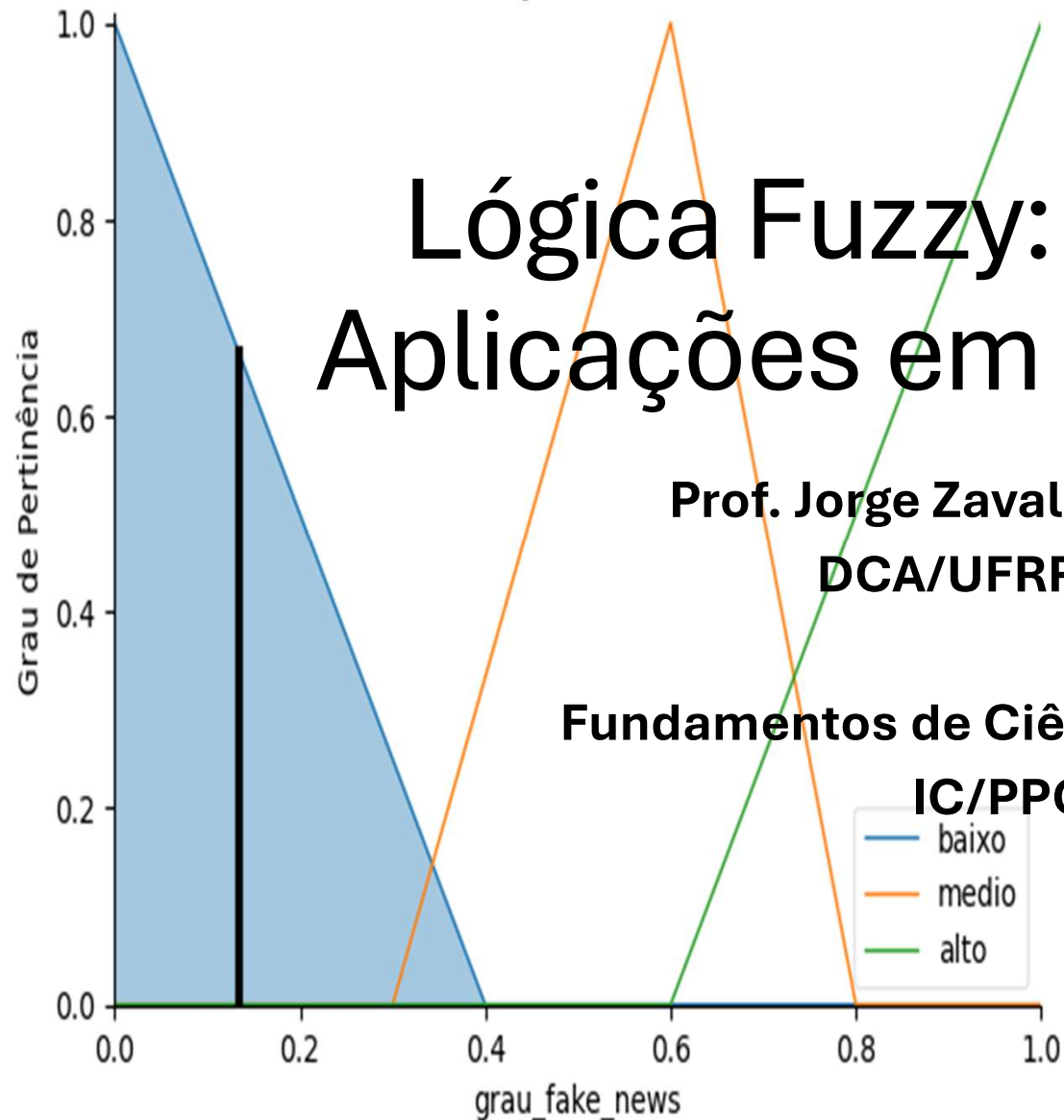


Resultado Fuzzy - Grau de Fake News

Lógica Fuzzy: Fundamentos e Aplicações em Ciência de Dados

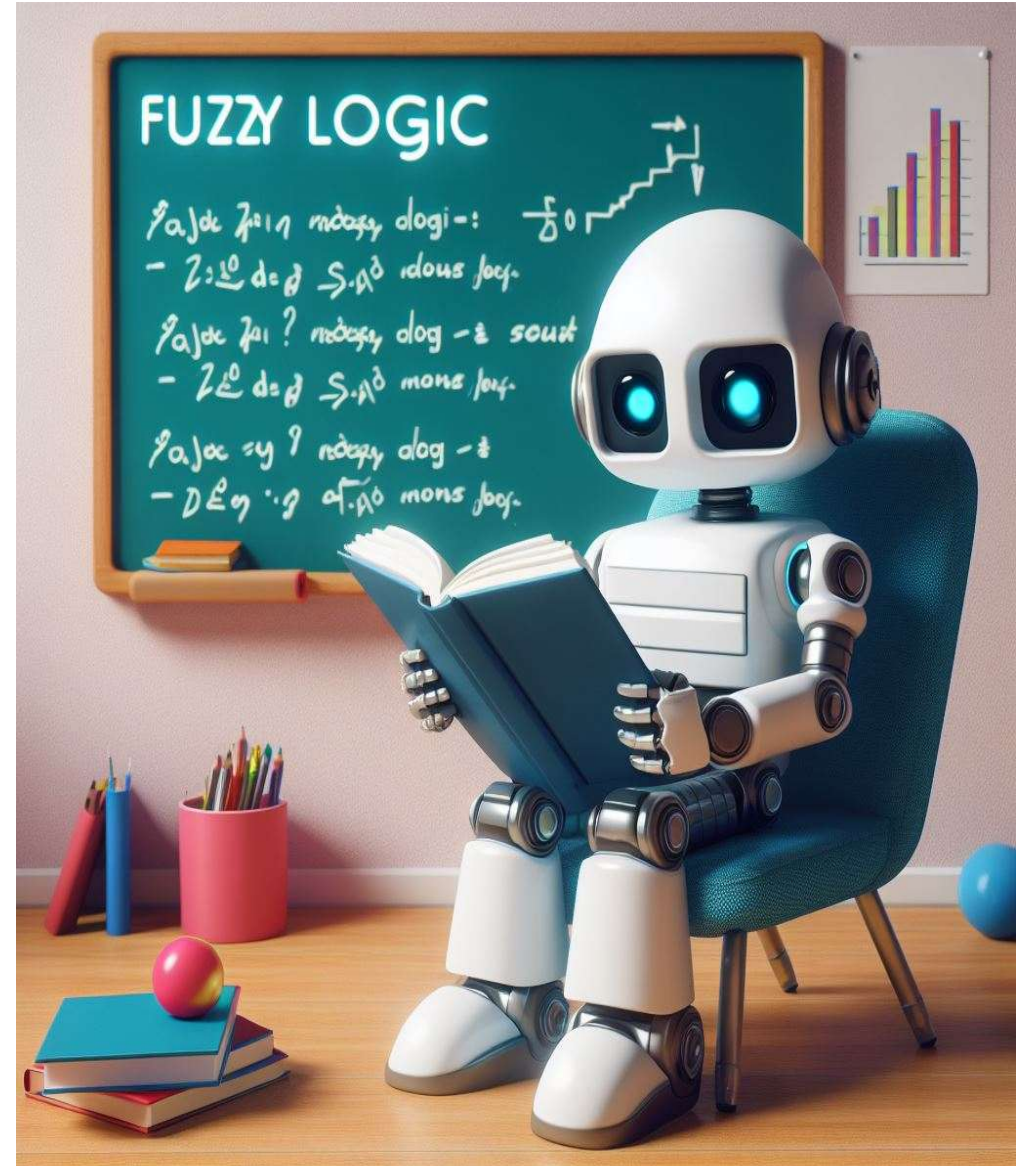
Prof. Jorge Zavaleta e Sergio Serra
DCA/UFRRJ – IC/UFRJ

Fundamentos de Ciência de Dados, 2025.2
IC/PPGI/UFRJ



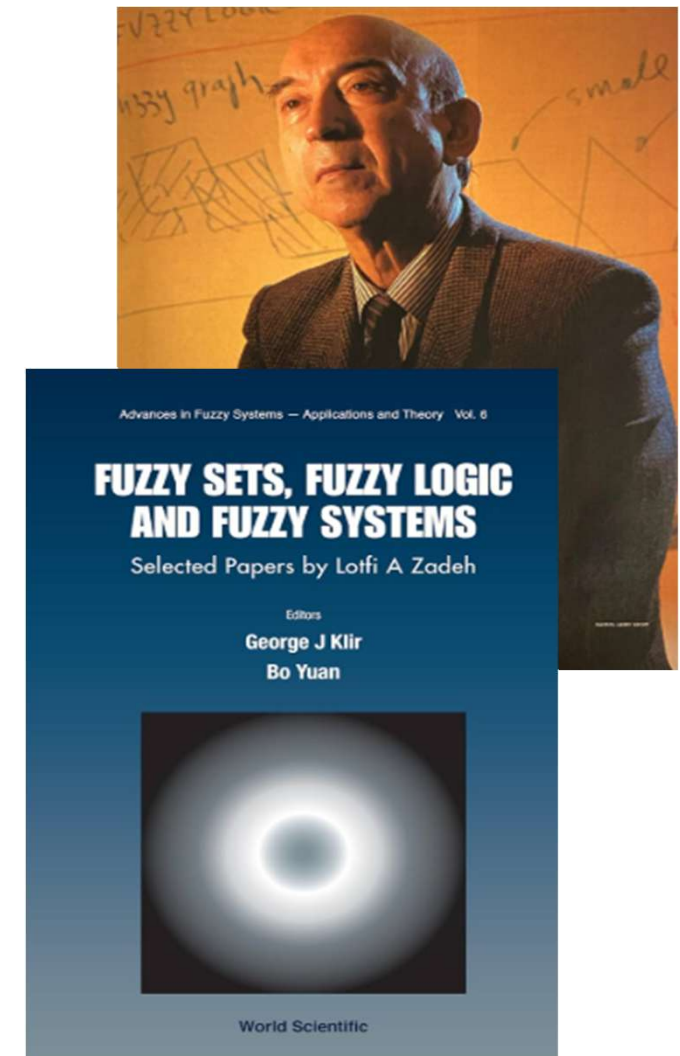
Agenda

- Introdução
- Fundamentos de lógica fuzzy
 - ✓ Conjuntos Fuzzy
 - ✓ Operadores de lógica fuzzy
- Sistema de Lógica Fuzzy (SLF)
- SLF – Defuzzificação,
- SLF – Regras de Inferência
- SLF – Defuzzificação
- Aplicações em Ciência de Dados
- Ferramentas e Implementação



Introdução

- Mundo real é impreciso, incerto e vago.
- Limitações da lógica clássica (booleana):
 - ✓ verdadeiro vs. falso, 0 vs. 1.
- Lógica fuzzy é alternativa para representar conhecimentos imprecisos.
- Exemplo intuitivo: “**Hoje está mais ou menos quente**” – como modelar isso?
- **Lotfi Zadeh** (1965), no artigo “**Fuzzy Sets**” desenvolveu a teoria da **Lógica fuzzy**.
- Aplicada em IA, controle de sistemas, etc.



Fundamentos da Lógica Fuzzy

- Conjunto clássico:

$$A = \{x/x \in U\}$$

- Conjuntos Fuzzy:

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in U\},$$

✓ Função de pertinência $\mu_A(x) \in [0, 1]$

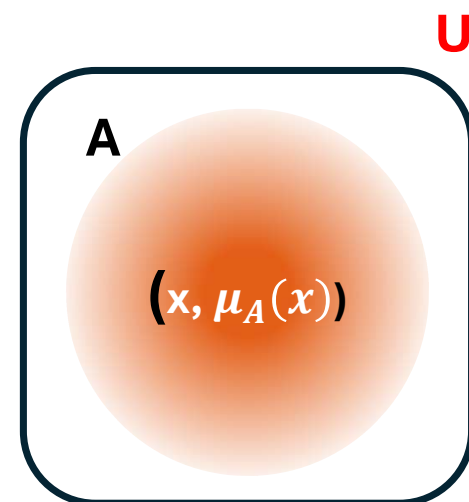
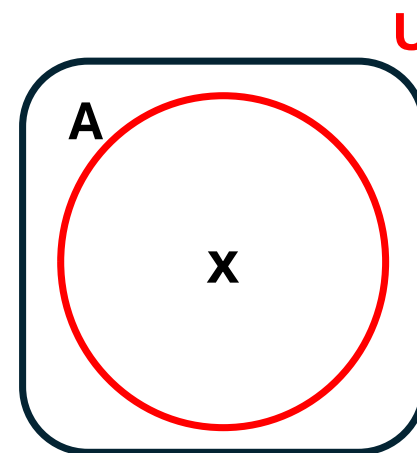
- Funciones de inclusão

✓ **Função triangular**

✓ **Função trapezoidal**

✓ **Função Gaussiana**

✓ **Função Sigmoidal**



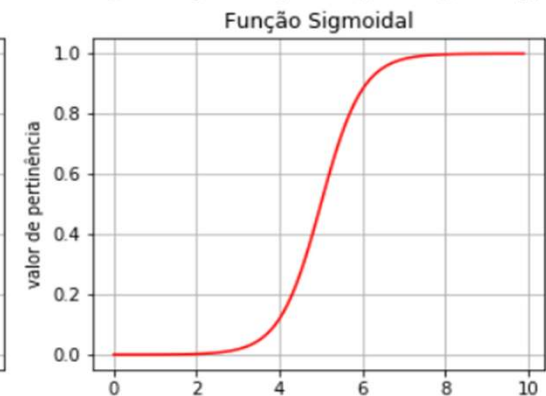
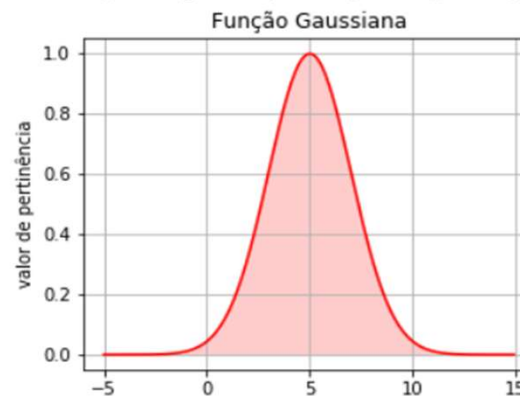
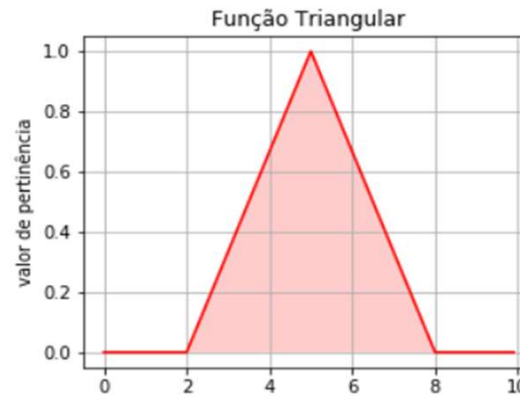
Fundamentos da Lógica Fuzzy

$$\text{triangle}(x : a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x < c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

$$\text{trapezoid}(x : a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x < d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$$

$$\text{gaussian}(x : m, \sigma) = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(x-m)^2}{\sigma^2}\right)$$

$$\text{sigm}(x : a, c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x - c)]}$$



@Jorge Zavaleta. Modelagem e Simulação de sistemas usando Lógica Fuzzy com Python: Teoria e Prática. Cerceau, 2023.

Fundamentos da Lógica Fuzzy

- Operadores Fuzzy
- Negação/complemento:

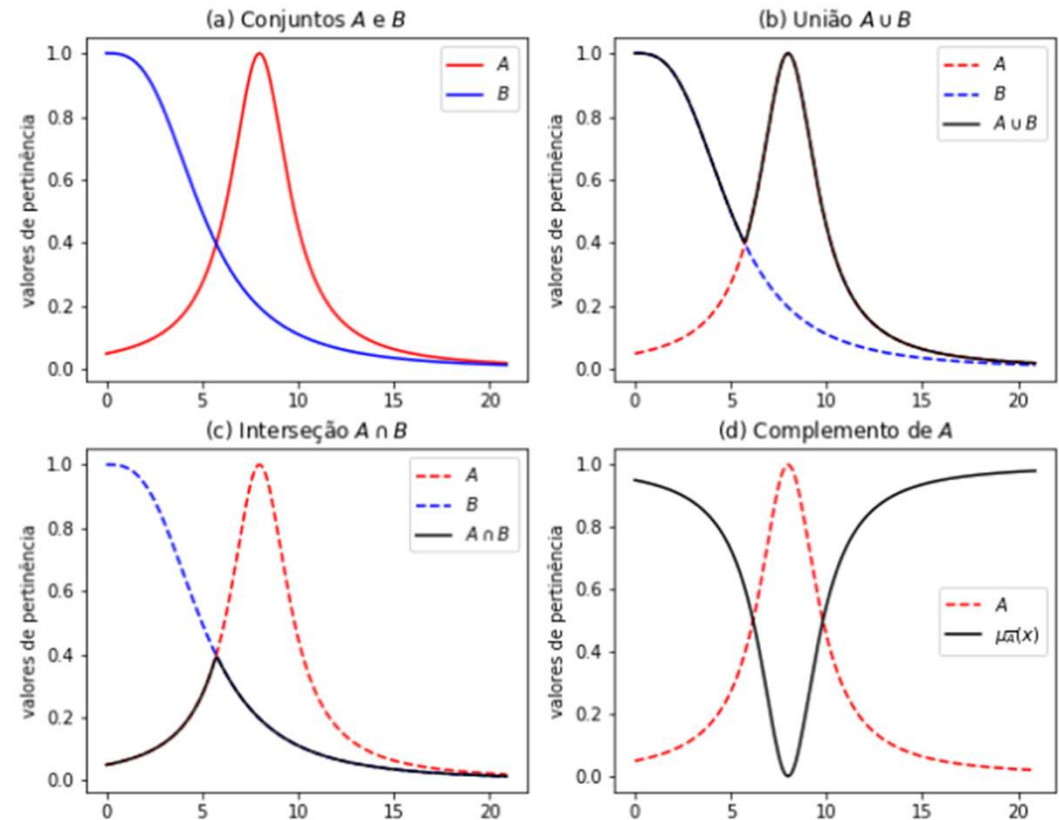
$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

- Interseção (AND):

$$\mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

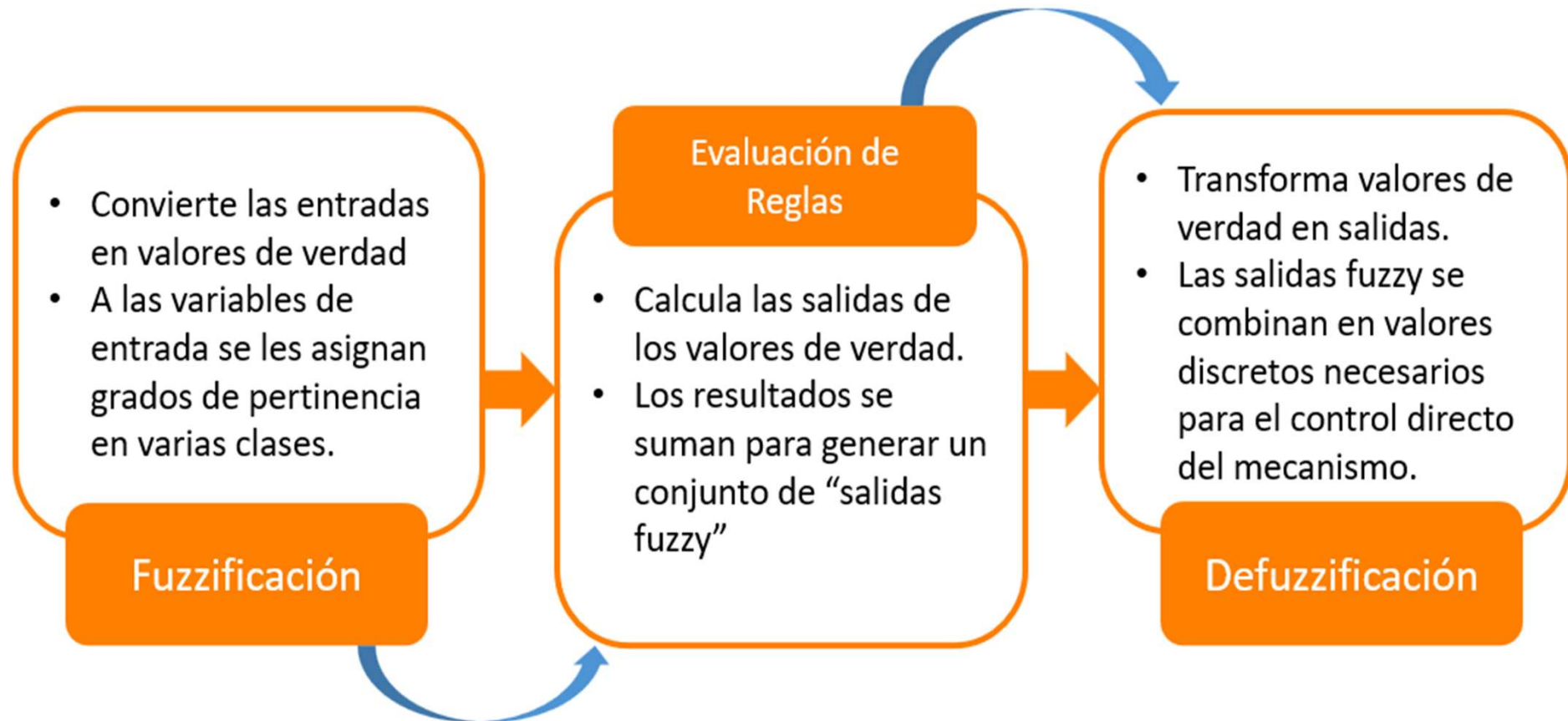
- União (OR):

$$\mu_A(x) \cup \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$



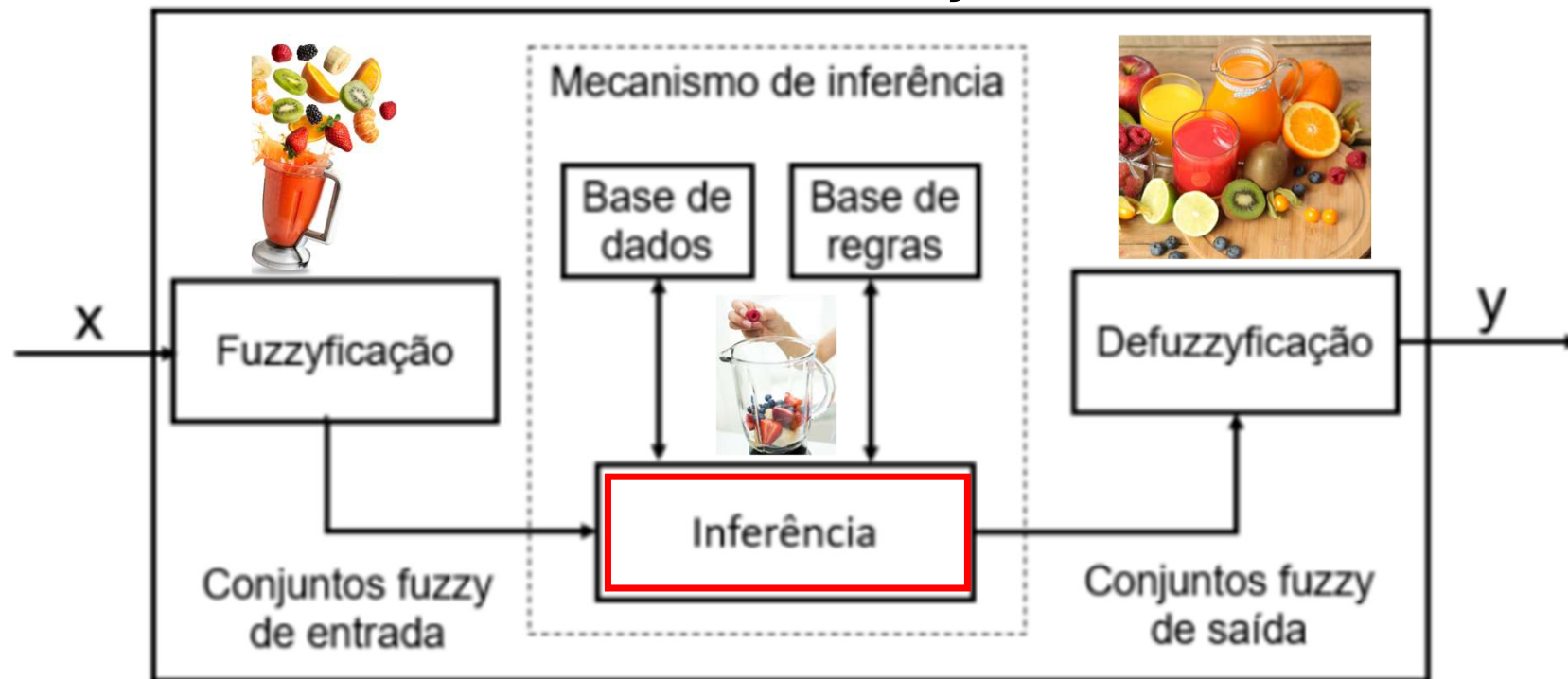
@Jorge Zavaleta. Modelagem e Simulação de sistemas usando Lógica Fuzzy com Python: Teoria e Prática. Cerceau, 2023.

Sistema de Lógica Fuzzy



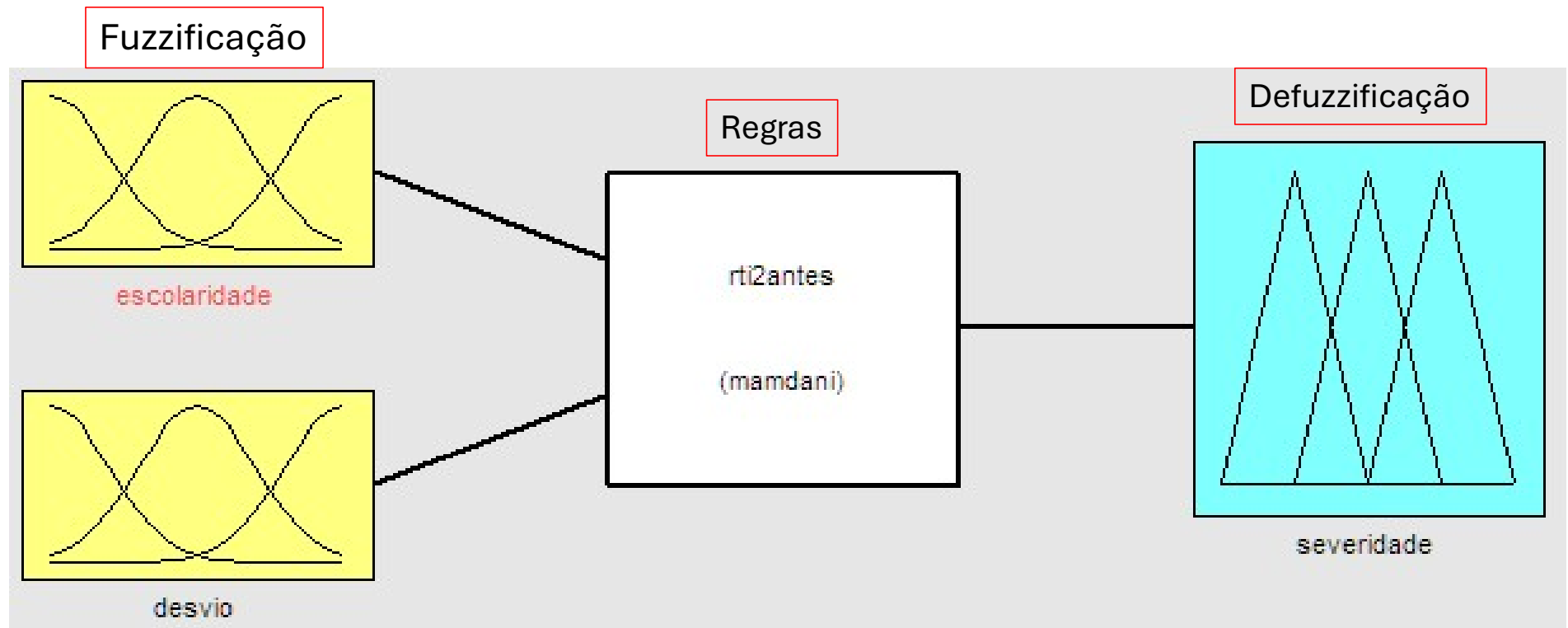
Sistema de Lógica Fuzzy - SLF

Sistema Fuzzy



@Jorge Zavaleta. Modelagem e Simulação de sistemas usando Lógica Fuzzy com Python: Teoria e Prática. Cerceau, 2023.

SLF - Fuzzificação



SLF - Regras

- **Regras Fuzzy e Inferência Fuzzy**

- ✓ Sistema baseado em regras:
 - **IF <> THEN <>**
 - “**Se** (temperatura é ALTA) **então** (ventilador é RÁPIDO)”.

$R_1 : \text{if } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } y_1 \text{ is } B_1 \text{ then } z \text{ is } C_1$
 $R_2 : \text{if } x_2 \text{ is } A_2 \text{ and } y_2 \text{ is } B_2 \text{ then } z \text{ is } C_2$
...
 $R_n : \text{if } x_n \text{ is } A_n \text{ and } y_n \text{ is } B_n \text{ then } z \text{ is } C_n$

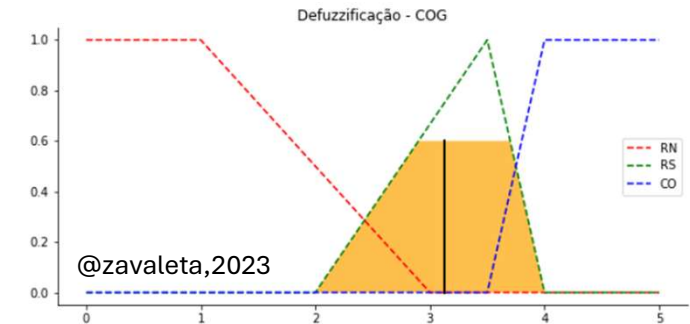
- Componentes de um **sistema fuzzy**:

- ✓ **Fuzzificação**
- ✓ **Avaliação das regras**
- ✓ **Agregação**
- ✓ **Defuzzificação** (ex: centroide)

SLF - Defuzzificação

- Métodos:

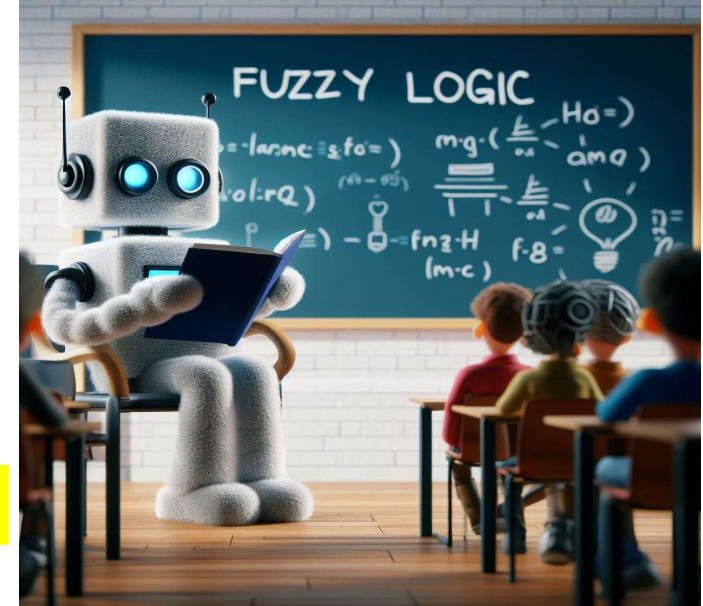
- ✓ **Centroide (COG)**: Calcula o ponto de equilíbrio da área sob a curva da função de pertinência.
- ✓ **Média dos Máximos (MoM)**: Calcula a média aritmética dos valores de entrada que possuem o grau máximo de pertinência.
- ✓ **Média Ponderada dos Máximos (WMOM)**: Similar ao MOM, mas pondera os valores máximos pelo grau de pertinência.
- ✓ **Máximo (Max Criterion)**: Escolhe o valor com o maior grau de pertinência.



@Jorge Zavaleta. Modelagem e Simulação de sistemas usando Lógica Fuzzy com Python: Teoria e Prática. Cerceau, 2023.

Aplicações em Ciência de Dados

1. Classificação e Agrupamento de Dados (**Clustering**)
2. Mineração de dados e Regras de Associação
3. Sistemas especialistas e tomada de Decisão
4. Integração com Redes Neurais e Machine Learning
5. Análise de Sentimentos e Processamento de Linguagem Natural



Em AS e PLN, a lógica fuzzy ajuda a interpretar expressões subjetivas como “positivas”, “negativas”, “neutras”, “muito positivas”, etc., atribuindo valores graduais. **Exemplo: classificar opiniões como “positiva”, “negativa” ou “neutra”, com nuances.**

Aplicações em Ciência de Dados

- **Exemplo 1: Análise de Sentimentos com Lógica Fuzzy**

- **Etapas:**

1. Extrair características (ex: polaridade, intensidade, negações)
2. Definir conjuntos fuzzy: ex. “**muito positivo**”, “**levemente negativo**”
3. Regras fuzzy:
 - **Se** (polaridade = positiva **E** intensidade = alta) **Então** sentimento = muito positivo
 - **Se** (polaridade = negativa **E** intensidade = baixa) **Então** sentimento = levemente negativo
4. Saída: grau de pertinência em cada categoria Então decisão fuzzy (ex: 0.7 positivo, 0.3 neutro)

- **Vantagens:** modela gradações de sentimentos, adapta-se melhor a textos ambíguos.

Ferramentas e Implementação

- Bibliotecas em Python:



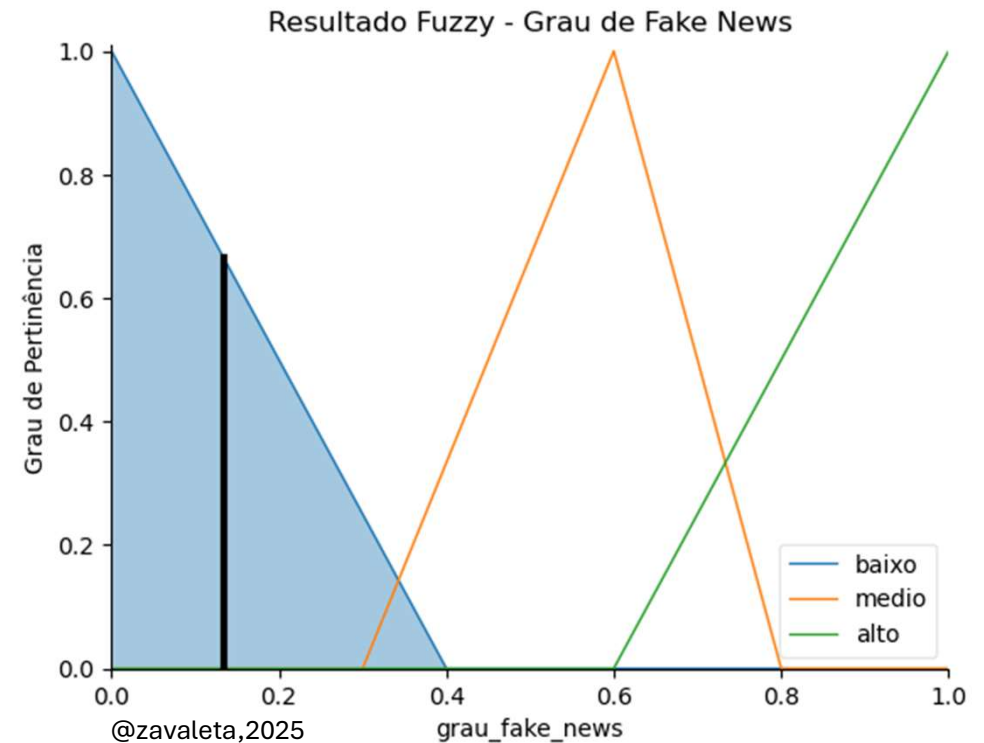
✓ scikit-fuzzy

<https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/overview.html>

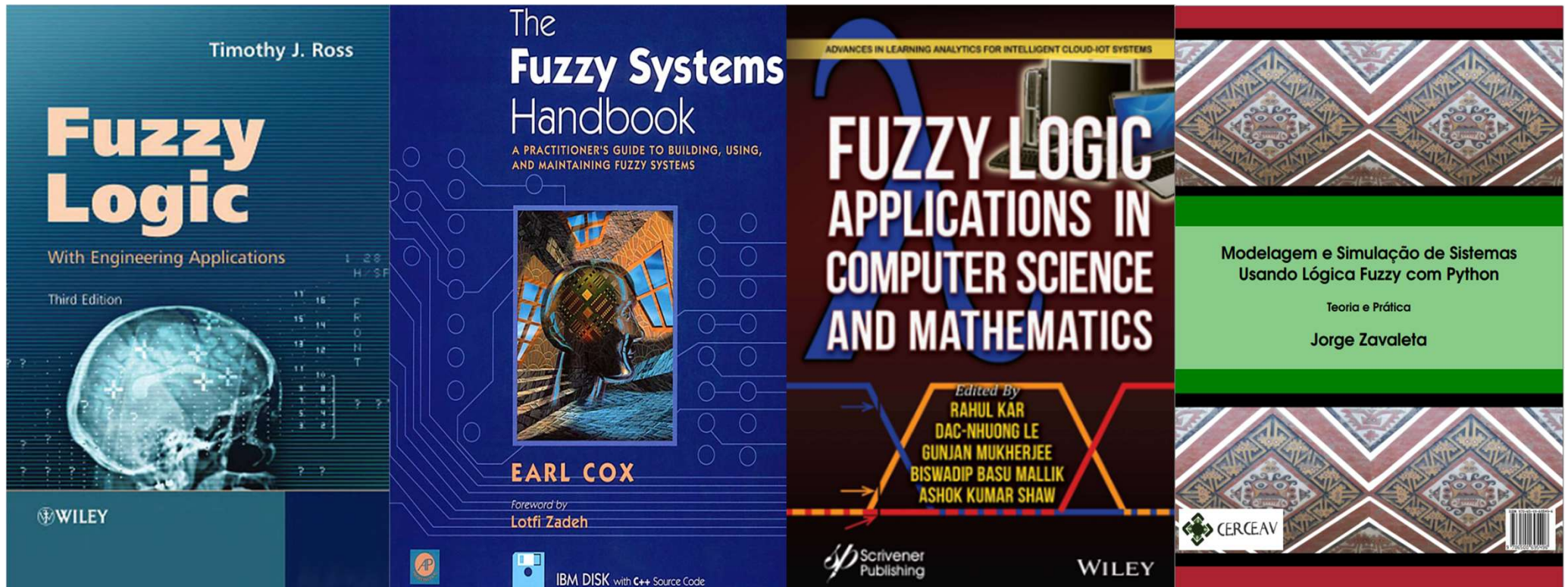


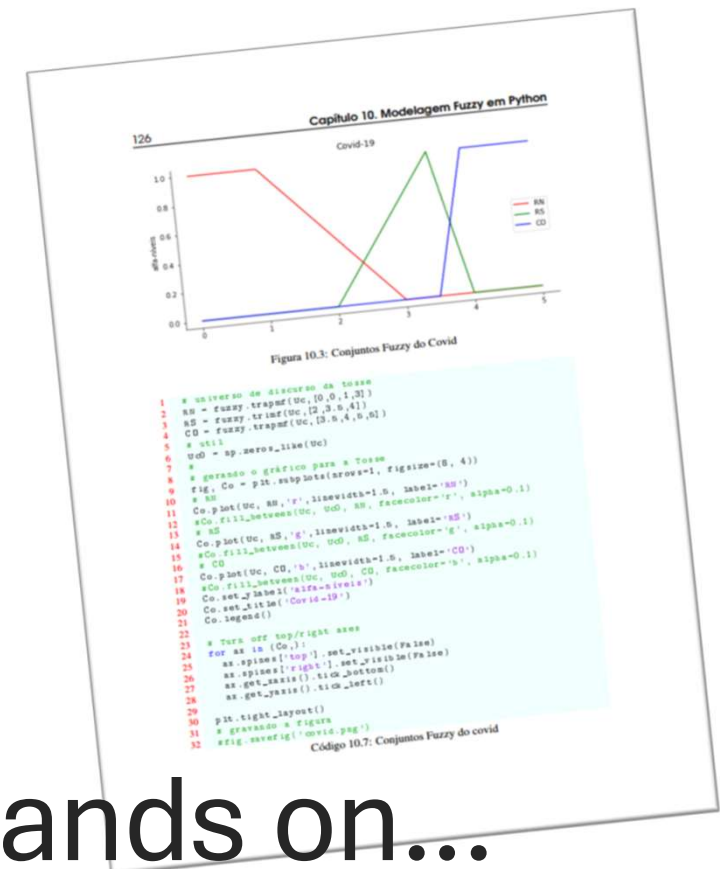
✓ FuzzyLite (via PyFuzzyLite) em C++

<https://fuzzylite.com/>



Referências





Hands on...

NOTEBOOKS:

- ANÁLISE DE SENTIMENTOS
+ LÓGICA FUZZY