

# SISTEMA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE PRODUTO

**Disciplina:** Inteligência Artificial — ADS · IFCE Campus Tauá

**Professor:** Reginaldo Pereira

**Alunos:** Edilson Gonçalves Alves; Paulo Cosmo da Silva Clarentino

## A. Descrição do Problema

Na indústria, a avaliação da qualidade de um produto raramente pode ser realizada de forma estritamente binária, isto é, apenas como “aprovado” ou “reprovado”. Em muitos cenários reais, os produtos apresentam características intermediárias, situando-se em uma zona cinzenta entre o aceitável e o inaceitável. Essa característica torna a tomada de decisão um desafio quando se utilizam métodos computacionais tradicionais, baseados em lógica clássica.

Neste contexto, o presente trabalho aborda o problema da **avaliação da qualidade de um lote de produtos industriais**, considerando dois fatores principais: a **variabilidade do processo produtivo** e o **grau de defeitos observados**. O objetivo é transformar avaliações subjetivas, como “poucos defeitos” ou “variabilidade média”, em uma **nota numérica de qualidade**, variando de 0 a 10, utilizando Lógica Fuzzy.

O sistema proposto busca simular o raciocínio humano de avaliação, permitindo uma análise mais flexível, coerente e interpretável do processo de qualidade.

## B. Variáveis Linguísticas

O sistema fuzzy desenvolvido utiliza duas variáveis de entrada e uma variável de saída, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1 – Variáveis linguísticas do sistema**

Variável	Tipo	Universo de Discurso	Termos Linguísticos
Variabilidade do processo	Entrada	0 a 100 (%)	Baixa, Média, Alta
Grau de defeitos	Entrada	0 a 10	Pouco, Moderado, Muito
Qualidade final	Saída	0 a 10	Ruim, Aceitável, Excelente

Os universos de discurso foram definidos com base em valores típicos encontrados em ambientes industriais e em escalas intuitivas de avaliação.

## C. Funções de Pertinência

As funções de pertinência foram definidas utilizando formatos **triangulares** e **trapezoidais**, por sua simplicidade, boa interpretabilidade e ampla utilização em sistemas fuzzy.

### Variabilidade do processo

- **Baixa:** função trapezoidal, concentrada entre 0% e 40%;
- **Média:** função triangular, com pico em 50%;
- **Alta:** função trapezoidal, abrangendo valores acima de 60%.

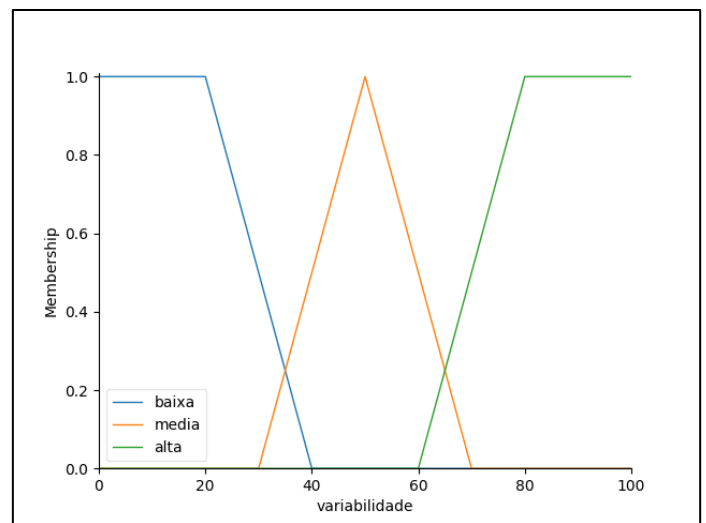
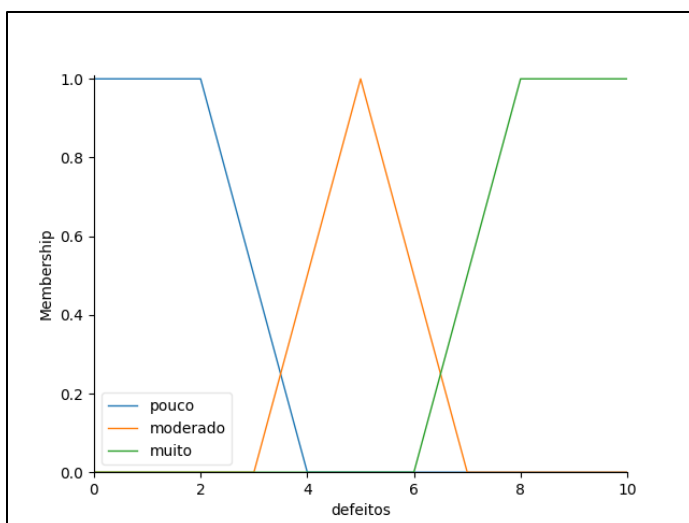
### Grau de defeitos

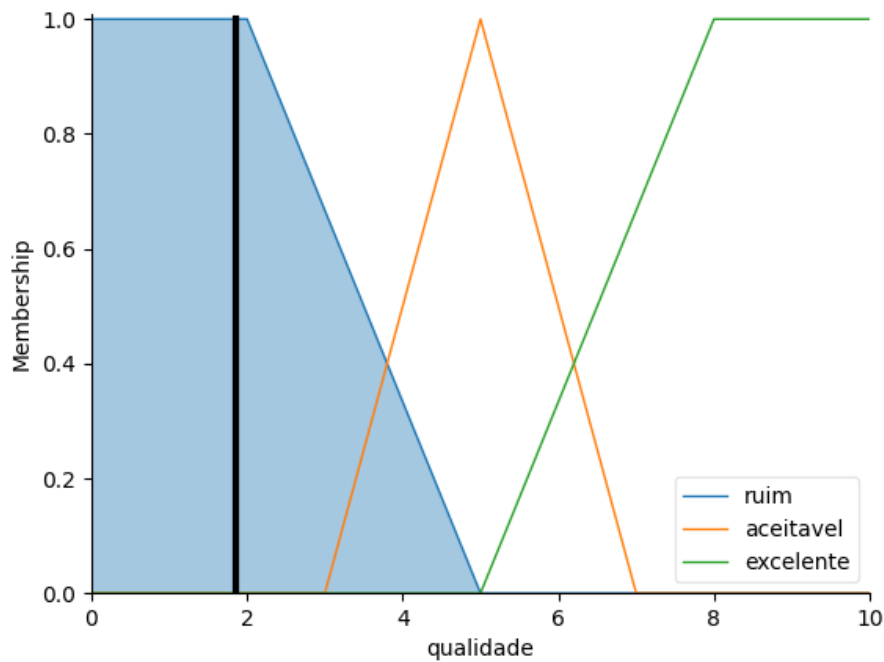
- **Pouco:** função trapezoidal entre 0 e 4;
- **Moderado:** função triangular centrada em 5;
- **Muito:** função trapezoidal entre 6 e 10.

### Qualidade final

- **Ruim:** função trapezoidal entre 0 e 5;
- **Aceitável:** função triangular entre 3 e 7;
- **Excelente:** função trapezoidal entre 5 e 10.

As faixas foram escolhidas de forma a refletir transições suaves entre os conceitos linguísticos, evitando limites rígidos e representando melhor a percepção humana.





## D. Base de Regras Fuzzy

A base de regras foi construída a partir de conhecimento empírico e raciocínio humano sobre o processo de qualidade industrial. As principais regras utilizadas no sistema são:

- **Regra 1:** SE variabilidade é baixa E defeitos são poucos ENTÃO qualidade é excelente;
- **Regra 2:** SE variabilidade é média E defeitos são poucos ENTÃO qualidade é aceitável;
- **Regra 3:** SE variabilidade é alta OU defeitos são muitos ENTÃO qualidade é ruim;
- **Regra 4:** SE variabilidade é média E defeitos são moderados ENTÃO qualidade é aceitável;
- **Regra 5:** SE variabilidade é baixa E defeitos são moderados ENTÃO qualidade é aceitável.

Essas regras garantem coerência lógica e cobrem cenários positivos, intermediários e críticos do processo produtivo.

## E. Processo de Inferência

O sistema utiliza o método de inferência fuzzy **Mamdani**, amplamente empregado em aplicações de controle e avaliação. Nesse método:

- o operador **mínimo (min)** é utilizado para representar o operador lógico AND;
- o operador **máximo (max)** é utilizado para o operador lógico OR e para agregação das regras;
- cada regra ativa parcialmente a função de saída de acordo com o grau de pertinência das entradas.

### Exemplo de cenário

Considere o cenário com **variabilidade média (50%)** e **grau de defeitos moderado (5)**. Nesse caso:

- as funções de pertinência correspondentes a “média” e “moderado” são ativadas;
- a regra associada a esse cenário produz uma saída do tipo **qualidade aceitável**;
- a agregação das regras gera um conjunto fuzzy resultante para a variável de saída.

## F. Defuzzificação

Após a inferência, o conjunto fuzzy de saída é convertido em um valor numérico por meio do método de **defuzzificação do centroide (centro de gravidade)**.

Esse método calcula o ponto de equilíbrio da área sob a curva resultante, sendo amplamente utilizado por fornecer resultados suaves e coerentes com a forma do conjunto fuzzy agregado.

A escolha do método do centroide se justifica por sua estabilidade e por representar adequadamente a média ponderada dos valores de qualidade.

## G. Análise dos Resultados

Foram realizados testes com cinco cenários distintos, contemplando situações ideais, intermediárias e críticas do processo produtivo.

**Tabela 2 – Cenários de teste e resultados**

Cenário	Variabilidade (%)	Defeitos	Nota de Qualidade
Perfeito	5	1	8,14
Péssimo	95	9	1,86
Médio	50	5	5,00
Baixa Var / Muitos Defeitos	15	8	1,86
Alta Var / Poucos Defeitos	85	2	1,86

Os resultados obtidos mostram-se coerentes com a expectativa humana. Cenários com baixa variabilidade e poucos defeitos resultam em notas elevadas, enquanto situações com alta variabilidade ou muitos defeitos produzem notas baixas.

Observa-se também que a presença de defeitos elevados tem forte impacto negativo na qualidade final, mesmo quando a variabilidade do processo é baixa, o que reflete adequadamente a lógica industrial.

```
-----  
RELATÓRIO DE TESTES FUZZY  
-----  
Perfeito: Var=5%, Def=1 -> Nota Qualidade: 8.14  
Péssimo: Var=95%, Def=9 -> Nota Qualidade: 1.86  
Médio: Var=50%, Def=5 -> Nota Qualidade: 5.00  
Baixa Var / Muitos Defeitos: Var=15%, Def=8 -> Nota Qualidade: 1.86  
Alta Var / Poucos Defeitos: Var=85%, Def=2 -> Nota Qualidade: 1.86
```

## Limitações do modelo

Como limitação, destaca-se o número reduzido de regras e a simplificação dos termos linguísticos. Em aplicações reais, o sistema poderia ser aprimorado com mais variáveis, maior granularidade dos conjuntos fuzzy e ajustes finos das funções de pertinência.

## Conclusão

O sistema fuzzy desenvolvido demonstrou ser uma solução eficaz e interpretável para a avaliação da qualidade de produtos industriais. A utilização da Lógica Fuzzy permitiu lidar adequadamente com a subjetividade do problema, fornecendo resultados coerentes e próximos ao raciocínio humano.

O trabalho atendeu aos objetivos propostos, evidenciando a aplicabilidade prática dos conceitos estudados na disciplina de Inteligência Artificial.