

## ELT-039/130 Técnicas de Controle de Processos Industriais

Prof. Guilherme V. Raffo e Prof. Víctor C. S. Campos

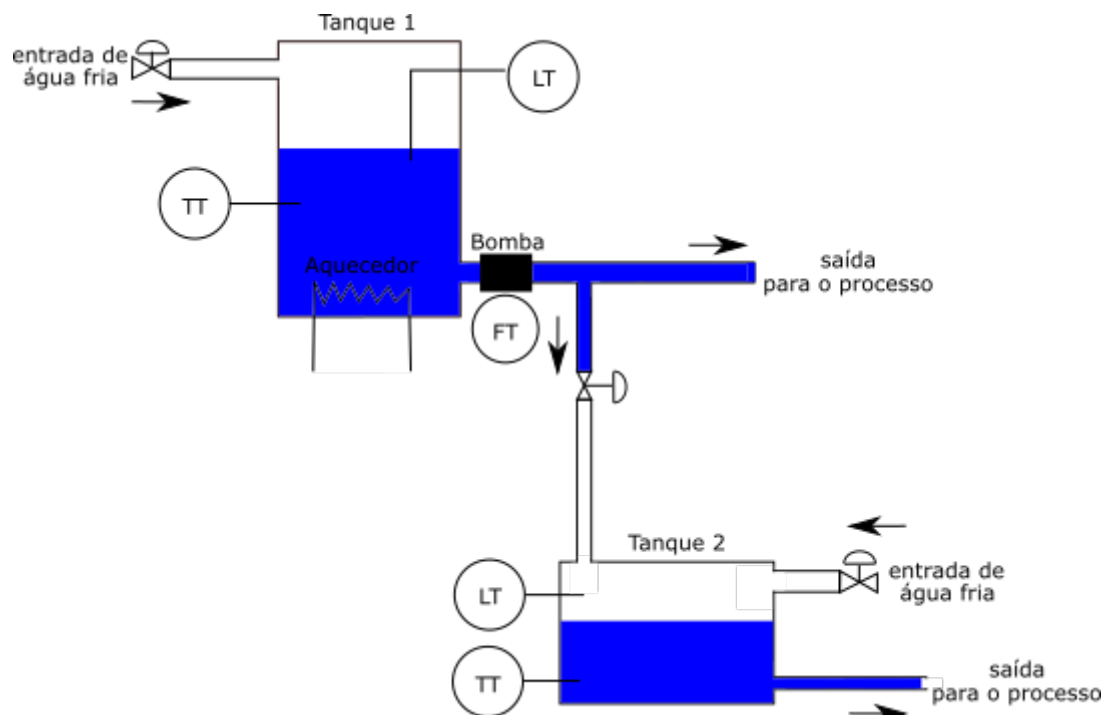
Problema 4 - 15 pontos (Entrega via Moodle até o dia 31/10/2020)

Nome: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

### Problema 4

O Problema 4 busca resolver o problema de controle de temperatura no tanque 1 ( $T_1$ ), apresentado no **Problema 2**, por meio da potência fornecida ao aquecedor. Assume-se que a temperatura da água de entrada no processo não é medida e que o valor da abertura da válvula de água fria no tanque 1 está disponível para o sistema de controle de temperatura. O diagrama do processo completo é, novamente, apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Processo de aquecimento de água para duas temperaturas diferentes

Conforme apresentado no Problema 2, considerando um comportamento em torno de um ponto de operação, temos que o comportamento da temperatura do primeiro tanque pode ser descrito por

$$T_1(s) = \frac{\bar{q}_{in} (T_{f0} - T_{10})}{A_1 h_{10} s + \delta_{10} \bar{q}_{in}} \delta_1(s) + \frac{\frac{1}{\rho c}}{A_1 h_{10} s + \delta_{10} \bar{q}_{in}} T_f(s) + \frac{\delta_{10} \bar{q}_{in}}{A_1 h_{10} s + \delta_{10} \bar{q}_{in}} P(s)$$

onde as variáveis envolvidas são definidas no enunciado do Problema 2.

No problema de controle 4, focamos nossa atenção ao controle do tanque 1 do processo descrito no Problema 2. Devem-se projetar dois controladores para fins de comparação:

1. Controle de temperatura no tanque 1 ( $T_1$ ) através da técnica de controle preditivo denominada *Dynamic Matrix Control* (DMC), considerando no projeto do controlador as variáveis que perturbam o processo, quando disponíveis,.
2. Controle de temperatura no tanque 1 ( $T_1$ ) através da técnica de controle preditivo denominada *Generalized Predictive Control* (GP), considerando no projeto do controlador, as variáveis que perturbam o processo, quando disponíveis,.

Para o projeto dos controladores, considere que parâmetros do sistema e os valores de equilíbrio (definindo as funções de transferência do sistema) são fornecidos pela função *gera\_params(matricula)*, disponível no Problema 2 através do arquivo *gera\_params.p*, em que matrícula corresponde aos seis últimos dígitos de seu número de matrícula.

Tal função também retorna entre seus parâmetros a potência máxima permitida para o aquecedor. Portanto, a partir dos parâmetros obtidos, os seguintes passos devem ser atendidos.

- a) Defina o período de amostragem,  $T_s$ , para a dinâmica de temperatura,  $T_1$ , e discretize as funções de transferência envolvidas na dinâmica de temperatura usando o método de Sustentador de Ordem Zero (do inglês *Zero-Order-Hold*).
- b) Baseado nas funções de transferência no domínio Z obtidas no item a), projete um controlador preditivo **DMC** para garantir erro nulo ao problema de seguimento de referência do tipo degrau e rejeição de perturbações constantes. Ademais, ajuste os parâmetros do DMC para que o tempo de acomodação da resposta de temperatura em malha fechada seja 2 vezes mais rápida que em malha aberta.
- c) Baseado nas funções de transferência no domínio Z obtidas no item a), projete um controlador preditivo generalizado (**GPC**) para a temperatura do tanque 1 de tal forma que sejam atendidas as mesmas especificações do item b).
- d) Simule o comportamento de ambos os controladores de temperatura do tanque considerando o efeito da saturação das entradas de controle (lembre que neste caso, os valores que servirão de limites para nossas variáveis de controle dependem do ponto de operação. *e.g.* Uma válvula pode ter abertura entre 0 e 1, entretanto para a obtenção da função de transferência considerou-se uma abertura de operação de 0,6 para a válvula. Dessa forma, seus limites de variação são enter -0,6 e 0,4). Compare o comportamento dos sistemas de controle utilizando e sem utilizar restrições nas formulações de ambos controladores preditivos. Dica: Implementar os problemas de otimização do DMC e GPC utilizando a função **quadprog** do Matlab.