

**USP - ICMC - SSC  
SSC 0714 (RMA) - 1o. Semestre 2011**

**Disciplina de  
Robôs Móveis Autônomos  
SSC-0714**

**Prof. Fernando Santos Osório**  
**Email: fosorio [at] { icmc. usp. br , gmail. com }**  
**Estagiário PAE: Gustavo Pessin - pessin [at] gmail.com**  
**Web: <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/>**  
**Wiki ICMC: <http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-714>**

**Aula 01 - Introdução**

**Agenda:**

- 1. Objetivos da Disciplina**
- 2. Programa e Conteúdos**
- 3. Material de Apoio**
- 4. Bibliografia**
- 5. Avaliação**
  - 5.1 Trabalhos e Provas**
  - 5.2 Critérios de Avaliação**
- 6. Robôs Móveis Autônomos: Introdução**

## 1. Objetivos da Disciplina

### Robôs Móveis Autônomos

- **Objetivos**

Fornecer o conteúdos teórico-prático básicos relativos à Robótica Móvel Autônoma, visando o projeto de sistemas de controle robótico inteligentes e robustos.

- **Programa**

- Visão geral da área de robótica móvel, apresentando um histórico e as técnicas de navegação de robôs móveis mais utilizadas na literatura;
- Apresentação dos componentes e subsistemas de robôs móveis autônomos, incluindo microprocessadores, sensores e atuadores;
- Introdução de conceitos de controle de navegação em robôs móveis: Auto-Localização, Planejamento de Trajetórias e Navegação Robótica;
- Apresentação das principais técnicas para obtenção de autonomia, inteligência e adaptabilidade;
- Aplicações em tarefas de exploração, navegação, coleta de objetos e planejamento de estratégias;
- Algoritmos de controle inteligentes aplicados à robótica móvel.

## 2. Programa e Conteúdos

### Robôs Móveis Autônomos

- **Cronograma de Aulas**

- A01 - 23/02 - Apresentação da Disciplina. Introdução: Robôs Móveis (RMA).
- A02 - 02/03 - Robôs Móveis Autônomos: História, Tipos, Aplicações e Desafios.
- \*\*\* - 09/03 - SEM AULA - Carnaval (Quarta de Cinzas)
- A03 - 16/03 - Sensores e Atuadores: Tipos de Sensores e Atuadores.  
Simulação: Modelos Sensoriais e Modelos Cinemáticos.
- A04 - 23/03 - Sensores e Atuadores. Temas de Trabalho: Discussão. Exerc. & Prática.
- A05 - 30/03 - Controle e Autonomia: Modelos de Controle de Robôs Autônomos.  
Arquiteturas de Controle Reativa e Deliberativa.
- A06 - 06/04 - Arquiteturas de Controle: Controle Hierárquico, Modular, Híbrido.  
Problema da Localização (Where am I?)
- A07 - 13/04 - Entrega/Apresentação do Trabalho (TR)
- \*\*\* - 20/04 - SEM AULA - Semana Santa/Tiradentes
- A08 - 27/04 - Algoritmos p/RMAs: Auto-Localização
- <\*> - 02/05 - Limite para trancamento de matrícula
- A09 - 04/05 - Algoritmos p/RMAs: Construção e Uso de Mapas
- A10 - 11/05 - Algoritmos p/RMAs: Planejamento de Trajetórias e desvio de obstáculos
- A11 - 18/05 - Algoritmos p/RMAs: Visão Computacional e Navegação Visual
- A12 - 25/05 - Algoritmos p/RMAs: Robôs Indoor para Monitoramento e Vigilância
- A13 - 01/06 - Algoritmos p/RMAs: Veículos Autônomos e Condução Assistida
- A14 - 08/06 - Apresentação Trabalho Final (TF)
- A15 - 15/06 - PROVA FINAL (PF)
- A16 - 22/06 - Apresentação de Trabalhos / Disponível para esclarecimento de dúvidas
- A17 - 29/06 - SUB (Prova substitutiva da PF)

### 3. Material de Apoio

#### Robôs Móveis Autônomos

- Material de Apoio

##### Material on-line:

WebPage do Professor - <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/>

Wiki ICMC - <http://wiki.icmc.usp.br/> (CoTeia Wiki)

[http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-714-2011\(fosorio\)](http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-714-2011(fosorio))

##### Informações Complementares e Atualizadas:

> Consulte REGULARMENTE

> o material disponível no Wiki ICMC

Veja a seção "*Material de Aulas*"

Veja também a seção "*Material Complementar*"

Disponíveis no Wiki ICMC

### 3. Material de Apoio

#### Robôs Móveis Autônomos

- Material de Apoio

USP - Universidade de São Paulo, São Carlos / SP  
ICMC - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação  
SSC - Departamento de Sistemas de Computação

Página Web Oficial na USP  
Homepage in English

**Prof. Dr. Fernando OSÓRIO**

**Afiliação Profissional:**  
Professor do **ICMC-USP** (Universidade de São Paulo)  
Departamento de Sistemas de Computação - **SSC**  
Linha de Pesquisa: SEER - Sistemas Embarcados Evolutivos e Robóticos  
Membro do **L<sub>RM</sub>** - Laboratório de Robótica Móvel.  
Membro da IEEE-CS, ACM e SBC.

**Ensino**

Disciplinas 2009/1:

- **SSC0100:** Introdução à Ciência da Computação I - Prática
- **SSC0573:** Computadores, Sociedade e Ética Profissional
- **SSC0714:** Robôs Móveis Autônomos

Disciplinas 2008/2:

- **SCE-283:** Linguagens de Programação e Aplicações
- **SCE-541:** Arquitetura de Computadores
- **SCE-545:** Computadores, Sociedade e Ética Profissional
- **SCE-703:** Proj. Implementação de Sistemas Embarcados I

Palestras e Cursos de Extensão:

### 3. Material de Apoio

## Robôs Móveis Autônomos

WIKI do ICMC

SSC-714 - CoteiaWiki - Mozilla Firefox  
http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-714

SSC-714

No Jupiter-web: [ementa]

SSC0714 - Robôs Móveis Autônomos  
Prof. Fernando Santos OSÓRIO  
Estagiário PAE - Maurício A. Dias  
ICMC - SSC

Local: Sala 1 - Bloco 2 (Bloco Didático) - Campus II  
Horário: Quarta 09:00 as 11:30  
Turma: T1 (EngComp, BCC, Bach Info)

**Avisos:**

- Ementa do Curso
- Cronograma de Aulas
- Material de Aulas
- Crêditos de Avaliação
- Listas de Exercícios
- Trabalhos Práticos
- Datas das Provas
- Divulgação de Notas

Material Complementar

Página Criada em Março 2010

### 3. Material de Apoio

## Robôs Móveis Autônomos

### Material de Apoio

LRM, LCR, Grupo SEER, Proj. SENA  
SBC - JAI 2005, JAI 2009  
INCT-SEC - Instituto Nac. de C&T  
*Sistemas Embarcados Críticos*

Laboratório de Robótica Móvel

Bem vindo!

O Laboratório de Robótica Móvel desenvolve pesquisa em diversas áreas relacionadas à robótica. Entre elas destacam-se: visão computacional, sensores integrados, computação embarcada, aproveitamento de recursos, sistemas computacionais recorrentes, controle de robôs com auto-guiagem e automação. O laboratório conta com robôs e sensores avançados para a implementação de sistemas autônomos.

**Tópicos de Pesquisa**

- Localização
- Navegação
- Exploração
- Sistemas base-robô
- Controle adaptativo

**News**

- ACIS SAC2009 ROBOT - Special track on intelligent robotic Systems
- Projeto SENA - Cooperação com o Laboratório de Mecatrônica - EESC/USP

USP University of São Paulo

XXV Congresso da SBC  
MNI CURSO - JAI 2005 / Jornada de Atualização em Informática  
Julho 2005 - UNISINOS - São Leopoldo-RS

**"Computação Embarcada: Projeto e Implementação de Veículos Autônomos Inteligentes"**

Responsáveis:

- Prof. Dr. Claudio Jung
- Prof. Dr. Claudio Jung
- Prof. MSc. Fábio Iannini
- Prof. Dr. Fernando Duarte

SLIDES da apresentação (em formato PDF)

- Parte I - Prof. Roberto - Slides (Parte I) - Slides (Parte I)
- Parte II - Prof. Roberto - Slides
- Parte III - Prof. Osório - Slides (Parte II) - Slides (Parte II)
- Parte IV - Prof. Jung - Slides

TEXTO do Minicurso - [Arquivo PDF](#) [Veja aqui!](#)

RESUMO do Minicurso

Este curso tem por objetivo apresentar um panorama sobre as novas tendências, técnicas e aplicações de computação embarcada em veículos baseados de robótica móvel, e de instrumentação e controle de veículos autônomos, com ênfase nas novas tecnologias computacionais utilizadas em aplicações de robótica computacional no campo de veículos autônomos, com ênfase em sistemas de apoio ao motorista. Além disso, também será apresentada a utilização de sistemas de apoio ao motorista na sociedade moderna, relativos ao aumento da segurança, mas questionando também quanto a finalidade, sendo apresentados projetos relativos a veículos inteligentes desenvolvidos pelo Instituto Tecnológico de São Carlos (ITSC) e também por grupos de pesquisa do Grupo de Pesquisa em Veículos Autônomos de Tráfego (GPAV).

LENCS Complementares:

http://sbc2009.inf.ufpa.br/index.php?option=com\_content&view=full&Itemid=28

**XXIX CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO**  
Os Grandes Desafios Científicos e os Impactos da Computação na Sociedade

21 A 25 DE JUNHO DE 2009  
BENTO GONÇALVES - RS

**Eventos**

- Colômbio em Informática: Brasil / INRIA, Cooperativas, Avanços e Desafios
- COMPUTEC - II Computação e Mercado
- CO-III Curso de Qualidade
- CTC - 2008 Conferência de Teoria e Dissertações
- CTC - 2008 Conferência de Teoria e Dissertações
- ENIA - VII Encontro Nacional de Inteligência Artificial
- JAI - 2008 Jornada de Atualização em Informática
- SBCUP - I Simpósio Brasileiro de Computação Única e Pervasiva
- SECOMU - XXXII Seminário sobre Computação na Universidade

## 4. Bibliografia

### Robôs Móveis Autônomos

- Bibliografia

#### Bibliografia Básica:

- Dudek, Gregory & Michael Jenkin. *Computacional Principles of Mobile Robotics*. Cambridge Press, 2000.
- Mataric, Maja J. *The Robotics Primer*. MIT Press, 2007.
- Bekey, George A. *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*. The MIT Press: Cambridge, London. 563p (2005).

#### Bibliografia Complementar:

- Arkin, Ronald C. *Behavior-based robotics*. Cambridge, Mass. : MIT Press, c1998.
- Thrun, Sebastian; Wolfram Burgard; Dieter Fox. *Probabilistic robotics*. Cambridge, Mass. : MIT Press, c2006.
- Bräunl, Thomas. *Embedded robotics : mobile robot design and applications with embedded systems*. Berlin; New York : Springer, c2006.
- Jones, Joseph L.; Bruce A. Seiger; Anita M. Flynn. *Mobile robots : inspiration to implementation*. Natick, Mass. : A.K. Peters, c1999
- Siegwart, Roland & Illah R. Nourbakhsh. *Introduction to autonomous mobile robots*. Cambridge, Mass. : MIT Press, 2004

## 4. Bibliografia

### Robôs Móveis Autônomos

- Bibliografia

#### Bibliografia...

- Brooks, Rodney. *Cambrian Intelligence: The Early History of the new AI*. Bradford Book. MIT Press, 1999.
  - Pio, J. L. de Souza e Campos, M. F. M. (2003). *Navegação Robótica*. XXII Congresso da SBC. Anais JAI'03. Campinas, SP.
  - Medeiros, Adelardo A.D. (1998). *A Survey of Control Architectures for Autonomous Mobile Robots*. JBSC - Journal of the Brazilian Computer Society, Special issue on Robotics. v.4, n.3.
  - Latombe, J. (1991). *Robot Motion Planning*. Kluwer Academic Publisher, Boston, MA.
- + Referências de I.A. (A.I. and Machine Learning):
- Mitchell, T. M. *Machine learning*. New York: McGraw-Hill - Computer Science, 1997. 414p.
  - Haykin, Simon. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice-Hall. 2nd Ed. 1999. 842p. (Tradução: *Neural Network: Princípios e Prática*. Bookman, 2001).
  - Rezende, Solange Oliveira. *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*. Manole Editora. 2003. 525p.
  - Mitchell, Melanie. *An introduction to genetic algorithms*. MIT Press, 1996. 209p.
- + Referências:
- SBC JAI 2005, SBC JAI 2009, Web: Artigos, Teses...

## 4. Bibliografia

### Robôs Móveis Autônomos

- Referências

#### Links...

LRM - <http://www.lrm.icmc.usp.br/>

PROJETO SENA - <http://www.eesc.usp.br/sena/>

CURSO JAI 2005 - <http://osorio.wait4.org/palestras/jai2005.html>

CURSO JAI 2009 - <http://osorio.wait4.org/palestras/jai2009.html> [ usp / guest ]

Tutoriais SBIA 2010, CLEI 2010

INCT – SEC

<http://inct-sec.org/>

HomePage do Prof. : <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/>

Simuladores:

Player-Stage

Microsoft Robotic Studio

## 5. Avaliação

### Robôs Móveis Autônomos

- Trabalhos e Provas

**Trabalhos Práticos: TR e TF**

**Prova: PF**

Avaliação da Disciplina SSC-714:

**TR - Trabalho Individual (Teoria: Relatório + Apresentação “FastForward”)**

Seminário sobre uma aplicação de Robótica Móvel

**TF - Trabalho em Grupo (Prática)**

Controle de Robôs Móveis: Implementação, Algoritmos, Simulação

**PF - Prova Final Individual**

Avaliação Individual / Prova Escrita

**SUB-** Prova Substitutiva (Substitui PF)

## 5. Avaliação

### Robôs Móveis Autônomos

- Critérios de Avaliação da Disciplina SSC-714

Requisitos para Aprovação:

- Frequência mínima: 70%
- Média Final da Avaliação (MF) > 5.0  
Pesos: 20% Trab.1 (TR) + 40% Trab.2 (TF) + 40% Prova Final (PF)  
Nota mínima: 5.0 em cada uma das 3 avaliações

Média Final:

SE TR > 5.0 e TF > 5.0 e PF > 5.0

ENTÃO MF = 20% TR + 40% TF + 40% PF

SENÃO MF =  $\text{Min}\{\text{TR}, \text{TF}, \text{PF}\}$  /\* Precisa alcançar 5.0 em cada uma das 3 notas! \*/

SE MF >= 5.0

ENTÃO "Aprovado"

SENÃO SE MF >= 3.0

ENTÃO "Recuperação" [ Procedimento de Recuperação: a ser definido posteriormente]

SENÃO "Reprovado"

13

Março 2011

## 5. Avaliação

### Robôs Móveis Autônomos

- Critérios de Avaliação da Disciplina SSC-714

Requisitos para Aprovação:

- Frequência mínima: 70%
- Média Final da Avaliação (MF) > 5.0  
Pesos: 20% Trab.1 (TR) + 40% Trab.2 (TF) + 40% Prova Final (PF)  
Nota mínima: 5.0 em cada uma das 3 avaliações

Média Final:

SE TR > 5.0 e TF > 5.0 e PF > 5.0

ENTÃO MF = 20% TR + 40% TF + 40% PF

SENÃO MF =  $\text{Min}\{\text{TR}, \text{TF}, \text{PF}\}$  /\* Precisa alcançar 5.0 em cada uma das 3 notas! \*/

SE MF >= 5.0

ENTÃO "Aprovado"

SENÃO SE MF >= 3.0

ENTÃO "Recuperação" [ Procedimento de Recuperação: a ser definido posteriormente]

SENÃO "Reprovado"



14

Março 2011

## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos



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.

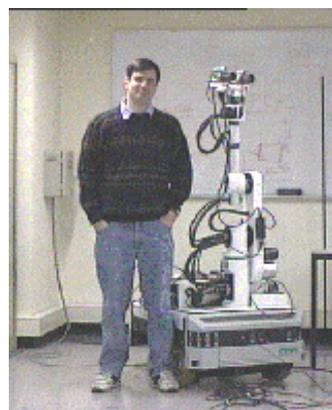
15

Março 2011

## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

Exemplos de Aplicações... Ficção?



16

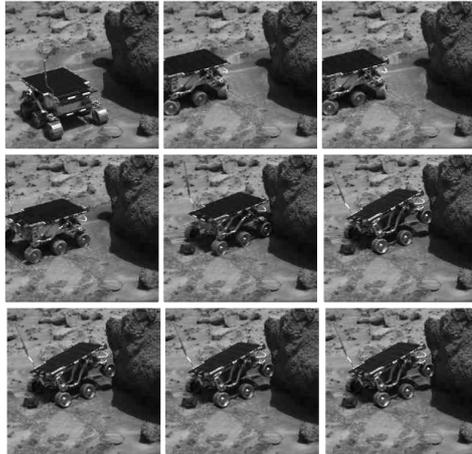
Março 2011



## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

Exemplos de Aplicações...



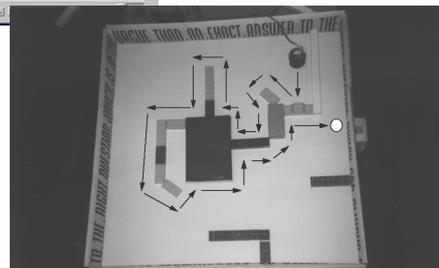
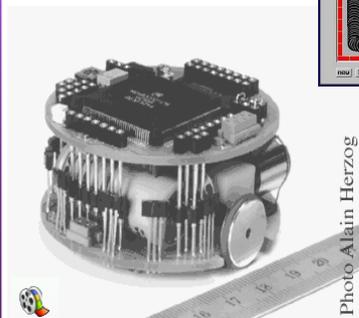
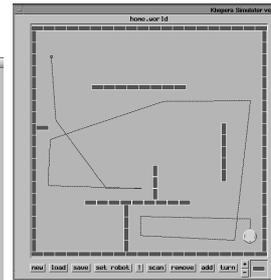
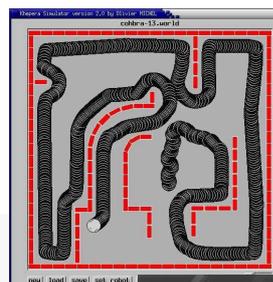
The rover goes a little too far and begins to climb Yogi (NASA)



## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

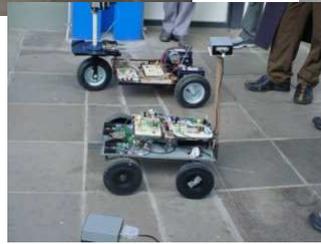
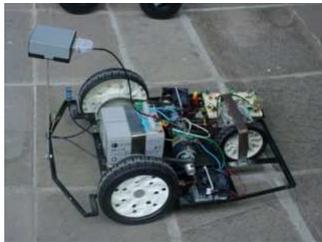
Exemplos de Aplicações...  
Pesquisa



## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

Exemplos de Aplicações...  
Pesquisa e Aprendizado



21

Março 2011

## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

Exemplos de Aplicações...  
Pesquisa e Aprendizado



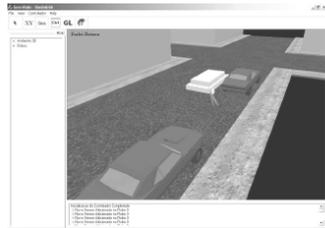
22

Março 2011

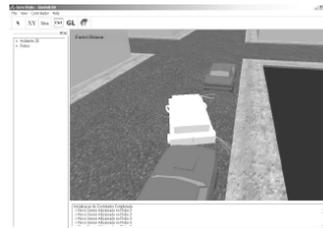
## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

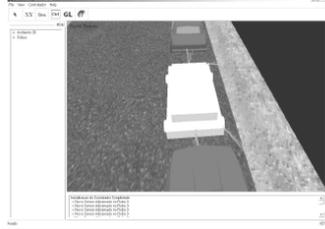
Exemplos de Aplicações...



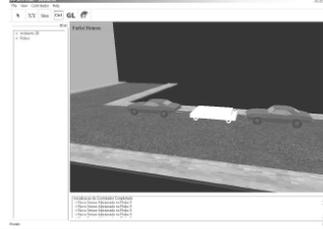
a)



b)



c)



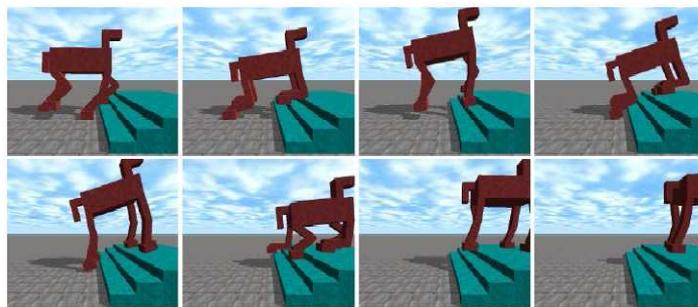
d)

23

Março 2011

## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos



24

Março 2011

## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

#### Referências Complementares...

#### Exemplos de Aplicações desenvolvidas no LRM no ICMC

#### YouTube

- Curso de Programação de Robôs  
<http://www.youtube.com/watch?v=pulqmRyBeO0>
- Robôs Móveis (Sist. de Visão) - <http://www.youtube.com/fosorio>
- Veículos Autônomos (LRM) - <http://www.youtube.com/lrmicmc/>

#### SlideShare

- Curso de Programação de Robôs à Distância (PUC-RS + ICMC)  
<http://www.slideshare.net/fosorio>  
(Robôs localizados em São Carlos controlados de Porto Alegre)

## 6. Robôs Móveis Autônomos

### Robôs Móveis Autônomos

#### Referências Complementares...

#### Exemplos de Aplicações desenvolvidas no LRM no ICMC

#### Fotos Picasa:

<http://picasaweb.google.com/fosorio/USPICMCLRMLaboratorioDeRoboticaMovei#>

<http://picasaweb.google.com/fosorio/USPProjetoSENAGisa#>



SemComp 2009

Palestra Robot NAO

Veiculo com Sensores





**INFORMAÇÕES SOBRE A DISCIPLINA**

**USP - Universidade de São Paulo - São Carlos, SP**  
**ICMC - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação**  
**SSC - Departamento de Sistemas de Computação**

**Prof. Fernando Santos OSÓRIO**

**PAE Gustavo Pessin**

**Web institucional: [Http://www.icmc.usp.br/ssc/](http://www.icmc.usp.br/ssc/)**

**Página pessoal: [Http://www.icmc.usp.br/~fosorio/](http://www.icmc.usp.br/~fosorio/)**

**E-mail: fosorio[at]{ icmc.usp.br, gmail.com } # pessin[at]gmail.com**

**Disciplina de Robôs Móveis Autônomos**

**Web Disciplinas: [Http://www.icmc.usp.br/~fosorio/](http://www.icmc.usp.br/~fosorio/)**

**Wiki ICMC: <http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-714>**

**> Programa, Material de Aulas, Critérios de Avaliação,**

**> Material de Apoio, Trabalhos Práticos**