



**XXIX CONGRESSO DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO**

Os Grandes Desafios Científicos e os
Impactos da Computação na
Sociedade

20 A 24 DE JULHO DE 2009
BENTO GONÇALVES - RS

**Robótica Móvel Inteligente:
Da Simulação às Aplicações no
Mundo Real**

Denis Fernando Wolf	Universidade de São Paulo – USP - ICMC
Eduardo do Valle Simões	Grupo de Sist. Embarcados, Evolutivos e Robóticos
Fernando Santos Osório	LRM – Laboratório de Robótica Móvel
Onofre Trindade Junior	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	Universidade de São Paulo – USP - ICMC
Eduardo do Valle Simões	Grupo de Sist. Embarcados, Evolutivos e Robóticos
Fernando Santos Osório	LRM – Laboratório de Robótica Móvel
Onofre Trindade Junior	INCT – Sistemas Embarcados Críticos

Julho/2009

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

Fundamentos de Robótica Móvel

- **Introdução à Robótica:**

Robôs Manipuladores e Robôs Móveis

- **Elementos dos Robôs Móveis**

Sensores, Atuadores, Comportamento e Controle

- **Arquiteturas de Controle**

Arquiteturas Reativa, Deliberativa, Hierárquica e Híbrida

- **Modelos de Simulação**

Sensores, Atuadores, Cinemática e Comportamento

- **Ferramentas de Simulação Virtual**

Bibliotecas: OpenGL, SDL, ODE, OSG, GALib, SNNS, Weka...

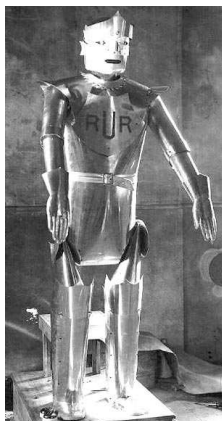
CSBC 2009 - JAI
3 Fundamentos



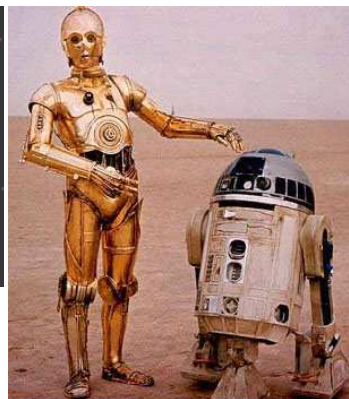
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Introdução a Robótica

- **Robôs:** O Início... RUR



Ficção Científica



CSBC 2009 - JAI
4 Intro Robôs

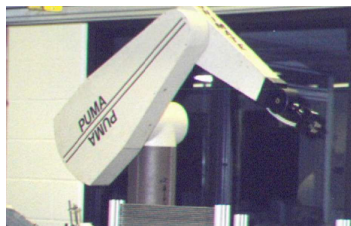


Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Introdução a Robótica


• Robôs Manipuladores de Base Fixa:

Braços Manipuladores – Aplicações Industriais



Robôs Soldadores
Robôs de Pintura
Exemplos:
PUMA, KUKA, CanadaARM



Tic-Tac-Toe 

CSBC 2009 - JAI
5 Intro Robôs



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

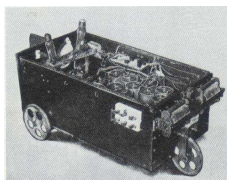
INCT
SEC

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

Introdução a Robótica

• Robôs Móveis: Robôs com capacidade de deslocamento no ambiente

- * Robôs Móveis Tele-Operados, Guiados por Marcações (AGV)
- * Robôs Móveis Semi-Autônomos



Mars Rovers
AGV – Automated Guided Vehicles
Robôs Submarinos



1912 - Electric Dog: <http://davidbuckley.net/DB/HistoryMakers.htm>

CSBC 2009 - JAI
6 Intro RMAs



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

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

Introdução a Robótica

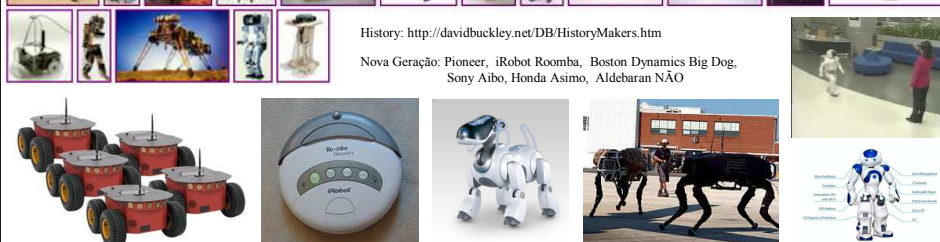
- **Robôs Móveis:** Robôs com capacidade de deslocamento no ambiente
Em busca do desenvolvimento de *Robôs Móveis Autônomos e Inteligentes*

History Making Mobile-Robots - HM



History: <http://davidbuckley.net/DB/HistoryMakers.htm>

Nova Geração: Pioneer, iRobot Roomba, Boston Dynamics Big Dog, Sony Aibo, Honda Asimo, Aldebaran NAO



CSBC 2009 - JAI
7 Intro RMAs



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Introdução a Robótica

- **Robôs Móveis:** Robôs com capacidade de deslocamento no ambiente
Em busca do desenvolvimento de *Robôs Móveis Autônomos e Inteligentes*



Nao



Robot Nao from Aldebaran

CSBC 2009 - JAI
8 Fundamentos




LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Robôs Móveis



ENDING PAIN WITHOUT SIDE EFFECTS • THE MOUNTAINS THAT SANK

SCIENTIFIC AMERICAN

if This is a PLANET, Then Why Isn't Pluto?

DAWN OF THE AGE OF ROBOTS

Bill Gates writes that every home will soon have smart mobile devices

Evolution and Cancer

Can Ethanol Replace Gasoline?

Secret Controls for Genes

Scientific American - January 2007

A Robot in Every Home
The leader of the PC revolution predicts that the next hot field will be robotics
By Bill Gates

Imagine being present at the birth of a new industry. It is an industry based on groundbreaking new technologies, wherein a handful of well-established corporations sell highly specialized devices for business use and a fast-growing number of start-up companies produce innovative toys, gadgets for hobbyists and other interesting niche products. But it is also a highly fragmented industry with few common standards or platforms. Projects are complex, progress is slow, and practical applications are relatively rare. In fact, for all the excitement and promise, no one can say with any certainty when—or even if—this industry will achieve critical mass. If it does, though, it may well change the world.

Of course, the paragraph above could be a description of the computer industry during the mid-1970s, around the time that Paul Allen and I launched Microsoft.

CSBC 2009 - JAI # 9 Fundamentos

USP ICMC LRM Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Elementos dos Robôs Móveis

- **Robô Móvel:** Agente capaz de PERCEBER o ambiente e AGIR sobre este ambiente



Percepção:

Sensores

Ação:

Atuadores

Agente:

Comportamento

Decisão

Controle

CSBC 2009 - JAI # 10 Elementos RMA

USP ICMC LRM Laboratório de Robótica Móvel


INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Elementos dos Robôs Móveis


Percepção:
Sensores

Sensor	Principal Função	Exemplos
De Posição e Orientação	Determinar a posição absoluta ou direção de orientação do robô	GPS (Sistema de Posicionamento Global)
		Bússola [Compass]
		Inclinômetro
De Obstáculos	Determinar a distância até um objeto ou obstáculo	Triangulação usando marcas (Beacons)
		Sensor Infra-Vermelho (IR - Infrared)
		Ultrassom (Sonar)
		Radar
De Contato	Determinar o contato com um objeto ou posição de contato com marcação	Sensor Laser (Laser rangefinder)
		Sistemas de Visão Estéreo (Stereo Vision)
		Sensores de Contato (Bumpers, Switches)
De Deslocamento e Velocidade	Medir o deslocamento do robô Medidas relativas da posição e orientação do robô	Antenas e "bigodes" (Animal whiskers)
		Marcações (barreiras óticas e magnéticas)
		Sensores baseados em Visão
Para Comunicação	Envio e recepção de dados e sinais externos (troca de informação)	Inercial (Giroscópio, Acelerômetros)
		Odômetro (Encoders: Optical, Brush)
Outros tipos	Sensores magnéticos, indutivos, capacitivos, reflexivos Sensores de temperatura, carga (bateria), pressão e força, etc. Detectores: detector de movimento, de marcações, de gás/odores	Potenciômetros (Angular)
		Sistemas de Visão e Sensores Óticos
		Sistemas de Comunicação (RF)

CSBC 2009 - JAI
11 Elementos RMA



LRM
Laboratório de Robótica Móvel




INCT SEC
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

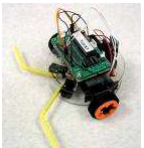
Elementos dos Robôs Móveis


Percepção:
Sensores

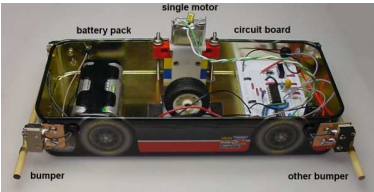
Tipos de Sensores


Sensor do Tipo *Bumper* (Sensor de Contato / “Pára-choque”)













CSBC 2009 - JAI
12 Elementos RMA



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



INCT SEC
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Elementos dos Robôs Móveis

Percepção:
Sensores

Tipos de Sensores

Sensor do Tipo *Bumper* (Sensor de Contato / “Pára-choque”)

Whiskers: “Bigodes de Gato”

CSBC 2009 - JAI
13 Elementos RMA

LRM
Laboratório de Robótica Móvel

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

Elementos dos Robôs Móveis

Percepção:
Sensores

Tipos de Sensores

Sensores do tipo Encoder/Odômetro

Encoder

Encoder: Controle do giro da roda

CSBC 2009 - JAI
14 Elementos RMA

LRM
Laboratório de Robótica Móvel

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

Elementos dos Robôs Móveis

Percepção:
Sensores

Tipos de Sensores

Sensores Infra-Vermelho (IR)

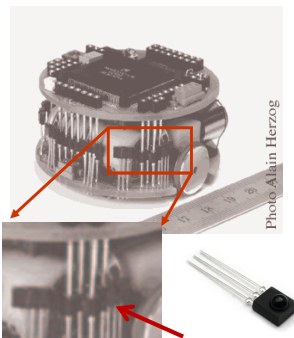
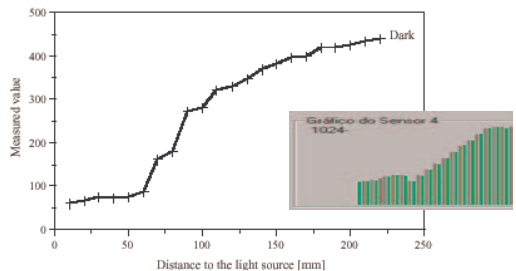


Photo Alain Herzog

Khepera IR

•Características dos Sensores Infra-Vermelho do Khepera:

- Sensibilidade a luz ambiente/ Reflexão da Luz
- Distância: 50 a 500mm (aproximadamente)
- Valor lido: 0..450 (aproximadamente)
- Dependente de: Potência = 1 Watt
- Ângulo = -180 a +240 graus



Measured value


Distance to the light source [mm]

Gráfico do Sensor 4 1024


Typical measurement of the ambient light versus the distance of a light source of 1 Watt. As it can be seen, the measured value decreases when the intensity of the light increases. The standard value in the dark is around 450.

The measurement of the ambient light versus the angle between the forward direction of the robot and the direction of the light has the shape illustrated in figure 10.

CSBC 2009 - JAI
15 Elementos RMA



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



INCT SEC

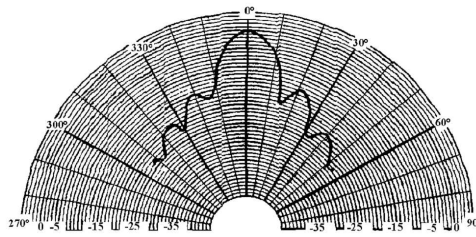
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**


Elementos dos Robôs Móveis


Percepção:
Sensores

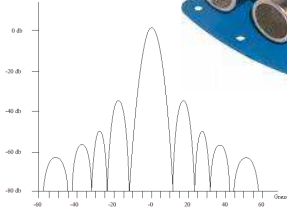
Tipos de Sensores

Sensores Ultra-Som (Sonar)











CSBC 2009 - JAI
16 Elementos RMA



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



INCT SEC

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

Elementos dos Robôs Móveis

Percepção:
Sensores

Tipos de Sensores

Sensores LASER (Lidar - Light Detection and Ranging)

Wikipedia: Lidar

CSBC 2009 - JAI
17 Elementos RMA

LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Elementos dos Robôs Móveis

Percepção:
Sensores

Tipos de Sensores

Sensores LASER (Lidar)

SICK
IBEO
VELODYNE

LMS211

last value first value

Scanning angle 100°

LMS200/LMS221/LMS291

last value first value

Scanning angle 180°

Fig. 5-1: Direction of transmission and maximum scanning angle (standard devices) on top view of the devices

CSBC 2009 - JAI
18 Elementos RMA

LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Elementos dos Robôs Móveis


Percepção:
Sensores

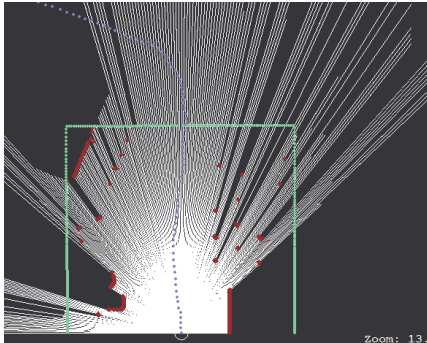
Tipos de Sensores

Sensores LASER (Lidar) + GPS + Câmera


Veículo equipado com Laser SICK LMS2xx Resolução: ~10 mm
 Distância Máxima: 80 mts - Varredura: 180° de 0.5 em 0.5 graus

Projeto Sena







Zoom: 1.3.




Sw-Demo

Sensores: Laser SICK, GPS, Câmera de Vídeo Adicional: Bússola, IMU (Inercial)

CSBC 2009 - JAI
19 Elementos RMA

Laboratório de Robótica Móvel



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

Elementos dos Robôs Móveis

Percepção:
Sensores

Tipos de Atuadores

Atuadores mais comuns...

- **Motor DC**
- **Motor de Passo (Step-Motor)**




Servomotor

Atuador	Principal Tipo/Função	Exemplos
Base Fixa	Braço robótico com base fixa	Robôs industriais PUMA
Base Móvel: Rodas	2 Rodas independentes (diferencial)	Robôs Khepera e Pioneer 3-DX
	3 Rodas (triciclo, omni-directionais)	Robô BrainStem PPRK
	4 Rodas (veículos robóticos - ackermann)	Stanley - Stanford (Darpa Challenge)
Base Móvel: Esteira	Esteira (Slip/Skid locomotion - tracks)	Tanques e veículos militares
Base Móvel: Juntas e Articulações	Bípedes	Robôs Humanóides
Base Móvel: Propulsão	4 Patas (quadpods)	Robôs Sony Aibo, BigDog
	6 Patas (hexapods)	Robôs Inseto (Lynxmotion Hexapods)
Hélices ou Turbinas	Veículos aéreos com hélices	Aviões, Helicópteros e Dirigíveis
	Veículos aquáticos com hélices	Barcos autônomos
	Veículos sub-aquáticos	Submarinos autônomos
Outros tipos	Braços manipuladores com base móvel	Garras (Grippers) embarcadas
	Garras com ou sem feed-back sensorial	Mão robótica
	Mecanismos de disparo	Disparo do chute (futebol de robôs)

CSBC 2009 - JAI
20 Elementos RMA




Laboratório de Robótica Móvel



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

Elementos dos Robôs Móveis

Ação:
Atuadores

Tipos de Atuadores

Atuadores

- Aceleração
- Limite de Velocidade
- Inércia

ACIONAMENTO

- AC/DC Servo Motors
- Step Motors

MALHA DE CONTROLE

- Open Loop
- Closed Loop: P, PI, PID

SET POINT

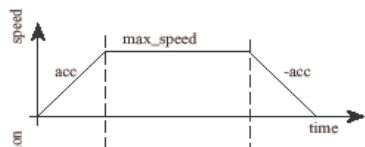
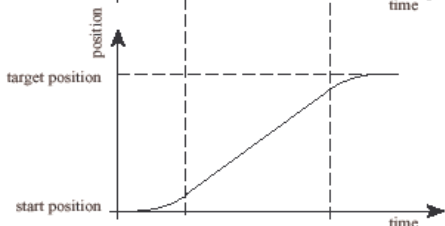





Figure 7: Speed profile used to reach a target position with a fixed acceleration (acc) and a maximal speed (max speed).

CSBC 2009 - JAI
21 Elementos RMA


LRM
Laboratório de Robótica Móvel

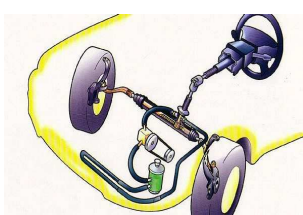
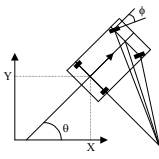
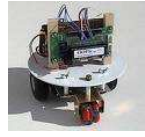



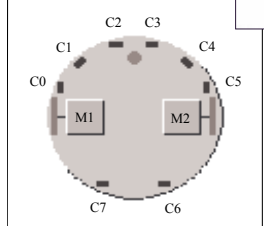

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Elementos dos Robôs Móveis


Ação:
Atuadores


Tipos de Atuadores

Atuadores: Robôs Móveis

CSBC 2009 - JAI
22 Elementos RMA


LRM
Laboratório de Robótica Móvel


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

Arquiteturas de Controle

Comportamentos: Controle de Robôs

Robôs Móveis:
Agentes Autônomos dotados de
SENSORES e ATUADORES



Percepção:
Sensores
Ação:
Atuadores
Agente:
Comportamento
Decisão
Controle

Integração Sensorial-Motora



Como Agir?

Como Interpretar
as Percepções?

Como Tomar Decisões?

CSBC 2009 - JAI
23 Arquiteturas



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

Arquiteturas de Controle

Arquitetura REATIVA [Pura]

Reativo: Percepção \Rightarrow Ação

- Reage diretamente aos estímulos externos;
- Esquema sensorio-motor;

Comportamentos Típicos: *Reactive Behaviour*

- Vagar pelo ambiente, evitando colisões e obstáculos;
- Acompanhar uma parede ou corredor;
- Comportamento direcionado pela luz;
- Ir em direção a uma determinada orientação

Composição de Comportamentos: Direção x Obstáculo

CSBC 2009 - JAI
24 Arquiteturas

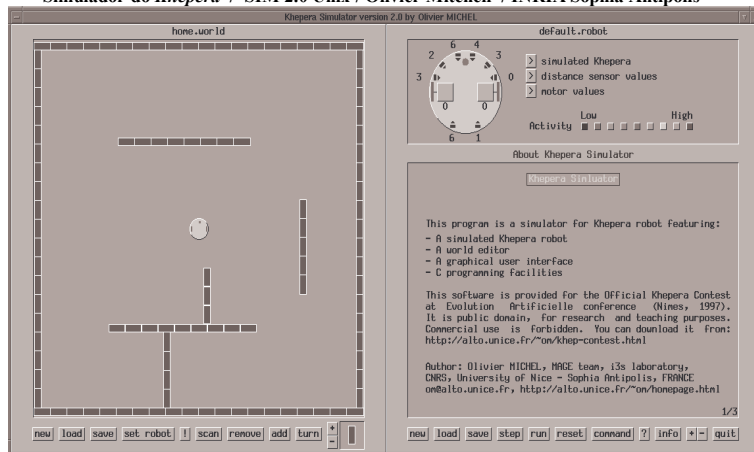


Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Arquiteturas de Controle

Arquitetura REATIVA [Pura]

Simulador do Khepera / SIM 2.0 Unix / Olivier Mitchell / INRIA Sophia Antipolis



Sensores: 8 IR / Atuadores: 2 motores com cinemática diferencial

1997/98

CSBC 2009 - JAI
25 Arquiteturas



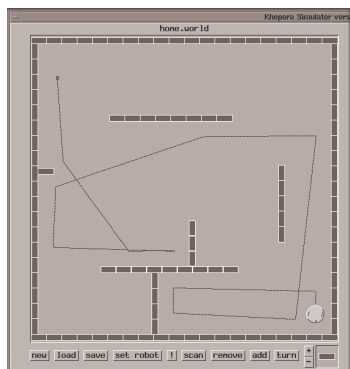
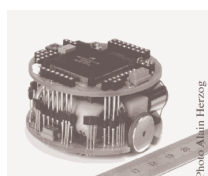
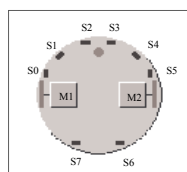
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Arquiteturas de Controle

Arquitetura REATIVA [Pura]

• Reativo: Integração Sensorial-Motora

Controle Reativo



Evitar colisões e obstáculos

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)

Sensorial-Motor: Sentir => Agir


CSBC 2009 - JAI
26 Arquiteturas



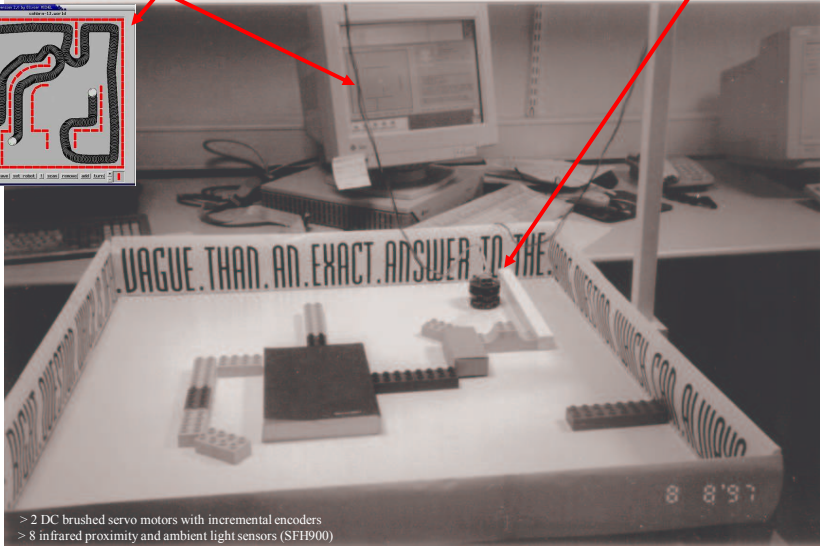
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Arquitetura de Controle: **Reativo**

Simulador do *Khepera*




Robô *Khepera*




> 2 DC brushed servo motors with incremental encoders
 > 8 infrared proximity and ambient light sensors (SFH900)

CSBC 2009 - JAI
27 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Arquitetura de Controle: **Reativo**

Navegação: Direcionamento + Desvio de Obstáculos



Simulador Robombeiros:
[Http://pessin.googlepages.com](http://pessin.googlepages.com)

Simulador Robombeiros

Desvio



CSBC 2009 - JAI
28 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Arquitetura de Controle: **Reativo**

Aplicações práticas comerciais:



Reativo



CSBC 2009 - JAI
29 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

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

Arquiteturas de Controle

Arquitetura **DELIBERATIVA** [Pura]

Deliberativo: Planejamento => Sequência de Ações

- Possui conhecimento sobre a situação do robô e do ambiente;
- Usualmente baseado no uso de mapas e planejamento de trajetórias.

Comportamentos Típicos: *Deliberative Behaviour*

- Execução de scripts de ações planejadas previamente;
- Executar uma sequência de ações previamente determinada;
- Seguir trajetórias especificadas com uso de mapas;
- Execução de Tarefas de Alto Nível;

CSBC 2009 - JAI
30 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

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

Arquiteturas de Controle

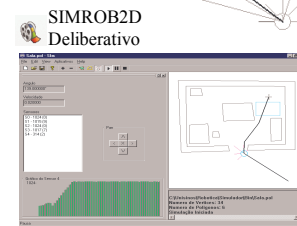
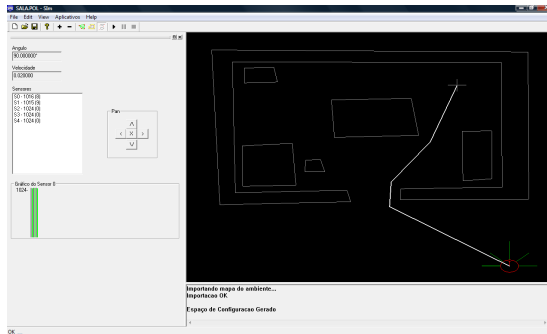
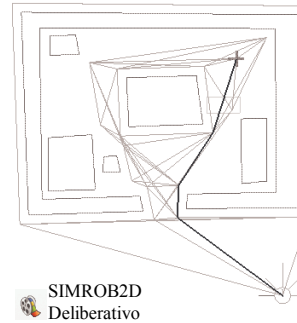
Arquitetura DELIBERATIVA [Pura]

SIMROB2D - Referência:

Farlei Heinen (Orientador: Fernando Osório)

Robótica Autônoma: A integração entre planificação e comportamento reativo. 2000.

Robô tipo Khepera: Sensores: 5 IR / Atuadores: 2 motores (diferencial)



CSBC 2009 - JAI
31 Arquiteturas



INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Arquiteturas de Controle

CONTROLE: Arquiteturas **Reativas**

Abordagens “puras”

CONTROLE: Arquiteturas **Deliberativas**



Ambas possuem problemas e limitações!

Solução?

Buscar aproveitar o que de melhor tem cada uma das duas abordagens...

**ARQUITETURA HIERÁRQUICA
ARQUITETURA HÍBRIDA**

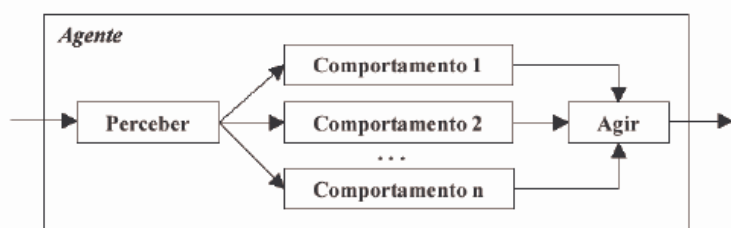
CSBC 2009 - JAI
32 Arquiteturas



INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Arquiteturas de Controle

Controle Hierárquico



Hierarquia de Comportamentos:

- Evitar/Desviar de obstáculos
- Seguir em uma determinada direção
- Seguir uma determinada rota

CSBC 2009 - JAI
33 Arquiteturas



INCT
SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos

Arquiteturas de Controle

Controle Hierárquico: Vertical

Brooks - Arquitetura Subsumption

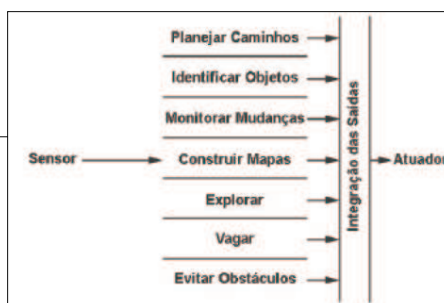
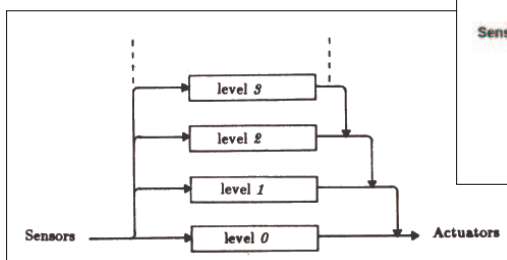


Figure From:
Brooks, R. A.
MIT A.I. Memo 864
Sept. 1985

CSBC 2009 - JAI
34 Arquiteturas



INCT
SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos

Arquiteturas de Controle

Controle Hierárquico: Horizontal

Arquiteturas Hierárquicas

SMPA

“Sense” – “Model” - “Plan” - “Act”



SMPA: Decomposição tradicional do sistema de controle de um robô móvel em módulos funcionais

CSBC 2009 - JAI
35 Arquiteturas



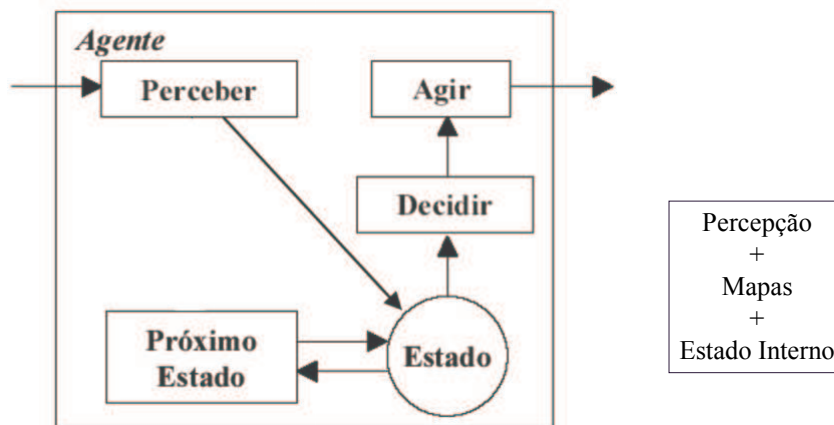
INCT
SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos

Arquiteturas de Controle

Arquiteturas Híbridas

Controle Híbrido: Arquitetura com Estados Internos (Autômato)

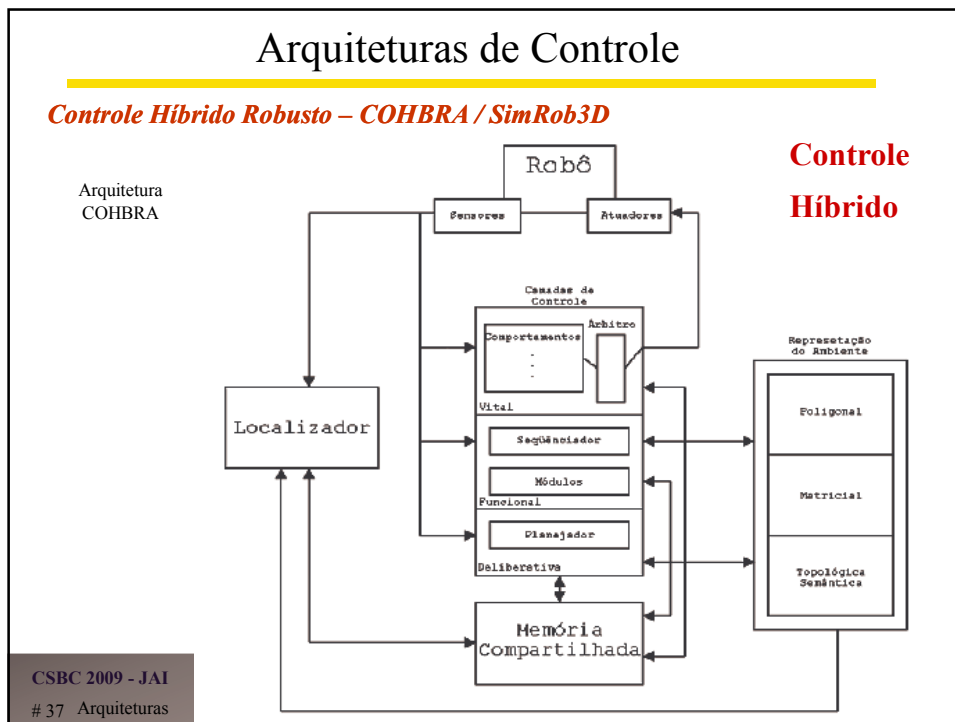


CSBC 2009 - JAI
36 Arquiteturas



INCT
SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos



Modelos de Simulação

Modelagem: Sensores e Atuadores

Sensores

- Infra-Vermelho
- Sonar
- Laser
- GPS
- Odômetro
- Vídeo

SimRob2D

CSBC 2009 - JAI
38 Arquiteturas

LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT SEC
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Modelos de Simulação

Modelagem: Sensores e Atuadores

Sensores

- Infra-Vermelho
- Sonar
- Laser
- GPS
- Odômetro
- Vídeo



CSBC 2009 - JAI
39 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

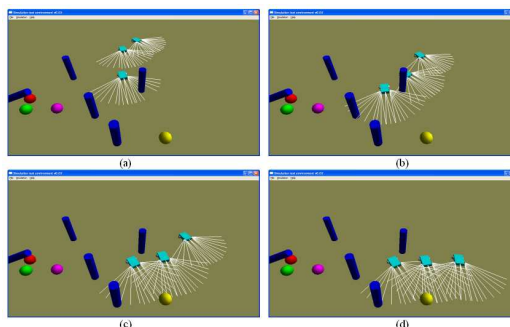
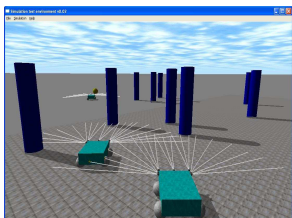
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em **Sistemas Embarcados Críticos**

Modelos de Simulação

Modelagem: Sensores e Atuadores

Sensores

- Infra-Vermelho
- Sonar
- Laser
- GPS
- Odômetro



Seqüências de uma simulação com navegação e desvio satisfatórios
Robombeiros

CSBC 2009 - JAI
40 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

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

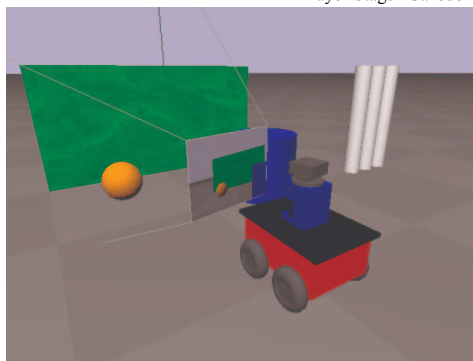
Modelos de Simulação

Modelagem: Sensores e Atuadores

Sensores

- Infra-Vermelho
- Sonar
- Laser
- GPS
- Odômetro
- Vídeo

Player-Stage- Gazebo



CSBC 2009 - JAI
41 Arquiteturas



INCT SEC

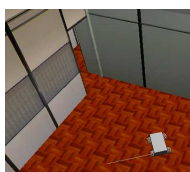
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos

Modelos de Simulação

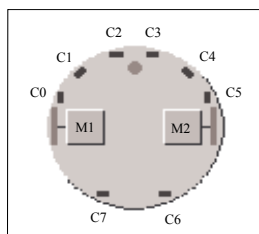
Modelagem: Sensores e Atuadores

Atuadores

- Rodas
- Esteiras
- Pernas/Patas

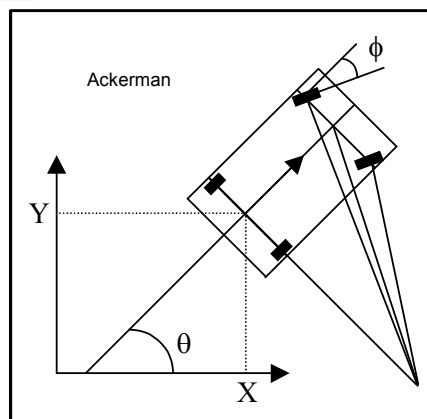


Diferencial



Cinemática do Robô

Kinematics



CSBC 2009 - JAI
42 Arquiteturas



INCT SEC

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
em Sistemas Embarcados Críticos

Modelos de Simulação

Modelagem: Sensores e Atuadores

Atuadores

- Rodas
- Esteiras
- Pernas/Patas

Cinemática do Robô

Dinâmica do Robô



CSBC 2009 - JAI
43 Arquiteturas



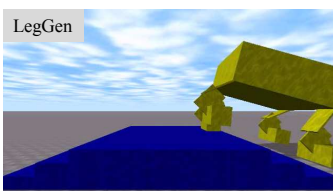
INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em **Sistemas Embarcados Críticos**

Modelos de Simulação

Modelagem: Sensores e Atuadores

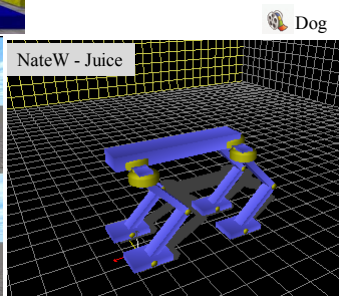
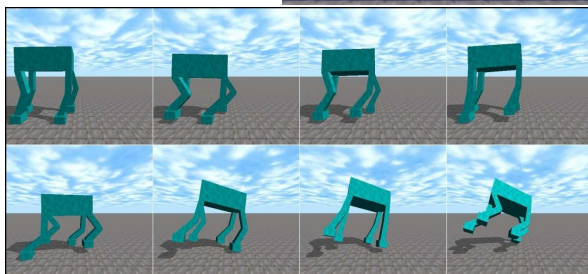
Atuadores

- Rodas
- Esteiras
- Pernas/Patas



Cinemática do Robô

Dinâmica do Robô



CSBC 2009 - JAI
44 Arquiteturas



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

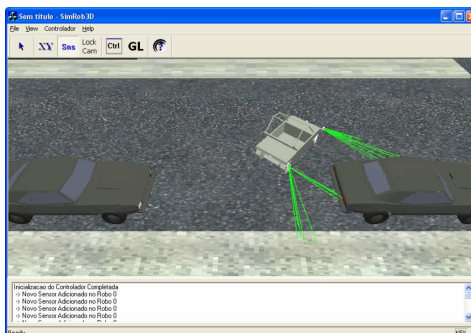
Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

OpenGL
SDL
ODE
OSG
GALib
SNNS
Weka

Simuladores
Completos

Visualização 2D e 3D
Simulação Sensores/Atuadores
Simulação Física: Cinemática e Dinâmica
Controle Inteligente: Evolução e Aprendizado



Seva3D

CSBC 2009 - JAI
45 Arquiteturas



INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

OpenGL
SDL
ODE
OSG
GALib
SNNS
Weka

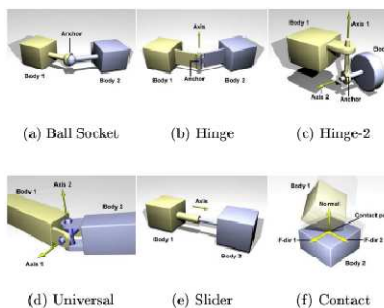
Simuladores
Completos

Visualização 2D e 3D
Simulação Sensores/Atuadores
Simulação Física: Cinemática e Dinâmica
Controle Inteligente: Evolução e Aprendizado

ODE
Open Dynamics Engine

Rigid Body Physics Simulation:
Gravity, inertia, friction, collision,
joints, actuators, etc

<http://www.ode.org/>
Physics Engine



ODE

CSBC 2009 - JAI
46 Arquiteturas



INCT SEC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

OpenGL

SDL

ODE

OSG

GALib

SNNS

Weka

Simuladores

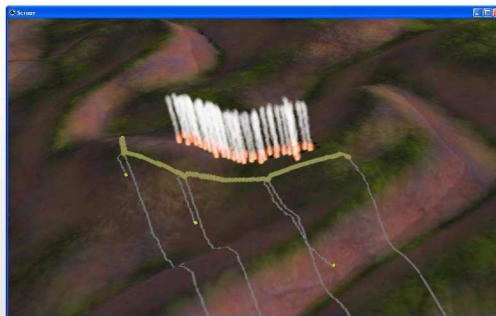
Completos

Visualização 2D e 3D

Simulação Sensores/Atuadores

Simulação Física: Cinemática e Dinâmica

Controle Inteligente: Evolução e Aprendizado



CSBC 2009 - JAI
47 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

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

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

OpenGL

SDL

ODE

OSG

GALib

SNNS

Weka

Simuladores

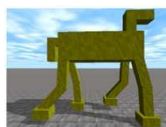
Completos

Visualização 2D e 3D

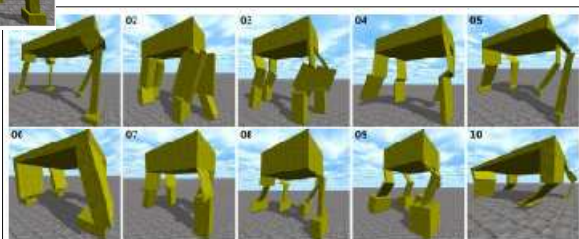
Simulação Sensores/Atuadores

Simulação Física: Cinemática e Dinâmica

Controle Inteligente: Evolução e Aprendizado



LegGen



CSBC 2009 - JAI
48 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel

INCT
SEC

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

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

OpenGL

SDL

ODE

OSG

GALib

SNNS

Weka

Simuladores

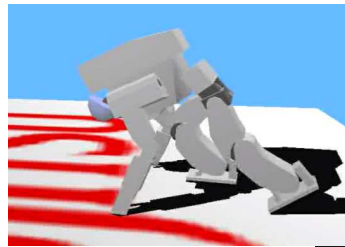
Completos

Visualização 2D e 3D

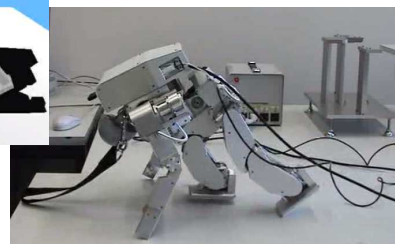
Simulação Sensores/Atuadores

Simulação Física: Cinemática e Dinâmica

Controle Inteligente: Evolução e Aprendizado



Hoap



CSBC 2009 - JAI
49 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

OpenGL

SDL

ODE

OSG

GALib

SNNS

Weka

Simuladores

Completos

Visualização 2D e 3D

Simulação Sensores/Atuadores

Simulação Física: Cinemática e Dinâmica

Controle Inteligente: Evolução e Aprendizado



Simulated Car Racing

The simulated car racing competition of CIG-2009 is the final event of the 2009 Simulated Car Racing Championship, an event joining the three competitions held at CEC-2009, GECCO-2009, and CIG-2009.

<http://www.ieee-cig.org/Competitions>



CSBC 2009 - JAI
50 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

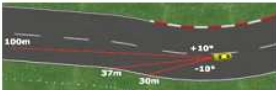
- OpenGL
- SDL
- ODE
- OSG
- GALib
- SNNS
- Weka

Simuladores

Completos

TORCS:
The Open Racing Car Simulator
<http://torcs.sourceforge.net/>







The diagram shows a central 'TORCS' box containing a 'Game Engine' and two 'BOT' boxes, each with a 'Server'. Below this, a red horizontal line separates the server-side components from the client-side components. Two 'Client' boxes, each containing a 'Controller', are connected to the BOT Servers via bidirectional arrows.

CSBC 2009 - JAI
51 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

Ferramentas de Simulação Virtual

Bibliotecas:

- OpenGL
- SDL
- ODE
- OSG
- GALib
- SNNS
- Weka

Simuladores

Completos

Simulação:
Sem Limites!





Claytronics – <http://www.cs.cmu.edu/~claytronics/>

CSBC 2009 - JAI
52 Arquiteturas



LRM
Laboratório de Robótica Móvel



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

OBRIGADO!



LRM

Laboratório de Robótica Móvel

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

Denis Fernando Wolf – denis@icmc.usp.br
Eduardo do Valle Simões – simoes@icmc.usp.br
Fernando Santos Osório - fosorio@icmc.usp.br
Onofre Trindade Junior - otjunior@icmc.usp.br

F.Osório: [Http://www.icmc.usp.br/~fosorio](http://www.icmc.usp.br/~fosorio) [Login: “usp” Password: “guest”]

CSBC 2009 - JAI
53 FINAL



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