



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Levi Andrew de Aquino Paz

**Automação do Processo de Abastecimento e Distribuição de Frascos em uma
Linha de Envase**

Florianópolis
2023

Levi Andrew de Aquino Paz

**Automação do Processo de Abastecimento e Distribuição de Frascos em uma
Linha de Envase**

Relatório final da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis.

Orientador: Prof. Julio Elias Normey Rico

Supervisor: Bruno Medeiros da Costa

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Paz, Levi Andrew de Aquino

Automação do Processo de Abastecimento e Distribuição de
Fracos em uma Linha de Envase / Levi Andrew de Aquino Paz
; orientador, Julio Elias Normey Rico, 2023.

64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Controle e Automação,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Automação
Industrial. 3. Sistema Supervisório (SCADA). 4. Modelagem
de processos. 5. Lógica de Controle (PLC). I. Rico, Julio
Elias Normey. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

Levi Andrew de Aquino Paz

**Automação do Processo de Abastecimento e Distribuição de Frascos em uma
Linha de Envase**

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Florianópolis, 15 de Junho de 2023.

Prof. Hector Bessa Silveira, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Julio Elias Normey Rico
Orientador
UFSC/CTC/DAS

Bruno Medeiros da Costa
Supervisor
Radix

Jean Panaioti Jordanou, ME.
Avaliador
UFSC

Prof. Eduardo Camponogara, Dr
Presidente da Banca
UFSC/CTC/DAS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante essa jornada de graduação e desenvolvimento do projeto. Em primeiro lugar, sou imensamente grato a Deus, que esteve comigo em todos os momentos, especialmente nos desafios mais difíceis. Sua presença e orientação foram fundamentais para minha trajetória acadêmica.

À minha amada esposa, Thamires, quero expressar minha profunda gratidão. Seu apoio incondicional, paciência e compreensão foram essenciais para que eu pudesse me concentrar nos estudos e no projeto, especialmente durante a reta final da faculdade. Seu amor e incentivo foram um verdadeiro combustível para minha jornada.

À minha mãe, Gláudiane, agradeço por ter me incentivado a ingressar na faculdade, mesmo quando eu mesmo não tinha certeza se era o caminho certo. Sua confiança em mim e seu apoio constante foram fundamentais para minha motivação e perseverança ao longo desses anos.

Ao meu pai, Alexandre Aquino, sou grato por ter vindo em busca de moradia e por ter me dado todo o suporte necessário no início da faculdade. Sua presença e apoio financeiro foram essenciais para que eu pudesse seguir em frente e conquistar meus objetivos.

Também quero expressar minha gratidão aos meus amigos, que compartilharam comigo essa importante etapa da vida. Suas amizades, companheirismo e momentos de descontração foram verdadeiros tesouros ao longo desses anos. Compartilhamos risos, desafios e conquistas, e serei eternamente grato por essas lembranças.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu mentor na empresa, Bruno Medeiros. Sua experiência, conhecimento e orientação foram de imenso valor para o desenvolvimento do projeto. Através do seu apoio e ensinamentos, pude adquirir habilidades técnicas e aprimorar minha visão sobre automação industrial. Sou grato pela oportunidade de aprendizado e pelo seu incentivo constante.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha jornada acadêmica e o desenvolvimento deste projeto, meu mais sincero agradecimento. Sem o apoio, encorajamento e amor de vocês, nada disso seria possível. Que esses laços de amizade e gratidão se fortaleçam cada vez mais ao longo da vida.

DECLARAÇÃO DE PUBLICIDADE

Florianópolis, 17 de julho de 2023.

Na condição de representante da Radix na qual o presente trabalho foi realizado, declaro não haver ressalvas quanto ao aspecto de sigilo ou propriedade intelectual sobre as informações contidas neste documento, que impeçam a sua publicação por parte da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para acesso pelo público em geral, incluindo a sua disponibilização *online* no Repositório Institucional da Biblioteca Universitária da UFSC. Além disso, declaro ciência de que o autor, na condição de estudante da UFSC, é obrigado a depositar este documento, por se tratar de um Trabalho de Conclusão de Curso, no referido Repositório Institucional, em atendimento à Resolução Normativa nº 126/2019/CUn.

Por estar de acordo com esses termos, subscrevo-me abaixo.

Bruno Medeiros da Costa

Bruno Medeiros da Costa

Radix

RESUMO

O objetivo central desse projeto é aumentar a produtividade de uma linha de envase de óleo lubrificante com a utilização de Tecnologias da Indústria 4.0, onde o aluno participou do desenvolvimento da sprint responsável pela automação do abastecimento e distribuição de frascos nos silos. Entre as melhorias a serem implementadas através do projeto cita-se: a conectividade geral dos equipamentos (de diferentes fabricantes) com uso de IIoT (Industrial Internet of Things); o controle operacional e a gestão da linha de envase através de um Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA). Para o desenvolvimento desse projeto, foi um requisito do cliente utilizar ferramentas e softwares da Rockwell Automation, então para o sistema de SCADA foi utilizado o software de automação industrial FactoryTalk, e para automatizar as máquinas através de rotinas no controlador lógico programável (CLP) foi utilizado o software Studio 5000. Como projeto se encontra em fase de desenvolvimento, foi necessário usar alguns métodos para simular o funcionamento da linha de envase de acordo com o esperado. Além disso, foi realizado o mapeamento, em padrão de Notação da metodologia de Gerenciamento de Processos de Negócios (BPMN), da lógica de controle do projeto com uma modelagem atual do processo.

Palavras-chave: Automação Industrial. Sistema Supervisório. Modelagem de processos.

ABSTRACT

The main objective of this project is to increase the productivity of a lubricating oil filling line using Technologies 4.0 Industry, where the student participated in the development of the sprint responsible for automating the supply and distribution of bottles in the silos. Among the improvements to be implemented through the project are: general connectivity of equipment (from different manufacturers) using IIoT (Industrial Internet of Things); operational control and management of the filling line through a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). For the development of this project, it was a customer requirement to use tools and software from Rockwell Automation, so for the SCADA system the FactoryTalk industrial automation software was used, and to automate the machines through routines in the programmable logic controller (PLC) it was Studio 5000 software was used. As the project is in the development phase, it was necessary to use some methods to simulate the operation of the filling line as expected. In addition, mapping was carried out, using the Business Process Management Notation (BPMN) standard, of the project's control logic with a current process modeling.

Keywords: Industrial automation. Supervisory system. Process modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura Analítica do Projeto.	12
Figura 2 – Desenho da linha completa em 3D.	13
Figura 3 – Modo de Operação dos Silos.	27
Figura 4 – Lógica do CLP Central para os Silos.	28
Figura 5 – Lógica de Controle das Transportadoras de Saída dos Silos e Extra- tores.	29
Figura 6 – Interface do programa Studio 5000	30
Figura 7 – Parâmetros e Tags Locais no Studio 5000	31
Figura 8 – Tags Globais no Studio 5000	32
Figura 9 – Início da lógica em Ladder de permissivos do silo 1.	34
Figura 10 – Diagrama de blocos de funções para os permissivos do Silo 1.	35
Figura 11 – Diagrama de blocos de funções para ativação da válvula do Silo 1.	35
Figura 12 – Início da lógica de controle do silo - Abastecimento de frascos.	37
Figura 13 – Lógica de controle do silo para a distribuição de frascos.	37
Figura 14 – Lógica de controle que faz o cálculo da quantidade total de frascos no silo.	38
Figura 15 – Acidente BP Texas (2005)	41
Figura 16 – Estrutura de pastas do FactoryTalk View Studio	45
Figura 17 – Tela inicial do FactoryTalk Client	46
Figura 18 – Tela do 1º Piso no FT Client.	47
Figura 19 – Tela do 2º Piso no FT Client.	47
Figura 20 – Tela do Controle de Velocidade no FT Client.	48
Figura 21 – Tela do V-Graph no FT Client.	49
Figura 22 – Tela dos Silos no FT Client.	50
Figura 23 – Objetos globais utilizados na tela dos silos.	51
Figura 24 – Explorador de objetos do FT.	52
Figura 25 – Configuração das propriedades de um componente do objeto.	52
Figura 26 – Propriedades de um alarme digital.	53
Figura 27 – Propriedades de um alarme digital.	53
Figura 28 – Tela de Alarmes.	54
Figura 29 – Configuração de comunicação do FactoryTalk Linx	56
Figura 30 – Rotina de controle da lógica do pulso de simulação.	58
Figura 31 – Botões na tela que ativam a leitura do pulso de simulação no sensor das esteiras de abastecimento.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
IIoT	Internet Industrial das Coisas
IHM	Interface Homem Máquina
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LE1LA	Linha de Envase de 1 Litro A
M2M	<i>Machine-to-Machine</i>
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	A FÁBRICA	12
1.1.1	Principais Indicadores	13
1.1.1.1	OEE Estratificado Mensal	13
1.1.1.2	Tempo de parada por motivo	14
1.2	MOTIVAÇÃO	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.4	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	15
2	METODOLOGIA	17
2.1	INICIAÇÃO	17
2.2	PLANEJAMENTO	17
3	TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS	18
3.1	FACTORYTALK	18
3.2	RSLOGIX 5000 E STUDIO 5000	20
3.3	BIZAGI MODELER	21
3.4	TRABALHO REMOTO (HOME OFFICE)	21
4	AUTOMATIZAÇÃO NOS SILOS	23
4.1	MODELAGEM DOS PROCESSOS EM BPMN	25
4.1.1	Modelagem dos processos gerais do sistema BPMN	26
4.1.2	Modelagem da lógica do Controle dos Silos	27
4.2	ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DA LÓGICA DE CONTROLE NO STUDIO 5000	28
4.2.1	Tags Globais e Locais	31
4.3	CRIAÇÃO DESENVOLVIMENTO DAS ROTINAS DO CLP	32
5	SISTEMA SUPERVISÓRIO	40
5.1	ISA 101	40
5.2	DESENVOLVIMENTO DA IHM	43
5.2.1	Estrutura do projeto SCADA no FactoryTalk View Studio	44
5.2.1.1	Telas gerais da IHM	46
5.2.1.2	Tela dos Silos	49
5.2.2	Uso das Tags nos componentes	51
5.2.3	Alarmes	51
6	INTEGRAÇÃO E TESTES	55
6.1	COMUNICAÇÃO DAS TAGS	55
6.1.1	Protocolo de comunicação	55
6.2	DESENVOLVIMENTO DA IHM E LÓGICA DE CLP PARA SIMULAÇÃO	57
6.2.1	Pulso para simulação na lógica de controle	57

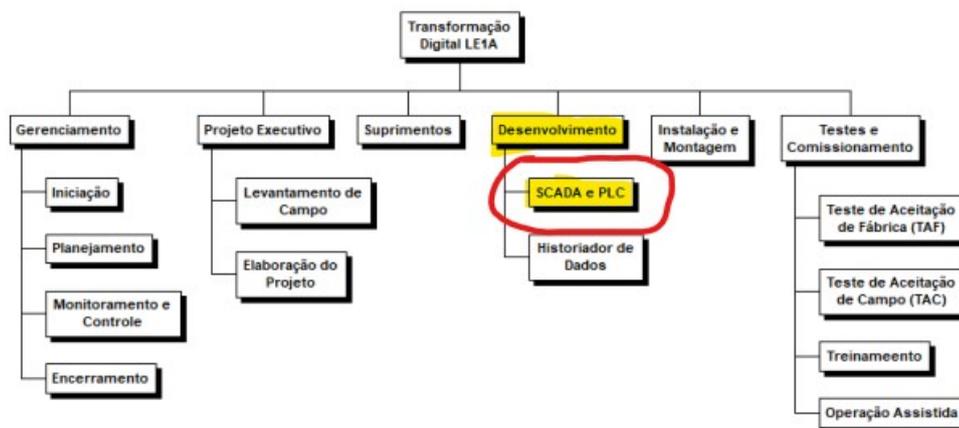
6.2.2	Botões de simulação	58
6.3	SIMULAÇÃO DO ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO	59
7	RESULTADOS	61
8	CONCLUSÃO	63

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho procura revelar como foi desenvolvido parte do projeto utilizando a lógica do controle de silos da fábrica, onde foi feito o direcionamento, monitoração e armazenamento dos frascos que entram e são distribuídos na linha de envase. Além disso, também foi desenvolvido um controle supervisorio para acompanhar o processo, configurar e disponibilizar formas para intervir manualmente ou automaticamente no processo, quando necessário.

O escopo geral do projeto contempla a transformação digital da Linha de Envase de frascos lubrificantes de 1 Litro A (LE1LA), consiste na elaboração de projeto executivo, suprimentos, serviço de instalações de equipamentos, programação PLC, desenvolvimento SCADA, desenvolvimento do Historiador de Dados, implantação, testes, comissionamento e operação assistida. Apresentado na Figura 1 a EAP do projeto, onde o aluno poderá participar de todas as etapas como estagiário, porém com destaque na área em que mais atuou e que será retratado aqui.

Figura 1 – Estrutura Analítica do Projeto.



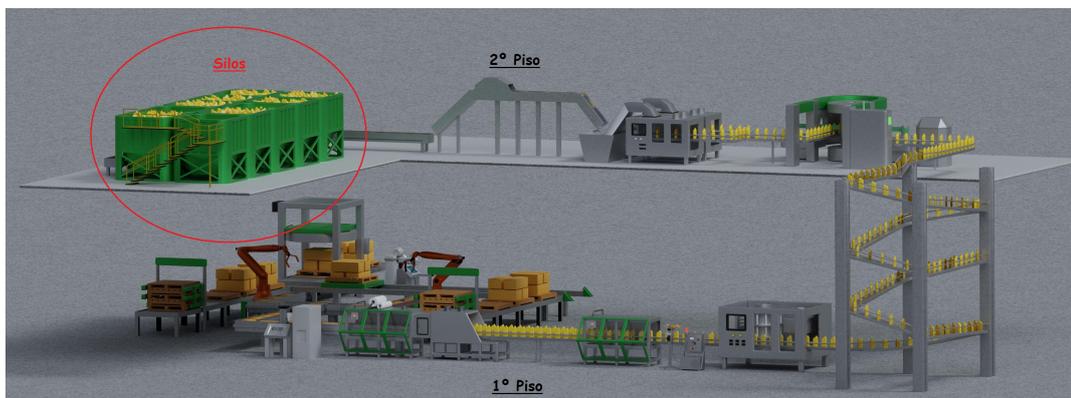
Fonte: Radix.

1.1 A FÁBRICA

A Linha de envase de 1 Litro A é, atualmente, a mais importante da fábrica, por envasar a maior quantidade de frascos por turno e nela se concentram os principais produtos do negócio Lubrificantes. O material usado para a embalagem (que possui volume de 1 litro) é o plástico Poli Etileno de Alta Densidade (PEAD). Essa embalagem pode se apresentar nas cores verde, amarelo, laranja ou cinza. Essa linha de produção é automatizada, porém existem alguns pontos de dependência e intervenção humana.

Na Figura 2, vemos uma representação em desenho 3D da linha de envase, onde a fábrica distribui as máquinas de produção em dois andares. O fluxo macro de

Figura 2 – Desenho da linha completa em 3D.



funcionamento da linha começa pelo fornecimento de frasco aos Silos no segundo piso, então os frascos seguem por transportadoras até chegar as Posicionadoras A/B, seguindo novamente por uma esteira que é unificada para passar pela rotuladora, após isso a transportadora leva para o descensor que leva os frascos para o primeiro piso, lá os frascos vão seguir pelas transportadoras passando pelas máquinas enchedora, divisoras de frascos, embaladoras, divisora de caixas, robôs paletizadores e envolvedora, assim finalizando o processo de produção.

1.1.1 Principais Indicadores

O cliente realizou uma análise do cenário atual da Linha de Envase 1L (antes do projeto), resultando na seleção dos principais indicadores que se deseja melhorar. Todas as informações foram retiradas do sistema MES atual.

1.1.1.1 OEE Estratificado Mensal

O principal indicador utilizado atualmente para medir a produtividade da linha de envase é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness* ou Efetividade Global do Equipamento).

Foi percebido que essa linha de envase possui um grande potencial de crescimento nos indicadores de disponibilidade e eficiência, de acordo com as informações retiradas do sistema MES atual da linha. Isso significa que a linha possui muitas paradas não programadas e não consegue ser operada a uma velocidade alta: ela produz, em média, com um OEE a 54,9%. Observando a série histórica do OEE ao longo de um ano, não foi possível identificar nenhuma tendência de melhoria nesse período, mantendo o OEE médio de 55,0%.

1.1.1.2 Tempo de parada por motivo

Com esse indicador, é possível observar os principais motivos que estão impactando o desempenho da linha, mas é importante ressaltar que a maioria desses motivos é apontada manualmente pelo operador ou pelo mantenedor do sistema MES, ao longo do período produtivo.

Os dois motivos de parada mais representativos são a perda de ritmo e as micro paradas, que são apontadas automaticamente. Quando a linha de envase reduz sua velocidade, isso representa perda de ritmo, e quando a linha fica parada por um período de até 2 minutos, isso é considerado como uma microparada. Dessa forma, a ausência de coleta de dados não permite compreender os reais motivos da perda de eficiência da linha. Acredita-se que um dos principais motivos é a falta de sincronismo de velocidade entre os equipamentos, o que frequentemente gera pequenas paradas.

É possível verificar também que quase 2% das horas paradas são apontadas sob a opção “Parada a Definir”. Como o sistema é dependente de intervenção humana para informar o motivo da parada e, muitas vezes, esse motivo é apontado de forma genérica, não é possível conhecer o real motivo de paradas.

Espera-se que a implementação do projeto permita um conhecimento mais assertivo e confiável dos motivos de parada, já que esses motivos serão detectados automaticamente pelo sistema.

Nas paradas que exigem ação de manutenção corretiva, o Operador aponta o status “Aguardando Manutenção”. Quando o Mantenedor se apresenta no local, deveria autenticar-se no MES e substituir o motivo da parada por “Em manutenção”, o que, muitas vezes não é feito. Dessa forma, entende-se que os tempos de parada relativos aos dois motivos citados neste parágrafo estão desbalanceados (um, positivamente; o outro, negativamente).

1.2 MOTIVAÇÃO

A indústria 4.0 é um termo cada vez mais presente nos debates sobre o futuro da automação industrial. Essa nova era da indústria está sendo marcada por uma série de mudanças tecnológicas que estão transformando profundamente a forma como as empresas produzem bens e serviços. A integração de tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas (em inglês: *Internet of Things*, IoT) e *big data* está permitindo que as fábricas se tornem cada vez mais eficientes, flexíveis e adaptáveis às necessidades do mercado.

Nesse contexto, a automação industrial desempenha um papel fundamental, tornando possível a utilização dessas tecnologias avançadas na produção de bens e serviços. A automação permite que as empresas automatizem processos produtivos, reduzindo a necessidade de intervenção humana e aumentando a eficiência e a

qualidade dos produtos.

A indústria 4.0 tem o potencial de transformar completamente o cenário industrial, aumentando a produtividade e a eficiência das empresas, além de reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos. É por isso que a adoção de tecnologias de automação é tão importante para as empresas que desejam se manter competitivas em um mercado cada vez mais exigente e dinâmico.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto é realizar a automação na alimentação e distribuição dos silos da linha de envase de óleo lubrificante com a utilização de Tecnologias da Indústria 4.0.

Onde os objetivos em específico são:

- Instalação de hardware;
- Infraestrutura de comunicação;
- Lógica de otimização de velocidades no CLP;
- Sistema SCADA e PIMS.

Todos serão apresentados neste documento, porém nos tópicos de instalação de hardware, infraestrutura, e sistema PIMS, serão mostrados apenas os resultados, já que o aluno não foi o responsável pelo seu desenvolvimento.

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta monografia está organizada da seguinte forma:

- **O Capítulo 2** apresenta a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento e gerenciamento do projeto;
- **O Capítulo 3** demonstra os conceitos técnicos necessários para melhor compreensão dos temas abordados;
- **O Capítulo 4** descreve a lógica a ser implementada no controle de distribuição dos frascos para os silos;
- **O Capítulo 5** apresenta a importância e os conceitos da ISA-101 e descreve o sistema supervisor, apresentando a funcionalidade de cada tela;
- **O Capítulo 6** apresenta a comunicação e integração do sistema supervisor com a lógica de controle, e mostra a criação de métodos de simulação;

- **O Capítulo 7** demonstra as simulações e analisa os resultados obtidos;
- **O Capítulo 8** apresenta as considerações finais e perspectivas futuras.

2 METODOLOGIA

Na equipe de automação da empresa utilizamos, nos projetos, as melhores práticas de gerenciamento de projetos conhecidas tais como as definidas pelo *Project Management Institute* (PMI). A metodologia da empresa para este projeto contemplou as boas práticas de gerenciamento de projetos definidas pelo PMI, inclusive no que tange a metodologia ágil scrum. As etapas foram executadas da seguinte forma:

2.1 INICIAÇÃO

A etapa de iniciação consistiu no conjunto de ações de preparação necessárias ao projeto, de forma a integrar o cliente com a equipe desenvolvedora e estabelecer pontos importantes do projeto. Nesta etapa, foi realizada a Mobilização da Equipe, a identificação dos Stakeholders e a Reunião de “kick-off”, envolvendo as partes interessadas, o cliente e a equipe desenvolvedora, de forma a oficializar o início do projeto.

2.2 PLANEJAMENTO

O planejamento do projeto integrou a elaboração de um plano de projeto onde foi definido como os serviços serão executados, monitorados e encerrados. Neste plano, a equipe descreveu:

- A finalidade, o escopo e os objetivos do projeto;
- Os produtos e serviços gerados pelo projeto (EAP);
- A equipe do projeto (Organograma);
- O fluxo de comunicação e emissão de documentos com a definição dos responsáveis na empresa da fábrica pelas aprovações (Matriz de Responsabilidades);
- Os processos, ferramentas e as técnicas de gerenciamento que serão utilizadas;
- A definição e a programação dos principais marcos do projeto;
- Os riscos identificados e as ações de resposta a estes riscos.

Durante a fase de planejamento, foram também definidos os modelos (templates), os padrões e as normas nacionais e internacionais aplicáveis com a indicação das respectivas versões a serem utilizadas durante a execução do projeto. Também foram alinhados entre o cliente e a equipe, a dinâmica a ser seguida ao longo das sprints, a duração de cada sprint, como foram as reuniões e definições a cerca de reports e indicadores que foram utilizados.

3 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS

Na automação industrial existem várias ferramentas disponíveis para a criação de sistemas supervisórios, porém o cliente requisitou que fossem utilizados softwares desenvolvidos pela Rockwell Automation, uma empresa líder nesse mercado.

É importante ressaltar que para o uso dessas tecnologias e ferramentas é requisitado um conhecimento aprofundado de sistemas supervisórios, IHM's, programação em Ladder (lógica de escada para CLP's). No qual o aluno, que desenvolveu este projeto, adquiriu esse conhecimento ao longo do curso de engenharia de controle e automação na UFSC. Mesmo assim, foi necessário um treinamento básico, não só para relembrar o conhecimento, como também se adaptar aos softwares da Rockwell, já que os softwares que o aluno já tinha experiência nessas áreas eram outros.

3.1 FACTORYTALK

O FactoryTalk é uma suíte de software desenvolvida pela Rockwell Automation, ele oferece uma ampla gama de soluções de software para supervisão, controle e análise de dados em tempo real em ambientes industriais.

A suíte de software FactoryTalk é composta por vários produtos e módulos que podem ser utilizados individualmente ou combinados para criar um sistema SCADA completo. Alguns dos principais produtos e módulos do FactoryTalk incluem:

Os produtos não utilizados no projeto, mas que serão descritos aqui para ter uma melhor compreensão dos outros:

- FactoryTalk View SE (Site Edition): É um software de interface gráfica de usuário (HMI/SCADA) que permite criar telas de supervisão customizáveis para monitorar e controlar processos industriais em tempo real. Possui recursos avançados, como animações, tendências, alarmes e históricos, além de suporte a integração com outros produtos da Rockwell Automation.
- FactoryTalk View ME (Machine Edition): É uma versão do FactoryTalk View projetada para rodar em painéis de operação dedicados, como terminais de operação e IHMs (Interfaces Homem-Máquina) em máquinas e equipamentos industriais. Oferece recursos de interface gráfica de usuário para controle e supervisão de processos específicos de uma máquina ou equipamento.

Os produtos utilizados de fato no projeto:

- FactoryTalk View Studio: Que foi a principal ferramenta utilizada para a criação do sistema supervisório, ele é uma parte integral do FactoryTalk View SE e FactoryTalk View ME, que é uma suíte de software para desenvolvimento de telas

de supervisão (IHM/SCADA). O FactoryTalk View Studio oferece uma interface de desenvolvimento gráfica e intuitiva para criar aplicações de supervisão personalizadas para monitores de operação, interfaces homem-máquina (IHMs) e terminais de operação. Ele permite criar telas interativas, configurar alarmes, criar animações, criar lógica de controle, definir históricos e muito mais. Além disso, o FactoryTalk View Studio também oferece recursos de integração com outros produtos da Rockwell Automation, como o FactoryTalk Historian, para visualização e análise de dados em tempo real.

- **FactoryTalk Cliente:** Essa é a ferramenta que o operador responsável pela supervisão irá utilizar. O FactoryTalk Client é um software de cliente que permite acessar e interagir com aplicações de supervisão criadas com o FactoryTalk View Studio. O FactoryTalk Client oferece uma interface de usuário gráfica que permite visualizar e controlar processos industriais em tempo real a partir de um computador desktop ou laptop, tablet ou dispositivo móvel. Ele suporta a exibição de telas de supervisão interativas, alarmes, tendências e outros recursos criados com o FactoryTalk View Studio. Além disso, o FactoryTalk Client também oferece recursos de segurança, como autenticação de usuário e criptografia de dados, para proteger o acesso às aplicações de supervisão.
- **FactoryTalk Linx:** Esta ferramenta é um software de comunicação que permite a conectividade entre os produtos FactoryTalk e outros dispositivos industriais, como controladores lógicos programáveis (CLPs), inversores de frequência, servidores OPC (*OLE for Process Control*), entre outros. O FactoryTalk Linx oferece drivers de comunicação que suportam uma ampla gama de protocolos de comunicação industrial, como EtherNet/IP, ControlNet, DeviceNet, Modbus, OPC DA, OPC UA e muitos outros. Ele permite a configuração de conexões de comunicação com dispositivos industriais e o compartilhamento de dados em tempo real entre os dispositivos e os produtos FactoryTalk, como o FactoryTalk View Studio, o FactoryTalk Historian e outros.

Em resumo, o FactoryTalk View Studio é uma ferramenta de desenvolvimento de aplicações HMI/SCADA, o FactoryTalk Client é um software de cliente para acessar e interagir com aplicações de supervisão, e o FactoryTalk Linx é um software de comunicação para conectar os produtos FactoryTalk a outros dispositivos industriais. Juntos, esses produtos oferecem uma solução completa para o desenvolvimento, implantação e operação de sistemas SCADA eficientes e avançados em ambientes industriais.

3.2 RSLOGIX 5000 E STUDIO 5000

O RSLogix 5000 e o Studio 5000 são ambientes de desenvolvimento de software utilizados para criar e programar controladores lógicos programáveis (CLPs) da Rockwell Automation, onde nesse projeto foi utilizado apenas o Studio 5000.

- RSLogix 5000: É um software de programação utilizado para desenvolver aplicações de controle para os controladores lógicos programáveis (CLPs) da família Allen-Bradley ControlLogix, CompactLogix e FlexLogix. Ele fornece uma interface de desenvolvimento gráfica e intuitiva para criar programas de controle utilizando a linguagem de programação ladder (lógica de escada), além de outras linguagens de programação como FBD (Diagrama de Blocos de Funções), SFC (Sequencial de Função de Gráfico) e STL (Lista de Instruções). O RSLogix 5000 oferece recursos avançados, como configuração de hardware, configuração de comunicação, monitoramento de I/O, diagnóstico de erros e depuração de programas de controle. É uma ferramenta amplamente utilizada em indústrias de diversos segmentos para programação de CLPs da Rockwell Automation.
- Studio 5000: É uma evolução do RSLogix 5000, e é o ambiente de desenvolvimento de software mais recente da Rockwell Automation. Ele é utilizado para desenvolver aplicações de controle para os controladores lógicos programáveis (CLPs) da família Allen-Bradley ControlLogix, CompactLogix, FlexLogix e SoftLogix. O Studio 5000 unifica as ferramentas de programação e configuração em um único ambiente de desenvolvimento, oferecendo uma interface de usuário moderna e integrada. Ele suporta a linguagem de programação ladder (lógica de escada), FBD (Diagrama de Blocos de Funções), SFC (Sequencial de Função de Gráfico), STL (Lista de Instruções) e outros, assim como o RSLogix 5000. O Studio 5000 também oferece recursos avançados, como configuração de hardware, configuração de comunicação, monitoramento de I/O, diagnóstico de erros e depuração de programas de controle, além de integração com outros produtos da Rockwell Automation, como o FactoryTalk View Studio para desenvolvimento de interfaces homem-máquina (HMI) e o FactoryTalk Historian para armazenamento e análise de dados em tempo real.

As principais diferenças entre o RSLogix 5000 e o Studio 5000 estão relacionadas às atualizações de recursos e interface de usuário no Studio 5000, tornando-o uma versão mais recente e aprimorada do software de programação de CLPs da Rockwell Automation. O Studio 5000 é a suíte de software de programação de CLPs recomendada pela Rockwell Automation para uso com os controladores Logix mais recentes, enquanto o RSLogix 5000 é amplamente utilizado em sistemas mais antigos da Rockwell Automation que utilizam os controladores ControlLogix, CompactLogix

e SoftLogix. No entanto, é importante notar que a Rockwell Automation continua a fornecer suporte e atualizações para o RSLogix 5000, e muitos sistemas existentes ainda podem ser programados com essa suíte de software.

3.3 BIZAGI MODELER

Mapear o processo de uma máquina industrial é fundamental para desenvolver uma lógica de controle eficiente em um CLP e para tomar decisões precisas na automação do processo produtivo. O mapeamento do processo envolve o levantamento de todas as etapas, atividades, interações e fluxos do sistema, permitindo que se tenha uma visão clara e detalhada do funcionamento da máquina e dos processos envolvidos.

Com o mapeamento do processo, é possível identificar pontos críticos do processo, falhas e gargalos, além de oportunidades de melhoria e otimização. Essas informações são valiosas para a tomada de decisão na automação da máquina, permitindo a criação de uma lógica de controle mais eficiente e precisa no CLP.

Uma ferramenta utilizada pelo aluno que pode auxiliar na modelagem do processo é o Bizagi Modeler, que é um software gratuito de modelagem de processos de negócio. Ele permite desenhar o fluxograma do processo de forma intuitiva e fácil, possibilitando a identificação das atividades, interações, decisões e fluxos envolvidos no processo.

O Bizagi Modeler é uma ferramenta que possui uma interface simples e amigável, permitindo a criação de fluxogramas detalhados com facilidade. Ele conta com diversos recursos para modelagem de processos, como simulação de fluxo de trabalho, diagramas de processo, fluxogramas, além de permitir a exportação em diversos formatos.

Ao utilizar o Bizagi Modeler para mapear o processo da máquina industrial, é possível ter uma visão clara e detalhada do funcionamento do sistema, identificar oportunidades de melhoria e otimização, além de facilitar a comunicação entre os membros da equipe de desenvolvimento. Com uma visão mais completa do processo, é possível desenvolver uma lógica de controle mais precisa e eficiente no CLP, garantindo um processo de automação mais eficiente e seguro.

3.4 TRABALHO REMOTO (HOME OFFICE)

Como a linha de envase é localizada no estado do Rio de Janeiro, e o aluno reside no estado de Santa Catarina, foi necessário trabalhar de forma remota durante o desenvolvimento desse projeto. Para isso, a empresa disponibilizou formas de trabalho remoto, além de enviar um notebook para o aluno, são elas:

- **Conexão VPN:** Para estabelecer uma conexão segura e permitir acesso as ferramentas disponibilizadas pela empresa.
- **Conexão de área de trabalho remota:** Permitindo que o aluno, através de um usuário e senha, assuma o controle do sistema da máquina virtual da empresa fornecida para esse projeto, onde tem acesso aos arquivos de desenvolvimento.

4 AUTOMATIZAÇÃO NOS SILOS

Neste capítulo, iremos explorar o desenvolvimento da lógica de programação em Ladder no Studio 5000 para automatizar o processo de abastecimento e distribuição de frascos nos silos da linha de envase. Veremos os passos necessários para criar a lógica de controle que irá otimizar esse processo, tornando-o mais eficiente e confiável.

Primeiramente, abordaremos a lógica de tomada de decisão do processo, utilizando a modelagem de processos para entender os principais pontos de controle e os requisitos do sistema. Em seguida, veremos a estrutura do projeto no Studio 5000, explorando os diferentes módulos e componentes envolvidos na programação do CLP.

Outro aspecto importante será a descrição das tags e o seu uso na programação, pois as tags são elementos cruciais para a comunicação entre os diferentes dispositivos e a lógica de controle do sistema. Veremos como criar e gerenciar as tags no Studio 5000, além de entender como utilizá-las na programação das rotinas.

Por fim, abordaremos o desenvolvimento das rotinas de controle em Ladder, uma das linguagens de programação suportadas pelo Studio 5000. Exploraremos a sintaxe e os principais elementos de programação em Ladder, como relés, bobinas, temporizadores e contadores, aplicando-os na lógica de controle do processo de abastecimento e distribuição de frascos nos silos.

Com base nessas etapas, será apresentado o desenvolvimento da lógica de programação em Ladder no Studio 5000, visando a automação eficiente e confiável do processo de abastecimento e distribuição de frascos nos silos da linha de envase. Depois de uma breve apresentação da definição de hardwares do projeto, vamos explorar detalhadamente cada uma dessas etapas para compreender como esse processo pode ser implementado de forma eficaz.

DEFINIÇÃO DE HARDWARES GERAIS

Antes de abordar os itens feito pelo o aluno que foram mencionados acima, vale citar, resumidamente, a escolha de hardwares feito pelo engenheiro pleno e o analista de automação industrial do projeto. Para a solução de automação, foram empregados os seguintes hardwares:

- **Controlador Lógico Programável:** Foi fornecido pela empresa os novos CLPs Allen Bradley 5069-L340ER CompactLogix 5380 Controller os quais foram empregados para a implementação de lógicas de controle de velocidade da linha, lógicas dos silos e integração dos inversores.
- **Switches:** A equipe instalou switches gerenciáveis com capacidade suficiente para interligar todos os dispositivos dos painéis entregues. O Switch Ethernet / IP - 16FE+2G escolhido para ser o de distribuição para interligar os switches

de acesso do 1º piso ao painel dos computadores industriais foi o Advantech EKI-5626CI-EI-AE. O Switch Ethernet / IP - 8FE+2G escolhido para ser o de distribuição para interligar os switches de acesso do 2º piso ao painel dos computadores industriais e de acesso para interligar os equipamentos a rede de automação foi o Advantech EKI-5629CI-EI-AE. Os Switch Ethernet / IP - 8FE escolhidos para serem os de acesso para interligar os equipamentos à rede de automação foi o Advantech EKI-5528I-EI-AE e o Advantech EKI-5526I-EI-AE. Switch core para interligar o painel dos PC's industriais aos switches de distribuição do 1º e 2º piso.

- **Inversores:** A equipe substituiu os inversores anteriores por inversores mais modernos com comunicação Ethernet. Para controlar a Velocidade dos Motores responsáveis por alimentar as Posicionadoras (Transportador elevador e Transportador de saída) e do Motor do Transportador de Caixas foi implementado o Inversor de Frequência PowerFlex 525 - 0,4kW. Para controlar a Velocidade de um dos Motores das Esteiras do Pulmão e a Velocidade dos Motores do Carro de Translação foi implementado o Inversor de Frequência PowerFlex 525 - 0,75kW. Para controlar a Velocidade do Motor Principal da Posicionadora, a Velocidade dos Motores das Esteiras do Pulmão e a Velocidade dos Motores do Descensor foi implementado o Inversor de Frequência PowerFlex 525 – 1,5kW. Para controlar a Velocidade de alguns Motores do Transportador de Caixas e do Transportador da Impressora de Cera foi implementado o Inversor de Frequência PowerFlex 525 – 4kW.
- **Atuadores:** A solução fornecida pela equipe para a abertura e fechamento das portas de entrada dos Silos são os Atuadores Lineares de 100mm e 300mm, do modelo Kalatec KTC-D24-300-100LP-IP65 e KTC-D24-450-300LP-IP65, respectivamente.
- **Válvulas**
 - **Válvula Esfera Tripartida 1":** A solução fornecida pela equipe para a liberação/bloqueio da passagem de ar comprimido da tubulação de alimentação da Enchedora é a MGA Válvulas Industriais, do modelo VF-VET100-CWCB-I304-ATSA-MP-VN.
 - **Válvula Esfera Bipartida 3":** A solução fornecida pela equipe para a liberação/bloqueio da passagem de óleo das tubulações de alimentação da Enchedora é a MGA Válvulas Industriais, do modelo VF-VEB300-CWCB-I304-ATSA-MP-VN.

- **Transmissores**

- **Transmissor de Temperatura:** A solução fornecida pela equipe para a medição da temperatura da tubulação de alimentação de óleo da Enchedora e da Seladora é o Transmissor Sick, do modelo TBS-1NSN20506ZM.
- **Transmissor de Pressão:** A solução fornecida pela equipe para a medição da pressão da tubulação de alimentação de óleo da Enchedora é o Transmissor Sick, do modelo PBS2-RB010SF2FSDNMA0Z.

- **Sensores**

- **Sensores de Temperatura e Umidade:** A solução fornecida pela equipe para o sensoriamento de temperatura e umidade dos ambientes do primeiro e segundo piso é o sensor do modelo RHT-WM-485-LCD da Novus.
- **Sensores Fotoelétricos:** A equipe efetuou a instalação de Sensores Fotoelétricos no início da Esteira de Carregamento de Frascos dos Silos e na saída das Posicionadoras para contagem de Frascos nos Silos, além disso foram substituídos os Sensores que estão com defeito. O Sensor escolhido foi o Sick, do modelo GRL18S-P2336.
- **Sensores de Vibração e Temperatura:** A solução fornecida pela equipe para mitigar quebras em motores da linha de envase foi a ampliação do número de sensores *Smart-Trac* da Tractian que em conjunto com os receptores Smart-Receiver.

Os hardwares citados acima buscam fazer intervenções em máquinas/sistemas da máquina, onde a equipe promoveu a adequação em equipamentos/itens constituintes da máquina propriamente dita e a sistemas os quais atuam diretamente na máquina.

Para solucionar os problemas relacionados à abertura e fechamento das portas dos **Silos**, a equipe, empregou atuadores lineares que estão instalados nas atuais portas de entrada e saída dos silos. Para atender à demanda em sua totalidade, há a possibilidade de acionar individualmente de forma manual cada atuador em caso de falha de comunicação, nesse caso, o comando se dá através de botoeiras localizadas na parte frontal do painel de automação. A remota do I/O Silos servirá para interligar os atuadores.

4.1 MODELAGEM DOS PROCESSOS EM BPMN

A modelagem de processos desempenha um papel crucial no desenvolvimento da lógica de controle em sistemas de automação, uma vez que possibilita entender o fluxo operacional do processo de forma detalhada e estruturada.

Ao modelar o processo, é possível visualizar a sequência de etapas, operações, interações e decisões envolvidas no funcionamento do sistema. Isso ajuda a compreender como os diferentes elementos do processo se relacionam e interagem entre si, identificando pontos de controle, entradas e saídas, e potenciais áreas de otimização.

A modelagem de processos também permite identificar gargalos, redundâncias, ineficiências ou inconsistências no processo, possibilitando a identificação de oportunidades de melhoria e otimização da lógica de controle. Além disso, a modelagem de processos é uma ferramenta eficaz para documentar e comunicar o funcionamento do sistema, facilitando a compreensão e colaboração entre os membros da equipe de desenvolvimento.

Com uma visão clara e detalhada do fluxo do processo por meio da modelagem, é possível criar uma lógica de controle adequada, que aborde os desafios e requisitos específicos do processo, garantindo o correto funcionamento do sistema automatizado. Isso possibilita uma implementação mais precisa e eficiente da lógica de controle, minimizando erros e retrabalhos, e maximizando a eficiência do processo como um todo.

Em resumo, a modelagem de processos é uma etapa essencial para entender o fluxo da lógica de controle em sistemas de automação, pois proporciona uma visão clara e estruturada do funcionamento do processo, permitindo identificar oportunidades de melhoria, garantindo uma implementação precisa e eficiente da lógica de controle.

4.1.1 Modelagem dos processos gerais do sistema BPMN

A linha de produção já apresentava algum nível de automação, porém existiam vários pontos de dependência e intervenção humana. Em um documento fornecido pelo cliente foi apresentado o mapeamento do processo de toda a linha, incluindo os processos manuais e aqueles realizados por máquinas.

Na composição desta linha de envase são empregados equipamentos e máquinas de diferentes fabricantes além de esteiras transportadoras que as interligam.

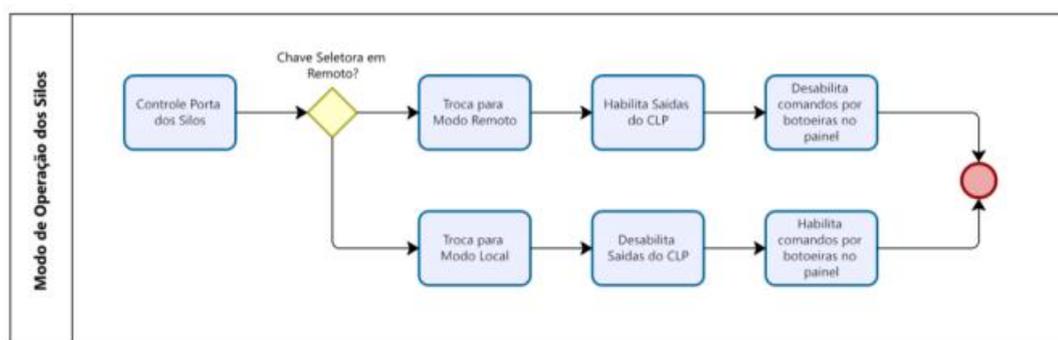
Para solucionar os problemas relacionados à queda de frascos das transportadoras, ao tombamento de frascos nas transportadoras e saídas de máquinas e, o foco principal, para aumentar a produtividade da Linha, a equipe de automação desenvolveu soluções de lógicas para o Controle dos Silos, Controle de Velocidade das Máquinas (baseado em M2M) e Controle de Velocidade das Transportadoras. Apesar do aluno ter desenvolvido todas os fluxogramas no Bizagi Modeler para cada uma das soluções lógicas, só atuou na criação das rotinas em Ladder do CLP para o Controle dos Silos, enquanto as rotinas do CLP do Controle de Velocidade das Máquinas e das transportadoras foram desenvolvidas por outro participante da equipe.

4.1.2 Modelagem da lógica do Controle dos Silos

Para a implementação da automação na alimentação dos Silos, foi realizado a adição de um sensor posicionado no início de cada esteira que carrega os Silos e na saída de cada Posicionadora. Respectivamente, cada um desses sensores será utilizado para: contagem de frascos que são recebidos em cada Silo e, através da somatória do que for detectado no sensor de saída da Posicionadora, contagem de frascos que saem dos Silos. Além disso é realizado o monitoramento do status dos 10 extratores e dos 7 motores das esteiras transportadoras de frascos vazios dos Silos para as Posicionadoras e os sensores fotoelétricos de controle dessas esteiras.

Além das modificações físicas, foi desenvolvido uma lógica de intertravamento conforme a expressa na modelagem da Figura 3.

Figura 3 – Modo de Operação dos Silos.



Logo o modo de funcionamento das portas de recebimento de Frascos segue os seguintes conceitos:

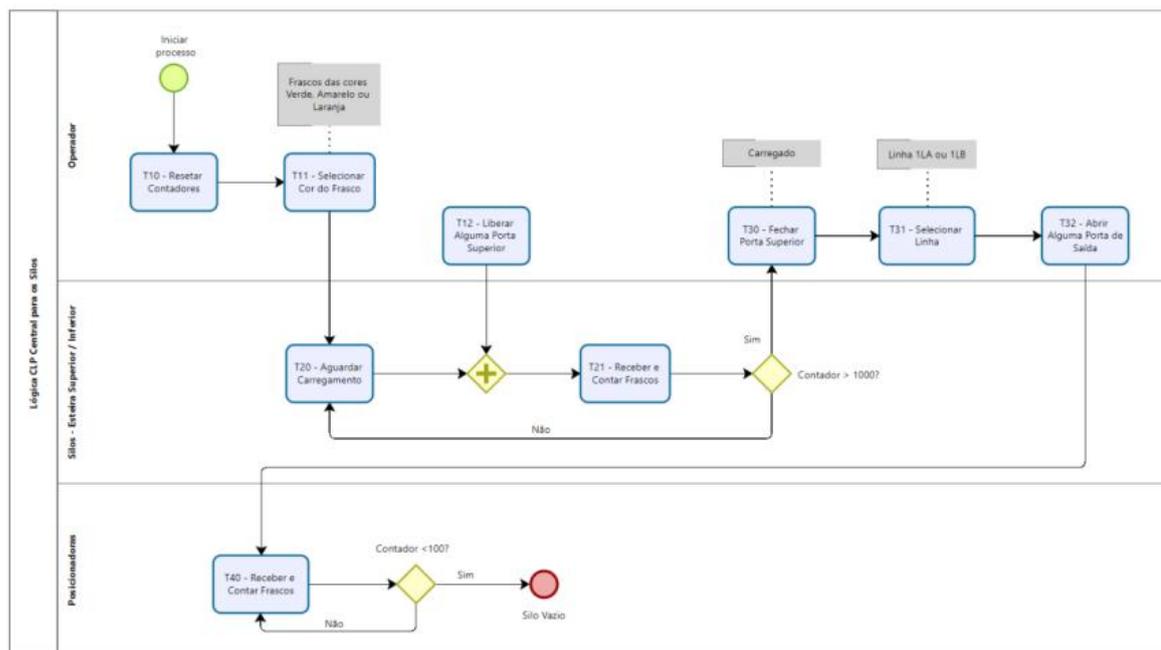
- Caso o Modo de Operação dos Silos esteja em “Remoto” somente serão aceitos comandos via CLP/SCADA.
- Caso o Modo de Operação dos Silos esteja em “Local” somente serão aceitos comandos via botoeiras de operação no painel

Para lidar, de forma automática, com a alimentação dos Silos, foi desenvolvida uma lógica considerando as informações fornecidas. A modelagem da Figura 4 demonstra o que fora pensado.

Logo o modo de funcionamento da automação das portas de recebimento de Frascos segue os seguintes conceitos:

- Após zeragem dos contadores de frascos de cada Silo o programa aguardará a seleção de cor do frasco e a liberação de alguma porta superior ou inferior e o carregamento de frascos no início das esteiras transportadoras de recebimento;

Figura 4 – Lógica do CLP Central para os Silos.



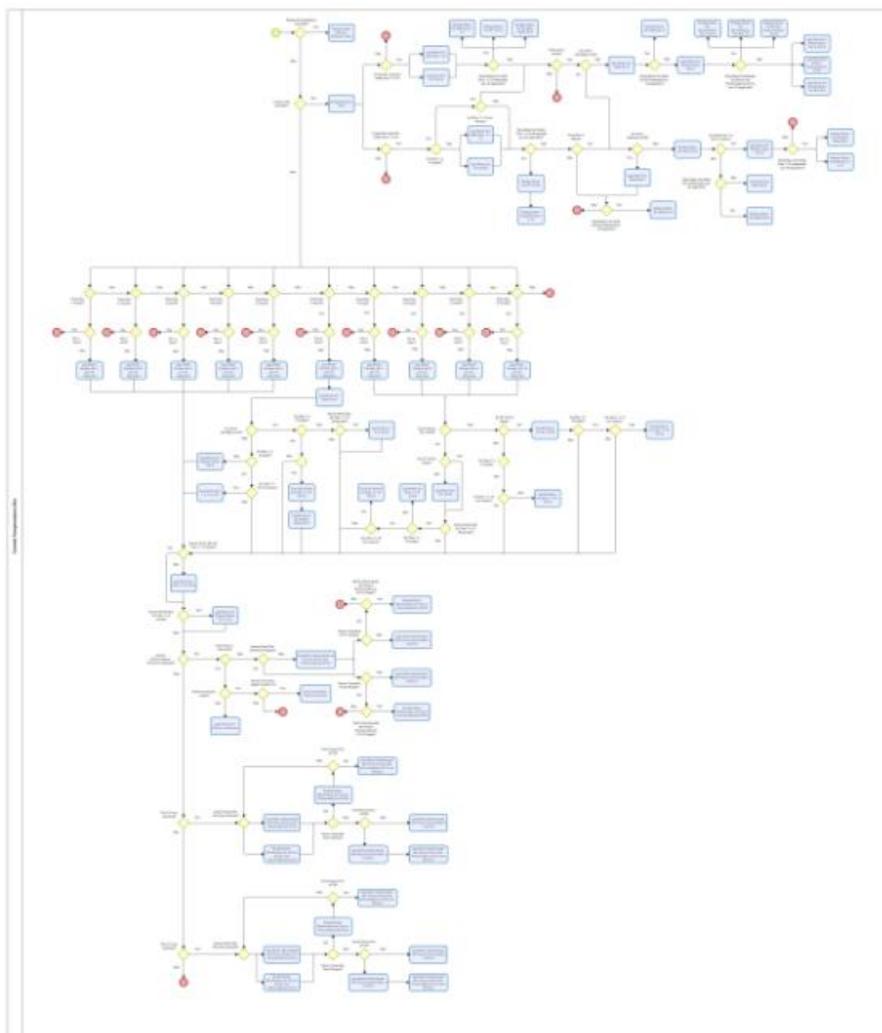
- Após liberação de alguma porta o programa realizará a contagem dos frascos recebidos até um valor pré-estabelecido, que nesse caso foi de 1000;
- Com o atingimento do Preset a porta superior que fora aberta é fechada e o SCADA passa a exibir o status de “Carregado”;
- Após o carregamento do(s) Silo(s) selecionado(s), é feita a escolha de qual linha será operada e com qual produto o Frasco será carregado, com isso a porta de saída equivalente será aberta.

A última lógica desenvolvida para a automação dos silos envolve o controle das Transportadoras de Saída de Frascos dos Silos e dos Extratores. Na Figura 5 vê-se o fluxograma BMNP desenvolvido baseado no idealizado:

4.2 ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DA LÓGICA DE CONTROLE NO STUDIO 5000

Para o desenvolvimento da lógica dos silos no CLP foi utilizado o software Studio5000, na imagem 6 é possível identificar como é distribuída a interface do software para o desenvolvedor. Aqui nesta seção será explicado de forma básica como utilizar o programa, como está distribuído a estrutura de pastas e rotinas de controle, além de uma identificação das tags que foram utilizadas com sua descrição e funcionalidade, e por fim mostrar como foram desenvolvidas as rotinas da lógica de controle dos silos.

Figura 5 – Lógica de Controle das Transportadoras de Saída dos Silos e Extratores.



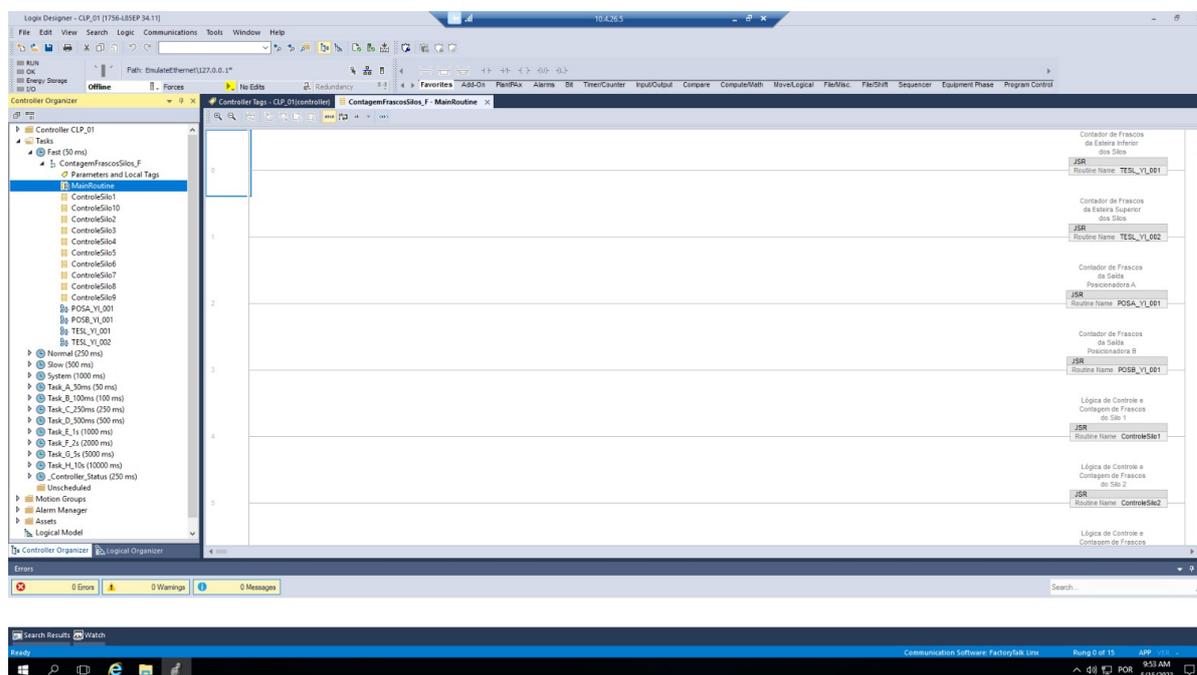
Hoje é utilizado o CLP do projeto no CPD (Centro de Processamento de Dados) do escritório da empresa no Rio de Janeiro, ele é acessado pela máquina virtual via VPN. O CPD também é conhecido como *data center*, é um local onde estão concentrados os sistemas computacionais de uma empresa ou organização, como um sistema de telecomunicações ou um sistema de armazenamento de dados, além do fornecimento de energia para a instalação.

Ao abrir o projeto no Studio 5000, temos a sua interface principal. No lado esquerdo da tela, se localizam a estrutura de pastas do projeto, onde é organizado os arquivos e recursos. As abas principais incluem "Controller Organizer" e "Logical Organizer". Essa estrutura de pastas é altamente configurável e pode variar de acordo com as necessidades do projeto.

A aba "Controller Organizer" é onde você pode criar e configurar controladores para o projeto. Ela está distribuída nas pastas "Tasks", "Assests" e "I/O Configuration".

A pasta "Tasks" é usada para criar e gerenciar programas ladder de forma perió-

Figura 6 – Interface do programa Studio 5000



dica, estruturados textuais ou de outros tipos de programação suportados pelo Studio 5000, ela é distribuída de acordo com a velocidade de cada tarefa em milissegundos. Aqui, você pode criar rotinas, sub-rotinas e instruções específicas para controlar o funcionamento do CLP. Essa pasta foi onde o aluno mais atuou no desenvolvimento da lógica dos silos que será explicada na próxima subseção. Para as rotinas de contagem de frascos nos silos, foi aplicada uma Task com periodicidade de 100ms, ou seja, todas as rotinas aqui serão lidas a cada 0,1 segundo para realizar a contagem dos frascos nos silos. Esse período não foi escolhido por acaso, a partir da quantidade de frascos que chegam e da velocidade da esteira, foi feito um cálculo que percebemos que pode entrar até 10 frascos por segundo em cada silo.

Na pasta "Assests"tem um distribuição de duas importantes pastas, a pasta "Add-On Instructions"é útil para armazenar e gerenciar instruções personalizadas que podem ser reutilizadas em vários programas dentro do projeto. Essas instruções podem ser criadas pelo usuário ou fornecidas pela Rockwell Automation, e a pasta "Data Types"permite criar tipos de dados personalizados para uso nas tags do projeto. Isso pode ser útil para definir estruturas de dados complexas ou tipos específicos de variáveis.

Já na pasta "I/O Configuration"permite definir as propriedades do controlador, como nome, tipo de controlador, firmware e conexões de rede.

Na aba "Logical Organizer"é onde foram criados blocos de instruções personalizadas que encapsulam uma lógica específica, podendo ser reutilizados em múltiplos

programas dentro do projeto. Nela foi criado modelos de lógica que representam funcionalidades específicas, componentes ou subsistemas do sistema automatizado. Esses modelos de lógica podem ser projetados para simplificar a programação, promover a reutilização de código e melhorar a organização do projeto.

4.2.1 Tags Globais e Locais

No Studio 5000, as tags desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de um projeto de automação. Elas são variáveis que representam dados ou estados específicos e permitem a troca de informações entre os componentes do controlador. Existem diferentes tipos de tags no Studio 5000, incluindo tags globais, parâmetros e tags locais.

As tags globais são acessíveis em todo o controlador e podem ser compartilhadas entre várias tarefas e rotinas. Elas são úteis para armazenar informações de status, contadores, temporizadores e outras variáveis que precisam ser acessadas em diferentes partes do programa.

Os parâmetros são tags que permitem configurar valores específicos do programa, como velocidades, tempos de espera ou limites de operação. Eles permitem que você ajuste facilmente o comportamento do sistema sem a necessidade de alterar o código do programa.

As tags locais são específicas de uma determinada tarefa ou rotina e estão disponíveis apenas dentro do escopo onde foram definidas. Elas são particularmente úteis quando você precisa armazenar temporariamente valores ou realizar cálculos intermediários dentro de uma tarefa específica.

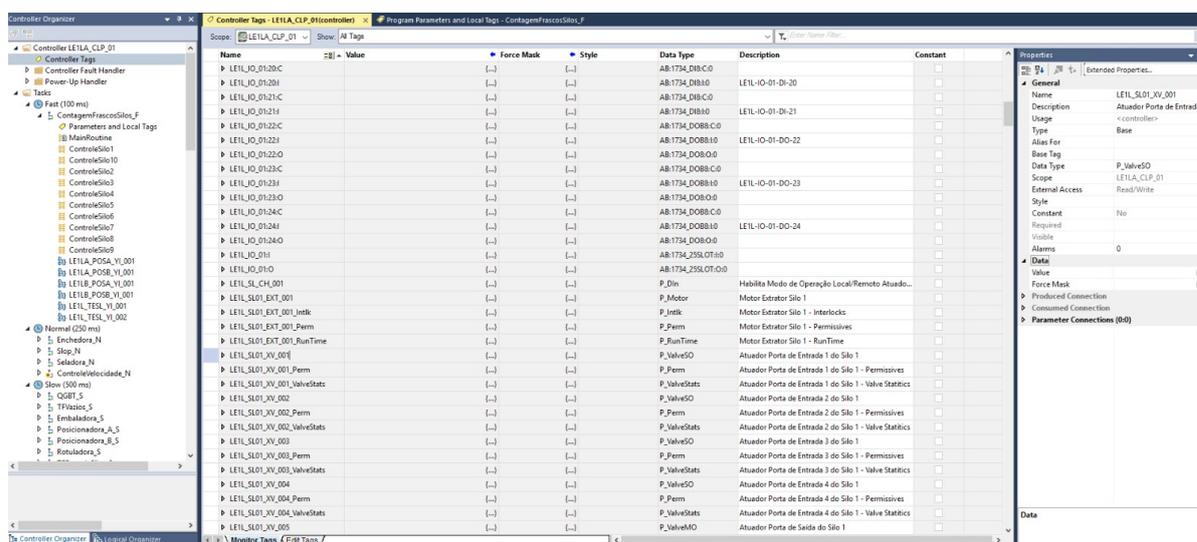
Figura 7 – Parâmetros e Tags Locais no Studio 5000

Name	Usage	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
Total_Entrada_Silo1	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo2	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo3	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo4	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo5	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo6	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo7	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo8	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo9	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Entrada_Silo10	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que foram armazenados no ...	
Total_Saida_Silo1	Local	0			Decimal	Total de frascos que saíram de Silo 1	
Total_Saida_Silo1_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 1 e foram...	
Total_Saida_Silo1_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 1 e foram...	
Total_Saida_Silo1_PO5A_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 1 e foram...	
Total_Saida_Silo1_PO5A_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 1 e foram...	
Total_Saida_Silo1_PO5B_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 1 e foram...	
Total_Saida_Silo1_PO5B_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 1 e foram...	
Total_Saida_Silo2	Local	0			Decimal	Total de frascos que saíram do Silo 2	
Total_Saida_Silo2_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 2 e foram...	
Total_Saida_Silo2_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 2 e foram...	
Total_Saida_Silo2_PO5A_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 2 e foram...	
Total_Saida_Silo2_PO5A_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 2 e foram...	
Total_Saida_Silo2_PO5B_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 2 e foram...	
Total_Saida_Silo2_PO5B_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 2 e foram...	
Total_Saida_Silo3	Local	0			Decimal	Total de frascos que saíram do Silo 3	
Total_Saida_Silo3_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 3 e foram...	
Total_Saida_Silo3_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 3 e foram...	
Total_Saida_Silo3_PO5A_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 3 e foram...	
Total_Saida_Silo3_PO5A_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 3 e foram...	
Total_Saida_Silo3_PO5B_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 3 e foram...	
Total_Saida_Silo3_PO5B_ILB	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 3 e foram...	
Total_Saida_Silo4	Local	0			Decimal	Total de frascos que saíram do Silo 4	
Total_Saida_Silo4_ILA	Local	0			Decimal	Contagem de frascos que saíram do Silo 4 e foram...	

Nesse projeto, as tags foram criadas a partir da conexão de um pointIO via

Ethernet do CLP. O pointIO é um dispositivo de E/S distribuída que permite conectar sensores, atuadores e outros dispositivos ao controlador. Ao configurar a conexão com o pointIO, é possível mapear as entradas e saídas físicas do dispositivo para tags no Studio 5000.

Figura 8 – Tags Globais no Studio 5000



Essas tags podem representar informações como status dos silos, níveis de enchimento, alarmes de falhas ou qualquer outro dado relevante para o controle do processo. Mesmo que as tags locais sejam originalmente utilizadas apenas no arquivo de tarefa em que foram criadas, é possível configurá-las para serem compartilhadas com outros arquivos. Isso permite que, por exemplo, a tag de status dos silos seja utilizada em outros arquivos do projeto, como na interface do sistema supervisão, facilitando o monitoramento e controle centralizados.

Em resumo, as tags do Studio 5000 desempenham um papel essencial na comunicação e controle do sistema de automação. Elas permitem o armazenamento e acesso a informações críticas, além de fornecer flexibilidade na configuração e compartilhamento de dados em todo o projeto. A utilização adequada das tags contribui para a eficiência, organização e escalabilidade do programa de automação.

4.3 CRIAÇÃO DESENVOLVIMENTO DAS ROTINAS DO CLP

Foi desenvolvida a rotina de lógica que executará a automatização nos 10 (dez) silos. Essa rotina permitirá o controle de **abastecimento** através dos sinais que serão enviados pelo SCADA. Assim, serão permitidos os comandos de <abrir> e <fechar> nos atuadores elétricos que serão instalados nos direcionadores. Cada silo também conterà novos sensores, o fotoelétrico detectará a passagem de cada frasco e os fim de cursos dos atuadores que indicarão os estados de <aberto> e <fechado> de cada

direcionador, esses serão instalados na alimentação de entrada de cada silo nas esteiras transportadoras inferiores e superiores, ou seja, cada silo pode ser abastecido pela sua porta inferior ou superior. Quando totalizar aproximadamente 45.000 (quarenta e cinco mil) frascos a lógica executará o comando <fechar> nos atuadores. E caso solicitado pelo operador do SCADA, abastecerá o próximo silo escolhido. Além do controle de abastecimento, será possível coletar diversos **KPIs** operacionais pelos sistemas gerenciais, como: quais silos estão cheios e quais vazios, qual está sendo abastecido, quantidade de vezes abastecido, entre outros.

No processo de abastecimento e distribuição dos frascos na linha de envase, a seleção do silo adequado desempenha um papel crucial. Embora a automação seja amplamente utilizada nesse tipo de aplicação, neste projeto em específico, a decisão de selecionar um silo entre os dez disponíveis foi intencionalmente deixada nas mãos do operador, por meio do sistema supervisório.

O sistema supervisório desempenha um papel fundamental nesse processo, fornecendo ao operador as informações e controles necessários para selecionar o silo desejado. Através da interface intuitiva do sistema, o operador tem a capacidade de visualizar o status de cada silo, como disponibilidade e capacidade de armazenamento. Além disso, o operador pode escolher a cor do frasco que está sendo recebido ou distribuído, uma informação importante para garantir a precisão no processo de abastecimento.

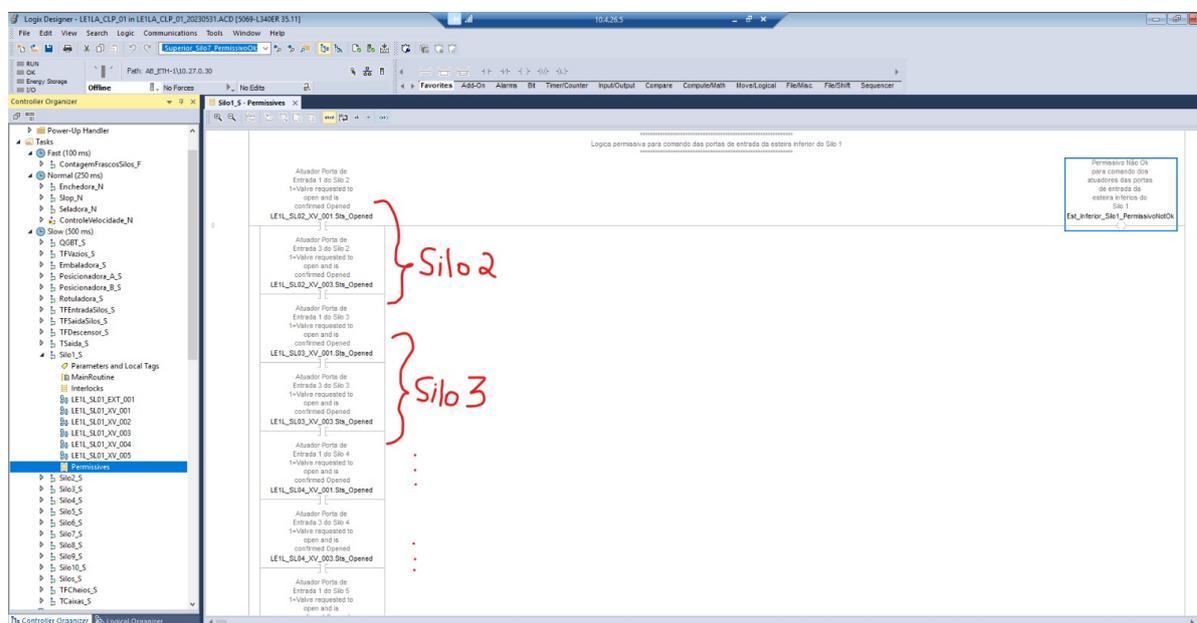
Uma vez que o operador tenha feito sua seleção, ele pode usar o sistema supervisório para abrir a porta do silo escolhido. Essa funcionalidade permite que o operador tenha controle total sobre o processo de abastecimento e distribuição, garantindo a correta alocação dos frascos nos silos correspondentes.

Embora a automação seja uma opção viável para realizar essa seleção de forma automatizada, a decisão de deixá-la nas mãos do operador foi tomada com base em necessidades específicas do projeto. Essa abordagem permite que o operador tenha maior controle e flexibilidade, podendo tomar decisões com base em fatores não capturados na lógica do CLP.

Nesse processo de seleção do silo pelo operador, embora ele tenha autonomia para tomar a decisão, algumas regras foram estabelecidas na lógica do CLP para controlar a abertura das portas dos silos. Essas regras garantem a segurança e o bom funcionamento do sistema. Uma das regras é que em cada esteira, seja a inferior ou a superior, apenas um silo pode estar sendo abastecido simultaneamente. Isso significa que, por exemplo, se uma porta do silo 1 estiver aberta e o operador desejar abrir outra porta do silo 2 na mesma esteira, ele deverá primeiro fechar a porta que já está aberta. Essa restrição além de evitar problemas na contagem, também evita complicações como na mistura de frascos de diferentes silos ou bloqueios no fluxo de distribuição. Portanto, o sistema foi projetado para permitir que o operador tenha controle sobre a

seleção do silo, mas dentro das limitações definidas pela lógica do CLP para garantir a operação segura e eficiente da linha de envase.

Figura 9 – Início da lógica em Ladder de permissivos do silo 1.

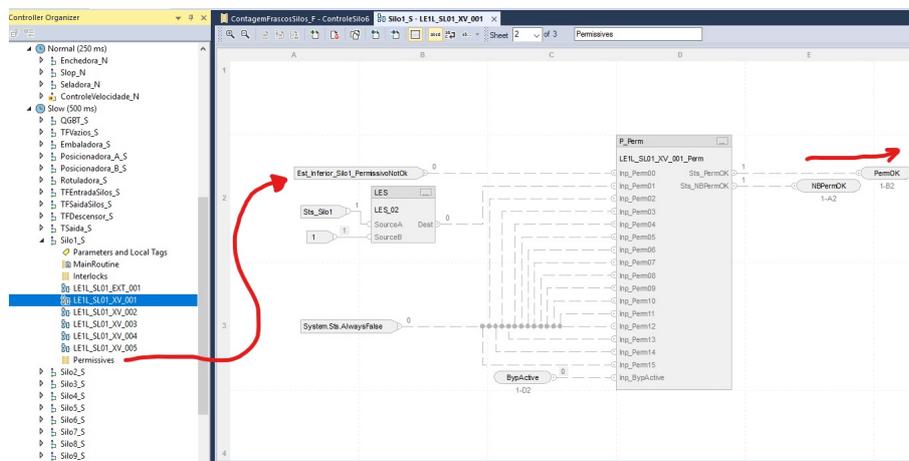


A Task de verificação da permissividade tem um período de 500ms que é um pouco mais lento se comparado com a de contagem dos silos, mas é o suficiente para a leitura e tomada de decisão do operador. Para cada silo foi feita uma rotina de verificação em Ladder e utilização de Diagramas de Blocos de Funções sendo um para cada porta e mais para o extrator, como mostra os exemplos na imagem 9 e 10.

No desenvolvimento das rotinas de verificação em Ladder para a permissividade de cada silo foi seguido as regras já mencionadas antes. Na Figura 9, vemos um exemplo do que foi feito, onde para a esteira inferior do silo 1 está sendo verificada a não permissividade de abertura de portas desse silo através de uma lógica "OR" com todos os contatos de portas dos outros silos da mesma esteira sendo verificados paralelamente, ou seja, se apenas uma das portas forem abertas então o contato é ativado e aciona a bobina de não permissividade das portas da esteira inferior do silo 1. Ainda nesse arquivo, é feito a uma lógica parecida para a esteira superior verificando a não permissividade de suas portas.

O resultado da bobina de não permissividade é recebido num bloco de input do diagrama de blocos de funções para cada porta do respectivo silo, como foi destacado na Figura 10. Nesse diagrama, além de verificar a não permissividade da porta com relação as outras portas da mesma esteira, também é verificado o status do silo em questão para saber se já foi selecionado a cor do frasco, ou seja, se o status do silo for menor que 1 então significa que o operador ainda não selecionou o frasco e não tem permissão para abrir a porta. Para essa verificação é utilizado o bloco de

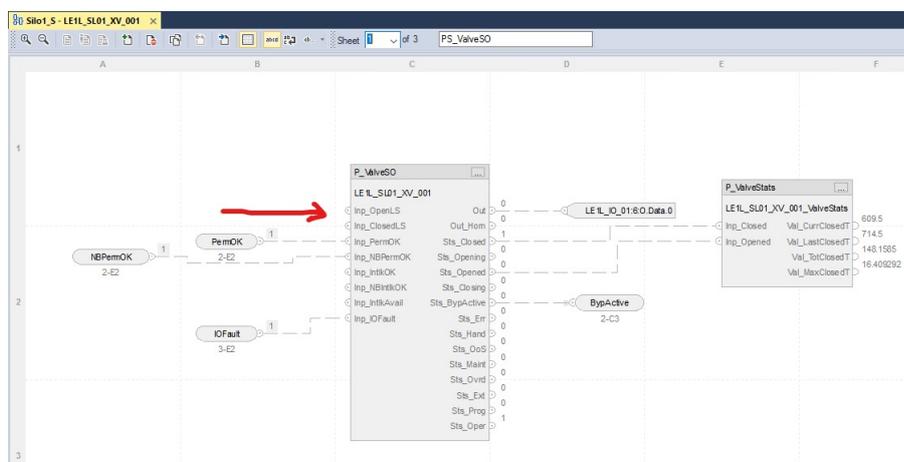
Figura 10 – Diagrama de blocos de funções para os permissivos do Silo 1.



função "P_Perm" fornecido pela Rockwell, ele é usado para implementar uma função de permissão (ou autorização) em um programa de CLP. Por fim, se a permissão da porta está "OK", vai para última verificação no bloco da válvula da porta.

O bloco de função "P_ValveSO" também é um exemplo de "Add-On Instruction" (AOI) fornecido pela Rockwell Automation para uso no Studio 5000. Esse bloco de função é usado para controlar e monitorar válvulas solenoides, nesse projeto ele foi utilizado na portas dos silos. Como pode ser visto na Figura 11, na entrada dele é recebido o resultado do permissivo e na sua saída além de atualizar a tag que representa a válvula, também atualiza o status da válvula através de outro bloco de função fornecido pela Rockwell que se chama "P_ValveStats".

Figura 11 – Diagrama de blocos de funções para ativação da válvula do Silo 1.



Uma observação importante sobre a remoção de frascos do silo é que, para facilitar o processo de retirada, é posicionado embaixo de cada silo um motor extrator. Esse motor é acionado quando a porta de saída do silo está aberta e tem a função

de empurrar os frascos para a esteira de saída, direcionando-os para as linhas de produção. Esse mecanismo de extração auxilia no fluxo contínuo e eficiente dos frascos, garantindo um processo de abastecimento e distribuição suave e sem interrupções. Porém a lógica desse extrator não foi um escopo desse projeto até o momento e não está automatizado, hoje ele é controlado pelo operador no sistema supervisor.

Em relação a **distribuição** dos frascos, como não é possível contar os frascos na saída dos silos pois a esteira ali é larga e saem vários juntos, então foi definido que será contado (subtraído do totalizador do silo) a partir do momento que o frasco sai da posicionadora, já que ali eles saem enfileirados numa esteira menor. Cada frasco, quando sai de um silo, tem quatro caminhos possíveis, que são as posicionadoras A e B (POSA e POSB) da linha de envase A (LE1LA), e também as posicionadoras A e B (POSA e POSB) da linha de envase B (LE1LB). Como somente um silo pode estar distribuindo frascos por vez, logo depois que o frasco passar por uma dessas máquinas, então é subtraído um frasco da contagem do respectivo silo.

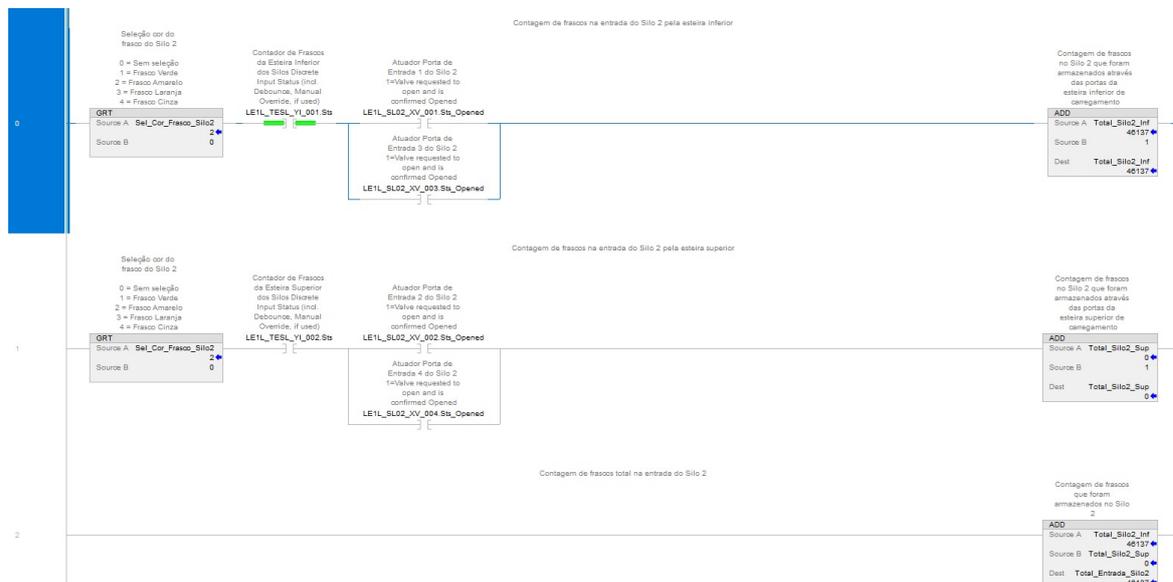
Agora será mostrado como foi de fato desenvolvida a lógica de contagem dos frascos nos silos, onde será mostrado apenas o desenvolvimento para um silo, no qual a lógica foi replicada para os outros silos com apenas a mudança de índice das tags.

Na imagem 12, vemos o início da lógica de controle do silo para o abastecimento de frascos, na primeira é feito a contagem de frascos que foram armazenados através das portas da esteira inferior e na segunda linha pela esteira superior, onde para acionar a contagem é necessário selecionar uma cor do frasco (bloco GRT), o sensor de presença detectar a passagem do frasco e ter uma das portas abertas, por fim a terceira linha faz a soma dos frascos que foram abastecidos pelas duas esteiras. Com as validações feitas em cada linha, o bloco ADD é acionado e utilizado como contador. Ele possui a função de adicionar um valor específico a uma variável, permitindo que essa variável seja utilizada como um contador. Nesse caso, ao ser acionado, o bloco ADD incrementa o valor da variável em uma unidade, atualizando assim a contagem.

O bloco GRT (Greater Than) que faz a primeira validação da cor dos frascos tem o seguinte funcionamento, ele compara dois valores de entrada e ativa a saída se o primeiro valor for maior que o segundo, onde o primeiro valor (*Source A*) recebe a tag "Sel_Cor_Frasco_Silo1" que é um inteiro, e o segundo valor (*Source B*) recebe zero, logo se a tag tiver qualquer um dos outro valor que não seja zero ele é energizado e segue para a próxima leitura. Os valores da tag tem o seguinte significado:

- Valor da tag = 0: Nenhum frasco selecionado;
- Valor da tag = 1: Frasco verde selecionado;
- Valor da tag = 2: Frasco amarelo selecionado;
- Valor da tag = 3: Frasco laranja selecionado;

Figura 12 – Início da lógica de controle do silo - Abastecimento de frascos.



- Valor da tag = 4: Frasco cinza selecionado;

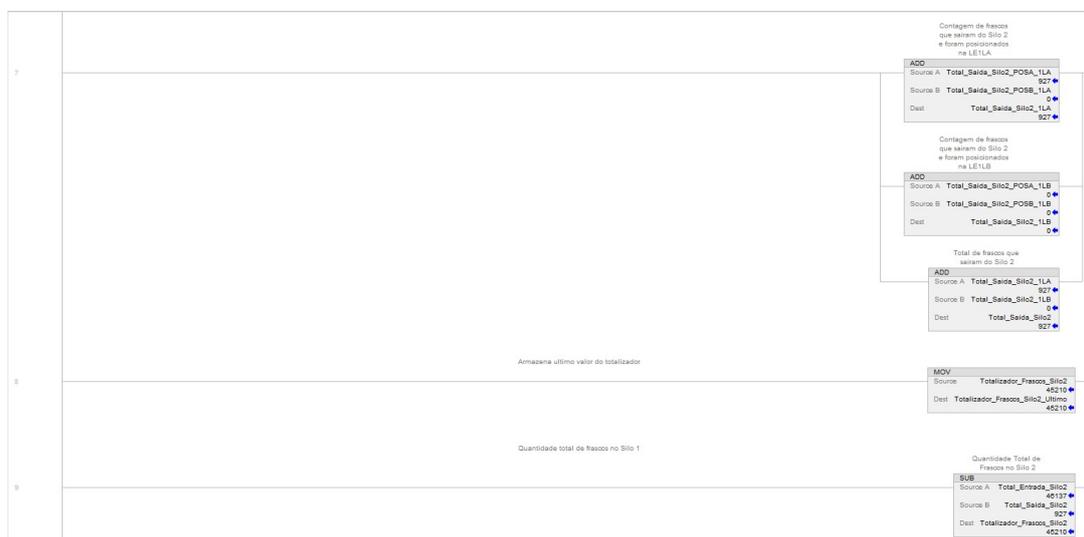
Figura 13 – Lógica de controle do silo para a distribuição de frascos.



Dando sequência na lógica de controle do silo, na Figura 13 é feita a contagem de frascos que saem do silo. Para isso, o bloco EQU (Equal) verifica se o valor da primeira entrada (*Source A*) na tag que o operador seleciona a linha de envase é igual ao valor da segunda entrada (*Source B*) que pode ser 1 (para LE1LA) ou 2 (para LE1LB), se forem iguais então a saída é ativada e segue as próximas verificação, que é se o atuador da porta de saída do silo está aberta e se o sensor de presença da

saída da respectiva posicionadora detecta a passagem do frasco, então o bloco ADD adiciona mais um na contagem de distribuição de frascos daquela posicionadora.

Figura 14 – Lógica de controle que faz o cálculo da quantidade total de frascos no silo.



Em seguida, na Figura 14, os blocos ADD fazem a soma da contagem de frascos que saíram das posicionadoras de cada linha e a soma total dos contadores de cada linha de envase para obter a quantidade total de frascos distribuídos do silo. Por fim, para obter a quantidade real de frascos armazenado no silo foi desenvolvido a seguinte lógica. Primeiro é armazenado o último valor do totalizador do silo em uma tag para a verificação de alguns status, então com um bloco SUB que realiza a subtração dos total de frascos que foram distribuídos das linhas no valor do total de frascos que foram abastecidos no silo, tendo então o número real de frascos dentro do silo.

A lógica ainda segue para algumas leituras como status do silo e da linha vazia, reset de contadores, a obtenção da data de recebimento e tempo de armazenamento dos frascos no silo. Na Tabela 1, está apresentado de forma resumida essas descrição de todos os status de cada silo.

Tabela 1 – Descrição da lógica dos status dos silos

Nº	Descrição do status
0	Seleciona Cor do Frasco
1	Abrir Porta de Entrada
2	Aguardando Carregamento
3	Esteira Superior Carregando Frasco Verde
4	Esteira Superior Carregando Frasco Amarelo
5	Esteira Superior Carregando Frasco Laranja
6	Esteira Superior Carregando Frasco Cinza
7	Esteira Inferior Carregando Frasco Verde
8	Esteira Inferior Carregando Frasco Amarelo
9	Esteira Inferior Carregando Frasco Laranja
10	Esteira Inferior Carregando Frasco Cinza
11	Carregado Frasco Verde
12	Carregado Frasco Amarelo
13	Carregado Frasco Laranja
14	Carregado Frasco Cinza
15	Carregado / Selecione Linha
16	Posicionando 1LA Verde
17	Posicionando 1LA Amarelo
18	Posicionando 1LA Laranja
19	Posicionando 1LA Cinza
20	Posicionando 1LB Verde
21	Posicionando 1LB Amarelo
22	Posicionando 1LB Laranja
23	Posicionando 1LB Cinza
24	Silo Vazio / Resetar
25	Linha Vazia

5 SISTEMA SUPERVISÓRIO

Para o sistema supervisório foi solicitado um software específico para aplicações industriais, e apresentar robustez necessária para gerenciar, com eficiência, grandes bases de dados e a capacidade de utilizar simultaneamente diversos protocolos de rede para se comunicar com todos os equipamentos da linha de envase. Também era necessário que o sistema de supervisão proporcionasse, em tempo real, o monitoramento, os comando, as ferramentas de análise e a comunicação com todos os equipamentos da linha através de uma base de dados única, de um historiador de dados e das telas de operação.

As telas do sistema supervisório representam a linha de envase de 1 Litro A e todos os equipamentos dela para o operador, o aluno participou do desenvolvimento das telas para as outras máquinas da linha, e aqui nesta seção também serão apresentados os resultados algumas delas, porém será especificado apenas o desenvolvimento da tela de supervisão da distribuição e abastecimento dos silos, que é o foco principal deste relatório. Na tela dos silos, os dados são atualizados em tempo real e cada equipamento indica o status de funcionamento através de textos, animações de cor e movimento, além de informações de falhas, produtividade e manutenção do equipamento.

5.1 ISA 101

O sistema supervisório segue as normas da ISA (International Society of Automation), que é uma associação profissional sem fins lucrativos que estabelece normas e padrões para profissionais de engenharia e de tecnologia que trabalham para a melhoria de gestão, segurança operacional e segurança cibernética de sistemas de controle e de automação usados na indústria e em infraestruturas críticas.

A ISA 101 é um documento que reúne o conhecimento e experiência de profissionais ao redor do mundo que por diversos anos aplicaram as melhores práticas relacionadas as IHMs. A norma foi aprovada em 9 de Julho de 2015, com o objetivo de suportar todas as fases que compreendem o Ciclo de Vida da Interface Homem-Máquina para sistemas de automação de processos. A norma é homologada pelo ANSI (American National Standards Institute) (www.ansi.org), órgão de regulamentação de normas dos Estados Unidos, por isso é referenciada por ANSI/ISA-101.01-2015.

A norma da ISA 1010 é estruturada da seguinte forma:

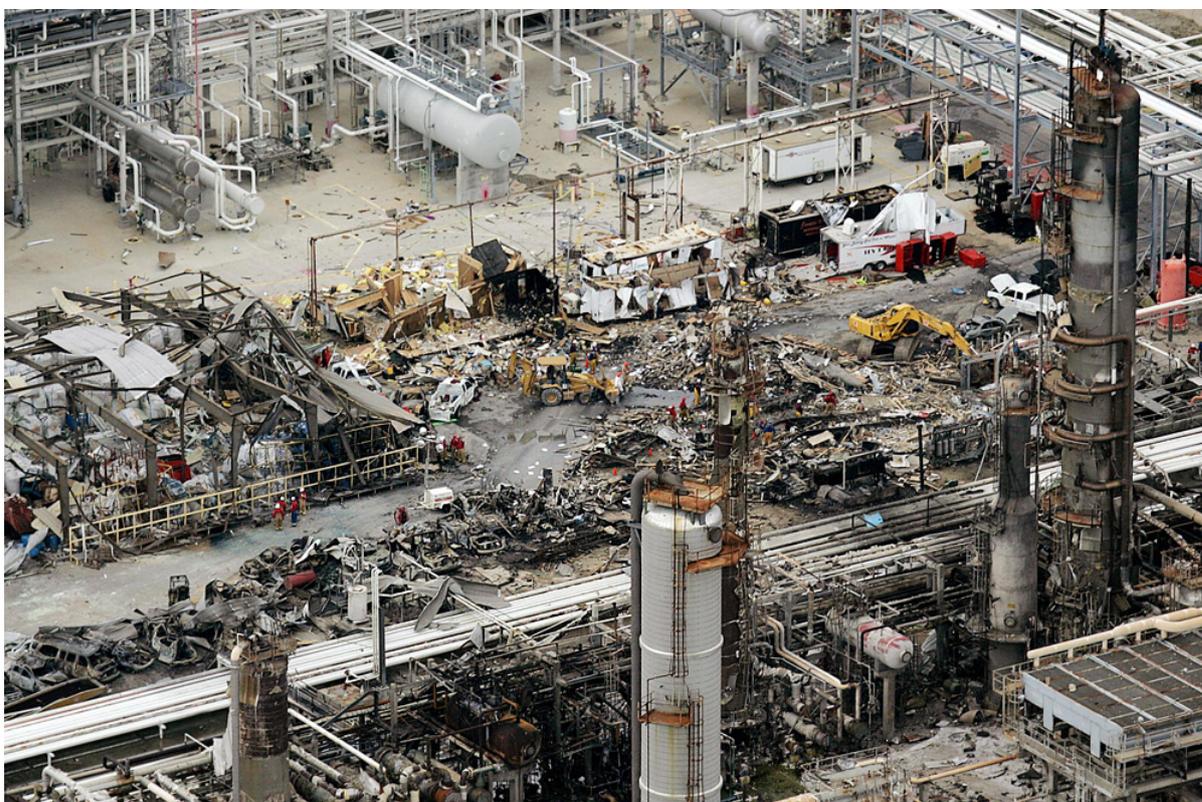
- Apresenta o Ciclo de Vida do desenvolvimento de IHMs;
- Modelo de Gestão;
- Definição dos diversos atores;

- Definição das necessidades de operação:
 - Detectar
 - Diagnosticar
 - Responder
 - Valorar
- Proposição de diversas formas de organização

A IHM é o centro de informações e ponto de tomada de decisões, portanto, uma gestão adequada é fundamental para garantir seu desempenho e confiabilidade. A falta de fundamentação (base) permite que os usuários apliquem seus julgamentos ao sistema.

O empreendedor Stelios Haji Ioannou citou uma frase, a qual me chamou muita atenção, onde ele disse "Se você pensa que segurança custa caro, experimente um acidente". Na imagem 15, podemos ver o resultado de um acidente na refinaria BP de Texas que ocorreu em 2005 que deixou, tragicamente, 15 mortos e 180 feridos.

Figura 15 – Acidente BP Texas (2005)



Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com/>

A norma busca um equilíbrio entre efetividade, eficiência e satisfação para o operador ter a melhor experiência de usabilidade da interface, para isso é importante

ter uma baixa taxa de erros, além de facilidade no aprendizado e na memorização. Um dos propósitos da norma é melhorar a habilidade de detectar e responder adequadamente a situações anormais. O design da interface precisa ser centrado no usuário, para que ele realize suas tarefas sem distrações e o sistema supervisor alcance suas expectativas sem causar fadiga e stress ao seu operador, com isso ele terá uma consciência situacional do que está ocorrendo na sua supervisão, e com essa percepção da situação real poderá tomar a melhor decisão e para uma ação humana.

Alguns dos destaques da ISA 101 que foram bem utilizados nesse projeto foram:

- **Bibliotecas de objetos:** optar pelo uso de modelos prontos de telas, pop-ups, faceplates, objetos estáticos e dinâmicos: foram pensados para operações específicas com performance otimizada. Melhor ainda se tiver recurso de replicação global de mudanças.
- **Padronização de cores:** tons de cinza para objetos em geral, uso de cores como amarelo, vermelho, azul, verde somente para enfatizar situações.
- **Tamanhos das formas:** proporcionais às quantidades e/ou hierarquia do objeto.
- **Hierarquia de telas:** nível 1 para visão geral e resumo de alarmes, nível 2 para detalhamento, nível 3 para tarefas não rotineiras (configuração de parâmetros, rotinas complexas), nível 4 para diagnósticos.
- **Indicadores numéricos:** adotar um padrão para a entrada de dados e apresentação de números.

Além disso, uma das orientações mais persistentes dos supervisores era de simplificar ao máximo a informação para tornar o **sistema mais seguro**, já que um excesso de dados na tela pode deixar o operador desorientado. Como, por exemplo, apresentar os dados de forma analógica em gráficos, ao invés da forma somente numérica na tela, permitindo uma **compreensão mais rápida ao operador**. Da mesma forma para o caso de representação de dados estatísticos, optar por uma representação em linha do que ao modelo "pizza".

Outras boas práticas levantadas para a criação da IHM é o bom uso das cores e o agrupamento de objetos. Foi orientado ao aluno, por engenheiros experientes da equipe do projeto, à utilizar as cores para dar ênfase na indicação de alarmes, falhas, bloqueios, inibições, SetPoints e intertravamentos, mostrando que os dados mais importantes devem se destacar dos demais. Também foi orientado a representação de agrupamento por contornos e preenchimentos aos redor dos objetos de um mesmo grupo, o que também é importante para apresentação eficiente da informação e uma compreensão mais rápida do operador.

5.2 DESENVOLVIMENTO DA IHM

Nesta seção, será apresentado o desenvolvimento do sistema supervisor para a linha de envase, utilizando o FactoryTalk View Studio. Será abordada a estrutura do SCADA, destacando a criação das telas e a disposição dos componentes visuais para fornecer uma interface intuitiva e informativa aos operadores. Serão mostrados os resultados das telas no FactoryTalk Client, demonstrando como as informações da linha de envase são apresentadas de forma clara e acessível. Além disso, será discutido o uso das tags nos componentes do sistema supervisor, permitindo a visualização em tempo real dos dados provenientes do controlador. Por fim, serão explorados os recursos de alarmes, que auxiliam na detecção e notificação de eventos anormais na linha de envase, contribuindo para a eficiência e segurança do processo.

Antes de apresentar a interface e estrutura do FactoryTalk, será justificado aqui sobre a escolha da versão da aplicação nesse projeto. As versões de aplicação do FactoryTalk View Studio podem ser divididas em *Site Edition* e *Machine Edition*, cada uma com diferentes recursos e funcionalidades.

No caso do **Site Edition**, existem três configurações principais:

- **Network Distributed:** Essa configuração permite que o sistema supervisor seja distribuído em vários computadores em uma rede. Isso oferece escalabilidade e flexibilidade, permitindo que várias estações de trabalho acessem e visualizem as informações do processo de forma centralizada. É especialmente útil em sistemas grandes e complexos que exigem a distribuição de tarefas entre vários operadores e departamentos.
- **Network Station:** Nessa configuração, o sistema supervisor é projetado para operar em um computador específico, que atua como uma estação de trabalho dedicada. Essa configuração é adequada para sistemas menores ou onde é necessário um controle centralizado em um único local. Os operadores podem acessar e interagir com as telas do sistema supervisor por meio dessa estação de trabalho dedicada.
- **Local Station:** Nessa configuração, o sistema supervisor é projetado para operar em um único computador, que atua como uma estação de trabalho local. Essa configuração é ideal para sistemas em que não é necessária uma rede ou comunicação entre várias estações. É comumente utilizado em aplicações de máquinas ou processos independentes, onde todas as informações e controle podem ser realizados localmente.

Por outro lado, o Machine Edition é uma versão do FactoryTalk View Studio específica para aplicações de máquinas individuais. Essa versão é projetada para

operar em painéis de operação e interfaces homem-máquina (IHMs) de máquinas industriais. Ele fornece recursos de criação de tela, interação do operador e integração com controladores, permitindo a monitoração e controle eficazes de uma máquina específica.

Para o projeto em questão, foi escolhida a versão do FactoryTalk View Site Edition na configuração **Network Distributed**. Essa decisão foi baseada no fato de que a equipe envolvida no projeto é grande e distribuída em diferentes áreas da fábrica. A configuração Network Distributed permite que o sistema supervisor seja distribuído em vários computadores em rede, permitindo que cada membro da equipe acesse e visualize as informações relevantes para suas respectivas responsabilidades. Essa abordagem facilita a colaboração e o compartilhamento de informações em tempo real, resultando em um melhor gerenciamento do processo de abastecimento e distribuição de frascos nos silos da linha de envase.

5.2.1 Estrutura do projeto SCADA no FactoryTalk View Studio

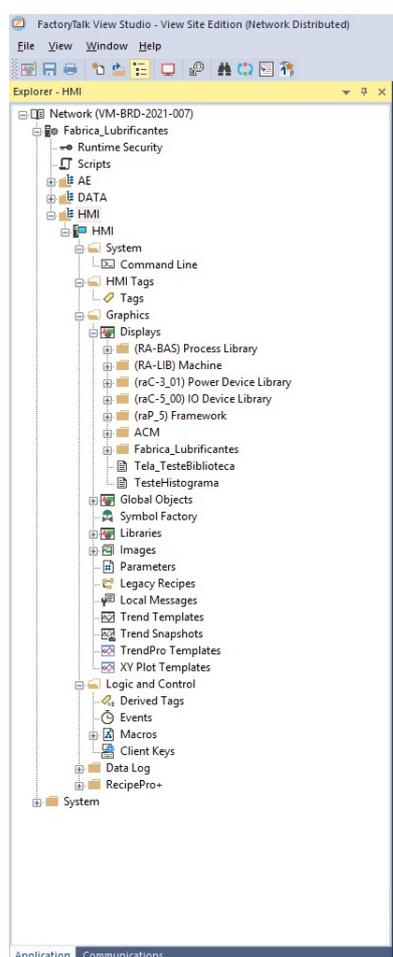
Dentro do FactoryTalk View Studio - Site Edition (Network Distributed), a interface de desenvolvimento é organizada de forma a facilitar a criação e gerenciamento da aplicação. Vamos explorar a estrutura de pasta, vista na Figura 16, e suas respectivas funções:

- Na pasta System, encontramos todas as configurações gerais e globais da aplicação. Aqui, são definidas as configurações de comunicação, alarmes, segurança e outros parâmetros que se aplicam globalmente.
- A pasta HMI Tags é responsável por gerenciar as tags necessárias para a comunicação entre a aplicação e o CLP. É nessa pasta que realizamos o mapeamento dos endereços do CLP para a aplicação, permitindo o acesso e controle dos dados do processo.
- Dentro da pasta Graphics, encontramos toda a parte gráfica da aplicação. A subpasta Displays contém arquivos individuais para cada tela criada, onde são projetadas as interfaces de visualização e interação com o operador.
- A pasta Global Objects apresenta a ferramenta Symbol Factory, que é uma biblioteca de símbolos prontos para uso na aplicação. Esses símbolos podem ser arrastados e soltos nas telas, agilizando o desenvolvimento e mantendo uma padronização visual.
- Outras pastas, como as Libraries, podem conter bibliotecas adicionais para facilitar o desenvolvimento, como bibliotecas de componentes específicos ou recursos especiais.

- A pasta Images abriga a biblioteca de imagens fornecidas pelo próprio programa, permitindo a seleção de ícones, botões e outros elementos visuais para enriquecer a interface da aplicação.

Além dessas pastas relacionadas à interface gráfica, temos a pasta Logic and Control dentro da seção HMI. Lá, podemos encontrar recursos como o Data Log, uma ferramenta utilizada para visualizar o histórico de uma variável durante um determinado processo, fornecendo informações valiosas para análise e diagnóstico.

Figura 16 – Estrutura de pastas do FactoryTalk View Studio



Para a comunicação com o CLP, o FactoryTalk Linx é utilizado na aba Communications. Esse componente possibilita a comunicação utilizando o protocolo CIP via Ethernet/IP, estabelecendo a conexão entre a aplicação e o controlador lógico.

Essa estrutura de pasta e componentes do FactoryTalk View Studio - Site Edition (Network Distributed) proporciona uma organização eficiente e intuitiva, auxiliando no desenvolvimento e gerenciamento do sistema supervisório da linha de envase.

5.2.1.1 Telas gerais da IHM

Antes de nos aprofundarmos no desenvolvimento da tela de supervisão do abastecimento e distribuição dos frascos nos silos, é importante termos uma visão geral de todas as telas do sistema supervisório por meio do FactoryTalk Client. Essa abordagem nos permite obter uma compreensão mais abrangente do macroprojeto e sua interação com os diferentes processos envolvidos.

Ao explorar as telas do FactoryTalk Client, poderemos identificar a disposição e organização das informações, bem como entender como os diversos elementos gráficos foram projetados para fornecer uma interface intuitiva e eficiente. Além disso, ao visualizar o sistema como um todo, podemos avaliar a consistência visual, identificar eventuais necessidades de ajustes e garantir uma experiência consistente para o operador.

Essa visão geral nos permite contextualizar a tela de supervisão do abastecimento e distribuição dos frascos nos silos dentro do contexto geral do sistema supervisório, contribuindo para uma compreensão mais abrangente e uma análise mais completa do projeto como um todo.

Figura 17 – Tela inicial do FactoryTalk Client



A tela inicial do sistema supervisório, vista na Figura 17, apresenta um menu superior com botões de navegação que permitem acessar as diferentes funcionalidades do sistema. Nesse menu, também é reservado um espaço para a representação de alarmes, fornecendo uma visualização rápida e destacada das ocorrências que exigem atenção imediata. Além disso, a tela inicial exibe informações relevantes, como

a identificação da linha de envase, data e horário atual, e o usuário operador que está realizando o acesso. No corpo da tela, uma representação em 3D da linha de envase oferece uma visão visual completa e intuitiva dos componentes e fluxo do processo.

Figura 18 – Tela do 1º Piso no FT Client.

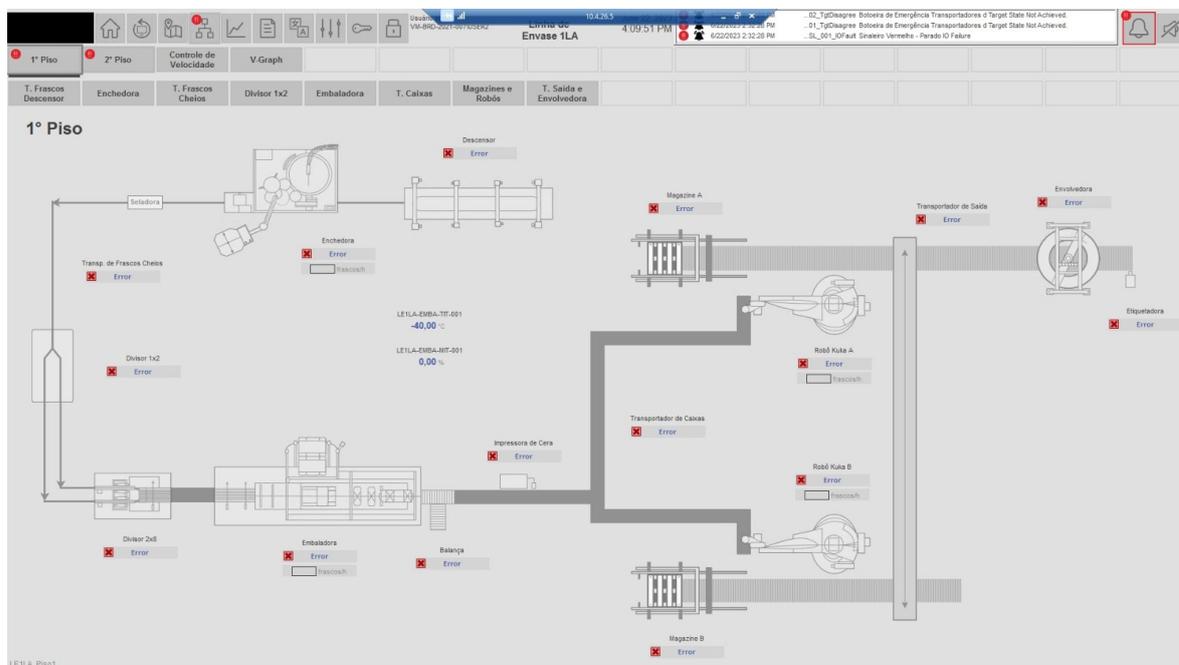
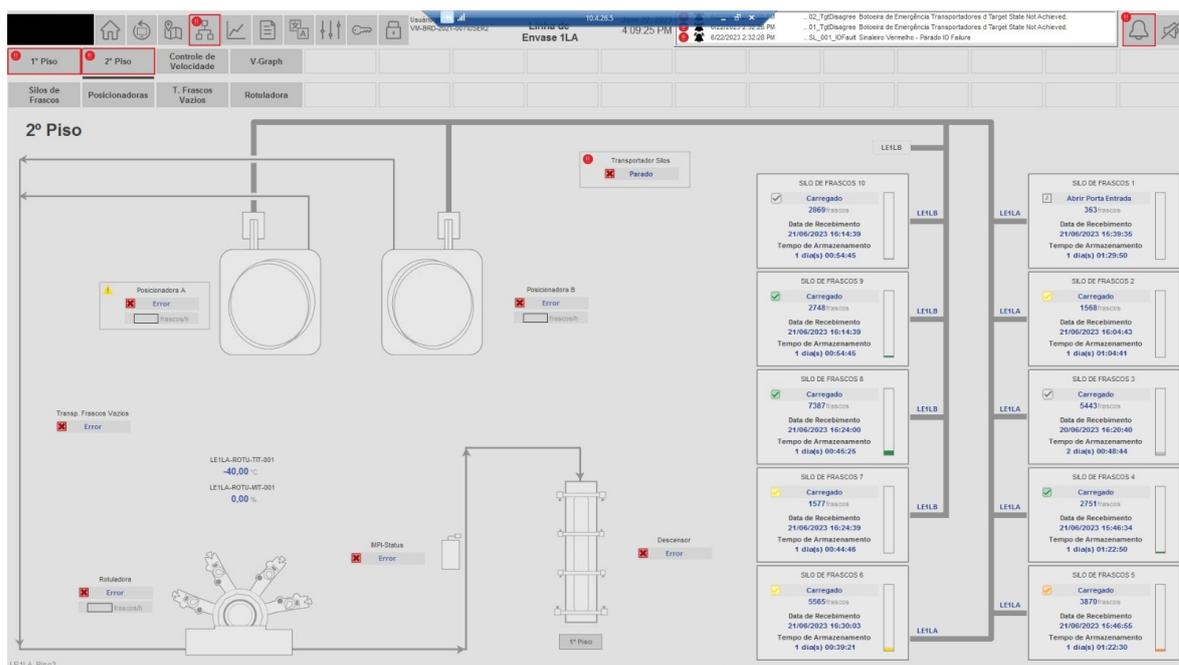


Figura 19 – Tela do 2º Piso no FT Client.

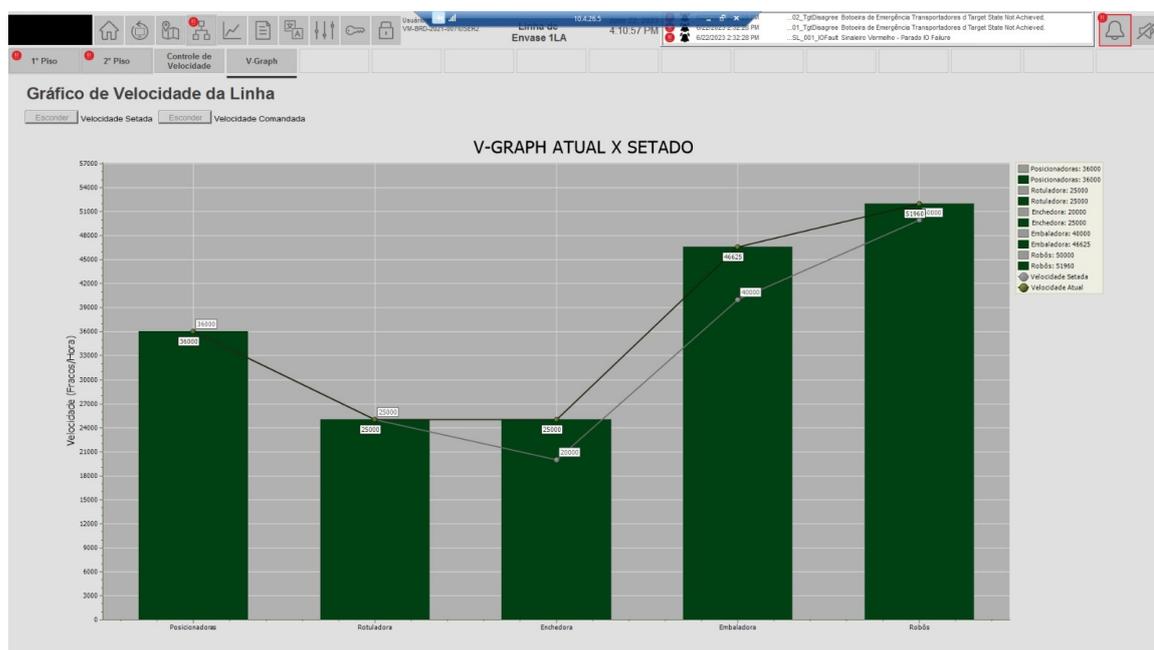


O sistema supervisorio apresenta uma série de telas que fornecem uma visão abrangente e detalhada do processo de envase. Iniciando pela tela inicial, que possui um menu superior com botões de navegação, destaca-se o acesso aos pisos 1 e 2, controle de velocidade e V-Graph. Ao selecionar o piso desejado, é exibida uma visualização 2D adaptada e simplificada da linha, permitindo ao operador verificar o status resumido de cada máquina. Nessas telas, surgem novos botões de navegação, proporcionando ao operador acesso aos detalhes e configurações específicas de cada máquina. No 2º piso, encontram-se os Silos de Frascos, que são o foco principal deste relatório. Além disso, o sistema apresenta uma tela de controle de velocidade, onde o operador pode configurar a velocidade da linha e visualizar os status de velocidade de cada máquina, e uma tela de V-Graph, que visa fornecer um gráfico para visualizar o desempenho atual em relação ao esperado, porém essa tela do gráfico ainda está em desenvolvimento. Essas telas, representadas nas Figuras 19, 20 e 21, oferecem um controle completo e uma visão detalhada do processo de envase, auxiliando o operador no monitoramento e gerenciamento eficiente da linha.

Figura 20 – Tela do Controle de Velocidade no FT Client.

Equipamento	Funcionamento	Status	Vel. Mínima	Vel. Máxima	Vel. Comandada	Vel. Atual
Posicionadora A	✓ Rodando	Nível Baixo	0	18000	18000	18000 frascos/h
Posicionadora B	✓ Rodando	Nível Baixo	0	18000	18000	18000 frascos/h
Transp. Frascos Vazios	Não se Aplica	Enchendo	Não se Aplica	Não se Aplica	52 frascos/h	0 frascos/h
Rotuladora	✗ Parado	Não se Aplica	0	36000	25000	25000 frascos/h
Trecho Rotuladora Descensor	Não se Aplica	Cheio	Não se Aplica	Não se Aplica	40 frascos/h	25000 frascos/h
Descensor	Não se Aplica	Vazio	Não se Aplica	Não se Aplica	44 frascos/h	0 frascos/h
Trecho Descensor Enchedora	-	Cheio	Não se Aplica	Não se Aplica	49 frascos/h	20000 frascos/h
Enchedora	✓ Rodando	Não se Aplica	0	27000	25000	20000 frascos/h
Trecho Enchedora Robôs	Não se Aplica	Vazio	Não se Aplica	Não se Aplica	46 frascos/h	20000 frascos/h
Enchedora	✗ Parado	Não se Aplica	0	64000	0	20000 frascos/h
Trecho Enchedora Robôs	Não se Aplica	Vazio	Não se Aplica	Não se Aplica	26 frascos/h	0 frascos/h
Embaladora	✗ Parado	Não se Aplica	0	50000	0	0 frascos/h
Embaladora	✓ Rodando	Não se Aplica	0	50000	49625	40000 frascos/h
Trecho Enchedora Robôs	Não se Aplica	-	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
Robô A	✓ Rodando	Não se Aplica	0	25980	25980	20000 frascos/h
Robô B	✗ Parado	Não se Aplica	0	25980	25980	30000 frascos/h
Trecho Robôs Envolvedora	Não se Aplica	-	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
Embaladora	✗ Error	Não se Aplica	0	53000	18000	0 frascos/h

Figura 21 – Tela do V-Graph no FT Client.



5.2.1.2 Tela dos Silos

A tela dos Silos foi cuidadosamente desenvolvida para proporcionar ao operador uma representação visual clara e precisa do sistema de abastecimento e distribuição de frascos, o resultado da tela para o operador pode ser visto na Figura 22. O processo de criação dessa tela seguiu etapas que visavam garantir a compreensão intuitiva e o fácil monitoramento do sistema.

Inicialmente, foi elaborado um esboço inicial utilizando ferramentas básicas de desenho no FactoryTalk View Studio. Esse esboço permitiu posicionar as esteiras e os silos em uma disposição que facilitasse a visualização e compreensão do fluxo do processo. Embora o esboço não estivesse em escala, seu objetivo principal era oferecer uma visão geral da disposição dos componentes.

Em seguida, foram utilizados objetos globais disponibilizados pelo FactoryTalk para representar os diferentes elementos do sistema. Esses objetos incluíam ícones e elementos gráficos que representavam os silos, as esteiras, os frascos, os motores e os sensores. Os objetos globais foram adaptados para atender às necessidades específicas do projeto, como cores, tamanhos e ícones personalizados.

Após a seleção dos objetos adequados, o próximo passo foi conectar as tags do ControlLogix ao Studio 5000 às propriedades dos objetos globais. Essa conexão permitiu que os objetos representassem visualmente o status em tempo real de cada componente do sistema. Por exemplo, a cor da porta do silo poderia indicar se ele está em processo de abastecimento ou não. De forma parecida, as esteiras podiam exibir

seu estado de operação, como ligado, desligado ou em falha de acordo com a cor dos seus motores.

Além da representação visual dos componentes, foram adicionados indicadores de alarmes para fornecer informações adicionais ao operador. Por exemplo, se ocorresse uma falha em uma esteira ou silo, um alarme seria ativado e exibido na tela dos Silos, alertando o operador sobre a ocorrência do problema. Isso permitia uma rápida identificação e resposta às situações de falha, contribuindo para a eficiência e segurança do processo.

Ao final do desenvolvimento da tela dos Silos, o resultado obtido foi uma interface intuitiva, de fácil compreensão e altamente funcional. O operador podia visualizar rapidamente o status de cada silo, a disponibilidade das esteiras e outras informações relevantes para o processo de abastecimento e distribuição de frascos. Essa representação visual clara e precisa contribuiu para uma maior eficiência operacional, redução de erros e aumento da produtividade.

Em resumo, a tela dos Silos foi desenvolvida com o objetivo de fornecer uma visualização intuitiva e detalhada do sistema de abastecimento e distribuição de frascos. Através do uso de objetos globais, conexão com as tags do CLP e indicadores de alarmes, foi possível criar uma interface eficiente e confiável, que auxiliou o operador no monitoramento e controle do processo.

Figura 22 – Tela dos Silos no FT Client.

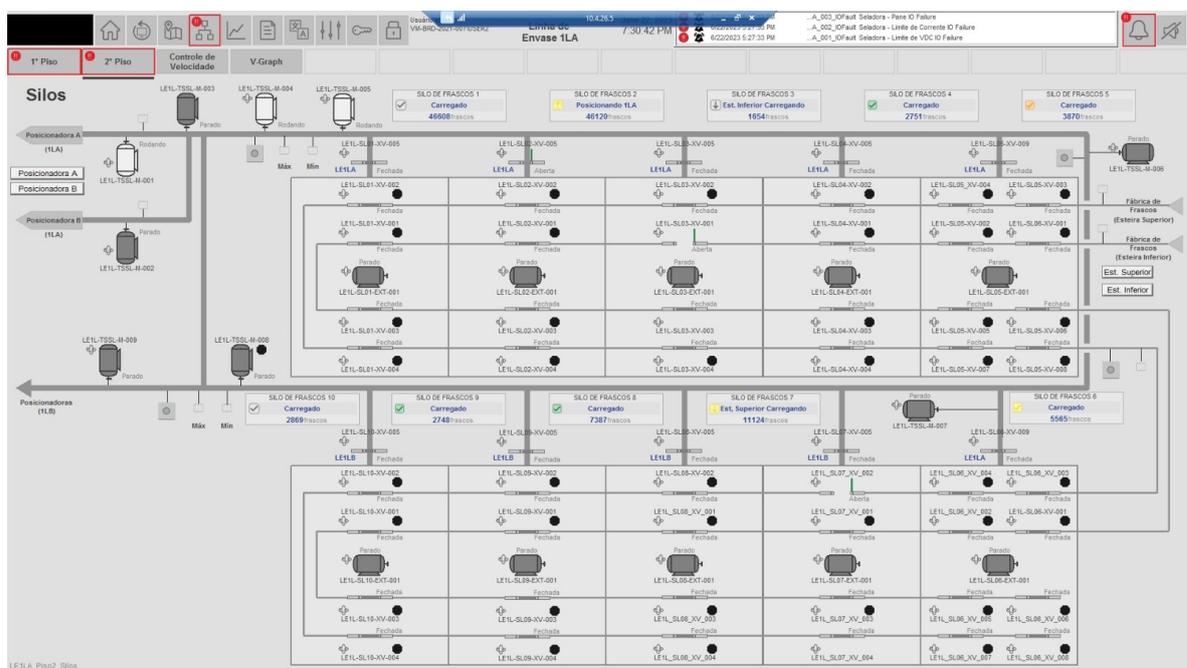


Figura 24 – Explorador de objetos do FT.

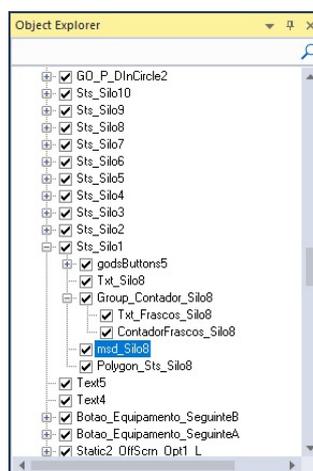
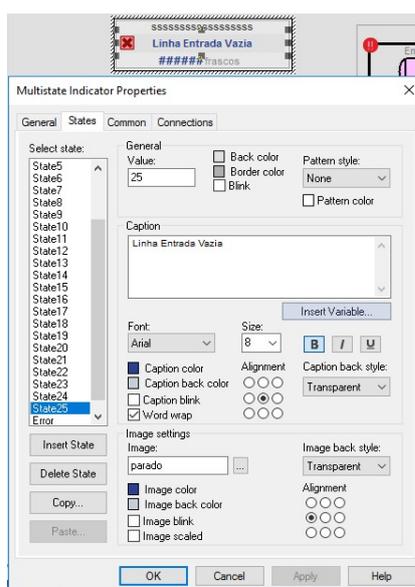


Figura 25 – Configuração das propriedades de um componente do objeto.



cação, como mostra na Figura 26. Nessa interface, é possível desenvolver e organizar os alarmes de acordo com as necessidades específicas do sistema.

Ao criar um alarme, é necessário atribuir um nome a ele e conectá-lo a uma tag específica, que será monitorada para acionar o alarme quando determinada condição for atingida. É possível definir a condição de ativação do alarme, estabelecendo critérios como limites superiores ou inferiores, estados específicos da tag, tempo de duração, entre outros.

Além disso, as propriedades do alarme permitem a configuração da gravidade, que indica a importância e urgência do alarme, e também oferecem recursos adicionais, como mensagens associadas ao alarme, configurações de notificação e ações a serem

Figura 26 – Propriedades de um alarme digital.

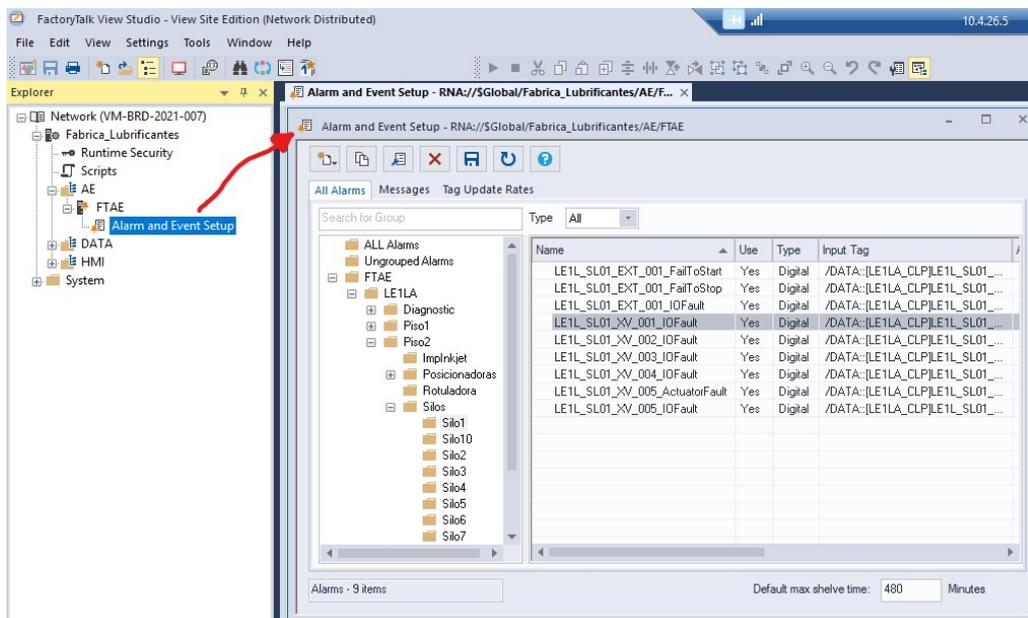
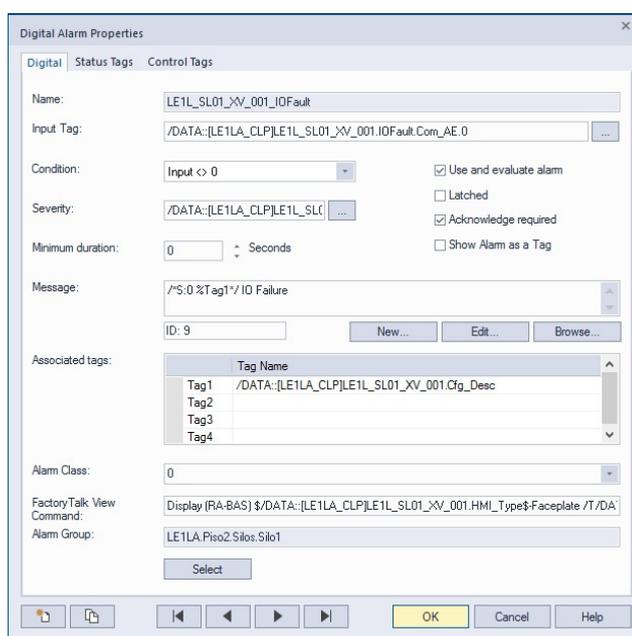


Figura 27 – Propriedades de um alarme digital.



executadas quando o alarme é acionado.

Essa flexibilidade na criação e configuração dos alarmes permite uma personalização detalhada do sistema de monitoramento, garantindo que eventos importantes sejam prontamente identificados e tratados.

A tela de alarmes do sistema supervisório da linha de envase possui várias abas de navegação que fornecem informações importantes sobre os alarmes ocorridos,

como demonstra a Figura 28. A primeira aba, chamada "Alarm Summary", apresenta um resumo dos alarmes, exibindo informações básicas como o nome do alarme, sua prioridade, tempo de ocorrência e estado atual. Ao selecionar um alarme específico, é possível visualizar informações mais detalhadas sobre ele.

Figura 28 – Tela de Alarmes.

Event Time	Alarm Name	Condition	Message
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL06_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 6 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_001_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT1 Cavalo IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_002_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT2 Estreia IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_003_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT3 Cav. Ma IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_004_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT4 Estreia IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_005_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT5 Estreia IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_006_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT6 Estreia IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VSH_M_007_IOFault	TRIP	Signal Interface Status Motor MT7 Estreia IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_001_IOFault	TRIP	Desabilita/Habilita Transportadores Saíd IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_002_IOFault	TRIP	Botoneira Desabilita/Habilita Transportad IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_003_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 4 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_004_IOFault	TRIP	Botoneira Local/Remoto Transportadores Sa IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_005_IOFault	TRIP	Botoneira LEILA/LEILB M-003 Estreia Silos IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_006_IOFault	TRIP	Botoneira LEILA/LEILB M-003 Alimentador 8 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_007_IOFault	TRIP	Botoneira Limpia Estera de Saída Silos 1 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_008_IOFault	TRIP	Botoneira Limpia Estera de Saída Silos 7 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_009_IOFault	TRIP	Botoneira Posicionadora A e B em Operação IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_009_IOFault	TRIP	Botoneira Posicionadora A e B em Operação IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_CH_009_IOFault	TRIP	Botoneira LEILA/LEILB M-007 Estreia Saída IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL05_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 3 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL02_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 2 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL03_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 7 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL04_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 8 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL05_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 5 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_ESD_005_IOFault	TRIP	Botoneira de Emergência Panel Transporta IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL09_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 9 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_ESD_004_IOFault	TRIP	Botoneira de Emergência Transportadores d IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_ESD_003_IOFault	TRIP	Botoneira de Emergência Transportadores d IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_ESD_002_IOFault	TRIP	Botoneira de Emergência Transportadores d IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TSSL_ESD_001_IOFault	TRIP	Botoneira de Emergência Transportadores d IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_SL16_VA_EXT_001_IOFault	TRIP	Falha Térmica Motor Extrator Silo 10 IO Failure
6/21/2023 10:35:19 AM	LEIL_TESS_VI_002_IOFault	TRIP	Contador de Fracos da Estera Superior IO Failure

Prioridade: Urgent **Severity:** 1000
Estado Alarme: In Alarm Acked **Valor Abat:** 1
Event Time: 6/21/2023 10:35:19 AM **Limit Value Exceeded:** 1
In Alarm Time: 6/21/2023 10:35:19 AM **Tag 1 Value:** Falha Térmica Motor Extrator Silo 6
Acknowledge Time: 6/21/2023 10:35:19 AM **Tag 2 Value:**
Out of Alarm Time: **Tag 3 Value:**
Condition Name: TRIP **Tag 4 Value:**
Event Category: Discrete **Alarm Count:** 1
Alarm Class: 0
Area: FAE
Server Name: FTAE
Group: LEILA Piso2 Silos TSaídaSilos
Alarm Name: LEIL_SL06_VA_EXT_001_IOFault
Message: Falha Térmica Motor Extrator Silo 6 IO Failure

A segunda aba, denominada "Alarm History", permite acessar o histórico de alarmes registrados ao longo do tempo. Nessa seção, é possível verificar os alarmes antigos, sua data e hora de ocorrência, duração e status. Essas informações auxiliam na análise de tendências, identificação de padrões e resolução de problemas recorrentes.

A terceira aba, chamada "Alarm Shelved", exibe os alarmes que foram temporariamente ignorados ou silenciados. Essa funcionalidade é útil quando o operador precisa lidar com uma situação específica e deseja evitar a exibição constante do alarme. Os alarmes nesta seção podem ser reativados ou removidos da lista de alarmes silenciados.

Por fim, a aba "Alarm Explorer" permite explorar e navegar pelos alarmes de forma mais detalhada. Ela fornece uma visão abrangente de todos os alarmes configurados, permitindo a pesquisa, filtragem e organização com base em diferentes critérios, como área, prioridade ou tipo de alarme.

Essas abas de navegação na tela de alarmes proporcionam ao operador uma visão clara e organizada de todos os alarmes, ajudando a identificar rapidamente situações críticas, analisar o histórico de ocorrências e tomar medidas adequadas para resolver problemas ou mitigar riscos no processo de envase.

6 INTEGRAÇÃO E TESTES

O sistema SCADA e o historiador de dados permitem a integração com o ERP ou com o MES através de protocolos abertos de comunicação, como por exemplo: OPC UA/DA, Modbus, WEB API entre outros. A equipe considera que uma vez que os dados estejam centralizados no sistema SCADA, os sistemas poderão acessá-lo através de um protocolo padrão de comunicação.

6.1 COMUNICAÇÃO DAS TAGS

A comunicação das tags do Studio 5000 (CLP) com o FactoryTalk View Studio (sistema supervisorio) é realizada por meio do uso de uma rede de comunicação padrão, como Ethernet/IP.

No Studio 5000, as tags são configuradas e mapeadas para endereços de memória, como registradores ou bits, que são acessíveis através do protocolo de comunicação suportado pela rede utilizada.

No FactoryTalk View Studio, as tags são configuradas para estabelecer a conexão com o CLP. É possível criar uma conexão direta com o CLP usando o FactoryTalk Linx, que é responsável por gerenciar a comunicação entre o sistema supervisorio e os dispositivos industriais.

Uma vez estabelecida a comunicação, as tags do CLP são disponibilizadas no FactoryTalk View Studio e podem ser associadas a objetos gráficos, como botões, indicadores e animações. Dessa forma, é possível monitorar, controlar e exibir os valores e estados das tags do CLP no sistema supervisorio.

Essa comunicação bidirecional permite que o FactoryTalk View Studio receba dados do CLP em tempo real e também envie comandos ou alterações de parâmetros de controle para o CLP, possibilitando a integração e supervisão dos processos industriais.

6.1.1 Protocolo de comunicação

O protocolo de comunicação CIP (Common Industrial Protocol) é um padrão de rede utilizado na automação industrial para permitir a troca de dados entre dispositivos de diferentes fabricantes. Mais especificamente, a versão CIP baseada em Ethernet é conhecida como Ethernet/IP.

O Ethernet/IP é um protocolo aberto e amplamente utilizado na indústria, oferecendo comunicação confiável e eficiente entre controladores, dispositivos de entrada/saída (I/O), sensores, atuadores e outros equipamentos industriais. Ele utiliza o protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) como base para a transmissão de dados, permitindo a integração de dispositivos em redes Ethernet

existentes.

Uma das principais vantagens do Ethernet/IP é a sua capacidade de suportar comunicação em tempo real, permitindo o controle e monitoramento em tempo real de processos industriais. Ele oferece recursos avançados, como a segmentação de dados em pacotes e o uso de buffers de transmissão, garantindo a entrega confiável e eficiente das informações.

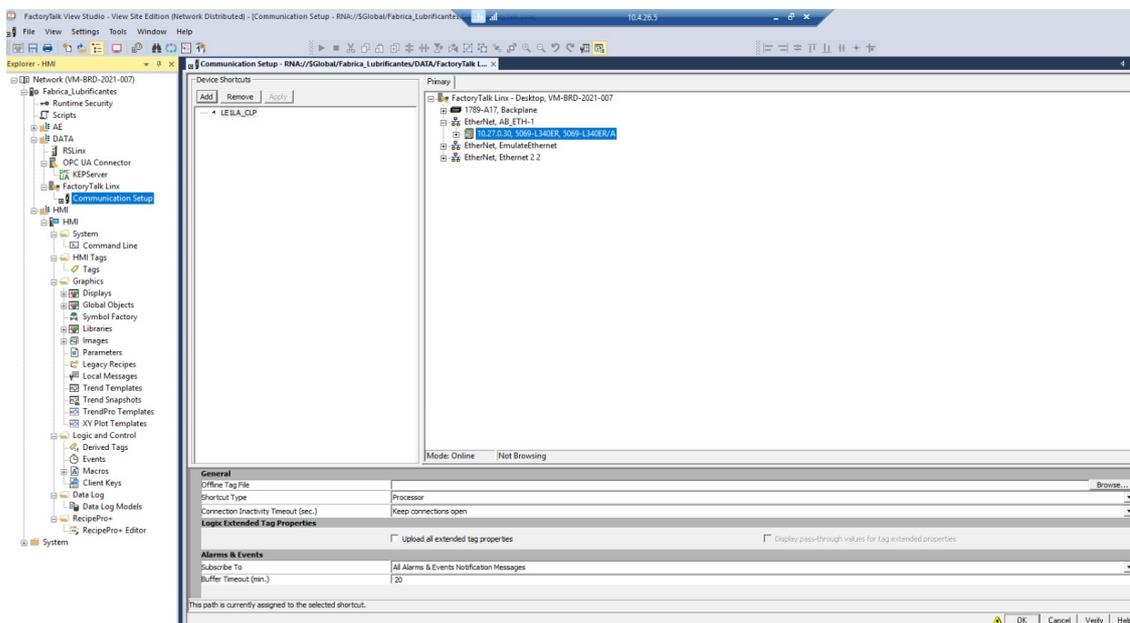
O Ethernet/IP também utiliza um modelo de dados comum, conhecido como objetos CIP, que define a estrutura e os formatos dos dados trocados entre os dispositivos. Isso facilita a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, pois todos seguem as mesmas especificações de objeto.

Além disso, o Ethernet/IP oferece recursos de segurança, como autenticação e criptografia, para proteger a integridade e confidencialidade dos dados transmitidos.

Para realizar a configuração do protocolo de comunicação Ethernet/IP no FactoryTalk, utilizamos a ferramenta FactoryTalk Linx. O FactoryTalk Linx é um software fornecido pela Rockwell Automation que permite a configuração e gerenciamento de comunicações entre o sistema supervisório (FactoryTalk View Studio) e os dispositivos industriais, como o CLP.

Dentro da pasta do FactoryTalk Linx, encontramos o arquivo de configuração chamado "Communication Setup", como mostra a Figura 29. Nesse arquivo, foi realizada a criação de uma comunicação via Ethernet com o CLP que está localizado no Centro de Processamento de Dados da empresa. Essa configuração envolve a definição dos parâmetros de comunicação, como endereço IP do CLP, porta de comunicação, protocolo CIP/Ethernet IP, entre outros.

Figura 29 – Configuração de comunicação do FactoryTalk Linx



Ao estabelecer essa comunicação via Ethernet, o sistema supervisor (FactoryTalk View Studio) consegue se comunicar de forma bidirecional com o CLP, permitindo a troca de dados em tempo real e possibilitando o monitoramento e controle dos dispositivos e processos industriais.

Dessa forma, por meio da configuração realizada no FactoryTalk Linx e no arquivo de Communication Setup, estabelecemos a comunicação entre o sistema supervisor e o CLP, garantindo a integração e o funcionamento adequado do sistema supervisor com o equipamento responsável pelo controle e automação dos processos na linha de envase.

6.2 DESENVOLVIMENTO DA IHM E LÓGICA DE CLP PARA SIMULAÇÃO

Para possibilitar a simulação do funcionamento da linha de envase durante o desenvolvimento do projeto, foram implementadas algumas funcionalidades no FactoryTalk View Client e no Studio 5000. No FactoryTalk View Client, foram criadas funcionalidades específicas que permitem simular as operações da linha de envase. Essas funcionalidades permitem acionar os dispositivos e controlar o fluxo dos frascos na linha, fornecendo uma experiência próxima do funcionamento real.

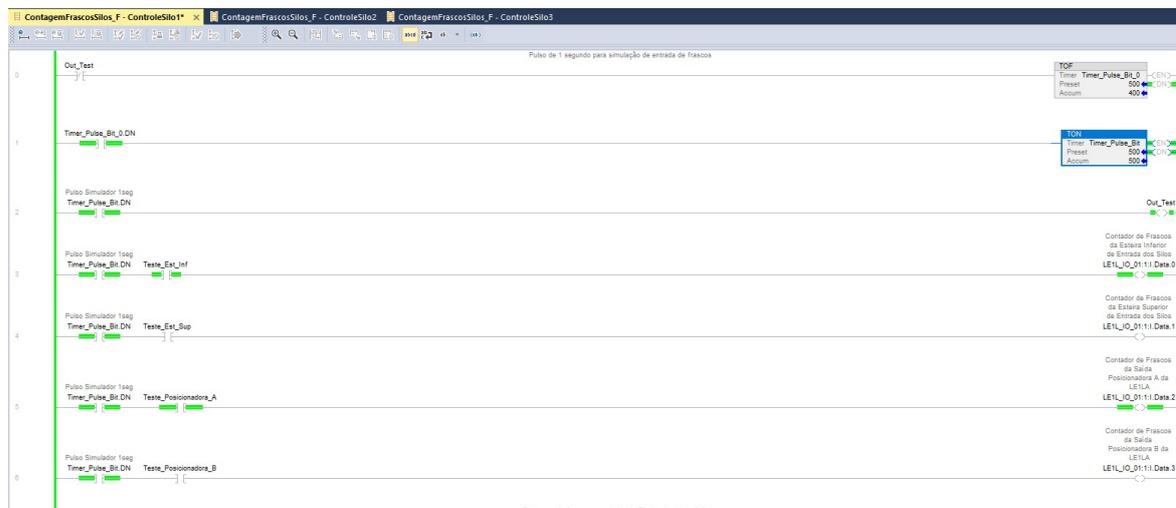
6.2.1 Pulso para simulação na lógica de controle

No Studio 5000, foi desenvolvida uma lógica para simular a passagem de frascos pelos sensores de entrada das esteiras superior e inferior que levam os frascos para os silos, e dos sensores na saída das posicionadoras que contam a saída dos frascos dos silos, como pode ser visto na rotina de controle na Figura 30. Essa lógica consiste em um pulso de período pré-determinado antes da simulação que representa a chegada ou saída de frascos em um determinado silo. Para criar esse pulso, foram utilizados os blocos TON (Timer On-Delay) e TOF (Timer Off-Delay). Ainda na Figura 30, vemos nas três primeiras linhas a lógica do pulso, e nas próximas quatro linhas o contato do pulso seguido pelo contato com a tag do botão, representado na Figura 31, que aciona a bobina com a tag de leitura do respectivo sensor.

O bloco TON é responsável por acionar a saída durante por um período. Nesse caso, o tempo definido é sempre a metade do que se espera, por exemplo, se é desejado que passe um frasco por segundo então o tempo definido no bloco TON é de 0.5 segundo, o que representa a passagem de um frasco pelo sensor da porta de entrada do silo. Quando esse tempo é atingido, a saída é desligada.

Já o bloco TOF é utilizado para desligar a saída após um tempo de inatividade. Ou seja, após o pulso de metade do período estabelecido, a saída permanece desligada por um tempo pré-definido antes de ser acionada novamente. Essa pausa entre os pulsos simula o intervalo de tempo entre a chegada ou saída de frascos nos silos.

Figura 30 – Rotina de controle da lógica do pulso de simulação.



Com a lógica implementada utilizando os blocos TON e TOF, é possível simular de forma realista a passagem dos frascos pelo sensor da porta de entrada dos silos no CLP, para isso a porta precisa está aberta e a esteira ligada. Essa simulação permite testar e validar o comportamento do sistema, verificando se as ações de abastecimento e distribuição de frascos estão sendo executadas corretamente, proporcionando maior confiabilidade e precisão no processo de automação da linha de envase.

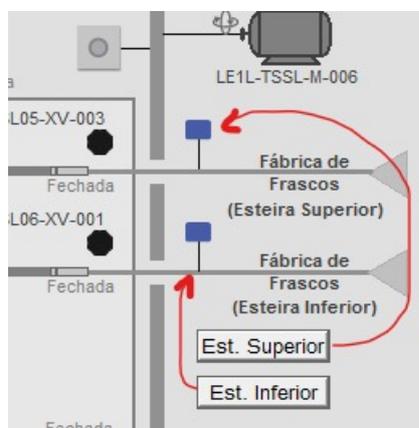
Vale ressaltar que por mais que a lógica da Figura 30 tenha sido desenvolvida na rotina de controle do silo 1, ela não precisa ser refeita nas demais rotinas para os outros silos, já que o sensor de entrada das esteiras é o mesmo para todos. Também poderia ser criado essa lógica em um arquivo diferente focado para simulação, mas como são poucas linhas de código para ser lido, então não houve a necessidade disso.

6.2.2 Botões de simulação

Na tela dos silos do sistema supervisório, foram adicionados quatro botões para simular as operações nessa etapa de testes. Dois desses botões são destinados ao abastecimento dos silos, acionam a simulação da passagem de frascos nas esteiras inferior e superior que fazem o transporte dos frascos até os silos selecionados. Esses botões permitem que a leitura do sensor, que deveria acionar somente quando realmente passa um frasco por ele, agora passe a ler o pulso que foi desenvolvido para simulação.

Os outros dois botões são responsáveis pela distribuição dos frascos da linha de envase A. Ao serem acionados, esses botões mudam a leitura do sensor que detecta a saída de frascos dos silo para a lógica do pulso de simulação que foi desenvolvido, esse sensor fica nas esteiras de saída das posicionadoras A e B da linha de envase, pois só lá é possível contar ordenadamente os frascos.

Figura 31 – Botões na tela que ativam a leitura do pulso de simulação no sensor das esteiras de abastecimento.



Com essas funcionalidades implementadas e os botões adicionados na tela dos silos, é possível realizar a simulação do funcionamento da linha de envase de maneira controlada e monitorada, garantindo o correto fluxo de frascos e facilitando o desenvolvimento e testes do projeto como um todo.

6.3 SIMULAÇÃO DO ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO

Nesta seção, será explicado o processo de simulação de abastecimento e distribuição de frascos nos silos da linha de envase. Para realizar essa simulação, é necessário fazer o download da lógica de controle no Studio 5000 e colocá-la online no CLP (ControlLogix Processor).

Após o CLP estar online com a lógica de controle, é possível acessar o FactoryTalk Client, que é o sistema supervisório responsável pela visualização e monitoramento do processo. Navegando até a tela dos silos, é possível acompanhar em tempo real o status e as ações relacionadas ao abastecimento e distribuição de frascos.

Na tela dos silos, foram adicionados botões específicos para definir a simulação na leitura dos sensores das esteiras de abastecimento e distribuição. Os botões de abastecimento definem a lógica do pulso que sobrescrevem a leitura dos sensores de presença na entrada das esteiras inferior e superior dos silos, permitindo a chegada dos frascos para o processo de enchimento. Já os botões de distribuição definem a lógica do pulso que sobrescrevem a leitura dos sensores de presença na passagem de frascos na saída das posicionadoras, direcionando os frascos para os outros processos da linha de envase.

Ao interagir com esses botões, é possível simular o fluxo de frascos nos silos e observar o seu comportamento na tela do FactoryTalk Client. Isso permite uma análise mais detalhada do processo de abastecimento e distribuição, facilitando a identificação

de possíveis problemas e auxiliando no ajuste e otimização do sistema.

Dessa forma, a simulação de abastecimento e distribuição de frascos nos silos por meio da integração entre o Studio 5000 e o FactoryTalk Client proporciona uma visualização clara e precisa do funcionamento do sistema, contribuindo para o desenvolvimento, monitoramento e aprimoramento da linha de envase.

7 RESULTADOS

O desenvolvimento do projeto de controle e supervisão dos silos da linha de envase trouxe resultados significativos, embora o sistema ainda não tenha sido instalado na fábrica e, portanto, não seja possível realizar uma comparação e análise detalhada dos KPIs estabelecidos inicialmente. No entanto, foram conduzidos extensos testes para validar o funcionamento correto dos processos de abastecimento e distribuição dos silos.

Um dos aspectos cruciais abordados nos testes foi a permissividade das portas dos silos. Foi verificado que apenas um silo em cada esteira (superior e inferior) pode ter a porta aberta durante o processo de abastecimento. Essa restrição foi implementada com sucesso, garantindo que o fluxo de frascos seja controlado e evitando erros de operação.

Outro ponto importante foi a verificação dos alarmes. Durante os testes, foi necessário seguir um fluxo específico para acionar as portas dos silos. Por exemplo, antes de liberar a porta, era necessário selecionar a cor do frasco correspondente. Além disso, para a distribuição dos frascos, era necessário escolher para qual linha (A ou B) eles seriam enviados e acionar o motor extrator. Esses testes foram fundamentais para garantir que o sistema de alarme estivesse operando corretamente e cumprindo as regras de operação definidas.

Foram realizados testes em diversos cenários possíveis, incluindo diferentes combinações de cores de frascos, seleção de linhas de distribuição e simulação de falhas nos sensores e atuadores. Essa abordagem abrangente permitiu validar o desempenho do sistema em condições reais e identificar e corrigir eventuais problemas ou falhas de funcionamento.

Os resultados obtidos durante a validação do processo da linha de envase foram extremamente positivos. A interação entre o Studio 5000 (CLP) e o FactoryTalk View Studio (sistema supervisório) permitiu o controle preciso e eficiente dos silos, garantindo a correta movimentação dos frascos e a sincronização com os demais componentes da linha. Além disso, a interface intuitiva e amigável do FactoryTalk View Client proporcionou uma visualização clara e facilitou a monitoração e o acompanhamento das operações em tempo real.

Embora o projeto ainda esteja em fase de desenvolvimento e não tenha sido implantado oficialmente na fábrica, os resultados dos testes realizados até o momento indicam que o sistema de controle e supervisão dos silos da linha de envase está no caminho certo. Essa etapa de validação permitiu a identificação e correção de possíveis problemas, garantindo a eficiência e a segurança das operações.

Com base nos resultados obtidos até agora, espera-se que a implementação final do projeto traga benefícios significativos, como o aumento da produtividade, a

redução de erros operacionais e a otimização dos processos de abastecimento e distribuição de frascos nos silos.

Além dos aspectos técnicos já mencionados, é importante ressaltar que as validações realizadas durante o desenvolvimento do projeto têm um impacto significativo na produtividade da linha de envase. Ao garantir uma boa organização e controle desde o início do processo, é possível alcançar uma maior eficiência e sincronização das máquinas, conforme os princípios da Indústria 4.0.

Através do controle preciso dos silos e da correta distribuição dos frascos, é possível evitar atrasos e gargalos na linha de produção. Ao eliminar erros operacionais e garantir a integridade dos processos, as máquinas podem trabalhar de forma mais sincronizada e otimizada, resultando em um aumento significativo da produtividade.

Além disso, a implementação de um sistema de controle e supervisão eficiente nos silos possibilita a coleta de dados em tempo real, proporcionando uma visão abrangente do desempenho da linha de envase. Essas informações podem ser utilizadas para análises e tomadas de decisão mais assertivas, permitindo identificar oportunidades de melhoria, ajustar parâmetros operacionais e maximizar a eficiência dos recursos.

Dessa forma, as validações realizadas durante o projeto têm um papel fundamental na busca pela excelência operacional e na adoção de conceitos da Indústria 4.0. Ao assegurar um ambiente de trabalho organizado, controlado e eficiente, é possível alcançar uma maior produtividade e competitividade no mercado, atendendo às demandas cada vez mais exigentes da indústria moderna.

8 CONCLUSÃO

Em conclusão, o projeto de Automação do processo de abastecimento e distribuição de frascos na linha de envase foi um desafio empolgante e gratificante para o aluno, que teve a oportunidade de aplicar seus conhecimentos acadêmicos em uma situação real de automação industrial. Embora tenha enfrentado algumas dificuldades ao longo do caminho, como a necessidade de se adaptar às ferramentas específicas da Rockwell Automation e a falta de experiência na área fora da faculdade, o aluno conseguiu desenvolver com sucesso a lógica de CLP para o abastecimento e distribuição de frascos nos silos da fábrica e o sistema supervisório correspondente.

Atualmente, o projeto ainda está em fase de testes e não está em produção, mas espera-se que sua implementação traga uma grande melhoria na produção da fábrica. Ainda não foram levantados os KPIs depois do projeto, mas a expectativa é alta e os resultados devem ser positivos.

Para o aluno, esse projeto foi uma oportunidade importante para seu desenvolvimento como engenheiro de controle e automação. Ele aprendeu muito sobre a importância da modelagem de processos, mapeamento de processos industriais, desenvolvimento de lógica de CLP e uso de ferramentas específicas de automação industrial. Essa experiência será valiosa para sua carreira futura e ajudará a solidificar sua posição como profissional qualificado e competente na área.

Em suma, projetos de automação industrial como este são cruciais para a evolução dos profissionais de engenharia de controle e automação, uma vez que fornecem a oportunidade de aplicar a teoria na prática e enfrentar desafios reais do setor industrial.

REFERÊNCIAS

RADIX (Brasil). A Radix. Disponível em: <https://www.radixeng.com.br/sobre>. Acesso em: 02 abr. 2023.

NORMA ISA-101. Introdução à norma ISA-101: Interface Humano Máquina. Disponível em: <http://isasp.org.br/wp-content/uploads/2020/01/ISA-101-III-Simp%C3%B3sio-ISA-S%C3%A3o-Paulo-Sabesp-Nov2016.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2023.

BOAS PRÁTICAS SCADA. Boas práticas para o desenvolvimento de aplicações em SCADA. Disponível em: https://isasp.org.br/wp-content/uploads/2020/01/ISA_boas-praticas_SCADAPIMS-2017.pdf. Acesso em: 08 abr. 2023.

ROCKWELL. Descrição dos produtos desenvolvidos pela Rockwell. Disponível em: <https://www.rockwellautomation.com/pt-br/products/software/factorytalk.html>. Acesso em 13 abr. 2023.

BIZAGI MODELER. Descrição do software de mapeamento de processos. Disponível em: <https://www.bizagi.com/pt/plataforma/modeler>. Acesso em 27 abr. 2023.

CPD. Artigo sobre Centro de Processamento de Dados (CPD). Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Centro_de_processamento_de_dados. Acesso em 23 maio 2023.

CIP. Protocolo Industrial Comum de Produtos de Segurança. Disponível em: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/at/secure-at001_-pt-p.pdf. Acesso em 19 junho 2023.