

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO  
“ADIB MOISÉS DIB”**

**ARLINDO FERREIRA ARAUJO JUNIOR  
ENZO SIMÃO DE LIMA  
GABRIEL OLIVEIRA PAULON  
JURANDIR FERNANDES DE MOURA  
RAFAEL FERNANDES DA SILVA**

**MONITORAMENTO E CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
SIMULADOS EM BANCADA DIDÁTICA**

São Bernardo do Campo - SP  
Novembro/ 2022

**ARLINDO FERREIRA ARAUJO JUNIOR  
ENZO SIMÃO DE LIMA  
GABRIEL OLIVEIRA PAULON  
JURANDIR FERNANDES DE MOURA  
RAFAEL FERNANDES DA SILVA**

**MONITORAMENTO E CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
SIMULADOS EM BANCADA DIDÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Professor Me. Marco Antônio Baptista de Sousa

São Bernardo do Campo - SP  
Novembro/ 2022

**ARLINDO FERREIRA ARAUJO JUNIOR  
ENZO SIMÃO DE LIMA  
GABRIEL OLIVEIRA PAULON  
JURANDIR FERNANDES DE MOURA  
RAFAEL FERNANDES DA SILVA**

**MONITORAMENTO E CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
SIMULADOS EM BANCADA DIDÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Professor Me. Marco Antônio Baptista de Sousa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em:     /     /2022

Banca Examinadora:

---

Prof. Me. Marco Antônio Baptista de Sousa, FATEC SBC - Orientador

---

Prof. Dr. \_\_\_\_\_, FATEC SBC - Avaliador

---

Prof. Esp. \_\_\_\_\_, FATEC SBC - Avaliador

Agradecemos aos nossos familiares e todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente em nossa trajetória de formação. Este trabalho é dedicado a todas elas.

Agradecemos ao Professor Me. Marco Antônio Baptista de Sousa pela ajuda durante a elaboração deste trabalho.

“Faça ou não faça. Tentativa não há”

Yoda.

## RESUMO

Este projeto tem como objetivo geral a simulação de processos industriais em uma bancada didática presente nas instalações da Faculdade de Tecnologia Adib Moisés Dib. Para tanto, foi necessário a reestruturação deste equipamento, jamais utilizado e nos valendo de seus recursos até então inexplorados, tendo como consequência prática um equipamento funcional para os próximos colegas que passarão pela FATEC “Adib Moisés Dib”, contribuindo, assim, para uma formação mais completa dos alunos. A princípio foi realizado um levantamento de todos os componentes presentes na bancada e em seguida, foram testados para garantir seu uso e simultaneamente foram realizados ajustes nas instalações elétricas do painel e identificadas com anilhas. Na área de software foi realizado a criação de um novo programa para o CLP e um novo layout para IHM que atendesse as necessidades no grupo para essa reestruturação. Para a execução deste projeto as pesquisas bibliográficas forneceram dados para dar sustentação, assim como a metodologia científica que foi fundamental na orientação, fornecendo métodos e técnicas para a execução com sucesso deste “retrofit”, que nos permitiu demonstrar de forma prática, como o monitoramento e controle de processos industriais são feitos através de sinais de sensores, válvulas, atuadores, motores e malhas de controle.

**Palavras-chave:** Bancada didática, Monitoramento, IHM, CLP.

## **ABSTRACT**

This project has as general objective the simulation of industrial processes in a didactic workbench present in the facilities of the Faculdade de Tecnologia Adib Moisés Dib. Therefore, it was necessary to restructure this equipment, never used and making use of its hitherto unexplored resources, having as a practical consequence a functional equipment for the next colleagues who will pass through FATEC "Adib Moisés Dib", thus contributing to a training most complete of students. At first, a survey was carried out of all the components present on the bench and then they were tested to ensure their use and simultaneously adjustments were made to the electrical installations of the panel and identified with washers. In the software area, a new program was created for the PLC and a new layout for the HMI that would meet the needs of the group for this restructuring. For the execution of this project, the bibliographic research provided data to support it, as well as the scientific methodology that was fundamental in the orientation, providing methods and techniques for the successful execution of this "retrofit", which allowed us to demonstrate in a practical way, how the monitoring and control of industrial processes are done through signals from sensors, valves, actuators, motors and control loops.

**Keywords:** Didactic bench, Monitoring, HMI, PLC.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fluxograma de funcionamento de um CLP .....	18
Figura 1.2 - CLP .....	19
Figura 1.3 - Tela de uma aplicação do software Elipse SCADA.....	20
Figura 1.4 - Ilustração de uma infraestrutura do sistema SCADA .....	21
Figura 1.5 - Transmissor de Pressão SMAR LD301 .....	23
Figura 1.6 - Rotâmetro 440 - Conaut.....	23
Figura 1.7 - Termopar PT100 ECIL .....	24
Figura 1.8 - Transmissor de Posição FY301 SMAR.....	25
Figura 1.9 - Transmissor de Nível Ultrassônico NIVELCO .....	25
Figura 1.10 - Sensor de nível capacitivo .....	26
Figura 1.11 - Célula de Carga .....	27
Figura 1.12 - Inversor de Frequência CFW08 WEG.....	27
Figura 1.13 - Controlador de Potência TH6200A36 .....	28
Figura 1.14 - Fonte 24Vcc.....	29
Figura 1.15 - Bomba Hidráulica.....	29
Figura 1.16 - Válvula Solenoide – 24vcc - FESTO .....	30
Figura 1.17 - Disjuntor .....	31
Figura 1.18 - Contator .....	31
Figura 1.19 - Relé de nível RNS 220.....	32
Figura 1.20 - Relé Temporizador - Finder .....	33
Figura 1.21 - Resistencia de imersão.....	33
Figura 1.22 - Termostato Eletrônico Novus N321 .....	34
Figura 1.23 - Relé acoplador RS30 LP24Vcc 1NO .....	35
Figura 1.24 - Acoplador analógico conversor A/D D/A C904245.6 K6 V/I 24VCC ....	35
Figura 1.25 - Exemplo protocolo Modbus.....	37
Figura 2.1 - Bancada didática.....	38
Figura 2.2 - Diagrama elétrico de potência.....	40
Figura 2.3 - Diagrama elétrico do sistema de comando .....	40
Figura 2.4 - Diagrama elétrico das ligações nos controles.....	41
Figura 2.5 - Diagrama P&D do processo atual.....	42
Figura 2.6 - Lógica de comunicação CLP x Supervisório .....	43

Figura 2.7- Lógica do CLP de compactação de Bits .....	44
Figura 2.8 - Tela Supervisório para teste manual E/S CLP .....	45
Figura 2.9 - Tela de configuração comunicação Supervisório.....	45
Figura 3.1 - Trocador de calor (em azul) que foi desativado.....	49
Figura 3.2 - Realizando troca de tubulações.....	49
Figura 3.3 - Conexões com mangueiras industriais.....	50
Figura 3.4 - Conexões vedadas com silicone industrial.....	50
Figura 3.5 - Componentes eletroeletrônicos inseridos no painel.....	51
Figura 3.6 - Painel elétrico após as adequações iniciais.....	52
Figura 3.7 - Desenvolvimento da programação do CLP.....	53
Figura 3.8 - Interface de operação manual do CLP.....	54
Figura 3.9 - Layout inicial do sistema supervisório.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	Business Process Management
CC	Corrente Continua
CA	Corrente Alternada
CLP	Controlador Lógico Programável
IDE	Integrated Development Environment
IHM	Interface Homem Máquina
OPC	OLE for Process Control
P&I	Pipe and Instrumentation
PC	Personal Computer
RX	Receiver
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SSC	Sistema de Supervisão e Controle
TX	Transmitter
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
1.1 Histórico de gestão de processos .....	17
1.2 Controlador logico programável (clp).....	18
1.3 Sistema supervisório .....	19
1.3.1 SCADA .....	19
1.3.2 Software de sistemas supervisórios .....	21
1.4 Sensores .....	21
1.4.1 Sensor de pressão.....	22
1.4.2 Rotâmetro .....	23
1.4.3 Termoresistência .....	24
1.4.4 Sensor de posição .....	24
1.4.5 Sensor de nível ultrassônico.....	25
1.4.6 Sensor de nível capacitivo.....	26
1.4.7 Células de carga.....	26
1.5 Inversor de frequência .....	27
1.6 Controlador de potência .....	27
1.7 Fonte.....	28
1.8 Bombas hidráulicas.....	29
1.9 Válvula solenoide .....	30
1.10 Disjuntor .....	30
1.11 Contator.....	31
1.12 Relé de nível.....	32
1.13 Relé temporizador .....	32
1.14 Resistência.....	33
1.15 Controlador de temperatura .....	34
1.16 Relé acoplador .....	34
1.17 Relé acoplador / conversor da / ad .....	35
1.18 Redes industriais.....	36
1.18.1 Comunicação modbus .....	36

<b>1.19</b>	<b>Metodologia de análise - as built</b> .....	<b>37</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
<b>2.1</b>	<b>As Built do esquema elétrico</b> .....	<b>39</b>
<b>2.2</b>	<b>As Built do P&amp;ID</b> .....	<b>42</b>
2.2.1	Testes prévios do clp e supervisório .....	43
2.2.2	Teste de comunicação clp/supervisório.....	43
2.2.3	Teste das entradas e saídas do clp .....	43
2.2.4	Tela do supervisório de teste de e/s do clp .....	44
2.2.5	Tela de comunicação supervisório x clp .....	45
<b>2.3</b>	<b>Considerações após o As built</b> .....	<b>45</b>
2.3.1	Funcionamento em teoria do sistema atual.....	46
2.3.2	Apontamentos levantados .....	47
2.3.2.1	Sistema hidráulico - P&ID.....	47
2.3.2.2	Sistema elétrico .....	47
2.3.2.3	Programa do CLP .....	48
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b> .....	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>Desenvolvimento hidráulico</b> .....	<b>49</b>
3.1.1	Desafios encontrados no desenvolvimento do sistema hidráulico.....	52
<b>3.2</b>	<b>Desenvolvimento elétrico</b> .....	<b>52</b>
3.2.1	Desafios encontrados no desenvolvimento do sistema elétrico. ....	53
<b>3.3</b>	<b>Desenvolvimento de programação</b> .....	<b>54</b>
3.3.1	Desafios encontrados no desenvolvimento do software.....	55
<b>3.4</b>	<b>Desenvolvimento e aplicação do sistema supervisório</b> .....	<b>56</b>
3.4.1	Desafios encontrados no desenvolvimento do sistema supervisório.....	56
<b>3.5</b>	<b>Descrição de funcionamento</b> .....	<b>57</b>
3.5.1	Rotina automática de funcionamento. ....	58
<b>3.6</b>	<b>Sugestões de melhorias</b> .....	<b>59</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>62</b>

REFERÊNCIAS.....	63
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE B - DIAGRAMA ELÉTRICO DO SISTEMA DE COMANDO .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE C - DIAGRAMA ELÉTRICO DAS LIGAÇÕES NOS CONTROLES .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE D - DIAGRAMA P&amp;D DO PROCESSO ATUAL .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE E - DESCRITIVO DE FUNCIONAMENTO EM AUTOMÁTICO.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE F - ORIENTAÇÃO DE UTILIZAÇÃO PARA O PROFESSOR.....</b>	<b>72</b>

## INTRODUÇÃO

Os diferentes tipos de processos industriais seguem em constante evolução, desenvolvendo-se à medida que as necessidades e a tecnologia mudam, sempre com o intuito de reduzir custos, tempo, falhas, perdas etc. Com o advento dos conceitos de informática dentro da indústria, nunca foi tão importante adquirir dados, tratá-los de forma a fazer sentido e então utilizá-los para tomadas de decisão rápidas e eficazes, que atendam os critérios acima mencionados.

Indústrias, das mais diversas vertentes, tem como necessidade vital entender o que se passa em cada etapa dos processos envolvidos na fabricação de seus produtos. Valendo-se de sinais analógicos, sinais digitais e sensores dos mais diversos tipos, monitorando grandezas como: vazão, pressão, temperatura, velocidade, nível, densidade etc., os sistemas de controle e supervisão fazem sua parte no complexo mundo da automação industrial. Como exemplos de segmentos industriais que utilizam tais recursos, pode-se citar indústrias petrolíferas, especificamente, mas não se limitando ao processo de refino e beneficiamento do petróleo, indústrias têxteis, nos processos de tingimento, indústrias alimentícias na esterilização, fermentação e processamento de insumos e muitas outras. É possível também extrapolar estes conceitos para além dos vastos horizontes industriais, por exemplo, nos setores de construção civil com seus sistemas de ar-condicionado, sistemas de bombeamento, sistemas de aquecimento etc.

Neste trabalho será construído um processo genérico que contenha os principais elementos citados acima. Onde, valendo de sinais de sensores presentes no “campo”, como atuadores, controlador lógico programável e sistema de supervisão integrados, monitorar e controlar as etapas do processo.

O projeto proposto será interligado a um sistema supervisório, monitorando o processo e suas variáveis, efetuando alguns comandos necessários para o funcionamento:

- ligar ou desligar uma bomba, por exemplo, baseado na necessidade de uma determinada etapa e/ou disponibilidade de recursos;
- Definição de *set points* de temperatura, nível e vazão
- Controle de válvulas para direcionamento de fluxo;

- Controle de Nível;
- Controle de Temperatura;
- Controle de Vazão;
- Processo de Batelada;
- Monitoramento de nível de água do reservatório;
- Monitoramento de temperatura do fluido.

As vantagens de se monitorar um sistema desta forma são muitas. Dentre as quais se pode citar:

- Precisão no controle das etapas do processo;
- Relatórios confiáveis, com dados obtidos diretamente do processo;
- Previsão de necessidades de manutenções;
- Intervenção remota por meio do supervisório;
- Segurança para o operador;

O trabalho é dividido essencialmente em:

- **Fundamentação teórica**, em que se apresenta os elementos de pesquisa teóricas que atendam o projeto, as referências técnicas e pesquisas sobre características de componentes;

- **Metodologia**, em que se mostra os métodos e ferramentas utilizados no desenvolvimento do trabalho e construção do projeto;

- **Desenvolvimento do projeto**, em que se descreve a montagem de um protótipo de simulação do projeto, seus circuitos, suas características físicas bem como o funcionamento;

- **Considerações finais**, em que externamos nossas considerações quanto a concepção, desenvolvimento e conclusão do projeto.



## 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo encontram-se as teorias de autores especializados nas áreas que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto.

### 1.1 Histórico de Gestão de Processos

Conceituam a gestão por processos como “um enfoque sistêmico de projetar e melhorar de forma contínua os processos organizacionais, por pessoas devidamente capacitadas e trabalhando em equipe, unindo capacidades tecnológicas e inovadoras, com o objetivo de agregar valor para o cliente”. Tendo em vista que os valores agregados passam por transformações ao longo do tempo, os processos têm necessidade de evoluírem ao longo de sua vida com o propósito de manter o cliente satisfeito (CARVALHO, 2017).

O início da ideia de gestão de processos surgiu após a revolução industrial, onde diversos estudiosos dedicaram seu tempo no estudo e melhoria organizacional e dos métodos de produção, criando metodologias focadas para a indústria e sua gestão, como por exemplo o “Taylorismo” criado pelo Engenheiro Frederick Taylor, que trouxe um pensamento e estudo elaborado, simplificando o trabalho por meio de melhorias nas formas de como o processo é executado. Após ele, tiveram outros estudiosos muito importantes para este tema como, Henry Ford com a metodologia denominada por “Fordismo”, onde surgiram as linhas de montagem e outras metodologias como *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), “Toyotismo” e “Seis Sigma”, cada uma delas com seu propósito, mas todas focadas no processo de produção (AIEC, 2022).

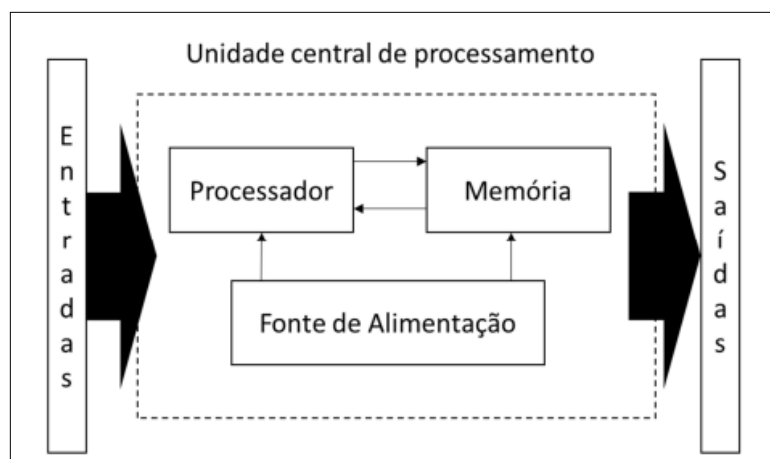
Com o avanço da tecnologia a cada dia, nos anos 2000, surgiram os conceitos de gestão de processo de negócios ou *Business Process Management* (BPM). A tecnologia da informação e a automação, neste momento, se tornam inseparáveis para o controle e monitoramento de processos industriais, com sensores e softwares (AIEC, 2022).

O foco desde Frederick Taylor, até os dias atuais, é a melhoria contínua, sempre buscando métodos de facilitar e diminuir o tempo de execução (AIEC, 2022).

## 1.2 Controlador Logico Programável (CLP)

Segundo VIEIRA (2022), a definição de CLP conforme a Associação Nacional de Fabricantes Elétricos NEMA (*National Electrical Manufactures Association*) é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e implementar funções específicas, como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos” como exemplificado na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Fluxograma de funcionamento de um CLP



Fonte: <http://www.gt2.com.br/site/wp-content/uploads/2018/03/CLP.pdf>, 2022

É um equipamento eletrônico que realiza funções de controle e monitoramento de máquinas e processos diversos, através de programas desenvolvidos pelo usuário para cada ocasião específica, possui uma estrutura é muito similar à de um computador, pois possui hardware e software, CPU, memórias e portas de comunicação, sua principal diferença é que foi projetado para situações extremas da indústria, como por exemplo, exposição a pó, ruídos, altas temperaturas, entre outros fatores (TECNOLOGIA, 2022).

O CLP é responsável por flexibilizar a produção em linha. Reduzindo o tempo, o desperdício e o custo, resultado em um aumento de produtividade e lucratividade (TECNOLOGIA, 2022).

De acordo com AUTOMAÇÃO(2022) seu funcionamento é em tempo real, analisa os sinais de entrada, e saída conforme a programação que foi desenvolvida,

na maior parte dos casos sua comunicação é via canais seriais ou Ethernet, geralmente é feita uma comunicação com um computador para supervisionar o funcionamento e as etapas de execução, como exemplificado na Figura 1.2.

Figura 1.2 – CLP



Fonte: <https://m6.com.br/shop/produto/clp-cpu-24-ed-16-sd-rele-rs-232-110-240-vac-fbs-40mcr2>, 2022

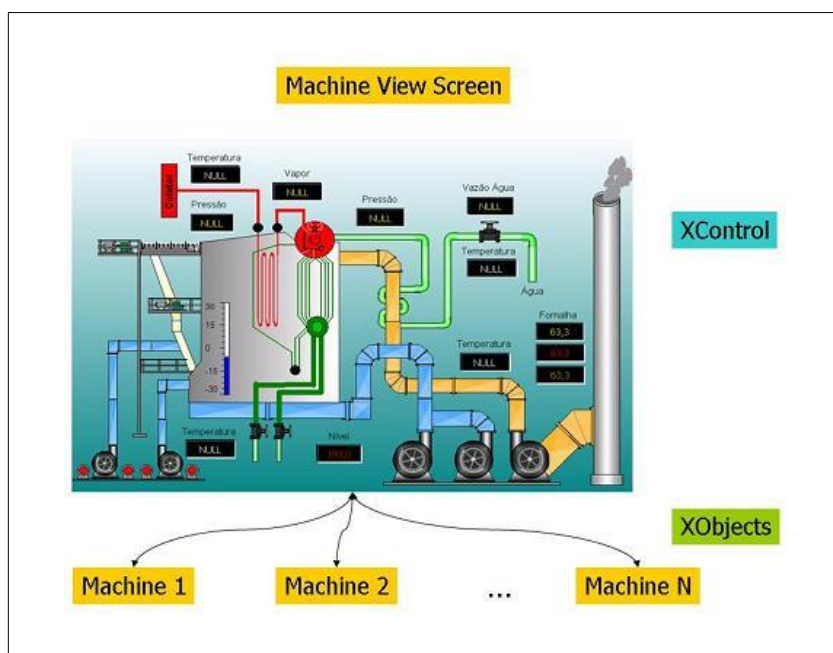
### 1.3 Sistema Supervisório

Sistemas supervisórios são equipamentos que coletam e armazenam informações em um banco de dados por meio de redes sobre um processo de produção, exemplificando a etapa em que o processo se encontra, informações recebidas de sensores que coletam variáveis de processos e outras informações importantes para o processo produtivo, após essa captura e armazenamento de dados, essas informações são manipuladas e apresentadas em uma tela customizada para a consulta/intervenção do usuário. Entre suas vantagens, as principais são operação remota do processo, análise de tendências e alarmes de falhas (COELHO, 2010).

#### 1.3.1 SCADA

Segundo MOTT (2022) o objetivo principal dos sistemas de Controle Supervisório e Aquisição de Dados, comumente chamados de SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*), é possibilitar o acompanhamento em tempo real, de todas as informações através de uma interface gráfica e banco de dados. Esse sistema de automação industrial utiliza alta tecnologia em redes de comunicação para monitoramento dos processos industriais, como mostra a Figura 1.3.

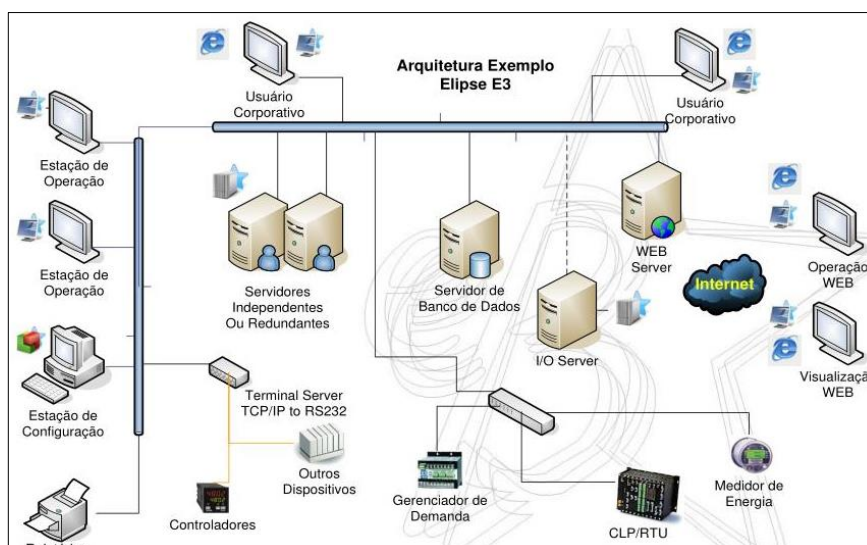
Figura 1.3 – Tela de uma aplicação do software Elipse SCADA



Fonte: <https://kb.elipse.com.br/como-o-elipse-e3-funciona/>, 2022

Segundo MOTT (2022) no SCADA são criados Tags (etiquetas) que são variáveis envolvidas na aplicação e podem representar os pontos de saída e entrada de um CLP, tais como vazão, volume, temperatura, etc. Com base nesses valores lidos nas Tags, o sistema supervisório mostra ao usuário a situação de um determinado processo. O sistema também pode verificar variações do processo, gerando sinais na tela em forma de alarmes ou mensagens apontando qual é o problema identificado, representado na figura 1.4.

Figura 1.4 – Ilustração de uma infraestrutura do sistema SCADA



Fonte: <https://www.slideserve.com/abia/elipse-e3>, 2022

### 1.3.2 Software de sistemas supervisórios

Segue alguns sistemas supervisórios em destaque no mercado atualmente (MOTT, 2022):

- Elipse da Elipse Software;
- FactoryTalk View SE da Rockwell Automation;
- iFIX da General Electric.
- InduSoft Web Studio da InduSoft;
- ProcessView da SMAR;
- ScadaBR (open source) da MCA Sistemas;
- SIMATIC Wincc da Siemens;
- Vijeo Citect da Schneider Electric;

## 1.4 Sensores

Sensores são dispositivos capazes de detectar e transformar em sinal elétrico algum estímulo ou ação, que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionamento informações sobre uma grandeza física que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente aceleração posição etc (WENDLING, 2010).

Existem diversos modelos de sensores, específicos para cada necessidade, será usado: Sensor de Pressão, Rotâmetro, Termopar, Sensor de Posição e Sensor de Nível Ultrassônico.

- **Sensores analógicos**

Este tipo de sensor assume qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, dentro de sua faixa de operação (WENDLING, 2010).

Tais variáveis são mensuradas por elementos sensíveis com circuitos eletrônicos não digitais (WENDLING, 2010).

- **Sensores digitais**

Este tipo de sensor só pode assumir apenas 2 valores de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados como 0 e 1. Desta forma não existem grandezas físicas que assumam tais valores, mas são mostrados no sistema de controle após serem convertidos por circuito eletrônico (geralmente um comparador). Utilizado por exemplo, em detecção de objetos, encodes de distância ou velocidade, etc (WENDLING, 2010).

#### 1.4.1 Sensor de pressão

Um sensor de pressão tem como princípio de funcionamento transformar a pressão mecânica e um sinal elétrico proporcional, gerando um valor medido em Bar ou PSI. A medição da pressão diferencial é obtida através da aplicação de pressão aos lados de alta e de baixa do transmissor (SMAR, 2022).

Na ocasião, o sensor de pressão utilizado são um Manômetro, pressostato e transmissor de pressão. Na Figura 1.5 pode-se observar o sensor.

Figura 1.5 – Transmissor de Pressão SMAR LD301



Fonte: <https://www.smar.com/en/product/ld301-hart-pressure-transmitter>, 2022

#### 1.4.2 Rotâmetro

Segundo CONAUT (2021) o rotâmetro é um medidor de vazão capaz de medir líquidos e gases, o líquido passa internamente pelo sensor e quanto maior a vazão, maior o flutuador se eleva, podendo realizar a leitura da medição, exemplificado na Figura 1.6.

Figura 1.6 – Rotâmetro 440 - Conaut



Fonte: <https://www.conaut.com.br/produtos/medidor-de-vazao/rotametros/item/rotametro-de-area-variavel-modelo-440>, 2022

### 1.4.3 Termoresistência

Segundo TOSELLI (2022) as termoresistências ou RTD (PT100), usam o princípio da alteração da resistência elétrica dos metais com a temperatura. São as mais utilizadas industrialmente, devido a sua grande estabilidade, larga faixa de utilização e alta precisão, como exemplificado na figura 1.7.

Figura 1.7 – Termopar PT100 ECIL



Fonte: <https://www.pctflow.com/our-products/temperature/probes/pct-pt100-rtd-with-terminal-head-and-instrument-connection/>, 2022

### 1.4.4 Sensor de posição

De acordo com SMAR (2022) sensor de posição inteligente de válvula de controle linear ação simples ou dupla, que converte um parâmetro físico em uma distância, aproximação ou até mesmo confirma a presença do objeto no local específico, como mostra a Figura 1.8.



Figura 1.8 – Transmissor de Posição FY301 SMAR



Fonte: <https://www.smar.com/en/product/fy301-smart-valve-positioner>, 2022

#### 1.4.5 Sensor de nível ultrassônico

Segundo CONAUT (2021) o sensor ultrassônico utilizado na medição contínua e precisa do nível de produtos líquidos ou sólidos, não possui qualquer parte mecânica em contato com o processo emite ondas sonoras de alta frequência, ao entrar em contato com o objeto, essas ondas refletem e retornam ao sensor, dependendo da distância do objeto em relação ao sensor, essas ondas retornam com menor ou maior intensidade, e relativamente, essa intensidade de retorno das ondas é transformada em grandeza, medindo a distância do objeto em relação ao sensor como mostra a Figura 1.9.

Figura 1.9 – Transmissor de Nível Ultrassônico NIVELCO



Fonte: <https://www.conaut.com.br>, 2022

#### 1.4.6 Sensor de nível capacitivo

Segundo SANTANA (2022) é um sensor é instalado em paralelo a parede de um tanque por exemplo, e pode medir o nível de fluídos condutores ou não. A medida é realizada conforme o nível aumenta a capacitância aumenta progressivamente, como exemplificado na Figura 1.10.

Figura 1.10 – Sensor de nível capacitivo

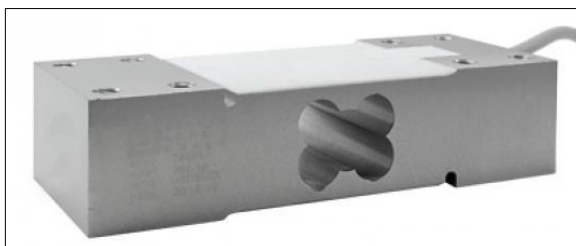


Fonte: [https://www.pt.endress.com/\\_\\_image/a/42370/k/7ad554ccb706e2d8090b24f22f10a3b0bdd7b5b0/ar/3-4/w/240/t/jpg/b/ffffff/n/true/fn/Liquicap\\_FMI51\\_PP\\_4.jpg](https://www.pt.endress.com/__image/a/42370/k/7ad554ccb706e2d8090b24f22f10a3b0bdd7b5b0/ar/3-4/w/240/t/jpg/b/ffffff/n/true/fn/Liquicap_FMI51_PP_4.jpg), 2022

#### 1.4.7 Células de carga

De acordo com TOLEDO (2022) é um sensor eletromecânico capaz de medir o peso pela força aplicada sobre a célula até a deformação da mesma, ou seja, quanto maior o peso, maior a deformação e por meio de um transdutor esta deformação é convertida em uma saída elétrica que possibilita realizar a medida com base em sua variação elétrica, que se exemplificado na Figura 1.11.

Figura 1.11 – Célula de Carga



Fonte: <https://www.prosolucoes.ind.br/admin/up/1508796089220370197.jpg>, 2022

## 1.5 Inversor de frequência

Segundo WEG (2022) o Inversor de Frequência é um dispositivo eletrônico capaz de variar a velocidade de giro de um motor de indução transformando corrente elétrica alternada fixa (corrente e tensão) em corrente elétrica CA variável controlando a potência consumida pela carga através da variação da frequência entregue pela rede, como mostra a Figura 1.12.

Figura 1.12 – Inversor de Frequência CFW08 WEG



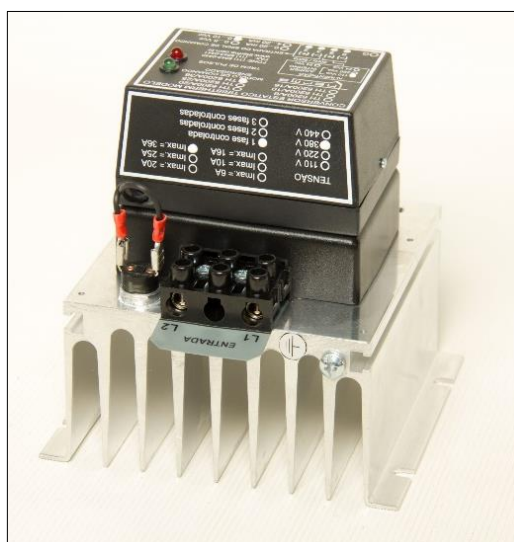
Fonte <https://www.eser.com.br/produto/17/weg-inversor-de-frequencia-cfw08>, 2022

## 1.6 Controlador de potência

De acordo com THERMA (2022) é um equipamento que controla a potência sobre cargas resistivas, permitindo a passagem controlada de energia elétrica, normalmente usados em equipamentos industriais que possuam resistências

elétricas, estes controles são feitos por meio de um sinal proveniente do CLP, determinando assim o controle do percentual de potência de saída do mesmo, promovendo assim algumas vantagens como: precisão, durabilidade, aumento da vida útil das resistências e economia de energia, exemplificado na Figura 1.13.

Figura 1.13 – Controlador de Potência TH6200A36



Fonte <https://therma.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Shooting-Therma-02.09-30-scaled.jpg>, 2022

## 1.7 Fonte

Segundo SILVEIRA (2022) é basicamente uma fonte de alimentação que recebe 110V/220V corrente alterna em sua entrada e converte para 24V tanto em corrente contínua ou alternada para alimentar os circuitos eletrônicos. Normalmente é utilizado 24Vcc, que possui em sua construção retificadores, que transformam de CA pra CC, assim para energizar as botoeiras dos painéis elétricos evitando choque elétrico, como mostra a Figura 1.14.

Figura 1.14 – Fonte 24Vcc



Fonte <https://www.mctecnica.com.br/gerenciar-portal/area-adm/galeria/0.182993001566385801.jpg>, 2022

## 1.8 Bombas hidráulicas

Segundo BRASIL (2010) as bombas convertem energia mecânica em energia hidráulica. A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, o que permite que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar na bomba. A bomba passará o fluido para a abertura de descarga, forçando-o através do sistema hidráulico. As bombas são classificadas, basicamente, em dois tipos: hidrodinâmicas e hidrostáticas, como exemplificado na Figura 1.15.

Figura 1.15 – Bomba Hidráulica

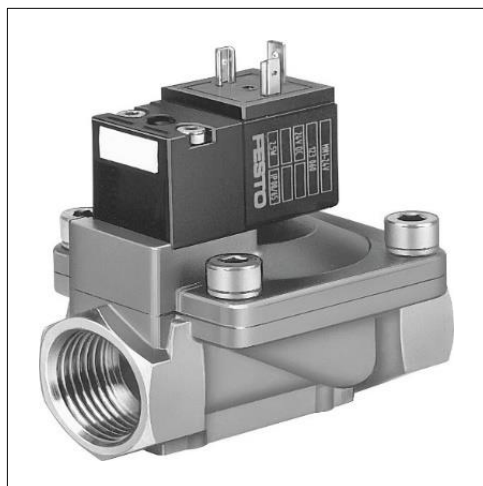


Fonte: <https://esaeletrotechnica.com.br/imagens/informacoes/bomba-hidraulica-eletrica-01.jpg>, 2022

## 1.9 Válvula solenoide

Segundo PANIN (2022) a válvula solenoide realiza a mesma função que uma válvula comum, sendo que sua diferença é que seu controle de fluxo é elétrico, abrindo ou fechando por comando elétrico por meio de uma bobina. Quando a bobina é energizada, um campo magnético é criado, fazendo com que um êmbolo dentro da bobina se mova. Dependendo do desenho da válvula, o êmbolo irá abrir a válvula solenoide ou fechar a válvula. Quando a corrente elétrica é removida da bobina, a válvula retornará ao seu estado desenergizado, como mostra a Figura 1.16

Figura 1.16 – Válvula Solenoide – 24vcc - FESTO



Fonte: FESTO, 2020

## 1.10 Disjuntor

Segundo RIBEIRO (2001) o disjuntor é um equipamento de segurança muito usado em instalações elétricas, ele basicamente filtra sobrecargas ou curtos-circuitos. Tem o intuito de proteger os elementos existentes no circuito caso ocorra uma corrente de pico maior que o limite suportado pelo mesmo ele desarma cortando a corrente e impedindo que essa eventualidade danifique algum componente. Após ser desarmado, o disjuntor pode ser rearmado várias vezes para que assim haja a continuação do funcionamento do circuito, como ilustra a Figura 1.17.

Figura 1.17 – Disjuntor



Fonte: [https://www.eleetrofm.com.br/img/products/disjuntor-tripolaruntor-c32\\_1\\_1200.jpg](https://www.eleetrofm.com.br/img/products/disjuntor-tripolaruntor-c32_1_1200.jpg), 2022

### 1.11 Contator

De acordo com FREGONEZI (2022) o contator tem seu funcionamento semelhante a de um relé, ele possui um conjunto de contatos que serão acionados via eletroímã que funciona quando é energizado, ele basicamente opera como um interruptor para cargas de altas potências e em conjunto com o acionamento de potência tem contatos auxiliares NA e NF, exemplificado na Figura 1.18.

Figura 1.18 - Contator



Fonte: Catálogo Minicontatores CWC WEG, 2022

### 1.12 Relé de nível

Segundo MATTEDE (2022) o relé de nível é utilizado para monitorização e regulação automática do nível de líquidos, fazendo medição da corrente eléctrica do líquido do reservatório por meio de um conjunto de eletrodos, que funcionam como sensores de presença ou ausência de líquido. O funcionamento baseia-se em um circuito eletrônico que compara a corrente que circula entre os eletrodos ligados ao relé de nível, assim mudando os contatos de saída do relé de nível para a posição de trabalho ou repouso quando o líquido cobrir ou descobrir o eletrodo, conforme ilustra a Figura 1.19.

Figura 1.19 – Relé de nível RNS 220



Fonte: <https://www.controleeautomacao.net/rele-de-nivel-jng-jll/prod-2310595/>, 2022

### 1.13 Relé temporizador

De acordo com SOUZA (2022) é um relé que realiza comutações de estados de acordo com um temporizador, conforme configurado o timer, o relé aciona os contatos de saída, como mostra a Figura 1.20.

**Retardado na energização** – Esse tipo atua os contatos de saída após a contagem do tempo pré-definido ser ligado, dando um pulso ou ficando ligado dependendo do modelo (SOUZA, 2022).

**Retardado na desenergização** – Este atua os contatos quando ativado, conta o tempo ligado conforme o regulado e depois desliga, retornando ao estado inicial (SOUZA, 2022).



Figura 1.20 – Relé Temporizador - Finder



Fonte: FINDER, 2022

### 1.14 Resistência

É um equipamento específico para aquecimento de líquidos em reservatórios ou tanques (IMC, 2022).

Segundo IMC (2022) de acordo com a sua finalidade, é possível identificar diversas características especiais dentro do modelo de resistência de imersão, ressaltando principalmente a sua estrutura blindada, o alto desempenho e a elevada eficiência de seu potencial de aquecimento, como exemplifica a Figura 1.21.

Figura 1.21 – Resistencia de imersão

Fonte: <https://imcresistencias.com.br/blog/resistencia-de-imersao/>, 2022

### 1.15 Controlador de temperatura

RIBEIRO (2001) menciona que o controlador de temperatura é um instrumento capaz de manter a temperatura dentro de estreitos limites pré-determinados, ligando ou desligando algum dispositivo variador de temperatura assim que os limites máximo ou mínimo forem atingidos, como ilustra a Figura 1.22.

Figura 1.22 – Termostato Eletrônico Novus N321



Fonte: <https://www.novus.com.br/catalogos/Imagens/t2-n321.jpg>, 2022

### 1.16 Relé acoplador

WEIDMULLER C. (2022) menciona que o Relé Acoplador é também conhecido como isolador a relé ou interface a relé ou mesmo relé de segurança e tem a finalidade principal de proteção dos circuitos de controle, especialmente quando a carga é indutiva, nada mais é que interruptor elétrico que executa a função de abrir e fechar um circuito eletromecânico ou eletrônico mantendo a isolação elétrica entre o comando e o circuito, como mostra a Figura 1.23.

Figura 1.23 – Relé acoplador RS30 LP24Vcc 1NO



Fonte:WEIDMULLER, 2022

### 1.17 Relé acoplador / conversor DA / AD

Segundo WEIDMULLER C. (2022) no controle de um processo produtivo exige-se a monitoração de determinadas variáveis, tais como: pressão, vazão, nível, temperatura, tensão, corrente etc. Para isso utilizam-se sensores que enviam, para um sistema de controle, os valores dessas grandezas representados por sinais elétricos padronizados de corrente (0 ... 20mA ou 4 ... 20mA), ou tensão (0 ... 10V). Por sua vez, o sistema de controle retorna os sinais para os atuadores utilizando-se dos mesmos padrões de tensão e corrente. Porém, em determinadas aplicações alguns sinais espúrios chegam ao sistema de controle, através da fiação dos sensores e atuadores, afetando seu funcionamento. Portanto, estes casos, torna-se imprescindível a existência de um dispositivo que possa isolar estes sinais, evitando que afetem o sistema de controle, porém, mantendo as mesmas características do sinal original, como exemplifica a Figura 1.24

Figura 1.24 – Acoplador analógico conversor A/D D/A C904245.6 K6 V/I 24VCC



Fonte: WEIDMULLER, 2022

## 1.18 Redes Industriais

A redes industriais são um tipo de automação industrial, pois a comunicação entre os elementos que compõem um processo ou equipamentos, sensores, computadores, atuadores é realizado por meio dela (CÉSAR, 2022).

Existem diversos protocolos utilizados atualmente, cada um com uma particularidade diferente. São divididas em 3 grupos: Sensorbus, Devicebus, Fieldbus e a Ethernet que é subdividida em: TP/IP, Profinet, Ethernet/IP e Modbus (CÉSAR, 2022).

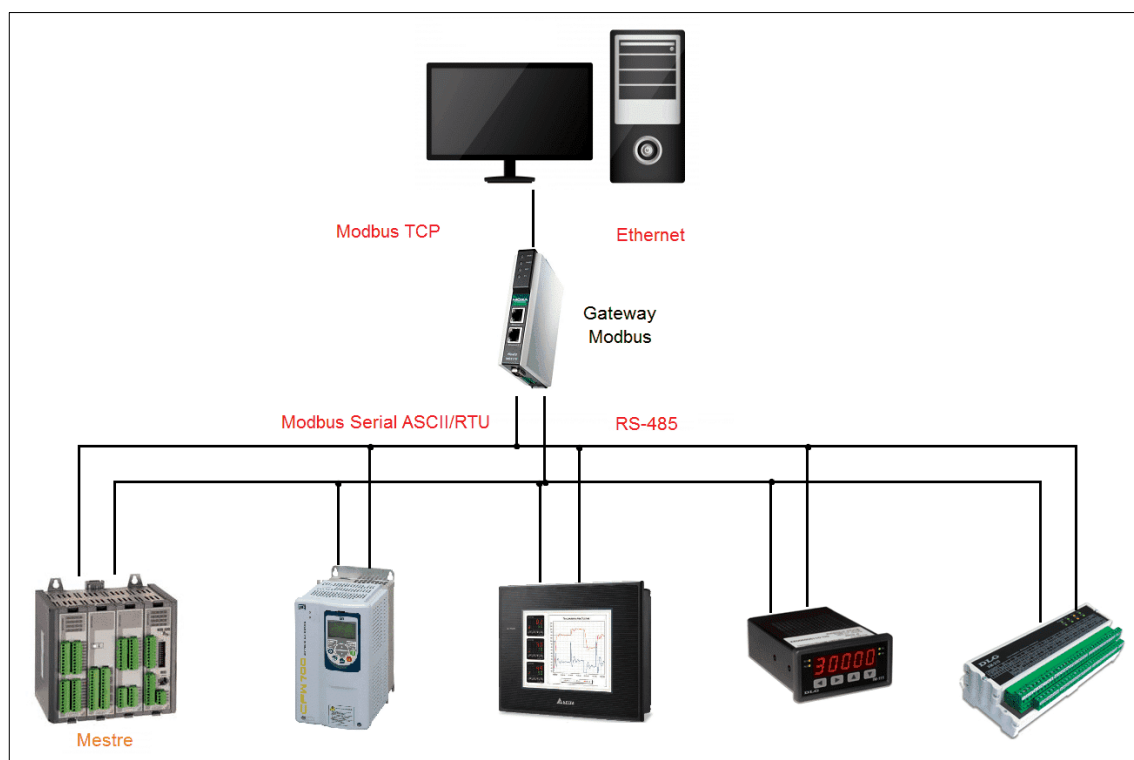
### 1.18.1 Comunicação Modbus

O protocolo Modbus é um dos mais utilizados na automação industrial, devido a facilidade e simplicidade de implementação, possibilitando ser implementado em diversos padrões diferentes de meio físico, (FREITAS, 2022) como:

- RS-232;
- RS-485;
- Ethernet TCP/IP.

Segundo FREITAS (2022) a velocidade de comunicação, o comprimento máximo da rede e o número de dispositivos variam conforme cada padrão citado acima, como ilustra a Figura 1.25.

Figura 1.25 – Exemplo protocolo Modbus.



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>, 2022

### 1.19 Metodologia de Análise - As Built

A expressão inglesa *as built* significa “como construído”. O projeto *as built*, portanto, é aquele que representa exatamente como as instalações elétricas de uma edificação ficaram após reforma, alteração ou construção (SIQUEIRA, 2022).

É de extrema importância para indústrias e empresas. Isso porque elas necessitam frequentemente de ampliações ou alterações no *layout* de suas instalações elétricas (SILVEIRA, 2022).

Quando essas alterações não são anotadas num projeto *as built*, qualquer manutenção ou ajuste se torna complexo. Até mesmo o crescimento pode ser um problema (SIQUEIRA, 2022).

No caso específico deste projeto, o *as built* se fez necessário devido a falta de informações técnicas vindas do fabricante do equipamento, o que impossibilita a correta utilização e entendimento da planta didática (SILVEIRA, 2022).

## 2 METODOLOGIA

Neste capítulo se encontra a trajetória que obtivemos no desenvolvimento do projeto. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da FATEC São Bernardo do Campo e nas residências dos integrantes do grupo.

Dentre os diversos autores que abordam o tema metodologia, Severino (2000) destaca que metodologia é o caminho percorrido para o desenvolvimento de uma pesquisa. Enfoca que métodos são procedimentos amplos de raciocínio, enquanto as técnicas são procedimentos mais restritos que operacionalizam os métodos mediante emprego de instrumentos adequados. Além de enfatizar que a preparação metódica e planejada de um trabalho científico supõe uma sequência de etapas que compreende: determinação do tema-problema; levantamento bibliográfico referente ao tema; leitura dessa bibliografia após a seleção; construção lógica do trabalho e redação do texto.

Com vistas ao objetivo deste trabalho que consiste na automatização de um processo industrial através vez da implementação de um sistema supervisório monitorando as variáveis de um processo comandado por um controlador lógico programável (CLP), foi optado emular tal processo em uma BANCADA DIDÁTICA como mostra a figura 2.1, disponibilizada pelo corpo docente da FATEC São Bernardo do Campo.

Figura 2.1 – Bancada didática



Fonte: Autoria própria, 2022

Trata-se de uma planta didática similar ao modelo PD3-F da empresa *SMAR*, sendo que, tal planta foi construída pelo SENAI em parceria com as empresas *FESTO* sob apoio consultivo da empresa *SMAR*.

Para execução deste trabalho, a metodologia aplicada consistiu de extensas pesquisas e estudos quanto aos materiais técnicos disponíveis sobre a bancada didática em questão, dentre estes materiais pode-se citar o MANUAL DE INSTRUÇÕES, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO da Planta Didática modelo PD3-F, versão 3 de junho de 2012, bem como diversas seções de interações técnicas no equipamento com vista à engenharia reversa e melhor compreensão do seu funcionamento.

A escolha do orientador teve como base a afinidade do grupo com o Professor Me. Marco Antônio, muito em função do seu amplo conhecimento técnico bem como a sua didática objetiva atrelado a sua vivência prática de mercado como empresário do segmento de automação industrial. Tal escolha se mostrou efetivamente assertiva uma vez que o Professor Me. Marco Antônio ministra as aulas de sistemas supervisórios e Tópicos em Automação III cujo conteúdo tem total sinergia com o objetivo do presente projeto.

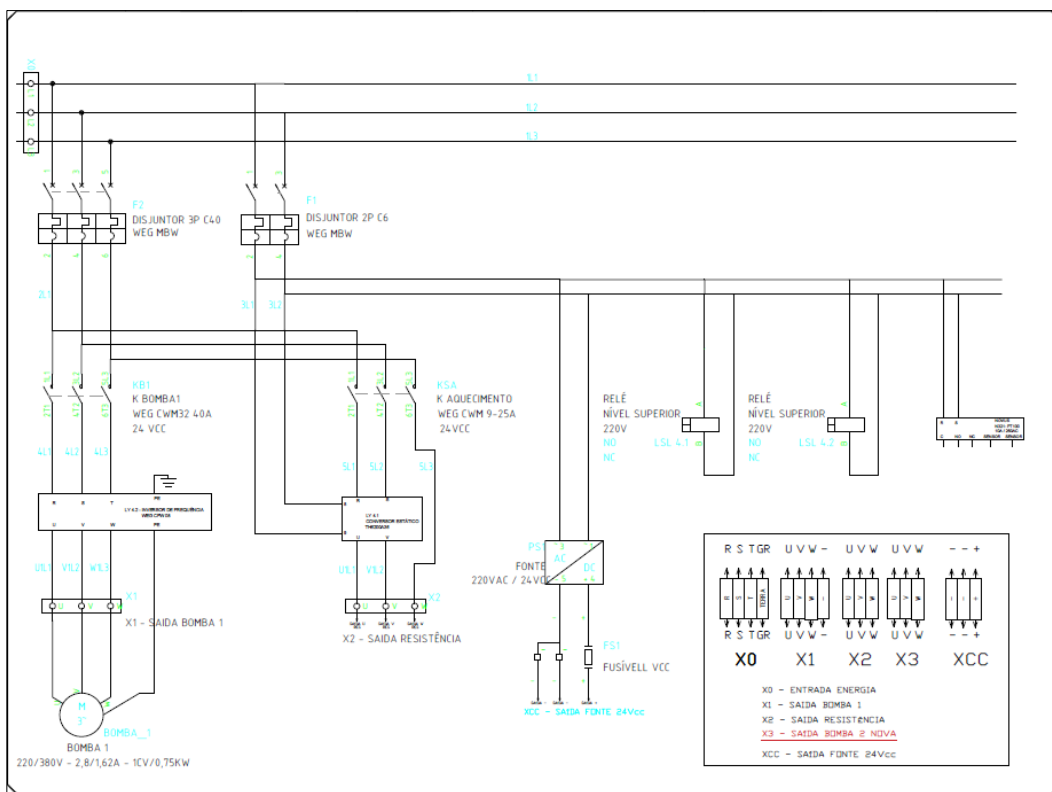
Uma vez alinhado o grupo de discentes bem como o docente orientador bem como uma rede de demais professores que amigavelmente se dispuseram a ajudar, aos quais se pode citar o Professor Mestre Pedro Adolfo Galani, foi iniciado o levantamento dos componentes.

## **2.1 As built do esquema elétrico**

O levantamento das ligações elétricas do painel de controle consistia em:

- Diagrama do sistema de potência;

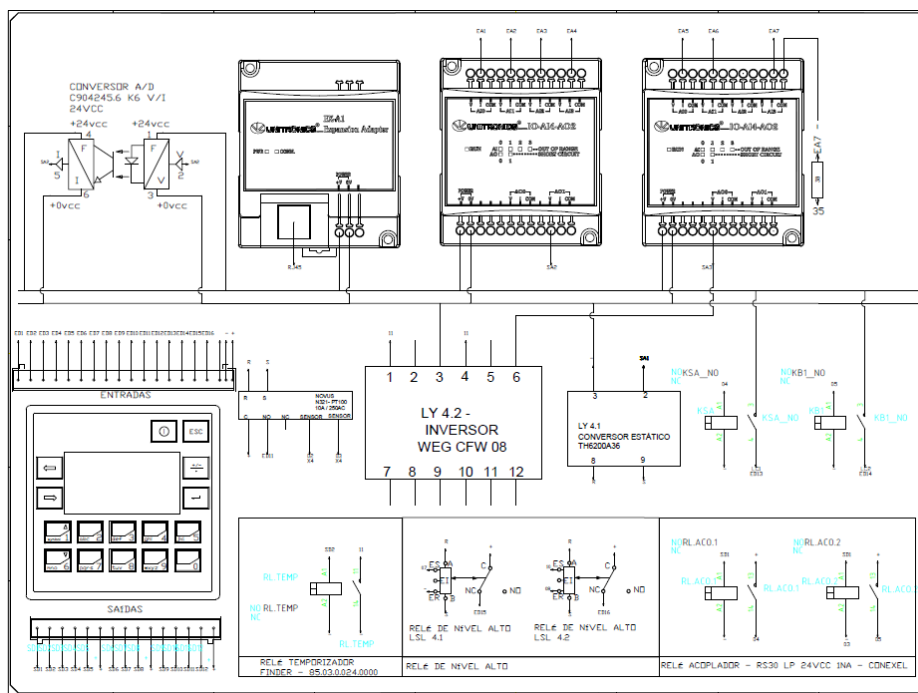
Figura 2.2 – Diagrama elétrico de potência



Fonte: Autoria própria, 2022

- Diagrama do sistema de comando;

Figura 2.3 – Diagrama elétrico do sistema de comando

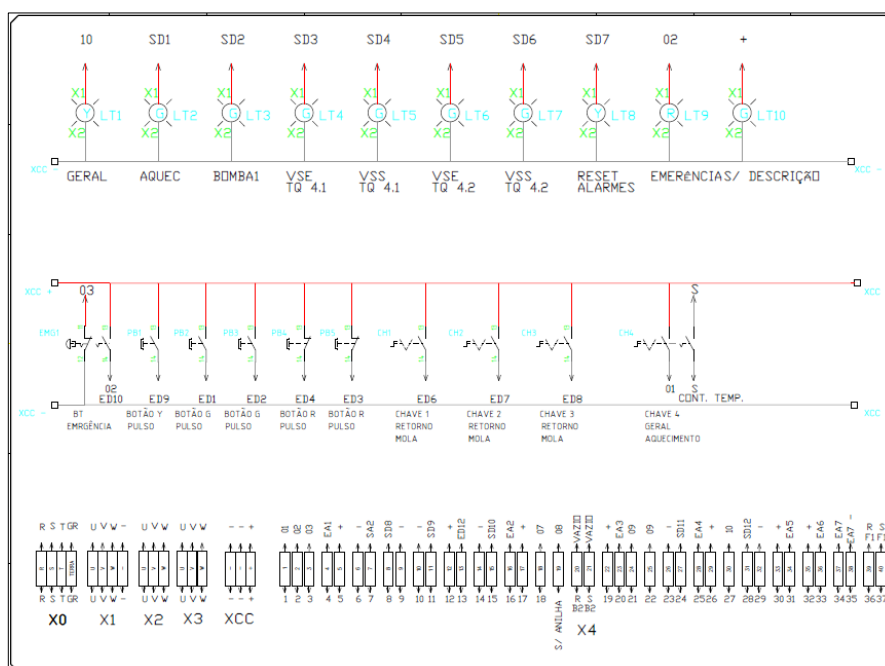


Fonte: Autoria própria, 2022



- Diagrama das ligações nos controladores;

Figura 2.4 – Diagrama elétrico das ligações nos controles



Fonte: Autoria própria, 2022

- Tabela das conexões de sensoriamento;

Tabela 2.1 – Conexões dos sensores

TAG	DESCRIÇÃO	Nº ANILHA DO CABEAMENTO NO BORNE		
		CABO 1 PRETO	CABO 2 AZUL	CABO 3
VSS TQ 4.1	SOLENOIDE FESTO	8	9	
VSE TQ 4.1	SOLENOIDE FESTO	28	29	
VSS TQ 4.2	SOLENOIDE FESTO	24	23	
VSE TQ 4.1	SOLENOIDE FESTO	15	14	
S/ TAG	SMAR FY301 - TRANSMISSOR DE POSIÇÃO	7 +	6 -	
PT 4.1	SMAR LD301 - TRANSMISSOR DE PRESSÃO	35 / 32	36 / 33	
PT 4.2	SMAR LD301 - TRANSMISSOR DE PRESSÃO	17	16	
PT - (ROT. PQN)	SMAR LD301 - TRANSMISSOR DE PRESSÃO	33 / 30	34 / 31	
ERLSL TQ 4.1	INCONTROL	18		
PS 4.1	PRESSOSTATO - NOVUS	12	13	
TE 4.1	??	1	2	3
S/ TAG TQ 4.1	PT100 - ECIL	5	4	
S/ TAG (DESLIGADA)	SOLENOIDE FESTO - DESCONECTADA	10	11	
LT 4.2 - FONTE	TRANSMISSOR CELULA DE CARGA - ALFA 3103C	36 ( R )	37 ( S )	
LT 4.2 - PLACA PAINEL	PLACA CELULA DE CARGA - ALFA 3103C	34 +	35 -	
ESLSH TQ 4.2	SENSOR DE NÍVEL ALTO VARETA - SUP CURTO	27 +		
S/ TAG TQ 4.2	SENSOR DE NÍVEL BAIXO VARETA - SUP LONGO	22 +		
S/ TAG 11 TQ 4.2	SENSOR DE NÍVEL BAIXO VARETA - INF CURTO	(S/ANILHA)		
LT 4.2 B	SENCOR NÍVEL CAPACITIVO - ENDRESS+HAUSER	25	25	
LT 4.2 A	SENSOR NÍVEL ULTRASONICO - NIVELCO	S/ANILHA	S/ANILHA	

Fonte: Autoria própria, 2022

Após um trabalho minucioso de investigação, foi possível elaborar um diagrama elétrico que reflete a nova realidade do painel de controle.

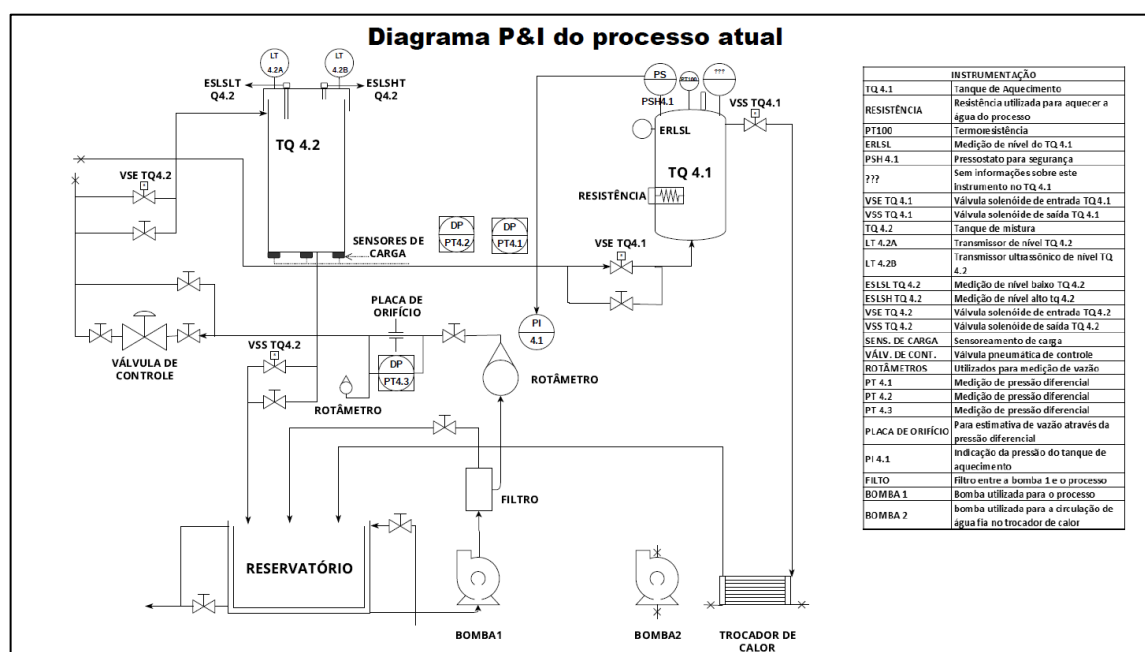
Durante este trabalho, foram identificadas inconsistências no projeto tais como: ligações erradas, anilhas com diferentes numerações nas extremidades dos cabos etc.

## 2.2 As built do P&I

Os diagramas P&I (Pipe and Instrumentation), do inglês ou como são comumente conhecidos em português, Fluxogramas de Engenharia, são documentos que mostram o funcionamento de um processo exibindo suas tubulações juntamente com os equipamentos instalados e a instrumentação. Dessa forma, é possível entender todo o fluxo do processo.

Mais uma vez, devido à ausência da documentação original da planta didática, se fez necessário o levantamento manual destas informações para dar continuidade ao projeto. Valendo das informações da bancada PD3 – SMAR, na qual esta planta foi baseada foi possível entender, em tese, a proposta apresentada para este equipamento. Abaixo Figura 2.5, mostra o diagrama P&I do antigo processo e o diagrama P&I do processo atual no apêndice D :

Figura 2.5 – Diagrama P&I do processo atual



Fonte: Autoria própria, 2022

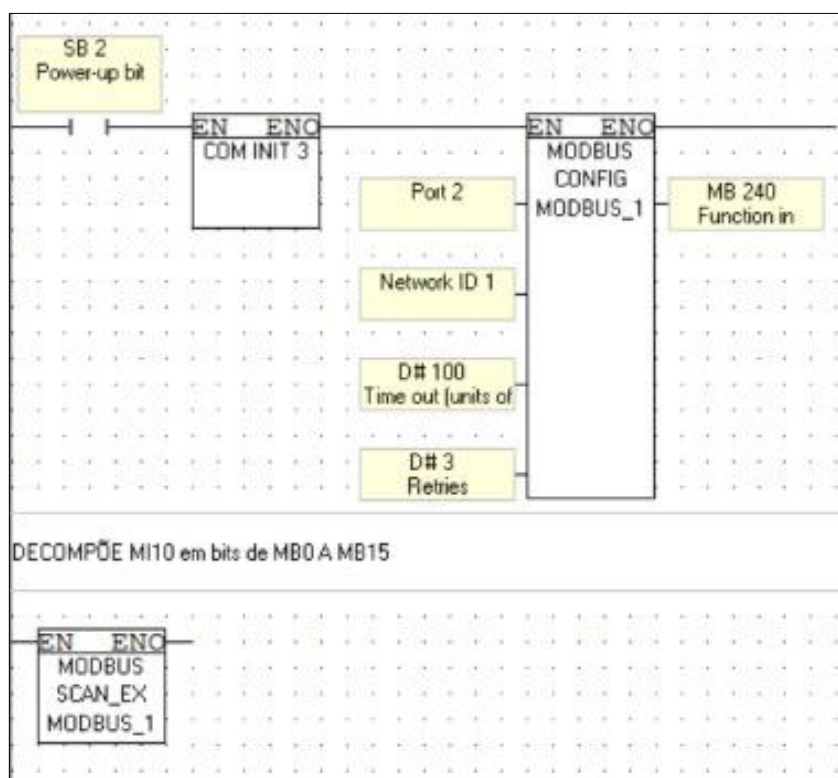
### 2.2.1 Testes prévios do CLP e Supervisório

Os testes da lógica do CLP e do supervisório tem como finalidade testar todas as entradas e saídas do CLP, analógicas e digitais, para aferir se estão funcionando corretamente ou se tem algo de errado com alguma parte do CLP, visto que o equipamento se encontra sem funcionamento por um longo período e se trata do equipamento mais importante para dar continuidade ao projeto.

### 2.2.2 Teste de comunicação CLP/Supervisório

Foi feita a lógica de comunicação com protocolo Modbus entre o CLP e o supervisório ElipseE3, conforme demonstrado na figura 2.6.

Figura 2.6 – Lógica de comunicação CLP x Supervisório



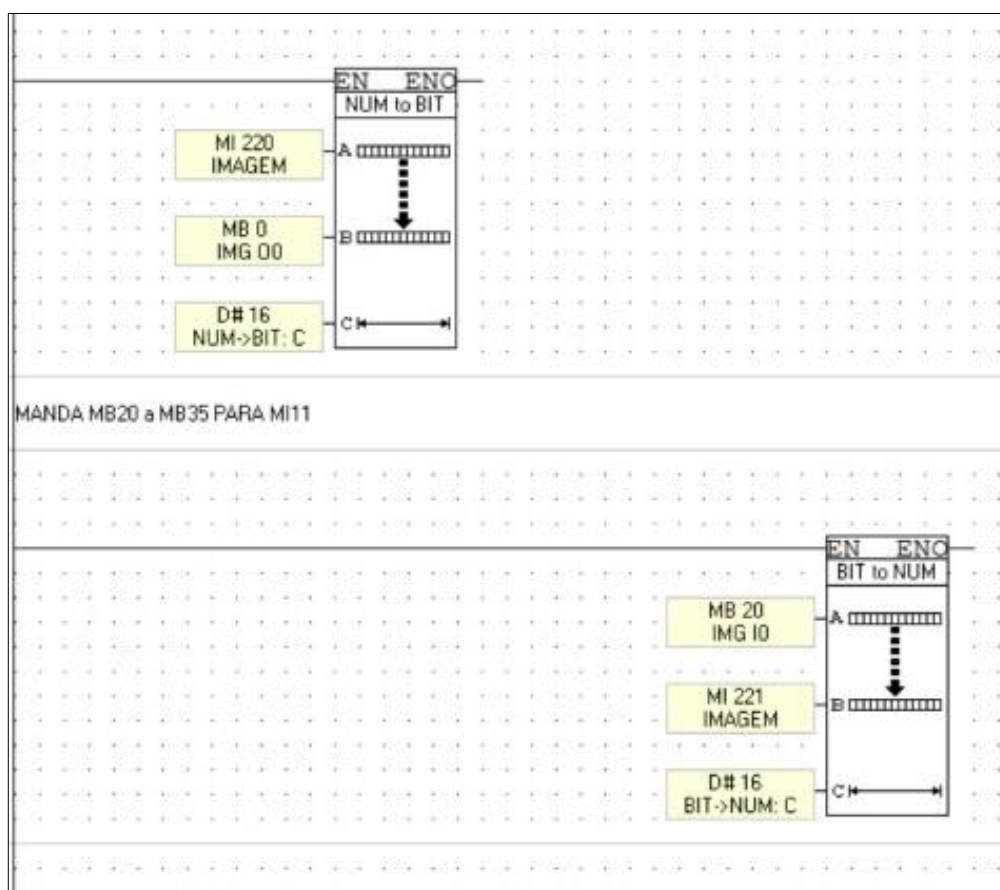
Fonte: Autoria própria, 2022

### 2.2.3 Teste das entradas e saídas do CLP

Os testes serão realizados por meio de compactação dos bits de entradas e saídas para um memory integer conforme a figura 2.6, com a finalidade de utilizar

menos tags de comunicação do supervisor e transferir todos os dados de uma vez ao invés de mandar um por um, devido o Eclipse E3 na versão demo ter as tags de comunicação limitadas a 20, impossibilitando mandar bit por bit devido à quantidade, como exemplificado na Figura 2.7.

Figura 2.7 – Lógica do CLP de compactação de Bits



Fonte: Autoria própria, 2022

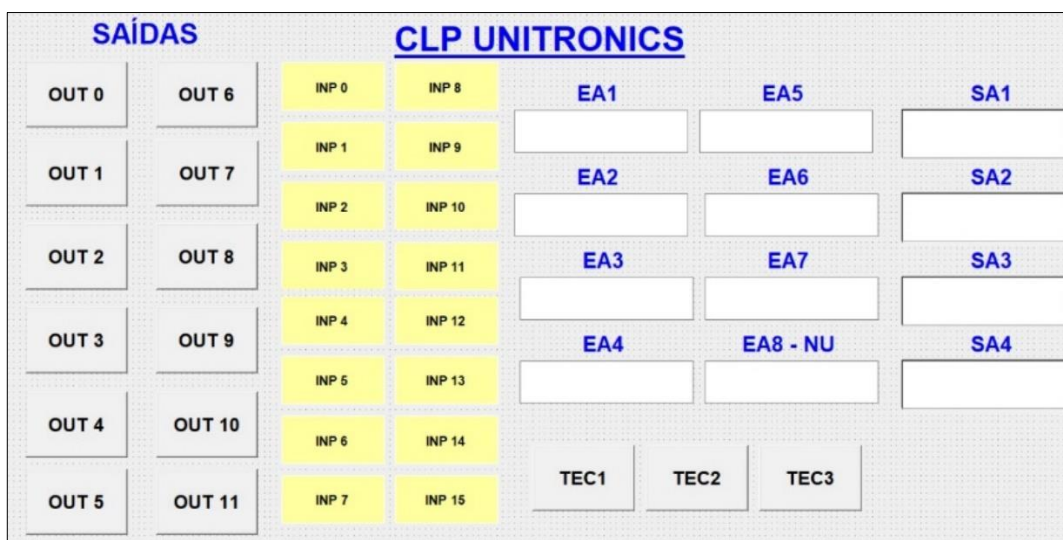
Sendo o Memory Integer 221 referente às entradas e o Memory Integer 220 referente às saídas.

#### 2.2.4 Tela do supervisor de teste de E/S do CLP

Tela do supervisor de teste, para monitoramento de todas as variáveis do CLP, contendo 12 saídas digitais, 16 entradas digitais, 4 saídas analógicas e 8 entradas analógicas.

Na figura 2.8 exibe a tela desenvolvida do supervisor para teste em manual das entradas e saídas do CLP.

Figura 2.8 – Tela Supervisório para teste manual E/S CLP



Fonte: Autoria própria, 2022

### 2.2.5 Tela de comunicação Supervisório x CLP

Para possibilitar a comunicação do supervisor com o CLP, foi baixado o driver de comunicação de protocolo Modbus no site do desenvolvedor e adicionado a aplicação desenvolvida e configurada conforme demonstrada na figura 2.9.

Figura 2.9 – Tela de configuração comunicação Supervisório

Nome	Disp...	Item	P1/N...	P2/N...	P3/N...	P4/N...	Ta...	Va...	Leitur...	Escrit...	Escala?	Mín. ...	Máx. ...	UE	Mín. ...	Máx. ...
Driver1			0	0	0	0										
• MIZ20			1	1	0	220	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	1000		0	1000
• MIZ21			1	1	0	221	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	1000		0	1000
• AI 0 - TQ4.1 PT100			1	1	0	4	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	1000		0	1000
• AI 1 - FT_SMAR			1	1	0	3	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AI 3 - LT TQ4.2 CAP			1	1	0	1	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AI 4 - US			1	1	0	14	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AO 0 - MVTIC			1	1	0	6	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AO 1 - SAL_POS_VALV			1	1	0	20	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AI 5 - LTTQ4.2SMAR			1	1	0	16	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AI 6 - PTTQ4.1SMAR			1	1	0	0	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AI 7 - LTCCALFA			1	1	0	27	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AI 8 - NAO USADO			1	1	0	72	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AO 2 - SINVB1			1	1	0	7	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• AO 3 - NAO USADO			1	1	0	148	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	100		0	4095
• TEC1			1	2	0	40	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	1000		0	4095

Fonte: Autoria própria, 2022

## 2.3 Considerações após o as built

Após o levantamento das características atuais da planta didática e dos esquemas elétrico, hidráulico e pneumático, foi possível fazer suposições sobre seu

funcionamento em teoria, bem como evidenciar as razões por atualmente o equipamento não operar.

### 2.3.1 Funcionamento em teoria do sistema atual

A bomba 1, bombeia a água fria do reservatório e recalca através da linha em que estão presentes o rotâmetro maior e a placa de orifício, após isso essa linha se divide em outras duas, sendo uma para o sistema de aquecimento e a outra para o sistema de mistura. No diagrama atual existe uma interrupção no ponto em que estas linhas se encontram, o que se acredita que seja resultado de intervenções posteriores à fabricação do equipamento.

Para o controle da vazão total do sistema, o fluxo é bombeado através da válvula de controle pneumática. A medição de vazão é calculada através do valor da pressão diferencial obtida pelo medidor diferencial de pressão PT 4.3, que tem as tomadas de pressão antes e depois da placa de orifício.

Parte do fluxo é bombeado para o tanque de água quente TQ 4.1, tendo a entrada de fluxo controlada pela válvula VSE TQ 4.1. Neste ponto, o fluido ganha temperatura através da RESISTÊNCIA. Após o ganho de temperatura, a água quente sai do tanque de aquecimento através da válvula VSS TQ 4.1 e passa pelo TROCADOR DE CALOR.

O intuito é que a BOMBA 2 faça a circulação de água fria através do trocador de calor, para que então a água oriunda do TQ 4.1 perca calor e seja direcionada novamente para o reservatório.

Outra parte do fluxo é bombeado diretamente para o tanque TQ 4.2 que, com base no modelo PD03-SMAR, se trata de um tanque de mistura. O controle de entrada de fluido neste tanque é feito através da válvula VSE TQ 4.2, onde são feitos controles de nível através dos sensores ESLSL TQ 4.2, ESLSH TQ 4.2, LT 4.2A E LT 4.2B. Também é feita a medição de carga através dos SENSORES DE CARGA.

A saída de fluido do tanque TQ 4.2 é feita através da válvula VSS TQ 4.2.

### 2.3.2 Apontamentos levantados

Nos tópicos a seguir serão descritas inconsistências encontradas nos sistemas hidráulicos, elétrico e no comando/CLP.

#### 2.3.2.1 Sistema hidráulico - P&I

Uma análise detalhada do sistema hidráulico, aliada as considerações sobre a possível intenção de seu funcionamento original, leva ao entendimento da inviabilidade de trabalho nas condições atuais, dados os fatores mencionados abaixo:

- Não existe saída do reservatório para alimentar a bomba 2, que em teoria seria responsável por bombear água fria para o Trocador de calor, resfriando a água que vem do tanque TQ 4.1;
- Não existe infraestrutura entre o reservatório e a bomba 2, bem como entre a bomba 2 e o trocador de calor;
- Não existem ligações físicas entre o sistema e os sensores PT 4.2 e PT 4.1, bem como uma indicação de sua necessidade no equipamento;
- Não existe um indicativo claro da necessidade do rotâmetro menor;
- Há evidências de que a intenção original era de que a BOMBA 1 alimentasse tanto o circuito de água fria, direcionado para o tanque TQ 4.2, quanto o circuito de água quente que é direcionado ao tanque TQ 4.1. Entende-se desta maneira por conta da aparente conexão hidráulica presente entre as duas linhas, bem como a disposição física da BOMBA 2.

#### 2.3.2.2 Sistema elétrico

Na análise elétrica que foi executada previamente, foi encontrado:

- Ligações físicas incoerentes;
- Cabos sem tags;
- Elementos eletromecânicos sem ligações;
- Nas interligações entre o painel e os sensores, as tags não correspondem com o Borne;
- Cabeamento dos sensores as tags são diferentes em suas extremidades;

- Botões quebrados e faltando.

### 2.3.2.3 Programa do CLP

No programa que estava carregado no CLP foram encontrados os seguintes aspectos que inviabilizam seu correto funcionamento:

- Nomenclaturas das variáveis internas incompreensíveis, dificultando o entendimento da lógica desenvolvida previamente para o funcionamento da bancada;
- Timers presetados com delay de 99 horas, impossibilitando o funcionamento adequado do programa;
- Lógicas de programação incoerentes e ineficientes, com contatos em série com o mesmo nome e botões para desligar bobinas alocados erroneamente na linha de programação inadequada, realizando o oposto de sua função.



### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A seguir será descrito as etapas e processos desenvolvidos ao longo do projeto com vista a resolução das condições supramencionadas, todavia, se faz possível afirmar que o uso da metodologia *As Built* possibilitou ao grupo maior mobilidade e assertividade da identificação das soluções.

#### 3.1 Desenvolvimento hidráulico

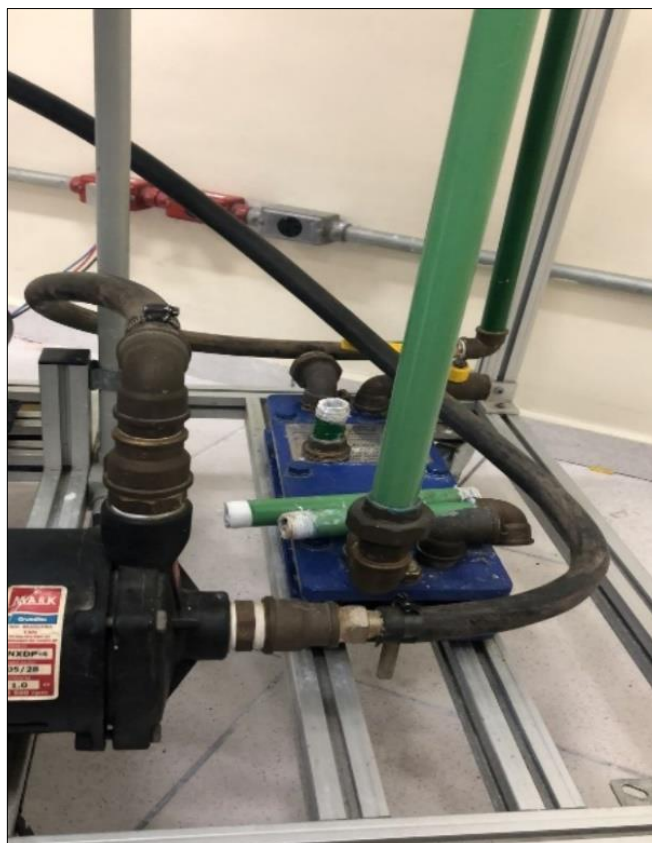
O sistema hidráulico foi revisado de modo a ser possível transformá-lo em um modelo funcional. O trocador de calor não mais fará parte da planta didática como mostram as figuras 3.1 e 3.2, liberando assim a bomba 2 para que possa ser utilizada exclusivamente para o abastecimento do circuito de água fria.

Figura 3.1 – Realizando a troca de tubulações



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 3.2 – Trocador de calor desativado (em azul)



Fonte: Autoria própria, 2022.

Deste modo, é possível controlar a temperatura do fluido no tanque TQ 4.2 através da mistura entre o líquido frio oriundo da bomba 2 e o líquido quente oriundo do sistema de aquecimento do tanque TQ 4.1.

Durante a reordenação do sistema hidráulico, notou-se importantes pontos de corrosão nos dutos metálicos em razão do longo período em que os mesmos foram expostos aos fluidos inertes da bancada didática; Tal condição resultou em constantes rupturas e consequente vazamento nas conexões oriundas do projeto original.

Buscando contornar tal intercorrência, optou pelo uso de mangueiras industriais de alta pressão exposto na figura 3.3 no diâmetro de uma polegada em detrimento as tubulações metálicas uma vez que tal material permite melhor maleabilidade na montagem bem como resistência a corrosões quando expostas a longos períodos em fluidos inertes; Optou-se também, de forma preventiva, pela vedação das conexões originais com silicone industrial como exibido na figura 3.4 (siloxanos polimerizados) o que se mostrou amplamente coerente dado as condições destas.

Figura 3.3 – Conexões com mangueiras industriais



Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 3.4 – Conexões vedadas com silicone



Fonte: Autoria própria, 2022

Após extensa limpeza de toda bancada diádica, realizou-se o abastecimento da mesma com aproximadamente sessenta litros de água potável (torneira) através do seu reservatório uma vez que o sistema foi abastecido, realizou-se diversos testes de estanquidade em toda a malha através de acionamento manuais no CLP de forma a acionar os sensores e atuadores da bancada.

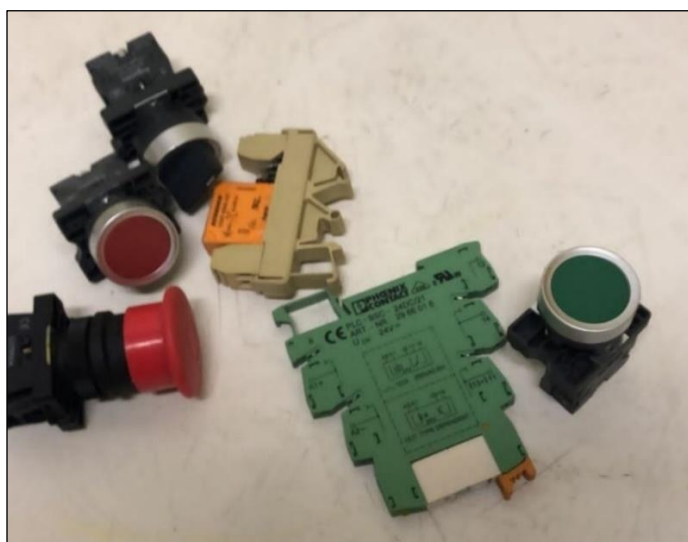
### 3.1.1 Desafios encontrados no desenvolvimento do sistema hidráulico.

No sistema hidráulico, se fez necessário superar desafios estruturais tais como a severa deterioração da tubulação ocasionando vazamentos e limitações operacionais, pode-se citar também a ausência de uma plena compreensão do funcionamento inicial da bancada diádica.

## 3.2 Desenvolvimento elétrico

No sistema elétrico revisou-se as interligações dos componentes, acrescentando a Bomba 2 ao sistema; renumerando as tags dos sensores e cabos conseqüentemente, alterando-se o projeto elétrico conforme o diagrama atualizado do equipamento, exposto nos apêndices A, B e C. A parte elétrica foi revisado todas as interligações do painel de ponta a ponta, testando todos os componentes, identificando-os com anilhas numéricas, ajustando o endereçamento na programação do CLP simultaneamente e foram acrescentados um relé slim de 24Vcc, dois botões de pulso sendo um NA e um NF e uma chave knob de duas posições sendo exposto na figura 3.5.

Figura 3.5 – Componentes eletroeletrônicos inseridos no painel



Fonte: Autoria própria, 2022.

Ao longo do desenvolvimento elétrico, fez-se necessário constantes alterações e ajustes no esquemático elétrico, dado a complexa e ineficiência da instalação original, desta forma, imediatamente após conclusão desta etapa, optou-se pelo

saneamento e novas medições em todas as entradas e saídas do circuito com especial atenção ao sistema de potência, com vistas a segurança operacional e patrimonial do projeto

Figura 3.6 – Painel elétrico após as adequações iniciais



Fonte: Autoria própria, 2022.

Objetivando preservar alguns sensores e atuadores tais como, resistência e bombas hidráulicas, optou-se por liga-los ao sistema de potência somente após o qa bancada acadêmica estar devidamente abastecia com água, uma vez que o funcionamento destes elementos em vazio teria grande potencial de causar danos aos mesmos.

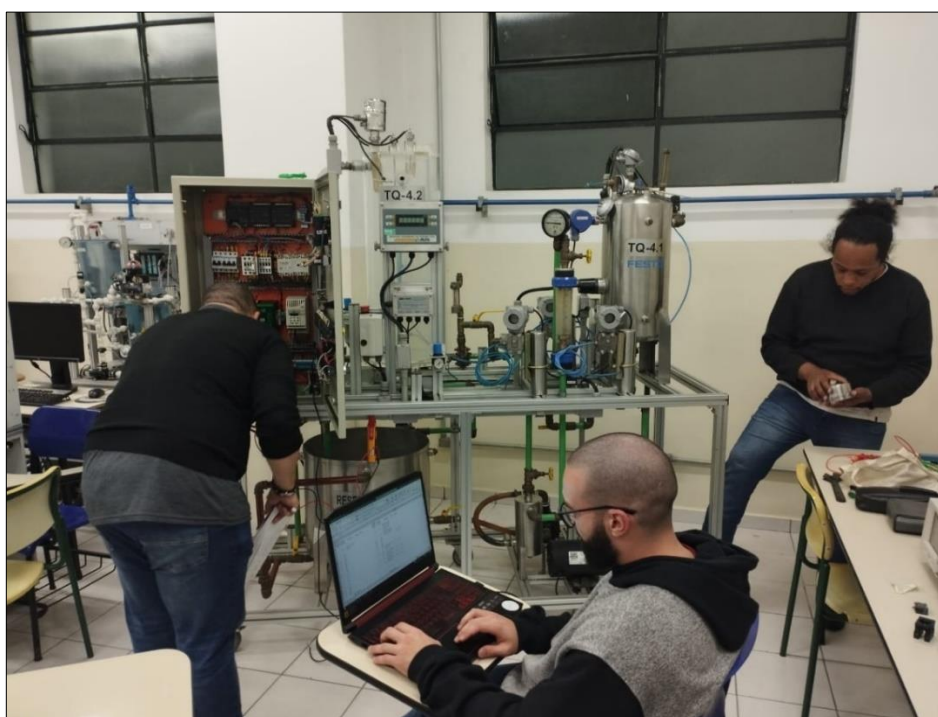
### 3.2.1 Desafios encontrados no desenvolvimento do sistema elétrico.

Dentre os desafios encontrados no projeto quanto a adequação do sistema elétrico, pode-se citar a total ausência de qualquer referência quanto ao funcionamento original da bancada diádica, bem como a ausência de componentes elétricos e eletrônicos ocasionada por intervenções anterior sem êxito. Mencionasse também o não funcionamento de alguns sensores e atuadores, todavia, não gerando significativo impacto ao projeto aqui proposto dado a redundância dos mesmos.

### 3.3 Desenvolvimento de programação

A programação do CLP realizada exclusivamente em linguagem Ladder, pois, após análises e pesquisas junto ao manual do equipamento, identificou-se ser a melhor metodologia a ser abordada no desenvolvimento de um novo programa, de acordo com as alterações propostas no meio físico, nesta etapa, foram identificadas novas limitações no *software* do equipamento que em primeiro momento dificultaram a inserção do novo programa desenvolvido no CLP.

Figura 3.7 – Desenvolvimento da programação do CLP paralelo as adequações no meio físico



Fonte: Autoria própria, 2022.

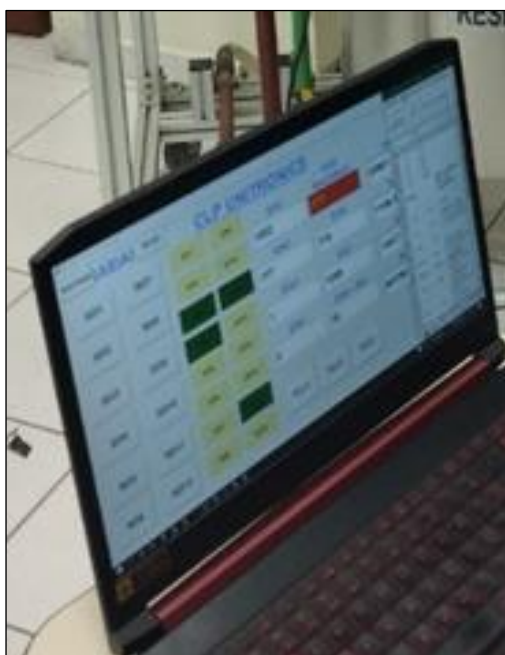
Para solução do mesmo, foi necessário contatar o fabricante do equipamento para que o mesmo se disponibiliza uma versão mais indicada deste dado software, uma vez atendido tal solicitação, se fez possível a inserção do programa desenvolvido no CLP, de forma a possibilitar que a bancada didática realize as funções estabelecidas em nosso projeto de forma adequada.

Após a conclusão das adequações nos sistemas hidráulicos e elétricos da bancada diádico, fez-se necessário a realização de testes diversos, com vistas a garantir a estanqueidade e demais e funcionalidade do projeto, possibilitando a

adequação da lógica de programação do CLP e posterior conclusão do desenvolvimento do sistema supervisorio.

Desta forma, optou-se pelo desenvolvimento uma tela operacional provisória de interface simples como exibido na figura 3.8, que possibilitasse o acionamento manual das entradas e saídas do CLP de forma a comutar os sensores e atuadores presentes na bancada diádico.

Figura 3.8 – Interface de operação manual do CLP



Fonte: Autoria própria, 2022.

### 3.3.1 Desafios encontrados no desenvolvimento do software.

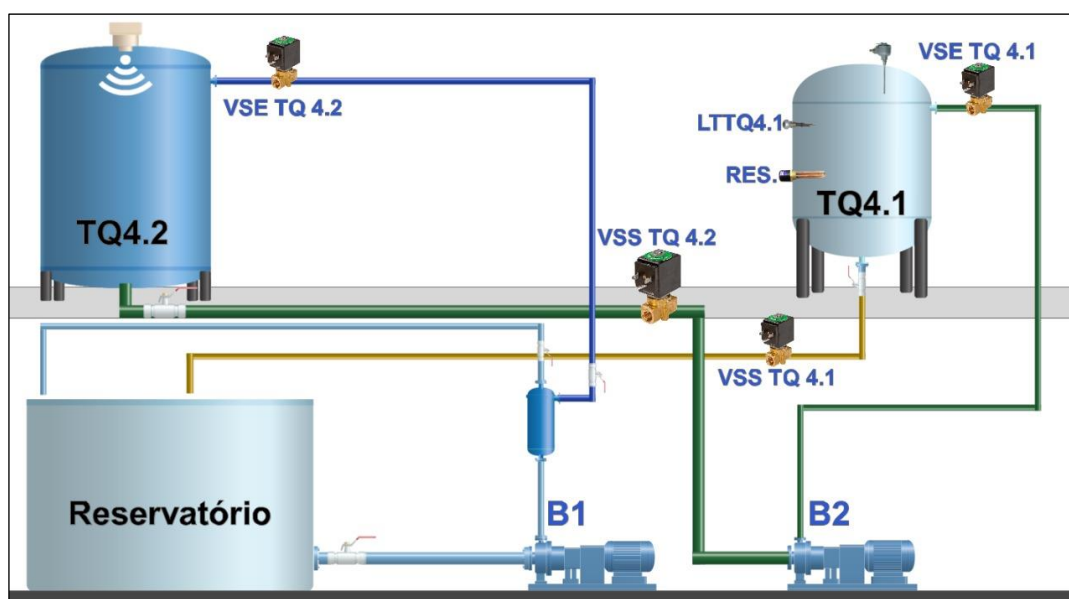
No que tange ao desenvolvimento do software, cita-se como desafio a falta de familiaridade com o meio físico em questão CLP, todavia, superou-se graças ao apoio do fabricante do mesmo bem como a atuação presente e assertiva do orientador do projeto Professor Me. Marco Antonio Batista.

### 3.4 Desenvolvimento e aplicação do sistema supervisório

Fazendo uso do software Elipse E3, desenvolveu-se um sistema supervisório com vista a otimização do monitoramento do processo envolvendo variáveis tais como, vazão das bombas, temperatura do fluido, pressão, volume de preenchido e peso nos tanques, estabelecendo alarmes indicadores de situações críticas e demais variáveis indesejadas que possam ocorrer durante etapas inerentes do processo simulado na bancada didática.

Uma vez idealizado que a bancada didática seja disponibilizada ao corpo docente da instituição de forma a contribuir com o processo de aprendizagem dos futuros discente, tal sistema supervisório foi desenvolvido de forma simples e inteligível objetivando criar uma interface intuitiva junto ao usuário, sob a premissa de que tais usuários por estarem em processo de aprendizagem demandariam tal intuitividade em suas interações com a bancada didática.

Figura 3.9 – Layout inicial do sistema supervisório



Fonte: Autoria própria, 2022.

#### 3.4.1 Desafios encontrados no desenvolvimento do sistema supervisório.

Não houveram grandes desafios a serem superados no que tange o desenvolvimento do sistema supervisório, dado a extensa rotina de testes realizados ao longo de todo desenvolvimento lógico do projeto, menciona-se apenas dificuldades



facilmente superadas relacionadas a comunicação e mascaramento das unidades de medida a serem exibidas no mesmo.

### **3.5 Descrição de funcionamento**

Conforme proposto para o projeto, a bancada didática foi alterada de forma a atender uma rotina básica de simulação de um processo análogo aos encontrados frequentemente na indústria. Desta forma, descreve-se abaixo de forma sintética as alterações promovidas, para melhor compreensão da rotina automatizada desenvolvida para a bancada didática.

- Bomba 1 abastece diretamente o tanque TQ 4.2, deste modo foi descartada a possibilidade de que apenas esta bomba fizesse o abastecimento dos dois tanques;
- Invertidos os circuitos de entrada e saída do tanque TQ 4.1, de modo que à partir de então a entrada do tanque se dá pela parte superior do tanque, abastecido pela Bomba 2, enquanto a saída do fluido se dá pela parte inferior, por gravidade diretamente no Reservatório;
- Inutilizado completamente o sistema do trocador de calor;
- Circuito de saída do tanque TQ 4.2 foi alterado de maneira a fornecer água para a Bomba 2;
- Bomba 2 integrada ao sistema, utilizando o antigo circuito de saída do tanque TQ 4.2 como linha de sucção. Uma vez que os circuitos de entrada e saída do tanque TQ 4.1 foram invertidos, a Bomba 2 passou a utilizar a antiga linha de saída como recalque para abastecimento do tanque TQ 4.1;
- Posição do “MEDIÇÃO DE NÍVEL DO TQ 4.1” foi alterada, saindo da lateral do tanque para a parte superior deste. O motivo desta alteração foi a interferência entre o eletrodo do medidor de nível ERLSL e o PT100 do tanque. Após a alteração a medição do nível superior do tanque TQ 4.1 tornou-se possível, integrando assim, parte do controle do sistema;

- Célula de carga testada, funcionando e integrada ao sistema de controle;
- Resistência de aquecimento testada, funcionando e integrada ao sistema de controle;
- Transmissor ultrassônico de nível testado, funcionando e integrado ao sistema de controle;
- Válvulas solenoides funcionando e integradas ao sistema;
- Boia de nível para o Reservatório integrada ao sistema;
- Sensores PT100 testados e integrados ao sistema de controle.

### 3.5.1 Rotina automática de funcionamento.

Com base nas alterações supramencionadas, desenvolveu-se uma rotina automática de funcionamento da bancada didática cuja o processo segue descrito abaixo.

- **Repouso:**
  - O sistema encontra-se preparado para iniciar o ciclo automático.
- **Enchimento do tanque TQ 4.2:**
  - O reservatório deve estar com nível o suficiente para que todo o sistema seja abastecido, sendo isto indicado pelo contato da “BOIA DE NÍVEL”. Para tanto ocorre a abertura da válvula solenoide de entrada do tanque TQ 4.2, então a Bomba 1 é acionada e recalca a água do Reservatório diretamente para o tanque TQ 4.2.
  - O controle desta etapa é feito através da medição de nível oriunda do “TRANSMISSOR ULTRASSÔNICO DE NÍVEL”, uma vez que o nível desejado é alcançado, a Bomba 1 é desligada e inicia-se a segunda etapa.

- **Enchimento do tanque TQ 4.1**
  - A Bomba 2 recalca água do tanque TQ 4.2 para o tanque TQ 4.1, a medição do nível do tanque se dá através do “medidor de nível TQ 4.1”, que fecha o contato e envia um sinal digital para o controlador, que por sua vez desliga a Bomba 2.
  
- **Aquecimento da água**
  - O setpoint de temperatura do sistema de aquecimento é definido no painel de controle através do instrumento “TAL”, já o setpoint da frequência do aquecimento da resistência, é definido pelo usuário no Controlador Lógico Programável.
  - Uma vez que a temperatura alcance o valor pré definido no painel, um sinal digital é enviado do “instrumento tal” para o controlador, que por sua vez desliga a resistência de aquecimento.
  
- **Escoamento para o reservatório e fim do processo**
  - Uma vez que o ciclo “Aquecimento da água” estiver concluído, a Válvula Solenóide de Saída do tanque TQ 4.1 é aberta, dado vazão ao fluido para o Reservatório.
  - Assim que a leitura da boia de nível do reservatório indicar o nível cheio, o sistema volta para o estado de repouso.

### 3.6 Sugestões de melhorias

Ao longo do desenvolvimento do projeto, observou-se diversas oportunidades de melhorias a serem implementadas, todavia, algumas destas melhorias não se concretizaram dado a fatores diversos tais como, falta de recursos financeiros, tecnológicos, e, ou risco de maiores impactos ao projeto inicial podendo resultar em invítas perdas de prazos.

Desta forma, elenca-se abaixo algumas destas sugestões de melhorias que por ventura possam ser implementadas em ações futuras.

- **Inclusão dos demais sensores:** Uma vez que proposta original do projeto consistia em reestabelecer o funcionamento parcial da bancada didática alguns sensores tais como: Transdutores de pressão, pressostatos, reles de nível alto, sensores de nível e atuadores tais como lâmpadas e botões não foram inseridos no processo, todavia, sugere-se a inclusão destes para um pleno controle do processo;
- **Inclusão de sensor de nível baixo no TQ4.1:** O projeto original da banda didática não possui qualquer sensor de nível baixo no tanque (TQ4.1), a inclusão deste sensor possibilitaria o monitoramento mais preciso do nível do tanque, além de possibilitar a proteção da resistência de aquecimento evitando seu acionamento em vazio;
- **Acesso Remoto:** Existe e possibilidade de se monitorar remotamente os processos e alarmes da bancada didática e até mesmo promover intervenções a distância no dado processo através da implementação de uma solução em nuvem;
- **Automatização do sistema de retrolavagem dos filtros:** O projeto original da bancada didática possui um processo manual de retroagem dos filtros do sistema, a automatização deste processo com possibilitaria o acréscimo de mais uma atribuição ao sistema além de possibilitar o descarte automático da água suja;
- **Substituição da tubulação metálica por mangueiras industriais:** A tubulação metálica original da bancada didática apresenta diversos pontos severos de corrosão devido ao longo tempo de reação com a água do sistema, desta forma, sugere-se a substituição de toda tubulão original por mangueiras industriais de alta pressão pois possuem maior resistência química e mecânica, possibilitando melhor manutenibilidade da bancada, tendo uma outra vantagem o seu melhor isolamento térmico que permitiria melhor estabilidade da temperatura da água ao longo do processo;

- **Limpeza do sistema:** Sugere-se a realização de uma limpeza profunda em todo o sistema da bancada didática, tal limpeza se faz necessário dado ao acúmulo de oxidação e demais sujidades acumuladas ao longo do tempo, sendo que para sua melhor execução requer a desmontagem completa de diversos componentes;
- **Mistura de aditivos ao fluido:** Sugere-se a inclusão de aditivos químicos a água do sistema de forma a possibilitar maior vida útil a água, evitando odores desagradáveis, corrosões a tubulação metálica além do fato de atribuir a solução uma coloração chamativa possibilitando melhor visualização do processo nas etapas que assim permitem;
- **Substituição do Rotâmetro:** Recomenda-se a substituição do rotâmetro de área variável, uma vez que, na etapa final de testes funcionais da bancada didática, foi constatado vazamento no mesmo em função de severas fissuras em ambas as roscas de fixação, o referido vazamento foi sanado de forma paliativa dado a impossibilidade de substituição do componente frente a iminência do prazo de conclusão do projeto;
- **Substituição da Válvula Solenoide:** Recomenda-se a substituição da válvula solenoide 24vcc acoplado na alimentação do TQ4.1, uma vez que, na etapa final de testes funcionais da bancada didática tal válvula apresentou funcionamento intermitente bem como sinais perceptíveis de fadiga, todavia, apurou-se a impossibilidade de substituição do componente frente a iminência do prazo de conclusão do projeto.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com vistas ao projeto acima exposto, o grupo concluiu inicialmente que a concepção inicial da bancada acadêmica apresenta diversas inconsistências em sua ideia original, sendo que, tais incoerências são demasiadamente difíceis de serem bem compreendidas em função da escassez de informações técnicas e documentais fornecidas pelas empresas envolvidas em seu desenvolvimento, bem como o fato de ter havido diversas outras intervenções de cunho técnico na bancada didática com o objetivo de reestabelecer o seu funcionamento.

Desta forma definiu-se a proposta do grupo para próxima etapa do projeto consistindo em promover alterações de aspectos elétricos, eletrônicos e hidráulicos ao projeto original, de forma a reestabelecer o funcionamento parcial da bancada didática além de melhorias em seu funcionamento sistêmico através de otimizações na programação de seu CLP e implementação de um sistema supervisor com melhor aplicabilidade.

Ao longo da segunda etapa do projeto, foram realizadas todas as alterações previamente proposta, superando evidentemente situações adversas não identificadas. Após a conclusão de tais alterações, a bancada didática realizou todas as rotinas estabelecidas de forma automática e manual, sendo tais condições compreendidas como satisfatórias sob a premissa da proposta do grupo.

O sucesso na conclusão deste projeto possibilita a Fatec São Bernardo do Campo o acesso a mais um recurso didático até então inexplorado, possibilitando a prática da simulação de diversas variáveis em um equipamento funcional, contribuindo com a melhor formação dos próximos discentes.

## REFERÊNCIAS

- AIEC, (27 de maio de 2022). *Gestão de processos: conceito, história, fases e ferramentas*. Disponível em: <https://blog.aiec.br/index.php/2020/05/21/gestao-de-processos-conceito-historia-fases-e-ferramentas/>
- AUTOMAÇÃO, D. (21 de maio de 2022). *CLP (Controle Lógico Programável) – Tudo o que você precisa saber*. Disponível em: [djautomacao.com](http://djautomacao.com):  
<https://djautomacao.com/clp-controle-logico-programavel/>
- BRASIL, A. N. (01 de 02 de 2010). *Máquinas Termohidráulicas de Fluxo - Cap. 3 p.65*. Acesso em 15 de 05 de 2022, Disponível em:  
<https://sistemas.eel.usp.br/>:  
[https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3\\_bombasclassificacaoedescricao.pdf](https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3_bombasclassificacaoedescricao.pdf)
- CARVALHO, K. A. (2017). *Gestão por Processos: Novo Modelo de Gestão para as Instituições Públicas de Ensino Superior*. *Revista Administração em Diálogo*, p.01-18.
- CÉSAR, A. (22 de maio de 2022). *Redes Industriais: o que são e para quê servem na Indústria 4.0*. Disponível em: <https://transformacaodigital.com/>:  
<https://transformacaodigital.com/mercado/redes-industriais-o-que-sao-e-para-que-servem-na-industria-4-0/>
- COELHO, M. S. (2010). *Apostila de Sistemas Supervisórios. Curso superior de tecnologia em automação e controle de processos industriais contínuos*. Campus Cubatão: Instituto federal de educação, ciência e tecnologia de São Paulo.
- CONAUT, (2021). *CONAUT PROODUTOS*. Acesso em 15 de 5 de 2022. Disponível em: <https://www.conaut.com.br/produtos/medicao-de-nivel/medidores-de-nivel-ultrassonicos/item/medidor-de-nivel-ultrassonico-para-liquido-echotrek-nivelco>
- CONAUT, (2021). *Os 5 principais tipos de medidores de vazão*. Acesso em 15 de 05 de 2022, Disponível em: <https://www.conaut.com.br/blog>:  
<https://www.conaut.com.br/blog/104-como-funciona-um-medidor-de-vazao-de-area-variavel>
- FREGONEZI, M. A. (17 de maio de 2022). *Instalações Elétricas*. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/>: <https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/fregonezi/Instalacoes%20eletricas%20-%20Capitulo%20%2015%20-%20Contatores.pdf>
- FREITAS, C. M. (22 de maio de 2022). *Protocolo Modbus: Fundamentos e Aplicações*. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/>:  
<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>

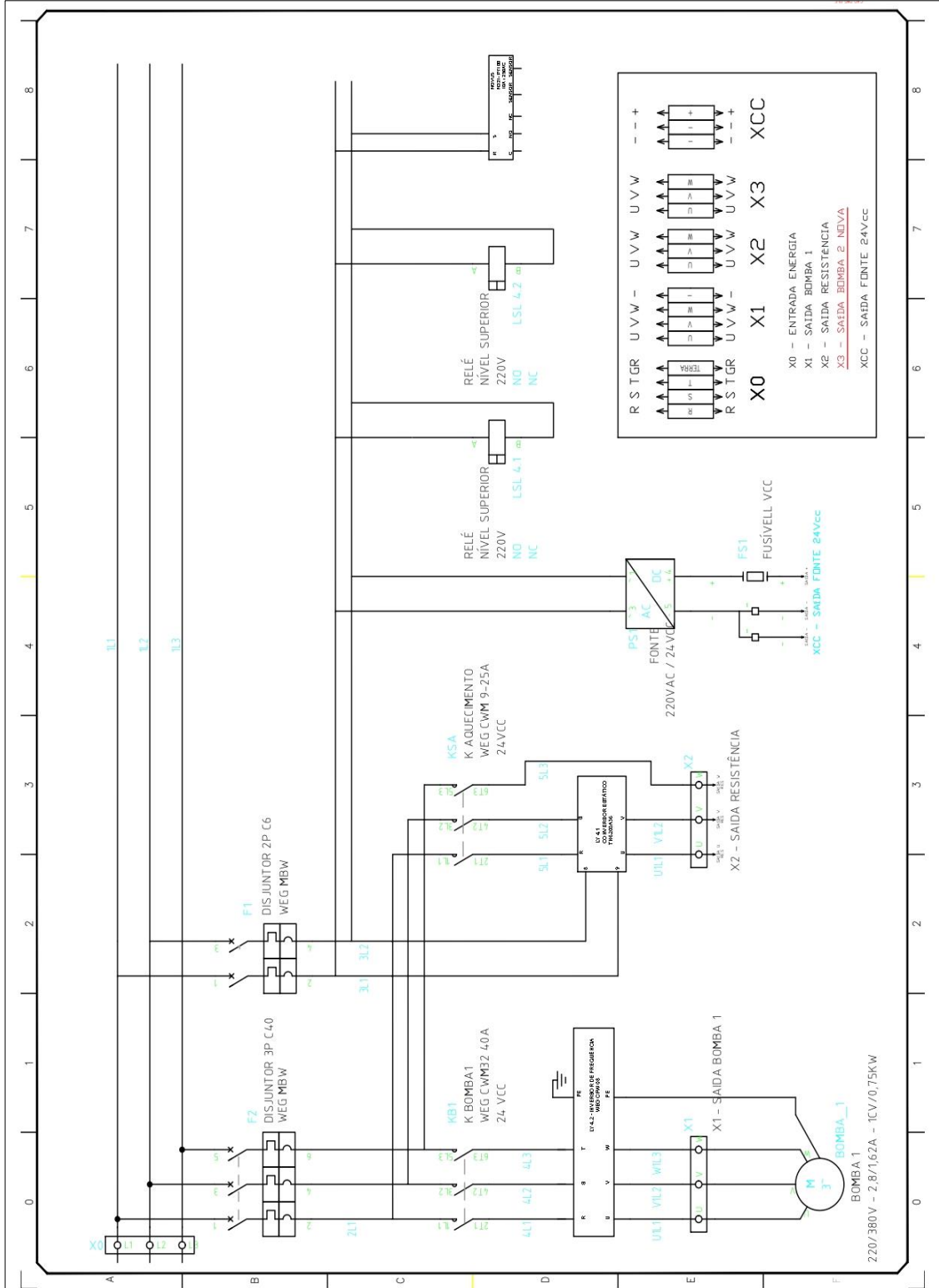
- IMC, (15 de maio de 2022). *Saiba tudo sobre a resistência de imersão*. Disponível em: [imcresistencias.com.br: https://imcresistencias.com.br/blog/resistencia-de-imersao/](https://imcresistencias.com.br/blog/resistencia-de-imersao/)
- MATTEDE, H. (15 de maio de 2022). *O que é relé de nível? Características e aplicações!* Disponível em: Mundo da Elétrica: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-de-nivel-caracteristicas-e-aplicacoes/>
- MOTT, A. (21 de maio de 2022). *O que são Sistemas Supervisórios?* Disponível em: [www.automacaoindustrial.info](https://www.automacaoindustrial.info): <https://www.automacaoindustrial.info/o-que-sao-sistemas-supervisorios/>
- PANIN, L. K. (2022). *VÁLVULA SOLENOIDE: O QUE É? COMO FUNCIONA?* (Tecniar) Acesso em 15 de 05 de 2022, Disponível em: <http://www.tecniar.com.br/>: <http://www.tecniar.com.br/noticias/valvula-solenoide-o-que-e-como-funciona/>
- RIBEIRO, M. A. (2001). Componentes Eletromecânicos - 2.6 Termostato. Em M. A. Ribeiro, *Automação Industrial* (p. 2.6). Salvador, BA: Tek Treinamento & Consultoria Ltda.
- RIBEIRO, M. A. (2001). Componentes Eletromecânicos - 8.2. Disjuntor (Circuit Breaker). Em M. A. Ribeiro, *Automação Industrial* (p. 2.22). Salvador, BA: Tek Treinamento & Consultoria Ltda.
- SANTANA, A. C. (19 de maio de 2022). *Medição de Nível*. Disponível em: <http://professor.ufop.br/>: [http://professor.ufop.br/sites/default/files/adrielle/files/aula\\_4-2\\_2.pdf](http://professor.ufop.br/sites/default/files/adrielle/files/aula_4-2_2.pdf)
- SILVEIRA, C. B. (17 de maio de 2022). *Fonte 24V: Saiba o que é e Como Especificar?* Disponível em: [www.citisystems.com.br](https://www.citisystems.com.br/): <https://www.citisystems.com.br/fonte-24v/#:~:text=A%20fonte%2024v%20nada%20mais,eletr%C3%B4nicos%20e%20circuitos%20de%20comando.>
- SIQUEIRA, P. d. (27 de maio de 2022). *PROJETO AS BUILT: OS PROBLEMAS QUE SUA EMPRESA PODE ENFRENTAR SE NÃO TIVER UM*. Disponível em: [omsengenharia.com.br](https://omsengenharia.com.br/): <https://omsengenharia.com.br/noticias/projeto-as-built/>
- SMAR, (2022). *FY301 Posicionador Inteligente de Válvulas*. Acesso em 15 de 5 de 2022, Disponível em: [www.smar.com](https://www.smar.com/): <https://www.smar.com/pt/produto/fy301-posicionador-inteligente-de-valvulas>
- SMAR, (2022). *LD300Series - Transmissores de Pressão, Nível e Vazão*. Acesso em 15 de 5 de 2022. Disponível em [www.smar.com](https://www.smar.com/): <https://www.smar.com/pt/produto/ld300series-transmissores-de-pressao-nivel-e-vazao>



- SOUZA, N. S. (17 de maio de 2022). *Apostila de Acionamentos Elétricos*. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/>:  
<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-acionamentos-eletricos/apostila-basica>
- TECNOLOGIA, G. (21 de maio de 2022). *CLP - Controlador Lógico Programável: O dispositivo que impulsiona a indústria*. Disponível em: <http://www.gt2.com.br/>:  
<http://www.gt2.com.br/site/wp-content/uploads/2018/03/CLP.pdf>
- THERMA, A. e. (17 de maio de 2022). *Controlado de Potência Analógico*. Disponível em: [therma.com.br](http://therma.com.br): <https://therma.com.br/produtos/controladores-de-potencia/controlador-de-potencia-analogico-th-6200/>
- TOLEDO, I. (17 de maio de 2022). *Saiba por que as células de carga são fundamentais para o funcionamento de uma balança*. Disponível em: <https://www.toledobrasil.com/>: <https://www.toledobrasil.com/blog/saiba-por-que-as-celulas-de-carga-sao-fundamentais-para-o-funcionamento-de-uma-balanca>
- TOSELLI, J. E. (17 de maio de 2022). *Definição Termoresistência Pt100*. Disponível em: [www.temperatura.com.br](http://www.temperatura.com.br): <https://www.temperatura.com.br/definicao-termoresistencia-pt100/>
- VIEIRA, F. (21 de maio de 2022). *Introdução ao CLP e mais*. Disponível em: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/>:  
<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2016/08/introducao-ao-clp-e-mais.html>
- WEG, (2022). *WEG - automação e controle industrial - Drives*. (WEG) Acesso em 15 de 5 de 2022. Disponível em: [www.weg.net](http://www.weg.net):  
[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/c/BR\\_WDC\\_IA\\_DRV](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/c/BR_WDC_IA_DRV)
- WEIDMULLER, (15 de maio de 2022). *CATALOGO ACOPLADORES ANALÓGICOS E CONVERSORES AD e DA*. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/>:  
[http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/21537/23612/acopladores\\_analogico\\_conversores.pdf](http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/21537/23612/acopladores_analogico_conversores.pdf)
- WEIDMULLER, C. (15 de maio de 2022). *ACOPLADOR A RELE RS30 LP 24VCC 1NA*. Disponível em: [www.eletopecas.com](http://www.eletopecas.com):  
[https://www.eletopecas.com/\\_uploads/ProdutoDownload/produto\\_3929.pdf](https://www.eletopecas.com/_uploads/ProdutoDownload/produto_3929.pdf)
- WENDLING, M. (2010). Sensor. Em M. Wendling, *Sensores* (p. 4). Guaratingueta: UNESP.

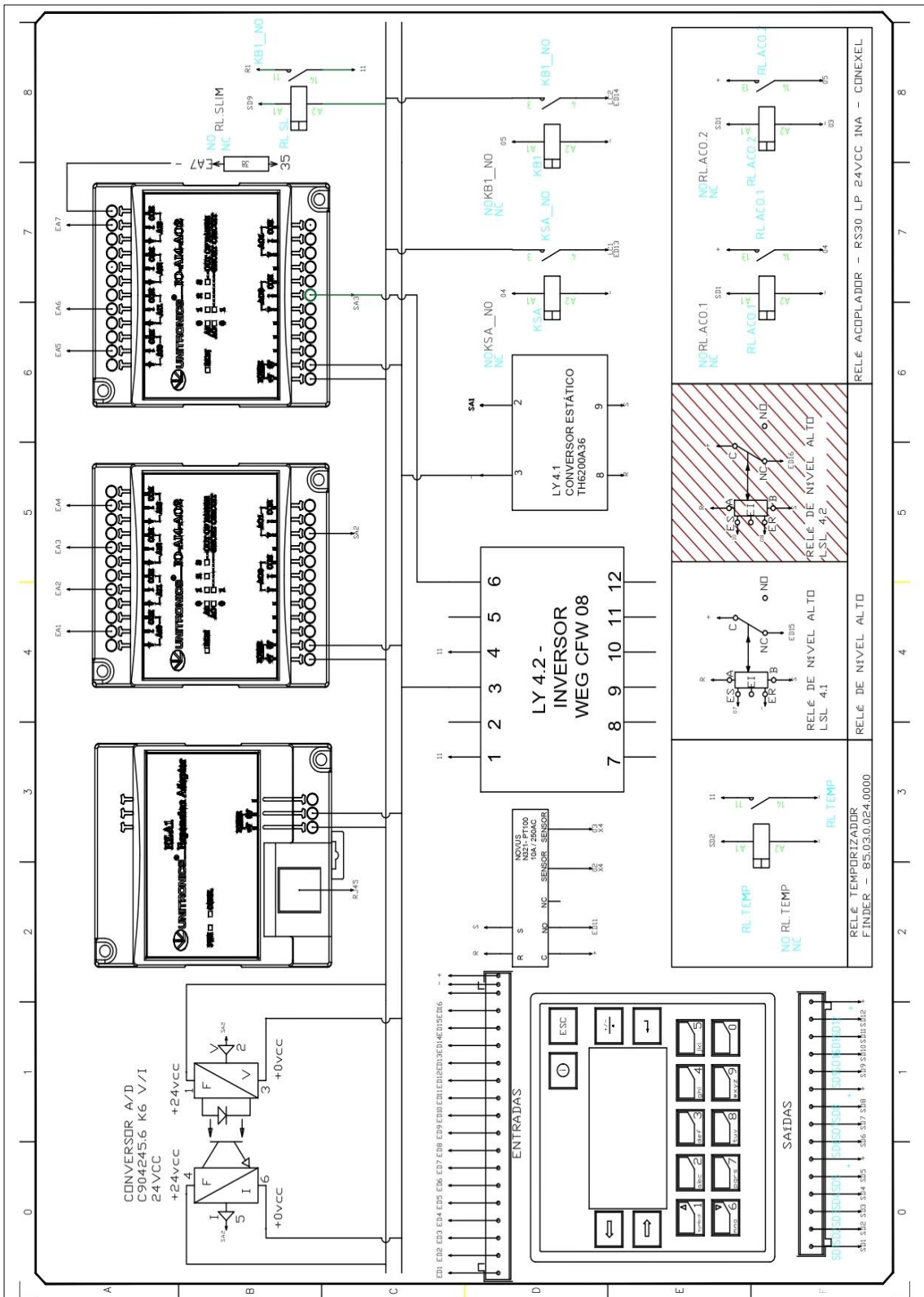
# APÊNDICES

## APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA



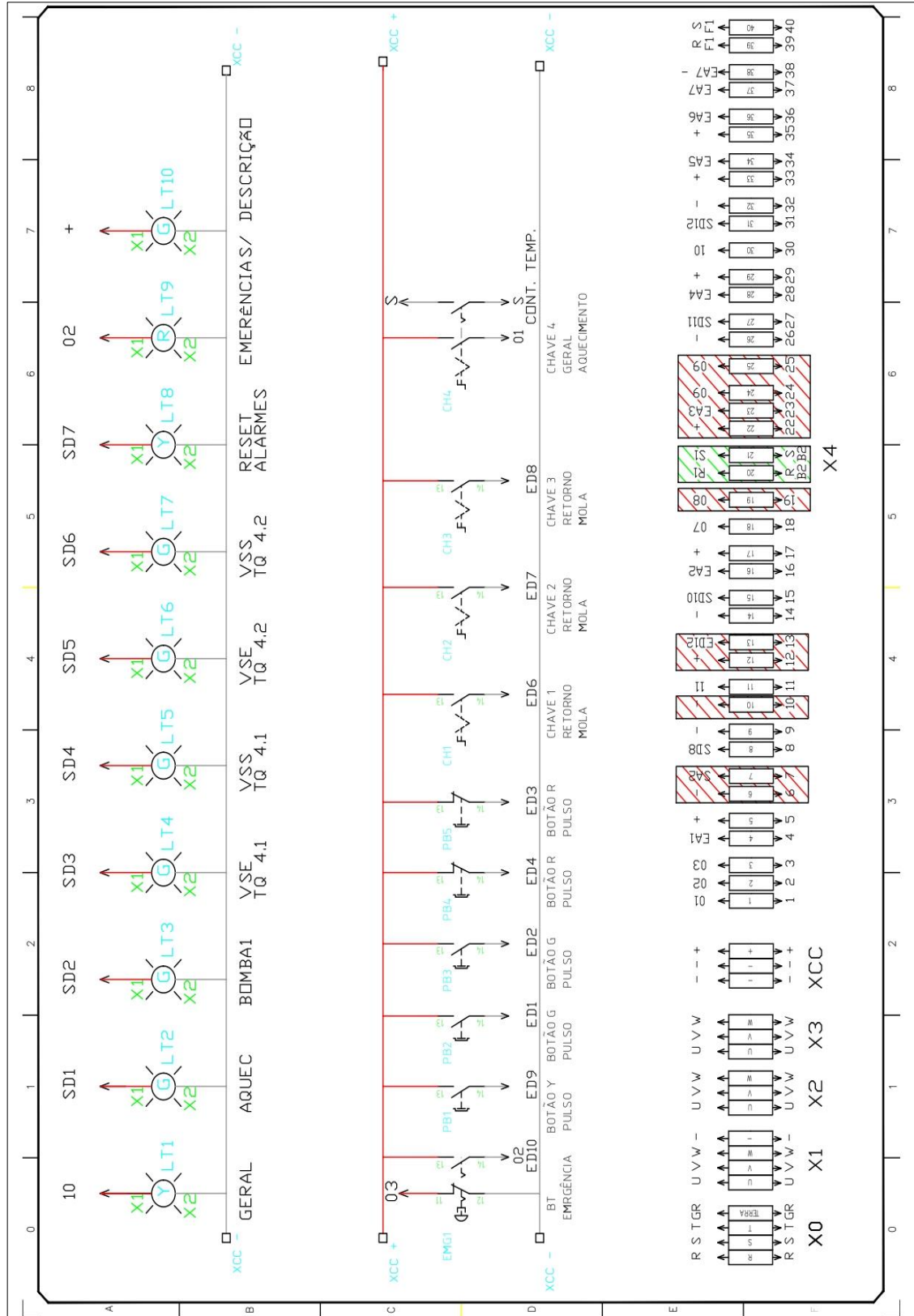
Fonte: A autoria própria, 2022

APÊNDICE B – DIAGRAMA ELÉTRICO DO SISTEMA DE COMANDO



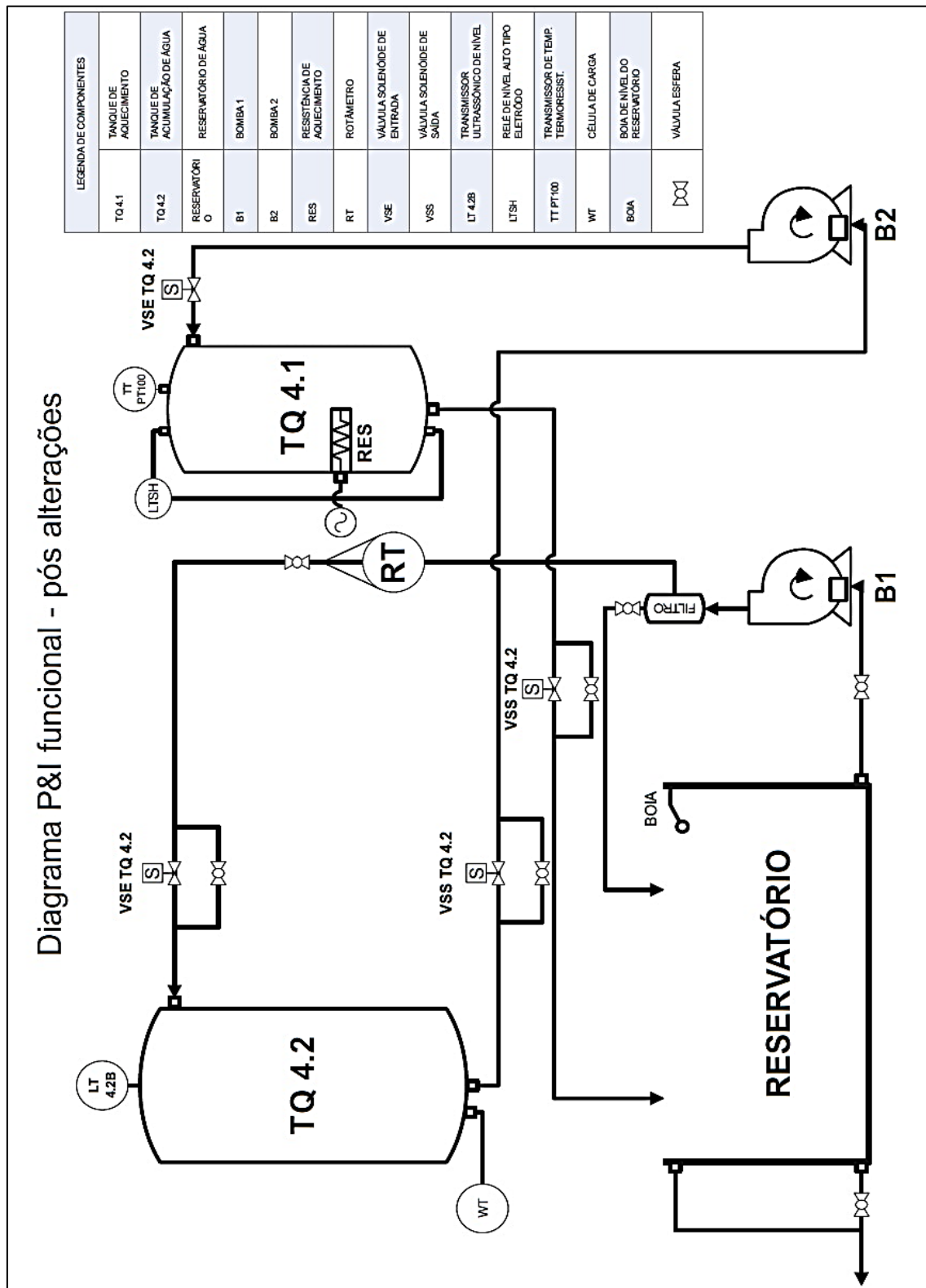
Fonte: Autoria própria, 2022

APÊNDICE C – DIAGRAMA ELÉTRICO DAS LIGAÇÕES NOS CONTROLES



Fonte: Autoria própria, 2022

## APÊNDICE D – DIAGRAMA P&D DO PROCESSO ATUAL



Fonte: Autoria própria, 2022

## APÊNDICE E – Descritivo de Funcionamento em Automático

Conforme mencionado no item 3.1, o sistema hidráulico da planta didática foi revisado de forma que possa atender à uma rotina básica de simulação de um processo análogo ao que pode-se encontrar na indústria. Nesta revisão foram estudadas alternativas para as condições, teoricamente originais, do sistema hidráulico da planta didática apresentadas nos itens 2.3.1 e 2.3.2 e conseqüentemente em suas aplicações práticas o que, como consequência, levou à alteração do diagrama P&I.

### **Alterações nos sistemas hidráulico, de instrumentação e atuadores da Bancada**

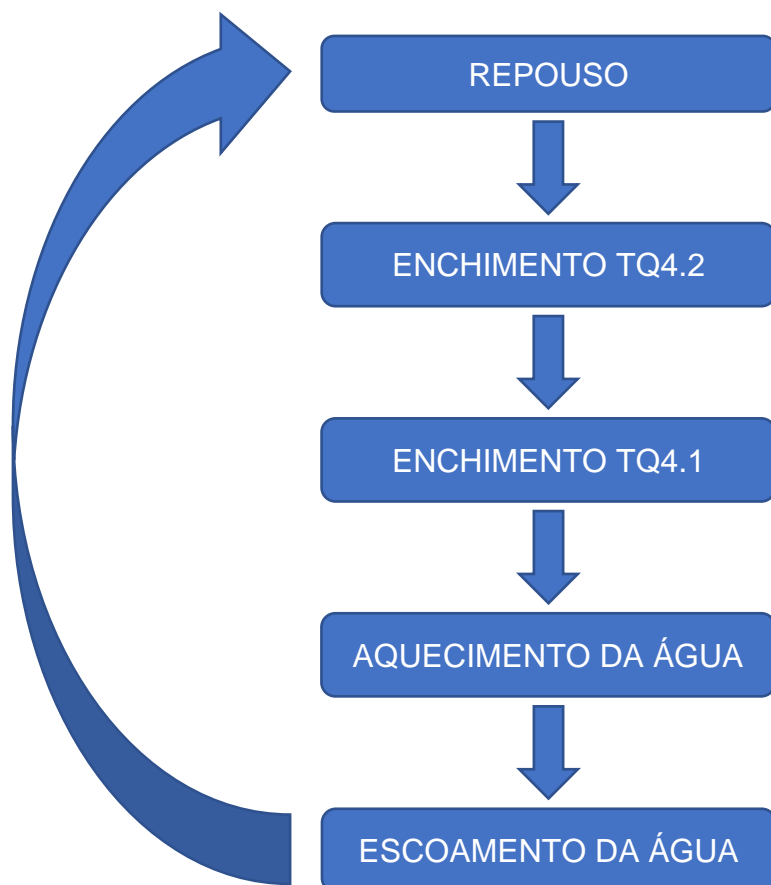
Abaixo foram listadas as alterações necessárias para que o sistema pudesse operar de maneira objetiva e funcional:

- Bomba 1 abastece diretamente o tanque TQ 4.2, deste modo foi descartada a possibilidade de que apenas esta bomba fizesse o abastecimento dos dois tanques;
- Invertidos os circuitos de entrada e saída do tanque TQ 4.1, de modo que à partir de então a entrada do tanque se dá pela parte superior do tanque, abastecido pela Bomba 2, enquanto a saída do fluido se dá pela parte inferior, por gravidade diretamente no Reservatório;
- Inutilizado completamente o sistema do trocador de calor;
- Circuito de saída do tanque TQ 4.2 foi alterado de maneira a fornecer água para a Bomba 2;
- Bomba 2 integrada ao sistema, utilizando o antigo circuito de saída do tanque TQ 4.2 como linha de sucção. Uma vez que os circuitos de entrada e saída do tanque TQ 4.1 foram invertidos, a Bomba 2 passou a utilizar a antiga linha de saída como recalque para abastecimento do tanque TQ 4.1;
- Posição do “MEDIÇÃO DE NÍVEL DO TQ 4.1” foi alterada, saindo da lateral do tanque para a parte superior deste. O motivo desta alteração foi a interferência entre o eletrôdo do medidor de nível ERLSL e o PT100 do tanque. Após a alteração a medição do nível superior do tanque TQ 4.1 tornou-se possível, integrando assim, parte do controle do sistema;
- Célula de carga testada, funcionando e integrada ao sistema de controle;
- Resistência de aquecimento testada, funcionando e integrada ao sistema de controle;
- Transmissor ultrassônico de nível testado, funcionando e integrado ao sistema de controle;

- Válvulas solenóides funcionando e integradas ao sistema;
- Boia de nível para o Reservatório integrada ao sistema;
- Sensores PT100 testados e integrados ao sistema de controle;

#### Rotina automática do sistema após alterações

A rotina automática do sistema obedece a ordem sequencial demonstrada no diagrama abaixo.



## Etapa 0 - Repouso

O sistema encontra-se preparado para iniciar o ciclo automático, tendo os componentes envolvidos no processo conforme descrição abaixo.

- Válvulas solenóide fechadas;
- Motores desligados;
- Resistência desligada;
- LTSH – relé de nível alto tipo eletrôdo em estado aberto;
- Reservatório com nível alto;
- Tanque TQ 4.2 com nível mínimo;
- Tanque TQ 4.1 vazio;
- Válvulas de bloqueio tipo esfera das linhas de bypass fechadas;
- Registro do retorno do filtro para o reservatório fechada;
- Registro na saída do rotâmetro aberto;

## Etapa 1 - Enchimento do tanque TQ 4.2

Nesta etapa do processo é realizado o enchimento do tanque TQ 4.2 com o fluido vindo do reservatório. O controle desta etapa do processo pode ser feito através da medição de nível utilizando o LT 4.2B – sensor ultrassônico de nível, ou através do peso do fluido no tanque, utilizando o valor do WT – célula de carga localizada na parte inferior do tanque. Abaixo a descrição dos passos desta etapa.

- Posicionar a chave seletora no painel para automático;
- Acionar o botão para início de processo;
- Abertura da VSE TQ 4.2 – válvula solenóide de entrada do tanque TQ 4.2;
- Acionamento da Bomba 1;
- Enchimento do tanque TQ 4.2 até o nível pré setado definido pelo usuário;
- Quando o nível é atingido o sistema desliga a Bomba 1 e fecha a VSE TQ 4.2;
- Fim da etapa 1.

## Etapa 2 - Enchimento do tanque TQ 4.1

Nesta etapa do processo é realizado o enchimento do tanque TQ 4.1 com o fluido vindo do tanque TQ 4.2. O controle desta etapa do processo é feito através da leitura digital de nível no tanque TQ 4.1 utilizando o relé de nível alto por eletrôdo – LTSH, que informa ao sistema que já existe fluído o suficiente dentro do tanque TQ 4.1 para iniciar a etapa de aquecimento. Abaixo a descrição dos passos desta etapa.

- Abertura da VSS TQ 4.2 – válvula solenóide de saída do tanque TQ 4.2;
- Abertura da VSE TQ 4.1 – válvula solenóide de entrada do tanque TQ 4.1;
- Acionamento da Bomba 2;
- Enchimento do tanque TQ 4.1 até o fechamento do relé de nível alto do tanque TQ 4.1;



- Quando o nível atingir seu limite superior no tanque, o sistema desliga a Bomba 2 e fecha VSS TQ 4.2 e VSE TQ 4.1;
- Fim da etapa 2.

### Etapa 3 - Aquecimento da água

Nesta etapa do processo é realizado o aquecimento da água presente no tanque TQ 4.1. O controle desta etapa é feito através da leitura de temperatura com o sensor TT PT100 – termo-resistência, enquanto o setpoint é definido manualmente no leitor de temperatura presente no painel de controle. Uma vez que a temperatura atinge o valor pré-definido, o leitor comuta um relé e informa ao sistema que o setpoint foi atingido. Abaixo a descrição dos passos desta etapa.

- Acionamento da Resistência de Aquecimento;
- Aquecimento da água até a temperatura atingir o valor pré-definido do leitor de temperatura no painel de controle;
- Uma vez que o setpoint é atingido, o relé presente no leitor de temperatura comuta enviando um sinal para o sistema de controle, que desliga a resistência de aquecimento;
- Fim da etapa 3.

### Etapa 4 - Escoamento da água

Nesta etapa a água presente no tanque TQ 4.1, agora aquecida, escoar de volta para o Reservatório. Abaixo a descrição dos passos desta etapa.

- Abertura da VSS TQ 4.1 – Válvula solenóide de saída do tanque TQ 4.1;
- Escoamento da água para o Reservatório;
- Nível do reservatório sobe até acionar a boia de nível;
- Quando o contato da boia de nível é fechado o sistema de controle entende que o processo terminou e retorna para o estado de repouso – Etapa 0;
- Fim da etapa 4 e fim do processo automático.

## APÊNDICE F – Orientação de Utilização para o Professor

### Objetivos gerais

O objetivo desta seção é fornecer ao usuário da Planta Didática JAGER, presente nas instalações da Fatec Adib Moises Dib, uma visão geral do funcionamento do equipamento tal qual foi programado pelo Grupo nº3 de Trabalho de Conclusão de Curso, do corrente ano de 2022 do curso de Tecnologia em Automação Industrial, período noturno.

É importante ressaltar que os manuais dos componentes do equipamento serão entregues de forma digital para os professores orientadores e avaliadores.

### Preparação para ligar a Planta Didática

Antes de proceder com o acionamento da bancada, é necessário verificar se as condições iniciais para a partida estão satisfeitas, afim de evitar problemas durante o funcionamento:

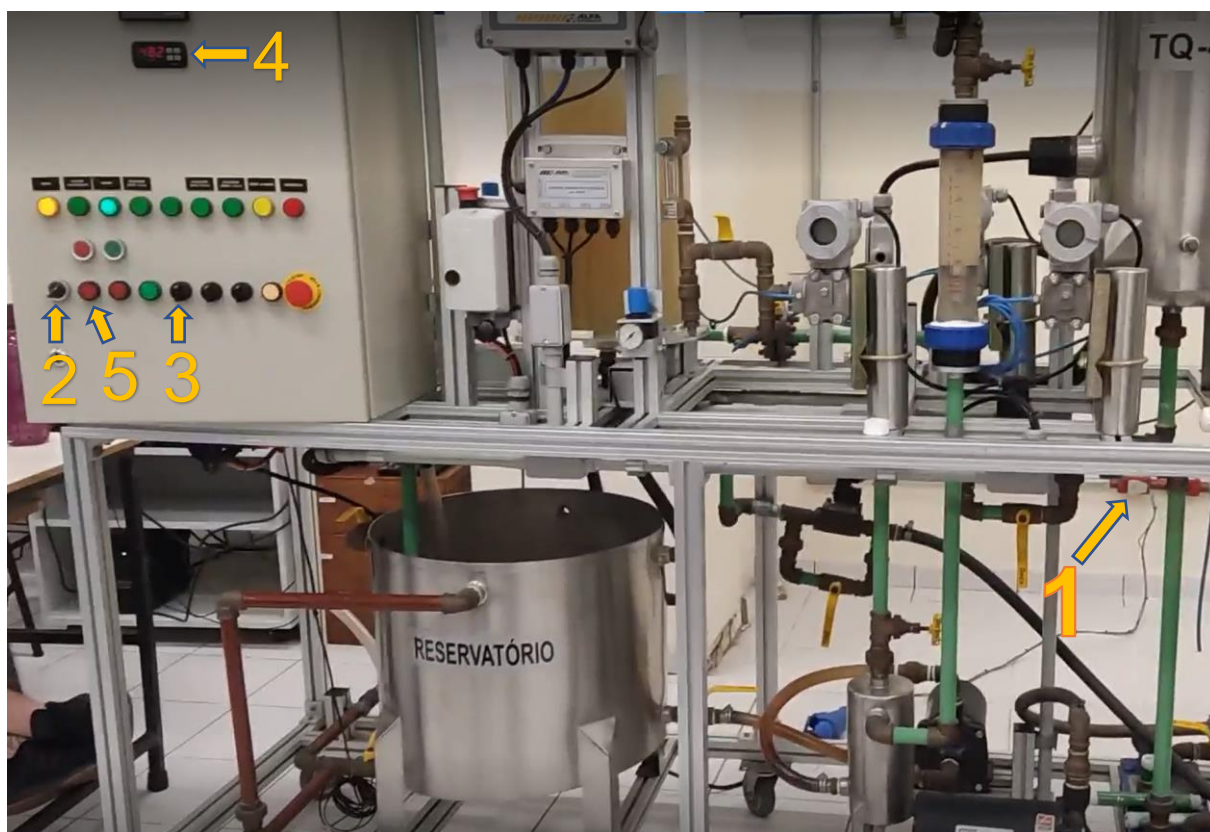
1. Nível do reservatório o suficiente para atender a demanda do processo;
2. Válvula esfera na linha entre o Reservatório e a Bomba 1 deve estar aberta;
3. Válvula esfera do dreno do Reservatório deve estar fechada;
4. Registro na linha de retorno entre o Filtro e o Reservatório deve estar fechado;
5. Registro na linha de recalque após o rotâmetro deve estar aberto;
6. As válvulas das linhas de bypass devem estar fechadas



### Acionamento da planta didática no modo automático

Para o acionamento da planta didática no modo automático, conforme projeto de entrega de TCC pelo grupo, seguir os seguintes passos girar a chave principal no painel de controle, conforme indicado na imagem abaixo.

1. Conectar o cabo à alimentação elétrica;
2. Acionar a chave geral;
3. Selecionar o modo automático no seletor do painel;
4. Definir um setpoint de temperatura no Termostato Digital Novus, no painel de controle;
5. Apertar o botão para início do processo.

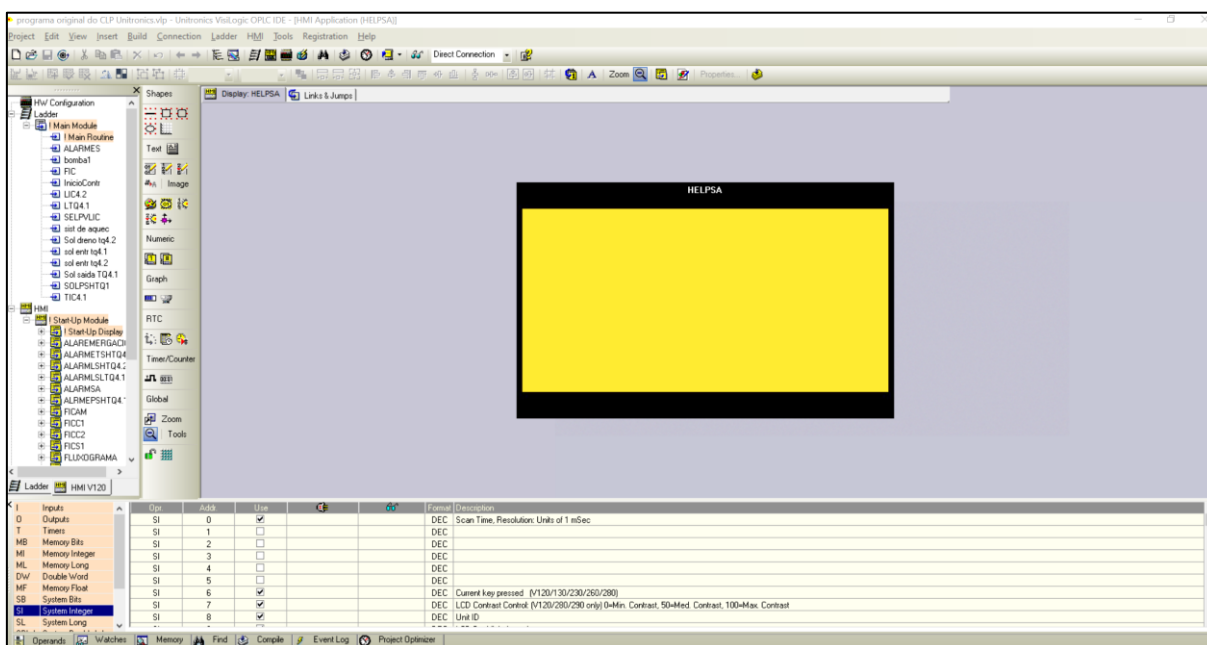


## Alteração de parâmetros de funcionamento

A programação feita pelo grupo de Trabalho de Conclusão de Curso visa exemplificar como o monitoramento e controle de processo industriais ocorre, valendo-se de recursos de instrumentação e controle que de fato são aplicados na indústria em geral. Todavia, é possível que o corpo docente da Fatec Adib Moises Dib entenda ser necessário alterar parâmetros e acrescentar rotinas de forma a explorar da melhor maneira possível os recursos deste equipamento.

As análises e experiências feitas pelo grupo mostram que o controlador lógico programável Unitronics, bem como as expansões à ele conectadas, estão funcionais e podem ser utilizados para diferentes tipos de aplicações.

Para que sejam possíveis tais alterações, é necessário um computador com o software VisiLogic, do fabricante Unitronics. Abaixo uma imagem da área de trabalho do software VisiLogic.



É necessário consultar os manuais do fabricante para a correta compreensão do funcionamento do controlador lógico programável.

## Sugestões para didática

É possível realizar uma série de rotinas e simulações utilizando a planta didática, embora para a apresentação do trabalho estejam efetivamente sendo utilizadas nível (medidor ultrassônico e eletrôdo), peso, vazão (através do rotâmetro) e temperatura, é possível utilizar outras variáveis e instrumentos presentes no equipamento, tais como:

- Pressão: pode ser medida através dos medidores de pressão diferencial e manômetro;
- Vazão: pode ser calculada através da pressão diferencial entre os trechos anterior e posterior à placa de orifício;
- Nível por Chave de nível;
- Nível por pressão da coluna de água;
- Pressostato;

Utilizando estes recursos, é possível definir uma série de rotinas que podem exemplificar em sala de aula, como é a interação entre a leitura de diferentes tipos de variáveis e o controle de processos. Abaixo, algumas das possibilidades que o equipamento oferece:

- Ensinar a diferença prática entre sinais digitais e analógicos:
  - Exemplo é a leitura de nível analógico via sensor ultrassônico e digital via relé de nível alto;
- Ensinar como é a interação entre Controladores Lógico Programáveis e comandos elétricos;
- Ensinar de forma prática como sistemas supervisórios são importantes no controle e automação de processos industriais;
- Utilização prática de um inversor de frequência;
- Programação prática de rotinas em CLP's;
- Diferença entre processos contínuos e discretos;
- Integração entre a planta e controle por nuvem.