



Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Engenharia de Software

# **Auto-Localização e Mapeamento de Ambientes: Uma Aplicação Voltada à Robótica Educacional**

Autor: Rafael Fazzolino P. Barbosa  
Orientador: Dr. Maurício Serrano

Brasília, DF  
2016





## Lista de ilustrações



# Lista de tabelas

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Cronograma TCC 1 . . . . . | 11 |
|---------------------------------------|----|



# Sumário

|            |                             |           |
|------------|-----------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>PROPOSTA INICIAL</b>     | <b>7</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Contextualização</b>     | <b>7</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Problema de Pesquisa</b> | <b>9</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Justificativa</b>        | <b>9</b>  |
| <b>1.4</b> | <b>Objetivos</b>            | <b>10</b> |
| 1.4.1      | Objetivos Gerais            | 10        |
| 1.4.2      | Objetivos Específicos       | 10        |
| <b>2</b>   | <b>METODOLOGIA</b>          | <b>11</b> |
|            | <b>Referências</b>          | <b>13</b> |





# 1 Proposta Inicial

## 1.1 Contextualização

O nascimento da robótica se deu no contexto industrial, onde ferramentas autônomas foram desenvolvidas para executar atividades de forma repetitiva e incansável, maximizando a qualidade dos produtos produzidos e minimizando o custo e tempo para produção dos mesmos (ROMANO, 2002). Para (ROMANO, 2002), a palavra robô é derivada da palavra *robota*, de origem eslava, que significa *trabalho forçado*, ou seja, robôs podem ser considerados ferramentas incansáveis que apoiam o trabalho humano.

Segundo (OLIVEIRA, 2008), a autonomia de um robô é fortemente condicionada pela sua capacidade de perceber o ambiente de navegação, interagindo com o meio e realizando tarefas com o mínimo de precisão. Este mínimo, de acordo com (OLIVEIRA, 2008), seria a navegação sem colisão em obstáculos.

Para que robôs sejam capazes de navegar em um ambiente desconhecido sem que haja colisão em objetos e obstáculos, os mesmos necessitam de informações sobre este ambiente. Estas informações são adquiridas utilizando sensores. Como foi apresentado por (COSTA; Okamoto Jr., 2002), no livro de Robótica Industrial, os sensores possuem o dever de fornecer informações ao sistema de controle do robô sobre distâncias de objetos, posição do robô, contato do robô com objetos, força exercida sobre objetos, cor e textura dos objetos, entre outras.

Além de obter informações sobre o ambiente, o robô precisa se auto-localizar para processar as informações obtidas e traçar rotas sem colisões até o ponto de destino. Para isso, foram desenvolvidas muitas formas de auto-localização, algumas delas são citadas por (SANTOS; SILVA; ALMEIDA, 2002), como:

- **Utilização de Mapas:** O robô conhece o mapa onde realizará a navegação à priori, conhecendo os obstáculos e os caminhos possíveis. Possuindo essas informações, o robô irá traçar as rotas mais eficientes para chegar em seu objetivo.
- **Localização Relativa em Grupos:** Esta técnica utiliza a navegação simultânea de muitos robôs, cada robô sabe a posição relativa dos outros robôs, podendo calcular sua posição relativa.
- **Utilização de Pontos de Referência:** Conhecendo pontos de referência que estão distribuídos pelo mapa de navegação, o robô consegue calcular sua posição através da técnica de triangulação.

- **Localização Absoluta com GPS:** A partir desta técnica é fácil obter a posição absoluta do robô em relação à terra. O grande problema desta técnica é a margem de erro presente no sistema de GPS, inviável para navegações internas.
- **Utilização de Bússolas:** É uma técnica interessante para conhecimento da orientação do robô, o que facilita muito na navegação do mesmo. Entretanto, as bússolas são muito frágeis a interferências externas, como por exemplo, a proximidade de materiais ferro-magnéticos ou as fugas magnéticas dos motores presentes no próprio robô.
- **Odometria:** Consiste na medição da distância relativa percorrida pelo robô, utilizando sensores presentes nas rodas do mesmo. Necessita do conhecimento do ponto de origem.

As formas apresentadas anteriormente, para se trabalhar com auto-localização, possuem características únicas que as adequam para diferentes contextos de navegação. Por exemplo, a Utilização de Mapas é uma técnica bastante útil quando se está trabalhando com um ambiente conhecido e estático, porém, em ambientes mutáveis e não conhecidos, essa estratégia se torna um problema. A Localização Relativa em Grupos é a técnica adequada quando a navegação envolve muitos robôs, a qual não necessita de conhecimento prévio do mapa. A Utilização de Pontos de Referência é uma técnica comumente utilizada, a qual é útil quando não se conhece o ambiente de navegação. Entretanto, os pontos de referência, nesse caso, precisam ser conhecidos.

Quando se tem ambientes abertos e amplos, a técnica de Localização Absoluta com GPS é a mais utilizada, porém sua margem de erro torna a navegação em ambientes pequenos ou fechados inviável. A Navegação com utilização de Bússulas garante um apoio muito útil para orientação do robô. Entretanto, essa técnica gera problemas relacionados a interferências externas, como materiais eletromagnéticos próximos à bússula.

A técnica de Odometria é muito utilizada em navegações curtas, em ambientes com o piso regular e plano. O grande problema desta técnica é adição de erros a cada centímetro percorrido, por meio de derrapagens e falhas no giro das rodas.

Desse modo, é fácil perceber que cada técnica possui características que se adaptam melhor para diferentes situações. Durante este trabalho, a situação atacada é a navegação autônoma de robôs simples e baratos, como os kits de robótica da LEGO. Os quais possuem poucas opções de sensores e características bem limitadas (HÁMORI; LENGYEL; RESKÓ, 2011).

## 1.2 Problema de Pesquisa

Todas as técnicas de auto-localização apresentadas na seção anterior já foram testadas, comparadas e refatoradas em diferentes contextos. Desde a navegação marítima até questões relacionadas a tecnologia aeroespacial (OLIVEIRA, 2008). Porém, sabe-se que, nestes contextos, o *hardware* utilizado para navegação era de alta tecnologia, possuindo processadores de altíssimo desempenho e sensores bem precisos.

Já em um contexto educacional, a infraestrutura disponível nem sempre engloba os critérios necessários para aplicação das técnicas de auto-localização. Um exemplo disso é a utilização, por (OLIVEIRA, 2008), de uma câmera omnidirecional para obter informações sobre o ambiente. Além da dificuldade de aquisição do *hardware*, a complexidade em trabalhar com este tipo de análise inviabiliza a utilização da mesma em um sistema educacional onde o objetivo é ensinar programação a partir da robótica.

Desse modo, vê-se a necessidade da adaptação de técnicas de auto-localização para o contexto da Robótica Educacional, utilizando os kits de robótica *Mindstorms* da LEGO. Onde a capacidade de processamento e a precisão dos sensores e dos atuadores é limitada. A intenção é tomar como base a técnica de mapeamento do ambiente e auto-localização simultâneos (conhecida como problema de SLAM - *Simultaneous Location and Mapping*) (DISSANAYAKE et al., 2001).

A questão de pesquisa que será discutida durante este trabalho é "*Como solucionar o problema de SLAM no contexto limitado da Robótica Educacional?*".

## 1.3 Justificativa

A utilização da Robótica como uma forma de ensinar programação em escolas e faculdades, a chamada Robótica Educacional, (MALIUK, 2009), traz alguns benefícios para o aluno. Conforme colocado pelos autores (GALVAN et al., 2006), (ZHAO et al., 2008), (MALIUK, 2009) e (WAHAB1; AZAHARI2; TAJUDDIN1, 2015), alguns desses benefícios são: maior interesse pelos conteúdos estudados em aula, capacidade de trabalhar em grupo, aplicação prática do conhecimento teórico e multidisciplinaridade. A Universidade de Brasília utiliza esta abordagem de ensino/aprendizagem durante a disciplina de Introdução à Robótica Educacional, ministrada pelo professor Dr. Maurício Serrano. Na disciplina, são utilizados os Kits de robótica *Mindstorms*, da Lego, para desenvolvimento de soluções dos problemas presentes em um tapete de missões. A organização da disciplina se inspira nos campeonatos de robótica, como (LAU et al., 2002) ou (SANTOS; SILVA; ALMEIDA, 2002), por exemplo. Neste tipo de campeonato, a navegação é o quesito mais importante (LAU et al., 2002), a qual deve possuir a menor margem de erro possível para solucionar as missões.

As missões utilizadas durante a disciplina são referentes a problemas recorrentes no contexto da robótica mundial. Porém, a solução dos mesmos é uma adaptação das técnicas existentes para o contexto limitado da disciplina, onde são utilizadas apenas ferramentas presentes no kit *Mindstorms* da Lego. Esta adaptação exige um conhecimento amplo sobre a técnica, para que o estudante possa identificar características relevantes e adaptá-las de acordo com o *hardware* disponível.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivos Gerais

Adaptar técnicas de resolução do problema de SLAM para o contexto da Robótica Educacional, utilizando os kits de robótica *Mindstorms* da Lego.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

O Objetivo Geral pode ser dividido em quatro objetivos específicos, que vão desde a solução do problema até a adaptação da mesma pro contexto educacional, como são apresentados a seguir.

- Resolução do problema de SLAM;
- Adaptação pro contexto educacional;
- Garantia da qualidade da solução (Visão da Engenharia de Software);

## 2 Metodologia

Este trabalho segue uma metodologia de pesquisa teórica, exploratória e com uma abordagem qualitativa, onde são selecionadas, comparadas e analisadas técnicas de resolução do problema de SLAM. De acordo com (OLIVEIRA, 2011), a pesquisa exploratória tem como objetivo ampliar os conhecimentos do pesquisador sobre o tema. O uso da pesquisa exploratória, neste trabalho, se dá pela necessidade do amplo conhecimento sobre as técnicas de resolução do problema de SLAM, com o intuito de realizar adaptações das mesmas para o contexto educacional.

Com o objetivo de identificar o máximo de técnicas possível, com os mais diferentes tipos de *hardwares*, será realizada uma longa pesquisa bibliográfica sobre os temas *Auto-localização na Robótica*, *o Problema de SLAM* e *as características da Robótica Educacional*. As principais fontes de dados utilizadas são as bases da CAPES, IEEE e Scopus.

A primeira fase deste trabalho é focada em estabelecer pilares teóricos que sustentem um projeto de adaptação de técnicas durante a segunda fase. Esta primeira fase pode ser sub-dividida em três atividades: *Realizar Pesquisa Bibliográfica*, *selecionar Técnicas* e *Propor Adaptações*. As mesmas estão distribuídas de acordo com o cronograma disposto na tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma TCC 1

| Cronograma                      | Março | Abril | Maio | Junho |
|---------------------------------|-------|-------|------|-------|
| Realizar Pesquisa Bibliográfica | X     | X     | X    | X     |
| Selecionar técnicas             |       | X     | X    |       |
| Propor adaptação                |       |       | X    | X     |

Quanto aos procedimentos de desenvolvimento, durante a fase de adaptação de técnicas de resolução do problema de SLAM, a metodologia seguida será baseada no *Scrum*, utilizando sprints de 2 semanas. O desenvolvimento se dará com base em provas de conceito que buscarão sustentar a viabilidade das adaptações propostas.



# Referências

- COSTA, A. H. R.; Okamoto Jr., J. *Robótica Industrial - Interação de Robô no Ambiente*. [S.l.]: Edgard Blücher Ltda, 2002. ISBN 8521203152. Citado na página 7.
- DISSANAYAKE, G. et al. A solution to the simultaneous localization and map building (slam) problem. The University of Sydney, Australia, 2001. Citado na página 9.
- GALVAN, S. et al. Innovative robotics teaching using lego sets. University of Verona, Italy, 2006. Citado na página 9.
- HÁMORI Ákos; LENGYEL, J.; RESKÓ, B. 3dof drawing robot using lego-nxt. Óbuda University, Hungary, 2011. Citado na página 8.
- LAU, N. et al. Ciber-rato: Uma competição robótica num ambiente virtual. 2002. Citado na página 9.
- MALIUK, K. D. Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Citado na página 9.
- OLIVEIRA, M. F. de. Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração. Universidade Federal de Goiás, Catalão GO, 2011. Citado na página 11.
- OLIVEIRA, P. R. G. D. Auto-localização e construção de mapas de ambiente para robôs móveis baseados em visão omnidirecional estéreo. São Paulo, Brasil, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 9.
- ROMANO, V. F. *Introdução à Robótica Industrial*. [S.l.]: Edgard Blücher Ltda, 2002. ISBN 8521203152. Citado na página 7.
- SANTOS, F. M.; SILVA, V. F.; ALMEIDA, L. Auto-localização em pequenos robôs móveis e autônomos: O caso do robô bulldozer iv. 2002. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 9.
- WAHAB1, A. F. A.; AZAHARI2, M. H.; TAJUDDIN1, R. M. An evaluation of robotic education scale in enhancing science achievement. Universiti Teknologi MARA, 2015. Citado na página 9.
- ZHAO, S. et al. Research on robotic education based on lego bricks. School of Information Science and Engineering, Northeastern University, 2008. Citado na página 9.