

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS - *CAMPUS* BETIM
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Emily Kerolayne Miranda Ferreira

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÓDULO DIDÁTICO PARA
TREINAMENTO EM PROGRAMAÇÃO DE CLP**

Betim
2025

EMILY KEROLAYNE MIRANDA FERREIRA

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÓDULO DIDÁTICO PARA
TREINAMENTO EM PROGRAMAÇÃO DE CLP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof^a. Me. Michelle Mendes Santos

Coorientador: Prof^o. Dr. Leandro Freitas de Abreu

Betim
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

F383p Ferreira, Emily Kerolayne Miranda

Projeto e implementação de um módulo didático para treinamento em programação de CLP / Emily Kerolayne Miranda Ferreira. – 2025.

47 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2025.

Orientação: Profa. Ma. Michelle Mendes Santos
Coorientação: Prof. Dr. Leandro Freitas de Abreu

1. Controladores programáveis. 2. CLP. 3. Módulo didático. 4. TIA Portal.
5. Engenharia de Controle e Automação. I. Ferreira, Emily Kerolayne Miranda. II. Título.

CDU: 681.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Betim
Diretoria de Ensino
Docentes Automação Industrial e Tecnologia da Informação
Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG
3135976360 - www.ifmg.edu.br

**Ata de Defesa de TCC de Emily Kerolayne
Miranda Ferreira, realizada em 13 de
agosto de 2025**

Aos 13 dias do mês de Agosto do ano de 2025, às dezoito horas, nas dependências do IFMG – *Campus* Betim, reuniu-se a banca examinadora presidida por mim, Michelle Mendes Santos e demais membros, Arthur Hermano Rezende Rosa e Deliene Costa Guimarães Barros. Nesta ocasião a discente **EMILY KEROLAYNE MIRANDA FERREIRA** do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação no IFMG – *Campus* Betim, defendeu seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Projeto e Implementação de Um Módulo Didático para Treinamento em Programação de CLP” e foi **APROVADA**, com 97 (Noventa e sete) pontos.

Este resultado reflete o cumprimento parcial dos critérios de avaliação estabelecidos pelo curso e reconhece os esforços e a dedicação da discente e sua orientadora no desenvolvimento do seu TCC. O lançamento da nota e o consequente encerramento do respectivo processo está condicionado ao cumprimento das exigências da banca avaliadora e demais procedimentos pós-defesa conforme previstos nos regulamentos vigentes. Tais procedimentos pós-defesa devem ser finalizados até a data limite de 15/09/2025. O descumprimento destes procedimentos até a data estipulada implicará em atribuição de nota 0 (zero) e consequente reprovação.

A sessão foi encerrada às dezenove horas e trinta minutos. Para constar, eu, Michelle Mendes Santos, redigi a presente ata, foi aprovada e assinada pelos membros da banca examinadora.

Betim, 17 de setembro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Mendes Santos, Professora**, em 17/09/2025, às 11:50, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Hermano Rezende Rosa, Professor**, em 17/09/2025, às 17:13, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Deliene Costa Guimaraes Barros, Testemunha**, em 17/09/2025, às 20:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2455123** e o código CRC **9246F88B**.

23792.001403/2025-69

2455123v1

Este trabalho é dedicado à minha família e meus amigos, a quem sou grato por tudo que me foi dado: o amor que me nutre, o apoio que me fortalece e a crença inabalável nos meus sonhos. Vocês tornaram este destino, antes distante, uma realidade palpável e, com sua presença e incentivo em cada momento, transformaram a jornada em uma celebração constante.

AGRADECIMENTOS

Durante a vida existem pessoas que tornam a caminhada mais leve, o destino mais interessante e a jornada uma verdadeira aventura. Pessoas que tornam a vida mais bonita e que trazem para perto o aconchego de saber que tem alguém ali para te amparar nos momentos de fraqueza e comemorar cada uma das suas vitórias. Dessas pessoas, quero agradecer primeiro aos meus pais, que muito além do apoio diário que me dão, me provaram por exemplo, a ser perseverante e resiliente e a nunca desistir dos meus sonhos e objetivos.

Ao meu irmão mais velho, Aleksen Richard, que me motivou e me guiou pelo melhor caminho, me ajudando com sua sabedoria e paciência nas decisões e me ouvindo sempre com atenção. Você esteve presente em cada etapa desse período. Ao meu irmão mais novo, Brayan, agradeço pela companhia, preocupação e por, mesmo sem saber, me amparar com seu carinho.

A vida também traz para a gente pessoas que não dividem o mesmo sangue, mas que têm uma ligação de alma. Dessas pessoas que estão em minha vida agradeço à minha amiga Gabriela por ser presente, por compartilhar das minhas indignações e comemorar como se fossem suas as minhas conquistas. Tenho sorte de o universo ter me apresentado a você, minha irmã de outra família! E também ao meu noivo, que me apoiou no fim desse processo e me incentivou a conquistar o meu tão sonhado diploma.

Aos que dedicam sua vida a ensinar e que marcaram minha história com seus ensinamentos, meus mais sinceros agradecimentos. Sem vocês nada disso seria possível. Em especial a Michelle Mendes, Leandro Freitas, Reginaldo Ferreira, Virgil Almeida, Bruno Francisco, Leonardo Marques e Isabel Martins, vocês me deram oportunidades de ser muito além de uma estudante, me ensinaram a importância da pesquisa e da extensão dentro da universidade. Jamais me esquecerei de vocês, vocês marcaram para sempre minha história.

Dentro do âmbito profissional, também existem aqueles que fazem a diferença, não só na profissão, mas também na vida acadêmica. E eu não poderia deixar de agradecer à Yhasmini Vieira, minha amiga, sócia, parceira de negócios. Meu trabalho me apresentou a você e você me ajudou a tornar este trabalho possível, através da V&P Automação. Obrigada pelo apoio e por investir recursos em mim, tanto materiais quanto intelectuais.

Por fim, agradeço aos membros da banca examinadora, pela valiosa contribuição e pelas considerações que enriqueceram este trabalho.

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento do projeto e a implementação de um módulo didático para treinamento em programação de CLP, com o objetivo geral de projetar, construir e validar um protótipo para capacitação profissional na área de automação. A metodologia envolveu o projeto da estrutura no software CATIA V5 e AutoCAD para modelamento 3D e 2D, respectivamente, e o desenvolvimento do diagrama elétrico também no AutoCAD. O material selecionado para a estrutura do protótipo foi o MDF, devido à sua facilidade de manipulação e baixo custo, características que viabilizaram a construção inicial, embora sua durabilidade limitada tenha apontado para a necessidade de materiais mais resistentes como PVC ou acrílico para futuras melhorias. Componentes elétricos e eletrônicos de baixo custo, adequados à operação do CLP em 24V, foram definidos, com a interface de entradas e saídas do CLP realizada por meio de bornes-fusível e plugs banana para segurança e modularidade. O CLP Siemens SIMATIC S7-300 foi o principal controlador utilizado, com a previsão de adicionar um S7-1200 em trabalhos futuros para exploração de comunicação entre CLPs de diferentes famílias. Durante a construção, a impossibilidade de montar o CLP S7-1200 no protótipo levou ao reaproveitamento do espaço e à rejeição da necessidade de um módulo de expansão dedicado a entradas e saídas. Após a construção, foram realizados testes e validação extensivos, utilizando um multímetro para medições de tensão e continuidade, e o software TIA Portal 15.1 para validação da lógica e acionamento/monitoramento dos sinais de I/O, os quais não apresentaram falhas. Complementarmente, foi desenvolvido um material de apoio abrangente, na forma de uma apostila, que aborda desde conceitos fundamentais de programação de CLPs e linguagens como Ladder, até atividades práticas de complexidade gradual e o uso de recursos do TIA Portal. Este material foi empregado com sucesso em treinamentos internos e externos da empresa, validando sua aplicabilidade didática e prática. Conclui-se que o protótipo atendeu aos objetivos propostos, demonstrando-se uma ferramenta eficaz para o ensino prático de programação em CLPs, contribuindo para a capacitação profissional e aprimoramento de habilidades essenciais no setor de automação industrial. Trabalhos futuros incluem a integração do CLP S7-1200 para estudos de redes e comunicação, a incorporação de atividades de desenvolvimento de IHM, e a criação de pequenas plantas didáticas para diversificar as aplicações industriais do módulo.

Palavras-chave: Automação. CLP. Módulo Didático. Treinamento. TIA Portal.

ABSTRACT

This work describes the project development and implementation of a didactic module for training in PLC programming, with the general objective of designing, building, and validating a prototype for professional training in the automation field. The methodology involved designing the structure in CATIA V5 and AutoCAD software for 3D and 2D modeling, respectively, and also developing the electrical diagram in AutoCAD. The material selected for the prototype's structure was MDF, due to its ease of handling and low cost—characteristics that enabled the initial construction. However, its limited durability pointed to the need for more resistant materials such as PVC or acrylic for future improvements. Low-cost electrical and electronic components, suitable for the PLC's 24V operation, were defined, with the PLC's input and output interface implemented using fuse terminals and banana plugs for safety and modularity. The Siemens SIMATIC S7-300 PLC was the main controller used, with the plan to add an S7-1200 in future work to explore communication between PLCs from different families. During construction, the impossibility of mounting the S7-1200 PLC on the prototype led to the repurposing of the space and the rejection of the need for a dedicated input/output expansion module. After construction, extensive tests and validation were carried out using a multimeter for voltage and continuity measurements, and the TIA Portal 15.1 software for validating the logic and activating/monitoring the I/O signals, which presented no failures. Additionally, a comprehensive support material was developed in the form of a manual, which covers everything from fundamental concepts of PLC programming and languages like Ladder, to practical activities of gradual complexity and the use of TIA Portal features. This material was successfully used in internal and external company training, validating its didactic and practical applicability. It is concluded that the prototype met the proposed objectives, proving to be an effective tool for the practical teaching of PLC programming, contributing to professional training and the improvement of essential skills in the industrial automation sector. Future work includes the integration of the S7-1200 PLC for network and communication studies, the incorporation of HMI development activities, and the creation of small didactic plants to diversify the module's industrial applications.

Keywords: Automation. PLC. Didactic Module. Training. TIA Portal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pirâmide da automação.	13
Figura 2 – Diagrama de blocos da estrutura interna de um CLP.	14
Figura 3 – Planta controladora de nível desenvolvida por Júnior em 2015 para aplicação prática do CLP.	15
Figura 4 – Diagrama de funcionamento da esteira transportadora de um processo automático responsável por separar materiais entre plástico e metal.	16
Figura 5 – Módulo didático desenvolvido para aplicação de aulas de automação.	17
Figura 6 – Bancada didática de controle de nível.	18
Figura 7 – CPU e módulo de entrada e saída do PLC S7-300 usados na construção do módulo didático.	21
Figura 8 – CLP S7-1200 com 14 entradas e 10 saídas para aplicação no módulo didático.	22
Figura 9 – Diagrama ilustrativo da ligação entre o <i>plug</i> para conexão do cabo banana e os componentes de entrada para o CLP.	23
Figura 10 – Diagrama ilustrativo da ligação entre o <i>plug</i> para conexão do cabo banana e os atuadores presentes no módulo.	24
Figura 11 – Diagrama da atividade utilizada para o teste dos acionamentos através da lógica desenvolvida no TIA Portal 15.1.	26
Figura 12 – Visualização isométrica do trabalho para visão geral da distribuição dos componentes e estrutura.	27
Figura 13 – Primeiro modelo da estrutura do trabalho com o posicionamento dos CLPs e a disposição dos componentes e bornes destinados aos IOs - Vista Frontal.	28
Figura 14 – Disposição dos elementos internos do módulo didático permitindo a visualização da montagem dos componentes utilizados.	28
Figura 15 – Disposição dos componentes em 2D.	29
Figura 16 – Protótipo do módulo didático montado.	31
Figura 17 – Tabela de IO para teste do CLP.	32
Figura 18 – Índice da apostila - Capítulos 1 à 5.	33
Figura 19 – Índice da apostila - Capítulos 5 e 6.	34
Figura 20 – Cotas da estrutura da maleta	39
Figura 21 – Cotas furações - vista frontal.	40
Figura 22 – Gabarito para furação manual.	41
Figura 23 – Bornes-fusíveis das entradas do CLP.	42
Figura 24 – Bornes-fusíveis das saídas do CLP.	43
Figura 25 – Componentes de entradas.	44
Figura 26 – Componentes de saída.	45
Figura 27 – Atividade utilizada para testes de lógica	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos trabalhos de referência	19
Tabela 2 – Ferramentas Utilizadas na Construção do Protótipo	25
Tabela 3 – Orçamento do módulo.	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	10
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	<i>10</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	<i>10</i>
1.2	Justificativa	11
1.3	Organização do Texto	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Automação	12
2.2	Controlador Lógico Programável(CLP)	14
2.3	Trabalhos relacionados	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	O CLP	20
3.2	A estrutura	22
3.3	Componentes elétricos e eletrônicos	22
3.4	Diagrama elétrico	23
3.5	Construção do protótipo	24
3.6	Testes e validação	25
3.7	Material de apoio didático	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1	Projeto estrutural	27
4.2	Componentes elétricos e eletrônicos	30
4.3	Construção do protótipo	31
4.4	Teste e validação	32
4.5	Material de apoio	32
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	35
	REFERÊNCIAS	37
	ANEXO A – DESENHO 2D DO MÓDULO DIDÁTICO	39
	ANEXO B – COTAS DAS FURAÇÕES	40

ANEXO C – GABARITO DAS FURAÇÕES	41
ANEXO D – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 1.	42
ANEXO E – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 2.	43
ANEXO F – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 3.	44
ANEXO G – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 4.	45
ANEXO H – ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO BASE	46
ANEXO I – OUTROS MATERIAIS	47

1 INTRODUÇÃO

A evolução da automação industrial é um processo que se estende por um longo período histórico. Os humanos criam coisas há milhares de anos. Originalmente, muitos produtos eram fabricados conforme a necessidade. Se uma ferramenta era necessária, ela era construída manualmente e, mais tarde, servia de base para a criação de mais ferramentas. Com o passar do tempo, foram desenvolvidas técnicas mais complexas para ajudar as pessoas a realizarem tarefas de fabricação e produção (LAMB, 2015).

Dentre essas técnicas desenvolvidas, surgiu a automação que pode ser definida como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletroeletrônicos e computacionais na operação e controle da produção.(BAYER; ECKHARDT; MACHADO, 2011). A automação é o uso de comandos lógicos programáveis e de equipamentos mecanizados para substituir as atividades manuais que envolvem decisões e comandos-resposta de seres humanos (LAMB, 2015).

Com o passar do tempo, a automação se tornou cada vez mais presente nas indústrias e na vida das pessoas. Devido à aceleração do avanço tecnológico, a forma de tratar as informações e o conhecimento vem provocando modificações substanciais nas relações da construção do saber para o trabalho, que assume um caráter cada vez mais de natureza processual da informação, com implicações sobre o perfil do trabalhador e, também, das empresas. O impacto causado pelas mudanças, sobre as relações no mundo do trabalho, afetou as exigências de qualificações pessoais, bem como vem alterando o conceito de espaços possíveis para a construção do saber. Além disso, vem desenvolvendo no aprendiz uma linha de competência para o novo, necessária para a sua auto-realização(MAIA *et al.*, 2002).

Nesse processo de aprendizagem, tem-se a inserção de um elemento muito aplicável e essencial para a indústria, o CLP (Controlador Lógico Programável), que é um dispositivo responsável por controlar e monitorar todo o sistema de produção, de forma a ser o elemento central de operações de todos os equipamentos que compõem a automação de um processo.

Os CLPs desempenham papel fundamental na automação, permitindo realizar tarefas coordenadas em etapas, controlar inúmeros equipamentos simultaneamente, reduzir a variabilidade dos produtos finais, aumentar a eficiência e, sobretudo, a segurança nos processos em geral (ANTUNES; BOGO, 2018).

Observando os avanços tecnológicos que a automação traz e a grande importância do CLP como ferramenta de trabalho, como ficam os profissionais que terão em mãos a responsabilidade de guiar esse novo curso da história? O certo é que mudanças já estão acontecendo e quem quiser fazer parte desse momento terá de entendê-lo, buscando novas habilidades e qualificações. Isso porque as empresas exigem um colaborador diferente, muito mais versátil, ágil e conectado (COLLABO, 2016).

Com a velocidade da inserção de novas informações nos ambientes automatizados, é

possível perceber a necessidade de uma facilitação a esses profissionais através da capacitação profissional que "é o conjunto de iniciativas (cursos, treinamentos) que ajudam os colaboradores a desenvolver suas habilidades profissionais."(DIAS, 2022).

Os módulos didáticos são ferramentas de auxílio para a realização de experimentos, que possibilitam ao operador montar diversos sistemas variando seus parâmetros, ao familiarizar-se com os componentes e, ao mesmo tempo, verificar na prática a teoria vista em aula (ZORZAN; DARONCH; MOLIN, 2013). Além do uso industrial, é possível aplicar essas ferramentas nos ambientes acadêmicos, como instituições de ensino técnico e superior.

Tendo em vista essa necessidade de tornar o profissional capaz de atender todas as demandas técnicas exigidas de programador de CLP, através do apoio da V&P Automação LTDA, este TCC tem como objetivo descrever a construção de um módulo didático para programação de CLP como forma de material de apoio aos futuros e atuais profissionais da empresa, além de ser uma possibilidade de material possível para ser utilizado nas escolas, como Institutos e Universidades Federais, de forma a contribuir na consolidação dos conhecimentos adquiridos durante a formação técnica e mostrar a visão industrial e aplicada de toda a teoria.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste trabalho é projetar, construir e validar um protótipo de um módulo didático para treinamento em CLP, para ser utilizado na capacitação profissional na área da automação.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Projetar a estrutura do módulo didático;
- Definir quantidade entradas e saídas para a estrutura;
- Definir componentes de entrada e saída;
- Desenvolver diagrama elétrico;
- Construir o protótipo do módulo didático;
- Realizar testes no módulo didático para avaliar robustez, aplicabilidade e usabilidade;
- Desenvolver apostila com sugestão de treinamento.

1.2 Justificativa

Em quase todas as indústrias, independentemente do ramo de produção, existe um componente indispensável para o controle de processos, o CLP. Esse componente, que é capaz de controlar desde os mais simples aos mais complexos sistemas, precisa ser instalado e programado por profissionais da área que devem estar habilitados a realizar essas etapas com segurança e confiabilidade. Tendo em vista a aplicação desse equipamento de forma tão abrangente, a V&P Automação LTDA solicitou o desenvolvimento de um módulo didático para o aumento das capacidades de trabalho do corpo profissional.

Com a construção desse equipamento, os profissionais da área têm a chance de se aproximar de um dos elementos mais utilizados na indústria e, consolidar os conhecimentos técnicos de forma prática utilizando sensores, atuadores e o CLP.

1.3 Organização do Texto

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 2 apresenta os conceitos fundamentais e a revisão da literatura, fornecendo a base teórica para a pesquisa. O Capítulo 3 detalha a metodologia, descrevendo os equipamentos selecionados, bem como os métodos empregados na coleta e utilização dos dados. No Capítulo 4, são apresentados os resultados e as etapas do projeto que culminaram no resultado final. Por fim, o Capítulo 5 traz as conclusões deste estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

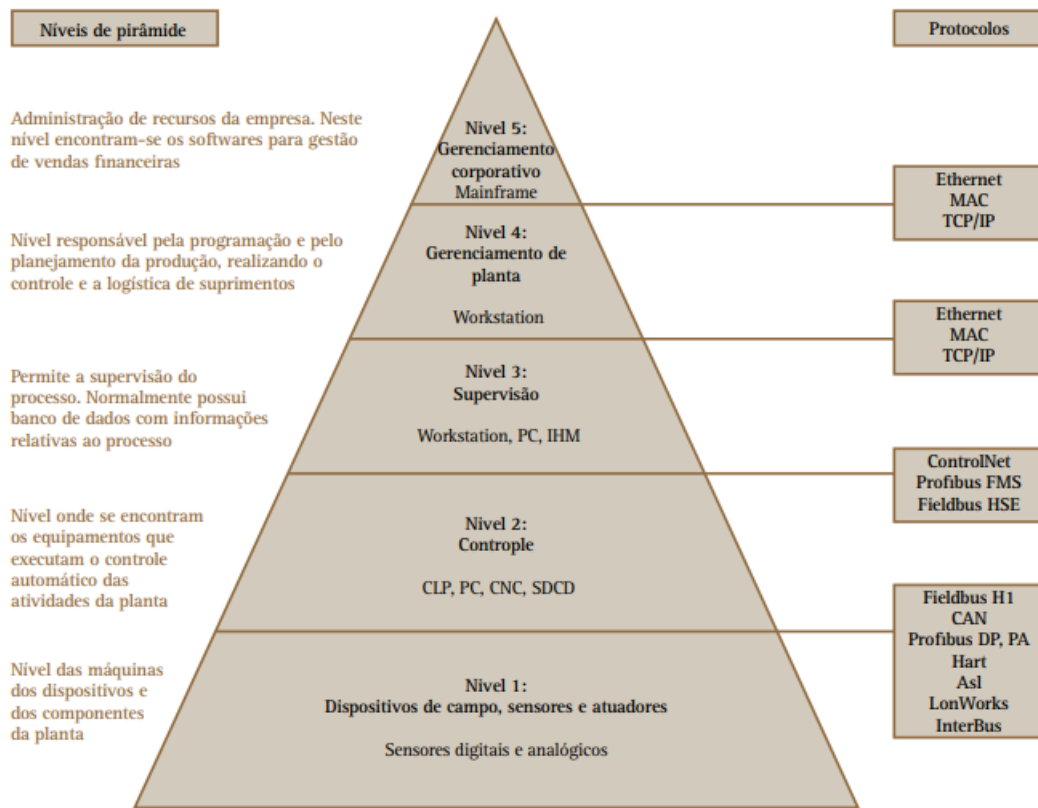
2.1 Automação

A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. O sistema calcula a ação corretiva necessária, e esta é uma característica de malha fechada, sistema em que ocorre a realimentação. Nestes sistemas são utilizados controladores, que por meio da ação algorítmica de um programa, calculam o ajuste da correção (MAIA *et al.*, 2002).

Geralmente, os computadores têm um papel muito importante na automação, pois possuem uma grande capacidade de processamento e armazenamento de dados e, normalmente, exercem a função do controlador do sistema. Outro controlador que pode ser utilizado em sistemas automáticos, são os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) (ROCHA *et al.*, 2021).

Os CLPs estão presentes na conhecida "pirâmide da automação", apresentada na Figura 1, que é a estrutura que rege os sistemas da automação, mostrando a importância do uso do CLP na automação, para intermediar a troca de informações entre os dispositivos do campo com as interfaces de contato com o homem. Essa pirâmide divide os níveis dos equipamentos envolvidos nessa tecnologia, de acordo com sua atuação na indústria, e mostra como as informações são filtradas do nível 1 até chegar ao seu topo (GOEKING, 2010).

Figura 1 – Pirâmide da automação.



A "pirâmide da automação", criada nos anos 1980 divide os níveis dos equipamentos envolvidos de acordo com sua atuação no processo industrial.

Fonte: (GOEKING, 2010).

2.2 Controlador Lógico Programável(CLP)

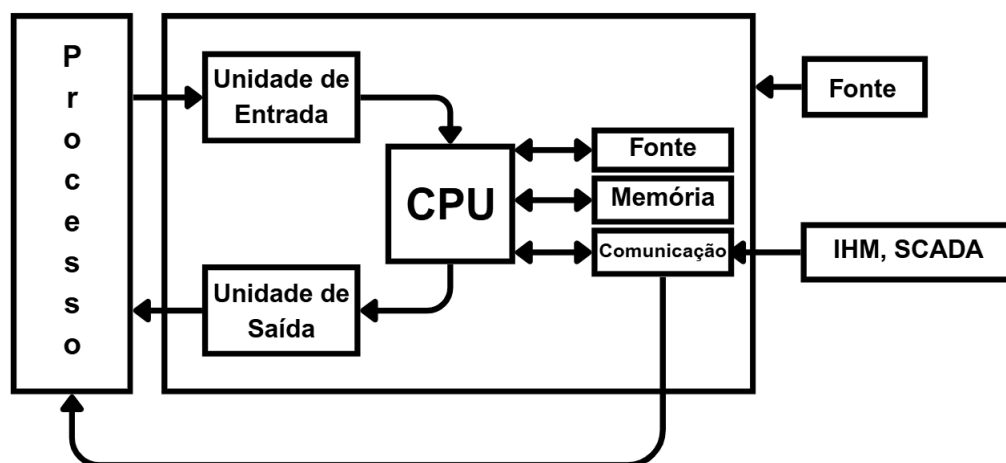
Um controlador que automatiza processos industriais é usado em automação de manufatura e processos contínuos. Os CLPs podem ser usados em toda e qualquer indústria. Podem ser usados também na automação residencial e predial, para controle de bombas d'água, iluminação, controle de incêndio, segurança, etc. (JÚNIOR, 2015).

Devido a essa ampla aplicação, a utilização de um CLP para a construção de um módulo didático é uma escolha que busca abranger uma grande parte do universo da automação, assim como Júnior em 2015.

Um CLP é constituído por módulos de entrada e saída, fonte de alimentação e uma CPU e suas funções são programadas numa memória interna, através de uma linguagem de programação.(JÚNIOR, 2015). Os módulos são responsáveis por receber sinais de sensores, botões, travas, segurança, entre outros, ou enviar para lâmpadas, motores, atuadores e outros dispositivos responsáveis por realizar alguma ação no processo. A fonte de alimentação energiza os módulos e a CPU, que é a responsável por armazenar a lógica de funcionamento dos equipamentos conectados ao CLP, conforme apresentado na Figura 2.

Com isso, as possibilidades da utilização desse equipamento se tornam várias, dentro do dimensionamento de cada CLP, deixando a cargo do seu usuário e das suas necessidades, onde a programação e a lógica desenvolvidas no projeto são o que fazem todo o processo acontecer.

Figura 2 – Diagrama de blocos da estrutura interna de um CLP.



Fonte: do Autor.

No projeto em questão, estima-se a utilização de uma CPU S7 315-2 PN/DP modelo 6ES7315-2EH13-0AB0 e uma S7-1200, que será adquirida para a melhoria do módulo didático, previsto para os trabalhos futuros, visando a prática da comunicação entre CLPs Siemens de famílias diferentes.

A escolha da S7-300 como primeira CPU para a construção do módulo didático, se deu devido à versatilidade da utilização de dois programas principais de desenvolvimento da lógica, o SIMATIC Manager e o TIA Portal, que são os principais *softwares* de projetos de CLP dentro das indústrias que optam pela linha Siemens.

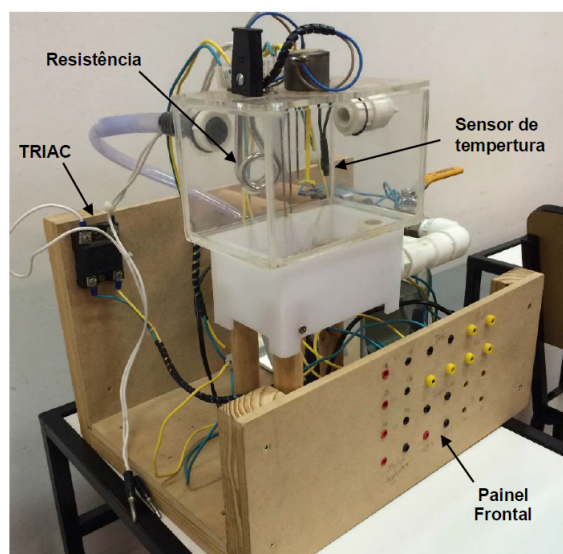
2.3 Trabalhos relacionados

Atualmente, o ensino das disciplinas de automação e controle tem assumido uma importância crescente, devido à procura tanto discente quanto pela indústria (ANDRADE *et al.*, 2017).

Para facilitar a ampliação e aumentar a qualidade do ensino, existem os módulos didáticos que têm como foco auxiliar no processo de treinamento básico em áreas da engenharia, tornando a aprendizagem mais clara e objetiva (LIMA, 2016).

Alguns autores da área já se aventuraram na criação dessas ferramentas, o módulo didático com um CLP, para o desenvolvimento de uma aplicação prática para controle de uma planta controladora de nível com supervisorio feita por Júnior (2015), apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Planta controladora de nível desenvolvida por Júnior em 2015 para aplicação prática do CLP.



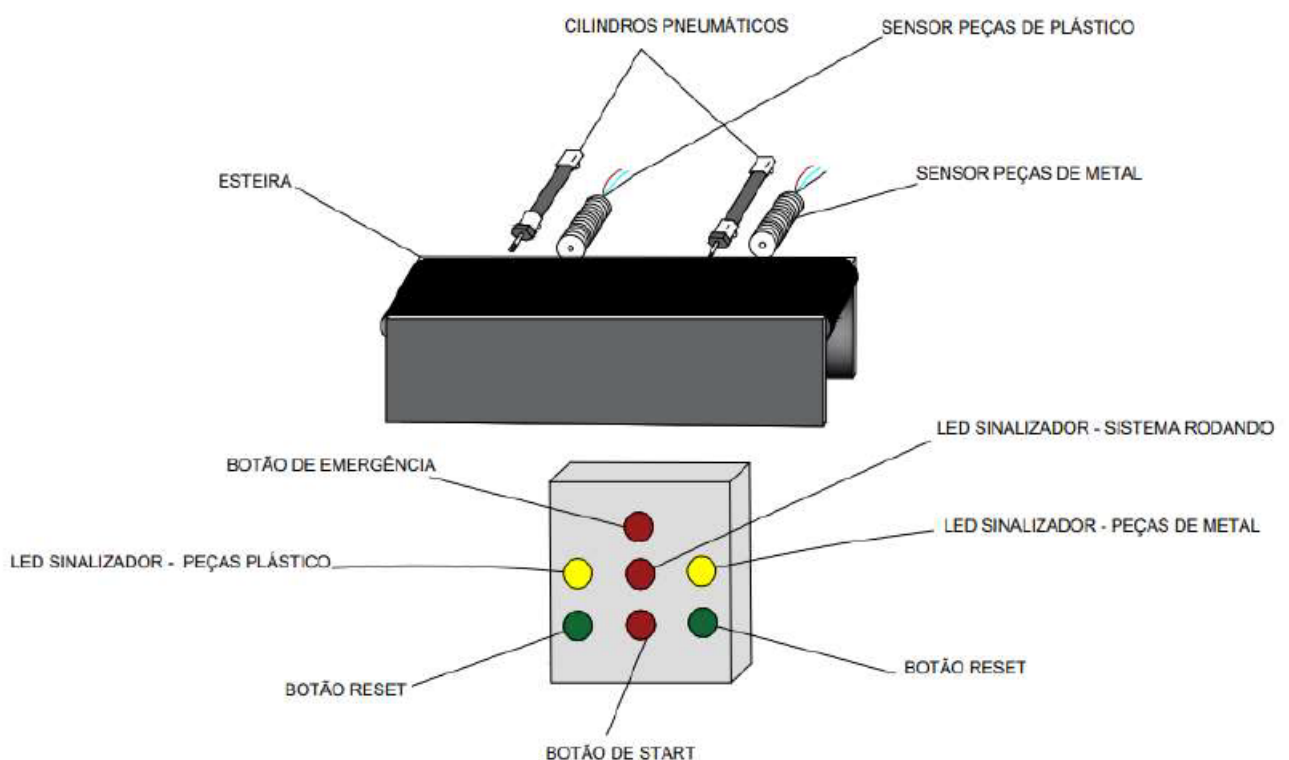
Fonte: (LIMA, 2016).

Também encontra-se módulos voltados à elaboração de ensaios laboratoriais empregando o Controlador Lógico Programável da marca WEG modelo CLIC-02 feito por Lima (2016). A

elaboração de módulos para o ensino de Engenharia de Automação e Controle, descrevendo-se o embasamento das escolhas de hardware, *software* e mesmo da construção de equipamentos necessários para a realização de experiências práticas, como o Freio de Foucault, voltadas para as disciplinas de controle e automação nas quais se destacam o uso de CLPs, inversores de frequência, IHMs (interfaces homem/máquina), encoders e motores trifásicos. Com o objetivo norteador de realizar experiências de controle de velocidade, foram desenvolvidos os conteúdos práticos feitos por Andrade (2017).

Outro trabalho que serviu de inspiração para o TCC apresentado, foi o módulo composto por uma esteira transportadora, na Figura 4, que está inserida em um processo automático de contagem e seleção de peças por tipo de material. Esses materiais são o plástico e o metal (ROCHA *et al.*, 2021).

Figura 4 – Diagrama de funcionamento da esteira transportadora de um processo automático responsável por separar materiais entre plástico e metal.

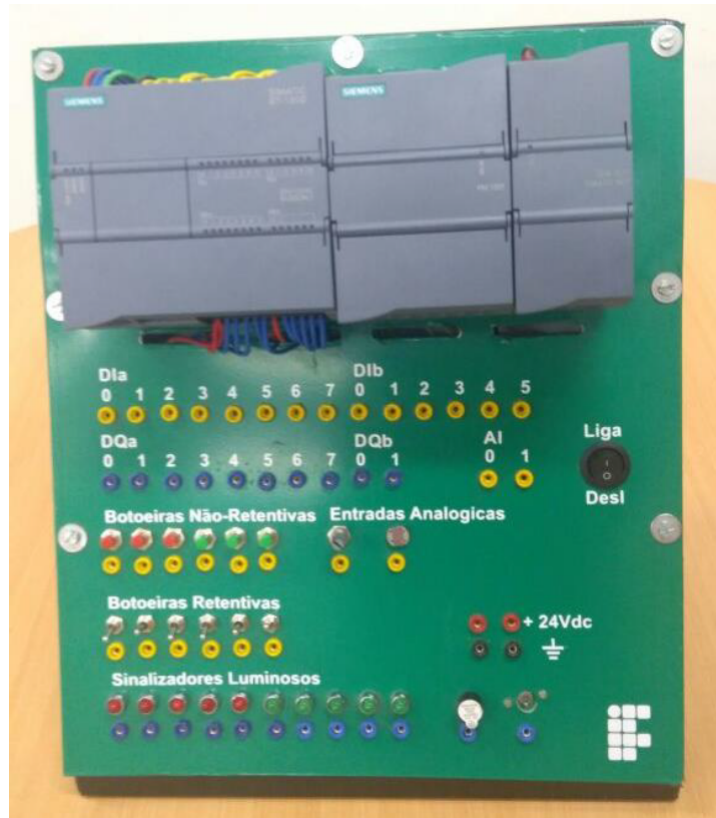


Fonte: (ROCHA *et al.*, 2021).

O terceiro trabalho usado como referência foi o módulo didático composto por um CLP S7-1200 da Siemens para que possa ser aplicado nas aulas práticas dos cursos de Automação Industrial (SOUZA, 2018). O equipamento eletroeletrônico é composto por uma central de controle conhecida como CPU, onde, através de cartões de entrada e saída, é realizada a manipulação dos dados adquiridos. O CLP é composto também por outros dispositivos como fonte, conversores e

outros equipamentos que expandem a utilização e aplicação do mesmo (SOUZA, 2018).

Figura 5 – Módulo didático desenvolvido para aplicação de aulas de automação.



Fonte: (SOUZA, 2018).

Por último, foi usado como referência, o trabalho produzido por Bernuy (2007), que consiste em uma bancada didática que tem como objetivo principal trabalhar os conteúdos de controle discreto usando Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), podendo atender às disciplinas de Redes Industriais, Sistemas Supervisórios e Controle de Processos (BERNUY, 2007).

De acordo com ele, a utilização de bancadas didáticas é uma prática bastante utilizada, e tem como objetivo básico, facilitar as aulas experimentais. Contudo, a forma como a banca é desenvolvida e utilizada pode também levar a resultados pouco expressivos e a uma formação informativa (BERNUY, 2007).

Figura 6 – Bancada didática de controle de nível.



Fonte: (BERNUY, 2007).

Todos esses projetos citados visam à melhoria no aprendizado dos usuários, pois é por meio do contato com equipamentos amplamente utilizados no âmbito profissional que o conhecimento será absorvido com maior profundidade e qualidade.

O treinamento é um procedimento que, por meio da educação, promove transformações e evoluções, aprimorando a criatividade, as relações interpessoais e o espírito de equipe. A capacitação do profissional é essencial, pois reforça valores, analisa as particularidades de cada colaborador e, assim, possibilita a melhor aplicação de suas habilidades dentro da empresa (BUDIN; LOPES, 2019).

Com o uso das tecnologias disponíveis, os colaboradores são preparados para o mercado, de forma que possam enfrentar os obstáculos que traz a programação de um CLP real. Esses dispositivos têm seus desafios, como, por exemplo, em sua correta configuração, o que precisa de atenção. Possíveis erros do programador, como um detalhe esquecido, podem gerar avisos que devem ser interpretados pelo desenvolvedor. Quando em contato com esses erros durante o treinamento e resolvendo-os, ao chegar no chão de fábrica e se deparar com um problema semelhante, a resolução poderá ser mais eficiente e assertiva.

É necessário ter em vista que as novas tecnologias irão afetar todas as áreas da indústria. As profissões e setores devem se adaptar a essas modificações (BUDIN; LOPES, 2019). Essas tecnologias não irão impactar somente o processo produtivo, mas também o mercado de trabalho que já está passando por mudanças em relação à capacitação dos profissionais (BUDIN; LOPES,

2019).

Atentando-se a essas mudanças, o constante investimento na aprendizagem e desenvolvimento pessoal e profissional na área é necessário. Com isso é que o indivíduo será capaz de se destacar dentre os demais, pois terá habilidades multidisciplinares, que serão não só de grande importância, mas também de necessidade aos que atuam na área. Os módulos têm como foco principal auxiliar no processo de treinamento básico em áreas da engenharia, tornando a aprendizagem mais clara e objetiva (LIMA, 2016).

Com isso em mente, é possível perceber, nos trabalhos citados, que a construção de módulos didáticos visa trazer àqueles que não tiveram contato com os modelos de processos industriais, um pouco da vivência desse ambiente. Nesses trabalhos, todos fazem o uso do CLP, pois ele é uma ferramenta que proporciona diversas possibilidades de criação, permitindo ao usuário uma ampla aplicação que pode ser otimizada através de treinamentos práticos.

Os trabalhos citados anteriormente, visto na Tabela 1, incluem maquetes controláveis, como o freio de Foucault e o tanque de nível, que consistem em elementos que utilizam tanto sinais discretos quanto analógicos. Inicialmente, para o protótipo do módulo didático, serão adicionados apenas sinais discretos, como botões e lâmpadas, a fim de facilitar a compreensão básica das funções do CLP. Dessa forma, o objetivo é não apenas aplicar o treinamento utilizando o equipamento desenvolvido, mas também incentivar os alunos a explorarem conceitos mais avançados.

Tabela 1 – Resumo dos trabalhos de referência

Trabalho	Autor	CLP
Planta controladora de nível com supervisório	Junior (2015)	CLP ATOS - MPC4004
Módulos para ensaios laboratoriais	Lima (2016)	WEG modelo CLIC-02
Freio de Foucault	Andrade (2017)	Allen-Bradley CPU L32E – Modelo I/Os: 7319
Módulo didático para aulas de Automação	Souza (2018)	S7-1200
Módulo didático para aulas de Automação	Rocha (2021)	CLP CLIC-02 - CLW – 02/20HR -12D
Bancada didática para controle discreto com CLPs	Bernuy (2007)	CLP ATOS - MPC4004R

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa para a realização desse projeto foi a definição dos objetivos do módulo didático. A clareza na interpretação das informações e no acionamento dos sinais contribui para o entendimento do aluno, e a construção de uma estrutura intuitiva é essencial. A estrutura deve ser projetada de forma a permitir que o aluno tenha acesso às ligações elétricas, possibilitando que ele compreenda o funcionamento do CLP e, caso necessário, monte um novo circuito para o acionamento, conectando adequadamente os sensores e atuadores aos cartões de I/O.

Com isso em mente, desenvolveu-se o modelamento gráfico da estrutura, feita no *software* CATIA V5, que realiza desenhos 3D. Nesse projeto foram definidos o modelo do CLP, os elementos que iriam compor o módulo e a forma com que seriam distribuídos no espaço, observando os elementos citados no parágrafo anterior.

Com o modelamento 3D finalizado, foi iniciado o desenvolvimento do diagrama elétrico. O diagrama elétrico foi elaborado no AutoCAD e consiste na representação das conexões elétricas internas do módulo. Com isso, ele pode definir as entradas e saídas de acordo com seu projeto. Ele foi projetado de maneira que a conexão entre cada componente e os endereços de entrada ou saída do CLP seja feita pelo usuário através de cabos que serão conectados aos *plugs* banana anexados à estrutura.

Finalizadas essas duas etapas, foi realizado o levantamento dos materiais necessários para a construção do protótipo e o orçamento para a compra destes. Visando a uma estrutura que fosse de baixo custo, mas também de qualidade, foram feitas pesquisas de elementos elétricos e eletrônicos que atendessem às especificações do CLP, que funciona com o acionamento de 24V nas suas entradas e saídas.

Após definidos todos os detalhes do projeto e realizada a compra dos materiais, iniciou-se a construção da estrutura que foi confeccionada em madeira MDF, por ser de fácil manuseio e baixo custo. Os demais componentes foram fixados na estrutura.

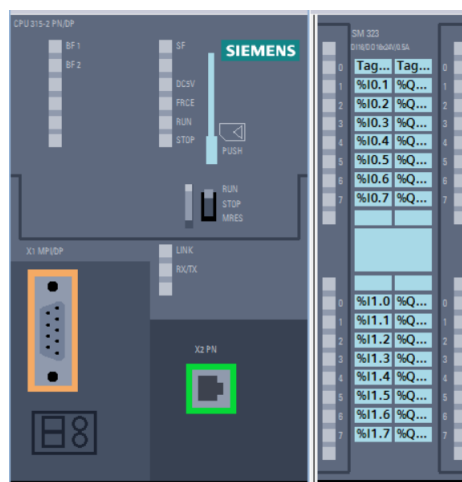
Em seguida, foram feitos os testes dos componentes, usando o *software* de programação TIA Portal, e uma apostila para treinamento exclusiva para o módulo didático.

3.1 O CLP

Para o desenvolvimento desse projeto, foram selecionados dois diferentes modelos de CLP, o SIMATIC S7-300 e o S7-1200, fabricados pela Siemens. O CLP S7-300, Figura 7, é um controlador versátil que pode ser programado tanto no TIA Portal quanto no *Simatic Manager*, permitindo ao usuário utilizar dois *softwares* diferentes, ampliando a aplicabilidade do uso do módulo.

O CLP SIMATIC S7-300 é usado em muitas aplicações em todo o mundo e seu sucesso foi comprovado milhões de vezes. Os controladores universais SIMATIC S7-300 economizam espaço de instalação e apresentam um design modular. Uma ampla linha de módulos pode ser usada para expandir o sistema centralmente ou para criar estruturas descentralizadas de acordo com a tarefa em questão, além de facilitar um estoque econômico de peças de reposição (SIEMENS, 2022).

Figura 7 – CPU e módulo de entrada e saída do PLC S7-300 usados na construção do módulo didático.

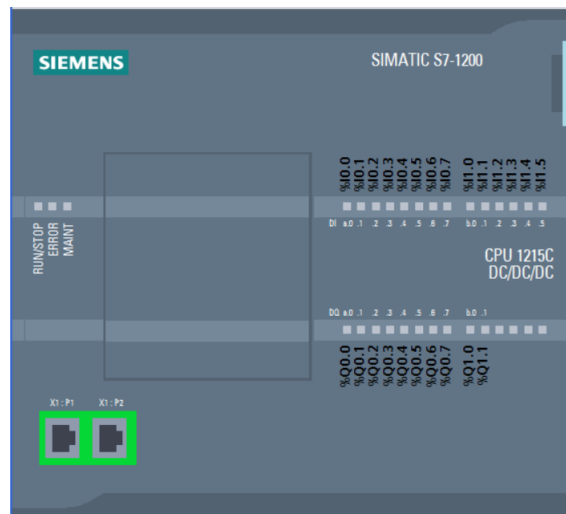


Fonte: TIA Portal

O S7-300, na Figura 7, é um equipamento que pode ser utilizado para várias áreas, pois tem diversos meios de expansão, tanto do sistema central, quanto dos módulos de entrada e saída. Já o S7-1200, na Figura 8, é uma ótima solução para projetos mais simples, pois vem com os I/Os presentes na própria CPU e ocupa menos espaço em painéis do que o primeiro modelo apresentado.

Controladores SIMATIC S7-1200 são a escolha inteligente para soluções compactas de automação com funções integradas de comunicação e tecnologia. Eles estão disponíveis em versões padrão e à prova de falhas (*Failsafe*) (SIEMENS, 2022).

Figura 8 – CLP S7-1200 com 14 entradas e 10 saídas para aplicação no módulo didático.



Fonte: TIA Portal

A seleção de dois modelos diferentes para a construção do módulo didático é, para além da aprendizagem de lógica de programação *ladder*, interessante para ser aplicada nos treinamentos de comunicação entre CLPs.

3.2 A estrutura

O modelamento 3D do projeto foi realizado utilizando o CATIA V5, um *software* de modelagem que permite encontrar interferências no produto e analisar de forma dinâmica a distribuição dos componentes.

Em seguida, para auxiliar na construção do projeto, foi feito um modelamento 2D em AutoCAD; esse projeto foi atualizado de acordo com as modificações realizadas na estrutura e serve de base para melhorias futuras em outros projetos, juntamente com o diagrama elétrico desenvolvido no mesmo *software*.

Para realizar a construção do protótipo, foi escolhido o MDF, que é um material com bom custo-benefício e fácil de moldar para o trabalho em questão.

3.3 Componentes elétricos e eletrônicos

Com o propósito de confeccionar um projeto de baixo custo, sem afetar a qualidade, foram definidos alguns elementos de valor mais acessível como LEDs 24V, chaves retentivas, buzinas, sensores indutivos e botões pulsantes. Todos os elementos que compõem a construção do módulo são representativos e não têm a mesma robustez ou qualidade dos componentes industriais.

De acordo com Braga de 2005, os ambientes ruidosos oferecem desafios aos que projetam sistemas de transmissão de dados usando soluções convencionais. Diferentemente dos ambientes domésticos e comerciais, o projetista tem de pensar em níveis de agressividade muito mais elevados, capazes de comprometer um *link*, mesmo que de pequena extensão (BRAGA, 2005).

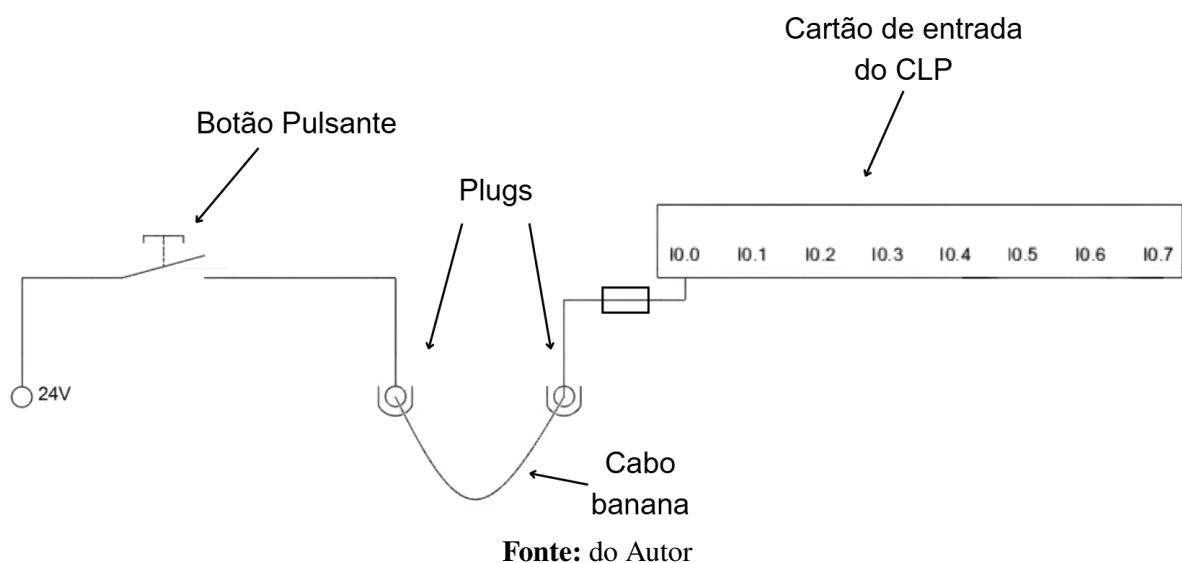
Por esse motivo, o valor dos componentes industriais é alto, visto sua construção. Como o projeto não estará exposto a esse tipo de ambiente, podem ser usados componentes de baixo custo. Com isso, o valor da manutenção do equipamento também é reduzido, tornando a utilização do material de forma didática mais flexível.

3.4 Diagrama elétrico

A elaboração do diagrama elétrico foi feita utilizando o *software* AutoCAD, devido à sua capacidade de detalhamento técnico de circuitos. Para a interface entre as entradas e saídas do CLP e os elementos do módulo, foram implementados bornes-fusível conectados a *plugs* banana de 4 mm, o que conferiu segurança e modularidade às conexões. Essa arquitetura permitiu que as ligações dos sensores e atuadores fossem realizadas manualmente pelo usuário, através de cabos com *plugs* banana, facilitando a reconfiguração e experimentação do sistema proposto.

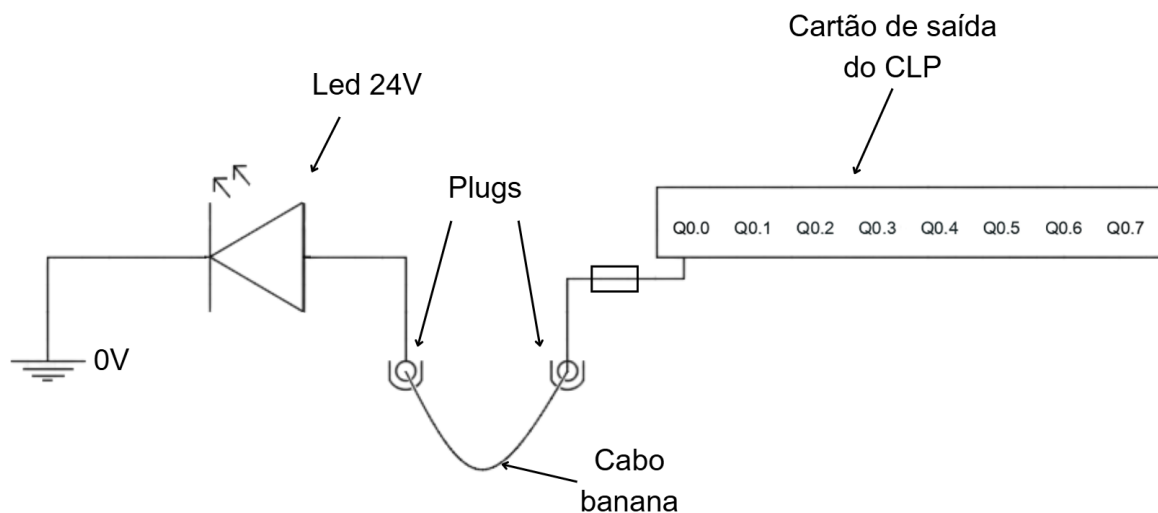
Para os circuitos de entrada, foi projetado um barramento de 24V, derivado da fonte, responsável por distribuir a alimentação aos componentes (sensores e botões). Cada fio de sinal, proveniente dos dispositivos de entrada, foi conectado a um borne-fusível específico para *plug* banana, enviando o sinal ao CLP quando o usuário utilizar o cabo para realizar a conexão, como no diagrama apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Diagrama ilustrativo da ligação entre o *plug* para conexão do cabo banana e os componentes de entrada para o CLP.



Já para os circuitos de saída, os componentes atuadores foram conectados a um barramento de 0V. Analogamente às entradas, o fio de sinal de cada saída foi ligado aos bornes-fusíveis, que estavam associados aos cartões de I/O do CLP. Essa configuração garantiu que, ao serem acionadas pela lógica de controle do CLP, as saídas do cartão de I/O enviassem um sinal com tensão de 24V, completando o circuito por meio da diferença de potencial, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama ilustrativo da ligação entre o *plug* para conexão do cabo banana e os atuadores presentes no módulo.



Fonte: do Autor

3.5 Construção do protótipo

A construção do protótipo foi realizada após a sua modelagem no *software* CATIA V5, seguindo as especificações do desenho técnico e utilizando os materiais previamente definidos para a estrutura, bem como para os componentes elétricos e eletrônicos.

A estrutura do protótipo, confeccionada em MDF, teve seus cortes executados por um marceneiro, que se baseou nos desenhos e cotas fornecidos. Após essa etapa inicial, os furos e ajustes finos na estrutura foram feitos manualmente para acomodar os componentes. Esse processo envolveu a utilização de diversas ferramentas, conforme detalhado na Tabela 2 abaixo. Os furos específicos incluíram a utilização de serra-copo de 19 mm para os botões pulsantes, brocas de 4 mm para os *plugs*, broca de 12 mm para os buzzers e serra-copo de 16 mm para os sensores M16, além de aberturas para a passagem interna de cabos.

A montagem final da estrutura e a integração dos componentes seguiram o desenho desenvolvido no CATIA. Contudo, o posicionamento de alguns componentes e o encaixe deles

na estrutura sofreram modificações durante o processo de construção, conforme detalhado no Capítulo 4.

Tabela 2 – Ferramentas Utilizadas na Construção do Protótipo

Categoria	Ferramentas / Especificação
Corte e Perfuração	Furadeira; Serra copo (19 mm para botões pulsantes; 16 mm para sensores M16); Brocas (4 mm para <i>plugs</i> ; 12 mm para o buzzer); Ferramentas para aberturas de passagem interna de cabos.
Montagem e Fixação	Parafusadeira; Chave Phillips; Chave de fenda; Chave de borne.
Eletrônica e Fiação	Ferro de solda; Estanho; Decapador de fios; Alicates de corte; Alicates universal; Alicates de bico.
Acabamento	Papel adesivo.
Segurança Individual	Luvas; Óculos de proteção.
Limpeza	Esponja (para limpeza do ferro de solda).

3.6 Testes e validação

Após a conclusão de todas as etapas de construção do módulo didático, iniciou-se a fase de testes e validação. Esse processo envolveu a utilização de um multímetro para medições de tensão e continuidade, bem como o *software* TIA Portal 15.1 para validação da lógica de programação e o acionamento dos sinais de entrada e saída (I/Os).

As medições com o multímetro tiveram como objetivo principal garantir a integridade elétrica do sistema. Primeiramente, verificou-se a continuidade de todos os cabos do módulo, ponto a ponto. Em seguida, após a energização da estrutura, realizou-se a medição das tensões de alimentação em cada um dos componentes. Esse procedimento foi crucial para assegurar que todas as conexões haviam sido realizadas corretamente e que nenhum dispositivo seria comprometido por condições inadequadas de tensão ou corrente.

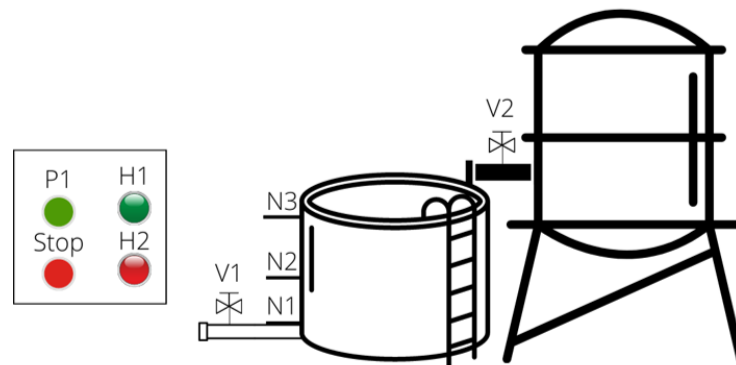
Para o teste de acionamento das entradas e saídas, utilizou-se o *software* TIA Portal. Nele, criou-se um projeto específico para o CLP S7-300 empregado na montagem do módulo. Após a conexão dos cabos, os sinais de saída foram forçados via *software*, enquanto os sinais de entrada foram monitorados diretamente pela lista de I/Os no TIA Portal.

Posteriormente, foi elaborada uma lógica de teste baseada no diagrama da Figura 11, cuja descrição encontra-se no Anexo H. Essa lógica destinava-se à validação do funcionamento da estrutura e à sua posterior inclusão no material de apoio, que foi desenvolvido para os usuários internos e o público externo que utilizarão o módulo.

3.7 Material de apoio didático

Por fim, após a montagem e os testes da estrutura, foi desenvolvido um material de apoio abrangente, destinado aos usuários do módulo didático. Este material consistiu em uma apostila,

Figura 11 – Diagrama da atividade utilizada para o teste dos acionamentos através da lógica desenvolvida no TIA Portal 15.1.



Fonte: do Autor

que abordou desde conceitos fundamentais de programação de CLPs – como *bit*, *byte* e *word* – até os tipos de linguagens de programação e as principais ferramentas empregadas na linguagem Ladder.

Com foco específico na linguagem Ladder, a apostila forneceu orientações sobre o uso de recursos do *software* TIA Portal e propôs atividades práticas. Essas atividades visaram facilitar a compreensão dos conteúdos e permitir a validação das lógicas desenvolvidas diretamente no módulo.

Para a fixação dos conceitos, um conjunto de exercícios foi elaborado ao final do material, de forma didática e interativa. Esses exercícios utilizaram os componentes do módulo e os projetos de IHM previamente desenvolvidos. As atividades apresentaram uma complexidade gradual, iniciando com lógicas mais simples, como um contador de peças, e evoluindo progressivamente até o desenvolvimento da lógica de um reservatório de combustível, que incluiu a programação de válvulas, lâmpadas e botões.

Todo o material desenvolvido foi empregado na aplicação dos treinamentos da empresa, tanto para o público externo quanto para os funcionários internos, validando sua aplicabilidade prática e didática, os materiais disponíveis para compartilhamento estão presentes nos Anexos.

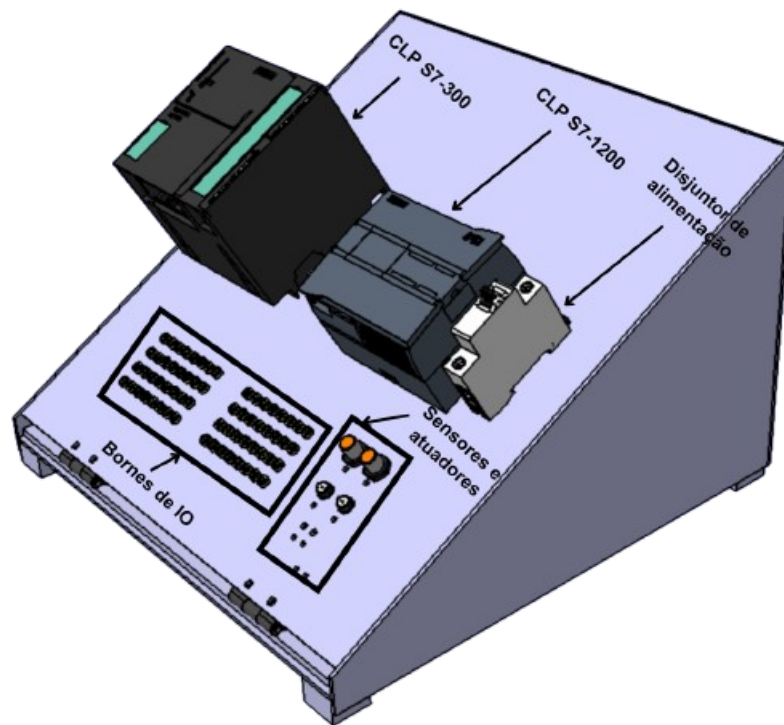
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados das etapas do projeto, construção e validação da módulo didático com base nos trabalhos descritos no Capítulo 3.

4.1 Projeto estrutural

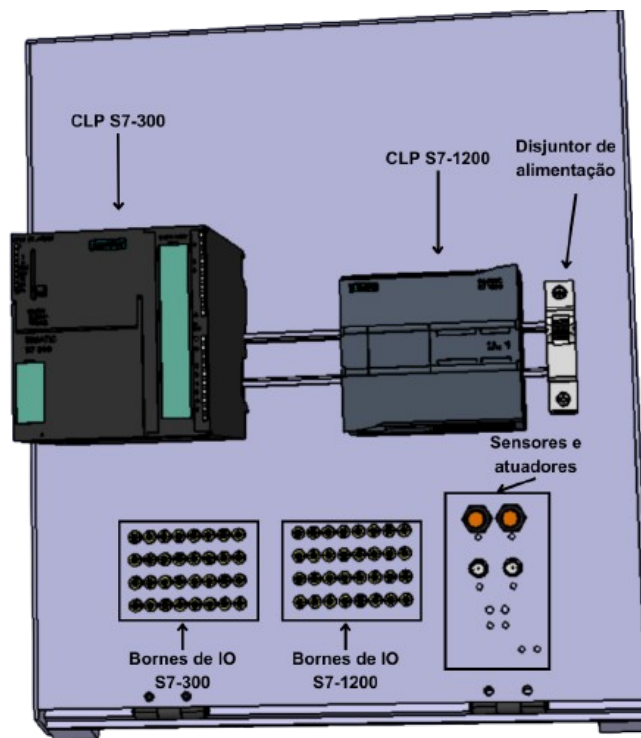
O projeto estrutural inicial elaborado através do CATIA V5 pode ser visto na Figura 12. Esse projeto sofreu alterações. As alterações foram feitas no posicionamento dos componentes devido à falta do CLP S7-1200. O tamanho da estrutura e o posicionamento dos componentes elétricos da Figura 14 foram mantidos.

Figura 12 – Visualização isométrica do trabalho para visão geral da distribuição dos componentes e estrutura.



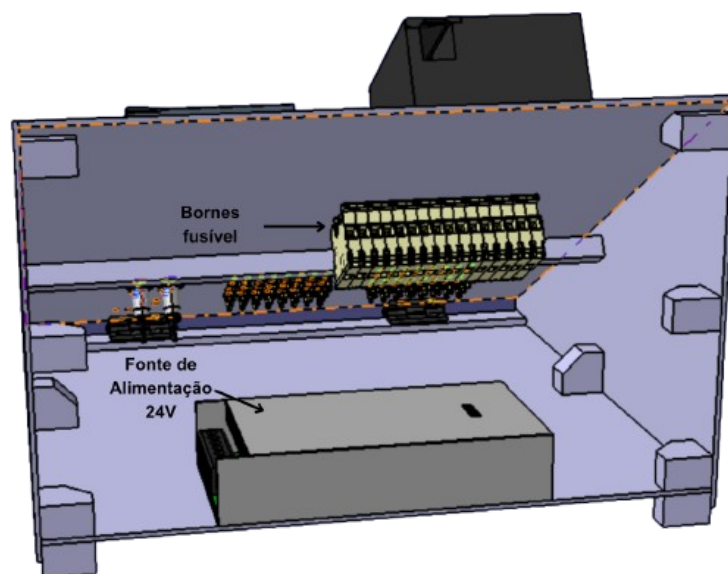
Fonte: do Autor

Figura 13 – Primeiro modelo da estrutura do trabalho com o posicionamento dos CLPs e a disposição dos componentes e bornes destinados aos IOs - Vista Frontal.



Fonte: do Autor

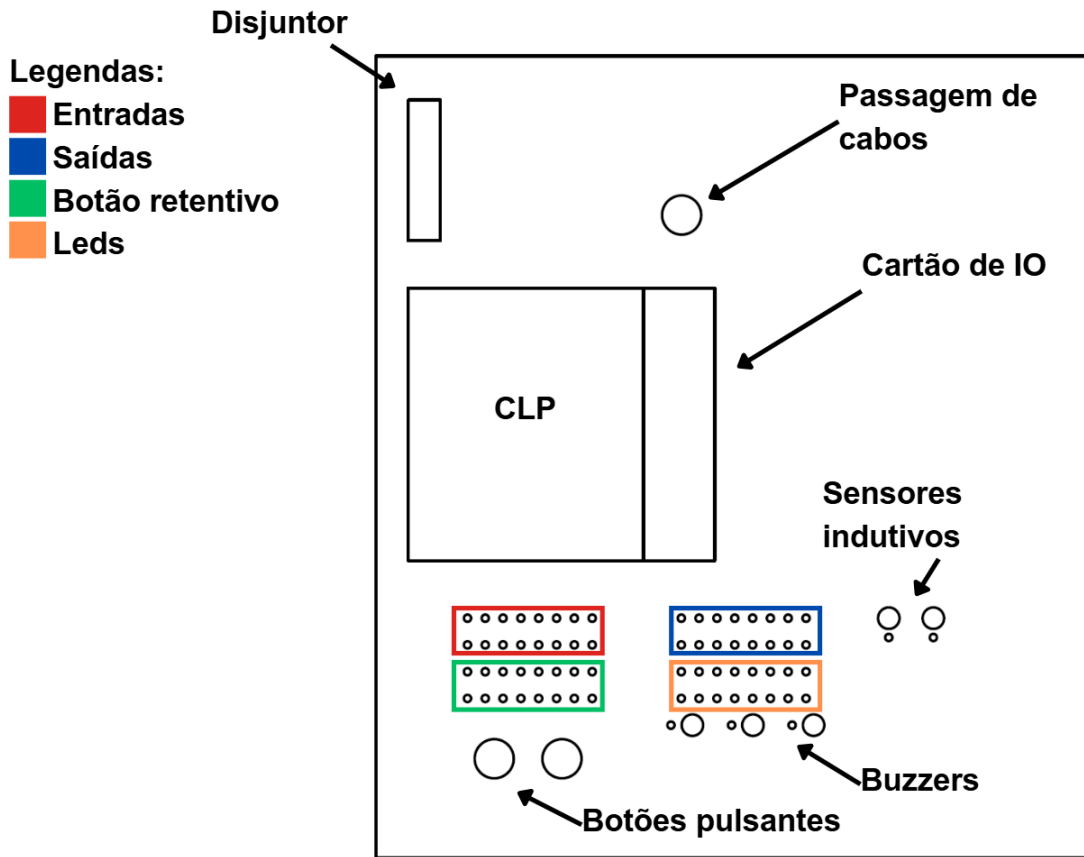
Figura 14 – Disposição dos elementos internos do módulo didático permitindo a visualização da montagem dos componentes utilizados.



Fonte: do Autor

A atualização da estrutura feita foi apenas no posicionamento dos componentes frontais e ficou conforme o desenho 2D da Figura 15 .

Figura 15 – Disposição dos componentes em 2D.



Fonte: do Autor

4.2 Componentes elétricos e eletrônicos

Os componentes selecionados para a montagem do módulo didático, apresentados na tabela 3, corresponderam ao objetivo de maximização da relação custo-benefício e foram adequados ao funcionamento do CLP S7-300.

Tabela 3 – Orçamento do módulo.

Quantidade	Unidade	Componentes	Preço Un.	Total
1	m	CLP S7-1200	R\$ 2200,00	R\$ 2200,00
1	un.	CLP S7-300	R\$ 1800,00	R\$ 1800,00
18	un.	Borne fusível	R\$ 6,57	R\$ 118,26
16	un.	Cabo com conector banana vermelho 4mm	R\$ 13,56	R\$ 216,96
16	un.	Cabo com conector banana preto 4mm	R\$ 13,56	R\$ 216,96
3	un.	Sensor indutivo M16	R\$ 28,40	R\$ 85,20
2	un.	Push button	R\$ 28,00	R\$ 56,00
11	un.	Led olho de boi	R\$ 4,76	R\$ 52,36
1	un.	Estrutura MDF	R\$ 50,00	R\$ 50,00
10	m	Fio preto, vermelho e azul	R\$ 4,50	R\$ 45,00
16	un.	Plug amarelo 4mm	R\$ 2,67	R\$ 42,72
11	un.	Plug verde 4mm	R\$ 2,67	R\$ 42,72
10	un.	Plug branco 4mm	R\$ 2,67	R\$ 42,72
1	un.	Fonte de alimentação 24V	R\$ 39,23	R\$ 39,23
8	un.	Botão retentivo	R\$ 2,90	R\$ 23,20
1	un.	Fita isolante 3m	R\$ 20,00	R\$ 20,00
6	un.	Borne	R\$ 1,96	R\$ 15,68
3	un.	Buzzer	R\$ 2,70	R\$ 8,10
32	un.	Fusível	R\$ 0,25	R\$ 8,00
1	m	Papel adesivo	R\$ 6,70	R\$ 6,70
				R\$ 5089,81

4.3 Construção do protótipo

Os componentes ficaram dispostos na maleta conforme a Figura 16. A montagem dos mesmos ficou fora de centro devido à furação manual realizada no material de MDF, mesmo com o auxílio de um gabarito. Para ter um acabamento melhor, recomenda-se a utilização de um serviço de corte a laser, seguindo o diagrama disponibilizado apresentado na Figura 15.

Figura 16 – Protótipo do módulo didático montado.

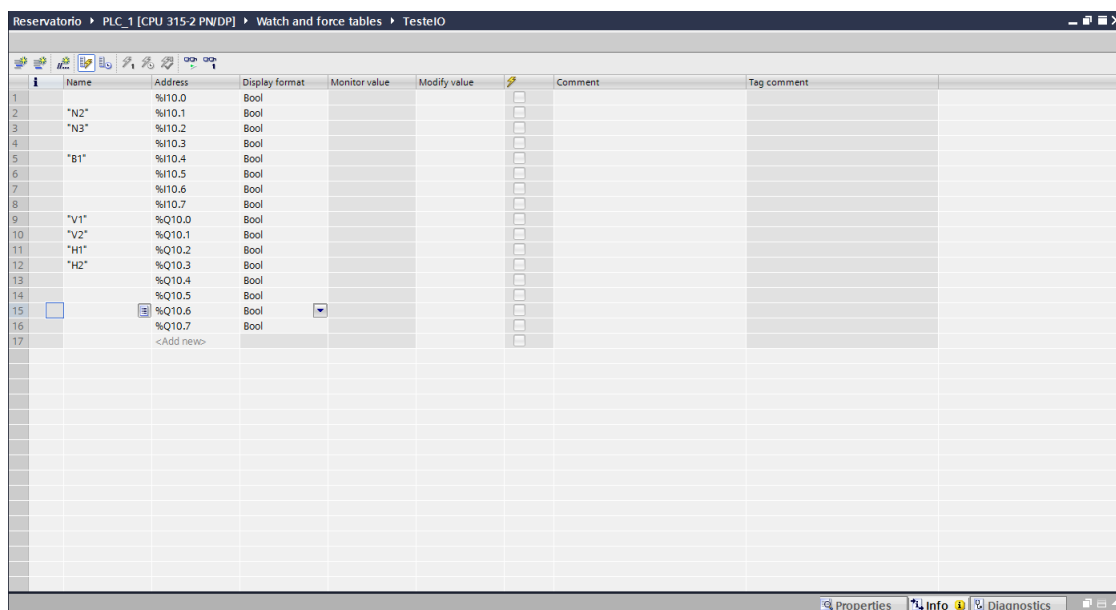


Fonte: do Autor

4.4 Teste e validação

Os testes de continuidade e de acionamento das entradas e saídas do CLP não apresentaram falhas. Foram testados *bit a bit* das entradas e saídas do CLP através da tabela de monitoramento de IOs, conforme a Figura 17.

Figura 17 – Tabela de IO para teste do CLP.



	Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value	Comment	Tag comment
1		%I0.0	Bool				
2	"N2"	%I0.1	Bool				
3	"N3"	%I0.2	Bool				
4		%I0.3	Bool				
5	"B1"	%I0.4	Bool				
6		%I0.5	Bool				
7		%I0.6	Bool				
8		%I0.7	Bool				
9	"V1"	%Q10.0	Bool				
10	"V2"	%Q10.1	Bool				
11	"H1"	%Q10.2	Bool				
12	"H2"	%Q10.3	Bool				
13		%Q10.4	Bool				
14		%Q10.5	Bool				
15		%Q10.6	Bool				
16		%Q10.7	Bool				
17		<Add new>					

Fonte: do Autor



4.5 Material de apoio

No material de apoio elaborado, foram incorporados tópicos adicionais que introduzem conceitos de automação, complementando os capítulos referentes às linguagens de programação e às atividades práticas destinadas ao uso do módulo didático. O objetivo primordial dessa apostila é fornecer conceitos-base essenciais para as atividades de programação de CLPs, bem como instigar o aluno à pesquisa e ao aprofundamento no tema.

A apostila está organizada em seis módulos de trabalho, apresentados sequencialmente. O Capítulo 1, intitulado "Introdução à Automação Industrial", visa a proporcionar uma compreensão inicial do campo da automação, atuando como um elemento motivador para os alunos e esclarecendo dúvidas pertinentes ao mercado de trabalho. Em seguida, o Capítulo 2, "Componentes básicos da automação", aborda os diversos componentes empregados na indústria, estabelecendo uma associação direta com os dispositivos disponíveis no módulo de treinamento, facilitando a identificação e o uso prático. No Capítulo 3, "Como funciona um sistema de automação", é apresentada uma visão geral sobre o funcionamento dos sistemas de automação, explicando a interação entre Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), sensores, atuadores e Interfaces Homem-Máquina (IHMs).

A partir do Capítulo 4, "Programação Básica de PLCs", a apostila inicia a prática e a compreensão da programação básica de CLPs, abordando conceitos como *bit*, *byte* e *word*, tipos de variáveis e linguagens de programação, uma introdução ao *software* e, por fim, a compreensão dos blocos de programação específicos para CLPs Siemens. No Capítulo 5, "Colocando em prática", todos os conhecimentos adquiridos e praticados individualmente no capítulo anterior são aplicados por meio de atividades. Para isso, foram desenvolvidas atividades com complexidade crescente em termos de componentes e lógica, permitindo que o aluno consolide e aplique integralmente seus conhecimentos. Finalmente, o Capítulo 6, "Tendências e o Futuro da Automação", trata sobre as tendências futuras da automação e os conceitos da Indústria 4.0, proporcionando uma visão atualizada e prospectiva da área.

Figura 18 – Índice da apostila - Capítulos 1 à 5.

 TREINAMENTO TIA Portal – Programação Básica		 TREINAMENTO TIA Portal – Programação Básica	
Sumário			
1.	Introdução à Automação Industrial		10
1.1	O que é Automação?		10
1.2	Onde vemos automação?		11
1.3	Benefícios da Automação na Indústria		12
2.	Componentes básicos da automação		14
2.1	Sensores: O que são e como funcionam		15
2.2	Atuadores: Como eles fazem as coisas acontecerem?		16
2.3	Controladores: o cérebro da automação (introdução aos PLCs)		17
3.	Como Funciona um Sistema de Automação		18
3.1	Fluxo de Trabalho em um Sistema Automatizado		18
3.2	Exemplo Prático: Uma Linha de Produção Simples		19
3.3	Demonstração de um Sistema Automatizado em Funcionamento		20
4.	Programação Básica de PLCs		22
4.1	O que é um PLC e para que serve?		22
4.2	Conceitos básicos para programar		24
4.2.1	Bit		24
4.2.2	Byte		24
4.2.3	Word e DWord		26
4.3	Tipos de variáveis		27
4.4	Linguagens de programação		28
4.4.1	Diagrama de blocos (FBD)		29
4.4.2	Lista de instruções (STL)		30
4.4.3	Texto estruturado (SCL)		31
4.4.4	Grafset (SFC)		32
4.5	Ladder		33
4.5.1	Entradas (ou contatos)		34
4.5.2	Saídas (ou bobinas)		34
4.5.3	Blocos funcionais		36
4.5.3.1	Temporizadores		36
4.5.3.2	Contadores		37
4.6	O software		39
4.6.1	Conhecendo a Interface		40
4.6.2	Criando um novo projeto		41
4.6.3	Inserindo o hardware		43
4.6.4	Configurando IP da CPU		45
4.6.5	Configurando os I/O's		46
4.7	Os blocos de programação		47
4.7.1	A estrutura de um programa		47
4.7.2	OB (Organization Block)		48
4.7.3	FB(Function Block)		50
4.7.4	FC(Function)		51
4.8.1	DB(Data Block)		52
5.	Colocando em prática		53
5.1	O projeto		53
5.2	Entrada e saída		53
5.3	Adicionando blocos e programando		55
5.4	Usando FC		55
5.5	Usando o FB		62
5.6	Como fazer o download para o device		65

Fonte: do Autor

Figura 19 – Índice da apostila - Capítulos 5 e 6.

V&P AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL		TREINAMENTO	V&P AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	
		TIA Portal – Programação Básica		
5.7	Monitorando o programa			69
5.8	Testes de sinais			69
6.	Tendências e o futuro da automação			70
6.1	O que é indústria 4.0?			70
6.2	Como a tecnologia está mudando a automação			70
6.3	Exemplos de inovações em automação			71

Fonte: do Autor

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho descreveu o projeto, a construção e a validação de um módulo didático destinado ao treinamento e capacitação de profissionais na área de automação industrial e programação de CLPs. O objetivo geral foi projetar, construir e validar um protótipo desse módulo para ser utilizado na capacitação profissional em automação.

Para atender aos objetivos específicos, iniciou-se com o projeto da estrutura do módulo didático. O modelamento gráfico foi desenvolvido no *software* CATIA V5, realizando também um modelamento 2D no AutoCAD para auxiliar na construção e servir de base para futuras melhorias.

O material escolhido para a estrutura foi o MDF, devido à sua facilidade de manuseio e baixo custo, características que viabilizaram a construção rápida. No entanto, sua durabilidade limitada aponta para a necessidade de materiais mais resistentes e isolantes elétricos, como PVC ou acrílico, que, apesar do maior investimento, oferecem melhor resistência à água e umidade.

A estrutura do módulo didático foi projetada para facilitar o deslocamento e permitir a visualização e manipulação dos componentes de entrada e saída, com bornes divididos em dois conjuntos para otimizar a montagem. Além disso, a nova disposição dos componentes, decorrente da impossibilidade de montar o CLP S7-1200, eliminou a necessidade de um módulo de expansão de entradas e saídas, permitindo que todas as tarefas de programação fossem realizadas no próprio módulo.

Em seguida, foi desenvolvido o diagrama elétrico, elaborado no *software* AutoCAD. Este diagrama representou as conexões elétricas internas do módulo e foi projetado para permitir que o usuário conectasse os componentes aos endereços de entrada ou saída do CLP por meio de cabos com *plugs* banana. Verificou-se que o módulo apresenta um grau de segurança e facilidade de compreensão do sistema, além de permitir a troca de componentes futuramente, de forma prática e rápida.

Posteriormente, a construção do protótipo do módulo didático foi realizada seguindo as especificações do desenho técnico e utilizando os materiais definidos. Os cortes do MDF foram executados por um marceneiro, e os furos e ajustes finos foram feitos manualmente, processo que envolveu diversas ferramentas. A montagem final da estrutura e a integração dos componentes seguiram o desenho do CATIA, embora o posicionamento de alguns componentes tenha sofrido modificações, resultando em um acabamento com a furação fora de centro devido ao processo manual. Recomenda-se a utilização de serviço de corte a laser para um acabamento melhor.

Após a construção, foram realizados testes no módulo didático para avaliar robustez, aplicabilidade e usabilidade. A fase de testes e validação incluiu o uso de um multímetro para medições de tensão e continuidade, e o *software* TIA Portal 15.1 para validação da lógica de programação e acionamento dos sinais de entrada e saída. As medições com o multímetro garantiram a integridade elétrica e a correta conexão dos cabos e componentes. Os testes de

continuidade e acionamento de I/O não apresentaram falhas, sendo testados *bit a bit* por meio da tabela de monitoramento de I/Os no TIA Portal. Uma lógica de teste foi elaborada e utilizada para validação do funcionamento da estrutura.

Por fim, foi desenvolvido um material de apoio com sugestão de treinamento. Este material, uma apostila, abordou desde conceitos fundamentais de CLPs até os tipos de linguagens de programação e ferramentas da linguagem Ladder. A apostila está organizada em seis módulos, oferecendo conceitos-base essenciais e atividades práticas com complexidade gradual, visando à compreensão, à fixação dos conceitos e à validação das lógicas desenvolvidas. Todo o material desenvolvido foi empregado nos treinamentos da VP Automação LTDA, tanto para o público externo quanto para os funcionários internos, validando sua aplicabilidade prática e didática.

Conclui-se que a estrutura projetada atendeu aos objetivos predeterminados, cumprindo sua função na aplicação de um treinamento prático para o ensino de programação em CLPs. A construção desse protótipo facilita os processos de contratação na VP Automação LTDA, oferece oportunidades para novos profissionais desenvolverem habilidades inerentes à função e permite o ensino do modo como a instituição trabalha. A aplicação de treinamentos é uma solução eficaz para capacitar talentos e construir uma equipe de colaboradores aptos a solucionar desafios, tornando o aprendizado mais dinâmico e o conhecimento prático mais consolidado, o que favorece a sincronia e união da equipe.

A vivência proporcionada pelo módulo didático, ao colocar os usuários em contato com equipamentos industriais, permite uma absorção mais profunda e qualificada do conhecimento, preparando-os para os desafios reais da programação de CLPs.

Para aprimoramento e expansão do projeto, sugerem-se diversas frentes de trabalho futuro. A adição de um CLP S7-1200 é um passo fundamental, pois permitirá aos usuários aplicar conhecimentos de redes e comunicação entre diferentes modelos de CLPs Siemens, além do uso de uma Interface Homem-Máquina (IHM) ou simulador do próprio TIA Portal para a aplicação das atividades desenvolvidas.

Outro ponto relevante para aprimoramento da apostila é a inclusão de atividades que envolvam práticas de desenvolvimento de IHMs. Essa adição é crucial, pois, além do raciocínio na programação de lógicas, o usuário poderá integrar sistemas, aprofundando ainda mais seu conhecimento na área de automação.

Adicionalmente, prevê-se a criação de pequenas plantas didáticas que possam ser integradas ao sistema, como esteiras, silos, estufas ou simulações de processos de plantação. O desenvolvimento dessas aplicações visa a oferecer aos alunos uma vasta gama de cenários industriais nos quais o CLP pode ser aplicado, enriquecendo a experiência prática e consolidando o aprendizado sobre a versatilidade desse equipamento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. A. de; CARVALHO, M. J. de; TOMIOKA, J.; CASSIANO, D. A. Elaboração de bancadas didáticas para automação industrial baseadas em clps e freios de foucault. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 35, n. 2, 2017. Citado na página 15.
- ANTUNES, C. E.; BOGO, D. L. Oficina de introdução a controladores lógicos programáveis (CLP) – teoria básica, noções de programação e operação. **Anais da Mostra de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cidadania (MEPEC)**, p. 113, 2018. Citado na página 9.
- BAYER, F. M.; ECKHARDT, M.; MACHADO, R. Automação de sistemas. **Santa Maria-RS: Rede E-tec Brasil**, 2011. Citado na página 9.
- BERNUY, M. A. C. B. C. Uma experiência de educação continuada em automaco industrial – bancada didática com clp. **Universidade do Norte do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.**, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- BRAGA, N. C. Conectividade em ambientes hostis. 2005. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/9289-conectividade-em-ambientes-hostis-art1147>>. Citado na página 23.
- BUDIN, D. D.; LOPES, A. M. Z. A indústria 4.0 e os desafios para a capacitação profissional. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v. 7, n. 02, p. 88–97, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- COLLABO. A indústria 4.0 e a revolução digital. p. 16, 2016. Disponível em: <<https://alvarovelho.net/attachments/article/114/ebook-a-industria-4.0-e-a-revolucao-digital.pdf>>. Citado na página 9.
- DIAS, M. Capacitação profissional: o que é e qual é a sua importância. 2022. Disponível em: <<https://www.gupy.io/blog/capacitacao-profissional#:~:text=Capacita%C3%A7%C3%A3o%20profissional%20%C3%A9%20o%20conjunto,a%20desenvolverem%20suas%20habilidades%20profissionais.>> Citado na página 10.
- GOEKING, W. Da máquina a vapor aos softwares de automação. **Portal O setor elétrico, Santa Cecília, SP**, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- JÚNIOR, H. G. d. C. **Desenvolvimento do controle e supervisão de uma planta didática de controle de nível via CLP**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Citado na página 14.
- LAMB, F. **Automação industrial na prática-série Tekne**. [S.l.]: AMGH Editora, 2015. Citado na página 9.
- LIMA, D. N. d. Desenvolvimento de ensaio em bancada didática a partir do uso do clp para o laboratório de eletricidade aplicada da fga-unb. 2016. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 19.
- MAIA, J. d. S. *et al.* Ferramenta para aprendizagem de automação e controle discreto: controlador lógico programável (plc) na modalidade e-learning. Florianópolis, SC, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 12.
- ROCHA, G. d. S. *et al.* Desenvolvimento de uma bancada didática, esteira transportadora, contadora e seletora de peças. Insitituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 16.

SIEMENS. Módulos que proporcionam economia de espaço e expandem sistemas. 2022. Disponível em: <<https://new.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/controladores/simatic-s7-300.html>>. Citado na página 21.

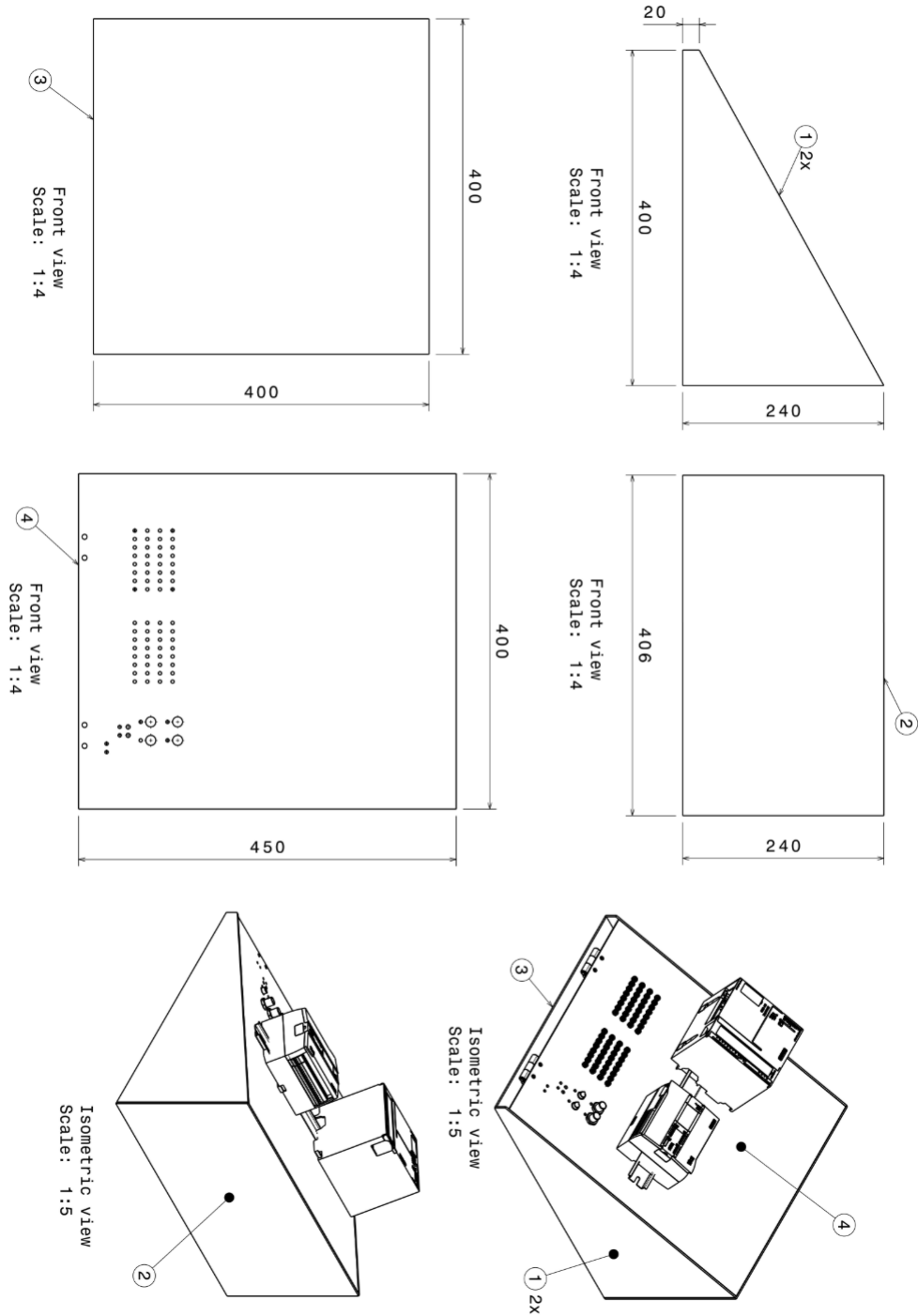
SIEMENS. SIMATIC S7-1200 - Pode ser adaptado de forma flexível as suas necessidades. 2022. Disponível em: <<https://new.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/controladores/s7-1200.html>>. Citado na página 21.

SOUZA, S. Pereira de. Construção de um módulo didático para treinamento em automaco industrial. **INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS – CAMPUS BETIM**, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

ZORZAN, F. B.; DARONCH, J.; MOLIN, A. Desenvolvimento de uma bancada didática de hidráulica. **Fórum Latino Americano De Engenharia. Foz do Iguaçu: UNILA**, 2013. Citado na página 10.

ANEXO A – DESENHO 2D DO MÓDULO DIDÁTICO

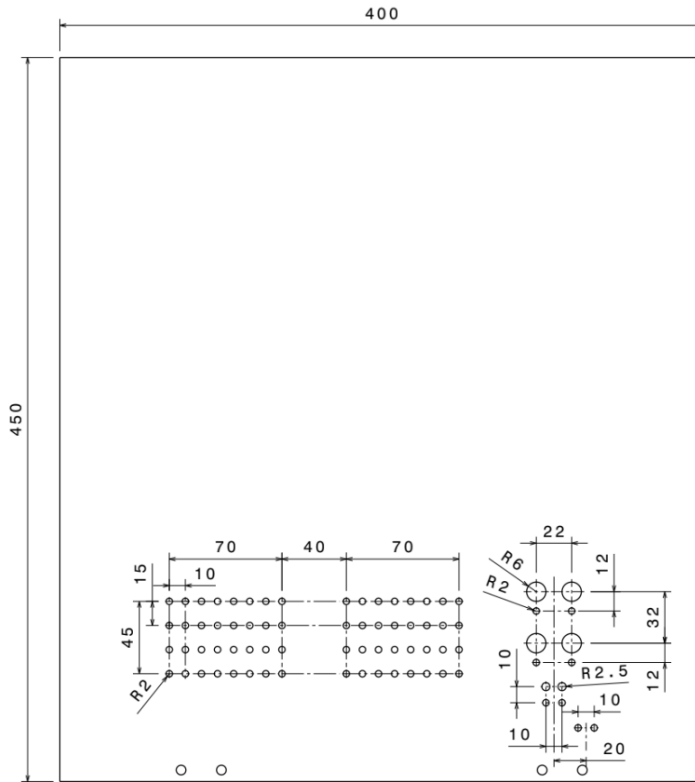
Figura 20 – Cotas da estrutura da maleta



Fonte: do Autor.

ANEXO B – COTAS DAS FURAÇÕES

Figura 21 – Cotas furações - vista frontal.



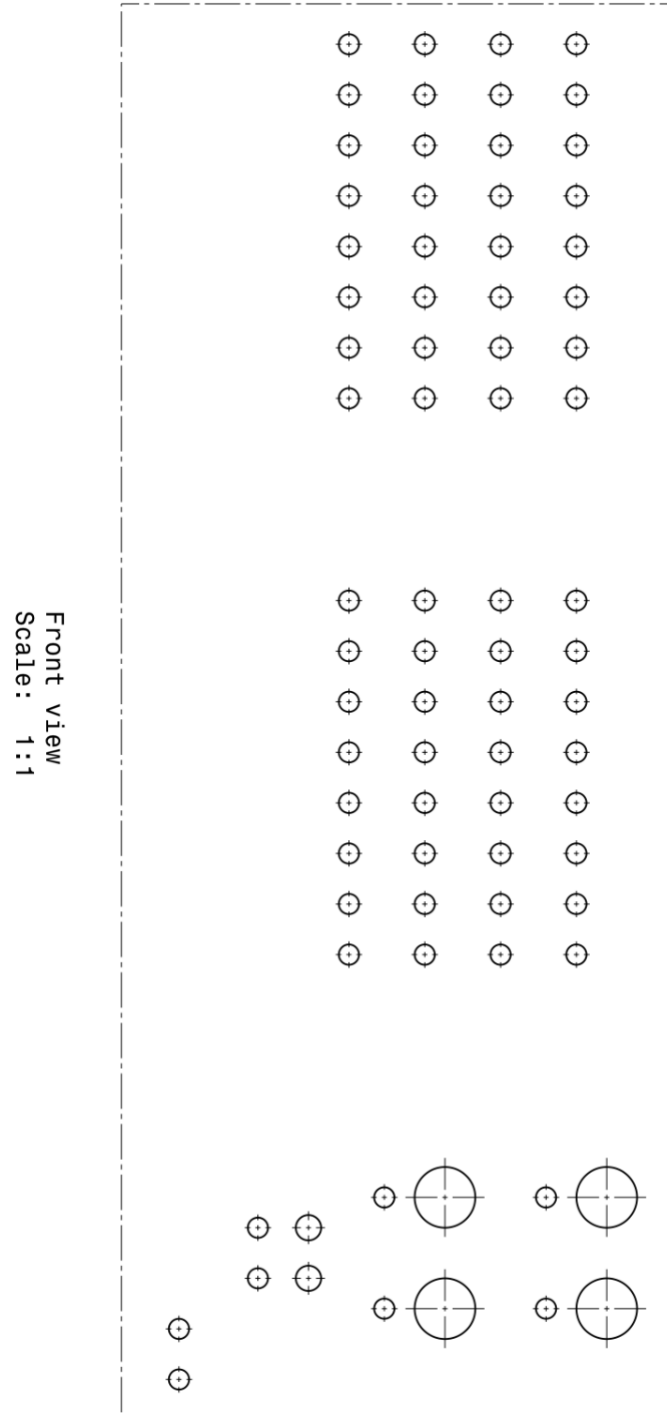
Front view
Scale: 1:2

Isometric view
Scale: 1:4

Fonte: do Autor.

ANEXO C – GABARITO DAS FURAÇÕES

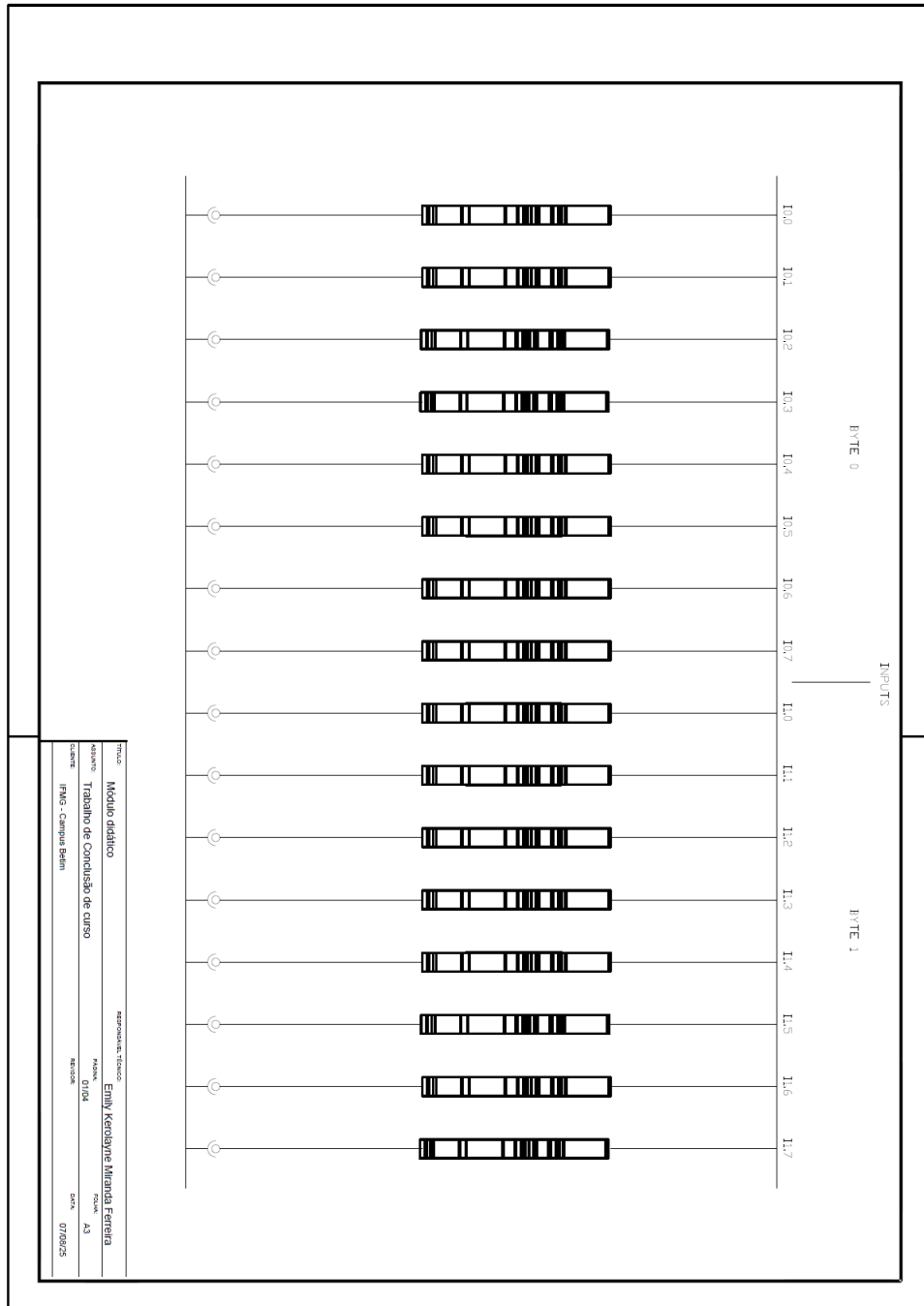
Figura 22 – Gabarito para furação manual.



Fonte: do Autor.

ANEXO D – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 1.

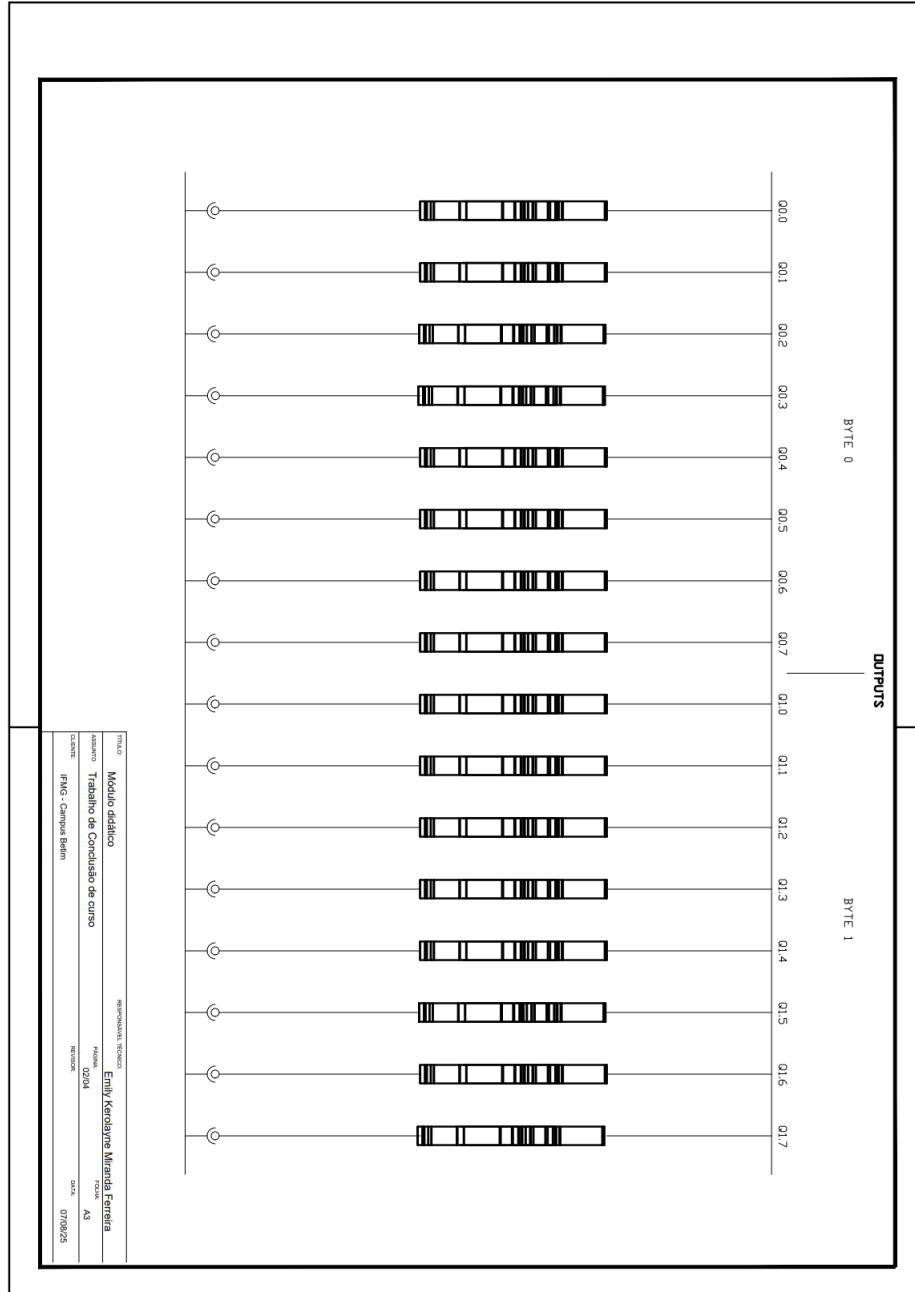
Figura 23 – Bornes-fusíveis das entradas do CLP.



Fonte: do Autor.

ANEXO E – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 2.

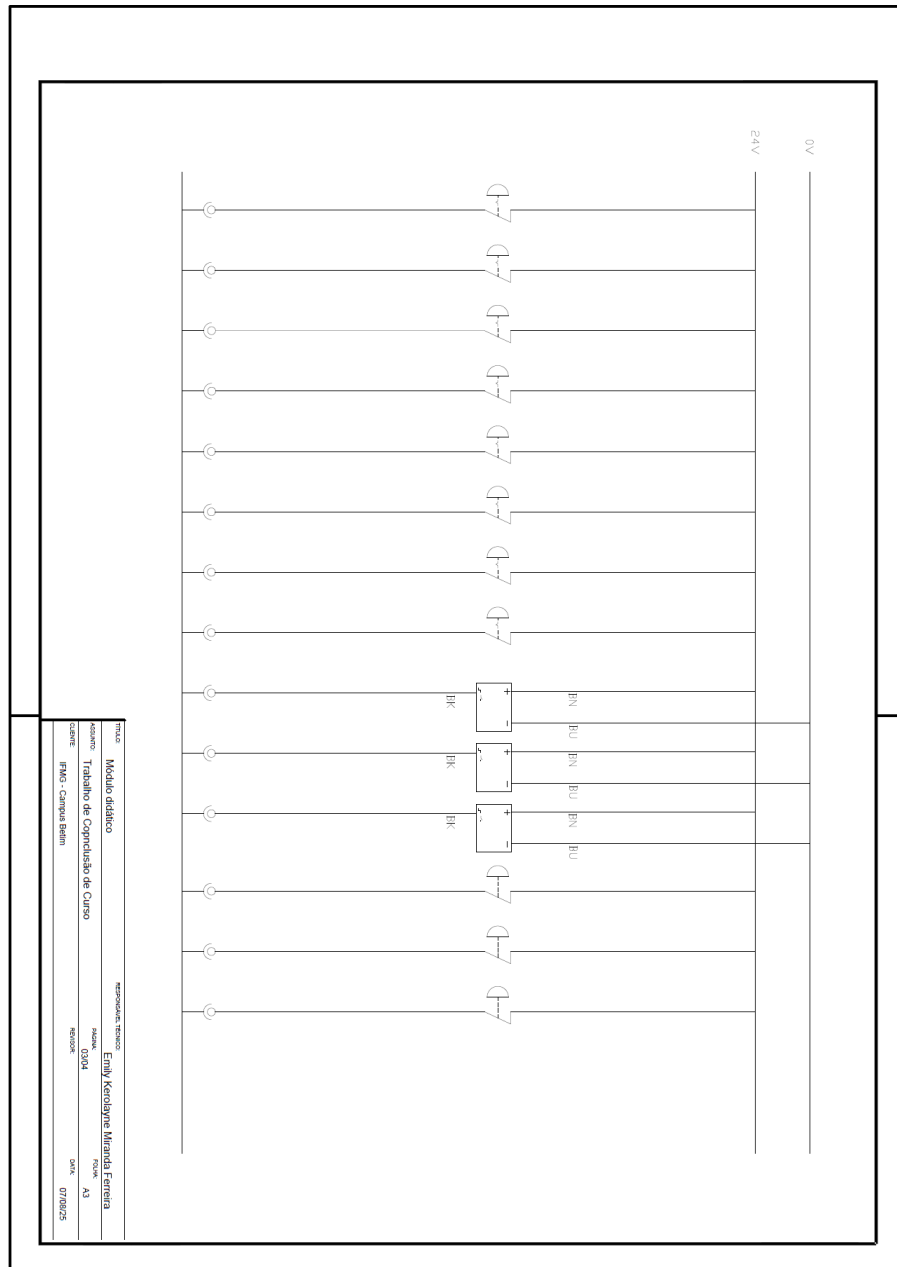
Figura 24 – Bornes-fusíveis das saídas do CLP.



Fonte: do Autor.

ANEXO F – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 3.

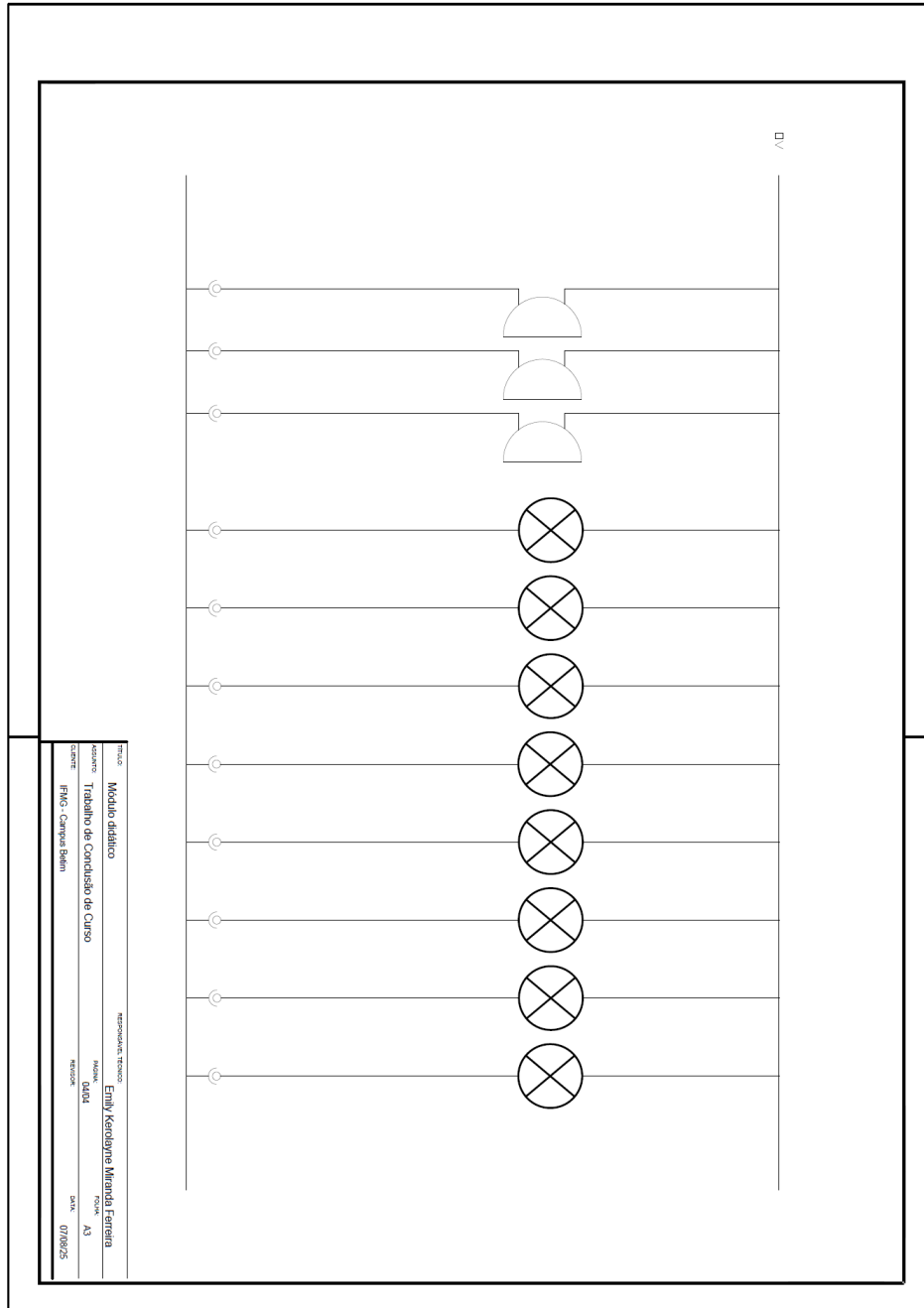
Figura 25 – Componentes de entradas.



Fonte: do Autor.

ANEXO G – DIAGRAMA ELÉTRICO PÁGINA 4.

Figura 26 – Componentes de saída.



Fonte: do Autor.

ANEXO H – ATIVIDADE DE PROGRAMAÇÃO BASE

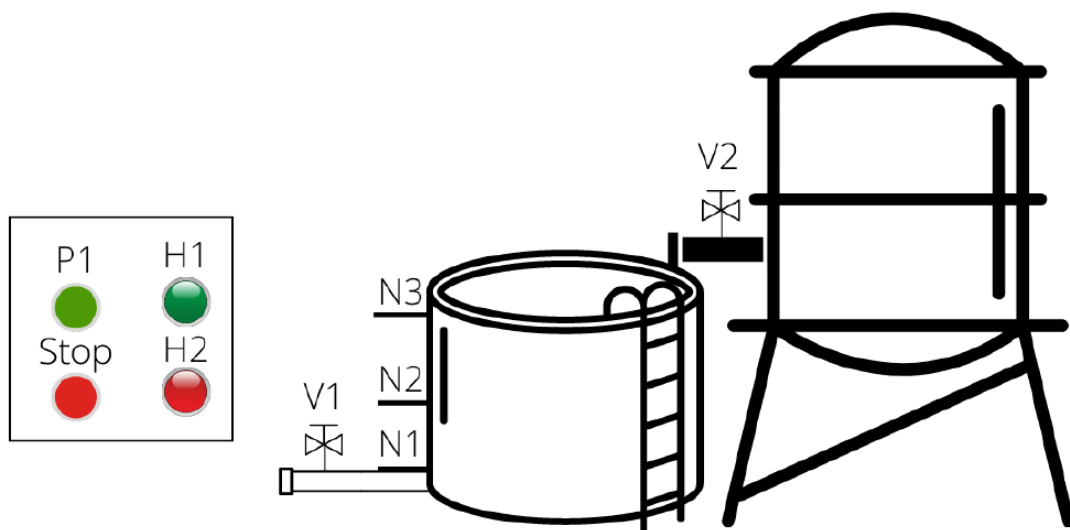
Figura 27 – Atividade utilizada para testes de lógica

Um reservatório de gasolina deve ser controlado por um PLC. Desta forma, desenvolva a lógica para o ciclo de carga e o ciclo de descarga:

Ciclo de Carga: Quando o nível intermediário (N2) do reservatório é atingido, a válvula V2 é aberta e a lâmpada H2 acende indicando que o ciclo para encher o reservatório foi iniciado. Quando o nível máximo (N3) do reservatório for atingido, a válvula V2 fecha e a lâmpada H2 apaga.

Ciclo de Descarga: ao pressionar o pulsante de partida (P1) a válvula V1 abre e a lâmpada H1 acende indicando que o processo para esvaziar o reservatório foi iniciado. Quando o operador pressionar o botão de parada ou o nível mínimo do reservatório for atingido, a válvula V1 fecha e a lâmpada H1 apaga.

Observação: Apenas um ciclo é executado por vez



Fonte: do Autor.

ANEXO I – OUTROS MATERIAIS

No link abaixo encontram-se outros elementos que fizeram parte da construção deste trabalho, como:

- Programa referente à atividade do reservatório apresentada.
- A descrição da atividade do reservatório.
- Datasheet do CLP S7-300.

Para acesso ao Drive com os documentos disponíveis clique aqui ou acesse <https://encurtador.com.br/GnGtG>