

**Seminário de Pesquisa - Mestrado em Computação Aplicada**

*Projeto HMLT - Hybrid Machine Learning Tools*

**Robótica Autônoma:**

**Projeto de Sistemas Inteligentes usando Aprendizado de Máquinas**

***Desenvolvido por:***

***Prof. Dr. Fernando Osório\****

***Farlei Heinen\****

*(Mestrando em Computação Aplicada - PIP/CA)*

***Local: UNISINOS / PIP-CA***

***Data: Agosto 2000***



\* **UNISINOS** - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Informática

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

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

<http://nccg.unisinos.br/robotica/>

Grupo de Pesquisa:

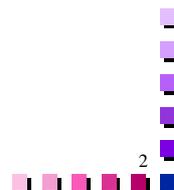
Inteligência

Artificial



***Plano da Apresentação***

- 1. Introdução**  
Inteligência Artificial e Robótica Autônoma
- 2. Sistemas Híbridos Inteligentes**  
Conceitos e Características  
Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos
- 3. Robótica Autônoma**  
Conceitos e Características  
Controle Tradicional - Planificação de Trajetórias  
Controle Reativo - Sensorial/Motor
- 4. Sistema INSS - Aplicação de Robótica**  
Incremental Neuro-Symbolic System
- 5. Sistema COHBRA / HYCAR**  
Controle Híbrido de Robôs Autônomos
- 6. Discussão sobre os Resultados**
- 7. Conclusões e Perspectivas**



## INTRODUÇÃO

Inteligência Artificial: As perspectivas futuras



Reprodução:  
- Da Inteligência Natural  
- Dos Comportamentos Inteligentes



⇒ Grandes Desafios:

- Linguagem
- Visão
- Robótica

« *Sentidos Humanos* »

\* Problema escolhido:

Robótica Autônoma

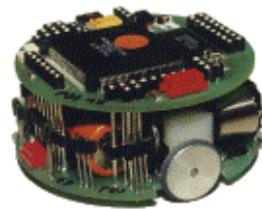
\* Ferramentas Usadas:

Sistemas Híbridos

3

## Inteligência Artificial e Robótica

Robótica Autônoma:



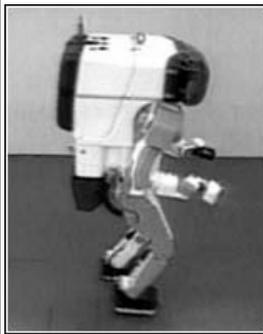
4

## Inteligência Artificial e Robótica

### *Robótica Autônoma Inteligente !?!*



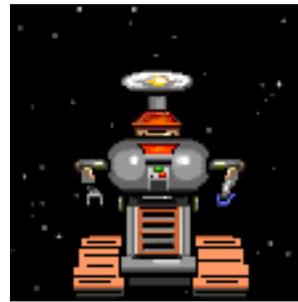
(wtn)



(wtn)



The rover goes a little too far and begins to climb Yogi (NASA)



5

## SISTEMAS HÍBRIDOS

### \* Características / Propriedades:

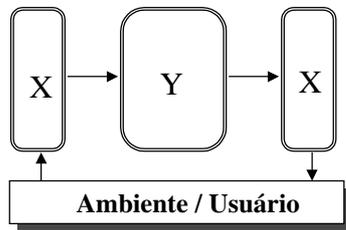
- Explorar a complementaridade dos módulos
- Divisão de tarefas / Especialização
- Modularidade = Múltiplas inteligências
- Diversificação dos conhecimentos:
  - Representação dos conhecimentos
  - Novas fontes de conhecimentos

**Principal exemplo: SER HUMANO**

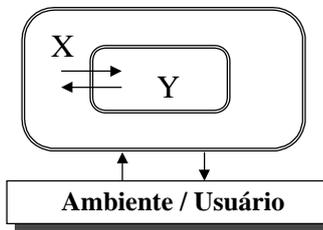
I.A. : Neuro-Fuzzy, Simbólico-Genético, Neuro-Simbólico...

6

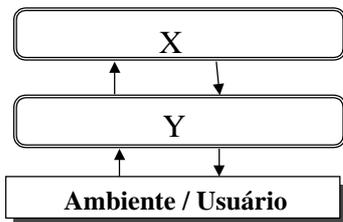
## SISTEMAS HÍBRIDOS



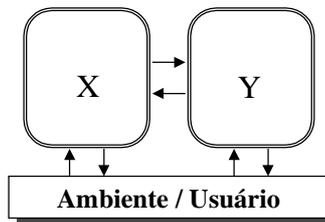
(a) Processamento em Cadeia



(b) Sub-Processamento



(c) Meta-Processamento



(d) Co-Processamento

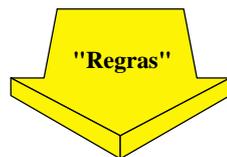
**SHNS**

MC: Módulo Conexionista - MS: Módulo Simbólico  
X,Y: MC ou MS - X diferente de Y

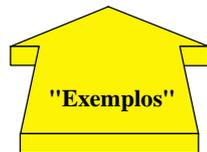
7

## SISTEMAS HÍBRIDOS NEURO-SIMBÓLICOS

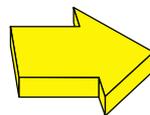
Conhecimentos Teóricos



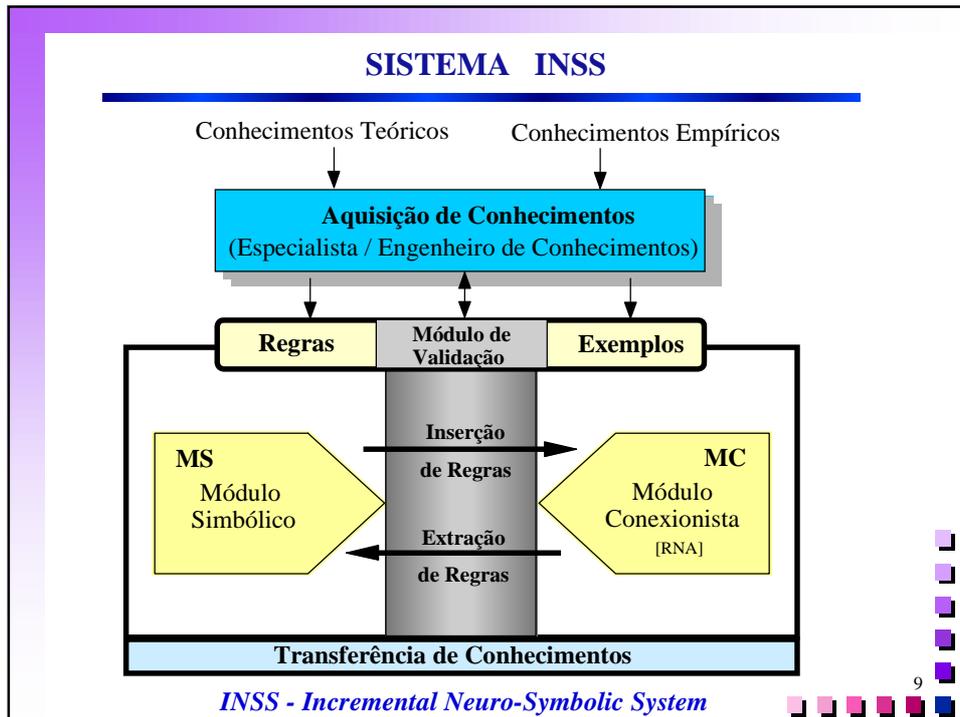
Aquisição de Conhecimentos



Conhecimentos Empíricos

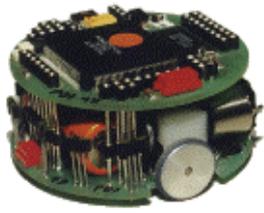


8



9

### ROBÓTICA AUTÔNOMA

- **Conceitos Importantes:**
  - **Tipos de Aplicações:** Indoor, OutDoor (Estradas / Terreno Irregular)
  - **Sistema com controle pré-planificado:** Motor
  - **Sistema com dispositivos de leitura do parâmetros do ambiente:** Sensores
  - Grau de *controle externo* (tele-operação ⇒ totalmente autônomo)
  - Grau de *tolerância a falhas* e informações imprecisas (ex.: posicionamento)
  - Grau de *interação com o meio* em que está inserido

10

## ROBÓTICA AUTÔNOMA

- Controle em Robótica Autônoma: **Planificação** x **Reativo**

### 1. Controle Tradicional - *Planificação de Trajetórias*

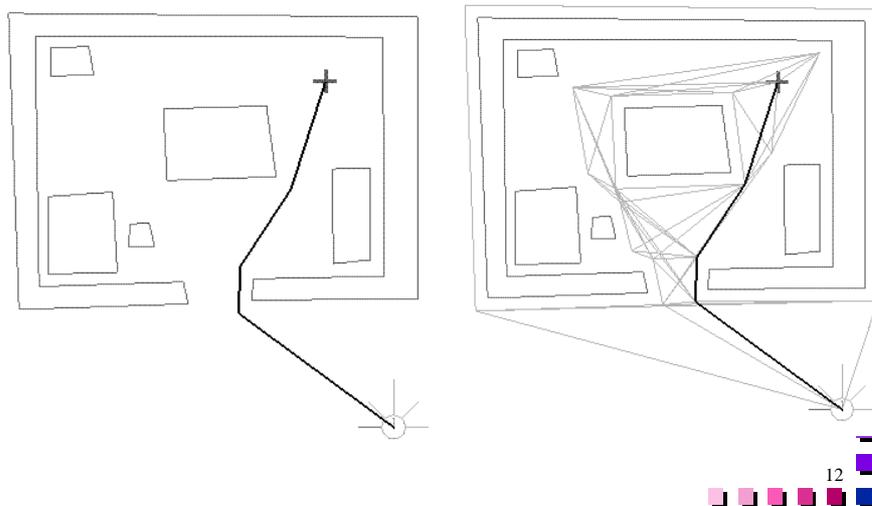


Busca: A\*  
(Espaço de Estados)

- Sem interação com o meio, baseia-se no “mapa” do ambiente fornecido.

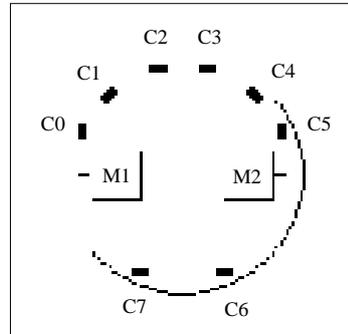
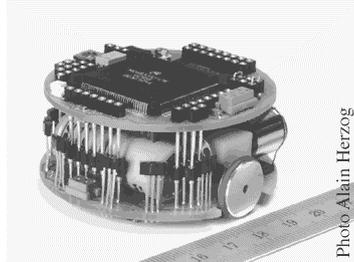
## ROBÓTICA AUTÔNOMA

### 1. Controle Tradicional - *Planificação de Trajetórias*



## ROBÓTICA AUTÔNOMA

### 2. Controle Reativo - *Sensorial-Motor*



Sensores: 8 - S0 à S7

Comandos: 3 ações (L=Turn Left, F=Forward, R=Turn Right)

S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	L	F	R
4	1	3	4	6	3	0	4	0	1	0
1	3	6	3	6	6	6	6	0	1	0
6	3	104	234	772	96	3	6	1	0	0
2	6	104	229	724	107	3	4	1	0	0
563	1023	57	6	6	0	3	1	0	0	1
544	1023	1	3	4	0	5	1	0	0	1

IF S1 < Limite and S2 < Limite and  
S3 > Limite and S4 > Limite  
THEN Action(Turn\_Left)

IF S2 > Limite and  
S3 > Limite and  
S2 > S3 and  
S1 > S4

THEN Action(Turn\_Right)

13

## ROBÓTICA AUTÔNOMA: PESQUISAS

### \* Objetivos:

- Integração do *comportamento reativo* com a *planificação de trajetórias*
- Integração dos conhecimentos disponíveis:
  - Baixo nível = Sensorial (Entradas dos sensores)
  - Alto nível = Geometria (Planta do prédio + Trajetória)
  - ⇒ *Sub-Simbólico x Simbólico*
- Sistema Híbrido de Controle:
  - Transferências / Cooperação entre módulos
  - Módulos de controle organizados em diversos níveis
- Aquisição / Evolução dos conhecimentos:
  - Representação dos conhecimentos: geométrico e sensorial
  - Detecção de obstáculos e de mudanças no ambiente
- Robustez

14

## VISÃO DO MUNDO

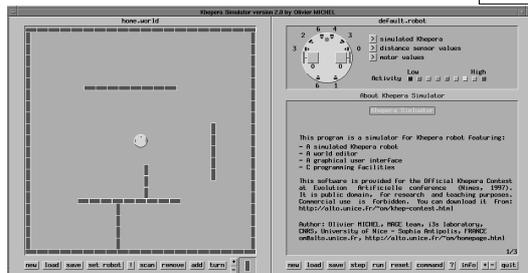
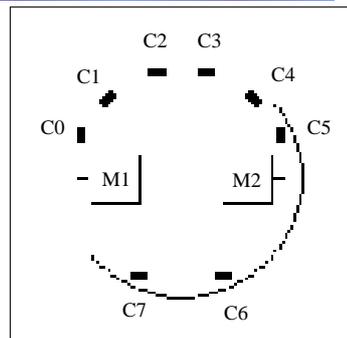
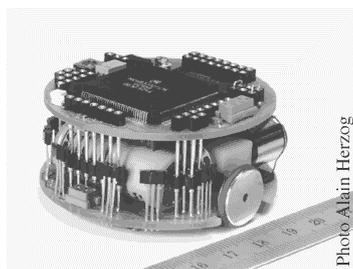


HUMANA

ROBÓTICA

15

## SISTEMA INSS e a ROBÓTICA AUTÔNOMA



Robô móvel ⇒ **Khepera**

Controle sensorial-motor

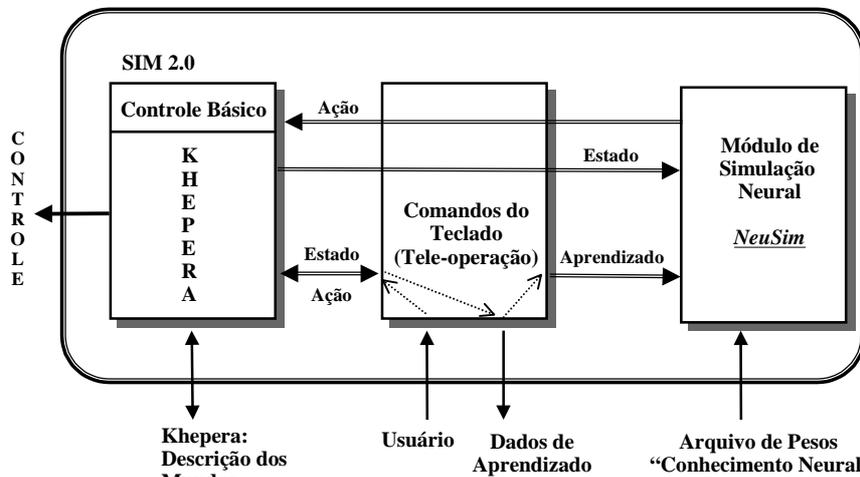
Comportamentos reativos

- Evitar obstáculos

- Seguir muros

16

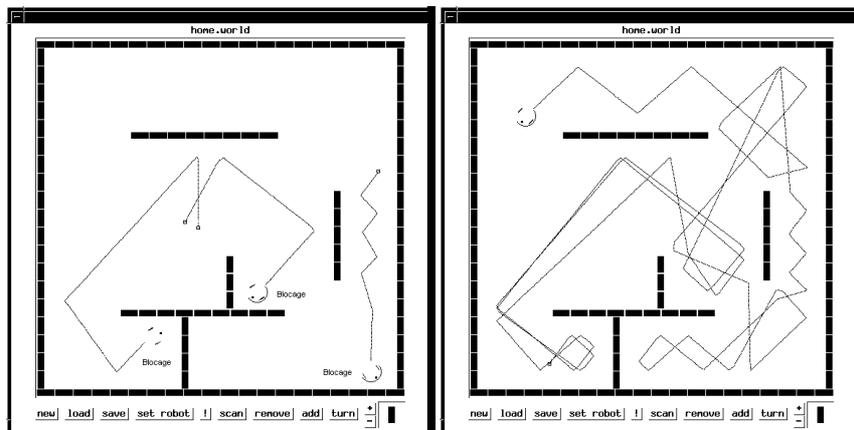
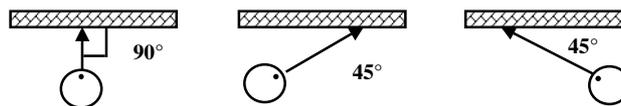
## SISTEMA INSS e a ROBÓTICA AUTÔNOMA



S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	L	F	R
4	1	3	4	6	3	0	4	0	1	0
1	3	6	3	6	6	6	6	0	1	0
6	3	104	234	772	96	3	6	1	0	0
2	6	104	229	724	107	3	4	1	0	0
563	1023	57	6	6	0	3	1	0	0	1
544	1023	1	3	4	0	5	1	0	0	1

17

## SISTEMA INSS e a ROBÓTICA AUTÔNOMA



Evitar Obstáculos - Aprendizado Supervisionado Incremental

18

## SISTEMA INSS e a ROBÓTICA AUTÔNOMA

```

#define DETECTWALL 900
#define SENSIB 100

% VERY SIMPLE Autonomous Robot Controller - by Osorio, Lab. Leibniz

$Features:
SSL : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 0
SL  : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 1
SFL : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 2
SFR : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 3
SR  : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 4
SSR : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 5
SBR : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 6
SBL : range : [0.0 , 1024.0]; % Sensor 7
$End_Feat.

$Rules:
right <= GT (SSL, DETECTWALL, SENSIB);
right <= GT (SL, DETECTWALL, SENSIB);
right <= GT (SFL, DETECTWALL, SENSIB);

left <= Not(right), GT (SFR, DETECTWALL, SENSIB);
left <= Not(right), GT (SR, DETECTWALL, SENSIB);
left <= Not(right), GT (SSR, DETECTWALL, SENSIB);

forward <= Not(right), Not(left).

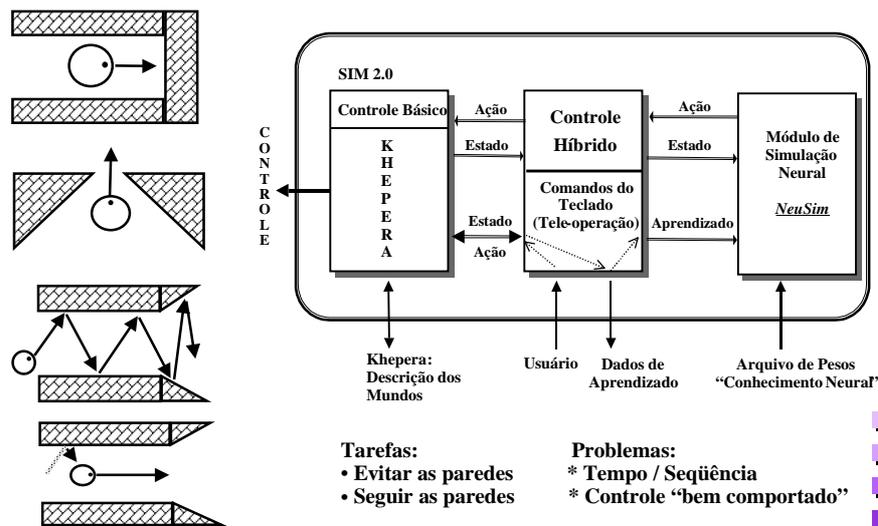
$End_rules.

$End.
    
```

**Evitar Obstáculos - Híbrido Neuro-Simbólico**

19

## SISTEMA INSS e a ROBÓTICA AUTÔNOMA

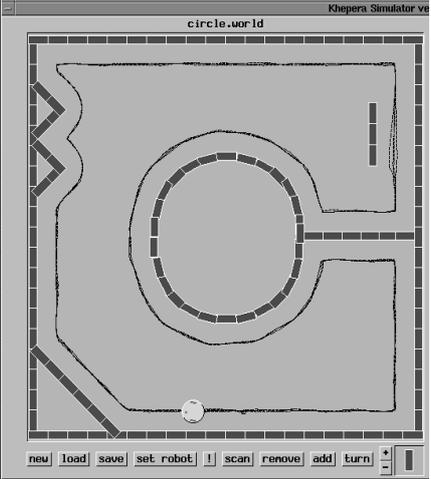
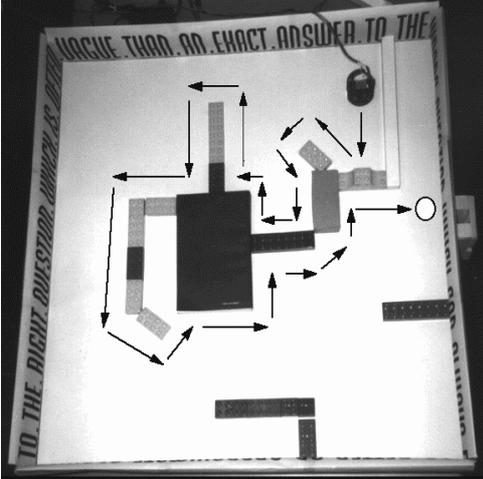


**Evitar Obstáculos - Problemas - Controle Híbrido**

20



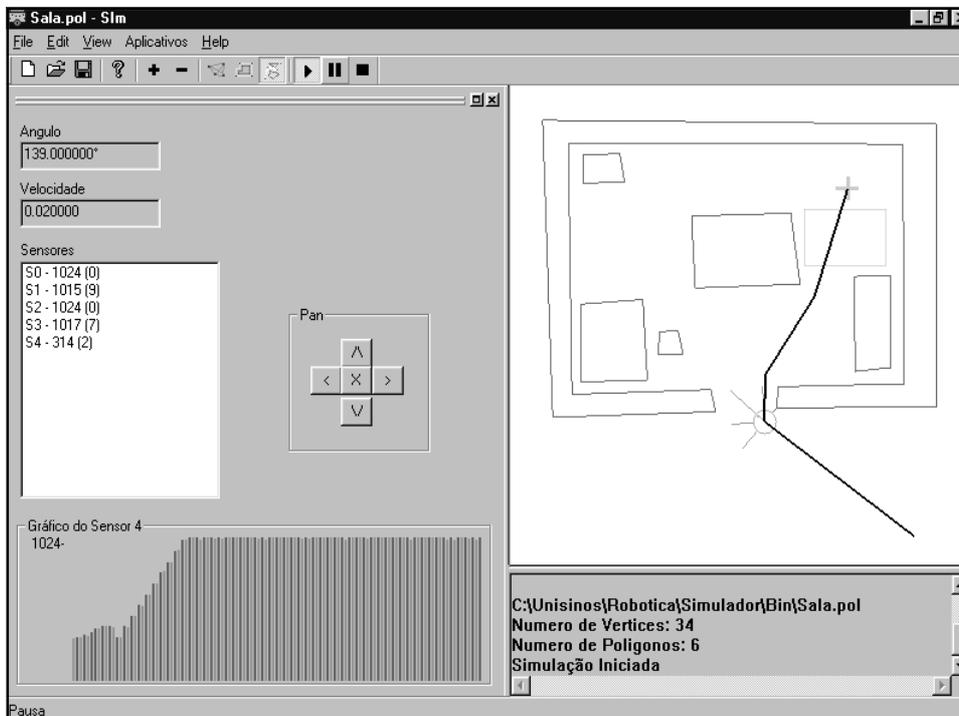
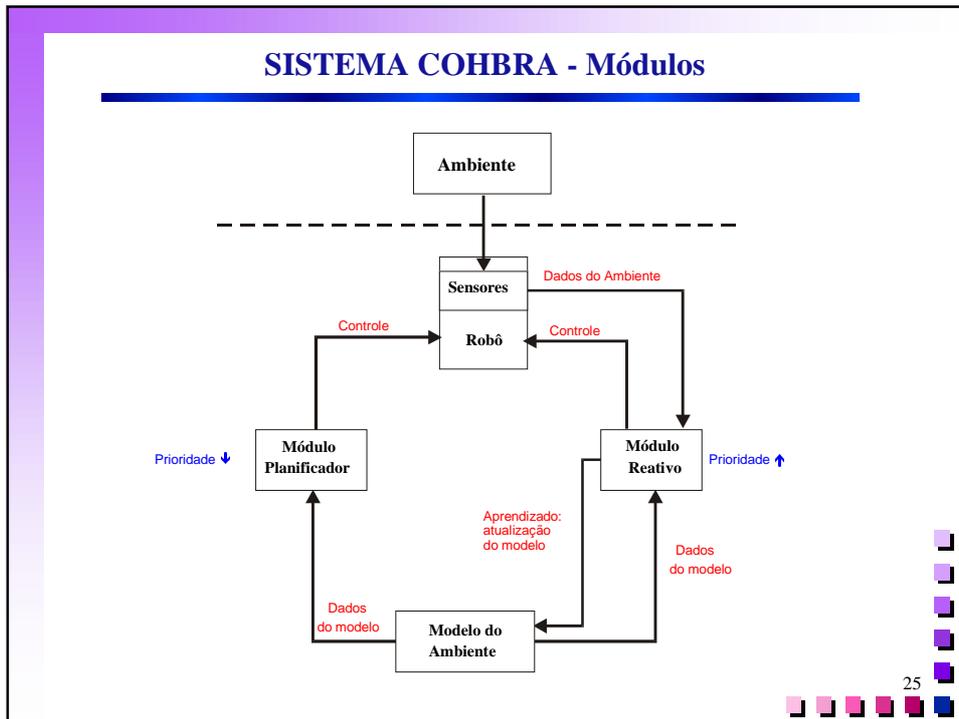
### SISTEMA INSS e a ROBÓTICA AUTÔNOMA



**INSS - Seguir um Muro - Aprendizado Incremental com Contexto**

22





## SISTEMA COHBRA - Módulos

### \* Principais funções:

#### - Contorno dos Objetos:

Geometria + Raio do Robô + Tolerância ao erro

#### - Determinação do *grafo de visibilidade*

Combinação: Todas as possibilidades de ligação ângulo  $X$  ângulo que não atravessam os objetos definidos no ambiente...

#### - Seleção do *caminho ótimo* [Dijkstra - Grafo Valorado]

#### - Simulação:

Leitura dos sensores do robô

Motores: deslocamento e rotação

27

## SISTEMA COHBRA - Módulos

### \* Principais funções:

#### - Detecção de obstáculos:

> Diferença: estado previsto e estado observado dos sensores ← *Conflito Cognitivo*

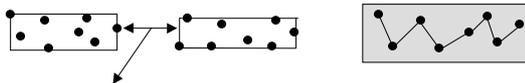
Diferença superior a uma certa tolerância

> Criação da nuvem de pontos à partir dos dados dos sensores



Girar o robô  
Ler os sensores

> Extração da geometria baseando-se na nuvem de pontos lida



Distância > Raio do Robô

> Adaptação do modelo de mundo (adicionar ou retirar um obstáculo)

> Revisão da trajetória

- Escolha do módulo de controle do robô: prioridade entre módulos

28

## DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

### \* Simulador: *Otimizar / Bugs*

- Nuvem de pontos
- Cálculos sem importância real (obstáculo que não atrapalha o robô)
- Refazer o grafo de visibilidade, se necessário...
- Corrigir alguns Bugs conhecidos

### \* Simulador: *As verdadeiras questões*

- Posicionamento do robô
  - > Erro durante o deslocamento
  - > Correção do posicionamento: Uso de referências (3o. módulo)

- Aplicação no controle de um verdadeiro robô

### \* Novos módulos:

- Planificação de trajetórias
- Comportamento reativo
- Detecção de pontos de referência

29

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

### \* *O QUE É PRECISO*:

- Módulo « Simbólico » (Geometria) e  
Módulo « Sensorial » (Sensores)
- Conhecimentos: Alto e Baixo nível
- Transferência / Transformação dos conhecimentos
- Tratamento automático de erros:  
Dados inexatos, dados incorretos
- Evolução dos conhecimentos: adicionar, corrigir, remover
- Validação dos conhecimentos (referências?)

Sistema Híbrido ⇒ Múltiplas Inteligências com Aprendizado  
Modularidade / Cooperação entre módulos  
Comportamento Coletivo (Sociedade)

### \* *PERSPECTIVAS*: Fazer « o que é preciso » fazer !

30