

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

THIAGO PONCIANO TELES
LUCAS OLIVEIRA CABRAL

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA PARA O ENSINO DE AUTOMAÇÃO
INDUSTRIAL EM SALA DE AULA.

Jataí - GO
Setembro/2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Thiago Ponciano Teles

Matrícula: 20141020040051

Título do Trabalho: Desenvolvimento de uma bancada para o ensino de automação industrial em sala de aula.

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 31/01/2023.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lucas Oliveira Cabral

Matrícula: 20141020040299

Título do Trabalho: Desenvolvimento de uma bancada para o ensino de automação industrial em sala de aula.

Autorização - Marque uma das opções

1. (☒) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. (☐) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. (☐) Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- (☐) O documento está sujeito a registro de patente.
(☐) O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
(☐) Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 31/01/2023.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

THIAGO PONCIANO TELES

LUCAS OLIVEIRA CABRAL

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA PARA O ENSINO DE AUTOMAÇÃO
INDUSTRIAL EM SALA DE AULA.**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí para obtenção
do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira.

Jataí - GO

Setembro/2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Teles, Thiago Ponciano.

Desenvolvimento de uma bancada para o ensino de automação industrial em sala de aula [manuscrito] / Thiago Ponciano Teles, Lucas Oliveira Cabral. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2022.

51 f.; il.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira.

Bibliografias.

1. Automação industrial. 2. Mesa didática. 3. CLP. 4. Temporizadores. 5. Contadores. 6. Programação. I. Cabral, Lucas Oliveira. II. Pereira, André Luiz Silva. III. IFG, Câmpus Jataí. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina O. Barbosa – CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F0011/2023-1.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

THIAGO PONCIANO TELES
E
LUCAS OLIVEIRA CABRAL

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA PARA O ENSINO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL EM SALA DE AULA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Monografia defendida e aprovada, em 14 de dezembro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Dr. Fernando Silva Pereira
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Ms. Dori Rodrigues de Souza
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernando Silva Pereira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/01/2023 16:00:25.
- **Dori Rodrigues de Souza**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/01/2023 20:30:55.
- **Andre Luiz Silva Pereira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/01/2023 12:55:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 356465

Código de Autenticação: c2c63a07c4



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0843 (ramal: 843)

AGRADECIMENTOS

A esta instituição tão admirável, agradecemos pelo âmbito escolar, tão favorável ao conhecimento, evolução e crescimento, onde tivemos o privilégio, ao decorrer do curso, de trabalhar com professores, educadores e orientadores de grande conhecimento e competência. Sem eles não seria possível concluir todas as etapas e objetivos que nos foram oferecidos. Aos amigos e familiares, um sincero obrigado, por estarem presentes nessa jornada, apoiando e auxiliando em situações de aflição. À Deus devemos nossa gratidão, por estar ao nosso lado, nos dando força, ânimo e convicção em nossa causa, propósito e objetivos.

“A Primeira regra de qualquer tecnologia utilizada nos negócios é que a automação aplicada a uma operação eficiente aumentará a eficiência. A segunda é que a automação aplicada a uma operação ineficiente aumentará a ineficiência” (GATES, B, 1995, p. 176).

RESUMO

Atualmente, a automação tornou-se essencial, trazendo maior qualidade de vida às pessoas e aumentando a produtividade, otimizando tempo e recursos em diversos sistemas. Pode ser aplicado em diversas áreas da indústria, tais como: produção, estoque, recursos humanos, finanças e outras. Neste trabalho, será apresentado uma bancada de ensino simulando um processo de controle automático de um tanque misturador, com possibilidade de inserção de mais processos, de acordo com as funcionalidades do projeto. A experiência em programação e manejo com os Controladores Lógicos Programáveis é muito importante em uma indústria e, conseqüentemente, para estudantes de Engenharia Elétrica que posteriormente possam vir a trabalhar em uma. A falta de conhecimento nesta área significará um elo fraco no currículo do profissional, colocando-o em uma posição indesejada numa fila de emprego. A importância das bancadas no ensino de automação industrial, é levar os alunos ao contato com equipamentos de controle, monitoração, potência, e deixar que conhecimentos teóricos e práticos interajam e estimulem o interesse dos educandos em buscar conhecimentos extracurriculares, ampliando também a possibilidade dos professores em instruir e definir um plano de aula. Com base nos exercícios apresentados em sala de aula, propõe-se uma bancada didática para o ensino de automação industrial. Os recursos bibliográficos incluem livros publicados, artigos, teses, catálogos e estudos, bem como fontes orais e interações práticas com dispositivos. Para completar a bancada de ensino de automação, são averiguadas as funcionalidades, custos, especificações, dimensões dos componentes eletrônicos e de potência dos componentes e desenvolvidos diagramas elétricos e de automação, assim como o layout dos equipamentos. A estratégia utilizada para a programação dos processos se dá através do uso de temporizadores e contadores, utilizando o software *Clic 02* fornecido pela *WEG* para controlar a operação juntamente ao CLP CLW-02/20HR-A, interligado com uma botoeira de comando duplo, dois sensores de nível, três bombas submersíveis e um motor.

Palavras-chaves: Automação Industrial, Mesa Didática, CLP, Temporizadores, Contadores, Programação.

ABSTRACT

Currently, automation has become essential, bringing more quality of life to people and increasing productivity, optimizing time and resources in various systems. It can be applied in several areas of industry, such as: production, inventory, human resources, finance, and others. In this work, a teaching workbench simulating an automatic control process of a mixer tank will be presented, with the possibility of inserting more processes, according to the functionalities of the project. The experience in programming and handling Programmable Logic Controllers is very important in an industry and, consequently, for Electrical Engineering students who may later work in one. A lack of knowledge in this area will mean a weak link in the professional's resume, putting him in an unwanted position in a job queue. The importance of benches in teaching industrial automation is to bring students into contact with control, monitoring, and power equipment, and to let theoretical and practical knowledge interact and stimulate the students' interest in pursuing extracurricular knowledge, also expanding the teachers' ability to instruct and define a lesson plan. Based on the exercises presented in the classroom, a didactic bench is proposed for teaching industrial automation. Bibliographic resources include published books, articles, theses, catalogs and studies, as well as oral sources and practical interactions with devices. To complete the automation teaching bench, the functionality, costs, specifications, dimensions of electronic and power components are ascertained, and electrical and automation diagrams and equipment layout are developed. The strategy used for programming the processes is through the use of timers and counters, using the Clic 02 software provided by WEG to control the operation together with the PLC CLW-02/20HR-A, interconnected with a dual command pushbutton switch, two level sensors, three submersible pumps and a motor.

Keywords: Industrial Automation, Teaching Table, PLC, timers, Counters, Programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura de um CLP.....	8
Figura 2 - CLP WEG CLW-02/20HR-A.....	12
Figura 3 - Bomba de Água <i>Sarlo Better</i> Sb2700.....	13
Figura 4 - Válvula Solenóide TAUANA.....	14
Figura 5 - Motor Monofásico PU5435220	15
Figura 6 - Contator <i>Siemens</i>	16
Figura 7 - Sensor de Nível <i>ICOS</i> LA16M-40.....	17
Figura 8 - Disjuntor <i>Siemens</i>	18
Figura 9 - Botão de Comando Duplo.....	19
Figura 10 - Sinalizador	19
Figura 11 - Chave Seletora de Duas Posições	20
Figura 12 - Cooler Intel 12V	20
Figura 13 - Processo Automático	22
Figura 14 - Esquema Elétrico com CLP	23
Figura 15 - Programação em <i>Ladder</i>	25
Figura 16 - Programação em FBD.....	26
Figura 17 - Painel Elétrico.....	27
Figura 18 - Bancada Didática	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características e Benefícios do CLP	7
Tabela 2 - Custos da Bancada Didática	11
Tabela 3 - Especificações CLP WEG CLW-02/20HR-A.....	12
Tabela 4 - Especificações Bomba de Água <i>Sarlo Better</i>	13
Tabela 5 - Especificações Válvula Solenóide TAUANA.....	14
Tabela 6 - Especificações Motor Monofásico PU5435220	15
Tabela 7 - Especificações Contator <i>Siemens</i>	16
Tabela 8 - Especificações Sensor de Nível.....	17
Tabela 9 - Especificações Disjuntor <i>Siemens</i>	18
Tabela 10 - Legenda Figura 14.....	24
Tabela 11 - Legenda Figura 15.....	25
Tabela 12 - Legenda Figura 16.....	26

LISTA DE SIGLAS

CLP	_____	Controlador Lógico Programável
IHM	_____	Interface Homem Máquina
UCP	_____	Unidade Central de Processamento
CPU	_____	Central Processing Unit
NF	_____	Normalmente Fechado
NA	_____	Normalmente Aberto
FBD	_____	Function Block Diagram
I/O	_____	Inputs/Outputs

SÍMBOLOS

V	[Volt]	Tensão elétrica
I	[Âmpere]	Corrente elétrica
Hz	[Hertz]	Frequência
Vca	[Volt ca]	Tensão alternada
W	[Watt]	Potência elétrica ativa
VA	[Volt-Ampere]	Potência elétrica aparente
l/h	[l/h]	Litro por Hora
ms	[ms]	Mili segundos
bar	[bar]	Pressão
°C	[Celsius]	Temperatura
g/cm ³	[g/cm ³]	Gramas por centímetro cúbico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVO GERAL	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1 AUTOMAÇÃO	3
2.1.1 Automação Industrial	3
2.2 BANCADA DIDÁTICA NO ENSINO DE CLP	4
2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	4
2.3.1 Sistemas de Controle	6
2.3.2 Arquitetura do CLP	8
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	9
4. DESENVOLVIMENTO DA BANCADA DIDÁTICA.....	10
4.1 COMPONENTES DA BANCADA	10
4.2 CUSTOS DA BANCADA	11
4.3 ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES	12
4.3.1 CLP	12
4.3.2 Bomba de Água.....	13
4.3.3 Válvula Solenoide	14
4.3.4 Motor Monofásico.....	15
4.3.5 Contatores	16
4.3.6 Sensor de Nível.....	17
4.3.7 Disjuntor.....	18
4.3.8 Botão de Comando Duplo (Liga/Desliga).....	19
4.3.9 Sinalizadores	19
4.3.10 Chave Seletora	20

4.3.11	<i>Cooler</i>	20
4.4	FUNCIONALIDADES DA BANCADA DIDÁTICA	21
4.4.1	Processo Automático de Controle de Tanque	21
4.4.2	Esquema Elétrico com CLP	22
4.4.3	Linguagem <i>Ladder</i>	24
4.4.4	Linguagem em Blocos de Função (FBD)	26
4.5	Protótipo da Bancada Didática	27
4.5.1	Painel Elétrico	27
4.5.2	Bancada Didática	28
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
	ANEXOS	31
	ANEXO A – Características CLP’s WEG	32
	ANEXO B – Entradas e Saídas CLP’s WEG	33
	ANEXO C – Modelos CLP’s WEG	34
	ANEXO D – Benefícios do CLP	35
	ANEXO E – Esquema Elétrico com CLP	36
	ANEXO F – Programação <i>Ladder Clic</i> 02	37
	ANEXO G – Programação FBD <i>Clic</i> 02	38

1. INTRODUÇÃO

A automação tornou-se indispensável para os dias atuais, trazendo mais qualidade na vida das pessoas e mais produtividade nos diversos sistemas, otimizando tempo e recursos. A mesma pode ser aplicada em diversas áreas da indústria como: produção, estoque, RH, financeiro, entre outros.

Com a intenção de enfatizar a participação dos computadores nos processos industriais, a automação tem como uma de suas características, a substituição parcial da mão de obra humana. O processo enfatiza a segurança, melhora a qualidade do produto, reduz custos, aumenta os processos de produção e outras vantagens, para que os processos industriais possam ser melhores planejados e controlados (MORAES, CASTRUCCI, 2015).

Além do foco no ensino, a instituição também está atenta à segurança dos alunos, pois a interação com equipamentos reais trará alguns riscos, e alguns deles estarão presentes na operação. Para evitar acidentes e minimizar tais riscos, é interessante que a instituição priorize o uso de procedimentos cuidadosamente supervisionados. Além disso, investir em materiais e equipamentos técnicos para prevenir acidentes por falta de conhecimento ou comportamento indevido (MARQUES et al., 2017).

O Controlador Lógico Programável é a tecnologia de controle de processo industrial mais amplamente usada nos dias atuais, por se tratar de um computador industrial que pode ser programado para realizar funções de controle. Esses controladores apresentam dentre outras vantagens: fácil programação e instalação; velocidade de controle rápida; compatibilidade de rede; inspeção e teste de defeitos e alta confiabilidade (PETRUZELLA, 2014).

Projetado para uma variedade de arranjos de entrada e saída, com larga faixa de temperatura, anti-interferência elétrica, antivibração e impacto, controle de equipamentos de processos e procedimentos operacionais, o CLP é um exemplo de sistema em tempo real, visto que a saída do sistema por ele controlado depende das condições de entrada. É projetado para funcionar em ambiente industrial, equipado com Interfaces especiais de entrada/saída e linguagem de programação de controle (PETRUZELLA, 2014).

Nessa linha, será proposta uma bancada didática com aplicação de um CLP, de um processo automático de controle de um tanque. Vale ressaltar que dependendo da logística utilizada para a montagem, irá se verificar a possibilidade de inserir mais de um processo.

1.1 JUSTIFICATIVA

Bancadas automatizadas são projetadas para serem utilizadas como forma de ensino prático em instituições, favorecendo na compreensão da matéria e interagindo verdadeiramente com os equipamentos de monitoramento, controle e potência, que geralmente estão em uma bancada de automação.

A experiência em programar e manusear um CLP é de extrema importância em uma indústria, sendo assim, também de grande importância para o discente de Engenharia Elétrica, que posteriormente, pode vir a trabalhar em uma. A pouca ou a falta de carga horária destinada a prática com controladores implicará ao estudante uma fragilidade em seu currículo, colocando-o em posições indesejadas em uma fila de emprego.

Desse modo, é compreensível a necessidade de investir em projetos que visam auxiliar o aluno(a) a ter, pelo menos, o mínimo de experiência exigida no mercado de trabalho.

1.2 OBJETIVO GERAL

Projetar uma bancada didática para o ensino de automação industrial no Instituto Federal De Goiás, Câmpus Jataí, conforme exercícios propostos em sala de aula na disciplina de Controladores Lógicos Programáveis.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a importância da bancada no ensino de Automação Industrial;
- Expor os alunos(as) de Engenharia Elétrica ao contato com os equipamentos de controle, monitoramento e potência;
- Possibilitar aos alunos(as) de Engenharia Elétrica a interação do conhecimento teórico com o prático;
- Favorecer aos alunos(as) de Engenharia Elétrica experiência em manusear um CLP, tal como compreender melhor suas linguagens de programação;
- Expandir as possibilidades do docente em lecionar;
- Despertar interesse no discente em buscar conhecimentos extracurriculares.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo discutiremos sobre automação, assim como equipamentos e aplicação na área de engenharia elétrica e automação industrial.

2.1 AUTOMAÇÃO

Devido à necessidade de simplificar e assegurar o trabalho em fábricas, surgiu-se o termo automação. Este basicamente consiste em tornar automáticas as atividades humanas repetitivas, substituindo o esforço braçal por outros mecanismos, trazendo segurança ao trabalhador, agilidade e facilidade no trabalho, melhorias na produção, minimizando a necessidade da interferência humana.

A automação envolve a implementação de sistemas interconectados por redes de comunicação, incluindo sistemas supervisórios e interfaces homem-máquina, que podem ajudar os operadores a monitorar e analisar possíveis problemas (MORAES, CASTRUCCI, 2015).

2.1.1 Automação Industrial

A Automação Industrial começou na Terceira Revolução Industrial, a chamada Indústria 3.0. Na Primeira Revolução, surge a mecanização e as máquinas à vapor. Na Segunda Revolução deu-se início à produção em massa nas indústrias, carecendo assim da execução de várias atividades repetitivas que dependiam da mão de obra humana nas linhas de montagem. Na Terceira Revolução surge a automação, eletrônica e computação, dando início na produção automatizada e possibilitando a chegada de uma nova revolução, a chamada Indústria 4.0 que trouxe a Internet das coisas.

Nas indústrias, o esforço humano é substituído por máquinas robotizadas, capazes de produzir e reproduzir repetidas vezes com muita agilidade e rapidez. As máquinas industriais são utilizadas com base em sua estrutura e programação, desde processos considerados simples, como envasamentos de bebidas até processos ditos complexos, como produção automotiva.

Os elementos básicos de um sistema automatizado são a energia e a programação, àquela para ativar a máquina que irá realizar o trabalho e essa para direcionar os processos a serem executados através do controle, que é um sistema capaz de executar as instruções programadas.

Em se tratando de sistemas informatizados, utilizados para possibilitar a expansão dos recursos, é devido aos controladores lógicos programáveis que a automação industrial se tornou uma realidade presente em todas as partes, por se tratar de um dispositivo que controla máquinas e processos (MORAES, CASTRUCCI, 2015).

2.2 BANCADA DIDÁTICA NO ENSINO DE CLP

A implantação de bancadas didáticas é de grande importância para o discente de engenharia, visto que viabilizará a mescla entre teoria e prática, fornecendo ao aluno uma carga de conhecimento prático adquirido com o uso das bancadas e uma formação diferenciada quando ingressar no mercado de trabalho (MARQUES et al., 2017).

O “aprender fazendo” é o desenvolvedor do conhecimento e aprendizado, permitindo a investigação, análise, os objetivos técnicos e possíveis erros que podem revelar-se, assim como a exposição do discente no desenvolvimento de projetos e incentivo de práticas em equipe (MARQUES et al., 2017).

2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O Controlador Lógico Programável foi desenvolvido com base nas necessidades existentes da indústria automotiva norte-americana. Suas primeiras aplicações aconteceram na Divisão Hidrônica da General Motors em 1968, devido à grande dificuldade em mudar a lógica de controle do painel de controle a cada mudança de linha de montagem. Sob a orientação do engenheiro Richard Morley, foi desenvolvida uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos de relé, não apenas na indústria automotiva, mas na indústria de manufatura como um todo (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

Para aplicação industrial era necessário um controlador com as seguintes características: facilidade de programação e reprogramação, preferivelmente na planta, para ser possível alterar a sequência de operações na linha de montagem, possibilidade de manutenção e reparo, com blocos de entrada e saída modulares, confiabilidade, para que possa ser utilizado em um ambiente industrial, redução de tamanho em comparação ao sistema tradicional que utilizava relés, ser competitivo em custo com relação a painéis de relés e eletrônicos equivalentes, possibilitar entradas em 115 V e saídas com 115 V e com capacidade mínima de 2A para operar com válvulas solenóides e contadores. (FRANCHI; CAMARGO, 2008, p. 22).

O CLP foi projetado para múltiplas configurações de entradas e saídas, imunidade á ruídos, com resistência a vibrações e impactos. Os programas para o controle de operação e processos são geralmente gravados em memória não volátil. É um exemplo de um sistema em tempo real, uma vez que a saída do sistema que ele controla depende das condições de entrada. Este é essencialmente um computador digital projetado para estar no controle de máquinas, mas ao contrário de um computador pessoal, é projetado para operar em ambiente de fábrica com suas linguagens de programação convenientes (PETRUZELLA, 2014).

Além da economia de custos, também oferecem outras vantagens, como por exemplo: maior confiabilidade, mais flexibilidade, menores custos, melhor capacidade de comunicação, tempos de resposta rápidos, fácil verificação de erros. Uma vez escrito e testado, o programa pode ser facilmente transferido para outros controladores, já que toda a lógica está contida em sua memória e não há possibilidade de erro lógico na fiação. O programa elimina grande parte da fiação externa que normalmente seria necessária para controlar um processo e, embora a fiação ainda seja necessária para conectar dispositivos de campo, ela se torna menos volumosa. Também fornecem maior confiabilidade, uma vez que é mais fácil criar e modificar um programa neste do que conectar e religar fios em um circuito. Os Controladores foram originalmente projetados para substituir os relés de controle lógico, com isso a economia de custos foi tão significativa que eles estão se tornando ultrapassados, com exceção das aplicações de potência. Em geral, se um aplicativo usa mais de meia dúzia de relés de controle, provavelmente é mais econômico instalar um CLP tendo em vista que com o mesmo é possível realizar a comunicação com outros controladores ou outros dispositivos compatíveis para executar funções tais como monitoramento de controle e aquisição de dados.

Por ser projetado para aplicações de alta velocidade o controlador lógico programável atua em tempo real, ou seja, um evento ocorrido em campo leva à execução de uma operação, máquinas que processam milhares de itens por segundo e objetos que levam uma fração de segundo para chegar perto de um sensor requerem uma resposta rápida do controlador. Para

identificar e corrigir problemas, os usuários podem visualizar o controlador em um monitor e acompanhá-lo em tempo real enquanto é executado (PETRUZELLA, 2014).

2.3.1 Sistemas de Controle

Embora existam diferentes tamanhos e complexidades, os sistemas de controle podem ser divididos em três partes, sendo elas: transdutores, controladores e atuadores. Um transdutor tem como principal característica enviar um sinal elétrico ao CLP, através de sensores ou botoeiras, geralmente funcionando como interruptores abertos ou fechados, que hora permite ou impede a passagem de corrente elétrica ao controlador. Um exemplo básico de um transdutor é um botão no qual um sinal elétrico é enviado ao controlador ao ser pressionado, e desligado quando solto. As funções de controle existentes em uma planta industrial são normalmente distribuídas entre outros controladores programáveis, que podem ser instalados próximos ao equipamento a ser controlado. Os vários controladores são normalmente conectados através de uma rede local a um sistema de monitoramento central, o que torna possível o gerenciamento das informações do processo controlado. De acordo com a combinação das entradas, e o programa desenvolvido, é possível calcular os estados das saídas do controlador. Por meio dos sinais elétricos das saídas é possível fazer ativação de relés que consequentemente ativam os atuadores, que são as cargas a serem energizadas. O controle de um acionamento motorizado é um exemplo de um sistema controlado por CLP. Para este sistema, a saída deve acionar ou não a bobina do contator que controla o motor (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

Tabela 1 - Características e Benefícios do CLP

Característica do sistema com CLP	Benefícios
Uso de componentes de estado sólido	Alta confiabilidade
Memória programável	Simplifica mudanças Flexibiliza o controle
Pequeno tamanho	Espaço mínimo para instalação
Microprocessador	Capacidade de comunicação Alto nível de performance Alta qualidade dos produtos Funções simultaneamente
Contadores/temporizadores via software.	Facilidade para alterar presets Elimina hardware
Controle de relés via software	Reduz custo em cabeamento Redução de espaço
Arquitetura modular	Flexibilidade para instalação Facilmente instalado Redução de custos de hardware Expansibilidade
Variedades de interfaces de Inputs/Outputs	Controle de Inputs/Outputs
Estações remotas de Inputs/Outputs	Elimina cabeamentos longos
Indicadores de diagnóstico	Reduz tempo de manutenção Sinaliza a operação correta/incorrecta do sistema de controle
Interfaces modulares de Inputs/Outputs	Facilita a manutenção Facilita o cabeamento
Variáveis de sistemas alocados na memória de dados	Facilita o gerenciamento Podem ser colocadas na forma de um relatório de saída

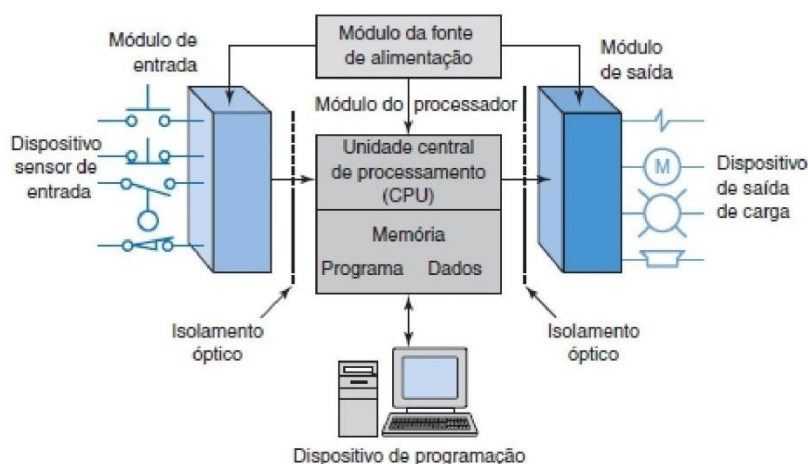
Fonte: (FRANCHI; CAMARGO, 2008, p. 28).

2.3.2 Arquitetura do CLP

Levando em consideração a arquitetura de um CLP, podemos dividi-la em cinco partes:

- Entradas (analógicas e / ou digitais)
- Unidade Central de Processamento (UCP)
- Fonte de Alimentação
- Unidade de comunicação
- Saídas (analógicas e / ou digitais)

Figura 1 - Arquitetura de um CLP



Fonte: (PETRUZELLA, 2014).

As entradas (*Inputs*) digitais ou analógicas e saídas (*Outputs*) digitais ou analógicas são responsáveis por conectar o UCP com os sensores e atuadores, convertendo sinais e ajustando tensões e corrente. A fonte de alimentação fornece a energia à UCP e às entradas e saídas do CLP. Existe uma grande variedade de modelos destes, projetados para funcionarem em tensões e correntes contínuas ou alternadas, geralmente 220 V ou 24 V. A Unidade Central de Processamento (UCP) ou CPU (*Central Processing Unit*) é responsável pela execução do programa e gerenciamento do processo ou sistema industrial. Recebendo os sinais digitais e analógicos dos sensores conectados às entradas. O sistema de comunicação envia os programas para o CLP através de interface, monitorando e transferindo dados em duas direções através de rede. Geralmente a programação e edição são feitas em um computador

através de softwares fornecidos pelos fabricantes para a comunicação com o CLP (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

O processador (CPU) é o “cérebro” de um CLP e consiste, geralmente, em um microprocessador, para a implementação lógica e controle das comunicações entre os módulos, e requer uma memória para armazenar os resultados das operações lógicas executadas pelo microprocessador. (PETRUZELLA, 2014, p. 5).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este projeto tem como propósito esclarecer a importância de agregar conhecimentos sobre a automação industrial. Os recursos bibliográficos podem incluir: livros, artigos, teses, catálogos e pesquisas publicadas, bem como recursos orais e interações reais com dispositivos.

Os dados de pesquisa e desenvolvimento de bancadas foram arranjados por meio de dados secundários obtidos em fontes bibliográficas escritas, por meio de mídia física e online. Os principais recursos do tema em estudo foram adquiridos em bibliotecas locais e sites na Internet.

Para a conclusão da bancada didática, foram utilizados alguns métodos de projeto, levando em consideração as características e padrões existentes e os processos que a bancada didática deverá alcançar visando atingir o desempenho e as funções desejadas, tais como:

- Levantamento das funcionalidades necessárias para uma bancada didática de automação industrial aplicada a realidade da instituição;
- Levantamento dos componentes tais como, suas funcionalidades, custos, especificações;
- Dimensionamento dos componentes eletrônicos e de potência para a aplicação na Bancada Didática;
- Desenvolvimento dos diagramas elétricos e de automação da bancada bem como layout de disposição com equipamentos e componentes;
- Programação em *Ladder* e Blocos do(s) processo(s) realizada através do *software Clic 02 edit* da Weg;

- Desenvolvimento do projeto da bancada de automação industrial baseada nos dados levantados.

4. DESENVOLVIMENTO DA BANCADA DIDÁTICA

Este capítulo visa apresentar o projeto de uma bancada didática controlada por CLP na matéria de automação industrial do curso de Engenharia Elétrica, com objetivo de diminuir a lacuna entre a teoria, simulação e prática, desenvolvendo habilidades no manuseio de instrumentos como o CLP e Interface Homem Máquina (IHM).

4.1 COMPONENTES DA BANCADA

- ✓ CLP WEG CLW-02/20HR-A
- ✓ 3 Bombas D'água submersas *Sarlo Better* Sb2700
- ✓ 1 Motor Monofásico PU5435220
- ✓ 2 Sensores de Nível *ICOS* LA16M-40
- ✓ 1 Botão de Comando Duplo
- ✓ 1 Disjuntor Siemens 6A
- ✓ 1 Chave Seletora
- ✓ 4 Sinalizadores
- ✓ 1 *Cooler Intel* 12V
- ✓ 4 Contadoras auxiliares Siemens
- ✓ 2 Reservatórios
- ✓ 1 Lâmpada *Led* 220V/9W

4.2 CUSTOS DA BANCADA

O orçamento contendo os custos de cada componente, incluindo frete e quantidade, da bancada estão listados na tabela 2.

Tabela 2 - Custos da Bancada Didática

Componentes	Valor (R\$)
Bancada	550,00
Reservatórios	170,00
Painel	70,00
CLP	1780,00
Bombas D'água	617,70
Motor	144,00
Contadoras	443,64
Sensores	111,72
Válvula Solenóide	200,00
Disjuntor	29,90
Botão de Comando Duplo	40,16
Chave Seletora	37,71
Sinalizadores	41,28
Cooler	24,90
Lâmpada	13,49
Encanações, Cabos Elétricos, Tomadas, Registros	386,00
Cabo de Programação	412,38
Total	R\$5072,88

Fonte: Própria (2022).

4.3 ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

4.3.1 CLP

O CLP escolhido foi o relé programável CLW-02/20HR-A da Weg. Para realizar o processamento em tempo real, o CLP analisa as informações conectadas nas entradas comparando-as com as informações programadas em sua memória, executando assim sua função nas saídas de acordo com o sistema. O relé CLW-02/20HR-A possui todas as características para atender as necessidades do projeto, como visto na Tabela 2.

Figura 2 - CLP WEG CLW-02/20HR-A



Fonte: Própria (2022).

Tabela 3 - Especificações CLP WEG CLW-02/20HR-A

Especificações CLW-02/20HR-A	
Tensão de alimentação	100 ~ 240 Vca
Entrada digital	12 pontos
Saída digital a relé	8 pontos
Consumo de energia	90 mA
Frequência	50-60 Hz
Linguagem de programação	<i>Ladder / FBD</i>
Carga máxima na saída	Resistiva: 8A Indutiva: 4A

Fonte: Própria (2022).

4.3.2 Bomba de Água

As bombas de água são instaladas submersas nos reservatórios, uma no reservatório do tanque de nível (principal) e duas no reservatório de água (secundário). A bomba instalada no reservatório de nível tem como função drenar a água deste reservatório para o reservatório secundário e as bombas instaladas no reservatório secundário bombeiam água para o reservatório de nível. Suas especificações estão listadas na Tabela 3.

Figura 3 - Bomba de Água Sarlo Better Sb2700



Fonte: Própria (2022).

Tabela 4 - Especificações Bomba de Água Sarlo Better

Especificações Bomba de água	
Tensão de alimentação	220 Vca
Frequência	60 Hz
Capacidade	2740 L/h
Potência	45 W
Corrente	0,2 A

Fonte: Própria (2022).

4.3.3 Válvula Solenoide

Com a intenção de parar o fluxo d'água da bomba de dreno, se tornou necessário o uso de uma válvula solenoide de maior vazão para atender as funcionalidades do projeto. Desta maneira, foi escolhida a válvula solenoide da marca TAUANA, com as especificações listadas na tabela 4.

Figura 4 - Válvula Solenóide TAUANA



Fonte: Própria (2022).

Tabela 5 - Especificações Válvula Solenóide TAUANA

Especificações Válvula TAUANA	
Tensão de alimentação	220 Vca
Frequência	50-60 hz
Fluxo	1000 l/h
Chave	NF
Corrente	9 mA

Fonte: Própria (2022).

4.3.4 Motor Monofásico

O motor fará a função do misturador, este será acionado por tempo programado no CLP logo depois que o sensor de nível alto for ativado e as bombas desativadas. Para isso foi selecionado um motor monofásico, com as especificações listadas na Tabela 5.

Figura 5 - Motor Monofásico PU5435220



Fonte: Própria (2022).

Tabela 6 - Especificações Motor Monofásico PU5435220

Especificações Motor	
Tensão de alimentação	220 V
Frequência	60 Hz
Rotação	1800 rpm
Potência	550 W
Corrente	2,5 A

Fonte: Própria (2022).

4.3.5 Contatores

Com o intuito de acionar as bombas e o motor no projeto, optamos por utilizar quatro contatores auxiliares, utilizados nas saídas do CLP, facilitando as ligações elétricas dos componentes do sistema. Assemelham-se aos relés, visto que, o acionamento dos contatos ocorre devido ao fenômeno do eletromagnetismo, ligando e desligando equipamentos que estejam conectados entre os contatos, através de chaves NA e NF.

Figura 6 - Contator *Siemens*



Fonte: Própria (2022).

Tabela 7 - Especificações Contator *Siemens*

Especificações Contator	
Tensão de alimentação	220 V
Frequência	50-60 hz
Corrente Nominal	10 A
Contatos	4 (NA+NF)

Fonte: Própria (2022).

4.3.6 Sensor de Nível

Dois sensores de nível *ICOS LA16M-40* foram instalados no reservatório do tanque de nível, um sensor indicando nível baixo com posição NA (normalmente aberto) e outro indicando nível alto também com posição NA (normalmente aberto). São sensores que enviam sinal alto (quando a chave do sensor fecha) e sinal baixo (quando a chave do sensor abre) ao controlador 20HR-A quando em contato com o líquido. Suas especificações estão listadas na Tabela 7.

Figura 7 - Sensor de Nível *ICOS LA16M-40*



Fonte: (TATIELLY DE SOUZA, 2008, p. 13).

Tabela 8 - Especificações Sensor de Nível

Especificações Sensor de Nível – ICOS LA16M-40	
Tensão de alimentação	220 Vca
Corrente Nominal	0,1 A
Corrente de Pico	0,5 A – 20 ms
Potência Máxima	20 VA
Pressão máx. de trabalho	2 bar
Temperatura de trabalho	-10° a 100° C
Densidade mín do líquido	0,76 g/cm ³

Fonte: (TATIELLY DE SOUZA, 2008, p. 13).

4.3.7 Disjuntor

Para proteger a bancada e o sistema de sobrecargas e/ou curto circuito é utilizado um disjuntor em sua alimentação, possibilitando a energização e desenergização manual da bancada, evitando choques elétricos.

Figura 8 - Disjuntor *Siemens*



Fonte: Própria (2022).

Tabela 9 - Especificações Disjuntor *Siemens*

Especificações Disjuntor	
Tensão de emprego	220 V
Frequência	50/60 hz
Corrente Nominal	6 A
Número de polos	2

Fonte: Própria (2022).

4.3.8 Botão de Comando Duplo (Liga/Desliga)

Com dois botões de pulso independentes, sendo o verde um NA (normalmente aberto) e o vermelho um NF (normalmente fechado), essa botoeira têm a função parecida com a de um interruptor duplo, permitindo ou impedindo a corrente elétrica, retornando cada botão ao estado inicial devido a uma ação de mola (TATIELLY DE SOUZA, 2003).

Figura 9 - Botão de Comando Duplo



Fonte: Própria (2022).

4.3.9 Sinalizadores

Os sinalizadores terão a função de mostrar no painel, em tempo real, qual relé de saída do controlador estará acionado no processo automático, sendo assim necessário 4 sinalizadores para a demonstração.

Figura 10 - Sinalizador



Fonte: (TATIELLY DE SOUZA, 2008, p. 10).

4.3.10 Chave Seletora

Para a energização manual da bancada, optamos por utilizar, além do disjuntor, uma chave seletora com sistema NA (normalmente aberto), com intuito de ligar e desligar a energia manualmente, caso seja necessário.

Figura 11 - Chave Seletora de Duas Posições



Fonte: (TATIELLY DE SOUZA, 2008, p. 9).

4.3.11 Cooler

Com o propósito de auxiliar o motor contra o aquecimento, um *cooler* de 12V DC e 0,17A da *Intel*, utilizados em processadores de computadores, foi colocado em cima do motor, circulando o ar e soprando o ar quente vindo do aquecimento do motor.

Figura 12 - Cooler Intel 12V



Fonte: Própria (2022)

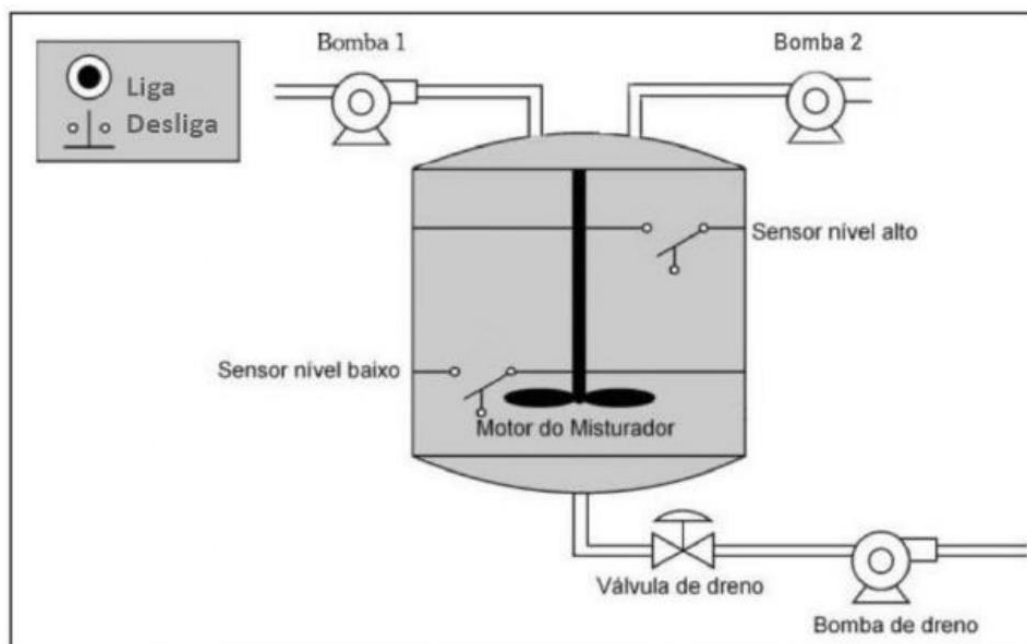
4.4 FUNCIONALIDADES DA BANCADA DIDÁTICA

Este capítulo visa apresentar as funcionalidades da bancada didática controlada por CLP, levando em consideração as linguagens de programação que o CLP WEG pode operar, o que a torna de extrema importância na matéria de Controladores Lógicos Programáveis do curso de Engenharia Elétrica, com propósito de fornecer aos alunos a possibilidade de explorar algumas linguagens de programação e programar processos que, posteriormente, poderão ser utilizados na bancada. Um dos processos praticáveis nesta bancada está ilustrado na figura 13.

4.4.1 Processo Automático de Controle de Tanque

Inicialmente, O tanque deve estar vazio. O processo inicia-se quando o Botão verde (Liga) da botoeira de comando duplo é pressionado. Logo em seguida a Bomba 1 deve ser acionada para que o líquido comece a encher o tanque. Quando o nível do líquido no tanque atingir o nível baixo, a Bomba 1 deve ser desligada e a Bomba 2 Ligada. Quando o nível do líquido no tanque atingir o nível alto, um temporizador de retardo na energização começará a contar um tempo de 10 segundos e quando for acionado, a Bomba 2 deve ser desligada e ligado o Motor do Misturador que deverá manter-se acionado por tempo de 5 segundos. Após este tempo, o Motor deve ser desligado e a Bomba de Dreno deve ser acionada para esvaziar o tanque. Quando o líquido atingir o nível baixo, deve-se esperar por 30 segundos para que a Bomba de Dreno seja desligada e a Bomba 1 acionada novamente, reiniciando o processo. Um botão de “Desliga” é previsto para desligar o processo em qualquer momento de operação. O processo automático ilustrado é mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Processo Automático

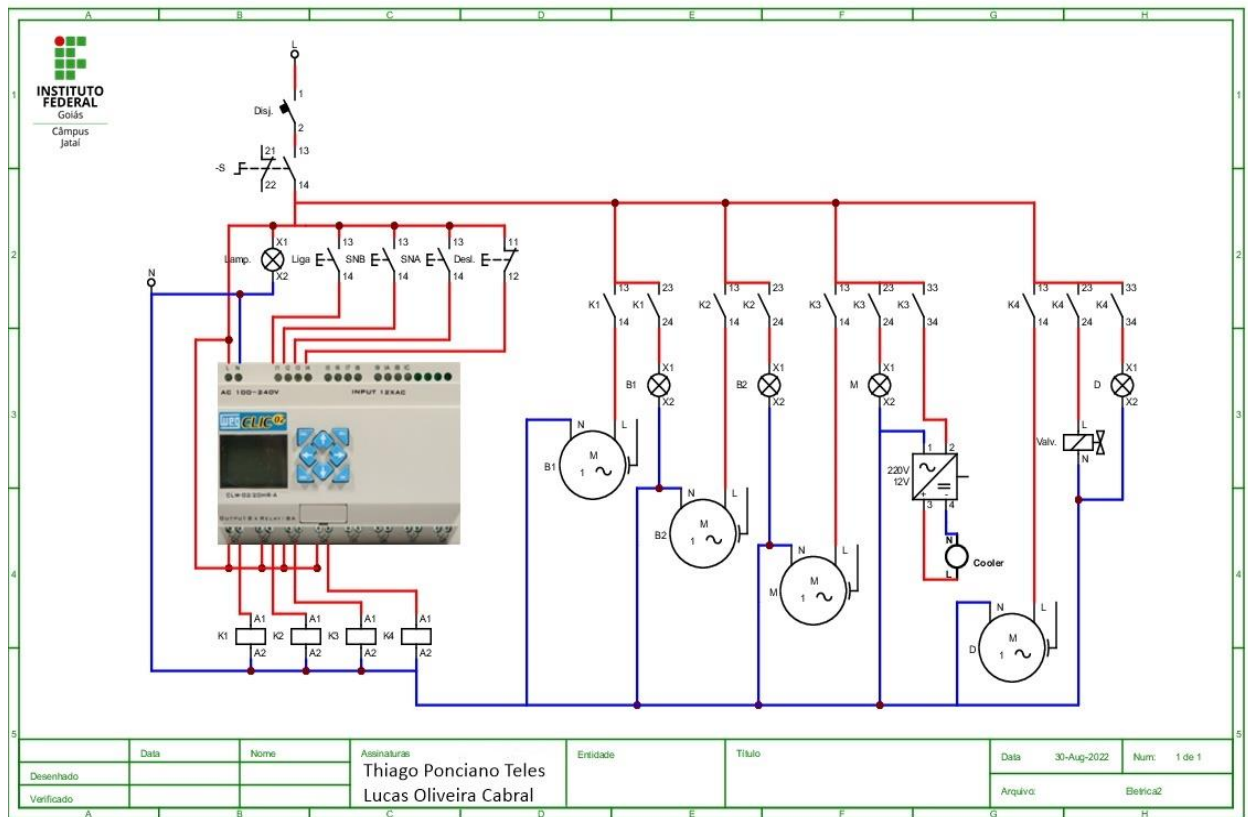


Fonte: Própria (2022).

4.4.2 Esquema Elétrico com CLP

Na figura 14, temos o circuito elétrico da bancada didática do Processo Automático de Controle de Tanque esquematizado pelo *software Cade Simu*, com participação dos itens de proteção, comando e força.

Figura 14 - Esquema Elétrico com CLP



Fonte: Própria (2022).

Tabela 10 - Legenda Figura 14

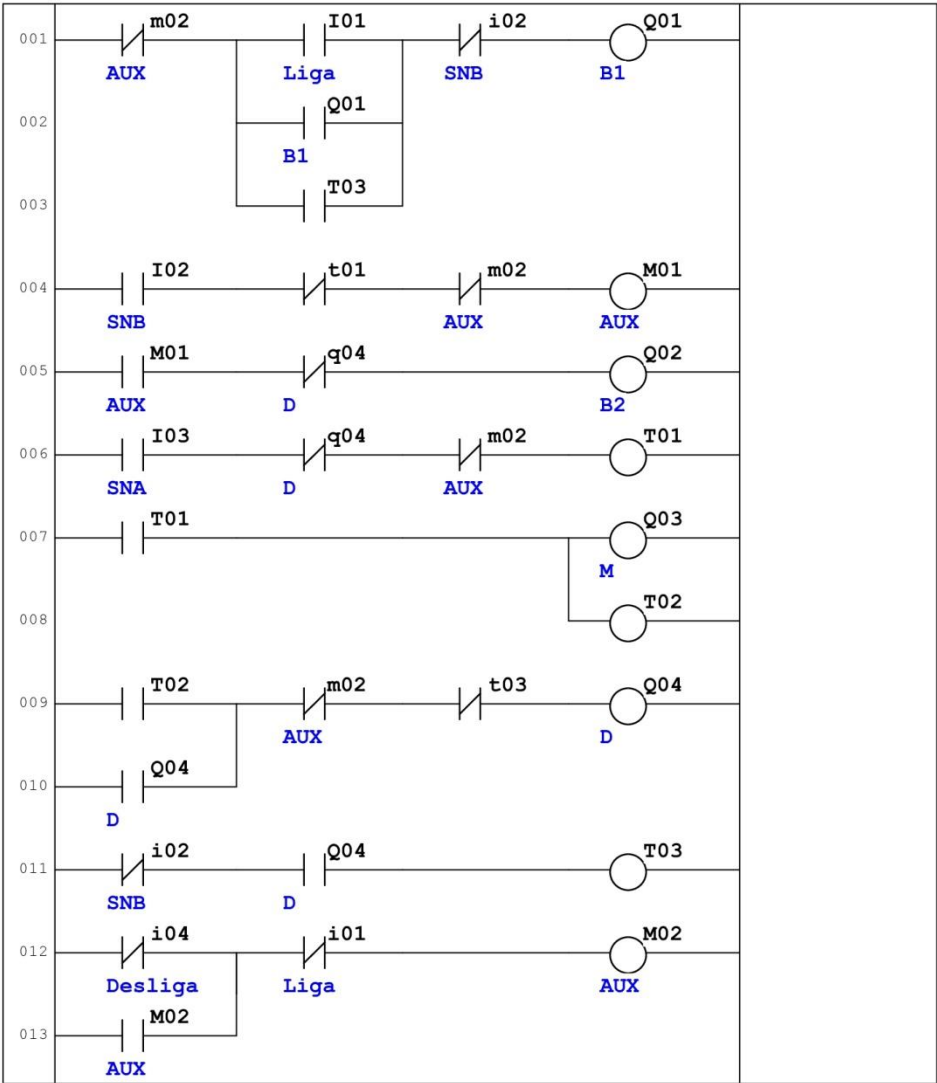
Legenda do Esquema Elétrico	
L	Fase (220V)
N	Neutro
Disj.	Disjuntor
Cooler	Cooler 12V
Chave	Chave Energização
Lamp.	Lâmpada
Liga	Botao de Comando Duplo NA
SNB	Sensor de Nível Baixo
SNA	Sensor de Nível Alto
Desl.	Botao de Comando Duplo NF
K1	Contatora 1
K2	Contatora 2
K3	Contatora 3
K4	Contatora 4
B1	Bomba 1
B2	Bomba 2
M	Motor/Misturador
D	Bomba de Dreno
Valv.	Válvula Solenoide

Fonte: Própria (2022).

4.4.3 Linguagem *Ladder*

A Linguagem de Programação *Ladder* é usada para representar a lógica de um sistema usando relés, é preferida por aqueles com experiência no ramo elétrico. Antes, este sistema era utilizado para registrar os antigos gabinetes de controle. Pela sua história, é a linguagem mais comum e conhecida na atualidade, por fácil de compreender e programar. O esquema da programação em *ladder* do processo automático de controle de nível é ilustrado na figura 15.

Figura 15 - Programação em *Ladder*



Fonte: Própria (2022).

Tabela 11 - Legenda Figura 15

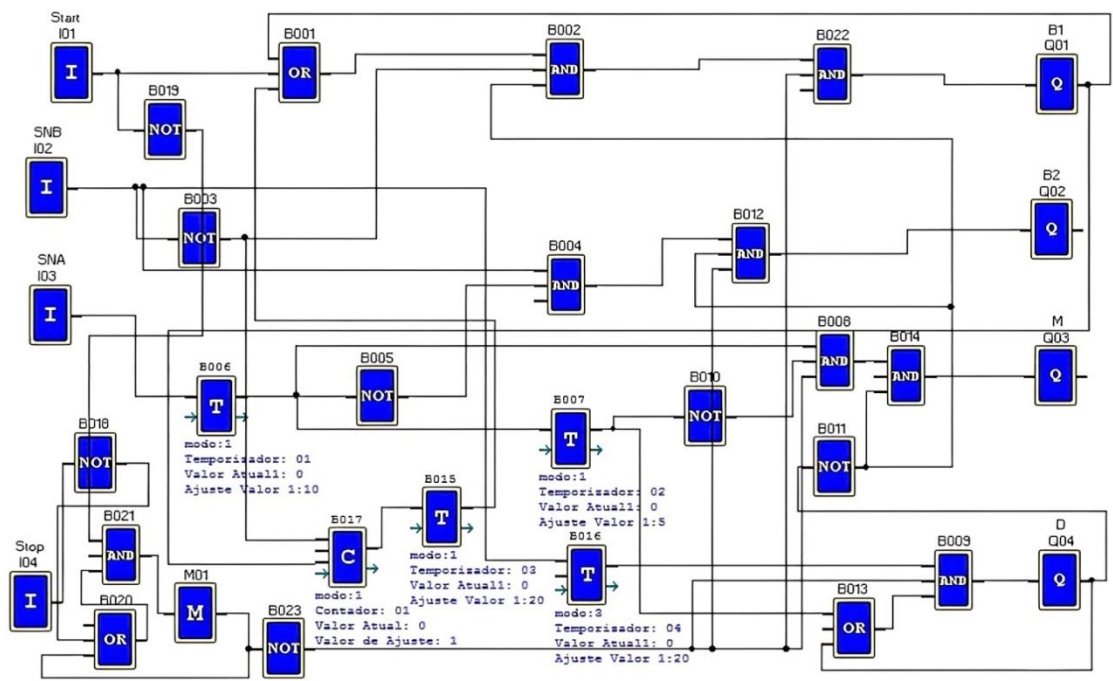
Legenda Figura 15	
Liga	Botão Start
Desliga	Botão Stop
AUX	Relé auxiliar
SNB	Sensor Nível Baixo
SNA	Sensor Nível Alto
B1	Bomba 1
B2	Bomba 2
M	Motor Misturador
D	Bomba Dreno

Fonte: Própria (2022).

4.4.4 Linguagem em Blocos de Função (FBD)

A linguagem de programação em *Function Block Diagram* (FBD) é uma linguagem que utiliza blocos lógicos, ou portas lógicas com entradas e saídas representadas da esquerda para direita. Cada bloco com uma, duas ou mais entradas e a saída conectada a entrada de um ou mais blocos. Utilizada mais por aqueles com experiência no setor eletrônico. O esquema da programação em FBD do processo automático de controle de nível é ilustrado na figura 16.

Figura 16 - Programação em FBD



Fonte: Própria (2022).

Tabela 12 - Legenda Figura 16

Legenda Figura 16	
Start	Botão Start
Stop	Botão Stop
SNB	Sensor Nível Baixo
SNA	Sensor Nível Alto
B1	Bomba 1
B2	Bomba 2
M	Motor Misturador
D	Bomba Dreno

Fonte: Própria (2022).

4.5 Protótipo da Bancada Didática

A bancada foi construída segundo às necessidades do projeto e limitações dos dispositivos, cogitando o uso de equipamentos de melhor eficiência, a fim de que resultados almejados sejam transmitidos.

4.5.1 Painel Elétrico

Figura 17 - Painel Elétrico



Fonte: Própria (2022).

Na figura 17, temos a imagem dos dispositivos que foram utilizados no painel elétrico, como disjuntor, chaves *ON/OFF* e relés, sendo estes dispositivos eletromecânicos. Também notamos os dispositivos elétricos, que são os *Led's*, CLP e lâmpada de sinalização. Agrupou-se os dispositivos similares, para melhor visualização e compreensão do sistema.

4.5.2 Bancada Didática

Figura 18 - Bancada Didática



Fonte: Própria (2022).

Na figura 18, uma visão panorâmica do projeto é exibida em imagem frontal, sendo possível enxergar o sistema completo, disposto de: bancada, reservatórios, encanações, painel elétrico e dispositivos.

5 CONCLUSÃO

O objeto de estudo deste trabalho realizou-se através de uma bancada didática de um processo automatizado de um misturador. Foi utilizado um CLP para o controle da operação, que conta basicamente com dois sensores de nível, três bombas submersas e um motor. O software empregado nesse projeto para a programação e comunicação entre o CLP e computador foi o *Clic 02 edit* da Weg.

A estratégia utilizada para a programação foi baseada em temporizadores, contando com três destes para obter o resultado desejado, já que foi observado um problema durante a execução do projeto que se deu devido ao acionamento do motor quando o líquido estava no mesmo nível do segundo sensor, gerando ondas e impedindo o funcionamento do sensor. Para resolver este problema foi inserido um temporizador a mais, elevando o nível do líquido acima do nível do sensor. O primeiro temporizador funciona quando o sensor de nível alto é acionado, elevando o nível do líquido acima do nível do sensor para que o motor ao ser ligado não interrompa o funcionamento do sensor com as ondas geradas, para isso foi estabelecido um tempo de 10 segundos para este primeiro temporizador. O segundo temporizador é acionado quando o primeiro temporizador é desligado e o motor ligado, somando o tempo que ele irá funcionar, para este foi estabelecido um tempo de 5 segundos, evitando o aquecimento do motor e sobrecorrentes. O terceiro temporizador é iniciado quando o segundo temporizador deixa de funcionar, drenando o líquido para o reservatório inferior e esvaziando o superior, haja visto que para isso necessitou-se de um tempo de 30 segundos para o nível do líquido atingir o nível da bomba de dreno.

Trabalhar com o CLP foi uma excelente experiência, por se tratar de um equipamento robusto, confiável e de fácil manuseio. Muito utilizado em ambientes industriais, será uma ótima oportunidade para os alunos do Instituto Federal de Goiás, Câmpus Jataí, aprenderem a manusear, operar e programar este equipamento com facilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Érica, 2008.

GATES, B. **A estrada do futuro**. São Paulo: Editora Schwarcz, 1995. Disponível em: <http://www.netfoco.com.br/Download/Livro%20-%20A%20Estrada%20do%20Futuro%20-%20Bill%20Gates.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

MARQUES, J. L. *et al.* Proposta de uma bancada de baixo custo para o ensino de automação industrial de acordo com as normas de segurança. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 36, n. 2, p. 47–62, 2017.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

PETRUZELLA, F. D. **Controladores Lógicos Programáveis**. Porto Alegre: Amgh, 2014.

SOUZA, T. **Manual do Usuário Bancada didática para automação com clp**. 2014
Dissertação (Mestrado em Automação) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Goiás, Jataí, 2014.

ANEXOS

ANEXO A – Características CLP's WEG

Rede de Alimentação		
Faixa da Tensão de Entrada	Modelos	Faixa de Tensão
	24 Vcc	20,4 ~ 28,8 Vcc
	12 Vcc	10,4 ~ 14,4 Vcc
	Alimentação Vca	100 ~ 240 Vca
	24 Vca	20,4 ~ 28,8 Vca
Consumo de Energia	Modelos	Consumo Corrente
	24 Vcc – 12 pontos	125 mA
	24 Vcc – 20 pontos	185 mA
	12 Vcc – 12 pontos	195 mA
	12 Vcc – 20 pontos	265 mA
	Alimentação Vca	100 mA
	24 Vca	290 mA
Cabo para instalação (todos os terminais)	26 a 14 AWG - 0,13 a 2,1mm² de seção	
Programação		
Linguagens de Programação	Ladder / FBD	
Tamanho Máximo do Programa	300 Linhas ou 260 Blocos de Função	
Armazenamento do Programa	Memória Flash	
Velocidade de Processamento	10 ms/ciclo	
Tamanho do Display LCD	4 linhas x 16 caracteres	
Temporizadores		
Quantidade Máxima de Instruções	Ladder: 31; FBD: 250	
Faixa de Tempo Ajustável	0,01 s ~ 9999 min	
Contadores		
Quantidade Máxima de Instruções	Ladder: 31; FBD: 250	
Valor Máximo de Contagem	999999	
Resolução	1 unidade	
RTC (Relógio de Tempo Real)		
Quantidade Máxima de Instruções	Ladder: 31; FBD: 250	
Resolução	1 min	
Medição de Tempo Disponível	Semana, ano, mês, dia, hora, min	
Comparações Disponíveis	Entrada Analógica, Temporizador, Contador, Entrada de Temperatura (AT), Saída Analógica (AQ), AS, MD, PI, MX, AR, DR e Valores Constantes	

ANEXO B – Entradas e Saídas CLP's WEG

Entradas Analógicas		
Resolução	Unidade Básica	12 bits
	Unidade de Expansão	12 bits
Faixa de Tensão Aceitável	Unidade Básica	0~10 Vcc ou 24 Vcc quando utilizada como entrada digital
	Unidade de Expansão	0~10 Vcc ou 0~20 mA
Sinal de Tensão na Entrada para estado "DESLIGADO"	< 5 Vcc (quando utilizada como entrada discreta 24 Vcc)	
Sinal de Tensão na Entrada para estado "LIGADO"	> 9,8 Vcc (quando utilizada como entrada discreta 24 Vcc)	
Isolamento	Nenhum	
Proteção Contra Curto-Circuito	Sim	
Quantidade Disponível	Unidade Básica	A01-A04
	Unidade de Expansão	A05-A08

Saídas à Relé	
Material dos Contatos	Liga de Prata
Regime de Corrente	8A
Regime HP - pode acionar diretamente motores nesta potência	120 Vca: 1/3 HP 250 Vca: 1/2 HP
Carga Máxima	Resistiva: 8A / ponto Indutiva: 4A / ponto
Tempo de Resposta	15ms (condição normal)
Expectativa de Vida	100.000 operações com carga nominal
Carga Mínima	16,7 mA

Saídas à Transistor	
Frequência Máxima da Saída PWM	1 KHz (0,5 ms ligado, 0,5 ms desligado)
Frequência Máxima da Saída Padrão	100 Hz
Especificações da Tensão	10 ~ 28,8 Vcc
Capacidade da Corrente	1 A
Carga Máxima	Resistiva: 0,5A / ponto Indutiva: 0,3A / ponto
Carga Mínima	0,2 mA

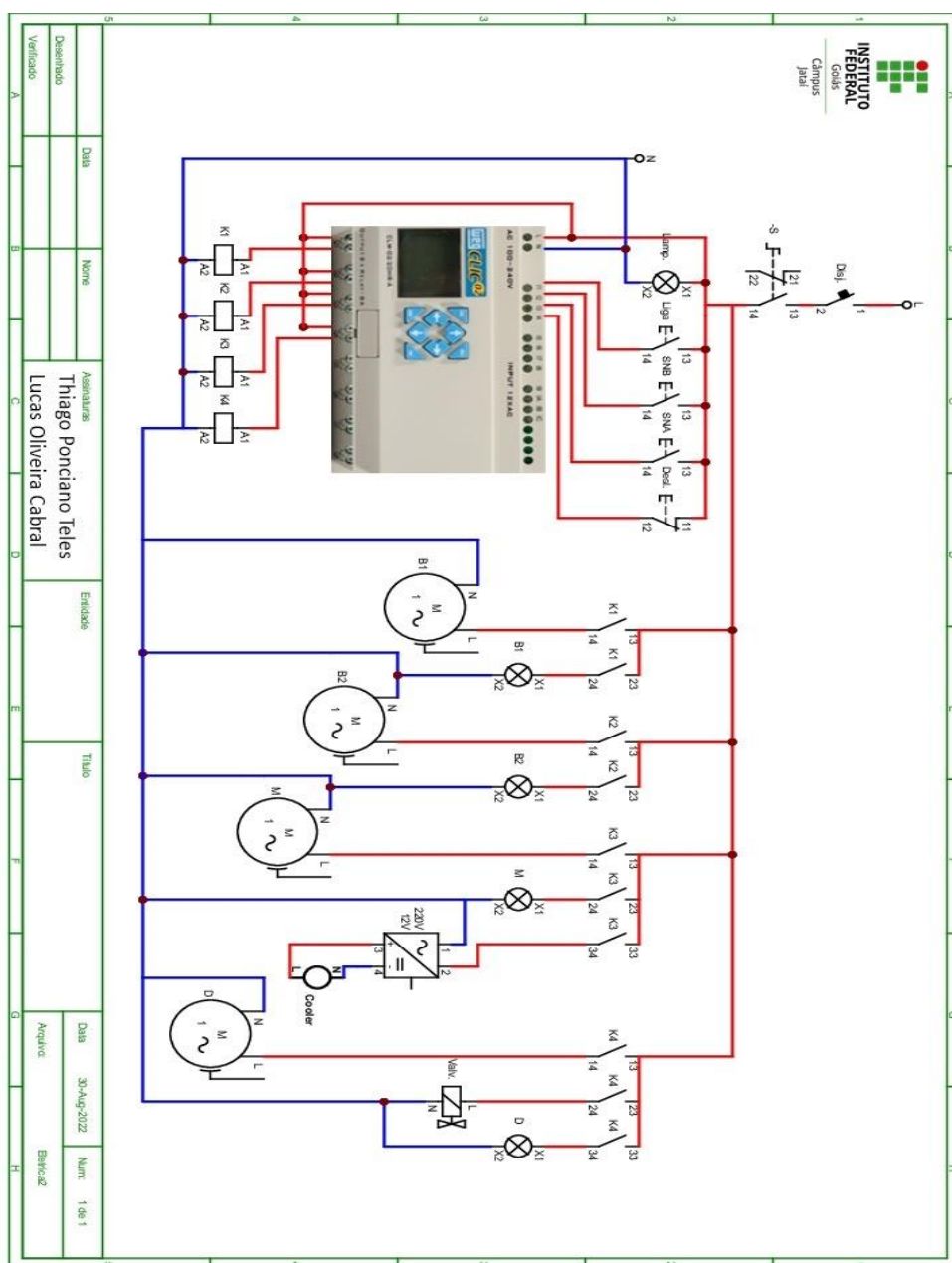
ANEXO C – Modelos CLP's WEG

Modelo	Tensão de Alimentação	Entradas		Saídas Digitais		Display & Teclado	Comunicação RS-485	Máximo de E/S	Item
		Digital	Analógica	Relé	Transistor				
CLW-02/12HR-D	24 Vcc	6 (8) *1	2 *1	4	-	√, Z01-Z04	-	36 + 4 *2	11266102
CLW-02/12HT-D		6 (8) *1	2 *1	-	4	√, Z01-Z04	-	36 + 4 *2	11268415
CLW-02/20HR-D		8 (12) *1	4 *1	8	-	√, Z01-Z04	-	44 + 4 *2	11268416
CLW-02/20HT-D		8 (12) *1	4 *1	-	8	√, Z01-Z04	-	44 + 4 *2	11268417
CLW-02/20VR-D		8 (12) *1	4 *1	8	-	√, Z01-Z04	MODBUS incorporado	44 + 4 *2	11268449
CLW-02/20VT-D		8 (12) *1	4 *1	-	8	√, Z01-Z04	MODBUS incorporado	44 + 4 *2	11268451
CLW-02/20HR-12D	12 Vcc	8 (12) *1	4 *1	8	-	√, Z01-Z04	-	44 + 4 *2	11268448
CLW-02/10HR-A	100 ~ 240 Vca	6	-	4	-	√, Z01-Z04	-	34 + 4 *2	11266099
CLW-02/20HR-A		12	-	8	-	√, Z01-Z04	-	44 + 4 *2	11266138

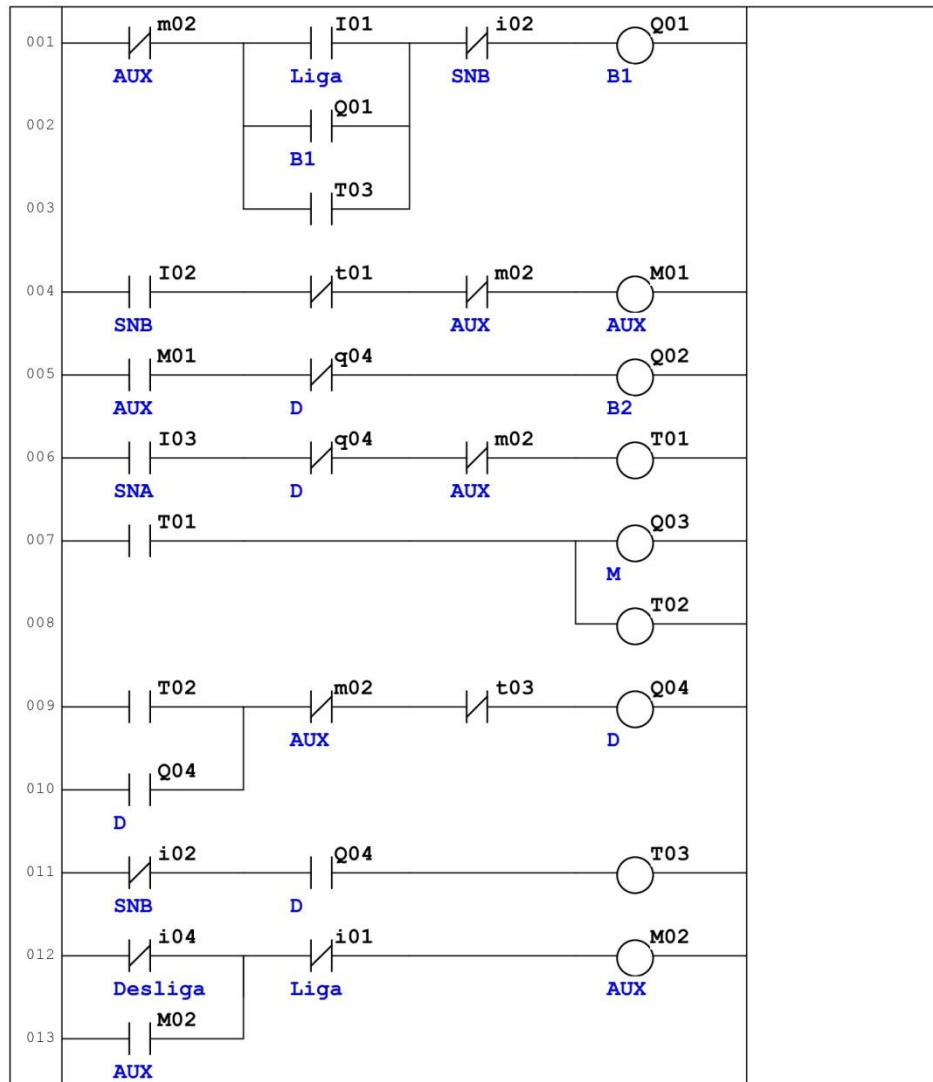
ANEXO D – Benefícios do CLP

Características do sistema com CLP	Benefícios
Uso de componentes de estado sólido	Alta confiabilidade
Memória programável	Simplifica mudanças Flexibiliza o controle
Pequeno tamanho	Necessita de um espaço mínimo para instalação
Microprocessador	Capacidade de comunicação Alto nível de performance Alta qualidade dos produtos Possibilidade de trabalhar com muitas funções simultaneamente
Contadores/temporizadores via <i>software</i>	Facilidade para alterar <i>presets</i> Elimina <i>hardware</i>
Controle de relés via <i>software</i>	Reduz custo em hardware/cabeamento Redução de espaço
Arquitetura modular	Flexibilidade para instalação Facilmente instalado Redução de custos de <i>hardware</i> Expansibilidade
Variedades de interfaces de I/O	Controle de uma grande variedade de I/O Elimina um controle dedicado
Estações remotas de I/O	Elimina cabeamentos longos
Indicadores de diagnóstico	Reduz tempo de manutenção Sinaliza a operação correta/incorreta do sistema de controle
Interfaces modulares de I/O	Facilita a manutenção Facilita o cabeamento
Variáveis de sistema alocadas na memória de dados	Facilita gerenciamento/manutenção Podem ser colocadas na forma de um relatório de saída

ANEXO E – Esquema Elétrico com CLP



ANEXO F – Programação *Ladder Clic* 02



ANEXO G – Programação FBD Clic 02

