

***Sistemas Híbridos Inteligentes:
Aprendizado e Integração Neuro-Simbólica***

>> HMLT - Hybrid Machine Learning Tools <<

Palestra:

***UCS - Universidade de Caxias do Sul
Outubro 2001***

Apresentação:

Prof. Dr. Fernando Osório

Grupo de Inteligência Artificial - PIPCA

Web: <http://inf.unisinos.br/~osorio/gia.html>

Mestrado em Computação Aplicada - Unisinos



UNISINOS - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (C6/6) - Curso de Informática

Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada - PIPCA

E-mail: osorio@exatas.unisinos.br

Projetos de Pesquisa:

Web: <http://www.inf.unisinos.br/~osorio/>

HMLT, FAGNIS, COHBRA



***Programa Interdisciplinar de
Pós-Graduação
em Computação Aplicada
PIPCA***

**** Perfil do Programa:***

- Área Básica: Ciência da Computação
- Área de Concentração: Modelagem e Simulação
- Modalidade: Mestrado Acadêmico - Reconhecido pela **CAPES**

**** Linhas de Pesquisa:***

- Inteligência Artificial
- Pesquisa Operacional
- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Processamento Gráfico e de Sinais
- Computação Científica

Inscrições Abertas

Inteligência Artificial

- Áreas de estudo e de aplicação:
 - I.A. Simbólica: CBR, Expert Systems, Prolog
 - Aprendizado de Máquinas - **Machine Learning**
 - Sistemas Adaptativos: Redes Neurais, Algoritmos Genéticos, Indução de Árvores de Decisão, Redes Bayesianas - **Sistemas Híbridos**
 - Processamento de Linguagem Natural (PLN)
 - Extração de Conhecimentos de Bases Textuais
 - I.A. Distribuída e Multi-Agentes
 - Mineração de Dados (Data Mining) / KDD (Knowledge Data Discovery)
 - Lógica Nebulosa (Fuzzy Logic)
 - Robótica Inteligente
 - Controle de Processos Adaptativo

GIA - PIPCA

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Tópicos Abordados: Sistemas Híbridos Inteligentes / Hybrid Machine Learning Tools

1. Conceitos básicos:

- *Inteligência e Aprendizado*
- *Soluções Híbridas*
- *Representação de Conhecimentos:*
Métodos Simbólicos e Métodos Conexionistas - Aprendizado de Máquinas

2. Sistemas Híbridos Inteligentes

3. Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

- *SYNHESYS*
- *KBANN*
- *INSS*

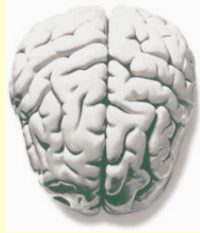
4. Discussão sobre os Sistemas Híbridos Considerações Finais

5. Referências: Bibliografia e Material Complementar

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência: do Humano ao Artificial



REPRODUZIR A
→
INTELIGÊNCIA HUMANA

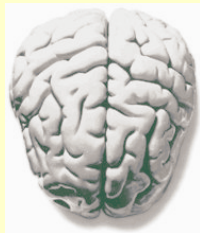


- O que é Inteligência ?
- O que é um ser Inteligente ?

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência: do Natural ao Artificial



REPRODUZIR A
→
INTELIGÊNCIA HUMANA



- O que é Inteligência ?
- O que é um ser Inteligente ?

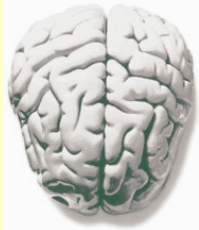
- * Associação de idéias e conceitos
- * Concluir coisas
- * Capacidade de aprendizado
- * Acúmulo de conhecimentos
- * Raciocínio: lógico, abstrato, dedução, analogia, indução, inferência, síntese, análise

- * Uso prático de experiências e conhecimentos passados
- * Tomada de decisões
- * Criar coisas novas (criatividade)
- * Saber o que eu sei (saber explicar)
- * Interação
- * Comunicação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência Artificial: Conceitos Básicos



REPRODUZIR A
INTELIGÊNCIA HUMANA



- **Conceito de Inteligência:** CAPACIDADE DE **RESOLVER PROBLEMAS**
CAPACIDADE DE **APRENDER**
CAPACIDADE DE **SE ADAPTAR / MELHORAR**
- Realizar Atividades Inteligentes
- Sistemas Inteligentes:
 - * Sistemas Especialistas
 - * Sistemas de Apoio ao Diagnóstico e a Decisão
 - * Reprodução de atividades típicas dos seres humanos:
Fala, Audição, Visão, Deslocamento, Manipulação de Objetos, etc.
 - * Jogos: jogo da velha, xadrez, jogos de ação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistemas Híbridos - Uma nova abordagem

* Características / Propriedades:

- Explorar a complementaridade dos módulos
- Divisão de tarefas / Especialização
- Modularidade = Múltiplas inteligências
- Diversificação dos conhecimentos:
 - Representação dos conhecimentos
 - Novas fontes de conhecimentos

Principal exemplo: SER HUMANO

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência Artificial: Soluções Híbridas

Inteligência Humana ➡ Inteligência Artificial

Aprendizado Humano ➡ Aprendizado de Máquinas

Métodos de Raciocínio e Aquisição de Conhecimentos Múltiplos ➡ Sistemas Híbridos

* Sistemas Especialistas de 1a. Geração:

- Aquisição manual de conhecimentos
- Problemas: Base de Conhecimentos (regras e fatos)

* Sistemas Especialistas de 2a. Geração:

- Aquisição automática de conhecimentos
- Integração de diferentes métodos da I.A.

“Sistemas Híbridos”

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência Artificial: Soluções Híbridas

Inteligência Humana ➡ Inteligência Artificial

Aprendizado Humano ➡ Aprendizado de Máquinas

Métodos de Raciocínio e Aquisição de Conhecimentos Múltiplos ➡ Sistemas Híbridos

Sistemas Inteligentes Híbridos

Projeto de Pesquisa HMLT - *Hybrid Machine Learning Tools*

“Ferramentas Híbridas de Aprendizado para o Máquinas”

Coordenador Prof. Fernando Osório

Bolsistas de Iniciação Científica.... Carla Medeiros Barros (ex-bolsista)
João Ricardo de Bittencourt Menezes
Rafael Guterres Jeffman

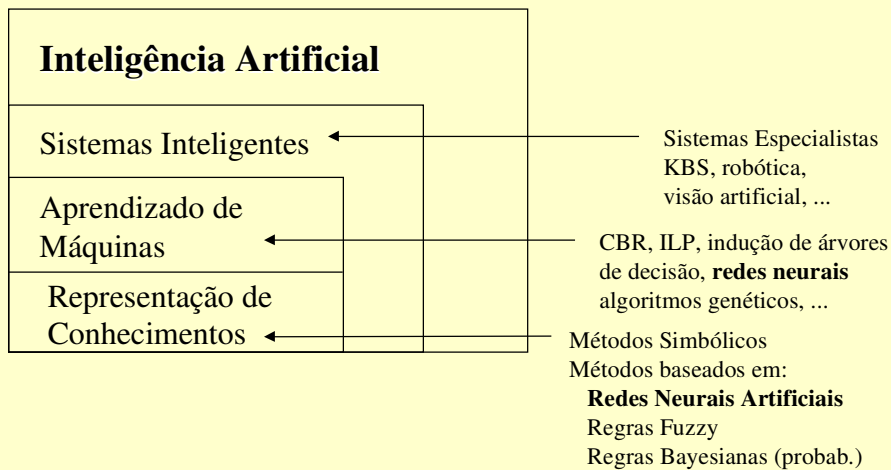
Mestrando..... Farlei Heinen (PIPCA 2000/2001)

Cooperação: Laboratoire LEIBNIZ - Grenoble, França
PRIS / NUS - National University of Singapore

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



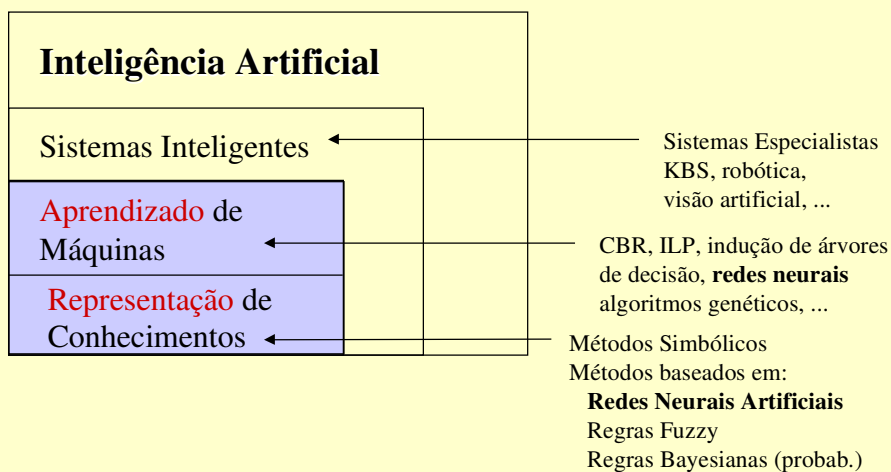
Inteligência Artificial: Aprendizado de Máquinas



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



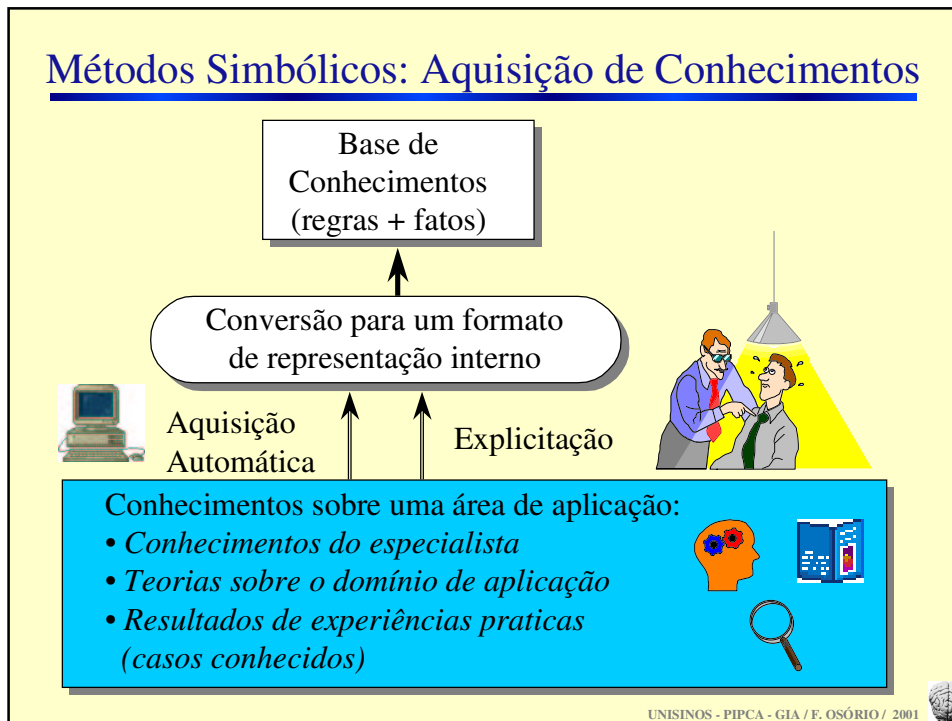
Inteligência Artificial: Aprendizado de Máquinas



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Simbólicos: Aquisição de Conhecimentos



Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

- * Sistemas baseados em conhecimentos:
KBS - Knowledge Base Systems, Expert Systems (Frames e Redes Semânticas)
Rule Based Systems, Production Rule Systems
- * Sistemas baseados em regras de lógica difusa ou nebulosa
Fuzzy Expert Systems
- * Sistemas baseados em probabilidades
Redes Bayesianas
- * Sistemas baseados em casos ou exemplos
CBR - Case Based Reasoning
- * Árvores de decisão
IDT - Inductive Decision Trees
- * Algoritmos Genéticos
GA - Genetic Algorithms

Sistemas Especialistas baseados em Conhecimento Simbólico
Dado um problema:
Assume-se usualmente => Conhecimento é *Completo e Correto*

Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

Regras booleanas:

Se temp_paciente_normal e não_tem_febre Então tomar_remedio = Não

Entradas discretizadas:

Se temp_paciente = anormal e (febre = média ou febre = alta) Então tomar_remedio = Sim

Entradas quantitativas:

Se temp_paciente > 37.0 Então tomar_remedio = Sim

Contexto - Relação entre 2 entradas:

Se temp_paciente > temp_médico Então tomar_remedio = Sim

Intervalos:

Se pertence_ao_intervalo (temp_paciente, 37.0, 39.0) Então tomar_remedio = Sim

Saída numérica:

Se grau_de_pertinência (temp_paciente, 37.0, 39.0) Então remédio = quantidade (temp_paciente)

Saída com probabilidade/grau de certeza:

Se temp_paciente > 37.0 Então tomar_remedio com grau_de_certeza(diagnóstico=tomar_remedio)

Análise de evolução do comportamento:

Se aumentou(temp_paciente) Então aumenta(medicação)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

➡ Conhecimentos Teóricos

$$XOR = (A \text{ Or } B) \text{ And Not } (A \text{ And } B)$$

ou

$$XOR = (A \text{ And Not } (B)) \text{ Or } (\text{Not } (A) \text{ And } B)$$

➡ Conhecimentos Empíricos

| A | B | XOR |
|---|---|-----|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

➡ Conhecimentos Teóricos / Simbólicos

Se existem 2 casas na horizontal, vertical ou diagonal
com uma marca do jogador oponente
e a terceira casa está livre
Então jogar nesta casa!

➡ Conhecimentos Empíricos / Dados

| | | |
|----------------|----------------|----------------|
| X ₂ | | X |
| O ₁ | O ₃ | X ₄ |
| O ₅ | | |

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos de Aprendizado de Máquinas

- **Aprendizado por analogia / por instâncias**
Sistemas baseados em casos
CBR - *Case Based Reasoning*
- **Aprendizado por Indução**
Indução de Árvores de Decisão
ID3, C4.5, CN2 - *Induction of Decision Trees*
ILP - *Inductive Logic Programming (Prolog)*
- **Aprendizado por evolução/seleção**
Algoritmos Genéticos
GA e GP - *Genetic Algorithms / Genetic Programming*
- **Aprendizado por reforço (*reinforcement learning*)**
- **Aprendizado Bayesiano (probabilista)**
- **Aprendizado Neural**
MLP Back-Propagation - *Artificial Neural Networks*

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



BASE DE DADOS SOBRE O PROBLEMA

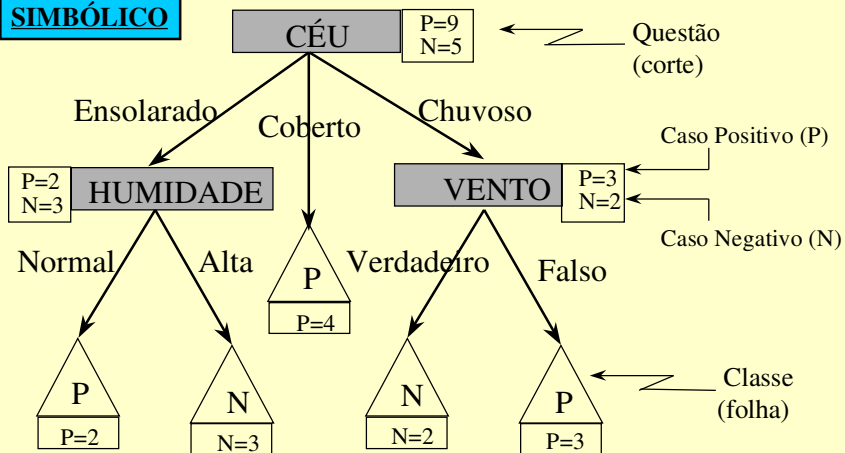
| NÚMERO | CÉU | TEMPERATURA | HUMIDADE | VENTO | CLASSE |
|--------|------------|-------------|----------|-------|--------|
| 1 | ensolarado | elevada | alta | não | N |
| 2 | ensolarado | elevada | alta | sim | N |
| 3 | coberto | elevada | alta | não | P |
| 4 | chuvoso | média | alta | não | P |
| 5 | chuvoso | baixa | normal | não | P |
| 6 | chuvoso | baixa | normal | sim | N |
| 7 | coberto | baixa | normal | sim | P |
| 8 | ensolarado | média | alta | não | N |
| 9 | ensolarado | baixa | normal | não | P |
| 10 | chuvoso | média | normal | não | P |
| 11 | ensolarado | média | normal | sim | P |
| 12 | coberto | média | alta | sim | P |
| 13 | coberto | elevada | normal | não | P |
| 14 | chuvoso | média | alta | sim | N |

Tabela – Conjunto de dados de aprendizado : Condições meteorológicas

N = Negativo (tempo ruim)

P = Positivo (tempo bom)

SIMBÓLICO

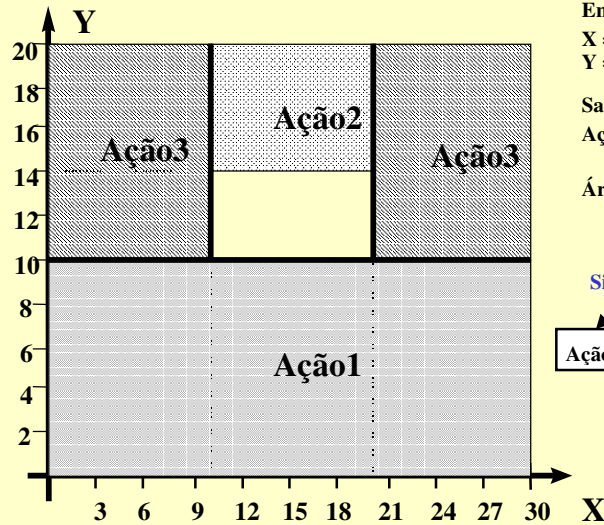


IF ((CÉU=Ensolarado *and* HUMIDADE=Normal) *or*
 (CÉU=Coberto) *or*
 (CÉU=Chuvoso *and* VENTO=Falso))

ARVORE DE DECISÃO

Then Classe = P

Métodos Simbólicos: Árvores de Decisão






Entradas:

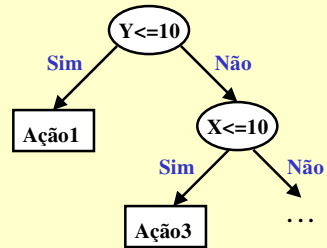
$X = [0..30]$

$Y = [0..20]$

Saídas (Ações):

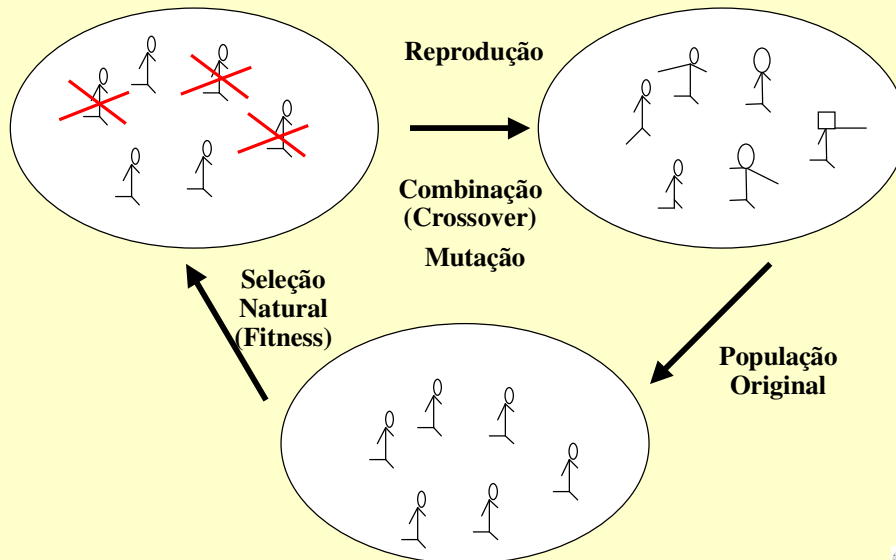
Ação1 , Ação2 , Ação3 

Árvore de Decisão:



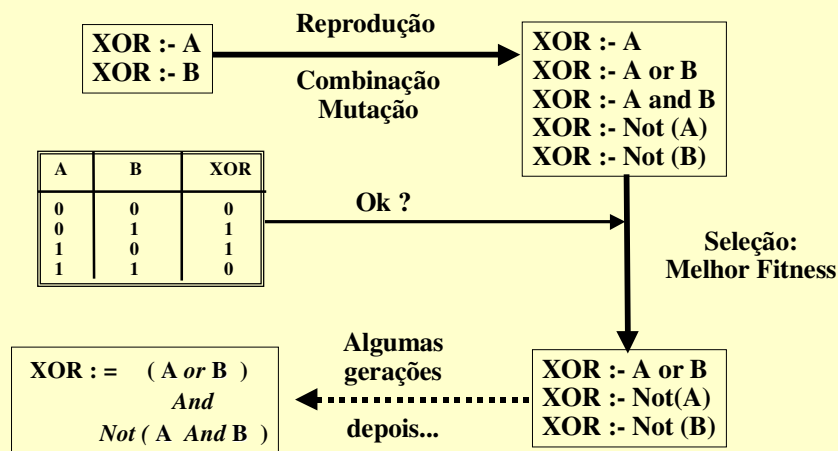
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Aprendizado de Máquinas: Algoritmos Genéticos



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Aprendizado de Máquinas: Algoritmos Genéticos



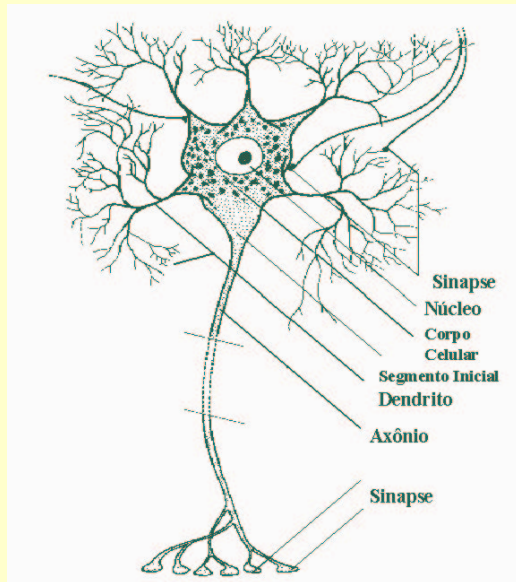
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Métodos Simbólicos: Vantagens e Desvantagens

- + Conhecimento representado por **regras** (ou outra estrutura similar) que podem ser **facilmente interpretadas e analisadas**;
- + **Permite a explicação** do processo que levou a uma determinada **resposta**;
- + **Fácil inserção de novos conhecimentos** obtidos à partir do especialista ou através de métodos automáticos de aquisição de conhecimentos;
- Necessidade de se trabalhar com **conhecimentos completos e exatos** sobre um determinado problema;
- Dificuldade de **explicitar todos os conhecimentos** relativos ao problema através de regras simbólicas;
- Dificuldade para tratar **informações imprecisas ou aproximadas**, e valores numéricos (**dados quantitativos**).

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

I.A. - Métodos Conexionistas: Conceitos Básicos



Redes Neurais Artificiais:

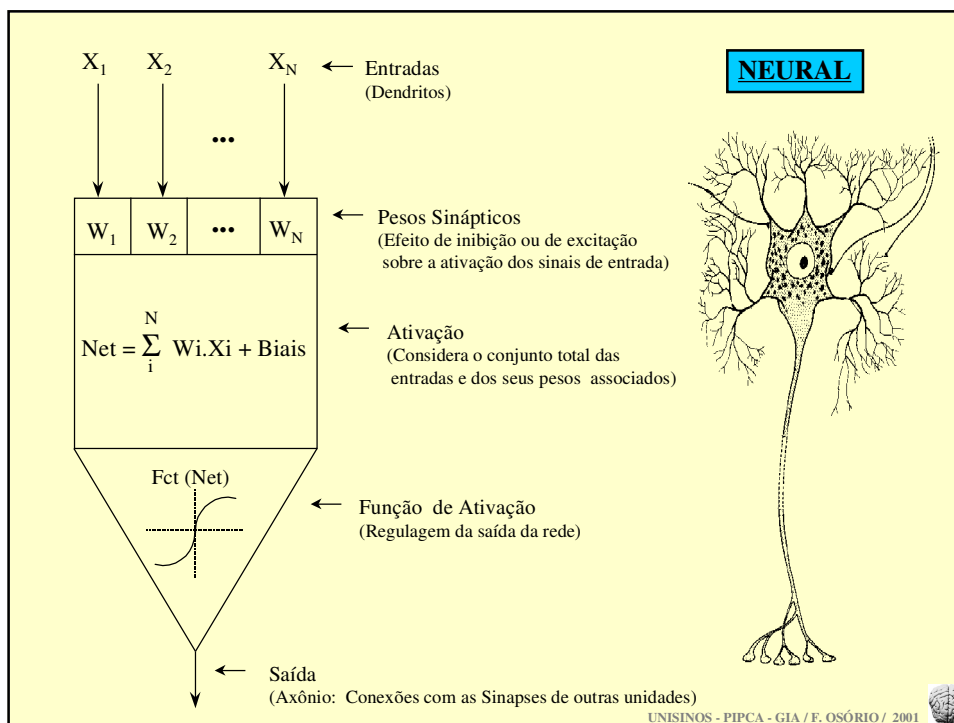
Neurônio...
Modelo Simulado
Modelo SIMPLIFICADO

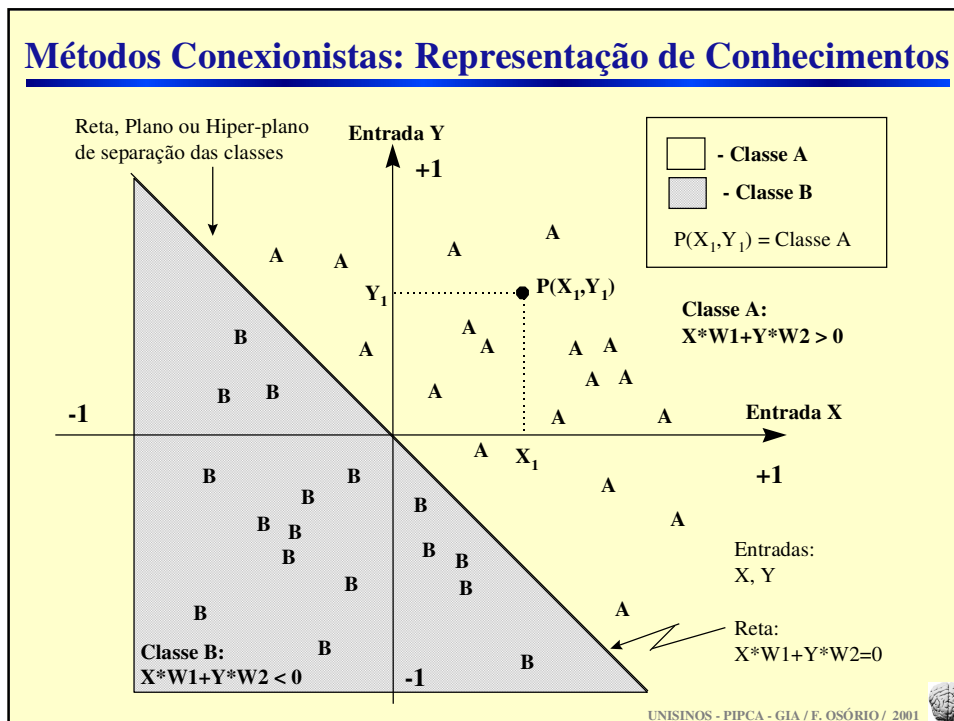
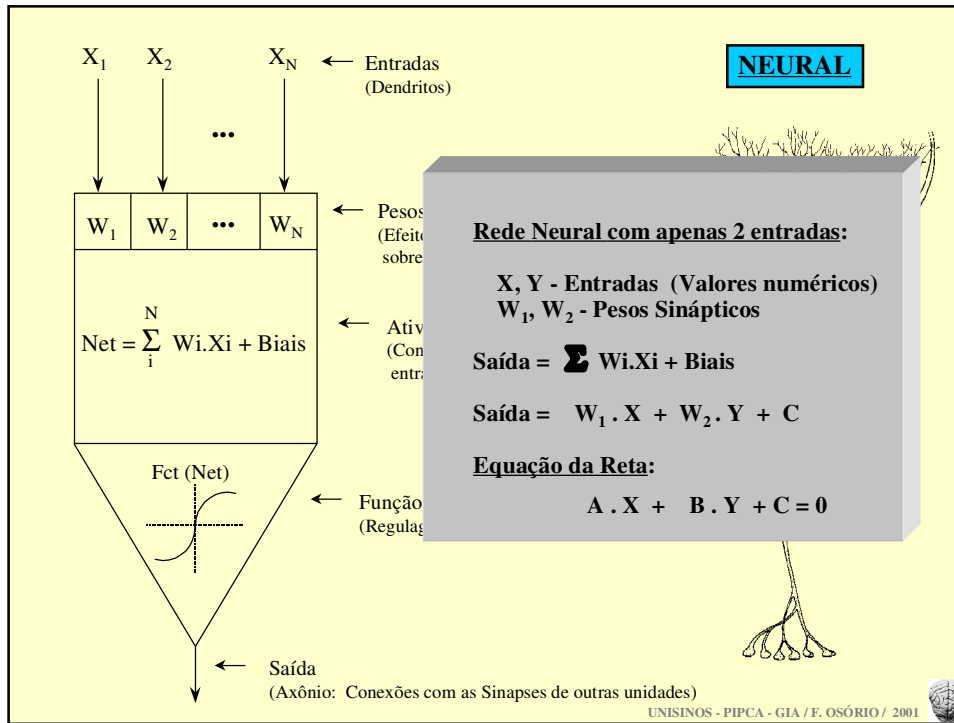
Características Básicas:
Adaptação
Aprendizado
Autômato

Representação de
Conhecimentos:

Baseada em Conexões

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

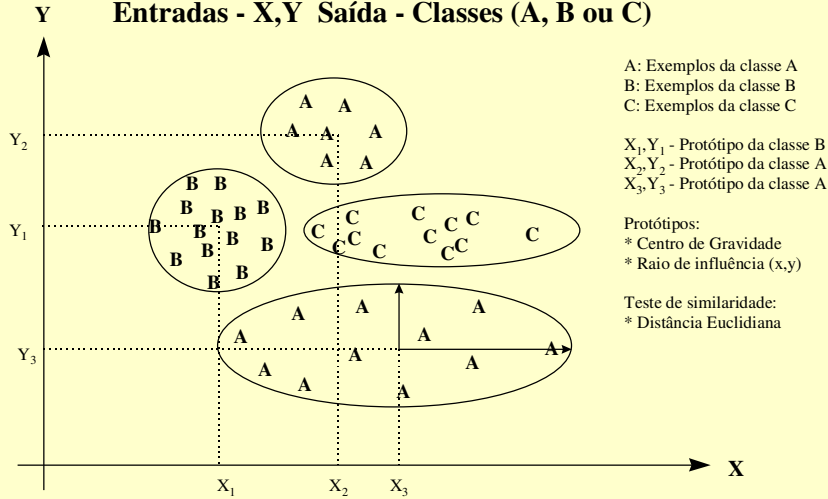




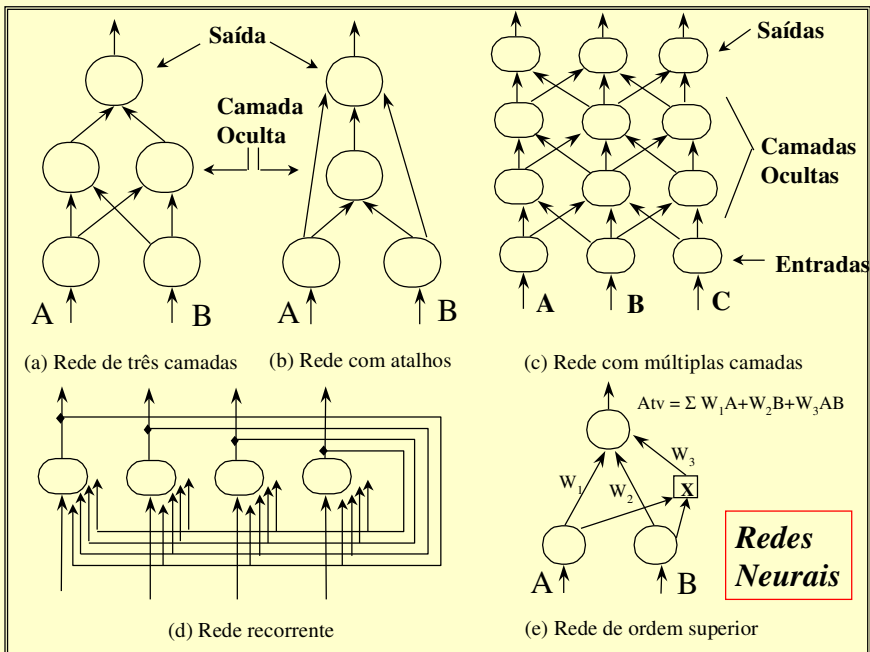
Métodos Conexionistas: Representação de Conhecimentos

Redes à base de Protótipos

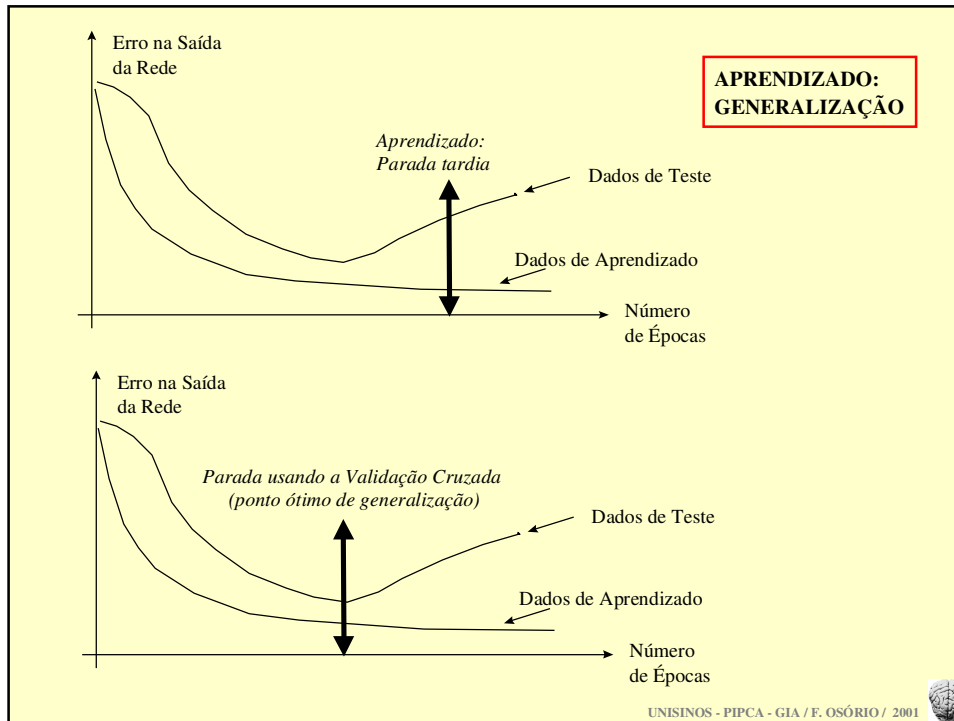
Entradas - X,Y Saída - Classes (A, B ou C)



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Conexionistas: Vantagens e Desvantagens

- + **Aquisição automática de conhecimentos empíricos** à partir de uma base de exemplos de aprendizado referente a um problema;
- + Manipulação de **dados quantitativos, aproximados e mesmo incorretos** com uma degradação gradual das respostas;
- + Grande **poder de representação de conhecimentos** através da criação de relações ponderadas entre as entradas do sistema;
- **Dificuldade de configuração** das redes em relação à sua **estrutura** inicial e também no que se refere aos **parâmetros** dos algoritmos de aprendizado;
- **Dificuldade de explicitar os conhecimentos** adquiridos pela rede através de uma linguagem compreensível para um ser humano;
- **Dificuldade de convergência** (bloqueios) e **instabilidade**, inerentes aos algoritmos de otimização empregados;
- **Lentidão do processo de aprendizado** / adaptação.

Sistemas Híbridos Inteligentes

* **Conceitos Básicos:**

- Complementaridade
- Divisão de tarefas / Especialização
- Modularidade
- Diversificação:
 - Representação de Conhecimentos
 - Fontes de Aquisição de Conhecimentos

Exemplo: SER HUMANO



Sistemas Híbridos Inteligentes

* **Combinar as diferentes técnicas:**

- Árvores de Decisão
- Algoritmos Genéticos
- Redes Neurais Artificiais
- CBS (Case Based Reasoning = Raciocínio baseado em Casos)
- RBS (Rule Based Systems = Sistemas baseados em Regras)
- Regras Nebulosas (Fuzzy Rules)
- Sistemas Probabilistas (Bayesian)
- ...

* **Exemplos:** Neuro+IDT, Neuro+Fuzzy, Neuro+CBR, Neuro+GA,
RBS+CBR, GA+RBS, ...



Sistemas Híbridos Inteligentes: Integração

* Módulos Básicos:

- Métodos Simbólicos: CBR, KBS, IDT, GA, Fuzzy, ...
- Métodos Conexionistas: Redes Neurais

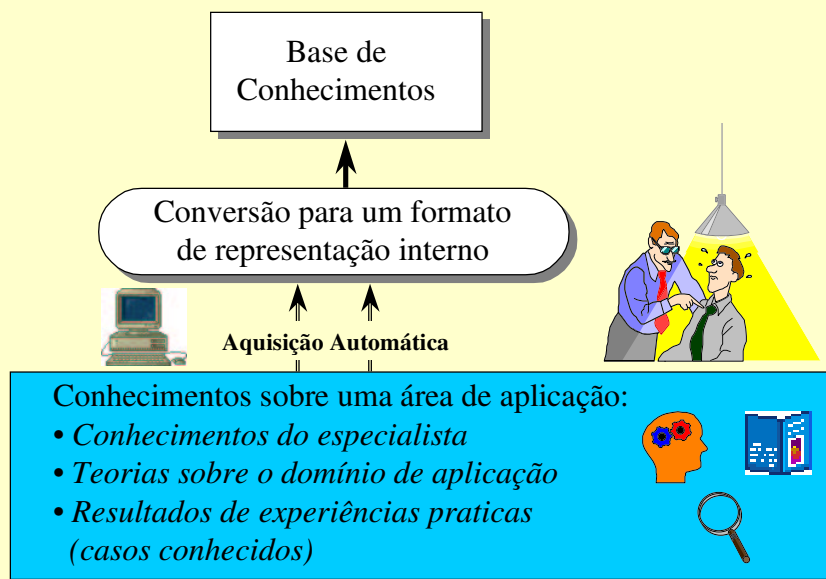
* Tipos de Integração:

- Simbólico-Difuso
- Simbólico-Genético
- Neuro-Genético
- Neuro-CBR
- Neuro-Simbólicos
 - Neuro-Fuzzy
 - Neuro- IDT
 - Neuro-KBS

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistemas Híbridos Inteligentes: Integração



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

S.H.N.S.

INTEGRAÇÃO:

NÍVEL SIMBÓLICO
NÍVEL SUB-SIMBÓLICO

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

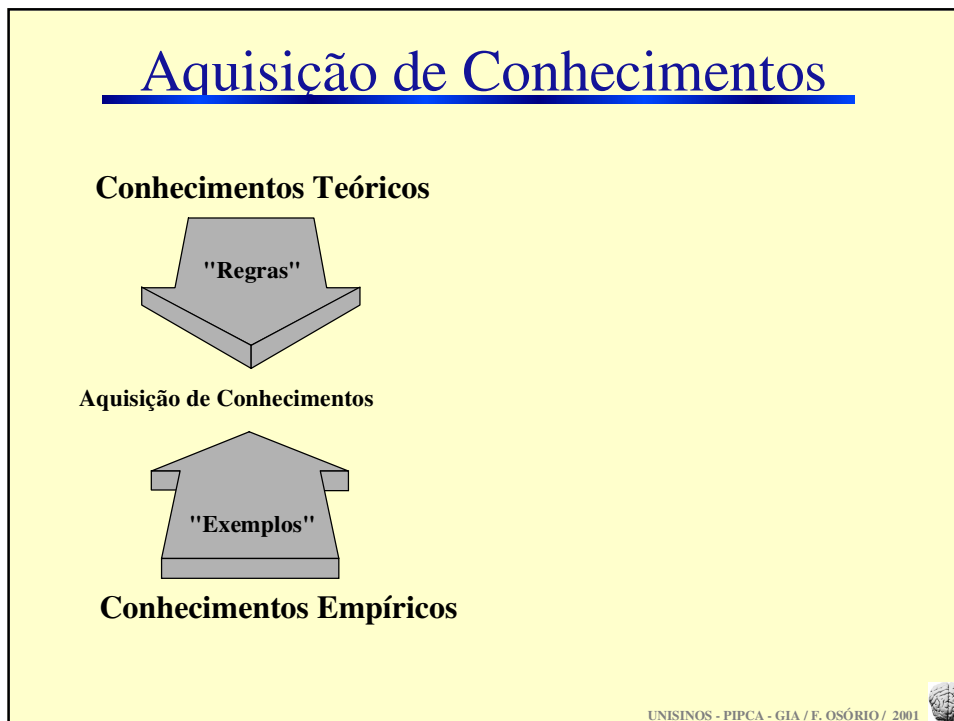
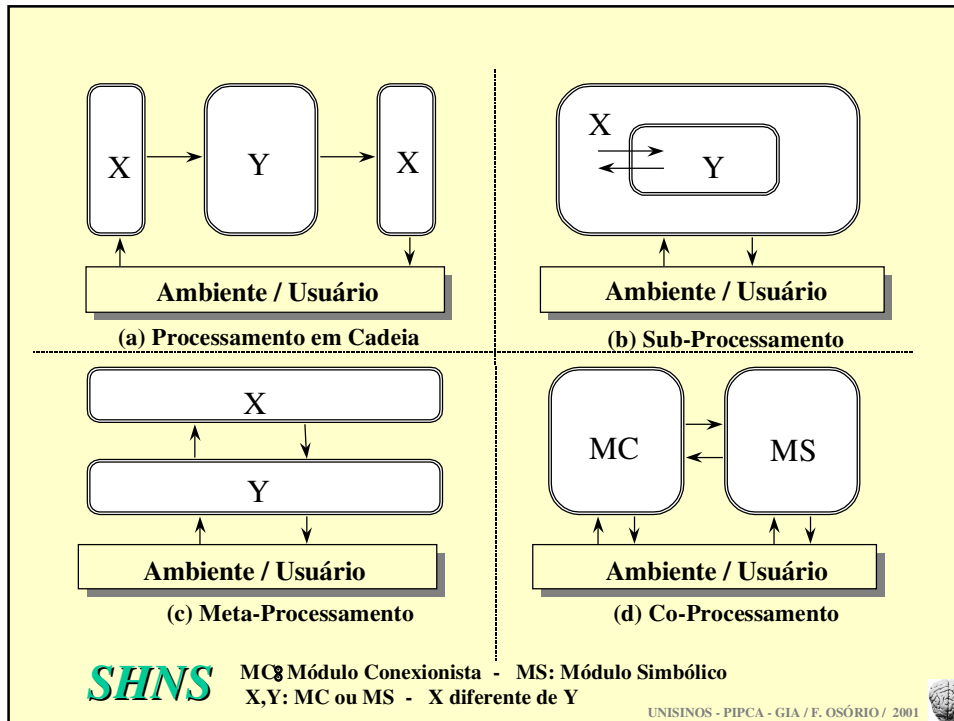


Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|----------------|
| Conexionista Puro | Puramente Conexionista = Módulo Conexionista «simbólico» | Módulo Simbólico + Módulo Conexionista | Puramente Simbólico = Módulo Simbólico «estendido» | Simbólico Puro |
| | ← Sistemas Híbridos → | | | |
| | Método Unificado <i>Híbrido no sentido amplo</i> | Método Híbrido <i>Híbrido no sentido restrito</i> | Método Unificado <i>Híbrido no sentido amplo</i> | |

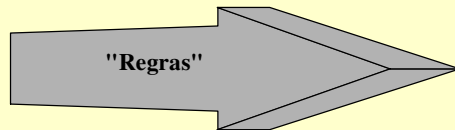
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001





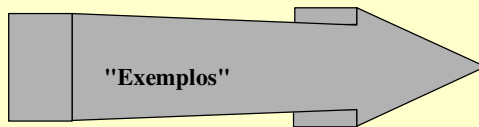
Aquisição de Conhecimentos

Conhecimentos Teóricos



Módulo *MS*
Simbólico

Aquisição de Conhecimentos



Conhecimentos Empíricos

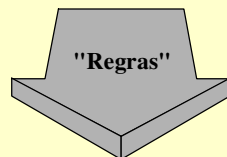
Módulo *MC*
Conexionista

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

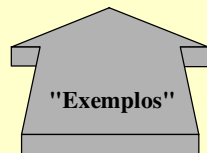


Aquisição de Conhecimentos

Conhecimentos Teóricos



Aquisição de Conhecimentos



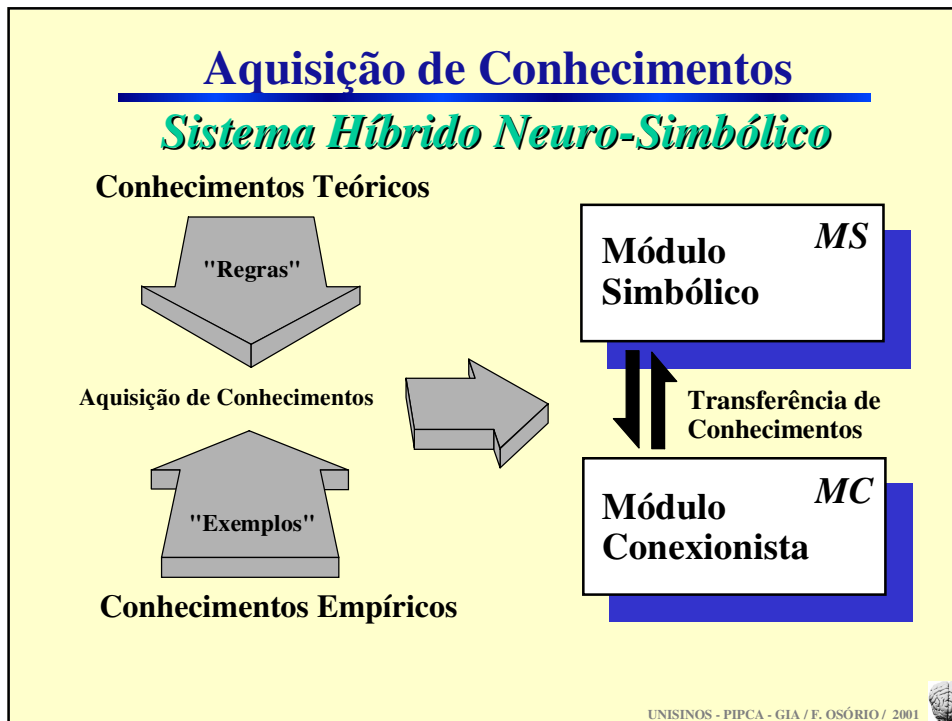
Conhecimentos Empíricos

Módulo *MS*
Simbólico

Módulo *MC*
Conexionista

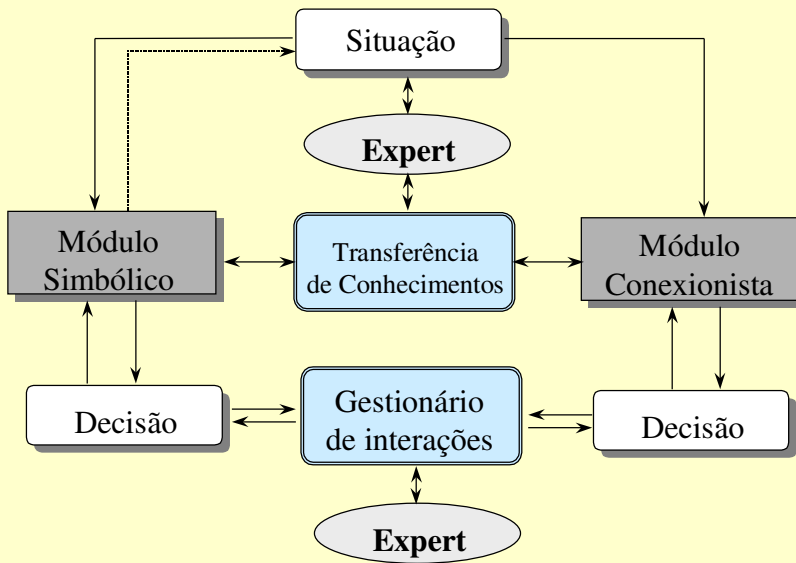
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001





- ## Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos
1. SYNHESYS - A. Giacometti
Symbolic and NEural Hybrid Expert SYSTEM Shell
 Rede incremental baseada em protótipos - ARN2
 Módulo simbólico de inferência com «Forward/Backward Chaining»
 2. KBANN - G. Towell
Knowledge Based Artificial Neural Networks
 Rede do tipo MLP com uso do algoritmo Back-Propagation
 Compilação de regras em uma RNA, aprendizado e extração de regras
 3. INSS - F. Osório
Incremental Neuro-Symbolic System
 Rede incremental do tipo MLP com uso do algoritmo Cascade-Correlation
 Compilação de regras, aprendizado, extração e validação
- UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

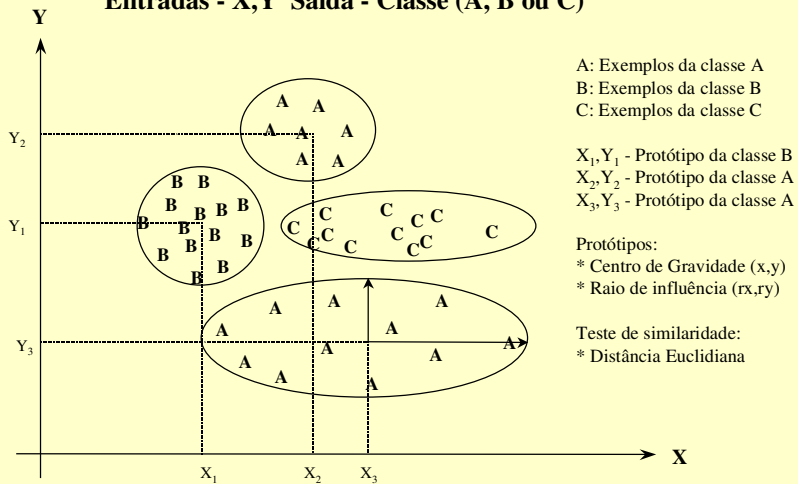
Sistema SYNHESYS



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema SYNHESYS

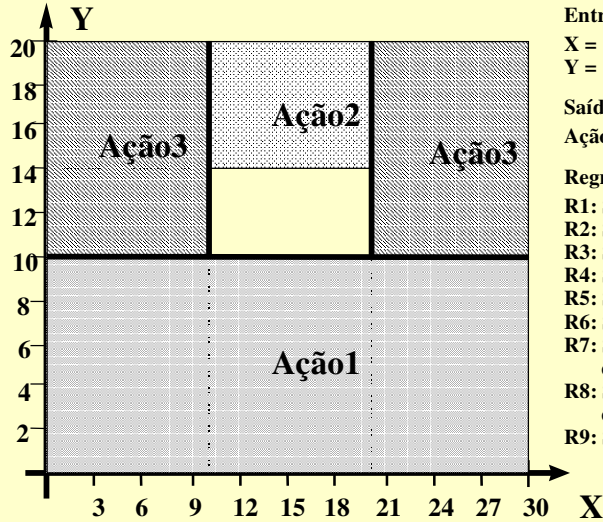
Entradas - X,Y Saída - Classe (A, B ou C)



Protótipos: Hiper-elipsoides / Hiper-Esferas

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema SYNHESYS






Entradas:

X = [0..30]

Y = [0..20]

Saídas (Ações):

Ação1 , Ação2 , Ação3 

Regras:

R1: Se Y in [0..10] então Y_Fraco

R2: Se Y in [10..20] então Y_Forte

R3: Se X in [0..10] então X_Fraco

R4: Se X in [10..20] então X_Médio

R5: Se X in [20..30] então X_Forte

R6: Se Y_Fraco então Ação1

R7: Se Y_Forte e X_Fraco

então Ação3

R8: Se Y_Forte e X_Forte

então Ação3

R9: Se Y in [14..20] e X_Médio

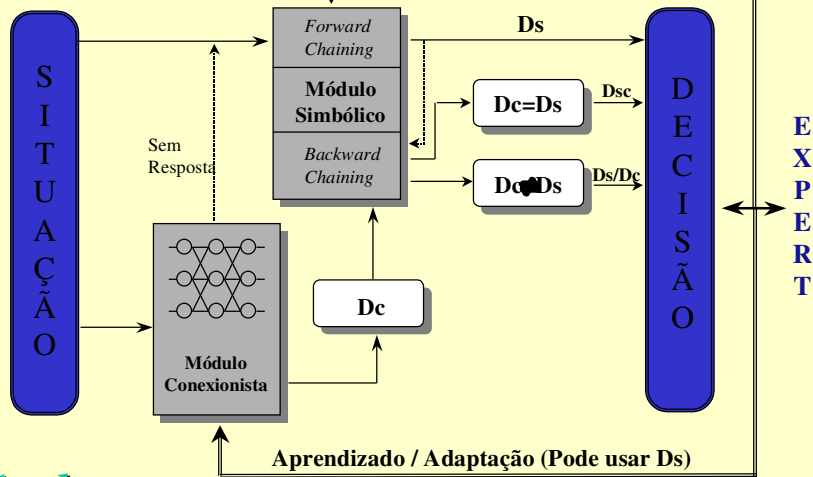
então Ação2

Protótipos: Hiper-retângulos

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Ds : Decisão do Módulo Simbólico
Dc : Decisão do Módulo Conexionista
Dsc : Decisão Simbóli-Conexionista

Apagar ou adicionar uma regra



Synhesys

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

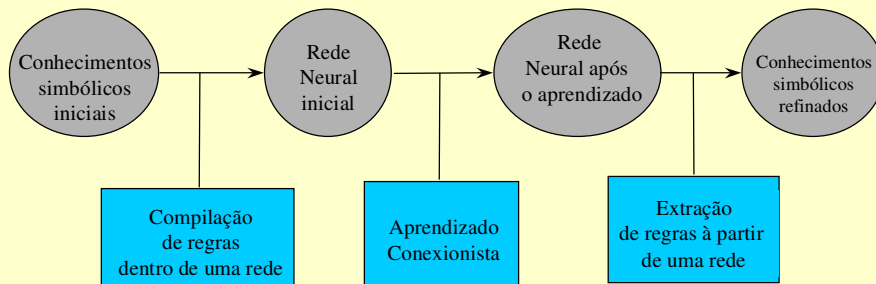
Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

- ✓ 1. SYNHESYS - A. Giacometti
Symbolic and NEural Hybrid Expert SYstem Shell
Rede incremental baseada em protótipos - ARN2
Módulo simbólico de inferência com «Forward/Backward Chaining»
- ➔ 2. KBANN - G. Towell
Knowledge Based Artificial Neural Networks
Rede do tipo MLP com uso do algoritmo Back-Propagation
Compilação de regras em uma RNA, aprendizado e extração de regras
3. INSS - F. Osório
Incremental Neuro-Symbolic System
Rede incremental do tipo MLP com uso do algoritmo Cascade-Correlation
Compilação de regras, aprendizado, extração e validação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



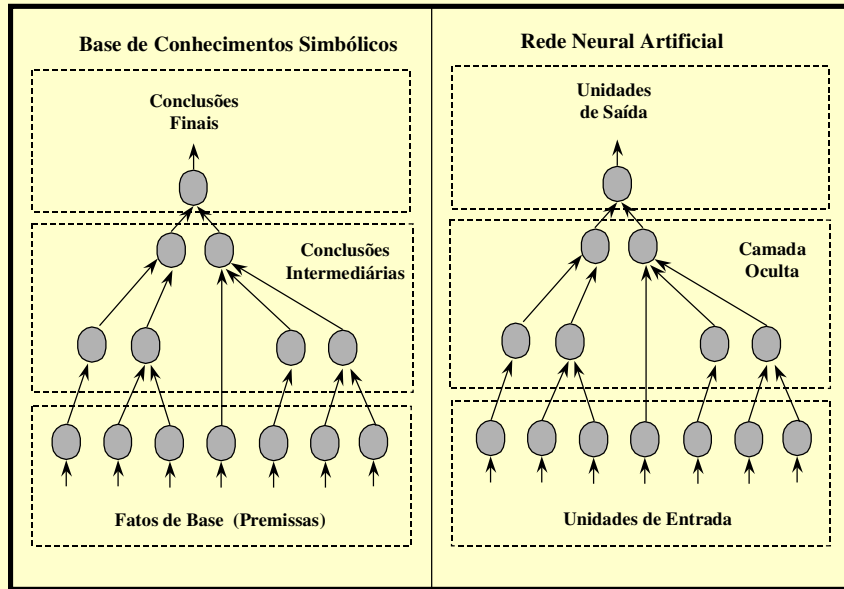
Sistema KBANN



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema KBANN



KBANN - Regras e Redes

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

Conhecimentos sobre um domínio de aplicação

Conhecimentos Teóricos

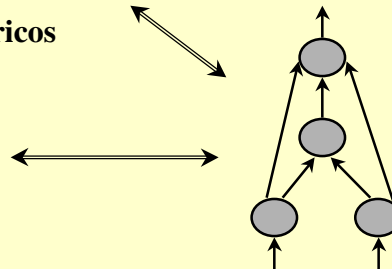
$$\text{XOR} = (A \text{ Or } B) \text{ And Not } (A \text{ And } B)$$

ou

$$\text{XOR} = (A \text{ And Not } (B)) \text{ Or } (\text{Not } (A) \text{ And } B)$$

Conhecimentos Empíricos

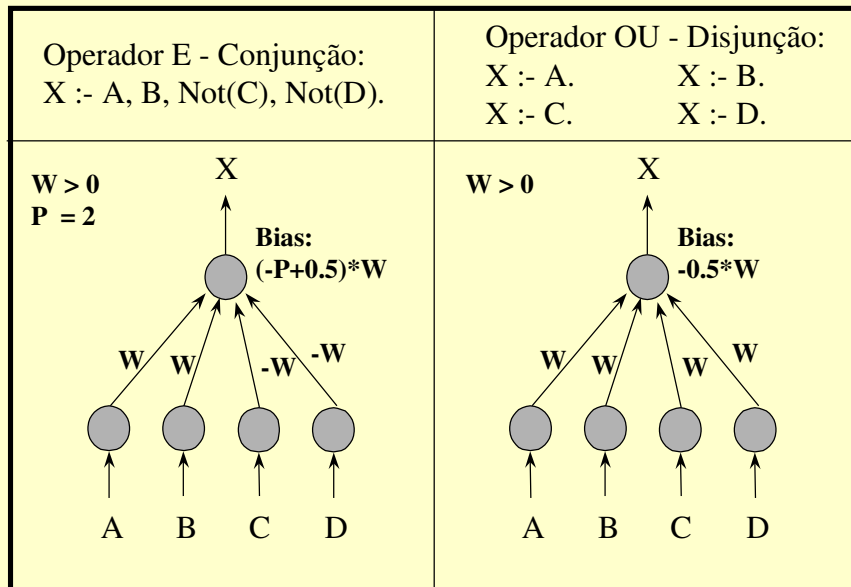
| A | B | XOR |
|---|---|-----|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



KBANN - Aquisição de Conhecimentos

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

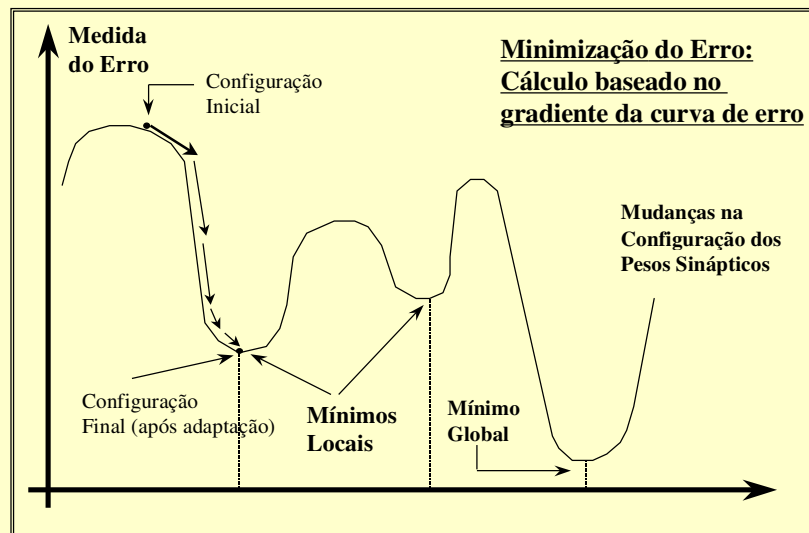


KBANN - Compilação de Regras

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

RNA : Multi-Layer Perceptron (MLP) - Algoritmo utilizado : Back-Propagation

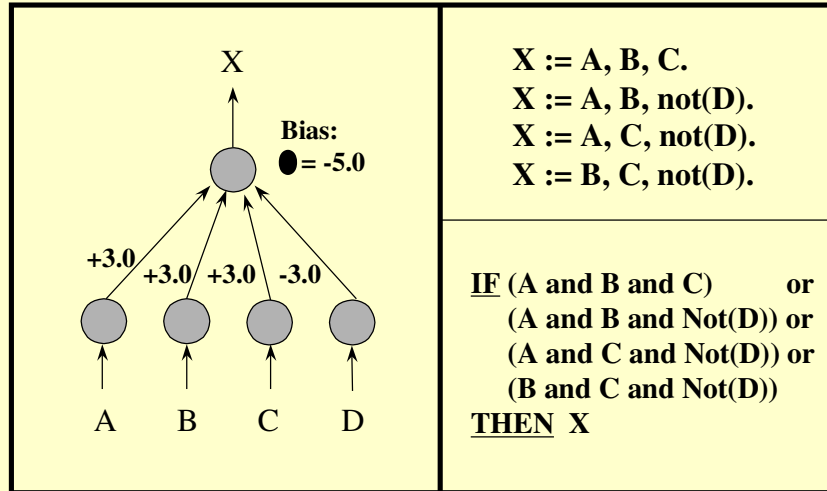


KBANN - Aprendizado

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

Algoritmo SUBSET



KBANN - Extração de Regras

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema KBANN

Pontos fracos do Sistema KBANN



- Algoritmo de aprendizado pouco eficiente (Back-Propagation)
- Redes Neurais estáticas
- Bases de conhecimentos (regras e exemplos) com problemas significativos de incompletude ou de incorreção
- Mudança do significado das unidades inseridas na rede neural
- Processo de extração de regras muito pesado (complexo)
- Extração de regras : implica na análise de todas as unidades da rede
- Utiliza unicamente regras simbólicas muito simples (compilação e extração)
- Regras de produção IF/THEN - Representação de conhecimentos pobre
- Dificuldade para trabalhar com atributos quantitativos (variáveis contínuas)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



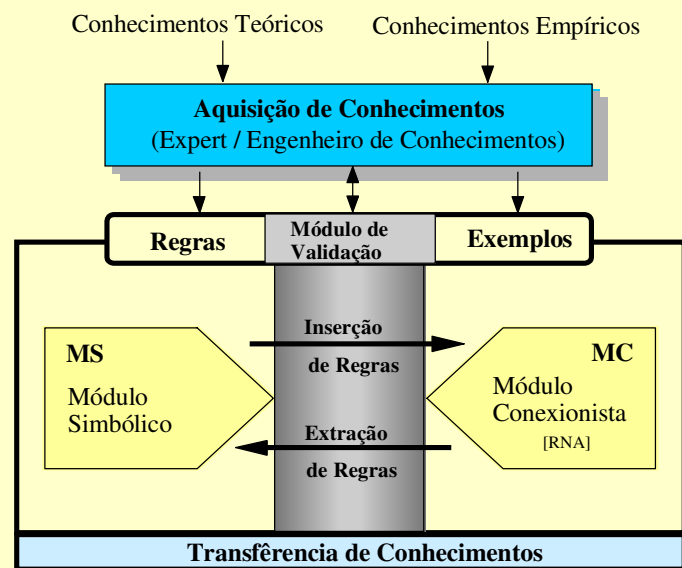
Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

- ✓ 1. SYNHESYS - A. Giacometti
Symbolic and NEural Hybrid Expert SYstem Shell
Rede incremental baseada em protótipos - ARN2
Módulo simbólico de inferência com «Forward/Backward Chaining»
- ✓ 2. KBANN - G. Towell
Knowledge Based Artificial Neural Networks
Rede do tipo MLP com uso do algoritmo Back-Propagation
Compilação de regras em uma RNA, aprendizado e extração de regras
- ➔ 3. INSS - F. Osório
Incremental Neuro-Symbolic System
Rede incremental do tipo MLP com uso do algoritmo Cascade-Correlation
Compilação de regras, aprendizado, extração e validação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS

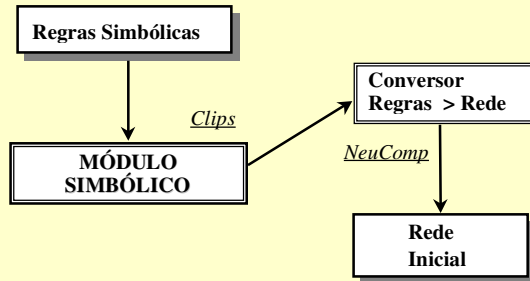


INSS - Incremental Neuro-Symbolic System

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

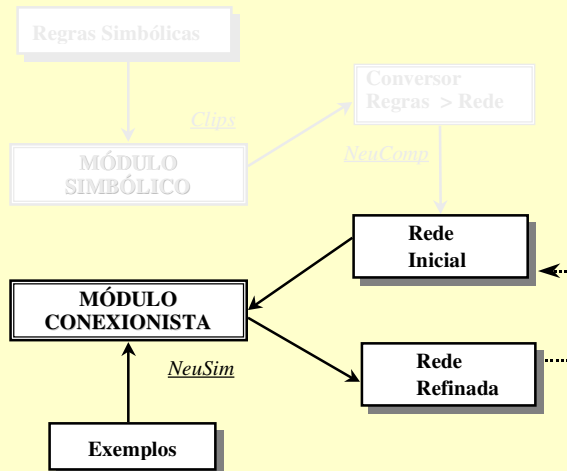


Sistema INSS



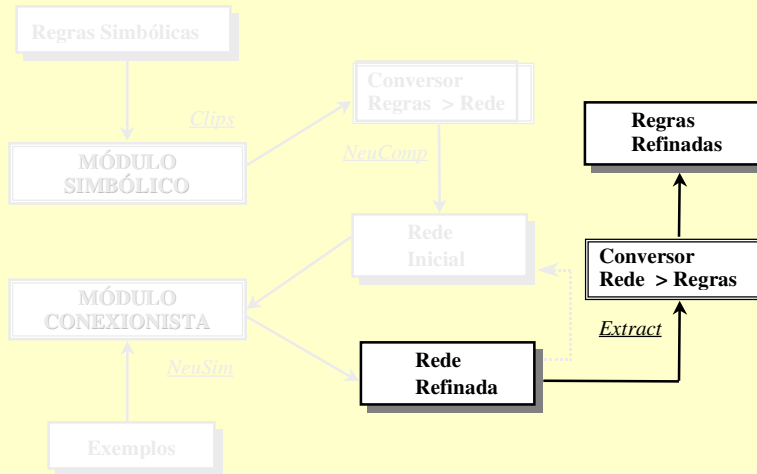
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS



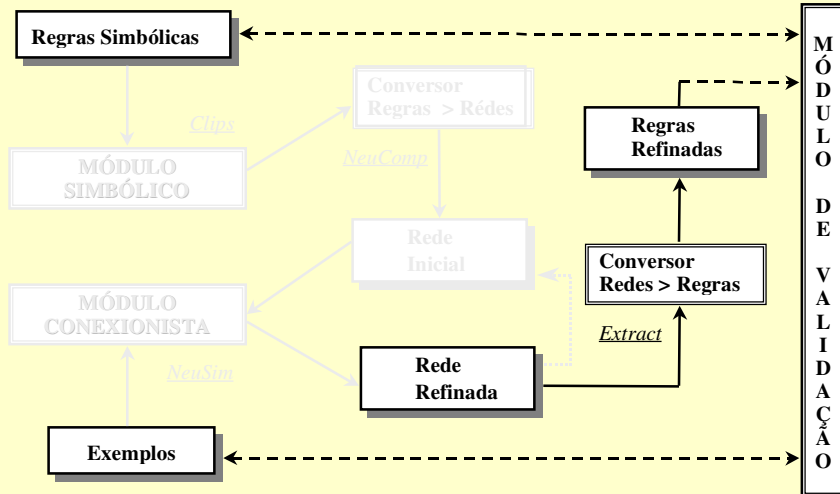
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS



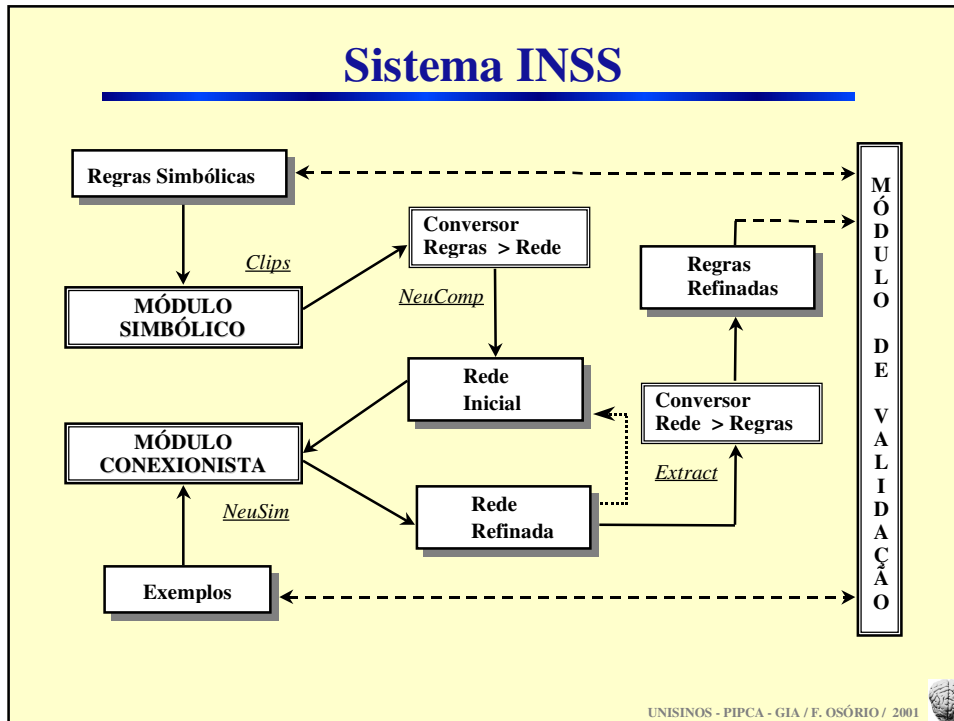
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

INSS : Compilação de Regras

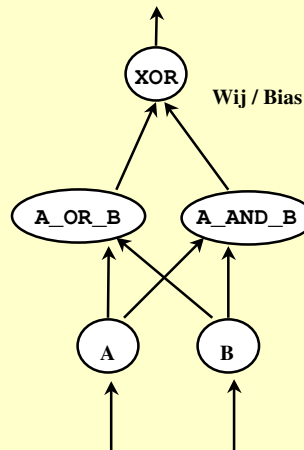
```

$Features:
A:binary;
B:binary.
$End_Feat.

$Rules:
A_OR_B <- A;
A_OR_B <- B;
A_AND_B <- A, B;
XOR <- A_OR_B, A_AND_B(false).
$End_rules.

$End.

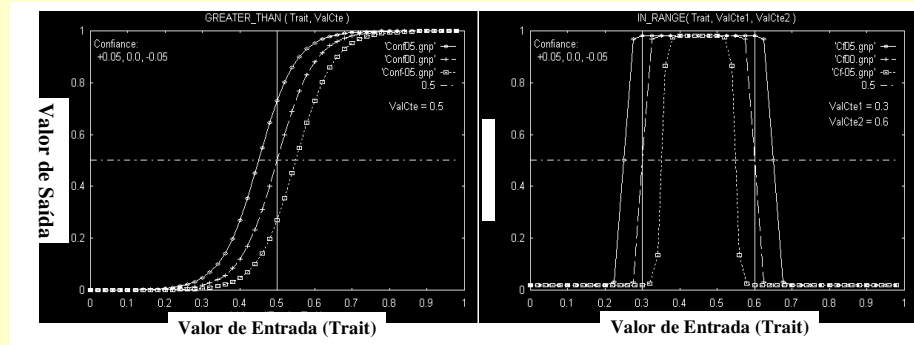
%%
%% Exclusive Or - Lógica Booleana
%% Xor = (A Or B) And Not (A And B)
%%
    
```



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

INSS: Compilação de Regras

Regras de ordem 0+

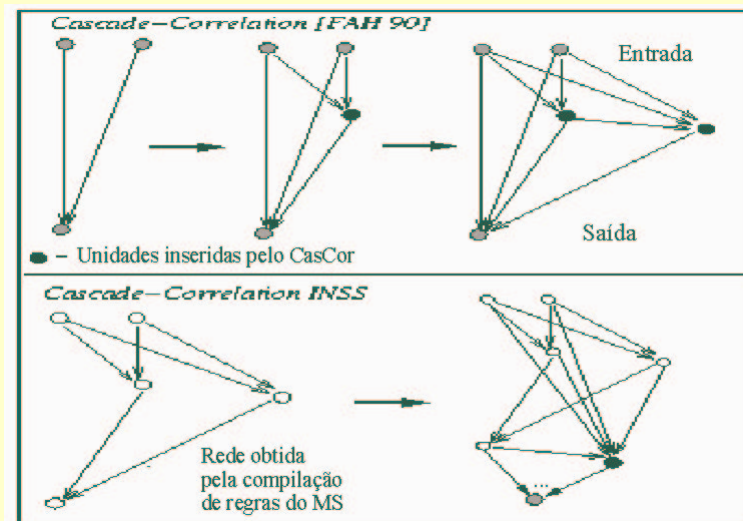


Greater_Than (Variável, Valor)
 Greater_Than (Variável, Variável)
 Less_Than (Variável, Valor)
 Less_Than (Variável, Variável)

In_Range (Variável, Min, Max)
 Equal (Variável, Valor)
 Equal (Variável, Variável)

INSS : Rede Neural Incremental

Algoritmo Cascade-Correlation (CasCor)



INSS e Rule_Out : Extração de Regras

Algoritmo de extração de regras : SUBSET [Towell]

RULE_OUT:

- * Extrair os novos conhecimentos adquiridos
- * Extrair as regras mais importantes
 - Seleção das unidades (neurônios) para a extração
 - Seleção das conexões para a extração
- * Em estudo : regras de ordem 0+ (Fuzzy)

Vantagens:

- * Extração incremental de conhecimentos
- * Validação dos conhecimentos adquiridos

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



INSS : Validação dos Conhecimentos

Conhecimentos Teóricos

R1 : If (A Or B) Then XOR=1
R2 : If Not (A And B) Then XOR=1
R3 : If (A And B) Then XOR=0
R4 : If Not (A) And Not (B) Then XOR=0

Conhecimentos Empíricos

| Ex. | A | B | XOR |
|-----|---|---|-----|
| E1 | 0 | 0 | 0 |
| E2 | 0 | 1 | 1 |
| E3 | 1 | 0 | 1 |
| E4 | 1 | 1 | 1 |

Validação

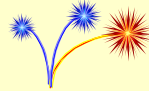
- Incoerência entre R3 (Saída=0) e E4 (Saída=1)
- Não existem regras que satisfaçam E4

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS

Pontos fortes do Sistema INSS



- Algoritmo de aprendizado com um ótimo desempenho (Cascade-Correlation)
- Rede Neural do tipo incremental
- Permite o uso de conhecimentos (*regras e exemplos*) incompletos ou incoerentes
- Não modifica o significado das unidades inseridas na rede
- Processo incremental de extração de regras
- Extração de regras: análise parcial da rede (+ eficaz)
- Utiliza regras simbólicas de ordem 0 e 0⁺ (compilação)
- Trabalha com atributos quantitativos (variáveis contínuas) e qualitativos (variáveis discretas)

Aprendizado de Máquinas Construtivo

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS : Aplicações

- *Problemas Artificiais de Classificação* (Monk's Problems - S. Thrun)
- *Ajuda ao Diagnóstico Médico - Comas Tóxicas* (Projeto Esprit MIX)
- *Robótica Autônoma* (Robô móvel Khepera)
- *Problema da Balança* (Balance Scale Problem - T. Shultz)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS : Aplicações

| Sintomas | | Gerais | | |
|----------|---|----------------|-----------------------------------|-----|
| Variável | Tipo | Valores | | |
| 1 | Sexo – SEXE | Discreto | {feminino, masculino} - 0/1 | |
| 2 | Temperatura – TEMP | Contínuo | { ... } | |
| | | Temp_Low | Discreto | 0/1 |
| | | Temp_Normal | Discreto | 0/1 |
| | | Temp_High | Discreto | 0/1 |
| Sintomas | | Neurológicos | | |
| 3 | Estado – CALME | Discreto | {calmo, agitado} - 0/1 | |
| 4 | Foto-motores – PHOTO (reação das pupilas) | Discreto | {presente, ausente} - 0/1 | |
| 5 | Olhar – REGARD | Discreto | {normal, anormal} - 0/1 | |
| 6 | Estado das Pupilas - PUPIL | Discreto | {myosis, intermediário, mydriase} | |
| | | Pupil_myosis | Discreto | 0/1 |
| | | Pupil_intermed | Discreto | 0/1 |
| | | Pupil_mydriase | Discreto | 0/1 |
| 7 | Tonus muscular - TONUS | Discreto | {hipertonia, hipotonia} | |
| 8 | Reflexos dos tendões - ROT | Discreto | {vivos, diminuídos} | |
| Sintomas | | cardiológicos | | |
| 9 | Pressão Arterial - PAS | Contínuo | {...} | |
| | | PAS_Low | Discreto | 0/1 |
| | | PAS_Normal | Discreto | 0/1 |
| | | PAS_High | Discreto | 0/1 |
| 10 | Frequência Cardíaca - FC | Contínuo | {...} | |
| | | FC_Low | Discreto | 0/1 |
| | | FC_Normal | Discreto | 0/1 |
| | | FC_High | Discreto | 0/1 |
| 11 | Medida ECG – QRS | Contínuo | {...} | |
| | | QRS_Normal | Discreto | 0/1 |
| | | QRS_Prolongado | Discreto | 0/1 |
| 12 | Intervalo QT – QT | Discreto | {normal, prolongado} - 0/1 | |
| | | Urina | | |
| 13 | Bexiga - GLOBE_VESICAL | Discreto | {sim, não} - 0/1 | |

| Abreviações | Substância Tóxica | Ocorrência | |
|-------------|-------------------|-------------------------------|-----|
| 1 | adt, a | Anti-depressores tri-cíclicos | 265 |
| 2 | B | Barbitúricos | 86 |
| 3 | ben, b | Benzodiazepina | 414 |
| 4 | C | Carbamato | 68 |
| 5 | P | Fenotiazina | 130 |
| 6 | M | Morfina | 13 |
| 7 | E | Alcool | 137 |

Combinções

a (25), aBb (12), aBbp (9), ab (104), abc (11), abm (5), abp (38), ap (5), B (8), Bb (23), Bbcp (5), Bcp (13), ben (37), bc (24), bm (8), bp (31), c (5), p (5), Ea (12), Eab (36), Eabp (8), E (12), EB (6), EBB (5), EBBp (5), Eb (32), Ebc (10), Ebp (11)

Tabela - Os diferentes tipos de substâncias tóxicas da base de dados

Diagnóstico

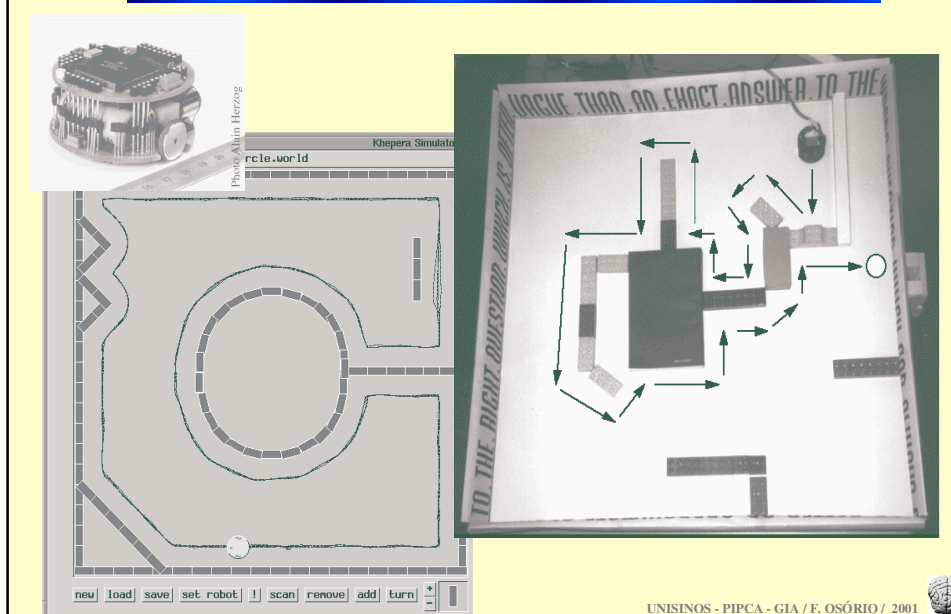


Sintomas



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS : Aplicações

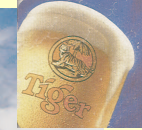


UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS : Aplicações

PRIS - Program for Research into Intelligent Systems

 NATIONAL UNIVERSITY of SINGAPORE
Founded 1905



Intercâmbio científico...

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Considerações Finais

- Conhecimentos : regras / exemplos - incompletos / incoerentes
- Algoritmos de aprendizado eficientes
- Redes Neurais do tipo incremental / Redes Recorrentes
- Compilação e extração de regras de alto nível
- Atributos quantitativos e qualitativos
- Validação dos conhecimentos adquiridos
- Evolução dos conhecimentos de forma continuada
- Aumento do poder de representação de conhecimentos
- Integração de múltiplos módulos: CBR, Fuzzy, GA, ...

Sistema Híbrido Neuro-Simbólicos
Hybrid Machine Learning Tools

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

TEMAS DE PESQUISA SOBRE SISTEMAS HÍBRIDOS

* LIVROS:

- Obra clássica: ;^)
OSORIO, F. S. INSS: Un Système Hybride Neuro-Symbolique pour l'Apprentissage Automatique Constructif. Thèse de Doctorat - INPG, IMAG. Grenoble. 1998.
- Nikolopoulos, Chris. Expert Systems - Introduction to 1st and 2nd Generation and Hybrid Knowledge Based Systems. Marcel Dekker, 1997.
- Kandel, A & Langholtz, G. Hybrid Architectures for Intelligent Systems. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1992.
- Sun, Ron & Alexandre, Frederic. Connectionist Symbolic Integration: From Unified to Hybrid Approaches. Lawrence-Erlbaum Associates, 1997.
- Ian Cloete, Jacek Zurada. Knowledge Based NeuroComputing. MIT press, 2000.

* PESQUISAS:

- F. Osório, B. Amy, D. Memmi, B. Orsier, M. Malek, A. Giacometti / Projeto Europeu MIX Laboratoire Leibniz - Equipe Réseaux - <http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/>
- F. Osório - Projetos HMLT e COHBRA - <http://www.inf.unisinos.br/~osorio/>
Publicações: <http://www.inf.unisinos.br/~osorio/papers-osorio/papers.html>

* INTERNET:

- GuideBook / N.U.S. <Http://www.comp.nus.edu.sg/~pris/Guidebook/GuidebookIndex.html>
- ENIA '99 <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/enia99/>
- Lista de Bibliografias <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/hybrid-refs.html>
- Projeto HMLT <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/hmlt.html>

