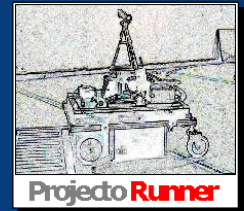


Sistema de Navegação do Veículo Autónomo do DEE



Nuno Xavier Moreira

Orientação

Alfredo Martins

José Miguel Almeida

Projecto fim de curso

Lic. Eng. Electrotécnica – Electrónica e Computadores



Instituto Superior de Engenharia do Porto 2002

Sumário



- **Introdução**
- **Requisitos**
- **Projecto**
- **Implementação**
- **Resultados**
- **Conclusões**
- **Trabalhos Futuros**

Introdução



- **Robótica Móvel**
 - Área de interesse em Automação e Sistemas

- **Objectivo**
 - Sistema de navegação para localização em ambientes semi-estruturados

- **Aplicações**
 - Indústria
 - Ambientes hostis
 - Busca e Salvamento
 - Vigilância
 - Assistência doméstica
 - Competições robóticas
 - Investigação Espacial

Requisitos



- **Estudo de sensores**
- **Fusão sensorial**
- **Estimação do estado do veículo**
- **Restrições do veículo**
- **Funcionamento em ambientes semi-estruturados**
- **Detecção de obstáculos**
- **Velocidades aceitáveis**
- **Baixo custo**
- **Utilização de tecnologias abertas**
- **Implementação do sistema real**



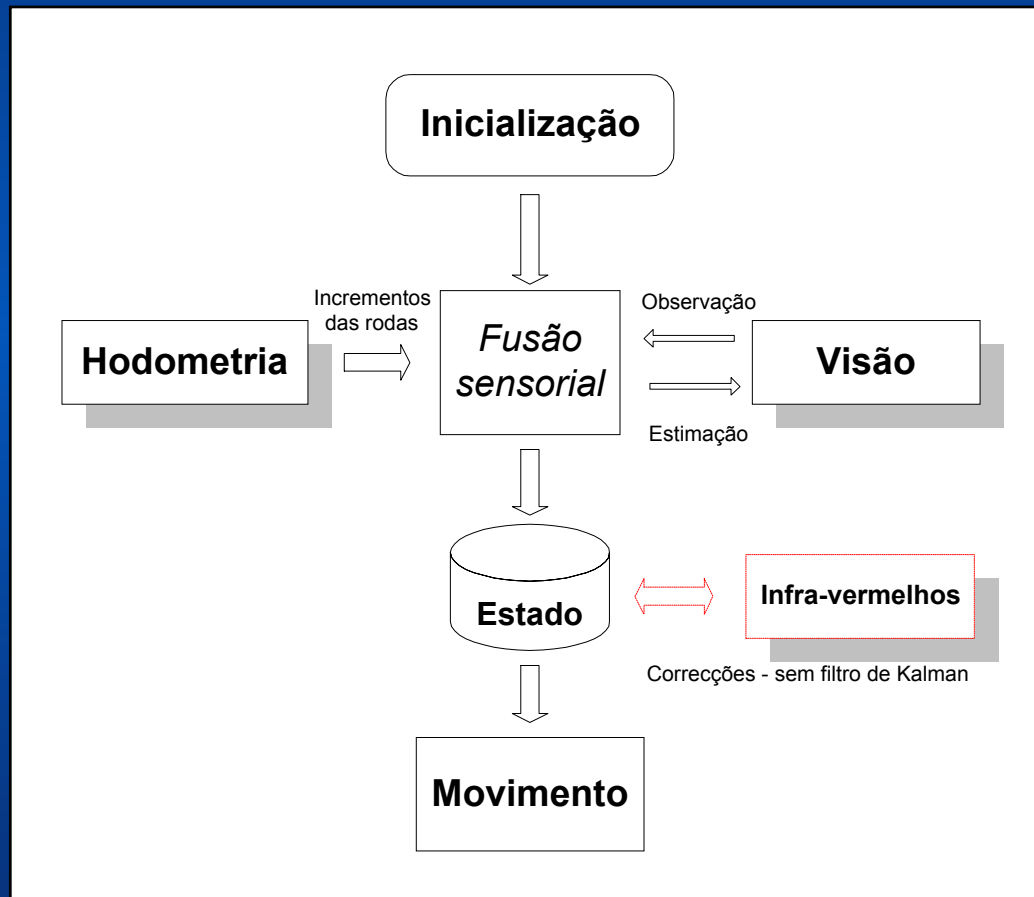
■ Sensores abordados

- Encoder óptico
- Sensor de Imagem
- Infra-vermelho
- Sonar
- Laser
- Bússola digital
- Giroscópio
- Acelerómetros
- GPS

■ Solução

- 1ª fase
 - Hodometria e Infra-vermelhos
- 2º fase
 - Hodometria, Infra-vermelhos e Sistema de Visão

■ Arquitectura do Sistema de Navegação



■ Hodometria

- Incremento da posição

$$\Delta D_k = \frac{\Delta D_{kR} + \Delta D_{kL}}{2}$$

- Incremento da orientação

$$\Delta \Phi_k = \frac{\Delta D_{kR} - \Delta D_{kL}}{b}$$

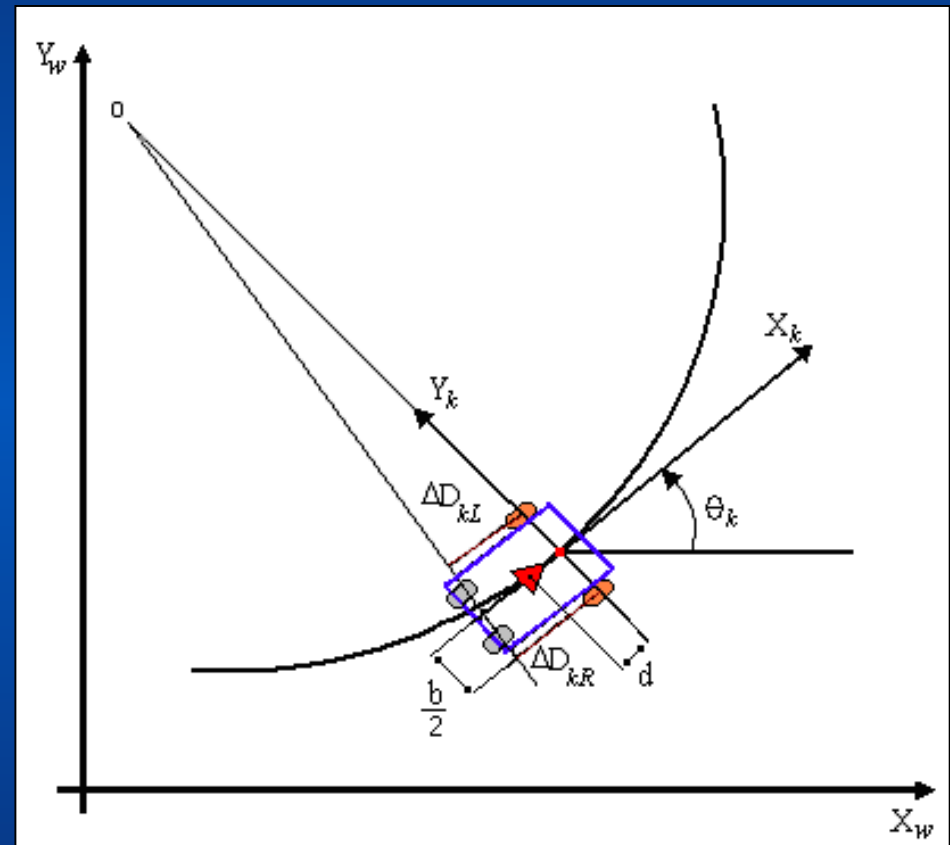
- Posição e Orientação

$$x_{k+1} = x_k + \Delta s_k \cos\left(\theta_k + \frac{\Delta\theta_k}{2}\right)$$

$$y_{k+1} = y_k + \Delta D_k \sin\left(\theta_k + \frac{\Delta\theta_k}{2}\right)$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \Delta\theta_k$$

$$\Delta s_k = \Delta D_k \cdot \frac{\sin\left(\frac{\Delta\theta_k}{2}\right)}{\frac{\Delta\theta_k}{2}}$$



Trajectória curvilínea

- Sistema de Visão
 - Geometria da imagem
 - Câmara pontual - *pinhole camera*
 - Câmara com lente (câmara real)
 - Aberrações da lente
 - Modelo utilizado
$$\begin{cases} X_{2D} = f \frac{X_{3D}}{Z_{3D}} \\ Y_{2D} = f \frac{Y_{3D}}{Z_{3D}} \end{cases}$$
 - Radiometria
 - Brilho de um pixel
 - Espaços de cores
 - RGB, HSV e YUV
 - Sistemas de coordendas
 - Imagem, câmara, robot e mundo

- Fusão sensorial - Extended Kalman Filter
 - Sistema discretos não lineares

$$x_k = f(x_{k-1}, u_k, w_{k-1}, \tau_k)$$

- Observações

$$z_k = h(x_k, v_k)$$

- Previsão

$$\hat{x}_k^- = f(\hat{x}_{k-1}, u_k, 0, 0)$$

$$P_k^- = A_k P_{k-1} A_k^T + B_k T_{k-1} B_k^T + Q_{k-1}$$

- Correção

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R_k)^{-1}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - h(\hat{x}_k^-, 0))$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_k^-$$

Implementação



■ Plataforma de desenvolvimento

- Computador
- Câmara digital
- Lente angular
- Encoders ópticos
- Infra-vermelhos
- Radiolinks
- Motores DC
- Pontes H
- Placa de Eixos
- Baterias
- Conversor DC/AC



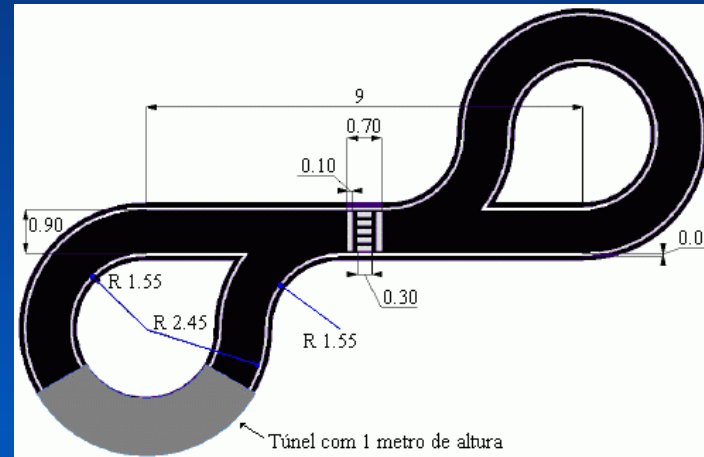
Protótipo Runner

Implementação



■ Cenário

- Pista de prova – Aveiro
 - Forma de “oito”
 - Linhas limites brancas
 - Fundo Preto
 - Semáforos
 - Túnel



- Pista de testes – ISEP
 - Menor dimensão
 - Linhas limites pretas
 - Fundo claro

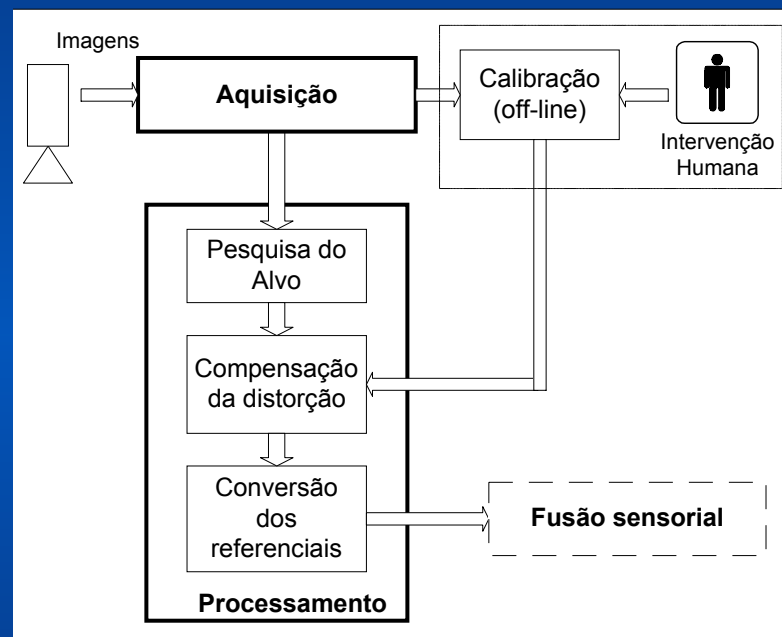


Implementação



■ Sistema de Visão

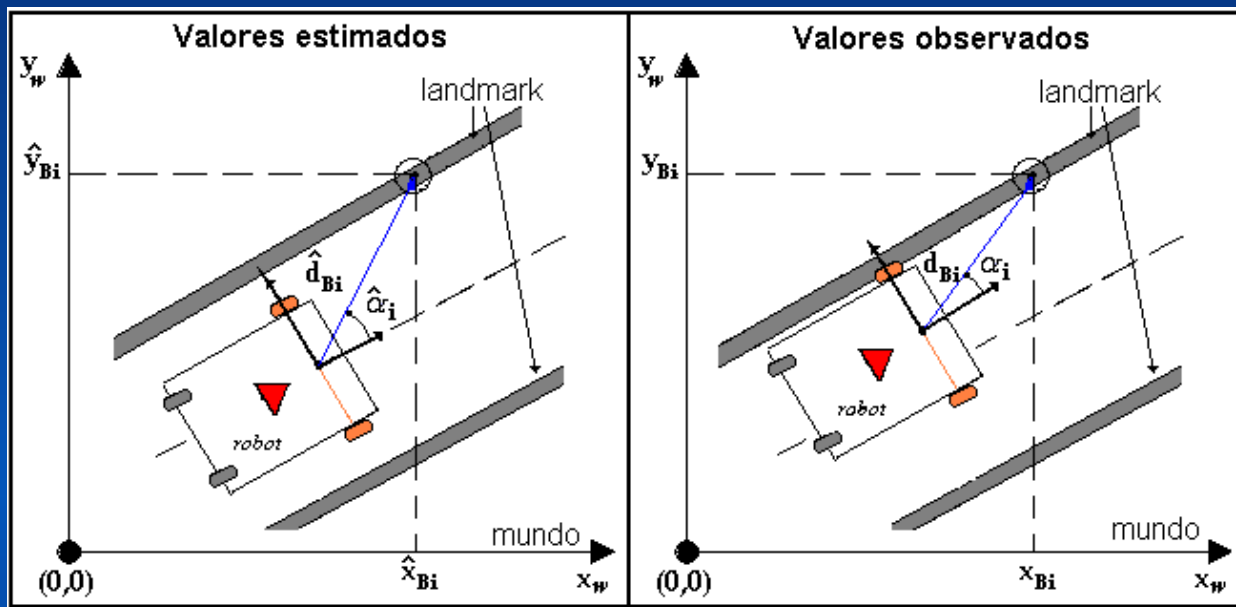
- **Aquisição**
 - Vídeo4linux
- **Calibração em off-line**
 - Ferramentas Matlab
 - Processo Remoto
- **Processamento**
 - Pesquisa do alvo
 - Compensação da distorção
 - Conversão dos referenciais



Implementação



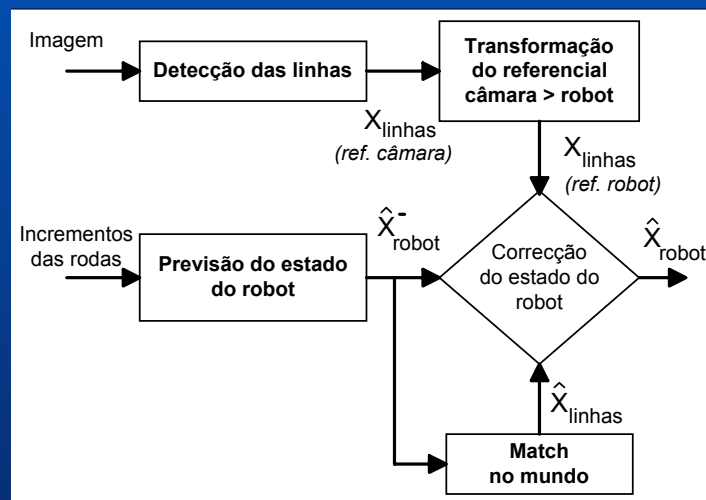
Estimação vs Observação



Sistema de Navegação

Fusão dos sensores

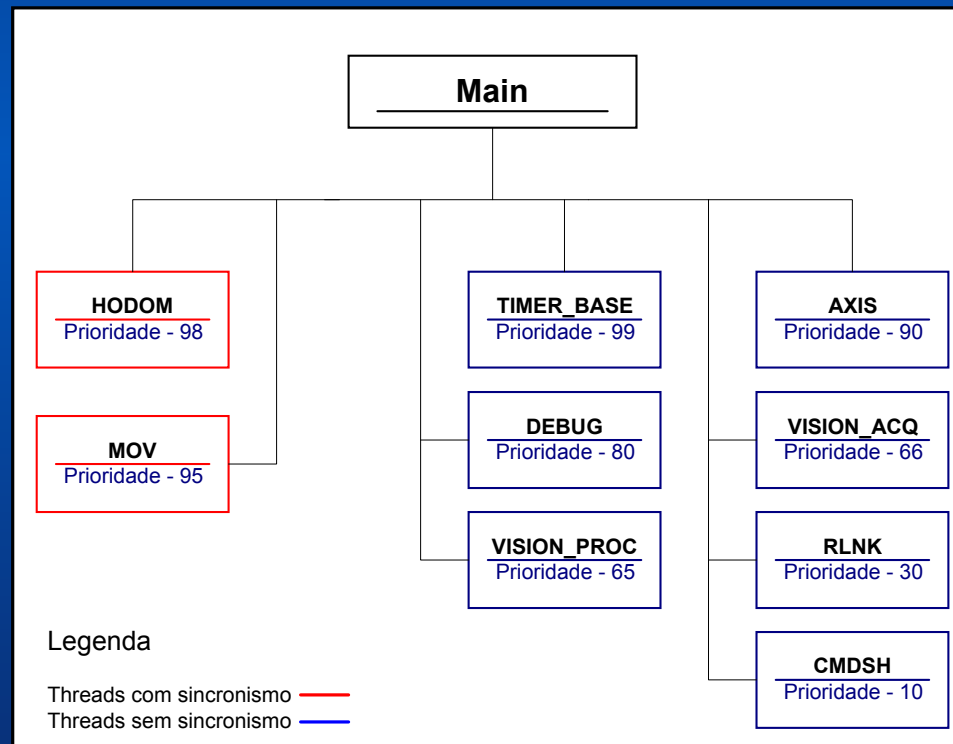
- **Hodometria**
- **Visão**



Implementação



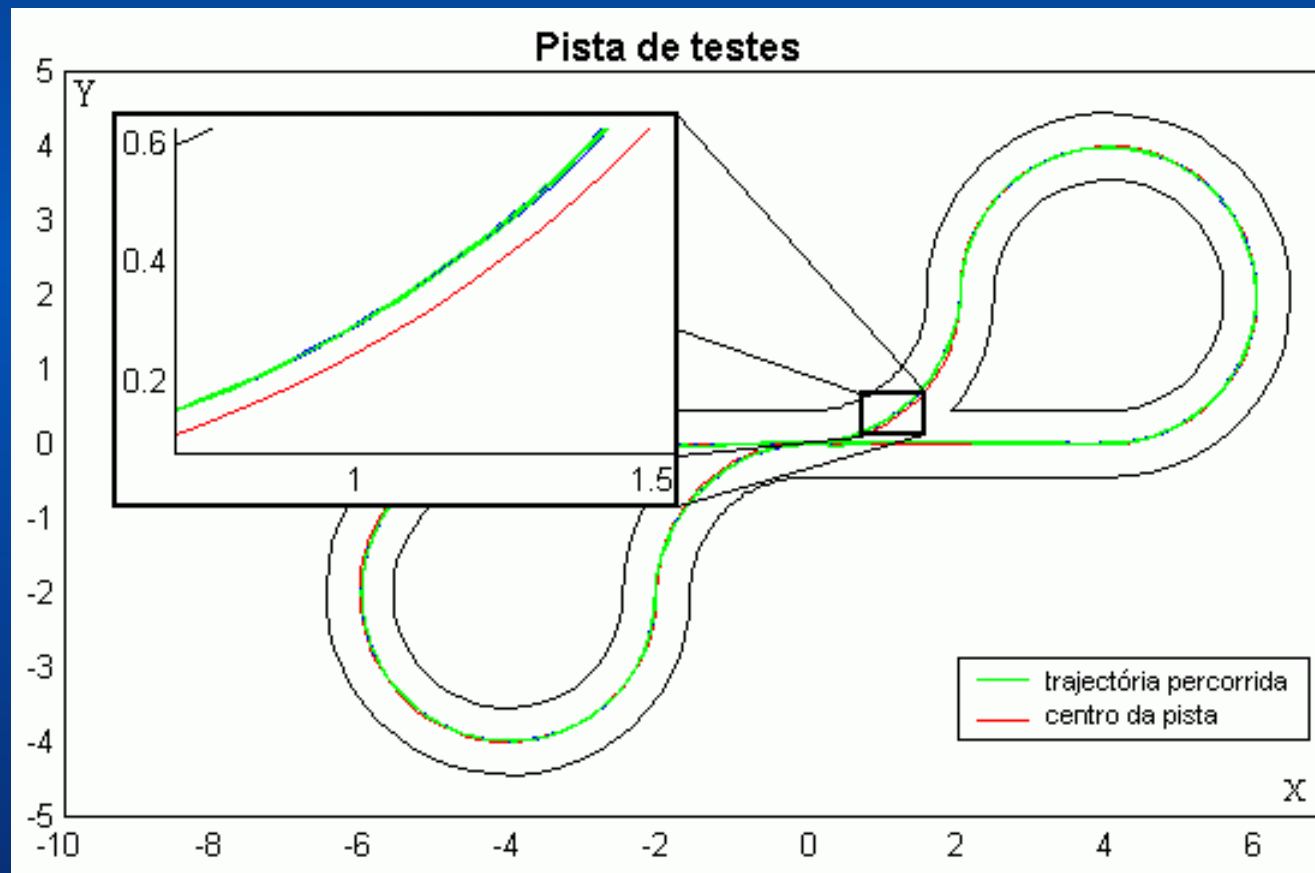
- Sistema em Tempo Real
 - Extensões do Linux para Tempo Real
 - Ambiente Multi-Thread
 - Comunicação e Sincronismo



Resultados



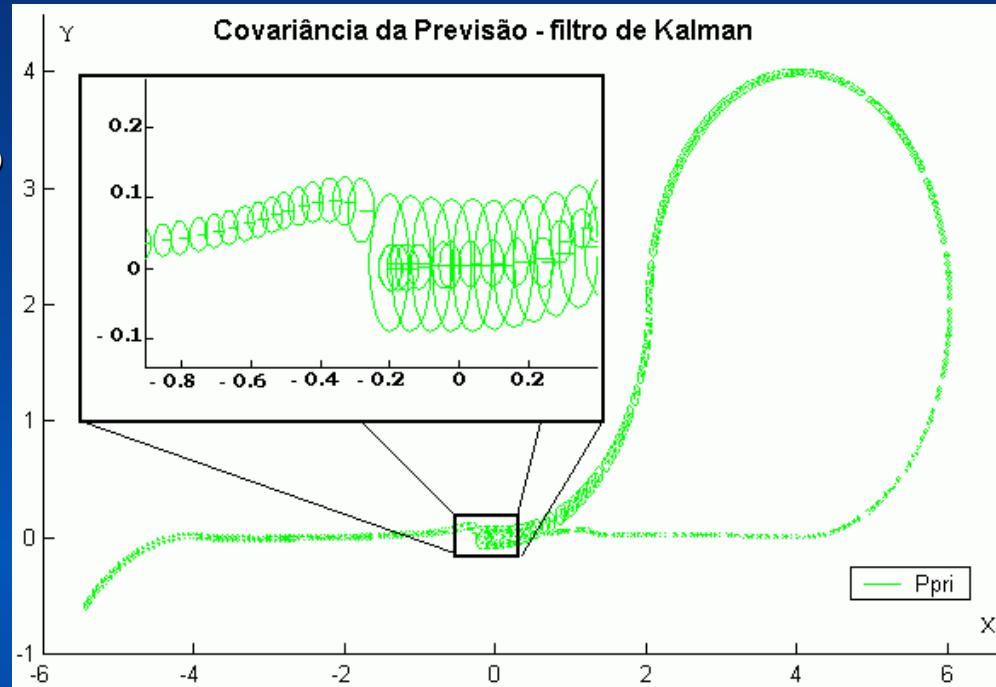
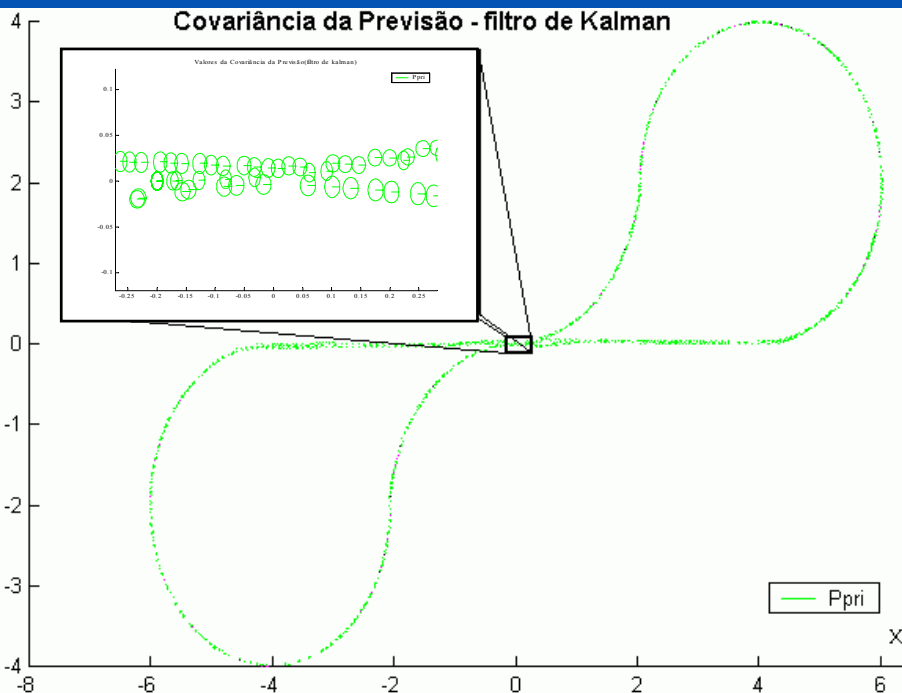
- Trajectória efectuada na pista
 - Desvios do centro da pista
 - Convergência da trajectória



Resultados



- Evolução da Covariância da Previsão
 - Observações apenas nas rectas



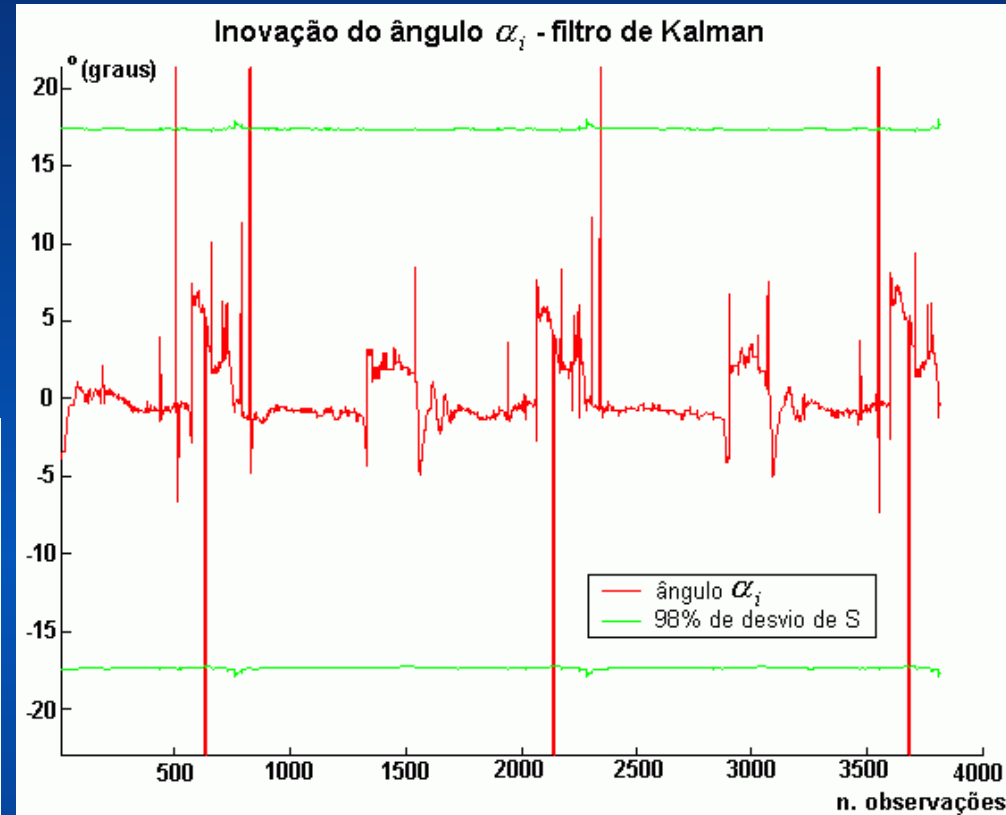
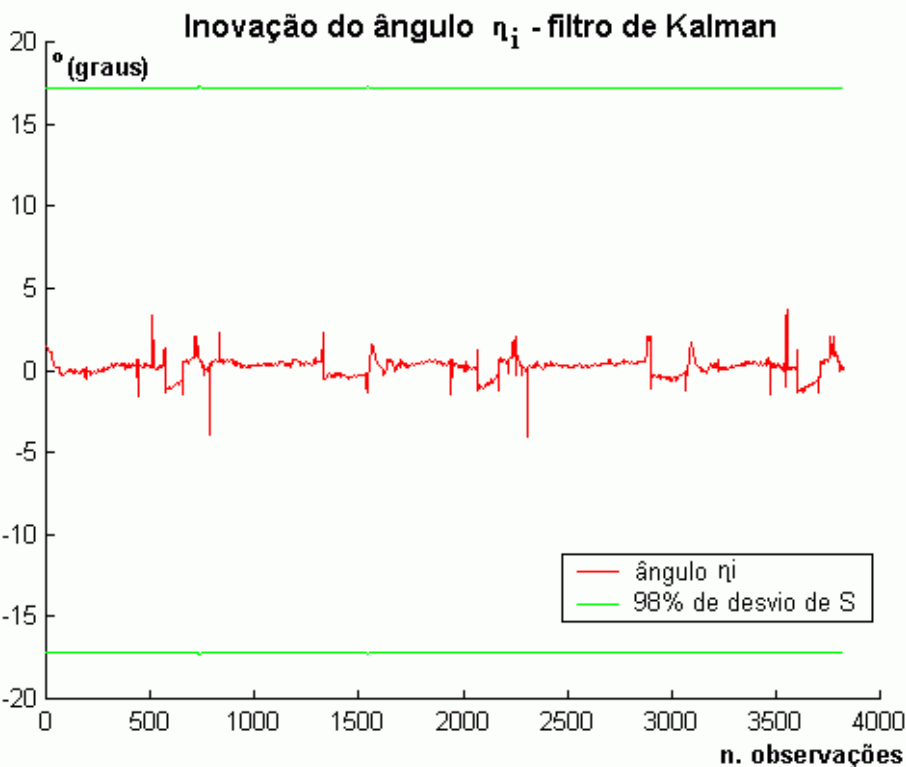
- Evolução da Covariância da Previsão
 - Observações em toda a pista



Resultados



- Inovação do ângulo “alpha”
 - Rejeição de observações



- Inovação do ângulo “niu”
 - Menor sensibilidade



Conclusões



- **Projectado, implementado e validado um sistema de navegação**
- **Uma porta aberta para desenvolvimentos futuros na área da navegação de robots móveis**
- **Implementação num sistema real**
- **Apto a participar nos Festivais Nacionais de Robótica na classe UIP- Universidade e Politécnicos**



- **Sistema sensorial**

- Integração de mais sensores

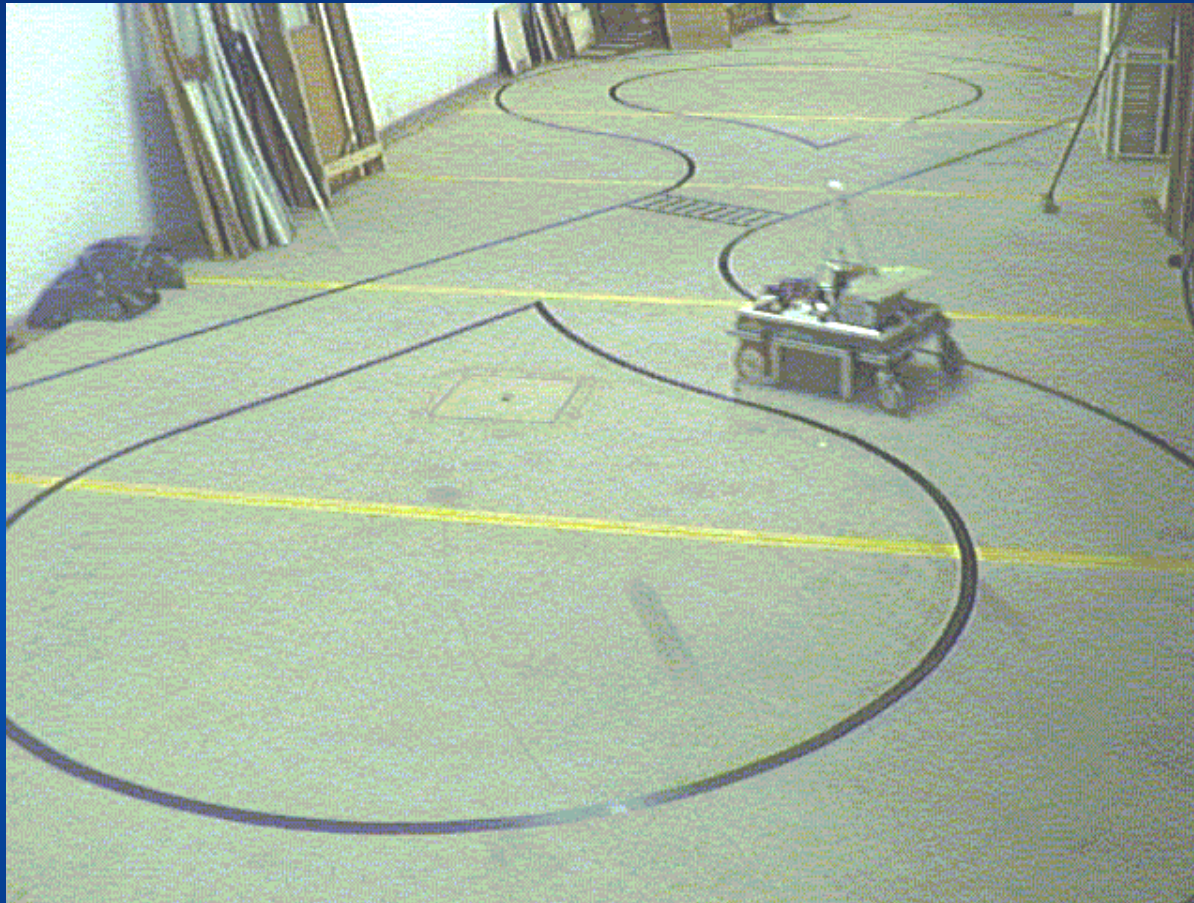
- **Sistema de Visão**

- Integração de multi-câmaras
- Detecção de obstáculos
- Auto - calibração
- Controlo automático de imagem

- **Sistema de Navegação**

- Auto - posicionamento
- SLAM - Localização e Mapeamento em Simultâneo

Fim



Nuno Xavier Lopes Moreira

e970181@dee.isep.ipp.pt
<http://ww.dee.isep.ipp.pt/~e970181>