UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

Sistemas Nebulosos

Inferência Nebulosa

André Paim Lemos

andrepl@cpdee.ufmg.br

Inferência Nebulosa

- Temperatura = 75ºC – Pressão: 2 Psi

SE Temperatura é BAIXA E Pressão é ALTA ENTÃO Vazão é ALTA

SE Temperatura é MEDIA E Pressão é MEDIA ENTÃO Vazão é BAIXA

SE Temperatura é ALTA E Pressão é BAIXA ENTÃO Vazão é BAIXA

Vazão = ?

Relação Binária

- Produto Cartesiano

$$U \times V = \{(x, y) | x \in U \;\; e \;\; y \in V\}$$

- Relação binária R(U,V)

$$\mu_R(x, y) = \begin{cases} 1 \quad \iff \;\; (x, y) \in R(x, y) \\ 0 \;\; caso \;\; contrario \end{cases}$$

Relação Binária

- Exemplo
  - R(U,V) : x é divisível por y
    - U = {10, 15, 20}
    - V = {2, 3, 5}

R (U,V) = {(10,2), (10,5), (15,3), (15,5), (20,2), (20,5)}

Relação Binária

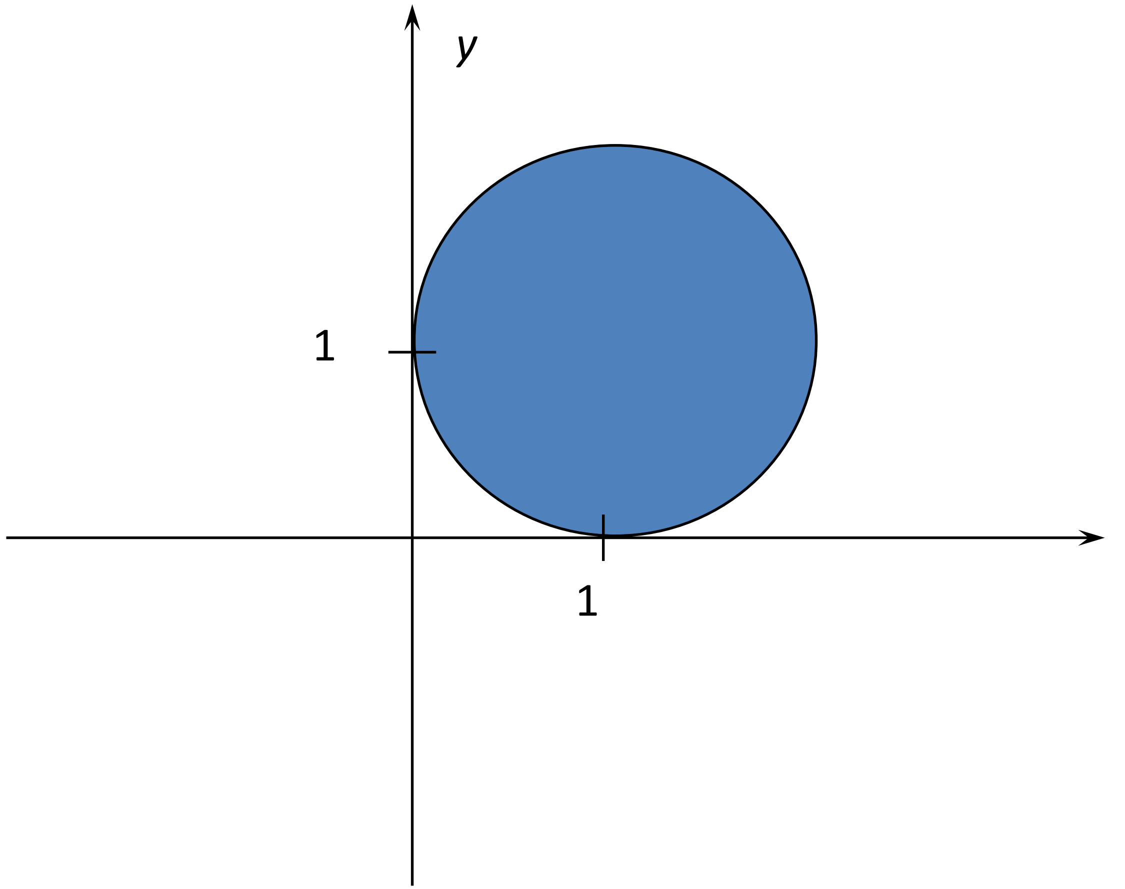
- Conjuntos ordinários
  - Elemento pertence ou não a relação

  - R(U,V) : x é divisível por y
    - U = {10, 15, 20}
    - V = {2, 3, 5}

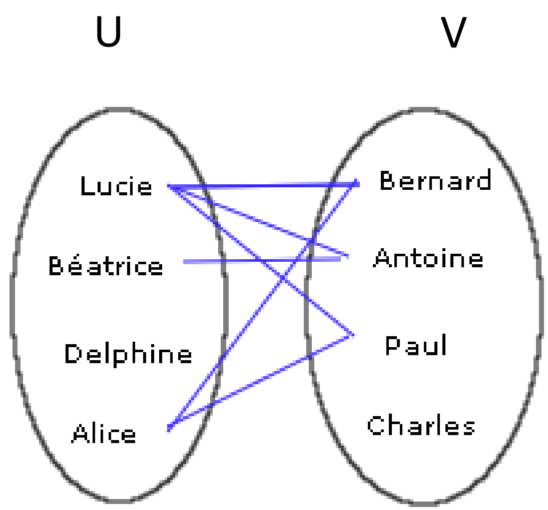
$$(10, 2) \in R \qquad\qquad (10, 3) \notin R$$

Relação Binária

$$R : (x-1)^2 + (y-1)^2 \leq r^2$$



Relação Binária



Domínio = U

Co-Domínio = V

Imagem = Subconjunto dos elementos de V associados a elementos de U

Relação Nebulosa

- Representa o *grau* de presença ou ausência de associação, interação entre os elementos de dois ou mais conjuntos nebulosos

- Exemplos:
  - x é bem maior que y
  - y é muito próximo de x
  - SE x é alto ENTÃO y é baixo

Relação Nebulosa

- Relação binária nebulosa é um conjunto nebuloso definido no espaço cartesiano UxV

$$R(U,V) = \{(x,y), \mu_R(x,y) | (x,y) \in U \times V\}$$

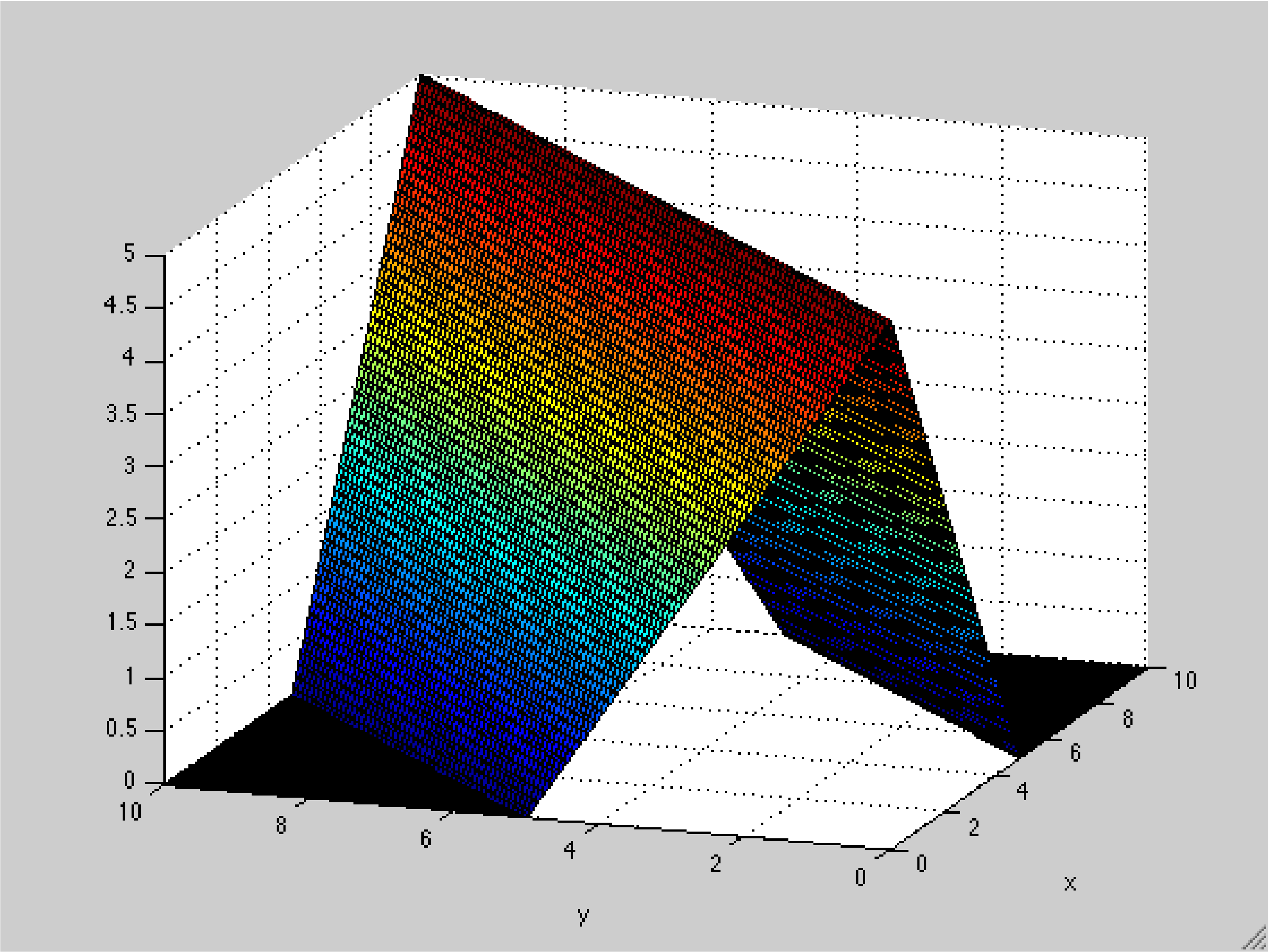
- Conjuntos ordinários : $\mu_R(x,y) \in \{0,1\}$
- Conjuntos nebulosos : $\mu_R(x,y) \in [0,1]$

Relação Nebulosa

- Exemplo
  - Sejam U e V números reais
  - R(x,y) : “x é próximo de y”

$$\mu_R(x,y) = max\{(5 - |x - y|)/5, 0\}$$

Relação Nebulosa



Relação Nebulosa

- U = V = {10,40,80,100,300}
- R(x,y) : “x é muito maior que y”

$$\mu_R(x,y) =$$

X/Y	10	40	80	100	300
10	0	0	0	0	0
40	0,4	0	0	0	0
80	0,8	0,2	0	0	0
100	1,0	0,6	0,2	0	0
300	1,0	0,8	0,4	0,2	0

Relação Nebulosa

- Operações, união, intercessão, complemento também podem ser utilizadas em relações nebulosas

$$\mu_{R\cap S}(x,y) = \mu_R(x,y) \wedge \mu_S(x,y)$$

$$\mu_{R\cap S}(x,y) = \mu_R(x,y) \vee \mu_S(x,y)$$

Λ = t-norma
V = s-norma

Relação Nebulosa

- Exemplo:
  - U = {2,12} e V={1,7,13}
  - Relações:
    - “u é próximo de v”
    - “u é muito menor que v”

$$\mu_p(u,v) = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \end{pmatrix}$$

$$\mu_m(u,v) = \begin{pmatrix} 0 & 0.6 & 1 \\ 0 & 0 & 0.3 \end{pmatrix}$$

Relação Nebulosa

- "u é próximo de v" e "u é muito menor de v"

$$\mu_{p\cap m}(u,v) = \mu_p(u,v) \wedge \mu_m(u,v)$$

$$\mu_p(u,v) = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \end{pmatrix}$$

$$\mu_m(u,v) = \begin{pmatrix} 0 & 0.6 & 1 \\ 0 & 0 & 0.3 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{p\cap m}(u,v) = \begin{pmatrix} 0 & 0.4 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.3 \end{pmatrix}$$

Relação Nebulosa

- "u é próximo de v" ou "u é muito menor de v"

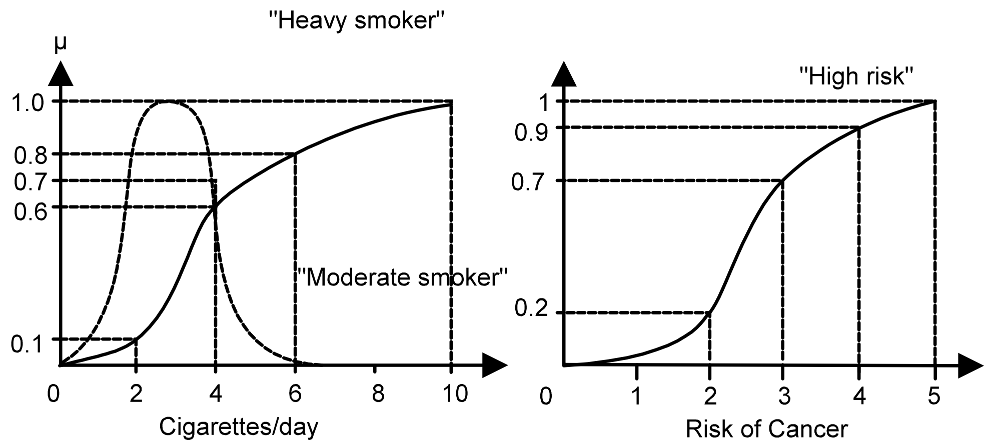
$$\mu_{p \cup m}(u,v) = \mu_p(u,v) \vee \mu_m(u,v)$$

$$\mu_p(u,v) = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \end{pmatrix}$$

$$\mu_m(u,v) = \begin{pmatrix} 0 & 0.6 & 1 \\ 0 & 0 & 0.3 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{p \cup m}(u,v) = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.6 & 1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \end{pmatrix}$$

Relação Nebulosa



(a)

Cigarettes \ Risk	1	2	3	4	5
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.0	0.2	0.6	0.6	0.6
6	0.0	0.2	0.7	0.8	0.8
10	0.0	0.2	0.7	0.9	1.0

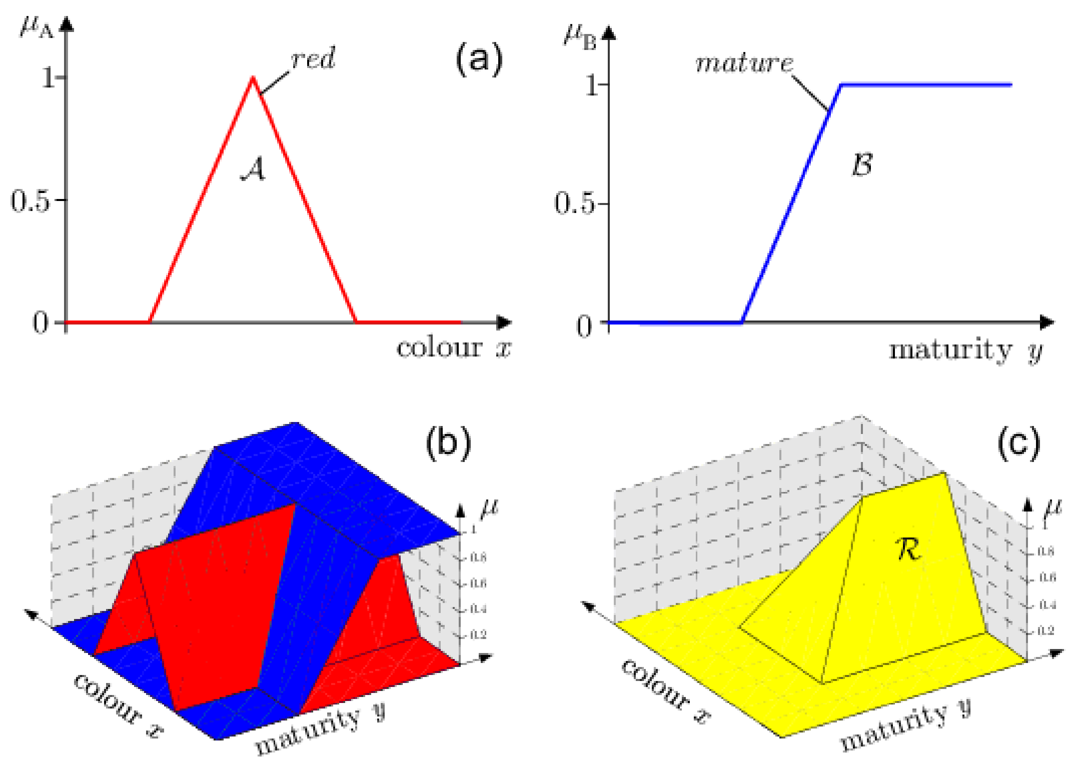
(b)

*If a person is a **Heavy Smoker** then he has a **High Risk** of lung cancer”*

Relacão Nebulosa

- Regra nebulosa:

  *Se a cor da fruta é **vermelho** então a fruta está **madura***



Composição de Relações Nebulosas

- “u é próximo de v” definida em UxV (U={2,12} e V={1,7,13}

$$\mu_p(u,v) = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \end{pmatrix}$$

- “v é muito maior que w” definida em VxW (W={4,8})

$$\mu_{mm}(v,w) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0.6 & 0 \\ 1 & 0.7 \end{pmatrix}$$

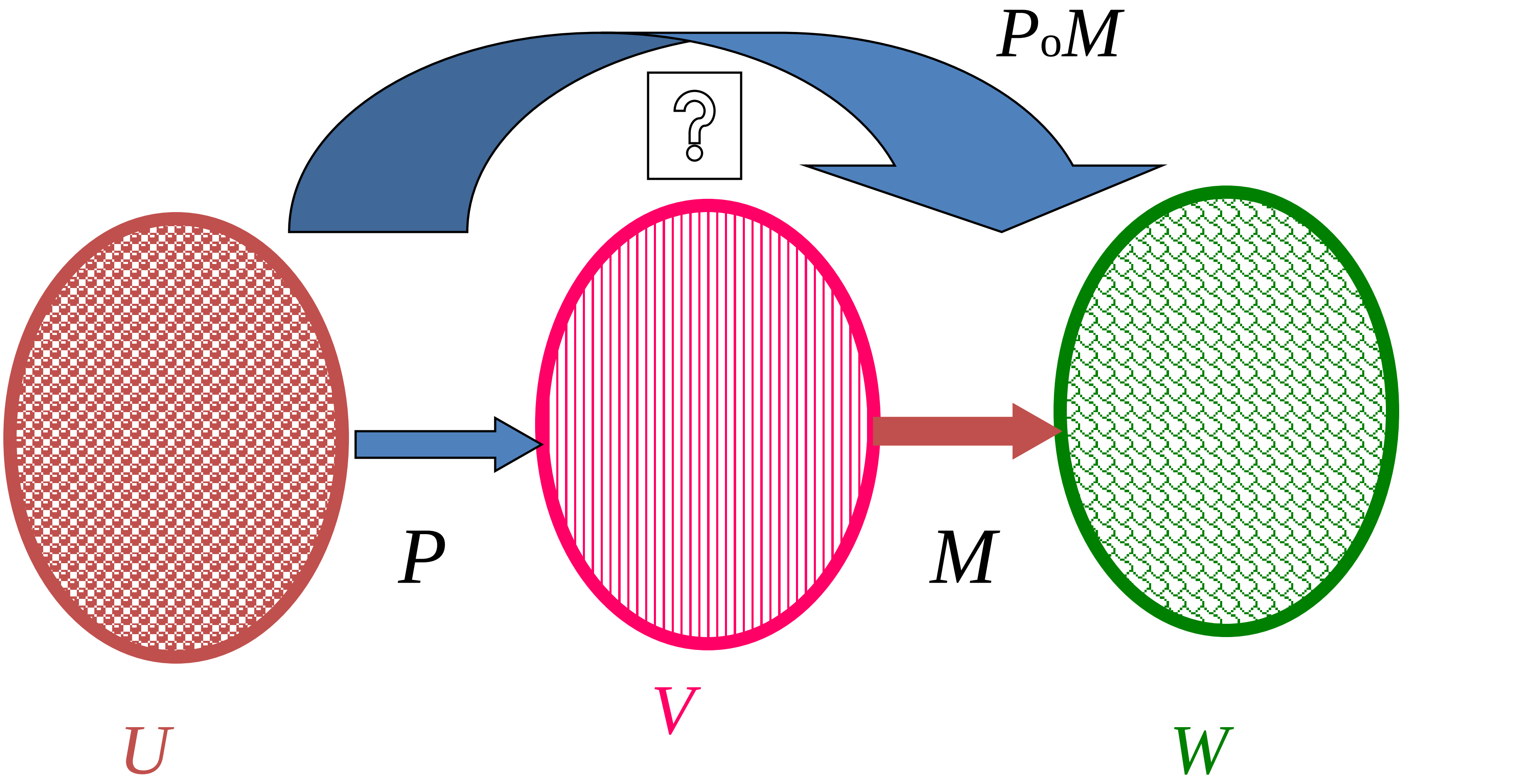
Composição de Relações Nebulosas

- A proposição
  - "u é próximo de v e v é muito maior que w"
- Composição de duas relações nebulosas

$$R(U,W) = P(U,V) \circ M(V,W)$$

- *R(U,W)* é definida em UxW

Composição de Relações Nebulosas



Composição de Relações Nebulosas

- Composição Max-Min

$$\mu_{P \circ M(u,w)} = \{(u,w), max_y \left[min(\mu_p(u,v), \mu_{mm}(v,w)\right]\}$$

∧ = min
V = max

Composição de Relações Nebulosas

- "u é próximo de v e v é muito maior que w"

$$\mu_p(u,v) = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{mm}(v,w) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0.6 & 0 \\ 1 & 0.7 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \quad \mu_{p \circ mm} = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.1 \\ 0.9 & 0.7 \end{pmatrix}$$

Composicão de Relações Nebulosas

- Similar a uma multiplicação de matrizes
  - Porém tratar multiplicação como mínimo e adição como máximo

- Exemplo:

$$\mu_{p \circ mm}(1,1) = max(min(0.9, 0),$$
$$min(0.4, 0.6), min(0.1, 1)) = 0.4$$

Composição de Relações Nebulosas

- Caso particular *Proposição Nebulosa*

$$\boxed{\textbf{x é mediamente grande E z é muito menor que x}}$$

$U = \{ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$

$W = \{z_1, z_2, z_3, z_4\}$

$\mu_{mg}(x) = \{.3/5, .7/10, 1/15, .7/20, .3/25\}$

$$\mu_{mm}(x,z) = \begin{array}{c c} & \begin{array}{cccc} z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ \{1 & 2 & 3 & 4\} \end{array} \\ \begin{array}{c} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{array} & \begin{pmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.8 & 0.7 & 0.3 & 0.2 \\ 1 & 0.8 & 0.6 & 0.4 \\ 1 & 1 & 0.8 & 0.6 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{array} \Rightarrow \mu_{P \circ Q}(z) = \{1/1, .8/2, .7/3, .6/4\}$$

Composição de Relações Nebulosas

- Composição Max-Produto

$$P \circ M(u,w) = \vee[\mu_P(u,v)\mu_M(v,w)]$$

- Composição Max-Estrela (★=t-norma)

$$P \circ M(u,w) = \vee[\mu_P(u,v) \star \mu_M(v,w)]$$

Propriedades de Relações Nebulosas

$$R \circ (S \circ T) = (R \circ S) \circ T$$

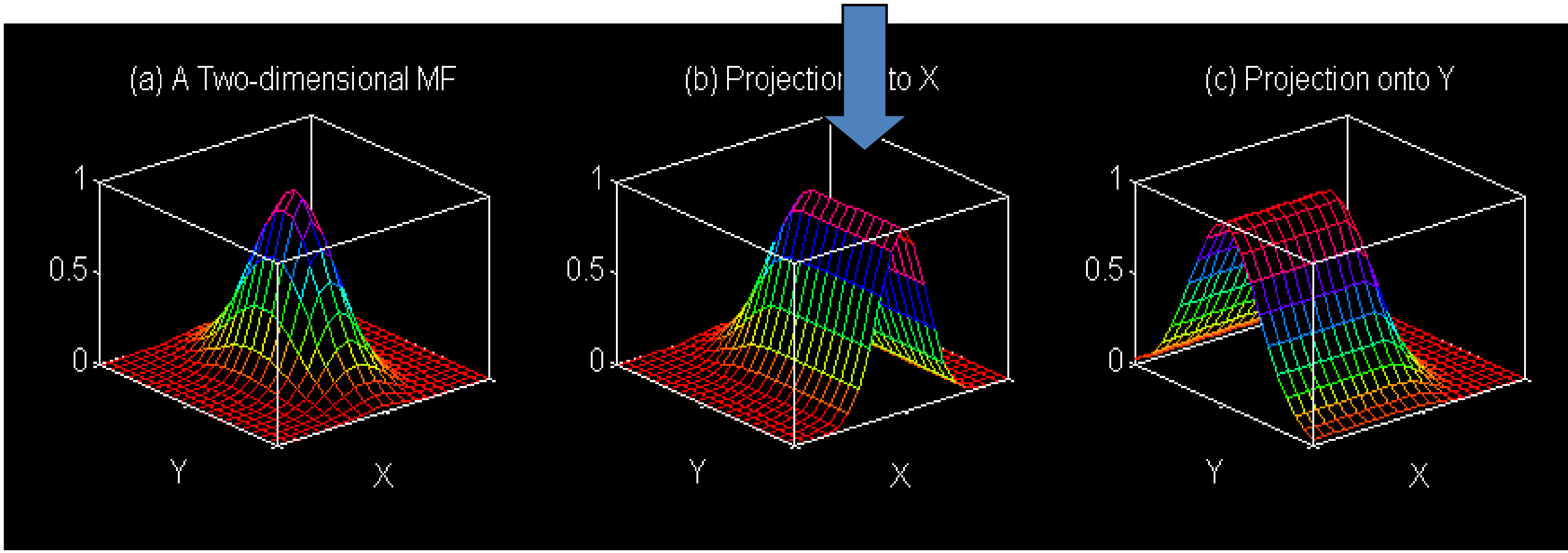
$$R \circ (S \cup T) = (R \circ S) \cup (R \circ T)$$

$$R \circ (S \cap T) \subseteq (R \circ S) \cap (R \circ T)$$

$$S \subseteq T \implies R \circ S \subset R \circ T$$

Projeção de uma Relação Nebulosa

$$[R \downarrow x] = \left\{ \left[x, \max_{y} \mu_R(x,y) \right] / (x,y) \in X \times Y \right\}$$



$$[R \downarrow y] = \left\{ \left[y, \max_{x} \mu_R(x,y) \right] / (x,y) \in X \times Y \right\}$$

Inferência Nebulosa

Temperatura = 75°

SE Temperatura é ALTA
ENTÃO Vazão aumenta

⬇

Vazão = ?

R1 ⇨ Relação simples
(um conjunto nebuloso)

R2 ⇨ Relação de Implicação
A → B

⬇

Composição das Relações
R1 o R2

Variável Linguística

- Variável numérica: assume valor numérico (temperatura = 75^{o}C)
- Variável linguística: assume valor linguístico (jovem, velho, alto, baixo, gordo, magro, quente, frio, etc).
- *Valor linguístico é um conjunto nebuloso*

Variável Linguística

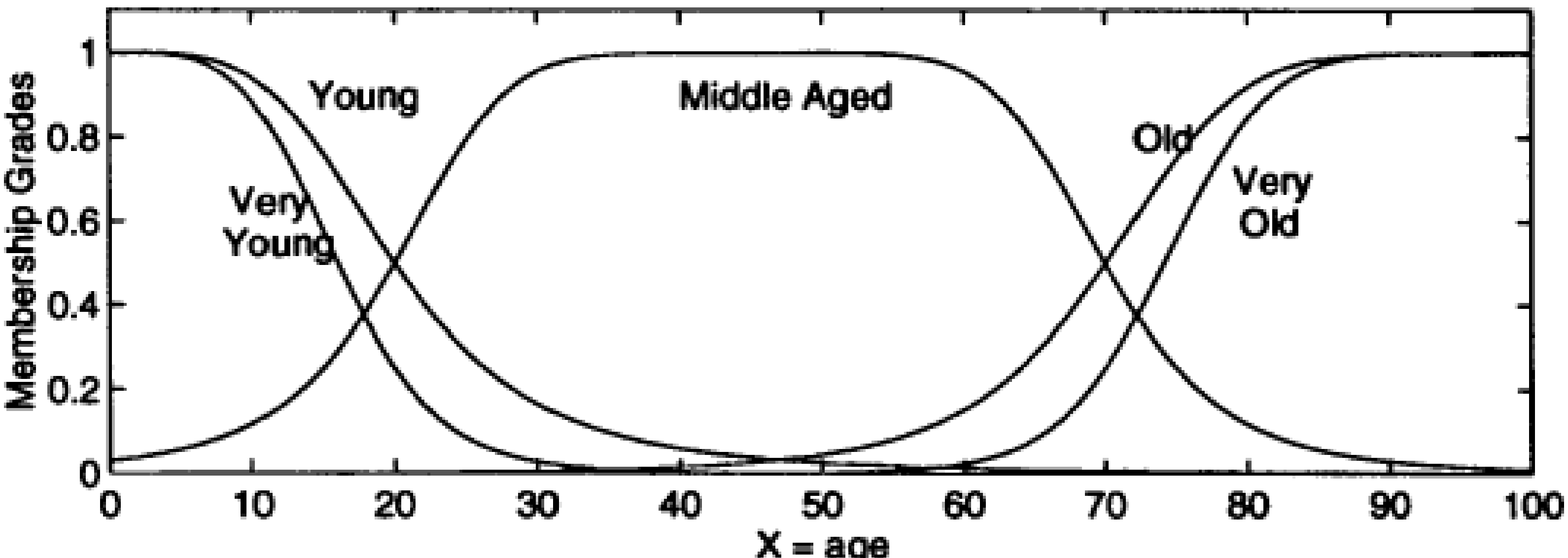
- Definida por:
  - x : nome da variável
  - T(x) : conjunto de termos
    - Valores linguísticos ou termos linguísticos
  - X : universo de discurso
  - G : regra sintática
    - Responsável por gerar os termos de T(x)
  - M : regra semântica
    - Responsável por associar cada valor linguístico A com um significado M(A)
    - Significado = conjunto nebuloso

Variável Linguística

- Exemplo:
  - T(idade) = {novo, muito novo, não tão novo, meia idade, não meia idade, velho, muito velho, não tão velho, mais ou menos velho, extremamente)

  - Termos primários: novo, meia-idade, velho
  - Negações : não
  - Hedges : muito, mais ou menos, extremamente

Variável Linguística



Concentração e Dilatação de Valores Linguísticos

- Seja A um valor linguístico caracterizado por um conjunto nebuloso

- A^k é uma versão modificada de A

$$A^k = \int_X [\mu_A(x)]^k / x$$

Concentração e Dilatação de Valores Linguísticos

- Concentração

$$CON(A) = A^2$$

- Dilatação

$$DIL(A) = A^{0.5}$$

- Concentração : muito
- Dilatação : mais ou menos

Negação, Conjunção, Disjunção de Valores Linguísticos

- A negação e os conectivos E e OU podem ser interpretados como:

$$NOT(A) = \neg A = \int_X [1 - \mu_A(x)]/x$$

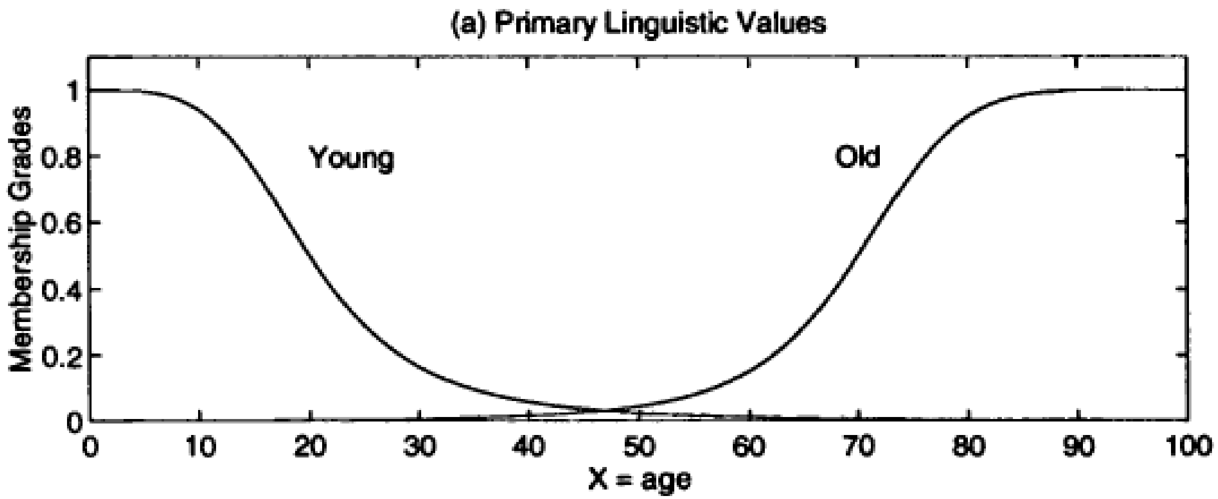
$$A \;\; E \;\; B = A \cap B = \int_X [\mu_A(x) \wedge \mu_B(x)]/x$$

$$A \;\; OU \;\; B = A \cup B = \int_X [\mu_A(x) \vee \mu_B(x)]/x$$

Manipulação de Variáveis Linguísticas

$$\mu_{novo}(x) = bell(x, 20, 2, 0)$$

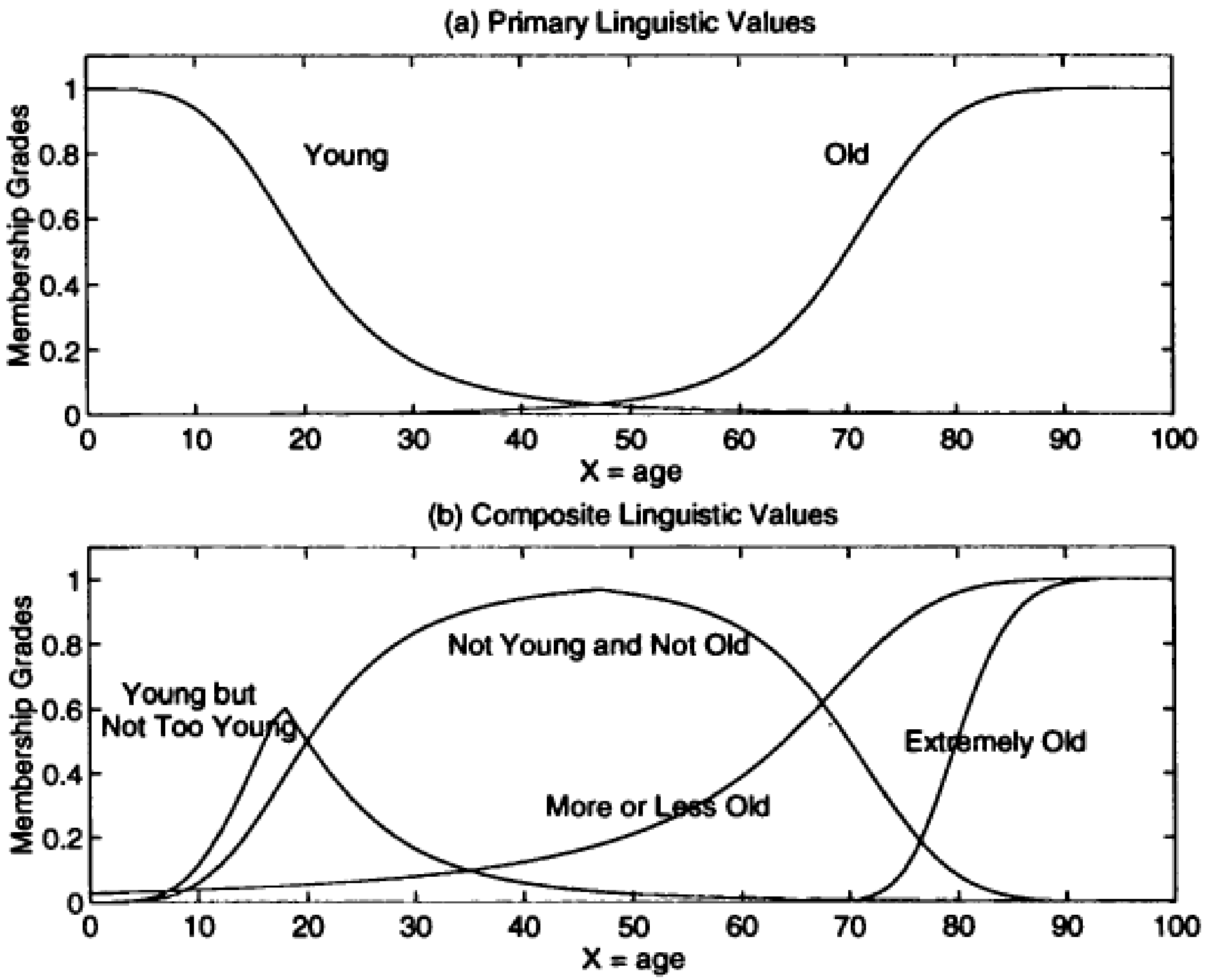
$$\mu_{velho}(x) = bell(x, 30, 3, 100)$$



Manipulação de Variáveis Linguísticas

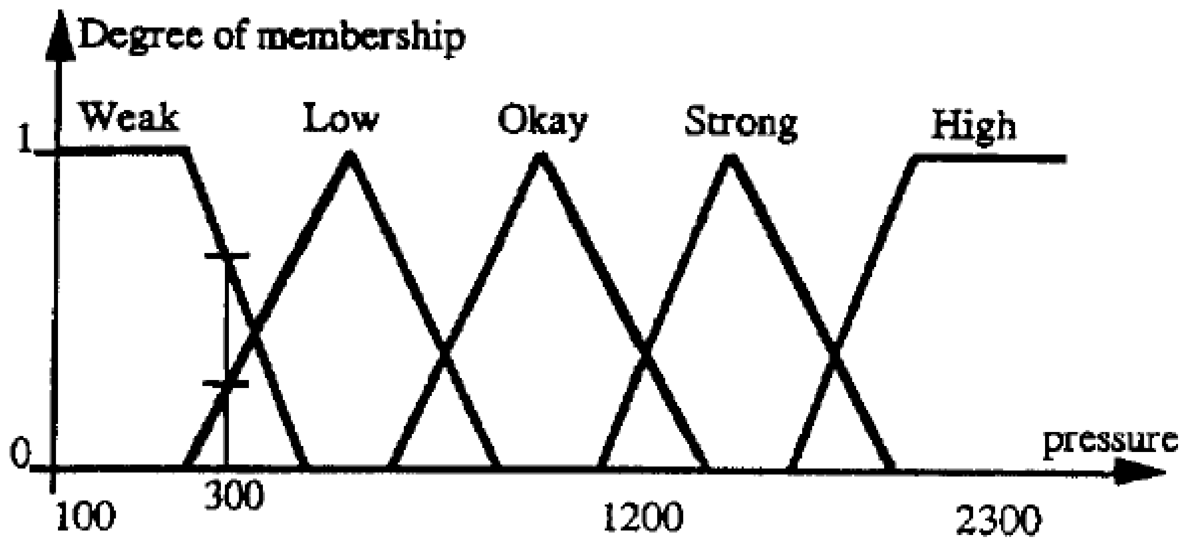
- Mais ou menos velho = DIL(velho)
- Não novo e não velho = $\neg$ novo $\cap$ $\neg$velho
- Novo mas não muito novo = novo $\cap$ $\neg$ CON(novo)
- Extremamente velho = CON(CON(CON(velho)))

Manipulação de Variáveis Linguísticas



Proposição Nebulosa

- Proposição Nebulosa: atribuição de um valor lingüístico a uma variável lingüística
  - Exemplo:
    - A pressão é alta



Regra Nebulosa

- Regra SE-ENTÃO nebulosa

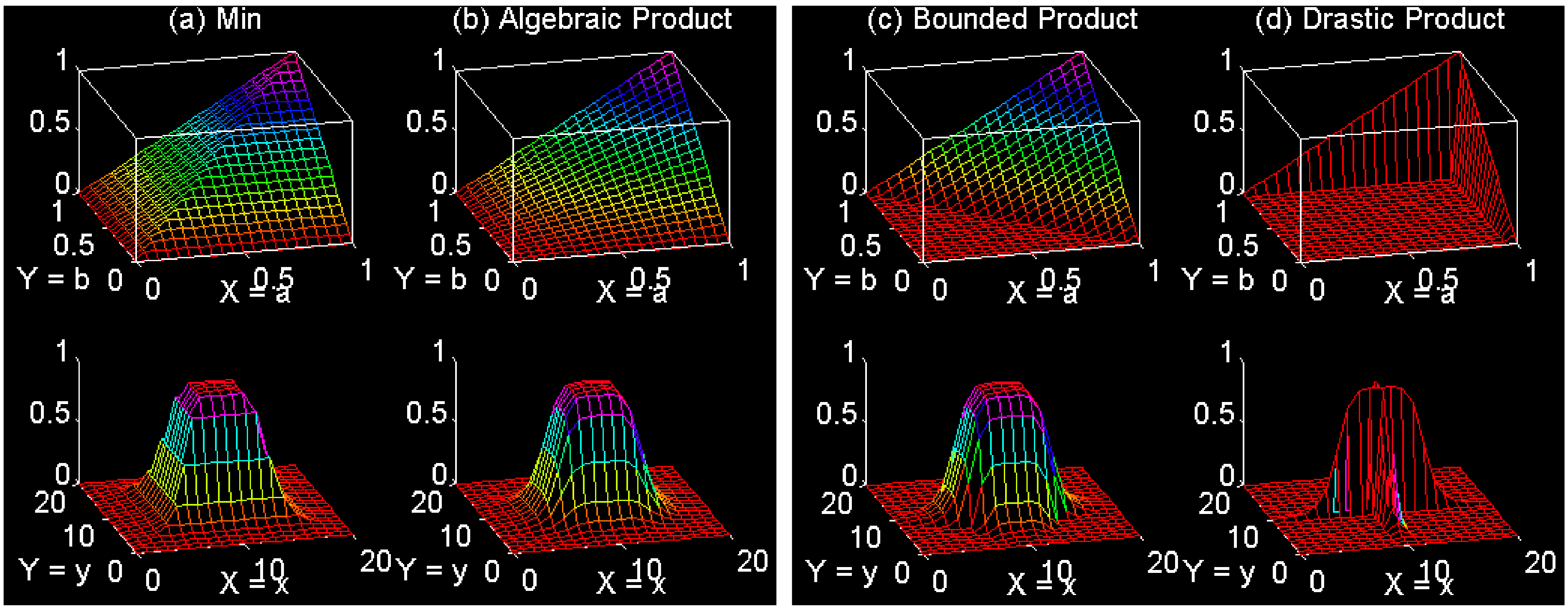
SE x é A ENTÃO y é B

- A e B são valores linguísticos
- "x é A" = antecedente
- "y é B" = consequente

$$\mu_{A \to B}(x, y) = \mu_R(x, y) = f(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

Regra Nebulosa

$$R = A \to B = A \times B = \int \mu_A(x) \star \mu_B(x) | (x, y)$$



Raciocínio Nebuloso

- Também conhecido como Raciocínio aproximado

Processo de inferência que produz conclusões a partir de um conjunto de regras SE-ENTÃO e fatos

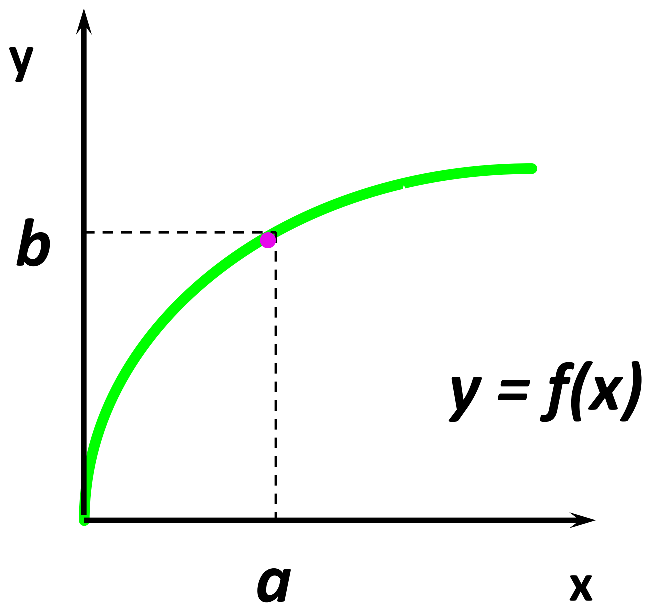
Inferência e Raciocínio Nebuloso

Regra: SE x é A ENTÃO y é B

Fato: x é A’

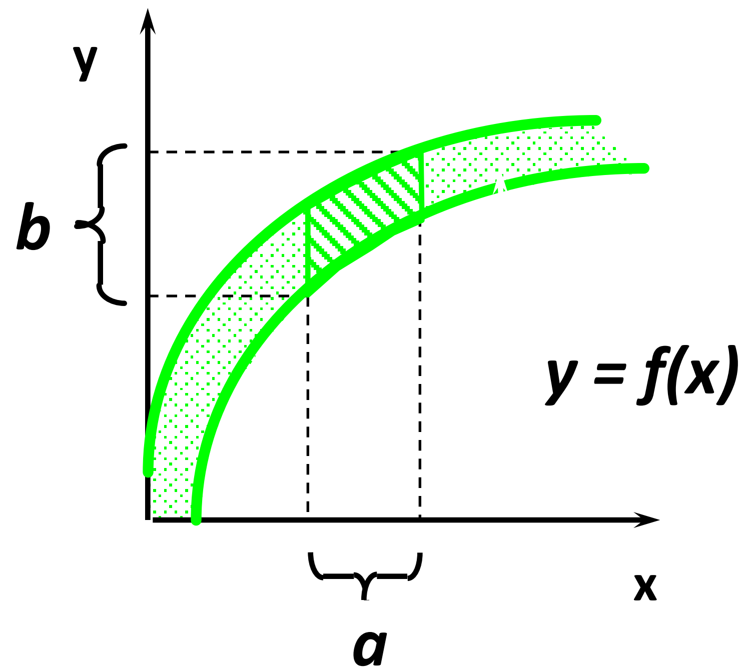
Conclusão: y é B’

Regra Composicional de Inferência



a e *b*: pontos

y = f(x) : uma curva

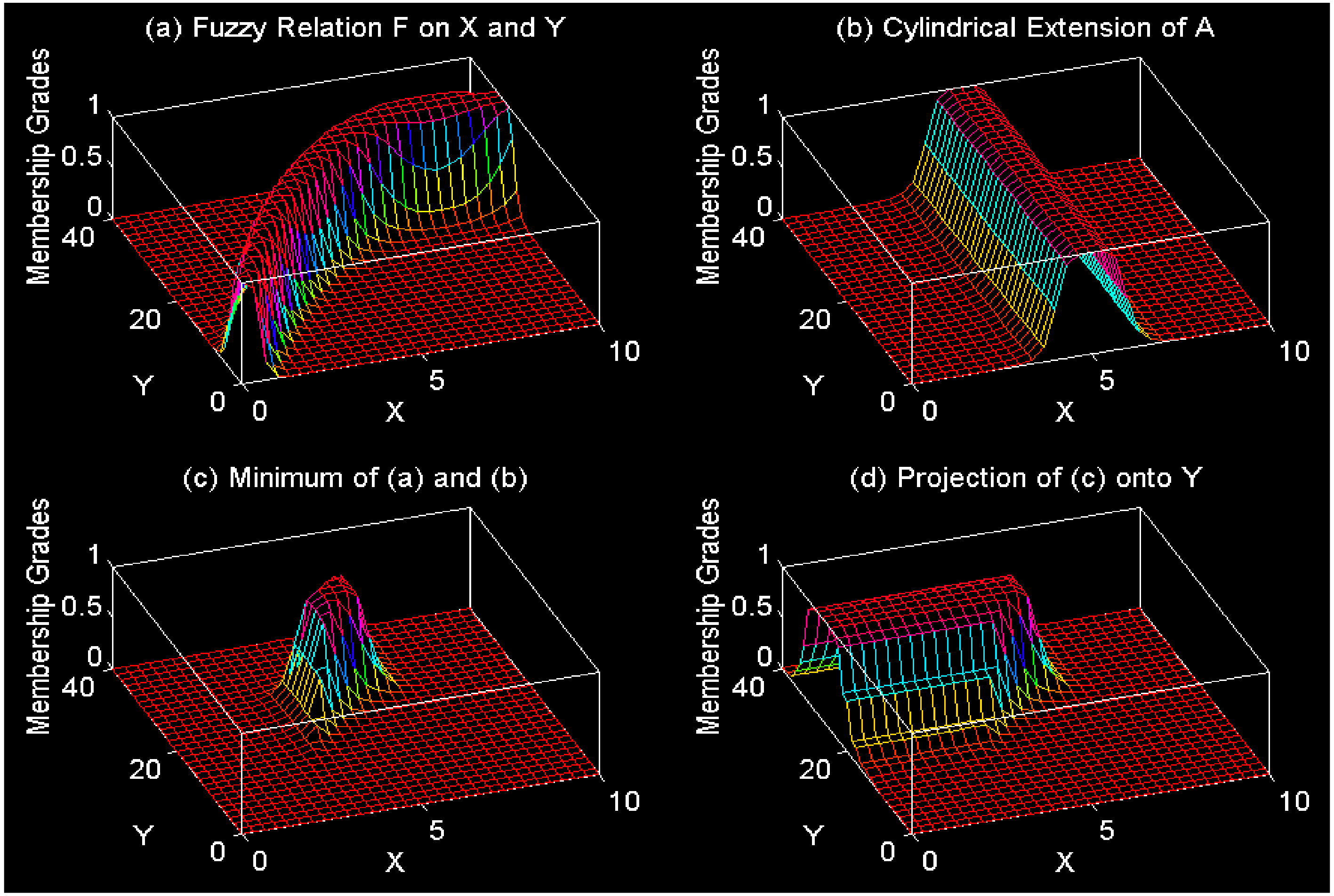


a e *b*: intervalos

y = f(x) : uma função intervalar

Regra Composicional de Inferência

a is a fuzzy set and *y = f(x)* is a fuzzy relation



Regra Composicional de Inferência

- Extensão Cilíndrica de A

$$\mu_{c(A)}(x,y) = \mu_A(x)$$

- Intercessão de A com F

$$\begin{aligned}\mu_{c(A)\cap F}(x,y) &= \min[\mu_{c(A)}(x,y), \mu_F(x,y)] \\ &= \min[\mu_A(x), \mu_F(x,y)].\end{aligned}$$

- Projeção do resultado em Y

$$\begin{aligned}\mu_B(y) &= \max_x \min[\mu_A(x), \mu_F(x,y)] \\ &= \vee_x[\mu_A(x) \wedge \mu_F(x,y)].\end{aligned}$$

Regra Composicional de Inferência

$$\begin{aligned}\mu_B(y) &= \max_x \min[\mu_A(x), \mu_F(x,y)] \\ &= \vee_x[\mu_A(x) \wedge \mu_F(x,y)].\end{aligned}$$

- Composição Max-min de Relações nebulosas

$$B = A \circ F$$

- Utilizada para realizar racicínio nebuloso (ou aproximado)

Raciocínio Nebuloso

- Baseado no método de inferência de lógica booleana
  - **Modus Ponens**
- Infere-se a proposição B a partir de uma proposição verdadeira A e uma implicação

$A \to B$

premise 1 (fact):	x is A,
premise 2 (rule):	if x is A then y is B,
consequence (conclusion):	y is B.

Raciocínio Nebuloso

- **Modus Ponens Generalizado**

$$
\begin{array}{ll}
\text{premise 1 (fact):} & \text{x is } A', \\
\text{premise 2 (rule):} & \text{if x is } A \text{ then y is } B, \\
\hline
\text{consequence (conclusion):} & \text{y is } B',
\end{array}
$$

- Onde A’ é proximo de A e B’ é próximo de B
  - A’, A, B’ e B são conjuntos nebulosos
- Também conhecido como Raciocínio Aproximado ou Raciocínio Nebuloso

Raciocínio Nebuloso

- **Modus Ponens Generalizado**

$$
\begin{array}{ll}
\text{premise 1 (fact):} & \text{x is } A', \\
\text{premise 2 (rule):} & \text{if x is } A \text{ then y is } B, \\
\hline
\text{consequence (conclusion):} & \text{y is } B',
\end{array}
$$

$$
\begin{aligned}
\mu_{B'}(y) &= \max_x \min[\mu_{A'}(x), \mu_R(x,y)] \\
&= \vee_x[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x,y)],
\end{aligned}
$$

$$B' = A' \circ R = A' \circ (A \to B).$$

Raciocínio Nebuloso

- Uma entrada e uma regra

  Regra: SE x é A ENTÃO y é B

  Fato: x é A'

  Conclusão: y é B'

Regra SE-ENTÃO : Relação nebulosa (XxY)

$$\begin{aligned}\mu_{B'}(y) &= \max_x \min[\mu_{A'}(x), \mu_R(x,y)] \\ &= \vee_x[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x,y)],\end{aligned}$$

Raciocínio Nebuloso

- Uma entrada e uma regra

  Regra: SE x é A ENTÃO y is B

  Fato: x é A’

  Conclusão: y é B’

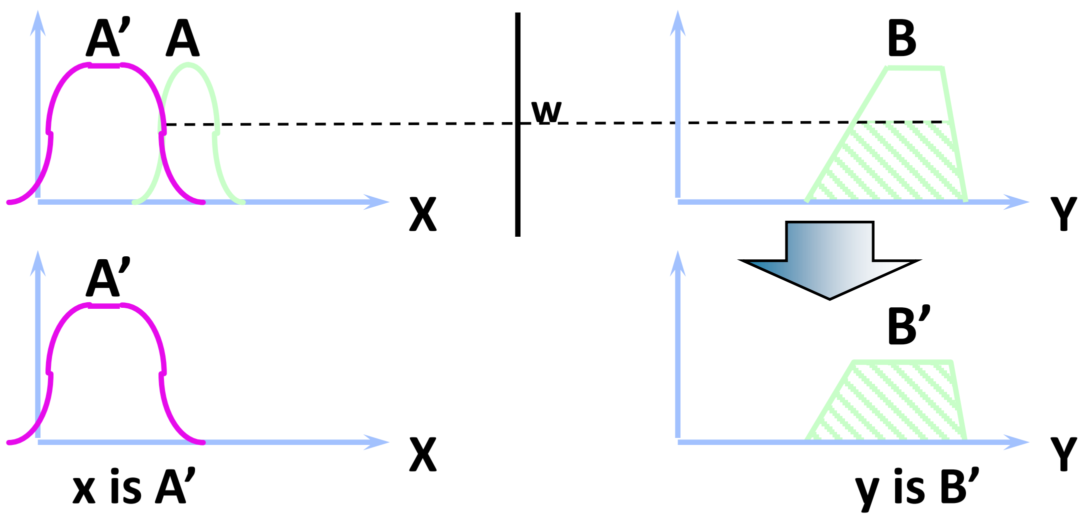
Regra SE-ENTÃO : Relação nebulosa $A \to B$

$$B' = A' \circ R = A' \circ (A \to B)$$

Raciocínio Nebuloso

$$\begin{aligned}\mu_{B'}(y) &= [\vee_x(\mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x)] \wedge \mu_B(y) \\ &= w \wedge \mu_B(y).\end{aligned}$$

Representação Gráfica



Raciocínio Nebuloso

- Uma regra, múltiplos antecedentes

  Regra: Se x é A e y é B Então z é C

  Fato: x é A' e y é B'

  Conclusão: z é C'

Interpretação da regra

$$A \times B \rightarrow C$$

$$R_m(A, B, C) = (A \times B) \times C = \int_{X \times Y \times Z} \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \wedge \mu_C(z)/(x, y, z).$$

Raciocínio Nebuloso

- Uma regra, múltiplos antecedentes

  Regra: Se x é A e y é B Então z é C

  Fato: x é A' e y é B'

  Conclusão: z é C'

Resultado

$$C' = (A' \times B') \circ (A \times B \to C)$$

Raciocínio Nebuloso

- Uma regra, múltiplos antecedentes

  Regra: Se x é A e y é B Então z é C

  Fato: x é A’ e y é B’

  Conclusão: z é C’

$$
\begin{aligned}
\mu_{C'}(z) &= \vee_{x,y}[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_{B'}(y)] \wedge [\mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \wedge \mu_C(z)] \\
&= \vee_{x,y}\{[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_{B'}(y) \wedge \mu_A(x) \wedge \mu_B(y)]\} \wedge \mu_C(z) \\
&= \underbrace{\{\vee_x[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x)]\}}_{w_1} \wedge \underbrace{\{\vee_y[\mu_{B'}(y) \wedge \mu_B(y)]\}}_{w_2} \wedge \mu_C(z) \\
&= \underbrace{(w_1 \wedge w_2)}_{\substack{\text{firing} \\ \text{strength}}} \wedge \mu_C(z),
\end{aligned}
$$

Raciocínio Nebuloso

- Uma regra, múltiplos antecedentes

  Regra: Se x é A e y é B Então z é C

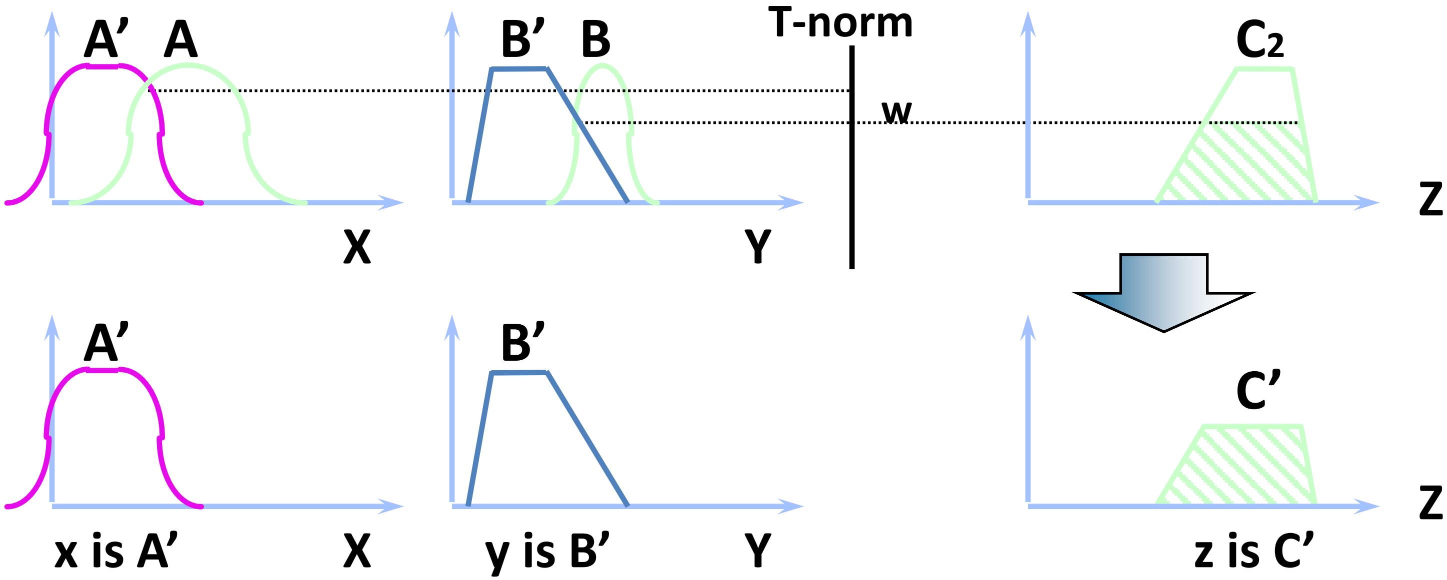
  Fato: x é A' and y é B'

  Conclusão: z é C'

Interpretação Alternativa

$$
\begin{aligned}
C' &= (A' \times B') \circ (A \times B \to C) \\
&= [A' \circ (A \to C)] \cap [B' \circ (B \to C)]
\end{aligned}
$$

Raciocínio Nebuloso



Raciocínio Nebuloso

- Múltiplas regras com múltiplos antecedentes:

  Regra 1: Se x é A1 e y é B1 Então z é C1

  Regra 2: Se x é A2 e y é B2 Então z é C2

  Fato: x é A' e y é B'

  Conclusão: z é C'

Raciocínio Nebuloso

- Múltiplas regras com múltiplos antecedentes:

  Regra 1: Se x é A1 e y é B1 Então z é C1

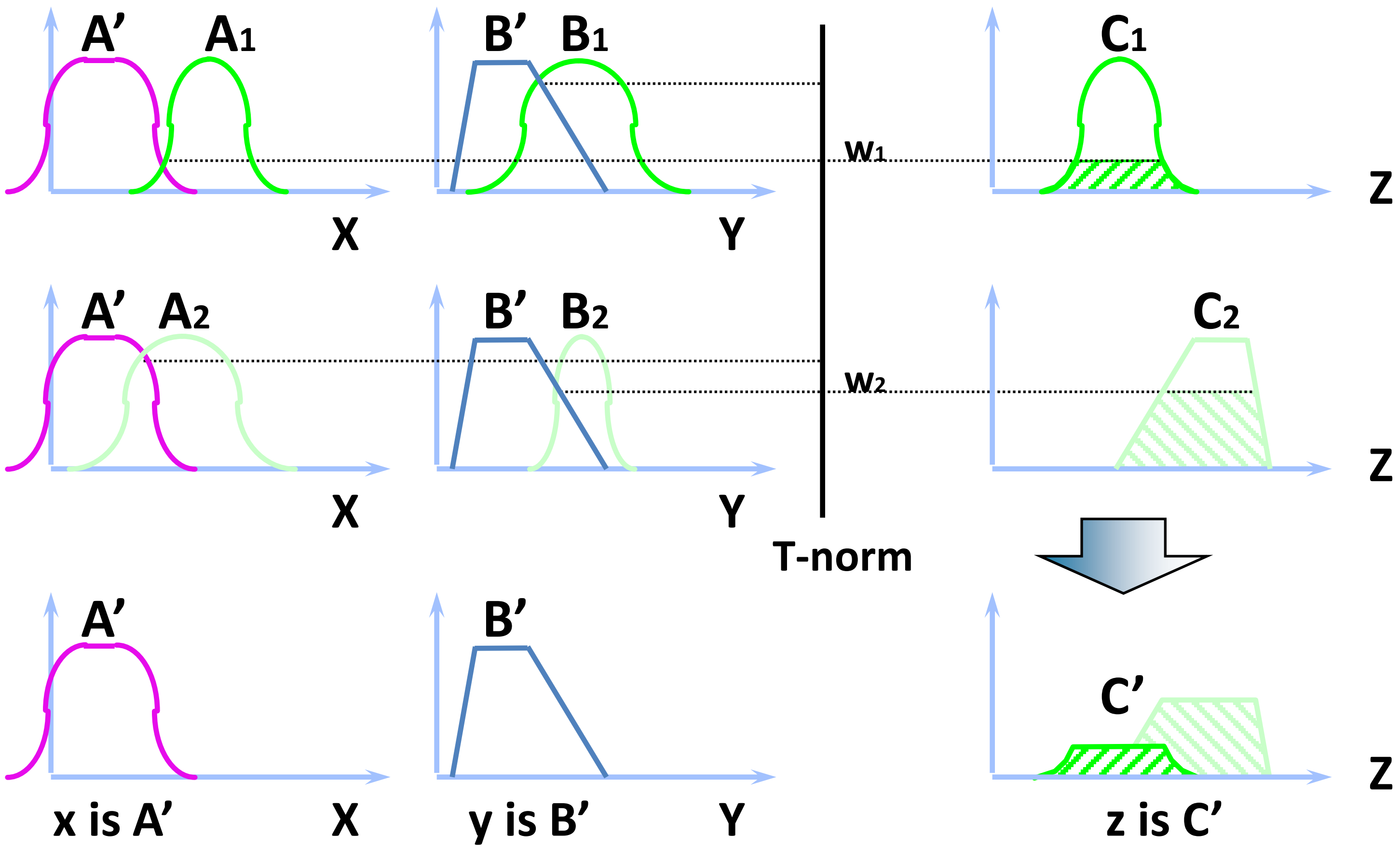
  Regra 2: Se x é A2 e y é B2 Então z é C2

  Fato: x é A' e y é B'

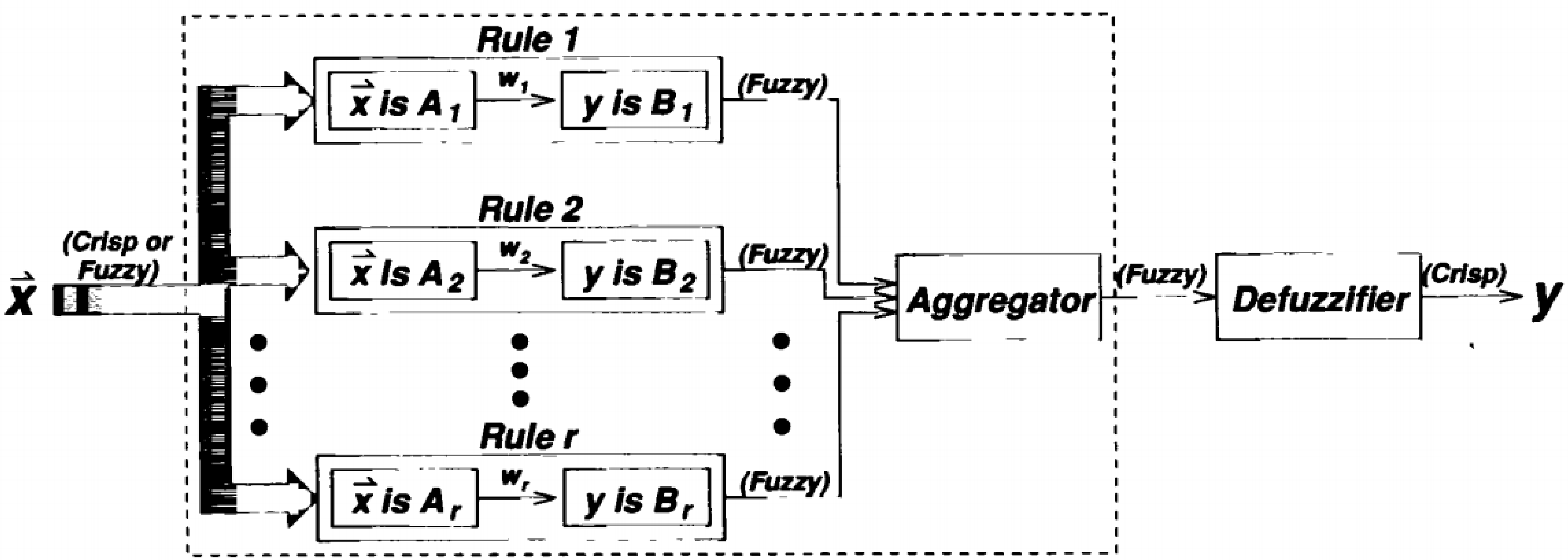
  Conclusão: z é C'

$$
\begin{aligned}
C' &= (A' \times B') \circ (R_1 \cup R_2) \\
&= [(A' \times B') \circ R_1] \cup [(A' \times B') \circ R_2] \\
&= C'_1 \cup C'_2,
\end{aligned}
$$

Raciocínio Nebuloso



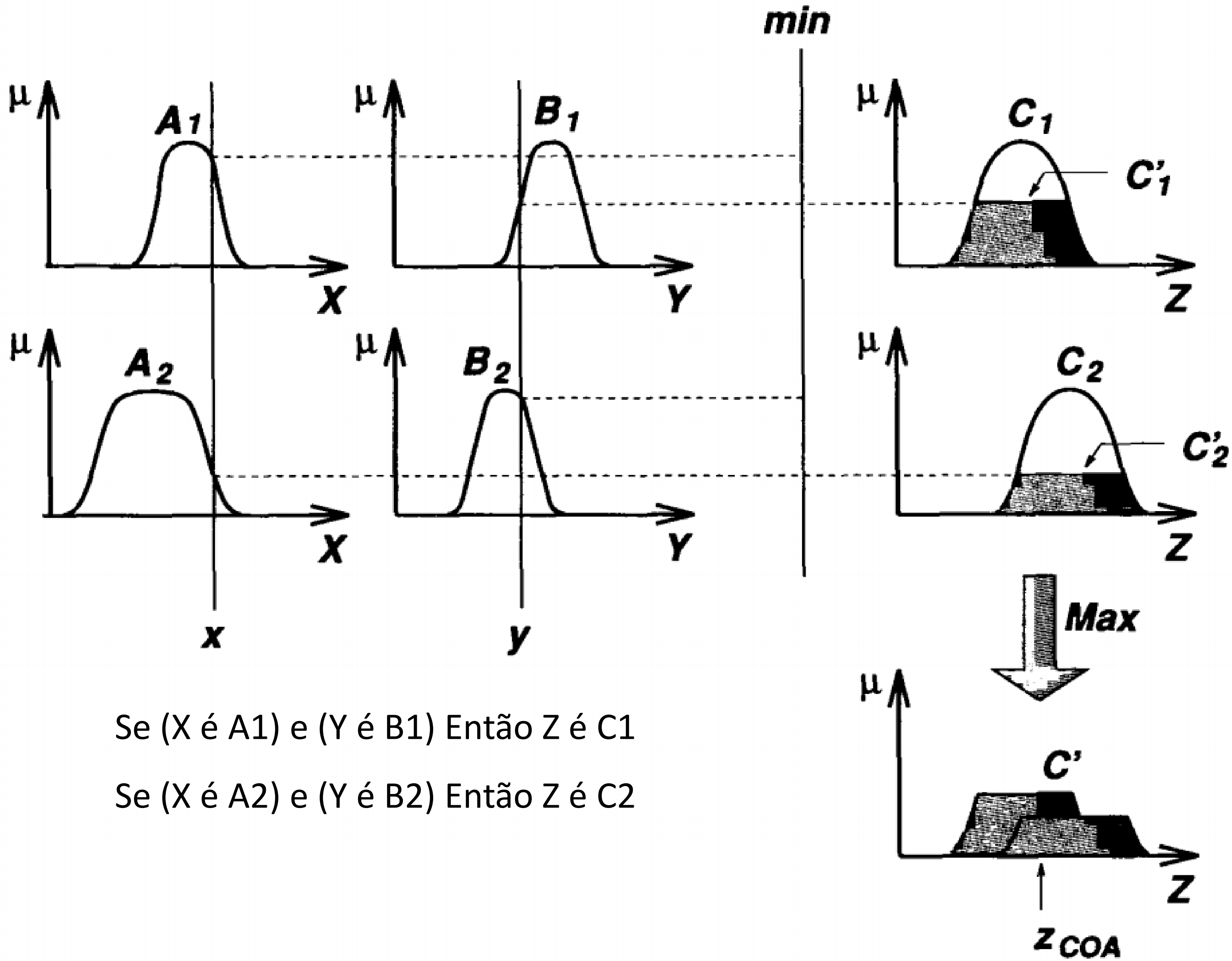
Sistema de Inferência Nebulosa



Sistema de Inferência Nebulosa

- MAMDANI
- SUGENO
- TSUKAMOTO

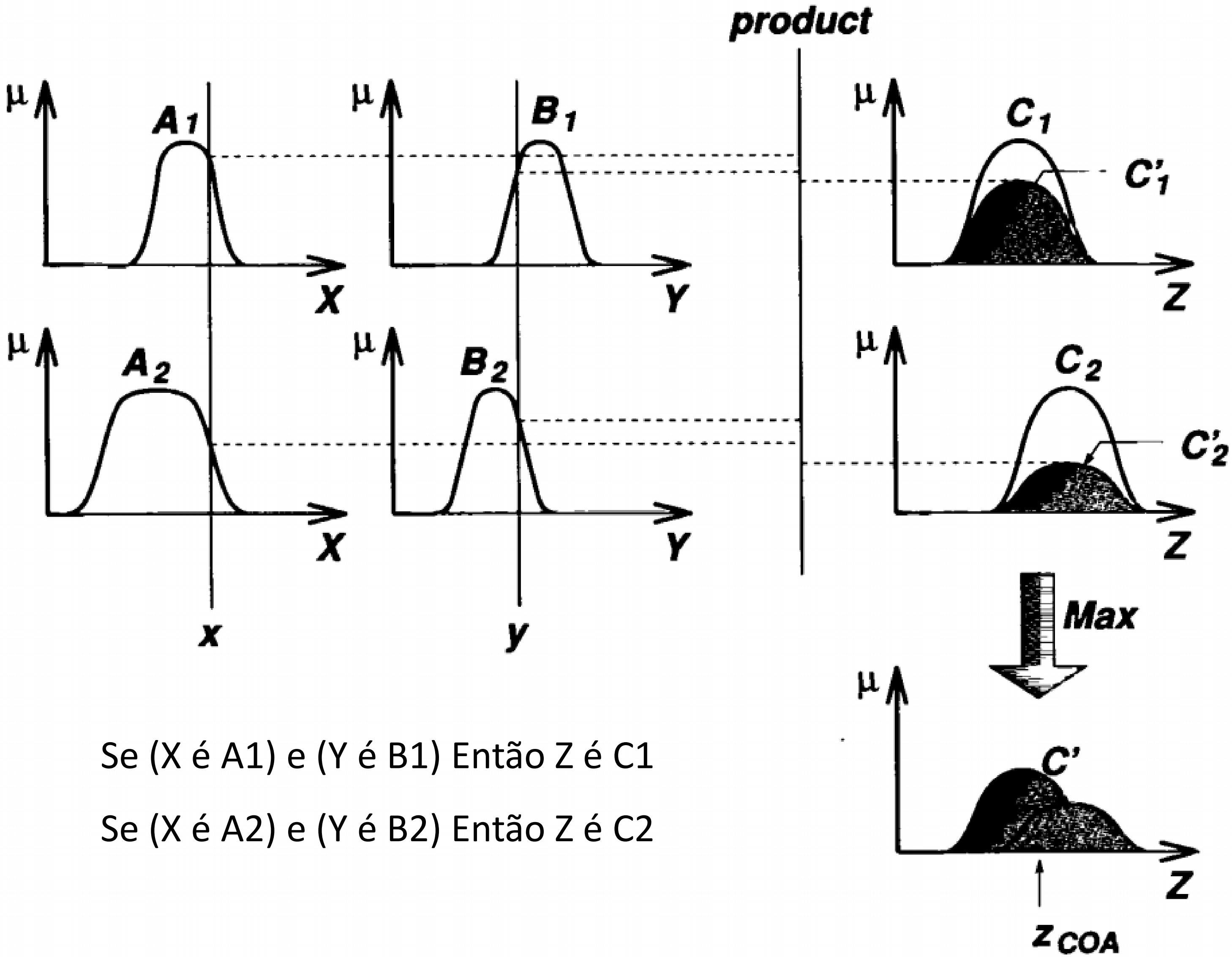
Modelo Nebuloso de Mamdani



Se (X é A1) e (Y é B1) Então Z é C1

Se (X é A2) e (Y é B2) Então Z é C2

Modelo Nebuloso de Mamdani

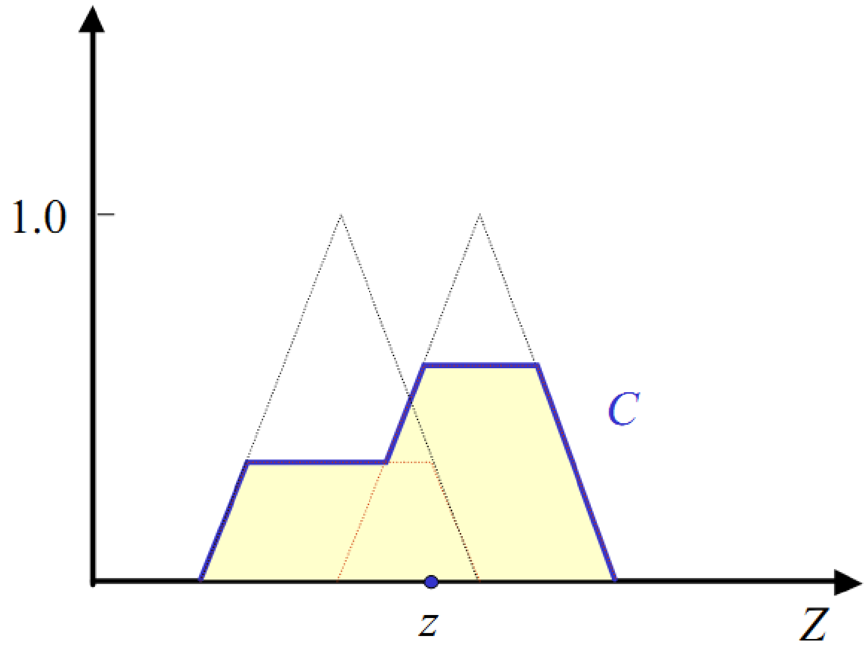


Se (X é A1) e (Y é B1) Então Z é C1

Se (X é A2) e (Y é B2) Então Z é C2

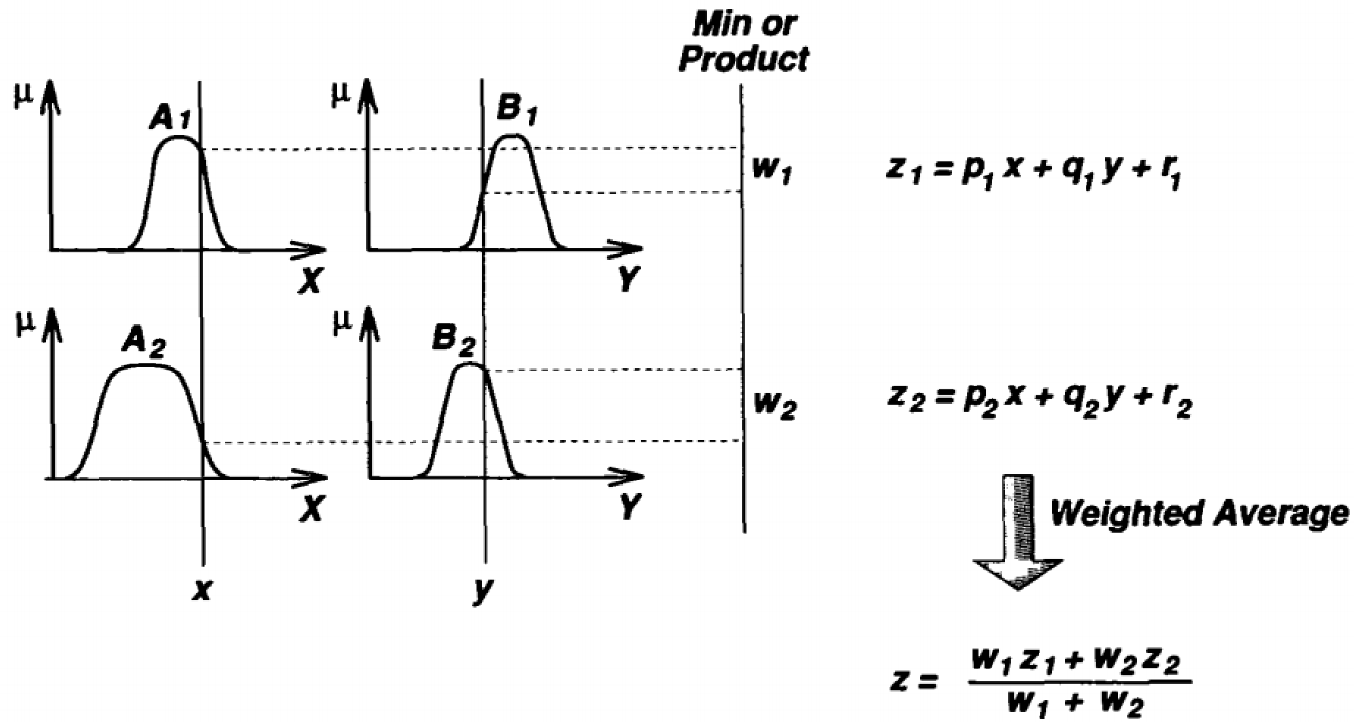
Defuzzificação

- Centro de Gravidade



$$z = \frac{\sum_{i=1}^{n} z_i C(z_i)}{\sum_{i=1}^{n} C(z_i)}$$

Modelo Nebuloso de Sugeno



Se (X é A1) e (Y é B1) Então Z1=p_1X + q_1Y+r_1

Se (X é A2) e (Y é B2) Então Z2=p_2X + q_2Y+r_2

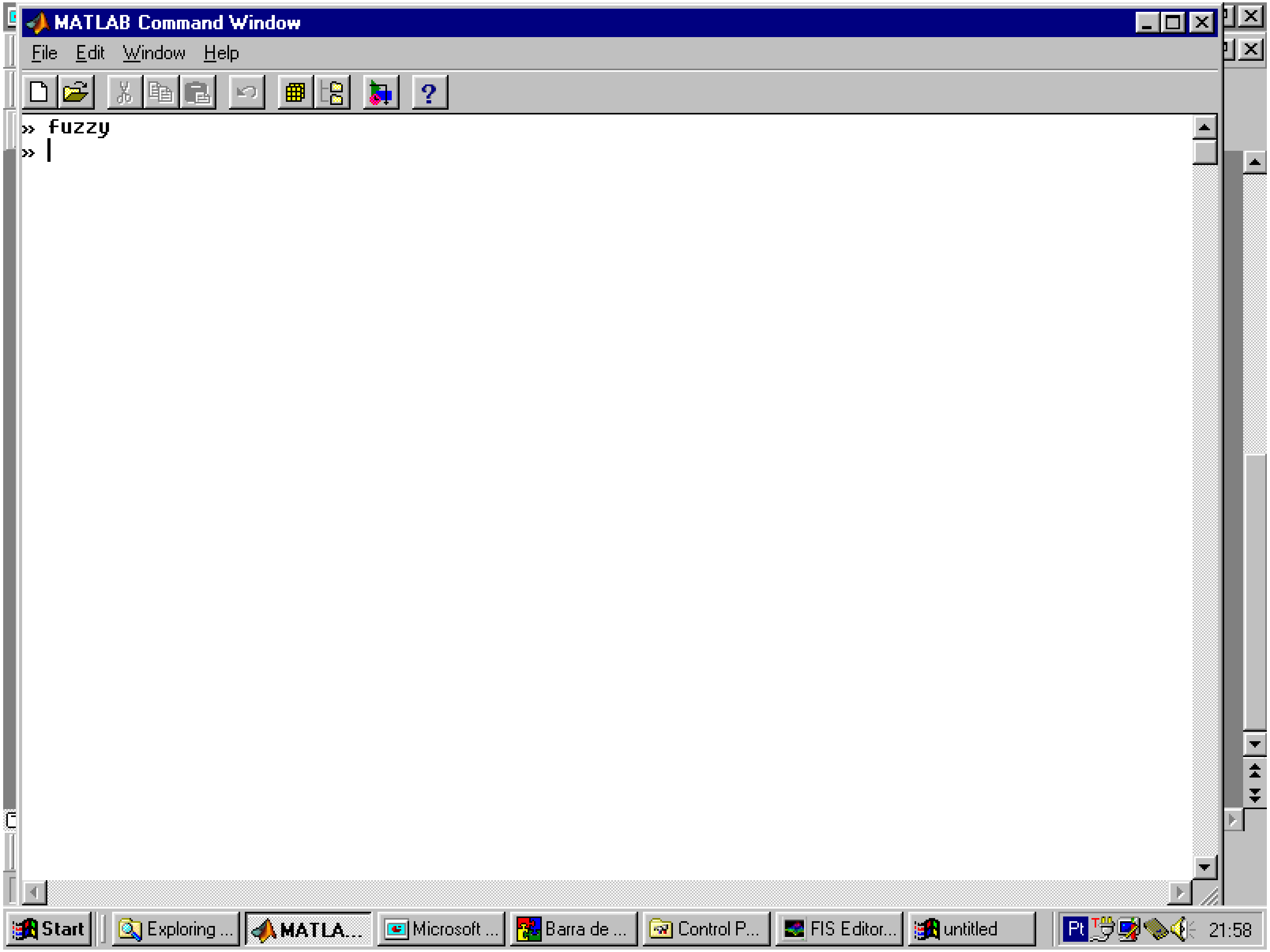
Exemplo: Projetar um Sistema Nebuloso para Aproximação de Função

Vamos utilizar o toolbox de Fuzzy do MatLab para

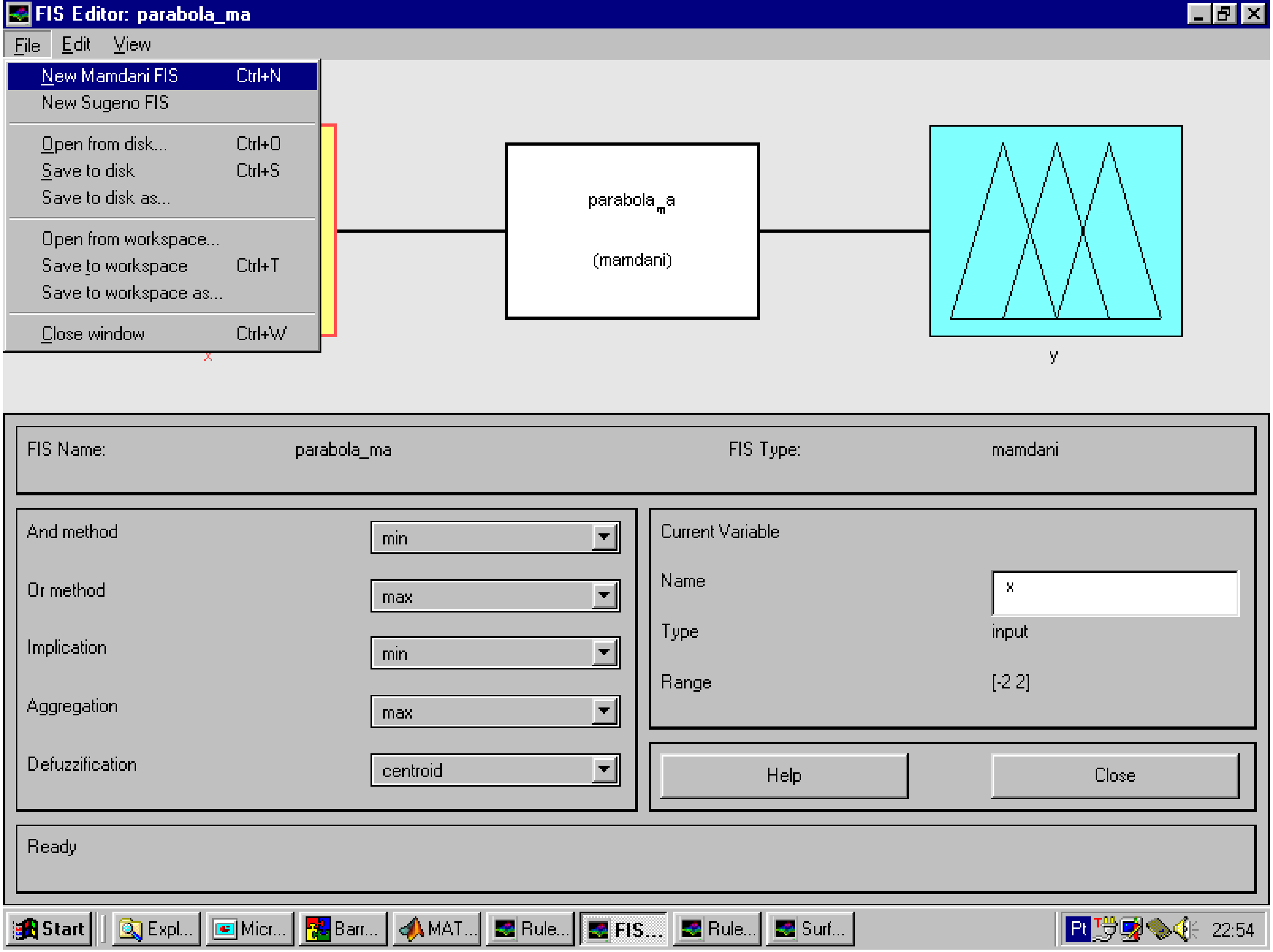
aproximar a função: $y = x^2$

PASSOS DO PROJETO

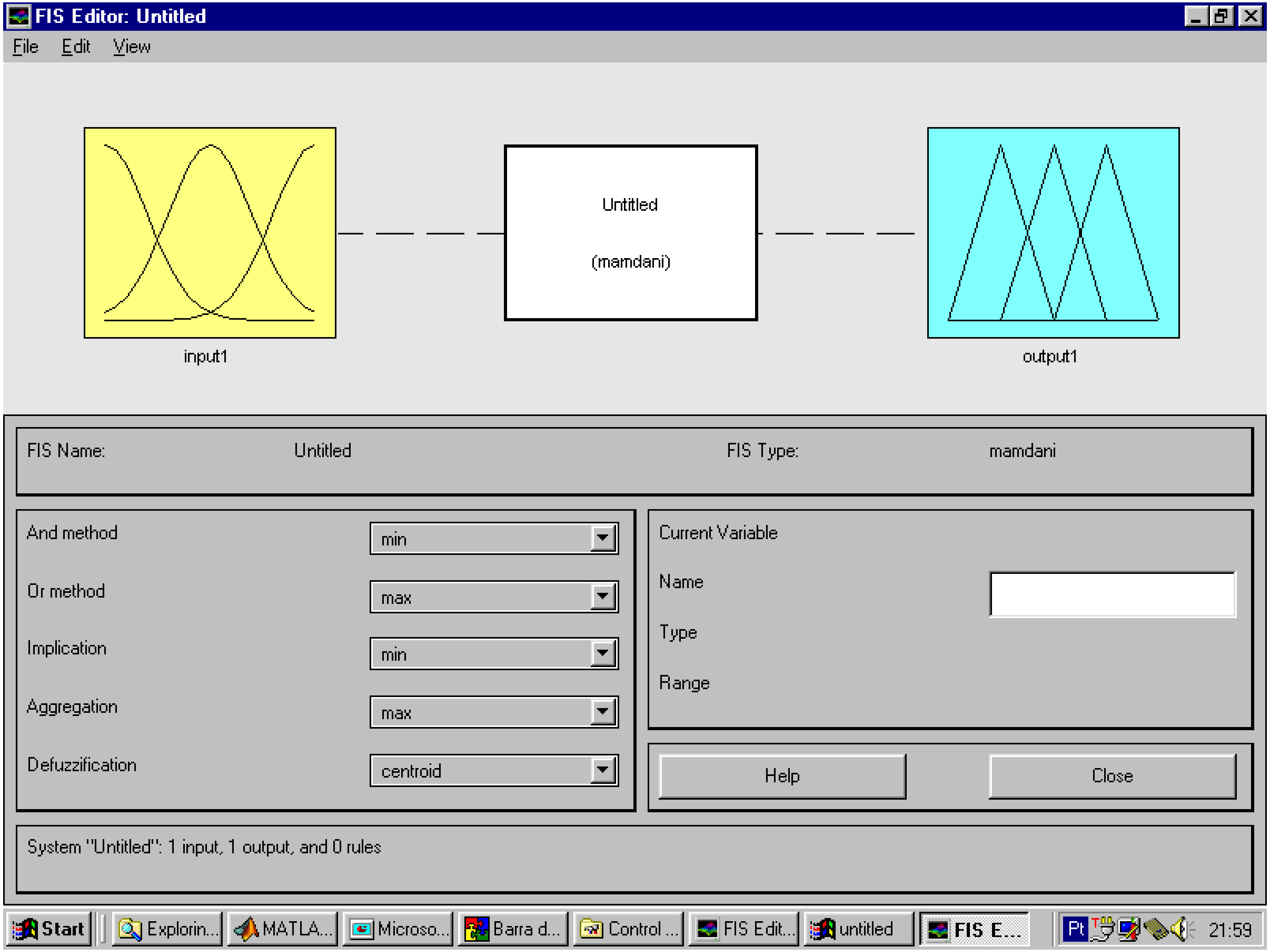
- Definição das variáveis de entrada (x) e saída (y);
- Definição dos universo de discurso das x e y;
- Definição do mecanismo de inferência;
- Definição das funções de pertinência (número e tipo) das x e y;
- Definição dos operadores: AND, OR, implicação, agregação de regras e defuzificação;
- Definição da base de regras;
- Ajustes necessários.



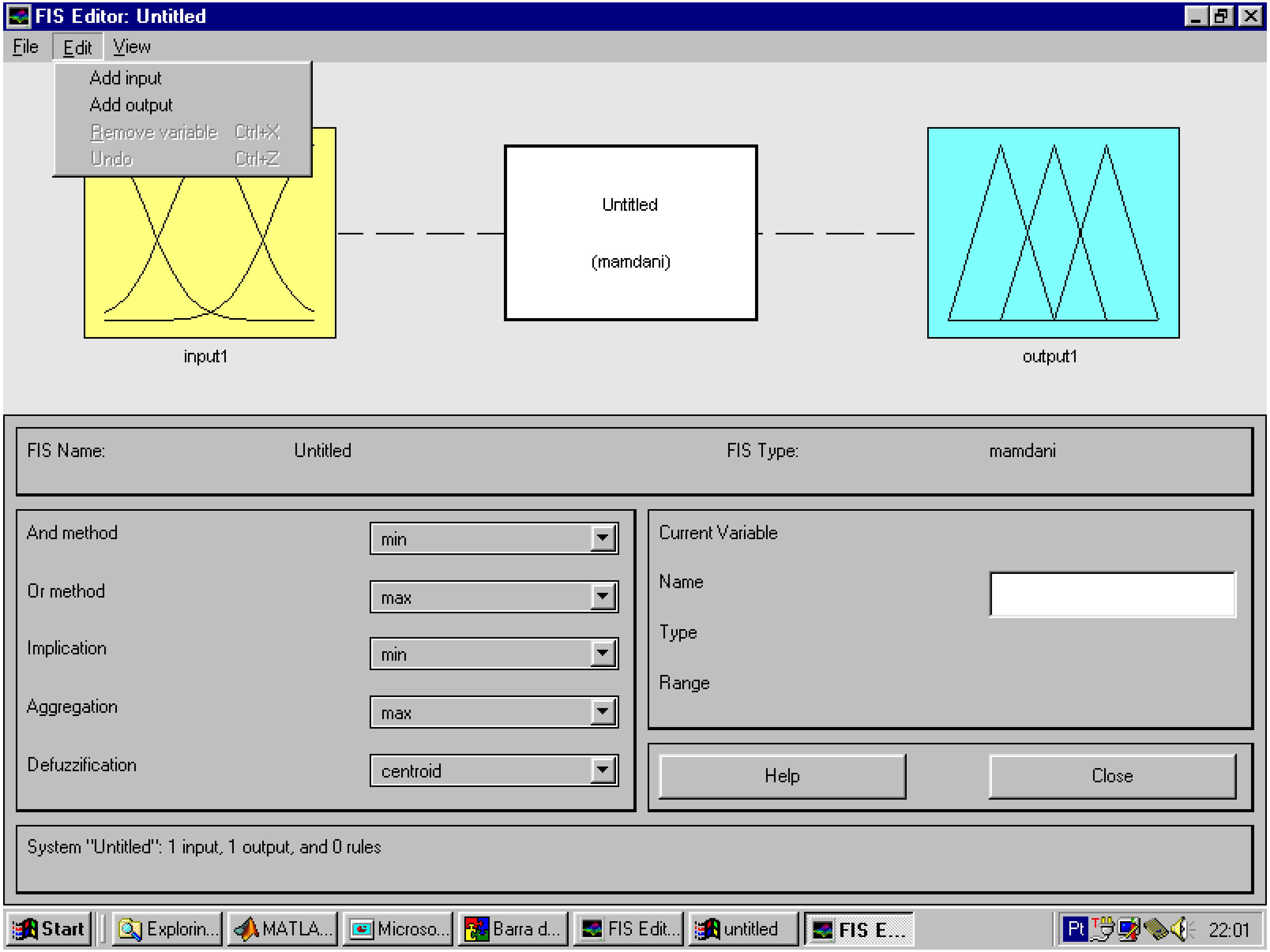
Chamando o Toolbox de Fuzzy Logic



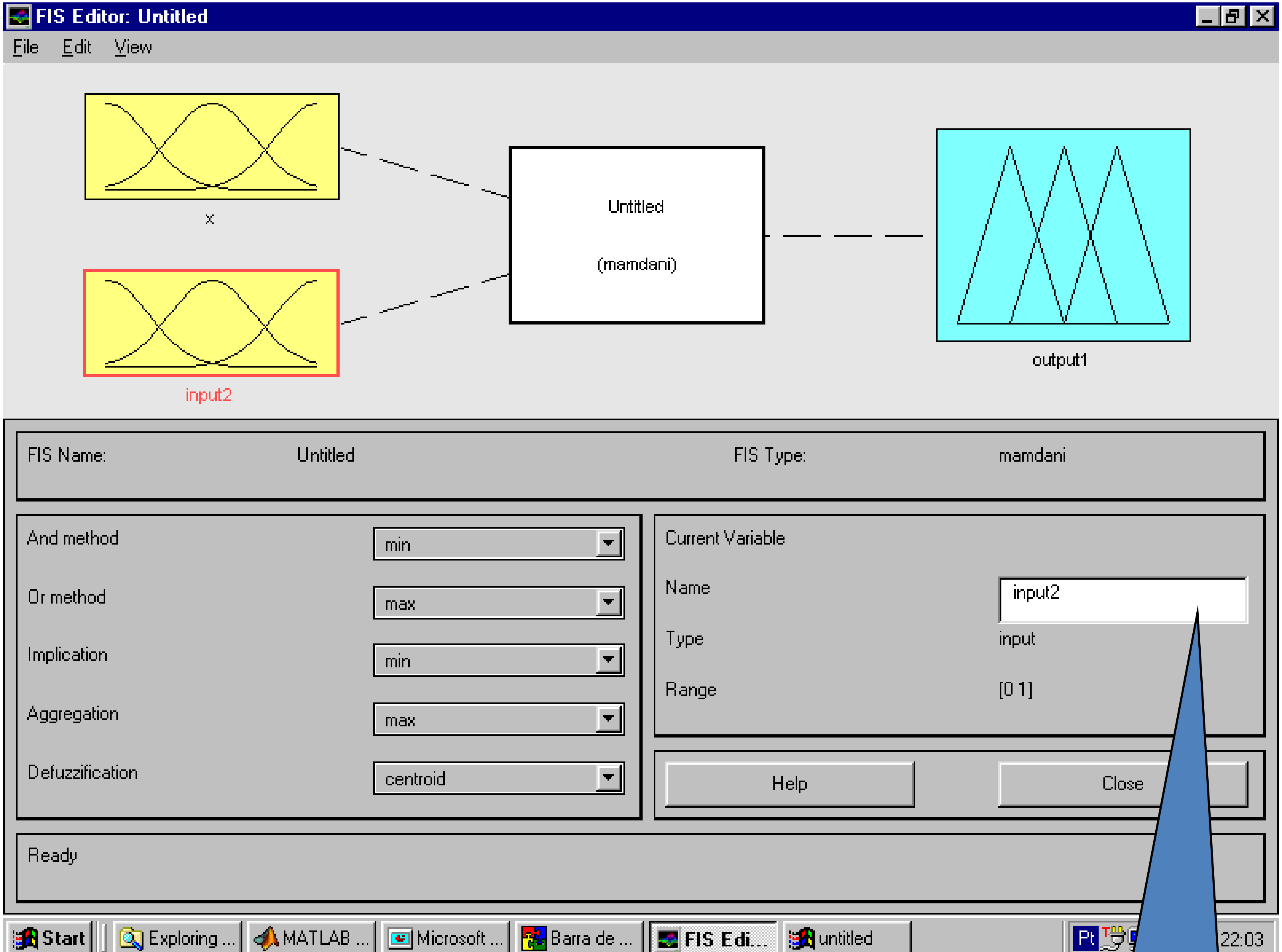
Escolhendo o sistema de inferência



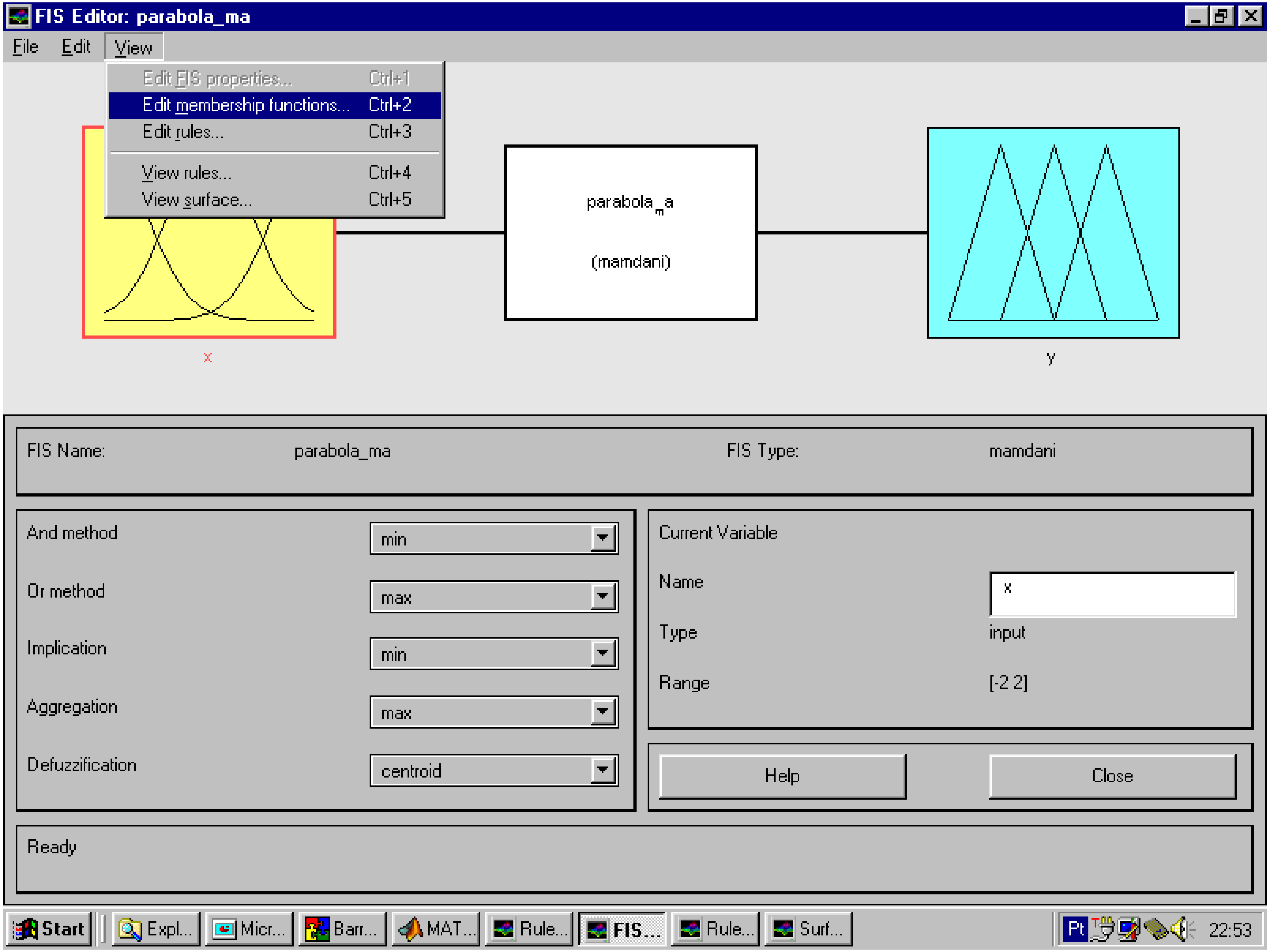
Tela principal



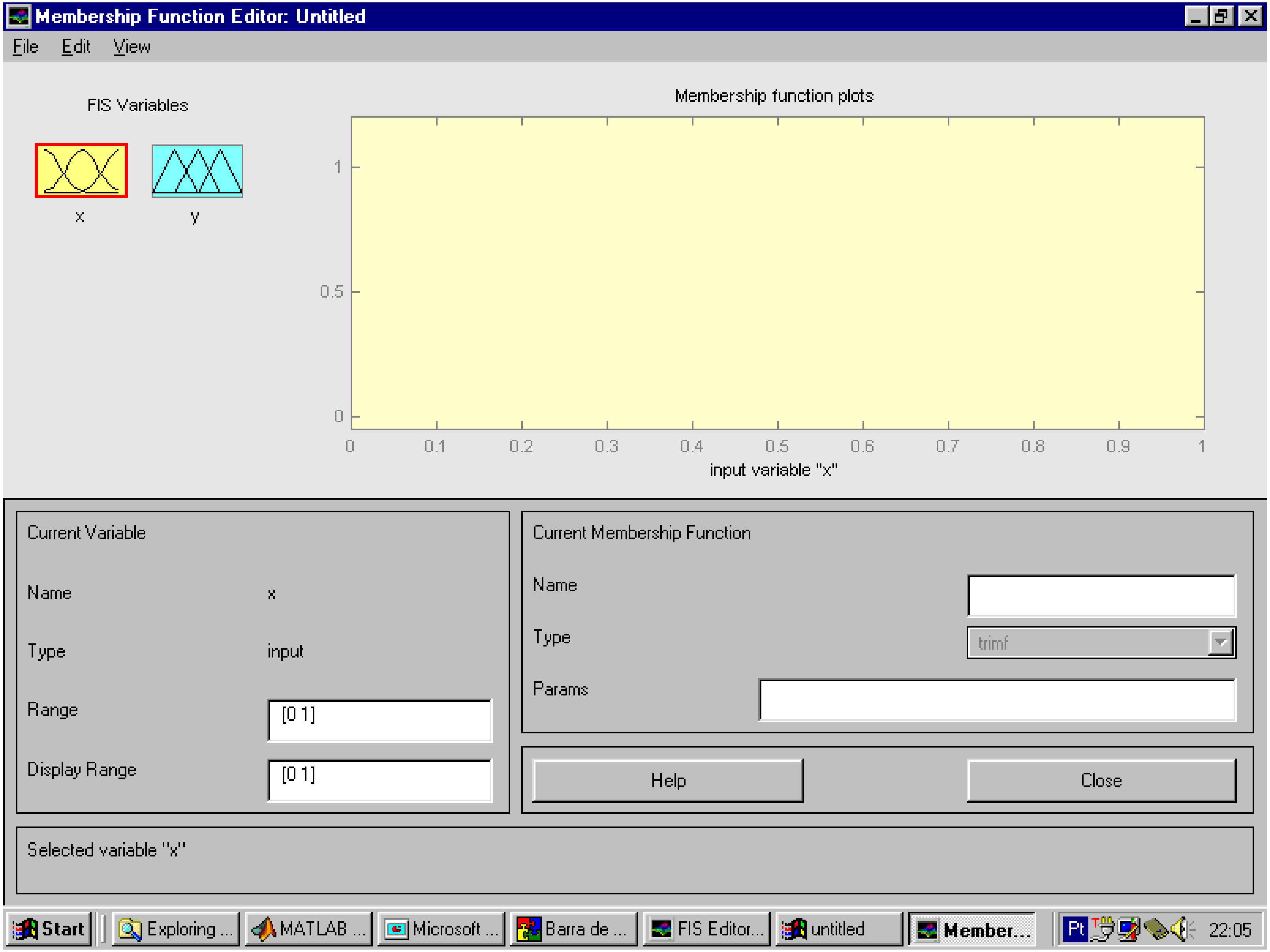
Alterando o número de entrada e saídas

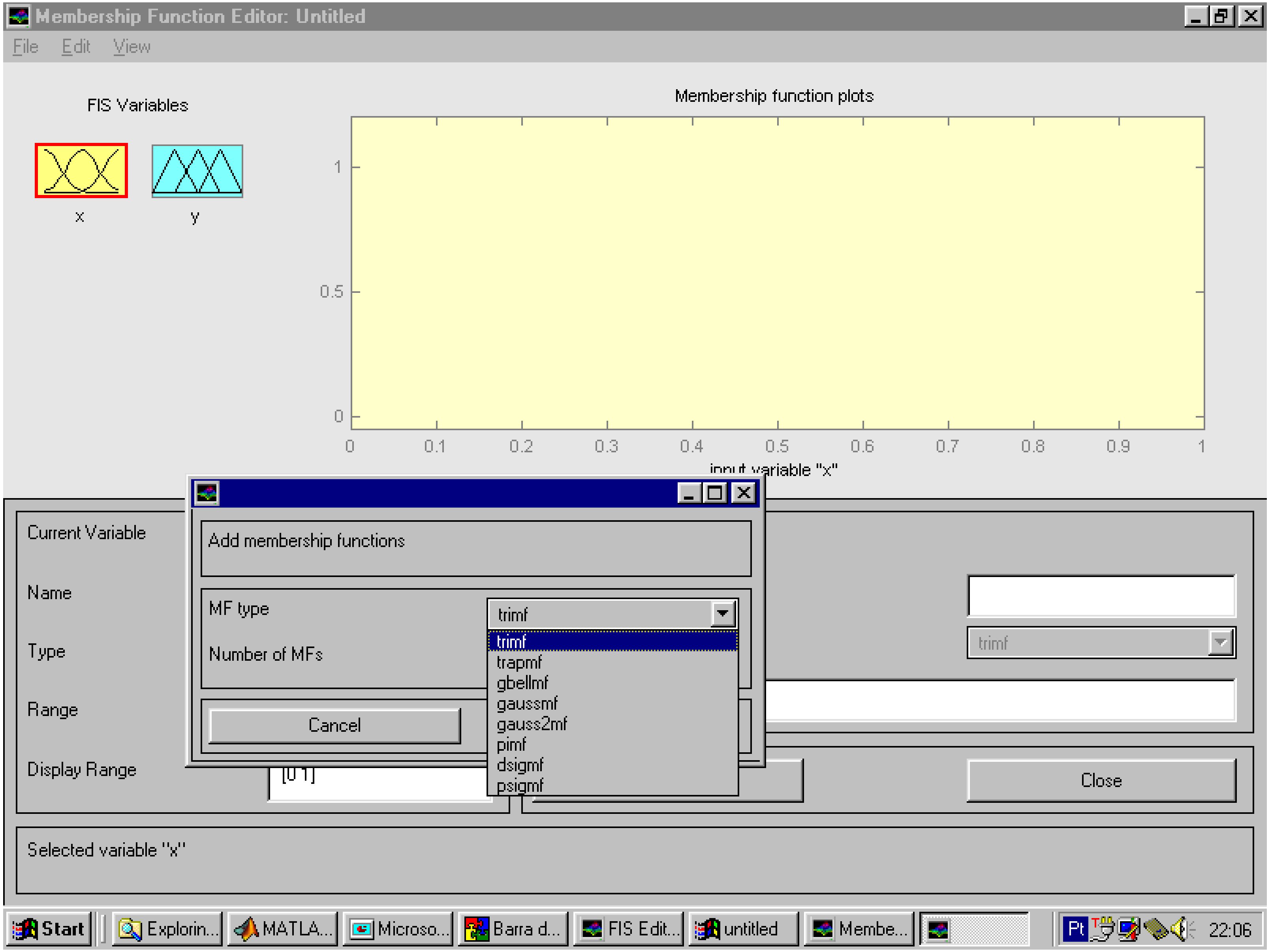


Alterando o nome da variável

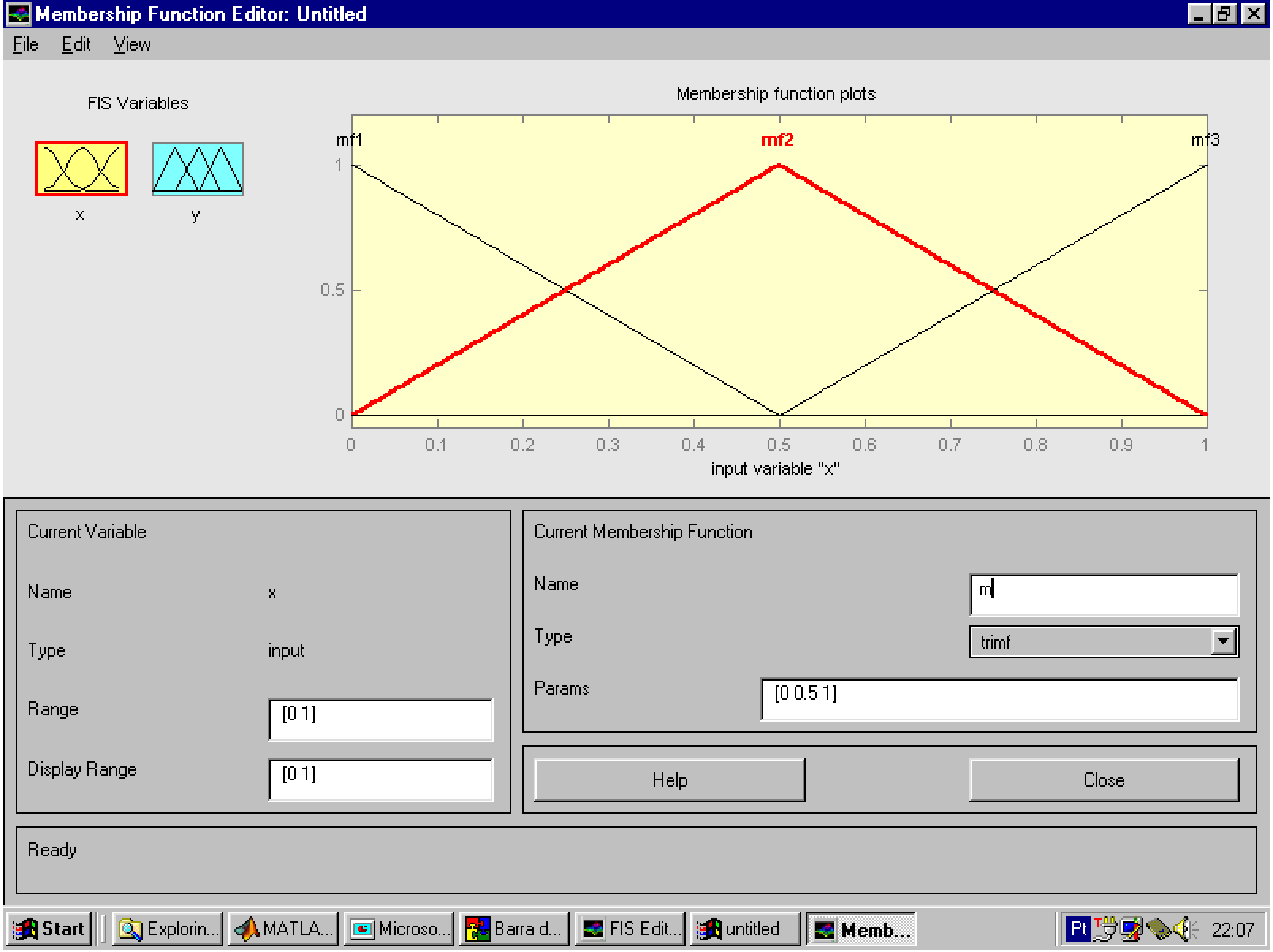


Editar as funções de pertinência

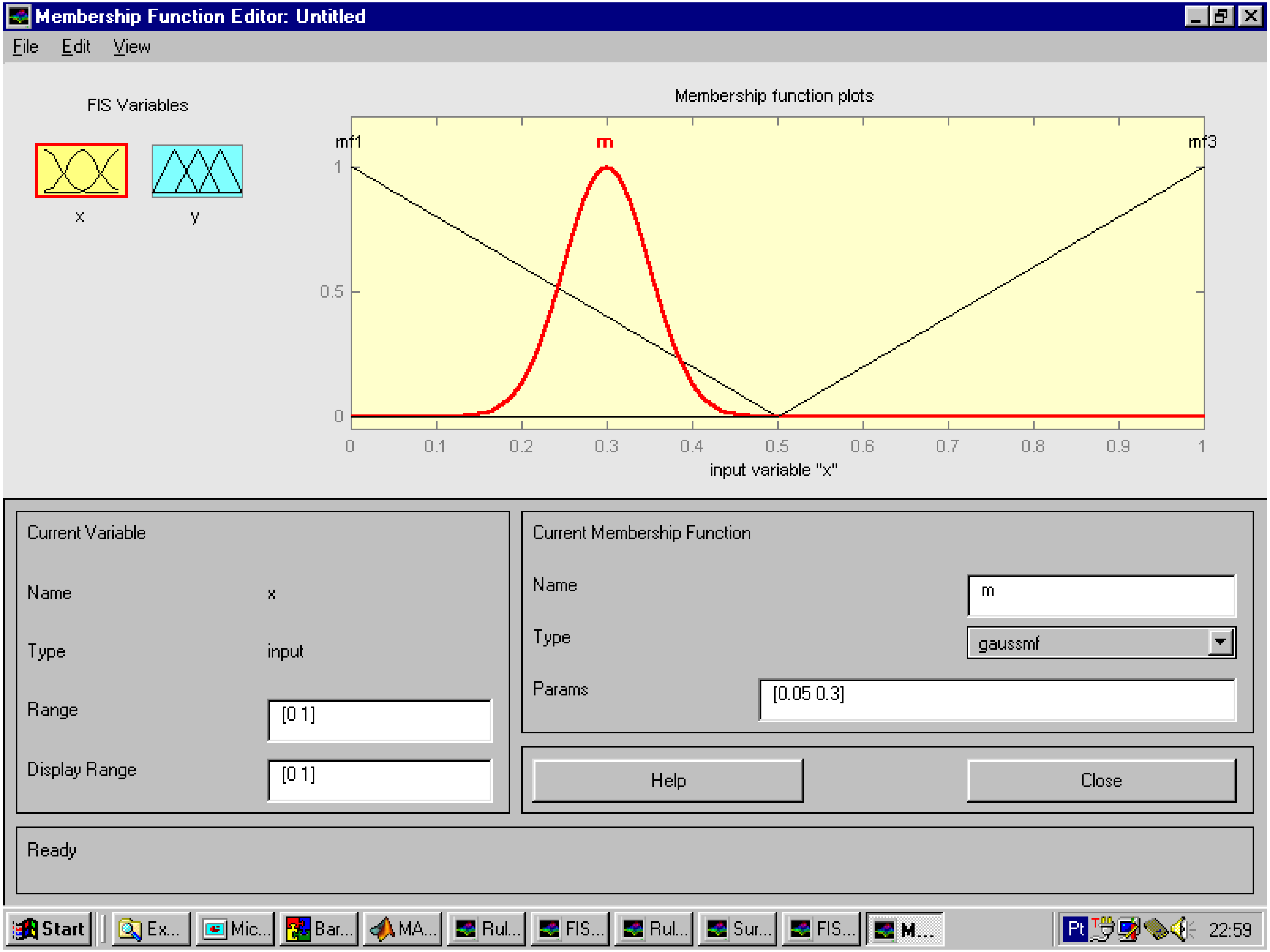

Membership Function Editor: Untitled
File Edit View
FIS Variables
x
y
Membership function plots
1
0.5
0
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
input variable "x"
Current Variable
Name x
Type input
Range [0 1]
Display Range [0 1]
Current Membership Function
Name
Type trimf
Params
Help
Close
Selected variable "x"
Start
Exploring ...
MATLAB ...
Microsoft ...
Barra de ...
FIS Editor...
untitled
Member...
22:05

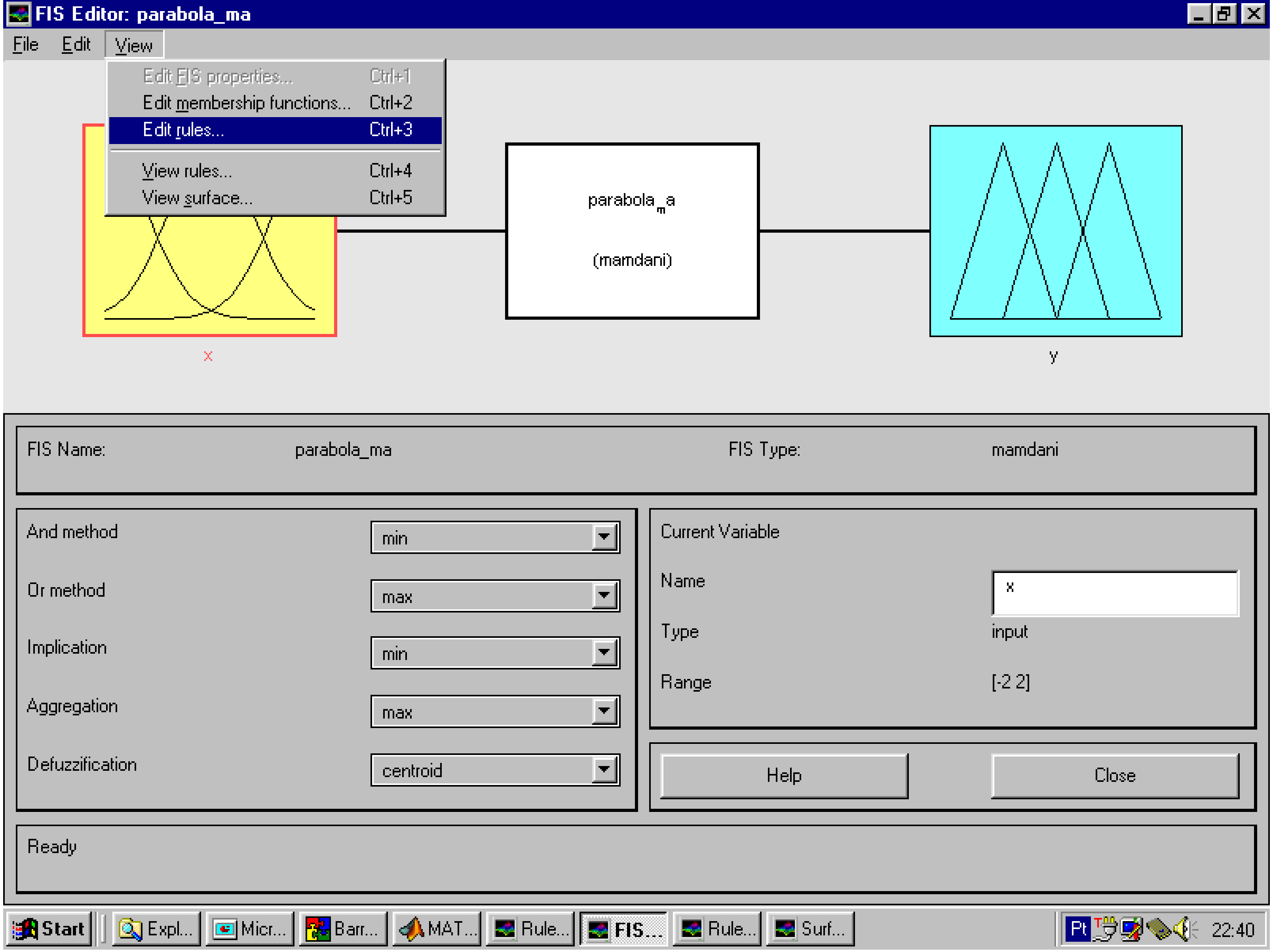


Escolhendo o tipo de função de pertinência

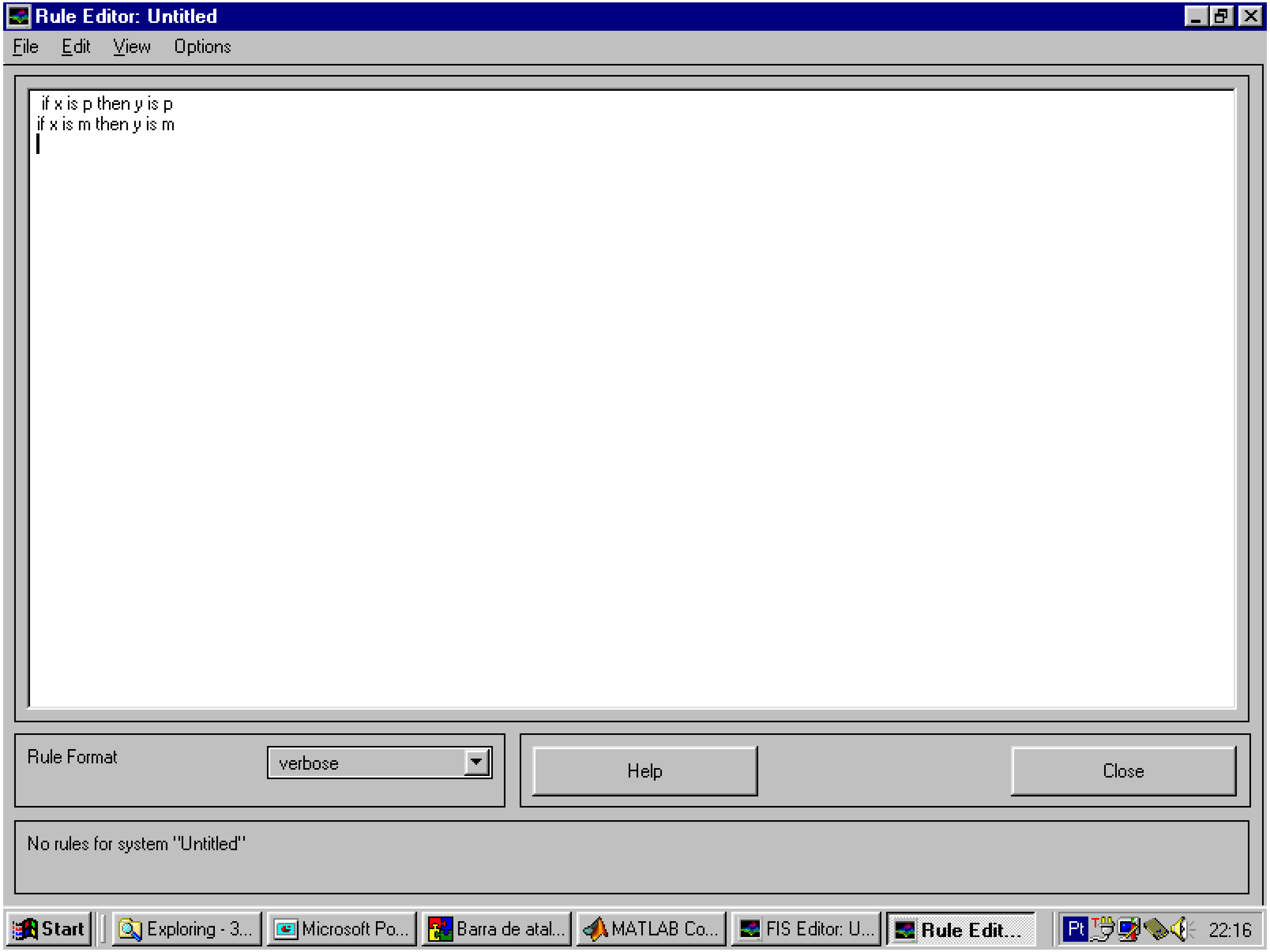


Alterando os parâmetros da função selecionada

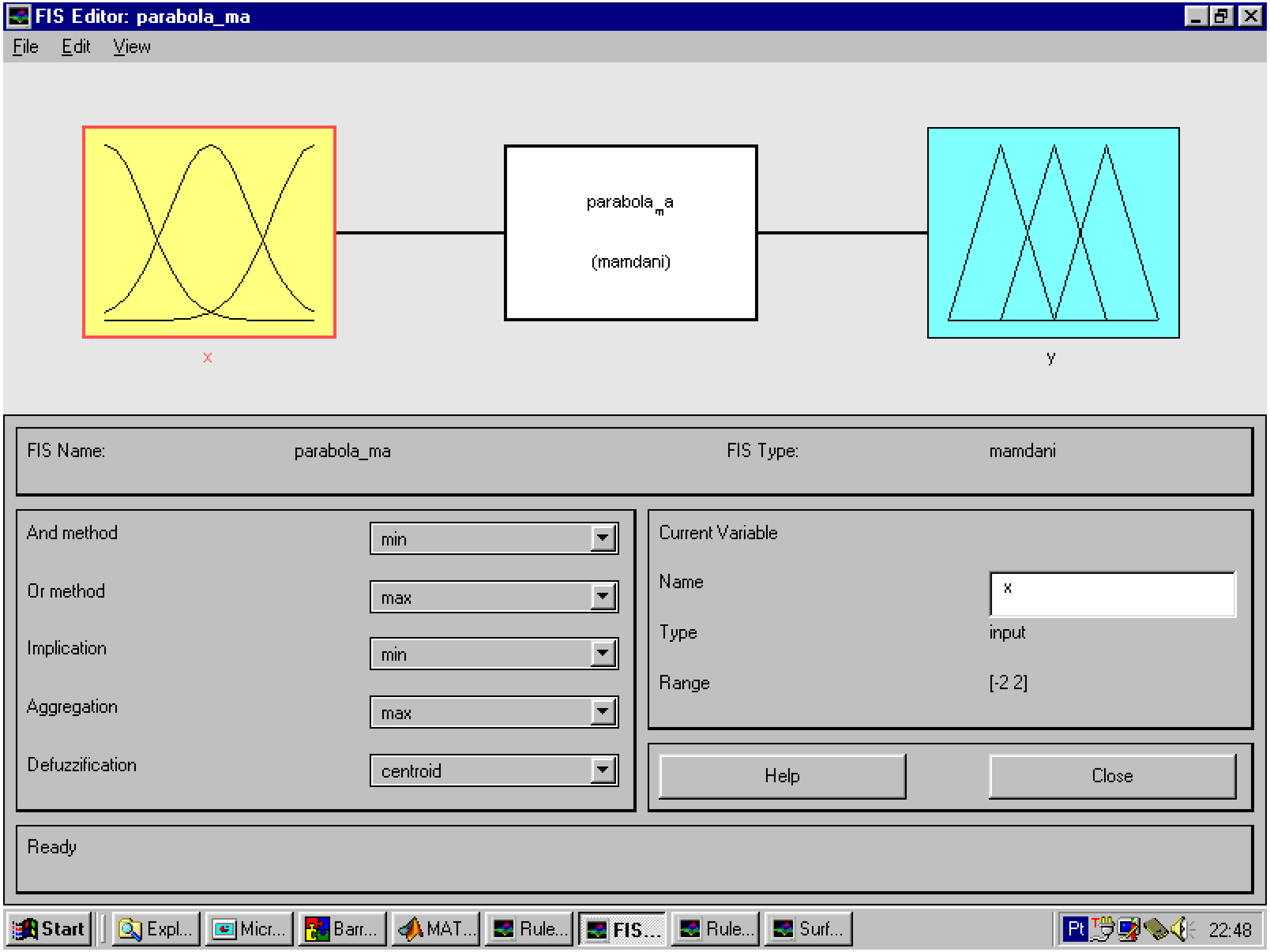

Membership Function Editor: Untitled
File
Edit
View
FIS Variables
x
y
Membership function plots
mf1
m
mf3
1
0.5
0
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
input variable "x"
Current Variable
Name
x
Type
input
Range
[0 1]
Display Range
[0 1]
Current Membership Function
Name
m
Type
gaussmf
Params
[0.05 0.3]
Help
Close
Ready
Start
22:59



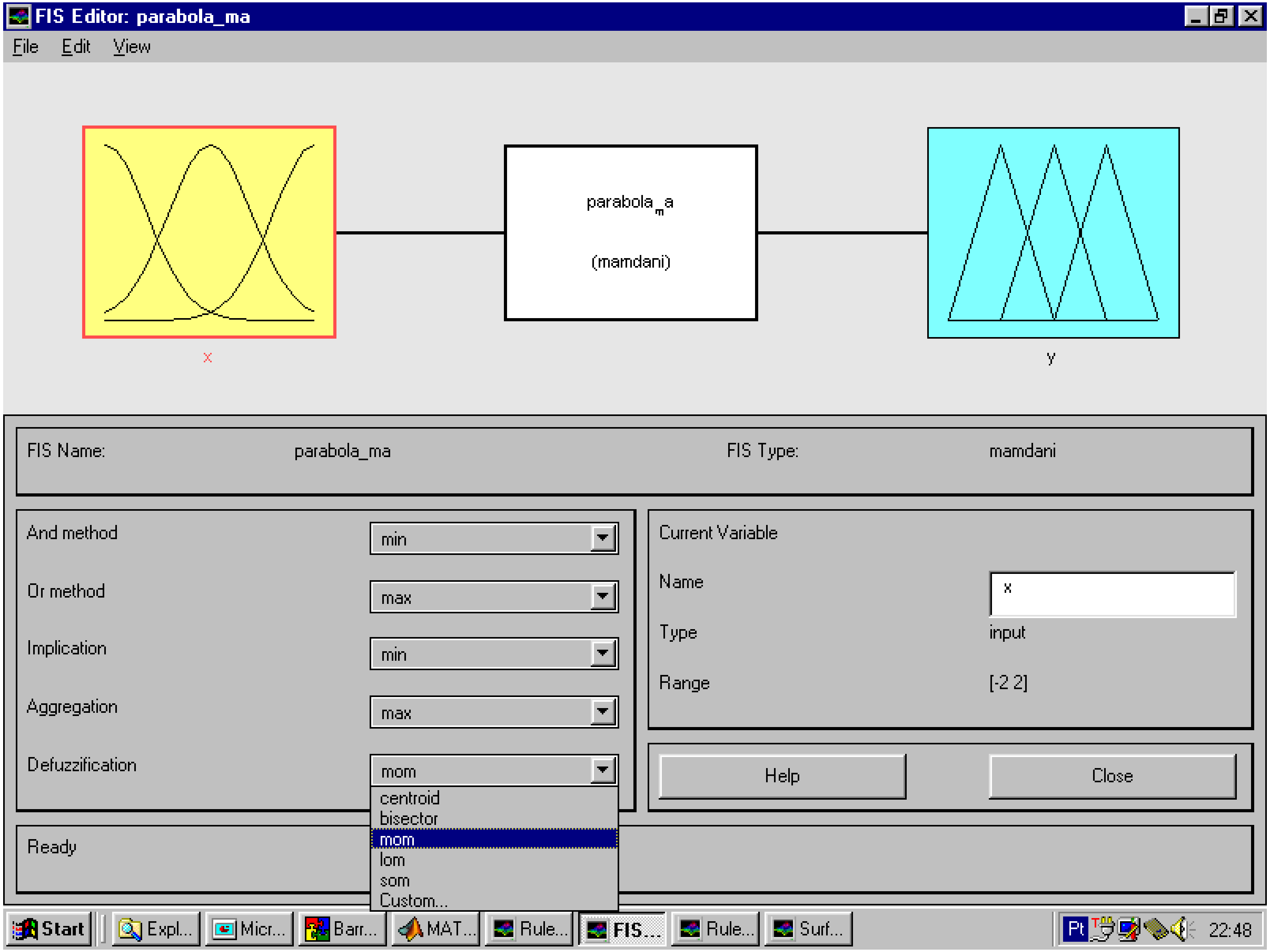
Chamando o editor de regras



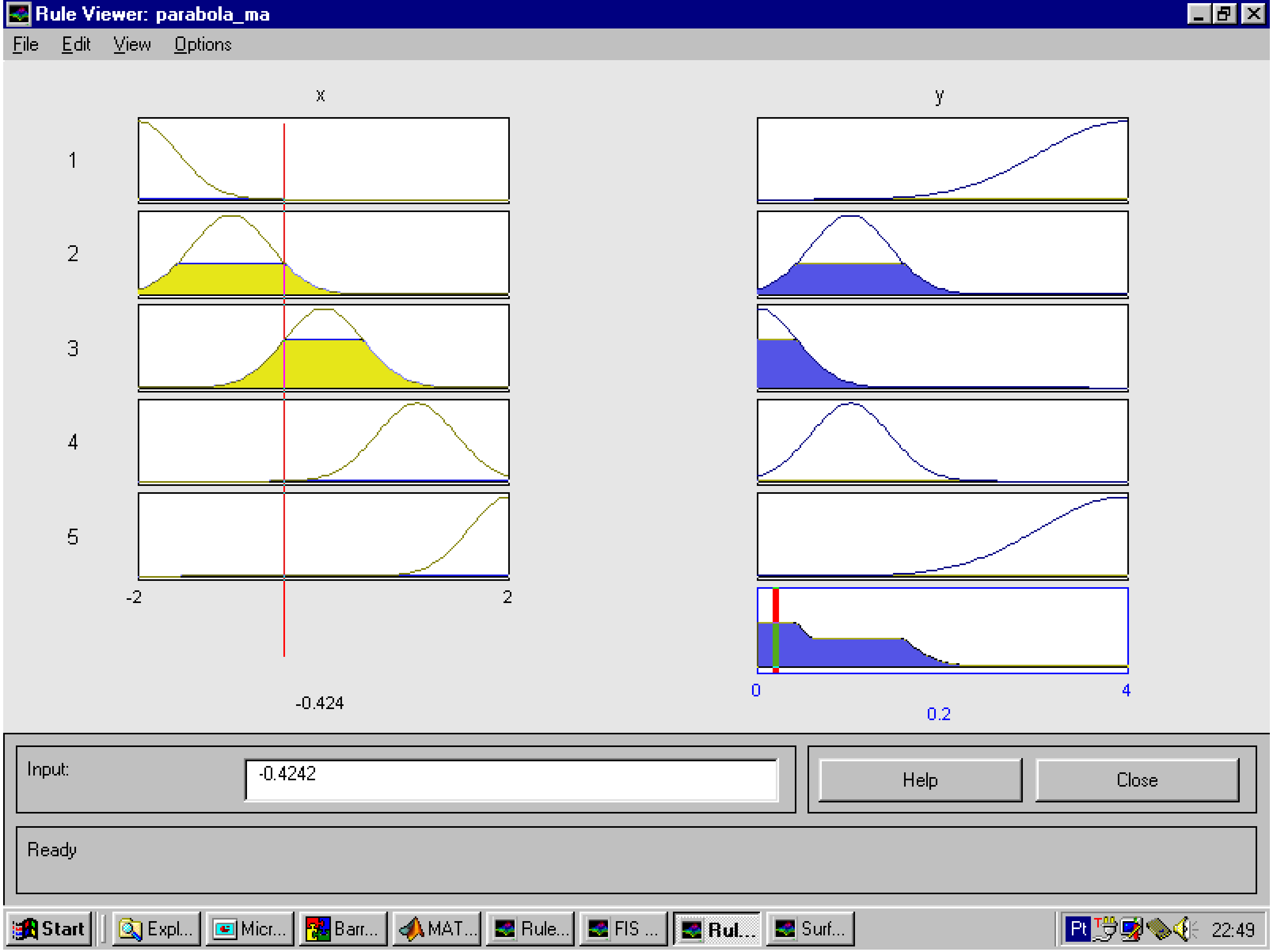
Escrevendo regras



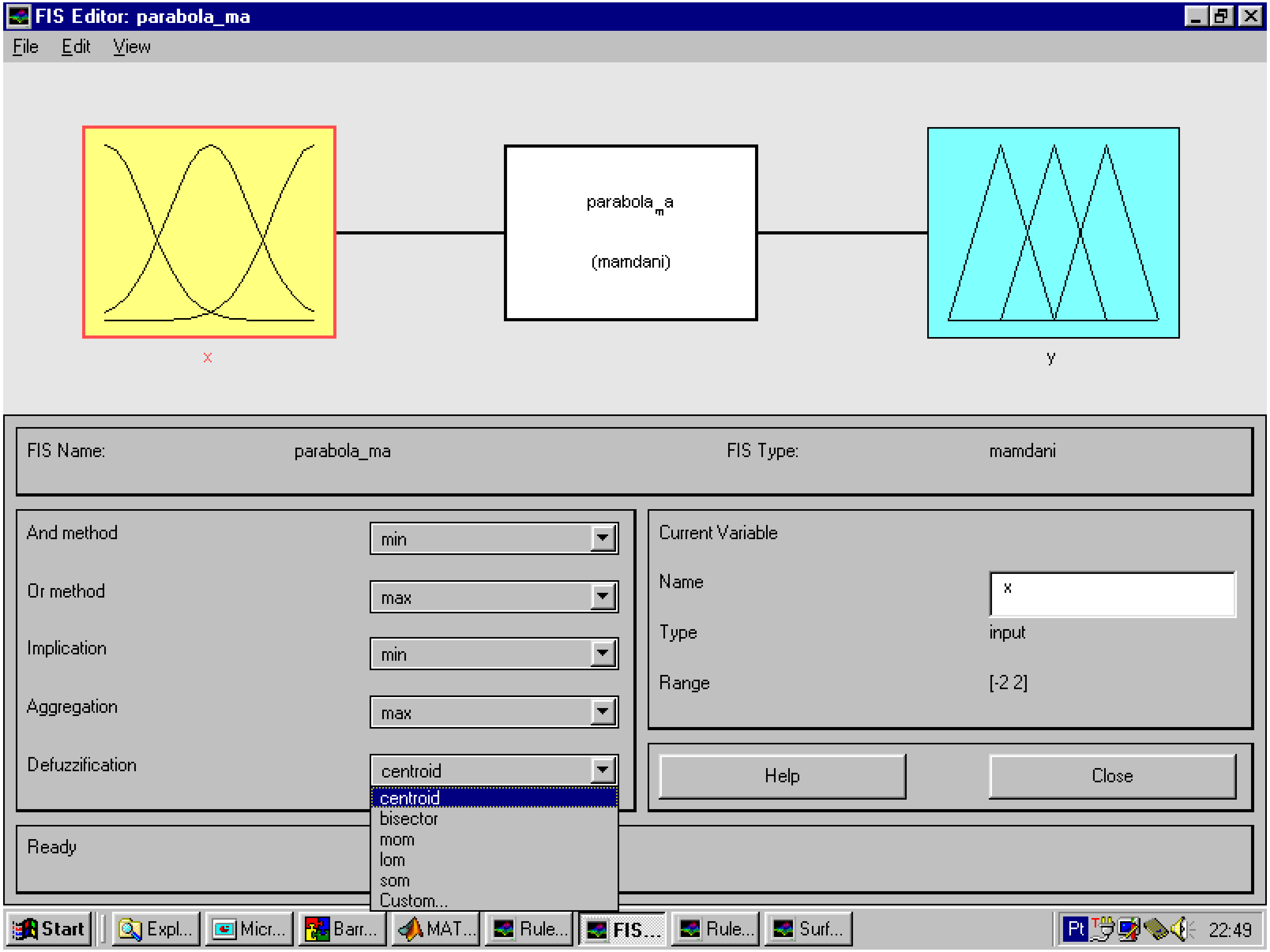
Definindo os parâmetros de inferência



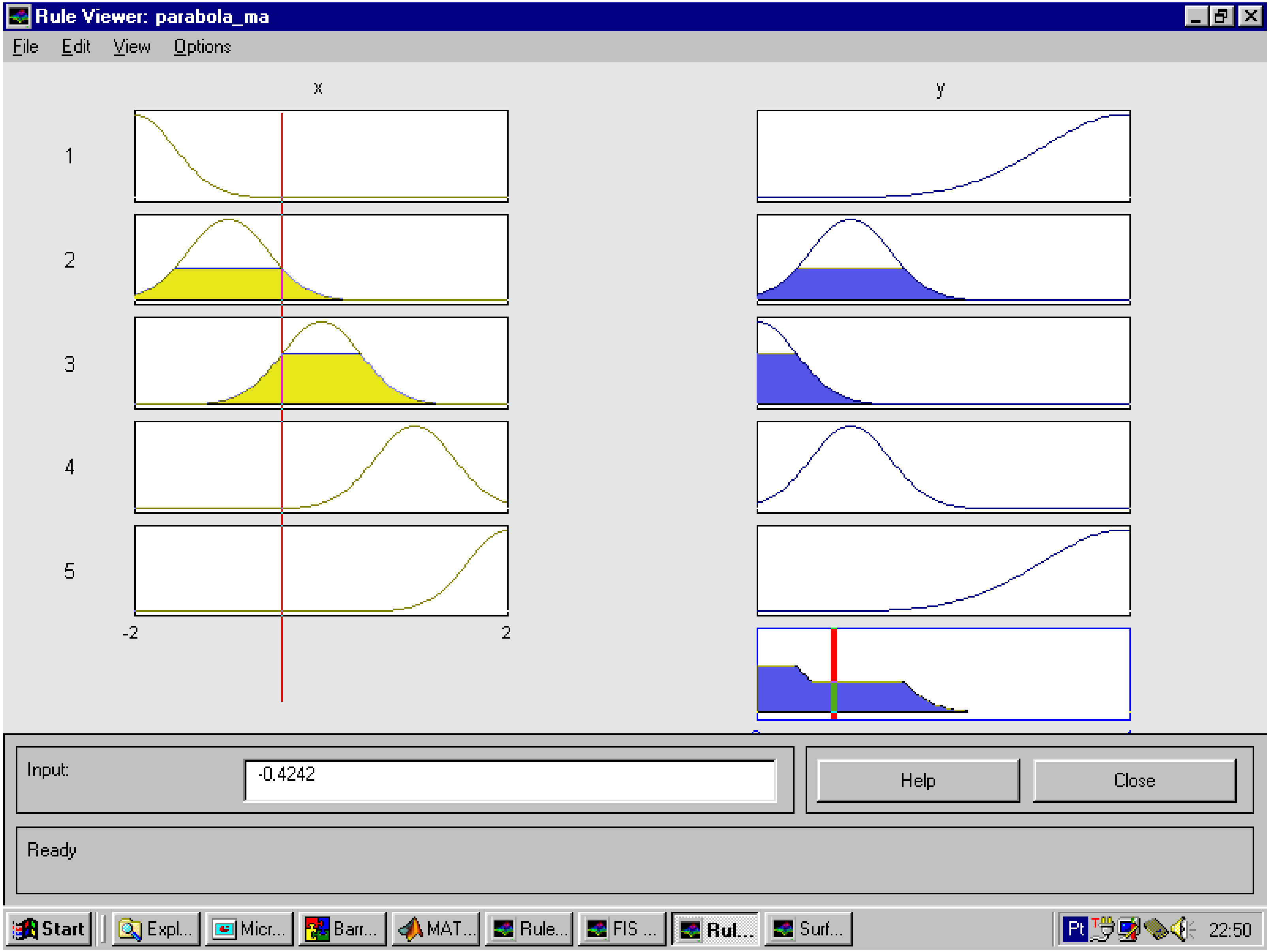
Escolhendo o método de *defuzzicação* (média dos máximos)



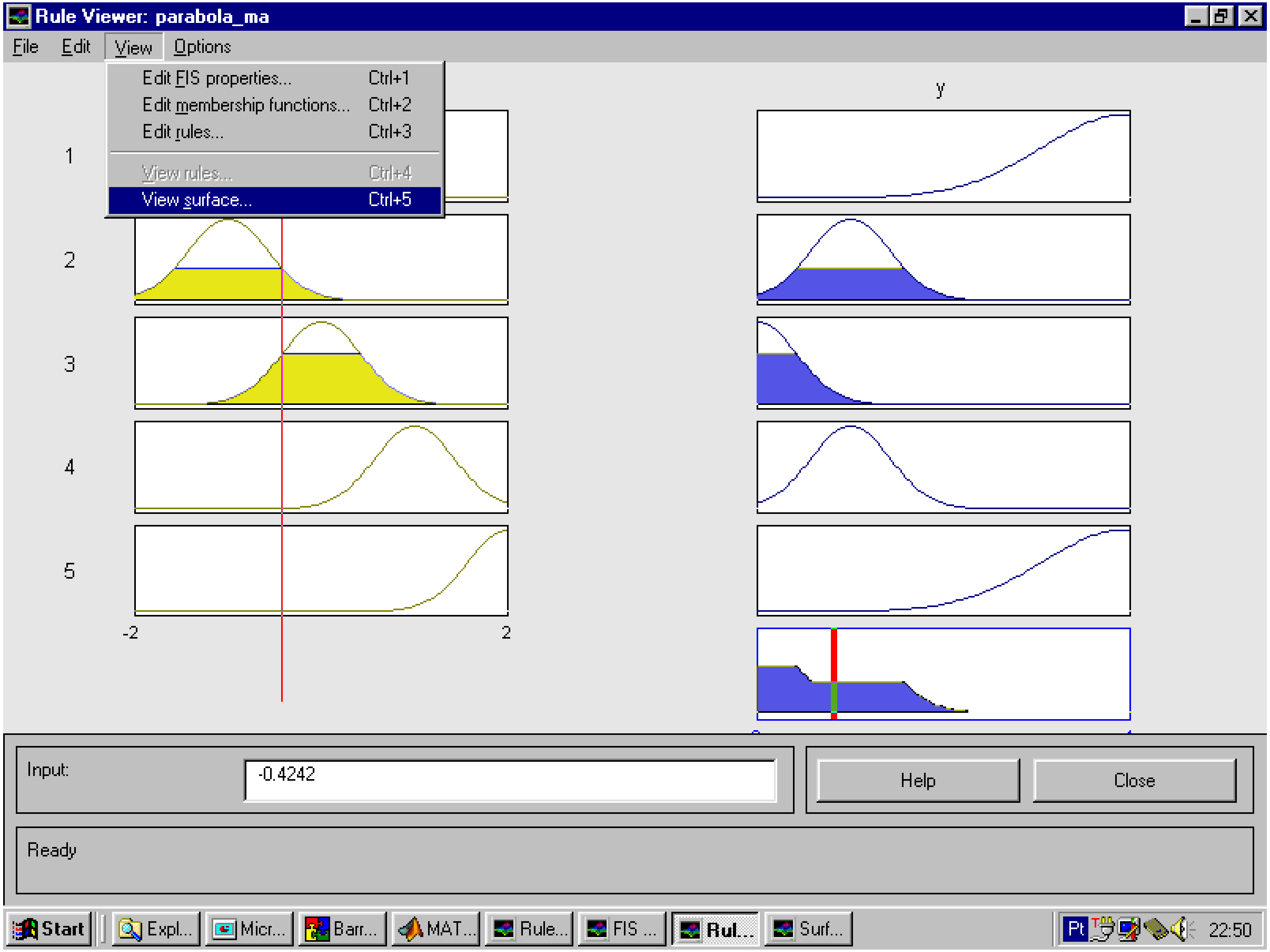
Visualizando o processamento das regras



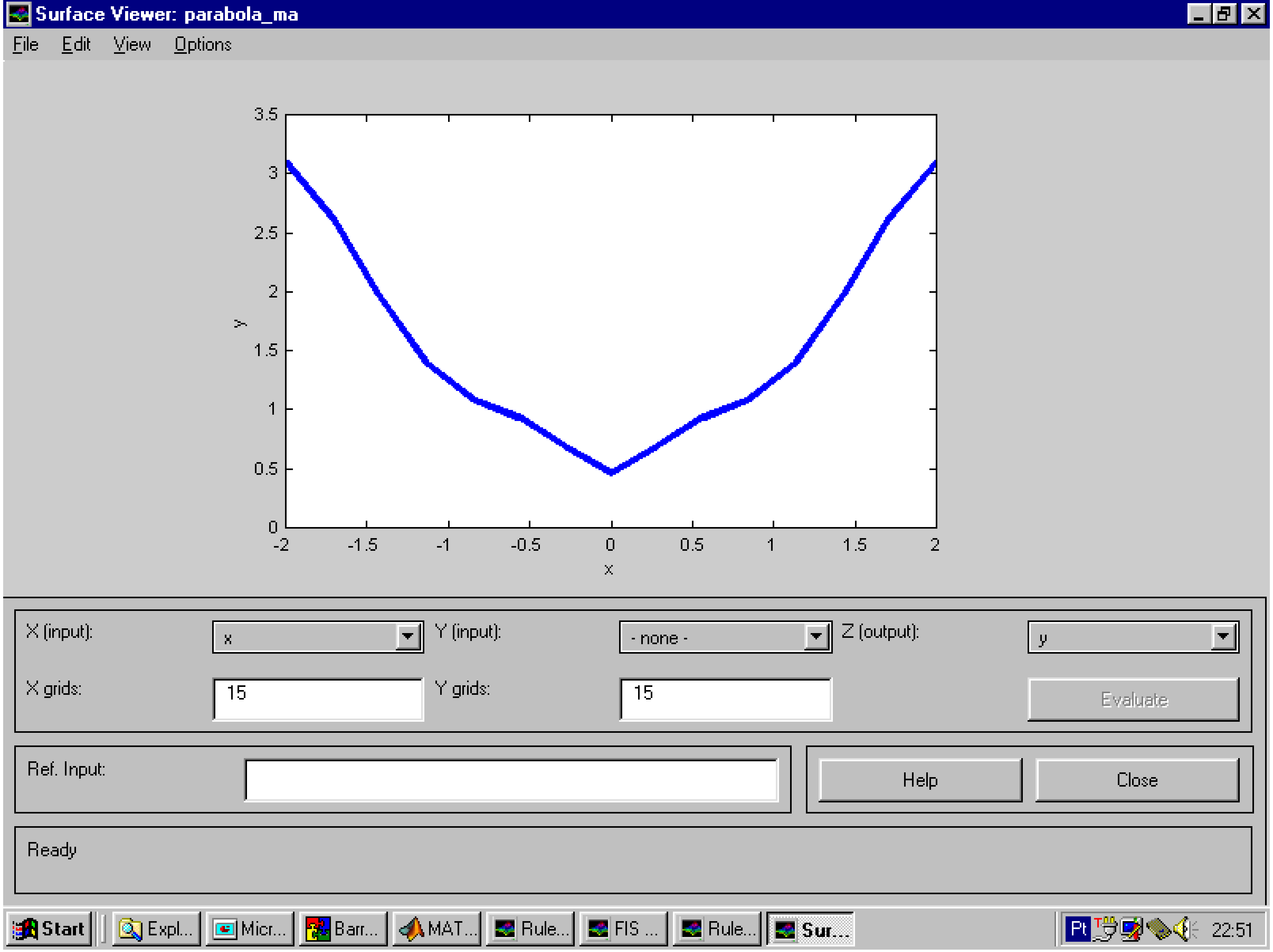
Escolhendo o método de *defuzzicação* (centroide)



Visualizando o processamento das regras



Visualização da superfície de mapeamento



Visualização da superfície de mapeamento