

22ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFBA - 2025

Do Sertão ao Mar: Conexões entre Territórios, Saberes e Águas
21 a 25 de Outubro de 2025 - BA - Brasil

Desenvolvimento de Robô Autônomo Seguidor de Linha

Autores

Evellyn Letícia Sales Telles Vaz¹
Elias dos Santos Cosme²
Hilquias Rodrigues de Oliveira³
João Vitor Reis da Silva⁴
Fabrício Luis Teixeira da Cruz⁵
Daniel dos Anjos Costa⁶
Flavio Pereira Silva⁷

Área Temática: CIEX - Ciências Exatas e da Terra

Palavras-chave: Robótica, Automação, Microcontrolador

RESUMO - Robôs seguidores de linha são robôs autônomos dotados da capacidade de percorrer um caminho pré-determinado baseando-se na interpretação do contraste entre as cores da pista e da superfície, sendo amplamente utilizados na robótica educacional como via de iniciação científica e base didática para o desenvolvimento de sistemas de navegação autônomos mais complexos como sistemas embarcados, carros e drones. Este artigo descreve o desenvolvimento de um robô seguidor de linha utilizando a plataforma Arduino Uno, Sensores TCRT5000 e uma Mini Ponte H L298N e tem como objetivo detalhar o processo de montagem de um robô capaz de identificar e seguir trajetórias propostas, usando um algoritmo de controle baseado em lógica condicional discreta e considerando aspectos como a seleção de componentes eletrônicos, o domínio do controle de motor e ajustes de algoritmo para melhorar a precisão da navegação.

INTRODUÇÃO

A automação e a robótica vêm se consolidando como áreas centrais no avanço de sistemas autônomos, abrangendo aplicações que vão desde processos industriais até veículos inteligentes (Fresnillo 2023). Nesse panorama, os robôs seguidores de linha assumem papel estratégico, atuando

¹ Evellyn Letícia Sales Telles Vaz; IFBA, evellyn.l.s.t.vaz@gmail.com.

² Elias dos Santos Cosme; IFBA, eliascosme88@gmail.com.

³ Hilquias Rodrigues de Oliveira; GRAN, hilquiasro10@gmail.com.

⁴ João Vitor Reis da Silva; IFBA, joaovitorreis426@gmail.com.

⁵ Fabrício Luis Teixeira da Cruz; IFBA, luisfabricio515@gmail.com.

⁶ Daniel dos Anjos Costa; IFBA, daniel.anjos@ifba.edu.br.

⁷ Flavio Pereira Silva; IFBA, flavio.pereira@ifba.edu.br.

como ponto de partida para compreender princípios da navegação autônoma e integrando controle de motores, leitura em tempo real de sensores e desenvolvimento de algoritmos embarcados. O funcionamento desse tipo de robô é baseado na detecção e no acompanhamento de uma trajetória marcada por uma linha em contraste com o fundo, o que é possível pela implementação de sensores infravermelhos que registram as variações da superfície, enquanto um controlador interpreta os sinais e ajusta a movimentação, isto é, a velocidade e direção aos quais os motores são submetidos.

É dessa forma que – embora se trate de uma tecnologia consolidada – o robô seguidor de linha mantém relevância acadêmica e prática, isto porque se apresenta como recurso introdutório em áreas como a eletromecânica, sistemas embarcados e engenharia de controle, ao mesmo tempo em que pode ser expandido para projetos mais sofisticados, incluindo protótipos de veículos autônomos. Além de plataforma experimental para algoritmos de controle e estratégias de otimização de navegação, destaca-se por sua estrutura simples, o que o torna acessível a ambientes educacionais e de baixo custo, incorporando técnicas contemporâneas como inteligência artificial embarcada e controle adaptativo, o projeto transforma-se em um laboratório prático de inovação, replicável em diferentes contextos.

A adoção do Arduino Uno nesses projetos é bastante difundida, uma vez que a plataforma combina acessibilidade, facilidade de programação e uma vasta gama de bibliotecas disponíveis. Diversos autores evidenciam o potencial do Arduino Uno como ferramenta de ensino capaz de contribuir para o desenvolvimento do pensamento computacional e de competências digitais desde o ensino fundamental até a universidade (Condori e Pozo 2023).

Este artigo descreve o desenvolvimento de um robô seguidor de linha utilizando a plataforma Arduino Uno, Sensores TCRT5000 e uma Mini Ponte H L298N e tem como objetivo detalhar o processo de montagem de um robô capaz de identificar e seguir trajetórias propostas, usando um algoritmo de controle baseado em lógica condicional discreta e considerando aspectos como a seleção de componentes eletrônicos, o domínio do controle de motor e ajustes de algoritmo para melhorar a precisão da navegação.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do robô seguidor de linha foi estruturado com base na integração de conceitos de eletrônica, automação e sistemas embarcados. Esse tipo de dispositivo é amplamente utilizado tanto em contextos educacionais quanto industriais, pois oferece uma introdução acessível à robótica móvel e à navegação autônoma (Reda, 2024) e, além de sua relevância prática, se mostra eficaz para fomentar o aprendizado ativo e o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, criatividade e resolução de problemas.

O princípio de funcionamento do sistema baseia-se na detecção de uma linha de alto contraste em relação a seu exterior, realizada por sensores ópticos que captam variações na

superfície. Um algoritmo de controle interpreta essas leituras e ajusta a movimentação do robô em tempo real, permitindo tomadas de decisão de maneira autônoma e uma trajetória estável. Para a construção do protótipo, adotou-se uma abordagem em quatro etapas principais: seleção e preparação dos componentes, montagem física, implementação do software embarcado e testes e calibração.

MONTAGEM FÍSICA DO SISTEMA

A escolha dos elementos eletrônicos considerou a compatibilidade com a plataforma Arduino Uno e a capacidade do componente em resolver o problema de projeto com melhor custo benefício. Abaixo listamos todos os componentes eletrônicos e tecnologias que foram usados no desenvolvimento do sistema e na Figura 1 apresentamos o seu esquema de montagem.

- a) O Arduino UNO foi definido como núcleo do sistema embarcado por sua acessibilidade, possibilidades e fácil manipulação (Arduino, 2025). Ele possui um microcontrolador baseado no ATmega328P além de 14 pinos digitais e 6 entradas analógicas, possibilitando a integração direta com sensores e atuadores. Ele possui uma vasta variedade de bibliotecas próprias para a implementação de algoritmos de navegação.
- b) Para a detecção da linha, foi selecionado um módulo de cinco sensores ópticos TCRT5000, posicionado na base frontal do robô. Esse sensor reflexivo combina um emissor de luz infravermelha e um fototransistor, o que permite a diferenciação de superfícies claras (alta reflexão) e escuras (baixa reflexão) (Vidal, 2017).
- c) A movimentação do robô foi garantida por dois motores de corrente contínua (CC) de 6V com caixa de redução, responsáveis por oferecer o torque adequado para locomoção. Como o Arduino não fornece corrente suficiente para acioná-los diretamente, foi utilizada a Mini Ponte H L298N para amplificar os sinais de controle e possibilitar o acionamento independente dos motores, bem como a inversão de polaridade para avançar, recuar ou realizar curvas (Scherer et al., 2020).
- d) Para o controle de velocidade, foi implementada a técnica de Modulação por Largura de Pulso (PWM), que regula a quantidade média de energia fornecida aos motores sem reduzir o torque, garantindo ajustes eficientes de velocidade.
- e) Para alimentação, foram empregadas duas baterias de lítio modelo 18350 conectadas em série, fornecendo aproximadamente 8,4V ao circuito.

Em relação à montagem física, a estrutura do robô seguidor de linha foi projetada em acrílico, proporcionando leveza e resistência. Os motores CC foram fixados na parte traseira,

acoplados diretamente às rodas de tração com suportes específicos para motores N20 (11x25 mm). Na parte frontal, uma roda boba esférica foi adicionada para aumentar a mobilidade, equilibrar o chassi e facilitar correções de trajetória.

Antes da montagem final, os sensores foram submetidos a uma calibração manual inicial para determinar os valores de limiar entre superfícies claras e escuras, minimizando erros decorrentes de variações de iluminação. Posteriormente, os cinco sensores TCRT5000 foram alinhados na região frontal inferior do chassi, abrangendo toda a largura da linha. A partir das leituras, o Arduino processa as informações e envia comandos à Ponte H, que controla os motores conforme a trajetória detectada.

O Arduino Uno e a Ponte H foram centralizados na estrutura para otimizar a organização dos cabos e reduzir interferências, enquanto as baterias foram instaladas na parte superior, facilitando substituição ou recarga. Finalmente, um interruptor foi adicionado ao circuito para controle da alimentação.

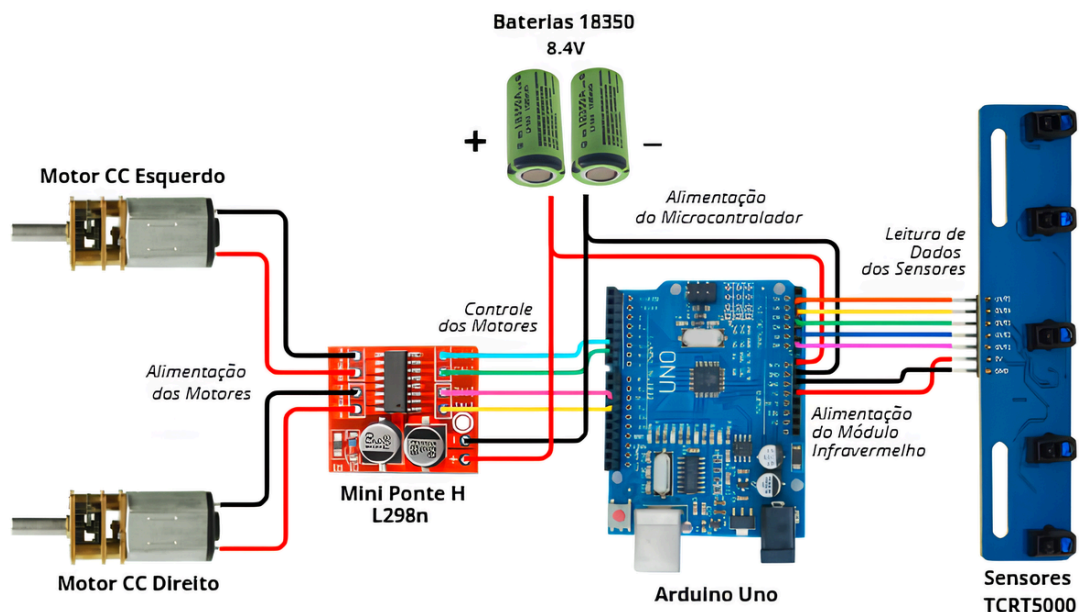


Figura 1. Esquema do Circuito Eletrônico do Robô Seguidor de Linha

MONTAGEM LÓGICA DO SISTEMA

O software embarcado do sistema foi desenvolvido em C++ na IDE do Arduino, utilizando a biblioteca AFMotor para comunicação com a Ponte H L298N. O algoritmo de controle se baseia em decisões condicionais que interpretam os estados dos sensores e ajustam os motores em tempo real. Para tal, foram definidas variáveis específicas para determinar parâmetros de operação, onde *motorSpeed* (110) define a velocidade padrão dos motores, *turningMotorSpeed* (170) estabelece a velocidade em curvas bruscas, *lineThresh* (200) indica o limite de leitura para detecção da linha e

noLineThresh (20) designa o limite de leitura em ausência da linha, conforme exibido na Tabela 1.

Variável	Valor	Definição
<i>motorSpeed</i>	110	Define a velocidade dos motores em linha reta
<i>turningMotorSpeed</i>	170	Define a velocidade dos motores durante curvas
<i>lineThresh</i>	200	Limite superior de leitura dos sensores para detectar a linha
<i>noLineThresh</i>	20	Limite inferior de leitura dos sensores em situação de ausência de linha.

Tabela 1. Variáveis Utilizadas durante a Construção do Software

A Figura 2 apresenta um pseudocódigo simplificado com as principais funções implementadas no algoritmo de controle. As funções *moverParaFrente()*, *moverParaEsquerda()*, *moverParaDireita()* e *pararMotores()* coordenam os deslocamentos conforme as combinações de sensores ativos: quando apenas o sensor central detecta a linha, o robô avança; se apenas os sensores laterais a identificam, ele corrige a trajetória para esquerda ou direita; caso todos os sensores indiquem preto simultaneamente, interpreta-se uma interseção ou ponto de parada, acionando a função de interrupção; por fim, se todos detectam branco, o sistema compreende que perdeu a trajetória e segue em frente até um novo alinhamento. Esse esquema de funcionamento do algoritmo pode ser apreciado no diagrama UML da Figura 3.

Ademais, o ciclo de execução ocorre em *loop*, garantindo um monitoramento constante dos sensores e correção imediata da trajetória, e a lógica construída garante adaptação a diferentes pistas. Os seguintes anexos ilustram essa lógica:

```
void setup() {
  // Configura os pinos dos sensores
  // Configura os pinos de controle dos motores como saída
}

void moverParaFrente() {
  // Função para mover o robô para frente (ambos os motores avançam)
}

void moverParaEsquerda() {
  // Função de curva para esquerda (redução da velocidade motor esquerdo)
}

void moverParaDireita() {
  // Função de curva para direita (redução da velocidade motor direito)
}

void pararMotores() {
  // Função para parar todos os motores
}
```

Figura 2. Pseudocódigo das Funções do Algoritmo de Controle.

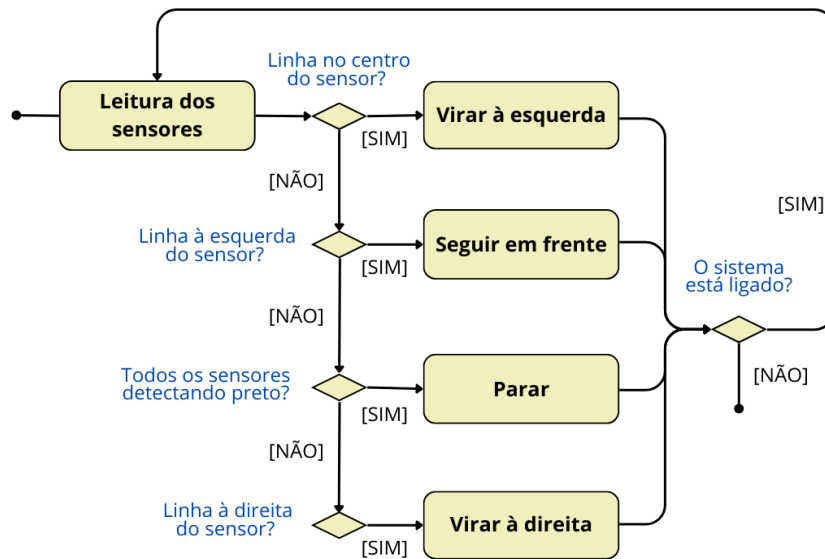


Figura 3. Diagrama de Atividades do Sistema

Por fim, na etapa final, foram realizados testes em pistas de diferentes contrastes e configurações. Os ajustes de limiar dos sensores (*lineThresh* e *noLineThresh*) mostraram-se eficazes para compensar variações de iluminação e a estratégia de PWM manteve torque constante mesmo em baixas velocidades, assegurando precisão no deslocamento.

Desta forma, a metodologia aplicada permitiu o desenvolvimento de um robô seguidor de linha funcional, acessível e replicável, capaz de operar de forma autônoma em trajetórias pré-definidas, ao mesmo tempo em que oferece uma plataforma didática para experimentação em robótica móvel e sistemas embarcados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho do robô seguidor de linha construído foi analisado em diferentes tipos de trajetórias, considerando sua precisão na detecção das linhas, tempo de resposta, estabilidade, consumo de energia e adaptação a percursos inéditos.

O robô foi avaliado em percursos variados, incluindo retas longas, curvas acentuadas, cruzamentos e desvios súbitos – os testes demonstraram boa adaptação a diferentes níveis de dificuldade, garantindo desempenho consistentes em trajetos diversificados. Em relação à detecção da linha e ao algoritmo, os sensores TCRT5000 mostraram desempenho satisfatório, porém exigiram calibração para compensar variações de iluminação e o reposicionamento do módulo no chassi.

Após o ajuste, a leitura tornou-se mais estável e confiável, porém é preciso implementar meios de “isolamento” da luz ambiente para uma melhor performance. O algoritmo de lógica discreta foi eficaz em trajetórias simples e moderadas, embora curvas fechadas e bifurcações ainda representem um desafio, demandando melhorias nas regras de decisão.

Sobre o tempo de resposta e a estabilidade, a transição suave entre velocidades reduziu oscilações e melhorou a fluidez dos movimentos, contudo, em altas velocidades, o robô apresentou atraso nas correções, o que foi compensado com a implementação de reduções dinâmicas de velocidade em curvas. As baterias 18350 permitiram ao robô funcionar por cerca de duas horas, o que é razoável e possibilita sua autonomia energética. A Figura 4 exibe o robô Seguidor de Linha desenvolvido após sua montagem e ajustes.

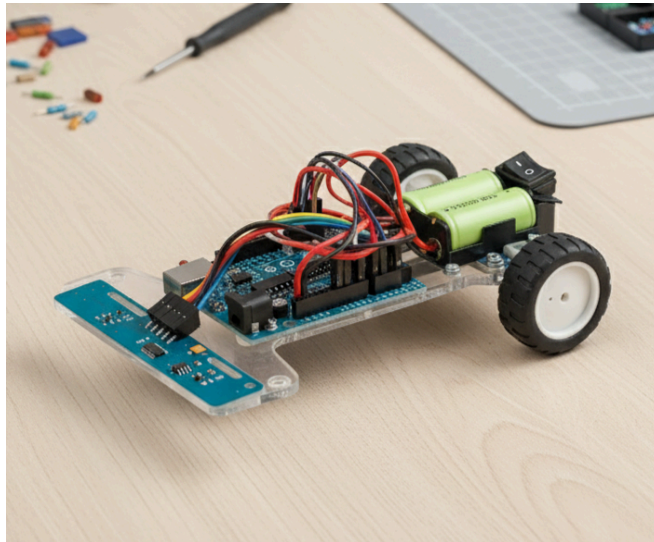


Figura 4. Robô Seguidor de Linha após Montagem e Ajustes.

CONCLUSÕES

O robô seguidor de linha desenvolvido com Arduino Uno, sensores TCRT5000 e ponte H L298N revelou-se uma solução eficiente para navegação autônoma em trajetórias pré-definidas. A lógica condicional discreta implementada possibilitou correções rápidas, garantindo precisão e bom desempenho do sistema em diferentes condições de pista e iluminação.

Além de consolidar conhecimentos sobre sistemas embarcados, calibração de sensores ópticos e controle de motores, o projeto abre caminho para aprimoramentos, como maior adaptação a trajetórias complexas e o uso do robô como base para iniciativas inovadoras e, uma vez que se apoia em componentes de baixo custo, também contribui para a democratização do conhecimento tecnológico e a inclusão social. O código utilizado encontra-se disponível em Oliveira (2025) e este

projeto é citado e desenvolvido em *Desenvolvimento de um Robô Seguidor de Linha Utilizando Arduino* (Oliveira et al., 2025).

Embora a literatura ainda apresente limitações quanto à escalabilidade dessa tecnologia, estudos recentes apontam para a integração de inteligência artificial e aprendizado de máquina em projetos semelhantes, o que poderia ampliar a autonomia e adicionar funcionalidades mais complexas sem perder a essência da leitura e seguimento de linhas. E, dito isto, para desenvolvimentos futuros, sugerem-se melhorias na lógica de decisão para curvas e bifurcações, uso de técnicas de filtragem para compensar variações de iluminação e a adoção de controladores PID, de modo a garantir ajustes contínuos baseados no erro acumulado e derivado.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. Uno R3. 2025. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

CONDORI, K.; POZO, S. Educational Robotics in Action: Development of a Line Following Robot through STEAM Methodology to Address Traffic Issues. In: *CITIE 2023*. 2023. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-3691/paper26.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.

OLIVEIRA, H. R. Line-Follower-Cart. GitHub, 2025. Disponível em: <https://github.com/OzyHil/Line-Follower-Cart.git>. Acesso em: 19 jun. 2025.

OLIVEIRA, Hilquias R.; TELLES VAZ, Evellyn Letícia Sales; SILVA, Flávio Pereira da; COSTA, Daniel dos Anjos. Desenvolvimento de um Robô Seguidor de Linha Utilizando Arduino. *Instituto Federal da Bahia (IFBA), Santo Amaro – BA, Brasil*, 2025.

REDA, M. et al. Path planning algorithms in the autonomous driving system: A comprehensive review. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 174, 2024.

SCHERER, D. et al. Robótica educacional de baixo custo: Arduino como ferramenta pedagógica. In: *Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E)*, 2020. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl/article/view/11418>. Acesso em: 16 jul. 2025.

VIDAL, V. Sensor Óptico TCRT5000 com Arduino. 2017. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/sensor-optico-tcrt5000-com-arduino/>. Acesso em: 17 mar. 2025.