

# CONTROLADOR FUZZY TAKAGI- SUGENO PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DE UM SERVOMECANISMO

Izabella da Silva Sirqueira<sup>1</sup>, Renato Aguiar<sup>2</sup>  
 Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI  
<sup>1</sup>unieisirqueira@fei.edu.br e <sup>2</sup>preraguiar@fei.edu.br

**Resumo:** O principal objetivo deste trabalho é propor dois controladores *fuzzy*: um baseado no método de Mamdani e outro baseado no método de Takagi-Sugeno, sendo que ambos serão projetados para aplicação em um sistema de controle de posição de uma planta representada por um kit didático de sistemas de controle. Algumas comparações entre os métodos supra citados serão feitas no que diz respeito ao desempenho do sistema, com o intuito de identificar as vantagens do método de Takagi- Sugeno em relação ao método de Mamdani na aplicação correspondente.

## 1. Introdução

Sabemos que os processos industriais, em geral, contêm muitas não linearidades e estão sujeitos a distúrbios externos. Estes distúrbios podem fazer com que a saída do sistema não siga o set point ou sinal desejado. Muitas vezes, é um grande desafio controlar certas variáveis, de forma que sua dinâmica seja satisfatória mesmo na presença de distúrbios, não linearidades e incertezas no modelo. Porém, a lógica *fuzzy* é capaz de lidar com estes “problemas” em um processo e, em muitos casos, imitar o procedimento humano em suas decisões.

A primeira publicação sobre lógica *fuzzy* surgiu em 1965 através do autor Lotfi Asker Zadeh, professor em Berkeley, Universidade da Califórnia, que criou a lógica combinando os conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, definindo os graus de pertinência que permitem um elemento pertencer parcialmente a mais de um conjunto ou classe, simultaneamente [1]. Em suma, a lógica *fuzzy* pode ser definida como o tratamento matemático a certos termos linguísticos, como “aproximadamente”, muito alto, pouco alto, “em torno de”, entre outros [2].

Desta forma, neste trabalho será utilizada a teoria dos conjuntos *fuzzy* para controlar a posição de um servomecanismo, mesmo na presença de distúrbios em geral no sistema. Mais precisamente, dois métodos de inferência serão usados para o controle da posição *fuzzy*: o método Mamdani e o método Takagi-Sugeno. As Simulações serão realizadas e uma aplicação dos controladores *fuzzy* será realizada na planta real, onde serão realizados testes de robustez.

## 2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, o sistema *fuzzy* considerado possui a seguinte configuração:

TABELA I. ENTRADAS DO SISTEMA

Entrada	Saída	Universo
Sinal de erro	-	- 5V à + 5V
Sinal de derivada do erro	-	- 5V à +5V

- Sinal de posição - 5V à +5V

A figura 1. Diagrama de blocos usado para o modelo de simulação

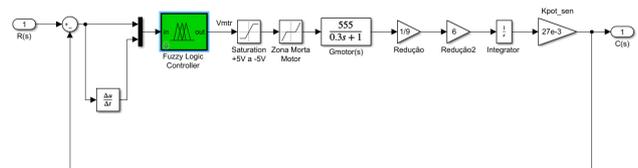


Figura 1. Sistema de Controle *Fuzzy*

A figura 2. Modelo utilizado no Simulink/Matlab para aquisição de dados. O ponto de ajuste é uma forma de onda quadrada de 0,2 Hz e valor de pico igual a 2.

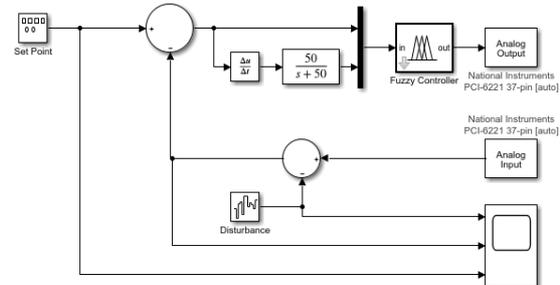


Figura 2. Sistema de Controle *Fuzzy*

## 3. Resultados

As regras foram obtidas através do conhecimento da planta e, após muitos testes alterando algumas regras e algumas funções de pertinência até obter uma resposta satisfatória, devido ao pouco espaço para a dissertação, iremos priorizar a apresentação das regras e funções que foram utilizadas no modelo prático.

### 3.1. Resultados das simulações virtuais

A figura 1 mostra a resposta do sistema para uma entrada degrau utilizando o método de inferência de Mamdani.

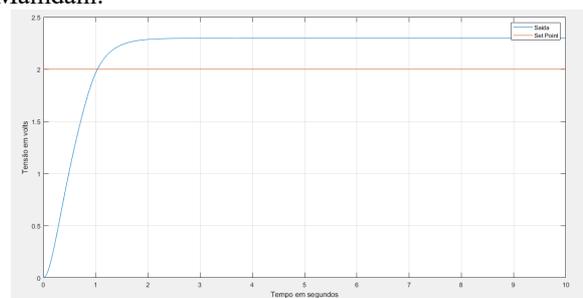


Figura 1. Resposta ao degrau de amplitude 2

A figura 2 mostra a saída do sistema para uma entrada degrau utilizando o método Takagi- Sugeno.

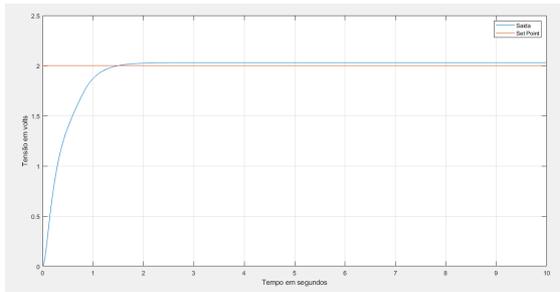


Figura 2. Resposta ao degrau de amplitude 2.

### 3.2. Resultados das simulações reais

As figuras 3 e 4 mostram respectivamente os resultados obtidos com o modelo Mamdani, sem e com perturbações.

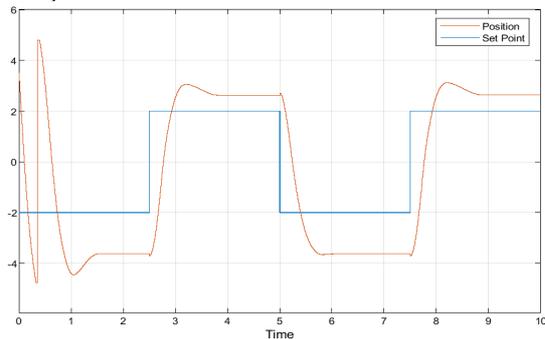


Figura 3. Resposta da planta ao set point, usando o método de inferência de Mamdani.

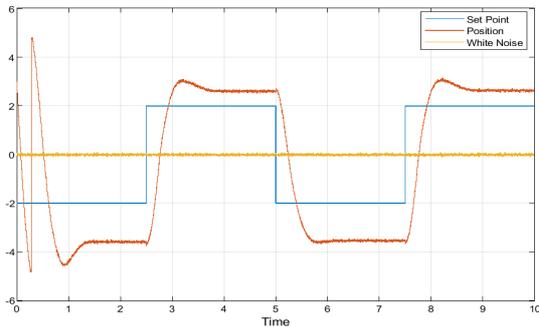


Figura 4. Resposta da planta ao set point, usando o método de inferência de Mamdani, com distúrbios

As figuras 5 e 6 mostram respectivamente os resultados obtidos com o modelo Takagi-Sugeno, sem e com perturbações.

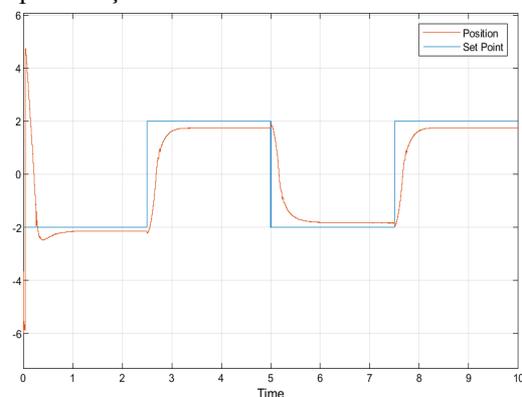


Figura 5. Resposta da planta ao set point, usando o método de inferência de Takagi-Sugeno.

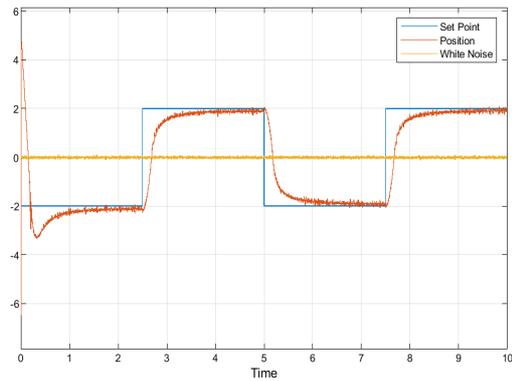


Figura 6. Resposta da planta ao set point, usando o método de inferência de Takagi-Sugeno, com distúrbios.

### 4. Conclusões

Comprovamos, através das simulações virtuais e físicas, que para a nossa aplicação, controle de posição, o método de inferência Takagi-Sugeno apresentou resultados mais satisfatórios.

Ao analisamos, as respostas apresentadas pelas simulações virtuais, notamos que o sistema Takagi-Sugeno, destaca-se pelo tempo de acomodação e erro em regime estacionário praticamente nulo, ao compararmos os resultados obtidos com as experiências nas plantas reais, constatamos que o método de inferência Takagi-Sugeno apresenta maior robustez a distúrbios externos, menor erro no regime estacionário e menor tempo de acomodação sem a presença de sobressinal. Para ambos os métodos foram necessárias alterações nas funções de pertinência, devido a algumas não linearidades, que o KIT LJ está submetido, como folgas devido às engrenagens e ruídos.

Nossas constatações foram baseadas nas respostas que obtivemos de forma experimental, entretanto quando recorremos a teoria, acreditamos que tais vantagens constatadas pelo método Takagi-Sugeno são devido à saída apresentar diretamente um número crisp, não sendo necessária a fase de defuzzificação utilizada no modelo Mamdani, é notável tais mudanças no formato como as regras são definidas, onde saída do modelo Mamdani utiliza um número crisp, ou seja, onde  $y=B_k$  e no modelo Takagi-Sugeno utiliza-se uma função das variáveis linguísticas da entrada onde  $y=g(X_1, \dots, X_m)$ .

Por fim, como próximos passos, vamos aprofundar nossos estudos e experimentações em ambos os modelos, alterando as entradas do sistema *fuzzy*, para erro e velocidade, com o objetivo de comprovar a robustez do método de inferência Takagi-Sugeno, para o controle de posição.

### 5. Referências

[1] com autor: ABAR, CELINA. O CONCEITO "FUZZY". PUC SP, 2004. Disponível em: <<https://www.pucsp.br/~logica/Fuzzy.htm>>. Acesso em: 25, de abril de 2020.

[2] Zadeh L. A. Fuzzy sets, Information and Control, p. 338–353, 1965.

<sup>1</sup> Aluno de IC, 12.118.769-4, com bolsa pelo Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 12/19 a 12/20.