

Curso: Engenharia de Computação
Disciplina: Controle de Sistemas Dinâmicos (CSD)

Ensino Remoto Emergencial (ERE) - 2021
Semestre 2021/2

PLANO DE ESTUDOS

SEMANA 02

Aula 3 – Conceitos iniciais – Parte II

Data: 25/10/2021

Data de entrega: 08/11/2021

Estude:

- 1) Vídeo: Realimentação (ELT009, ELT035)

<https://www.youtube.com/watch?v=zVz0Jnx99NY&list=PLALrL4i0Pz6CfqappJPo-45HZj0AavVyO&index=2>

- 2) Texto

I. Definições básicas

- Planta: qualquer objeto físico a ser controlado (como um componente mecânico, um forno, um reator químico, etc).
- Processo: toda operação a ser controlada. É uma operação ou uma série de operações realizada em um determinado equipamento, onde varia pelo menos uma característica física ou química de um material. Conversão de um material de entrada num produto por meio de operações químicas e físicas. Ex: processos químicos, econômicos e biológicos.
- Controle de processos: manutenção de variáveis de processo (pressão, temperatura, fluxo, pH, nível, etc) em algum valor operacional desejado.
- Sistema: é a combinação de componentes que agem em conjunto para atingir um determinado objetivo. Ex: sistemas físicos, biológicos, etc.
- Controle com retroação (realimentação): se refere a uma operação que, na presença de distúrbios, tende a reduzir a diferença entre o sinal de saída e o sinal de referência, e que opera com base nesta diferença.
- Variável controlada ou variável de processo (PV) - É a variável que se deseja controlar, ou seja, é a saída do processo. É a variável que deve ser mantida ou controlada em determinado valor desejado. Pode ser medida ou calculada (inferência). O termo variável de processo (PV, do inglês process variable) também pode ser empregado.

- Variável de controle ou variável manipulada (MV) – é a variável que atua na entrada do processo, ou seja, é própria entrada do processo. É aquela sobre a qual o controlador automático atua, no sentido de se manter a variável controlada no valor desejado.
- SP – (Setpoint) – É o valor de referência definido na entrada do Sistema de Controle. É o valor desejado da variável de controle. Esse valor é usado para comparar com o valor medido e resulta no erro.
- Erro – É a diferença entre o valor de referência, ou setpoint, e a Variável Controlada ($\text{Erro} = \text{SP} - \text{PV}$). Esse valor é enviado ao elemento de controle.

II. Controle em malha aberta x controle em malha fechada

Malha de controle

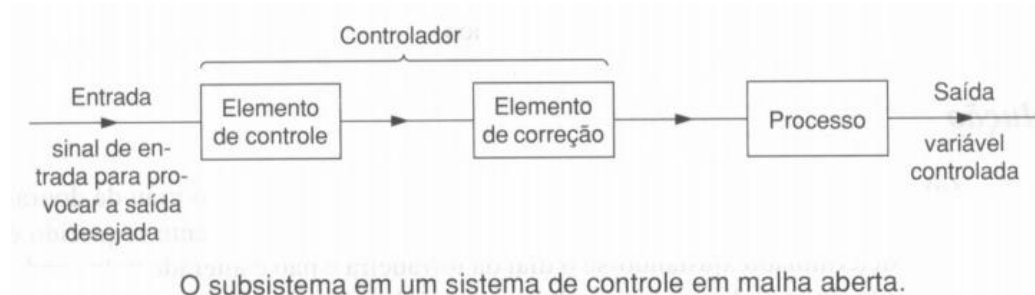
Quando se fala em controle, deve-se necessariamente subentender uma medição de uma variável qualquer do processo, isto é, a informação que o controlador recebe. Recebida essa informação, o sistema controlador compara-a com um valor pré-estabelecido (chamado SET POINT), verifica a diferença entre ambos, e age de maneira a diminuir ao máximo essa diferença.

Esta seqüência de operações: medir a variável; comparar com o valor pré determinado e atuar no sistema de modo a minimizar a diferença entre a medida e o set point, é denominada de malha de controle, que pode ser aberta ou fechada.

Sistemas em malha aberta

Num sistema de malha aberta, os sinais de entrada não são modificados de forma a seguir as alterações nas condições de operação ou perturbação que possam ocorrer durante o processo. Se houver mudança nas condições ambientais (um distúrbio) não tem como compensar a saída (uma porta ou janela que se abre em um ambiente com temperatura controlada, por exemplo).

O elemento controlador em tais sistemas é essencialmente um dispositivo sequencial operado pelo tempo.



Vantagens:

- São relativamente simples de serem construídos e têm manutenção fácil;
- Baixo custo.

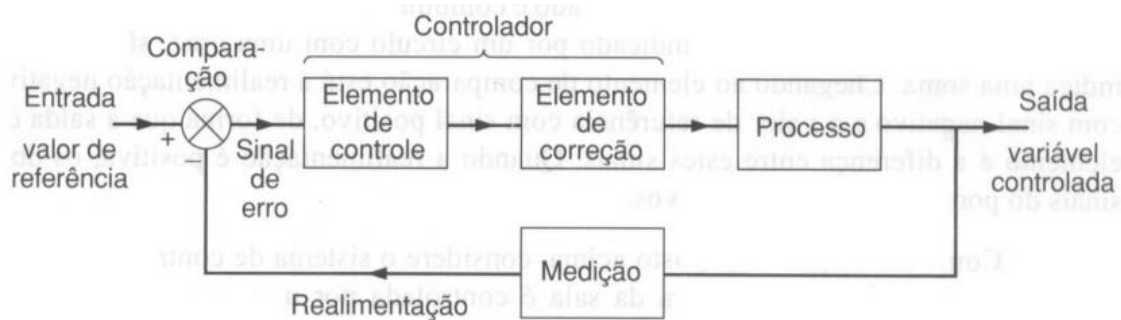
Desvantagem:

- São imprecisos.

Exemplo: máquina de lavar roupa.

Sistemas em malha fechada

Num sistema de malha fechada, a grandeza a ser controlada é medida. E esta medição é comparada com o valor desejado, por meio de um elemento comparador, que produz um sinal de erro. Este sinal de erro é processado pelo controlador, gerando sinais de controle que atuarão sobre o processo. Os atuadores (elementos de correção) agirão de modo a corrigir eventuais desvios, causados por modificações nas condições de operação ou perturbações no processo.



Os subsistemas em um sistema de controle em malha fechada.

Vantagens:

- combinam valores reais com valores desejados;
- rejeitam o efeito de perturbações externas;
- melhoram a resposta dinâmica do sistema (estabilizar um sistema instável em malha aberta);
- maior precisão no controle;
- diminui a sensibilidade do sistema a variações dos parâmetros do processo (robustez).

Desvantagens:

- São mais complexos;
- Maior custo;
- Atrasos de tempo podem ocasionar oscilações na saída e instabilidade.

Exemplo: aviões.

Retirado/adaptado de:

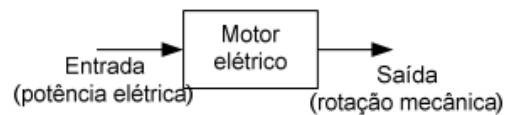
<http://www.essel.com.br/cursos/material/05/scap2.pdf>

http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/CA02.pdf

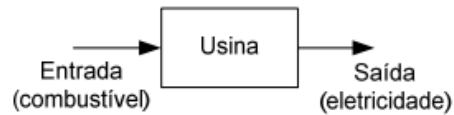
Atividades:

- 1) Identifique a variável controlada e a variável manipulada em cada caso:

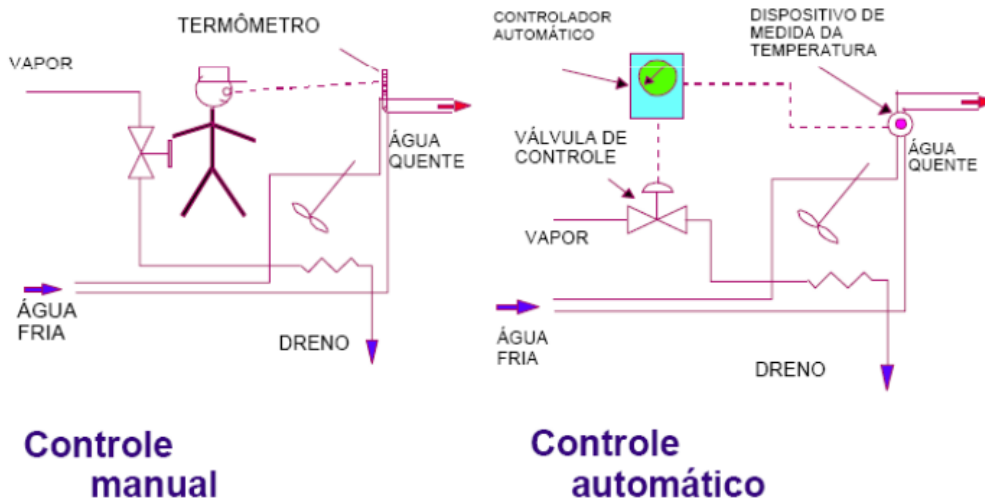
a) máquina elétrica



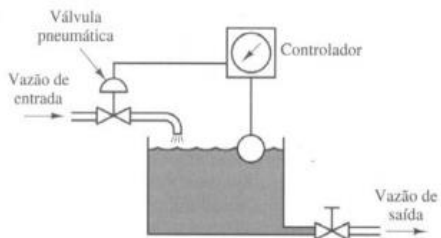
b) usina termoeletrica



c)



d) Controle de nível



2) Observe cada sistema descrito abaixo e complete:

a) Sistema de aquecimento de água a vapor para uma temperatura de 75°C.

- Variável controlada:
- Variável manipulada:
- Setpoint:

b) Sistema de controle de nível de uma caixa d'água usando uma torneira na parte superior da caixa para 2m de altura.

- Variável controlada:
- Variável manipulada:
- Setpoint:

c) Sistema de controle de espessura de uma chapa de aço para 3 mm ajustando a pressão nos rolos do laminador.

- Variável controlada:
- Variável manipulada:
- Setpoint:

d) Sistema de controle de velocidade de um veículo usando o freio em 60 km/h.

- Variável controlada:
- Variável manipulada:
- Setpoint:

e) Sistema de controle da temperatura da água do chuveiro em 35°C usando uma torneira.

- Variável controlada:
- Variável manipulada:
- Setpoint:

3) Quais são os objetivos do controle de processos?

- () Adaptar-se a perturbações externas.
- () Adaptar-se às restrições de equipamentos e materiais.
- () Aumentar a estabilidade do processo.
- () Atender às especificações do produto.
- () Otimizar o uso de recursos e matéria-prima.
- () Melhorar os resultados econômicos do processo.
- () Contribuir com a segurança operacional e pessoal.
- () Reduzir impactos ambientais.

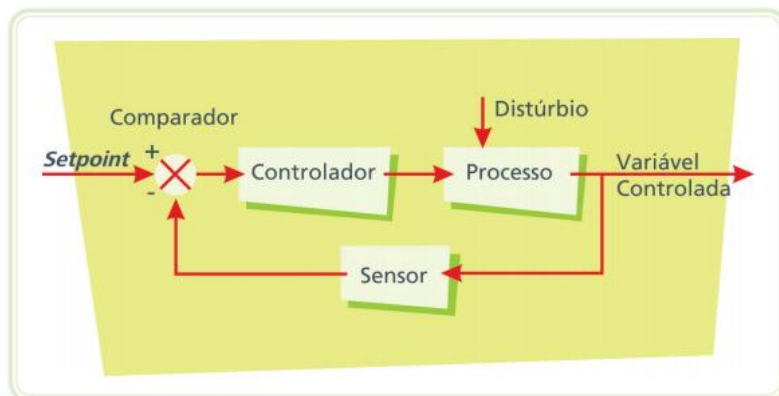
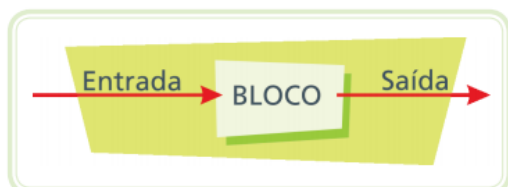
4) Sobre malha aberta e malha fechada. Leia com bastante atenção as afirmativas e marque: (1) para malha aberta e (2) para malha fechada.

- a) () As principais vantagens desse tipo de malha são a simplicidade e o baixo custo.
- b) () Exemplo: um automóvel sem velocímetro.
- c) () Exemplo: um automóvel com velocímetro mais o monitoramento do motorista.
- d) () São sistemas de controle em que a saída não tem efeito algum sobre a ação de controle. Em outras palavras, a saída do sistema não é nem medida e nem realimentada para comparação com a entrada de referência. Assim, cada entrada de referência está associada a uma condição de operação fixa.
- e) () As principais desvantagens desse tipo de malha são a imprecisão devido à falta de realimentação.
- f) () Seus elementos básicos são o controlador e o processo.
- g) () Nesse tipo de controle, informações sobre como a saída de controle está evoluindo são utilizadas para determinar o sinal de controle que deve ser aplicado ao processo em um instante específico. Isto é feito a partir de uma realimentação da saída para a entrada. O sinal de saída é comparado com um sinal de referência (setpoint) e o erro entre estes

dois sinais é utilizado para determinar o sinal de controle que deve efetivamente ser aplicado ao processo, de forma a corrigir o erro.

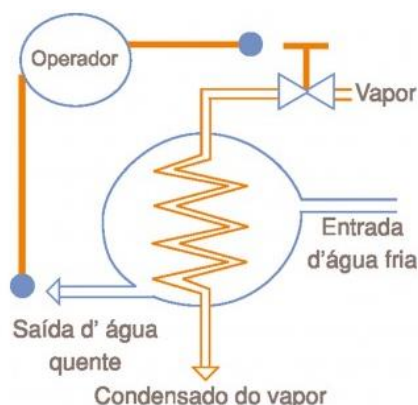
- h) () Esse tipo de malha apresenta como vantagens a compensação de erros (aumenta a precisão do sistema), saída constante (melhora a estabilidade) e robustez (menor sensibilidade a distúrbios ou perturbações) .
- i) () Suas maiores desvantagens são a complexidade e o maior custo.
- j) () Seus elementos básicos são o comparador, o controlador, o atuador, o processo e o sensor.
- k) ()

h) ()



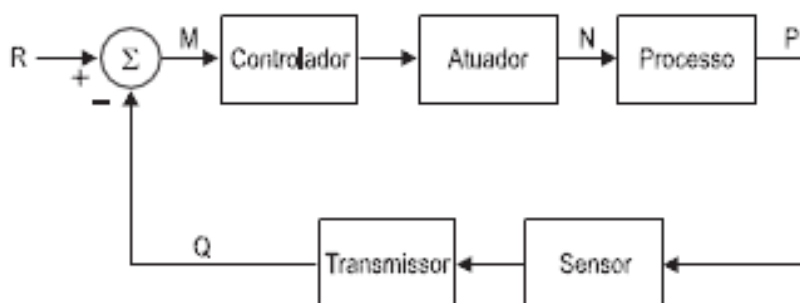
5) Dê 3 exemplos de processos em malha aberta e 3 de processos em malha fechada. Descreva sucintamente o funcionamento de cada processo.

6) Considere o seguinte sistema de controle de temperatura, conforme a figura abaixo, a ser feito manualmente por um operador. O operador tem que sentir a temperatura da água de saída e, conforme a temperatura sentida, abrir ou fechar a válvula de vapor. Identifique:



- a) O processo:
- b) A variável controlada:
- c) A variável manipulada:
- d) O controlador:
- e) O atuador:
- f) Tipo de malha:

7) Considere o sistema realimentado mostrado na figura abaixo:



O desvio (ou erro), o valor desejado, a variável de processo e as variáveis manipulada e controlada são, respectivamente:

| | Desvio | Valor desejado | Variável do processo | Variável manipulada | Variável controlada |
|-----|--------|----------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| (A) | M | R | Q | N | P |
| (B) | R | M | N | P | Q |
| (C) | Q | R | M | N | P |
| (D) | M | P | N | Q | R |
| (E) | P | M | Q | N | R |

- 8) No controle de processos industriais em malha aberta, um sinal de controle aguarda que, ao final de certo tempo, a variável controlada chegue a um determinado valor. O sistema opera sem que nenhuma ação de controle seja realizada, isto é, as informações sobre a evolução do processo não são usadas para determinar o sinal de controle a ser aplicado em um dado instante. Por outro lado, no controle em malha fechada, usa-se realimentação da saída para a entrada. Para torná-lo mais preciso, o sinal de saída é comparado a uma referência (set point), e o erro entre esses dois sinais é usado para compor o sinal de controle que será aplicado ao processo, corrigindo o erro entre a saída e a referência.

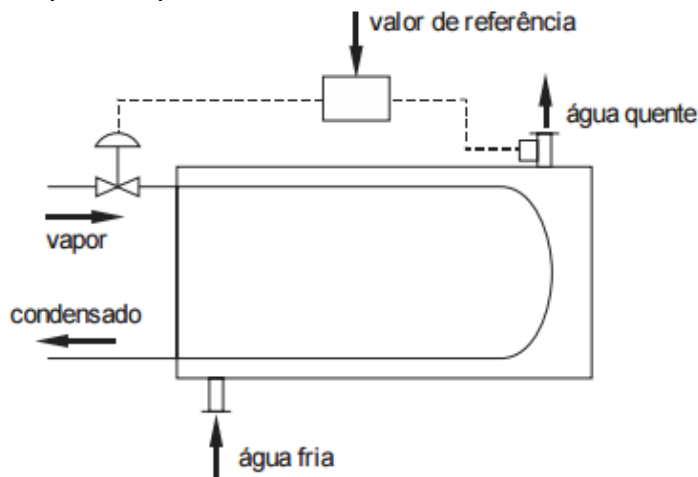
➔ Nesse sentido, observa-se que:

- O controle de processos em malha aberta é muito mais preciso do que o controle com realimentação.
- O controle de processo industrial com realimentação é muito mais instável que o controle de malha aberta.
- O controle de processo industrial com realimentação, além de ser muito mais preciso, é também adaptativo, permitindo que o sistema reaja e rejeite perturbações externas.
- O controle de processo industrial com realimentação aumenta a sensibilidade do sistema com relação às variáveis do processo.
- As perturbações externas, compensadas através do sinal de erro, podem ser evitadas no controle de malha aberta.

9) Sobre os tipos de controle, é CORRETO afirmar que:

- o controle manual é aquele em que a energia necessária para movimentar a parte operacional pode ser obtida diretamente, através da região de detecção, do sistema controlado.
- o controle de malha fechada é aquele no qual a ação de controle é independente da saída, portanto a saída não tem efeito na ação de controle.
- o controle de malha fechada compara a entrada com a saída, a fim de reduzir o erro e manter a saída do sistema em um valor desejado.
- no caso de controle de malha fechada a realimentação se processa no sentido de eliminar a defasagem entre o valor desejado e o valor do processo; esta recebe o nome de realimentação positiva.
- o controle de malha aberta é aquele no qual a ação de controle depende, de algum modo, da saída.

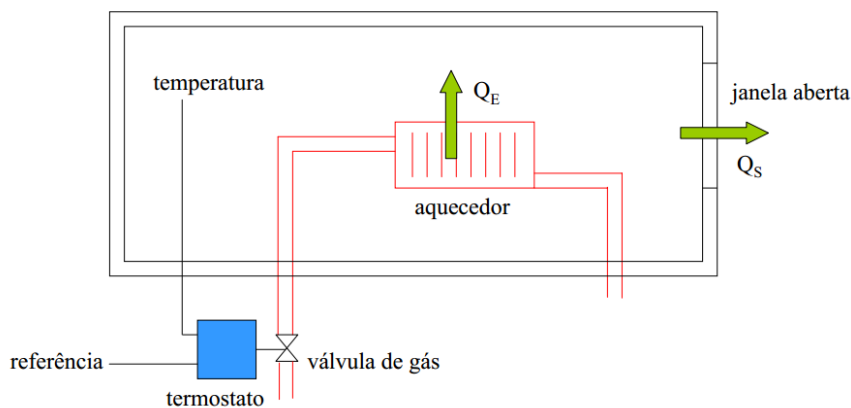
- 10) No trocador de calor, esquematizado abaixo, a variável controlada é a temperatura da água quente que deve ser mantida constante.



Considerando a figura, é correto afirmar que a variável alterada automaticamente (isto é, a variável manipulada) é:

- a) temperatura do vapor.
- b) vazão do vapor.
- c) velocidade do condensado.
- d) temperatura da água fria.
- e) pressão da água fria.

- 11) Considere o seguinte esquema de aquecimento de uma casa, sendo Q_E o calor fornecido pelo aquecedor e Q_S o calor perdido pela janela.



Identifique: a planta, a variável controlada, a entrada, o distúrbio, o atuador, a ação de controle, o sensor, o controlador.

Desenhe o diagrama de malha fechada deste sistema.

➔ Para entregar, basta um arquivo com cabeçalho e as respostas de cada questão, devidamente identificadas.