



EQUIPE AURORA - VEÍCULO AUTÔNOMO SEGUIDOR DE FAIXA COM RECONHECIMENTO DA PISTA PARA COMPETIÇÕES DE ROBÓTICA

Alexandre Magno de Lima Velloso⁽¹⁾, Luty Guilherme Alcantara Rocha Senem⁽²⁾, Maria Luiza Salermo Lored e Silva⁽³⁾, Gabriel Cambraia Soares⁽⁴⁾, Bruno da Fonseca Gonçalves⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Alexandre Magno de Lima Velloso, Bolsista - IFMG - Técnico em Automação Industrial - Campus Itabirito

⁽²⁾ Luty Guilherme A. Rocha Senem, Bolsista - IFMG - Técnico em Automação Industrial - Campus Itabirito

⁽³⁾ Maria Luiza Salermo Lored e Silva, Bolsista - IFMG - Técnico em Automação Industrial - Campus Itabirito

⁽⁴⁾ Gabriel Cambraia Soares - Professor orientador - IFMG - Campus Formiga

⁽⁵⁾ Bruno da Fonseca Gonçalves - Professor orientador - IFMG - Campus Itabirito

RESUMO

A robótica, que inicialmente teve suas aplicações concentradas na indústria, expandiu suas fronteiras para áreas como saúde, segurança, educação e uso doméstico, se tornando uma ferramenta importante na atualidade. O ensino da robótica demanda conhecimentos em mecânica, eletrônica e computação, áreas fundamentais presentes em diversos cursos ofertados pelos Institutos Federais. Em função da alta oferta de cursos, ao longo dos últimos anos, muitas equipes de robótica surgiram em universidades e institutos, o que fomentou a criação de competições no país. Um exemplo clássico de competição é a corrida de robôs seguidores de linha, onde o objetivo é percorrer um trajeto pré-definido no menor tempo possível. O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um robô seguidor de linha completo, desde o projeto, a impressão, a montagem e programação do robô, objetivando a participação em competições nacionais. O sistema foi modelado em *SketchUp/Cura* e impresso com filamento do tipo PLA. O algoritmo de controle adotado foi o liga/desliga com histerese fixa, programado em um microcontrolador do tipo Arduino Uno, com tamanho reduzido e baixo consumo energético. A alimentação de todo o sistema é realizada por uma bateria de polímero de lítio com capacidade de 650 miliampere por hora. O controle de posição desenvolvido atendeu o objetivo de estabilizar o veículo, mas apresentou oscilações excessivas em função do controlador determinado.

Palavras-chave: Robótica. Seguidor de linha. Controle de posição.



1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento da quarta revolução industrial ocorrido ao longo dos últimos anos, o campo da robótica foi elevado a uma posição de maior destaque no panorama tecnológico global. Esse novo cenário contribuiu para o incremento do aporte em estudos e desenvolvimento dessas tecnologias, e, ao se interligar diretamente com elas, a robótica testemunhou notáveis progressos. No entanto, suas contribuições não se restringem unicamente às aplicações fabris, pode-se identificar a presença da robótica em variadas esferas, como a saúde, proteção e instrução, assim como no cotidiano residencial. Dessa forma, ela propicia o contato com sistemas complexos, semelhantes aos encontrados no mundo real, que englobam componentes mecânicos, elétricos e computacionais.

A popularização da robótica no Brasil foi impulsionada com a expansão do ensino tecnológico federal. A criação dos Institutos Federais e o oferecimento de cursos relacionados com automação tem como reflexo o surgimento de inúmeras equipes universitárias de robótica. Um dos objetivos das equipes robótica consiste na criação de projetos para participação de competições locais, nacionais e internacionais.

O robô seguidor de trilha é um veículo com a habilidade de percorrer, de forma autônoma, uma linha presente na superfície onde se move. A competição de seguidores de linha é uma modalidade nas competições de robótica em que o robô se desloca em um percurso fechado que deverá ser completado no menor tempo possível. Uma típica pista de competição é constituída por uma superfície de cor preta em contraste com o percurso feito em linha branca, e que contém trechos de retas, arcos e cruzamentos.

Considerando a aplicabilidade na indústria e os conhecimentos necessários em áreas multidisciplinares, propõe-se um projeto de criação, montagem e programação de um robô seguidor de linha para competições de robótica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Robótica Móvel e Robô Seguidor de Linha

Segundo Bandeira e Carneiro (2021), a robótica, enquanto área da ciência aplicada, pode ser classificada de acordo com sua aplicabilidade, grau de autonomia ou tipo de mobilidade. Considerando a característica de autonomia, a robótica móvel pode ser

categorizada de duas maneiras: robôs móveis guiados automaticamente e robôs móveis autônomos. O robô seguidor de linha é um robô móvel com o objetivo de seguir uma trajetória demarcada por uma pista de cor branca em uma superfície de cor preta (ou quaisquer cores que sejam contrastantes entre si) de forma veloz. A estrutura genérica de funcionamento de um robô seguidor de linha é apresentada na Figura 1, e um exemplo de projeto com todos os componentes anexados é apresentado na Figura 2.

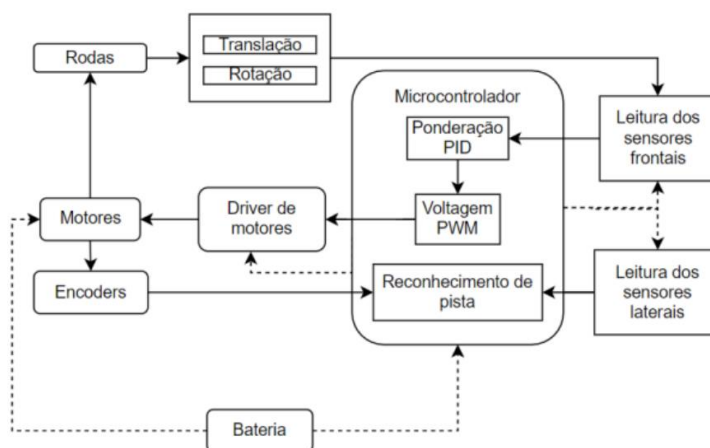


Figura 1 – Diagrama de blocos de um robô seguidor de linha genérico.
Fonte: Bandeira e Carneiro (2021) adaptado de Ben-Ari e Mondada (2018).

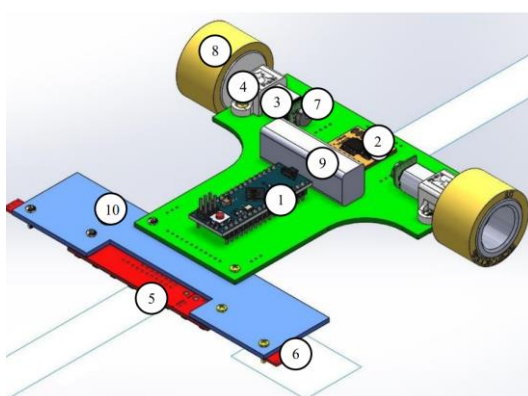


Figura 2 – Visão isométrica de um modelo genérico de robô seguidor de linha.
Fonte: Bandeira e Carneiro (2021).

2.2 Construção física

O projeto foi iniciado com o dimensionamento e a impressão do chassi do veículo. A modelagem 3D foi realizada nos *softwares* SketchUP e Cura, tendo como bases a estrutura

proposta por Bandeira e Carneiro (2021), a qual também é usada pela maioria das equipes de robótica para competições de robôs seguidores de linha. A impressão foi realizada com filamento PLA. A Figura 3 apresenta o projeto, o modelo enviado para impressão e a primeira parte do chassi impresso.



Figura 3 – Etapas da impressão do chassi do veículo.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Após a impressão, os elementos de sensoriamento, controle e atuação foram fixados na estrutura. A Figura 4 exibe o início do processo de fixação, em que os motores, as rodas, a ponte H e o controlador se encontram parafusados ao chassi do robô. Nota-se que a régua de sensores de refletância não foi fixada inicialmente, pois os testes realizados com os sensores não estavam apresentando resultados coerentes.

Para melhorar a distribuição de peso e a aderência do robô à pista, os pneus foram alterados para um modelo de maior diâmetro. Além disso, optou-se por substituir o microcontrolador para trabalhar com um número maior de entradas e saídas digitais. Uma outra modificação ao projeto inicial foi a inserção de dois sensores de refletância no centro, em vez de uma régua de 8 sensores, em função do não funcionamento da régua que possuíamos no laboratório. O resultado final do robô é apresentado na Figura 5.

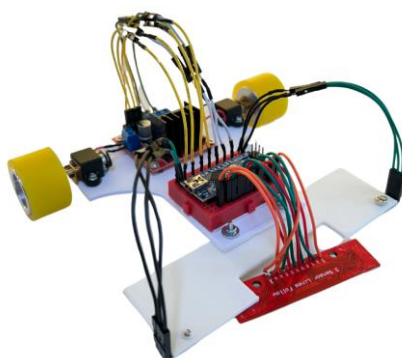


Figura 4 – Primeiro protótipo desenvolvido, com limitações de sensoriamento e aderência à pista.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

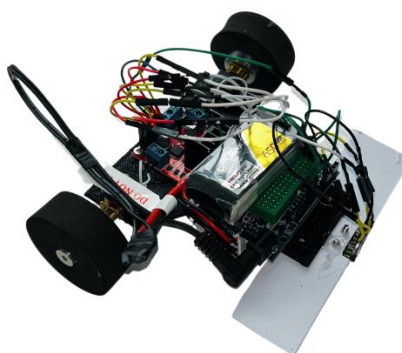


Figura 5 – Protótipo final.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os componentes utilizados na construção do robô seguidor de linha relacionado com o projeto são descritos na Tabela 1.

Controlador	Sensores de Refletância	Bateria	Ponte H	Motores	Pneus
Arduino Uno	QRE1113	650mAh	L298N	6V – 1000rpm	Neoprene de 60mm

Tabela 1 - Componentes do robô seguidor de linha.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

2.3 Programação do Controle de Posição

O controle automático de posição é efetuado por um algoritmo do tipo liga-desliga, de modo que o robô oscila entre a faixa de acordo com a sua posição. Três condições são

possíveis: robô centralizado; robô saindo à esquerda da faixa ou; robô saindo à esquerda da faixa. Para a primeira condição, os dois motores são configurados para atuarem com potência máxima, uma vez que o veículo se encontra no centro da faixa. Em situações de curva para a direita, o sensor central posicionado à direita identifica o cruzamento da faixa através do limite selecionado (700 em uma faixa entre 0 a 4096) e reduz a potência do motor posicionado à direita, gerando a angulação necessária para realizar a curva. Nas curvas à esquerda, o sensor posicionado à esquerda identifica o cruzamento da faixa e o algoritmo reduz a potência do motor deste lado. O fluxograma da Figura 6 exibe a sequência lógica do algoritmo desenvolvido.

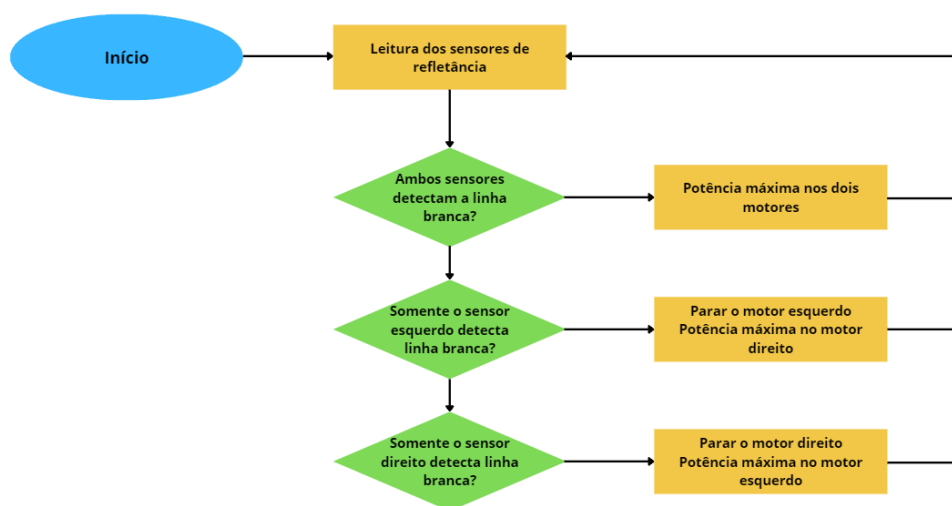


Figura 6 – Fluxograma com a lógica de programação do projeto.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

2.4 Resultados

O principal objetivo do projeto foi construir um robô seguidor de linha que identificasse o trajeto e corrigisse a posição do veículo de forma autônoma. No início, se projetou o uso de *encoders* para a identificação do veículo em trechos específicos, de modo que o sistema fosse capaz de memorizar as retas, para gerar potência máxima para os motores, e identificar as curvas, para gerenciar a potência com mais cautela com o intuito de evitar a instabilidade. No entanto, os *encoders* usados para robôs seguidores de linha não são fabricados no Brasil, o que aumenta o custo do componente e inviabilizou a compra por parte da equipe. Além disso, a régua com 8 sensores de refletância do tipo analógico também deve

ser importada, o que também gera alto custo e burocracia para aquisição. Diante dos problemas citados, a equipe decidiu por trabalhar com sensores analógicos individuais, posicionados no centro do seguidor, e abandonar a adição de um *encoder*.

A definição do limite dos sensores para ativação dos motores foi realizada por meio de testes em laboratório. O veículo foi posicionado com as rodas para cima e a parte frontal do seguidor, que contém os sensores, foi alternada entre as faixas para avaliar a movimentação dos dois motores. Em uma faixa analógica entre 0 a 4096, o valor 700 se mostrou o mais eficiente. Isto é, com uma variação de aproximadamente 20% em relação à faixa, os motores iniciam o processo de correção. Os testes podem ser visualizados nos seguintes links: <https://youtube.com/shorts/Vlaiz-E13IQ> e <https://youtube.com/shorts/OrC348bh4Zk>.

Com dois sensores analógicos, o controle liga-desliga apresentou oscilação elevada no controle de posição do robô, em função da variação dos estados dos motores em somente dois estágios: potência máxima ou potência mínima. Aumentando o limite dos sensores para o acionamento dos motores, a frequência de oscilação diminui, mas a amplitude de oscilação aumenta. Por outro lado, restringindo o limite para valores mais baixos, o seguidor de linha se afasta menos da faixa central. No entanto, a frequência de oscilação se torna muito grande. A Figura 7 exibe um momento de correção. Na imagem da esquerda, a parte frontal do seguidor está se afastando à esquerda da faixa. O sensor identifica o cruzamento e o algoritmo desliga o motor à direita para retornar para a posição central. O movimento pode ser visualizado no seguinte link: <https://youtube.com/shorts/obJnqKpEQCE>.

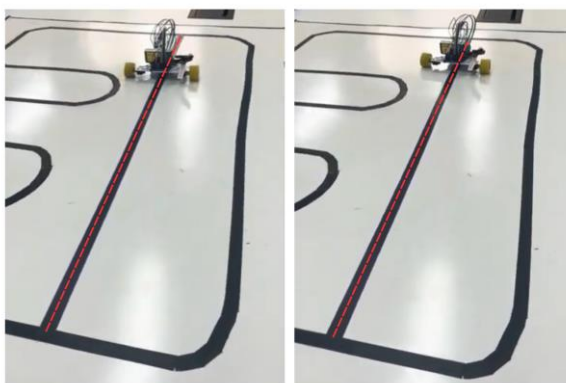


Figura 7 - Momento de correção de faixa do protótipo.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).



3 CONCLUSÃO

O objetivo inicial do projeto foi a construção de um robô seguidor de linha para competir em ligas nacionais junto com a equipe Aurora, do IFMG – Campus Itabirito. O robô foi construído no período do projeto. No entanto, o protótipo desenvolvido apresenta limitações no sensoramento, pois foram adicionados somente dois sensores analógicos, enquanto outras equipes trabalham com dois laterais e seis frontais. Além disso, o sensor de rotação *encoder* não foi adicionado, o que gerou limitação no reconhecimento da pista, para liberar potência máxima em percursos menos sinuosos. Outra limitação do projeto foi a seleção do controle liga-desliga, em vez de um controlador contínuo, o que gerou oscilação elevada no controle da posição.

Apesar das limitações citadas, destaca-se que os discentes executores do projeto são de nível médio, os quais estavam no primeiro e no segundo ano do curso técnico quando iniciaram. O projeto serviu como aperfeiçoamento prático em diversas áreas: programação, controle, instrumentação, eletrônica, entre outras, e atendeu o propósito da oferta de educação técnica integrada para discentes em nível médio.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, M. S; CARNEIRO, R. S. **Projeto Básico de Robô Seguidor de Linha Controlado por Arduino**. 2021. 127 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

BEN-ARI, M.; MONDADA, F. **Elements of Robotics**. [S.l.]: Springer, Cham, 2018.