# SISTEMAS INTELIGENTES

## Prática 7 – Sistemas Fuzzy
## (Aspectos de Implementação Computacional)

Ivan Nunes da Silva

## Objetivos da Aula

- Fixar por intermédio de implementação os aspectos básicos relativos à especificação de conjuntos fuzzy, assim como de suas operações básicas.
- Implementar os procedimentos computacionais visando a execução de operações de união, interseção e complemento entre conjuntos fuzzy.

## Introdução aos Sistemas Fuzzy

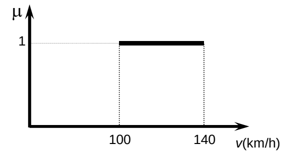
**Principais Características:**

- Exploram a riqueza da informação.
  - Informações qualitativas.
- Permitem expressar imprecisões e incertezas.
- O raciocínio é executado de forma aproximada (não exata).
- Independem da modelagem matemática.
- Sistemas baseados em regras linguísticas.

3

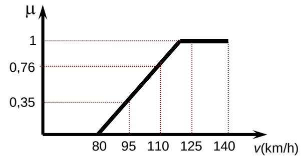
## Lógica Clássica e Lógica Fuzzy

**Representação gráfica do conceito de "Velocidade Alta":**



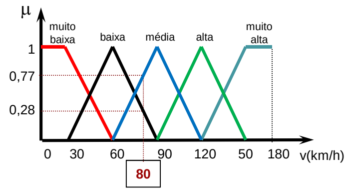

**Lógica Clássica**

*objetos pertencem ou não a uma determinada classe*




**Lógica Fuzzy**

*objetos podem pertencer mais (ou menos) a uma determinada classe*




**Sistema Fuzzy**

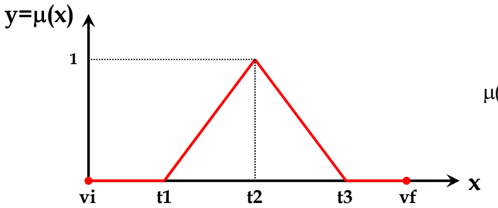
*Variáveis representadas por funções de pertinência*

4

# Implementação Computacional {Parte I(a)}

## (Vetores de Funções de Pertinência)

**Seja a Função de Pertinência Triangular definida conforme o gráfico a seguir:**




$$\mu(x)=\begin{cases}0, & \text{se } x \le t1\\ \dfrac{x-t1}{t2-t1}, & \text{se } x \in [t1, t2]\\ \dfrac{t3-x}{t3-t2}, & \text{se } x \in [t2, t3]\\ 0, & \text{se } x \ge t3\end{cases}$$

1. Implemente a função **vetTriang** que retorna o vetor **x** (contendo os valores do universo de discurso discretizado) e o vetor **y** (respectivos graus de pertinência → μ(x)), sendo composta dos seguintes argumentos:

**[x,y] = vetTriang (vi, vf, t1, t2, t3, n)**

onde: "**vi**" é o valor inicial do universo de discurso da variável;
"**vf**" é o valor final do universo de discurso em que a variável está definida;
"**t1**" é o ponto do universo de discurso em que se inicia a lateral esquerda do triângulo;
"**t2**" é o ponto do universo de discurso em que se encontra o vértice superior do triângulo;
"**t3**" é o ponto do universo de discurso em que se termina a lateral direita do triângulo;
"**n**" é a quantidade de pontos de discretização do universo de discurso.

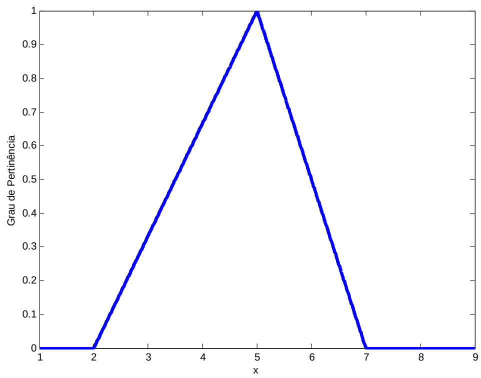
**Sugestão**: Utilize a função find → Exemplo: **find**(x >= t1, 1, 'first') ou **find**(x <= t3, 1, 'last')

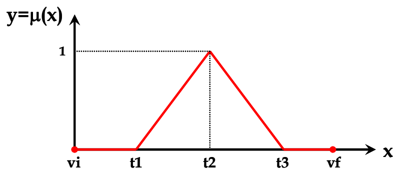


# Implementação Computacional {Parte I(b)}

## (Vetores de Funções de Pertinência)

2. Plotar o gráfico da função ilustrada abaixo a partir dos valores retornado pela função **vetTriang,** considerando vi=1.0; vf=9.0; t1=2.0; t2=5.0; t3=7.0, com n=1000.



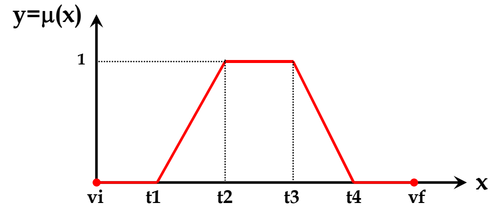




$$\mu(x)=\begin{cases}0, & \text{se } x \le t1\\ \dfrac{x-t1}{t2-t1}, & \text{se } x \in [t1, t2]\\ \dfrac{t3-x}{t3-t2}, & \text{se } x \in [t2, t3]\\ 0, & \text{se } x \ge t3\end{cases}$$

# Implementação Computacional {Parte II(a)}

## (Vetores de Funções de Pertinência)

**Seja a Função de Pertinência Trapezoidal definida conforme o gráfico a seguir:**




$$\mu(x)=\begin{cases} 0, & \text{se } x \le t1 \\ \dfrac{x-t1}{t2-t1}, & \text{se } x \in [t1, t2] \\ 1, & \text{se } x \in [t2, t3] \\ \dfrac{t4-x}{t4-t3}, & \text{se } x \in [t3, t4] \\ 0, & \text{se } x \ge t4 \end{cases}$$

1. Implemente a função **vetTrap** que retorna o vetor **x** (contendo os valores do universo de discurso discretizado) e o vetor **y** (respectivos graus de pertinência → μ(x)), sendo composta dos seguintes argumentos:

**[x,y] = vetTrap(vi, vf, t1, t2, t3,t4 n)**

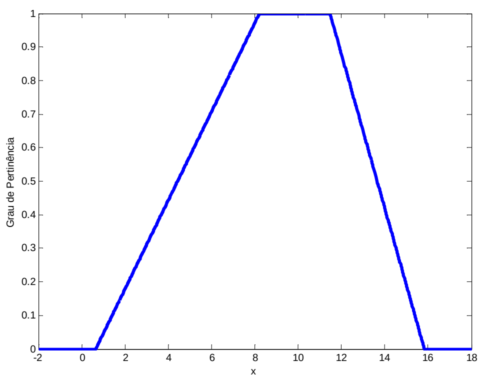
onde: "**vi**" é o valor inicial do universo de discurso da variável {x};
"**vf**" é o valor final do universo de discurso em que a variável {x} está definida;
"**t1**" é o ponto do universo de discurso em que se inicia a lateral esquerda do trapézio;
"**t2**" é o ponto do universo de discurso em que se inicia a base superior do trapézio;
"**t3**" é o ponto do universo de discurso em que se termina a base superior do trapézio;
"**t4**" é o ponto do universo de discurso em que se termina a lateral direita do trapézio;
"**n**" é a quantidade de pontos de discretização do universo de discurso.

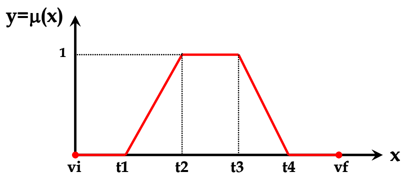


# Implementação Computacional {Parte II(b)}

## (Vetores de Funções de Pertinência)

2. Plotar o gráfico da função ilustrada na figura abaixo a partir dos valores retornado pela função **vetTrap**, considerando vi=– 2.0; vf=18.0; t1=0.65; t2=8.21; t3=11.47, t4=15.83 com n=1000.




$$\mu(x)=\begin{cases} 0, & \text{se } x \le t1 \\ \dfrac{x-t1}{t2-t1}, & \text{se } x \in [t1, t2] \\ 1, & \text{se } x \in [t2, t3] \\ \dfrac{t4-x}{t4-t3}, & \text{se } x \in [t3, t4] \\ 0, & \text{se } x \ge t4 \end{cases}$$

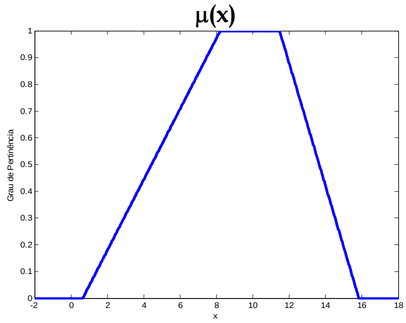
# Implementação Computacional {Parte III}
## (Vetores de Funções de Pertinência)

**Seja a Função de Complemento definida conforme a expressão a seguir:**

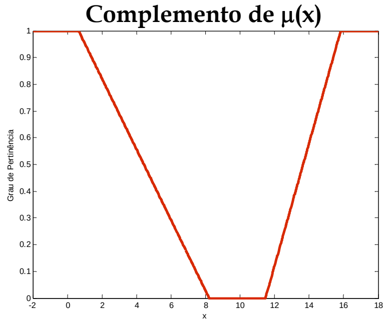
**vetComp(x) = 1 – x**

1. Implemente a função **vetComp** usando o matlab.
2. Plotar o complemento da função de pertinência trapezoidal do exercício anterior.

**μ(x)**



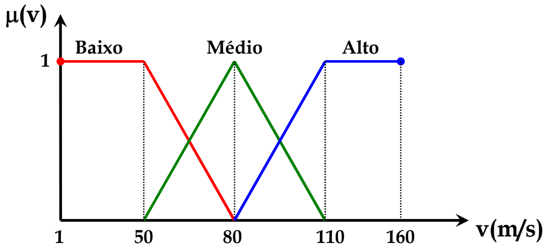

**Complemento de μ(x)**




9

# Implementação Computacional {Parte IV}
## (Vetores de Funções de Pertinência)

1. Considerando os gráficos dos termos das funções de pertinência da variável velocidade {**v**}, representados na ilustração abaixo, realize as implementações seguintes a partir da utilização das funções **vetTriang** e **vetTrap**, com n=500.
   a) (Baixo) ∪ (Médio)
   b) (Médio) ∩ (Alto)
   c) Não(Médio)

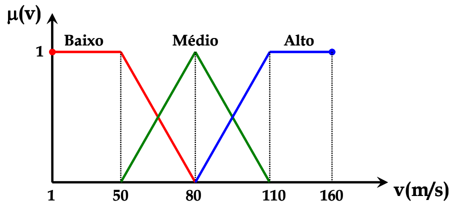



**Obs**: Utilize para a operação de União o operador Máximo {**Max**}, sendo que para a operação de interseção utilize o operador Mínimo {**Min**}.

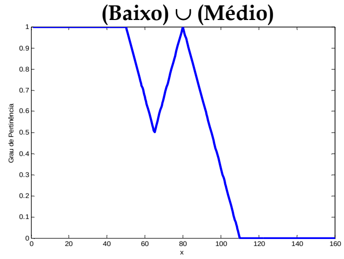
10

# Implementação Computacional {Parte IV}

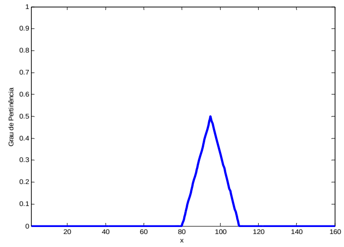
## (Vetores de Funções de Pertinência)



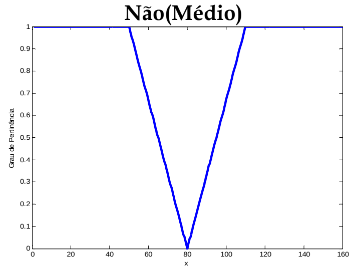

(Baixo) ∪ (Médio)



(Médio) ∩ (Alto)



Não(Médio)





# Fim da Apresentação

Núcleo de Pesquisa em
**AUTOMAÇÃO INTELIGENTE**
de Processos e Sistemas