



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Engenharia de Controle e Automação

Engenharia Mecânica

Trabalho de Conclusão de Curso baseado na metodologia

Theoprax

**Projeto *open source* para ensino de robótica móvel e
inteligência artificial**

Apresentada por:

Caio Amaral
Élisson Riller
Elton Marques
Iure Pinheiro
Mateus Meneses

Orientador:

Prof. Marco Reis, M.Eng.

Setembro de 2019

Caio Amaral
Élisson Riller
Elton Marques
Iure Pinheiro
Mateus Meneses

Projeto *open source* para ensino de robótica móvel e inteligência artificial

Trabalho de Conclusão de Curso baseado na metodologia Theoprax apresentada ao , Curso de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecânica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia**.

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Salvador
Centro Universitário SENAI CIMATEC
2019

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivo	2
1.1.1	Objetivos Específicos	3
1.2	Justificativa	3
2	Materiais e Métodos	5
2.1	Metodologia	5
2.2	Necessidade de recursos	7
3	Cronograma	8
	Referências	9

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

2.1	Metodologia empregada no desenvolvimento do projeto solução.	5
-----	--	---

Lista de Siglas

Introdução

Por muito tempo a humanidade conjectura sobre o seu futuro. Cidades inteligentes, indústria 4.0, veículos voadores, carros autônomos e a Inteligência Artificial (IA) são só alguns dos conceitos frequentes que permeiam esse cenário. Mas justamente a IA, popularmente relacionada como uma versão artificial da inteligência humana, tem se mostrado uma eficiente ferramenta no desenvolvimento de novas tecnologias que compõe o ideário do mundo moderno.

Contudo, a ideia de criações humanas dotadas de inteligência não é nova. Mesmo em culturas mais antigas é possível encontrar sua presença dentro das mitologias, como por exemplo os automatas gregos desenvolvidos pelo inventor ateniense, Dédalo ([SMITH, 1849](#)). No entanto, o desenvolvimento de IA, no formato em que é utilizada atualmente, só começou a ganhar real destaque a partir do final do século 20. A própria década de 90 foi um marco para a popularização da IA, a partir da vitória histórica do Deep Blue, desenvolvido pela IBM, contra o ex-campeão Garry Kasparov em uma partida de xadrez ([MCCORDUCK, 2004](#)).

Desde então, os estudos em IA tem crescido e se diversificado em diferentes aplicações, e muitas vezes associadas à robótica, necessitando cada vez mais de profissionais capacitados para seu uso e exploração em diferentes ambientes. Exploração espacial, fábricas inteligentes, veículos autônomos, reconhecimento visual são só algumas das possíveis aplicações de IA. Porém, toda essa diversidade pode tornar-se um empecilho para aqueles que desejam iniciar seus estudos no segmento.

Por conta dessa necessidade, plataformas abertas de robótica, como Turtlebot e robotROS 2.0, podem ser uma potencial solução para o aprendizado introdutório dos conceitos, ou mesmo no desenvolvimento inicial de soluções, em IA. Além disso, a partir do uso das plataformas, há abertura para a introdução das próprias disciplinas da robótica, como visão e robótica móvel, fortalecendo mais a formação do estudante.

Todavia, essas plataformas podem não ser acessíveis aos estudantes de graduação do Brasil devido ao seu alto custo, principalmente por virem do exterior. Por isso, faz-se necessário a existencia de uma plataforma de robótica nacional que possa ser facilmente adquirida pelos estudantes e pesquisadores do Brasil. Em verdade, o contato inicial com a robótica durante a graduação tem sido feito a partir das competições de robótica, muitas delas organizadas pelo IEEE, através dos robôs seguidor de linha, sumô e micromouse, por exemplo.

Esses robôs de competição já são conhecidos pelos estudantes de graduação, por isso uma plataforma inspirada em alguma dessas configurações voltadas para as competições IEEE serão mais familiares aos estudantes, facilitando o seu aprendizado.

Em contrapartida, o uso de middleware pode enriquecer ainda mais o aprendizado a partir da plataforma. Pois, um middle de robótica permite, conforme descrito por (ELKADY AYSSA E SOBH, 2012):

[...]lidar com a complexidade e heterogeneidade encontrada em aplicações de hardware, promovendo integração de novas tecnologias, simplificando o design de software, ocultando a complexidade da comunicação de baixo nível e da heterogeneidade dos sensores, melhorando a qualidade dos softwares, reutilizando a infraestrutura do software de robótica em diferentes esforços de pesquisa e reduzindo os custos de produção.

Dessa forma, o middleware, a partir de sua coleção de ferramentas e bibliotecas, facilita o desenvolvimento de robôs de diferentes fabricantes, com diferentes infraestruturas de software, criando um ambiente de desenvolvimento comum na robótica, inclusive aproveitando soluções anteriores em novas aplicações, com diferentes robôs. E justamente por isso, os middleware abertos mais populares, como o RT-Middleware e o ROS (ELKADY AYSSA E SOBH, 2012), que contam com uma grande comunidade de colaboradores no seu desenvolvimento com novas aplicações, são mais atrativos para novos usuários por conta de sua versatilidade que cresce junto com a popularidade da ferramenta.

Logo, a combinação de uma plataforma aberta acessível com o uso de um middleware de robótica, mostra-se uma boa estratégia no ensino tanto de conceitos introdutórios da IA, quanto das próprias disciplinas da robótica.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma plataforma *open source* baseado nos modelos utilizados na competição regulada pelo IEEE intitulada Micromouse. A plataforma será dotada de sensores, atuadores e de interfaces de usuário. O robô utilizará o *framework* ROS (*Robot Operating System*) utilizado mundialmente em projetos de robôs de cunho organizacional e acadêmico. Será desenvolvido também um ambiente de simulação no simulador Gazebo o qual possui integração com o ROS. Portanto, essa plataforma pode ser utilizada por empresas em processos de capacitação e em ambientes acadêmicos de nível superior tanto para ensino quanto para competições.

1.1.1 *Objetivos Específicos*

- Estudar teoria de inteligência artificial e robótica móvel;
- Desenvolver e integrar com *framework* ROS ambiente de simulação do robô utilizando o simulador Gazebo;
- Confeccionar plataforma física, contemplando sensores, atuadores, display e elementos mecânicos e eletrônicos;
- Desenvolver pacotes de software e drivers para controle, sensoramento, planejamento e interação com usuário do robô utilizando a linguagem de programação Python e o *framework* ROS;
- Elaborar documentação da plataforma tais como: guia do usuário, tutoriais online, esquemático eletrônicos, desenhos mecânicos e diagramas em geral;
- Confeccionar dois labirintos, sendo o primeiro para testes em bancada e o segundo para validação da plataforma e uso em competições;
- Realizar testes para validação do funcionamento da plataforma.

1.2 *Justificativa*

O cenário industrial mundial passou por grandes mudanças desde a primeira revolução industrial no final do século XVIII até os dias atuais. Atualmente, com o avanço da tecnologia e a sua inserção na indústria, uma nova revolução intitulada Indústria 4.0 está em andamento. Segundo a CNI (2016, p. 11):

A incorporação da digitalização à atividade industrial resultou no conceito de Indústria 4.0, em referência ao que seria a 4ª revolução industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciberfísicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial.

Essa nova revolução irá ocasionar impactos na economia nacional. Segundo levantamento da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), o Brasil irá reduzir no mínimo R\$ 73 bilhões/ano, sendo que serão R\$ 34 bilhões com ganhos na eficiência no processo produtivo, R\$ 31 bilhões com redução de custos de manutenção de máquina e R\$ 7 bilhões com economia de energia (ROTTA, 2017).

Destaca-se algumas tecnologias com maior influência nessa revolução tais como a internet das coisas (IoT, *Internet of Things*), *big data*, computação em nuvem, inteligência artificial

e robótica avançada. Para [Mies e Zentay \(2017\)](#) o avanço da indústria em direção a fábricas mais inteligentes está vinculado com a evolução da automação, que devido a isso, torna a robótica um elemento crucial para a Indústria 4.0.

Para [CNI \(2016\)](#) a consolidação da Indústria 4.0 no Brasil virá com possíveis consequências, dentre elas, o surgimento de novas atividades e novas profissões, que demandarão adaptações no padrão de formação de recursos humanos. Deste modo, é desejável a elaboração de um projeto em que conceitos de robótica móvel, inteligência artificial, simulação e frameworks de robótica possam ser compreendidos em processos colaborativos de capacitação ou em ambientes acadêmicos, principalmente, em cursos de engenharia.

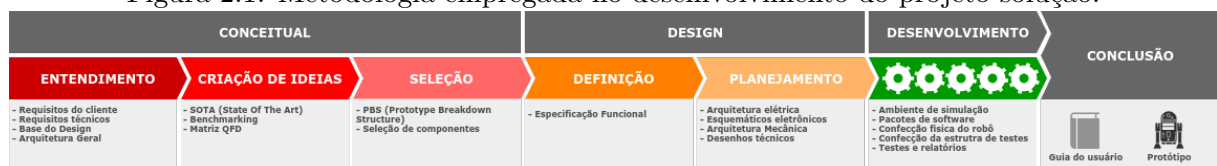
Materiais e Métodos

O metodologia empregada nos trabalhos de conclusão de curso do Centro Universitário SENAI CIMATEC é executado com base na metodologia TheoPrax, a qual foi desenvolvida pelo instituto Fraunhofer de Tecnologia Química, situado na Alemanha. A metologia TheoPrax tem como principal objetivo incrementar a motivação da aprendizagem através do desenvolvimento de projetos reais voltados para empresas, proporcionando a integração entre o conhecimento técnico e sua aplicação prática. Para isto, esta metodologia envolve a identificação de uma situação problema ou de uma melhoria no processo ou no produto da empresa, seu estudo e a definição de uma proposta técnica-financeira para implementação da solução.

2.1 Metodologia

A utilização da metodologia Theoprax se restringe apenas ao gerenciamento macro do projeto e não define como a solução proposta deve ser desenvolvida. Sendo assim, o desenvolvimento do projeto, proposto no tópico 1.1, será realizado utilizando a metodologia ilustrada na figura 2.1, a qual foi adaptada da metodologia empregada no BIR (*Brazilian Insitute of Robotics*) para desenvolvimento de projetos de robótica.

Figura 2.1: Metodologia empregada no desenvolvimento do projeto solução.



Fonte: Própria Autoria

Conforme figura 2.1, a metodologia utilizada neste projeto possui 4 etapas: conceitual, design, desenvolvimento e conclusão. Nesta concepção, cada etapa possui entradas e saídas, que vão se complementando ao longo do desenvolvimento do projeto.

A primeira etapa, designada como **Conceitual**, embora não explicitada no diagrama, possui como entradas as informações provenientes do cliente. Essas informações, tais como o problema proposto e os seus requisitos são utilizadas para o entendimento do projeto, servindo como ponto de partida para formulação da proposta de solução. Diante dessas informações, é possível definir os requisitos técnicos com base nos desejos do cli-

ente (requisitos do cliente); a base do design, que consiste na definição do escopo e o que será necessário para desenvolver o projeto: meios, padrões e os principais componentes (hardware e software); e a arquitetura geral, que fornece uma visão macro de como será a interação entre o hardware e o software do robô. Após o entendimento do projeto, passa-se para a criação de ideias. Nesta subetapa, algumas pesquisas são realizadas para ajudar no processo de criatividade e evitar a reimplementação do que já existe no mercado. Assim, utiliza-se o SOTA (*State Of The Art*), documento que aponta as principais pesquisas e estudos sobre o tema do projeto, referenciando pesquisas acadêmicas já realizadas; e o Benchmarking, que é uma relação oriunda do mercado na qual aponta os competidores para o sistema projetado, incluindo para cada competidor critérios de avaliações importantes para o projeto. Finalizando a subetapa de criação de ideias, tem-se a Matriz QFD (*Quality Functional Deployment*), em que os requisitos do cliente são confrontados com os requisitos técnicos, fornecendo à equipe de desenvolvimento do projeto os principais pontos que deverão receber maior atenção durante a elaboração do projeto. Por fim, após o entendimento do projeto e a formulação da ideia, parte-se para a etapa de seleção dos principais componentes do sistema, em que primeiro elabora-se o PBS (*Prototype Breakdown Structure*), uma representação do projeto com uma visão de subsistemas, apresentado através de um fluxo estruturado.

Com o conceito pré-estabelecido do sistema que será desenvolvido, parte-se para a etapa de **Design**. Nesta fase, define-se o sistema de maneira mais clara, tendo a especificação funcional como principal elemento. Este documento compreende a explicação detalhada de cada funcionalidade do robô, contendo a definição, o objetivo, as premissas e as entradas e saídas. Devido ao nível de detalhes da especificação funcional, revisões em documentos anteriores, principalmente a arquitetura geral, são realizadas durante esta fase. No final da etapa de Design, começa-se o planejamento para o desenvolvimento técnico do projeto. Durante o planejamento é elaborado a arquitetura elétrica do robô (uma visão mais detalhada da arquitetura geral), descrevendo as formas de conexão e os protocolos de comunicação entre os elementos que compõem o sistema; os esquemáticos eletrônicos, os quais são utilizados para confecção das PCIs (Placa de Circuito Impresso) que comporão o sistema; a arquitetura mecânica, apresentando os elementos mecânicos do robô; e por fim, os desenhos técnicos mecânicos, utilizados posteriormente para fabricação das peças do protótipo. Esta fase é de extrema importância, pois possibilita a geração de documentos que podem ser utilizados para a replicação do projeto. Além do mais, permite mais fluidez no desenvolvimento técnico do robô.

Após a finalização do planejamento, começa-se a etapa de **Desenvolvimento** do projeto, em que o conceito e as ideias provenientes das etapas anteriores tornam-se concretas. Nesta fase são desenvolvidos e documentados os pacotes de software, os quais englobam tanto a unidade de controle do robô quanto os *drivers* dos sensores, atuadores e elementos de interação com usuário. Muitos dos pacotes aqui desenvolvidos, usam a especificação

funcional como um guia. Para auxiliar no processo de desenvolvimento, um ambiente de simulação torna-se elemento vital. O ambiente de simulação permite que ideias sejam propostas e testadas sem a necessidade do uso da plataforma física, acelerando o processo de desenvolvimento num ambiente em que se possui diversas pessoas trabalhando no mesmo sistema. Não menos importante, os simuladores evitam que danos sejam causados ao robô em caso de má implementação de algum algoritmo. Entretanto, os ambientes de simulação não refletem completamente os aspectos físicos do mundo real. Portanto, na fase de desenvolvimento torna-se necessário também a confecção de um ambiente real para testes. Com essa estrutura, também chamada de *Mockup*, pode-se realizar testes para validar o que foi desenvolvido e produzir relatórios que podem ser entregues ao cliente como forma de acompanhamento do desenvolvimento técnico do projeto.

O projeto é finalizado na etapa de **Conclusão**, em que a solução proposta é entregue ao cliente. Nesta entrega é realizado a demonstração de funcionamento do robô, utilizando um ambiente real. Também é cedido além da documentação elaborada ao longo do desenvolvimento do projeto, um documento em formato de Guia do Usuário, o qual conterà as instruções para manipulação e replicação do protótipo desenvolvido.

2.2 Necessidade de recursos

Cronograma

Referências Bibliográficas

CNI. *Desafios para Indústria 4.0 no Brasil*. Rio de Janeiro, 2016. 1.2

ELKADY AYSSA E SOBH, T. Robotics middleware: A comprehensive literature survey and attribute-based bibliography. *Journal of Robotics*, v. 2012, p. 15, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2012/959013>. 1

MCCORDUCK, P. *Machines Who Think*. 2nd edition. ed. [S.l.]: A. K. Peters ltd., 2004. 1

MIES, G.; ZENTAY, P. Industrial robots meet industry 4.0. In: . [s.n.], 2017. v. 2, n. 4. Disponível em: http://hadmernok.hu/174_22_mies.pdf. Acesso em: 15 mai. 2019. 1.2

ROTTA, F. *Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil*. 2017. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>. Acesso em: 15 mai. 2019. 1.2

SMITH, W. Dictionary of greek and roman biography and mythology. In: . [S.l.: s.n.], 1849. 1