

## SISTEMA DE NAVEGAÇÃO FUZZY PARA ROBÔS MÓVEIS AUTÔNOMOS

**Fernando Alberto Correia dos Santos Junior<sup>1</sup>; Matheus Giovanni Pires<sup>2</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq. Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [fernando.correia.jr@gmail.com](mailto:fernando.correia.jr@gmail.com)
2. Orientador, Departamento de Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [mgipires@ecomp.uefs.br](mailto:mgipires@ecomp.uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Robôs Móveis Autônomos, Navegação, Lógica Fuzzy.

### INTRODUÇÃO

Sistemas capazes de automatizar processos com o objetivo de preservar a integridade humana apresentam um apelo muito interessante do ponto de vista científico. Existem várias tarefas do mundo real que oferecem perigo a integridade humana, tais como, inspeção interna de dutos de transporte de petróleo, limpeza de sistemas de ar-condicionado, a pulverização de inseticidas em estufas (MANDOW *et al.*, 1996), detecção e salvamento de pessoas soterradas em escombros de estruturas danificadas (MURPHY, 2000), etc. Neste contexto, os robôs móveis autônomos podem realizar tarefas que seriam impossíveis e/ou perigosas para os humanos (BAY, 1995).

Robôs móveis autônomos são robôs que possuem a capacidade de se movimentarem dentro de ambientes abertos ou fechados, sem a intervenção de nenhum usuário externo. O sistema robótico navega totalmente independente da intervenção externa, tomando as decisões necessárias para alcançar seu objetivo (SCATENA, 2008). Dessa forma, diante de um conhecimento parcial do ambiente, de um objetivo previamente definido, uma posição ou uma série de posições, cabe ao sistema de navegação do robô agir baseado neste conhecimento e nos valores provenientes dos sensores para atingir o seu objetivo da forma mais eficiente e confiável possível (MURPHY, 2000).

Um grande número de abordagens têm sido propostas como solução para o problema da navegação de robôs móveis. A principal diferença entre elas está na forma em como cada uma decompõe o problema em partes menores, sendo que duas abordagens merecem destaque: a navegação qualitativa e a navegação quantitativa. Em ambas há a necessidade de determinar um caminho para um objetivo específico. A principal diferença é que a navegação quantitativa, ou métrica, favorece a utilização de técnicas que podem produzir uma rota ótima. Por outro lado, a navegação qualitativa avalia as características do ambiente, e a partir da identificação de pontos de referência determina-se um caminho (SIEGWART, 2004).

Independentemente da abordagem utilizada, duas competências adicionais são necessárias à navegação, o planejamento de rotas e o desvio de obstáculos. Dado um mapa e um objetivo, o planejamento de rotas envolve a identificação de uma trajetória que leve o robô à sua posição objetivo. A segunda competência, igualmente importante à primeira, significa agir em tempo real diante dos obstáculos a fim de evitar colisões (SIEGWART, 2004). Em relação ao planejamento de rotas, uma classe de problema interessante é o melhoramento do traçado de curvas, ou seja, uma rota pode ser suavizada transformando-se em uma sequência de curvas harmônicas. Para isto, várias técnicas já foram propostas, como por exemplo, curvas de Beziér (CHOI, *et al.* 2012).

As maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento de um sistema de navegação autônomo estão na existência de incerteza ou ruídos nos dados dos sensores; na aquisição de informações parciais sobre o ambiente; na produção de uma grande quantidade de dados vinda de sensores distintos e na dinâmica do ambiente (CORRÊA, 2011). Diante destas dificuldades, a Lógica *Fuzzy* é um ferramental matemático muito utilizado para o tratamento

de informações imprecisas e vagas, a qual está fundamentada na Teoria de Conjuntos *Fuzzy* proposta por Lotfi A. Zadeh em 1965 (ZADEH, 1965).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de navegação fuzzy para robôs móveis autônomos. Este sistema de navegação se baseia na abordagem quantitativa e a Lógica *Fuzzy* é utilizada com o intuito de otimizar a trajetória a ser percorrida pelo robô, tornando a navegação mais eficiente e segura, ou seja, sem colisões. Os experimentos foram realizados sobre a plataforma robótica *Pioneer 3-AT* (MOBILEROBOTS, 2012).

## METODOLOGIA

Para uma melhor organização do projeto, foi realizado um planejamento das atividades, dividindo-as em etapas e agrupando-as de acordo com suas especificidades. Dessa forma, as atividades foram divididas em:

1. **Estado da Arte:** pesquisa em livros, artigos e periódicos que abordam o problema da navegação em robôs móveis autônomos, os quais utilizam a Lógica *Fuzzy* como proposta de solução para este problema.
2. **Escolha do Ambiente de Simulação:** fazer levantamento bibliográfico dos ambientes de simulação para robôs móveis, analisá-los e definir qual deles será usado no desenvolvimento do trabalho proposto.
3. **Arquitetura do Sistema:** definir os módulos do sistema de comunicação, mapeamento do ambiente, traçado de rotas e o controlador *fuzzy*.
4. **Experimentos:** etapa na qual serão modelados e implementados os experimentos necessários à verificação da aplicabilidade e eficiência da abordagem proposta em um ambiente simulado.

Para a realização do estado da arte foi utilizado o material bibliográfico disponível na biblioteca da UEFS. Além disso, o acesso a artigos científicos foi realizado pelo Portal da CAPES (<http://www.periodicos.capes.gov.br>) e pela biblioteca digital do IEEE (<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/dynhome.jsp>). Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada a infra-estrutura disponível do laboratório de pesquisa LASIC (Laboratório de Sistemas Inteligentes e Cognitivos) do curso de Engenharia de Computação da UEFS.

## RESULTADOS

Após a realização do estado da arte, com base em um levantamento bibliográfico foram listados, estudados e analisados diferentes ambientes de simulação, dentre eles o simulador *MobileSim* foi o escolhido como ferramenta de simulação para este trabalho. Esta escolha se baseou em critérios, tais como, custo (valor da licença), qualidade, compatibilidade com o *Pioneer 3-AT* e recursos de análise presentes na ferramenta.

Em seguida, foi desenvolvido um aplicativo responsável pela leitura e interpretação de mapas, que representam ambientes que poderão ser navegados pelo robô. Este mapa servirá como base para o Planejador de Rotas definir qual é a melhor rota possível entre dois pontos previamente definidos pelo usuário. O arquivo que representa o mapa tem uma estrutura bem simples podendo ele ser editado com um editor de texto qualquer ou utilizando o aplicativo *Mapper3* (MOBILEROBOTS, 2012).

O aplicativo responsável pelo monitoramento do robô implementado possui grande importância no projeto, pois este fará a comunicação com o aplicativo embarcado no robô que fornecerá as informações de todos os sensores e do ambiente em tempo real. A Figura 1a ilustra o aplicativo desenvolvido sendo executado, e paralelo a isso, a Figura 1b mostra a navegação do robô “virtual” em um ambiente simulado utilizando a ferramenta *MobileSim*.

As duas figuras mostram um pequeno experimento. Primeiramente, o aplicativo desenvolvido fez a leitura do arquivo que representa o mapa, conectou-se ao robô (no caso, um robô simulado), após isso foi traçada uma rota e em seguida executada. O trecho em verde representa o caminho já percorrido pelo robô, e o trecho em vermelho representa o caminho restante, ainda a ser percorrido. Em paralelo, no ambiente simulado, Figura 1b, o robô executa o caminho seguindo o que fora determinado, em vermelho o “rastros” do robô. Com base nessas duas imagens é possível ver a similaridade entre elas, o que prova que o que foi desenvolvido está coerente com o objetivo de capturar e representar as informações vindas do robô. A qualidade dessa captura e representação será fundamental para o bom funcionamento do sistema, já que essas informações serão entradas do controlador *fuzzy*.



**Figura 1:** Navegação do robô. **A** - Trecho de rota executada pelo robô. **B** - Simulação do robô real pela ferramenta *MobileSim*.

Devido à complexidade das regras de inferência, ainda não foi possível chegar a uma versão final do controlador *fuzzy*. Vários cenários já foram construídos para auxiliar na construção da base de regras do controlador *fuzzy*, que será responsável em suavizar a rota gerada pelo Planejador de Rotas utilizando curvas de Beziér.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo apresentar um controlador *fuzzy* para a navegação de robôs móveis autônomos. Antes da construção propriamente dita do controlador, várias etapas preliminares ao controlador foram realizadas. Estas etapas são fundamentais e sem elas não seria possível a construção do controlador *fuzzy*.

Primeiramente, realizou-se um estudo sobre o estado da arte sobre os simuladores utilizados para a simulação de ambientes e de sistemas robóticos. Após este estudo foi escolhido o simulador *MobileSim*. Em seguida, um aplicativo responsável pela construção do mapa foi desenvolvido. Este mapa será transmitido ao Planejador de Rotas para a definição da melhor rota possível entre dois pontos previamente definidos pelo usuário.

O aplicativo responsável pelo monitoramento do robô também foi implementado, e este fará a comunicação com o aplicativo que fornecerá as informações de todos os sensores

do robô real e do ambiente. Finalmente, o controlador *fuzzy* se encontra em fase de desenvolvimento. Vários cenários já foram construídos para auxiliar na construção da base de regras do controlador *fuzzy*, que será responsável em suavizar a rota gerada pelo Planejador de Rotas utilizando curvas de Beziér.

## REFERÊNCIAS

BAY, J. S. **Design of the army-ant cooperative lifting robot.** IEEE Robotics Automation Magazine, v. 2, n. 1, p. 36-43, 1995.

CORRÊA, Fabiano Rogério. **Mapeamento semântico com aprendizado estatístico relacional para representação de conhecimento em robótica móvel.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Controle e Automação Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CHOI, J.; CURRY, R.; ELKAIM, G. **Path Planning Based on Bezier Curve for Autonomous Ground Vehicles.** World Congress on Engineering and Computer Science, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, 2008.

MANDOW, A. et al. **The autonomous mobile robot AURORA for greenhouse operation.** IEEE Robotics Automation Magazine, v. 3, n. 4, p. 18 -28, 1996.

MURPHY, R. **Introduction to AI Robotics.** MIT Press, 2000a.

SCATENA, J. M. **Ambiente de desenvolvimento de aplicações para robôs móveis.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, EESC-USP, 2008..

SIEGWART, R.; NOURBAKHSI, I. R. **Introduction to Autonomous Mobile Robots.** MIT Press, 2004.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets.** Information and Control. v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.