

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO A LASER PARA ALINHAMENTO DE POLIAS

EBERTON DE SOUZA IEQUE, Prof. Me. RODRIGO BASTOS

### RESUMO

O alinhamento de polias é uma atividade essencial em sistemas industriais, pois garante a transmissão adequada de potência e reduz o desgaste de componentes. Tradicionalmente realizado de forma manual, o processo é demorado, exige habilidade do operador e apresenta falhas que comprometem a confiabilidade e aumentam os custos de manutenção. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo automatizado para alinhamento de polias, utilizando sensores LDR e tecnologia de laser, controlados por um microcontrolador ESP32. O projeto foi estruturado a partir de fundamentação teórica sobre automação industrial, sensores e microcontroladores, seguido da implementação prática do protótipo. Foram realizados testes em bancada e em ambiente fabril, com resultados que indicaram maior precisão, rapidez e confiabilidade em comparação ao método manual. O sistema fornece feedback visual e sonoro, é compacto, de baixo custo e pode ser escalado para diferentes setores industriais. Além disso, apresenta potencial de integração com sistemas de Internet das Coisas (IoT), o que viabiliza manutenção preditiva e monitoramento remoto. Conclui-se que a automação aplicada ao alinhamento de polias representa uma solução inovadora e eficaz, com impacto direto na eficiência produtiva e na redução de custos.

**Palavras-chave:** Alinhamento de polias. Laser. Sensores LDR. Microcontrolador ESP32.

### 1 INTRODUÇÃO

O setor industrial demanda processos cada vez mais precisos, ágeis e padronizados para garantir a competitividade e reduzir falhas operacionais. Dentro deste contexto, o alinhamento de polias tem papel fundamental, pois assegura o correto funcionamento de sistemas de transmissão em máquinas agrícolas, metalomecânicas e de manufatura.

No entanto, o processo tradicional de alinhamento, baseado em gabaritos, réguas e níveis, apresenta limitações como baixa precisão, alto tempo de execução e dependência da experiência do operador. Isso gera inconsistências nos resultados, paradas não programadas e aumento dos custos de manutenção.

A busca por soluções automatizadas tem se intensificado, e o uso de tecnologias como sensores e laser tem se mostrado promissor. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um protótipo de sistema automatizado para alinhamento de polias, que oferece maior confiabilidade, praticidade e escalabilidade para aplicação em ambientes industriais.

### 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação industrial consiste na integração de sensores, atuadores, microcontroladores e sistemas de controle para otimizar processos produtivos. Ela permite reduzir falhas humanas, padronizar atividades e aumentar a produtividade. Entre as principais vantagens estão a redução do tempo de inatividade, melhoria da qualidade e viabilização de estratégias de manutenção preditiva (Groover, 2019).

#### 2.1 Sistemas digitais e microcontroladores

Os microcontroladores modernos, como o ESP32, possibilitam o processamento em tempo real de dados oriundos de sensores, além de oferecerem conectividade com redes de IoT. Eles são responsáveis por interpretar sinais, acionar atuadores e integrar diferentes módulos de um sistema. O ESP32, em particular, é amplamente utilizado devido ao seu baixo custo, alta capacidade de processamento e conectividade Wi-Fi e Bluetooth, o que permite futuras expansões do protótipo (Kumar & Singh, 2021).

## 2.2 Sensores LDR e tecnologia de laser

Os sensores LDR (Light Dependent Resistor) são dispositivos de baixo custo que variam sua resistência elétrica de acordo com a luminosidade recebida. Eles são comumente empregados em sistemas de automação de iluminação, mas também têm aplicações industriais, como no caso deste projeto, onde são usados para identificar a incidência do feixe de laser.

A tecnologia de alinhamento a laser, por sua vez, garante medições mais precisas do que os métodos manuais, reduzindo erros de instalação, vibrações excessivas e desgaste prematuro de componentes. Estudos comprovam que sistemas de alinhamento a laser aumentam a vida útil dos equipamentos e reduzem paradas de manutenção (Klein et al., 2022; Smith & Johnson, 2023).

## 2.3 Comparativo entre métodos manuais e automatizados

Enquanto os métodos manuais exigem operadores experientes e ainda assim estão sujeitos a falhas, os métodos automatizados apresentam precisão milimétrica, rapidez na execução e geração de dados históricos para análises posteriores. Apesar do maior custo inicial, sistemas automatizados são mais econômicos a médio e longo prazo, pois reduzem desperdícios e aumentam a confiabilidade (Rodriguez et al., 2021).

## 3 METODOLOGIA

A pesquisa utilizou abordagem experimental e foi estruturada em quatro etapas principais:

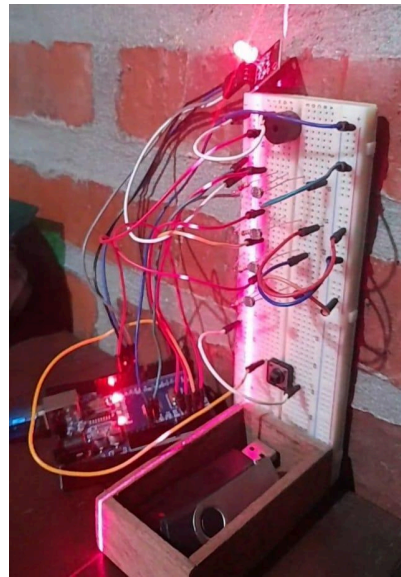
1. **Pesquisa teórica:** levantamento bibliográfico sobre automação industrial, sensores e microcontroladores.
2. **Seleção e aquisição de componentes:** escolha de microcontrolador ESP32, três sensores LDR, LED RGB para sinalização visual, buzzer para alerta sonoro, módulo carregador de bateria, chave liga/desliga e bateria 18650.
3. **Desenvolvimento do protótipo:** montagem em placa perfurada, soldagem dos componentes, implementação do código em linguagem C utilizando IDE Arduino e criação de um case em 3D para proteção do sistema.
4. **Testes em bancada e ambiente fabril:** validação inicial do funcionamento dos componentes, calibração dos sensores e análise comparativa com métodos manuais.

O código do sistema foi estruturado para ler a intensidade luminosa nos três sensores LDR e identificar quando todos recebiam o feixe de laser. Em caso positivo, o sistema aciona LED verde e buzzer contínuo. Caso contrário, LED vermelho e bipes intermitentes são ativados, indicando desalinhamento.

#### 4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

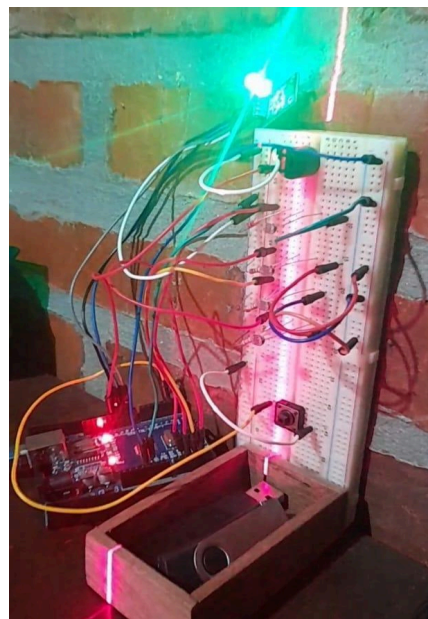
Nos testes iniciais em bancada, o sistema demonstrou alta precisão na identificação do alinhamento. O uso de três sensores foi considerado suficiente para garantir confiabilidade, eliminando a necessidade do quarto sensor previsto inicialmente. A resposta visual e sonora mostrou-se eficaz, facilitando a interpretação rápida pelo operador. A figura 1 mostra o teste para constatação visual que no caso desta figura é negativo, por sua vez a figura 2 indica que a polia está alinhada.

Figura 1 – Teste indicando polia desalinhada



Fonte: Do autor (2024).

Figura 2 – Teste indicando polia alinhada



Fonte: Do autor (2024).

Em ambiente fabril, a principal dificuldade encontrada foi a influência da iluminação externa, que exigiu ajustes na sensibilidade dos sensores. Após a calibração, o protótipo manteve funcionamento consistente, apresentando respostas rápidas e confiáveis mesmo sob condições adversas de luminosidade.

Comparado ao processo manual, o protótipo reduziu consideravelmente o tempo de execução da tarefa, além de eliminar erros provenientes da experiência do operador. O dispositivo também apresentou robustez, sendo adequado para ambientes industriais, e mostrou-se compacto e de fácil utilização.

Outro resultado importante foi a escalabilidade: o protótipo pode ser replicado em diferentes linhas de produção, mantendo baixo custo de implementação. Além disso, sua arquitetura baseada em ESP32 abre possibilidade de integração futura com sistemas IoT, permitindo monitoramento remoto e manutenção preditiva.

Em síntese, os resultados confirmaram as hipóteses iniciais:

- O sistema aumentou a precisão em relação aos métodos manuais;
- Reduziu o tempo necessário para alinhamento;
- Apresentou potencial para geração de histórico de dados e integração com soluções digitais.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sistema automatizado de alinhamento de polias a laser comprovou que a automação pode transformar um processo manual, demorado e impreciso em uma solução padronizada, rápida e confiável. O protótipo atendeu aos objetivos propostos, demonstrando eficiência nos testes realizados em condições industriais reais.

Os benefícios observados incluem maior precisão no alinhamento, redução do tempo de execução da atividade, menor dependência da habilidade do operador e maior durabilidade dos equipamentos. O projeto também evidenciou viabilidade de escalabilidade e possibilidade de integração com tecnologias de IoT, o que ampliaria seu impacto para a manutenção preditiva e gestão inteligente dos processos.

Portanto, conclui-se que o protótipo desenvolvido representa uma solução inovadora para o setor industrial, com potencial de aplicação em larga escala, contribuindo para maior eficiência produtiva e redução de custos de manutenção.

## 6 REFERÊNCIAS

Mano, M. Morris. (2017). Sistemas digitais e computadores. 4<sup>a</sup> Edição. Pearson.

Zhang, Y., Chen, L., & Wang, J. (2023). Performance analysis of 18650 lithium-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 45(3), 112-120.

Gajanayake, Chamara & Gunawardhana, Dilusha. IoT-Enabled Microcontroller Applications in Industrial Automation. *IEEE Access*, 2022.

Pimentel, Ricardo et al. Applications of Arduino and ESP32 in Industrial Automation and IoT Systems. *Sensors*, MDPI, 2021.

Kumar, A., & Tripathi, V. S. (2019). *A Guide to Sensors and Their Applications*. Tech Publications.

---

Chung, H. et al. (2020). Smart Sensing Technologies for Sustainable Solutions. Springer.

Park, S. H., Cho, H. J., & Kim, J. K. (2021). Laser-based systems in industrial applications. *Journal of Manufacturing Processes*, 56, 332-344.

Li, X., Zhang, Y., & Chen, L. (2020). Precision Maintenance Techniques in Industry. *Industrial Maintenance and Reliability*, 47, 215-229.

Aldhafer, S., Farooq, U., Chen, H., & Dunsmore, B. (2021). Sensors and Actuators in Industrial Applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(12), 1198-1209.

Farooq, M., Ullah, Z., & Rahim, A. (2022). Smart Sensor Applications in Industrial IoT. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 11(1), 45-59.

Singh, S., Patel, C. K., & Joshi, R. (2021). Sensor Technologies in Precision Agriculture: Recent Trends and Applications. *Precision Agriculture Journal*, 10(3), 87-102.

Mansouri, M., Goudarzi, N., & Almasi, S. (2021). Advanced Sensor Integration for Predictive Maintenance. *Journal of Manufacturing Processes*, 32(4), 201-209.

Chen, Y., Tao, Z., & Wang, X. (2020). Industrial IoT Sensors for Predictive Maintenance and Control Systems. *IEEE Access*, 7, 5439-5448.