



Computação Embarcada

Projeto e Implementação de Veículos Autônomos Inteligentes

Grupo de Pesquisas em Veículos Autônomos - GPVA
<http://www.eletrica.unisinos.br/~autonom>

Dr. Fernando S. Osório

- [Http://inf.unisinos.br/~osorio/](http://inf.unisinos.br/~osorio/)
Computação Aplicada - PIPCA

Dr. Christian R. Kelber

- Eng. Elétrica

Dr. Cláudio R. Jung

- Computação Aplicada / PIPCA

MSc. Farlei Heinen

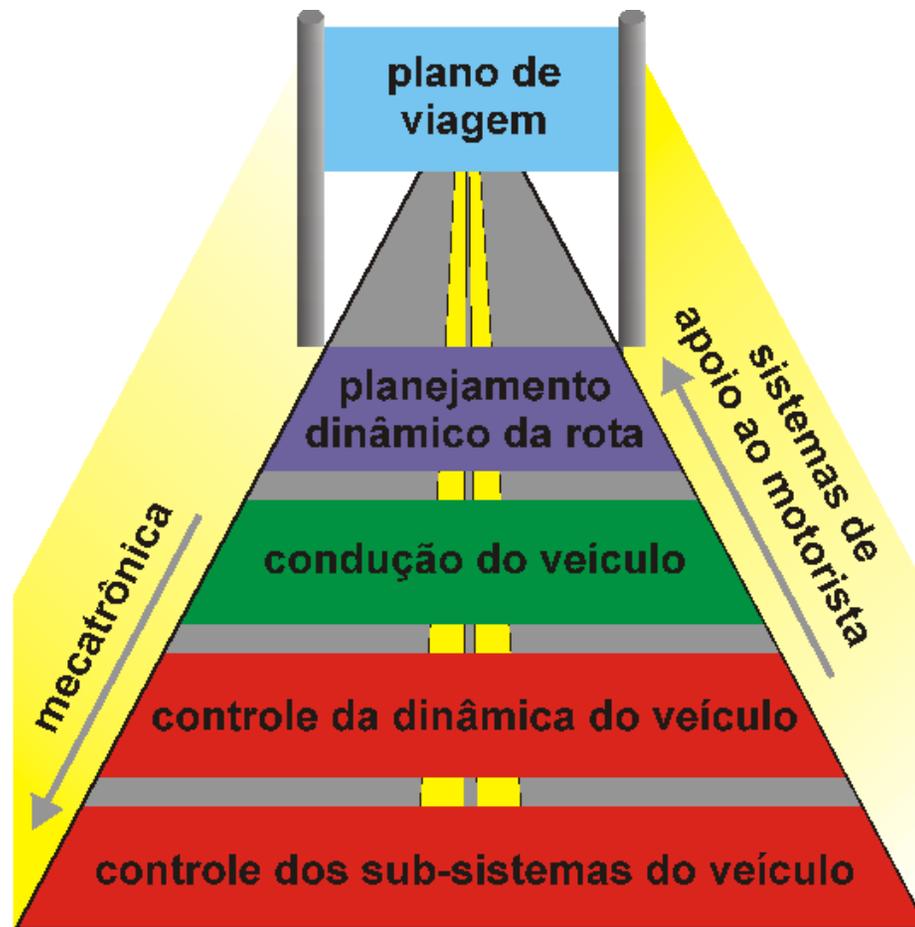
- Eng. da Computação (coord.)



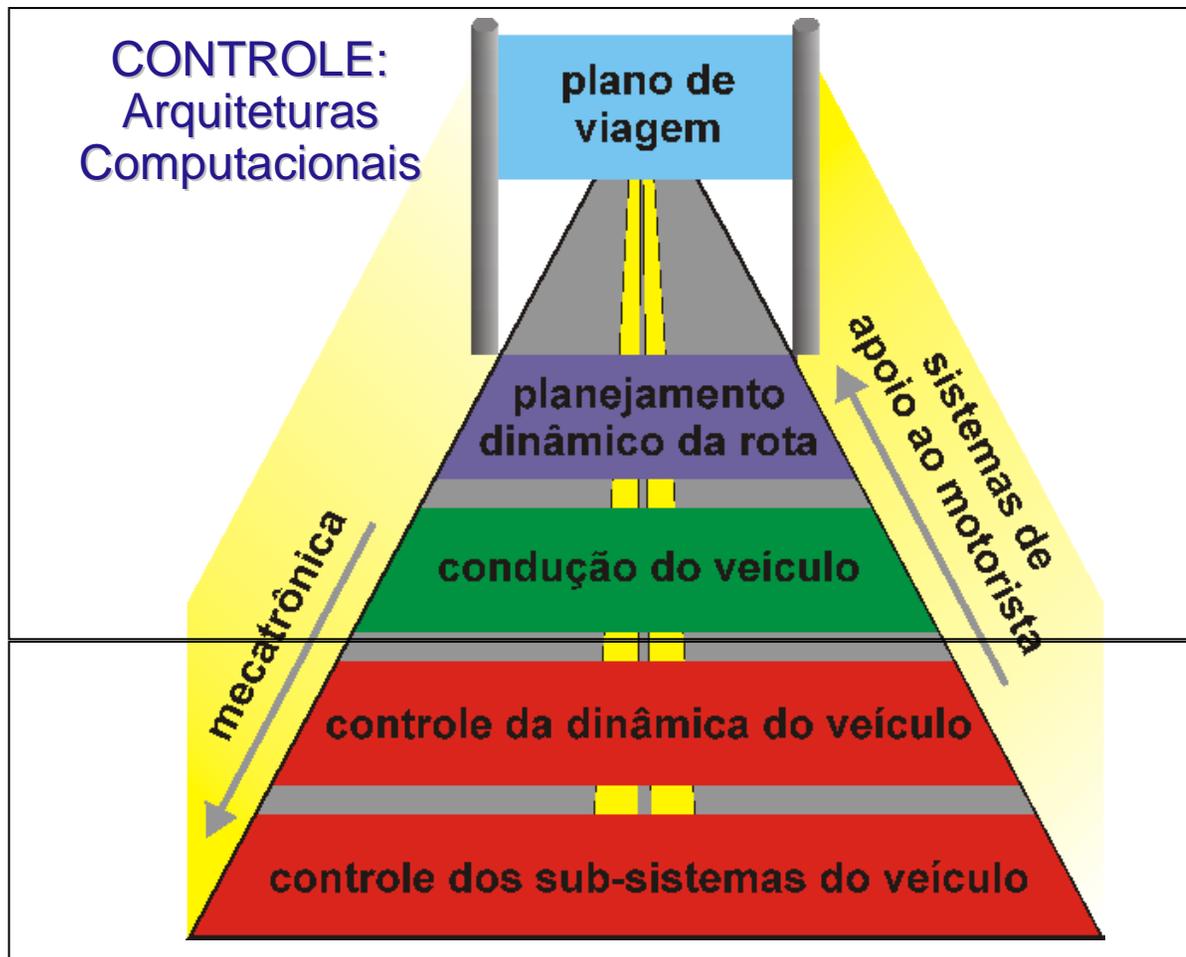
Veículos Autônomos Inteligentes

- **Introdução**
- **Robótica: Autômatos, Robôs Móveis e Robôs Autônomos**
 - ⇒ Ação e Locomoção, Percepção e Comunicação
 - ⇒ Controle e Inteligência
- **Veículos Inteligentes**
 - ⇒ Sistemas Mecatrônicos Embarcados, Instrumentação
 - ⇒ Aplicações das Tecnologias para Automação Veicular: SAM, STA
- **Controle Inteligente de Veículos Autônomos**
 - ⇒ Pirâmide de Controle, Controle dos Sub-Sistemas Mecatrônicos
 - ⇒ Controle: Arquiteturas Computacionais
 - ⌘ *Controle Reativo, Deliberativo, Hierárquico e Híbrido*
 - ⇒ Simulação de Veículos Autônomos
- **Visão Computacional e Aplicações Práticas**

Níveis de Controle



Níveis de Controle





CONTROLE: Arquiteturas Computacionais

- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos
- Controle Robótico:
 - * Controle Reativo
 - * Controle Deliberativo
 - * Controle Hierárquico
 - * Controle Híbrido
- Mapas do Ambiente:
 - * Construção de Mapas
 - * Planejamento de Trajetórias
 - * SMPA - *Sense Model Plan Act*
- Problemas:
 - * Desvio de Obstáculos: Estático / Móvel - **Imprevistos**
 - * Determinação da Real Posição do Robo - **Posicionamento**

CONTROLE: Arquiteturas Computacionais

- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos

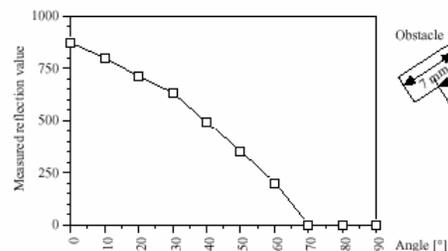
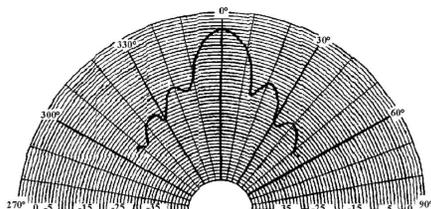
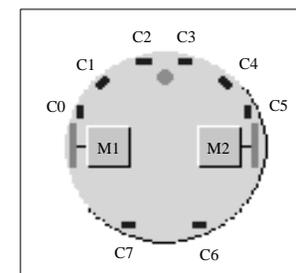
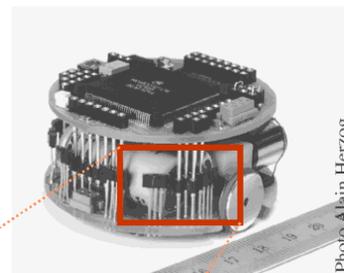


Figure 12: Typical response of a proximity sensor for an obstacle (7 mm in width) at a distance of 15 mm. The measurement is given versus the angle between the forward orientation of the robot and the orientation of the obstacle.

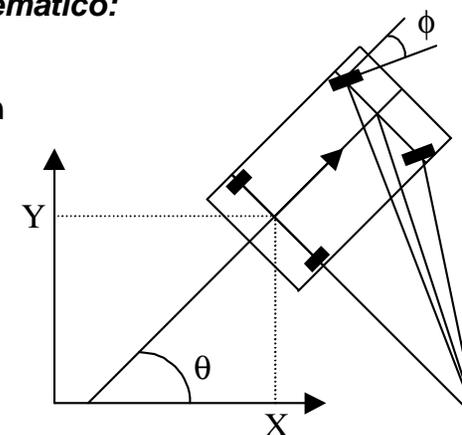
Modelo Sensorial:

- Sonar
- Infra-Vermelho
- Radar, Bússola, Odômetro



Modelo Cinemático:

- Diferencial
- Aeckerman



Aeckerman



$$\theta = V / L * \text{Sin} (\Phi)$$

$$X = V * \text{Cos} (\Phi) * \text{Cos} (\theta)$$

$$Y = V * \text{Cos} (\Phi) * \text{Cos} (\theta)$$



CONTROLE: Arquiteturas Computacionais

- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos
- Controle Robótico:
 - * Controle Reativo
 - * Controle Deliberativo
 - * Controle Hierárquico
 - * Controle Híbrido
- Mapas do Ambiente:
 - * Construção de Mapas
 - * Planejamento de Trajetórias
 - * SMPA - *Sense Model Plan Act*
- Problemas:
 - * Desvio de Obstáculos: Estático / Móvel - **Imprevistos**
 - * Determinação da Real Posição do Robo - **Posicionamento**

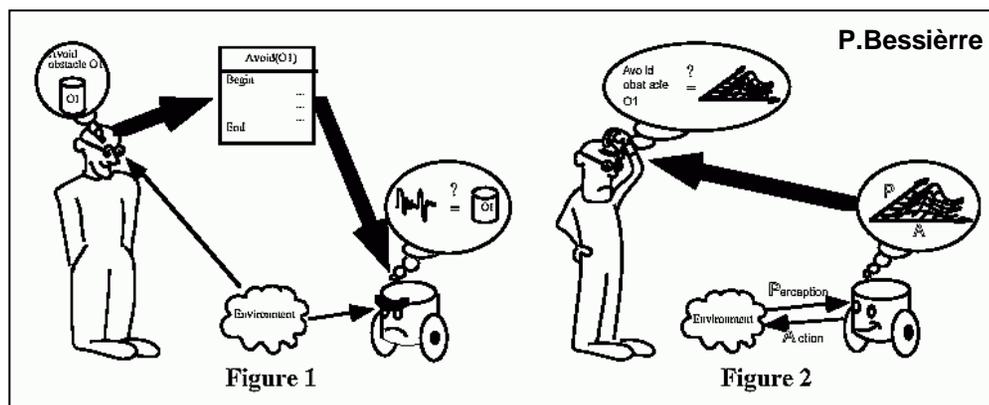
CONTROLE: Arquiteturas Computacionais



Complexidade....

- * Planejar as Ações
- * Agir
- * Sentir o Ambiente
- * Integração Sensorial-Motora
- * Previsão: Estado do Ambiente, Comportamento, Interação
- * Aprendizado e Adaptação
- * Robustez: Situações Imprevistas

Por onde começar ???





CONTROLE: Arquiteturas Computacionais



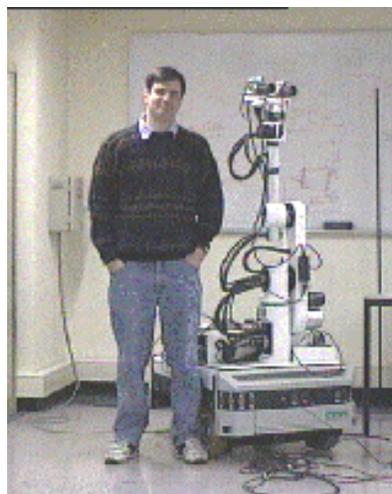
Complexidade....



CONTROLE: Arquiteturas Computacionais



Complexidade....

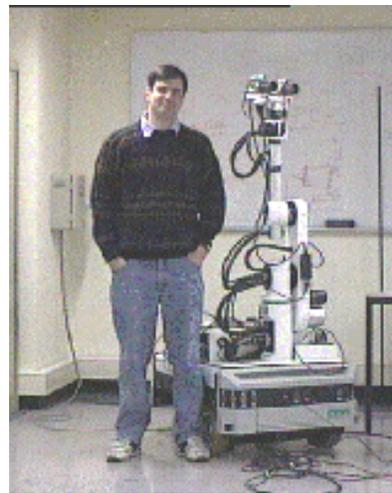


Simplificar! Como?

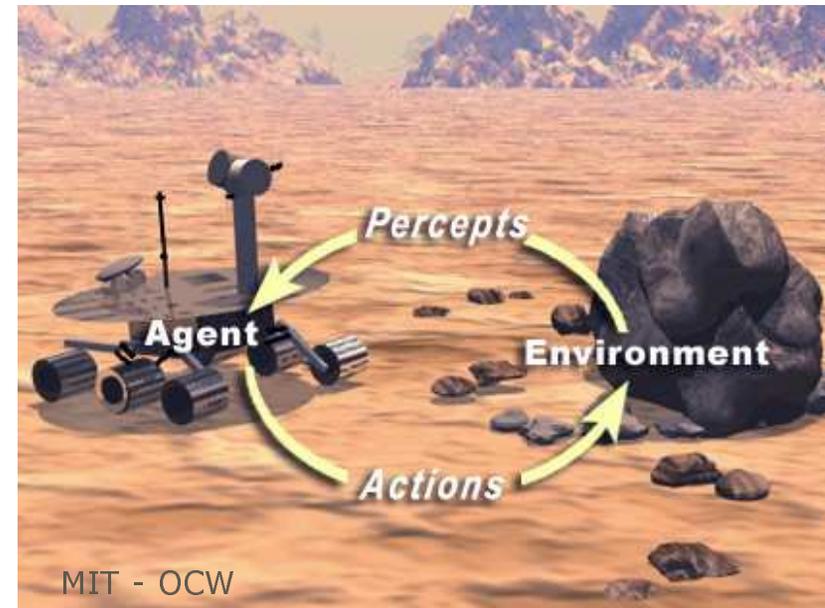
CONTROLE: Arquiteturas **REATIVAS**



Complexidade....



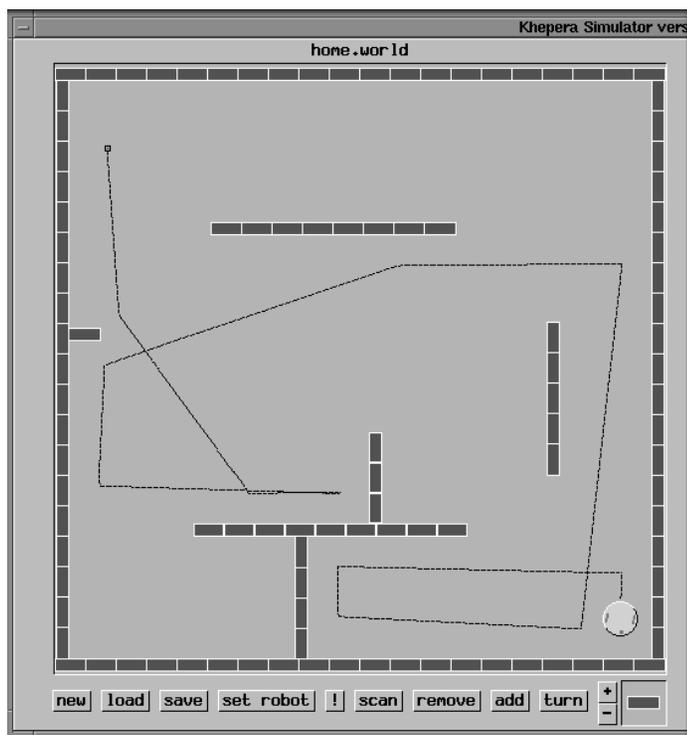
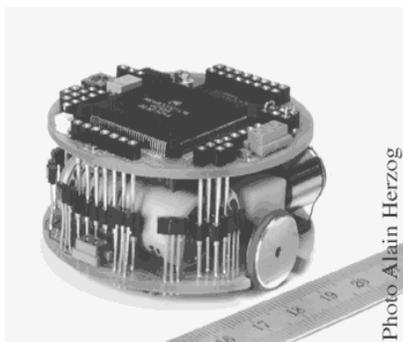
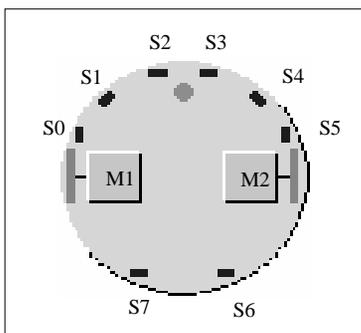
Simplificar! Como?



- **Reativo: Integração Sensorial-Motora**
 - **Capacidade de Agir**
 - **Capacidade de Sentir o Ambiente**
 - **Capacidade de Reagir**

CONTROLE: Arquiteturas **REATIVAS**

- Reativo: Integração Sensorial-Motora



Sensorial-Motor: Sentir => Agir

Controle Reativo

IF S1 < Limite *and*
S2 < Limite *and*
S3 < Limite *and*
S4 < Limite
THEN Action (Go_Forward)

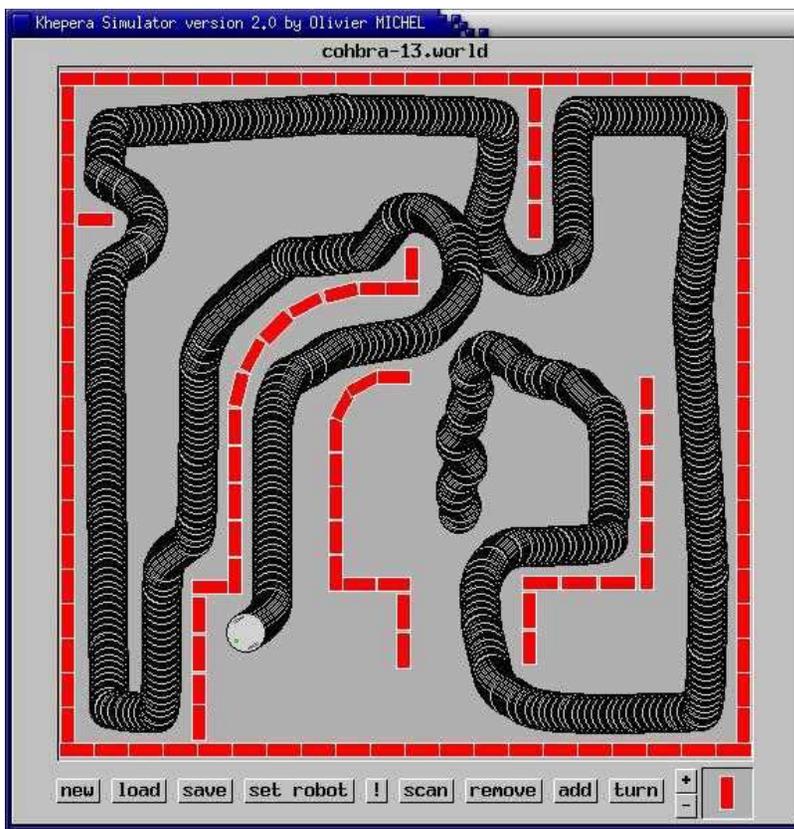
IF S1 < Limite *and*
S2 < Limite *and*
S3 > Limite *and*
S4 > Limite
THEN Action(Turn_Left)

IF S2 > Limite *and*
S3 > Limite *and*
S2 > S3 *and*
S1 > S4
THEN Action(Turn_Right)

CONTROLE: Arquiteturas **REATIVAS**

- Reativo: Integração Sensorial-Motora

Controle Reativo



Sensorial-Motor: *Avoid Obstacles, Wall Following, Wander*



Robotic Lawn Mowers

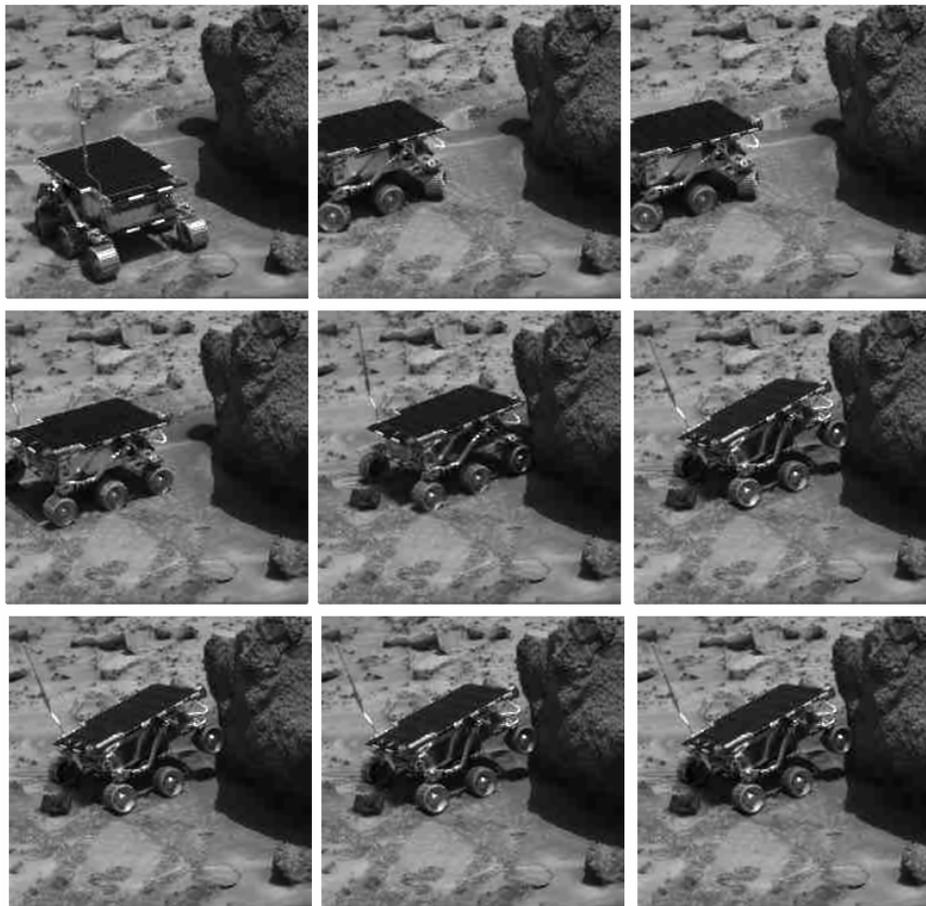
- Toro iMow
- Husqvarna Auto Mower
- Automower Electrolux

Electrolux Trilobite
 Robotic Vacuum Cleaner ZA1

http://www.onrobo.com/reviews/At_Home/Vacuum_Cleaners/

CONTROLE: Arquiteturas **REATIVAS**

• Reativo: Integração Sensorial-Motora



Controle Reativo



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



Sensorial-Motor:

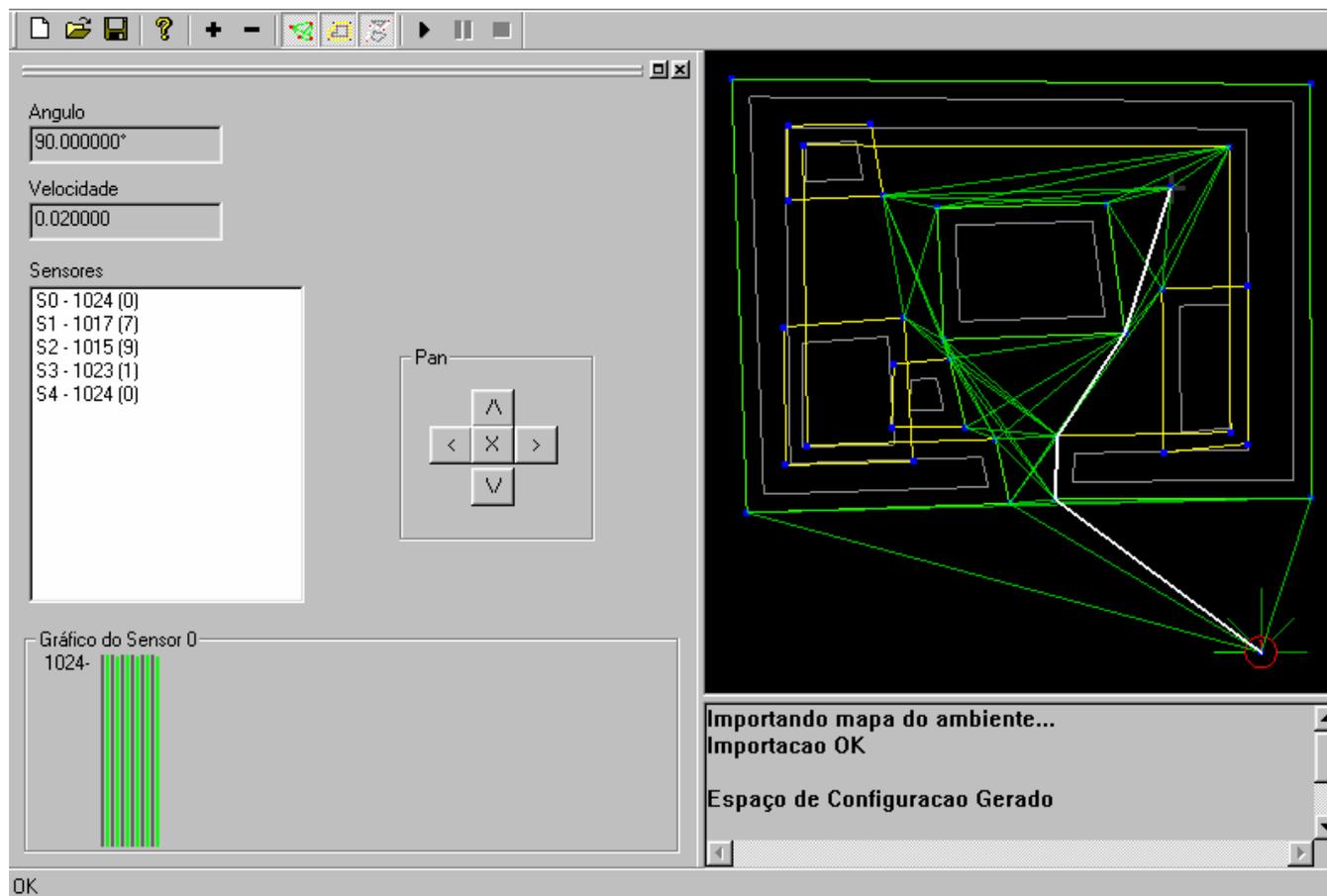
- *Avoid Obstacles*
- *Wall Following*
- *Wander*

Comportamentos Simples...
Robustez? Tarefas Complexas?

CONTROLE: Arquiteturas **DELIBERATIVAS**

Controle Deliberativo

• Deliberativo: Planejamento - Ação



SIM (2D)

- Mapa
- Espaço de Config.
- Grafo de Visibilidade
- Caminho Otimizado (Dijkstra)



Braço Robótico:
Pré-Programado



Controle Deliberativo

CONTROLE: Arquiteturas **DELIBERATIVAS**

- **Deliberativo: Planejamento - Ação**

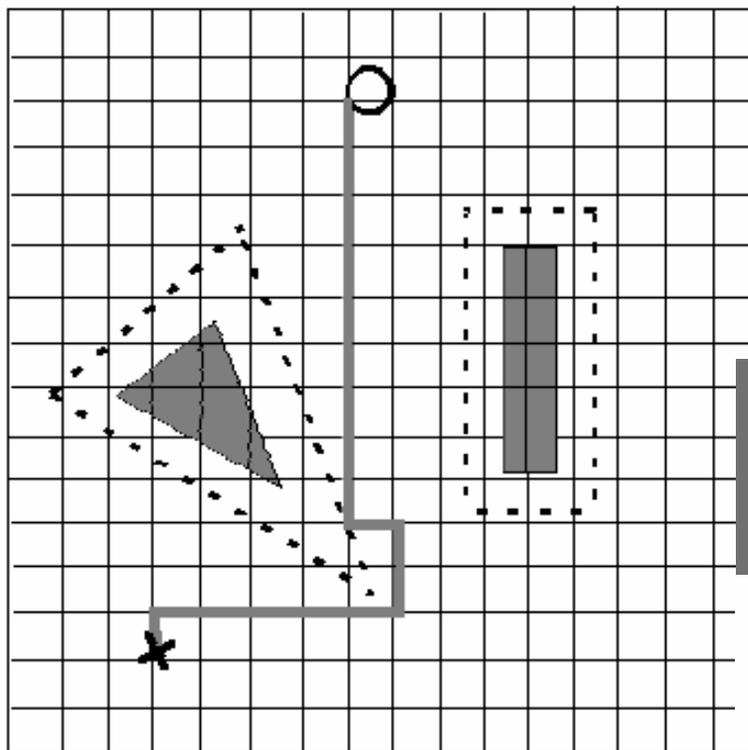
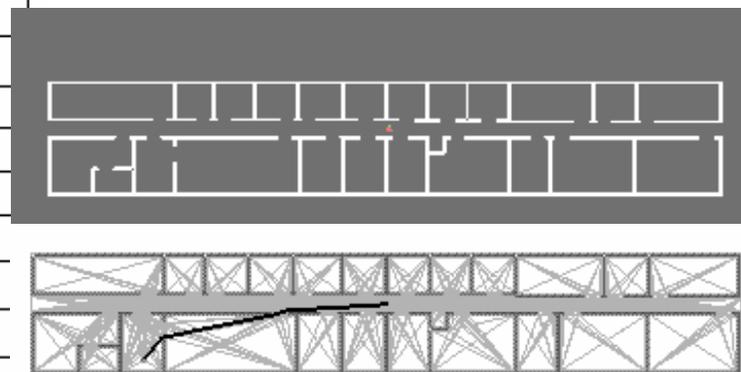
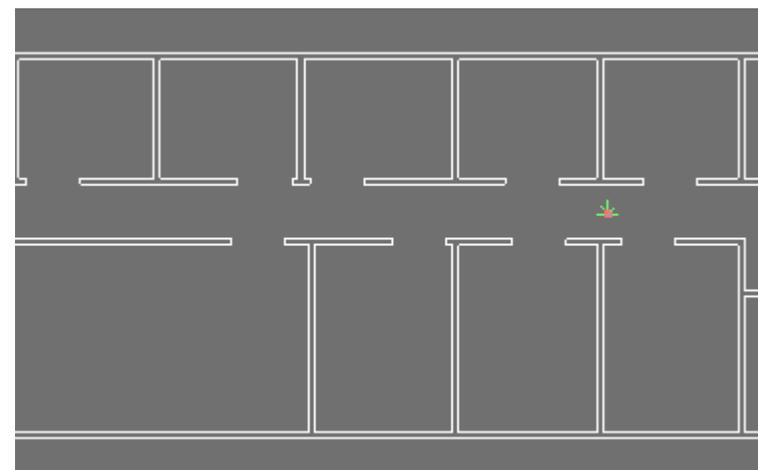
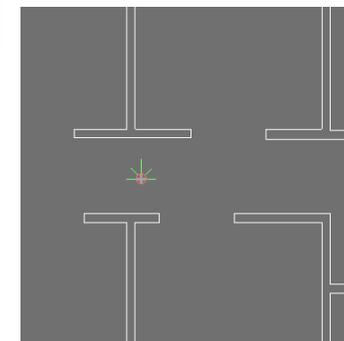
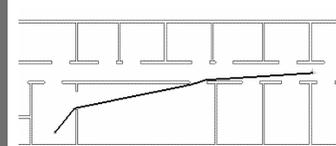


Figura 4.3 Navegação baseada em *Grid*

Tarefas Complexas...
Robustez?
Imprevistos?
Ambiente pouco conhecido?



Navegação baseada em Mapa Geométrico
Planejamento: A*, Grafo+Dijkstra



CONTROLE: Arquiteturas **HIERÁRQUICAS**
 Arquiteturas **HÍBRIDAS**

Controle Hierárquico
Controle Híbrido

Combinação: Deliberativo + Reativo

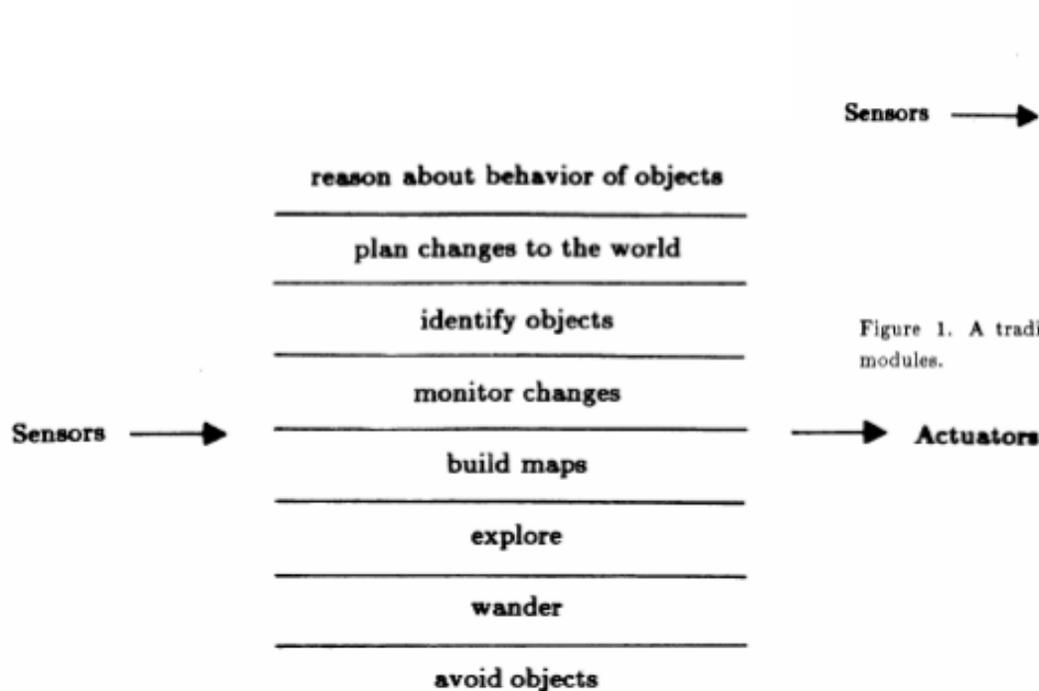


Figure 2. A decomposition of a mobile robot control system based on task achieving behaviors.

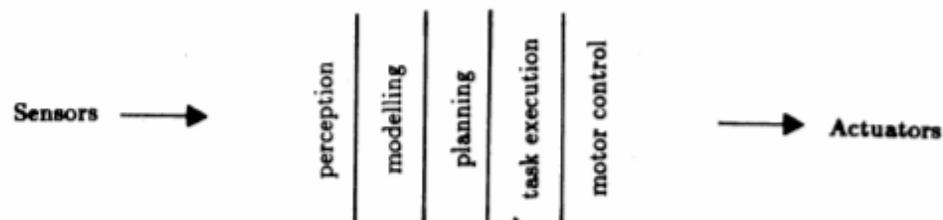


Figure 1. A traditional decomposition of a mobile robot control system into functional modules.

Controle Hierárquico:

- Camadas
- Prioridades
- Troca de Informações

Figures From:
 Brooks, R. A.
 MIT A.I. Memo 864
 Sept. 1985

Brooks - Arquitetura Subsumption

Controle Hierárquico
Controle Híbrido

CONTROLE: Arquiteturas **HIERÁRQUICAS**
 Arquiteturas **HÍBRIDAS**

Construção do Mapa do Ambiente:

SMPA - SENSE / MODEL / PLAN / ACT

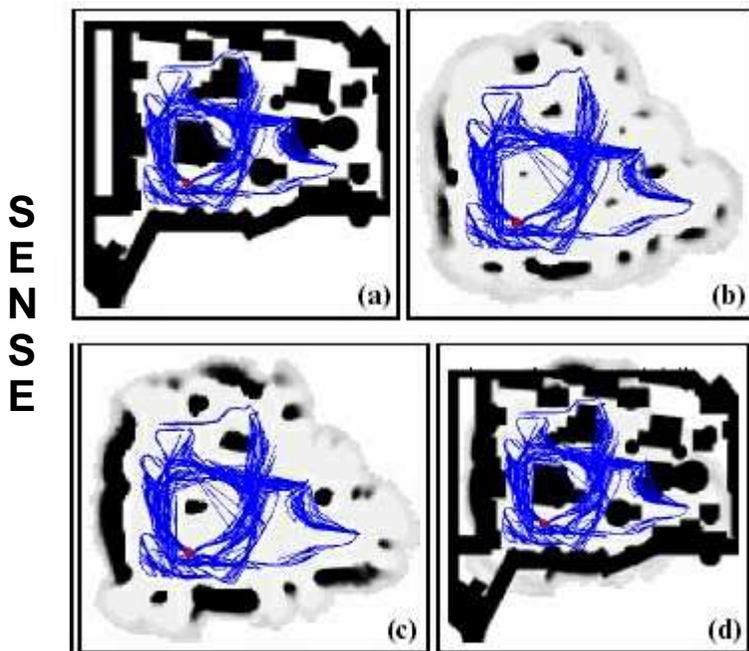


Fig. 9. Integrating multiple maps: (a) CAD map of the museum ($21 \times 20m^2$) modeling only the static obstacles, (b) laser map, (c) sonar map, and (d) the integrated map used for path planning.

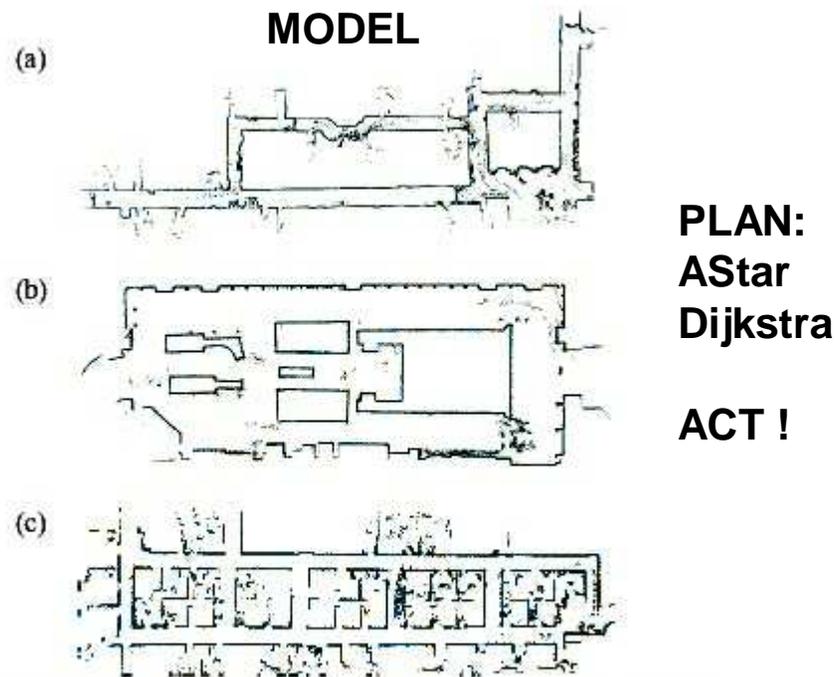


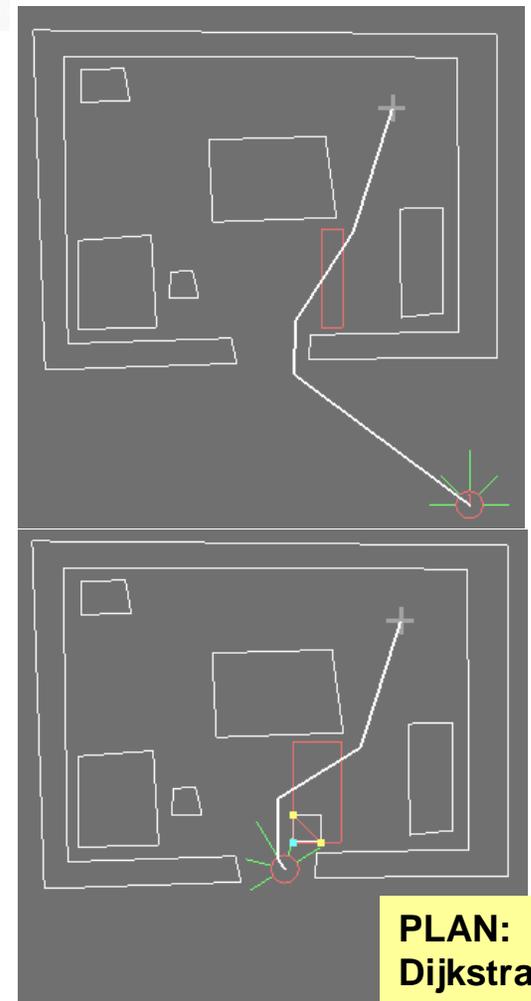
Figure 5: Maps generated in other large-scale environments of sizes (a) 75m, (b) 45m, and (c) 50m. In some of these runs, the cumulative odometric error exceeds 30 meters and 90 degrees.

Sebastian Thrun / CMU

CONTROLE: Arquiteturas HÍBRIDAS



Controle Híbrido

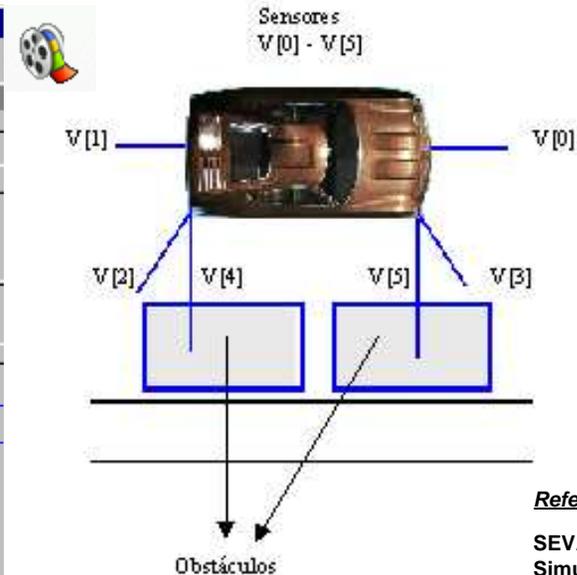
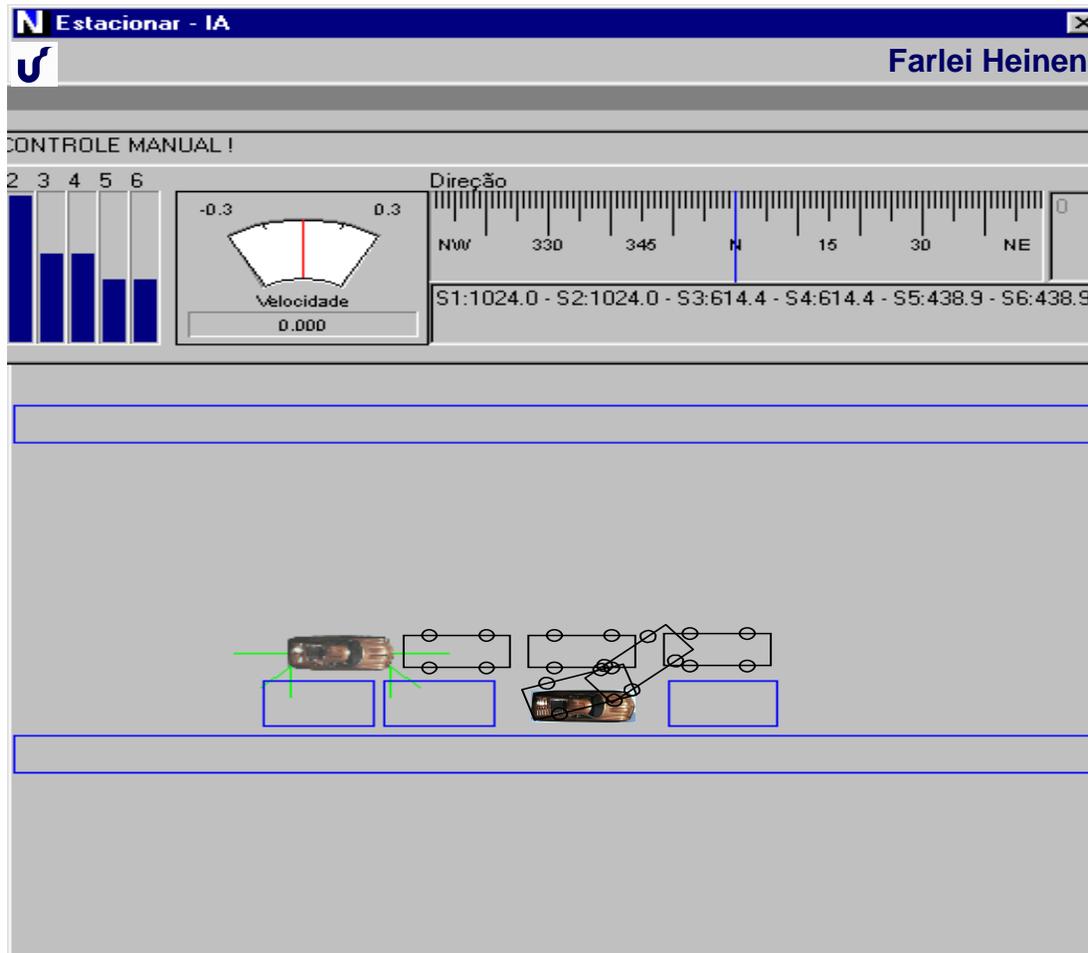


PLAN:
Dijkstra

ACT &
ReACT

CONTROLE: Arquiteturas HÍBRIDAS

Controle Híbrido



Referências:

SEVA 2D
Simulador de
Estacionamento de
Veículos
Autônomos

SEVA-A (Autômato)
Farlei Heinen

SEVA-N (Neural)
Farlei Heinen
Fernando Osório
Luciane Fortes

Publicações:

SEMINCO 2001
SBRN 2002

PLANEJAMENTO:
Autômato Finito (FSA)

AÇÃO:
Sentir, Agir
Reagir (mudar de estado)

SEVA3D [Milton Heinen, 2005]



CONTROLE: Arquiteturas Computacionais

- Modelos Sensoriais
- Modelos Cinemáticos
- Controle Robótico:
 - * Controle Reativo
 - * Controle Deliberativo
 - * Controle Hierárquico
 - * Controle Híbrido
- Mapas do Ambiente:
 - * Construção de Mapas
 - * Planejamento de Trajetórias
 - * SMPA - *Sense Model Plan Act*
- Problemas:
 - * Desvio de Obstáculos: Estático / Móvel - **Imprevistos**
 - * Determinação da Real Posição do Robo - **Posicionamento**



Veículos Autônomos Inteligentes Sistemas de Controle Execução de Tarefas

PROBLEMAS:

*** Desvio de Obstáculos**

- Obstáculos conhecidos
- Obstáculos desconhecidos (parados)
- Obstáculos desconhecidos (em movimento)

*** Posicionamento**

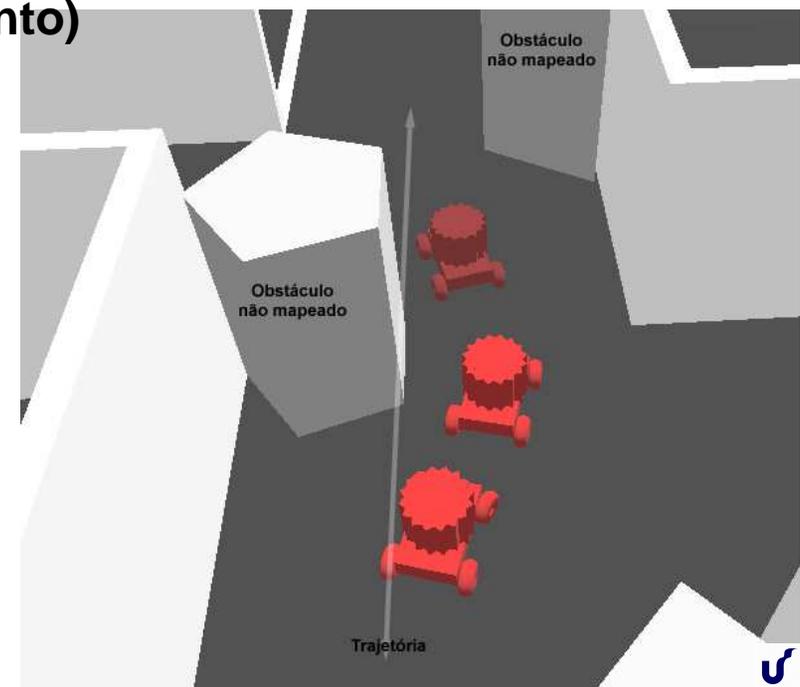
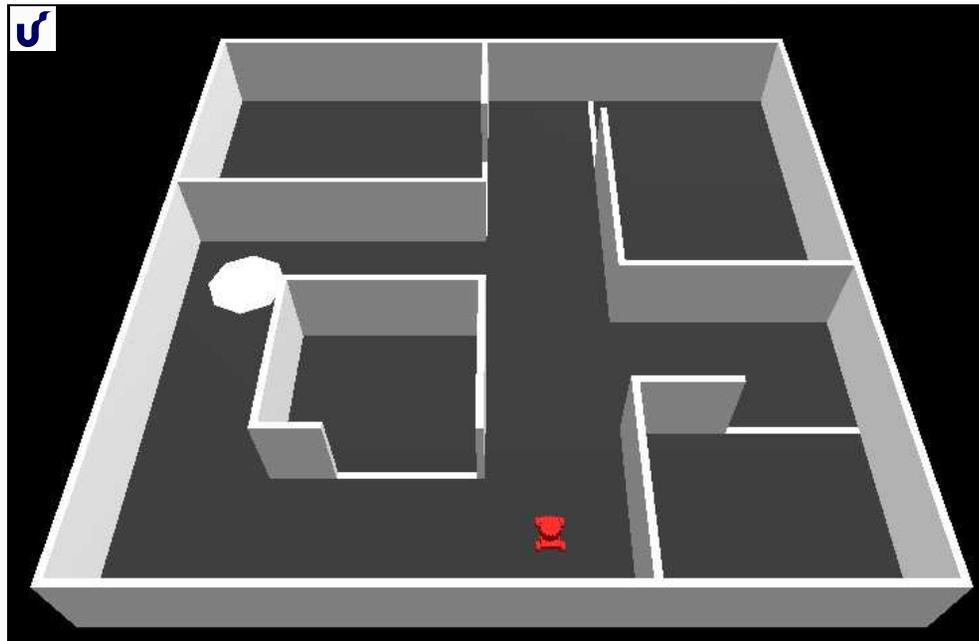
- Qual a posição atual do robô?
- Como garantir que após me deslocar ainda sei onde o robô está?
- Erro e Imprecisão: Translação / Rotação

Veículos Autônomos Inteligentes Sistemas de Controle Execução de Tarefas

PROBLEMAS:

* Desvio de Obstáculos

- Obstáculos conhecidos
- Obstáculos desconhecidos (parados)
- Obstáculos desconhecidos (em movimento)



Veículos Autônomos Inteligentes Sistemas de Controle Execução de Tarefas

PROBLEMAS:

* Posicionamento

- Qual a posição atual do robô?
- Como garantir que após me deslocar ainda sei onde o robô está?
- Erro e Imprecisão: Translação / Rotação

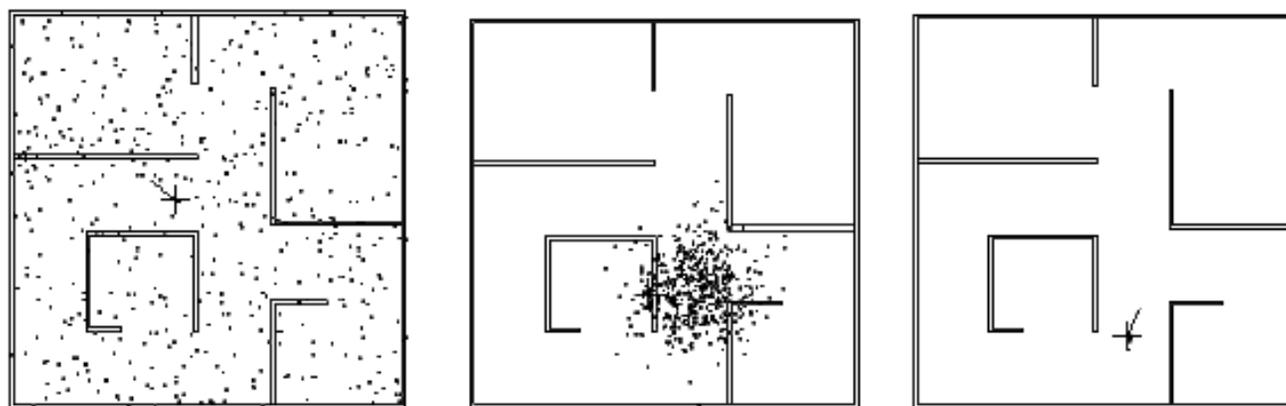
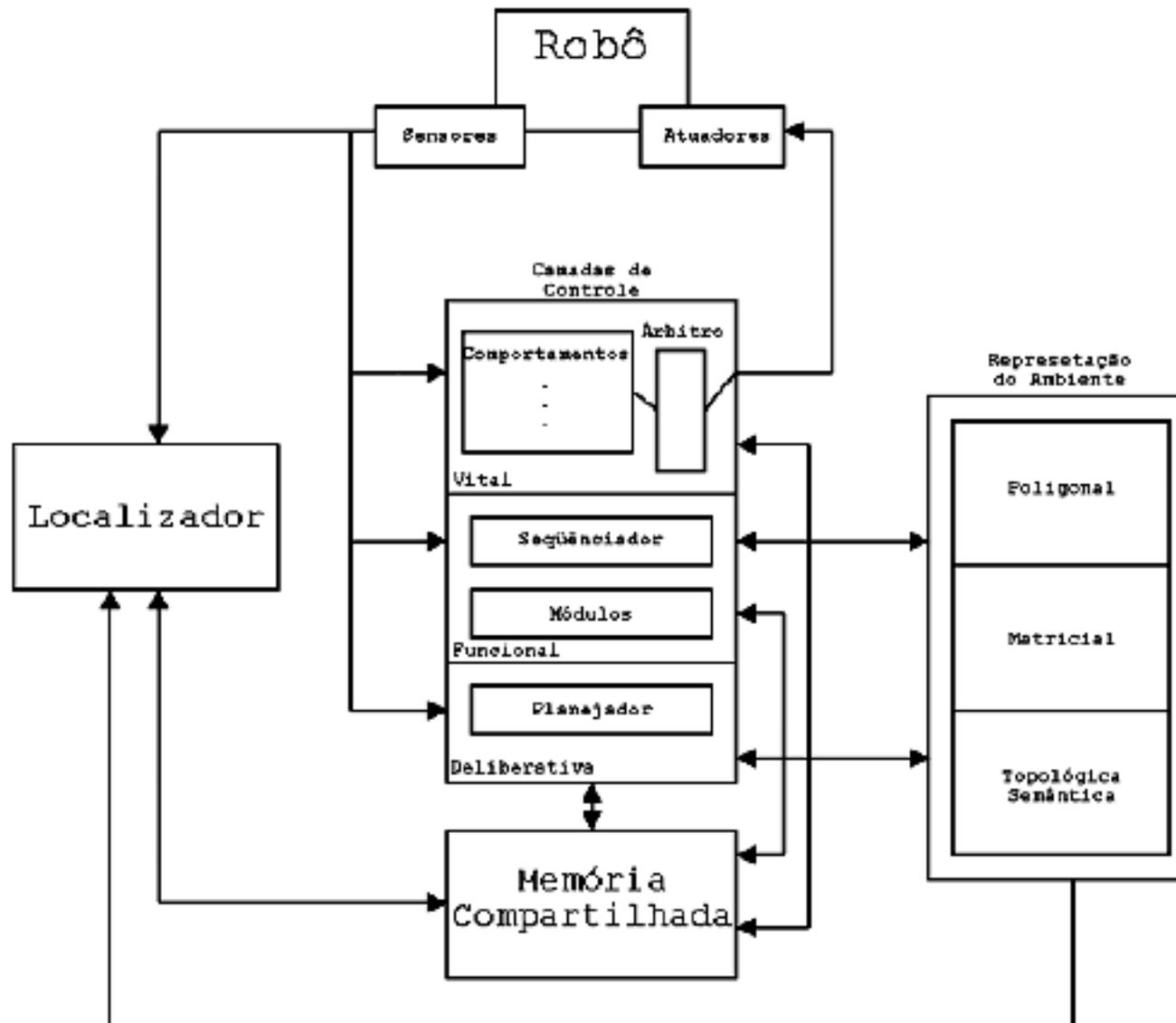


Fig. 2. Sequência de imagens mostrando a evolução da distribuição das partículas durante a localização do robô móvel utilizando o algoritmo Monte Carlo.

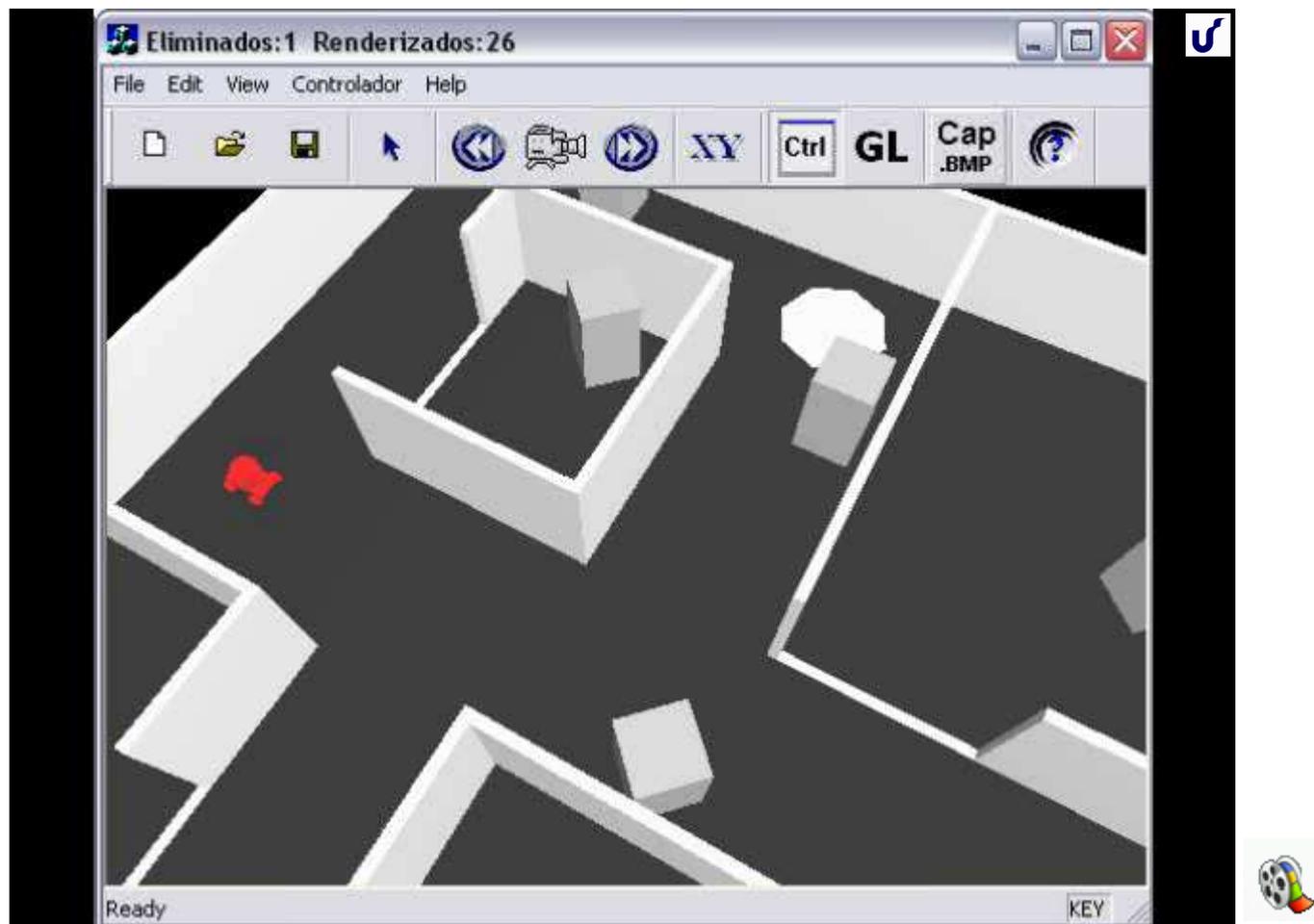
Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D





Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

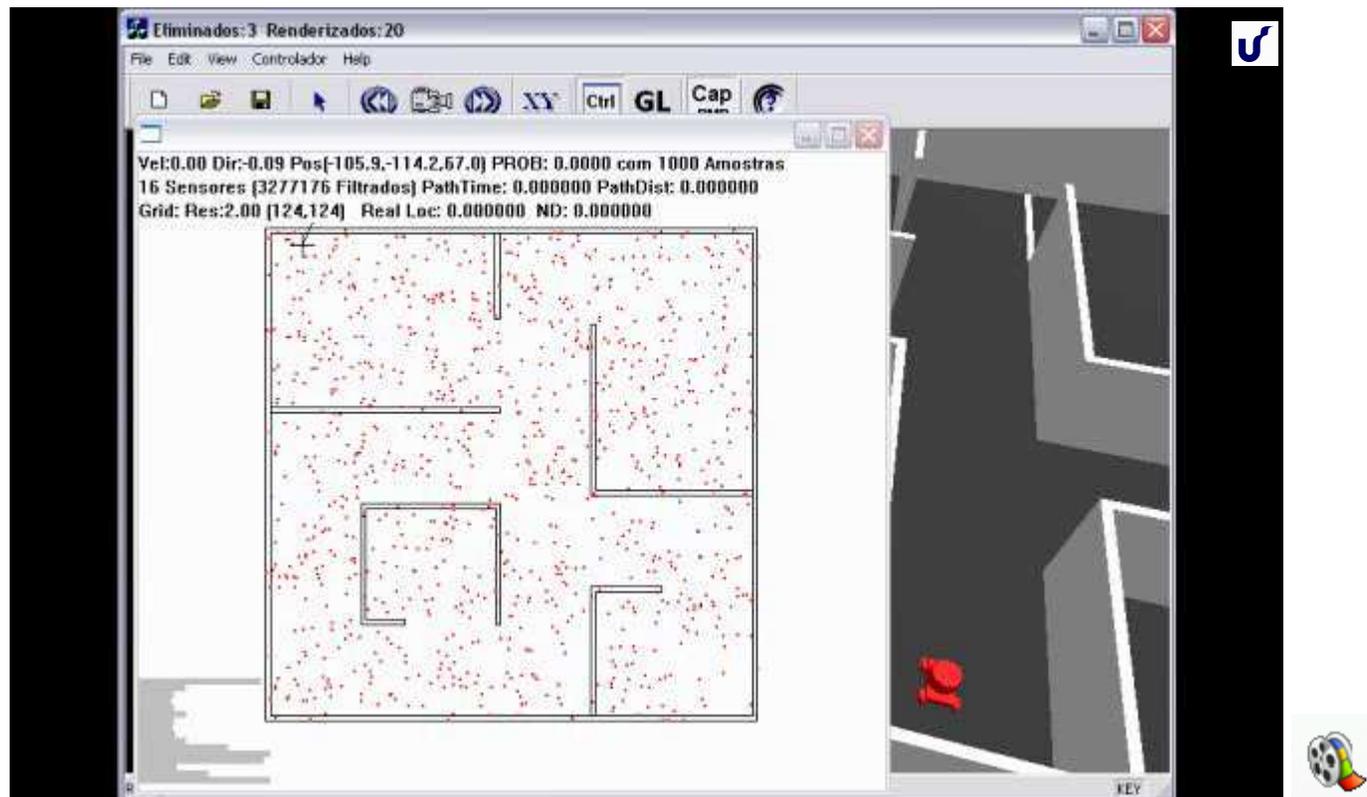
Simulação com o SimRob3D





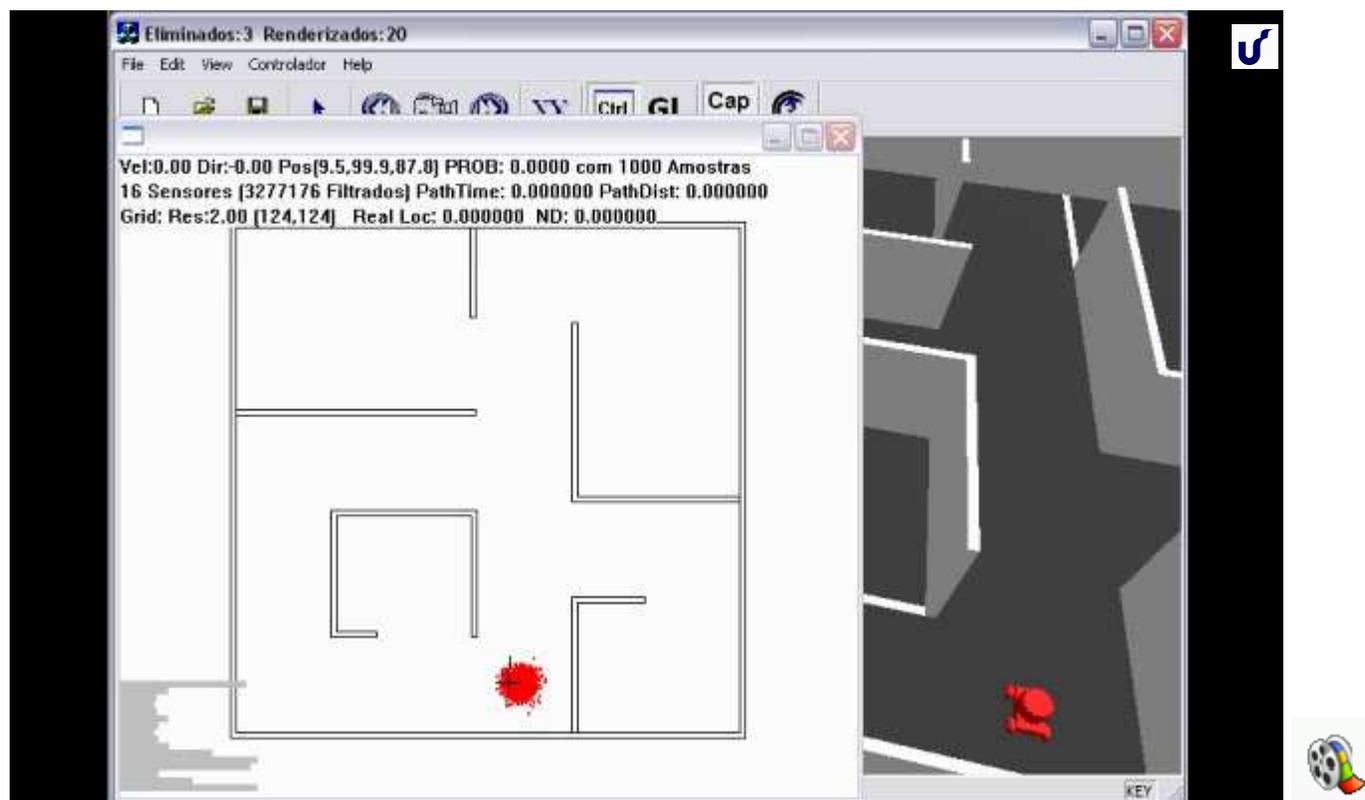
Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

Simulação em Ambiente Estático com Localização Monte Carlo



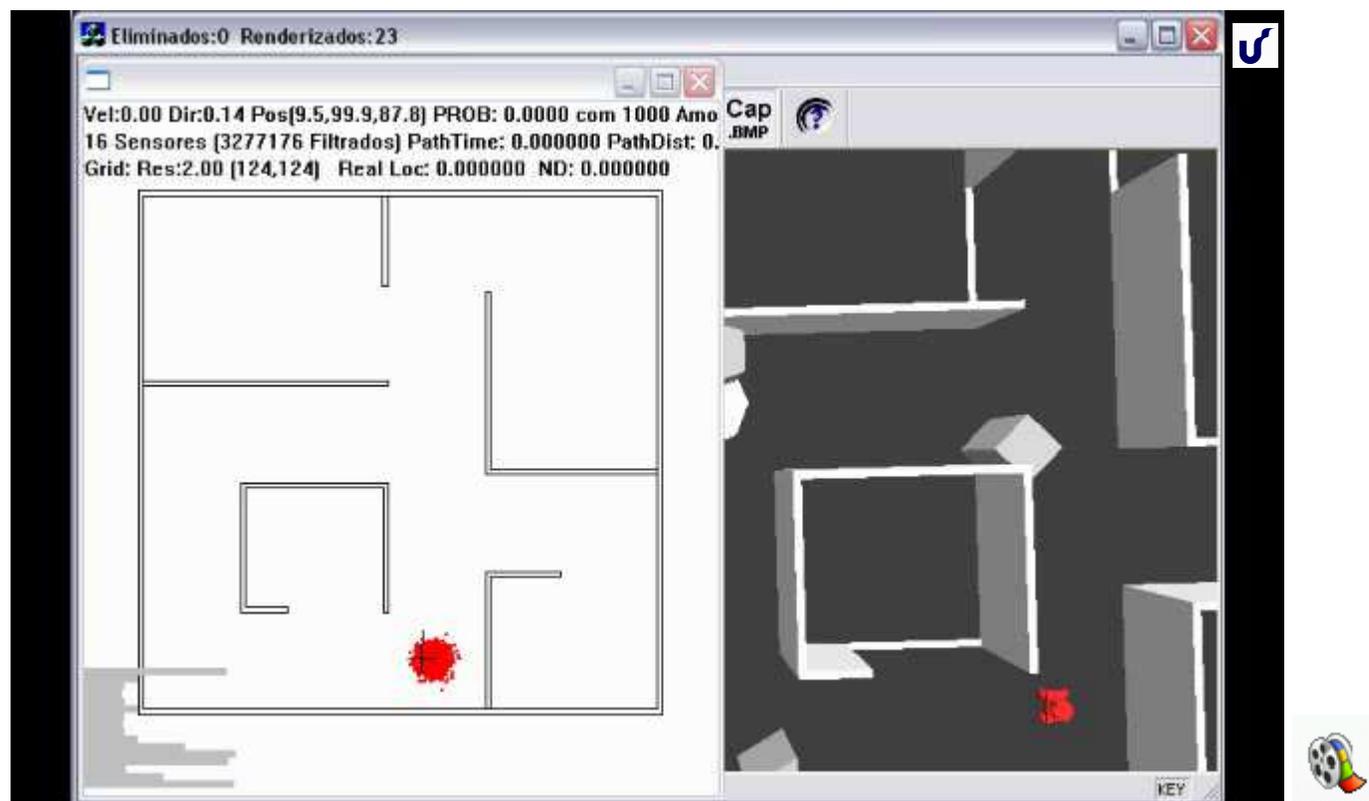
Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

Simulação em Ambiente Estático com Localização Monte Carlo



Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

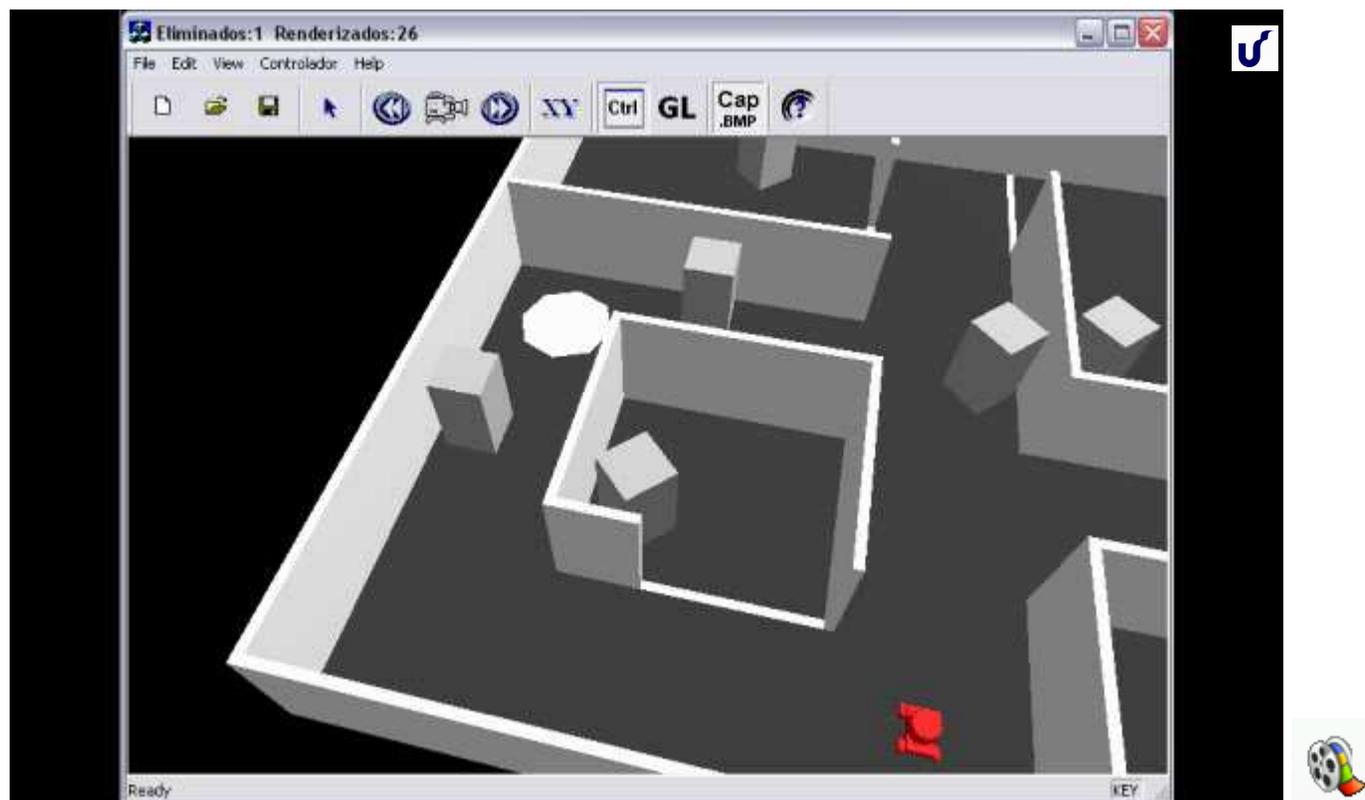
Simulação em Ambiente Alterado em Relação a Representação Interna





Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

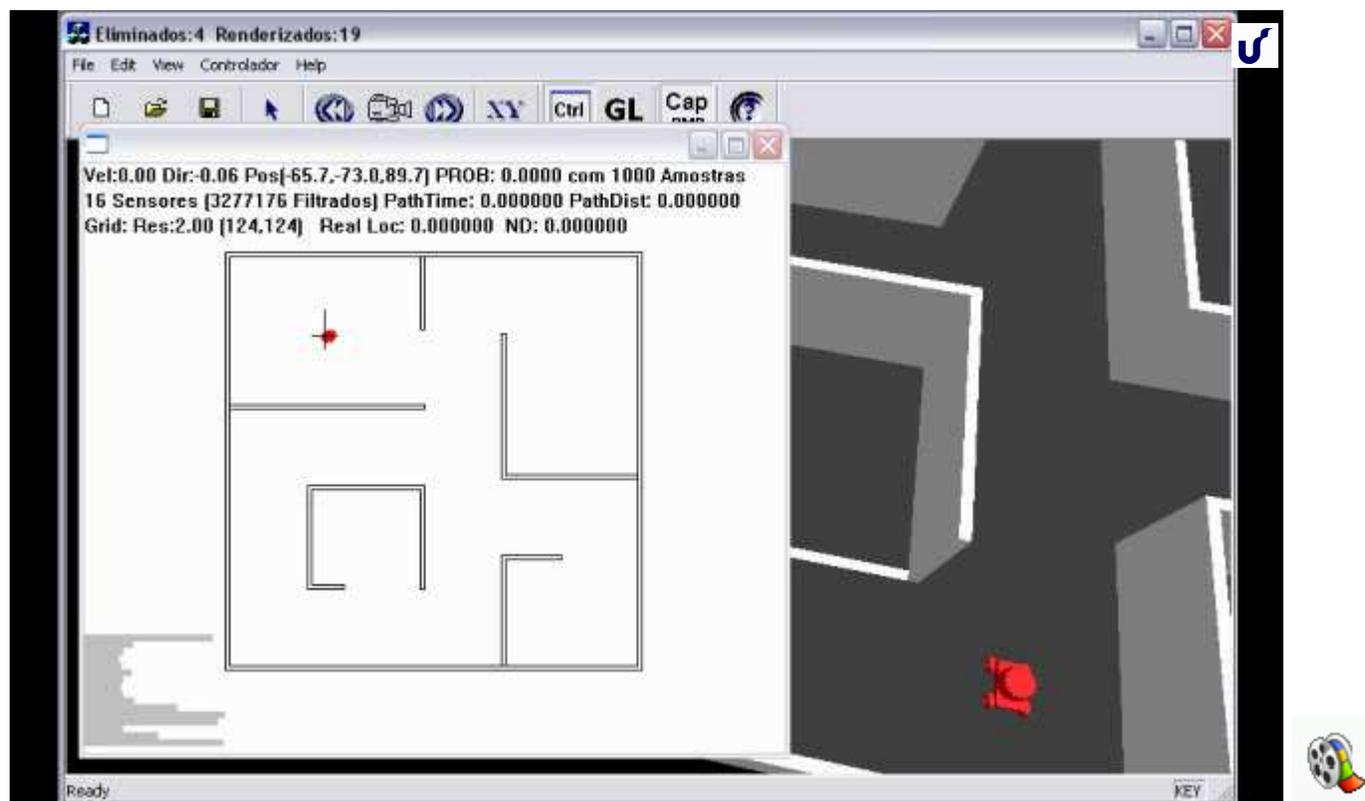
Simulação em Ambiente com Obstáculos Móveis





Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

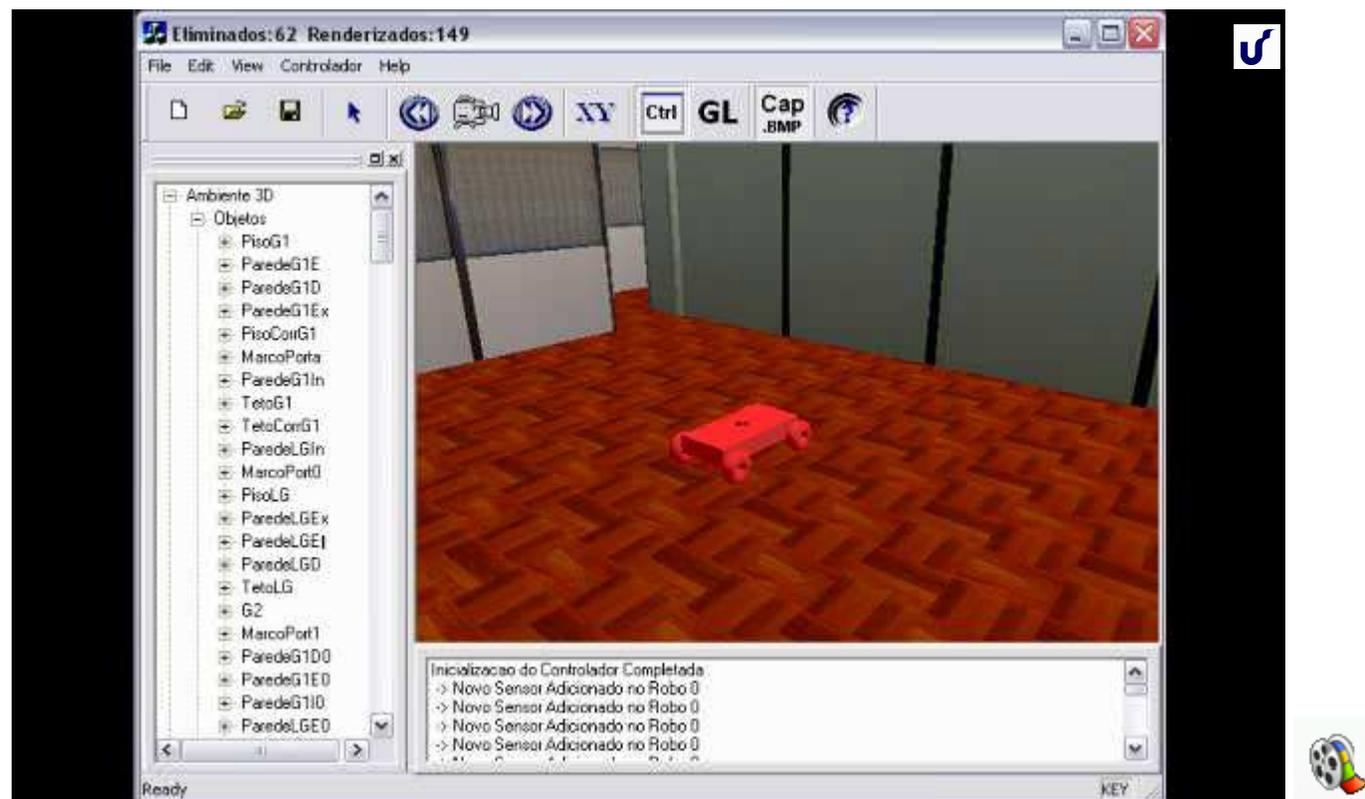
Relocalização com Monte Carlo





Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

Ambiente Tridimensional Complexo com Texturas



Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

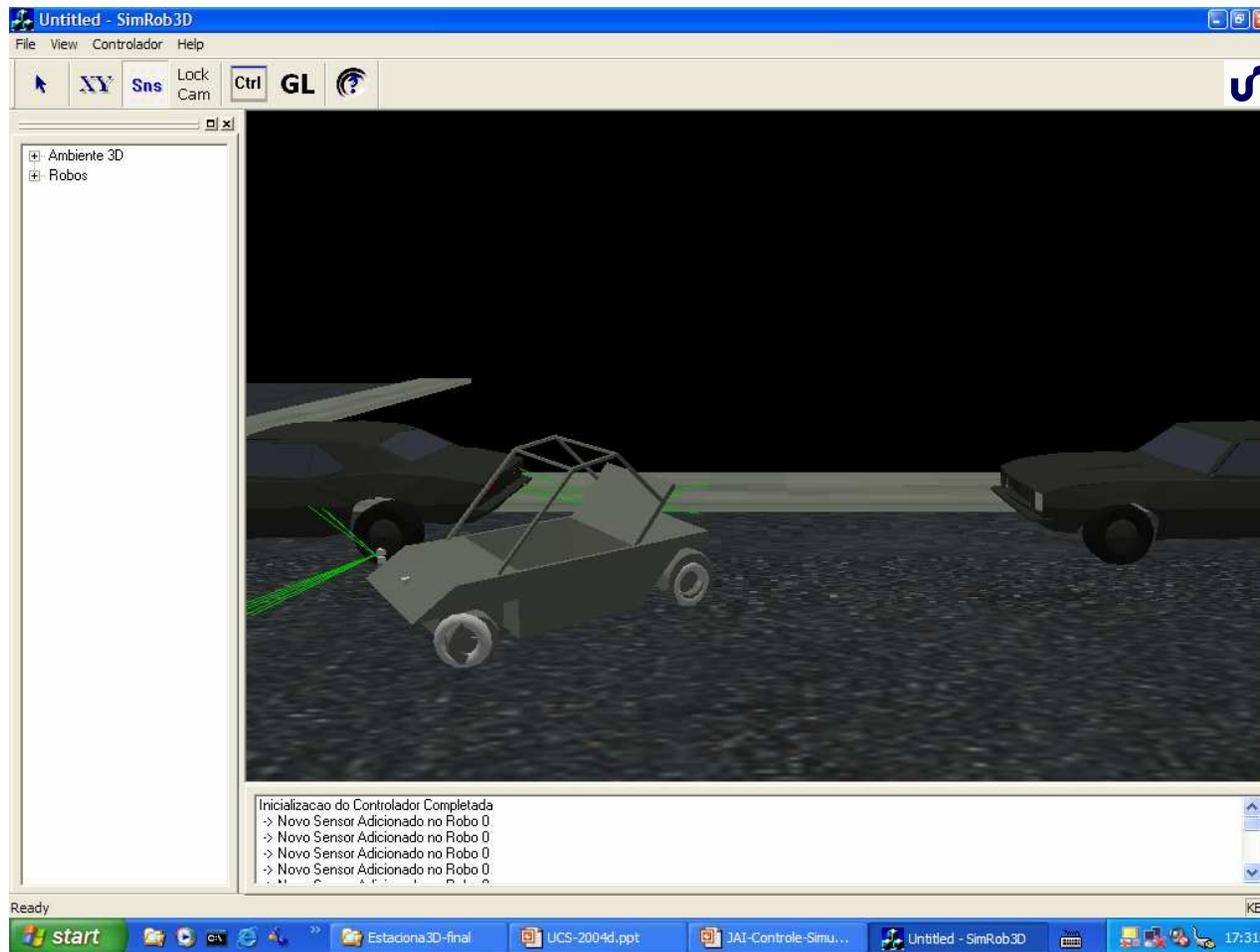
Ambiente Tridimensional Complexo com Texturas





Controle Híbrido Robusto – COHBRA / SimRob3D

SEVA 3D





UNISINOS

Veículos Autônomos

VEÍCULOS AUTÔNOMOS

- VEÍCULOS AUTÔNOMOS
- FOTOS & VÍDEOS
- PUBLICAÇÕES
- CONTATOS

A Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS possui um grupo de pesquisa de nome: *Veículos Autônomos*.

Este grupo multidisciplinar, envolvendo pesquisadores dos Cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação, Engenharia Mecânica, Engenharia Civil e do Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), desenvolve e implementa tecnologias para automação veicular em *veículos inteligentes*, que podem, por exemplo, mover-se de forma completamente autônoma.

Para alcançar este objetivo maior, diferentes sub-sistemas e tecnologias são desenvolvidos, muitos destes através de parcerias com a indústria.

Dentre os objetivos dos diferentes projetos desenvolvidos pelo grupo destacam-se:

- Desenvolvimento da tecnologia *Drive-By-Wire*.
- Desenvolvimento de *Sistemas de Apoio ao Motorista*.
- Desenvolvimento de *Sistemas de Supervisão e Comando Remotos*.
- Aplicações de *Inteligência Artificial* em robótica móvel.
- Aumento de segurança nas estradas.
- Exploração de locais de difícil acesso.
- Inspeções em ambientes de risco à saúde humana.
- Automatização de sistemas de transporte.
- Automação rural.

Os projetos aqui apresentados visam analisar os diversos tipos de sensores, atuadores, sistemas de controle, sistemas de redes e eletrônica embarcada a serem implementados em Veículos Autônomos.

<http://www.eletrica.unisinos.br/~autonom>



XXV Congresso da SBC - JAI 2005
Grupo de Pesquisas em Veículos Autônomos



UNISINOS

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS

Veículos Inteligentes

