

USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS



**VISEMATRON**  
SEMANA DA ENGENHARIA MECATRÔNICA


## CURSO DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS

USP - ICMC – LRM: Laboratório de Robótica Móvel  
 Profs. Denis Wolf, Eduardo Simões, Fernando Osório  
 Alunos PG - Alberto Hata, Gustavo Pessin, Patrick Shinzato,  
 Maurício Dias, Leandro Couto, Leandro Fernandes

USP ICMC **LRM** Laboratório de Robótica Móvel **INCT** *SEC* Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em **Sistemas Embarcados Críticos**


Programação de Robôs Móveis – USP - São Carlos/SP **SEMATRON** Maio, 2010

## Agenda



**Data: 28/05/2010 – 8h as 12h**

- \* **Introdução a robótica móvel**
  - Aplicações práticas de Robôs Móveis
  - Conceitos: Sensores, Atuadores e Controle Inteligente
- \* **Ferramentas de Simulação para robótica**
  - Plataformas de simulação de robôs móveis
  - Programação de Robôs usando o player-stage
- \* **Player-Stage**
  - Arquitetura e componentes
  - Player-Stage, Playerv, simulação
  - Conexão com o robô: simulado e remoto
  - Acesso ao dados dos sensores (laser, sonar) e comandos remotos
- \* **Conceitos de programação no Player-Stage**
  - Comandos em "C", Compilação, Teste
  - Desenvolvimento de programas para uso do player-stage em modo simulado



2

# Agenda

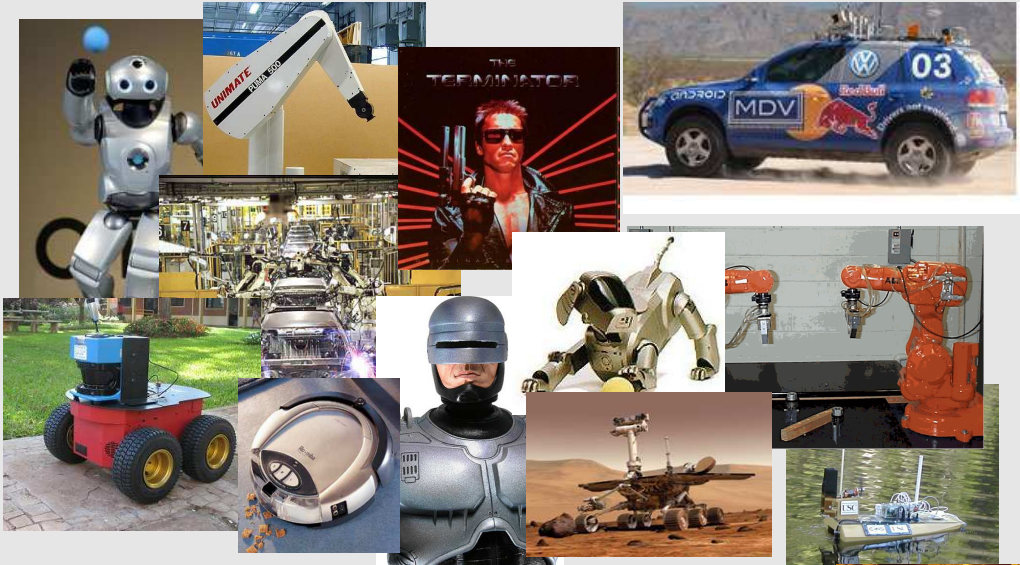


Data: 28/05/2010 – 8h as 12h

- \* Introdução a robótica móvel
- \* Ferramentas de Simulação para robótica
- \* Player-Stage
- \* Conceitos e Prática de programação no Player-Stage
- > Prática: Uso do robô Pioneer 3DX, 3AT ou Erratic



# Robótica



## Robôs Móveis - Aplicações



Guia de museu



Mapeamento de minas



Verificação da qualidade da água



Navegação autônoma



## Robótica Móvel Modelo Básico



```
graph TD; AMBIENTE -- PERCEÇÃO --> AGENTE; AGENTE -- AÇÃO --> AMBIENTE;
```



## Robótica Móvel Principais desafios



- **Imprecisão** das informações (sensores e atuadores)
- Resposta em **tempo real**
- Ambientes e situações **dinâmicas e imprevisíveis**
- Tolerância a **falhas**

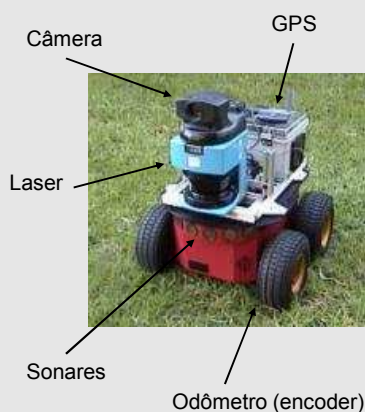
7



## Robô Móvel Sensores e Atuadores



- **Sensores internos:** observam o estado do robô (odometria, GPS, giroscópios).
- **Sensores externos:** observam o estado do ambiente (câmeras, sonares, lasers).
- **Atuadores:** alteram o estado do robô e do ambiente (rodas, pernas, garras).



8



# Sensores



(a) GPS



(b) Câmera de vídeo estéreo



(c) Unidade Inercial



(d) Câmeras de Vídeo



(e) Sensores laser



# Fluxo de desenvolvimento



**Simulação**

➔



**Testes em robôs de pequeno porte**

➔



**Testes em robôs de grande porte**





# Fluxo de desenvolvimento

## Simulação

Validação inicial dos algoritmos desenvolvidos utilizando simuladores de robôs e sensores.

**Vantagens:**

- Possibilidade irrestrita de experimentos
- Economia de tempo de desenvolvimento
- Evita danos aos robôs e sensores






11



# Fluxo de desenvolvimento

## Testes em robôs de pequeno porte

Validação do sistema em ambientes reais de escala reduzida.

**Vantagens:**

- Ambientes e informações reais para validação dos sistemas desenvolvidos
- Facilita a logística dos experimentos
- Diminui a chance de danos aos robôs e sensores






12

## Fluxo de desenvolvimento

### Testes em robôs de grande porte

Validação do sistema em ambientes e situações reais.

#### Características:

- Ambientes e informações reais para validação dos sistemas desenvolvidos
- Logística complexa
- Possibilidade de danos aos robôs e sensores



13

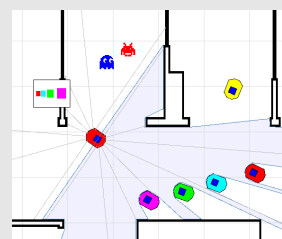
## Controle e Simulação

#### • Player

- Sistema para controle de robôs móveis
- Suporta diversos tipos de robôs e sensores

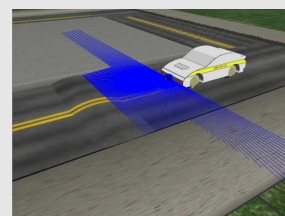
#### Stage

- Simulador de robôs móveis e sensores
- Ambientes bidimensionais
- Compatível com Player




#### Gazebo

- Simulador de alta fidelidade
- Ambientes em 3 dimensões
- Compatível com Player



14



USP  
ICMC  
LRM  
Laboratório de Robótica Móvel

# Motivation and Applications



INCT  
SEC


**Commercial application:**  
Assisted Vehicle Conduction

**Warning the driver:**


- Road imperfections, bumps and holes;
- Pedestrian crossing;
- Obstacles in the road;
- Dangerous driving;

**Improve driving information:**

- Driving at night;
- Driving with low visibility;




SEMATRON  
Sistema de Engenharia de Mecatrônica



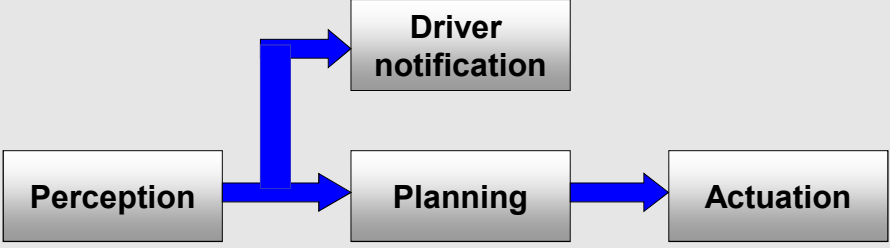
USP  
ICMC  
LRM  
Laboratório de Robótica Móvel

# Project architecture




INCT  
SEC

## INCT Autonomous Vehicle / Assisted driving System diagram



```

graph LR
    Perception[Perception] --> Planning[Planning]
    Planning --> Actuation[Actuation]
    Perception --> DriverNotification[Driver notification]
  
```



SEMATRON  
Sistema de Engenharia de Mecatrônica

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# Project architecture

## INCT Autonomous Vehicle / Assisted driving System diagram

```
graph LR; Perception[Perception] --> Planning[Planning]; Planning --> Actuation[Actuation]; Perception --> Driver[Driver notification];
```

- Vision-based path detection
- Laser-based 3D mapping
- Vehicle position estimation (GPS, IMU, Compass, Odometer)

17

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# Project architecture

## INCT Autonomous Vehicle / Assisted driving System diagram

```
graph LR; Perception[Perception] --> Planning[Planning]; Planning --> Actuation[Actuation]; Perception --> Driver[Driver notification];
```

- Obstacle avoidance
- Path planning

18

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

## Project architecture

**INCT Autonomous Vehicle / Assisted driving System diagram**

```

    graph LR
      Perception[Perception] --> Planning[Planning]
      Planning --> Actuation[Actuation]
      Actuation --> Perception
      Planning --> Driver[Driver notification]
  
```

- Steering control
- Throttle control
- Brake control

19

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

## Project architecture

**INCT Autonomous Vehicle / Assisted driving System diagram**

```

    graph LR
      Perception[Perception] --> Planning[Planning]
      Planning --> Actuation[Actuation]
      Actuation --> Perception
      Planning --> Driver[Driver notification]
  
```

- Risk Alert
- Obstacle indication
- Correct path indication
- Steering/Brake indication

20

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# Experimental platform

Laser sensors  
Camera  
GPS, IMU, and Compass  
Control system

21

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# Computer Assisted Driving

Obstacle detection and notification  
Initial experiments – March 2009

22

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# Computer Assisted Driving

Position estimation  
Laser range data  
Expected trajectory  
Obstacles  
Camera information

23

SEMATRON


USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# Computer Assisted Driving


Obstacle detection and notification  
Field tests – October 2009

24

SEMATRON




**USP LRM**  
Laboratório de Robótica Móvel




**INCT SEC**

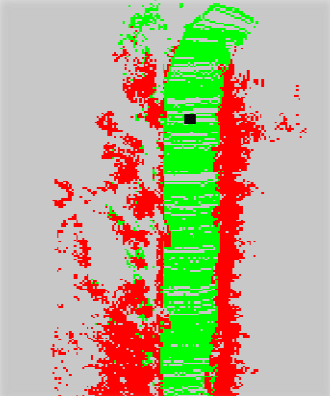
# Laser-based navigation



**Real environment**



**3D environment map:**  
used to detect obstacles  
and road imperfections





**Navigation map:**  
identification of  
safe regions of terrain

**Map building using:**


- laser range finders
- GPS
- IMU
- Compass
- Odometer

25





**USP LRM**  
Laboratório de Robótica Móvel



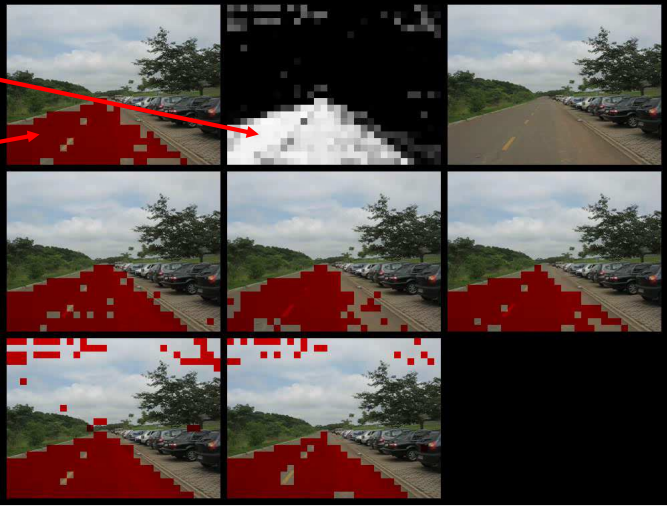
**INCT SEC**

# Vision-based navigation


## Real time path detection

**Confidence level**

**Safe path identification**




26

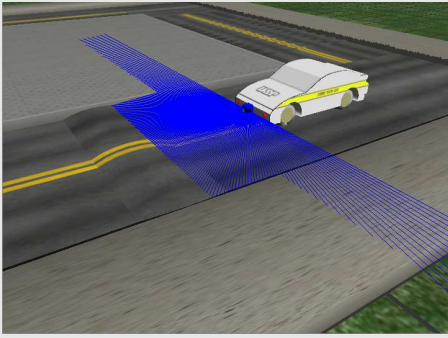


USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC


# Vehicle autonomous control



Autonomous navigation using GPS and compass information



Vehicle physical simulation

27 

USP LRM Laboratório de Robótica Móvel  
INCT SEC

# New experimental platform





Club car carryall 232 electric vehicle  
**Expected to be ready for autonomous control in 2010**

28 