

PROTÓTIPO DIDÁTICO DE PLANTA INDUSTRIAL: INTEGRAÇÃO DE BRAÇO ROBÓTICO COM INTERFACE WEB E ESTEIRA TRANSPORTADORA

EDUCATIONAL PROTOTYPE OF AN INDUSTRIAL PLANT: INTEGRATION OF A ROBOTIC ARM WITH WEB INTERFACE AND CONVEYOR SYSTEM

Matheus Passos Pechin Ronchi¹,
Livia Novais Giacomini²,
Alexsandro Junior Sousa Cruz³,
Beatriz Gardino Vieira⁴,
Ana Clara Alves Araujo⁵
Vinícius Baratieri Suterio⁶

RESUMO

Este trabalho apresenta um protótipo educacional de baixo custo para demonstração de conceitos da Indústria 4.0, composto por um braço robótico com servomotores SG90 e uma esteira transportadora sensorizada, controlados via interface web desenvolvida com ESP32. O sistema demonstrou operação eficiente para manipulação de cargas leves, com controle remoto intuitivo e monitoramento das principais variáveis em tempo real, validando sua aplicação como ferramenta didática para melhor compreensão dos conceitos de integração de sistemas: controle e automação. Entretanto, identificou-se limitação dos servomotores em cargas maiores, sugerindo a substituição por modelos mais potentes, como o MG996R e a implementação de visão computacional para ampliar suas funcionalidades. Conclui-se que o protótipo atende aos objetivos de integração tecnológica e baixo custo, sendo adequado para fins educacionais, com potencial de aprimoramento para aplicações industriais mais complexas.

Palavras-chave: braço robótico, interface web, automação educacional, Indústria 4.0, servomotores.

ABSTRACT

This study presents a low-cost educational prototype for demonstrating Industry 4.0 concepts, consisting of a robotic arm with SG90 servomotors and a sensorized conveyor belt, controlled via a web interface developed with ESP32. The system demonstrated efficient operation for handling light loads, with intuitive remote control and real-time monitoring of key variables, validating its application as a teaching tool for better understanding of system integration concepts: control and automation. However, limitations of the servomotors were identified in heavier loads, suggesting replacement with more powerful models, such as the MG996R, and the implementation of computer vision to expand its functionality. It is concluded that the prototype meets the objectives of technological integration and low cost, being suitable for educational purposes, with potential for improvement for more complex industrial applications.

Keywords: robotic arm, web interface, educational automation, Industry 4.0, servomotors.

1 INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 promove a integração entre automação, digitalização e análise de dados. Ela permite com que haja a interconexão de toda cadeia de valores:

Pessoas, tecnologias e processos. Ou seja, em outras palavras, pode-se dizer que houve a reformulação dos processos de produção, tanto em projetos quanto na execução, tornando-os cada vez mais autônomos, customizáveis e eficientes. Tecnologias como *Big Data*, *machine learning* e sistemas ciberfísicos permitem otimizar fluxos, aumentar a eficiência e adaptar rapidamente a produção às demandas do mercado (DALL'AGNOL et al, 2021).

Este trabalho apresenta um protótipo educacional e didático, de baixo custo, para consolidação de conceitos fundamentais da Indústria 4.0. O sistema proposto emula o processo de uma planta industrial que integra detecção de objetos, controle coordenado e potencial de supervisão. Para isso, utiliza um braço robótico, controlado via interface WEB, e uma esteira transportadora sensorizada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A automação industrial aplica sistemas de controle para executar tarefas com mínima intervenção humana, aumentando produtividade e segurança (GROOVER, 2014). Em kits didáticos, esses conceitos são reproduzidos em escala reduzida, permitindo a compreensão prática de tecnologias presentes no ambiente fabril.

Segundo a ISO 8373, o robô industrial é um manipulador reprogramável e multiuso, sendo o braço mecânico sua configuração mais comum. Quando integrado à esteiras transportadoras, simula linhas de produção e demonstra a interação entre robótica e automação (SILVA et al., 2021).

Microcontroladores como o ESP32 destacam-se por integrar Wi-Fi e Bluetooth, viabilizando controle remoto, monitoramento e registro de dados (ESPRESSIF SYSTEMS, 2025). Trabalhos como Lima (2022) e Shino (2014) mostram sua aplicabilidade em soluções educacionais e industriais, com interfaces web que podem evoluir para sistemas supervisórios (SCADA), possibilitando análise de dados e tomada de decisão.

A integração entre robótica, automação e conectividade em kits didáticos aproxima estudantes das práticas industriais, desenvolvendo competências alinhadas à Indústria 4.0.

3 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como pesquisa aplicada e experimental, inspirada na abordagem de Suhaeb e Risal (2024), que desenvolveram um sistema de controle e monitoramento de braço robótico via interface web utilizando ESP32. A partir desse modelo, foi desenvolvido um protótipo didático que simula um setor industrial alinhado aos princípios da Indústria 4.0, permitindo a concretização de conceitos como integração de sistemas, digitalização e otimização de processos.

O sistema integra uma esteira transportadora sensorizada, controlada por Arduino Uno e equipada com um sensor ultrassônico HC-SR04, responsável por detectar objetos e acionar seu transporte até a zona de coleta. Ao identificar a presença do item, a esteira envia um sinal ao braço robótico em acrílico, controlado por um ESP32 WROOM e servo-motores SG90, que executa a manipulação da peça. A interface web, desenvolvida em HTML, CSS e JavaScript, atua como painel supervisório, possibilitando controle remoto e monitoramento em tempo real.

Para assegurar estabilidade, foram aplicadas técnicas de filtragem de ruído nos sinais dos servo-motores e utilizada fonte de alimentação dedicada. A lógica de interação entre esteira e braço robótico foi estruturada em um fluxograma geral de funcionamento ilustrado pela Figura 1.

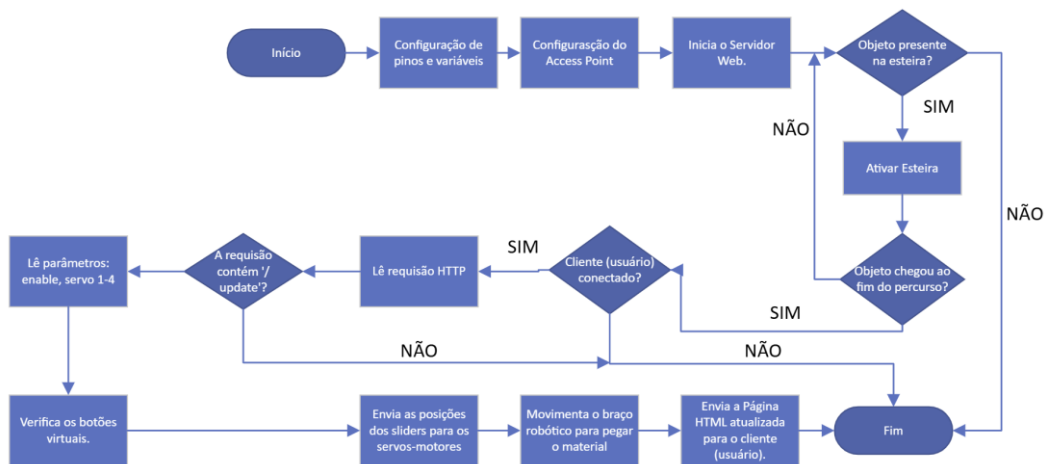


Figura 1: Fluxograma completo de todo o processo de automação. Fonte: Autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo de braço robótico desenvolvido demonstrou operação eficiente na manipulação de cargas leves utilizando servomotores SG90 (1,8 kgf·cm), mantendo precisão e estabilidade dentro de sua capacidade nominal. A solução incorpora uma interface web para controle remoto e monitoramento em tempo real, eliminando a necessidade de intervenção física no hardware. A Figura 2 exibe a interface web e o protótipo físico do braço robótico e da esteira transportadora:

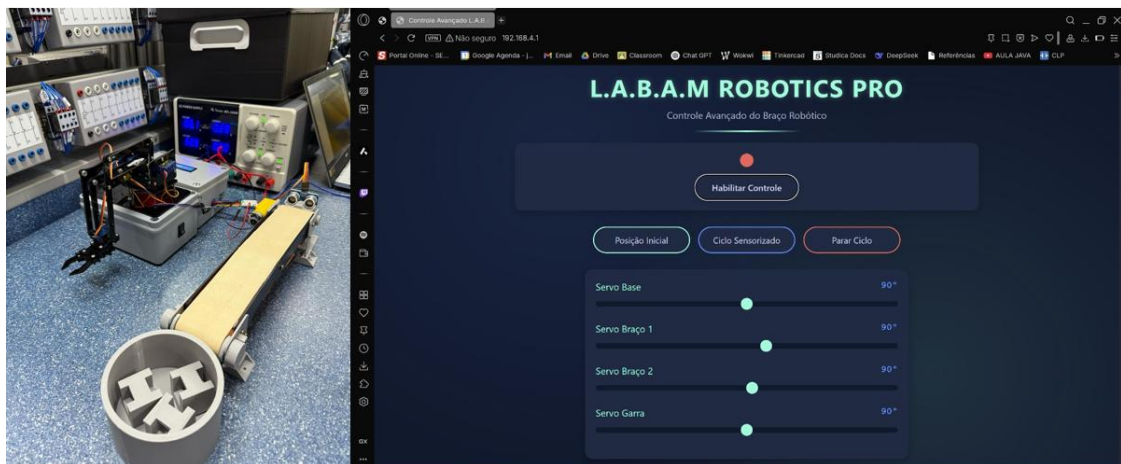


Figura 2: Protótipo físico do braço robótico, e da esteira transportadora e a interface web usada para controle. Fonte: Autores

O sistema se mostrou adequado para fins didáticos e de prototipagem, ilustrando conceitos integrados de mecânica, eletrônica e programação, alinhados à Indústria 4.0. Entretanto, observou-se que os servomotores SG90 apresentam limitações em cargas mais elevadas, com perda de torque e vibrações. Como aprimoramento, sugere-se a adoção de motores mais potentes (ex.: MG996R, 10 kgf·cm) e a inclusão de visão computacional para expandir suas aplicações.

5 CONCLUSÃO

O protótipo desenvolvido comprovou viabilidade técnica e baixo custo, integrando de forma eficiente o braço robótico e a esteira transportadora em um sistema funcional para manipulação de peças, controlado por interface

web. Sua aplicação é pertinente tanto em ambientes educacionais, para ensino prático de conceitos da Indústria 4.0, quanto em prototipagem, evidenciando a importância da integração de sistemas para otimização de processos e aumento da produtividade e segurança.

Apesar de limitações, como a ausência de ciclo sensorizado no braço robótico, o projeto apresenta potencial para evolução, incluindo maior autonomia, incorporação de visão computacional e uso de inteligência artificial para aprimorar precisão, conformidade dos movimentos e capacidade de adaptação do sistema.

REFERÊNCIAS

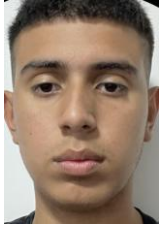
- DALL'AGNOL, Gabriela; et al. **O impacto da Indústria 4.0 e do Big Data em programas de melhoria Six Sigma**. *Conbrepro*, Curitiba, v. 12, n. 12, p. 12-12, 08 ago. 2025.
- GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014. 594 p.
- LIMA, G, **SmartLock Lite: um sistema de controle de acesso usando o microcontrolador ESP32**. Relatório Técnico - IC, UNICAMP. Acesso em: 10 ago. 2025. Disponível em: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/>. 2022.
- SHINO, Eduardo Hiroki. **Projeto e Implementação de um Sistema Web de Seleção e Teleoperação de Máquinas Ferramentas**. 2014. 80 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Poli-USP, 2014.
- SILVA, Danielle Aparecida Gomes da, et al. **Análise da Utilização de Esteiras Transportadoras no Processo Produtivo com Base na "Geográfica Editora"**. 2021. 10 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia, Fatec, Jaboticabal, 2021.
- SUHAEB, Sutarsi; RISAL, Ahmad. **Implementation of ESP32-Based Web Host For Control and Monitoring of Robotic Arm**. *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, v. 9, n. 1, p. 1–6, 2024. Acesso em: 13 ago. 2025.
- SYSTEMS, Espressif. **ESP32**. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. Acesso em: 10 ago. 2025.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Vinícius B. Suterio pela orientação e apoio ao longo deste trabalho, e ao SENAI “Almirante Tamandaré” pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

Sobre os autores:

iii ALEXSANDRO JUNIOR SOUSA CRUZ



Estudante do Bacharelado em Ciência e Tecnologia na UFABC e concluinte do curso Técnico em Mecatrônica pelo SENAI. Tem experiência em montagem e integração de sistemas mecatrônicos, com interesse nas áreas de inteligência artificial e programação

iv **BEATRIZ GARDINO VIEIRA**



Beatriz Gardino Vieira é estudante do Bacharelado em Ciência e Tecnologia na UFABC, faz parte da equipe de robótica Tamandutech, e é estudante do curso Técnico em Mecatrônica pelo SENAI. Formada no técnico em Eletrônica pela ETEC Lauro Gomes. Tem experiência em circuitos eletrônicos, mecânica e automação.

v **ANA CLARA ALVES ARAUJO**



Estudante do técnico em mecatrônica pela instituição de ensino SENAI “Almirante Tamandaré”, participante da WorldSkills na modalidade de Robótica Móvel e concluinte do ensino médio. Possui experiência em integração de sistemas mecatrônicos, gestão e liderança e dispõe interesses nas áreas de programação, automação e gestão.

ii **LÍVIA NOVAIS GIACOMINI**



Lívia Novais Giacomini é estudante de Técnico em Mecatrônica pelo SENAI Almirante Tamandaré e de Técnico em Administração– Polo Etec Lauro Gomes. Possui experiência em gestão administrativa, e em mecatrônica, com implementação e programação de sistemas automatizados, documentação técnica e manutenção.

i **MATHEUS PASSOS PECHIN RONCHI**



Estudante no 2º Semestre de Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena e no 4º Semestre de Técnico em Mecatrônica pelo SENAI “Almirante Tamandaré”. Medalha de prata como participante da WorldSkills em Robótica Móvel. Tem experiência em integração de sistemas de automação, elétrica, programação e mecânica

vi **VINÍCIUS BARATIERI SUTERIO**



Possui Mestrado em Engenharia Elétrica, Especialização em Sistema Elétrico de Potência e graduação em Engenharia de Controle e Automação (UTFPR). Técnico em Automação Industrial (CEFET-SP). Atualmente é Instrutor do SENAI “Almirante Tamandaré”