

Construção de um robô seguidor de linha

RESUMO

O presente projeto trata da construção da mecânica, eletrônica e programação de um carro robótico, realizada por alunos curso integrado em mecatrônica do campus Parnamirim, destinado a competições de robótica cujo propósito se relaciona a executar um trajeto mediante o acompanhamento de uma linha, sendo por conseguinte intitulado: robô seguidor de linha, bem como a captura de objetos que simulam o resgate de uma vítima. Nesse aspecto o robô teve sua mecânica, eletrônica e programação desenvolvidas de modo a otimizar seu desempenho na execução dessas tarefas. No que se refere a estrutura mecânica, esta foi projetada em software de modelagem e confeccionada por meio de impressão 3D. O circuito eletrônico foi projetado em software de simulação e criação de placas de circuito impresso (PCI) que foram posteriormente enviadas para confecção em ambiente especializado, atribuindo mais precisão e profissionalismo a este sistema. A programação foi desenvolvida utilizando a linguagem C++ com ênfase no paradigma da orientação à objetos e a estratégia de controle utilizada e a Proporcional Derivativa Integrativa (PID), amplamente empregada em controle de processos industriais. O robô em questão é provido de automação de modo que possa tomar atitudes performáticas para a execução dos desafios propostos, tais como no ambiente de resgate da vítima onde deve encontrá-la e resgatá-la de forma independente e sem interferência humana, simulando condições extremas nas quais a participação humana é substituída pela robótica. Para a realização desse projeto fez-se necessário o uso de diferentes disciplinas relacionadas ao curso técnico em mecatrônica, tais como eletrônica, programação, matemática e instrumentação, além da execução de pesquisas sobre estratégias de controle e técnicas de modelagem. Desta forma tornou-se possível a construção do robô seguidor de linha que é utilizado em competições de robótica pela equipe executora, nomeada de *cafecitos*.

Palavras-chave: Robótica, Controle, Mecatrônica, Eletrônica.

ABSTRACT

The present project deals with the construction of the mechanics, electronics and programming of a robotic car, made by students integrated course in mechatronics of campus Parnamirim, intended for robotics competitions whose purpose is to perform a path by following a line, being for example consequently entitled line follower robot, as well as the capture of objects that simulate the rescue of a victim. In this aspect the robot had its mechanics, electronics and programming developed in order to optimize its performance in performing these tasks. Regarding the mechanical structure, it was designed in modelling software and made using 3D printing. The electronic circuit was designed in software simulation and creation of printed circuit boards (PCI) that were later sent for confection in specialized environment, giving more precision and professionalism to this system. The programming was developed using object-oriented C++ language and the control strategy used and the Integrative Derivative Proportional (PID), widely used in industrial process control. The robot in question is provided with automation so that it can take autonomous actions for the execution of the proposed challenges, such as in the victim's rescue environment where they must find and rescue them independently and without human interference, simulating extreme conditions, in which human participation is replaced by robotics. This project required the use of different disciplines related to the mechatronics technical course, such as electronics, programming, mathematics and instrumentation, as well as research on control strategies and modelling techniques. Thus, it became possible to build the line follower robot that is used in robotics competitions by the executing team, named *cafecitos*.

Keywords: Robotics, Control, Mechatronics, Electronics

1. Introdução

O presente trabalho discorre sobre o processo construtivo do robô seguidor de linha, atentando para suas fases de construção como eletrônica, estrutura mecânica, programação e estratégias de controle. O objetivo é aplicar os conhecimentos adquiridos no curso técnico de mecatrônica em concatenação às pesquisas realizadas acerca de estratégias de controle e técnicas de modelagem, objetivando a construção de um robô capaz de atuar de maneira autônoma, apto a realizar trajetos norteados por uma linha, transpor obstáculos, tomar decisões e mapear uma área de modo a encontrar vítimas bem como resgatá-las.

O trabalho em questão é fruto do empenho contínuo na elaboração e otimização dos sistemas do robô, deste modo perpassando durante seu processo construtivo por três fases, a primeira desenvolvido a partir da montagem de blocos de lego, a segunda utilizando a plataforma Arduino e a terceira utilizando uma placa de controle de construção própria, debruçando-se sobre a cultura maker. O que apresenta a evolução no grau de dificuldade dos sistemas que integram o robô, bem como a otimização das tarefas realizadas por ele. Durante o desenvolvimento do projeto em suas três diferentes versões, observa-se a divisão do processo construtivo em quatro grandes áreas: estrutura mecânica, programação, eletrônica e estratégia de controles.

1.1. Objetivo

A robótica móvel apresenta soluções em diferentes áreas, por exemplo, industriais, urbanas, domésticas e militares, confirmando assim a sua vasta aplicabilidade e interesses econômicos inerentes ao seu desenvolvimento e aplicação (WOLF et al., 2009). Produzir com eficiência um robô capaz de por si só determinar a forma correta e mais performática de percorrer de um ponto ao outro, mantendo-se sempre orientado por um caminho pré-estabelecido ou mapeado, sendo assim capaz de cumprir tarefas programadas sem dificuldades técnicas, estando preparado até para possíveis incongruências e obstáculos durante seu percurso, aumentando sua estabilidade e segurança, a fim de cumprir o que lhe foi demandado independente de fatores externos, tornando útil sua utilização tanto em ambientes de alta compatibilidade, como indústrias de grande porte, quanto em missões de resgate, onde, uma vez que um dos objetivos deste projeto é que o robô esteja preparado para tomar sempre o caminho mais aproveitável e adaptar-se nas mais diversas situações.

Um exemplo de sua capacidade de adaptação a ambientes não pré-programados, é a característica de ser capaz de resgatar vítimas em uma área de 90cm x 90cm em que essas vítimas estejam em lugares aleatórios e não previsto pelo robô. Sendo ele assim capaz de determinar através de lógicas de algoritmo e seus sensores a posição da vítima e resgata-la com sucesso.

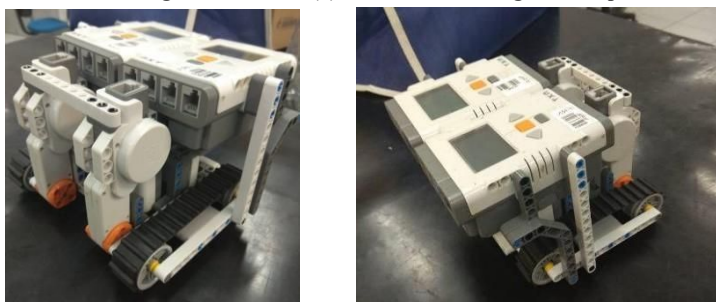
2. Metodologia

O projeto atual do robô passou por diversas variações até chegar a um modelo aprazível. O projeto foi realizado de maneira majoritariamente prática se embasado no curso Mecatrônica cursado pelos componentes da equipe, porém sempre objetivando a implementação dos conceitos no robô. A metodologia aplicada determinou a construção particionada, seguida da integração e dos testes, conforme a versão na qual o robô estivesse.

2.1. Primeira versão:

A primeira versão fora desenvolvida utilizando a montagem com blocos de Lego, nesta o robô apresentava-se de forma robusta e era capaz de executar o trajeto proposto seguindo a linha de coloração preta, no entanto não executava o mapeamento da área nem o resgate da vítima, essa primeira versão materializou-se conforme apresentado abaixo.

Figura 1 - (a) Robô na versão Lego vista frontal; (b) Robô na versão Lego vista superior.



Fonte: Própria

O projeto apresenta-se dividido em três grandes etapas: desenvolvimento mecânico e desenvolvimento lógico e testes. Na primeira etapa, estava sendo posto em prática a confecção com dois *Brick NXTs* para o controle do robô, utilizando a técnica “master/slave” (KRCHNAVÝ, 2019) para solucionar o problema de número reduzido de entradas para sensores e atuadores, rompendo limitações impostas por uma arquitetura em que houvesse somente um *Brick NXT*. A linguagem de programação requerida para o projeto de robótica foi a *NXC (Not Exactly C)* desenvolvida pela *lego* para programar blocos *NXT*, sendo o compilador utilizado *Brick Command Center* para a transferência do código. Havendo um paralelismo entre as etapas de montagem e programação, logo em seguida a etapa de testes. O cronograma de execução da primeira fase está representado na tabela abaixo demonstrando o período de execução de cada tarefa.

Tabela 1 – Cronograma de execução da versão um do projeto.

Tarefas executadas	Período	Versão
Montagem dos blocos	Maió a Junho	1
Programação	Maió a julho	1
Testes	Julho a setembro	1

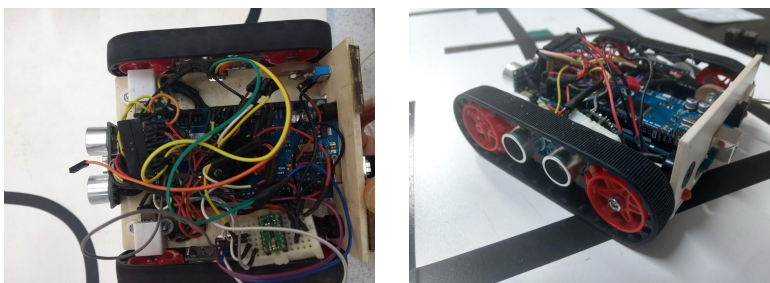
2.2. Segunda versão:

Na segunda versão o robô foi desenvolvido sob a plataforma Arduino, onde houve maior participação da equipe no processo construtivo, visto a sua maior característica *maker*, além de apresentar uma nova linguagem de programação, desenvolvimento da eletrônica, confecção do chassi, bem como o uso de novos sensores e recursos para tornar o robô apto para executar o trajeto de seguir linha de modo mais eficaz empregando a estratégia de controle proporcional. O desenvolvimento da eletrônica deu-se em duas etapas, na primeira objetivava-se a aferição da funcionalidade do circuito utilizando fios e matriz de contato para a interligação dos componentes do circuito, na segunda executou-se a construção de uma placa de

circuito impresso (PCI) utilizando o software *Fritzing*. Foram utilizadas esteiras, alcançando uma melhor aderência e um chassi projetado no software de modelagem 3D *SolidWorks*®, atingindo uma proximidade maior com o solo, sendo assim, tornando a leitura dos sensores de refletância mais precisas.

Nessa versão 2 do robô *cafecitos*, com a troca do controlador de *NXT* para o *Arduino mega*, tivemos impasses com a questão eletrônica do circuito e na montagem, que foi utilizado cano de PVC para fazer tal trabalho. Diferente do *NXT* que o kit dispõe do material necessário para construção do robô de forma simplificada. Entretanto, tivemos menos dificuldades com a questão da programação, pelo motivo de existir inúmeros materiais de apoio. A processo de construção dessa versão foi um pouco mais elaborado, sendo suas tarefas e período de realização apresentados na tabela abaixo.

Figura 1 - (a) Robô na versão 2 vista superior; (b) Robô na versão 2 vista frontal.



Fonte: Própria.

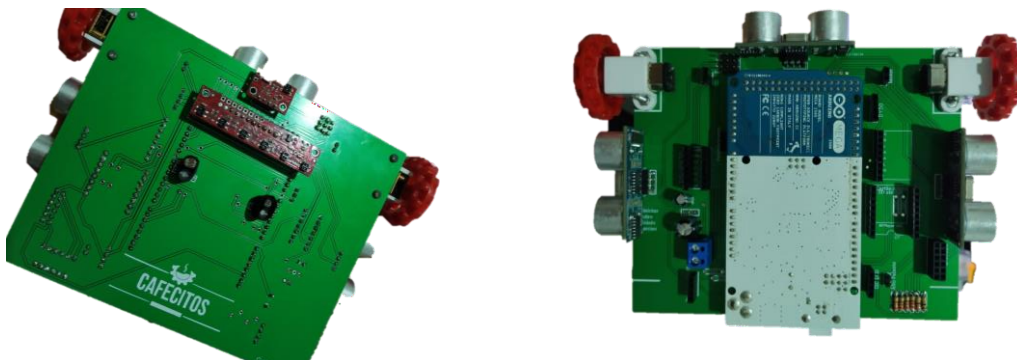
Tabela 2 – Cronograma de execução da versão dois do projeto.

Tarefas executadas	Período	Versão
Desenvolvimento da eletrônica	Março a junho	2
Modelagem da mecânica	Abril a maio	2
Programação Construção	Junho a setembro	2
da mecânica	Maio a julho	2
Integração e testes	Julho a outubro	2

2.3 Terceira versão:

A versão três é o estágio atual do projeto, desenvolvida de forma mais elaborada e robusta, e apresentando-se como uma iniciativa majoritariamente *maker*. Nesta versão, toda a mecânica foi modelada pelos autores no já mencionado software de modelagem: *SolidWorks*®, confeccionado em impressora 3D. A eletrônica foi projetada de forma diferente afim de prover diferentes sensores e recursos sonoros para comunicação do robô em situações programadas, normalmente utilizado em ambientes de teste como forma de depuração. Além da confecção em ambiente profissional da placa de circuito impresso capaz de trazer uma performance mais eficaz, conforme é ilustrado abaixo.

Figura 2 - (a) Placa da versão *maker* vista inferior; (b) Placa da versão *maker* vista superior.



Fonte: Própria

As execuções das etapas foram mais duradouras vista a maior complexidade do projeto, bem como a mudança na metodologia de construção da programação, migrando do método sequencial comum para o paradigma da orientação à objetos, além do emprego da estratégia de controle proporcional, integrativo e derivativo (PID) acrescido do mapeamento da região da vítima e do aparato para o resgate desta. As etapas e períodos se sucederam conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 3 – Cronograma de execução da versão três do projeto.

Tarefas executadas	Período	Versão
Projeto da PCI	Outubro a dezembro (2018)	3
Programação	Janeiro a junho (2019)	3
Modelagem da mecânica	Fevereiro a março (2019) Março	3
Construção da mecânica	(2019)	3
Integração	Janeiro a julho (2019)	3
Testes	Julho a atualidade	3

1. Resultados e Discussões

Durante o processo de desenvolvimento do robô autônomo, enfrentamos várias adversidades que não se encontram claramente documentadas em livros ou artigos disponíveis na *web*, dessa forma, foram desenvolvidos os mais variados conhecimentos e habilidades práticas de cada um dos componentes do projeto. O projeto de construção de um robô capaz de executar trajetórias propostas, de forma autônoma, e efetuar o resgate de vítimas em ambientes de difícil acesso apresenta resultados positivos no que se refere a satisfatória execução de suas funções, no entanto, como foi apresentado no decorrer deste trabalho, o robô apresenta-se como um projeto em constante aprimoramento, o que o faz ser uma ferramenta de aquisição de conhecimentos e experiências práticas para aqueles que estão envolvidos em suas etapas de construção. A metodologia acima discorrida é alvo de constantes pesquisas na busca por melhores técnicas e estratégias que possam tornar o robô mais eficaz na execução de suas tarefas.

A análise temporal do projeto revela uma evolução notória entre as versões um e três, tanto no que se refere ao aspecto visual pela aquisição da característica *maker* adquirida durante o processo, bem como pela evolução nas técnicas de controle. Esse comparativo pode ser verificado nas imagens apresentadas a seguir.

Resultados das competições participadas ao decorrer do desenvolvimento do robô foram de grande motivação para equipe, participação da Semana de Ciência, Tecnologia e Extensão do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (Secitex) de 2017 a 2018 onde obtemos ficar entres os três primeiros na Secitex de Caicó de 2017 e de Mossoró de 2019, além disso, também participamos Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) ganhamos prêmio de melhor designer na competição de 2019. Ocorreram também apresentação do trabalho, desde a realização da equipe até a montagem do robô, para as turmas do de 1º e 2º do curso de mecatrônica e informática técnico integrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (ifrn) do campus de Parnamirim.

2. Considerações Finais

Muitos dos objetivos postos durante a confecção do robô já foram alcançados, porém o robô ainda tem um longo caminho de desenvolvimento até chegar em sua versão mais aprimorada, porém, o atual desempenho do robô já aponta para um grande futuro e uma capacidade de expansão, assim como pode ser caminho para sistemas mais complexos que tenham uso em cenários reais e que enriqueçam a sociedade científica.

Durante o desenvolvimento deste robô, percebemos que um grande projeto não é aquele que nasce perfeito, mas sim que é arduamente desenvolvido, o fruto do trabalho duro e competência dos vários envolvidos, um ato de coragem. É perceber o valor da conquista de conhecimento e a proeza e satisfação de ver algo que surgiu de tão pouco, emergir e tornasse aquilo que carrega o orgulho e perseverança de todos que de alguma forma ajudaram no avanço deste pequeno, porém imenso sonho.

Agradecimentos

A realização do projeto materializa-se como uma oportunidade de visualizar as aplicações da robótica, objeto de estudo deste trabalho, por meio da apresentação de um robô capaz de executar ações autônomas percorrendo caminhos, identificando e resgatando objetos em áreas de difícil acesso. Essas ações buscam simular o trajeto realizado por um robô que identifica e resgata vítimas em áreas de difícil acesso humano. O desenvolvimento mecânico e estratégico do robô busca executar as ações descritas com o máximo de acurácia e eficiência, de modo que este projeto caracteriza-se pela reformulação constante do robô, em busca destes avanços.

Conforme exposto acima o projeto apresenta-se como um a construção gradual, que possibilitou o avanço tanto no que se refere ao robô- seus aspectos estruturais e sua lógica de funcionamento (programação)- como no crescimento individual dos integrantes da equipe que tiveram a oportunidade de adquirir conhecimentos adicionais àqueles ministrados em sala de aula. Em suma, o progresso técnico do robô também representa o avanço intelectual dos envolvidos no processo de construção.

Recapitular de forma breve as partes mais importantes do trabalho, fazendo a correspondência dos objetivos propostos com os objetivos alcançados. Poderá ainda citar ou descrever as dificuldades encontradas para a realização do proposto e também propor ou sugerir trabalhos a serem feitos com base neste trabalho desenvolvido.

Referências

KRCHNAVÝ, Lukáš. MASTER-SLAVE BEHAVIOR OF ROBOTS (LEGO NXT). 2019. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculty Of Electrical Engineering And Information Technology, Institute Of Control And Industrial Informatics, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovak Republic, 2011. Cap. 1. Disponível em: <https://www2.humusoft.cz/www/papers/tcp11/111_Stevo.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2019.

WOLF, D. F. et al. Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real. In: Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC. [S.l.: s.n.], 2009. p. 13.

NORTE, Instituto Federal de Ciencia e Tencologia do Rio do. **SECITEX**. 2018. Disponível em: <<https://eventos.ifrn.edu.br/secitex2018/>>. Acesso em: 14 out. 2019.