

DESENVOLVIMENTO DE ROBÔS MÓVEIS AUTÔNOMOS

Gabriel Carvalho Domingos da Conceição¹; Lucas Mota Ferreira²; Letícia Pedroso Colombo³; Luiz Olmes Carvalho⁴ Elias José de Rezende Freitas⁵;

1 Gabriel C. D. da Conceição, Bolsista (IFMG), Curso Técnico em Automação Industrial, IFMG, Campus Avançado de Itabirito – MG

2 Lucas Mota Ferreira, Bolsista (IFMG), Curso Técnico em Automação Industrial, IFMG, Campus Avançado de Itabirito – MG

3 Letícia Pedroso Colombo, Bolsista (IFMG), Curso Técnico em Automação Industrial, IFMG, Campus Avançado de Itabirito – MG

4 Coordenador Luiz Olmes Carvalho: Pesquisador do IFMG, Campus Avançado de Itabirito

5 Orientador Elias José de Rezende Freitas: Pesquisador do IFMG, Campus Ibité; elias.freitas@ifmg.edu.br

RESUMO

Atualmente, os robôs já fazem parte da sociedade, visando sempre facilitar e/ou realizar tarefas repetitivas e/ou perigosas, visando menor tempo, maior praticidade, maior segurança e maior produtividade. Dessa forma, houve um crescimento na área de desenvolvimento de robôs autônomos em todo o mundo. Pode-se citar o sistema de armazenamento da empresa Amazon, por meio de robôs autônomos, como um dos resultados mais conhecidos desse processo nos últimos anos. Nesse contexto de automatização, percebe-se que no chão de fábrica os processos de transporte e estocagem feitos por empilhadeiras são ainda muito falhos, causando vários acidentes. Assim, este trabalho apresenta um protótipo de uma mini-empilhadeira autônoma, podendo ser visto em três etapas: (i) elaboração do projeto de hardware, (ii) desenvolvimento da lógica e controle do robô e (iii) desenvolvimento de uma interface de comunicação. A mini-empilhadeira foi construída com peças impressas em uma impressora 3D, a lógica foi implementada utilizando a plataforma microcontrolada ESP32 e uma câmera embarcada possibilitou a visão local do robô para o usuário. Além disso, para que o usuário forneça o local de carga e descarga de material para o robô, foi desenvolvida uma interface robô-usuário para dispositivos Android, utilizando a plataforma MIT App Inventor 2. Como resultados, verificou-se que o controle Proporcional-Derivativo implementado no ESP32 possibilitou o seguimento correto das linhas no chão de fábrica, com pouca oscilação e desvio da rota. O acionamento para o carregamento foi realizado com sucesso, utilizando um motor de passo e um esquema de roldanas, que permitiram tanto o robô levantar o palete em miniatura quanto descê-lo no local correto. Por fim, este projeto faz parte das ações do grupo de pesquisa Robotics and Intelligent Systems (EPIIBOTS), tendo sido apresentado na Mostra Nacional de Robótica em 2019, recebendo em nível regional a premiação de mérito acadêmico.

INTRODUÇÃO

Na última década, a pesquisa em robôs autônomos tem aumentado e chamado a atenção, como pode-se perceber pelo interesse diversas multinacionais no desenvolvimento de veículos autônomos, sendo que alguns automóveis com certos níveis de autonomia já estão sendo comercializados, substituindo o motorista em algumas funções como frear e acelerar (MOURA, 2018).

A partir do nível de autonomia do robô, eles podem ser classificados em: teleoperados, semiautônomos e autônomos. Os teleoperados necessitam de um usuário externo para controlar seus movimentos; os semiautônomos aguardam um comando principal e realizam as demais tarefas autonomamente e os autônomos são capazes de realizar a tomada de decisões baseadas nas informações obtidas pelos seus sensores (MARCHI, 2001).

No ambiente industrial, além da presença massiva de robôs manipuladores, é possível verificar a presença de robôs móveis, responsáveis, por exemplo, pela logística de armazéns de materiais. A Amazon é um dessas empresas que apostam nesse tipo de tecnologia. Hoje, os armazéns da Amazon contam com mais de 100 mil robôs colaborativos para separar e despachar as encomendas realizadas pelos compradores (MULLER, 2018).

De maneira a unir uma aplicação prática com os estudos que foram realizados pelos autores para a competição Iron Cup (IRONCUP, 2019) na categoria seguidor de linha, este trabalho apresenta um protótipo de uma empilhadeira em miniatura que segue linhas verdes em um banner que representa um chão de fábrica e, fazendo a melhor rota possível, chega à posição desejada pelo usuário para realizar o transporte de pallets. As posições de carga e de descarga são enviadas para o robô por meio de um aplicativo de comando, que promove praticidade e comodidade ao sistema.

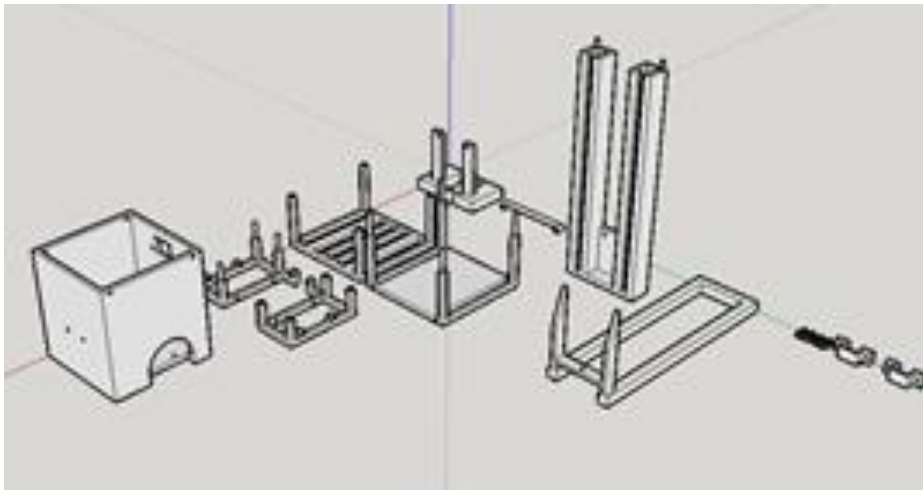
METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi constituída de três etapas: (i) desenvolvimento do *hardware*, (ii) desenvolvimento da lógica e controle do robô e (iii) desenvolvimento de uma interface de comunicação.

Desenvolvimento do *hardware*

Inicialmente, desenvolveu-se o chassi do robô, sendo utilizado o *software* SketchUp. Assim, cada detalhe foi inteiramente pensado para receber os componentes eletrônicos. Além disso, como o protótipo trata de uma empilhadeira, foi necessário projetar uma peça móvel que ao ser acionada fosse capaz de erguer uma carga. Assim, utilizou-se um sistema de polias, acoplado ao eixo de um motor, de tal maneira que o motor ao girar, cria-se um efeito carretel. Na Figura 1, pode ser vista o chassi e as suas várias peças que foram impressas em uma impressora 3D.

Figura 1 - Chassi do robô projetado no software SketchUp.



Escolheu-se a plataforma microcontrolada ESP32 DEVKIT V1, que possui na mesma placa módulo Wifi, Bluetooth, disponibilidade de 38 pinos de GPIO, sendo 16 ADCs, sendo cruciais para a leitura do conjunto de 8 sensores de reflectância analógico, capazes de detectar as linhas na lona, que representa o chão de fábrica. Além disso, utilizou-se a plataforma ESP32 CAM por possuir uma câmera embarcada, dedicada para apresentar para o usuário a visão da empilhadeira.

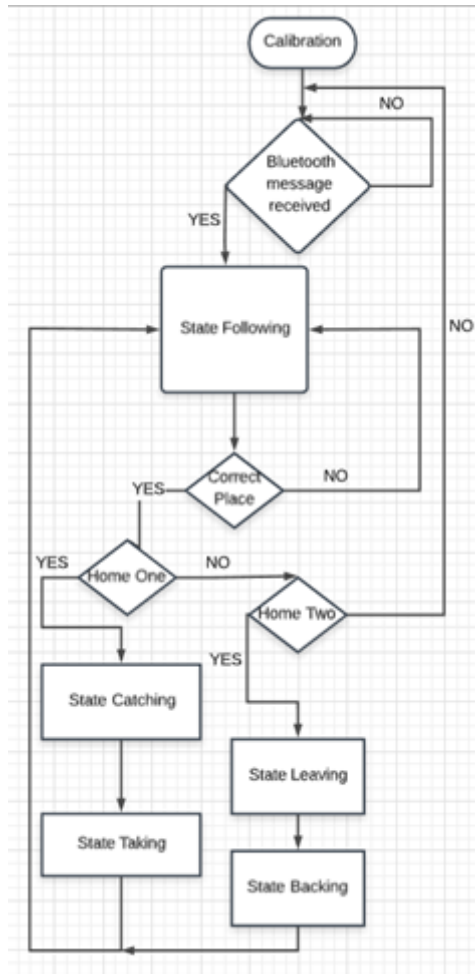
A alimentação do protótipo foi fornecida por duas baterias de 7,4V, já que a câmera embarcada necessitava de um circuito separado. O modelo de referência escolhido foi a bateria 300 mAh 2s 35c 7.4V Turnigy Nanotech. Já o acionamento das rodas do robô foi possibilitado por um motor CC, modelo N20 300rpm e um motor de passo 28BY-48 para o acionamento da haste.

Desenvolvimento da lógica e controle do robô

A Figura 2 apresenta o fluxograma do funcionamento da lógica do robô, indicando as principais funções do robô e a sequência implementada no microcontrolador, iniciando pela calibração, seguida da verificação da conexão com o dispositivo Android (via Bluetooth).

Um dos estados mais importantes para o robô é a etapa chamada *Following*, na qual o robô deve seguir as linhas do chão de fábrica. Para tal, implementou-se um controle Proporcional-Derivativo (PD), sendo as constantes de ganho determinadas empiricamente. Esse controle, como o próprio nome diz, tem duas ações: uma proporcional ao desvio do robô em relação à linha e outra ação em relação a variação da posição do robô em relação a linha que ele deve seguir (OGATA, 2011).

Figura 2 - Fluxograma Máquina de Estado.



Desenvolvimento de uma interface de comunicação

Com o objetivo de tornar o transporte realizado pela empilhadeira ainda mais prático, foi desenvolvido um aplicativo de comando, por onde é possível que os funcionários informem à empilhadeira as posições de carga e descarga, ou seja, onde ela deve buscar e deixar os pallets.

Escolheu-se a plataforma MIT App Inventor 2 por ser intuitiva, possibilitando a programação via blocos. Assim, por meio dela, foi desenvolvido o aplicativo, chamado Forklift, cuja principal função é enviar dados pelo aparelho celular para a empilhadeira. Nesse caso, é necessário que haja uma conexão Bluetooth entre o telefone e o microcontrolador embarcado. Após a conexão, basta o usuário selecionar as duas posições desejadas (início e fim) no aplicativo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O chão de fábrica foi representado em uma lona, como mostrado na Figura 3, e a montagem completa da empilhadeira, pode ser vista na Figura 4a, na qual é detalhada a posição da câmera embarcada e dos sensores de reflectância. Na Figura 4b é possível ver o detalhamento do sistema de roldanas-haste, capaz de levantar os pallets.

Figura 3 - Representação do chão de fábrica impresso em uma lona.

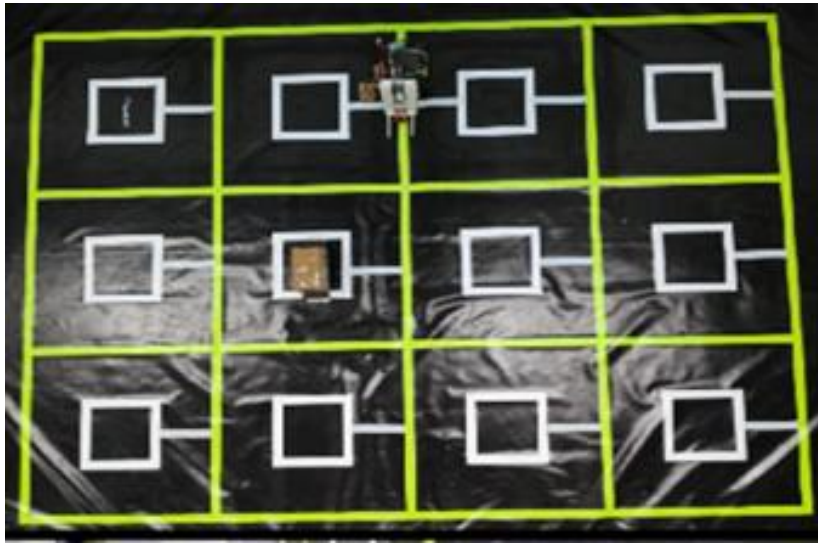
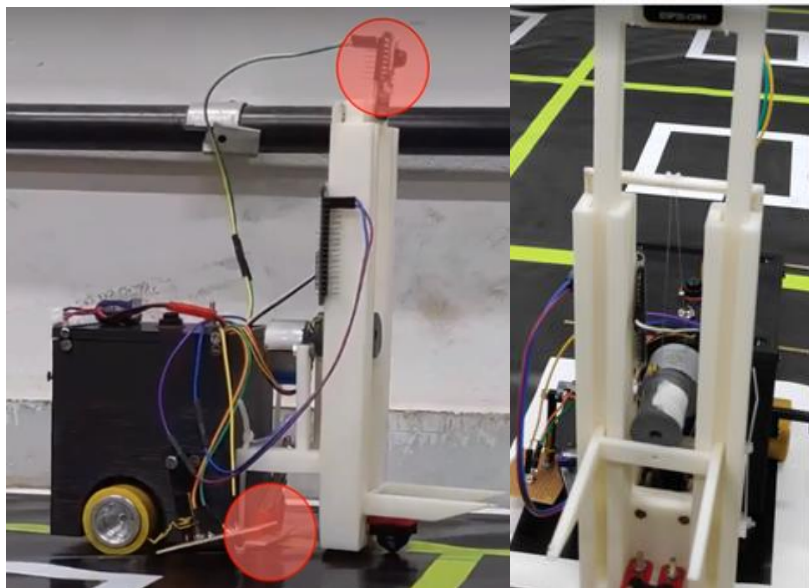


Figura 4 - (a) Miniatura de empilhadeira impressa em impressora 3D. (b) Detalhamento do sistema de roldanas/haste.



A Figura 5 apresenta a interface do aplicativo desenvolvido, sendo necessário executar as seguintes ações:

- Selecione a opção “CONNECTAR” e escolha o nome do Bluetooth do seu microcontrolador (isso pode ser alterado via programação, no caso, em linguagem C).
- Após realizada a conexão, selecione, por cliques, primeiramente, a posição de carga e, em seguida, a posição de descarga.
- Pronto! O aplicativo já enviou ao robô as posições desejadas e ele irá começar seu percurso.
- Caso deseje encerrar a conexão Bluetooth, basta selecionar a opção “DESCONECTAR”.

Figura 5 - Interface do aplicativo de comando.



O vídeo completo do funcionamento da empilhadeira pode ser visto <https://youtu.be/5mBguVS7L5o>. Nota-se que o controle PD permitiu que a empilhadeira siga as linhas da lona corretamente, com pouca oscilação. Além disso, o sistema de roldanas/haste foi capaz de realizar a carga e descarga do material e o aplicativo foi capaz de permitir que o usuário comandasse o sistema à distância, sendo capaz de acompanhar o movimento da empilhadeira por meio da câmera embarcada.

CONCLUSÕES

Foram realizados diversos testes ao longo do projeto, sendo os primeiros referentes a utilização de cada componente eletrônico, sendo priorizado o estudo em relação ao controle do robô e a programação no microcontrolador e do *software*.

Após a realização desses testes e as participações nesses eventos e competições, foi possível planejar alguns aprimoramentos para a empilhadeira, como a possibilidade de inclinação da haste da empilhadeira, para maior segurança no transporte dos materiais. Além disso, sensores ultrassônicos poderiam ser utilizados para a detecção dos pallets ou de obstáculos no caminho da empilhadeira, facilitando ainda mais a carga e descarga deles, em segurança.

Por fim, os resultados também apontam para uma viabilidade de um sistema similar em escala real, de maneira a automatizar uma empilhadeira em um chão de fábrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

IRONCUP. Competição IRONCup. Disponível em <<https://www.robocore.net/eventos/ironcup-2019>>. Acesso em: 09 jan. 2021.

MARCHI, Jerusa et al. Navegação de robôs móveis autônomos: estudo implementação de abordagens. 2001.

MOURA, M. : A corrida maluca onde nasceu o carro autônomo. 2018. Disponível em <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2018/07/o-caminho-ate-o-carro-do-futuro.html>> Acesso em: 20 março 2020.

MULLER, Leonardo. Amazon já tem mais de 100 mil robôs autônomos em seus galpões. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/mercado/131327-amazon-tem-100-mil-robos-autonomos-galpoes-video.htm>. Data de acesso: 23/02/2019.

OGATA, K.. Engenharia de Controle Moderno, 5a Ed., Pearson, 2011.

Publicações e eventos:

A partir do projeto, foi possível a participação de eventos e de competições de robótica: MNR 2019 fase regional, sendo que o trabalho ganhou um prêmio de mérito acadêmico e melhor vídeo de divulgação, fase nacional (Rio Grande-RS), CORA 2019, OBR 2019 fase regional e fase nacional e 15º Semana de Desenvolvimento Econômico de Itabirito.

Além disso, os bolsistas do projeto receberam 1 medalha de ouro, 1 de prata e 1 de bronze na fase nacional da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR 2019), fruto do empenho e interesse pelo tema ao longo do projeto.

Com este projeto foram desencadeadas as seguintes publicações:

Colombo, Leticia Pedroso ; Conceição, Gabriel Carvalho Domingos da ; Ferreira, Lucas Mota ; Freitas, Elias José Rezende de . DESENVOLVIMENTO DE UMA EMPILHADEIRA ROBÓTICA AUTÔNOMA EM MINIATURA. Engenharia Elétrica e de Computação: Atividades Relacionadas com o Setor Científico e Tecnológico 3. 1ed.: Atena Editora, 2020, v. , p. 63-75.

COLOMBO, L. P. ; CONCEICAO, G. C. D. ; FERREIRA, L. M. ; FREITAS, E. J. R. . Desenvolvimento de uma empilhadeira robótica autônoma em miniatura. In: Mostra Nacional de Robótica - edição 2019, 2019, Rio Grande. Mostra Nacional de Robótica (Mostra Virtual), 2019.

SILVA, M. V. F. ; COSTA, R. C. ; LIMA, L. M. V. M. ; FREITAS, E. J. R. . Sensor de fadiga: assistente virtual para direção. Brazilian Journal of Development, v. 6, p. 78540-78549, 2020.

SILVA, M. V. F. ; COSTA, R. C. ; LIMA, L. M. V. M. ; FREITAS, E. J. R. . Sensor de fadiga: assistente virtual para direção. In: I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, 2020, Diamantina (Online). Anais do I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, 2020. p. 1-5.