

# Lógica Fuzzy

## Introdução Sistemas Neuro Fuzzy

Profa. Leticia T. M. Zoby

([leticia.zoby@iesb.edu.br](mailto:leticia.zoby@iesb.edu.br))

# Sistemas Neuro-Fuzzy (SNF)

## Introdução

- O SNF, pode ser definido como um sistema de inferência fuzzy treinado por uma RNA.
- Os sistemas híbridos neuro-fuzzy nasceram com o objetivo de associar o que há de melhor nas duas técnicas:
  - Capacidade das Redes Neurais Artificiais (RNA) em reconhecimento de padrões, classificação, robustez e habilidade de generalização
  - Facilidade do entendimento e interpretação do problema proposta pela lógica fuzzy.
- Alguns pesquisadores citam SNF como caixas cinza (gray box).

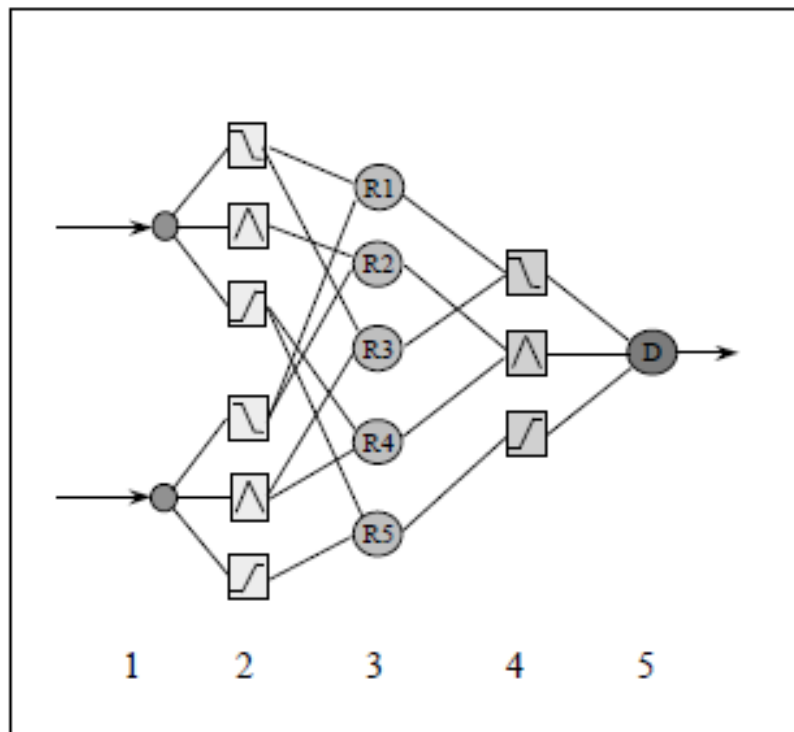
# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Limitações

- Pequeno número de entradas
- Problemas de convergência

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Arquitetura



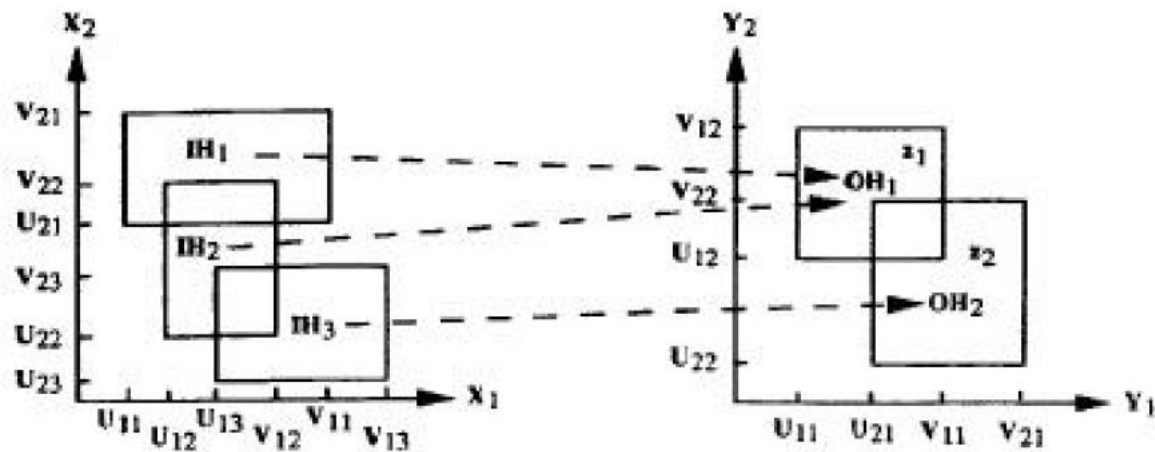
### Camadas

- 1 - Entradas
- 2- Fuzzyficação das entradas (pesos fuzzy)
- 3- Regras
- 4- Consequentes das regras
- 5- Defuzzificação

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Mapeamento

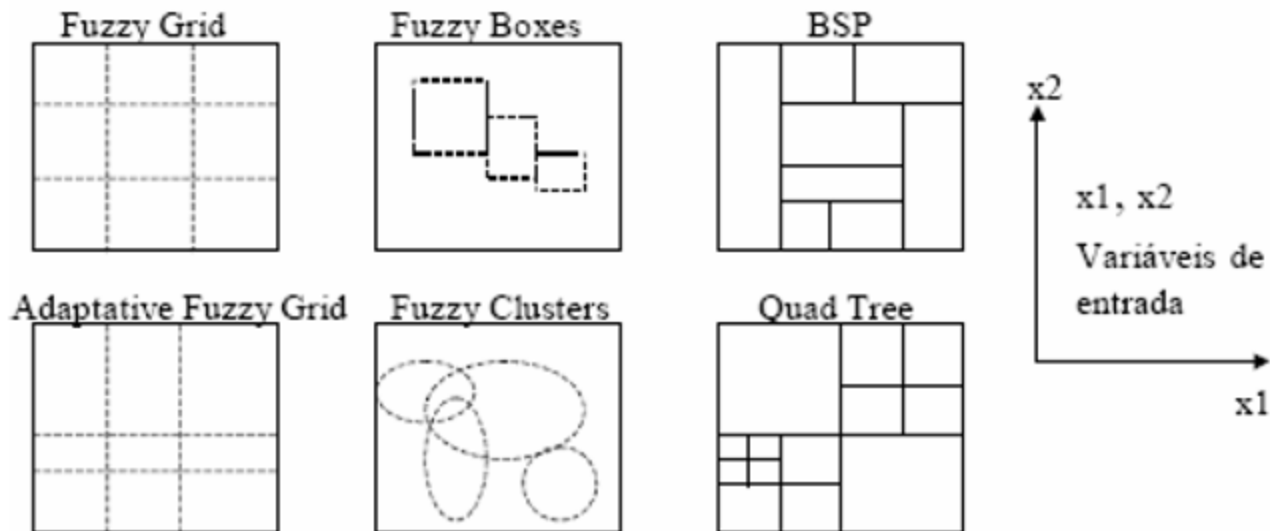
- Um SNF mapea regiões fuzzy de entrada em regiões fuzzy de saída através das regras.
- Essas regiões são definidas no processo de particionamento dos espaços de E/S.



# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Particionamento

- Alguns tipos:



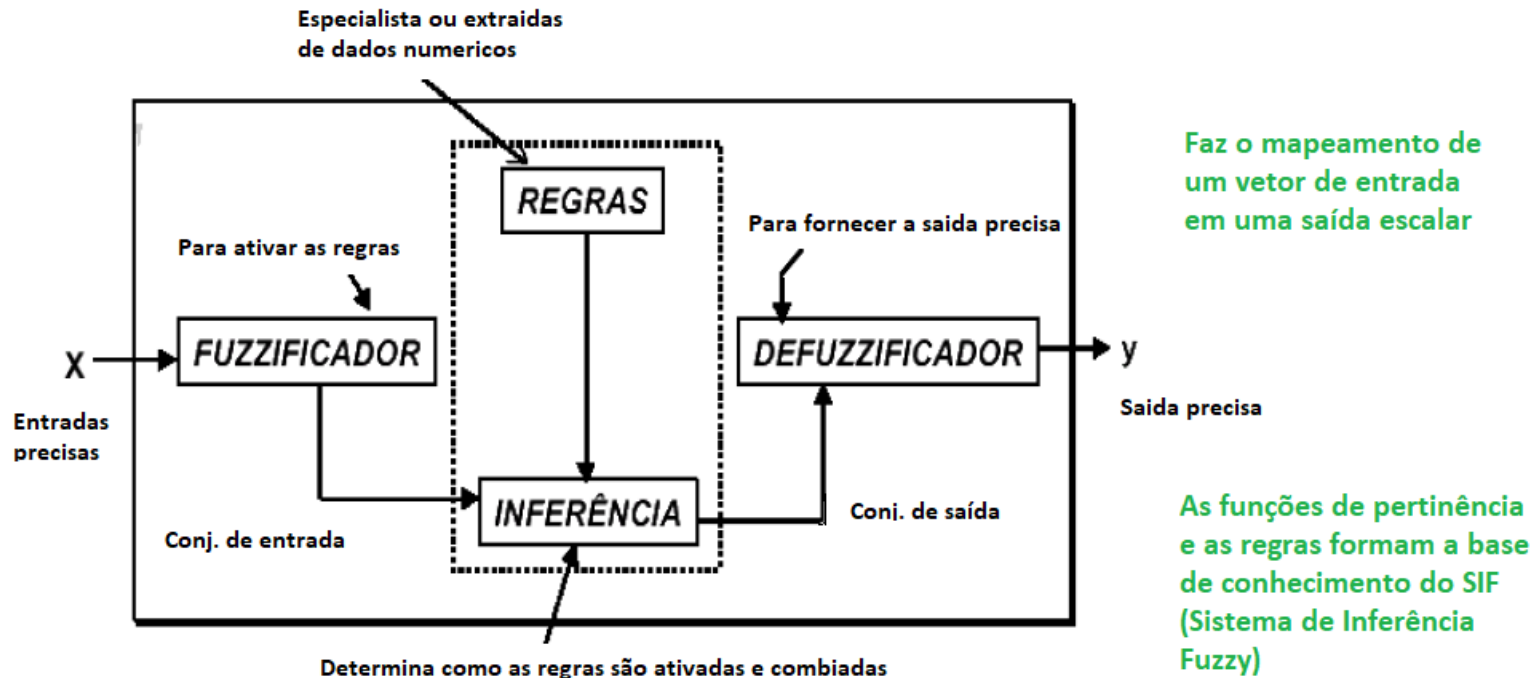
# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

- ANFIS - Adaptative Network Fuzzy Inference System (Jang 1993)
- NEFCLASS - Neuro- Fuzzy CLASSification (Nauck 1994)
- FSOM - Fuzzy Self Organized Map ( Vuorimaa 1996)
- NFH - Neuro-Fuzzy Hierárquico (Souza1997)

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Sistema de Inferência Fuzzy - SIF





# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Tipos de SIF

### 1. Mandani

- Regras são do tipo : se  $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$  então  $z=C$  (  $A$ ,  $B$  e  $C$  são conjuntos fuzzy )

### 2. Sugeno

- Regras são do tipo se  $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$  então  $z = f(x,y)$
- O consequente da regra é uma função não fuzzy das variáveis de entrada , em geral um polinômio.

### 3. Tsukamoto

- Regras são do tipo : se  $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$  então  $z=C$
- O consequente de cada regra é um conjunto fuzzy, cuja função de pertinência é monótona

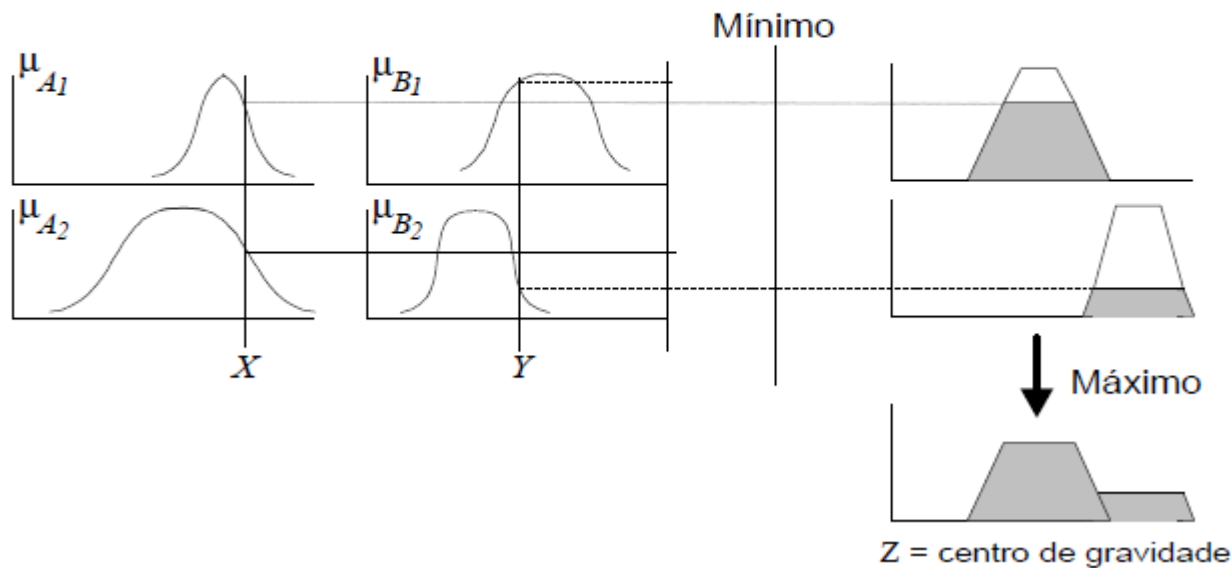
# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Tipos de SIF

### 1. Mandani

- Regras são do tipo : se  $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$  então  $z=C$  (  $A$ ,  $B$  e  $C$  são conjuntos fuzzy )
- EX:

se  $x$  é  $A_1$  e  $y$  é  $B_1$  então  $z = C_1$   
se  $x$  é  $A_2$  e  $y$  é  $B_2$  então  $z = C_2$



# Sistemas Neuro-Fuzzy

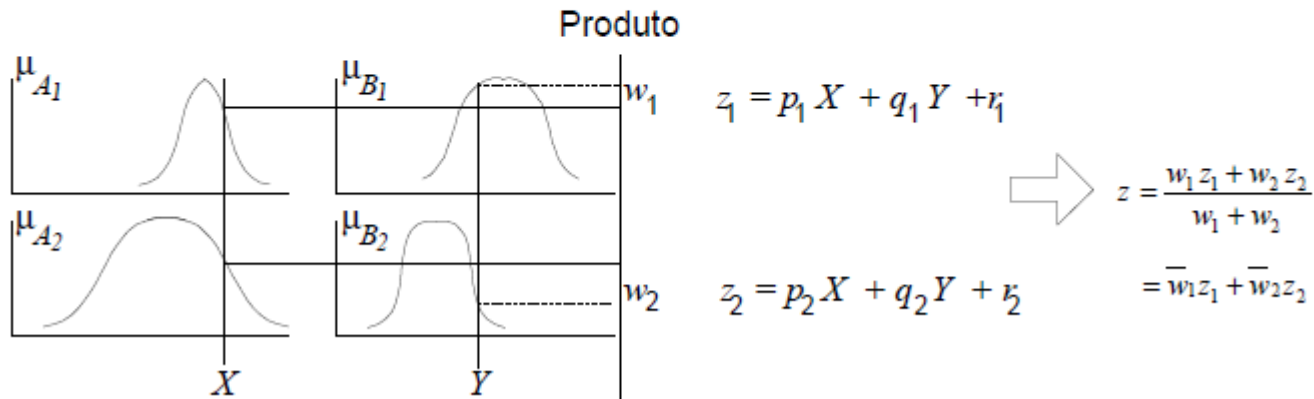
## Tipos de SIF

### 2. Sugeno

- Regras são do tipo se  $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$  então  $z = f(x,y)$
- O consequente da regra é uma função não fuzzy das variáveis de entrada, em geral um polinômio.

- Ex: 

Modelo Sugeno de primeira ordem  
se  $x$  é  $A_1$  e  $y$  é  $B_1$  então  $z_1 = p_1 x + q_1 y + r_1$   
se  $x$  é  $A_2$  e  $y$  é  $B_2$  então  $z_2 = p_2 x + q_2 y + r_2$



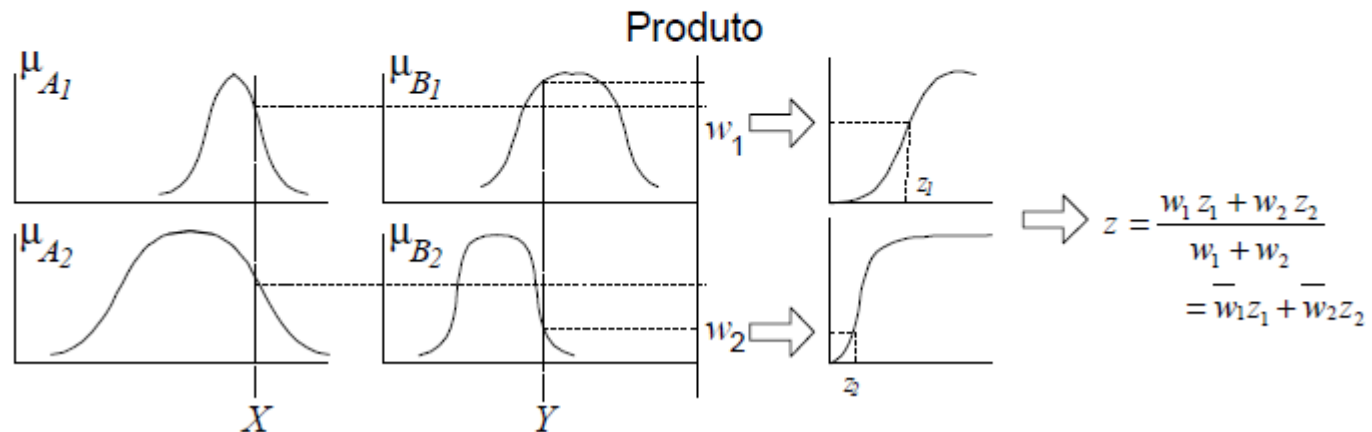
# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Tipos de SIF

### 3. Tsukamoto

- Regras são do tipo : se  $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$  então  $z=C$
- O consequente de cada regra é um conjunto fuzzy, cuja função de pertinência é monótona
- Ex:

se  $x$  é  $A_1$  e  $y$  é  $B_1$  então  $z = C_1$   
se  $x$  é  $A_2$  e  $y$  é  $B_2$  então  $z = C_2$



# Sistemas Neuro-Fuzzy

## Modelagem - SIF

- A modelagem pode ser realizada em dois estágios não totalmente independentes:
  - 1) Identificação da Estrutura
    - Selecionar as variáveis de entrada e saída
    - Escolher um tipo de FIS
    - Determinar o número de termos linguísticos (valores associadas a cada variável)
    - Elaborar um conjunto de regras fuzzy (SE-Então)
  - 2) Ajuste dos parâmetros
    - Escolher funções de pertinência (trapzoidal, gaussiana...)
    - Utilizar o conhecimento do especialista para definir os parâmetros
    - Realizar ajustes

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

- ANFIS - Adaptative Network Fuzzy Inference System (Jang 1993)
- NEFCLASS - Neuro- Fuzzy CLASSification (Nauck 1994)
- FSOM - Fuzzy Self Organized Map ( Vuorimaa 1996)
- NFH - Neuro-Fuzzy Hierárquico (Souza1997)

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

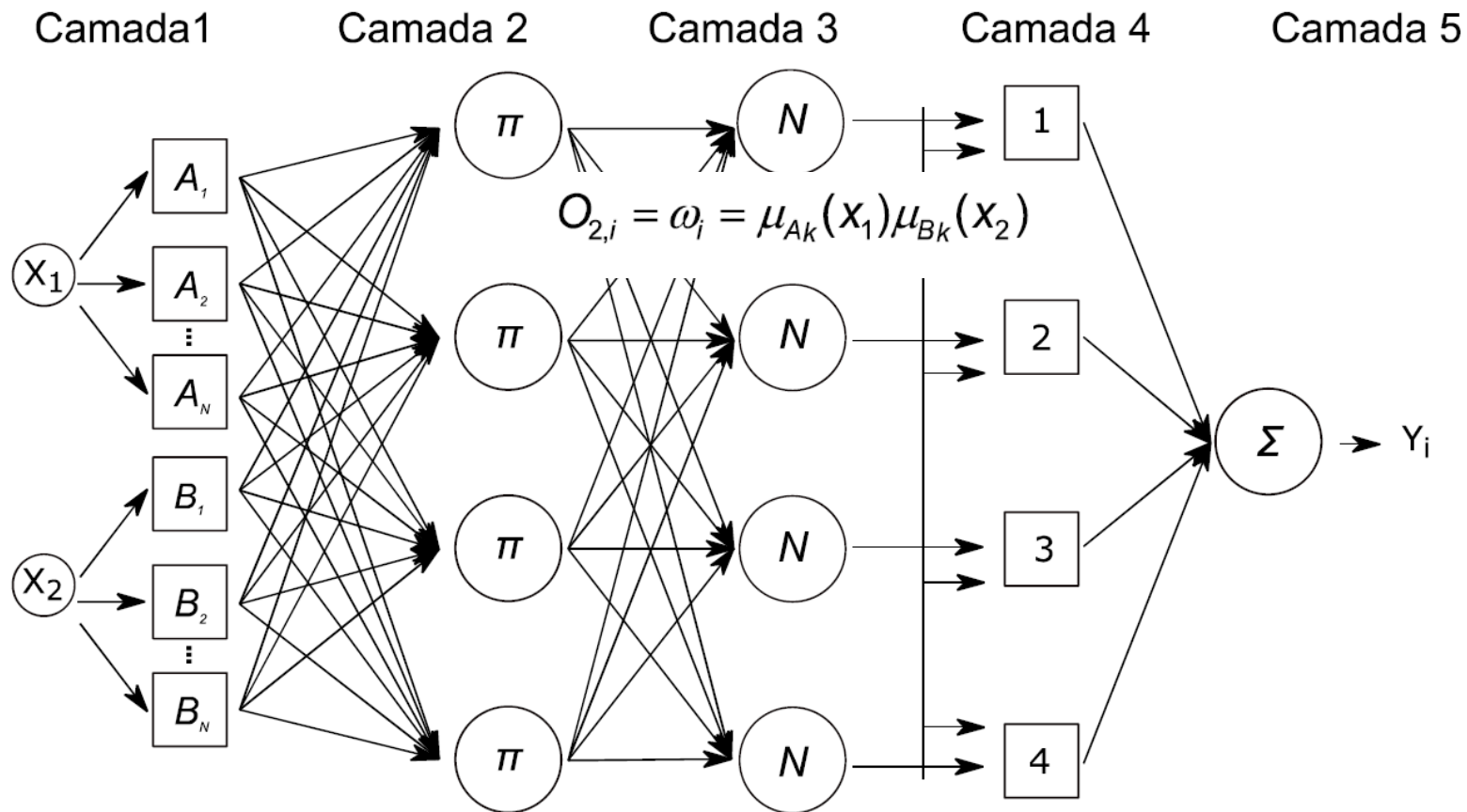
ANFIS - Adaptative Network Fuzzy Inference System (Jang 1993)

- É uma rede neural com a função básica de implementar um sistema de inferência fuzzy por meio de uma arquitetura paralela distribuída de uma RNA, de maneira que os algoritmos de aprendizagem possam ser utilizados para ajuste do sistema de inferência fuzzy.
- Esta estrutura é do tipo Takagi-Sugeno

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

- ANFIS - Adaptive Network Fuzzy Inference System (Jang 1993)





# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

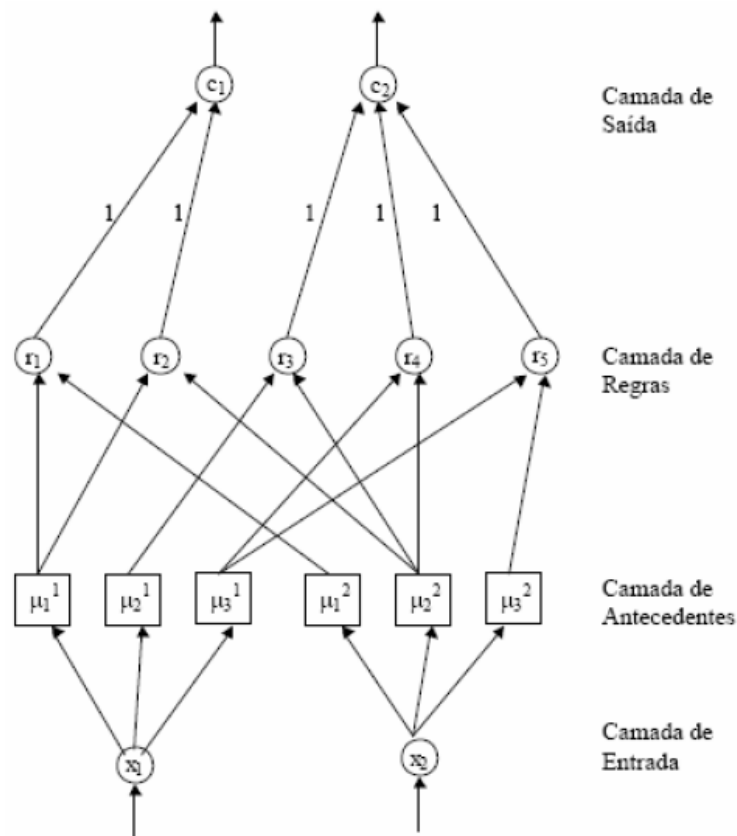
NEFCLASS - Neuro- Fuzzy CLASSification (Nauck 1994)

- O sistema NEFCLASS foi proposto por Nauck e Kruse com o objetivo principal de realizar classificação de padrões.

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

NEFCLASS - Neuro- Fuzzy CLASSification (Nauck 1994)



# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

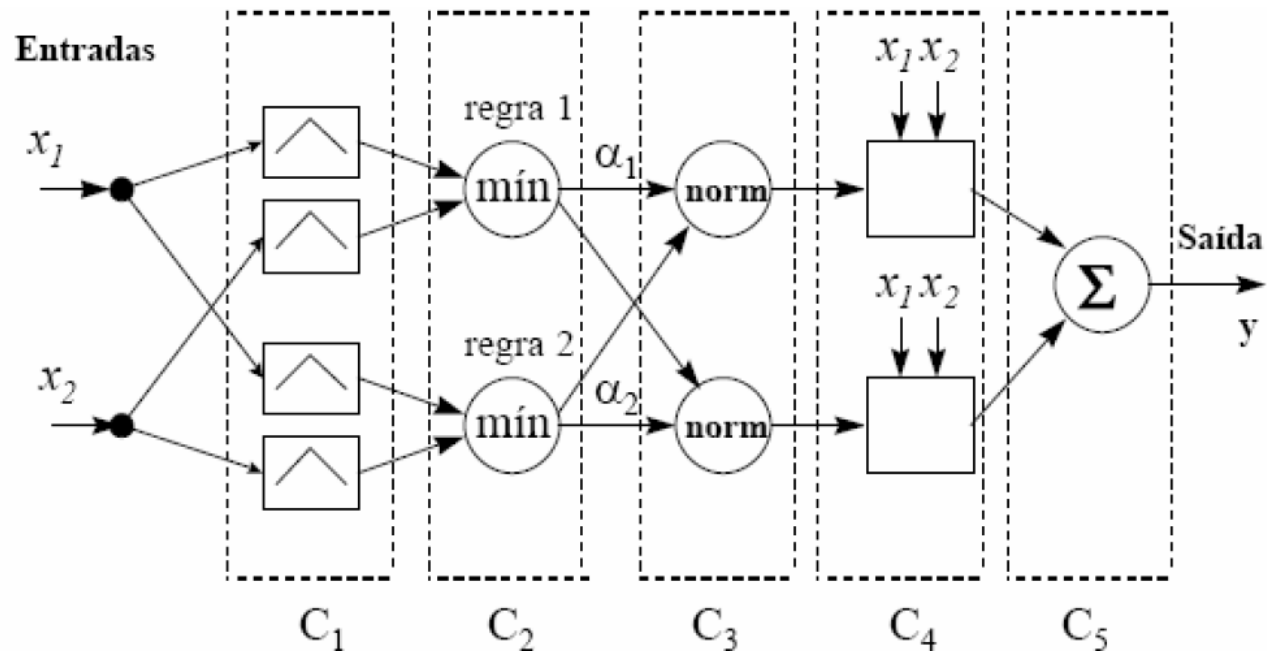
### FSOM - Fuzzy Self Organized Map ( Vuorimaa 1996)

- O Fuzzy Self-Organized Map ou FSOM, proposto por Vuorimaa, possui uma estrutura muito semelhante ao modelo ANFIS.
- A identificação da estrutura é feita através de um mapa auto-organizável que identifica *clusters*.
- Este método utiliza particionamento do tipo Fuzzy-Box. Além disso, as funções de pertinência utilizadas nos antecedentes são de formato triangular.

# Sistemas Neuro-Fuzzy

## SNF - Exemplos

- FSOM - Fuzzy Self Organized Map ( Vuorimaa 1996)



# Referências

- JANG, J.-S. R. Anfis: Adaptive-network-based fuzzy inference systems. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, [S.l.], v. 23, p. 714-723, May-June 1993.
- JANG, J.-S. R.; Sun, C.T.; Mizutani, E; Neuro-Fuzzy and Soft Computing : A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice Hall Inc, 1997
- LUGER, George F. Inteligência Artificial. Pearson (Edição Digital). 2015.