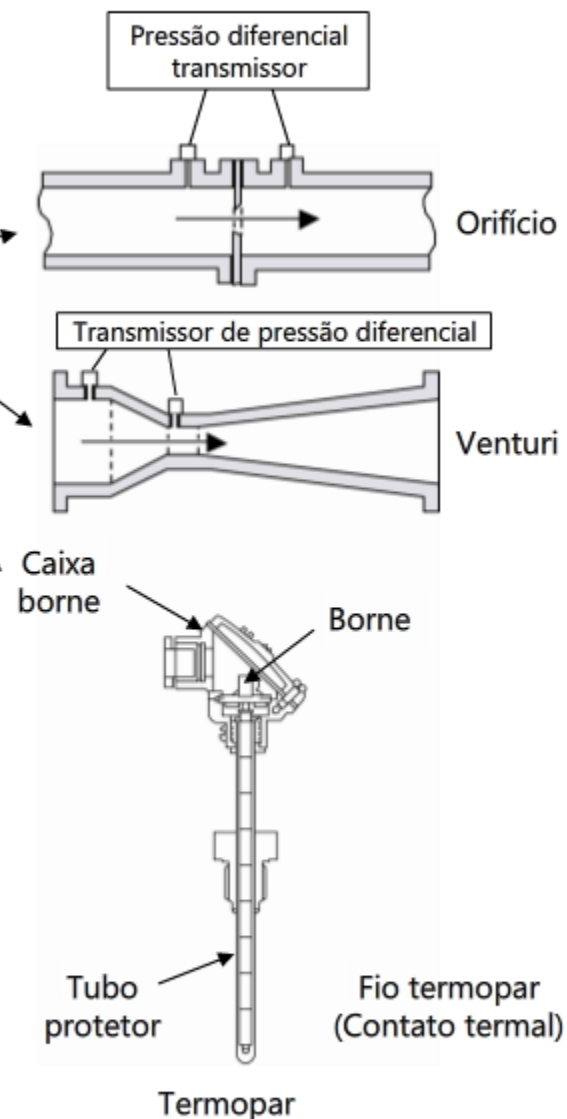


## 3.1

## Seção de detecção

A tabela abaixo lista os sensores tipicamente usados para detectar taxa de fluxo e temperatura.

Alvo de detecção	Método de detecção
Taxa de fluxo	Pressão diferencial: Mecanismos de rolagem (orifício, venturi, etc.) Eletromagnético: Fluxímetro eletromagnético Deslocamento positivo: Tipo de roots e tipo de engrenagem de transmissão oval Outros (Coriolis, ultrasônico, vórtex, etc.)
Temperatura	Termopar, termômetro de resistência, termômetro de radiação
Pressão, pressão diferencial	Elétrico: Fio de resistência e tipos piezoelétricos Elástico: Tubo de Bourdon, diafragma e tipos abaixo Coluna líquida: Tipos de tubo em formato de U e tipos de tubos individuais
Nível do líquido	Pressão diferencial, flutuação, capacitância eletrostática e tipos ultrasônicos
Compostos químicos	medidor de pH, oxigênio, cloro residual, $H_2$ , $CO_2$ , cromatografia gasosa, etc.

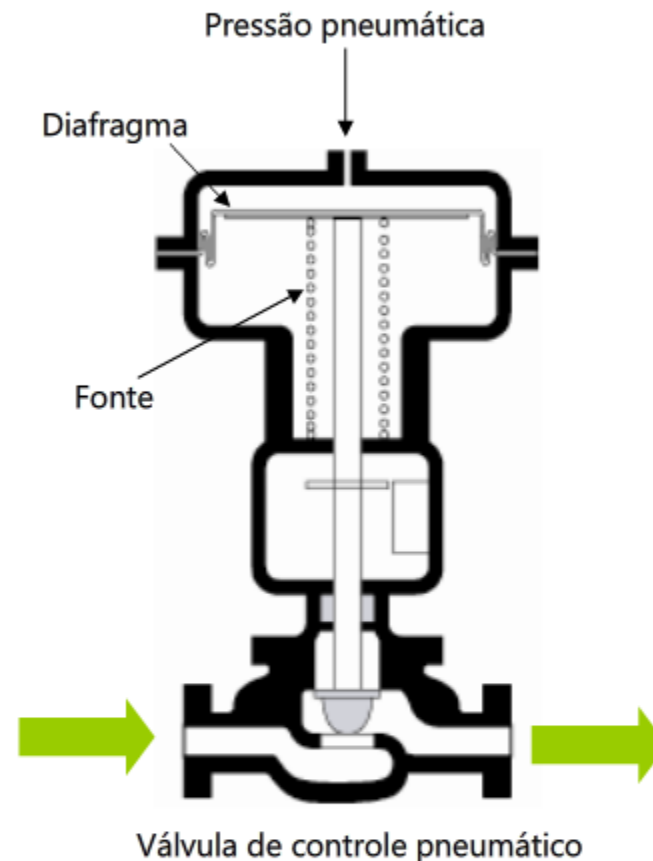


## 3.1

## Seção de operação

Um exemplo da seção de operação é mostrado abaixo.

Tipo		Mecanismo
Válvula de controle	Pneumático	Válvula de controle pneumático
	Elétrico	Válvula elétrica, válvula solenoide, etc.
	Outras	Válvula de controle hidráulica, etc.
Outras		Sistema de controle de velocidade (inversor, etc.) Relé de estado sólido, condicionador de potência, etc.



**Teste****Teste Final**

Agora que concluiu todas as lições do curso Equipamento de AF para iniciantes (Sistema de controle de processo), você está pronto para fazer o teste final. Se tiver qualquer dúvida sobre os tópicos abrangidos, aproveite esta oportunidade para revê-los.

O Teste Final é composto por 9 perguntas (24 itens).

Você pode fazer o teste final quantas vezes desejar.

**Como é feita a pontuação do teste**

Depois de selecionar a resposta, não se esqueça de clicar no botão **Resposta**. Sua resposta será perdida se você continuar sem clicar nesse botão. (O sistema assumirá que essa pergunta não foi respondida.)

**Resultados da pontuação**

O número de respostas corretas, o número de perguntas, a porcentagem de respostas corretas e o resultado (aprovado/reprovado) aparecem na página de pontuação.

Respostas corretas: **5**

Total de perguntas: **5**

Porcentagem: **100%**

Para passar no teste, você precisa responder corretamente a **60%** das perguntas.

Continuar

Rever

- Clique no botão **Continuar** para sair do teste.
- Clique no botão **Rever** para rever o teste. (Verificar a resposta correta)
- Clique no botão **Repetir** para refazer o teste.

### Controle de sistemas de instrumentação

Os processos de produção na fábrica de cerveja incluem um processo focado no controle de sequências e um processo focado no controle de realimentação. Selecione a opção aplicável em cada caixa.

Controle de sequências

Controle de realimentação

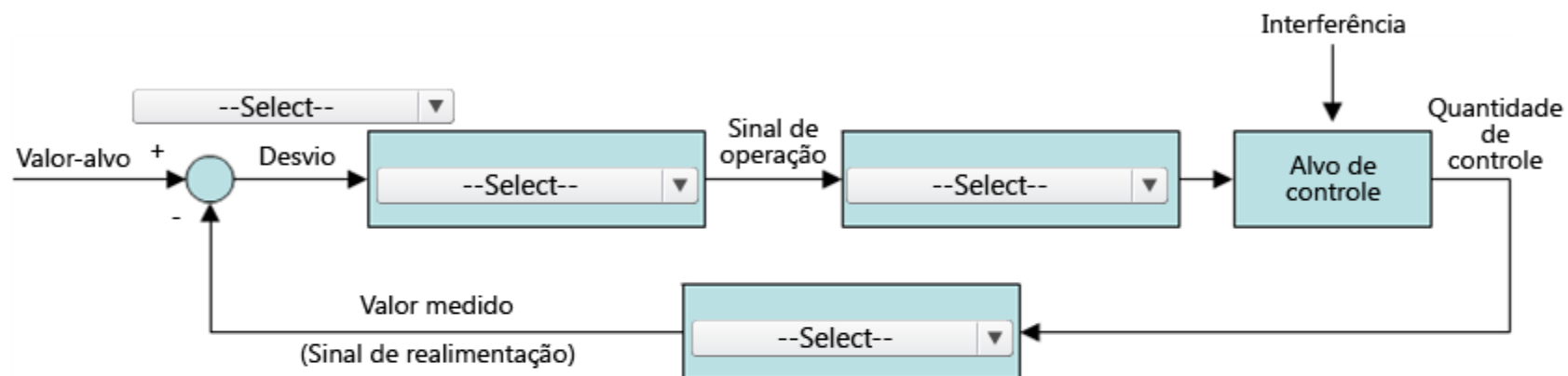


## Teste

## Teste Final 2

## Controle de realimentação

Selecione a opção adequada em cada caixa correspondente de Q1 a Q4, em cada diagrama de bloco do controle de realimentação.



Resposta

Voltar

## Ação proporcional (P)

Selecione a opção apropriada em cada caixa do seguinte texto para completar a descrição sobre ação proporcional.

Em ação proporcional, na medida em que o ganho fica maior, a quantidade da operação  mas pode causar .

A ação proporcional também tem o problema de que o valor medido não corresponde ao valor-alvo, mesmo depois de passado o tempo, e a  continua.

## Ação integral (I)

Selecione a opção adequada em cada caixa do seguinte texto para completar a descrição sobre ação integral.

Ação integral  o efeito de integração na medida em que o tempo de integração aumenta.

## Ação diferencial (D)

Selecione a opção adequada em cada caixa do seguinte texto para completar a descrição sobre ação diferencial.

Na ação diferencial, na medida em que o tempo diferencial fica maior, o efeito diferencial  ,  
mas pode causar  .

### Tipos de controle de realimentação

Selecione a opção adequada em cada caixa do seguinte texto para completar a descrição sobre os tipos de controle de realimentação.

Controle de realimentação inclui o controle ON/OFF que liga e desliga a seção de operação, dependendo do desvio positivo/negativo,  combinando ação proporcional e ação integral, e  combinando ação proporcional, ação integral, e ação diferencial.

### Recursos de cada tipo de alvo de controle

Selecione a opção adequada em cada caixa para completar a descrição sobre os recursos de tipos de alvos de controle individuais e tipos de controle adequados para eles.

Em geral, para controle de pressão e fluxo, respostas de controles são  e, portanto, o controle de  é adequado.

Para controle de temperatura, as respostas do controle são  e, portanto, o controle de  é adequado.

### Controle constante e controle de tracking

Selecione a opção adequada em cada caixa do seguinte texto para completar a descrição sobre controle constante e controle de tracking.

O tipo de controle sobre um valor-alvo constante é chamado de  .

O tipo de controle sobre um valor-alvo que varia com o tempo é chamado de  .

e é posteriormente classificado em  e controle de proporção.

### Componentes do loop de controle

Selecione a opção adequada em cada caixa do seguinte texto para completar a descrição sobre os componentes de um loop de controle.

Fluxímetros incluem fluxímetros  que tenham   
e venturi como mecanismos aceleradores e fluxímetros de deslocamento positivo que tenham o tipo roots e  
mecanismos de .



Você concluiu o Teste Final. Seus resultados são os seguintes.  
Para terminar o Teste Final, vá para a próxima página.

Respostas corretas: 9

Total de perguntas: 9

Porcentagem: 100%

**Parabéns. Você passou no teste.**

Você completou o curso **Equipamento de AF para iniciantes (Sistema de controle de processo)**.

Muito obrigado por fazer este curso.

Esperamos que tenha gostado das lições e que as informações adquiridas sejam úteis no futuro.

Você pode rever o curso quantas vezes quiser.

**Rever**

**Fechar**