

Implementação do Controlador PID ao Seguidor de Linha

Júlia Kaori Tiago Tateishi¹, Rafael Gomes da Silva¹, Mauro de Lucca², Ricardo Soares Rubin²

¹ Discente no Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio *Campus Araraquara* do IFSP. (j.tateishi, rafael.gomes1) @aluno.ifsp.edu.br

² Docente no *Campus Araraquara* do IFSP. (mauro.lucca, ricardo.rubin) @ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Controle de Processos Eletrônicos – 3.04.05.03-3

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo implementar e testar o controlador PID em um robô seguidor de linha, visando aprimorar a estabilidade e precisão em trajetos com curvas de diferentes ângulos. A importância do projeto está relacionada à robótica educacional, que, por meio de desafios práticos, desenvolve o pensamento lógico e as habilidades técnicas dos alunos. Inicialmente, foram pesquisados os princípios do controle PID, seguidos da implementação do método no software do robô. Em seguida, foram realizados testes para ajustar os parâmetros e avaliar o desempenho em diferentes velocidades e tipos de curva. Os resultados indicaram estabilidade nas curvas abertas e oscilações nas curvas fechadas. Conclui-se que a aplicação do PID contribuiu significativamente para a melhoria do desempenho do robô, evidenciando sua eficácia como ferramenta de controle.

PALAVRAS-CHAVE: arduino; controle proporcional integral derivativo; robô seguidor de linha, robótica educacional

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a robótica educacional tem se destacado como uma ferramenta inovadora para o desenvolvimento do pensamento crítico, do trabalho em equipe e das habilidades técnicas dos estudantes na área de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM). (Blog Mind Makers, 2025). Nesse contexto, os campeonatos de robótica são essenciais para desafiar os estudantes a resolver problemas reais, proporcionando experiências práticas e incentivando a criação de soluções criativas.

Dessa forma, existem diversas modalidades para se competir, sendo uma das mais populares a dos robôs seguidores de linha. Nessa categoria, os competidores precisam percorrer circuitos com curvas de diferentes ângulos, sendo avaliados pelo desempenho e eficácia ao completar o trajeto. No entanto, devido às variações na pista, garantir uma performance consistente se torna um grande desafio.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo estudar e aplicar o controlador PID (Proporcional Integrativo Derivativo), que se mostra uma boa opção para se usar em um robô seguidor de linha controlado por uma placa Arduino. Esse método realiza correções proporcionais ao erro da posição do robô, aprimorando a sua estabilidade e eficácia em concluir os trajetos. Desse modo, a hipótese é que o uso dessa técnica otimize o comportamento do seguidor nas curvas, reduzindo seus desvios em relação ao percurso.

Para alcançar esse objetivo, foi inicialmente realizada uma pesquisa teórica sobre os fundamentos do controle PID. Em seguida, utilizando a plataforma Arduino IDE, o método foi implementado ao código do robô, seguido de testes para calibrar os parâmetros de ganho Kp, Ki e Kd e analisar os resultados obtidos. Portanto, a relevância do projeto consiste em apresentar como a aplicação da técnica de controle pode

contribuir para melhoria do desempenho do seguidor de linha, promovendo a prática de conceitos utilizados nas indústrias para o controle e automação dos equipamentos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Robôs Seguidores de Linha

“A robótica móvel é uma ramificação da área de robótica, e seus frutos geralmente se tratam de robôs de pequenos portes, contendo sensores e motores elétricos (atuadores) que visam a execução de pequenas tarefas, e que auxiliam e realizam aplicações industriais, domésticas, agrícolas, urbanas etc.” (Wolf et al., 2009 apud Silva, 2022, p. 14). Dentro dessa área, os robôs seguidores de linha se sobressaem por sua facilidade de construção e programação, sendo um desafio que estimula o pensamento lógico e a aprendizagem de conceitos matemáticos. Contudo, o principal desafio dessa modalidade é garantir que o robô se desloque de forma estável e eficaz diante das curvas acentuadas de uma pista. Para isso, se torna necessário considerar a aplicação de um método de controle capaz de otimizar ao máximo o desempenho do sistema.

2. Controlador PID (Proporcional Integral Derivativo)

“Nesse contexto, existem os métodos de controle, que consistem em equações matemáticas com a função de melhorar o ajuste de uma variável até o seu valor desejado”. (Romano; Cazarotto; Radtke, 2020, p. 2). Entre as diversas técnicas existentes, destaca-se, devido à sua versatilidade, simplicidade e eficiência, o controlador PID, que pode ser aplicado em um robô seguidor de linha controlado por uma placa Arduino. Essa técnica de controle de processos otimiza o erro de acordo com a diferença entre uma grandeza desejada e uma grandeza medida. Usamos três constantes: constante proporcional (KP), constante integral (KI) e constante derivativa (KD). São por meio desses ganhos que o método se torna eficiente, equilibrando rapidez, precisão e estabilidade. Desse modo, a técnica ajusta a velocidade dos motores conforme os valores detectados pelos sensores, garantindo um comportamento preciso e suave nas curvas.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto teve como objetivo estudar, implementar e testar o controlador PID em um robô seguidor de linha. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa sobre os princípios do controlador PID. A partir dessa base teórica, foi possível compreender as equações e os parâmetros utilizados para o cálculo de otimização do erro.

Com a estrutura pronta, começamos a programação na plataforma Arduino IDE. Utilizando-se a biblioteca QTRSensors para os sensores infravermelhos e seguindo a lógica de cálculo do erro, implementamos o controlador PID. Conforme a explicação do documento *“Utilização do controlador proporcional, integral e derivativo (PID) para controlar um robô seguidor de linha”*, o PID funciona da seguinte maneira:

Representado por uma equação integro-diferencial, o PID pode ser expresso pela Eq. (1), onde $u(t)$ é a saída controlada pelo algoritmo. A variável que será ajustada é denominada setpoint e geralmente é o que estabiliza um sistema. A otimização desse ajuste pode ser feita através do ajuste dos valores das constantes KP , KI e KD , que representam respectivamente o ganho proporcional, integral e derivativo. (Romano; Cazarotto; Radtke, 2020, p.2)

O erro $e(t)$ é definido pela diferença entre o valor lido e o valor desejado para o setpoint. No primeiro termo da equação podemos observar a parte responsável pelo ganho proporcional, onde KP é multiplicado pelo erro, sendo muito parecido com um ajuste linear simples. Em seguida temos o ganho integral, que basicamente contabiliza um somatório dos erros registrados ao longo do tempo. Por fim temos o ganho derivativo, que leva em consideração a diferença entre a leitura do erro atual e o erro anterior. (Romano; Cazarotto; Radtke, 2020, p. 3)

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

onde,

K_p – Ganho proporcional

K_i – Ganho integral

K_d – Ganho derivativo

e – Erro

t - Tempo

τ - Tempo de integração

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a implementação do controlador, com o objetivo de calibrar os parâmetros de ganho K_p , K_i e K_d , foram realizados testes em pistas com curvas de diferentes ângulos. De acordo com o estudo de Romano, Cazarotto e Radtke (2020), não havia necessidade de alterar o ganho integral (K_i), visto que sua variação não resulta em mudanças no desempenho do robô.

Durante os testes iniciais, o uso dos parâmetros de ganho K_p e K_d proporcionaram uma atuação estável e suave para as curvas mais abertas, garantindo que o robô percorresse a trajetória com precisão e eficiência. Com isso, ao aumentar-se a velocidade de dez em dez, constatou-se a diminuição de 1s ao tempo de percurso.

TABELA 1. Comparaçāo do tempo entre a diferença de velocidade

Teste	Kp	Ki	Kd	Vel	Tempo de percurso
1°	.5	0	.1	160	22s
2°	.5	0	.1	170	21s
3°	.5	0	.1	180	20s
4°	.5	0	.1	200	19s

Fonte: Elaborada pelo autor

O ajuste dos parâmetros do PID foram feitos por tentativa e erro. Inicialmente aumentou-se o valor de K_p e verificou-se um aumento no tempo devido a maior oscilação apresentada no desempenho. Em seguida realizou-se o ajuste de K_d onde verificou-se uma melhora na estabilidade. Novos ajustes estão em estudo e deverão ser realizados.

TABELA 2. Comparaçāo do tempo entre a diferença de parâmetros do PID

Teste	Kp	Ki	Kd	Vel	Tempo de percurso

1°	.6	0	.1	180	20s
2	.7	0	.1	180	22s
3	.7	0	.2	180	21s

Fonte: Elaborada pelo autor

De modo geral, apesar das dificuldades em curvas fechadas, os resultados indicaram eficácia na estabilidade e precisão, reforçando a relevância do uso de um controle de processos como ferramenta para a automação.

CONCLUSÕES

A implementação do controlador PID no código do robô contribuiu significativamente para a performance do seguidor de linha, demonstrando maior estabilidade e precisão em deslocar-se sobre o trajeto. Entretanto, para um desempenho ainda melhor, é necessário ajustar o comportamento em curvas fechadas. Apesar das dificuldades nas curvas e da compreensão por completo dos princípios dessa equação matemática, os resultados preliminares da pesquisa foram satisfatórios, cumprindo com o objetivo de implementar e verificar o desempenho do PID no robô seguidor de linha. Como próximas etapas do projeto, temos a realização de análises em pistas mais complexas e com maior variação dos parâmetros de ganhos, a fim de compreender melhor as limitações e aprimorar o desempenho do robô.

REFERÊNCIAS

ROMANO, R.; CAZAROTTO, R.; RADTKE, J. J. *Utilização do controlador proporcional, integral e derivativo (PID) para controlar um robô seguidor de linha*. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Toledo, 2020. Acesso em: 01 nov. 2025.

SILVA, Matheus Otero Fernandez. *Robô seguidor de linha*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, Campus Timóteo, 2022. Acesso em: 01 nov. 2025.

BLOG MIND MAKERS. *Tudo sobre a robótica educacional e sua aplicação*. 2025. Disponível em: <https://blog.mindmakers.com.br/robotica-educacional>. Acesso em: 01 nov. 2025.