

ICAC - Water Tank (Fuzzy)

Pedro Henrique Silva Domingues
R.A.: 22.218.019-2

Abril 2020

1 Descrição do problema

Dado o modelo de tanque de água sensorizado, via simulink, planejar um sistema de controle por lógica fuzzy capaz de manter o nível do reservatório em um valor constante, especificado por uma variável externa. O modelo do tanque com controle manual da válvula de entrada de água pode ser observado na Figura 1.

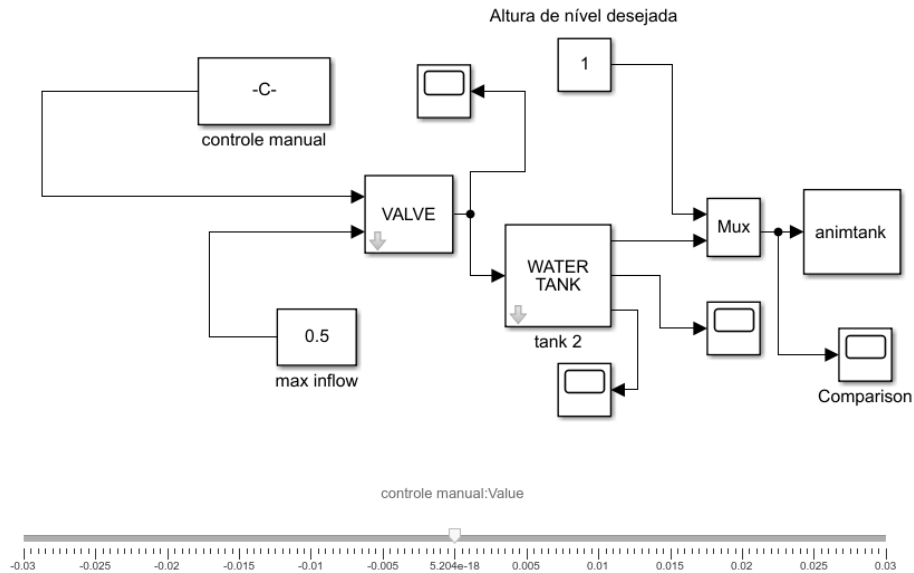


Figure 1: Tanque com controle manual (simulink)

2 Resolução

Para desenvolver o controlador, primeiro foi necessário determinar as variáveis de entrada e saída do controlador.

Uma vez que o controle deve se adaptar a altura desejada para a coluna de água do reservatório, a entrada do controlador pode ser dada pelo erro entre o valor atual da altura e o desejado, da seguinte forma: $e = H_{Atual} - H_{Desejada}$.

A saída do controlador por sua vez, deve ser a mesma do controlador manual, alterando a abertura da válvula de entrada do tanque.

Assim, estes parâmetros foram programados no controlador fuzzy do matlab, como demonstrado na Figura 2.

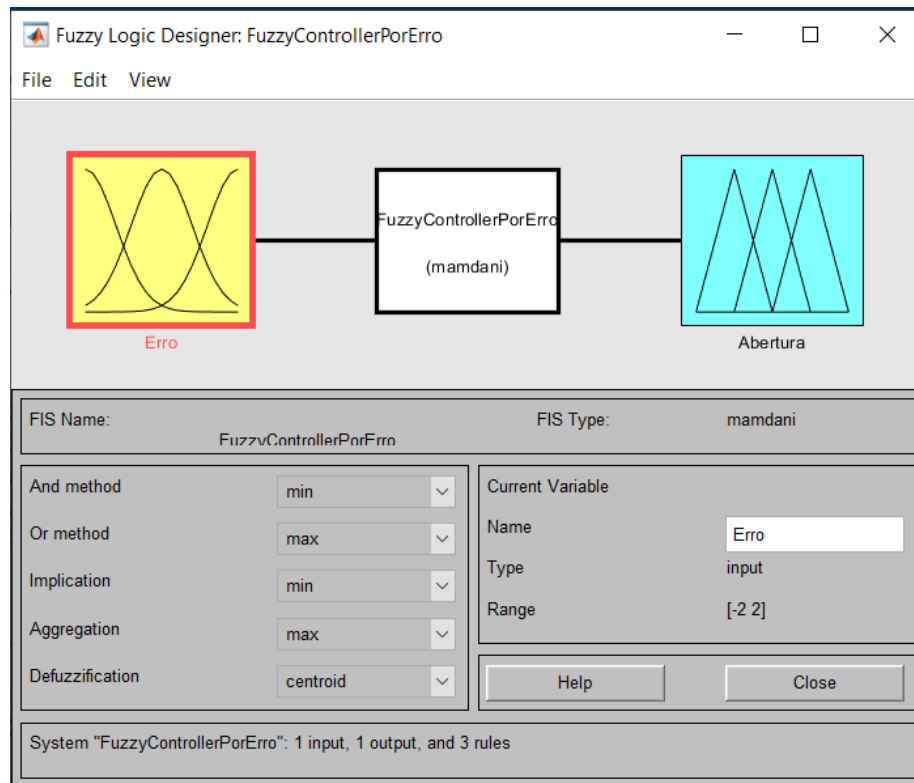


Figure 2: Controlador Fuzzy (matlab)

Com entrada e saída definida, foram escolhidas as funções que definem erro e abertura, para isso levou-se em consideração os seguintes pontos:

1. A altura do tanque é 2m, logo, o $e_{max} = \pm 4$;
2. A relação de vazão dentro de um tanque é não linear, logo as funções não são lineares;

3. Valores de abertura da válvula e erro foram obtidos experimentalmente;

Com isso, foram criadas 3 curvas para o erro, implementadas no matlab conforme a Figura 3 e descritas a seguir:

1. **Baixo:** Foi definido que um erro é com certeza baixo se for menor ou igual a -0.2m , decrementando não linearmente (função z , ou zmf no matlab) conforme aproxima-se de zero. O erro com certeza não é mais baixo no momento que deixa de existir, ou seja, é maior ou igual a zero.
2. **Alto:** O erro passa a ser alto quando é maior que zero, aumentando não linearmente (função s , ou smf no matlab), porém a partir de 0.2m , o erro é com certeza alto.
3. **Ideal:** Para o erro ser ideal, é necessário que seja igual a zero, porém valores próximos já começam a ser aceitáveis, assim sendo o erro ideal foi definido como uma função triangular (trimf no matlab) com pico em zero e os outros dois pontos em -0.1 e 0.1 .

Para melhor demonstração visual das curvas, o range nas imagens é de -2 a 2 , porém todo valor fora da escala da imagem é considerado 1.

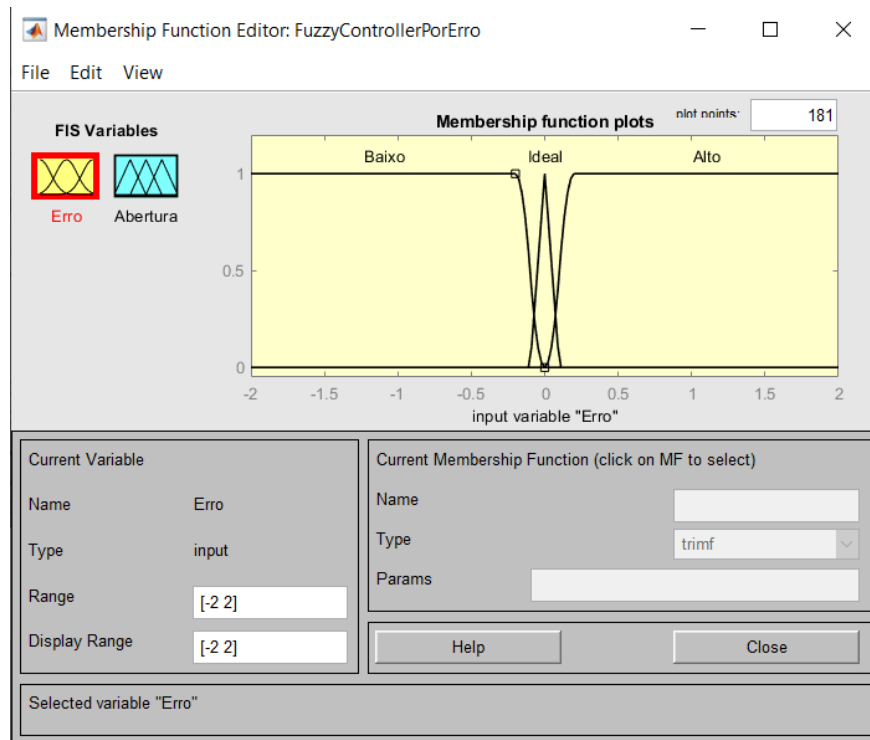


Figure 3: Funções fuzzy relativas ao erro (matlab)

Para a abertura também foram criadas 3 curvas conforme a Figura 4, todas com variação não linear, com exceção da abertura em valor constante, pois este deve ser apenas um pico.

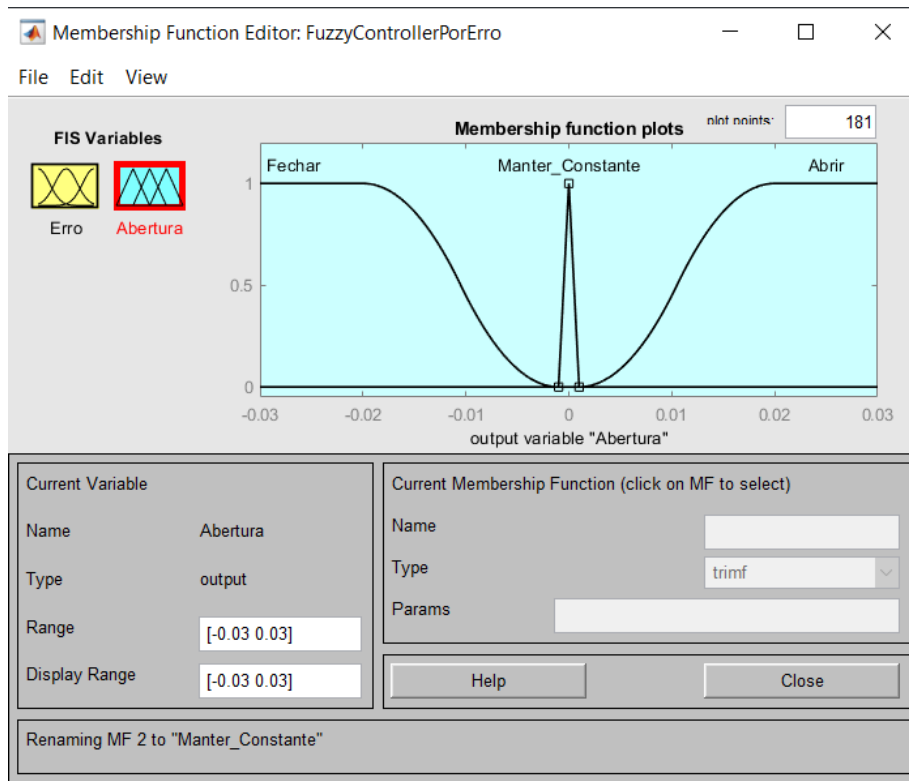


Figure 4: Funções fuzzy relativas a abertura (matlab)

Por fim, para finalizar a implementação do controlador fuzzy, as seguinte regras foram estabelecidas, também indicadas na Figura 5.

- Se Erro for Baixo, então Abrir;
- Se Erro for Ideal, então Abertura Constante;
- Se Erro for Alto, então Fechar;

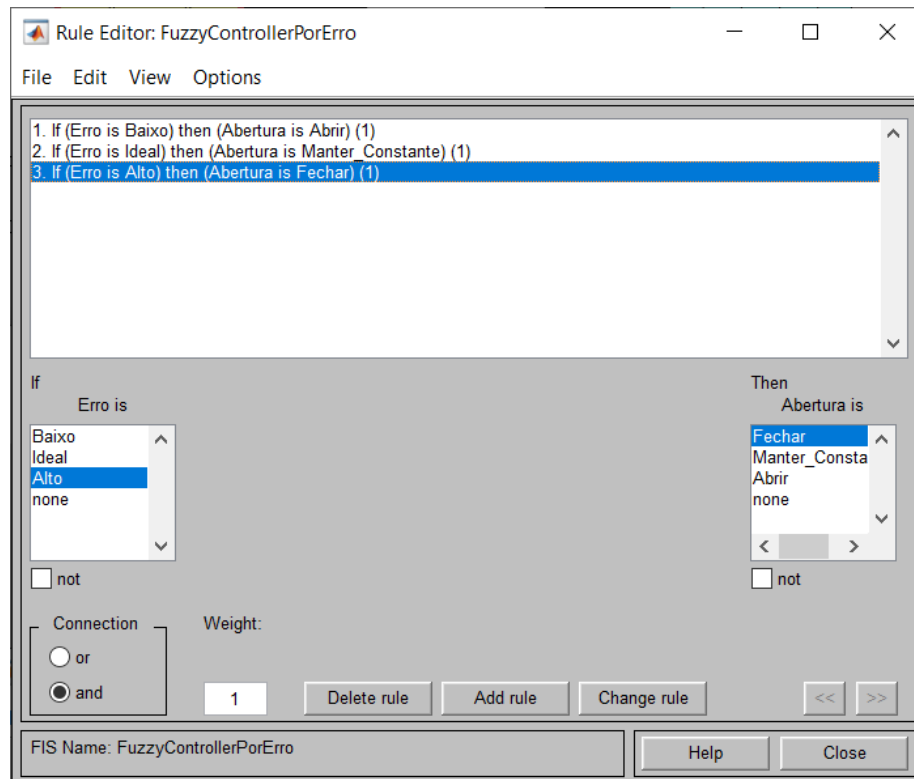


Figure 5: Regras do controlador fuzzy (matlab)

Finalizado o controlador, realizou-se os ajustes necessários no simulink, conforme a Figura 6

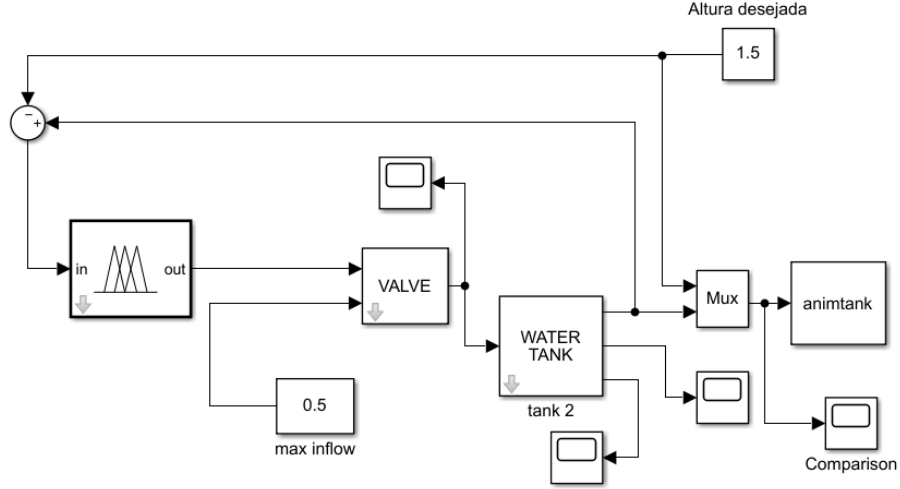


Figure 6: Tanque com controle fuzzy (simulink)

3 Resultados e discussão

Com a implementação do controle finalizada, foram gerados os seguintes gráficos comparativos de altura desejada junto a altura atual do tanque em função do tempo.

Como é possível notar através das Figuras 7, 8 e 9, o controlador realizou o controle de nível do tanque conforme esperado.

Não houveram especificações para tempo de subida, erro de estado estacionário e máximo sobressinal, portanto não houve grande preocupação em otimização do controlador, porém, caso estes valores sejam relevantes, pode-se ajustá-los através das curvas fuzzy, indicadas nas Figuras 3 e 4.

No controlador projetado, o valor de erro de estado estacionário é da ordem de $10^{-4}m$, o que ocorreu pelo intervalo estreito concedido ao Erro ideal e a válvula com vazão constante. O máximo sobressinal foi medido em 13%, porém pode ser reduzido fechando-se a válvula de forma mais brusca, o que se traduz em uma subida mais íngreme nas curvas da Figura 4. Por fim, o tempo de acomodamento do sinal foi em média 80.

Todos os dados citados foram extraídos para uma variação de altura $\Delta H = 1m$.

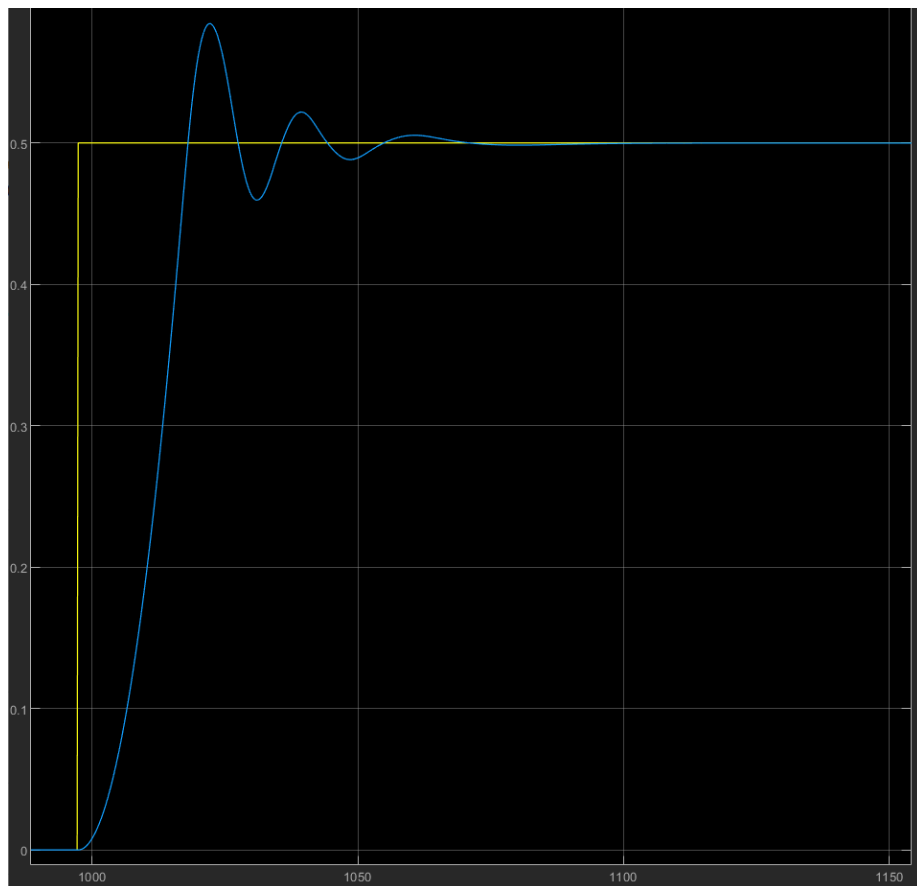


Figure 7: Altura desejada 0.5m

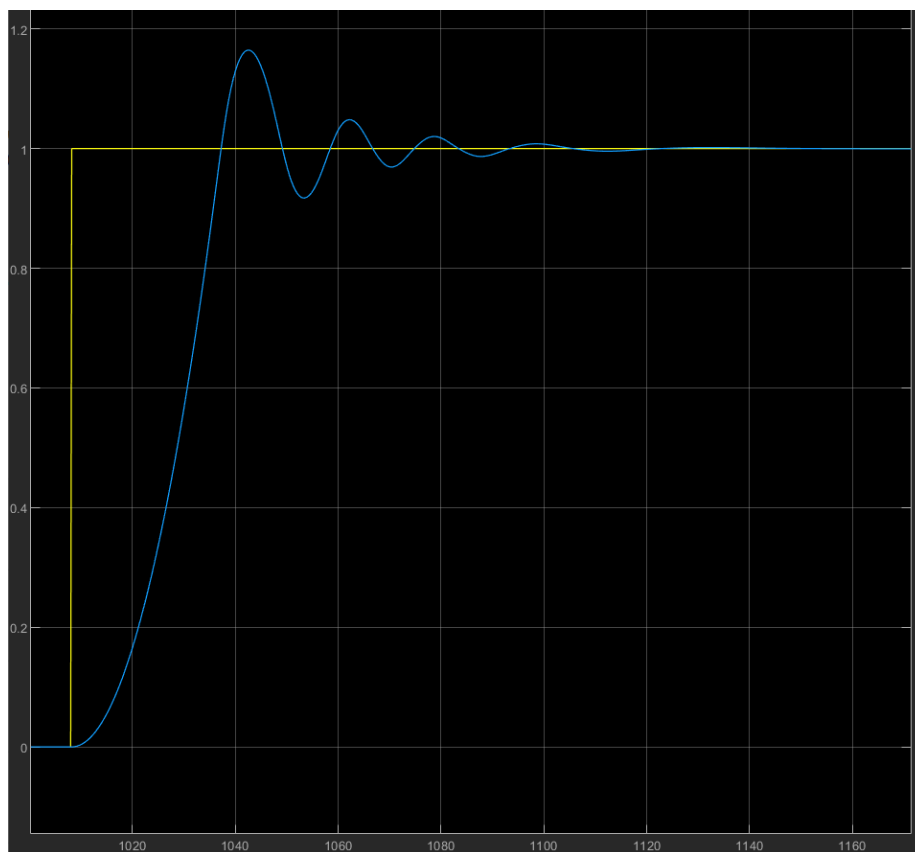


Figure 8: Altura desejada 1.0m

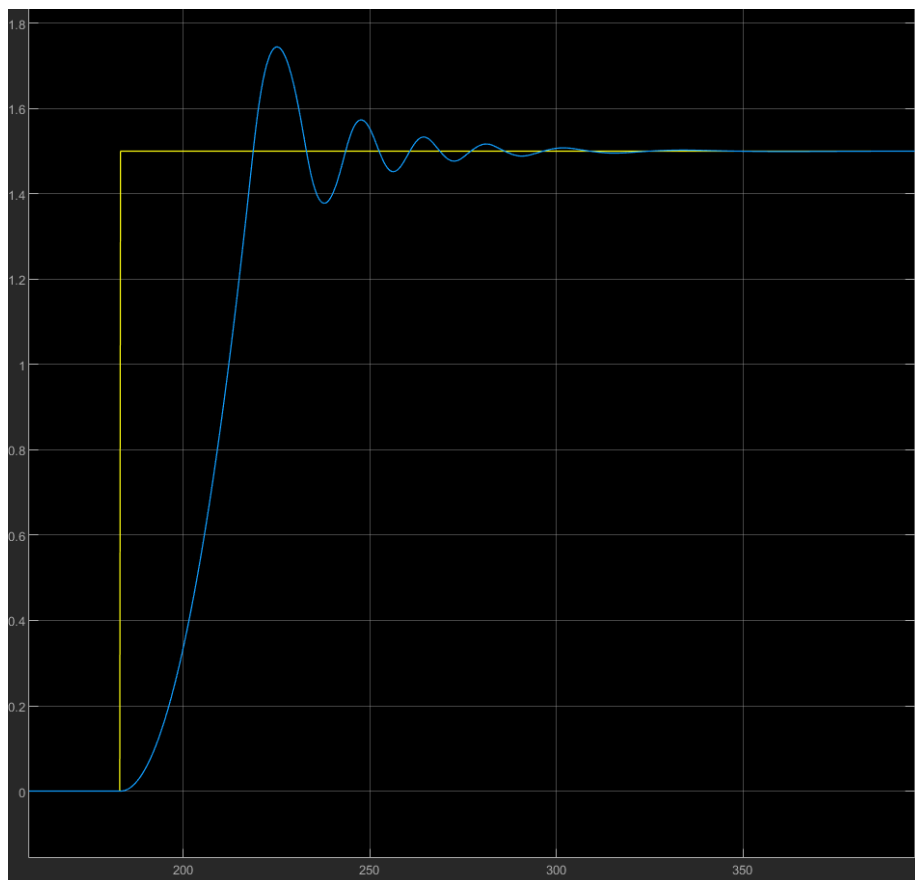


Figure 9: Altura desejada 1.5m