



LRM

Laboratório de Robótica Móvel

Robótica Móvel Inteligente: Da Simulação às Aplicações no Mundo Real

Denis Fernando Wolf

Eduardo do Valle Simões

Fernando Santos Osório

Onofre Trindade Junior

Universidade de São Paulo – USP - ICMC

Grupo de Sist. Embarcados, Evolutivos e Robóticos

LRM – Laboratório de Robótica Móvel

INCT – Sistemas Embarcados Críticos

INCT
SEC

**Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos**



Robótica Móvel Inteligente: Da Simulação às Aplicações no Mundo Real

Denis Fernando Wolf

Eduardo do Valle Simões

Fernando Santos Osório

Onofre Trindade Junior

Universidade de São Paulo – USP - ICMC

Grupo de Sist. Embarcados, Evolutivos e Robóticos

LRM – Laboratório de Robótica Móvel

INCT – Sistemas Embarcados Críticos

INCT
SEC

**Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos**

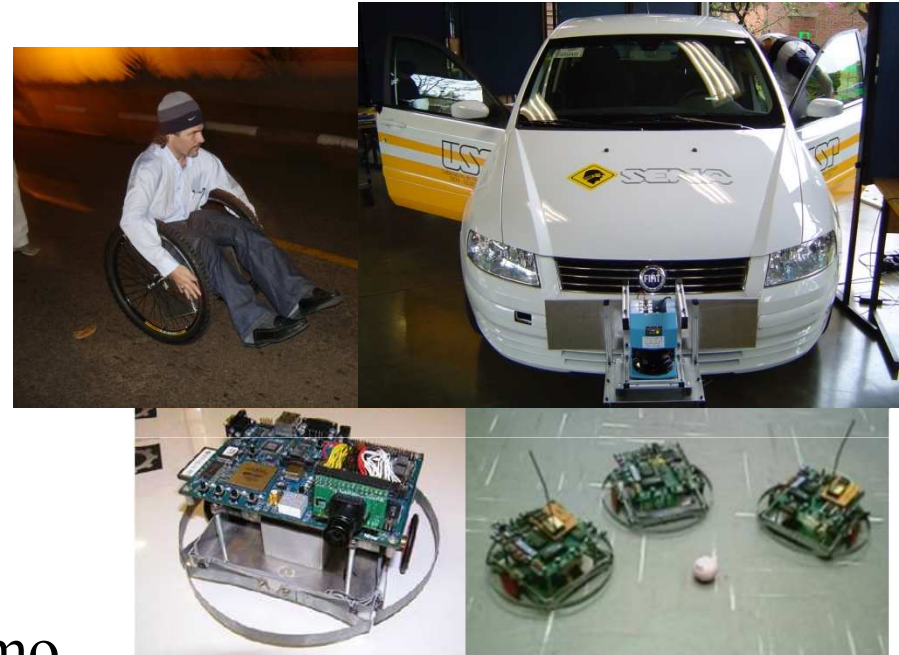
Módulo 3: Aplicações

Conceitos:

- Veículos Terrestres Autônomos
 - Robôs com aplicações Civas
(Cadeira de Rodas, Robôs Educativos, Robôs com Pernas, Projeto SENA, Estacionamento Autônomo)
 - Robôs Móveis Táticos
(Enxames, Robombeiros)
- Veículos Aéreos Não Tripulados
(Projeto ARARA)
- Perspectivas e Aplicações da Robótica Móvel

Veículos Terrestres Autônomos

- Robôs com aplicações Civis:
 - Projeto SENA
 - Robôs Educativos
 - Cadeira de Rodas
 - Robôs com Pernas
 - Estacionamento Autônomo
- Robôs Móveis Táticos:
 - Enxames
 - Robombeiros



Projeto SENA



CSBC 2009 - JAI

5 Aplicações



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT *SEC*

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

INCT-SEC: Veículo Terrestre Autônomo

VTNT: Veículo Terrestre Não Tripulado

INCT-SEC - Grupo de Trabalho: Veículo Terrestre Autônomo

Parceria Projeto SENA - USP EESC/ICMC

Parceira CTI/CENPRA

Objetivo:

Desenvolvimento de
Sistemas de Navegação Autônoma e
Assistida para veículos terrestres



INCT-SEC: Veículo Terrestre Autônomo

Navegação assistida para veículos terrestres



Deteccção de Obstáculos
e de Pedestres

Sensores:

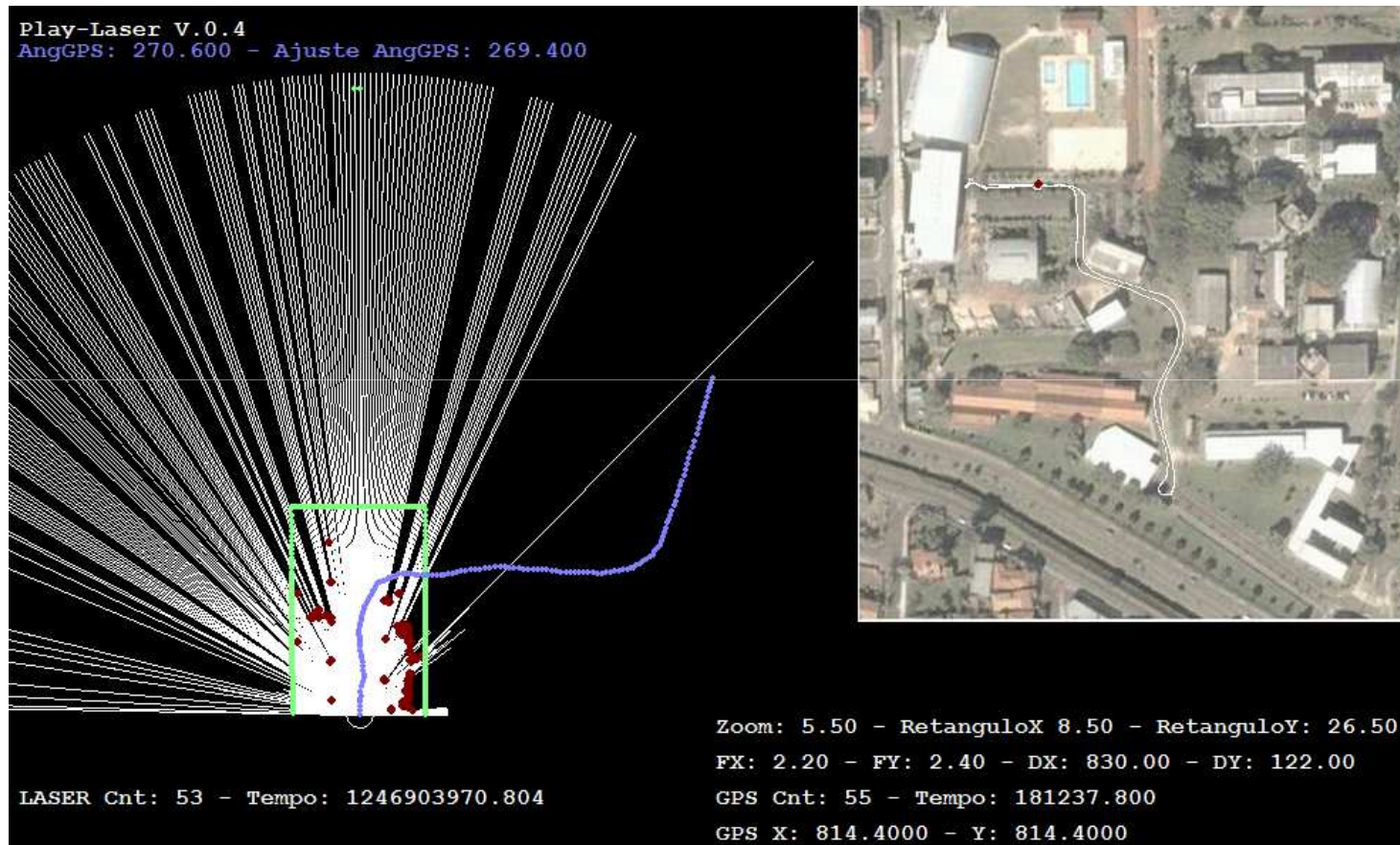
- Laser SICK
- GPS
- Câmera de Vídeo
- Unidade Inercial (IMU)

Alerta em
Situações de Perigo

INCT-SEC: Veículo Terrestre Autônomo

Navegação assistida para veículos terrestres

Detecção de Obstáculos

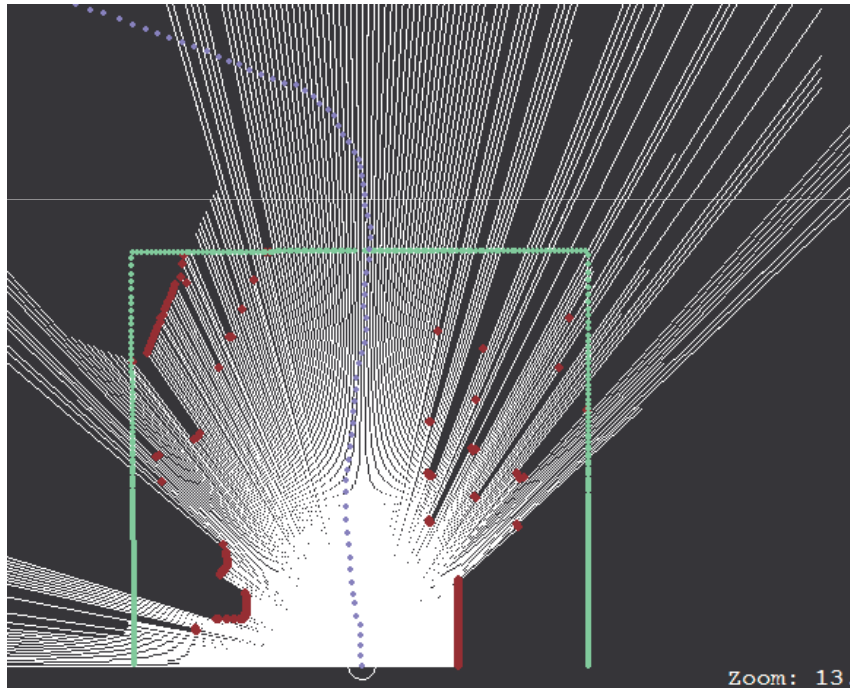


Sensores: Laser SICK, GPS, Câmera de Vídeo

Veículo Terrestre Autônomo

Navegação assistida para veículos terrestres

Deteccção de Obstáculos e Pedestres
Alertas de Perigo



Sensores: Laser SICK, GPS, Câmera de Vídeo

CSBC 2009 - JAI

9 Aplicações



INCT SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Veículo Terrestre Autônomo



CSBC 2009 - JAI

10 Aplicações

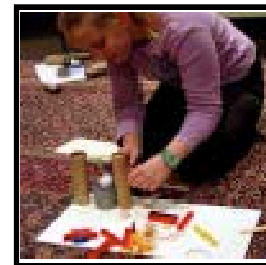
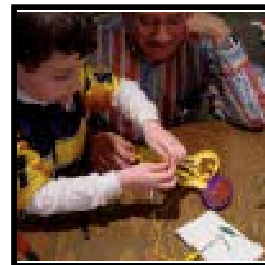
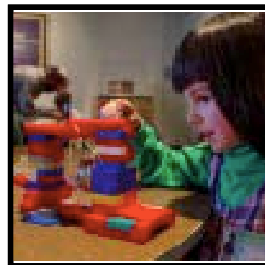
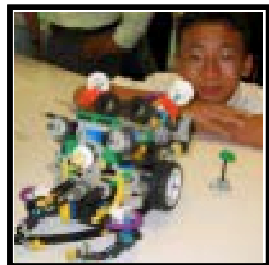
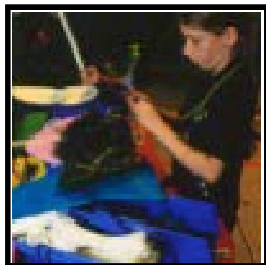


LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Robôs Educativos



CSBC 2009 - JAI

11 Aplicações



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC

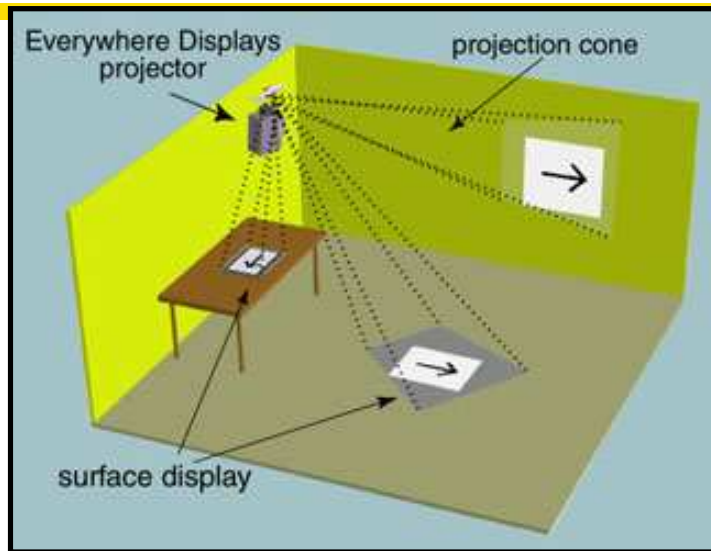
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Robôs Educativos: Motivação

- Robótica na Educação
 - chance de solucionar problemas difíceis mais do que observar formas de solução
- Desenvolve
 - lógica, planejamento
 - organização
 - interdisciplinaridade
 - criatividade, raciocínio
 - exploração
 - trabalho em grupo...



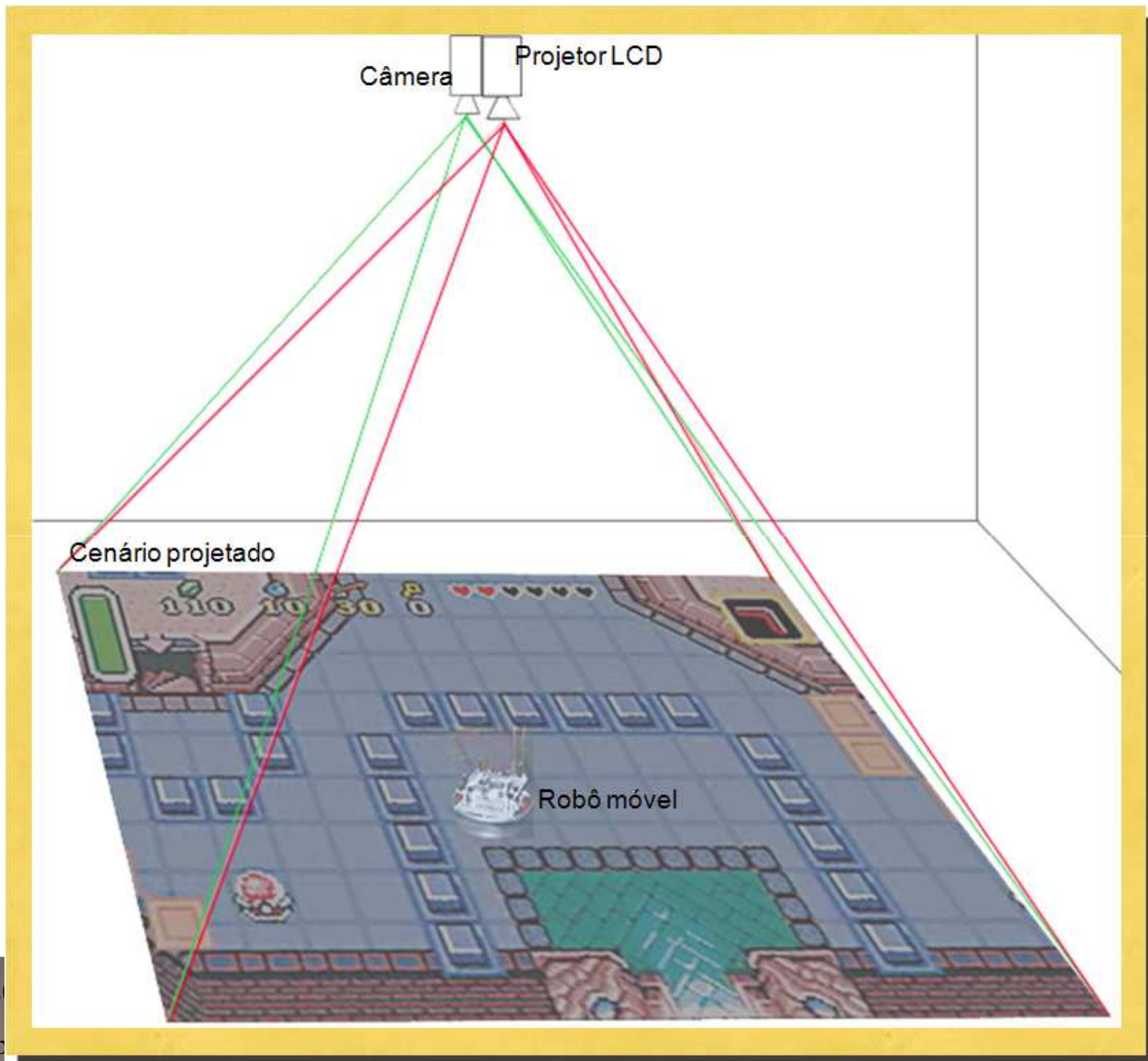
Robôs Educativos: Everywhere Displays



Robôs Educativos: Jogos de Aventura

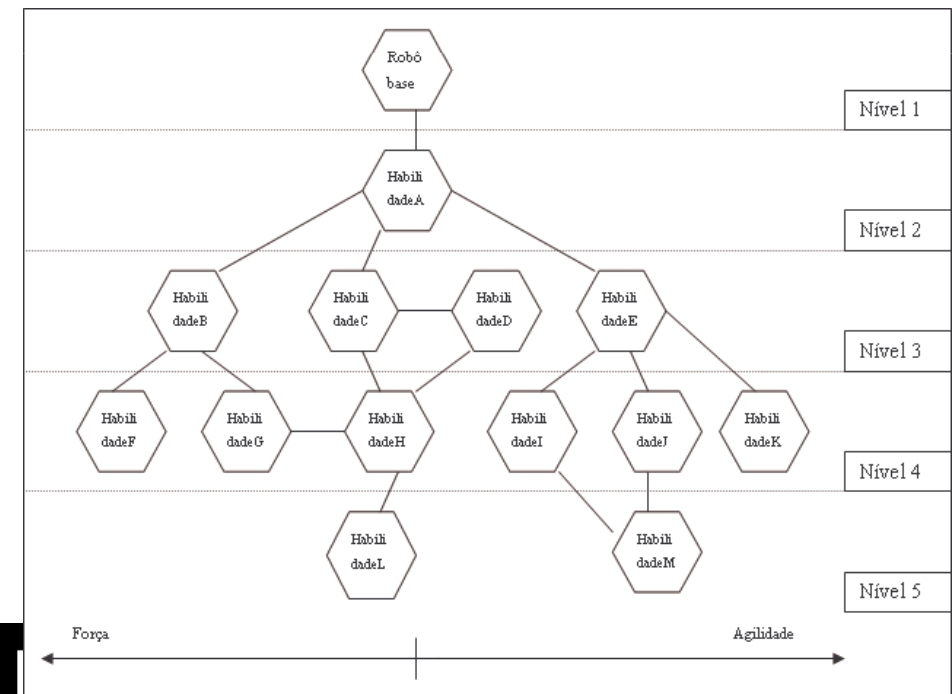
- Elementos
 - Mestre: cria a Aventura,
 - Jogador: conduz o personagem
- Ambientação
 - Desafios envolvendo:
 - fantasia medieval
 - ficção científica
 - quadrinhos
 - anime...



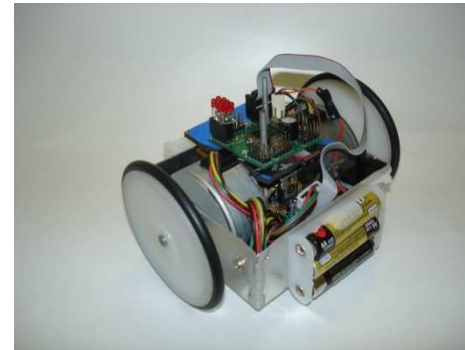
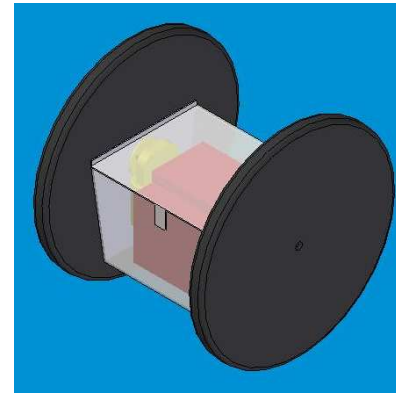


Robôs Educativos: Especificação do Jogo

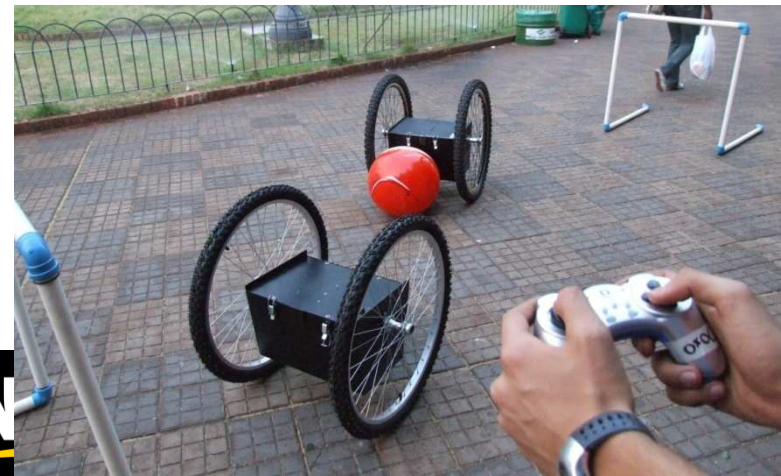
- Jogador assume o papel de um personagem robô
 - Conjunto básico de características
- Desafios → pontos de experiência
- Evolução do personagem:
 - Compra de habilidades e itens



Robôs Educativos: Projeto do Robô



Resultados



Resultados



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

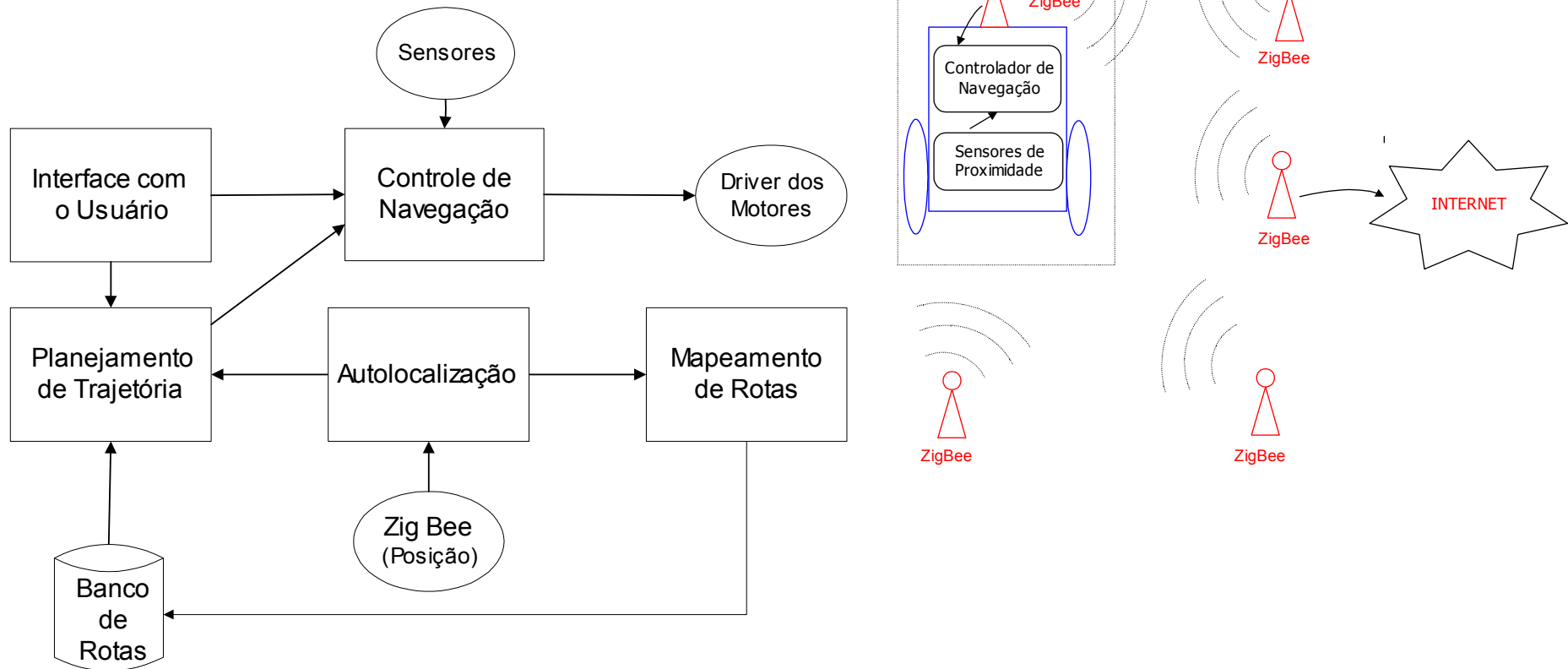
Cadeira de Rodas Robótica



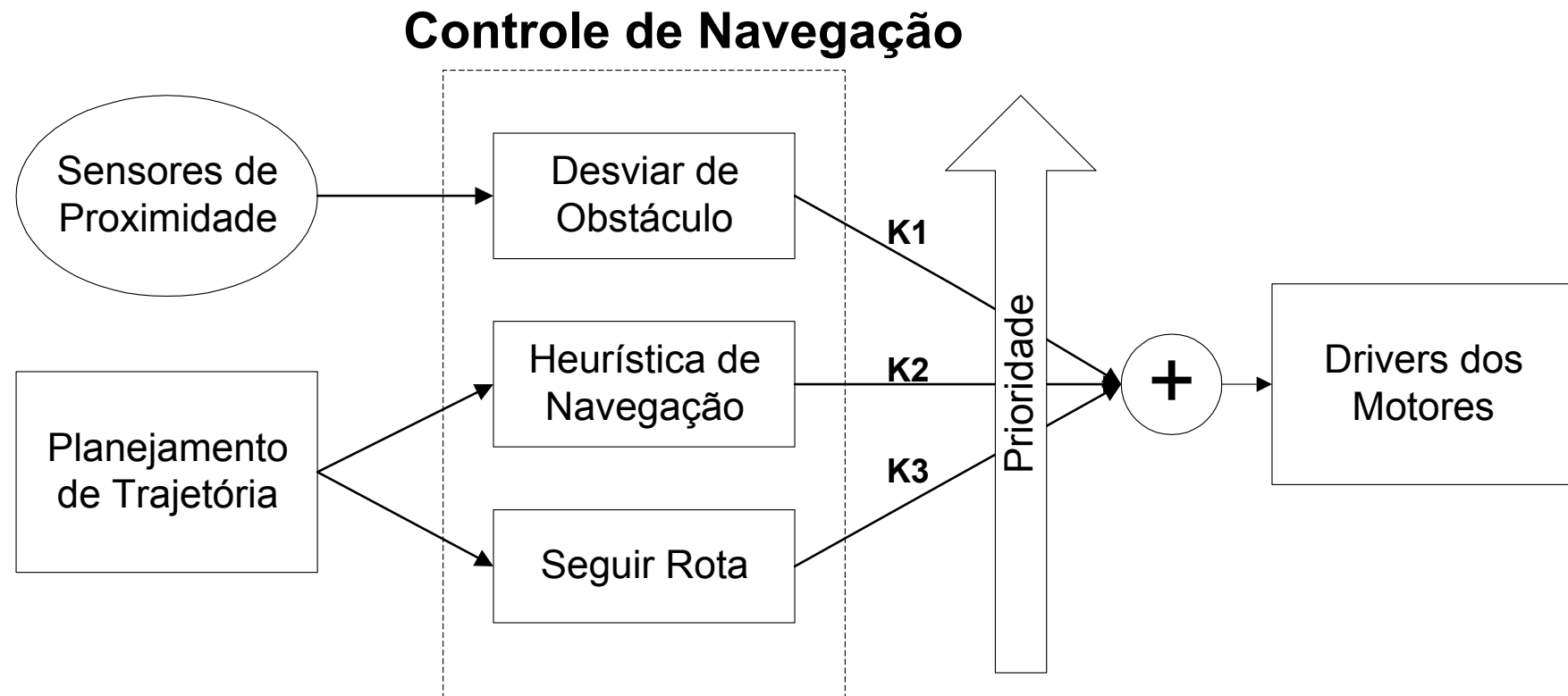
Cadeira de Rodas Robótica: Características

- Auxílio a mobilidade
 - Deixa as mãos livres e dispensa atenção
 - Ajuda a passar por portas e corredores
 - Dispensa acompanhante
- Monitoramento de condições do paciente
 - Conexão com clínicas para monitoramento:
 - Peso, frequência cardíaca, pressão sanguínea, mobilidade

Cadeira de Rodas Robótica: Sistema



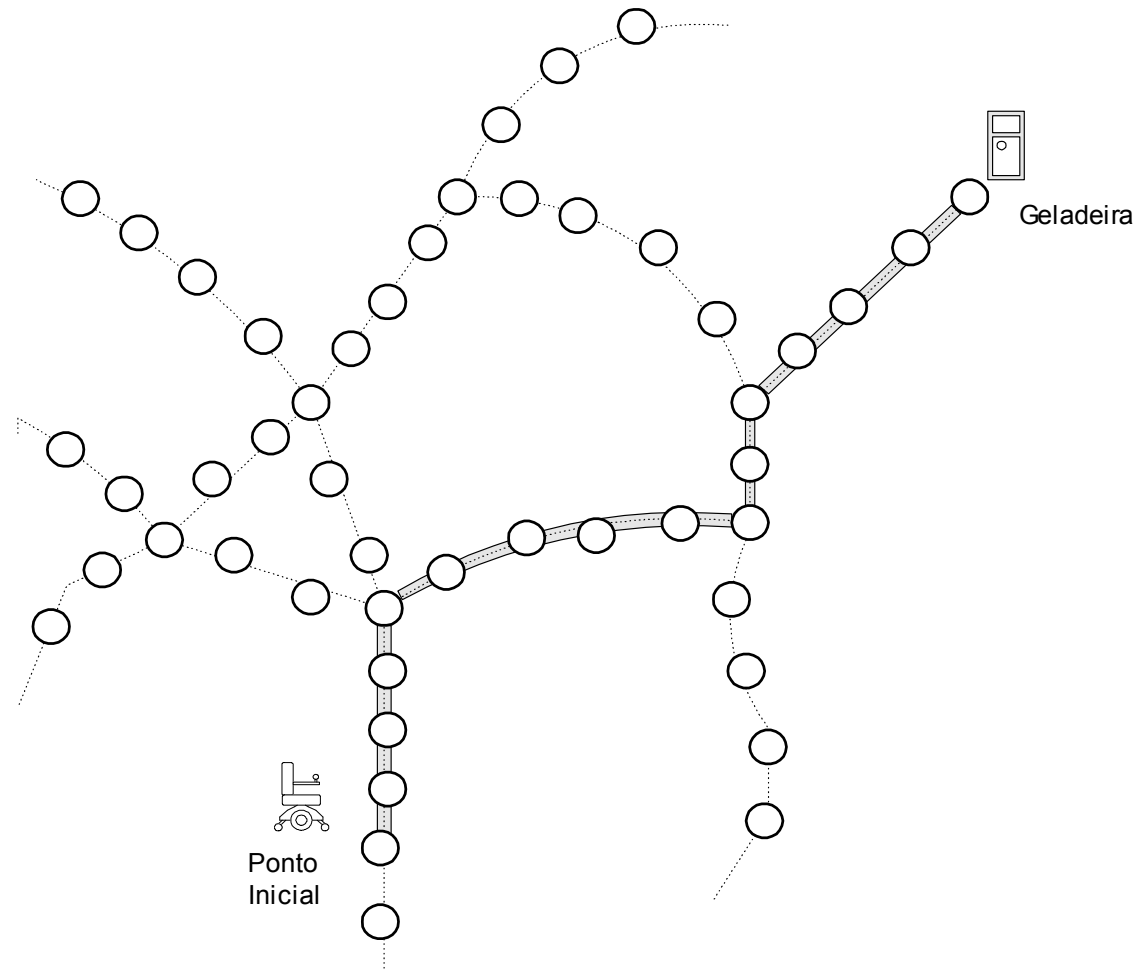
Cadeira de Rodas Robótica: Controle



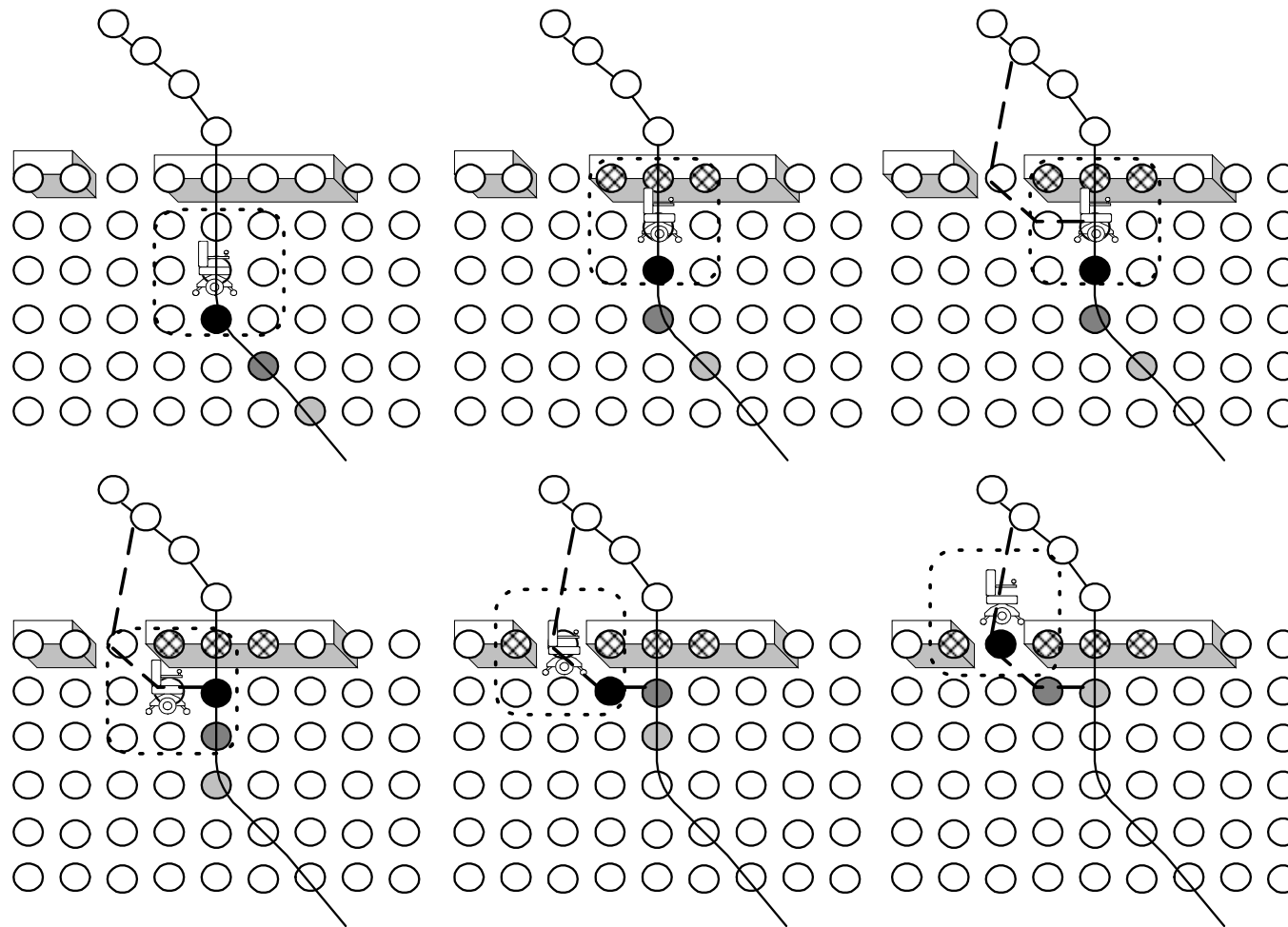
Cadeira de Rodas Robótica: Especificação

- Manopla de controle
 - armazenar a sua trajetória como rota
- Seguir um conjunto de rotas de forma automática
- Gravar movimentos para execução automática
- Seleção de Destino
 - o usuário identifica um destino
 - o sistema se encarrega de gerar uma rota para alcançá-lo

Cadeira de Rodas Robótica: Rotas



Cadeira de Rodas Robótica: Navegação



Robôs com Pernas



Robôs com Pernas

Simulação Realística Virtual 3D

Robôs com Patas

Simulador **LEGGEN**

Evolução do Controle (AG)
de Robôs Articulados

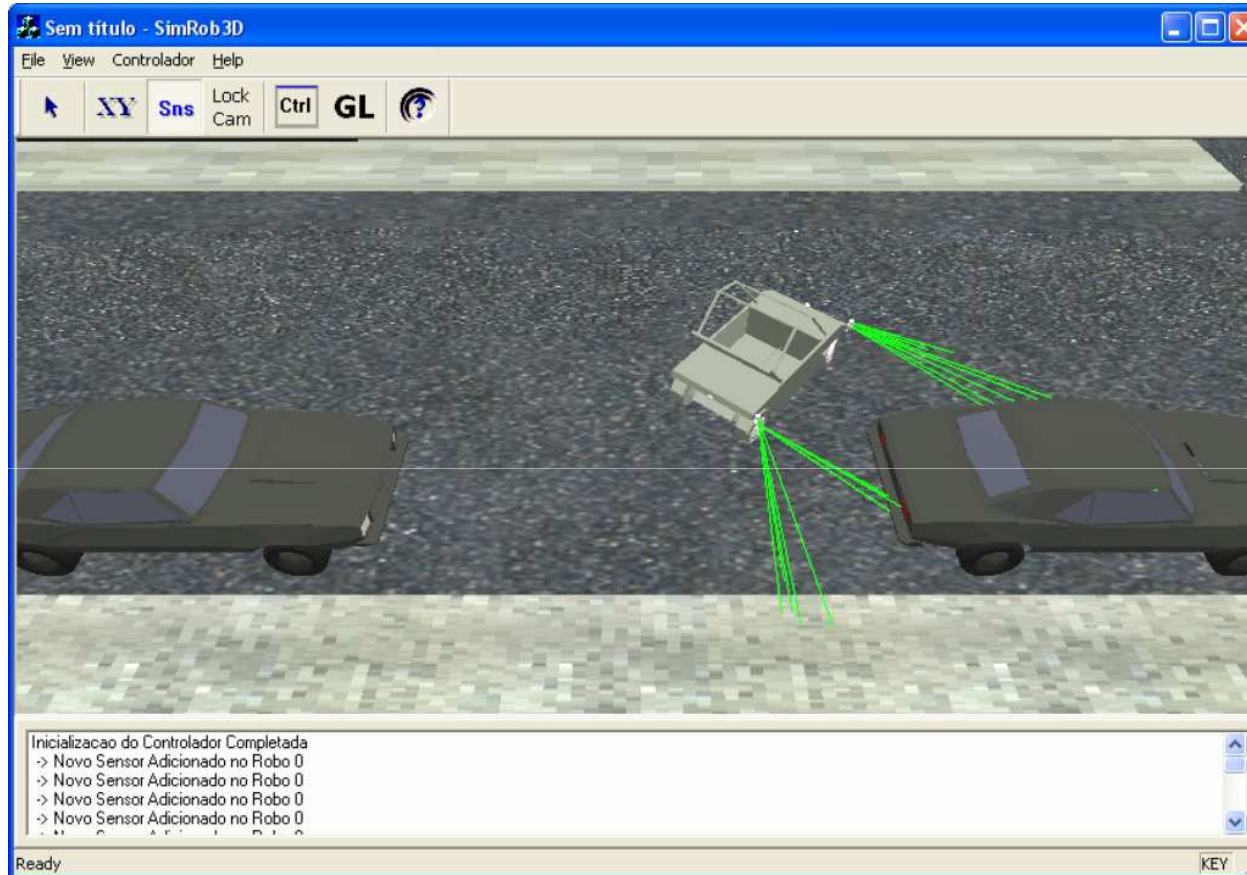


Estacionamento Autônomo



Veículos Autônomos: **Simulação de Estacionamento**

SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D



| | |
|-----------------------|----------|
| Sensor [00]: | 904.27 |
| Sensor [01]: | 475.65 |
| Sensor [02]: | 171.16 |
| Sensor [03]: | 108.89 |
| Sensor [04]: | 195.85 |
| Speed: | -2.00 |
| Steering wheel angle: | -32.50 |
| State: | ENTERING |
| Odometer: | 520.00 |

Sensores: Sonar (configurável pelo usuário) e Odômetro

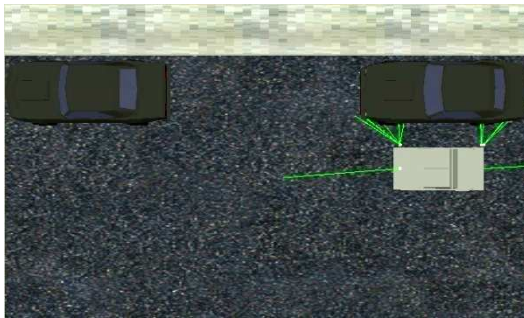
Atuadores: Cinemática Ackerman

Usual: 6 sonares com posições específicas, odômetro, controle de velocidade e de giro da direção

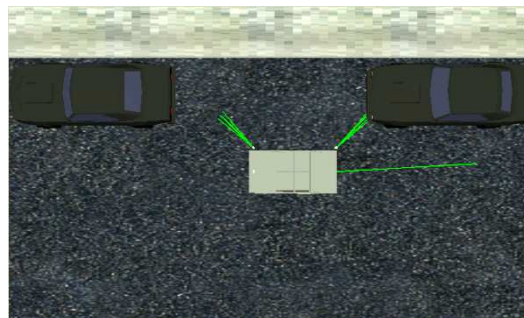
Veículos Autônomos: Simulação de Estacionamento

SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D

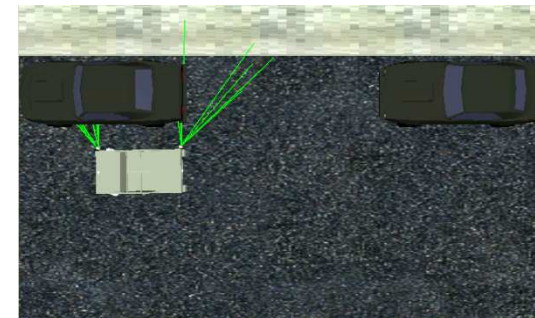
Aprendizado de um autômato (FSA) usando uma Rede Neural Artificial



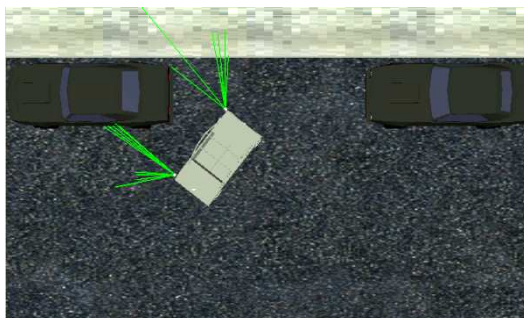
Searching Parking Space



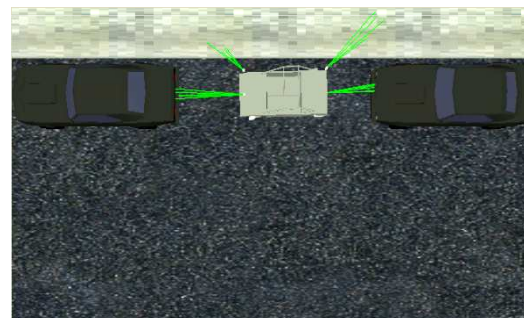
Positioning Outside



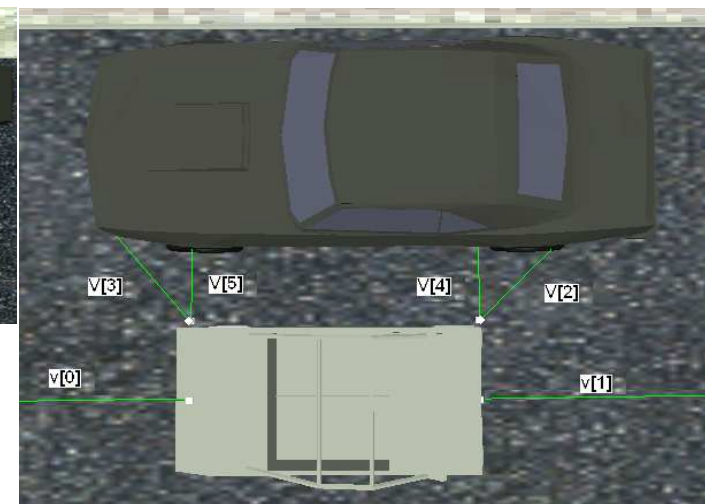
Entering



Positioning Inside



Aligning



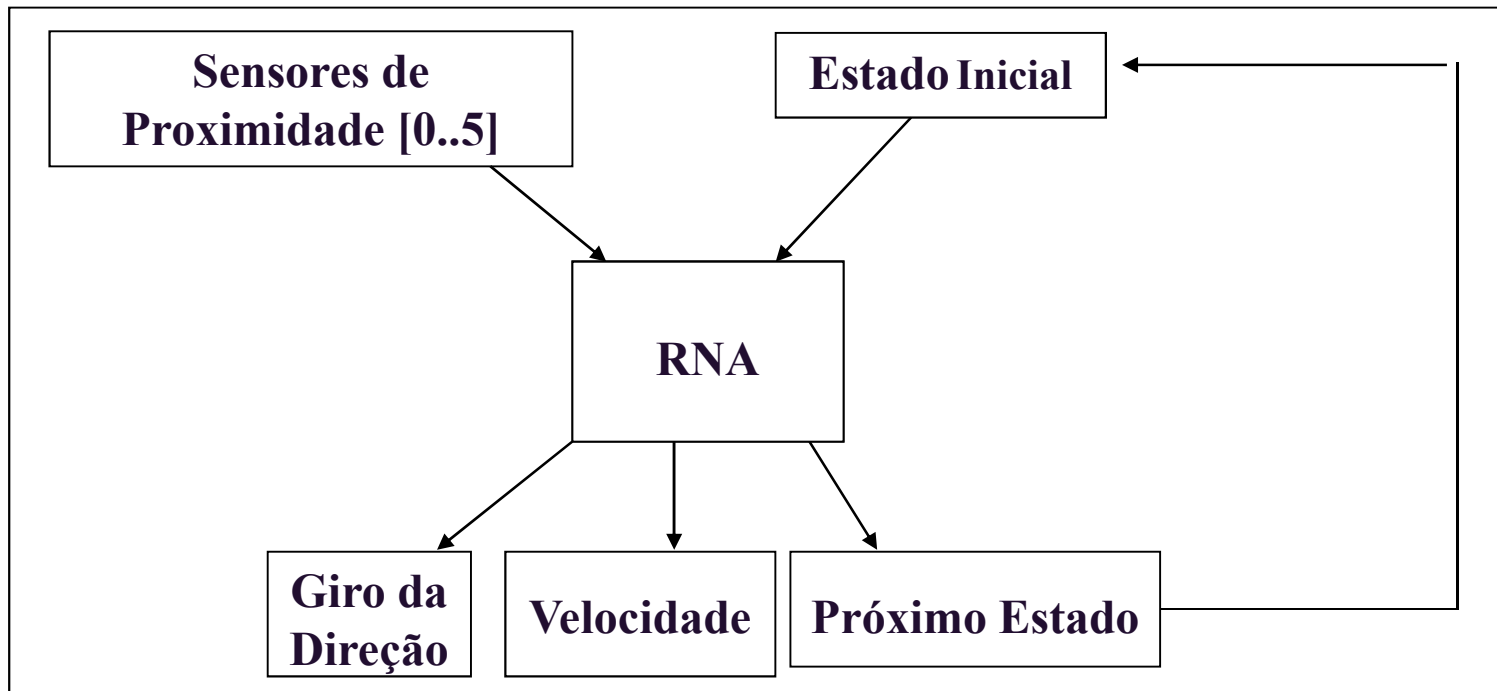
Sensores: Sonar (configurável pelo usuário) e Odômetro
Atuadores: Cinemática Ackerman (velocidade e giro da direção)

Veículos Autônomos: **Simulação de Estacionamento**

Atributos de entrada da rede: seis sensores e uma indicação do estado atual (FSA)

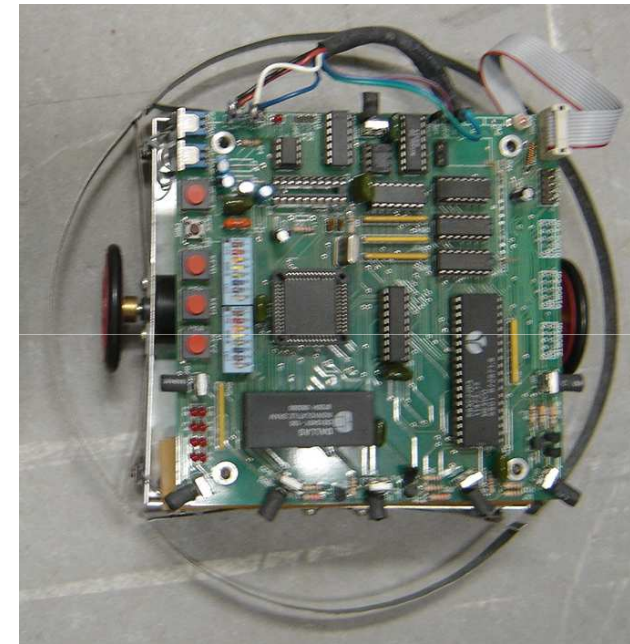
Valores de saída da rede neural: estado dos atuadores (velocidade e direcionamento), indicação do próximo estado do processo de estacionamento

Aprendizado: Exemplos de uma pessoa controlando o estacionamento do veículo



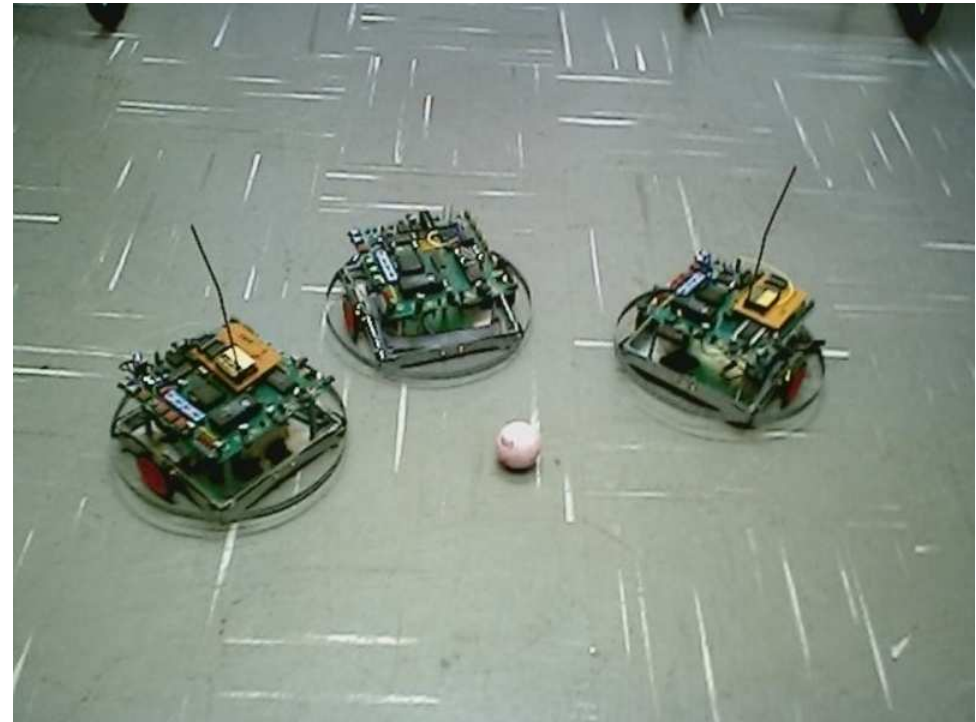
Veículos Terrestres Autônomos

- Robôs Móveis Táticos:
 - Enxames
 - Robombeiros



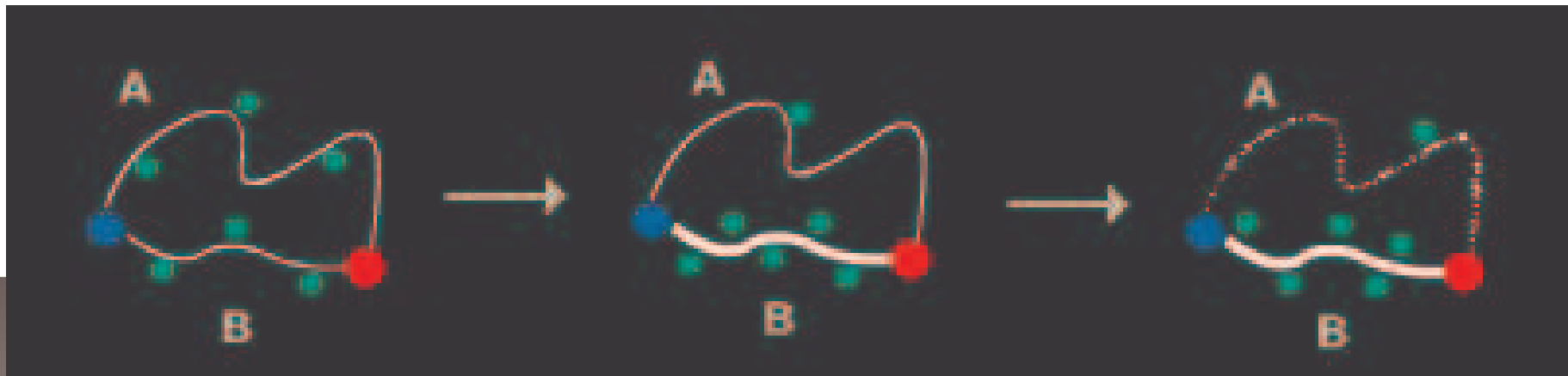
Enxames Robóticos

- Características:
 - Escalabilidade
 - Descentralização
 - Sem conhecimento global do ambiente



Enxames Robóticas: Formigas

- Comportamento coletivo inteligente emergente a partir de uma colônia de indivíduos simples
- Expressão de comportamento coletivo complexo:
 - carregar grandes objetos
 - formar pontes
 - encontrar o menor caminho



Enxames Robóticos: Conceitos

- Sistema Multiagente + Algoritmo Genético
 - Um único indivíduos não tem conhecimento global da tarefa que está realizando.
 - Ações individuais são baseadas em decisões locais
 - Comportamento inteligente emerge naturalmente
 - consequência da auto-organização
 - comunicação indireta entre os indivíduos

Enxames Robóticas: Colônias de Insetos

Transporte Cooperativo:

**C. Kube e H. Zhang
University of Alberta**



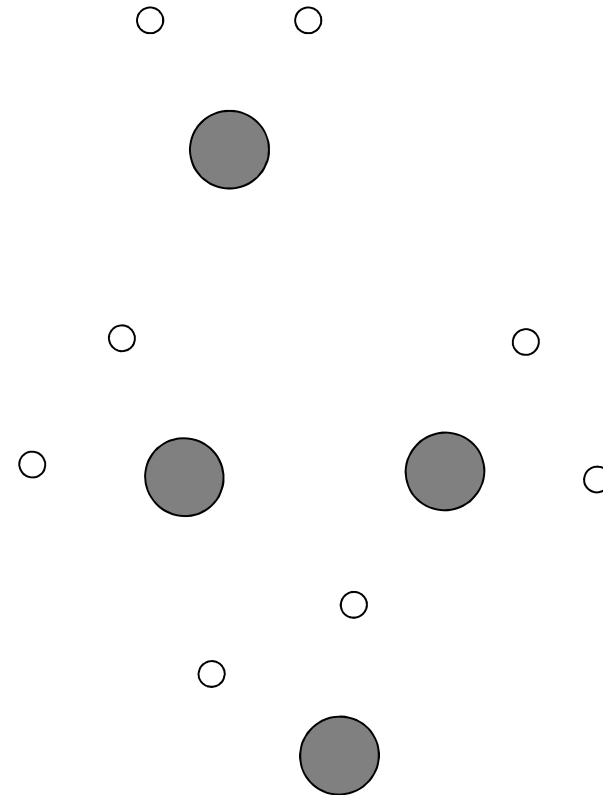
Enxames Robóticos: Inteligência de Enxames

- Um Enxame é um conjunto de Agentes que se comunicam (direta ou indiretamente)
- Coletivamente resolvem um problema



Enxames Robóticos: Propriedades

- Antenas:
 - perceber a concentração de feromônios em cada lado
 - detectar colisões contra paredes
- Corpo:
 - centro de processamento



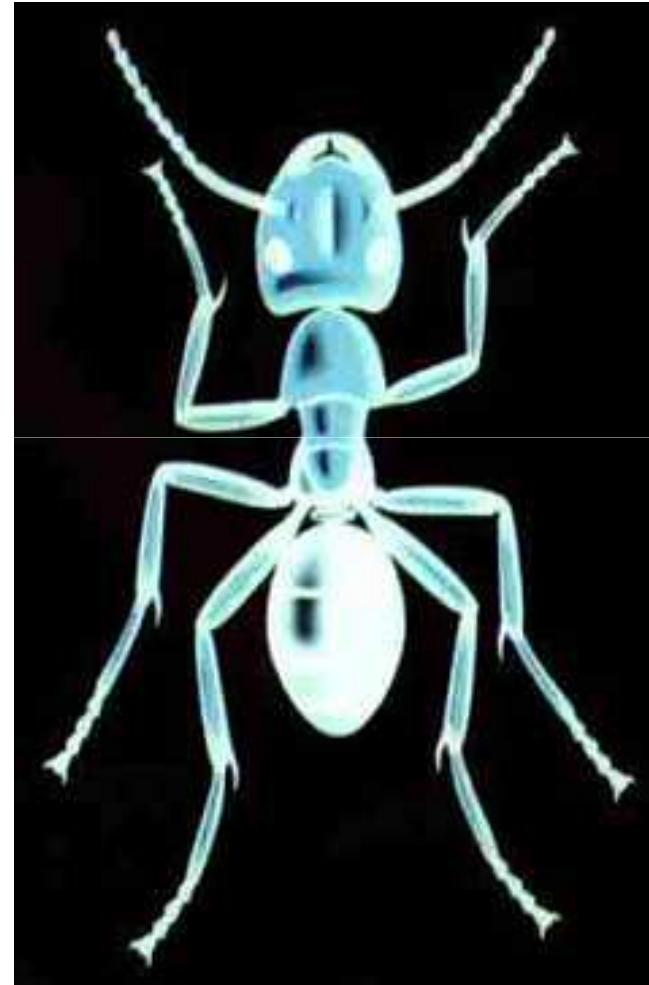
Enxames Robóticos: Comportamentos

-Estados

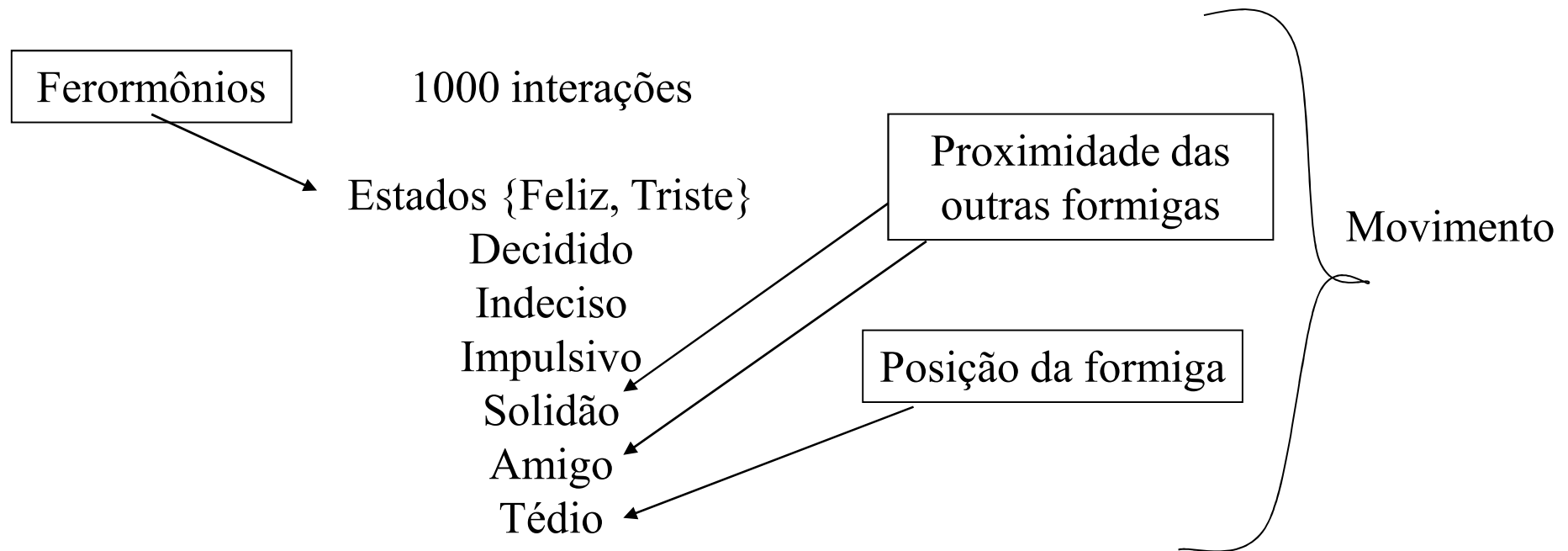
- >Feliz
- >Triste

-Funções

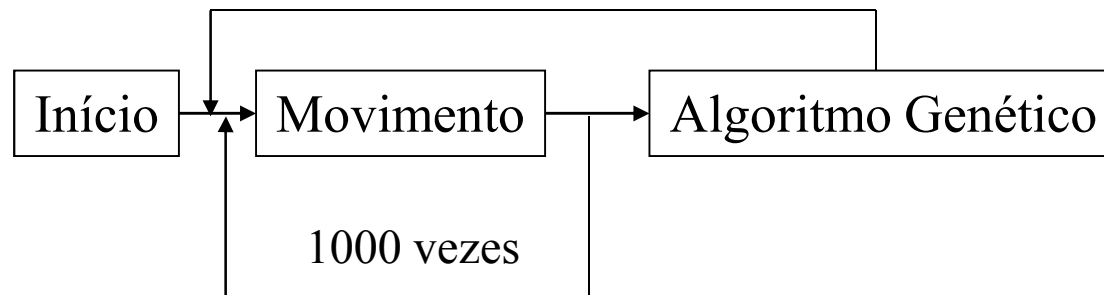
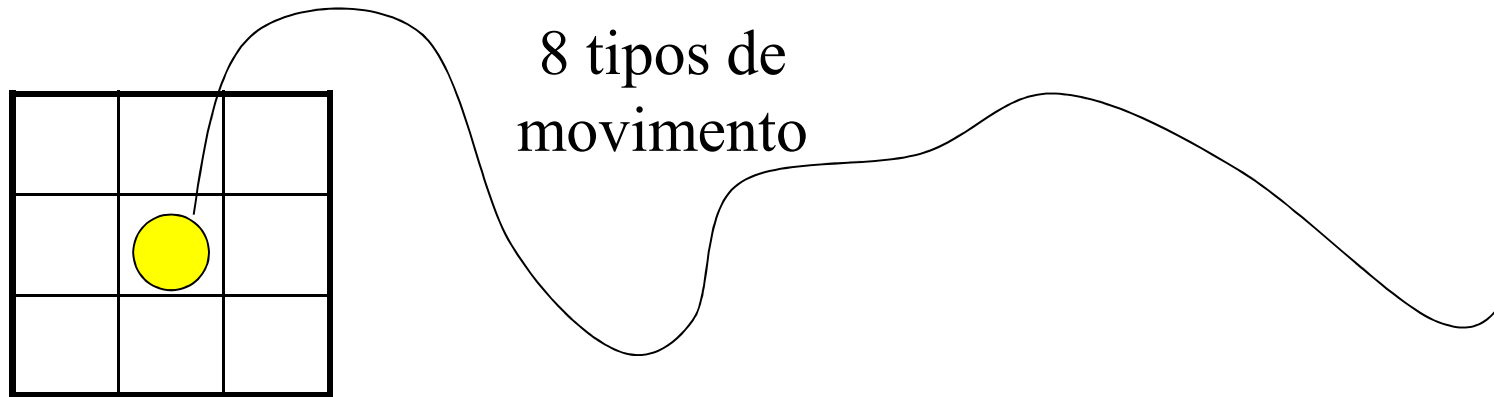
- >Solidão
- >Tédio
- >Decidido
- >Indeciso
- >Amigo
- >Impulsivo



Enxames Robóticos: Execução



Enxames Robóticos: Movimentação

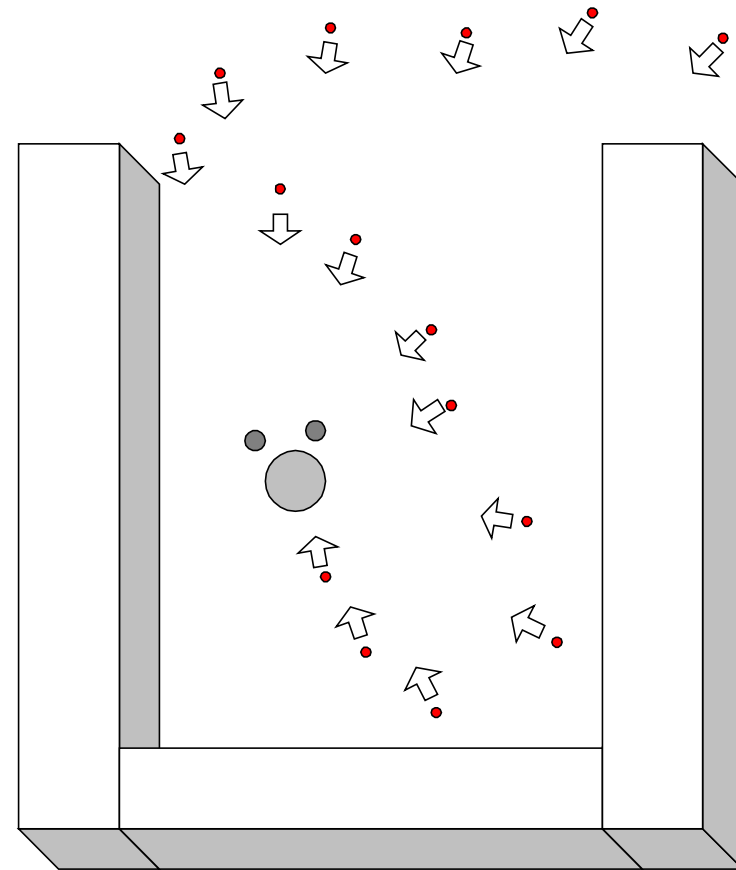


Enxames Robóticos: Resultados

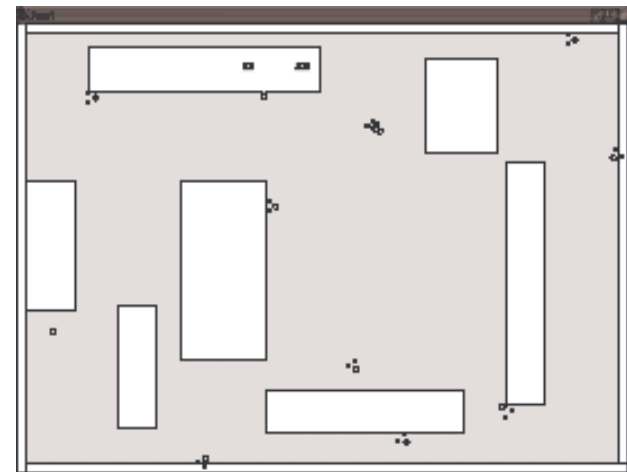
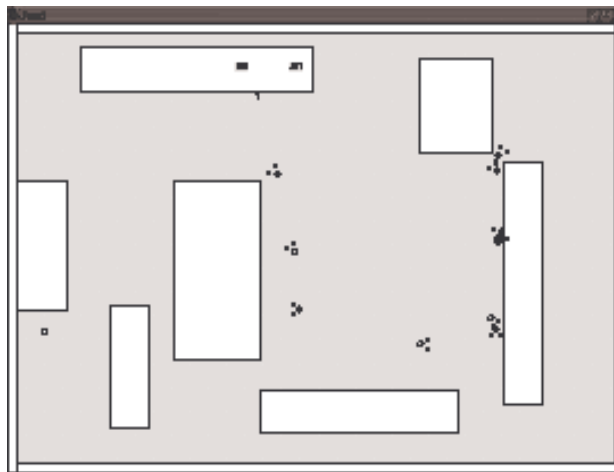
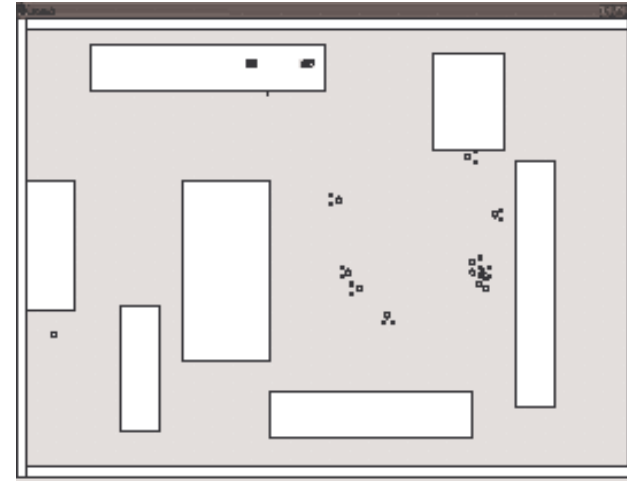
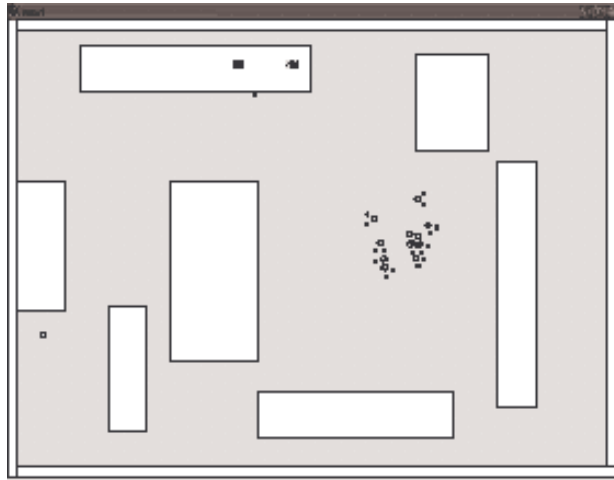


Enxames Robóticos: Resultados

- evaporação de feromônios
- feromônios na saída do tubo diminuem
- feromônios aumentam dentro do local cada vez mais

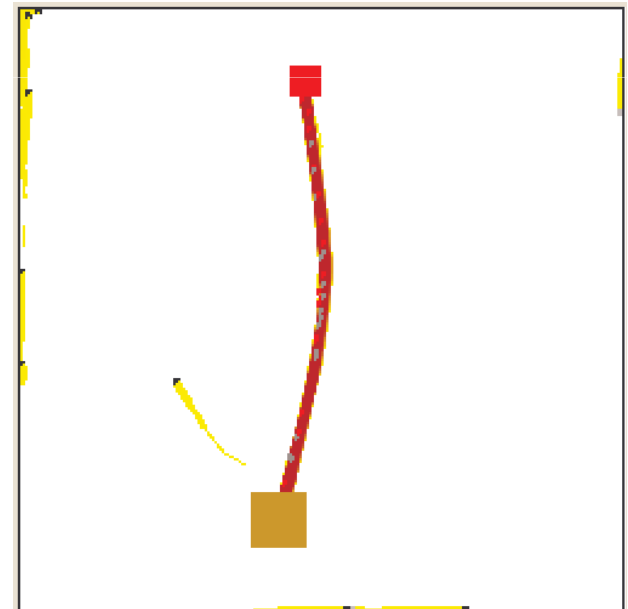


Enxames Robóticos: Aplicações



Enxames Robóticos: Aplicações

- Exploração e procura por objetos
- Formação de caminhos entre objeto e “ninho”
- Otimização dos caminhos



Enxames Robóticas: Controle



CSBC 2009 - JAI

47 Aplicações

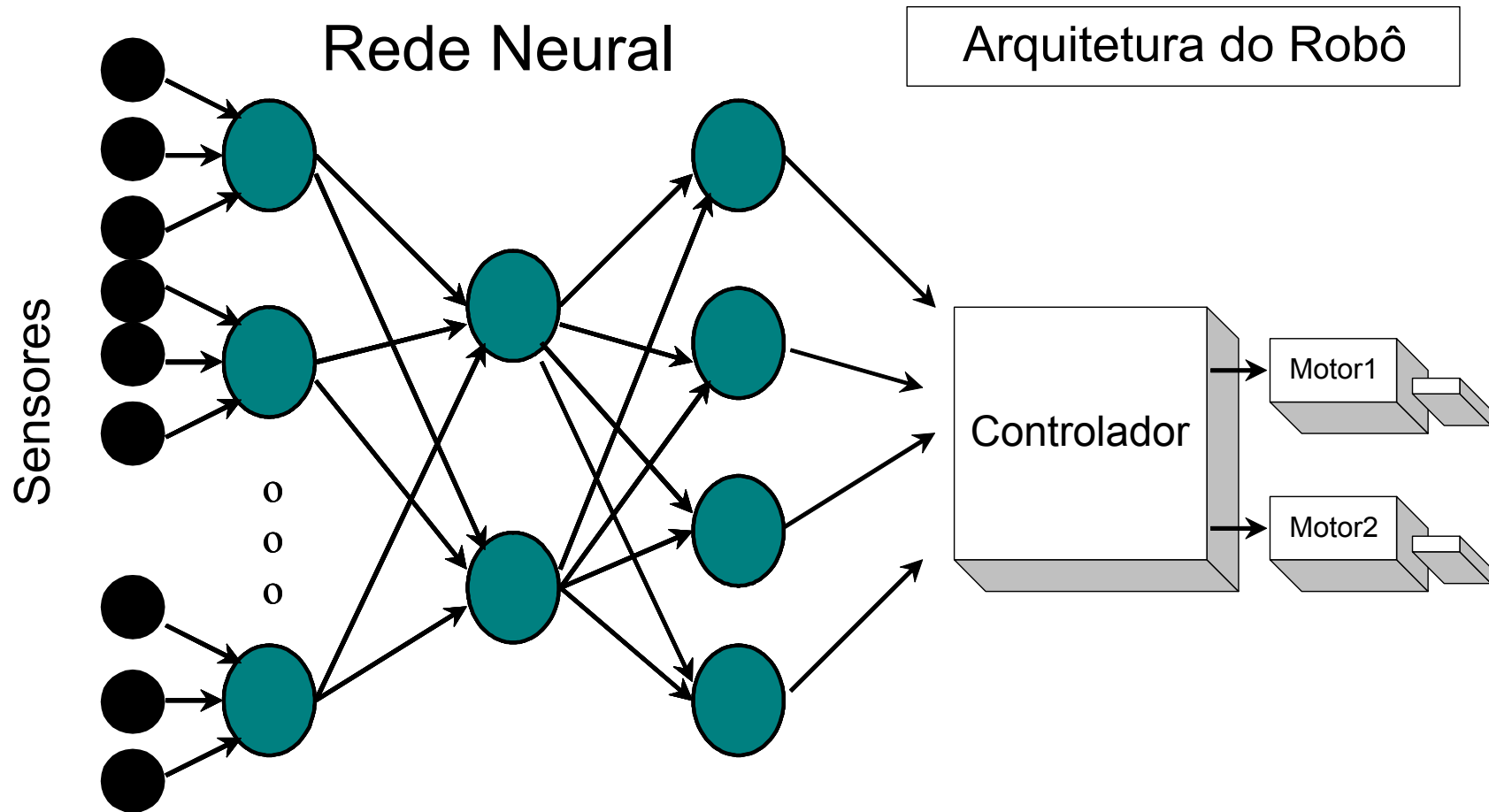


LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT *SEC*

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

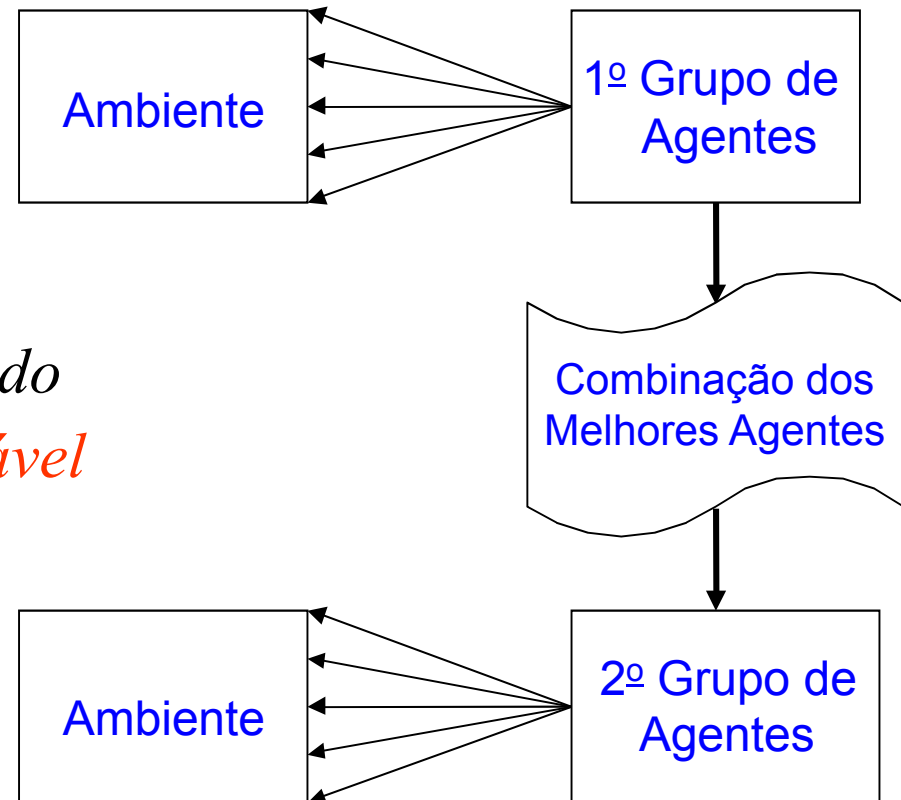
Enxames Robóticas: Controle



Enxames Robóticos: Controle

■ Computação Evolutiva

→ *Teste de um critério definido até que um **desempenho aceitável** seja produzido.*



Enxames Robóticos: Controle

- Computação Evolutiva:

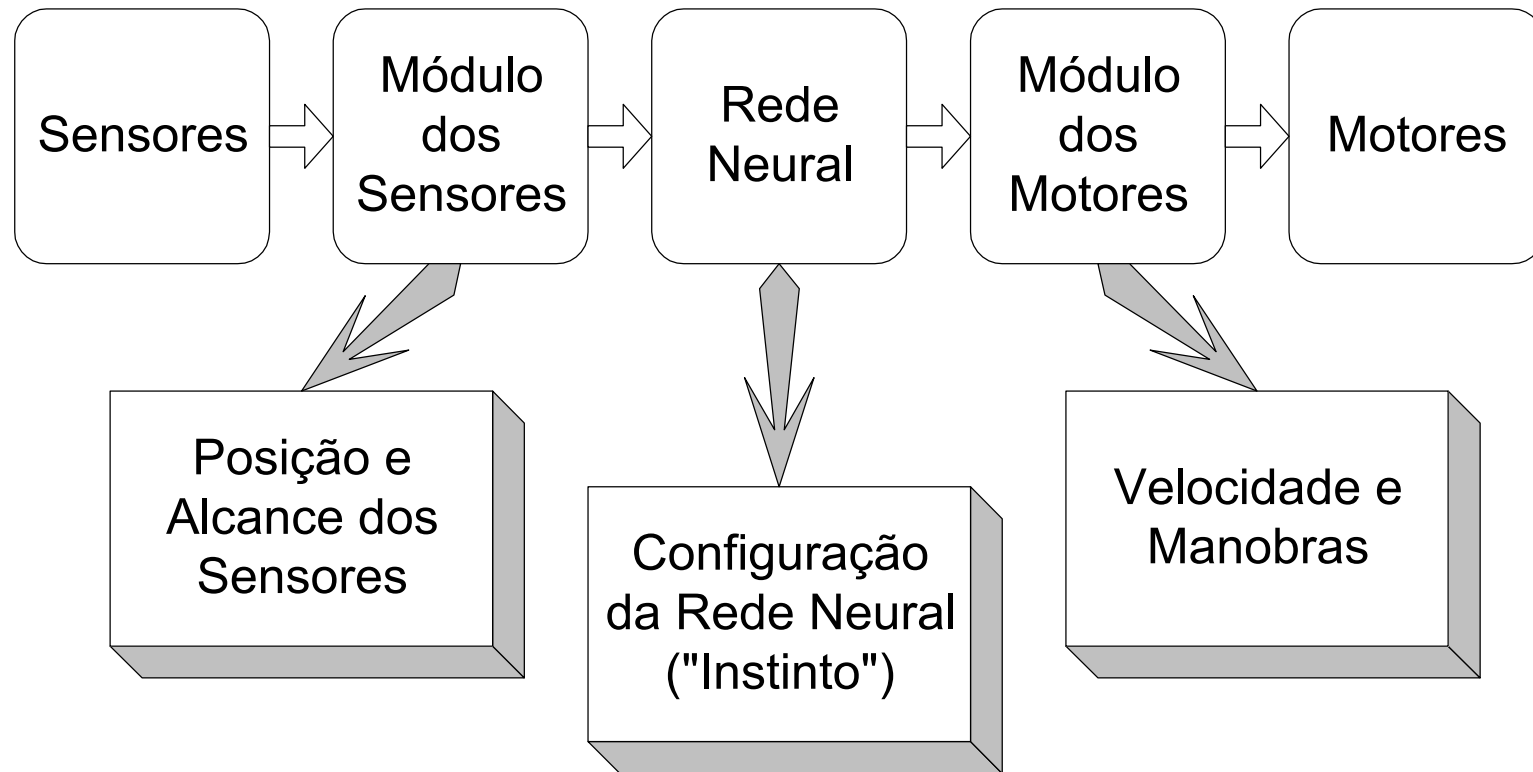
→ Uma *Seleção Natural Artificial* dos mais adequados agentes ou soluções

- Premissa mais importante:

→ Especificar *o que* é desejado do robô, sem definir *como* ele deve fazer para obter o comportamento desejado

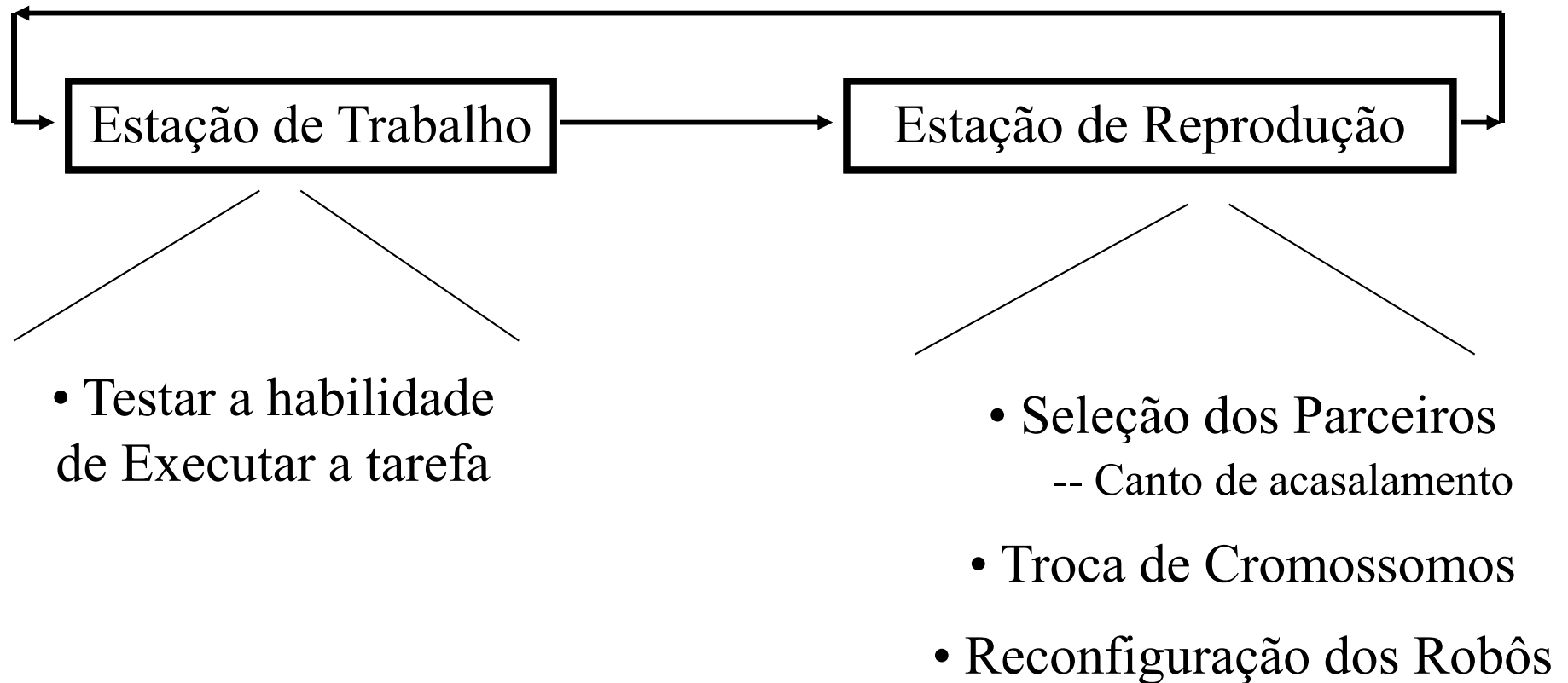
Enxames Robóticos: Controle

■ Arquitetura do Robô

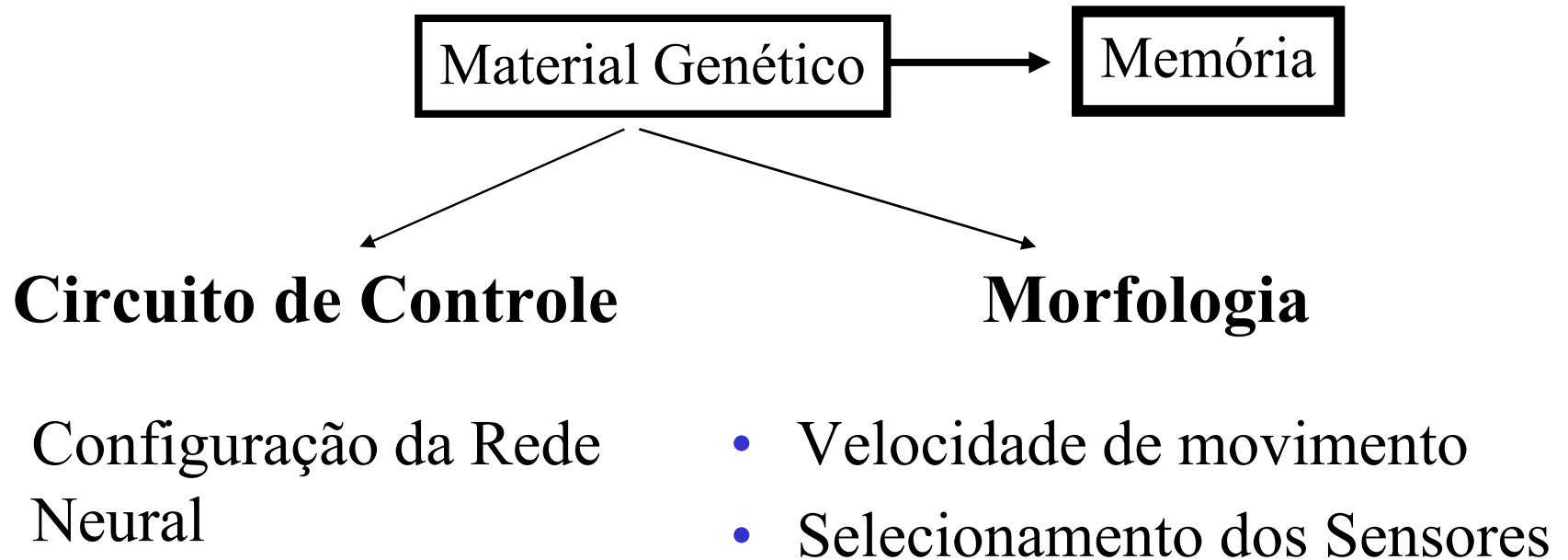


Enxames Robóticos: Controle

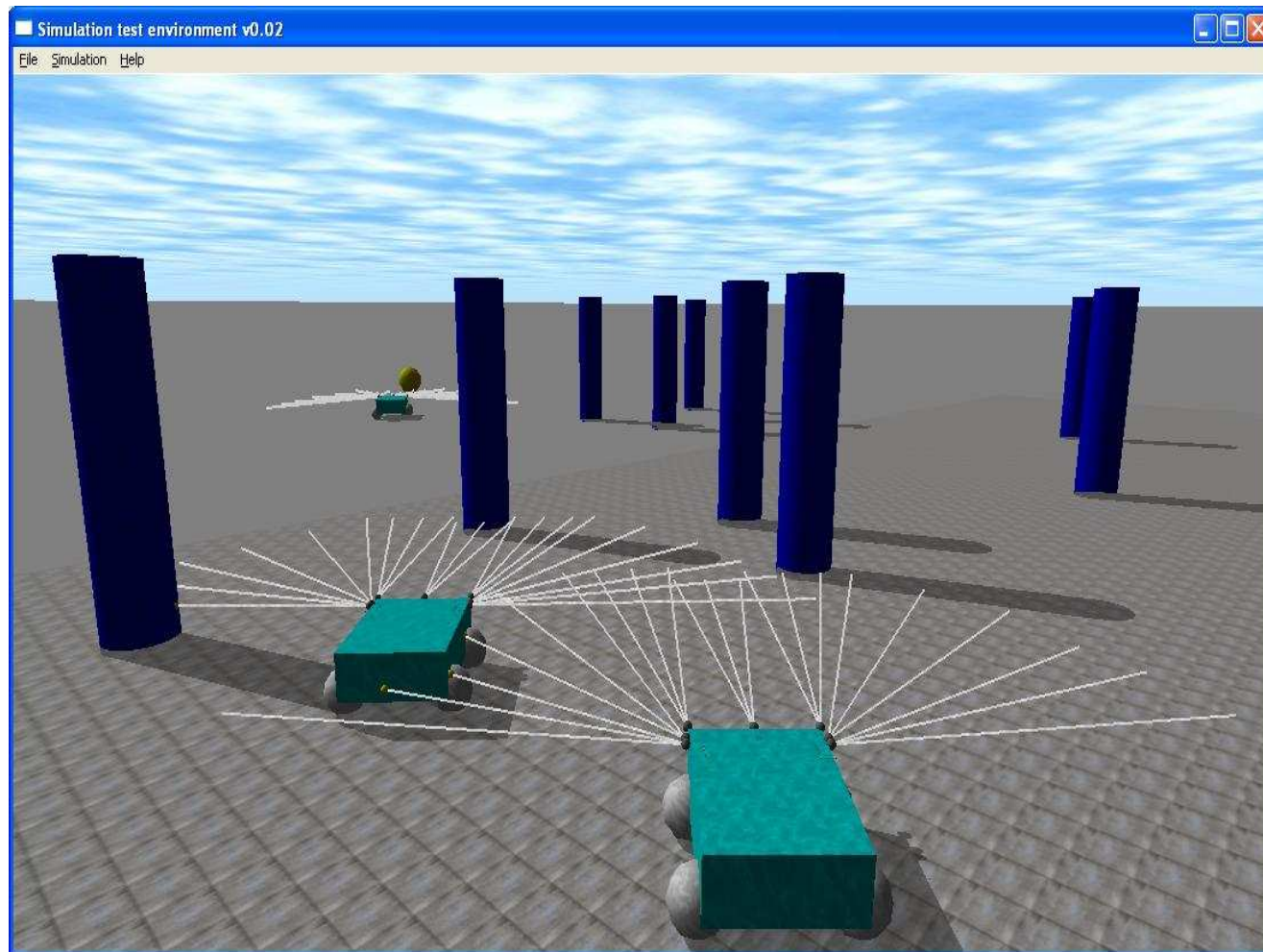
Processo Evolutivo:



Enxames Robóticos: Controle



Robombeiros



Esquadrão Robótico: **Simulação**

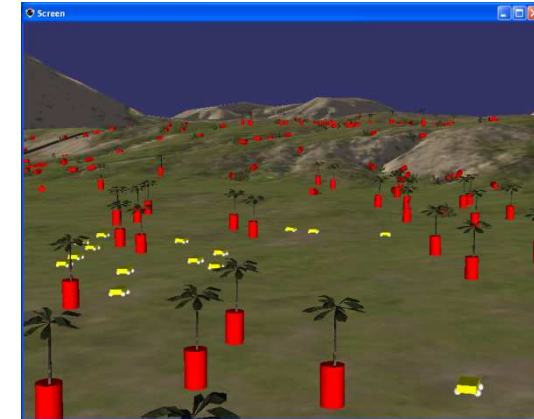
Robótica Autônoma - Controle Inteligente Multirobôs

RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios

Objetivo:

Criar um ESQUADRÃO de ROBOS AUTÔNOMOS para o COMBATE COORDENADO A INCÊNDIOS em AMBIENTES FLORESTAIS

SIMULAÇÃO REALISTA:
Ambiente de Realidade Virtual + Física



Simulação Física usando a ODE

Esquadrão Robótico: **Simulação**

Navegação com desvio de obstáculos

Navegação: Direcionamento + Desvio de Obstáculos

DIRECIONAMENTO GLOBAL (Posição + Bússola)

NAVEGAÇÃO LOCAL (Desvio)



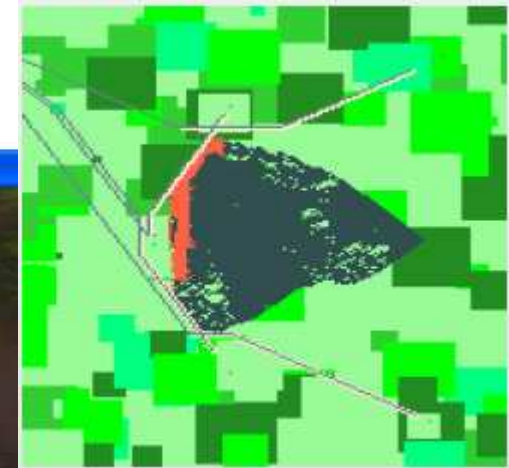
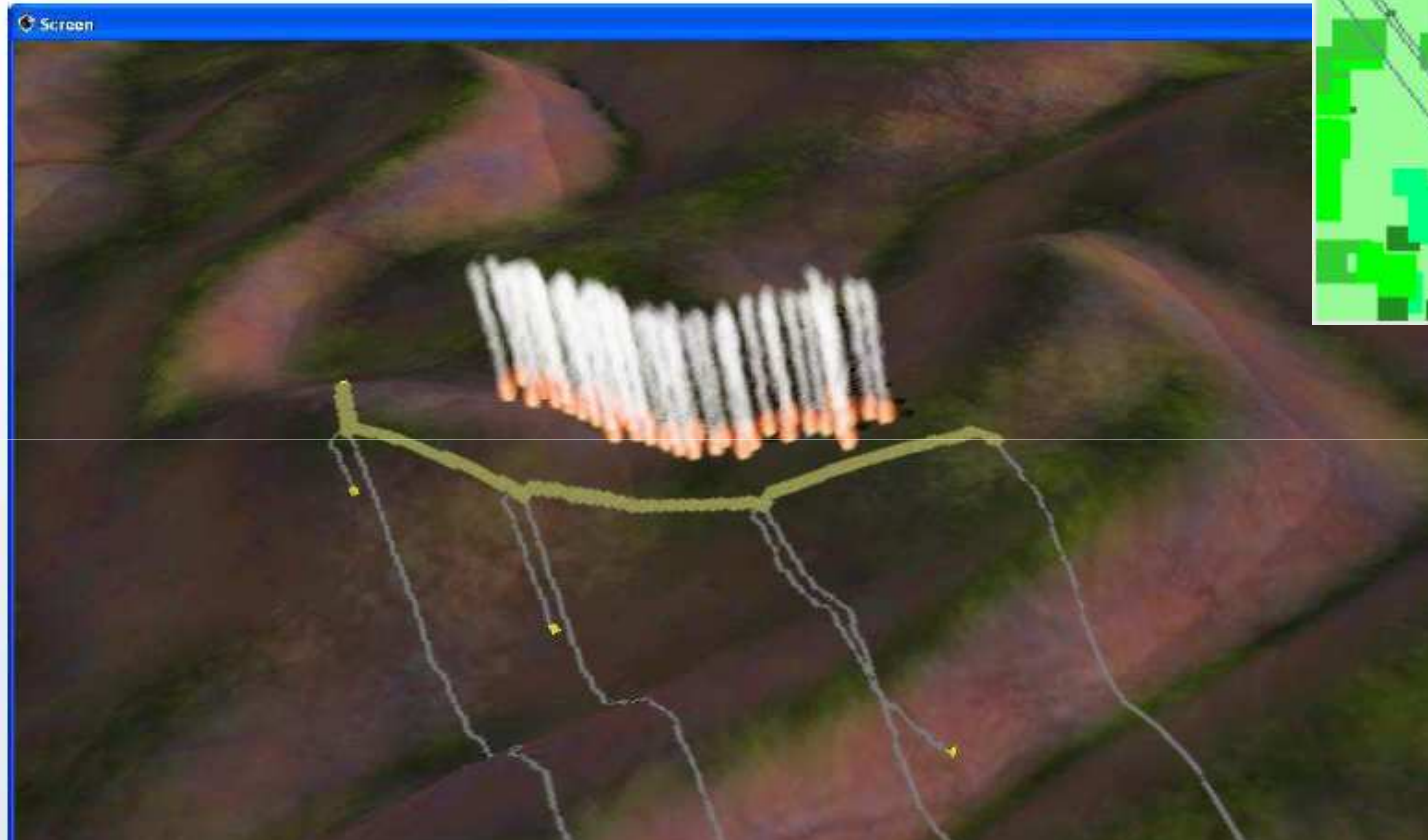
Robombeiros:

- Navegação com obstáculos esparsos
- Desvio local
- Conhecimento:
 - Posição do Robô
 - Posição do Alvo
 - Direção
- Método usado: RNA (Machine Learning)

Esquadrão Robótico: **Simulação**

Aprendizado de Estratégias:

- **Objetivo: Cercar e Barrar o Incêndio**



Estratégia:
Definida pelo
Algoritmo
Genético

Comportamentos em Sistemas Multi-Robóticos: Robombeiros

Planejamento de Trajetórias – Otimização usando ALGORITMOS GENÉTICOS - GA

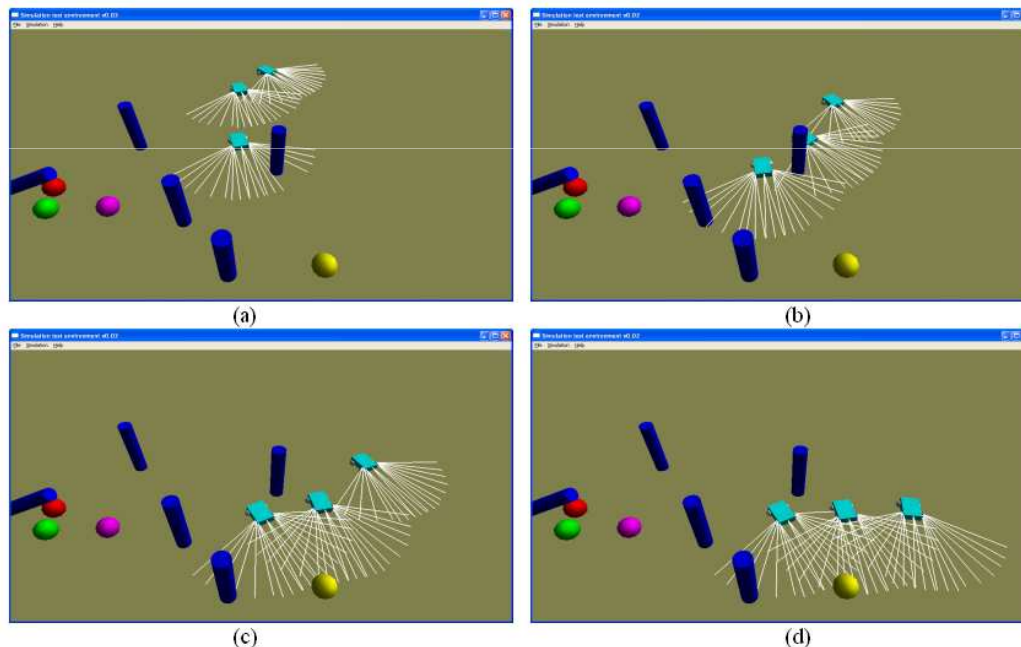
Esquadrão Robótico: **Simulação**

Robótica Autônoma - Controle Inteligente Multirobôs

RoBombeiros :

Navegação e Desvio de Obstáculos

- *Aprendizado usando Redes Neurais Artificiais*
- *GPS: Posição Atual, Posição de Destino, Orientação*
- *Navegação: Uso da Orientação e dos Sensores*



Seqüências de uma simulação com navegação e desvio satisfatórios

RoBombeiros :

Controle dos Robôs

Simulação Física usando a ODE

- *Simulação da Cinemática (steering)*
- *Simulação da Dinâmica (aceleração, inércia, colisões)*

Esquadrão Robótico: **Simulação**

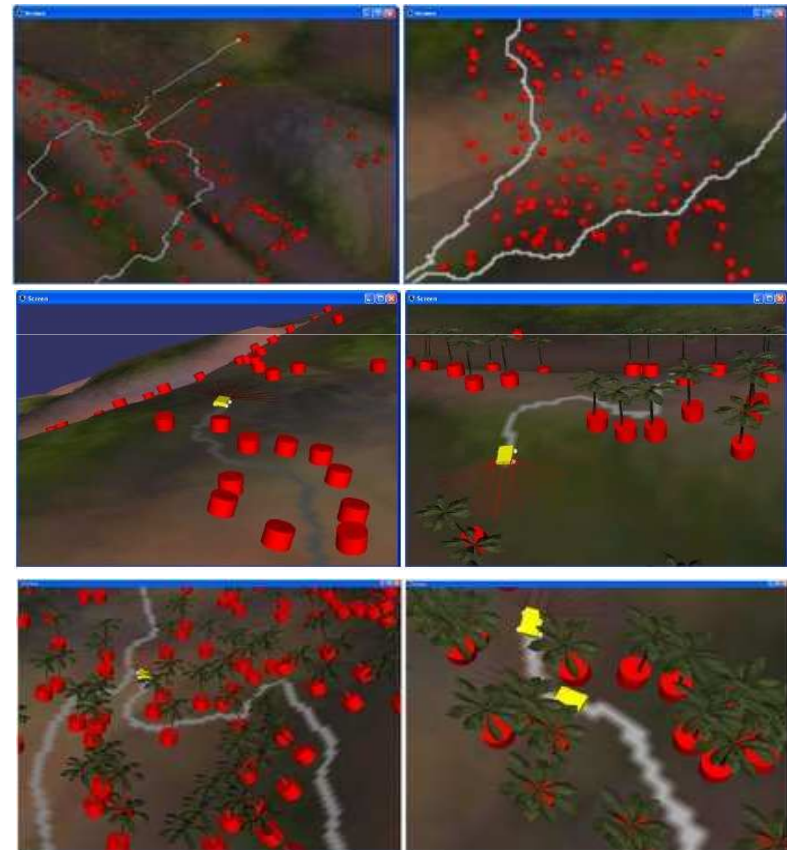
Robótica Autônoma: AÇÕES TÁTICAS

Esquadrão de Combate a Incêndios

RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios

SIMULAÇÃO:

- Ambiente Virtual 3D
- Simulação da Cinemática e Dinâmica
- Simulação Física
- Planejamento da Estratégia de Combate ao Incêndio (Pontos de Ataque)
- Otimização da Estratégia Coordenada usando Algoritmos Genéticos
- Navegação e Desvio de Obstáculos usando Aprendizado Neural



Veículos Aéreos Não Tripulados

- Projeto
ARARA



INCT-SEC: Veículo Aéreo Autônomo

VANTs – Veículos Aéreos Não Tripulados

LRM – ICMC – USP / INCT-SEC



YouTube: Search AGPLANE - MEMBECA 2008

AGPlane
AGX Tecnologia

Projeto
ARARA

CSBC 2009 - JAI

61 Aplicações



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Perspectivas da Robótica Móvel

“Será a Vida Artificial possível?”



OBRIGADO!



LRM

Laboratório de Robótica Móvel

[Http://www.icmc.usp.br/~lrm](http://www.icmc.usp.br/~lrm)

| | | |
|--------------------------------|--|---|
| Denis Fernando Wolf | – denis@icmc.usp.br | Http://www.icmc.usp.br/~denis |
| Eduardo do Valle Simões | – simoes@icmc.usp.br | Http://www.icmc.usp.br/~simoes |
| Fernando Santos Osório | - fosorio@icmc.usp.br | Http://www.icmc.usp.br/~osorio |
| Onofre Trindade Junior | - otjunior@icmc.usp.br | |

CSBC 2009 - JAI

63 FINAL



INCT SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**