

Construção de uma bancada didática para práticas de automação industrial

Construction of a didactic bench for industrial automation practices

MURILO MACHADO DE MATOS

Discente de Engenharia Elétrica (UNIPAM)

E-mail: murilomachado@unipam.edu.br

GASPAR EUGENIO OLIVEIRA RAMOS

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: gasparramos@unipam.edu.br

Resumo: Este projeto tem como objetivo construir uma bancada didática de automação industrial utilizando o CLP Clic02, destinada aos estudantes de Engenharia Elétrica do UNIPAM, com a intenção de integrar teoria e prática na formação acadêmica. A bancada será composta por diversos componentes, incluindo sensores indutivos, capacitivos e outros dispositivos, permitindo a simulação e o projeto de sistemas de automação industrial. Ao proporcionar aos alunos a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em atividades práticas relevantes, o projeto visa enriquecer significativamente sua formação e prepará-los para os desafios do mercado de trabalho no campo da automação industrial. Os resultados obtidos demonstraram uma integração eficaz dos componentes, garantindo o funcionamento adequado da bancada didática. Esses resultados positivos oferecem uma ferramenta educacional valiosa, promovendo uma compreensão abrangente e prática dos conceitos de automação industrial aos alunos de Engenharia Elétrica do UNIPAM.

Palavras-chave: controlador lógico programável; didático; automação.

Abstract: This project aims to build a didactic bench for industrial automation using the Clic02 PLC, intended for Electrical Engineering students at UNIPAM, with the intention of integrating theory and practice in academic education. The bench will be composed of various components, including inductive, capacitive sensors, and other devices, allowing simulation and design of industrial automation systems. By providing students with the opportunity to apply theoretical knowledge in relevant practical activities, the project aims to significantly enrich their education and prepare them for the challenges of the job market in the field of industrial automation. The results obtained demonstrated an effective integration of the components, ensuring the proper functioning of the didactic bench. These positive results offer a valuable educational tool, promoting a comprehensive and practical understanding of industrial automation concepts to Unipam's Electrical Engineering students.

Keywords: programmable logic controller; didactic; automation.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Roggia e Fuentes (2016), a humanidade, desde os seus primórdios, sempre procurou uma forma de criar ferramentas que facilitassem a execução de alguma tarefa. De maneira análoga, a automação industrial surgiu com o mesmo propósito, pois ela relaciona diferentes componentes de um processo para se comunicarem sem intervenção humana, agilizando tarefas e trazendo economia, repetibilidade e segurança no processo.

A automação industrial só foi possível quando os avanços tecnológicos na área de circuitos integrados (CI's) e microprocessadores possibilitaram a criação de componentes eletrônicos que podiam ser programados com linguagem de programação. O processo de automatizar consiste em utilizar uma Unidade Central de Processamento (UCP) para processar os dados do sistema e tomar decisões automáticas quando as condições estabelecidas forem cumpridas. Tais microprocessadores são encontrados em computadores, placas de desenvolvimento, controladores lógicos programáveis (CLP), entre outros. (Roggia; Fuentes, 2016).

Conforme Oliveira (2006), por ser muito eficiente e versátil, o CLP se difundiu bastante em aplicações industriais, sendo hoje um dos controladores mais utilizados nas indústrias. Considerando-se todas as suas características positivas, o CLP se tornou objeto de estudo na disciplina de automação industrial, sendo um componente essencial na maioria das aplicações.

Segundo Carvalho (2018), a otimização de recursos didáticos, ou seja, a associação entre conceitos adquiridos em aulas teóricas com atividades práticas, é de grande relevância para a educação do estudante de graduação, pois o estimula buscar novos conhecimentos de forma independente.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consistiu em construir uma bancada didática de automação industrial usando o CLP Clic02, que serve como material de estudo para os estudantes de graduação em Engenharia Elétrica do UNIPAM.

A construção da bancada didática envolveu a instalação de componentes como sensor indutivo, sensor capacitivo, botoeiras de pulso, chave seletora, leds de monitoramento etc. Esses componentes permitem simular, testar e projetar sistemas no âmbito da automação industrial, utilizando o CLP como ferramenta de processamento de dados de entrada e dados de saída.

2 REVISÃO TEÓRICA

Segundo Roggia e Fuentes (2016), a automação industrial é tida como um sistema de controle em que seus próprios componentes verificam a operação do sistema, realizando medições e, por meio delas, aplicando correções sem a necessidade de um operador. Dessa maneira, inúmeros mecanismos de acionamento e movimentação podem ser utilizados, como os dispositivos elétricos (motores, eletroválvulas, válvulas solenoides), pneumáticos (válvulas e cilindros pneumáticos), hidráulicos (válvulas e cilindros hidráulicos) e mecânicos (correias, engrenagens, polias).

A automação surgiu com a necessidade de criar sistemas que fossem econômicos, eficientes e versáteis, substituindo o esforço físico repetitivo e garantindo

um alto grau de repetibilidade do processo produtivo. Dessa maneira, os instrumentos de medição surgiram com a necessidade de obter informações do processo para tomada de decisão (Ribeiro, 1999).

Conforme Silva (2017), o processo da automação só foi possível com o surgimento dos circuitos integrados (CI's) e dos microprocessadores, de forma que essa nova tecnologia possibilitava, por meio de linguagens de programação, programar uma unidade central de processamento (UCP), também conhecido como CPU, para realizar uma ação específica com base em condições.

Para o dimensionamento de um sistema automático, são necessários elementos básicos de operação, como os computadores. Eles são compostos por microprocessadores, possuindo uma elevada capacidade de processamento e armazenamento de dados, podendo controlar o sistema de automação (Rocha, 2021).

Além dos computadores, existem dispositivos conhecidos como CLP's (controladores lógicos programáveis), que podem ser utilizados na automação de processos. Tais dispositivos, em conjunto com sensores e atuadores, fazem com que seja possível a automação de processos.

2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O CLP, descrito na Figura 1, é um dispositivo eletrônico digital que, através de uma linguagem de programação, pode ser programado para executar funções lógicas, operações aritméticas, contagem, temporização, entre inúmeras outras funções. Possui entradas analógicas e digitais para aquisição de dados e saídas para realizar o acionamento de outros dispositivos que compõem o processo (Roggia; Fuentes, 2016).

Figura 1 – Controlador Lógico Programável (CLP)



Fonte: WEG, 2023¹

Segundo Oliveira (2006), devido a sua facilidade de uso e capacidade de processamento, os CLP's têm sido bastante utilizados principalmente nas indústrias e, por esse motivo, foram sendo melhorados a cada geração de fabricação. Conforme cita Quinto (2021), os CLP's da 5ª geração têm protocolos que facilitam a comunicação com equipamentos de fabricantes diferentes, por meio de sistemas supervisórios e redes

¹ Disponível em: <https://www.weg.net>

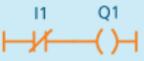
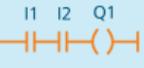
internas de comunicação. Dessa maneira, são capazes de realizar a comunicação com outros CLP's, sensores, atuadores, receber sinais, realizar conversões e, com o auxílio de outros *softwares*, monitorar e controlar o processo por meio de um computador.

Segundo Natale (2018), a arquitetura de um CLP consiste em uma CPU para realizar o processamento dos dados, fonte de alimentação, módulos de entrada e saída (I/O) e a base, que é responsável por realizar a conexão mecânica e elétrica entre esses componentes. Os módulos de I/O fazem a conexão física entre módulos externos e a CPU do CLP, realizando diversas funções específicas. Conforme cita Ribeiro (1999), os módulos externos mais utilizados são discretos, digitais, contador, BCD, inteligentes, comunicação, controle, rede, IHM e analógicos.

Segundo Roggia e Fuentes (2016), para que o CLP execute a função desejada, é necessário, através de um *software*, programar sua sequência de ações com base em condições. Para isso, é usada uma linguagem de programação de alto nível que se aproxima da linguagem humana e facilita o processo de automação. As linguagens que são mais usadas no CLP são: lista de instruções, diagrama de blocos e diagrama de contatos (ladder), sendo a última a mais utilizada atualmente.

A linguagem ladder é uma forma de programação gráfica com símbolos e, como podem ser vistos na Figura 2, os diagramas são compostos por duas linhas verticais e linhas horizontais, em que as instruções podem ser contatos, bobinas, contadores, temporizadores, etc.

Figura 2 – Simbologia e representação do diagrama de contato

Representação das funções lógicas básicas no diagrama ladder			
Função	Equação	Símbolo	Diagrama de contatos
NOT NÃO	$Q1 = \bar{I1}$		
AND E	$Q1 = I1 \cdot I2$		
OR OU	$Q1 = I1 + I2$		

Fonte: Roggia e Fuentes, 2016.

2.2 SENSORES

O sensor é um tipo de elemento que apresenta sensibilidade a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, sonora, térmica etc.), relacionando as grandezas buscadas, como temperatura, corrente, pressão, vazão e posição. Os sensores podem ser divididos em analógicos e digitais. Os analógicos são usados para medir uma grandeza física que apresenta valores diferentes ao longo do tempo e apresentando como saída um valor de tensão, corrente ou resistência. Os digitais medem a ocorrência ou não de

um evento, tendo como saída apenas dois estados, 0 (off) ou 1(on) (Roggia; Fuentes, 2016).

Conforme destaca Roggia e Fuentes (2016), os sensores capacitivos, Figura 3, são dispositivos utilizados para detectar proximidade de materiais orgânicos, pós, plásticos, líquidos, metais e não metais, entre outros. Seu modo de funcionamento consiste na geração de um campo elétrico por um oscilador controlado por capacitor. Dessa maneira, quando um objeto se aproxima do sensor, o dielétrico do meio se altera, variando o valor da capacitância, com essa alteração acionando o valor de saída.

Figura 3 — Sensor Capacitivo



Fonte: WEG, 2023²

Já os sensores indutivos, Figura 4, são usados para detectar a presença de objetos metálicos e seu funcionamento se dá pela geração de um campo eletromagnético por uma bobina presente na face sensora. Quando o objeto metálico se aproxima, ele absorve a energia do campo e diminui a amplitude do sinal, que é normalmente gerado no oscilador, acionando, dessa forma, o valor de saída (Roggia; Fuentes, 2016).

Figura 4 — Sensor Indutivo



Fonte: WEG, 2023³

2.3 ATUADORES

Conforme Nepin (2022), os atuadores são tipos de dispositivos responsáveis por produzir movimento, ou seja, convertem energia proveniente da eletricidade, de fluídos ou do ar para gerar energia cinética. Há três tipos distintos de atuadores: elétricos, pneumáticos e hidráulicos.

² Disponível em: <https://www.weg.net>

³ Disponível em: <https://www.weg.net>

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA PRÁTICAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

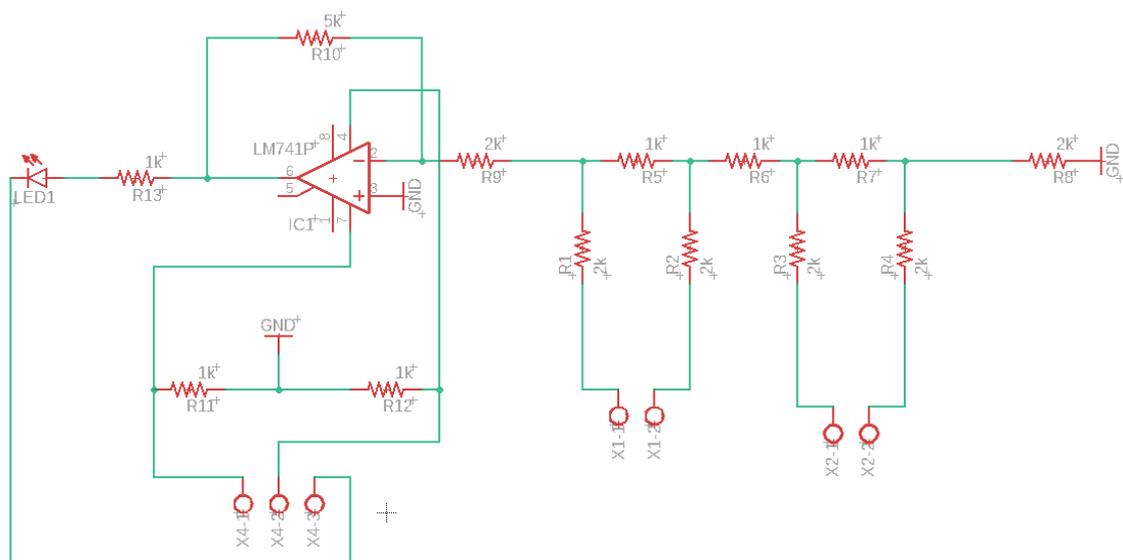
Os atuadores possuem aplicações que podem ser utilizadas com um CLP, pois geralmente estão conectados às saídas de um CLP e, com base na resposta de sensores, desempenham funções específicas em um processo, como acionamento de válvulas solenoides, controle de motores, gerenciamento de iluminação e qualquer outro dispositivo que requeira um mecanismo de ação por meio de lógica de controle (Jack, 2010).

3 METODOLOGIA

A bancada didática foi construída de acordo com os elementos essenciais para sua composição, como sensores, atuadores e controladores, além de dispositivos de controle manual, como botoeiras de pulso, chave seletora etc. Para o material da bancada didática, foi utilizada uma chapa de MDF de 6mm, que possui bastante resistência mecânica, durabilidade, baixo custo e, principalmente, é um material que é disponibilizado para corte a laser no Fablab. Na construção da bancada, foram utilizados os seguintes componentes: Sensor capacitivo NA; Sensor indutivo NF; Conversor D/A 4 bits R-2R; Potenciômetro 10k; LDR; Encoder; Chaves seletoras 2 posições; Botoeiras de pulso; LED's indicadores de estado; CLP Clic02 WEG 12HR-D; Micro Motor DC Akiyama 12V 12500 RPM.

O conversor D/A (Digital-Analógico) de 4 bits do tipo R-2R é um tipo específico de circuito usado para converter dados digitais (representados em forma binária) em sinais analógicos correspondentes. Ele foi construído, conforme o circuito exibido na Figura 5, utilizando resistores e amplificador operacional (Amp. Op.). Essa tensão analógica de saída é utilizada para acionar dispositivos analógicos, como motores, transdutores ou atuadores que requerem um sinal analógico para operar.

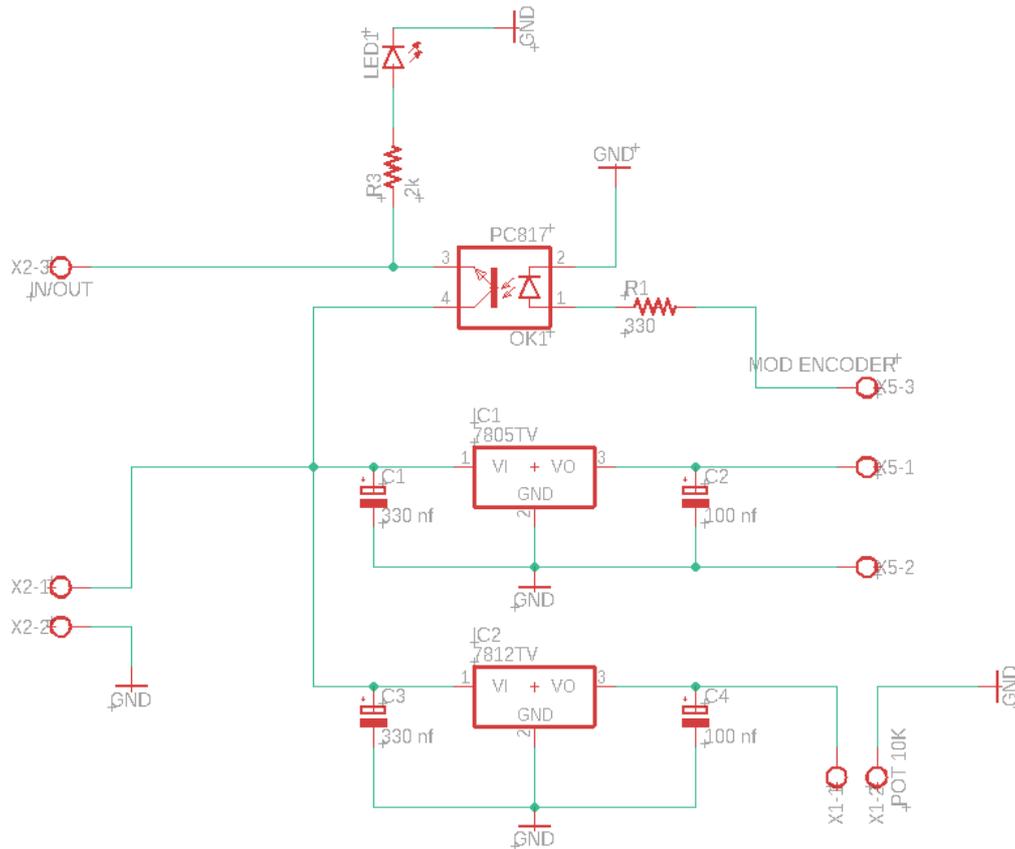
Figura 5 — Circuito utilizado na construção do conversor D/A 4 bits R-2R



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Um encoder óptico é um dispositivo sensor usado para medir a velocidade angular, posição e direção de rotação de um eixo ou eixo rotativo em sistemas mecânicos ou de automação. Dessa forma, com base no circuito demonstrado na Figura 6, foi projetado um encoder que permite mensurar a velocidade de rotação do micro motor DC instalado na bancada, mensurando os pulsos de saída do sensor em cada rotação completa. Além disso, o circuito da Figura 6 possui alimentação para o potenciômetro, que é responsável por controlar a velocidade de rotação do micro-motor DC.

Figura 6 – Circuito utilizado na construção do encoder e na alimentação do micro-motor DC



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Componentes como bornes, botoeiras de pulsos, CLP, chave seletora, Led's e outros foram instalados na bancada utilizando fixadores, como porcas, arruelas e parafusos e trilho DIN.

Um dos objetivos principais deste trabalho, além da construção da bancada e componentes auxiliares, foi o desenvolvimento de um manual de utilização da bancada. Dessa maneira, o manual foi desenvolvido abordando as informações cruciais para operação da bancada didática, com detalhes sobre o processo de comunicação e utilização do CLP. Além disso, foi desenvolvido um capítulo dedicado a experimentos práticos para serem realizados na bancada, abordando diversas funções e sistemas do mundo real onde a automação industrial é presente.

4 RESULTADO

O objetivo deste projeto consistiu no desenvolvimento de uma bancada didática de automação industrial e um manual com informações essenciais e experimentos práticos para serem realizados na bancada. O desenvolvimento do projeto foi embasado na justificativa pedagógica, considerando a disponibilidade do projeto como um todo para os alunos da Engenharia Elétrica, reforçando os conhecimentos obtidos durante a graduação, em especial na disciplina de Automação Industrial.

A primeira etapa do projeto envolveu uma análise detalhada para a definição dos componentes que seriam integrados à bancada de automação industrial. Isso incluiu uma revisão dos requisitos do sistema e das especificações técnicas para determinar quais componentes seriam necessários para atender aos objetivos do projeto. Uma vez definidos os componentes, foi realizada a medição precisa dos diâmetros e dimensões de cada componente, garantindo uma integração adequada e eficiente na bancada. Essas medidas foram utilizadas para elaborar um projeto CAD de corte a laser da bancada MDF 6 mm, apresentando um resultado positivo devido à precisão de corte.

A segunda etapa envolveu a fixação física de todos os componentes na bancada. Isso incluiu a montagem estrutural dos componentes de acordo com o layout e o projeto preestabelecidos. Além da fixação, foi realizada a conexão desses componentes através da soldagem de fiação nos terminais, abrangendo a ligação entre os bornes de entrada, saída e alimentação do Clic02. Por meio de um teste de continuidade, todas as soldas e conexões realizadas foram verificadas com o uso de um multímetro, garantindo que todos os componentes estivessem conduzindo energia e estivessem prontos para uso. A Figura 7 demonstra a instalação finalizada dos componentes que compõem a bancada didática de automação industrial.

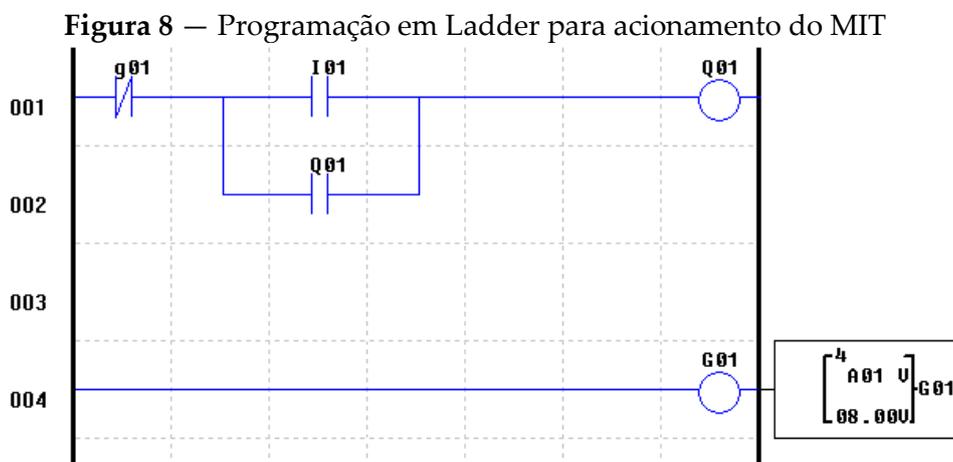
Figura 7 — Bancada de automação montada ao fim da etapa 2



Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

Após a conclusão dessas etapas, uma prática foi conduzida, na qual o motor de indução trifásico (MIT) foi acionado. Para isso, foram utilizados sensores indutivos e capacitivos como mecanismo de partida direta.

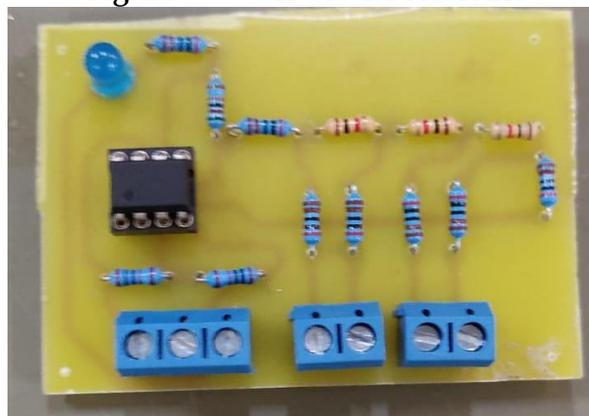
O código elaborado no CLP para executar o teste prático está evidenciado na Figura 8 e foi desenvolvido na linguagem Ladder. Nele, o sensor capacitivo (NA) foi designado como a botoeira de ligar, enquanto o sensor indutivo (NF) foi atribuído como a botoeira de desligar, seguindo uma lógica semelhante à de uma partida direta de motores. A variável I01 representa os dados de entrada do sensor capacitivo, G01 representa os dados de entrada do sensor indutivo e Q01 representa a saída, que é responsável por energizar a bobina de um contator e partir o MIT. O resultado foi positivo, demonstrando que a bancada foi montada corretamente e está operando conforme o esperado.



Fonte: elaboração dos autores, 2023.

A terceira etapa consistiu na construção dos dispositivos eletrônicos auxiliares, sendo eles o conversor DAC R-2R e o encoder para ser utilizado com o micro motor DC. Eles foram construídos de acordo com os esquemáticos destacados na Figura 5 e Figura 6, respectivamente. O projeto construído do conversor digital-analógico é destacado na Figura 9.

Figura 9 — Conversor DAC R-2R

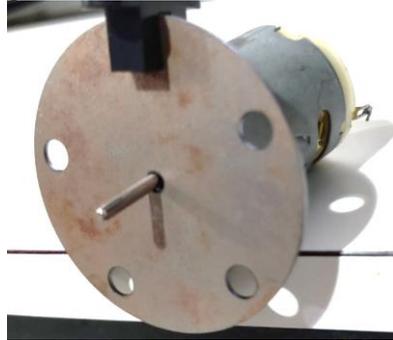


Fonte: arquivo dos autores, 2023.

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA PRÁTICAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O projeto do sistema do encoder inclui o módulo encoder, composto por um LED emissor e um receptor, responsáveis por detectar a interrupção do feixe de luz. Além disso, envolve o uso de um micro-motor DC e uma chapa metálica perfurada, que impedem que o feixe de luz seja detectado pelo emissor, contando uma rotação completa do sistema. A cada rotação completa do motor, um sinal é enviado para o CLP, o qual processa os dados e os converte para rotação por minuto (rpm). O projeto construído do encoder é destacado na Figura 10.

Figura 10 – Conversor DAC R-2R



Fonte: arquivo dos autores, 2023.

Após o desenvolvimento e a construção dos componentes, eles foram testados em prática e verificou-se o funcionamento correto.

A quarta e última etapa consistiu no desenvolvimento de um manual direcionado aos alunos que utilizarão a bancada. O objetivo desse manual é tornar mais acessível o entendimento dos procedimentos necessários para uma utilização eficaz da bancada, fornecendo instruções detalhadas e passo a passo sobre como conectar os diversos componentes, configurar as definições adequadas e realizar os experimentos propostos. Foram criadas cinco práticas que abordam questões comuns na indústria, permitindo que os alunos aprendam a maioria das funções disponíveis no Clic02. A estruturação do manual está ilustrada na Figura 11.

Figura 11 — Sumário do manual de utilização da banda didática de automação

Sumário	
1 OBJETIVOS	3
2 CONHECENDO O CLIC02.....	4
3 SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO	5
3.1 Instalação.....	5
3.2 Conexão.....	6
3.3 Operação	6
4 PRÁTICAS DE AUTOMAÇÃO	10
4.1 Controle de nível de tanque.....	11
4.2 Partida direta de motor usando sensores	12
4.3 Envasamento de bebidas	13
4.4 Remoção de garrafas vazias de uma esteira	14
4.5 Controle de iluminação de semáforos em um cruzamento.....	15
5 APRENDENDO LADDER.....	16
6 PROJETO CONVERSAR D/A R-2R	18
6 PROJETO ENCODER.....	19
7 RESOLUÇÃO DAS PRÁTICAS.....	20

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste projeto de desenvolvimento da bancada didática de automação industrial e elaboração do manual de experimentos é um marco importante para os alunos de Engenharia Elétrica do UNIPAM. O resultado desse esforço conjunto representa não apenas a criação de um recurso valioso para aprimorar o aprendizado dos alunos, mas também uma oportunidade para fortalecer suas habilidades práticas e teóricas no campo da automação industrial.

Este projeto não apenas reforça os conhecimentos adquiridos durante a graduação, especialmente na disciplina de automação industrial, mas também oferece uma oportunidade única para os alunos aplicarem esses conhecimentos na prática. A disponibilidade do manual de experimentos, juntamente com as práticas propostas, permite que os alunos explorem e compreendam de forma abrangente as funcionalidades da bancada, preparando-os para desafios futuros na indústria.

Além disso, a estruturação do manual de forma clara e detalhada, juntamente com a abordagem de questões comuns na indústria, oferece uma experiência educacional completa e enriquecedora. Os alunos poderão não apenas aprender a utilizar os diversos componentes da bancada, mas também desenvolver habilidades práticas essenciais para sua formação profissional.

Em suma, este projeto não apenas beneficiará os alunos de Engenharia Elétrica do UNIPAM, fornecendo-lhes um recurso valioso para aprimorar seu aprendizado e desenvolver suas habilidades práticas, mas também contribuirá para o fortalecimento do programa acadêmico como um todo, ao oferecer uma experiência educacional de alta qualidade e relevância no campo da automação industrial.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. M D. **Utilização de bancada didática de simulação de defeitos na UC de instalações industriais**: uma abordagem inspirada na aprendizagem baseada em problemas. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Florianópolis/SC. 2018.

JACK, H. **Automating manufacturing systems with PLCs**. S. L.: S.N, 2010.

NATALE, F. **Automação industrial**: Série Brasileira de Tecnologia. 10. ed. São Paulo: Saraiva Educação S. A., 2018.

NEPIN. **Atuadores**: o que são e para o que servem. 17 fev. 2022. Disponível em: <https://www.nepin.com.br/blog/solucoes-industriais/atuadores-o-que-sao-e-para-o-que-servem/>.

OLIVEIRA, Diego Santos. **Automação dos experimentos do Laboratório de Instalações Elétricas**. 2006.

QUINTO, Hugo Oliveira Andrade. **Construção de uma bancada didática para práticas de automação industrial**. [manuscrito], 2021. 70 f.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação industrial**. 4. ed. Salvador: Outono, 1999.

ROCHA, Genir dos Santos. **Automação industrial**: desenvolvimento de uma bancada didática, esteira transportadora, contadora e seletora de peças. Jataí: IFG, Departamento de Processos Industriais – Engenharia Elétrica, 2021.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial**, 2016.

SILVA, Derlone Araújo Jarcelon. **Desenvolvimento e construção de processadores**: uma breve história da micro a nanotecnologia. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2017.

SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Controlador lógico programável**. Piracicaba, 2007. 40p. Apostila.