

**PIP/CA - Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação  
Mestrado em Computação Aplicada da UNISINOS**

2000/2 - 3o. Trimestre - AULA 01 / FSO

**SISTEMAS  
ADAPTATIVOS  
INTELIGENTES**

• **Professor Responsável:**

**Prof. Dr. Fernando Osório**

E-Mail: [osorio@exatas.unisinos.br](mailto:osorio@exatas.unisinos.br)

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

**TEMAS DE ESTUDO:** *SISTEMAS ADAPTATIVOS INTELIGENTES*

**Inteligência Artificial: Repr. de Conhecimentos + Aprendizado de Máquinas**

=

*Sistemas Adaptativos Inteligentes*

*Sistemas Adaptativos:*

- **Representação de Conhecimentos:**  
Simbólico x Neural, Casos (Prática) x Regras (Teoria), Particular x Geral
- **Aquisição de Conhecimentos:**  
Memória, Generalização, Adaptação e Otimização
- **Aprendizado Manual x Aprendizado Automático (*Machine Learning*)**
- **Aprendizado Simbólico:** ILP, Árvores de Decisão
- **Aprendizado Genético:** Algoritmos Genéticos (GA, GP)
- **Aprendizado Conexionista:** Redes Neurais Artificiais
- **Aprendizado por Adaptação:**  
Reinforcement Learning, Bayesian Learning, Adaptive Fuzzy
- **Sistemas Híbridos:** Hybrid Machine Learning Tools

**CONCEITOS BÁSICOS:**

**INTELIGÊNCIA**

**Modelo Cognitivo Humano => Inteligência Natural  
Inteligência Artificial**



REPRODUZIR A  
INTELIGÊNCIA HUMANA



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

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**CONCEITOS BÁSICOS:**

**INTELIGÊNCIA**



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

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**CONCEITOS BÁSICOS:**

**INTELIGÊNCIA**



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: 2a. geração
- \* 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

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**CONCEITOS BÁSICOS:**

**INTELIGÊNCIA**



REPRODUZIR A  
INTELIGÊNCIA HUMANA



- Conceito de Inteligência: CAPACIDADE DE **RESOLVER PROBLEMAS**  
CAPACIDADE DE **APRENDER**  
CAPACIDADE DE **SE ADAPTAR / MELHORAR**

⇒ **Grandes Desafios:**

- Linguagem / PLN
- Visão Artificial
- Robótica Autônoma

« *Sentidos Humanos* »

\* **Ferramentas Usadas:**

- Aquisição de Conhecimentos
- Representação de Conhecimentos
- Aprendizado de Máquinas

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**CONCEITOS BÁSICOS:**

**INTELIGÊNCIA**

**Inteligência Artificial:**

- Busca em Espaço de Estados
- Heurísticas
- Máquinas de estados: FSA, Redes de Petri
- Lógica e Resolução de Problemas: Prolog
- Analogia: CBR - Case Based Reasoning
- Inferência: Sistemas Especialistas, KBS / RBS
- Incerteza e Possibilidade: Certainty Factor, Fuzzy Logic / FIS
- Probabilidade: Bayesian Belief Networks
- Sistemas Multi-Agentes

⇒ **Grandes Desafios:**

- Linguagem / PLN
- Visão Artificial
- Robótica Autônoma

« *Sentidos Humanos* »

\* **Ferramentas Usadas:**

- Aquisição de Conhecimentos
- Representação de Conhecimentos
- Aprendizado de Máquinas

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**APRENDIZADO DE MÁQUINAS:**

**MACHINE LEARNING**



F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**APRENDIZADO DE MÁQUINAS:**

**MACHINE LEARNING**

Inteligência Humana ⇒ Inteligência Artificial

Aprendizado Humano ⇒ Aprendizado de Máquinas

O que é o aprendizado?

- \* Adaptação do comportamento (melhoria)
- \* Correção dos erros cometidos no passado
- \* Otimização da performance do sistema (melhoria)
- \* Interação com o meio, experimentação e descoberta
- \* Representação do conhecimento adquirido:  
Memória e “Compressão dos Conhecimentos”  
*Generalização*

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**APRENDIZADO DE MÁQUINAS:**

**MACHINE LEARNING**

Sistema de auxílio ao diagnóstico de pacientes

Médico: 8 perguntas sobre os sintomas do paciente (resposta: ‘S’/‘N’)

Sintomas: 1 = Dor de Cabeça, 2 = Febre, 3 = Problemas digestivos, ...

Base de Conhecimentos do Médico

1	2	3	4	5	6	7	8	Diagnóstico
S	S	N	S	N	S	S	S	Gripe
S	N	S	S	S	N	N	S	Sem problemas
S	N	S	N	S	N	S	N	Morte certa
S	N	N	S	S	N	S	N	Morte certa

Criar uma árvore binária de decisão baseada na tabela de conhecimentos

Consultas ao sistema:

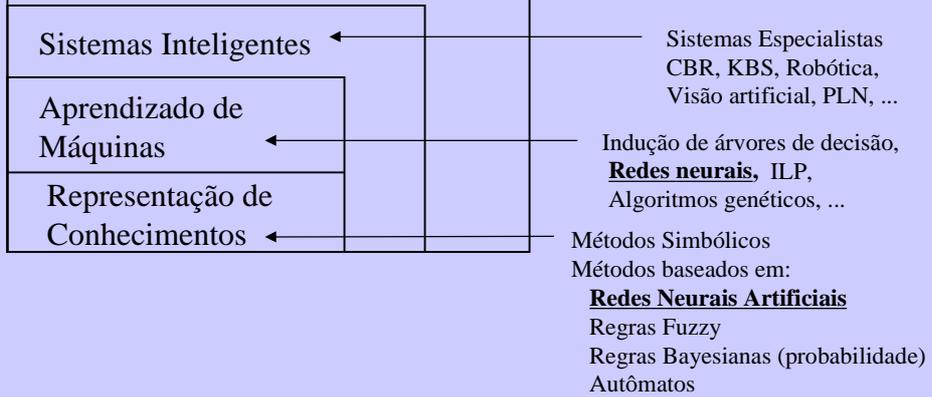
S,N,S,N,S,N,S,N => Diagnóstico ?

S,N,?,?,S,N,S,N => Diagnóstico ?



F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

### Inteligência Artificial



### ⇒ Conhecimentos Teóricos

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

*ou*

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

### ⇒ Conhecimentos Empíricos

A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

⇒ Conhecimentos Teóricos

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

<b>X<sub>2</sub></b>		<b>X</b>
<b>O<sub>1</sub></b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>X<sub>4</sub></b>
<b>O<sub>5</sub></b>		

<i>Sintomas</i>		<i>Gerais</i>	
Variável	Descrição	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
<i>Sintomas</i>		<i>Neurológicos</i>	
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}
<i>Sintomas</i>		<i>cardiológicos</i>	
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
<i>Urina</i>			
13	Bexiga - GLOBE_VESICAL	Discreto	{sim, não} - 0/1

Abreviações	Substância Tóxica	Ocorrência	
1	alt, 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
<i>Combinações</i>			
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

**APRENDIZADO DE MÁQUINAS:****MÉTODOS E ALGORITMOS**

- **Aprendizado por analogia / por instâncias**  
Sistemas baseados em casos - *Case Based Reasoning (CBR)*  
Criação de Protótipos - *Clustering*
- **Aprendizado por Indução**  
Indução de Árvores de Decisão  
ID3, C4.5, CN2 - *Induction of Decision Trees (IDT)*  
Progol - *Inductive Logic Programming (ILP)*
- **Aprendizado por evolução/seleção**  
Algoritmos Genéticos  
GA e GP - *Genetic Algorithms / Genetic Programming*
- **Aprendizado por reforço (*Reinforcement Learning*)**
- **Aprendizado Bayesiano (probabilista)**
- **Aprendizado Neural**  
*Artificial Neural Networks (ANN)*  
*Multi-Layer Perceptron (MLP) - Back-Propagation*

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**ÁRVORES DE DECISÃO:****IDT - INDUCTION OF DECISION TREES****BASE DE DADOS SOBRE O PROBLEMA**

<i>NÚMERO</i>	<i>CÉU</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>HUMIDADE</i>	<i>VENTO</i>	<i>CLASSE</i>
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

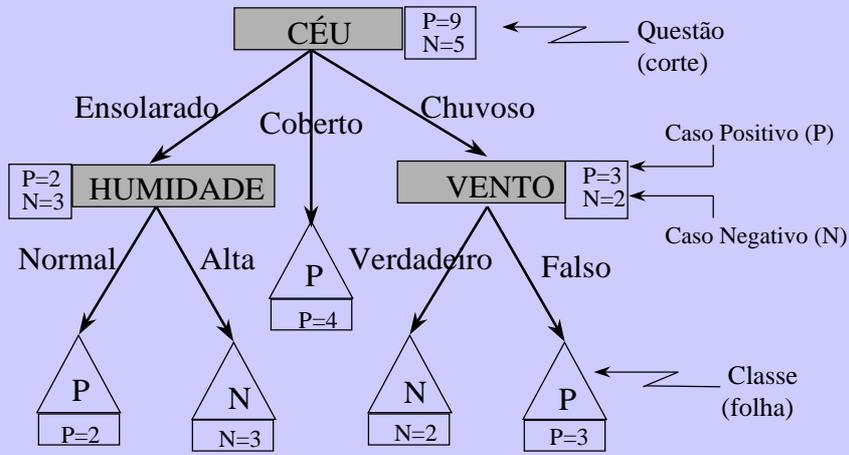
N = Negativo (tempo ruim)

P = Positivo (tempo bom)

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**ÁRVORES DE DECISÃO:**

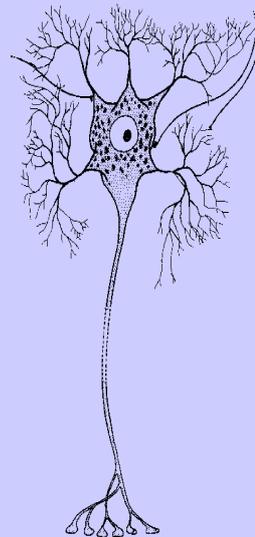
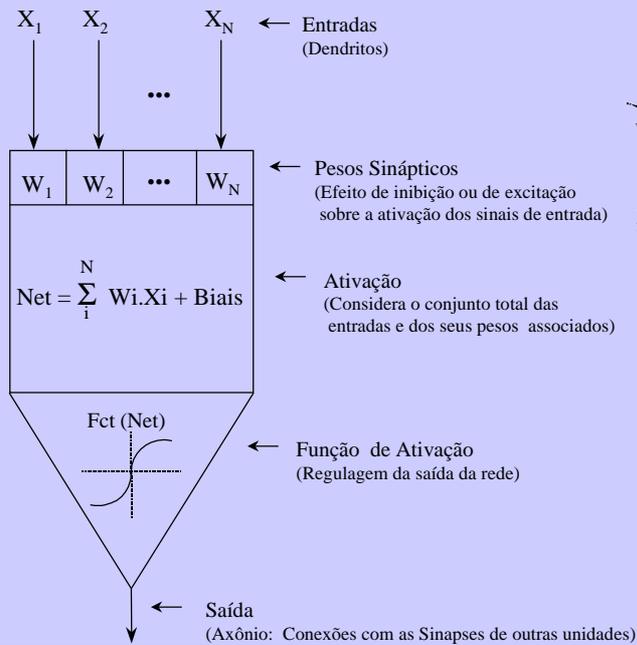
**IDT - INDUCTION OF DECISION TREES**



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

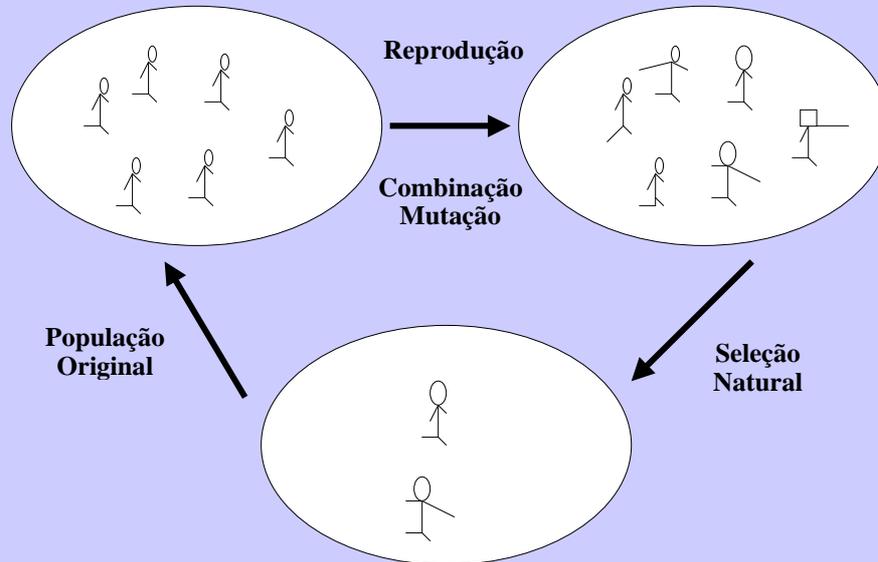
F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**REDES NEURAIS ARTIFICIAIS:**



F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

### ALGORITMOS GENÉTICOS:



F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

### APRENDIZADO DE MÁQUINAS:

### *APLICAÇÕES PRÁTICAS*

- **Processamento de Imagens e Sinais - Reconhecimento de Padrões:** Imagens, Textos (OCR), Assinaturas, Impressões digitais, Controle de Qualidade Automático, Reconhecimento e Síntese de Voz, etc
- **Sistemas de Auxílio ao Diagnóstico:** Médico, Falhas de Sistemas, etc
- **Previsão:** Tempo, Cotações da Bolsa de Valores, etc
- **Processamento de Linguagem Natural**
- **Data Mining & KDD (Knowledge Data Discovery)**
- **Robótica Inteligente & Sistemas de Controle**
- **UCI-ML - University of California Irvine - Machine Learning Repository**  
*<http://www.ics.uci.edu/~mlern/MLRepository.html>*

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS: Tratamento da Imagem**

**Deteção  
de  
Contornos**

Transformação da Imagem:  
RGB 24 Bits/Pixel  
P&B 1 Bit/Pixel



(a)  
Original



(b)  
Filtro Convencional



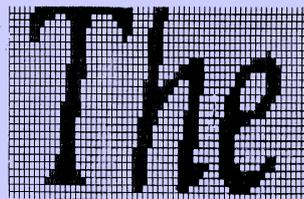
(c)  
Filtro Neural

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS: Reconhecimento de Padrões**

*The Quick Brown Fox Jumps Over The Lazy Dog.  
Its Crackers to Slip a Rozzer the Dropsy in Shine* ← Texto Original

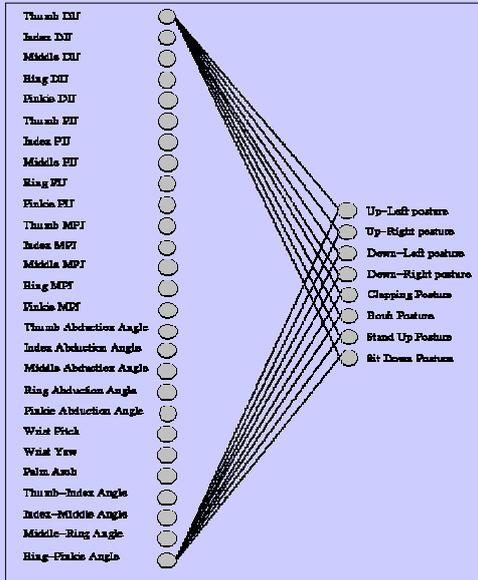
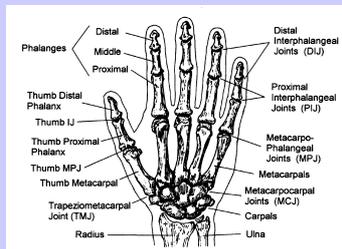
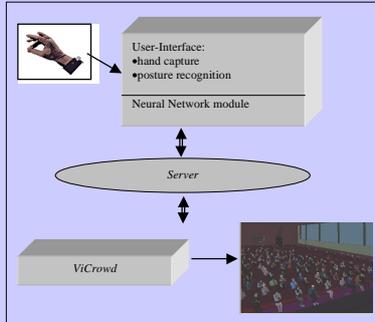
The ← Texto Digitalizado



**OCR**  
Optical  
Character  
Recognition

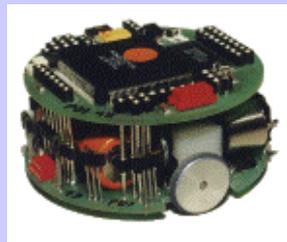
F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

## Reconhecimento e Classificação de Padrões: Gestos (Data Glove)



F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

## ROBÓTICA: Robôs Autônomos Inteligentes



F. OSÓRIO - UNISINOS 2000

### TEMAS DE PESQUISA SOBRE SISTEMAS ADAPTATIVOS:

#### \* PAPERS / DOCUMENTAÇÃO:

- FAQ: <http://www.faqs.org/faqs/ai-faq/genetic/>  
<http://www.faqs.org/faqs/ai-faq/neural-nets/>  
<ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.html>
- CMU ML “Dream Team” - <http://www.cs.cmu.edu/Groups/ml/ml.html>
- Aha ML Resources - <http://www.aic.nrl.navy.mil/~aha/research/machine-learning.html>
- UWML Group - <http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html>
- OnLine ML Resources - <http://www.ai.univie.ac.at/oefai/ml/ml-resources.html>
- Computational Intelligence Tools / Russ Eberhart, Pat Simpson, Roy Dobbins
- Expert Systems / Chris Nikolopoulos
- Machine Learning / Tom Mitchell
- Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações / Braga, Ludermir, Carvalho

#### \* ASSOCIAÇÃO:

MLnet Online Information Service - <http://www.mlnet.org/>  
Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour  
<http://www.cogs.susx.ac.uk/aisb/>

Ou ainda... <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/neural.html>

F. OSÓRIO - UNISINOS 2000