

INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PARAIBANO
CAMPUS CAJAZEIRAS

LIBÂNIO JOSÉ GOMES NETO

**CONSTRUÇÃO DE KIT DIDÁTICO BRAÇO ROBÓTICO E ESTEIRA
AUTOMATIZADA**

Cajazeiras-PB
2026

LIBÂNIO JOSÉ GOMES NETO

**CONSTRUÇÃO DE KIT DIDÁTICO BRAÇO ROBÓTICO E ESTEIRA
AUTOMATIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
à Coordenação do Curso Engenharia de
Controle e Automação do Instituto Federal
do Sertão Paraibano, *Campus* Cajazeiras,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia de
Controle e Automação, sob Orientação do
Prof. Me. Geronimo Barbosa Alexandre.

Cajazeiras-PB
2026

IFSertãoPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

G633c	Gomes Neto, Libânio José. Construção de kit didático braço robótico e esteira automatizada / Libânio José Gomes Neto – 2026. 11f.: il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal do Sertão Paraibano, Cajazeiras, 2026. Orientador (a): Prof. Me. Geronimo Barbosa Alexandre. 1. Automação industrial. 2. Robótica. 3. Controle automático. 4. Automação - Ensino. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título. CDU: 681.5(043.2)
-------	---

LIBÂNIO JOSÉ GOMES NETO

**CONSTRUÇÃO DE KIT DIDÁTICO BRAÇO ROBÓTICO E ESTEIRA
AUTOMATIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso, sob forma de artigo, submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal do Sertão Paraibano, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Aprovado em julho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

M. Sc. Geronimo Barbosa Alexandre – IFSertãoPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

José Tavares de Luna Neto– IFSertãoPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador Interno

Esp. Manoel Alves Cordeiro Neto– IFSertãoPE-*Campus* Águas Belas
Examinador Externo

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Artigo apresentado à coordenação do curso como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação

CONSTRUÇÃO DE KIT DIDÁTICO BRAÇO ROBÓTICO E ESTEIRA AUTOMATIZADA

LIBÂNIO JOSÉ GOMES NETO (discente)

e-mail: libanio.neto@academico.ifpb.edu.br

GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE (orientador)

e-mail: geronimo.alexandre@ifpb.edu.br

RESUMO

O presente artigo apresenta o desenvolvimento de um *kit* didático de baixo custo composto por uma esteira transportadora integrada a um braço robótico autônomo, destinado ao ensino de conceitos de automação industrial, robótica e Indústria 4.0. O sistema utiliza a plataforma Arduino Uno para aquisição de dados e controle dos atuadores, empregando sensor ultrassônico para detecção de objetos, motor de passo para acionamento da esteira e servomotores para movimentação do manipulador robótico. A metodologia envolveu o projeto mecânico da estrutura, a integração dos componentes eletrônicos, o desenvolvimento dos algoritmos de controle e a implementação de técnicas de filtragem digital para melhoria da qualidade dos sinais dos sensores. Os resultados demonstraram o funcionamento adequado da célula de manufatura em escala reduzida, realizando automaticamente as operações de detecção, transporte e posicionamento de peças. Como principais contribuições, destacam-se o desenvolvimento de uma plataforma experimental de baixo custo (R\$ 284,59), a integração de conceitos multidisciplinares de mecânica, eletrônica, programação e controle em uma única bancada didática, a implementação de um sistema supervisor para monitoramento em tempo real e a disponibilização de um guia de replicação para uso por outras instituições de ensino. O protótipo mostrou-se uma ferramenta eficiente para atividades práticas e formação de estudantes em Engenharia de Controle e Automação.

Palavras-Chave: automação industrial; kit didático; braço robótico; esteira transportadora.

ABSTRACT

This paper presents the development of a low-cost educational kit consisting of a conveyor belt integrated with an autonomous robotic arm, designed to support the teaching of industrial automation, robotics, and Industry 4.0 concepts. The system employs an Arduino Uno platform for data acquisition and actuator control, using an ultrasonic sensor for object detection, a stepper motor to drive the conveyor belt, and servomotors to control the robotic manipulator. The methodology involved the mechanical design of the structure, the integration of electronic components, the development of control algorithms, and the implementation of digital filtering techniques to improve sensor signal quality. The results demonstrated the proper operation of the reduced-scale manufacturing cell, automatically performing object detection, transportation, and positioning tasks. The main contributions of this work include the development of a low-cost experimental platform (US\$ 52.00), the integration of multidisciplinary concepts from mechanics, electronics, programming, and control into a single educational bench, the implementation of a supervisory system for real-time monitoring, and the provision of a replication guide for adoption by other educational institutions. The prototype proved to be an effective tool for practical activities and for the training of students in Control and Automation Engineering.

Keywords: industrial automation; educational kit; robotic arm; conveyor belt.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, diversos estudos têm explorado a integração entre robótica, visão computacional e automação inteligente. Nguyen et al. (2025) desenvolveram um sistema de *pick and place* baseado em visão computacional utilizando uma câmera embarcada no efetuador final do robô e algoritmos de aprendizado profundo para reconhecimento de objetos em tempo real. Os resultados demonstraram elevada precisão na manipulação de objetos, porém o trabalho concentra-se em aplicações industriais e não aborda aspectos relacionados ao ensino de automação ou ao desenvolvimento de plataformas didáticas de baixo custo.

De forma semelhante, Santos et al. (2024) propuseram a integração de visão artificial e processamento de imagens em um sistema robótico colaborativo para operações de *pick and place*. O estudo apresentou uma arquitetura baseada em percepção, reconhecimento e transferência de peças, evidenciando o potencial da visão computacional para aumentar a autonomia dos sistemas robóticos. Entretanto, a proposta utiliza um robô colaborativo industrial e não contempla a simulação completa de uma linha de produção integrada com sensores industriais.

Na área de soluções de baixo custo, Elassal et al. (2024) desenvolveram um robô Delta para operações de *pick and place* apoiado por visão computacional e classificação de objetos em esteiras transportadoras. O sistema demonstrou boa eficiência na separação automática de peças, utilizando Raspberry Pi e Arduino para controle e processamento. Apesar da contribuição para a redução de custos, o foco do trabalho permanece na classificação automática de objetos, sem explorar aplicações educacionais voltadas ao ensino de conceitos de automação industrial e Indústria 4.0.

Outro campo de aplicação dos braços robóticos está relacionado à logística inteligente e à automação de armazéns. Sistemas recentes utilizam visão computacional e aprendizado de máquina para identificar, selecionar e movimentar produtos automaticamente, reduzindo a intervenção humana e aumentando a eficiência operacional (SOORI et al., 2024). Tais soluções demonstram a crescente integração entre robótica, sensores inteligentes e tomada de decisão automatizada, elementos centrais da Indústria 4.0.

Embora os trabalhos recentes apresentem avanços significativos em visão computacional, manipulação robótica e automação inteligente, observa-se uma lacuna relacionada ao desenvolvimento de plataformas didáticas acessíveis que integrem simultaneamente braço robótico, esteira transportadora e sensores industriais para simular uma linha de produção automatizada. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um *kit* didático composto por um braço robótico autônomo integrado a uma esteira transportadora, empregando sensores infravermelho e ultrassom para detecção, posicionamento e movimentação de peças. A proposta busca reproduzir, em escala reduzida, os princípios encontrados em ambientes industriais modernos, proporcionando uma ferramenta de baixo custo para o ensino de robótica, automação industrial e conceitos associados à Indústria 4.0.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se a seguir uma introdução sobre robótica e os principais aspectos técnicos norteadores desta proposta, e os métodos encontrados na literatura técnica que tratam do uso desses elementos na indústria.

2.1. Movimentação

De acordo com Rambo (2016), a movimentação do braço e controlado e realizado por micro servo motores, fixos que permitem o deslocamento para todos os ângulo possíveis, além de permitir uma maior precisão, com cada servo podendo realizar manobras de 0 a 180 graus, com um total de 4 motores instalados, ele pode opera em diversas funções, como em Rosário (2005), quanto mais articulações, mais liberdade, por fim um motor de passo para controlar a velocidade da esteira com maior precisão e controle, dispositivo eletromecânico, convertendo energia elétrica fornecida na forma de um trem de impulsos, em energia mecânica na forma de movimento

rotacional discreto (passos), cada passo é apenas uma fração da rotação completa do motor, sendo assim, a precisão do motor de passo é determinada, principalmente, pelo número de passos por rotação, quanto maior for a quantidade de passos, maior será a precisão, como feito em Ferreira (2008).

2.2. Estrutura

A montagem da maioria dos componentes é realizada utilizando uma máquina de corte a laser, com o MDF (*Medium Density Fiberboard* - chapa de fibra de madeira de média densidade), material que oferece menos impacto ao meio ambiente e com boa durabilidade, a esteira é feita de TNT (trinitrotolueno), e canos reciclados utilizados como rolamentos, com a parte mais cara de todo conjunto sendo os parafusos para fixação das peças.

2.3. Sensores

A percepção é um fator chave para atuação do braço, pois assim pode haver a captação de dados e efetuar o trabalho, com o auxílio de um sensor ultrassônico SR04, emitindo um sinal ultrassônico de 40 kHz que reflete caso tenha algo a sua frente, assim conseguindo medir distâncias e presença de objetos, podendo ser colocado em qualquer extremidade da esteira, e um de infravermelho Sharp GP2Y0 instalado na extremidade da garra, sua saída analógica nos permite calcular distâncias curtas com mais precisão.

2.4. Programação e análise de sinais

O controle de todos os componentes de forma autônoma, será implementado pela plataforma Arduino, todo compilado em C++, controle de motores e sensores, além de filtragem de sinais que integram todo montante, com o sinal puro do sensor Sharp em azul, e a aplicação de um filtro passa-baixa, para uma melhor instrumentação do projeto, assim poderá ser feito o estudo e a percepção de como eles afetam e podem ser afetados no uso prático.

2.5. Aplicação didática da plataforma

Por se tratar de um kit didático interdisciplinar, que integra conceitos de programação, eletrônica, mecânica, automação e robótica, sua aplicação é adequada às disciplinas profissionalizantes dos cursos de Engenharia e áreas correlatas. Os diferentes subsistemas que compõem a plataforma — sensores, atuadores, sistemas de controle, esteira transportadora e braço robótico — podem ser estudados individualmente ao longo do semestre, permitindo que os estudantes compreendam os fundamentos teóricos e práticos de cada componente antes de sua integração em um sistema automatizado completo.

Essa abordagem favorece a aprendizagem progressiva e baseada em projetos (*PBL - Problem-Based Learning*), possibilitando que os alunos desenvolvam competências técnicas relacionadas ao projeto, montagem, programação, instrumentação e integração de sistemas. Ao final do processo, o *kit* pode ser utilizado como ferramenta de avaliação integradora, reunindo os conhecimentos adquiridos nas diferentes disciplinas e simulando situações encontradas em ambientes industriais alinhados aos princípios da Indústria 4.0.

2.6. Aplicação nas disciplina da graduação em Engenharia de Controle e Automação

Além do desenvolvimento de competências técnicas, a utilização da plataforma estimula o trabalho colaborativo, a troca de conhecimentos entre os estudantes, a resolução de problemas e a construção coletiva do aprendizado. O caráter modular do projeto também possibilita sua contínua evolução por meio de contribuições de professores, bolsistas e discentes, favorecendo o aprimoramento permanente dos recursos didáticos e das estratégias de ensino adotadas.

Sob a perspectiva pedagógica, a proposta está alinhada ao conceito de práticas pedagógicas como ações intencionais, conscientes e participativas, organizadas para promover

processos efetivos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, o *kit* constitui um recurso capaz de aproximar teoria e prática, proporcionando experiências significativas aos estudantes e fortalecendo sua formação profissional. Conforme destaca Franco (2016), as práticas pedagógicas devem ser compreendidas como ações dotadas de intencionalidade formativa, que articulam reflexão, participação e construção do conhecimento, contribuindo para a concretização dos objetivos educacionais e para o desenvolvimento integral dos sujeitos envolvidos no processo de aprendizagem.

3 MÉTODO DA PESQUISA

A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza experimental, com abordagem qualitativa e quantitativa, voltada ao desenvolvimento de um protótipo didático de automação composto por um braço robótico, uma esteira automatizada, um sensor ultrassônico e um sistema de controle baseado no Arduino Uno. A abordagem qualitativa fundamenta-se na análise da integração entre os componentes do sistema e na compreensão dos princípios de automação e controle, enquanto a abordagem quantitativa concentra-se na análise das leituras do sensor ultrassônico, avaliando os efeitos dos ruídos e a aplicação de técnicas de filtragem digital.

O desenvolvimento da pesquisa foi conduzido em etapas. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica para fundamentar os conceitos relacionados aos sistemas de controle, automação, robótica, sensores e processamento de sinais. Em seguida, foram estudados os principais componentes utilizados no projeto, buscando compreender suas características e aplicações no sistema desenvolvido. Posteriormente, foram analisados os ruídos presentes nas medições do sensor HC-SR04 e implementado um algoritmo de média móvel para atenuação dessas interferências.

Na sequência, foi realizada a análise do comportamento do sinal antes e após a aplicação da filtragem digital. Em seguida, ocorreu a integração entre a esteira automatizada, o braço robótico e o sensor ultrassônico, possibilitando a validação do funcionamento do sistema por meio de testes experimentais. Por fim, os resultados obtidos foram analisados, subsidiando as conclusões do trabalho e a elaboração de recomendações para pesquisas futuras. As etapas desenvolvidas na pesquisa são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Metodologia adotada.



Fonte: Autores (2026).

Os materiais utilizados para confecção do protótipo experimental estão dispostos na Tabela 1. O custo total do protótipo foi baixo (R\$ 284,59) quando comparado a uma bancada didática comercial similar (R\$ 650,00).

Os materiais foram adquiridos em lojas físicas da região do sertão paraibano, bem como em lojas virtuais (Mercado Livre e Aliexpress). Na Figura 2 é ilustrado o diagrama elétrico (ligações) dos sensores e atuadores a placa Arduino UNO R3 referente ao *kit* didático esteira + braço robótico (célula de manufatura).

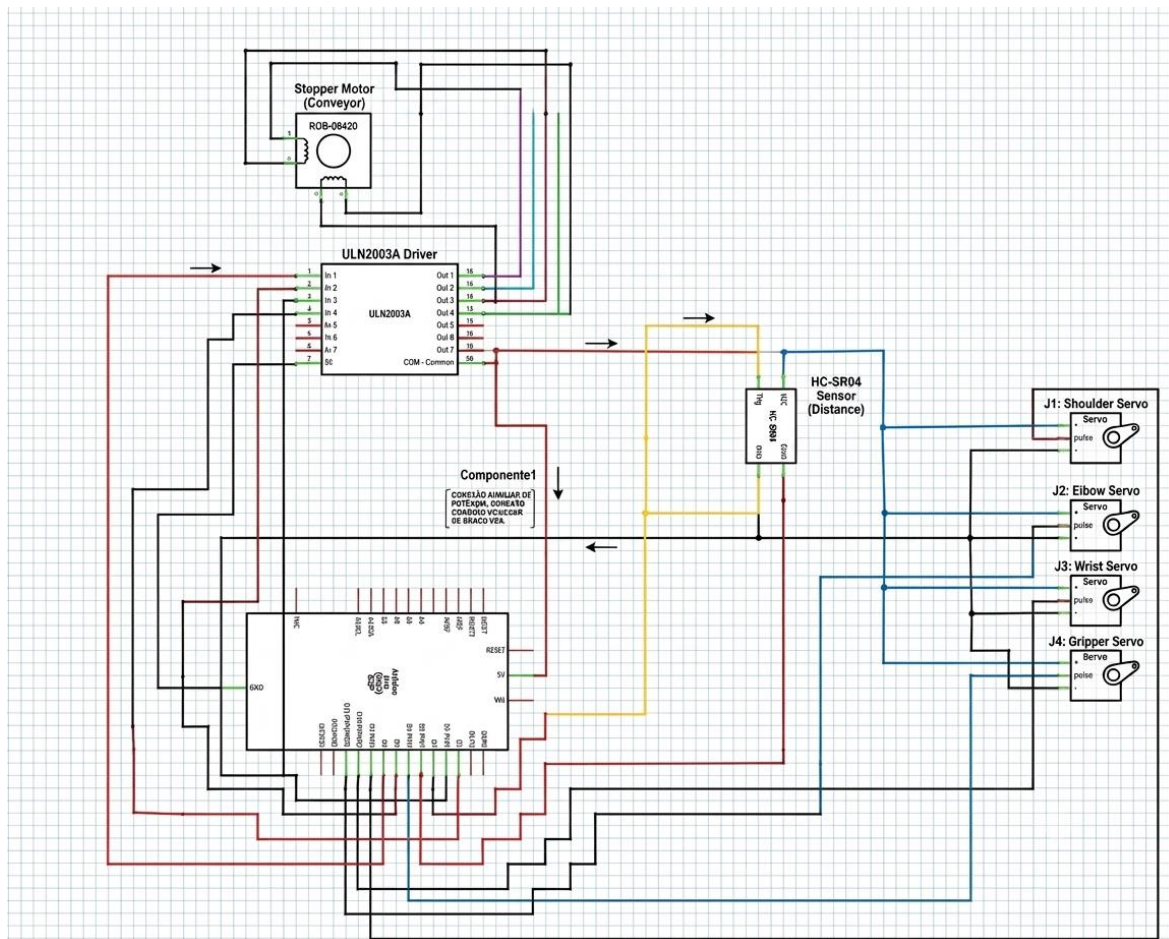
Tabela 1 – Materiais utilizados no protótipo e orçamento.

Material	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Arduino UNO R3 + Cabo USB	1	34,00	34,00
Sensor ultrassônico HC-SR04	1	15,00	15,00
Servomotor	4	12,00	48,00
Motor de Passo 28BYJ-48 + Drive ULN2003	1	32,25	32,25
Esteira em MDF	1	100,00	100,00
Kit Braço Robótico em Acrílico	1	55,34	55,34
Preto Sem Servos			
Preço Total	-	-	284,59

Fonte: dados da pesquisa (2026).

O diagrama elétrico da bancada experimental, composta por uma esteira transportadora e um braço robótico, possui arquitetura de controle centralizada no Arduino Uno, responsável pela aquisição dos sinais dos sensores e pelo acionamento dos atuadores em tempo real.

Figura 2 – Diagrama de fiação dos sensores e atuadores da bancada esteira e braço robótico.



Fonte: Autores (2026).

O sensoriamento é realizado pelo HC-SR04, que fornece ao microcontrolador a distância dos objetos por meio dos sinais *Trigger* e *Echo*, permitindo identificar o instante adequado para interromper a esteira e iniciar a operação do braço robótico.

O acionamento da esteira é executado por um motor de passo controlado pelo *driver* ULN2003A, que amplifica os sinais lógicos do Arduino e fornece a corrente necessária aos enrolamentos do motor, garantindo posicionamento preciso.

O braço robótico é composto por quatro servomotores, controlados individualmente por sinais PWM (*Pulse Width Modulation*) gerados pelo Arduino para o posicionamento angular dos seus eixos. Devido à elevada demanda de corrente, os servomotores são alimentados por uma fonte externa regulada, mantendo o GND (*ground*) comum com o Arduino para assegurar a integridade dos sinais de controle.

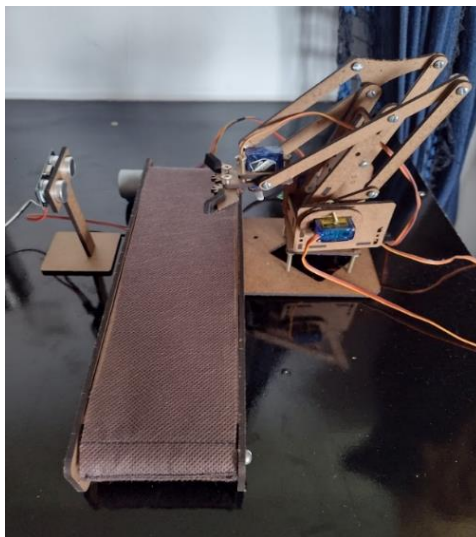
4 RESULTADOS DA PESQUISA

Na Figura 3 é ilustrado o protótipo didático referente ao diagrama elétrico da Figura 3. A bancada experimental foi montada no Laboratório de Eletrônica de Potência do IF SertãoPB Campus Cajazeiras, fortalecendo a pesquisa e extensão.

O sistema desenvolvido apresenta uma lógica de operação simples, baseada na integração entre sensores, atuadores e unidade de controle. Inicialmente, a esteira automatizada, acionada por um motor de passo, entra em funcionamento promovendo o deslocamento de objetos ao longo de sua superfície.

A esteira utiliza roletes feitos de cano de PVC (policloreto de vinila), em uma extremidade foi fixado o eixo do motor de passo e a outra extremidade fica solto, apenas seguindo a rotação do principal. Na Figura 4 é ilustrada a fixação do motor de passo.

Figura 3 – Protótipo didático da esteira transportadora com braço robótico.



Fonte: Autores (2026).

Figura 4 – Eixo do motor de passo.



Fonte: Autores (2026).

Quando um objeto é posicionado sobre a esteira e atinge a região de detecção do sensor ultrassônico, ocorre a identificação de sua presença. A partir desse momento, o sistema interrompe o movimento da esteira, posicionando o objeto em um local adequado para a atuação do braço robótico. Na Figura 5 são ilustrados os detalhes da garra do braço robótico.

Figura 5 – Detalhes da garra do braço robótico.



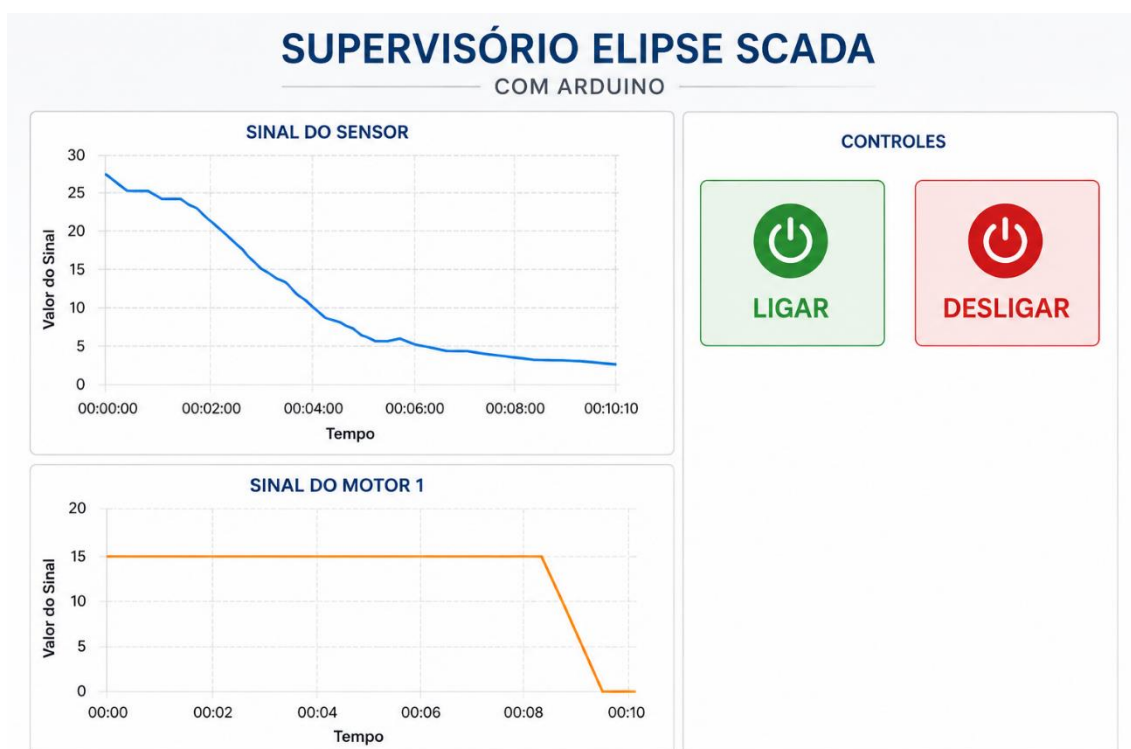
Fonte: Autores (2026).

O braço robótico, previamente configurado em uma posição inicial, executa então uma sequência programada de movimentos, controlados pelos servomotores, realizando a coleta do objeto por meio de sua garra, a sua ponta foi adaptada uma pequena esponja, para melhorar a captura do objeto.

Em seguida, o objeto é transportado e depositado em um compartimento localizado ao lado da esteira. Após a execução da tarefa, o braço retorna à sua posição inicial, ficando pronto para um novo ciclo de operação.

O processo é repetido continuamente enquanto houver objetos sendo inseridos na esteira. Ressalta-se que o funcionamento adequado do sistema depende de condições físicas específicas dos objetos manipulados, como dimensões compatíveis com a capacidade da garra. Além disso, a posição do sensor ultrassônico e do ponto de coleta do braço robótico é ajustada manualmente, de modo a garantir que o objeto seja detectado e corretamente posicionado para a operação de coleta.

Figura 6 – Tela de comando e supervisão da bancada didática.



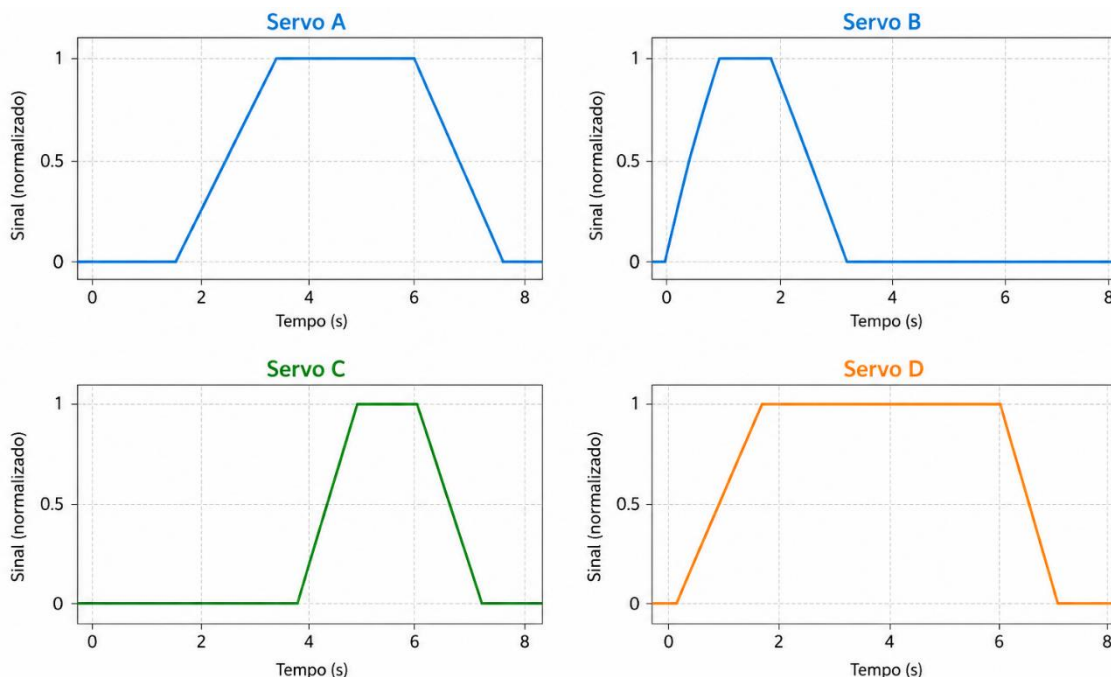
Fonte: Autores (2026).

A Figura 6 ilustra o supervisório desenvolvido no Elipse E3 SCADA (*Supervisory*

Control and Data Acquisition) para a bancada experimental. A *interface* apresenta, em tempo real, o sinal do sensor ultrassônico (ajustado em mm), o estado de acionamento do motor da esteira e os comandos de controle (LIGAR/DESLIGAR), possibilitando o monitoramento das variáveis do processo e a operação remota do sistema por meio de uma *interface* gráfica integrada.

A Figura 7 ilustra os sinais de controle dos servomotores A, B, C e D gerados pelo Arduino durante um ciclo de operação do braço robótico. Os gráficos evidenciam o acionamento sequencial dos atuadores, no qual cada servo permanece em nível ativo pelo intervalo necessário à execução de sua função, retornando posteriormente à posição inicial. A sincronização temporal entre os sinais garante a correta coordenação dos movimentos do manipulador e a execução repetitiva da tarefa de coleta e posicionamento das peças.

Figura 7 – Sinais de controle dos servomotores A, B, C e D.



Fonte: Autores (2026).

Durante os testes experimentais de validação da aplicação SCADA desenvolvida na operação do processo didático foi observado um atraso no envio / recebimento dos dados de aproximadamente 5 (cinco) segundos, sendo um tempo insignificante quando comparado com a dinâmica do processo

Além da aplicação local desenvolvida foi confeccionado um guia descrevendo o passo-a-passo da programação executada para uso por outros alunos e/ou Instituições de Ensino, o guia está disponível na página eletrônica do Orientador do trabalho.

O protótipo desenvolvido é usado como ferramenta de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Eletrônica e sistemas de controle no curso de graduação em engenharia de controle e automação do IFSertãoPB - Campus Cajazeiras, destacamos alguns experimentos que são realizados na bancada: Modelagem matemática do processo, caracterização de sensores e atuadores, linearização da planta em um ponto de operação, projeto e sintonia de controladores PID e supervisão local / remota de dados.

O diferencial do sistema confeccionado está no baixo custo, na replicabilidade por outras instituições de ensino e na qualidade das medições fornecidas pelos supervisórios.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o trabalho atingiu seu objetivo de desenvolver um *kit* didático de baixo custo composto por uma esteira automatizada integrada a um braço robótico, capaz de executar operações de detecção, transporte e posicionamento de objetos de forma autônoma. Os resultados

demonstraram a viabilidade técnica da proposta, bem como sua aplicação no ensino de automação, robótica, instrumentação e sistemas de controle. Além disso, o reduzido custo de implementação e a facilidade de replicação tornam a plataforma uma alternativa acessível para instituições de ensino e pesquisa.

Como trabalhos futuros, propõe-se a integração de técnicas de visão computacional para identificação de objetos, a implementação de comunicação IoT (*Internet of Things*) para supervisão remota e a utilização de controladores industriais e protocolos de comunicação industriais

REFERÊNCIAS

ELASSAL, A.; et al. Low-cost parallel delta robot for a pick-and-place application with the support of the vision system. *e-Prime: Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, v. 8, art. 100518, 2024. DOI: 10.1016/j.prime.2024.100518.

FERREIRA, Juliana Carrijo. *Esteira rolante microcontrolada*. 2008. 48 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, 2008. Disponível em: uniceub.br. Acesso em: 17 jul. 2026.

NGUYEN, V. T.; NGUYEN, P. T.; SU, S. F.; TAN, P. X.; BUI, T. L. Vision-Based Pick and Place Control System for Industrial Robots Using an Eye-in-Hand Camera. *IEEE Access*, v. 13, p. 25127–25140, 2025. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3536496.

RAMBO, Wagner. *Construção e programação de um braço robótico com Arduino*. 1. ed. Florianópolis: W. R. Kits, 2016.

ROSÁRIO, João Maurício. *Princípios de Mecatrônica*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SANTOS, A. A.; SCHREURS, C.; SILVA, A. F.; et al. Integration of Artificial Vision and Image Processing into a Pick and Place Collaborative Robotic System. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v. 110, art. 159, 2024. DOI: 10.1007/s10846-024-02195-z.

SOORI, M.; DASTRES, R.; AREZOO, B.; JOUGH, F. K. G. Intelligent robotic systems in Industry 4.0: A review. *Journal of Advanced Manufacturing Science and Technology*, v. 4, n. 3, p. 2024007, 2024. DOI: 10.51393/j.jamst.2024007.