

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI - UFSJ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEPEL
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - COELE



Universidade Federal
de São João del-Rei

Inteligência Artificial Aplicada – Trabalho 2

por

Caroline Gabrielle dos Santos Barbosa

Lucas Michelini

Luiz Fernando de Faria

Sistemas de Inferência Fuzzy e Algoritmos Genéticos

São João del-Rei – MG
Dezembro de 2021

1 INTRODUÇÃO

1.1 Sistema de Inferência Fuzzy

Há um grande descompasso entre a capacidade criativa do ser humano na resolução de problemas e as possibilidades que os computadores proporcionam para as resoluções. Este fato se deve a questão de que os seres humanos têm a capacidade de trabalhar processos de alta complexidade, processos que se baseiam em informações imprecisas, vagas ou aproximadas, enquanto os computadores trabalham por raciocínio preciso, binário.

Seres humanos são capazes de lidar com processos bastante complexos, baseados em informações imprecisas ou aproximadas. A estratégia adotada pelos operadores humanos é também de natureza imprecisa e geralmente possível de ser expressa em termos linguísticos.

Na tentativa de alcançar um melhor desempenho na resolução de problemas complexos, os sistemas de inferência Fuzzy procuram se aproximar da forma de raciocínio dos seres humanos, imitando seu funcionamento por meio de um mecanismo de inferência baseado nas relações de causa e efeito entre variáveis categorias e pela consideração da incerteza associada aos valores destas variáveis.

A Teoria de Conjuntos Fuzzy e os Conceitos de Lógica Fuzzy são ferramentas que podem ser utilizadas para transformar em termos matemáticos a informação imprecisa captada do meio externo por um conjunto de regras linguísticas. Dado que um operador humano é capaz de articular uma estratégia de ação como um conjunto de regras da forma “se ... então”, há a possibilidade da construção de um algoritmo que é passível de ser implementado em um computador. O resultado, pois, é um sistema de inferência baseado em regras, no qual a Teoria de Conjuntos Fuzzy e a Lógica Fuzzy fornecem suporte necessário para o tratamento matemático das variáveis linguísticas.

Ao se trabalhar com um sistema de inferência Fuzzy, os dados são normalizados e convertidos para valores Fuzzy. Esse processo é denominado de fuzzificação das variáveis de entrada. Fuzzificação representa a atribuição de valores linguísticos, descrições vagas ou qualitativas, definidas por funções de pertinência às variáveis de entrada.

1.2 Regras de Inferência Fuzzy

Para expressar conceitos ou relacionamentos por intermédio de elementos da linguagem natural é muito comum o uso de elementos qualitativos ao invés de valores quantitativos. Elementos linguísticos típicos incluem expressões do tipo “meio perto”, “forte”, “mais ou menos baixo”, etc. Estas ideias são capturadas pela definição de variáveis linguísticas. Variáveis linguísticas são a composição de um valor simbólico e um valor

numérico. Uma variável linguística assume valores em um conjunto de termos linguísticos com a finalidade de expressar os conceitos e o conhecimento da comunicação humana. Por exemplo, uma variável linguística “peso” poderá ter os termos {Baixo, Médio, Alto}. Para atribuir um significado numérico aos termos, associa-se a cada um dos termos um conjunto Fuzzy através de uma função de pertinência sobre um universo de discurso comum neste caso representado pela variável linguística “Peso”.

Na teoria Fuzzy, os parâmetros de entrada do sistema são mapeados em variáveis linguísticas que são utilizadas na definição de regras para o processamento de variáveis de saída, também representadas por variáveis linguísticas.

Assim, ao invés de assumir instâncias numéricas, estas variáveis assumem instâncias linguísticas. Por exemplo, uma variável linguística “Distância” poderá assumir como valor um dos termos do conjunto {“pequena”, “média”, “grande”}. Para se atribuir um significado aos termos linguísticos, associa-se a cada um destes termos um conjunto Fuzzy definido sobre um universo de discurso comum, que neste exemplo será a “Distância”. A Figura 1 ilustra três possíveis termos linguísticos para variável linguística representando a distância.

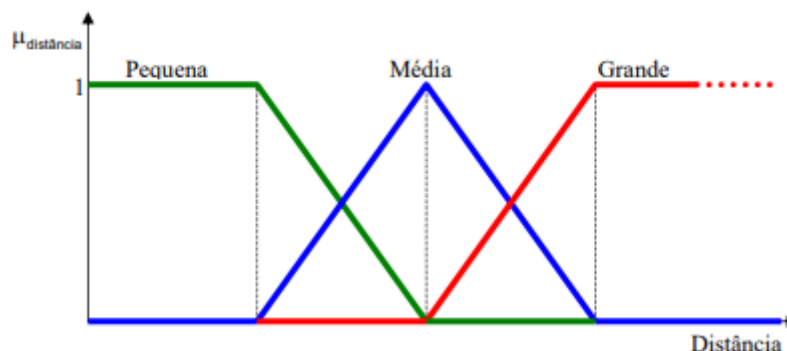


Figura 1 - Representação da variável linguística Distância

1.3 Funções de pertinência

Grau de pertinência é o conceito que se tornou a espinha dorsal da Teoria de Conjuntos Fuzzy. Funções de pertinência representam os fatores fundamentais de todas as ações teóricas e práticas de sistemas Fuzzy. Uma função de pertinência é uma função numérica que atribui valores de pertinência Fuzzy para valores discretos de uma variável em seu universo de discurso. Considera-se que universo de discurso de uma variável representa o intervalo numérico de todos os possíveis valores que a variável pode assumir. A fuzzificação é uma espécie de pré-processamento de categorias ou classes dos sinais de entrada, reduzindo grandemente o número de valores a serem processados. Uma menor quantidade de valores processados significa que há uma computação mais veloz. As regras que serão geradas no sistema Fuzzy serão executadas em paralelo, em consequência, cada variável

terá sua região Fuzzy. A criação desta região Fuzzy através das regras ativas do sistema é conhecida por agregação.

Depois do processamento das regras de inferência, as regiões Fuzzy são convertidas em valores não Fuzzy, também conhecidos como valores “crisp”. Esse último processo é o de defuzzificação. O objetivo é obter-se um único valor discreto que melhor represente os valores Fuzzy inferidos da variável linguística de saída. Assim a defuzzificação é uma transformação inversa que traduz a saída do domínio Fuzzy para o domínio discreto.

2 METODOLOGIA

2.1 Controle Fuzzy para regulação de temperatura

O presente trabalho consiste na implementação de um estudo de caso cujo objetivo é aplicar o controle Fuzzy para regular a temperatura de um chuveiro. Para isso, será necessário implementar um sistema de Inferência Fuzzy que considere duas variáveis de entrada e uma de saída; otimizar os parâmetros das funções de pertinência Fuzzy escolhidas a partir da utilização de uma estratégia de otimização baseada em algoritmos genético; detalhar a implementação mostrando as funções de pertinência de entrada e saída, assim como a tabela de regras de inferência escolhidas e o processo de defuzzificação; escolher valores de entrada e saídas que ilustrarão o funcionamento do sistema de forma significativa; assim como inserir o código comentado no github ou no gitlab.

2.2 Temperatura do chuveiro

De acordo com estudos, a água quente da torneira pode chegar a 60°C, mas a maioria dos médicos recomenda definir aquecedores de água domésticos a aproximadamente 50°C para evitar ferimentos. Além disso, dermatologistas geralmente definem a água fria como algo em torno de 21°C, embora alguns médicos possam colocá-la em uma temperatura mais baixa.

Chuveiros ou banhos muito frios, abaixo de 10°C, às vezes são usados para prevenir lesões em atletas ou para modular o sistema imunológico após uma lesão. Um estudo de 2012 descobriu que os banhos super frios podem causar hipotermia, comprometimento da consciência, aumento da frequência cardíaca e outros efeitos colaterais.

Sendo assim, a fim de dar prosseguimento neste trabalho, toma-se como base para uma alta temperatura de água do chuveiro, o valor de 50°C. Já para determinar o valor que estabelece uma temperatura fria da água, é tomado como base o valor de 21°C.

3 RESULTADOS

As variáveis de entrada para o controle de temperatura do chuveiro são:

- Temperatura medida
- Temperatura desejada

A variável de saída é o coeficiente de tensão.

O primeiro passo do controle é a fuzzificação das variáveis de entrada. Esse passo é a conversão de cada entrada precisa em uma variável usando funções de pertinência armazenadas na base de conhecimento.

O número de regras que requer um controlador difuso é encontrado multiplicando-se o número de termos difusos das variáveis de entrada. Deste modo, as regras cobrirão todas as possíveis combinações provenientes das distintas entradas. Neste caso, e que se tem um sistema com duas variáveis de entrada, cada uma com 3 termos difusos, existem $3 \times 3 = 9$ combinações de entrada e, portanto, 9 regras de controle.

As variáveis de entrada são variáveis linguísticas que assumem as funções de associação “fria”, “morna” e “quente”, conforme mostrado na Figura 2. Para tornar estes formatos úteis, é definida a relação difusa entre as variáveis de saída, gerando 9 regras de controle, conforme mostrado na Tabela 1. O gráfico das entradas e saída *fuzzificadas* é apresentado na Figura 3.

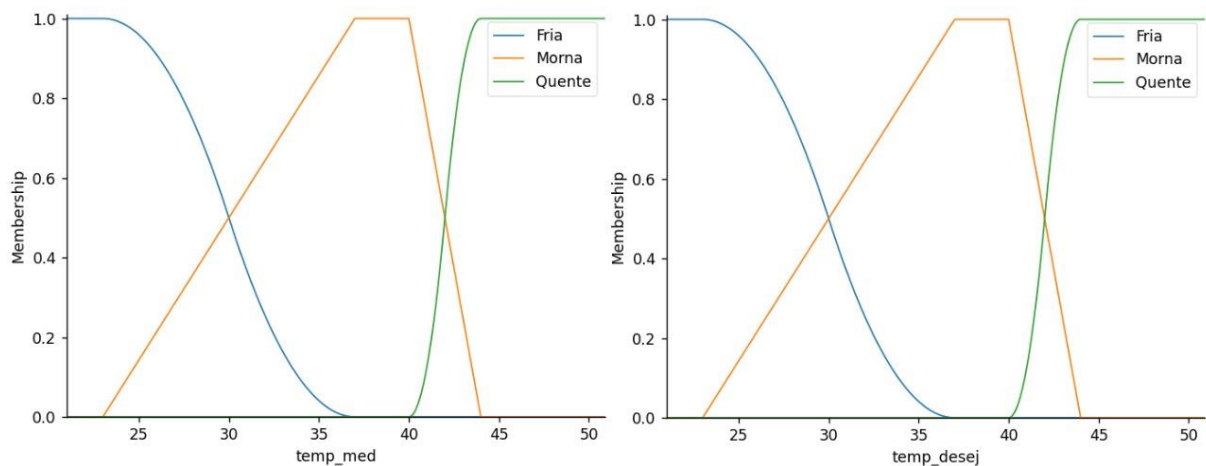


Figura 2 - Variáveis de entrada

Tabela 1 - Regras de inferência

		Temperatura medida		
		Fria	Morna	Quente
Temperatura desejada	Fria	Manter	Diminuir	Diminuir
	Morna	Aumentar	Manter	Diminuir
	Quente	Aumentar	Aumentar	Manter

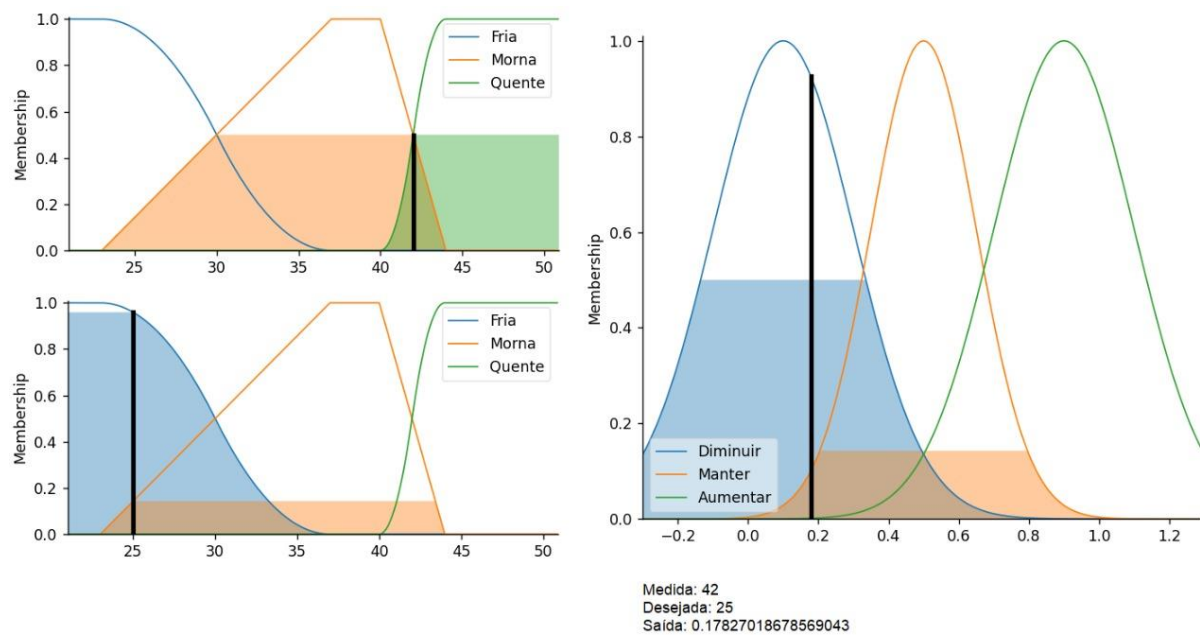


Figura 3 - Entradas e saídas fuzzificadas

Para obter uma resposta numérica e que represente o valor de tensão que deve ser acrescido ou decrescido para chegar à temperatura ideal da água, é utilizado o processo de *defuzzificação*.

Os algoritmos genéticos são utilizados para minimização de erros, pois podem melhor tratar o grande número de particularidades do sistema, sendo algoritmos computacionais simples e, ao mesmo tempo, poderosos para buscar soluções otimizadas. Para otimizar o erro foram utilizadas as seguintes configurações:

- Número máximo de interações: 1000
- Tamanho da população: 50
- Probabilidade de mutação: 0.1
- Taxa de elite selecionada: 0.15 (fração da população a ser levada para a próxima geração)
- Probabilidade de cruzamento: 0.5
- Porção de parentes a serem cruzados/mutados: 0.3
- Tipo de cruzamento: Uniforme
- Interações máximas pós-loop: Nenhuma (significa que o algoritmo vai rodar até o final do número máximo de interações)

A Figura 4 representa o gráfico de otimização dos erros.

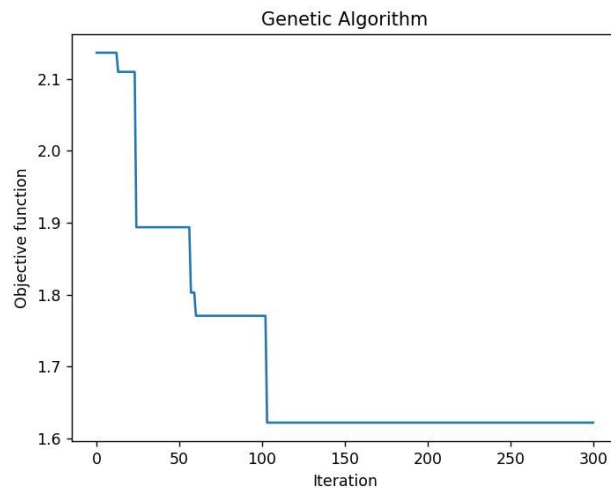
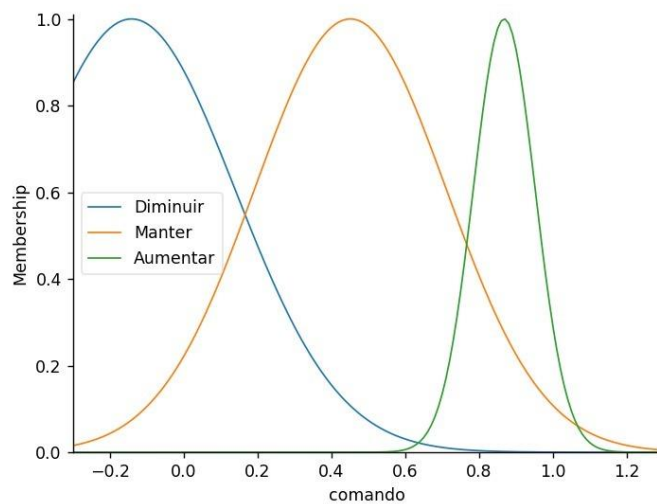


Figura 4 - Otimização dos erros de controle de temperatura



```
Python Console
Backend TkAgg is interactive backend. Turning interactive mode on.
The best solution found:
[39.66831373 31.01170878 -0.14191254 0.28058616 0.45115353 0.26000635
 0.8679468 -0.08390947]

Objective function:
2.0242055649184256
{'variable': array([39.66831373, 31.01170878, -0.14191254, 0.28058616, 0.45115353,
 0.26000635, 0.8679468, -0.08390947]), 'function': 2.0242055649184256}
```

Figura 5 – Resultado do controle de temperatura

A Figura 5 mostra o resultado do controle de temperatura após a realização de 300 iterações no algoritmo.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através dos gráficos e resultados obtidos é possível perceber que o sistema está funcionando da forma esperada. Na Figura 3 a temperatura desejada era de 25°C e a medida, 42°C. Através dos parâmetros ótimos selecionados, a saída Fuzzy obtida foi de 0,178. Este valor obtido representa o valor de tensão a ser aplicado ou decrescido do controlador. Quanto

mais próximo de 0,5, mais ele irá manter a temperatura medida, visto que ela se encontra próxima da temperatura desejada. Quanto mais próximo de 0, será necessário reduzir a temperatura de forma proporcional e, quanto mais próximo de 1, mais será necessário aumentar. No caso da Figura 3, vê-se a necessidade de reduzir a temperatura para que ela chegue mais próximo da temperatura desejada.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho propôs um sistema de controle para a temperatura da água de um chuveiro. A estratégia usada para tal objetivo foi uma técnica de controle moderno, a lógica Fuzzy. Esse tipo de controle já foi implementado com sucesso em sistemas não lineares e multivariáveis, como é o caso desse trabalho. Ele baseia-se em um conjunto de regras do tipo SE <condição> ENTÃO <ação>. Os resultados obtidos são apresentados de forma gráfica, os quais permitiram avaliar o desempenho da lógica implementada.

Tabela 2 - Tabela SIAR

SABER	INDAGAR	APRENDER	REFLETIR
O que eu sabia antes de fazer a atividade?	O que eu preciso aprender?	O que eu aprendi?	Como eu aprendi? Quais estratégias utilizei e como posso usá-las em outras situações de aprendizagem?
Conceitos básicos de Sistemas de Inferência Fuzzy	Utilizar bibliotecas de código genético	Implementar sistemas de controle por meio da utilização de Sistemas Fuzzy	Busca de materiais na internet
Conhecimentos básicos de Python	Teoria de algoritmos genéticos	Realizar o processo de defuzzificação	Discussões com outros alunos
Conhecimentos sobre sistemas de controle		Utilizar algoritmos genéticos	Vídeo conferências com o professor

6 REFERÊNCIAS

SHAW, I.S.; SIMÕES, M.G. Controle e Modelagem Fuzzy. São Paulo: Edgard Blücher:FAPESP, 1999.

GIBILINI, D. Aplicação de técnicas de inteligência artificial na alocação dinâmica de canais em redes sem fio. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

<https://www.ici.unifei.edu.br/ramos/download/ia/ica/sistemas%20Fuzzy.pdf>

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93042/cichini_fal_me_bauru.pdf?sequence=1

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5165276/mod_resource/content/1/Infer%C3%A2ncia%20Fuzzy.pdf

<http://www.inf.ufsc.br/~mauro.roisenberg/ine5377/Cursos-ICA/LN-Sistemas%20Fuzzy.pdf>

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93042/cichini_fal_me_bauru.pdf?sequence=1

<https://www.wsj.com/articles/burning-question-what-is-the-best-water-temperature-for-your-bath-or-shower-1451931152>

6.1 Github

<https://github.com/Luizffeng/Fuzzy-Otimization-Genetic-Algorithm.git>