

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

Pedro Henrique de Castro Aragão

**Proposta De Automação De Uma Estação De Tratamento De Água Para
Processos Industriais**

UBERLÂNDIA

2022

Pedro Henrique de Castro Aragão

**Proposta De Automação De Uma Estação De Tratamento De Água Para
Processos Industriais**

Trabalho de Conclusão de Curso da
Engenharia de Controle e Automação da
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
- Campus Santa Mônica, como requisito
para a obtenção do título de Graduação em
Engenharia de Controle e Automação

Orientador: Prof.º Dr. Renato Ferreira
Fernandes Júnior.

UBERLÂNDIA

2022

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me proporcionar todas as conquistas até aqui e me dar forças para seguir em frente.

À minha mãe, Sinara Monteiro de Castro, por me amar e apoiar durante todas as etapas da minha vida e por me proporcionar a chance de conseguir me formar.

Ao meu pai, Arnaldo Aragão, e ao meu avô, Alúzio Castro. Mesmo sem as suas presenças fisicamente, eu sei que de onde estiverem estarão orgulhosos com mais essa conquista.

À minha namorada, Amanda Garrote, por sempre estar ao meu lado, me amando, amparando, e me dando forças para a continuar nessa caminhada.

À minha avó, Simone, por toda preocupação nesse período e também por contribuir para que eu pudesse alcançar esse sonho

Ao meu padastro, Marcelo Oliveira, por todo os conselhos e suporte durante toda a graduação.

Aos meus amigos, por estarem ao meu lado e por me incentivarem a continuar na graduação.

Aos meus colegas de graduação e professores, em especial ao professor Renato Ferreira Fernandes JR, por todos os conhecimentos compartilhados durante essa caminhada.

Resumo

A água, como fonte de vida, é o bem mais precioso de nós seres humanos. Desde os primórdios, a água foi responsável pela manutenção da vida e está diretamente ligada ao desenvolvimento de uma sociedade. Por outro lado, a água é um dos recursos primordiais no meio industrial, ainda mais quando a utilização se dá em processos alimentícios. Por motivo da utilização de grandes volumes desse bem na indústria, formas de tratamento da água captada de uma fonte não segura vem sendo desenvolvidas visando atender a grande demanda e gerando o mínimo de impactos ambientais possíveis. Desta forma, este trabalho conseguiu desenvolver uma solução completa de automação de um sistema de tratamento de água, desde a captação, o tratamento e a distribuição de água limpa pela indústria. A solução foi desenvolvida utilizando o protocolo de comunicação Modbus e equipamentos industriais como Controladores Lógicos Programáveis e Interface Homem-Máquina para operação do processo.

Palavras-chave: Interface Homem-Máquina, Tratamento de Água, Automação, Controlador Lógico Programável.

Abstract

Water, as a source of life, is the most precious asset for us human beings. Since the beginning, water has been responsible for sustaining life and is directly linked to the development of society. Likewise, water is one of the primary resources in the industrial environment, and even more so for the use in food processes. Due to the use of large volumes of this asset in the industry, treatment processes for water collected from unsafe sources have been developed to meet such demand, while generating the least environmental impact possible. In this way, this work achieved a complete automation of a water treatment system, the capture solution, the development and distribution of clean water by the industry. The solution was developed using the Modbus communication protocol and industrial equipment such as Programmable Logic Controllers and Human-Machine Interface for process operation.

Keywords: Man-Machine Interface, Water Treatment, Automation, Programable Logic Controller.

Lista de ilustrações

| | |
|---|----|
| Figura 1: Pirâmide de Automação Industrial | 17 |
| Figura 2: Diagrama de Blocos Simplificado de um CLP..... | 19 |
| Figura 3: Exemplo de aplicação para IHM | 20 |
| Figura 4: Arquitetura de operação de um sistema com IHM. | 21 |
| Figura 5: Transmissor de pressão com sinal analógico de 4 a 20 mA | 22 |
| Figura 6: Fluxograma de captação, armazenamento e distribuição de água bruta .. | 27 |
| Figura 7: Bombas do sistema de captação BA-101 e BA-102 | 28 |
| Figura 8: PI-101, PT101 e PSH-10..... | 29 |
| Figura 9: LT-101, PSH-006 e PSL-002 | 30 |
| Figura 10: Abastecimento do caminhão pipa com água bruta..... | 31 |
| Figura 11: Fluxograma tratamento químico e armazenamento de água tratada | 32 |
| Figura 12: Transmissor de pressão, pressostato e manômetro da BA-001 | 33 |
| Figura 13: PI-005 - Pressão de entrada no floccodcantador..... | 33 |
| Figura 14: Fluxograma de distribuição de água tratada.. | 35 |
| Figura 15: Arquitetura de rede do sistema | 36 |
| Figura 16: Tela de processo presente na IHM de operação | 40 |
| Figura 17: Interface de programação do software Machine Expert v2.0 | 45 |
| Figura 18: Módulos de I/Os e <i>drivers</i> de comunicação do CLP da captação | 46 |
| Figura 19: Módulos de I/Os e <i>drivers</i> de comunicação do CLP da ETA..... | 46 |
| Figura 20: Variáveis globais do controlador da captação | 47 |
| Figura 21: Variáveis globais do controlador da ETA | 47 |
| Figura 22: <i>POU</i> de espelhamento do controlador da captação | 48 |
| Figura 23: Bloco de <i>interlock</i> | 49 |
| Figura 24: Bloco automatismo das bombas de controle de nível | 49 |
| Figura 25: Bloco de automatismo das bombas de água limpa | 50 |
| Figura 26: Bloco de partida e controle da <i>Tesys U</i> | 50 |
| Figura 27: Bloco de alarma e invasão da captação | 51 |
| Figura 28: <i>POU's</i> desenvolvidas para o controlador da captação..... | 51 |
| Figura 29: <i>POU's</i> desenvolvidas para o controlador da ETA | 52 |
| Figura 30: Fluxograma da lógica de acionamento das bombas da captação e ETA | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 31: <i>Driver</i> de comunicação da IHM | 54 |
| Figura 32: Tela do processo de captação e tratamento químico | 55 |
| Figura 33: Tela dos sistemas secundários da captação e ETA | 55 |
| Figura 34: <i>Pop-up</i> das bombas do floccodecantador | 56 |
| Figura 35: <i>Pop-up</i> das bombas de sulfato de alumínio e hipoclorito de sódio | 57 |
| Figura 36: <i>Pop-up</i> do motor agitador de produto e da bomba de polímero | 57 |
| Figura 37: Tela de <i>interlocks</i> da bomba BA-001 | 58 |
| Figura 38: Tela de alarmes gerais da aplicação | 59 |
| Figura 39: Tela inicial após <i>download</i> da aplicação para a IHM | 61 |
| Figura 40: Tela de operação do processo principal | 61 |
| Figura 41: Tela de operação dos processos secundários da captação e ETA | 62 |
| Figura 42: Tela de alarmes do sistema | 62 |
| Figura 43: <i>POP-UP</i> das bombas do caminhão pipa e limpeza de fundo | 63 |
| Figura 44: Análise visual da água nas etapas de tratamento | 64 |
| Figura 45: Botoeiras de emergência das bombas “BA-001” e “BA-002” | 65 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Quantidade de pontos do CLP ETA e captação..... | 34 |
| Tabela 2: Lista de equipamento da Rede Modbus TCP da captação..... | 31 |
| Tabela 3: Lista de equipamento da Rede Modbus RTU da captação..... | 32 |
| Tabela 4: Lista de equipamento da Rede Modbus TCP da ETA | 33 |
| Tabela 5: Lista de equipamento da Rede Modbus RTU da ETA..... | 33 |

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|---------------|---|
| <i>ASCII</i> | <i>American Standard Code for information Interchange</i> |
| CLP | Controlador Lógico Programável |
| CPU | Unidade de Central de Processamento |
| <i>ERP</i> | <i>Enterprise Resource Planning</i> |
| ETA | Estação de Tratamento de Água |
| ETE | Estação de Tratamento de Esgoto |
| IHM | Interface Homem-Máquina |
| <i>ISA</i> | <i>International Society of Automation</i> |
| <i>MES</i> | <i>Manufacturing Execution Systems</i> |
| <i>OSI</i> | <i>Open Systems Interconnection</i> |
| <i>POU</i> | <i>Program Organization Units</i> |
| <i>RS-485</i> | <i>Recommended Standard 485</i> |
| <i>RTU</i> | <i>Remote Terminal Unit</i> |
| <i>SCADA</i> | <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> |
| <i>SM</i> | <i>Single Mode</i> |
| TCP | <i>Transmission Control Protocol</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 Introdução..... | 12 |
| 1.1 Justificativas | 13 |
| 1.2 Objetivo | 13 |
| 1.3 Objetivos específicos | 14 |
| | |
| 2 Revisão Bibliográfica..... | 15 |
| 2.1 Processo de Tratamento de Água..... | 15 |
| 2.2 Automação e Instrumentação industrial | 16 |
| 2.2.1 Controladores Lógicos Programáveis – CLP..... | 18 |
| 2.2.2 Interface Homem-Máquina | 20 |
| 2.2.3 Operador | 21 |
| 2.2.4 Meios de Comunicação | 22 |
| 2.2.5 Rede de Comunicação..... | 23 |
| 2.2.6 Protocolo MODBUS | 24 |
| 2.2.7 Protocolo TCP/IP..... | 25 |
| | |
| 3 Desenvolvimento..... | 26 |
| 3.1 Projeto detalhado | 26 |
| 3.1.1 Captação, armazenamento e distribuição de água bruta | 27 |
| 3.1.2 Tratamento químico e armazenamento da água tratada..... | 31 |
| 3.1.3 Distribuição de água tratada..... | 34 |
| 3.1.4.Lista de pontos do projeto | 35 |
| 3.2 Arquitetura de Rede e Protocolos de comunicação | 36 |
| 3.2.1 Arquitetura e protocolos de comunicação da captação | 37 |
| 3.2.2 Arquitetura e protocolos de comunicação da estação de tratamento..... | 38 |
| 3.3 Desenvolvimento do controle | 39 |
| 3.3.1 Desenvolvimento do descritivo lógico do sistema | 39 |
| 3.3.1.1 Bombas do sistema de captação | 40 |
| 3.3.1.2 Bombas de limpeza de fundo e caminhão pipa | 41 |
| 3.3.1.3 Bombas de alimentação do floccodecantador..... | 42 |
| 3.3.1.4 Bombas de distribuição de água tratada | 43 |
| 3.3.2 Lógicas dos CLP’S da captação e estação de tratamento | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4 Desenvolvimento das telas da IHM | 54 |
| 3.4.1 Configuração do drive de comunicação | 54 |
| 3.4.2 Telas de processo | 55 |
| 3.4.3 <i>Pop-up</i> das bombas controladas por inversores | 56 |
| 3.4.4 <i>Pop-up</i> das bombas do tratamento químico..... | 56 |
| 3.4.5 Telas de <i>Interlocks</i> | 58 |
| 3.4.6 Tela de alarmes..... | 58 |
| 4 Resultados e Discussões | 60 |
| 4.1 Comissionamento..... | 60 |
| 4.2 Operação Assistida | 60 |
| 4.3 Discussões sobre os resultados finais | 63 |
| 4.3.1 Resultado do tratamento da água | 63 |
| 4.3.2 Segurança do processo..... | 65 |
| 4.3.3 Eficiência do processo..... | 65 |
| 5 Conclusão | 66 |
| 6 Referências Bibliográficas | 67 |
| APÊNDICE A – Fluxograma geral da planta..... | 70 |
| APÊNDICE B – Arquitetura de rede detalhada da planta | 71 |
| APÊNDICE C – Lista de pontos detalhada da planta | 72 |

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população a cada ano, a demanda de empresas alimentícias para a entrega de produtos cada vez melhores, com maior velocidade e menores custos tem aumentado substancialmente. Um dos insumos mais utilizados por estas empresas é a água tratada, que tem se tornado um bem de consumo cada vez mais escasso no mundo. Tratar a água de forma eficiente é crucial para que a demanda pelos alimentos por parte da população seja atendida com qualidade.

Visando realizar a limpeza e desinfecção de uma determinada substância, as estações de tratamento são importantes pois possibilita o armazenamento da substância e o tratamento da mesma. As principais estações de tratamento são as ETE e ETA. A estação de tratamento de esgoto (ETE), tem como principal objetivo possibilitar o descarte do esgoto com o menor impacto ambiental possível. Neste processo, são realizados tratamentos químicos, físicos e biológicos visando eliminar os poluentes do esgoto. Já a estação de tratamento de água (ETA), é o local onde a água retirada de rios, represas e poços é purificada visando atender o consumo humano ou industrial. Neste processo são realizados tratamentos químicos e físicos que possibilitam a retirada de componentes sólidos e a correção do PH do fluído de maneira segura. A água tratada neste processo abastece residências, comércios e indústrias, podendo causar doenças graves caso o tratamento não seja realizado de maneira correta. Dentro do ambiente industrial e dependendo do processo produtivo, geralmente é necessário existir tanto ETA quanto ETE. Para isso, visando melhorar o tempo para a realização do tratamento da água, projetos de automação para esse processo torna-se cada vez mais necessário. (P&Q Engenharia Jr 2018).

A automação destes processos na indústria tem crescido cada vez mais, o que aumenta a confiabilidade do produto, a eficiência da produção, a flexibilidade e também a segurança da operação do sistema. Por isso, a evolução da automação e também das redes industriais estão inseridos dentro de grande parte das instalações industriais.

No contexto das redes industriais, elas surgem para dar flexibilidade ao processo de controle industrial, sendo capaz de gerenciar e supervisionar processos complexos, através de uma precisa troca de informações, dada em protocolos, entre sensores, computadores, máquinas, atuadores, entre outros equipamentos.

Atualmente existem diferentes protocolos de comunicação nas redes industriais no mercado, sendo alguns dos principais: AS- Interface, Profinet, Profibus, DeviceNet, Ethernet/IP e Modbus.

O presente trabalho abordará os conceitos básicos que estão envolvidos no desenvolvimento de uma ETA e descreverá uma das formas de automatizar esse processo, utilizando tecnologias de automação sólidas e amplamente difundidas no setor industrial, visando no final do trabalho possibilitar a entrega de um sistema seguro, robusto, eficiente e que ajude os operadores nas identificações de falhas e tomadas de decisões durante a operação do sistema.

1.1 Justificativas

Na indústria alimentícia, a água é um dos insumos mais importantes para funcionamento de todo o processo. A falta deste insumo pode ocasionar prejuízos incalculáveis, causando paradas de plantas não planejadas e atrasos nas entregas de produtos para distribuidores. Tratar a água de forma correta e distribuir esse bem de forma eficiente no processo, tem como consequência o aumento da qualidade do produto, menores desperdícios e funcionamento do processo dentro dos parâmetros planejados. O presente trabalho tem por motivação fornecer maior segurança, velocidade e eficiência no tratamento da água para diversas etapas de um processo alimentício.

1.2 Objetivo

O objetivo do trabalho é desenvolver um sistema de controle e automação para uma estação de tratamento de água, aumentando a eficiência no fornecimento de água tratada para utilização em processos industriais. O sistema será composto por três etapas: captação e armazenamento de água bruta, tratamento químico e armazenamento de água tratada e, distribuição de água tratada. Nesta aplicação, o sistema de captação estará a 3km em linha reta da estação de tratamento químico. Portanto, o objetivo principal é fazer com que o operador consiga operar os equipamentos da captação direto da estação de tratamento químico sem que haja a necessidade deslocamento entre as duas áreas. O sistema também será desenvolvido para que o tratamento da água seja realizado de forma semiautomática

com o mínimo de interferência humana possível.

1.3 Objetivos específicos

- Revisar fluxograma do processo;
- Levantar lista de pontos dos controladores da aplicação;
- Definir arquitetura de rede;
- Desenvolver descritivo lógico de funcionamento de todo o sistema;
- Desenvolver as lógicas dos controladores da aplicação;
- Desenvolver as telas para a IHM;
- Integrar os equipamentos da captação e ETA utilizando o protocolo MODBUS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será realizada uma revisão bibliográfica sobre o funcionamento de um processo de tratamento de água e a automação do mesmo.

2.1 Processo de Tratamento de Água

Segundo PontreMolez (2009), do volume total de água disponível no planeta terra, cerca de 97% está nos oceanos e mares e somente 2,5% é formado por água doce. Também, segundo o mesmo autor, a cada ano que passa o consumo médio anual da população aumenta. Em 1900, o consumo médio anual de água era de 350m³/hab.ano enquanto que 2000 foi de 642 m³/hab.ano. Dentro do consumo total deste recurso, pode-se dividir em: agrícola 69%, uso industrial 21% e uso doméstico 10%.

Devido a uma alta diversidade climática e condições geológicas, o Brasil possui uma excelente diversidade de rios e lagos em seu território. Desta forma, o Brasil representa 12% da disponibilidade de água doce no mundo. Porém, mesmo tendo essa alta diversidade e disponibilidade deste recurso, o Brasil tem problemas de abastecimento de água em algumas regiões, devido a degradação dos recursos hídricos causados pela poluição doméstica, industrial e agrícola. (PONTREMOLEZ, 2009).

As estações de tratamento de água potável, são sistemas projetados para atender uma única casa, ou uma indústria de grande porte. Tendo como principais objetivos a coleta de água bruta de uma fonte não segura, higienização e distribuição dessa água para pessoas e indústrias de todo planeta.

Para o tratamento da água, são realizados procedimentos físicos e químicos em uma sequência denominada como processo. Esse processo tem o objetivo final de disponibilizar a água de forma potável para abastecimentos de casas, indústrias e comércios. O processo de tratamento de água é importante para eliminação das impurezas, evitando a transmissão de doenças e contaminação de processos que a utiliza com insumo.

Todo o processo de tratamento de água começa com a captação e armazenamento da água "bruta", retida de mananciais superficiais como lagos, rios e nascentes. Essa água também pode ser retirada de poços e cisternas por meio de

adutoras utilizadas para direcionar a água para o reservatório. A água é armazenada e nesta etapa é iniciado o processo de decantação das matérias sólidas de maior peso e volume contido na água (PONTREMOLEZ, 2009).

Na segunda etapa, denominada como coagulação e floculação, as partículas finas que ficam na superfície da água são aglomeradas através da adição de substâncias como o sulfato de alumínio e hidróxido de cálcio. Ao adicionar essas substâncias na água, as partículas finas se aglomeram ganhando peso e volume para diminuir o tempo de decantação necessário para que toda a matéria sólida da superfície decante de forma completa para o fundo do reservatório. (PONTREMOLEZ, 2009).

Na terceira etapa, denominada como decantação, a água é direcionada para outros tanques, e, através da gravidade, todos os flocos com as impurezas e partículas aumentados e aglomerados na etapa de floculação ficam depositadas no fundo dos reservatórios, separando-se da água que é direcionada para o processo de filtração. (PONTREMOLEZ, 2009).

Na quarta etapa, denominada como filtração, a água que resulta do processo de decantação é direcionada para os filtros formados por carvão ativado, areia, pedras e diversos outros elementos filtrantes. Nesta etapa, as impurezas pequenas que não foram decantadas no processo de floculação, ficam retidas nestes filtros. (PONTREMOLEZ, 2009).

Por fim, é aplicado na água o hipoclorito de sódio, cloro ou ozônio para eliminação dos micro-organismos causadores de doenças. O hipoclorito de sódio age como desinfetante, eliminando os microrganismos em geral e como oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água. (PONTREMOLEZ, 2009).

2.2 Automação e Instrumentação industrial

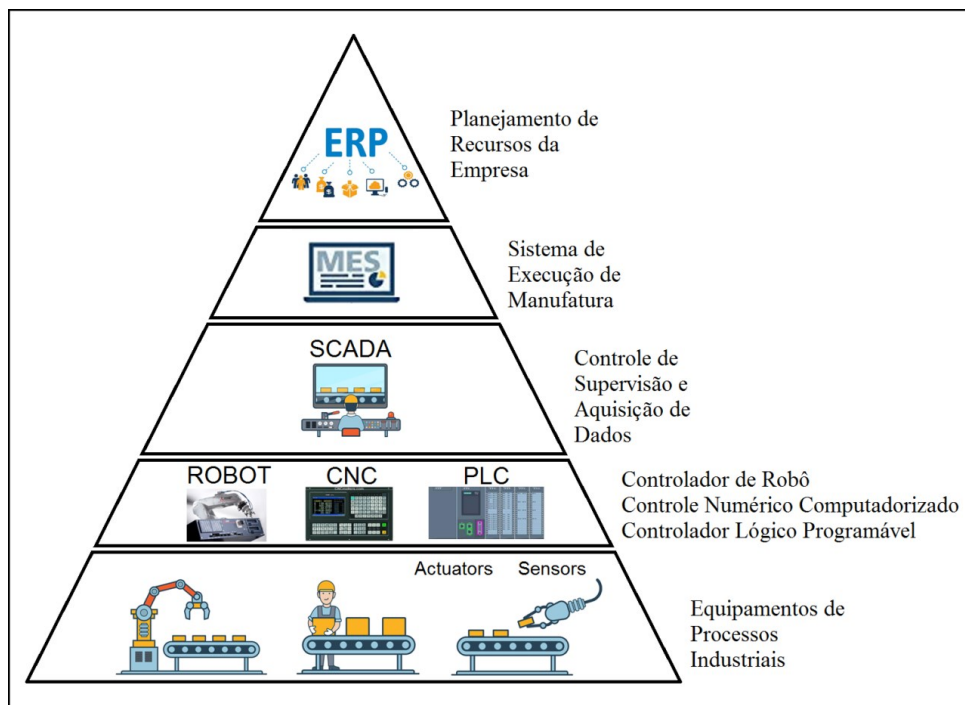
Com auxílios de equipamentos e *softwares*, e com o objetivo de controlar processos e máquinas, a automação industrial nada mais é do que a aplicação da teoria de sistemas visando automatizar processos manuais repetitivos, com o objetivo de coletar as informações do mesmo e aperfeiçoá-lo. Para cada indústria, a automação de processo servirá para um propósito específico e para aplicações diferentes, porém, os controles básicos são comuns a todos os processos. (SCOTTI 2015).

Em um mundo cada vez mais competitivo, a automação vem sendo utilizada

para redução de custos e aumento de lucro de toda uma cadeia produtiva. Devido ao aumento da tecnologia trazida pela a utilização da automação na indústria, os investimentos iniciais na manutenção do sistema, a cada ano que passa aumentam por demandar uma mão de obra cada vez mais especializada. Porém, todo o investimento é recompensado pela garantia de um processo com maior segurança, eficiência e qualidade, aumentando os resultados de toda a produção.

Devido ao crescimento dos sistemas automatizados, principalmente na indústria, a demanda pelo controle e gestão dos vários processos fez com que houvesse uma necessidade de segmentar os sistemas de automação. Com o intuito de segmentar os níveis de um sistema, a *International Society of Automation (ISA)* definiu cinco níveis por meio da norma ISA-95/2010. No primeiro nível, estão os dispositivos de campo que engloba em sua grande maioria os sensores e atuadores do processo. No segundo nível, está a camada de controle onde estão os controladores de processos aquisitando os dados dos dispositivos de campo. No terceiro nível, estão os sistemas de controle, supervisão e aquisição de dados. Já nos últimos dois níveis estão os sistemas de execução e gestão denominadas como MES e ERP. (SCOTTI 2015). Na figura 1, está a segmentação atualizada na norma ISA-95/2010:

Figura 1: Pirâmide de Automação Industrial.



Fonte: (DORNELLES, 2021. p. 1)

Com a definição de uma hierarquia nos sistemas de automação, ilustrada pela figura 1, os diferentes níveis de automação foram organizados visando solucionar e automatizar os processos de uma cadeia produtiva. As camadas mais baixas foram designadas para controle e supervisão dos dispositivos de campo que trabalham diretamente no controle do processo. Nos níveis mais altos, os ativos são tratados e utilizados em análises gerenciais da empresa ou organização.

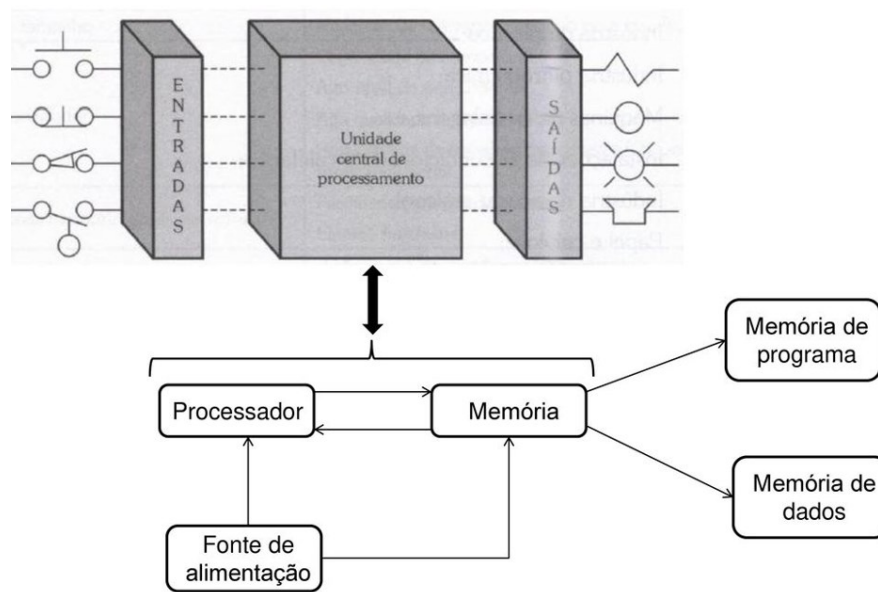
Os sistemas de automação mais comuns utilizados nas indústrias estão dentro dos três primeiros níveis. Estes sistemas são compostos de funções que executam uma lógica sequencial pré-programada. As funções são executadas em sua maior parte por controladores lógicos programáveis, esses equipamentos são responsáveis pelas leituras dos sensores através de entradas digitais e analógicas. Através de uma rotina lógica, ele utiliza as informações destes sensores para o controle de atuadores visando controlar etapas específicas de um processo. Mesmo com as funções sendo definidas pelo CLP, em grande parte dos processos, a exigência de um operador para acionamento de alguns comandos é de extrema importância.

2.2.1 Controladores Lógicos Programáveis – CLP

Com objetivo de executar rotinas lógicas pré-programadas, o CLP pode ser definido como um equipamento eletrônico que possui a capacidade de armazenar rotinas e instruções responsáveis por controlar sistemas específicos. Também, possui as funções de manipulação dos dados, comunicação via rede através de protocolos específicos, realização de sequenciamentos, contagens e cálculos numéricos. Utilizando um rápido processamento, o CLP é capaz de executar funções mecânicas, eletrônicas e elétricas.

A composição do CLP ocorre basicamente por entradas e saídas, analógicas e digital, junto a uma central de processamento (CPU). A CPU, é constituída pelo processador, memória e pelo barramento que faz a conexão com as entradas e saídas, demonstrado na Figura 2. O cérebro de toda aquisição e controle da aplicação é a CPU, ela é responsável pela leitura dos sinais das entradas espelhadas na memória de dados, execução de operações aritméticas e lógicas baseadas na memória de programa, e atribuição de comandos às saídas do controlador.

Figura 2: Diagrama de Blocos Simplificado de um CLP.



Fonte: (Neto, 2016).

As execuções dos programas do CLP se dar por três principais tarefas descritas abaixo:

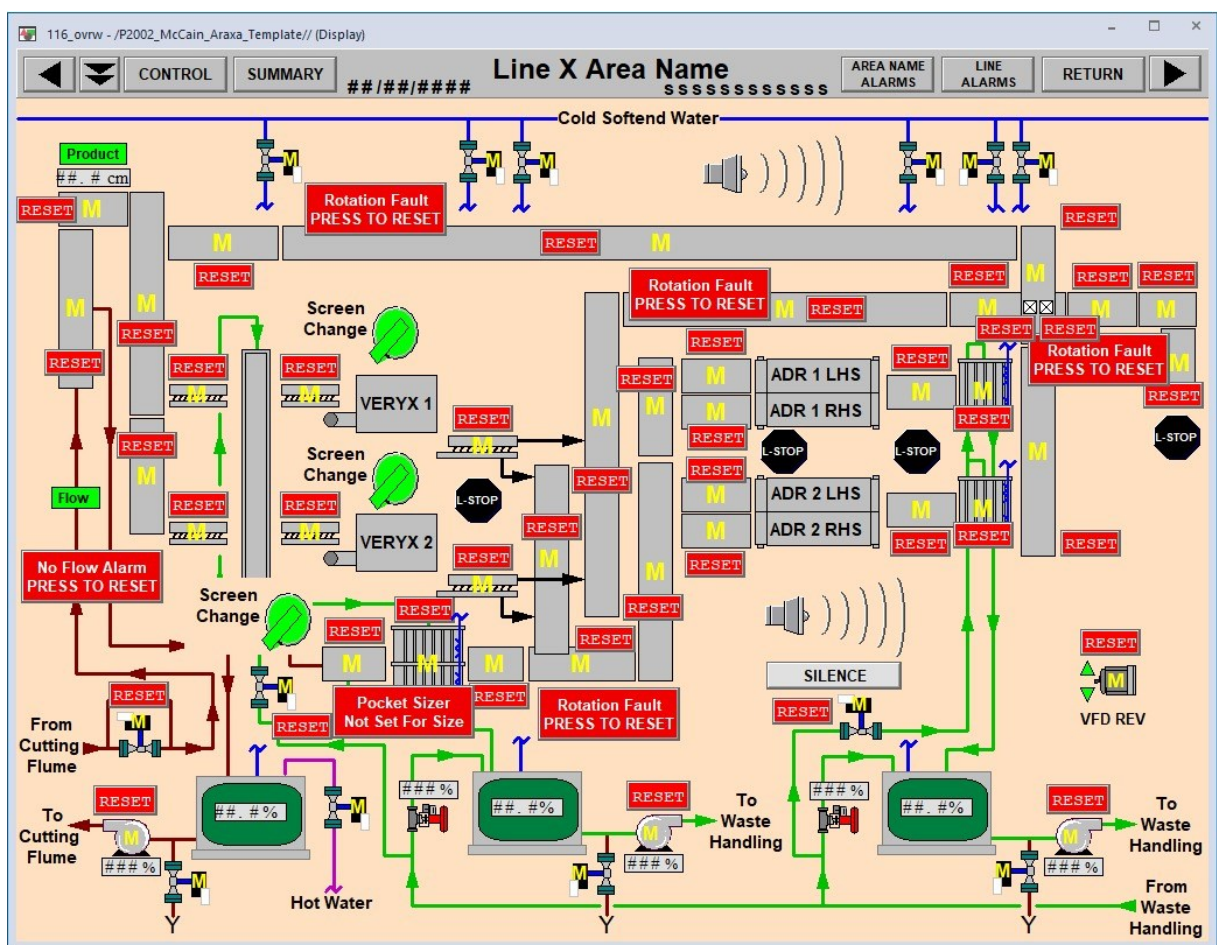
- A primeira tarefa executa a transferência dos sinais da interface de entrada para a memória de dados;
- A segunda tarefa executa o início da varredura do software onde foi armazenado a programação. Nesta etapa, o controlador utiliza os dados recebidos nas entradas para executar as lógicas pré-programadas no software;
- Na terceira etapa, após a varredura, processamento das informações de entradas e dos programas pré-programados, o CLP transfere os resultados das operações realizadas para a interface de saída.

Os CLP's têm a incrível capacidade de operar de forma integrada ou isolada, conectado a uma rede de comunicação para controle de dispositivos ou envio de informação para um sistema SCADA. O crescimento do CLP e de suas funcionalidades permitiu a sua utilização em indústrias de processo e a conexão com um sistema SCADA. (AL-DALKY et al. 2014).

2.2.2 Interface Homem-Máquina

A Interface Homem-Máquina (IHM), pode ser definida como um dispositivo responsável por apresentar dados ao operador, fornecer entradas de controle, disponibilizar gráficos para análise de ativos e disponibilizar todo fluxograma do processo com as janelas de alarmes, *interlocks*, e *pop-up* para controle de equipamentos do sistema.

Figura 3: Exemplo de aplicação para IHM.



Fonte: Próprio Autor (2022).

A IHM é normalmente utilizada junto a um CLP para trocas de informações, utilizando para isso as portas de comunicação onde serão trafegados os dados em um protocolo de comunicação específico. Ela é constituída por um *software* embarcado e por um *hardware* com o principal objetivo de disponibilizar para o operador a visualização do fluxograma da planta com o monitoramento dos principais

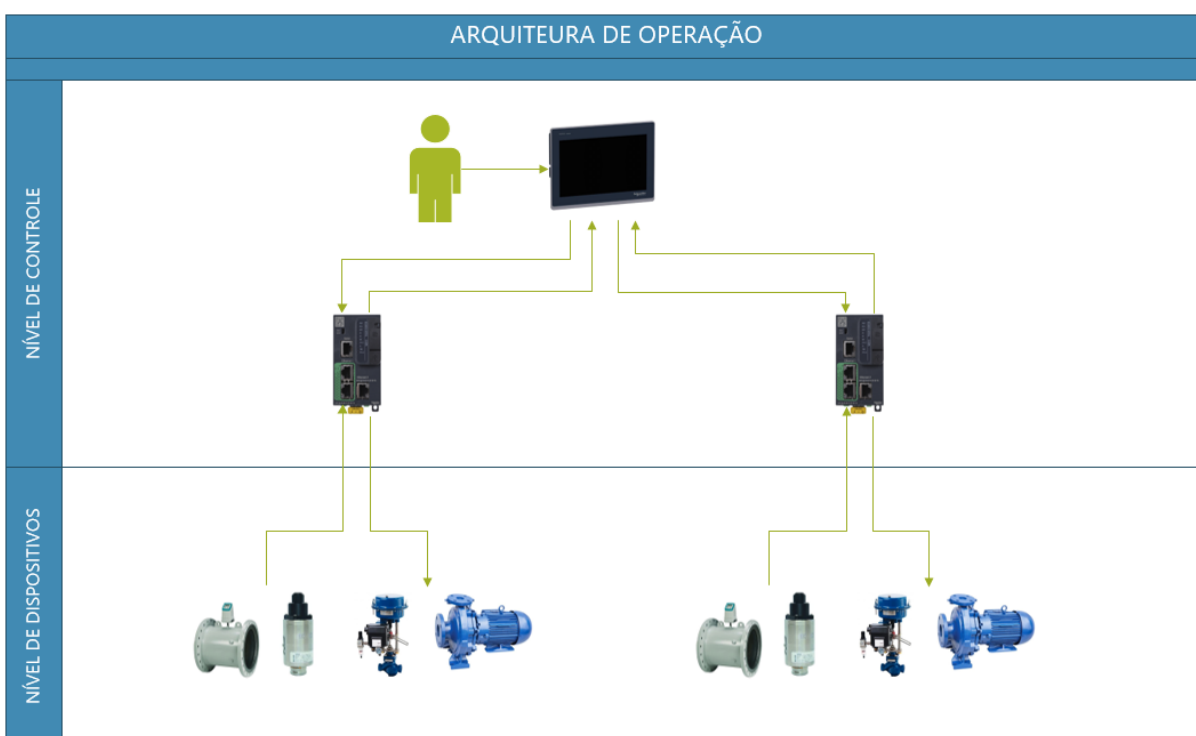
ativos, podendo ser utilizada para modificar os valores de referência (*setpoint*), e realizar o controle dos atuadores de forma manual (CONSTAIN 2011).

Diante disso, a IHM é um dispositivo essencial para monitoramento do processo de forma local, disponibilizando para o operador informações essenciais para tomada de decisão em casos de emergências.

2.2.3 Operador

O operador tem a função de interagir com a IHM, monitorando-a e executando remotamente as funções de manipulação e controle do sistema. Abaixo está uma ilustração de como se dá a operação de um sistema via IHM.

Figura 4: Arquitetura de operação de um sistema com IHM.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Em todo processo como o mostrado na figura 4, qualquer tipo de equipamento pode ocasionar para o operador lesões superficiais como arranhões, pequenas queimaduras, cortes e, ou lesões graves como fraturas, lesões por esmagamento, lacerações, amputações ou até mesmo a morte.

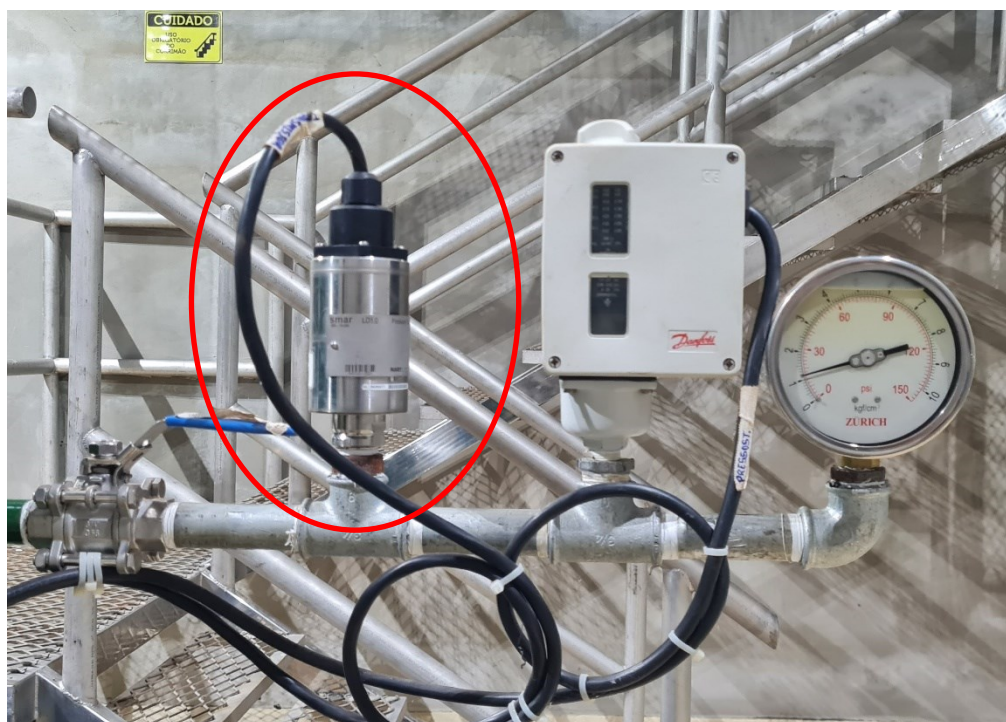
Portanto, para diminuir os possíveis riscos de acidentes, as adequações citadas na NR12 devem ser realizadas visando a segurança do operador. Alguns exemplos descritos na

norma são a instalação de telas de proteções em polias e correias acionadas de forma a evitar que alguém coloque a mão quando a máquina está em operação, instalação de botoeiras de emergência para cada máquina rotativa, proteção contra faíscas e lançamentos por detritos que possa ocorrer durante a operação de um equipamento. (SILVEIRA 2019).

2.2.4 Meios de Comunicação

Para a comunicação dos dispositivos em um sistema de automação, são utilizadas várias redes de comunicação que trafegam informações por meios físicos diversos. Dentre todos os padrões criados para a comunicação dos dispositivos, os sinais analógicos de tensão (0 a 10 V) e de corrente (4 a 20mA) ainda são bastante utilizados, principalmente para a comunicação dos dispositivos de campo com os dispositivos de controle, como é caso da comunicação do transmissor de pressão identificado na Figura 5 utilizado na ETA. Apesar de estabelecer a comunicação, os sinais analógicos são bastante suscetíveis a ruídos, e dependendo do meio onde são aplicados, isso torna-se um problema. (SILVA 2015).

Figura 5: Transmissor de pressão com sinal analógico de 4 a 20 mA.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Com o surgimento dos sensores inteligentes utilizando controles digitais na

década de 80, as redes de campo ou *Fieldbus* começaram a surgir com o intuito de conectar equipamentos que integram um sistema de automação por meio de cabos ou até mesmo sem fio. Estas conexões têm o objetivo de criar um meio de comunicação para a utilização de protocolos de mensagens padronizadas a fim de estabelecer a comunicação entre os dispositivos.

Na indústria, as redes de campo são utilizadas de forma significativa por possuírem grande confiabilidade, modularidade, facilidade de entendimento e um custo menor para a instalação. Outra vantagem, é a utilização de vários dispositivos em uma rede, permitindo tráfego de informações sem perdas significativas quando instalada seguindo as recomendações das normas de instalação. (ZÚQUETE 2013).

As redes *Fieldbus*, em sua grande maioria, utilizam o sistema de troca de dados em série, seguindo os padrões estabelecidos pela Associação Internacional de Telecomunicações, que especifica todas as características elétricas, mecânicas e funcionais para a comunicação dos dispositivos em rede. (CONSTAIN 2011).

Dentre os meios físicos de comunicação, podemos citar o RS-485 ou EIA-485. Este meio físico utiliza para a comunicação um par de condutores para transmissão e recepção de dados. A principal vantagem da utilização deste meio físico é a possibilidade de interligação de até 32 dispositivos sem repetidores em uma rede que pode chegar a ter um comprimento limite de 1200 metros, tornando os projetos mais simples e baratos para a implementação.

Sua principal desvantagem está na impossibilidade de transmitir e receber um pacote de dados de forma simultânea por se tratar de um meio *half-duplex*, ou seja, enquanto um equipamento transmite uma informação, os outros precisam aguardar a finalização do envio para assim enviarem os seus pacotes. Caso dois dispositivos na mesma rede tente transmitir um pacote ao mesmo tempo, uma colisão de dados acontecerá causando a instabilidade da rede e a perda de informações. Mesmo com essa desvantagem, o meio físico RS-485 é o mais utilizado na indústria para comunicação entre dispositivos. (SCOTTI 2015).

2.2.5 Rede de Comunicação

De acordo com as condições de projetos que vão avaliar as distâncias de cobertura de um sistema, as redes de comunicação podem ser montadas utilizando par trançado, cabos elétricos, cabos de fibra óptica (serial, Ethernet), rádio frequência,

linhas telefônicas, satélites dentre outros. (ZÚQUETE 2013).

Para compatibilidade entre os dispositivos de um mesmo sistema, independente da fabricante do equipamento, as redes industriais seguem determinados protocolos para a padronização da comunicação. Um dos protocolos utilizados para padronizar a comunicação é o MODBUS nas versões RTU (Padrão serial RS-232 ou RS-485) e TCP (Padrão Ethernet). O desempenho de todo projeto de comunicação é determinado pela utilização do protocolo que mais atende a determinados projetos. (COELHO 2010).

2.2.6 Protocolo MODBUS

O protocolo MODBUS foi criado pela empresa *Modicon*, em 1979, baseado nas arquiteturas Mestre/Escravo, ou Cliente/Servidor. Por se tratar de um protocolo aberto (com suas normas e especificações públicas), de fácil implementação e de simples interpretação, o MODBUS é considerado segundo (SCOTTI 2015) um dos protocolos mais populares no setor industrial. Classificando o protocolo no modelo OSI, o MODBUS está posicionado na camada 7, além disso, ele suporta transmissões assíncrona do tipo mestre/escravo. Para a comunicação em meio físico Ethernet, foi acrescentado no modelo OSI as camadas de rede, transporte e apresentação, criando assim o MODBUS/TCP com o objetivo de disponibilizar o protocolo para equipamentos que comuniquem em meio físico ethernet. Geralmente são utilizados dois tipos:

- MODBUS RTU utilizando como meio físico os padrões RS-485 e RS-232;
- MODBUS com a tecnologia TCP ou UDP, onde o meio físico é baseado padrão Ethernet.

A comunicação se dá por requisições feitas pelo mestre da rede e resposta vindas dos escravos. O processo de comunicação exclusivamente se dá pela requisição do mestre impossibilitando o envio de dados de um escravo sem que haja a requisição dele. Para cada solicitação do mestre uma função é utilizada para que o escravo saiba qual será a ação que deverá ser executada. (SCOTTI 2015).

Os pacotes MODBUS enviados pelos equipamentos na rede são compostos por bytes que são interpretados pelos dispositivos mestre e escravos. A quantidade

de bytes pode variar de 1 a 255, tendo o intervalo de 128 a 255 reservado para o envio de respostas. Os protocolos seriais são:

- O protocolo MODBUS/ASCII é transmitido em meio físico RS-232 e RS-485. Ele possui a arquitetura mestre/escravo, onde todos os escravos obedecem a um mestre na rede. Em relação ao pacote de dados, o mesmo pode possuir até 252 bytes, e a rede pode suporta até 247 dispositivos. Cada byte, conjunto de 8 bits, é dividido em dois caracteres ASCII, com tempo de transmissão de até um segundo entre eles;
- O protocolo MODBUS/RTU surgiu como uma variação do protocolo Modbus ASCII, onde se diferenciam na codificação da mensagem. No ASCII, os bytes são divididos em dois caracteres ASCII, já o RTU utiliza o byte completo para a transmissão contínua melhorando o *throughput* do protocolo. (SCOTTI 2015).

2.2.7 Protocolo TCP/IP

A Organização Internacional para Padronização (ISO), criada na cidade de Genebra, em 1947, tem como objetivo a padronização e normatização internacional de todas as áreas técnicas. Estas normas e padronizações, fornecem requisitos, diretrizes, especificações e características para que sejam utilizadas de forma consistente, a fim de garantir que produtos, materiais, processos e serviços sejam adequados para o seu uso final. Dentro da ISO estão documentos denominados RFD que têm o objetivo de detalhar os protocolos de comunicação, a arquitetura da internet e até mesmo cabeçalhos de e-mail. Estes documentos estão disponíveis gratuitamente na Internet para acesso ao público. (ZÚQUETE 2013).

Para abordar a interconexão de sistemas abertos, o modelo de referência OSI (do inglês, *Open System Interconnection*) foi elaborado em 1984 pela ISO. Dentre os sistemas abertos, o TCP/IP é utilizado pela maioria dos protocolos de comunicação industriais para transporte dos dados.

O Protocolo de Controle de Transmissão TCP, foi descrito na RFC 793, a mais de 30 anos, porém, a sua utilização na indústria só se deu a alguns anos. O TCP tem como objetivo principal o fornecimento de uma conexão confiável para pares de processos. Como principal utilidade, o TCP/IP unifica um único padrão de rede para a comunicação de todos os níveis da pirâmide de automação.

3 DESENVOLVIMENTO

Neste tópico serão abordadas todas as etapas realizadas para automação de uma estação de tratamento de água para processos de uma indústria alimentícia. Este projeto tem efeitos imediatos na eficiência, segurança e redução de tempo para operação do sistema.

Para isso, na próxima sessão, será descrito todas as etapas do desenvolvimento da aplicação, começando com o projeto detalhado, desenvolvimento da arquitetura de rede, desenvolvimento das lógicas de controle e finalizando com o desenvolvimento do sistema de supervisão.

3.1 Projeto detalhado

O projeto da ETA começa com a revisão do fluxograma de processo que irá definir todos sensores, atuadores e malhas de controle do projeto. O fluxograma pode ser dividido em três etapas principais: Captação, armazenamento e distribuição de água bruta, tratamento químico e armazenamento de água tratada e, distribuição de água tratada. No apêndice A mostra o fluxograma completo da planta.

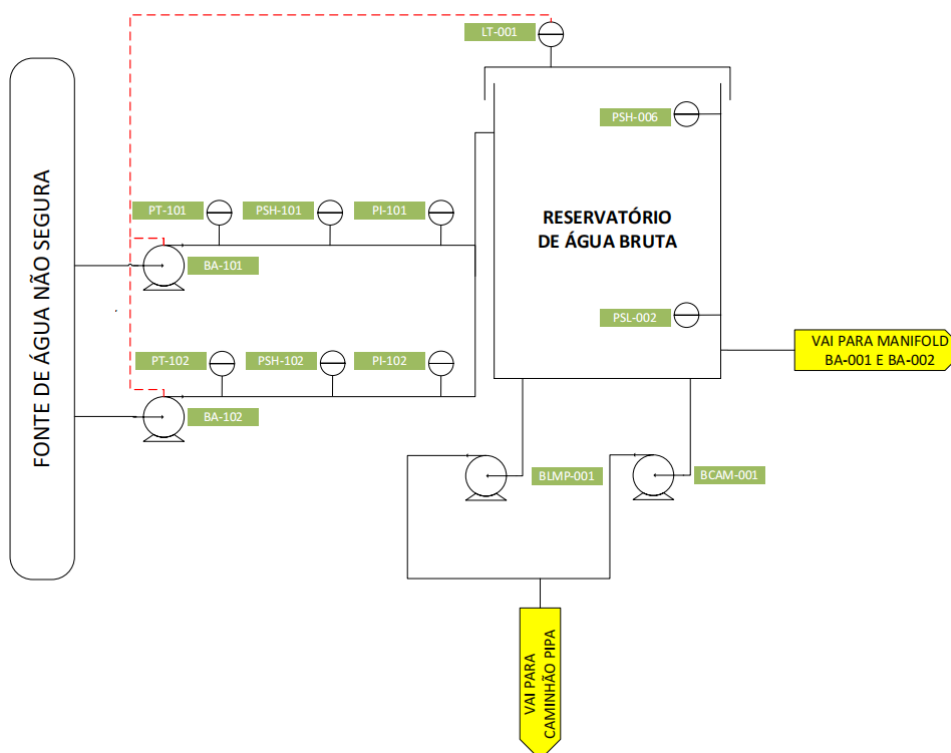
O sistema foi projetado para atender a demanda de consumo do almoxarifado, posto de combustível e fábrica de cortes de uma indústria alimentícia. A ETA, foi dimensionada para atender uma demanda de 655 m³ de água por dia.

Para melhor entendimento do processo, nos próximos tópicos serão detalhadas as três etapas.

3.1.1 Captação, armazenamento e distribuição de água bruta

Na figura 6 está o fluxograma adotado para o sistema de captação, armazenamento e distribuição de água bruta:

Figura 6: Fluxograma de captação, armazenamento e distribuição de água bruta.



Fonte: Próprio Autor (2022).

O sistema de captação conta com duas bombas centrífugas (uma reserva da outra) com capacidade de bombeamento de 200m³ de água por hora, identificadas no fluxograma pelas TAG's "BA-101" e "BA-102". A água é bombeada por uma tubulação de 8" com comprimento de 3km entre o rio e a estação de tratamento químico. Na figura 7 é possível identificar as duas bombas utilizadas no processo de captação da água bruta:

Figura 7: Bombas do sistema de captação BA-101 e BA-102.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Para vencer a coluna d'água imposta pela tubulação, as duas bombas precisam trabalhar a uma pressão mínima de 9 bar. Por esse motivo, dois transmissores de pressão manométrica, "PT-101" e "PT102" foram instalados na tubulação da bomba principal e da bomba reserva com intuito de disponibilizar a leitura de pressão para o operador do sistema. Para a segurança da tubulação e da bomba, foram instalados pressostatos de alta pressão "PSH-101" e "PSH-102" para *interlock* das bombas caso a pressão da linha ultrapasse 15 bar. Na figura 8 é possível identificar os instrumentos instalados da bomba principal para medição da pressão de linha.

Figura 8: PI-101, PT101 e PSH-10.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Para a partida e controle das duas bombas, foram utilizados dois inversores do modelo ATV650D90N4 com potência de 90kW levando em consideração a potência das duas bombas de 88,3kW ou 120cv e as rampas de aceleração e desaceleração.

Após o bombeamento da água bruta na captação, ela é armazenada no “Reservatório de água bruta” sendo de extrema importância para abastecimento de processos secundários da indústria que não necessitam da água tratada. Para monitoramento do nível deste reservatório foram considerados um transmissor de nível “LT-101” e dois pressostatos de segurança “PSL-002” e “PSH-006”, utilizados para *interlock* das bombas de captação em caso de nível máximo e *interlock* das bombas do floccodecantador em caso de nível mínimo do reservatório de água bruta. Na figura 9 é possível identificar os instrumentos instalados para medição do nível do reservatório de água bruta:

Figura 9: LT-101, PSH-006 e PSL-002.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Por se tratar de um reservatório de água não tratada, após tempo de uso, resíduos sólidos são sedimentados causando o assoreamento do mesmo. Para a limpeza do fundo do reservatório, é utilizada uma bomba centrífuga de 37kW identificada no fluxograma pela TAG "BLMP-001". Os resíduos sólidos, são bombeados para um caminhão pipa e descartados conforme orientação dos órgãos ambientais da região. A partida e controle dessa bomba, é realizada por um inversor do modelo ATV630D37N4 com rampa de aceleração e desaceleração de 10 segundos.

Para finalizar a etapa de captação, armazenamento e distribuição de água bruta, para o abastecimento dos processos secundários da indústria que não necessitam de água tratada, foi instalada uma bomba centrífuga identificada no fluxograma com a TAG "BCAM-001". Esta bomba, é responsável pelo abastecimento dos caminhões pipas que transportam a água para utilização em outros processos e manutenções das estradas. Na figura 10 é possível visualizar o abastecimento do caminhão pipa na ETA.

Figura 10: Abastecimento do caminhão pipa com água bruta.

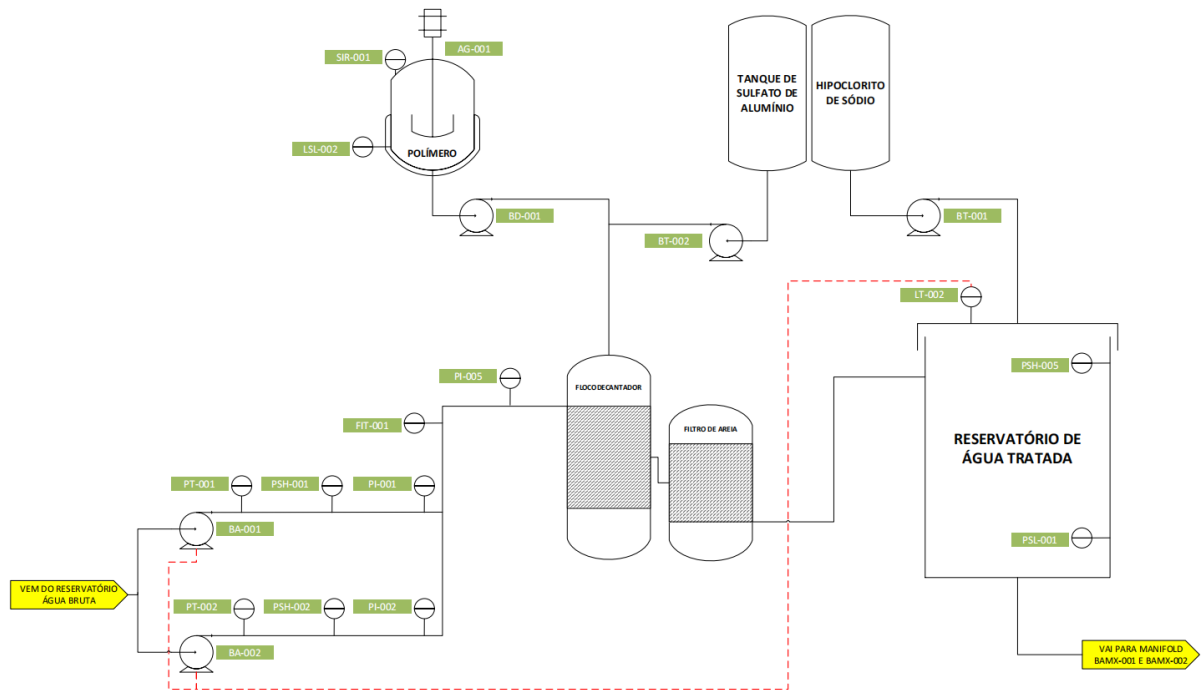


Fonte: Próprio Autor (2022).

3.1.2 Tratamento químico e armazenamento da água tratada

Após finalização da primeira etapa de captação, armazenamento e distribuição de água bruta, neste tópico será abordada a segunda etapa do processo que consiste no tratamento químico da água bruta e armazenamento da água tratada.

Figura 11: Fluxograma tratamento químico e armazenamento de água tratada.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Para o tratamento da água bruta, a ETA é composta pelos seguintes equipamentos: flocculador e filtro de areia. Todas as substâncias químicas adicionadas ao processo, exceto o hipoclorito de sódio, são colocadas no flocculador. Para bombeamento da água bruta para o flocculador, é utilizado um conjunto de duas bombas, “BA-001” e “BA-002”, sendo uma reserva da outra, com capacidade de bombeamento de 100m³/h de água bruta. A água, é direcionada para o flocculador que trabalha com a pressão nominal de 2 bar e uma vazão de 100m³/h, tendo como limite a pressão de 4 bar. Para monitoramento e segurança da bomba e principalmente do flocculador, em cada bomba é utilizado um conjunto de instrumentos para medição de pressão e *interlock* das duas bombas em caso de um aumento excessivo da pressão no interior da tubulação. Estes instrumentos estão nomeados no fluxograma pelas TAG’s “PT-001”, “PT-002”, “PSH-001” e “PSH-002”. Nas figuras 12 e 13 é possível identificar os instrumentos da bomba “BA-001” e da entrada do flocculador.

Figura 12: Transmissor de pressão, pressostato e manômetro da BA-001.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 13: PI-005 - Pressão de entrada no floccodecantador.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Para o tratamento da água são utilizados três produtos químicos com diferentes finalidades adicionados na entrada do floccodecantador e na saída no filtro de areia durante o tratamento da água. Estes produtos são: polímero, sulfato de alumínio e hipoclorito de sódio. O polímero junto ao sulfato de alumínio, tem a finalidade de expandir as partículas sólidas com o objetivo de aumenta a velocidade de sedimentação ao passar pelo floccodecantador, separando nessa etapa os sedimentos sólidos encontrados na água. Após separação dos resíduos sólidos no floccodecantador, o hipoclorito de sódio é adicionado na saída do processo de filtragem

com o objetivo de corrigir o PH da água limpa antes da mesma ser armazenada no “reservatório de água limpa”.

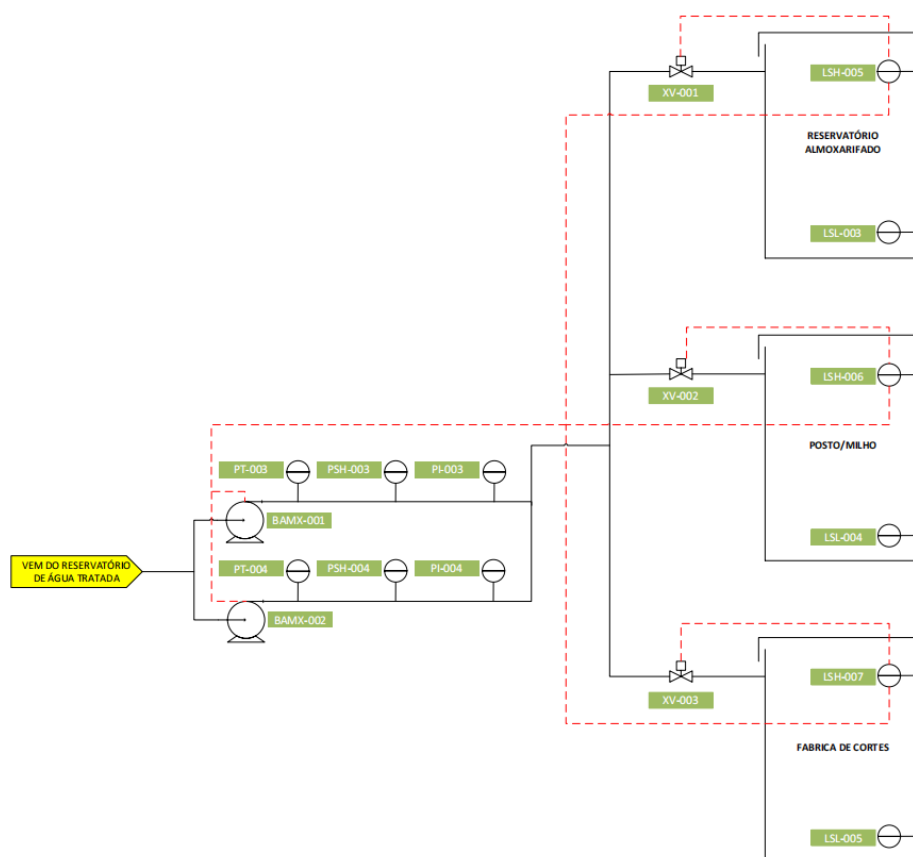
O sulfato de alumínio é armazenado em um tanque e possui uma bomba dosadora identificada no fluxograma pela TAG “BT-001”, ela é responsável por dosar a quantidade de sulfato de alumínio na entrada do floccodcantador. A dosagem necessária é mensurada pelo operador da ETA levando em consideração a turbidez da água armazenada no reservatório de água bruta. O polímero é misturado em um tanque de mistura pelo motor “AG-001” e armazenado no tanque de polímero. Após armazenamento, o mesmo é bombeado através da bomba dosadora “BD-001” ajustada pelo operador da ETA. Por se tratar de um produto essencial para o funcionamento do processo, o nível mínimo do reservatório de polímero é monitorado por uma chave de nível “LSL-001”. Caso a quantidade de polímero esteja abaixo da mínima, uma sirene “SIR-001” dispara para alertar o operador do sistema que o polímero está em nível crítico, parando as bombas de alimentação do floccodcantador. O hipoclorito de sódio é armazenado em um tanque dentro da sala química, sua dosagem é realizada pela bomba dosadora de TAG “BD-001” ajustada pelo operador analisando o PH da água limpa após o processo de floco-decantação e filtragem.

Após tratamento químico no floccodcantador e no filtro de areia, a água é direcionada para o reservatório de água limpa, onde será armazenada e distribuída para os reservatórios do almoxarifado, posto de combustível e fábrica de cortes. O nível do reservatório de água limpa é monitorado por um transmissor de nível “LT-002” e por dois pressostatos, sendo um de alta pressão (PSH-005) e outro de baixa pressão (PSL-001). O pressostato de baixa pressão serve como segurança e *interlock* para as bombas de distribuição de água limpa, já o pressostato de alta pressão serve para *interlock* das bombas de tratamento para que não haja transbordamento no reservatório.

3.1.3 Distribuição de água tratada

Após o tratamento da água bruta e armazenamento da água tratada, ela fica disponível para abastecimento dos reservatórios finais dos processos já mencionados acima.

Figura 14: Fluxograma de distribuição de água tratada.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Para bombeamento da água são utilizadas duas bombas, “BAMX-001” e “BAMX-002”, uma reserva da outra, com intuito de abastecimento dos três reservatórios. Cada reservatório possui uma válvula solenoide na sua entrada que direciona o fluxo da água para o reservatório que esteja com o nível baixo. Para o monitoramento do nível, cada um dos três reservatórios possuem um conjunto de duas chaves de nível responsáveis por indicar o status de nível mínimo e máximo. No reservatório do almoxarifado estão as chaves de nível “LSH-005” e “LSL-003”, no reservatório do posto de combustível estão as chaves de níveis “LSH-006” e “LSL-004” e no reservatório da fábrica de cortes estão as chaves de nível “LSH-007” e “LSL-005”.

3.1.4. Lista de pontos do projeto

Após finalização do fluxograma, todos os pontos dos controladores da captação

e da estação de tratamento foram levantados para orientação de todo o desenvolvimento quanto a mapeamento das variáveis nos controladores e espelhamentos de todos os pontos contemplado para esse projeto. Na tabela “1” está o mapeamento de todos os pontos do controlador da captação e do controlador da estação de tratamento. No apêndice C deste documento estão detalhados todos os pontos levantados em cada controlador.

Tabela 1: Quantidade de pontos do CLP ETA e captação.

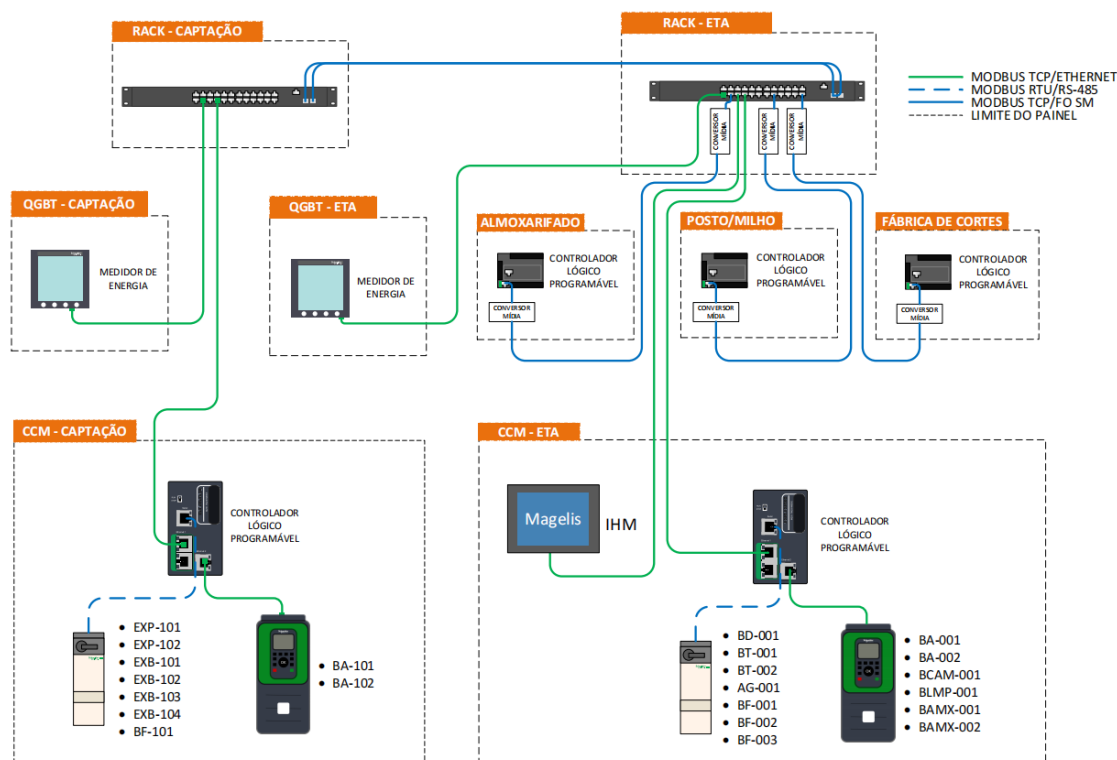
| CONTROLADOR | ENTRADAS DIGITAIS | SAÍDAS DIGITAIS | ENTRADAS ANALÓGICAS |
|-------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| CAPTAÇÃO | 29,00 | 3,00 | 4,00 |
| ETA | 54,00 | 1,00 | 7,00 |

Fonte: Próprio Autor (2022).

3.2 Arquitetura de Rede e Protocolos de comunicação

Este tópico descreve toda a arquitetura de rede adotada para esse projeto com os respectivos protocolos de comunicação. Na figura 15 está representada a arquitetura de redes do projeto:

Figura 15: Arquitetura de rede do sistema.



Fonte: Próprio Autor (2022).

A arquitetura é dividida em dois sistemas, captação e ETA. Ambos os sistemas possuem um *switch backboneer* responsável por concentrar as informações de ambos sistemas. Os *switches* estão interligados por uma fibra óptica SM 9/125 com comprimento de 3km.

3.2.1 Arquitetura e protocolos de comunicação da captação

O controle dos equipamentos da captação é realizado pelo controlador TM251MESE da fabricante Schneider, utilizando os protocolos de comunicação modbus RTU e TCP. Na porta de dispositivos do controlador estão conectados os dois inversores de frequência das bombas de captação em arquitetura estrela, comunicando em meio físico ethernet e utilizando para isso o protocolo de comunicação modbus TCP. Já na porta de comunicação serial RS-485 estão conectadas as partidas diretas Tesys U da fabricante Schneider, responsáveis pela partida dos exaustores das salas de painéis e de bombas da captação, utilizando um hub para chaveamento elétrico entre os dispositivos. Estas partidas estão comunicando em meio físico RS-485 e utilizando o protocolo de comunicação modbus RTU com o baudrate de 19200bits/s, paridade par, e stop bit 1. O medidor de qualidade de energia instalado no painel está comunicando diretamente com a IHM localizada na ETA junto com o controlador da captação, utilizando para isso o protocolo de comunicação modbus TCP. Todas as informações da captação estão compartilhadas com a ETA através uma rede em fibra óptica SM. Abaixo, estão as tabelas 2 e 3 com os equipamentos integrados na captação utilizando os protocolos de comunicação modbus RTU E TCP.

Tabela 2: Lista de equipamento da Rede Modbus TCP da captação.

| PAINEL | EQUIPAMENTO | REFERÊNCIA | LOCAL | TAG | ENDEREÇO IP | ID |
|---------------|---|-------------|----------|---------|----------------|----|
| CCM-CAPTAÇÃO | CONTROLADOR LOGICO PROGRAMAVEL M251 2 PO | TM251MESE | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.209.13 | 10 |
| QGBT-CAPTAÇÃO | MEDIDOR ENERGIA PM5340 CL05 COM ETHERNET | METSEPM5340 | CAPTAÇÃO | PM-002 | 192.168.209.14 | 11 |
| CCM-CAPTAÇÃO | CONV DE FREQ. ATV PROCESS 179/173A ND 90KW/125 380-480V | ATV650D90N4 | CAPTAÇÃO | BA-101 | 192.168.210.17 | 12 |
| CCM-CAPTAÇÃO | CONV DE FREQ. ATV PROCESS 179/173A ND 90KW/125 380-480V | ATV650D90N4 | CAPTAÇÃO | BA-102 | 192.168.210.18 | 13 |

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 3: Lista de equipamento da Rede Modbus RTU da captação.

| PAINEL | EQUIPAMENTO | REFERÊNCIA | DESCRIÇÃO | TAG | LOCAL | GATEWAY | IP GATEWAY | CONFIG MODBUS | ID |
|--------------|--------------------------------------|------------|----------------------------|---------|----------|---------|---------------|------------------|----|
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) | BF-101 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 11/19200/8/PAR/1 | 7 |
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS | EXB-101 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 12/19200/8/PAR/1 | 8 |
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS | EXB-102 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 13/19200/8/PAR/1 | 9 |
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS | EXB-103 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 14/19200/8/PAR/1 | 10 |
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS | EXB-104 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 15/19200/8/PAR/1 | 11 |
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS | EXP-101 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 16/19200/8/PAR/1 | 12 |
| CCM-CAPTAÇÃO | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS | EXP-102 | CAPTAÇÃO | CLP-002 | 192.168.10.19 | 17/19200/8/PAR/1 | 13 |

Fonte: Próprio Autor (2022).

3.2.2 Arquitetura e protocolos de comunicação da estação de tratamento

O controle dos equipamentos da estação de tratamento é realizado pelo controlador TM251MESE da fabricante Schneider, utilizando os protocolos de comunicação modbus RTU e TCP. Na porta de dispositivos do controlador estão conectados os inversores de frequência das bombas de tratamento, limpeza de fundo, caminhão pipa e distribuição de água tratada em uma arquitetura estrela, comunicando em meio físico ethernet e utilizando o protocolo de comunicação modbus TCP. Já na porta de comunicação serial RS-485 estão conectadas as partidas diretas Tesys U da fabricante Schneider, responsáveis pela partida das bombas dosadoras de sulfato de alumínio, polímero e hipoclorito de sódio, utilizando um hub para chaveamento elétrico entre os dispositivos. Estas partidas estão comunicando em meio físico RS-485 e utilizando o protocolo de comunicação modbus RTU com o baudrate de 19200bits/s, paridade par, e stop bit 1. O medidor de qualidade de energia instalado no painel está comunicando diretamente com a IHM localizada na ETA utilizando o protocolo modbus TCP.

Os instrumentos de medição e as válvulas de entrada dos reservatórios secundários da indústria são controladas por três controladores do modelo TM200CE40T localizados próximos a cada reservatório, comunicando através do meio físico ethernet fibra óptica com o switch da ETA utilizando o protocolo de comunicação modbus TCP. Abaixo estão as tabelas 4 e 5 com os equipamentos integrados na estação de tratamento utilizando os protocolos de comunicação modbus TCP e RTU.

Tabela 4: Lista de equipamento da Rede Modbus TCP da ETA.

| PAINEL | EQUIPAMENTO | REFERÊNCIA | LOCAL | TAG | ENDEREÇO IP | ID |
|----------------|---|-----------------|----------------|----------|----------------|----|
| CCM-ETA | CONTROLADOR LOGICO PROGRAMAVEL M251 2 PO | TM251MESE | ETA | CLP-001 | 192.168.209.10 | 1 |
| CCM-ETA | IHM TOUCH 12", 2COM, 2ETHERNET, USB, 24VDC | HMIST6600 | ETA | IHM-001 | 192.168.209.11 | 2 |
| QGBT-ETA | MEDIDOR ENERGIA PMS340 CL05 COM ETHERNET | METSEPM5340 | ETA | PM-001 | 192.168.209.12 | 3 |
| CCM-ETA | CONVERSOR DE FREQUENCIA ATV 55KW/75CV 380/480v IP21 | ATV630D55N4 | ETA | BA-001 | 192.168.210.11 | 4 |
| CCM-ETA | CONVERSOR DE FREQUENCIA ATV 55KW/75CV 380/480v IP22 | ATV630D55N4 | ETA | BA-002 | 192.168.210.12 | 5 |
| CCM-ETA | CONVERSOR DE FREQUENCIA ATV 15KW/20CV 380/480v IP20 | ATV630D15N4 | ETA | BAMX-001 | 192.168.210.13 | 6 |
| CCM-ETA | CONVERSOR DE FREQUENCIA ATV 15KW/20CV 380/480v IP21 | ATV630D15N4 | ETA | BAMX-002 | 192.168.210.14 | 7 |
| CCM-ETA | CONVERSOR DE FREQUENCIA 37KW/50CV 74,5A ND 61,5A HD | ATV630D37N4 | ETA | BLMP-001 | 192.168.210.15 | 8 |
| CCM-ETA | CONVERSOR DE FREQUENCIA ATV 11KW/15CV 380/480v IP21 | ATV61HD11N4S337 | ETA | BCAM-001 | 192.168.210.16 | 9 |
| ALMOXARIFADO | CONTROLADOR LOGICO PROGRAMAVEL TM200 | TM200CE40T | ALMOXARIFADO | CLP-002 | 192.168.209.19 | 14 |
| POSTO/MILHO | CONTROLADOR LOGICO PROGRAMAVEL TM200 | TM200CE40T | POSTO/MILHO | CLP-003 | 192.168.209.20 | 15 |
| FABRICA CORTES | CONTROLADOR LOGICO PROGRAMAVEL TM200 | TM200CE40T | FABRICA CORTES | CLP-004 | 192.168.209.21 | 16 |

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 5: Lista de equipamento da Rede Modbus RTU da ETA.

| PAINEL | EQUIPAMENTO | REFERÊNCIA | DESCRIÇÃO | TAG | LOCAL | GATEWAY | IP GATEWAY | CONFIG MODBUS | ID |
|---------|--------------------------------------|------------|--------------------------------|--------|-------|---------|---------------|------------------|----|
| CCM-ETA | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO | AG-001 | ETA | CLP-001 | 192.168.10.11 | 1/19200/8/PAR/1 | 1 |
| CCM-ETA | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | BOMBA TANQUE SULFATO ALUMINIO | BT-001 | ETA | CLP-001 | 192.168.10.11 | 5/19200/8/PAR/1 | 2 |
| CCM-ETA | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | BOMBA TANQUE HIPOCLORITO SODIO | BT-002 | ETA | CLP-001 | 192.168.10.11 | 6/19200/8/PAR/1 | 3 |
| CCM-ETA | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) | BF-001 | ETA | CLP-001 | 192.168.10.11 | 8/19200/8/PAR/1 | 4 |
| CCM-ETA | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) | BF-002 | ETA | CLP-001 | 192.168.10.11 | 9/19200/8/PAR/1 | 5 |
| CCM-ETA | MÓDULO DE COMUNICAÇÃO MODBUS TESYS U | LULC033 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) | BF-003 | ETA | CLP-001 | 192.168.10.11 | 10/19200/8/PAR/1 | 6 |

Fonte: Próprio Autor (2022).

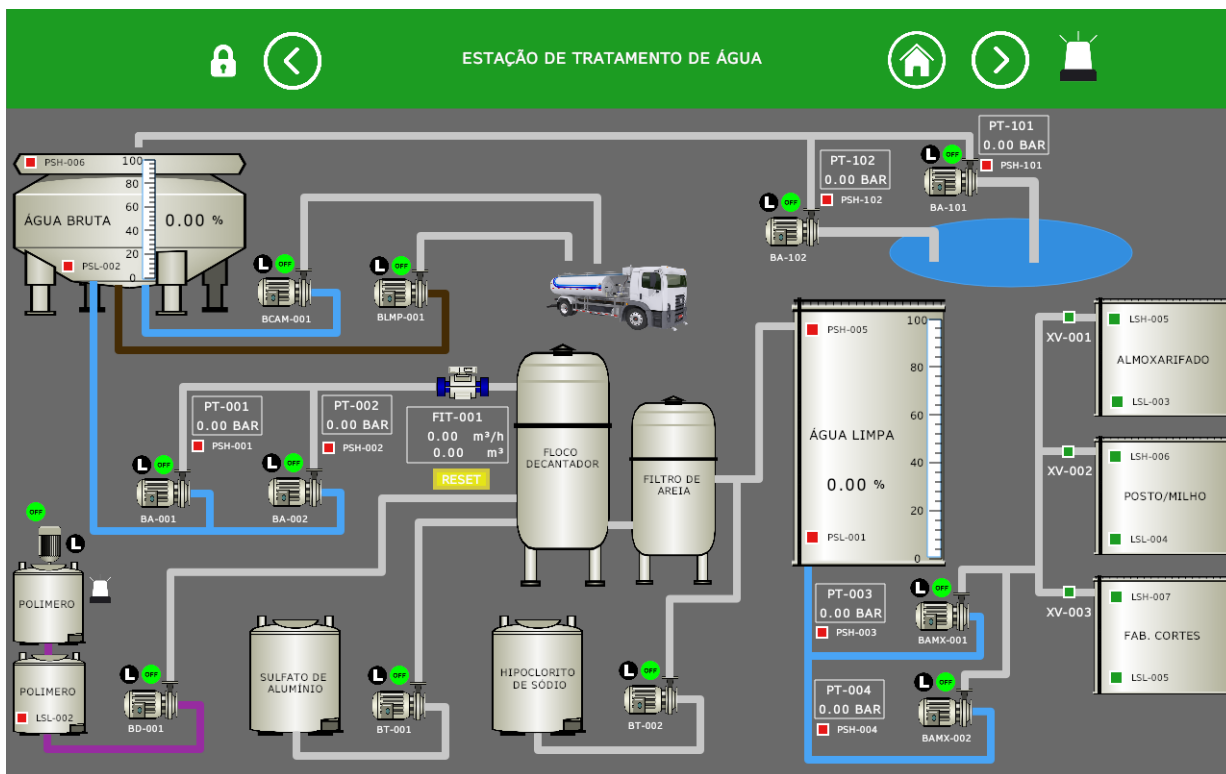
3.3 Desenvolvimento do controle

Após finalização do projeto detalhado e definição da arquitetura de redes do projeto, neste tópico será retratado o desenvolvimento do controle do sistema começando com o desenvolvimento do descritivo lógico e finalizando com o desenvolvimento das lógicas de controle para os controladores da captação e da estação de tratamento.

3.3.1 Desenvolvimento do descritivo lógico do sistema

Para que o processo funcione de forma eficiente e segura, todos os intertravamentos, permissivos e automatismos devem ser definidos de acordo com o esperado para o funcionamento do sistema. Abaixo, na figura 16, está representada a tela de processo da IHM onde será operado todo o processo:

Figura 16: Tela de processo presente na IHM de operação.



Fonte: Próprio Autor (2022).

3.3.1.1 Bombas do sistema de captação

Como dito anteriormente, o sistema de captação possui duas bombas, uma reserva da outra, com intuito de bombear a água bruta direto do rio para o reservatório localizado na estação de tratamento químico. A bomba principal possui a TAG “BA-101” e a bomba reserva possui a TAG “BA-102”. Abaixo, estão descritos todos os intertravamentos, permissivos e automatismos inerentes ao funcionamento das mesmas:

Intertravamentos da bomba BA-101

- Caso o pressostato de alta pressão “PSH-101” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível alto “PSH-003” seja atuada;
- Caso a bomba “BA-102” esteja ligada.

Automatismo da bomba BA-101

- Se o transmissor de nível “LT-001” \geq Setpoint Máximo, a bomba “BA-101” desliga;
- Se o transmissor de nível “LT-001” \leq Setpoint Mínimo, a bomba “BA-101” liga.

Intertravamentos da bomba BA-102

- Caso o pressostato de alta pressão “PSH-102” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível alto “PSH-003” seja atuado;
- Caso a bomba “BA-101” esteja ligada.

Permissivo da bomba BA-102

- Falha da bomba “BA-101”.

Automatismo da bomba BA-102

- Se o transmissor de nível “LT-001” \geq Setpoint Máximo, a bomba “BA-102” desliga;
- Se o transmissor de nível “LT-001” \leq Setpoint Mínimo, a bomba “BA-102” liga.

3.3.1.2 Bombas de limpeza de fundo e caminhão pipa

A água bruta também é utilizada para irrigar as estradas de terra dentro da empresa, melhorando as condições de deslocamento dos veículos. Devido a sedimentação de impurezas no reservatório, é necessário retirá-las do fundo utilizando uma bomba e um caminhão pipa para descartar os resíduos acumulados. A TAG da bomba de abastecimento do caminhão pipa para utilização nas estradas e processos secundários é a “BCAM-001”, já a TAG da bomba de limpeza de fundo do reservatório é “BLMP-001”. Abaixo, estão descritos todos os intertravamentos inerentes ao funcionamento destas bombas:

Intertravamento da bomba BCAM-001

- Caso o pressostato de nível mínimo “PSL-002” seja atuado.

Intertravamento da bomba BLMP-001

- Caso o pressostato de nível mínimo “PSL-002” seja atuado.

3.3.1.3 Bombas de alimentação do floccodcantador

O sistema de tratamento da água bruta como dito anteriormente possui duas bombas, “BA-001” e “BA-002”, estas bombas tem o intuito de bombear a água bruta para o reservatório de água limpa, passando pelos processos de sedimentação, filtração e tratamento químico. Abaixo, estão descritos todos os intertravamentos, permissivos e automatismos inerentes ao funcionamento das mesmas:

Intertravamentos da bomba BA-001

- Caso o pressostato de alta pressão “PSH-001” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível mínimo “PSL-002” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível máximo “PSH-005” seja atuado;
- Caso a bomba “BT-001” esteja desligada;
- Caso a bomba “BT-002” esteja desligada;
- Caso a bomba “BD-001” esteja desligada;
- Caso a bomba “BA-002” esteja ligada.

Automatismo da bomba BA-001

- Se o transmissor de nível “LT-002” \geq Setpoint Máximo, a bomba “BA-001” desliga;
- Se o transmissor de nível “LT-002” \leq Setpoint Mínimo, a bomba “BA-001” liga.

Intertravamentos da bomba BA-002

- Caso o pressostato de alta pressão “PSH-002” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível mínimo “PSL-002” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível máximo “PSH-005” seja atuado;
- Caso a bomba “BT-001” esteja desligada;

- Caso a bomba “BT-002” esteja desligada;
- Caso a bomba “BD-001” esteja desligada;
- Caso a bomba “BA-001” esteja ligada.

Permissivo da bomba BA-002

- Falha da bomba “BA-001”.

Automatismo da bomba BA-002

- Se o transmissor de nível “LT-002” \geq Setpoint Máximo, a bomba “BA-002” desliga;
- Se o transmissor de nível “LT-002” \leq Setpoint Mínimo, a bomba “BA-002” liga.

3.3.1.4 Bombas de distribuição de água tratada

O abastecimento de água tratada dos reservatórios do almoxarifado, posto de combustível e fábrica de cortes, é realizado através de um conjunto de duas bombas, sendo uma reserva da outra. A bomba principal tem a TAG “BAMX-001” e a bomba reserva tem a TAG “BAMX-002”. Os reservatórios são abastecidos de acordo com as suas necessidades. Estes reservatórios são monitorados por sensores discretos que dão condição para o abastecimento. Abaixo, estão descritos todos os intertravamentos, permissivos e automatismos inerentes ao funcionamento das bombas:

Intertravamentos da bomba BAMX-001

- Caso o pressostato de alta pressão “PSH-003” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível baixo “PSL-001” seja atuado.

Automatismo da bomba BAMX-001

- Se a chave “LSH-005” não marcar nível alto, a válvula XV-001 deve ser aberta. Caso a válvula retorne posição aberta, a bomba BAMX-001 liga até completar o nível do reservatório do almoxarifado;

- Se a chave “LSH-006” não marcar nível alto e a válvula XV-001 não estiver aberta, a válvula XV-002 deve ser aberta. Caso ela retorne posição aberta, a bomba BAMX-001 liga até completar o nível do reservatório do posto de combustível;
- Se a chave “LSH-007” não marcar nível alto e a válvula XV-001 e XV-002 não estiverem abertas, a válvula XV-003 deve ser aberta. Caso ela retorne posição aberta, a bomba BAMX-001 liga até completar o nível do reservatório da fábrica de cortes.

Intertravamentos da bomba BAMX-002

- Caso o pressostato de alta pressão “PSH-004” seja atuado;
- Caso o pressostato de nível baixo “PSL-001” seja atuado.

Permissivo da bomba BAMX-002

- Falha da bomba “BAMX-001”.

Automatismo da bomba BAMX-002

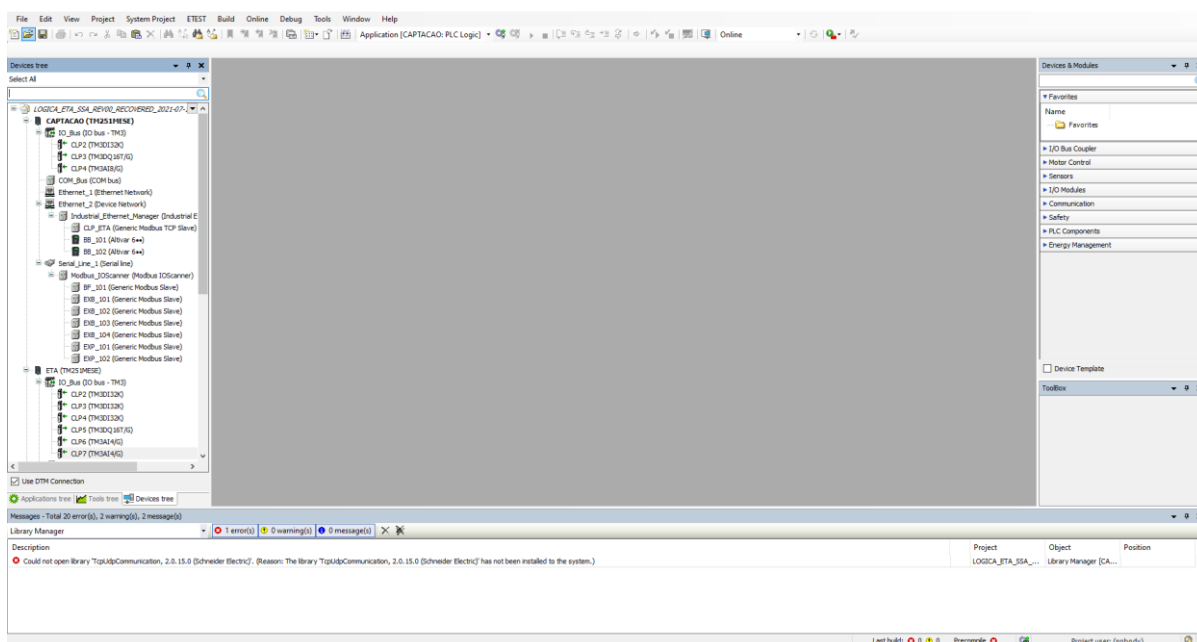
- Se a chave “LSH-005” não marcar nível alto, a válvula XV-001 deve ser aberta. Caso a válvula retorne posição aberta, a bomba BAMX-001 liga até completar o nível do reservatório do almoxarifado;
- Se a chave “LSH-006” não marcar nível alto e a válvula XV-001 não estiver aberta, a válvula XV-002 deve ser aberta. Caso ela retorne posição aberta, a bomba BAMX-001 liga até completar o nível do reservatório do posto de combustível;
- Se a chave “LSH-007” não marcar nível alto e a válvula XV-001 e XV-002 não estiverem abertas, a válvula XV-003 deve ser aberta. Caso ela retorne posição aberta, a bomba BAMX-001 liga até completar o nível do reservatório da fábrica de cortes.

3.3.2 Lógicas dos CLP’S da captação e estação de tratamento

Após finalização do descritivo lógico do sistema apresentado no item 3.3.1, neste tópico será retratado todo o desenvolvimento das lógicas de controle dos

controladores da captação e estação de tratamento químico. Todo o desenvolvimento foi dividido em cinco etapas, começando pela configuração do *hardware* e dos *drives*, criação de todas as variáveis do sistema, espelhamento das variáveis de entrada e saída nas memórias do controlador, desenvolvimento dos blocos de função e, por último, desenvolvimento das lógicas de controle dos controladores da captação e ETA. O desenvolvimento foi realizado no *software* EcoStruxure Machine Expert V2.0 da fabricante Schneider. Na figura 17 é possível visualizar de forma geral a interface do *software* utilizado:

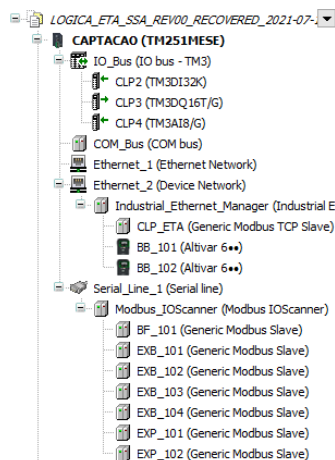
Figura 17: Interface de programação do *software* Machine Expert v2.0.



Fonte: Próprio Autor (2022).

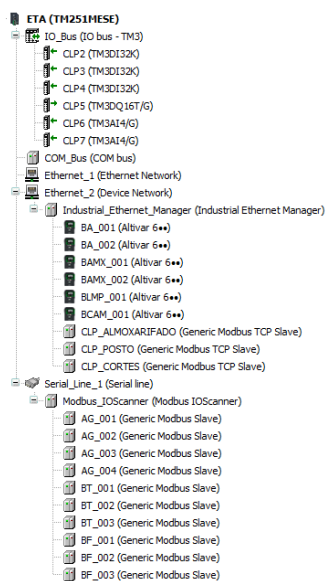
A primeira etapa do desenvolvimento das lógicas nos controladores consiste na configuração do *hardware* e dos *drives* da aplicação. O objetivo é garantir que todos os módulos considerados para o projeto estão sendo previstos para o desenvolvimento. Após adicionar e configurar os módulos de entradas e saídas digitais e analógicas, é configurado os *drives* de comunicação modbus TCP e modbus RTU onde serão adicionados os equipamentos que serão controlados via rede de comunicação. Nas figuras 18 e 19 é possível verificar que todos os módulos e dispositivos de redes foram adicionados e configurados para a aplicação.

Figura 18: Módulos de I/Os e *drivers* de comunicação do CLP da captação.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 19: Módulos de I/Os e *drivers* de comunicação do CLP da ETA.



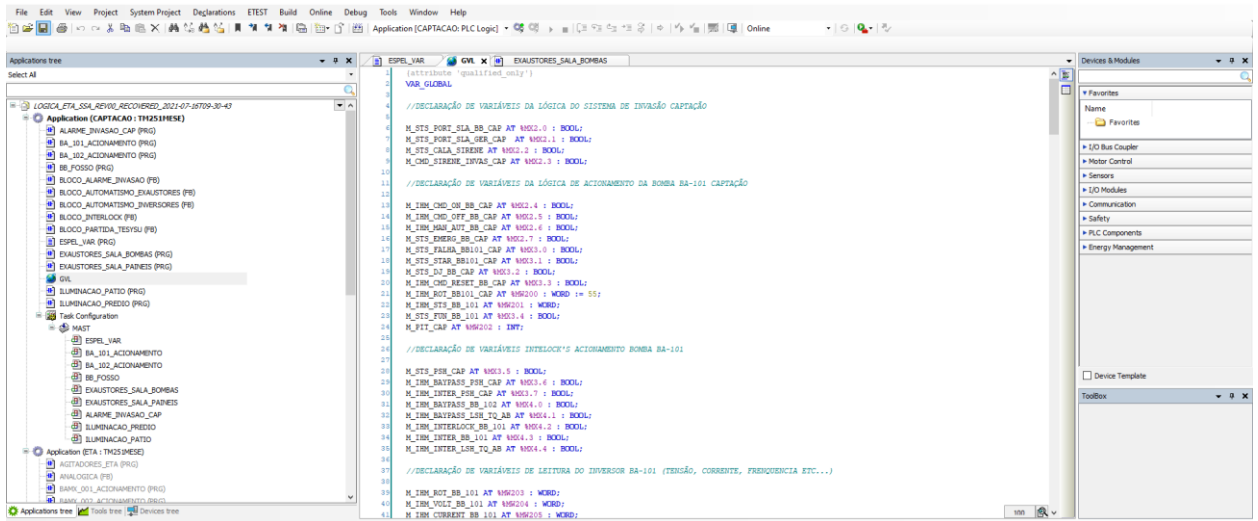
Fonte: Próprio Autor (2022).

Na figura 19, é possível notar que na porta “Ethernet_2” foi acrescentado um *driver* de comunicação gerente industrial, responsável por gerenciar a comunicação dos dispositivos Modbus TCP que comunicam por essa porta. Ainda nesta porta, foi adicionado o *slave* “CLP_ETA” onde estarão as leituras de nível do reservatório de água bruta responsáveis pelo automatismo e *interlock* das bombas de captação. Esse *slave* foi criado para que houvesse essa troca de informação entre os controladores da captação e ETA, onde estão os sensores e transmissores de nível do reservatório de água bruta.

Na “Serial_Line_1”, foi adicionado o *driver* de comunicação “Modbus_IOScanner” responsável por gerenciar os dispositivos da rede serial modbus RTU.

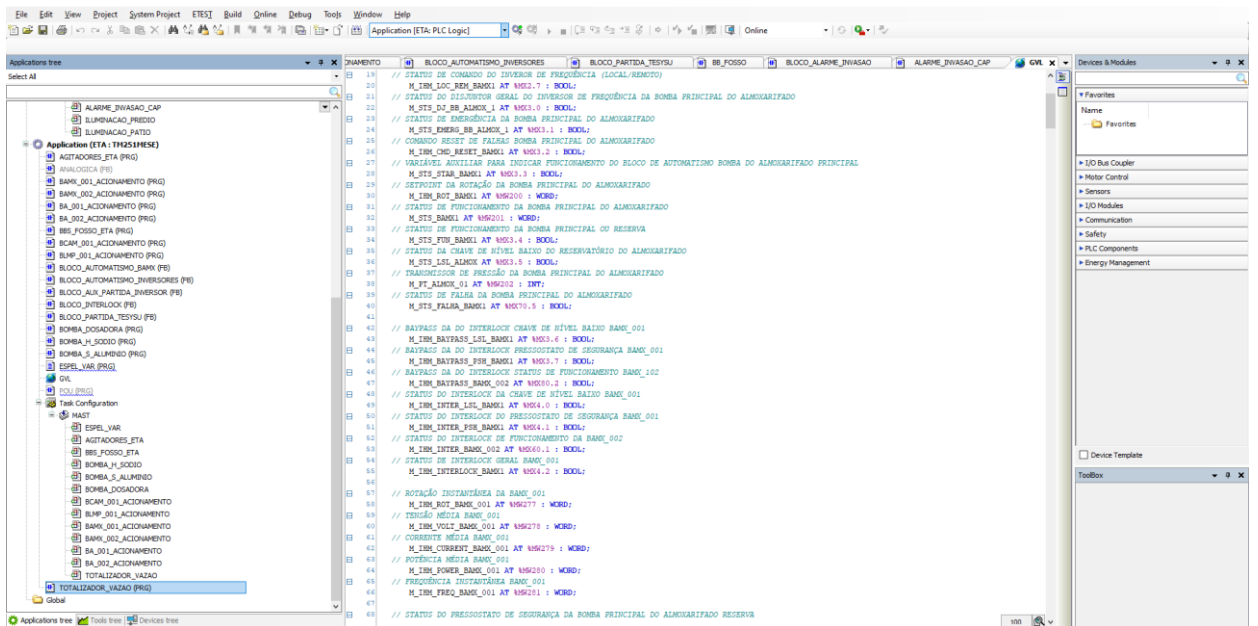
Na segunda etapa de desenvolvimento, todas as variáveis levantadas na lista de pontos foram declaradas nas listas gerais dos controladores (GVL) conforme figuras 20 e 21.

Figura 20: Variáveis globais do controlador da captação.



Fonte: Próprio Autor (2022).

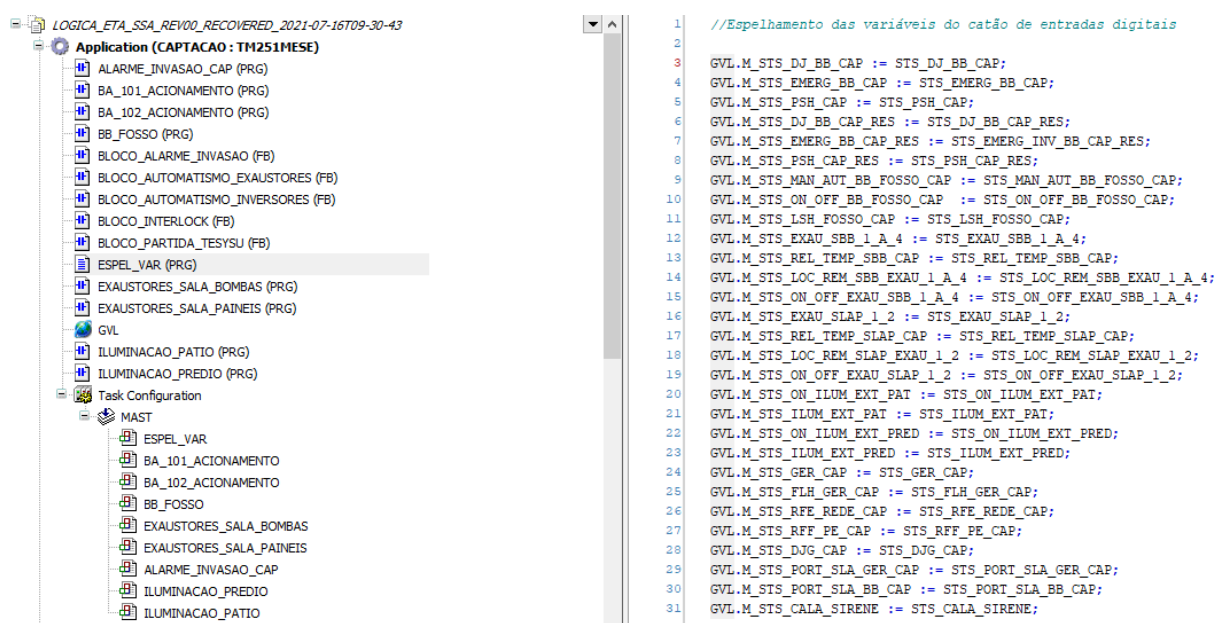
Figura 21: Variáveis globais do controlador da ETA.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Na terceira etapa, após declaração das variáveis, elas foram espelhadas em uma *Program Organization Unit (POU)* de espelhamento, desenvolvida dentro do controlador com intuito de espelhar todas as variáveis dos cartões de entradas, saídas e as variáveis de rede em memórias do controlador. Como padrão, para todas as variáveis da lista de pontos foram criadas variáveis semelhantes na *GVL* com um prefixo “M_” identificando como uma variável de memória. Na figura 22 é possível identificar a *POU* de espelhamento:

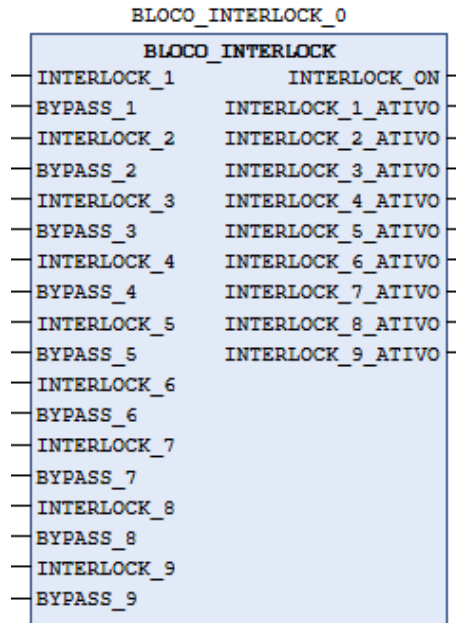
Figura 22: *POU* de espelhamento do controlador da captação.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Na quarta etapa, para melhor organização das rotinas do controlador, foram desenvolvidos blocos de funções utilizados para desenvolvimento das *POU's* de ambos os controladores do processo. Para padronização, todos os blocos desenvolvidos foram utilizados nos controladores da captação e estação de tratamento.

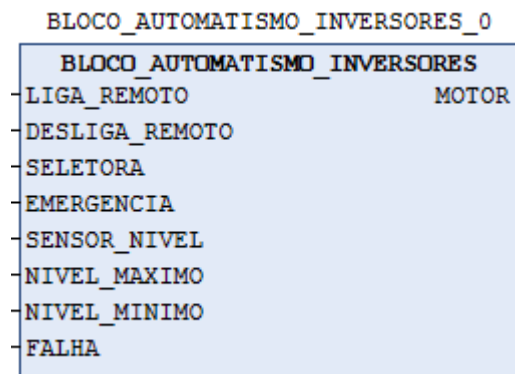
O “BLOCO_ *INTERLOCK*” foi desenvolvido com o objetivo de concentrar todas as condições de *interlock* de uma partida. Quando uma condição de *interlock* está ativa, o bloco automaticamente atua a variável geral de *interlock* parando a bomba. O bloco também é capaz de disponibilizar a função de *bypass* caso o operador necessite usar.

Figura 23: Bloco de *interlock*.

Fonte: Próprio Autor (2022).

O “BLOCO_AUTOMATISMO_INVERSOES” foi desenvolvido para padronizar e concentrar as informações pertinentes ao automatismo de cada bomba de controle de nível dos reservatórios de água bruta e limpa. O bloco é capaz de executar o controle do nível de um reservatório utilizando como entrada os valores de *setpoint* mínimo, máximo e o *feedback* do transmissor de nível, além de possibilitar a partida da bomba de forma manual/remota pela IHM. Na figura 24, está o bloco de automatismo utilizado para as partidas das bombas responsáveis por manter o nível dos reservatórios:

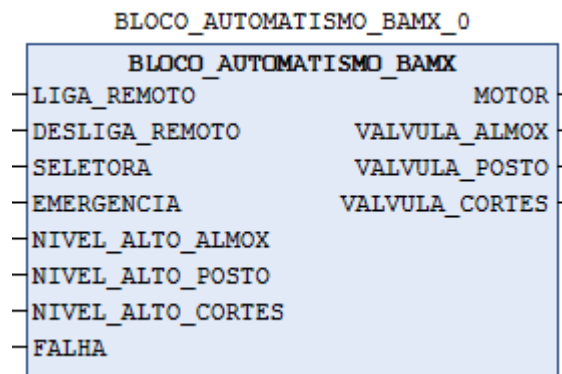
Figura 24: Bloco automatismo das bombas de controle de nível.



Fonte: Próprio Autor (2022).

O “BLOCO_AUTOMATISMO_BAMX” foi desenvolvido com o objetivo de utilizar um bloco padrão de automatismo para todas as bombas de distribuição de água limpa. Como *feedback*, o bloco recebe os status de nível dos reservatórios do almoxarifado, posto de combustível e fabrica de cortes e como saídas ele opera as válvulas de entrada do reservatório e as bombas para manutenção do nível dos reservatórios.

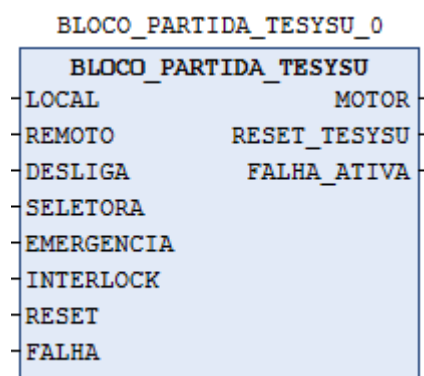
Figura 25: Bloco de automatismo das bombas de água limpa.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Com o “BLOCO_PARTIDA_TESYSU” é possível operar um motor de maneira local (via botoeira no painel) ou remoto (IHM), interlocar o motor em caso de condição de *interlock* ativo, identificar e resetar a falha ocorrida durante a operação.

Figura 26: Bloco de partida e controle da Tesys U.

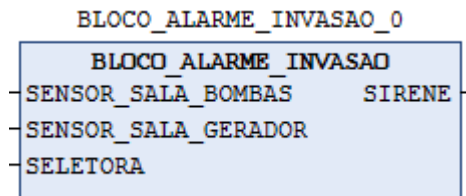


Fonte: Próprio Autor (2022).

Para proteção da área de captação que fica localizada a 3km da estação de tratamento, sensores de portas foram instalados na sala de painéis e na sala de bombas, a fim de identificar qualquer pessoa que acesse um dos ambientes. Na figura

27, está o “BLOCO_ALARME_INVASAO” desenvolvido para tratar essa condição de acesso.

Figura 27: Bloco de alarma e invasão da captação.

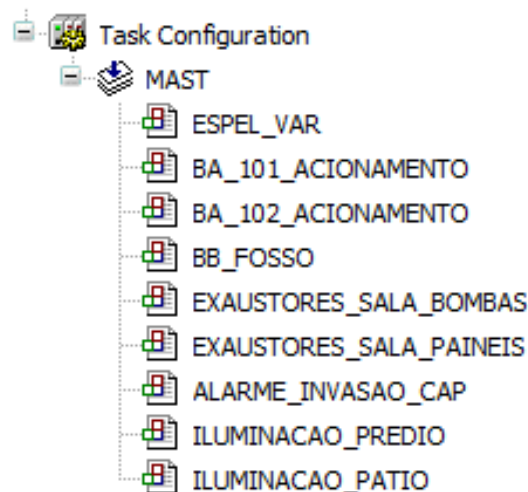


Fonte: Próprio Autor (2022).

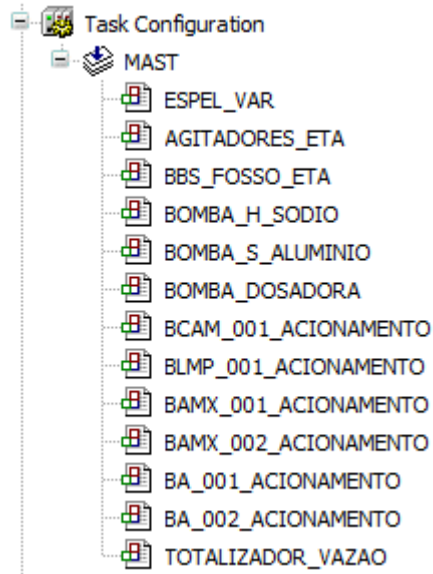
Ao adentrar um dos ambientes, para que a sirene não dispare, uma chave seletora deve ser acionada para que o sistema identifique que o acesso foi realizado por uma pessoa que conhece o sistema e tem permissão para estar naquele ambiente. Após identificação, o sistema liga a sirene por 1 segundo a cada 5 minutos para o usuário não se esqueça de acionar novamente a seletora antes de deixar o ambiente. Ao sair, o usuário aciona a seletora novamente e tem um prazo de 30 segundos para fechar todas as portas antes que o sistema volte a disparar.

Na quinta e ultima etapa, após finalização do desenvolvimento dos blocos de funções, para cada sub-sistema da aplicação foi desenvolvida uma *POU*. Na figuras 28 e 29 estão as *POU*'s desenvolvidas para o controlador da captação e ETA.

Figura 28: *POU*'s desenvolvidas para o controlador da captação.



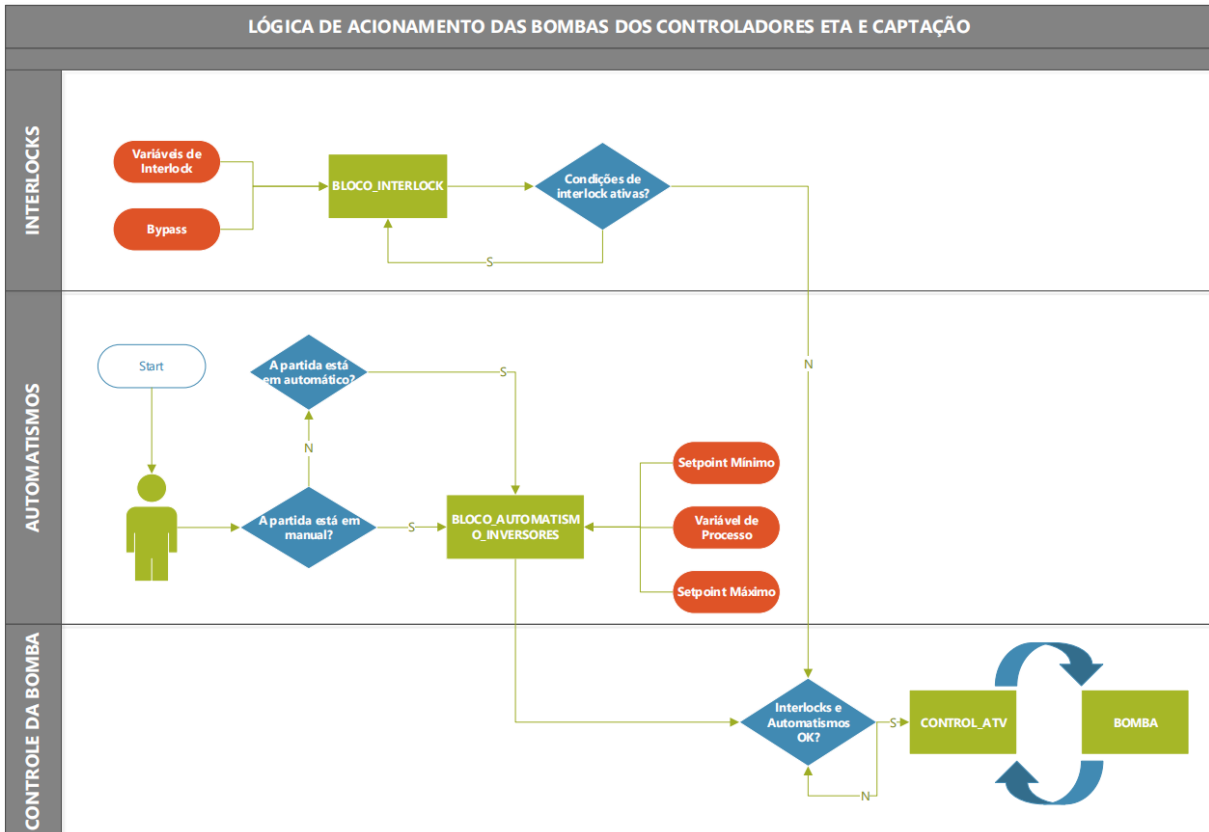
Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 29: *POU's* desenvolvidas para o controlador da ETA.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Por se tratar de um processo contínuo e não batelada, as lógicas de controle foram desenvolvidas analisando as condições de operações de cada etapa do processo. Após definição do descritivo lógico do sistema feita no item 3.3.1 deste trabalho, contendo os intertravamentos, permissivos e automatismos do processo, as lógicas para acionamento dos atuadores foram desenvolvidas conforme o fluxograma representado na figura 30:

Figura 30: Fluxograma da lógica de acionamento das bombas da captação e ETA.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Analisando o fluxograma representado na figura 30, é possível notar que o controle do acionamento das bombas é feito em três etapas. Na primeira etapa, são tratadas as condições de intertravamento para funcionamento da bomba, caso alguma condição de intertravamento esteja ativa, a bomba fica impossibilitada de operar. Caso o operador do sistema queira partir a bomba mesmo com a condição de *interlock* ativa, é necessário fazer o *bypass* do mesmo via IHM após validação do usuário de engenharia.

Na segunda etapa, o operador define qual o modo de partida da bomba (manual/automático), caso o operador opte por operar a bomba de forma manual, é necessário que o mesmo dê o comando para acionamento da bomba via IHM. Caso opte pela operação automática, a bomba será controlada de acordo com o *setpoint* mínimo e máximo definido pelo operador, levando em consideração *feedback* recebido pela variável de processo.

Na terceira e última etapa, após validação do bloco de *interlock* e automatismo, a bomba é acionada através do bloco "Control_ATV" que controla a bomba e

disponibiliza os *feedbacks* de falhas e operação para o operador do sistema através da IHM.

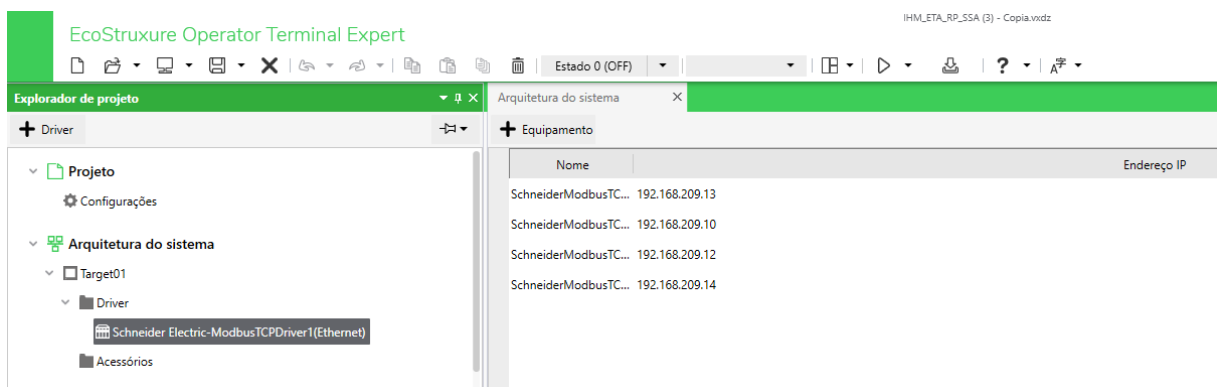
3.4 Desenvolvimento das telas da IHM

Após o desenvolvimento das lógicas dos controladores, neste tópico, será retratado o desenvolvimento das telas da IHM para operação de todo o processo. O software utilizado para esse desenvolvimento é o EcoStruxure Operator Terminal Expert 3.2, da fabricante Schneider.

3.4.1 Configuração do drive de comunicação

Para a comunicação da IHM com os dispositivos de controle da aplicação, a primeira etapa de desenvolvimento consiste na configuração do *driver* de comunicação e na adição dos dispositivos escravos que obedecem aos comandos da IHM. Na figura 31, é possível identificar os dispositivos que estão comunicando nessa aplicação:

Figura 31: *Driver* de comunicação da IHM.



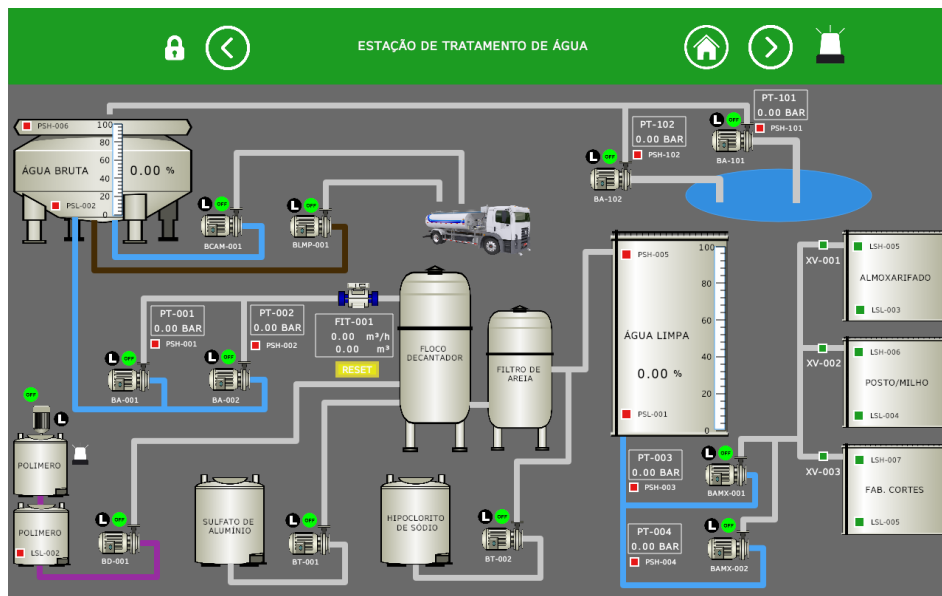
Fonte: Próprio Autor (2022).

O primeiro *slave* é o CLP da captação, o segundo é o CLP da ETA, o terceiro é medidor de energia da ETA e o quarto é medidor de energia da captação.

3.4.2 Telas de processo

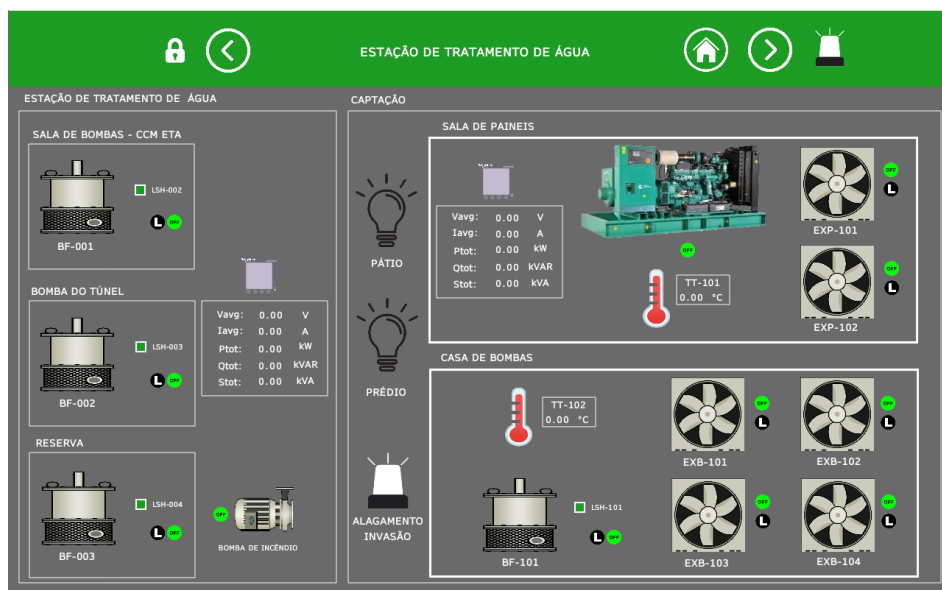
Após finalização da configuração do *driver* de comunicação, foram desenvolvidas as telas de processo da aplicação de acordo com o fluxograma definido na etapa de projeto do sistema. Nas figuras 32 e 33 é possível identificar os equipamentos presentes no fluxograma espelhados na tela de processo:

Figura 32: Tela do processo de captação e tratamento químico.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 33: Tela dos sistemas secundários da captação e ETA.

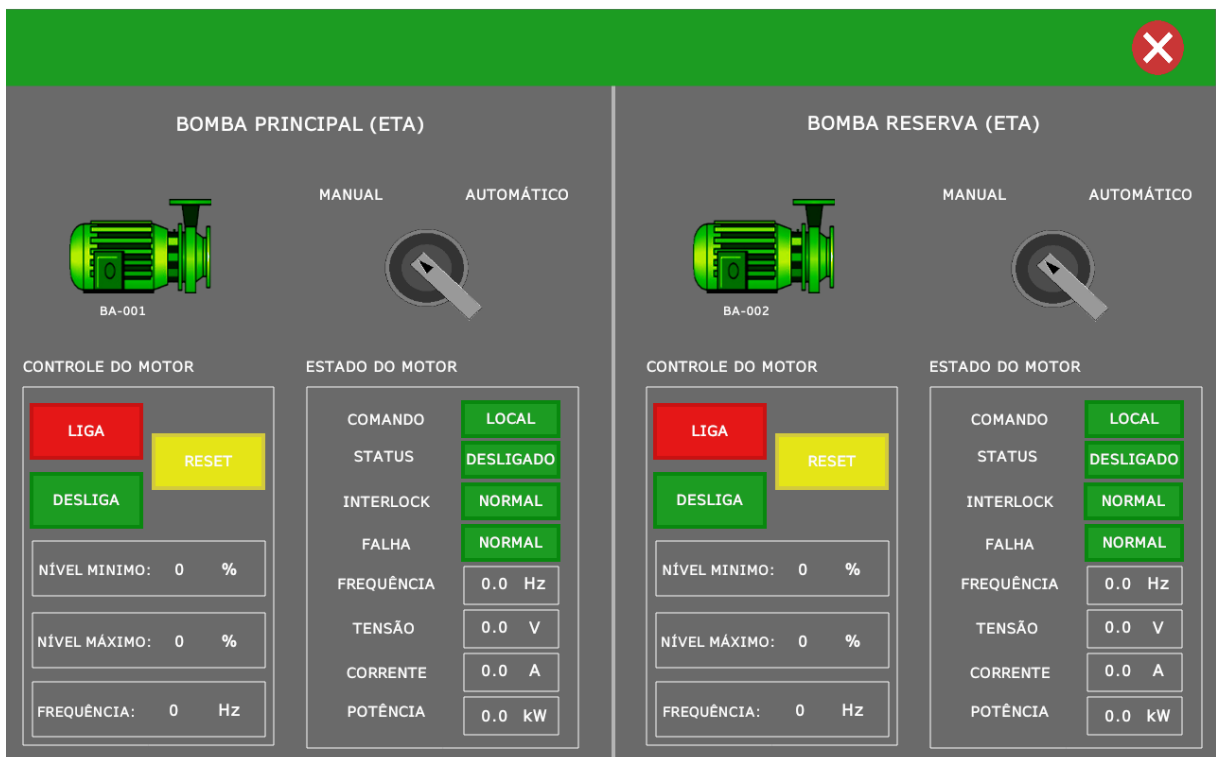


Fonte: Próprio Autor (2022).

3.4.3 *Pop-up* das bombas controladas por inversores

Para operação das bombas através da IHM, foi desenvolvido para cada conjunto de bomba principal e reserva uma tela para operação dos equipamentos. Ao escolher qual bomba operar, o operado toca no equipamento na tela de processo da IHM e a *pop-up* fica disponível para controle do equipamento. Na figura 34 está a *pop-up* padrão desenvolvida para as bombas com partidas a inversores de frequência:

Figura 34: *Pop-up* das bombas do floccodecantador.

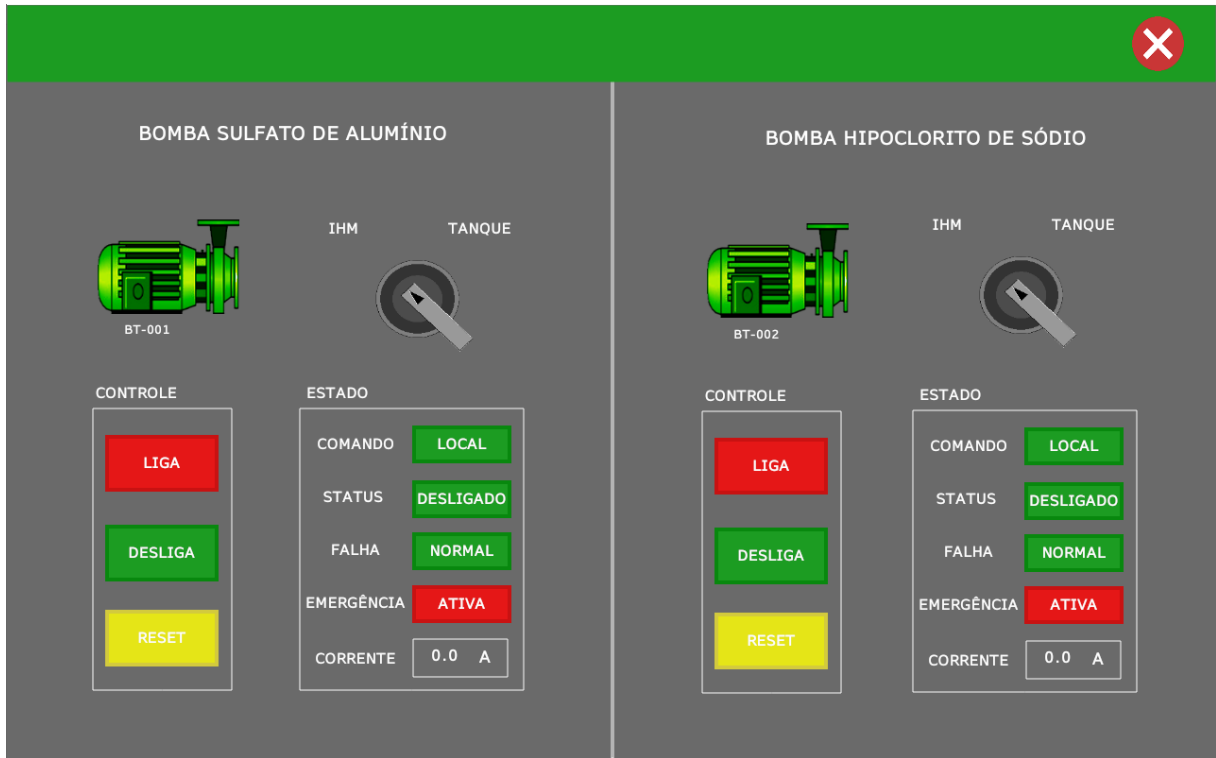


Fonte: Próprio Autor (2022).

3.4.4 *Pop-up* das bombas do tratamento químico

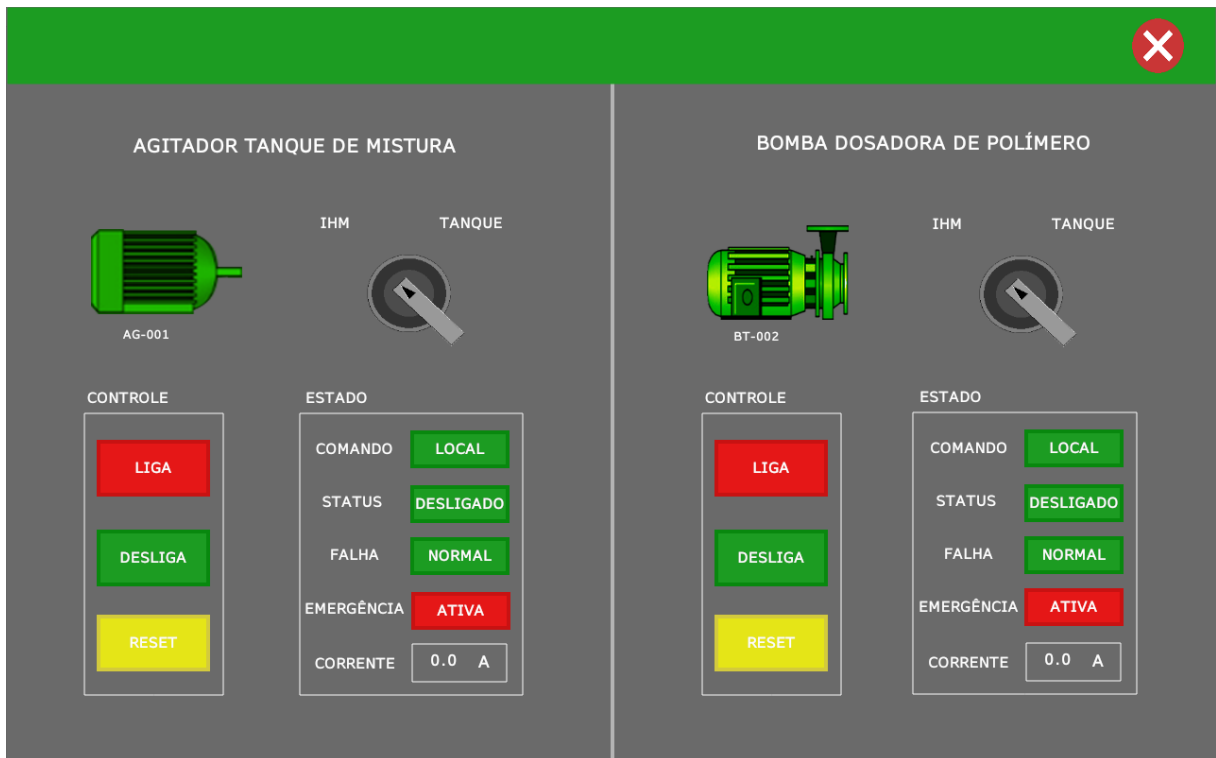
Para operação das bombas de produtos químicos, foram desenvolvidas duas *pop-ups* com intuito de disponibilizar para o operador os status das bombas e os comandos para operação. Nas figuras 35 e 36 estão as *pop-ups* das bombas de tratamento químico:

Figura 35: *Pop-up* das bombas de sulfato de alumínio e hipoclorito de sódio.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 36: *Pop-up* do motor agitador de produto e da bomba de polímero.

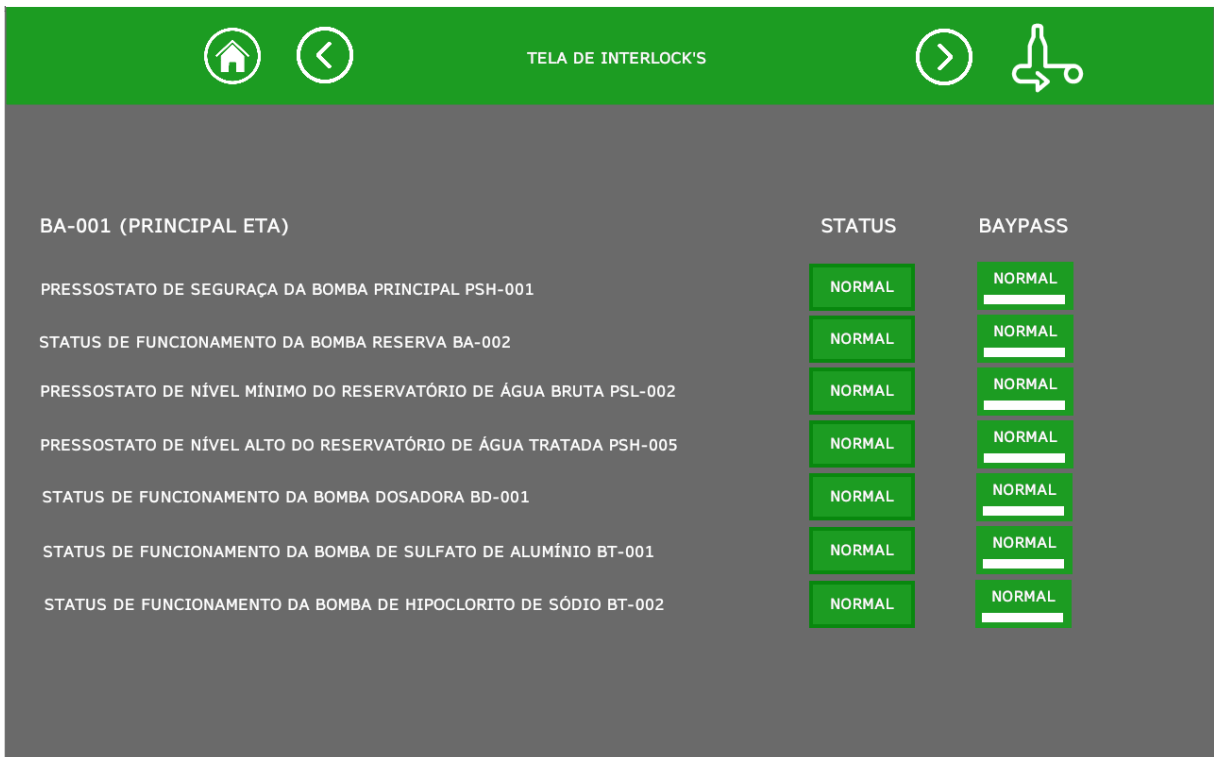


Fonte: Próprio Autor (2022).

3.4.5 Telas de *Interlocks*

Para verificação dos *intelocks* e *bypass* do sistema, foram desenvolvidas telas com intuito de disponibilizar para o operador as informações pertinentes de cada bomba do sistema. Caso o operador identifique um *interlock* ativo na tela e queira *bypassar*, para cada condição de *interlock* existe um botão de *bypass*. Ao habilitar o *bypass*, a condição de *interlock* volta ao normal. Na figura 37 está um exemplo das telas de *interlock* desenvolvidas para o sistema:

Figura 37: Tela de *interlocks* da bomba BA-001.



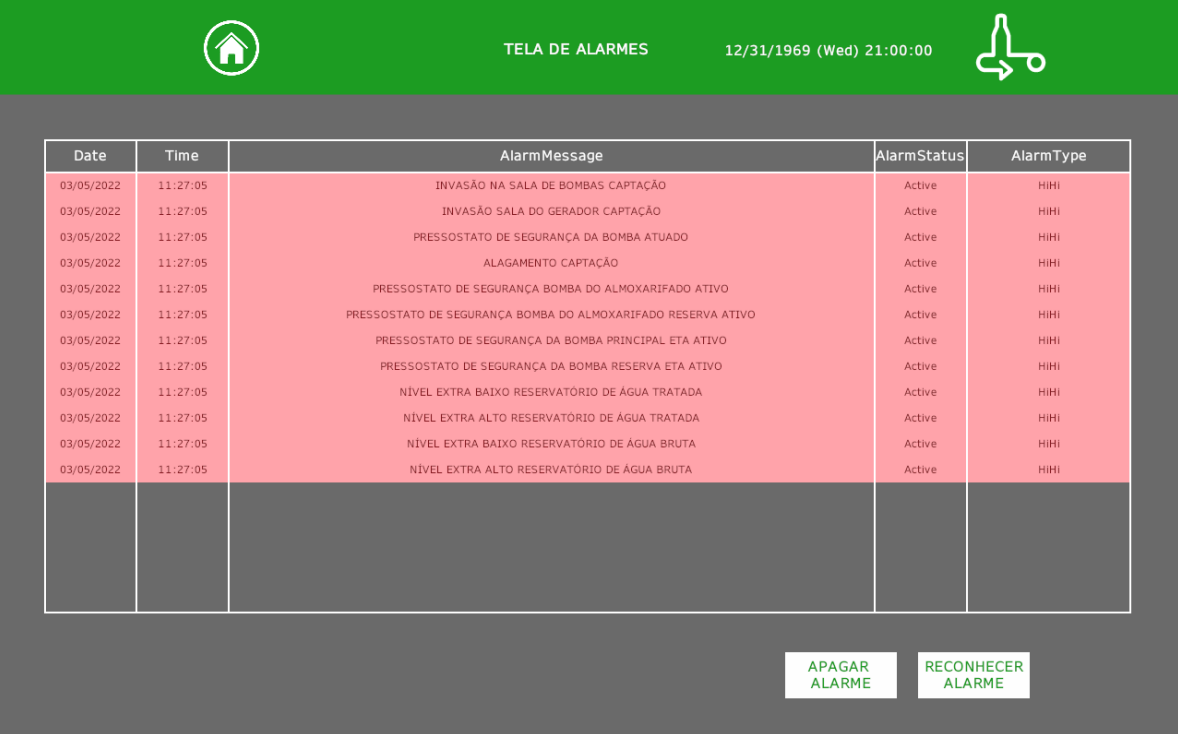
| BA-001 (PRINCIPAL ETA) | STATUS | BAYPASS |
|---|--------|---------|
| PRESSOSTATO DE SEGURANÇA DA BOMBA PRINCIPAL PSH-001 | NORMAL | NORMAL |
| STATUS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA RESERVA BA-002 | NORMAL | NORMAL |
| PRESSOSTATO DE NÍVEL MÍNIMO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA PSL-002 | NORMAL | NORMAL |
| PRESSOSTATO DE NÍVEL ALTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA PSH-005 | NORMAL | NORMAL |
| STATUS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DOSADORA BD-001 | NORMAL | NORMAL |
| STATUS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE SULFATO DE ALUMÍNIO BT-001 | NORMAL | NORMAL |
| STATUS DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE HIPOCLORITO DE SÓDIO BT-002 | NORMAL | NORMAL |

Fonte: Próprio Autor (2022).

3.4.6 Tela de alarmes

Para visualização e reconhecimento de todos os alarmes do sistema, foi desenvolvida uma tela específica para disponibilização dos alarmes do sistema para o operador.

Figura 38: Tela de alarmes gerais da aplicação.



| Date | Time | AlarmMessage | AlarmStatus | AlarmType |
|------------|----------|--|-------------|-----------|
| 03/05/2022 | 11:27:05 | INVASÃO NA SALA DE BOMBAS CAPTAÇÃO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | INVASÃO SALA DO GERADOR CAPTAÇÃO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | PRESSOSTATO DE SEGURANÇA DA BOMBA ATUADO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | ALAGAMENTO CAPTAÇÃO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | PRESSOSTATO DE SEGURANÇA BOMBA DO ALMOXARIFADO ATIVO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | PRESSOSTATO DE SEGURANÇA BOMBA DO ALMOXARIFADO RESERVA ATIVO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | PRESSOSTATO DE SEGURANÇA DA BOMBA PRINCIPAL ETA ATIVO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | PRESSOSTATO DE SEGURANÇA DA BOMBA RESERVA ETA ATIVO | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | NÍVEL EXTRA BAIXO RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | NÍVEL EXTRA ALTO RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | NÍVEL EXTRA BAIXO RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA | Active | HIHI |
| 03/05/2022 | 11:27:05 | NÍVEL EXTRA ALTO RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA | Active | HIHI |

APAGAR ALARME RECONHECER ALARME

Fonte: Próprio Autor (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a finalização do projeto e do desenvolvimento do sistema de automação, foi realizado as etapas de implantação. Estas etapas foram divididas em comissionamento e operação assistida. Neste capítulo serão abordados os resultados obtidos após a etapa de implantação do sistema onde foi possível fazer toda a validação do projeto desenvolvido.

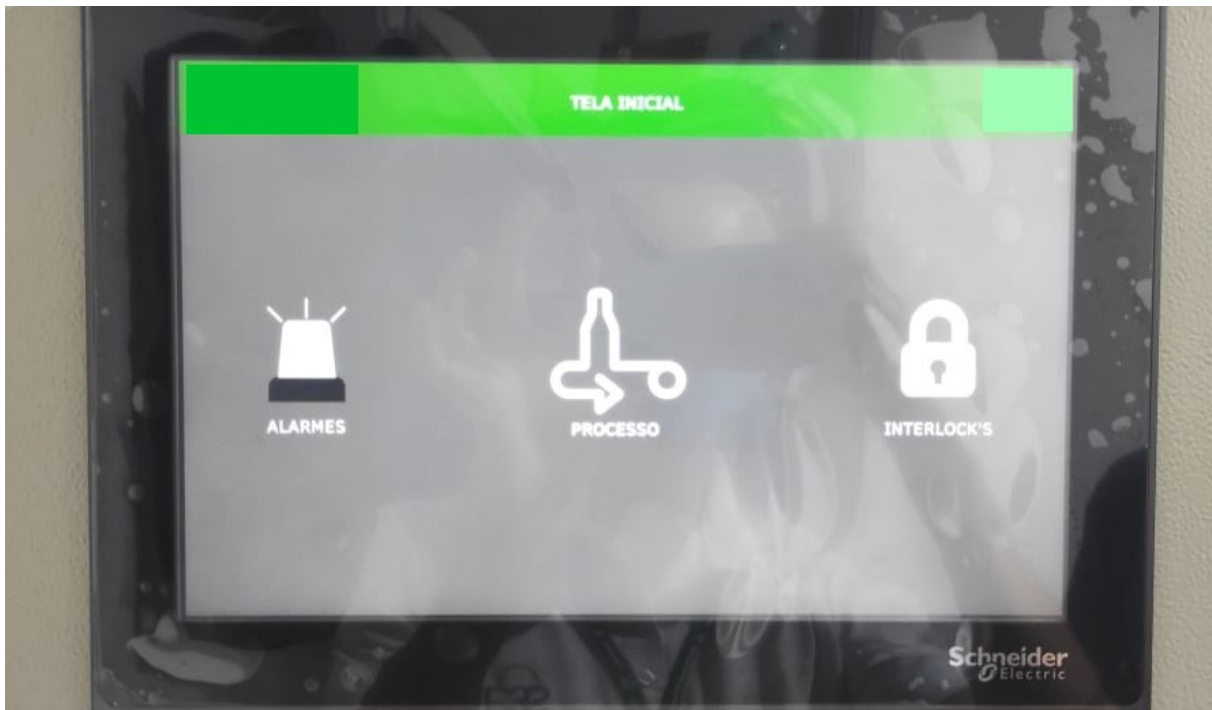
4.1 Comissionamento

O comissionamento da aplicação foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, foram ajustados todos os instrumentos da aplicação com os ranges enviados pelo cliente na etapa de desenvolvimento. Os primeiros equipamentos a serem ajustados foram os pressostatos de alta e baixa pressão. Após ajustes dos pressostatos, foram ajustados os transmissores de nível, para isso, foi realizado o procedimento de trim de zero com os reservatórios de água bruta e limpa vazios. Para ajuste do spam, os reservatórios foram enchidos até o máximo, após o enchimento dos dois reservatórios foi realizado o procedimento de trim de *spam* nos dois transmissores de nível dessa aplicação.

Na segunda etapa, foi realizado o *download* da aplicação nos controladores e na IHM para comissionamento a quente dos equipamentos, testando os intertravamentos, permissivos e automatismo de cada sistema da aplicação.

4.2 Operação Assistida

Após comissionamento da aplicação e validação de todos os *interlocks*, permissivos e automatismo do sistema, foram realizados alguns ajustes de lógicas e telas durante a operação assistida. Nas figuras 39, 40, 41, 42 e 43, estão as telas finais desenvolvidas e comissionadas durante a etapa de implantação:

Figura 39: Tela inicial após *download* da aplicação para a IHM.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 40: Tela de operação do processo principal.



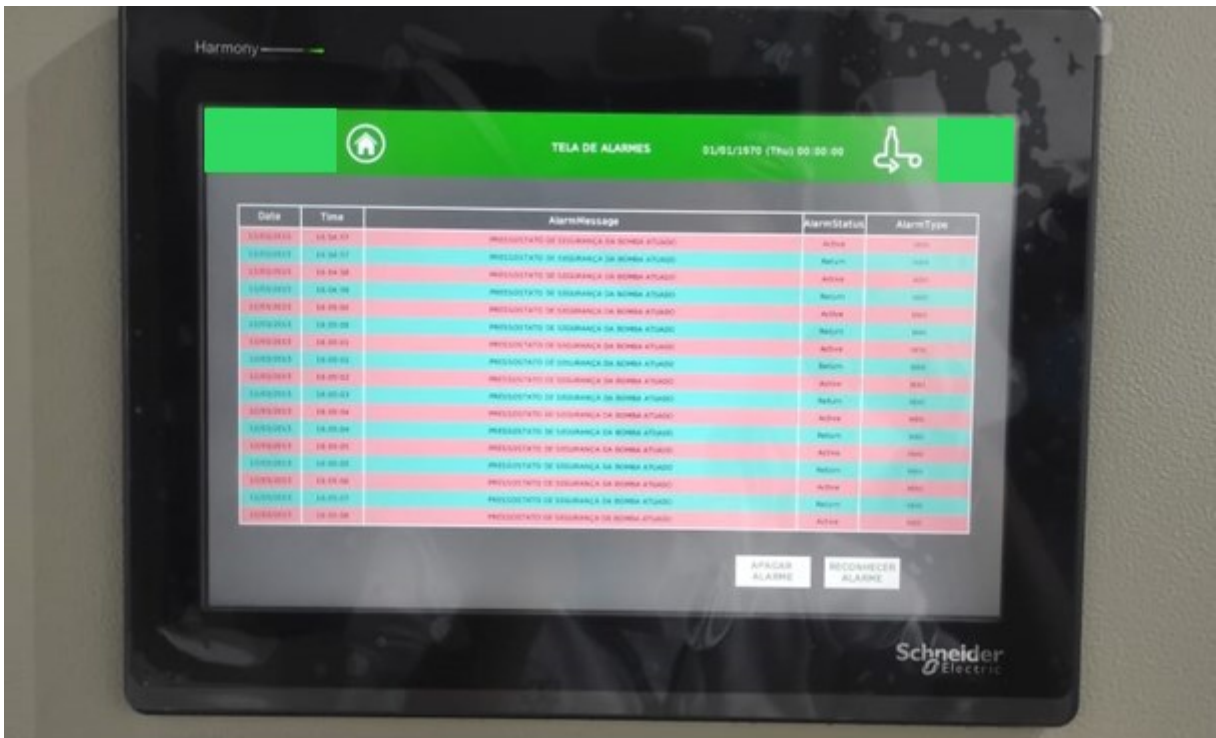
Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 41: Tela de operação dos processos secundários da captação e ETA.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 42: Tela de alarmes do sistema.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Figura 43: *POP-UP* das bombas do caminhão pipa e limpeza de fundo.



Fonte: Próprio Autor (2022).

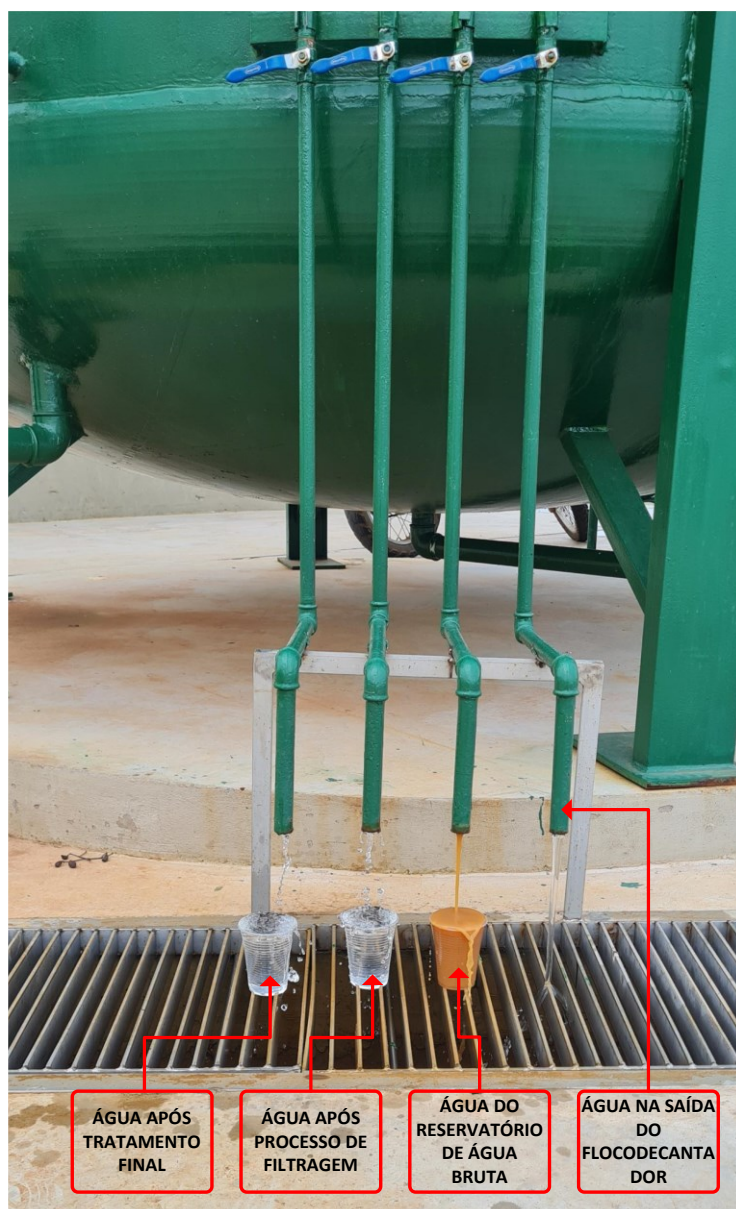
4.3 Discussões sobre os resultados finais

Após a finalização das etapas de comissionamento e operação assistida que se resumem no *startup* do sistema, foi possível observar o resultado final do sistema já em operação. Aqui são mostrados alguns resultados finais coletados do sistema.

4.3.1 Resultado do tratamento da água

Um dos principais objetivos do projeto era o tratamento da água coletada do rio. A figura 44 mostra o resultado do tratamento da água realizado pelo sistema. Para que fosse verificado a qualidade da água em todos os processos do tratamento, foram utilizados recipientes para armazenamento da água durante todas as etapas de tratamento.

Figura 44: Análise visual da água nas etapas de tratamento.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Pela figura 44, podemos observar os resultados visuais do tratamento da água em vários estágios. No primeiro recipiente da esquerda para a direita, podemos observar o resultado final da água após todo processo de tratamento. No segundo recipiente, podemos observar o resultado da água após passagem pelo filtro de areia. No terceiro recipiente podemos visualizar a água do reservatório de água bruta utilizada na entrada no processo de floco-decantação. Na quarta saída estão as amostras da água após o processo de floco-decantação. No momento do registro, o recipiente tinha sido retirado para análise laboratorial.

Após análise laboratorial da água resultado do processo de tratamento químico,

pode-se observar que os parâmetros de qualidade foram atendidos para a utilização nos processos da fábrica de cortes da empresa.

4.3.2 Segurança do processo

Após comissionamento de todo processo, foi possível verificar que todas as condições de *interlock* do sistema foram atendidas conforme projetadas anteriormente. Esse resultado traz segurança para todo o processo, principalmente para o operador durante a operação do sistema. Para atendimento a norma NR12, todas as partidas possuem botoeiras de emergência no painel e próximo as bombas para parada de emergência do equipamento.

Figura 45: Botoeiras de emergência das bombas “BA-001” e “BA-002”.



Fonte: Próprio Autor (2022).

4.3.3 Eficiência do processo

Após implantação do sistema de automação da estação de tratamento de água, foi possível concentrar as informações pertinentes ao processo na IHM, facilitando e auxiliando as tomadas de decisões do operador durante a operação do sistema. Todo o sistema da captação localizado a 3 km da sede da empresa foi integrada na IHM da ETA, facilitando a operação das bombas da captação e os sistemas secundários, diminuindo o tempo de identificação de falhas e tomadas de decisões.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve o objetivo de desenvolver um sistema de controle e automação para uma estação de tratamento de água, aumentando a eficiência no fornecimento de água tratada para utilização em processos industriais. O sistema proposto consistia em três etapas principais: captação e armazenamento de água bruta, tratamento e armazenamento de água tratada e, distribuição de água tratada. Foi possível concluir todas as etapas propostas em 45 dias após início do projeto de automação até a implantação e operação assistida do sistema.

Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível aplicar conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia de Controle e Automação que ajudaram a solucionar os impasses que ocorreram durante a execução do projeto e desenvolvimento da aplicação. Saber lidar com os impasses que surgiram durante o projeto foi essencial para que houvesse o sucesso na entrega final do sistema.

Para melhoria do sistema, um investimento maior em sensores e atuadores devem ser feitos para que o sistema de dosagem de químicos trabalhe de forma autônoma diminuindo ainda mais a interferência humana no processo.

Portanto, com os objetivos de tornar o processo mais seguro, eficiente e com melhor operabilidade, os resultados obtidos foram satisfatórios do ponto de vista do cliente final da ETA. Com o sistema, a única interferência humana se deu no controle e partida das bombas de dosagem química. Dentre as várias funcionalidades que o sistema apresenta para a operação, a facilidade de operar os equipamentos da captação sem que haja o deslocamento entre os locais foi de grande valia para o cliente final e para a equipe de operação da estação de tratamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPANEMA, S. P. Instrumentação e controle de uma estação de tratamento de água. Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843HSAA-6B6PU3/1/490m.pdf>> Dissertação de Mestrado. UFMG – 2004. Acesso em: 2 mar 2022.

DI BERNARDO, Luiz. Métodos e técnicas de tratamento de água. [S.l: s.n.], 1993. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/000854392>>. Acesso em: 2 mar 2022.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos. 2a ed. São Paulo: Editora Érica, 2009

KUMAR, Sunit Sen (2014) – Fieldbus and Networking in Process Automation, CRC Press, 2014.

MIRANDA, Ing. M.Sc./D.Sc. Anibal D. A. INTRODUÇÃO ÀS REDES DE COMPUTADORES. Vila Velha, Es: Esab – Escola Superior Aberta do Brasil Ltda, 2008.

MORAES; CASTRUCCI. Engenharia de Automação Industrial. [S.l.]: Editora LTC, 2007).

DORNELLES, Jéssica. redeindustria40.com.br. Internet das Coisas na Manufatura Industrial: uma ferramenta da Indústria 4.0 para interação dos processos. Disponível em: < <https://redeindustria40.com.br/internet-das-coisas-na-manufatura-industrial-uma-ferramenta-da-industria-4-0-para-interacao-dos-processos/>> . Acesso em: 2 mar. 2022. il. Color.

SILVEIRA, Cristiano. citisystems.com.br. Adequação NR12 – Aumente a Segurança dos Equipamentos. Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/adequacao-nr12/>> . Acesso em: 10 mar. 2022.

P&Q Engenharia Jr. peqengenhariajr.com.br. ETE E ETA: UM CUIDADO INDISPENSÁVEL COM A ÁGUA. Disponível em:<<https://peqengenhariajr.com.br/ete-e-eta-um-cuidado-indispensavel-com-agua/>> . Acesso em: 2 mar. 2022.

L. SILVEIRA E W. LIMA - Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial. Artigo acadêmico, UFRN, 2003. Disponível em:<https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf> . Acesso em: 2 mar. 2022.

PONTREMOLEZ, N. O. - Estudo de caso: Diagnóstico de um sistema de reuso de água em torres de resfriamento. Trabalho de Conclusão de Curso, USP, 2009.

SILVEIRA, P. R. & SANTOS, W. E. Automação e Controle Discreto. São Paulo: Érica, 1998, p.20-24.

FUSATI - A Importância do Tratamento da Água. Disponível em: <https://www.fusati.com.br/a-importancia-do-tratamento-da-agua> . Acesso em 20 de janeiro de 2022.

ZÚQUETE, André (2013), Segurança em redes informáticas, FCA-Editora de Informática.

SCOTTI, William Andrey Faustino (2015), Arquitetura de sistema de controle supervisorio integrando clp, scada e roteamento de tarefas, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/136471>> . Acesso em: 2 mar. 2022.

AL-DALKY, Rami, Omar Abduljaleel, Khaled Salah, Hadi Otrok & Mahmoud Al-Qutayri (2014), A modbus traffic generator for evaluating the security of scada systems, em 'Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), 2014 9th International Symposium on', IEEE, pp. 809–814. <https://doi.org/10.1109/CSNDSP.2014.6923938>

CONSTAIN, Nicole Beatriz Portilla (2011), Integração de sistemas scada com a implementação de controle supervisorio em clp para sistemas de manufatura, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:< <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95357>> . Acesso em: 2 mar. 2022.

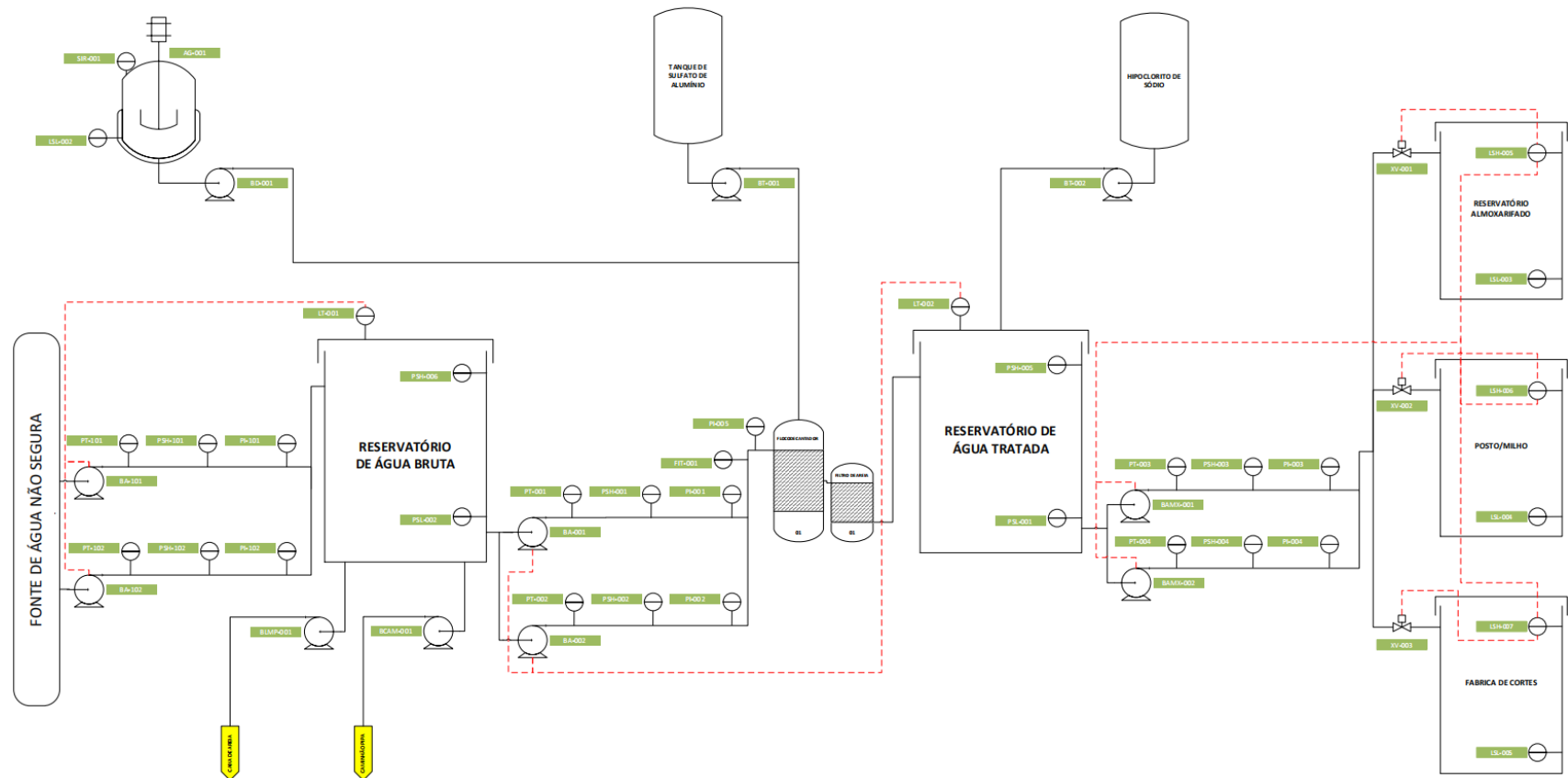
Silva, Fabricio Roosevelt Melo da (2017), Implantação e Desenvolvimento de uma Rede de Automação Industrial e Sistema SCADA para Estação de Tratamento de Água Purificada, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em:< <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/24831>>. Acesso em: 2 mar. 2022.

SILVA, Flavio Batista da & Pinto, Fabio Jose Dos Santos (2015), 'Interferência eletromagnética na comunicação em redes industriais', COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS (1). Disponível em:< <https://docero.com.br/doc/c0s8x5s>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

COELHO, MS (2010), 'Apostila de sistemas supervisórios', Curso superior de tecnologia em automação e controle de processos industriais contínuos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo campus Cubatão. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/1317166-6-o-modulo-apostila-de-curso-superior-de-tecnologia-em-automacao-e-controle-de-processos-industriais-continuos.html>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

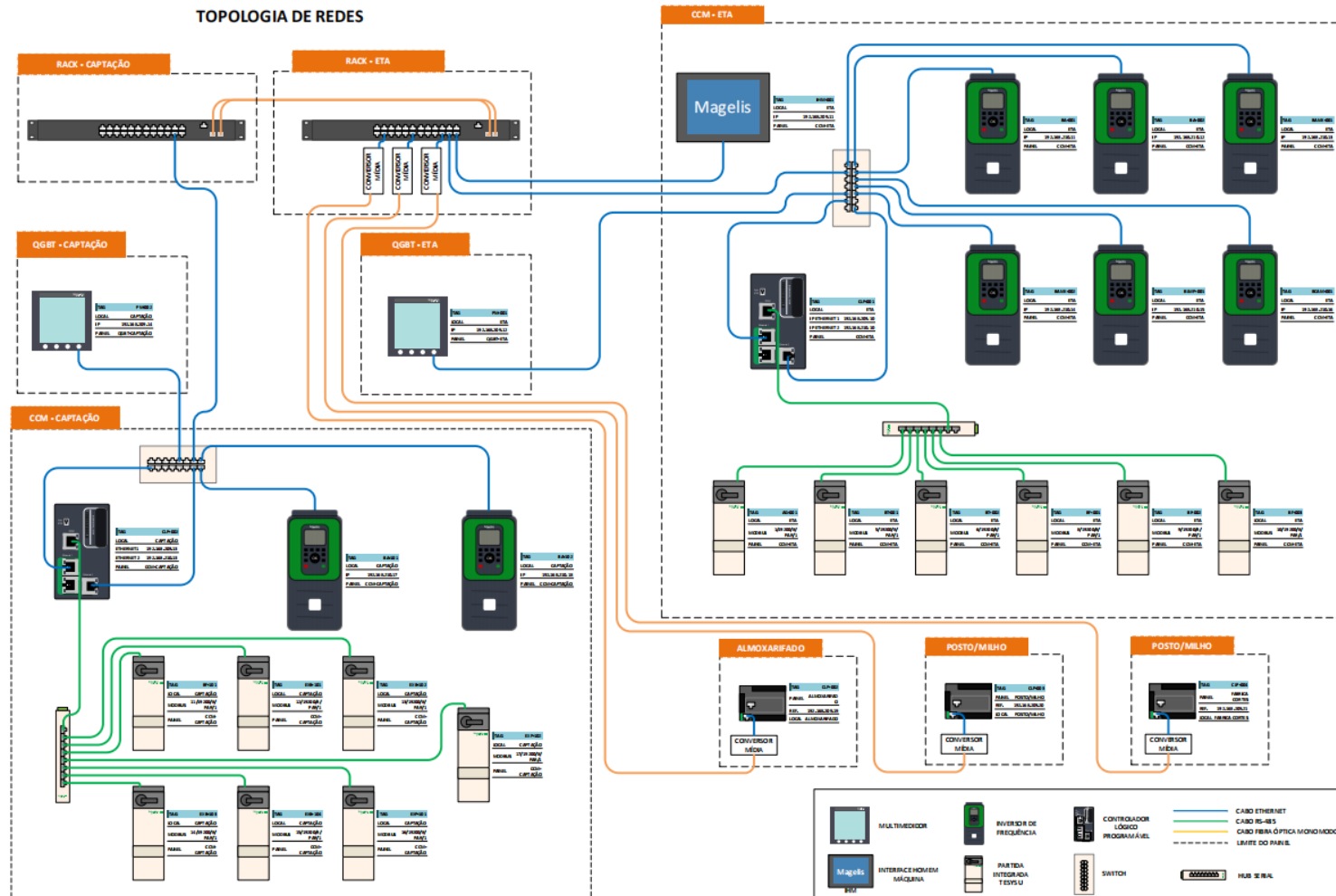
NETO, Miguel (2018). Instrumentação e Controle. Disponível em: < <https://slideplayer.com.br/slide/12117201/>> . Acesso em: 2 mar. 2022. il. Color.

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA GERAL DA PLANTA



Fonte: Próprio Autor (2022).

APÊNDICE B – ARQUITETURA DE REDE DETALHADA DA PLANTA



Fonte: Próprio Autor (2022).

APÊNDICE C – LISTA DE PONTOS DETALHADA DA PLANTA

| DE | PARA | DESCRIÇÃO | EQUIPAMENTO | TAG | DI | DO | AI | AO | ID | CANAL | MÓDULO | IDENTIFICAÇÃO | TIPO | SINAL |
|-------------------|-------------------|---|------------------------------------|---------|----|----|----|----|----|-------|--------|---------------|------|-------|
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJ. BOMBA DOSAD. DE PRODUTO (ETA 1 E 2) | BOMBA DOSADORA 1 | BD-001 | 1 | | | | 1 | 10 | CLP2 | CLP2-10 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 01...04 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1/2/3/4 | - | 1 | | | | 2 | 14 | CLP2 | CLP2-14 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS RELÉ DE SEG. TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 01...04 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1/2/3/4 | - | 1 | | | | 3 | 15 | CLP2 | CLP2-15 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SELEÇÃO REMOTO TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 01...04 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1/2/3/4 | - | 1 | | | | 4 | 16 | CLP2 | CLP2-16 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE NÍVEL BAIXO TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1 | LSL-002 | 1 | | | | 5 | 17 | CLP2 | CLP2-17 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BOTÃO DE ACIONAMENTO TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1 | - | 1 | | | | 6 | 18 | CLP2 | CLP2-18 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | STATUS EM OPERAÇÃO TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 01 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1 | - | 1 | | | | 7 | 115 | CLP2 | CLP2-115 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | BOTÃO RECONHECE ALARME "CALA" A SIRENE TQ. AG. DE PROD. 1 | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1/2/3/4 | - | 1 | | | | 8 | 119 | CLP2 | CLP2-119 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SELEÇÃO REMOTO BOMBA TANQUE SULFATO ALUMÍNIO | BOMBA TANQUE SULFATO ALUMINIO | - | 1 | | | | 9 | 120 | CLP2 | CLP2-120 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EM OPERAÇÃO BOMBA TANQUE SULFATO ALUMÍNIO | BOMBA TANQUE SULFATO ALUMINIO | - | 1 | | | | 10 | 121 | CLP2 | CLP2-121 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BOTÃO DE ACIONAMENTO BOMBA TANQUE SULFATO ALUMÍNIO | BOMBA TANQUE SULFATO ALUMINIO | - | 1 | | | | 11 | 122 | CLP2 | CLP2-122 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SELEÇÃO REMOTO BOMBA TANQUE HIPOCLORITO SÓDIO | BOMBA TANQUE HIPOCLORITO SODIO | - | 1 | | | | 12 | 123 | CLP2 | CLP2-123 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | BOTÃO PARTIDA BOMBA TANQUE HIPOCLORITO DE SÓDIO | BOMBA TANQUE HIPOCLORITO SODIO | - | 1 | | | | 13 | 124 | CLP2 | CLP2-124 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BOTÃO DE ACIONAMENTO BOMBA TANQUE HIPOCLORITO SÓDIO | BOMBA TANQUE HIPOCLORITO SODIO | - | 1 | | | | 14 | 125 | CLP2 | CLP2-125 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SELEÇÃO REMOTO BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 1 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 1 | - | 1 | | | | 15 | 129 | CLP2 | CLP2-129 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EM OPERAÇÃO BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 1 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 1 | - | 1 | | | | 16 | 130 | CLP2 | CLP2-130 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA DE NÍVEL DE SEGURANÇA BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 1 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 1 | LSH-002 | 1 | | | | 17 | 131 | CLP2 | CLP2-131 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SELEÇÃO REMOTO BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 2 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 2 | - | 1 | | | | 18 | 10 | CLP3 | CLP3-10 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EM OPERAÇÃO BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 2 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 2 | - | 1 | | | | 19 | 11 | CLP3 | CLP3-11 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA DE NÍVEL DE SEGURANÇA BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 2 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 2 | LSH-003 | 1 | | | | 20 | 12 | CLP3 | CLP3-12 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SELEÇÃO REMOTO BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 3 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 3 | - | 1 | | | | 21 | 13 | CLP3 | CLP3-13 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EM OPERAÇÃO BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 3 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 3 | - | 1 | | | | 22 | 14 | CLP3 | CLP3-14 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA DE NÍVEL DE SEGURANÇA BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 3 | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) 3 | LSH-004 | 1 | | | | 23 | 15 | CLP3 | CLP3-15 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | MEDIDOR DE VAZÃO FLOCO DECANTADOR 100m3/H | FLOCO DECANTADOR 100m3/h (RESERVA) | FIT-001 | 1 | | | | 24 | 16 | CLP3 | CLP3-16 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | - | 1 | | | | 25 | 110 | CLP3 | CLP3-110 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJUNTOR BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | - | 1 | | | | 26 | 111 | CLP3 | CLP3-111 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE SEGURANÇA BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | PSH-001 | 1 | | | | 27 | 112 | CLP3 | CLP3-112 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | - | 1 | | | | 28 | 113 | CLP3 | CLP3-113 | DI | 24V |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|--|---|---------|---|---|---|--|----|-----|------|----------|----|-----------|
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJUNTOR BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | - | 1 | | | | 29 | I14 | CLP3 | CLP3-I14 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE SEGURANÇA BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | PSH-002 | 1 | | | | 30 | I15 | CLP3 | CLP3-I15 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | - | 1 | | | | 31 | I18 | CLP3 | CLP3-I18 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJUNTOR BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | - | 1 | | | | 32 | I19 | CLP3 | CLP3-I19 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | LSH-005 | 1 | | | | 33 | I20 | CLP3 | CLP3-I20 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SENSOR DE SEGURANÇA BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | PSH-003 | 1 | | | | 34 | I21 | CLP3 | CLP3-I21 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | - | 1 | | | | 35 | I24 | CLP3 | CLP3-I24 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJUNTOR BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | - | 1 | | | | 36 | I25 | CLP3 | CLP3-I25 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | LSL-003 | 1 | | | | 37 | I26 | CLP3 | CLP3-I26 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE SEGURANÇA BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | PSH-004 | 1 | | | | 38 | I27 | CLP3 | CLP3-I27 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA B. 10" LIMPEZA FUNDO TQ. ÁGUA BRUTA | BOMBA 10" - LIMPEZA FUNDO TANQUE ÁGUA BRUTA | - | 1 | | | | 39 | I30 | CLP3 | CLP3-I30 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJUNTOR B. 10" LIMPEZA FUNDO TQ. ÁGUA BRUTA | BOMBA 10" - LIMPEZA FUNDO TANQUE ÁGUA BRUTA | - | 1 | | | | 40 | I31 | CLP3 | CLP3-I31 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BOTÃO DE AÇIONAMENTO B. 10" LIMPEZA FUNDO TQ. ÁGUA BRUTA | BOMBA 6" - CAMINHÃO PIPA ÁGUA BRUTA | - | 1 | | | | 41 | I0 | CLP4 | CLP4-I0 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS EMERGÊNCIA B. D'ÁGUA 6" CAMIN. PIPA ÁGUA BRUTA | BOMBA 6" - CAMINHÃO PIPA ÁGUA BRUTA | - | 1 | | | | 42 | I2 | CLP4 | CLP4-I2 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | STATUS DISJUNTOR B. D'ÁGUA 6" CAMIN. PIPA ÁGUA BRUTA | BOMBA 6" - CAMINHÃO PIPA ÁGUA BRUTA | - | 1 | | | | 43 | I3 | CLP4 | CLP4-I3 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | LIGA BOMBA PELO COMANDO REMOTO AO LADO DO CAMINHÃO | BOMBA 6" - CAMINHÃO PIPA ÁGUA BRUTA | - | 1 | | | | 44 | I4 | CLP4 | CLP4-I4 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA DE NÍVEL MÍNIMO RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA | RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA (3.270m³) | PSL-002 | 1 | | | | 45 | I5 | CLP4 | CLP4-I5 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | BÓIA DE NÍVEL MÁXIMO RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA | RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA (3.270m³) | PSH-006 | 1 | | | | 46 | I6 | CLP4 | CLP4-I6 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE SEG. FALHA DO NÍVEL MIN. RESERV. DE ÁGUA TRATADA | RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA (655m³) | PSL-001 | 1 | | | | 47 | I7 | CLP4 | CLP4-I7 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE SEG. FALHA DO NÍVEL MÁX. RESERV. DE ÁGUA TRATADA | RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA (655m³) | PSH-005 | 1 | | | | 48 | I8 | CLP4 | CLP4-I8 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | STATUS DISJUNTOR BOMBAS DE INCÊNDIO (SKID) | BOMBAS DE INCÊNDIO (SKID) | - | 1 | | | | 49 | I9 | CLP4 | CLP4-I9 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | RELÉ FALTA DE FASE FALTA DE FASE DO PAINEL ELÉTRICO | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | 50 | I12 | CLP4 | CLP4-I12 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | DISJUNTOR ESTADO DO DISJUNTOR GERAL | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | 51 | I13 | CLP4 | CLP4-I13 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA SULFATO DE ALUMÍNIO | BOMBA TANQUE SULFATO ALUMÍNIO | - | 1 | | | | 52 | I14 | CLP4 | CLP4-I14 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA HIPOCLORITO DE SÓDIO | BOMBA TANQUE HIPOCLORITO DE SÓDIO | - | 1 | | | | 53 | I15 | CLP4 | CLP4-I15 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA TANQUE RESERVA | BOMBA TANQUE RESERVA | - | 1 | | | | 54 | I16 | CLP4 | CLP4-I16 | DI | 24V |
| QGBT+BC+CCM - ETA | QGBT+BC+CCM - ETA | SIRENE DE ALARME DE FALTA DE PRODUTO | TANQUE AGITADOR DE PRODUTO 1 | SIR-001 | | 1 | | | 55 | Q0 | CLP5 | CLP5-Q0 | DO | REL.INTER |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | MEDIDOR DE VAZÃO FLOCO DECANTADOR 100M3/H | FLOCO DECANTADOR 100m3/h | FT-001 | | | 1 | | 56 | IW0 | CLP6 | CLP6-IW0 | AI | 4a20mA |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | TRANSMISSOR DE PRESSÃO BOMBA D'ÁGUA 100M3/H (ETA 1) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 1) | PT-001 | | | 1 | | 57 | IW2 | CLP6 | CLP6-IW2 | AI | 4a20mA |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | TRANSMISSOR DE PRESSÃO BOMBA D'ÁGUA 100M3/H (ETA 2) | BOMBA D'ÁGUA 100m3/h (ETA 2) | PT-002 | | | 1 | | 58 | IW3 | CLP6 | CLP6-IW3 | AI | 4a20mA |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | TRANSMISSOR DE PRESSÃO BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 1 | PT-003 | | | 1 | | 59 | IW4 | CLP6 | CLP6-IW4 | AI | 4a20mA |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | TRANSMISSOR DE PRESSÃO BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | BOMBA D'ÁGUA 6"- ALMOXARIFADO 2 | PT-004 | | | 1 | | 60 | IW5 | CLP6 | CLP6-IW5 | AI | 4a20mA |
| QGBT+BC+CCM - ETA | EXTERNO | SENSOR DE NÍVEL RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA (3.270m³) | RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA (3.270m³) | LT-001 | | | 1 | | 61 | IW6 | CLP6 | CLP6-IW6 | AI | 4a20mA |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|--|---|---------|---|--|---|--|--|----|-----|------|----------|----|--------|
| QGBT+BC+CCM-ETA | EXTERNO | SENSOR DE NÍVEL RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA (655M³) | RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA (655m³) | LT-002 | | | 1 | | | 62 | IW7 | CLP6 | CLP6-IW7 | AI | 4a20mA |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS DISJ. BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | - | 1 | | | | | 63 | I0 | CLP2 | CLP2-I0 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | - | 1 | | | | | 64 | I1 | CLP2 | CLP2-I1 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SENSOR DE SEGURANÇA BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | PSH-101 | 1 | | | | | 65 | I2 | CLP2 | CLP2-I2 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS DISJ. BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | - | 1 | | | | | 66 | I3 | CLP2 | CLP2-I3 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS EMERGÊNCIA BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | - | 1 | | | | | 67 | I4 | CLP2 | CLP2-I4 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SENSOR DE SEGURANÇA BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | PSH-102 | 1 | | | | | 68 | I5 | CLP2 | CLP2-I5 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SELEÇÃO REMOTO BOMBA DE FOSSE 3" (SAPO) 1 | BOMBA DE FOSSE 3" (SAPO) | - | 1 | | | | | 69 | I6 | CLP2 | CLP2-I6 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS EM OPERAÇÃO BOMBA DE FOSSE 3" (SAPO) 1 | BOMBA DE FOSSE 3" (SAPO) | - | 1 | | | | | 70 | I7 | CLP2 | CLP2-I7 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | ENTRADA DIGITAL DISPONÍVEL | - | - | | | | | | 71 | I8 | CLP2 | CLP2-I8 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | BÓIA DE NÍVEL DE SEGURANÇA BOMBA DE FOSSE 3" (SAPO) 1 | BOMBA DE FOSSE 3" (SAPO) | LSH-101 | 1 | | | | | 72 | I9 | CLP2 | CLP2-I9 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | BOTÃO ACIONA VENTILADORES EXAUSTORES DA SL. BOMBA 01...04 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 1/2/3/4 | - | 1 | | | | | 73 | I10 | CLP2 | CLP2-I10 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS ALARME CONTR. DE TEMP. EX. SL. BOMBA 01...04 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 1/2/3/4 | - | 1 | | | | | 74 | I11 | CLP2 | CLP2-I11 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SELEÇÃO REMOTO EXAUS. SL. BOMBA 01...04 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 1/2/3/4 | - | 1 | | | | | 75 | I12 | CLP2 | CLP2-I12 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS EM OPERAÇÃO EXAUS. SL. BOMBA 01...04 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 1/2/3/4 | - | 1 | | | | | 76 | I13 | CLP2 | CLP2-I13 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | BOTÃO ACIONA VENTILADORES EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS 01...02 | EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS 1/2 | - | 1 | | | | | 77 | I14 | CLP2 | CLP2-I14 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS ALARME CONTR. DE TEMP. EX. SL. PAINÉIS 01...02 | EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS 1/2 | - | 1 | | | | | 78 | I15 | CLP2 | CLP2-I15 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SELEÇÃO REMOTO EXAUS. SL. PAINÉIS 01...02 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 1/2 | - | 1 | | | | | 79 | I16 | CLP2 | CLP2-I16 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | STATUS EM OPERAÇÃO EXAUS. SL. PAINÉIS 01...02 | EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS 1/2 | - | 1 | | | | | 80 | I17 | CLP2 | CLP2-I17 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | BOTÃO LIGAR ILUMINAÇÃO EXTERNA PÁTIO (PROJETORES) | ILUMINAÇÃO EXTERNA PÁTIO (PROJETORES) | - | 1 | | | | | 81 | I18 | CLP2 | CLP2-I18 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | ESTADO DA ILUMINAÇÃO EXTERNA PÁTIO (PROJETORES) | ILUMINAÇÃO EXTERNA PÁTIO (PROJETORES) | - | 1 | | | | | 82 | I19 | CLP2 | CLP2-I19 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | BOTÃO LIGAR ILUMINAÇÃO EXTERNA PRÉDIO (ESCADAS) | ILUMINAÇÃO EXTERNA PRÉDIO (ESCADAS) | - | 1 | | | | | 83 | I20 | CLP2 | CLP2-I20 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | ESTADO DA ILUMINAÇÃO EXTERNA PRÉDIO (ESCADAS) | ILUMINAÇÃO EXTERNA PRÉDIO (ESCADAS) | - | 1 | | | | | 84 | I21 | CLP2 | CLP2-I21 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | CONTROLADOR ESTADO DO GERADOR | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | | 85 | I22 | CLP2 | CLP2-I22 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | CONTROLADOR FALHA DO GERADOR | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | | 86 | I23 | CLP2 | CLP2-I23 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | RELÉ FALTA DE FASE FALTA DE ENERGIA DA REDE | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | | 87 | I24 | CLP2 | CLP2-I24 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | RELÉ FALTA DE FASE FALTA DE FASE DO PAINEL ELÉTRICO | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | | 88 | I25 | CLP2 | CLP2-I25 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | DISJUNTOR ESTADO DO DISJUNTOR GERAL | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | | 89 | I26 | CLP2 | CLP2-I26 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | SENSOR PORTA DA SALA DE GERADORES FOI ABERTA | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | SW-101 | 1 | | | | | 90 | I27 | CLP2 | CLP2-I27 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | SENSOR PORTA DA SALA DE BOMBAS FOI ABERTA | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | SW-102 | 1 | | | | | 91 | I28 | CLP2 | CLP2-I28 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | BOTÃO ALARME DE INVASÃO E "CALA" A SIRENE | COMANDOS E ACESSÓRIOS REMOTOS DA CAPTAÇÃO | - | 1 | | | | | 92 | I29 | CLP2 | CLP2-I29 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | ENTRADA DIGITAL DISPONÍVEL | - | - | | | | | | 93 | I30 | CLP2 | CLP2-I30 | DI | 24V |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | ENTRADA DIGITAL DISPONÍVEL | - | - | | | | | | 94 | I31 | CLP2 | CLP2-I31 | DI | 24V |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------------------------|---------|--|---|--|--|-----|-----|------|----------|----|-----------|
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | ALERTA SONORO DE ALAGAMENTO DA CAPTAÇÃO | BOMBA DE FOSSO 3" (SAPO) | SIR-101 | | 1 | | | 95 | Q0 | CLP3 | CLP3-Q0 | DO | REL.INTER |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SINAL DO CLP PARA LIGAR ILUMINAÇÃO | ILUMINAÇÃO EXTERNA PÁTIO (PROJETORES) | - | | 1 | | | 96 | Q1 | CLP3 | CLP3-Q1 | DO | REL.INTER |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | SINAL DO CLP PARA LIGAR ILUMINAÇÃO | ILUMINAÇÃO EXTERNA PRÉDIO (ESCADAS) | - | | 1 | | | 97 | Q2 | CLP3 | CLP3-Q2 | DO | REL.INTER |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | TRANSMISSOR DE PRESSÃO BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h | PT-101 | | 1 | | | 98 | IW0 | CLP4 | CLP4-IW0 | AI | 4a20mA |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | TRANSMISSOR DE PRESSÃO BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | BOMBA D'ÁGUA 200m3/h (RESERVA) | PT-102 | | 1 | | | 99 | IW1 | CLP4 | CLP4-IW1 | AI | 4a20mA |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | TRANSMISSOR DE TEMPERATURA EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 01...04 | EXAUSTORES DA SALA BOMBAS 1/2/3/4 | TT-102 | | 1 | | | 100 | IW2 | CLP4 | CLP4-IW2 | AI | 4a20mA |
| QGBT+CCM - CAPTAÇÃO | EXTERNO | TRANSMISSOR DE TEMPERATURA EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS 01...02 | EXAUSTORES DA SALA PAINÉIS 1/2 | TT-101 | | 1 | | | 101 | IW3 | CLP4 | CLP4-IW3 | AI | 4a20mA |

Fonte: Próprio Autor (2022).