

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO GOMES

**AUTOMAÇÃO DO SETOR DE DESOSSA DE UM FRIGORÍFICO NO
OESTE DO PARANÁ**

MEDIANEIRA

2022

THIAGO GOMES

**AUTOMAÇÃO DO SETOR DE DESOSSA DE UM FRIGORÍFICO NO OESTE DO
PARANÁ**

Automation of the debonig sector of a slaughter house in the west of Paraná

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Yuri Ferruzzi

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

THIAGO GOMES

**AUTOMAÇÃO DO SETOR DE DESOSSA DE UM FRIGORÍFICO NO OESTE DO
PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 20/junho/2022

Yuri Ferruzzi
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Alberto Noboru Miyadaira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcos Fischborn
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2022

Dedico este trabalho à Deus, minha família, e a todos que me ajudaram a concluir o curso de Engenharia Elétrica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me mostrado o quanto preciso dele, e que sem a sua ajuda nada disso seria possível.

Agradeço ao meu orientador Prof. Me. Eng. Yuri Ferruzzi, por ter me orientado com muita dedicação e companheirismo.

Agradeço a toda minha família por sempre acreditar na minha capacidade, independente das circunstâncias.

Agradeço em especial a minha esposa Sandra por sempre estar ao meu lado e acreditar no meu potencial, me ajudando a manter o foco na graduação e principalmente neste trabalho.

Por fim, agradeço a todos meus amigos que de maneira direta ou indireta, contribuíram para realização desta etapa da minha vida.

RESUMO

A utilização de processos automatizados está cada vez mais comum nas indústrias, com o objetivo de aumentar a produção e diminuir gastos resultando no aumento da produtividade. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento da automação do setor de desossa de um frigorífico. Que consiste em um sistema de automação simples e flexível para mudanças de acordo com a necessidade do processo, e com tecnologia necessária que permitem a implementação de sistemas mais avançados, como a troca de dados entre o departamento de automação e outros departamentos como tecnologia da informação e administração. O funcionamento do setor é baseado no controle de esteiras e discos, onde o operador terá a liberdade de escolher através da Interface Homem Máquina (IHM), a velocidade das esteiras e quais serão colocadas em funcionamento. Para a realização deste sistema é preciso realizar funções essenciais como programação do Controlador lógico programável (CLP), IHM, parametrização de inversores e relação de materiais utilizados. Para a implementação do processo de automação será feita a tabela de hardwares utilizados, posteriormente o desenvolvimento da programação do CLP e IHM, e a realização da etapa de testes com o objetivo de verificar o funcionamento da automação e fazer ajustes de acordo com a necessidade do setor.

Palavras-chave: automação; setor de desossa; frigorífico; esteiras e discos; programação.

ABSTRACT

The use of automated processes is increasingly common in industries, with the goal of increasing production and decreasing expenses resulting in increased productivity. This work aims to develop the automation of the deboning sector of a slaughterhouse. It consists of a simple and flexible automation system for changes according to the need of the process, and with necessary technology that allows the implementation of more advanced systems, such as the exchange of data between the automation department and other departments such as information technology and administration. The operation of the sector is based on the control of belts and discs, where the operator will have the freedom to choose, through the Human Machine Interface (HMI), the speed of the belts and which ones will be put into operation. For the realization of this system, it is necessary to carry out essential functions, such as programming the Programmable Logic Controller (PLC), HMI, parameterization of inverters and list of materials used. For the implementation of the automation process, the chart of used hardware will be made, later the development of the programming of the PLC and HMI, and the realization of the testing stage in order to verify the operation of the automation and make adjustments according to the need of the sector.

Keywords: automation; boning sector; slaughterhouse; belts ad disks; schedule.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma Genérico de Industrialização de Carnes	11
Figura 2 - Representação de esteiras e operadores no setor de desossa	12
Figura 3 - Representação do setor de desossa tendo em destaque as esteiras de paleta e o transportador aéreo.	13
Figura 4 - Representação do trilho aéreo com gancho para prender carcaças.....	13
Figura 5 - Representação do setor de desossa tendo em destaque os cortes primários.....	14
Figura 6 - Representação do setor de desossa tendo em destaque secundários, em azul as esteiras que levam para a descouradeira.	14
Figura 7 - Ilustração das formas de energia de um sensor	16
Figura 8 - Diagrama de blocos de um sistema de automação	17
Figura 9 - Diagrama de blocos do controlador lógico programável	19
Figura 10 - Diagrama de blocos do controlador lógico programável	19
Figura 11 - Processos ocorridos em um ciclo de <i>scan</i> do CLP.	20
Figura 12 - Partida direta na linguagem ladder	21
Figura 13 - Partida direta na linguagem texto estruturado.....	22
Figura 14 - Representação básica do circuito interno do inversor de frequência	24
Figura 15 - Demonstração da função STO.....	25
Figura 16 - Representação de uma rede profinet com diferentes dispositivos	27
Figura 17 - Representação da lógica do CLP do bloco de comando de uma - esteira.....	29
Figura 18 - Representação do posicionamentos dos sensores capacitivos dentro - da automação das cancelas pneumáticas.....	30
Figura 19 - Representação da lógica de programação da atuação da sensor sobre os atuadores pneumáticos.....	31
Figura 20 - Lógica da programação da atuação do atuador pneumático da - da esteira 06.....	31
Figura 21 - Representação da lógica de programação do acionamento - da cancela pneumática 05.....	32
Figura 22 - Representação das esteiras de paleta utilizando 4 esteiras	33
Figura 23 - Lógica de programação do acionamento da cancela 4	33
Figura 24 - Lógica de programação do acionamento da cancela da esteira 3.	34
Figura 25 - Lógica de programação do acionamento da cancela da esteira - de paleta 2.....	35
Figura 26 - Lógica de programação do acionamento da cancela da esteira de - paleta1.....	35
Figura 27 - Lógica de programação da velocidade de produção.....	36
Figura 28 - Hierarquia de telas do setor de desossa	37

Figura 29 - Representação da descrição da rede profinet e suas vantagens.....	38
Figura 30 - Representação do CLP S71500 com sua IHM integrada.....	39
Figura 31 - Representação do inversor G120	40
Figura 32 - Representação do painel de operação inteligente (IOP).....	40
Figura 33 - Representação da interface do software Tia Portal com alguns - Hardwares inseridos.....	41
Figura 34 - Representação da interface do software TIA Portal no ambiente de programação de CLP	42
Figura 35 - Representação da interface do software TIA Portal no ambiente de - programação de IHM.....	42
Figura 36 - Representação da interface do software TIA Portal no ambiente de - comissionamento de inversor de frequência	43
Figura 37 - Porcentagem dos ajustes dos botões de Liga/Desliga.....	47
Figura 38 - Porcentagem dos ajustes dos botões de reset	48
Figura 39 - Porcentagem de ajustes nos botões de emergência	48
Figura 40 - Porcentagem de ajustes no sentido de giro dos motores	49
Figura 41 - Porcentagem dos ajustes de velocidade.....	50
Figura 42 - Tela Inicial da IHM , a tela se inicia com a logo da empresa.....	51
Figura 43 - Tela de status do setor de desossa	52
Figura 44 - Representação da tela de manutenção	53
Figura 45 - Representação da tela de Login para acesso a tela de manutenção.....	53
Figura 46 - Representação da tela de produção	54
Figura 47 - Tela de alarmes ativos	55
Figura 48 - Tela de histórico de alarmes	55
Figura 49 - Representação da tela de antecâmara de saída no acionamento do - trilho de alimentação	56
Figura 50 - Representação da tela de antecâmara de saída no acionamento do - trilho de expedição	57
Figura 51 - Representação dos botões físicos presentes na IHM	58
Figura 52 - Representação da tela de acionamentos manuais	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de equipamentos utilizados no setor de desossa	45
Tabela 2 - Informações na fase de teste da automação do setor de desossa	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	<i>ALTERNATING CURRENT</i>
CBA	<i>COMPONENT BASED INFORMATION</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
HZ	Hertz
I/O	<i>INPUT/OUTPUT</i>
IEC	<i>INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION</i>
IGBT	<i>INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR</i>
IHM	Interface Homem Máquina
IOP	Painel de Operação Inteligente
KW	Quilowatt
PC	<i>PERSONAL COMPUTER</i>
STO	<i>SAFE TORQUE OFF</i>
TIA	<i>TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Justificativa	9
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivo Geral	9
2.2	Objetivos Específicos	9
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1	Frigoríficos	10
3.1.1	Setor de Desossa	11
3.1.1.1	Descrição do setor	12
3.2	Automação Industrial	15
3.2.1	Elementos da Automação Industrial	15
<u>3.2.1.1</u>	<u>Atuadores</u>	<u>15</u>
<u>3.2.1.2</u>	<u>Sensores</u>	<u>15</u>
<u>3.2.1.3</u>	<u>Transdutores</u>	<u>16</u>
3.2.2	Sistemas de Automação	16
3.3	Controlador Lógico Programável (CLP)	17
3.3.1	Contexto Histórico	17
3.3.2	Definição	18
3.3.3	Arquitetura e Princípio de Funcionamento	18
3.3.4	Linguagens de Programação	20
<u>3.3.4.1</u>	<u>Linguagem Ladder</u>	<u>20</u>
<u>3.3.4.2</u>	<u>Linguagem Texto Estruturado</u>	<u>21</u>
3.4	Inversor de Frequência	22
3.4.1	Princípio de Funcionamento do Inversor de Frequência	23
3.4.2	Circuito Interno do Inversor de Frequência	24
3.4.3	Paradas de Segurança, função STO	24
3.5	Interface Homem Máquina (IHM)	25
3.6	Redes Industriais	26
3.6.1	Rede Profinet	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1	Levantamento dos componentes	28
4.2	Programação do CLP	28
4.2.1	Lógica de programação do acionamento das esteiras	28
4.2.2	Lógica de programação dos acionamentos pneumáticos	29
4.2.3	Lógica de programação do controle da velocidade de produção	35
4.3	Definição das telas da IHM	36
4.4	Rede industrial utilizada	37
4.5	CLP S71500	38

4.6	Inversor SINAMICS G120	39
4.7	Tia Portal	40
5	RESULTADOS	44
5.1	Tabela dos componentes utilizados	44
5.2	Lógica do CLP	45
5.3	Telas da IHM.....	50
6	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, os processos industriais manuais têm perdido espaço para processos automatizados, devido à produção em massa que o processo automatizado proporciona.

A primeira revolução industrial ficou marcada pelo desenvolvimento da máquina a vapor, que permitiu que os primeiros processos automatizados fossem criados.

Com o avanço da tecnologia, o controle automático de processos industriais ganhou mais força devido às vantagens que a descoberta de novas tecnologias proporcionaram, tecnologias essas como relés, contadores e CLP.

Um passo muito importante no desenvolvimento da história da automação foi a criação do CLP (controlador lógico programável), uma programação lógica sem necessidade de mudança de componentes proposta pela General Motors, com o intuito de incrementar em diversas linhas de montagens, reduzindo tempo em desenvolvimento e manutenção de equipamentos.

Dentre as vantagens que a automação proporciona, existe a segurança de operadores, a qualidade do produto final, a flexibilidade na mudança de parâmetros e a quantidade de produção em um menor tempo, ou seja, uma maior produtividade do processo.

A tecnologia empregada na automação nos dias de hoje abre espaço para a indústria 4.0, um exemplo pode ser um sistema de contagem de um determinado produto, que pode ser observado no sistema de supervisão e armazenado em um banco de dados, para uso de outros setores como administrativos e contábeis.

Levando em consideração os assuntos abordados, os frigoríficos possuem um modelo de produção na qual o processo deve ser automatizado. Dando ênfase ao setor de desossa, no qual é de grande importância, o controle automático com opção de selecionar o controle manual de cada uma das esteiras do processo, tem como resultado a flexibilidade para os operadores nas tomadas de decisão, reduzindo tempo de setor parado e aumentando a produtividade.

1.1 Justificativa

Com o aumento do consumo de carne suína no Brasil e no mundo, e conseqüentemente das exportações, as empresas frigoríficas tiveram que elevar o seu nível de produção e a automação é uma peça importante na aceleração de processos e na eficiência de produtos finais. Com o alto nível de tecnologia que a automação proporciona, a empresa que faz uso da mesma está dando um grande passo à frente em relação aos seus concorrentes no mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento da automação para o controle do processo do setor desossa de um frigorífico no oeste do Paraná.

2.2 Objetivos Específicos

Para o correto desenvolvimento deste trabalho foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Levantamento dos componentes;
- b) Desenvolver a programação da lógica do CLP S71500 para o controle de velocidade e acionamento das esteiras.
- c) Desenvolver a programação da IHM KTP1200 Basic com layout simples e intuitivo para os operadores;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os temas e conceitos que servirão como base para o desenvolvimento do trabalho, utilizando-se de fontes científicas, acadêmicas, assim trazendo um embasamento teórico consistente ao presente trabalho.

3.1 Frigoríficos

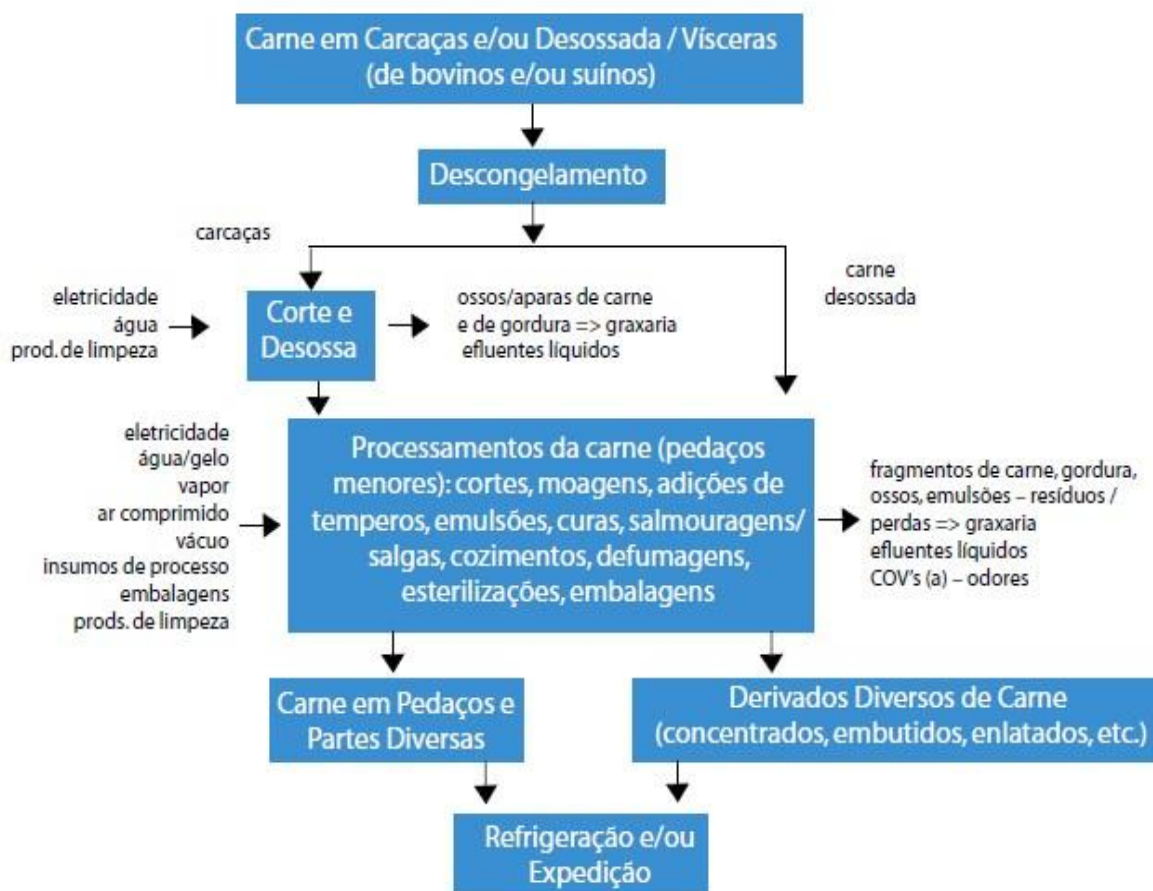
Segundo Pacheco (2006) o Brasil é o 4º maior exportador de carne suína do mundo, ficando atrás da China, União Europeia e Estados Unidos. “A atividade pecuária do Brasil movimenta cerca de 20 milhões de empregos” (DAMO, 2006, p. 12).

De acordo com Pacheco (2006) os frigoríficos podem ser divididos em dois grupos: os que abatem os animais, separam as carnes e vísceras e as industrializam, produzindo seus derivados e subprodutos efetuando as atividades de abatedouros e também de industrialização da carne, e aqueles que não realizam o abate de animais, compram a carne em cortes ou carcaça de abatedouros e de outros frigoríficos para processar e formar seus derivados e subprodutos, desempenham atividades apenas de industrialização da carne. Abatedouros (ou matadouros) são os locais onde realizam o abate dos animais e produzem as carcaças e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem desossa de carcaças e produzem os cortes, contudo não industrializam a carne.

De acordo com Pacheco (2006) dentro de um frigorífico, diversos produtos podem ser obtidos através do processamento de carnes e vísceras obtidas do abate de suínos e bovinos, tais como carnes em peças, carnes temperadas, charques (carne seca), presunto, mortadelas, salsichas, linguiças, salames, patês, carnes enlatadas, caldo de carnes concentrados, entre outros.

Na figura 1, pode-se observar o setor que antecede e o que sucede o setor de desossa, mostrando uma representação genérica da industrialização de carnes.

Figura 1 - Fluxograma Genérico de Industrialização de Carnes



Fonte: Pacheco (2006)

3.1.1 Setor de Desossa

De acordo com Pacheco (2006), o setor de desossa faz a separação da carne dos ossos manualmente, com o auxílio de facas. As aparas de carne e gorduras resultante são devidamente selecionadas para o aproveitamento em produtos ou encaminhadas a graxarias, juntamente com os ossos.

De acordo com Sousa (2018), o setor de desossa tem início quando a meia carcaça é conduzida por um trilho para esteira com serra de corte, onde é dividida em grandes cortes, conhecidos como cortes primários, os quais são: dianteiro, inclui paleta e sobrepaleta, a parte central do corpo animal, como carré barriga e costela e pernil e pés.

Segundo Sousa (2018), cortes secundários são realizados manualmente com o auxílio de facas, onde é realizado a remoção de partes distintas da carcaça, são elas paleta, sobrepaleta, barriga, costela, carré, lombo, filezinho, pernil, pés inteiros ou cortados.

3.1.1.1 Descrição do setor

A automação do setor de desossa consiste em controle de esteiras e discos, na qual cada esteira irá transportar uma parte individual da carne, sendo que ao redor das esteiras existem operadores com facas que fazem a retiradas de vísceras e ossos que não pertencem ao produto final de uma determinada esteira.

Figura 2 - Representação de esteiras e operadores no setor de desossa



Fonte: Autor (2021)

O processo de desossa é dividido em algumas etapas, nas quais se diferem em suas funções, estas etapas são:

- a) Retirada e separação da paleta
- b) Corte do pernil
- c) Preparação do pernil
- d) Corte da costela e barriga
- e) Preparação costela e barriga
- f) Corte sobrepaleta e carré
- g) Preparação sobrepaleta
- h) Preparação carré

Vindo do setor de antecâmara de refrigeração, a carcaça dividida ao meio é transportada por um trilho aéreo. Chegando a carcaça no setor de desossa, operadores retiram a paleta da sua carcaça e a posicionam na esteira de retirada de paleta. A esteira de retirada de paleta irá transportar as paletas para outras 6 esteiras, onde posteriormente serão levadas para o setor de embalagem.

A figura 3 mostra a representação das esteiras de paleta e o transportador aéreo, dentro da representação geral do setor de desossa.

Figura 3 - Representação do setor de desossa tendo em destaque as esteiras de paleta e o transportador aéreo.



Fonte: Autor (2021)

A figura 4 representa a imagem do trilho aéreo que movimenta as carcaças através de ganchos.

Figura 4 - Representação do trilho aéreo com gancho para prender carcaças



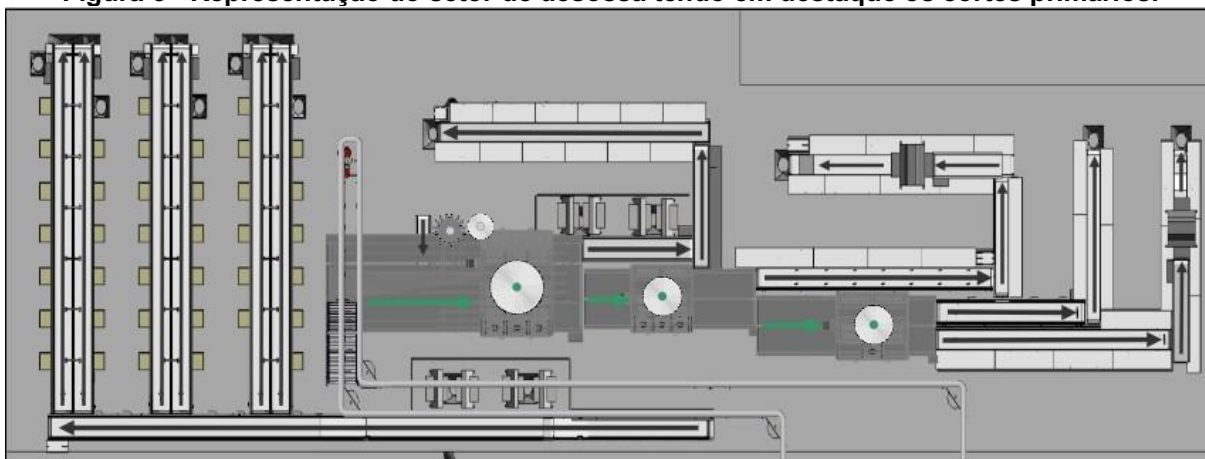
Fonte: Suíno (2008)

Para realizar os cortes primários existem três discos e três esteiras, cada esteira leva para o seu respectivo disco. Os cortes primários se inicializam quando os operadores retiram as carcaças do trilho aéreo as posicionam na primeira esteira que leva para o primeiro disco, onde é realizado o corte do pernil.

Depois de feito o primeiro corte, a peça já fica posicionada automaticamente na segunda esteira onde a mesma vai direcionar a carne para o segundo corte, e assim ocorrerá para as três esteiras e os três discos. As etapas que pertencem as cortes primários são corte penril, corte costela e barriga, corte carré.

A figura 5 representa o setor de desossa com destaque os cortes primários.

Figura 5 - Representação do setor de desossa tendo em destaque os cortes primários.

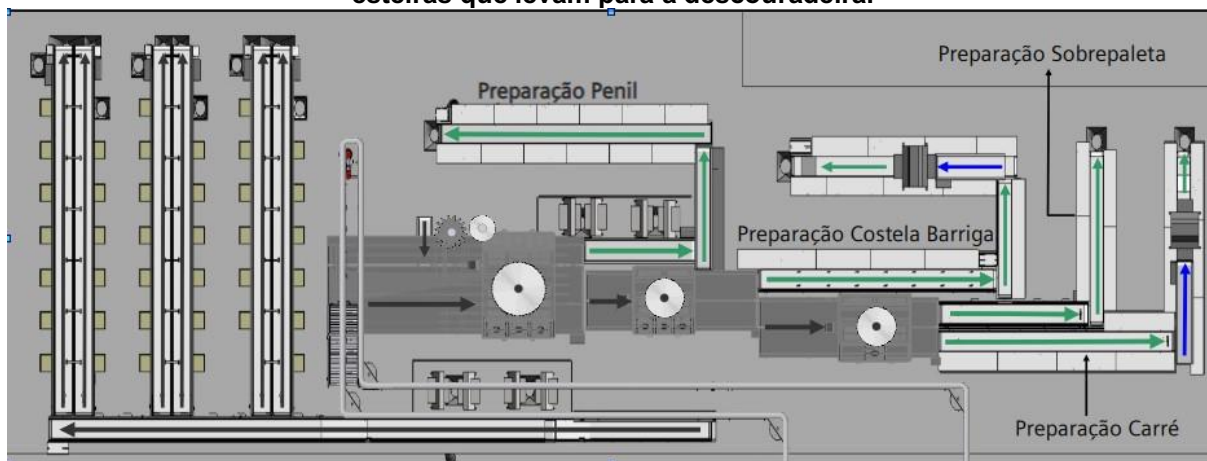


Fonte: Autor (2021)

Para realizar os cortes secundários tem-se as esteiras de preparação. Estas esteiras recebem a peça retirada da carcaça pelo corte primário e ao redor da mesma existem operadores que manualmente farão o corte das vísceras e outras partes que não pertencem ao produto final para posteriormente mandar o produto para o setor de embalagem.

A figura 6 representa o setor de desossa tendo em destaque as esteiras de corte secundário.

Figura 6- Representação do setor de desossa tendo em destaque secundários, em azul as esteiras que levam para a descouradeira.



Fonte: Autor (2021)

3.2 Automação Industrial

Em um contexto histórico, a automação industrial teve seu início no século XVIII, sendo a Inglaterra o país que saiu na frente no processo de revolução industrial.

Segundo Capelli (2013), a invenção da máquina a vapor e dos gigantes teares revolucionou a maneira de produzir. Se por um lado o surgimento dessas tecnologias deixou milhares de desempregados, por outro lado acelerou o ritmo de produção e reduziu o preço das mercadorias.

“A automação é um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com alta eficiência através do uso de informações recebidas do processo onde atuam” (SILVEIRA, 1998, p. 23).

3.2.1 Elementos da Automação Industrial

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2020), os principais elementos que atuam na automação industrial são os sensores e atuadores, pois eles verificam e interferem no ambiente.

3.2.1.1 Atuadores

São dispositivos que alteram a variável controlada, recebem um sinal vindo do controlador e agem no sistema controlado e geralmente trabalham com potência elevada. Alguns exemplos de atuadores:

- Válvulas (pneumáticas e hidráulicas);
- Relés (estáticos e eletromecânicos);
- Cilindros (pneumáticos, hidráulicos);
- Motores (motor de passo, motor síncrono, servomotor);
- Solenóides

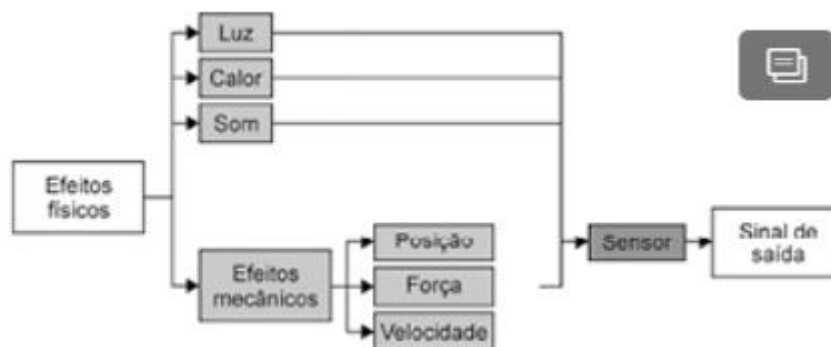
3.2.1.2 Sensores

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2020) sensores são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia, seja térmica, cinética ou luminosa. Seu objetivo

é obter informações sobre a grandeza a ser medida, como pressão, temperatura, velocidade aceleração, corrente, pressão, entre outras.

A figura 7 representa os tipos de efeitos no qual o elemento sensor pode ser utilizado.

Figura 7 - Ilustração das formas de energia de um sensor



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2020)

3.2.1.3 Transdutores

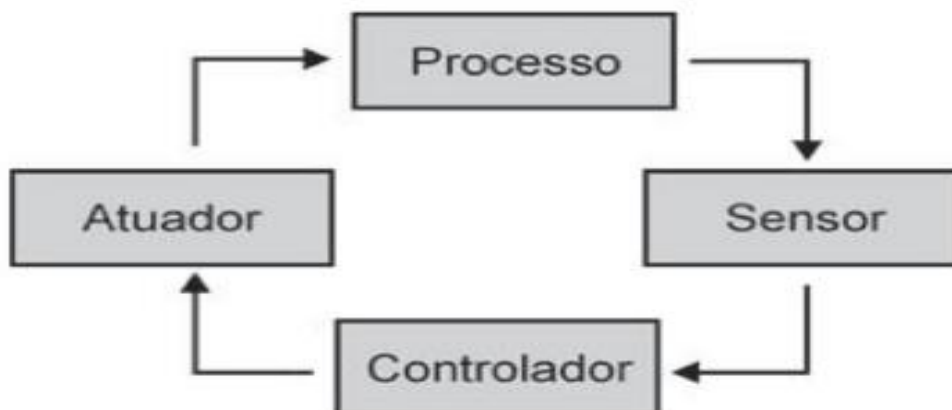
Segundo Thomazini e Albuquerque (2020), transdutor um dispositivo utilizado em sistemas de controle. O transdutor tem como finalidade a transformação de uma grandeza em outra qualquer. Pode ser considerado uma interface às formas de energia do ambiente e o circuito de controle ou, eventualmente, entre o controle e o atuador.

Os transdutores convertem uma grandeza física como temperatura, e pressão, em um sinal de tensão e corrente que pode ser facilmente interpretado pelo sistema de controle.

3.2.2 Sistemas de Automação

De acordo com a figura 8, na análise de um sistema de automação, sempre se examina o resultado final no processo, onde a informação é levada ao dispositivo principal e comparada com o objetivo almejado. Se houver diferença entre eles, o controlador atua no sentido de diminuir a diferença entre os dois valores.

Figura 8 - Diagrama de blocos de um sistema de automação



Fonte: Silveira (2020)

3.3 Controlador Lógico Programável (clp)

Nesta seção será abordado o tema de Controladores Lógicos Programáveis, descrevendo assuntos como contexto histórico, definição e características físicas do CLP e linguagens de programação mais utilizadas.

3.3.1 Contexto Histórico

De acordo com Franchi e Camargo (2009), durante a Revolução Industrial foram desenvolvidos os primeiros sistemas de controle, no final do século XIX. As funções de controle eram implementadas por engenhosos dispositivos mecânicos, os quais automatizaram algumas tarefas críticas e repetitivas que ocorriam nas linhas de montagem que existiam na época. Os dispositivos precisavam ser desenvolvidos para cada tarefa, e por conta de sua natureza mecânica tinha uma vida útil curta.

Na década de 1920, os dispositivos mecânicos foram substituídos por relés e contadores. A lógica utilizada com relés proporcionou o desenvolvimento de funções de controles sofisticadas e complexas. Desde então, os relés têm sido empregados em muitos sistemas de controle em todo mundo. Eles mostraram uma alternativa de custo viável, especialmente para automação de pequenas máquinas com número limitado de transdutores e atuadores (FRANCHI; CAMARGO, 2009, p. 21).

3.3.2 Definição

De acordo com CAPELLI (2013) o controlador lógico programável é um dispositivo microprocessado concebido para o ambiente industrial, sendo altamente flexível no modo de programação. Entre suas principais funções existem relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, pontos flutuantes, operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento.

Segundo Silveira e Lima (2013) os CLPs ou PLCs (*Programmable Logic Controller*), são definidos como pequenos computadores industriais que contém um hardware e um software que são utilizados para realizar funções de controle.

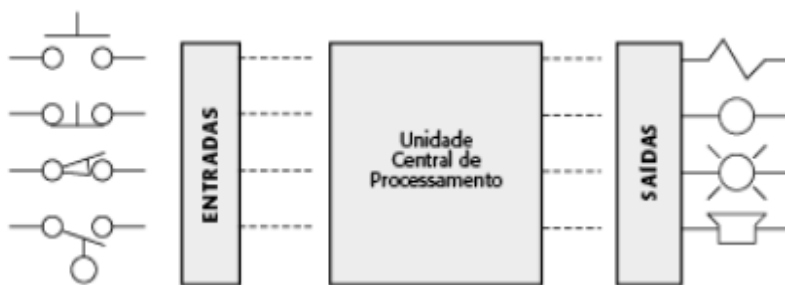
Podemos considerar um CLP um computador projetado para trabalhar no ambiente industrial. Os transdutores e atuadores são conectados a robustos cartões de interface. Comparados com um computador de escritório, os primeiros CLPs tinham um conjunto de instruções reduzido, normalmente apenas condições lógicas e não possuíam entradas analógicas, podendo manipular somente aplicações de controle digital (discreto) (FRANCHI; CAMARGO, 2008, p. 23).

3.3.3 Arquitetura e Princípio de Funcionamento

De acordo com Franchi e Camargo (2009), inicialmente, a função dos controladores lógicos programáveis era a substituição na utilização de relés em operações sequenciais e repetitivas em máquinas e processos.

Segundo Franchi e Camargo (2021), o CLP é composto por dois elementos principais, sendo uma CPU (Unidade Central de Processamento) e interfaces de sinais de entradas e saídas como mostra a figura 9.

Figura 9 - Diagrama de blocos do controlador lógico programável

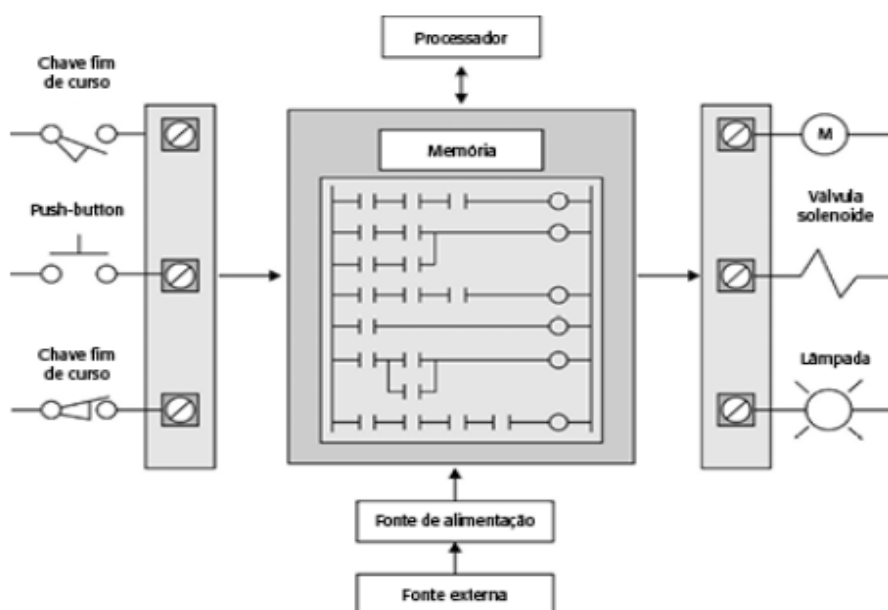


Fonte: Franchi e Camargo (2021)

De acordo com Franchi e Camargo (2021), a operação de um CLP é efetuada basicamente da seguinte forma: as entradas e saídas com os elementos de campo e atuadores para sinais (sinalizadores, relés) para o controle de processos industriais. Estes elementos podem ser discretos ou analógicos, ou ainda entrada e saída, com transdutores, chaves fins de curso, botões de impulso, solenoides entre outros.

Representado na figura 10, as interfaces de saídas e entradas fornecem a conexão entre a CPU e os provedores de informação (entradas) e os elementos a serem controlados (saídas).

Figura 10 - Diagrama de blocos do controlador lógico programável

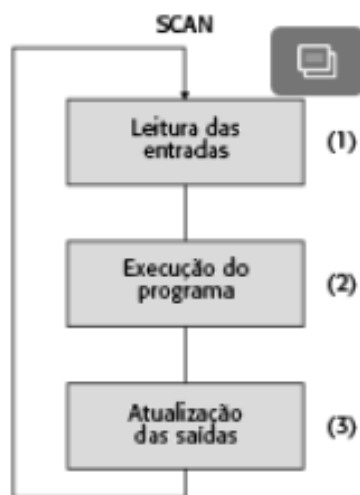


Fonte: Franchi e Camargo (2009)

De acordo com Silveira e Santos (2002), o funcionamento de um CLP é realizado através de uma varredura cíclica que a CPU executa, fazendo a leitura das entradas, execução da programação e atualizando suas saídas.

A figura 11 mostra a representação do ciclo de *scan* do CLP.

Figura 11 - Processos ocorridos em um ciclo de *scan* do CLP.



Fonte: Silveira e Santos (2002)

3.3.4 Linguagens de Programação

De acordo com Franchi e Camargo (2009), o meio de transmitir informações durante a comunicação entre dois ou mais elementos é denominado por linguagem. Esses elementos não ficam restritos aos seres humanos, nem mesmo é exclusividade dos seres vivos, já que máquinas podem ser construídas com tal capacidade.

Linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer.

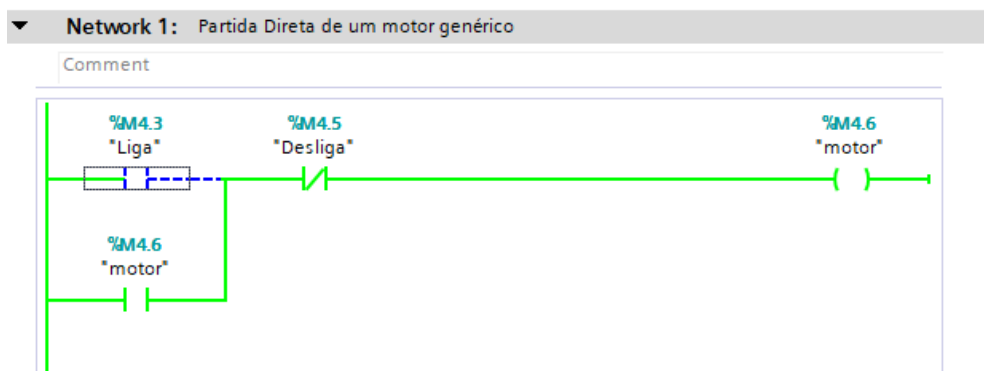
3.3.4.1 Linguagem Ladder

“Ladder é uma linguagem baseada na lógica de contatos, como se fosse um comando elétrico” (CAPELLI, 2013, p. 29).

Demonstrado na figura 12, nesta linguagem são utilizados símbolos como contatos e bobinas. Os símbolos e contatos programados em uma linha representam

as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica. Como resultado, determinam o controle de uma saída, que normalmente é representada pelo símbolo de uma bobina.

Figura 12 - Partida direta na linguagem ladder



Fonte: Autor (2021)

3.3.4.2 Linguagem Texto Estruturado

Texto estruturado é uma linguagem textual de alto nível e muito poderosa, inspirada em linguagem Pascal, que contém todos os elementos essenciais de uma linguagem de programação moderna, incluindo instruções condicionais (*if, then, else* e *case of*) e instruções de iterações (*for, while* e *repeat*). Das linguagens textuais é a mais potente, portanto, a mais recomendada para aplicações complexas que envolvam a descrição de comportamento sequencial (FRANCHI, CAMARGO, 2021, p. 37).

A figura 13 representa a lógica de programação em texto estruturado de uma partida direta, desenvolvida do software de programação TIA Portal.

Figura 13 - Partida direta na linguagem texto estruturado

IF...	CASE... OF...	FOR... TO DO...	WHILE... DO...	(*...*)	REGION
1					
2					<code>//Partida Direta em Texto Estruturado</code>
3					<code>IF "Liga" = 1 AND "Desliga" = 1</code>
4					<code>THEN</code>
5					<code>"motor" := 0; // Desliga Motor</code>
6					<code>ELSE</code>
7					<code>IF "Liga" = 1 AND "Desliga" = 0 THEN</code>
8					<code>"motor" := 1; // Liga Motor</code>
9					<code>ELSIF "Liga" = 0 AND "Desliga" = 1 THEN</code>
10					<code>"motor" := 0; // Desliga Motor</code>
11					<code>ELSIF "Liga" = 0 AND "Desliga" = 0 THEN</code>
12					<code>"motor" := 0; // Desliga Motor</code>
13					<code>END_IF;</code>
14					<code>END_IF;</code>

Fonte: Autor (2021)

3.4 Inversor de Frequência

De acordo com Capelli (2013), sendo um dos elementos de maior importância no ramo da automação industrial, o inversor de frequência e sua evolução tem contribuído para a melhoria de processos contínuos e plantas fabris.

De acordo com Capelli (2013), a função primordial de um inversor de frequência é o controle de torque e velocidade de um motor em corrente alternada. É utilizado em diversas aplicações, como elevadores, máquinas, ferramentas, tração mecânica entre outros.

Segundo Capelli (2013), existe algumas vantagens quando o inversor de frequência é utilizado:

a) Suavização de perdas nas máquinas

O aumento da vida útil de componentes mecânicos é resultado da utilização de rampas de aceleração e frenagem, que reduzem o impacto sobre os equipamentos.

b) Economia de energia

O inversor economiza energia elétrica. Dois exemplos são bombas e ventiladores, na qual o consumo é reduzido ao cubo. Dependendo do motor

que está sendo utilizado, em meia velocidade, pode ter reduções 87.5% no gasto de energia em relação à partida direta.

c) Melhoria nas condições ambientais

Outra vantagem no inversor é a redução do ruído sonoro, devido a possibilidade de trabalhar com velocidade abaixo da máxima, e também devido a rampa de aceleração.

3.4.1 Princípio de Funcionamento do Inversor de Frequência

Segundo Capelli (2013), na equação 1, a velocidade de rotação de um motor AC depende da frequência da rede de alimentação. A frequência e a rotação são diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência, maior será a rotação.

$$N = 120 \cdot f / p \quad (1)$$

Sendo

N = rotação em rpm

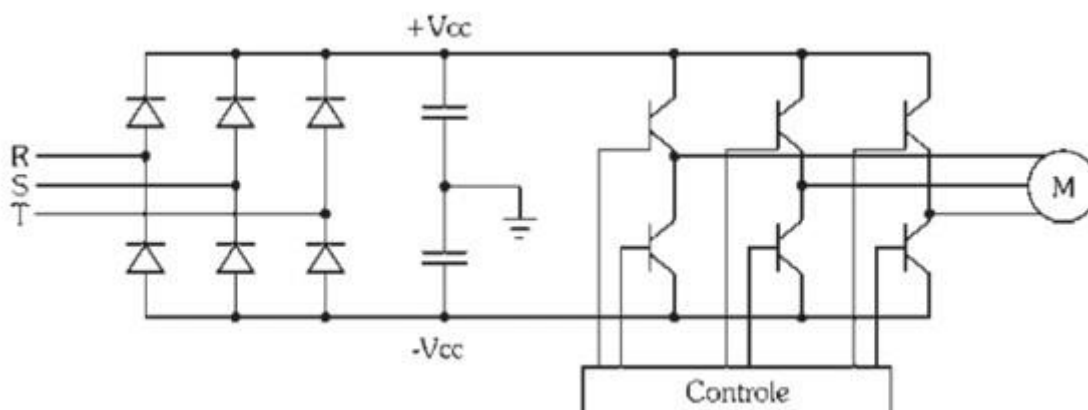
f = frequência da rede, em Hz

p = número de polos

Assumindo que o número de polos de um motor AC seja fixo (de acordo com a construção do motor), ao variar a frequência de alimentação, a velocidade terá uma variação na mesma proporção.

3.4.2 Circuito Interno do Inversor de Frequência

Figura 14 - Representação básica do circuito interno do inversor de frequência



Fonte: Capelli (2013)

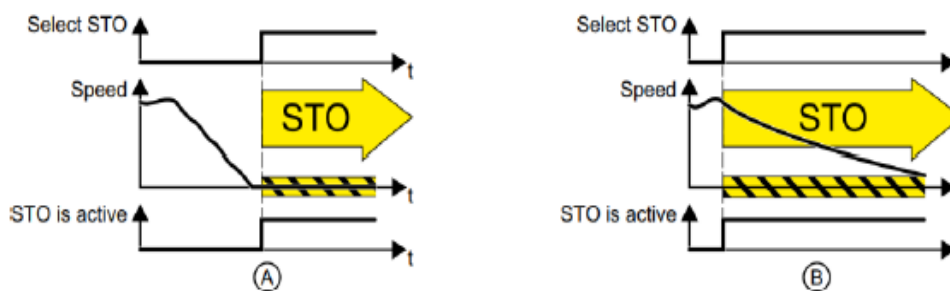
Segundo Capelli (2013), na primeira etapa do circuito mostrado na figura 14, tem-se uma fonte DC simétrica, que é resultado da associação de uma ponte retificadora e capacitores, a simetria existe devido a existência de um ponto de terra como referência. O barramento DC, por sua vez, alimenta um conjunto de seis transistores IGBTs (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) e que através de uma lógica de controle de chaveamento dos transistores, resulta na alternância do sentido da corrente que circula no motor. A variação da frequência de chaveamento dos transistores é proporcional a variação da velocidade do motor.

3.4.3 Paradas de Segurança, função STO

De acordo com a Siemens (2019), a função *Safe torque off* tem como sua principal característica a garantia de que nenhuma energia fluirá do inversor para o motor. O inversor impede os pulsos na saída do motor, garantindo assim que não haja toque no seu eixo.

Na figura 15 existem dois gráficos com exemplos do funcionamento do inversor em dois cenários diferentes. No cenário A o motor já estava em repouso quando a função STO foi ativada, prevenindo a partida do motor, enquanto que no cenário B a função foi ativada com o motor operando, fazendo com que o motor pare por inércia.

Figura 15 - Demonstração da função STO



Fonte: Siemens (2014)

3.5 Interface Homem Máquina (IHM)

As IHMs de acordo com Branquinho (2014) são ferramentas que tem como função permitir a interação entre o usuário e o controlador de um determinado processo.

Segundo Moraes e Castrucci (2010) a IHM é um hardware industrial composto normalmente por uma tela de cristal líquido e um conjunto de telas para navegação ou inserção de dados que utiliza um software proprietário para a sua programação.

As IHMs de acordo com Branquinho (2014) trazem uma série de características importantes:

- a. Dependendo do modelo ou marca que está sendo utilizado, as IHMs variam do simples display de caracteres até os terminais *touch-screen* com capacidades avançadas de processamento e comunicação.
- b. Em relação à comunicação, nas IHMs normalmente é utilizada a comunicação série RS-232C; em outras mais avançadas é utilizada comunicação Ethernet.
- c. Possibilidade de proteção por meio de usuários, atendendo hierarquias de usuários e cada um com a possibilidade de acesso a determinada função.

3.6 Redes Industriais

De acordo com Rosário (2005), as redes industriais surgiram da necessidade de interligar CLPs e computadores. A junção desses equipamentos permitiu o compartilhamento de recursos de dados, as quais passaram a ser únicas, sem a necessidade de serem replicadas, fornecendo segurança aos usuários das informações.

De acordo com Albuquerque (2009) com o avanço da tecnologia e a possibilidade do uso de redes industriais, tornou-se possível o processamento remoto de dados, sendo que até a década de 1960, os computadores eram utilizados de maneira isolada, ou seja, sem o recurso de compartilhamento de dados de maneira remota.

3.6.1 Rede Profinet

Segundo Lugli e Santos (2019), surgiu da necessidade de uniformização no chão de fábrica. O profinet é um padrão de automação normatizado pela Profibus Industrial para a implementação de soluções baseadas em ethernet industrial.

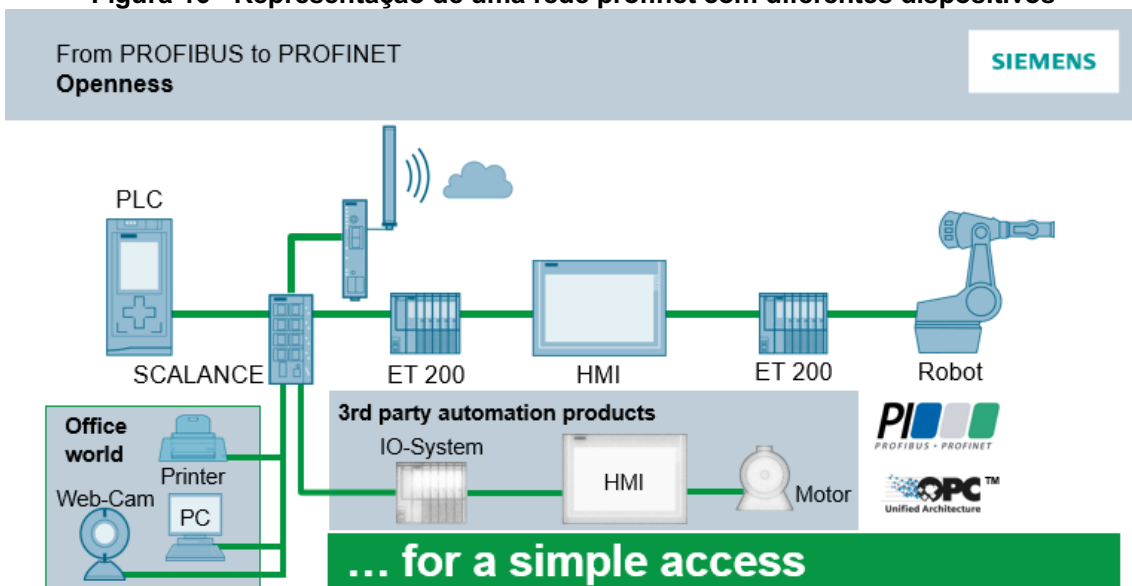
O Profinet suporta a integração de um simples dispositivo de campo a aplicações de tempo real, bem como a iteração de automação de sistemas distribuídos.

Segundo Lugli e Santos (2019), o profinet possui três tipos de dispositivos básicos, sendo eles: controlador, módulos de campo e sistemas de supervisão. As funções de cada elemento estão descritas a seguir:

- a) Controlador: mestre no qual o sistema é executado (sistema centralizado).
- b) Módulo de Campo: dispositivo de campo remoto que mantém comunicação com o controlador.
- c) Sistema de supervisão: dispositivo gráfico, programável que comissiona e tem funções de diagnósticos de rede.

A figura 16 mostra a representação de uma rede profinet, que faz a comunicação de equipamentos de distintas áreas de atuação.

Figura 16 - Representação de uma rede profinet com diferentes dispositivos



Fonte: Siemens (2017)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta etapa do trabalho será abordado como será realizado o processo de automação e também a descrição dos materiais com mais relevância utilizados no projeto.

4.1 Levantamento dos componentes

De acordo com os objetivos e necessidades do setor, foi realizado um levantamento dos equipamentos essenciais que seriam utilizados para o desenvolvimento da automação do setor.

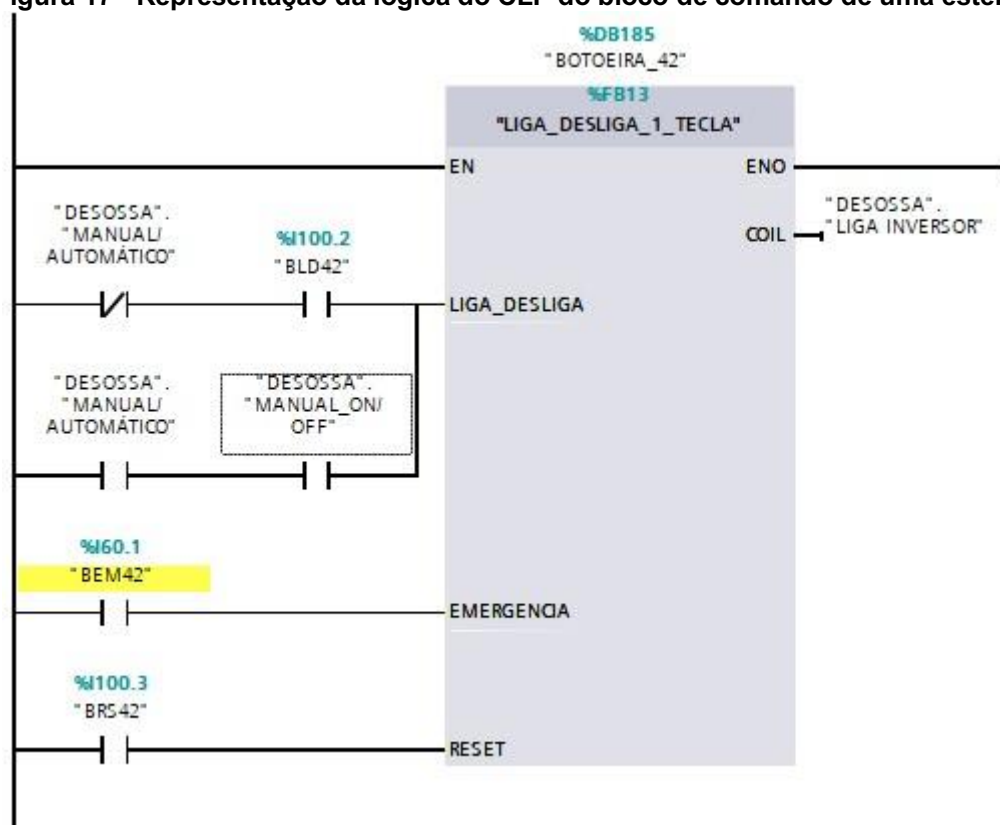
4.2 Programação do CLP

As etapas no qual será dividido o desenvolvimento da lógica de programação do CLP são o acionamento das esteiras, controle de velocidade das esteiras e o controle dos atuadores pneumáticos das esteiras de paleta.

4.2.1 Lógica de programação do acionamento das esteiras

Dependendo da etapa do processo, uma caixa de botoeiras pode realizar o acionamento de uma ou de um conjunto de esteiras. A figura 17 mostra a lógica desenvolvida na linguagem *ladder* que representa o acionamento de uma esteira do setor de desossa.

Figura 17 - Representação da lógica do CLP do bloco de comando de uma esteira



Fonte: Autor (2022)

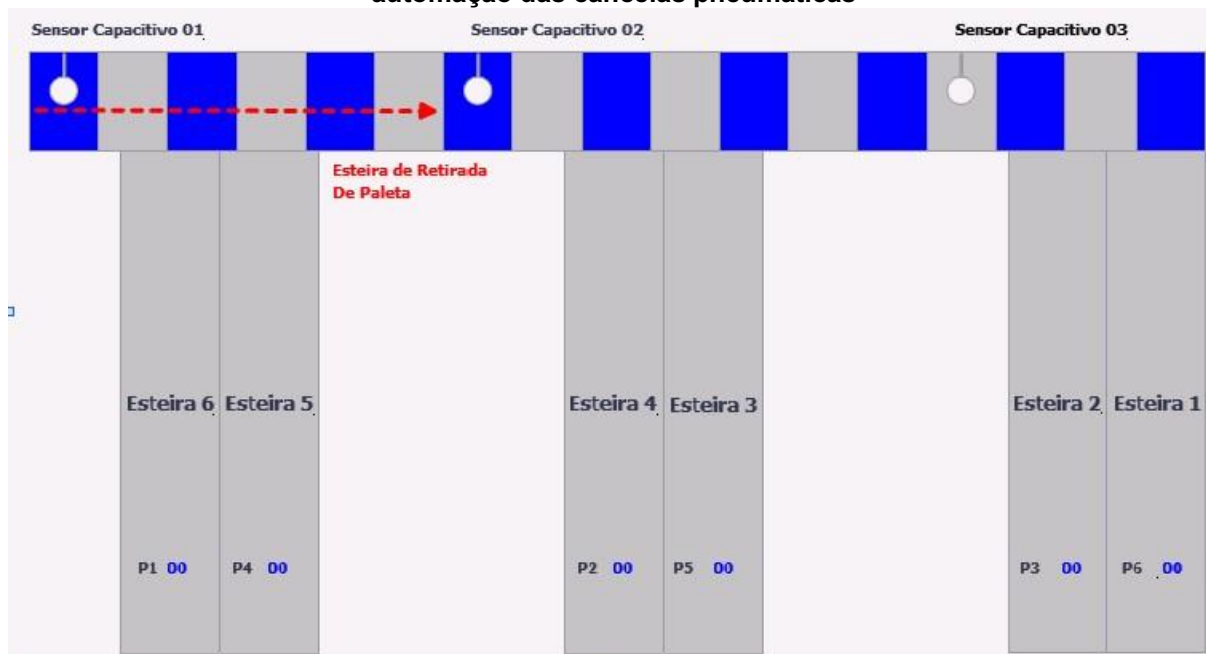
Observando a figura 17, tem - se a opção de escolher se o acionamento será em manual ou automático. A entrada digital BLD42 representa o botão de liga e desliga, a BEM42 representa o botão de emergência e o BRS42 o botão de reset de falhas.

4.2.2 Lógica de programação dos acionamentos pneumáticos

Para cada esteira de paleta existe um atuador pneumático que realiza o transporte da esteira de retirada de paleta para a sua respectiva esteira. Para desenvolver o controle de qual atuador iria ser acionado, foram utilizados três sensores capacitivos, um para cada duas esteiras de paleta.

A figura 18 mostra a localização dos sensores no decorrer da esteira de retirada de paleta.

Figura 18 - Representação do posicionamentos dos sensores capacitivos dentro da automação das cancelas pneumáticas



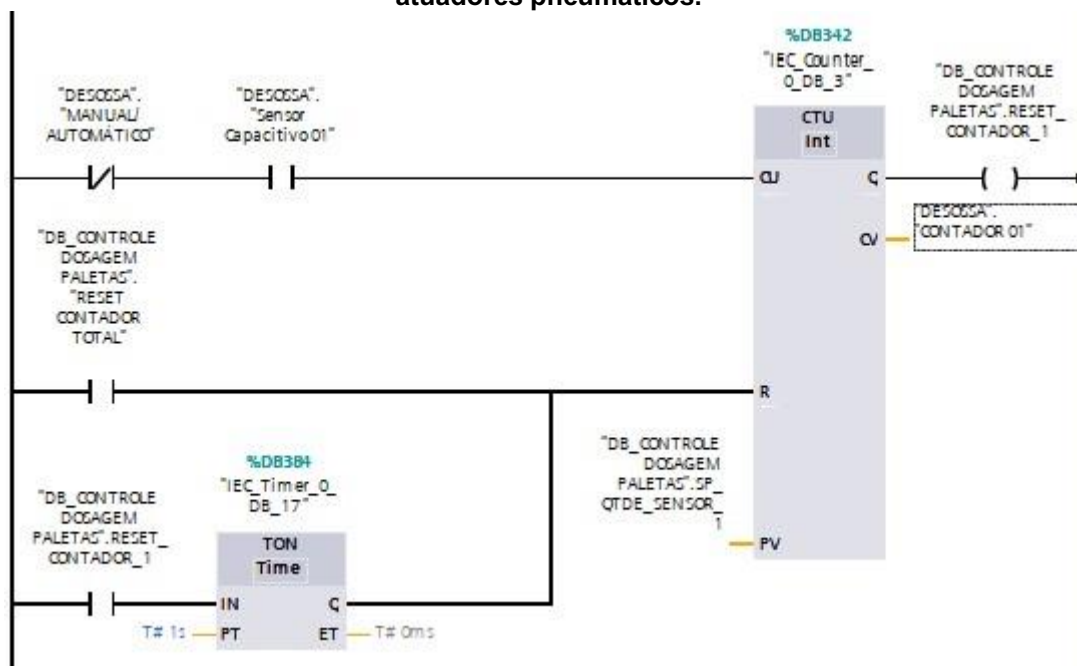
Fonte: Autor (2022)

As cancelas pneumáticas realizaram uma determinada sequência de acionamentos para que a carcaça seja realocada em sua específica esteira. De acordo com essa sequência, a ordem no qual as esteiras que receberão as paletas começa com a esteira 6, esteira 4, esteira 2, esteira 5, esteira 3 e esteira 1 e depois da última esteira receber peça o processo se reinicia.

Depois da definição da sequência de recebimento das paletas, foi desenvolvido a lógica no CLP, para o controle dessa etapa do processo. A lógica foi desenvolvida na linguagem *ladder* devido a sua simplicidade e por ser uma linguagem mais intuitiva.

A automação se inicializa quando a primeira paleta passa pelo sensor capacitivo 01 e fazendo com que o cancela pneumática atue, deslocando a paleta para esteira 06. Na figura 19 pode-se observar a lógica de programação que faz com que sensor atue sobre as cancelas.

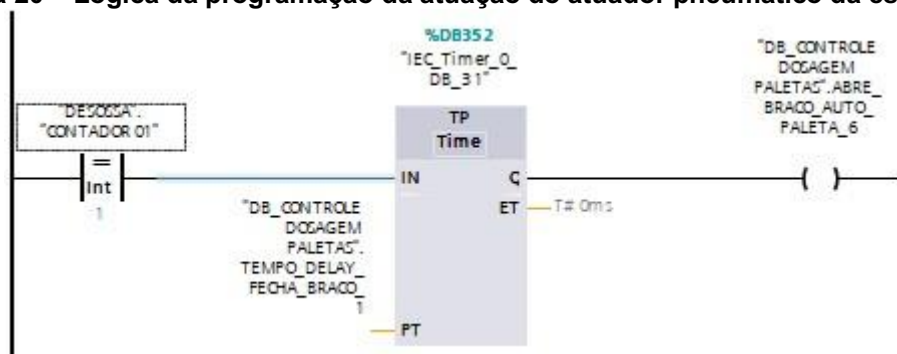
Figura 19 – Representação da lógica de programação da atuação da sensor sobre os atuadores pneumáticos.



Fonte: Autor (2022)

De acordo com a figura 19 quando o sensor capacitivo é acionado, o mesmo faz com que seja incrementado o valor de 1 em um contador, e valor desta contagem será o parâmetro que decidirá qual esteira receberá a paleta. No caso da esteira 06, quando a variável “CONTADOR 01” for igual a 1, a cancela da esteira 06 será acionada resultando com o deslocamento da peça situada na esteira de retirada de paleta para a esteira 06. Quando a o contador 01 atingir o valor de 6 o mesmo contará um tempo de um segundo e recomeça a contagem. A figura 20 representa a lógica de programação do acionamento do atuador pneumático da esteira 06.

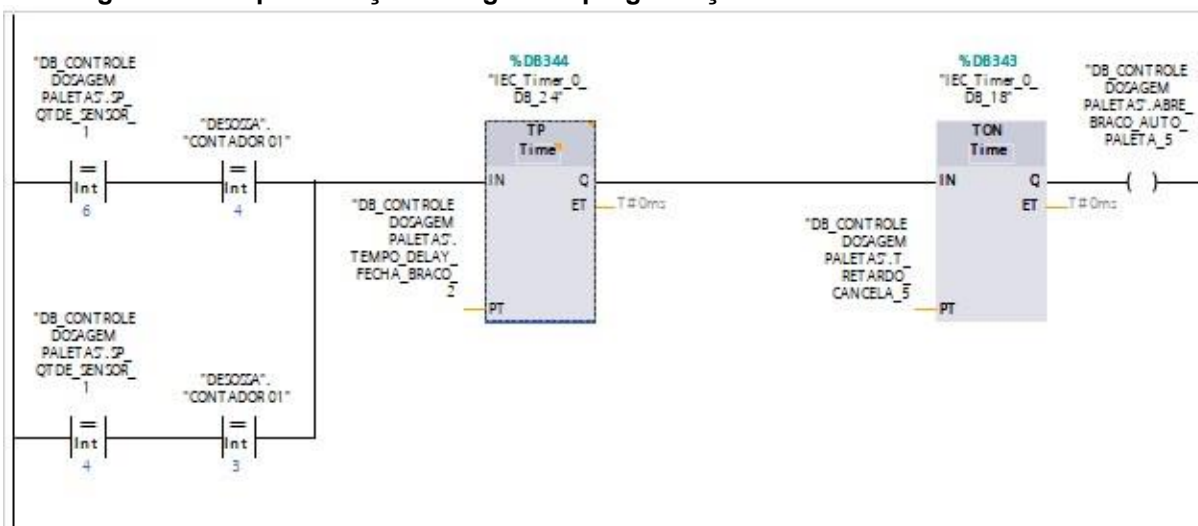
Figura 20 – Lógica da programação da atuação do atuador pneumático da esteira 06



Fonte: Autor (2022)

Para a esteira 05 utiliza-se também o sensor capacitivo 01, para a tomada de decisão que resultará no acionamento das cancelas. A programação do acionamento da cancela da esteira 05 está sendo representado na figura 21.

Figura 21 – Representação da lógica de programação do acionamento da cancela 05

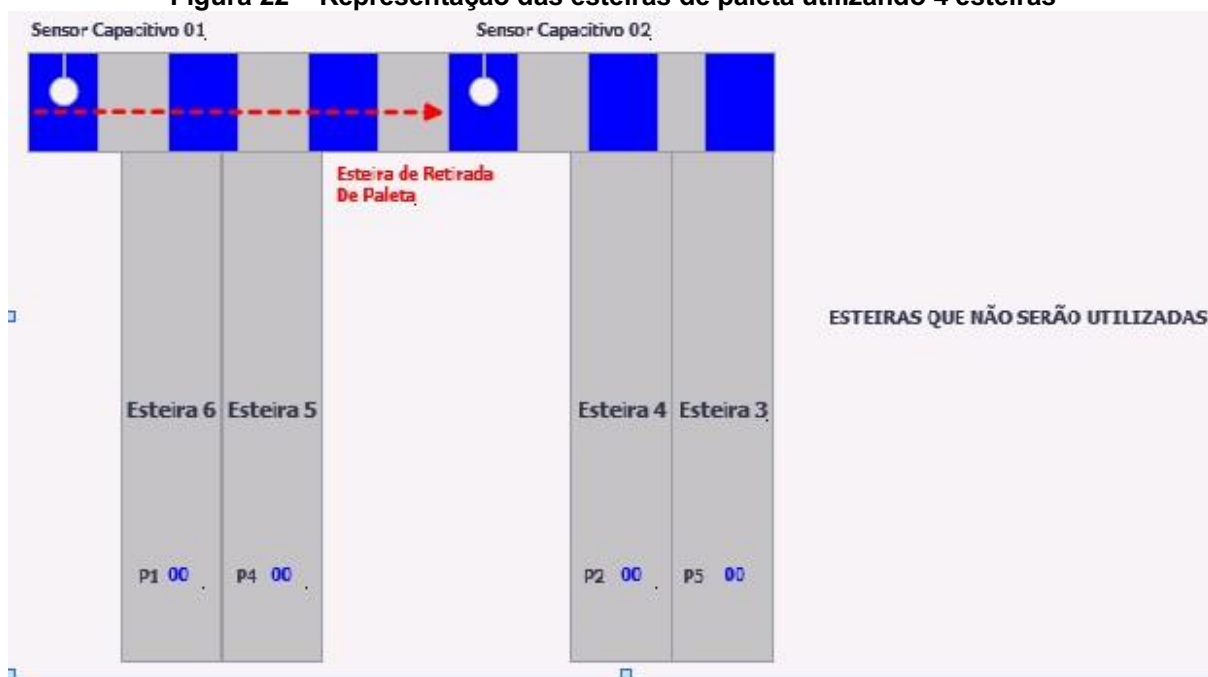


Fonte: Autor (2022)

De acordo com a figura 21, existe a opção de escolher as 6, ou somente as 4 primeiras esteiras para receber as paletas. Para a que a esteira 05 receba a peça, se for escolhido as 6 esteiras, quando o contador 01 for igual a 4 a cancela da esteira de paleta 05 atuará, se for escolhido as 4 primeiras esteiras a cancela acionará com uma contagem de 3 no contador 01.

Os temporizadores que estão sendo mostrados na figura 21, representam os tempos de abertura do atuador pneumático e o tempo para ele voltar a posição inicial. A figura 22 mostra a imagem do processo com 4 esteiras de paletas selecionadas.

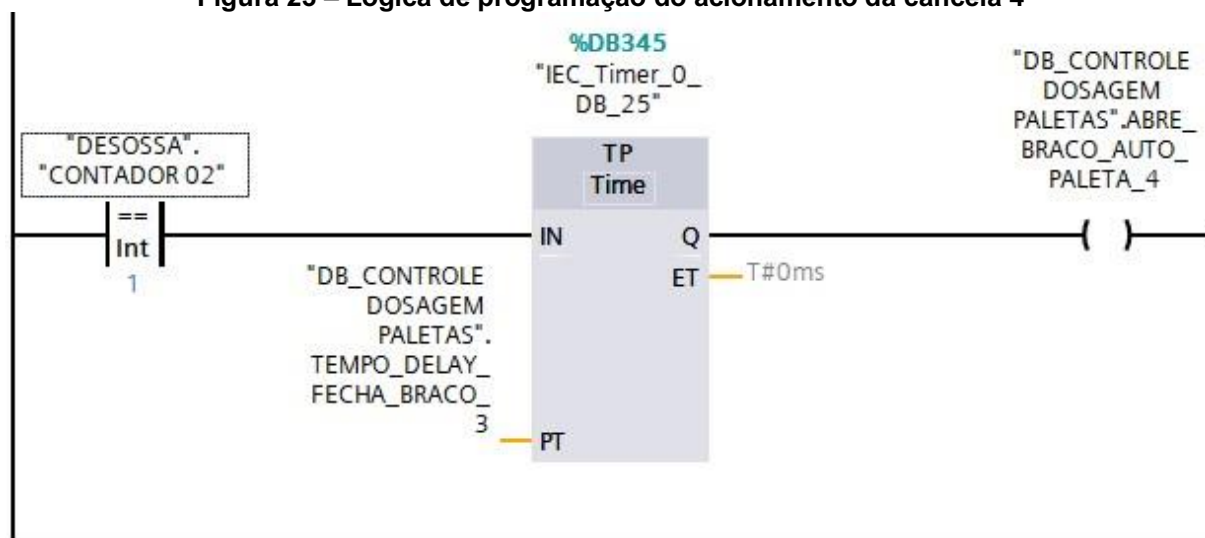
Figura 22 – Representação das esteiras de paleta utilizando 4 esteiras



Fonte: Autor (2017)

Para as próximas duas esteiras que pela ordem são a esteiras de paleta 4 e 3, o segundo sensor capacitivo será o que vai incrementar em um segundo contador, e o atual valor neste contador será o parâmetro de tomada de decisão para a atuação das cancelas pneumáticas das esteiras 4 e 3. Na figura 23 tem-se a imagem da lógica do controle das cancelas das esteiras 4.

Figura 23 – Lógica de programação do acionamento da cancela 4



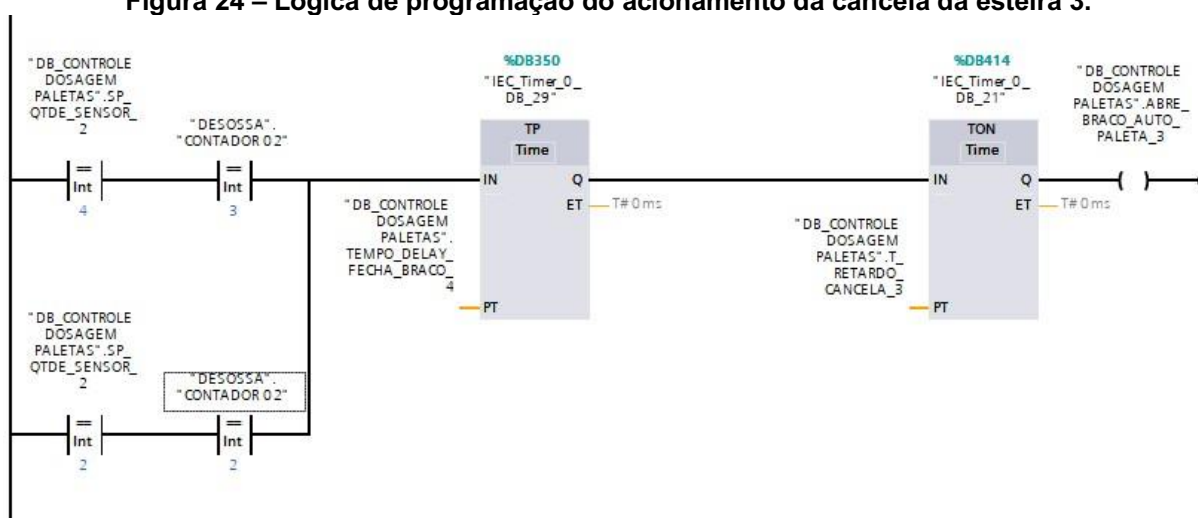
Fonte: Autor (2017)

Como observado na figura 23, independe da escolha das quantidades de esteiras selecionadas, quando a paleta atingir o sensor 2, o contador 2 receberá o valor de 1 resultando no acionamento da cancela pneumática da esteira 4.

Para esteira de paleta 3, o acionamento da cancela pneumática dependerá da quantidade de esteiras selecionadas. Se o operador selecionar 6 esteiras o contador do segundo sensor vai contar até 4 e depois reiniciar a contagem, ou se o operador selecionar 4 esteiras o contador vai contar até 2 e reiniciar.

Na figura 24, pode-se observar o valor no qual o contador deve obter para realizar o acionamento da cancela pneumática.

Figura 24 – Lógica de programação do acionamento da cancela da esteira 3.



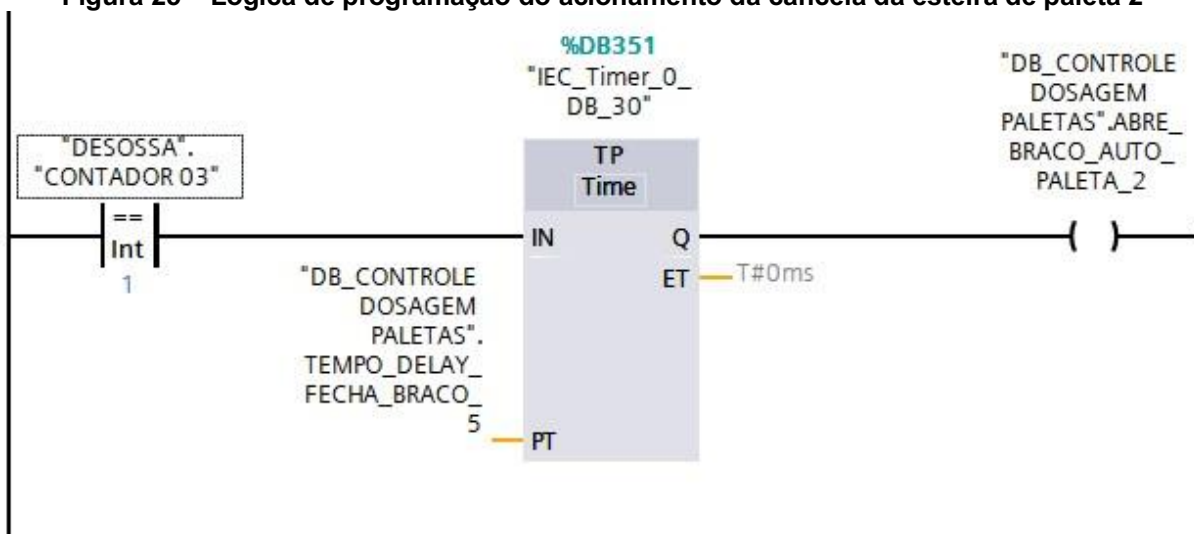
Fonte: Autor (2022)

Com base na figura 24, quando selecionado 6 esteiras e o valor do contador 2 for igual a 3, a cancela da esteira 3 será acionada. Se for selecionado 4 esteiras e o valor do contador 2 for igual a 2, resultará também o acionamento da cancela 3.

No último sensor, o que resultará no acionamento das cancelas das esteiras 2 e 1, a seleção da quantidade de esteiras não mudará o valor do contador 3 para cada uma das cancelas, isso acontece por que o sensor 3 é o último sensor posicionado ao longo da esteira de retirada de paleta.

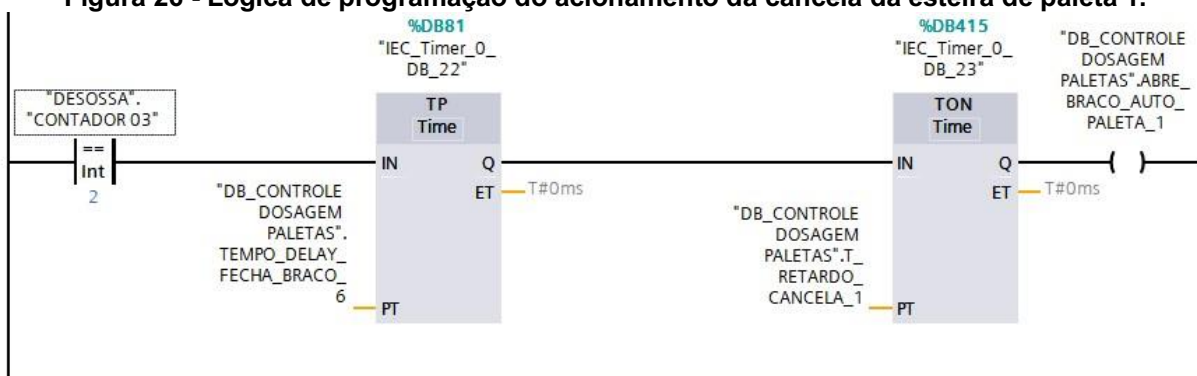
Mostrado nas figuras 25 e 26, para a esteira de paleta 2, quando o valor do contador 3 for igual a 1, a cancela da esteira 2 será acionando, e para a esteira 1, quando o valor do contador 3 for igual a 2, a cancela pneumática será acionada fazendo a carne ser deslocada para a esteira 1, e depois do contador 3 for 2, o mesmo contará um tempo se será zerado.

Figura 25 – Lógica de programação do acionamento da cancela da esteira de paleta 2



Fonte: Autor (2022)

Figura 26 - Lógica de programação do acionamento da cancela da esteira de paleta 1.



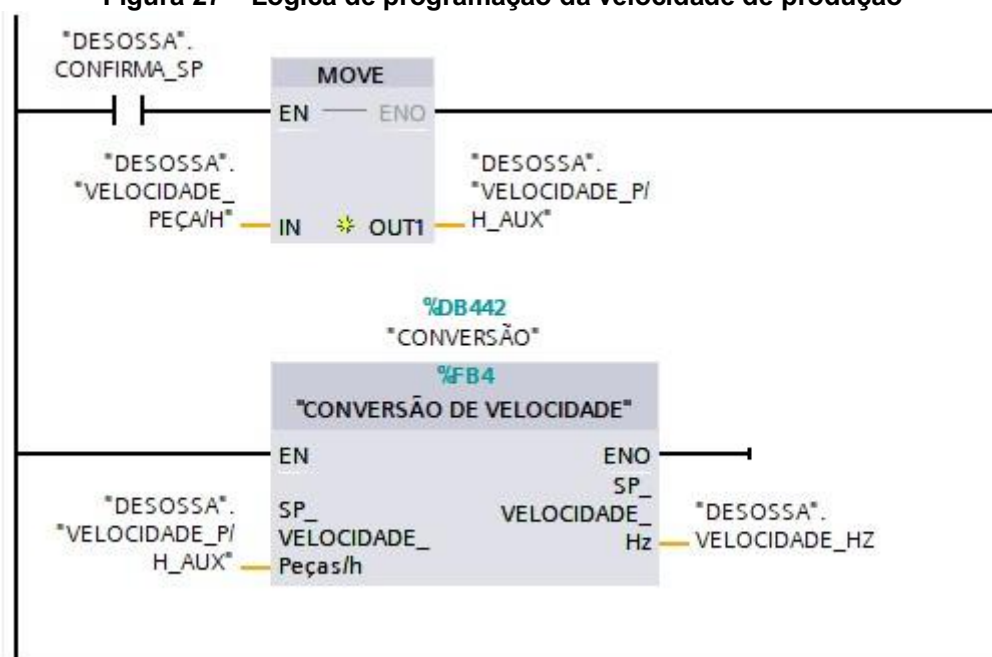
Fonte: Autor (2022)

4.2.3 Lógica de programação do controle da velocidade de produção

Foi proposto para a automação que a velocidade máxima que o setor poderia trabalhar é 480 carcaças/hora referente a uma frequência de 60 Hz no inversor de frequência que faz o acionamento do trilho transportador. A velocidade do trilho é também a velocidade de todas as esteiras do setor, mantendo uma padronização do setor inteiro.

A figura 27 mostra o bloco de conversão de velocidade, onde o operador selecionando o valor desejado o bloco fara a conversão em Hz para os inversores de frequência.

Figura 27 – Lógica de programação da velocidade de produção



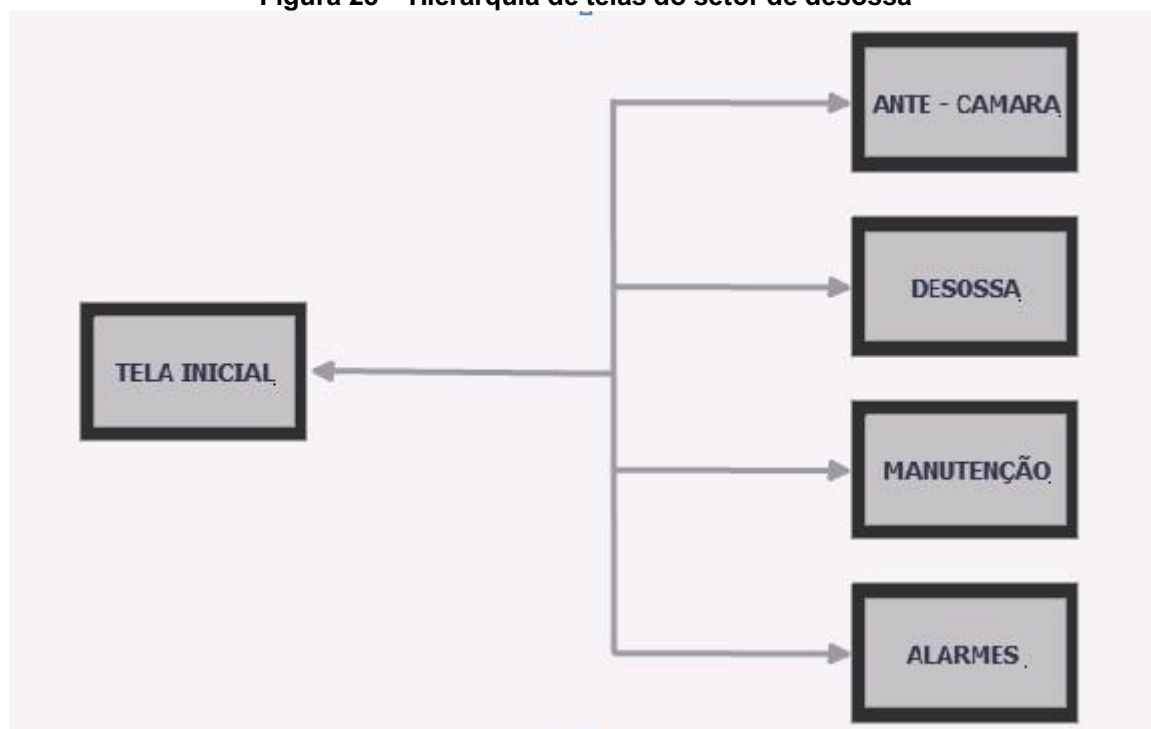
Fonte: Autor (2017)

4.3 Definição das telas da IHM

Para uma operação mais intuitiva e direta, foi desenvolvido uma hierarquia de telas na IHM, a partir da tela inicial, o operador pode acessar outras telas da aplicação como tela de alarmes, manutenção, tela de desossa, antecâmara e outras telas secundárias. Na figura 28 existe a representação da hierarquia adotada para a navegação no setor de desossa e também em outros ambientes.

A partir da tela inicial, existe a opção de navegar nas telas de antecâmara, desossa, manutenção, alarmes e voltar de qualquer tela para a tela inicial, cada uma dessas telas possuem botões para acionamento de equipamentos como também para navegação para telas secundárias como por exemplo tela de acionamentos individuais da esteiras e tela de histórico de alarmes.

Figura 28 – Hierarquia de telas do setor de desossa



Fonte: Autor (2022)

4.4 Rede industrial utilizada

Para o tipo de aplicação que será desenvolvido, o padrão de rede Profinet é o mais indicado para a automação, devido sua vantagem como sendo uma rede mais flexível e mais acessível que permite a junção de máquinas e equipamentos do chão de fábrica com aparelhos e equipamentos de outros setores.

Figura 29 – Representação da descrição da rede profinet e suas vantagens



Fonte: Siemens (2021)

Para esta aplicação, todos os equipamentos já estão padronizados para o uso da rede profinet. Um dos motivos que mais incentivou o uso da rede é a função *safety* integrada na rede e a utilização de módulos de entradas e saídas com comunicação profinet mostrado da figura 29.






4.5 CLP S71500

A motivação para o uso do CLP da Siemens S71500 vem pelo fato de que o mesmo tem um alto desempenho na execução do programa em sua CPU para a necessidade de um aumento na planta do projeto. Tem interface para utilização da rede profinet, um sistema de diagnóstico ativado automaticamente e integrado ao software de programação TIA Portal, comissionamento na própria IHM do CLP, função *safety* integrada entre outros.

A figura 30 representa o CLP S71500 com sua IHM integrada.

Figura 30 – Representação do CLP S71500 com sua IHM integrada

Itens do menu principal e seus significados:

-  **Overview** (Informações: CPU, proteção de programa, cartão de memória, segurança contra falhas (operação)...).
-  **Diagnostics** (alarmes, diagnostic buffer, mostrar mensagens, watch tables, tempo de ciclo, memória atual).
-  **Settings** (endereços, data e hora, modo de operação, reset da CPU, destravar Display, Backup, atualização de Firmware ...).
-  **Modules** (estados, MLFBs, versão, informação,... dos módulos individuais).
-  **Display** (ajustes: brilho, idioma para o Display/mensagens de diagnóstico, em espera,..., informações no Display: MLFB, versão, ...).

Cores das informações de estado e seus significados :

- verde** CPU em RUN.
- amarelo** STOP ou CPU em HOLD.
- vermelho** Erro (falha).
- branco** Ajuste de conexão ou conexão perdida com CPU.



Fonte: Siemens (2021)

4.6 Inversor SINAMICS G120

O inversor de frequência SINAMICS G120 tem como uma de suas principais características a inserção dentro do software de programação de CLP Tia Portal e também seu comissionamento fácil dentro do software.

A função *safety* integrada permite fazer funções de paradas seguras sem utilização de relés de segurança, usando somente a comunicação na rede profinet entre o CLP e o inversor. A configuração da função *safety* integrada no inversor precisa ser habilitada, pode-se habilitar esta função dentro do ambiente do software Tia Portal ou dentro de seu painel de operação inteligente (IOP).

A figura 31 indica um inversor da linha SINAMICS G120 e suas representações de sua unidade de potência, controle e operação. A figura 32 mostra o painel de operação inteligente que permite o comissionamento do inversor e ajustes de parâmetros sem a utilização de software.

Figura 31 - Representação do inversor G120

Fonte: Siemens (2018)

Figura 32 - Representação do painel de operação inteligente (IOP)

Intelligent Operator Panel IOP-2



Fonte: Siemens (2018)

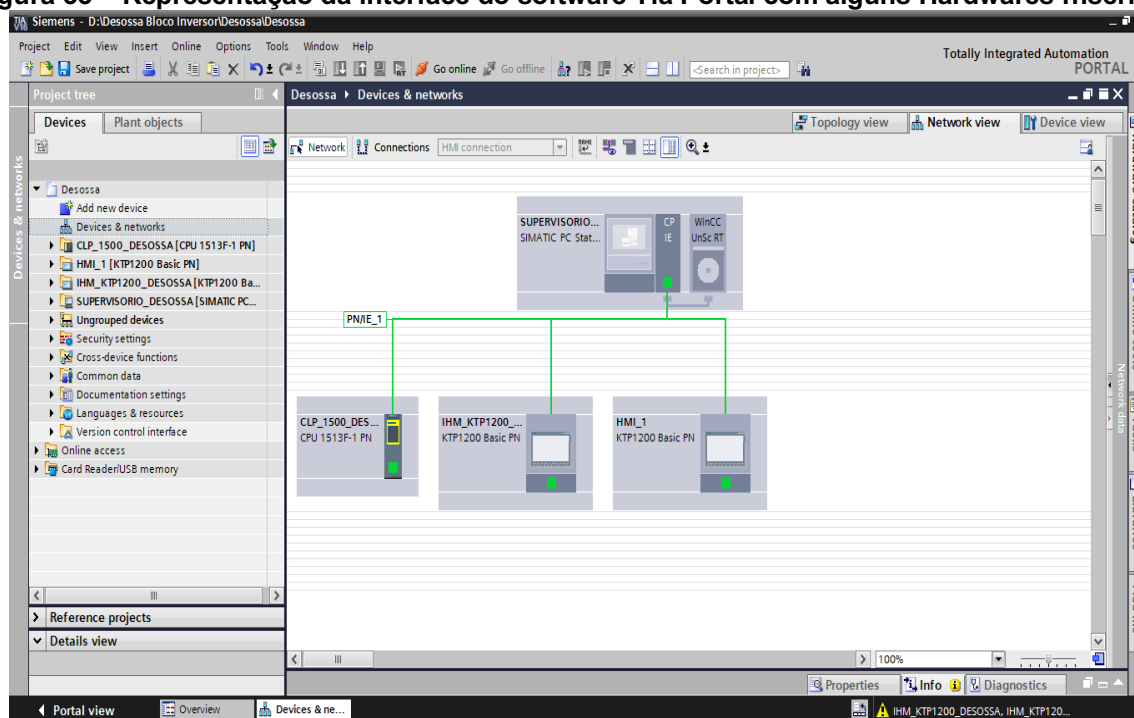
4.7 Tia Portal

Ambiente de Programação *Totally Integrated Automation Portal* (TIA Portal) é um software que reúne em um único ambiente, todas as ferramentas de configuração, programação e diagnósticos de produtos Siemens, como Step7, Wincc, Start drive. A união destes software em um único ambiente, facilita e agiliza o desenvolvimento, parametrização e diagnóstico de todo hardware inserido.

Em outras palavras, quando utiliza-se os hardwares da marca Siemens, o software de programação Tia Portal é usado para programação, inserção e comissionamento de todos, sendo uma vantagem no quesito tempo de desenvolvimento da automação.

Na figura 33, existe a representação do sistema supervisor e alguns hardwares ligados em rede profinet através da janela *network view* do Tia portal.

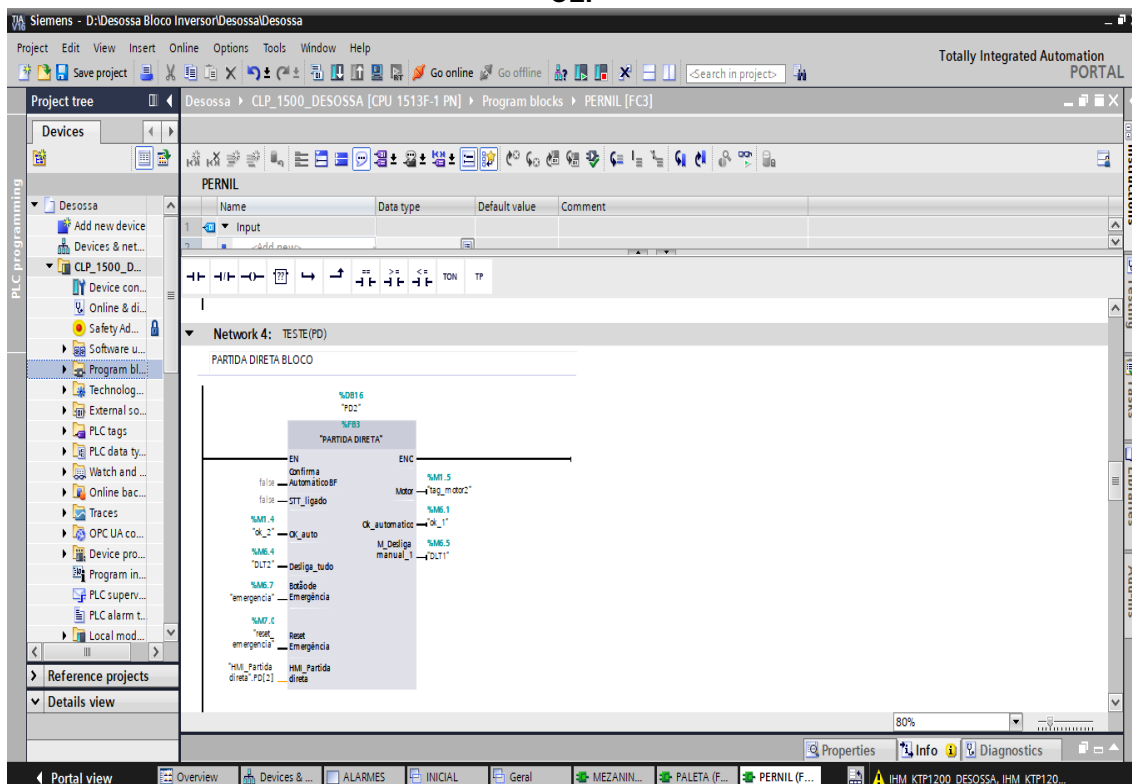
Figura 33 – Representação da interface do software Tia Portal com alguns Hardwares inseridos



Fonte: Autor (2021)

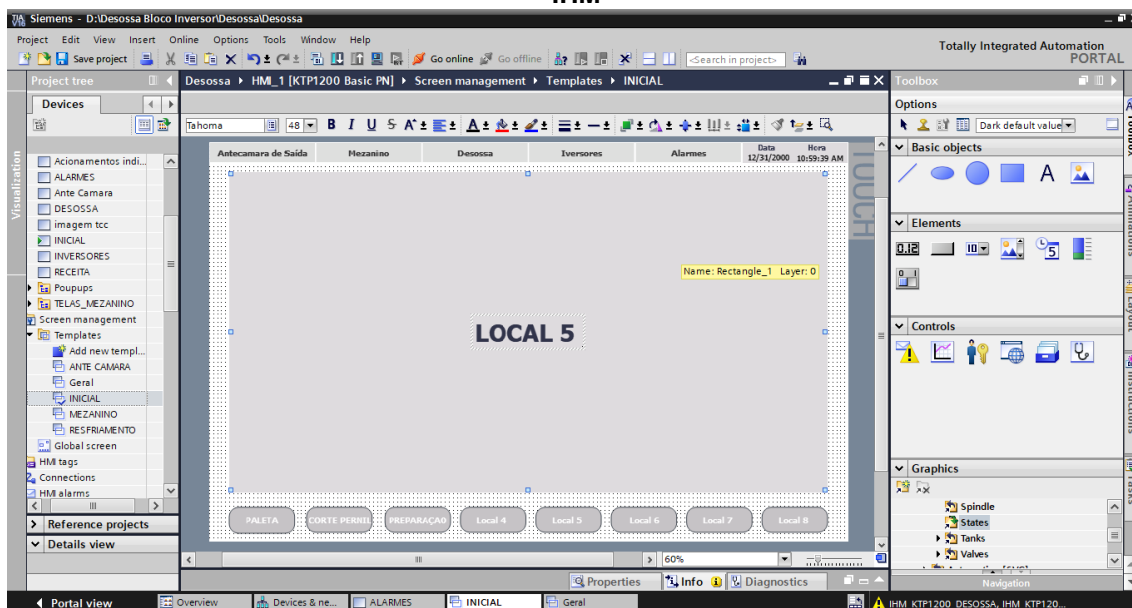
As figuras 34, 35 e 36, mostram os ambientes de programação de CLP, IHM, e janela de comissionamento de inversor de frequência do software TIA Portal. As linguagens de programação que serão utilizadas para automação do setor de desossa é *ladder* e texto estruturado.

Figura 34 - Representação da interface do software TIA Portal no ambiente de programação de CLP



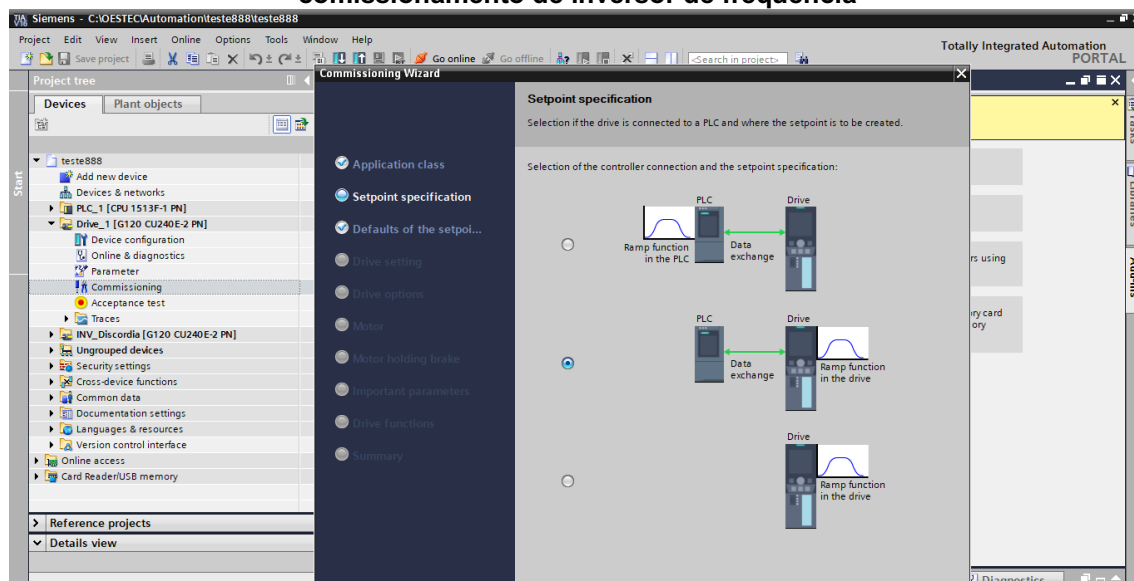
Fonte: Autor (2021)

Figura 35 - Representação da interface do software TIA Portal no ambiente de programação de IHM



Fonte: Autor (2021)

Figura 36 - Representação da interface do software TIA Portal no ambiente de comissionamento de inversor de frequência



Fonte: Autor (2021)

5 RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos através da análise do sistema de automação de acordo com os objetivos estabelecidos do trabalho.

5.1 Tabela dos componentes utilizados

O levantamento realizado dos equipamentos utilizados na automação do setor foram cuidadosamente escolhidos de acordo com a função e necessidade do projeto.

O *CLP* escolhido tem capacidade de executar todas as atividades propostas na automação do setor, como também pode fazer outras funções que não tenham relação com o setor, como acionamento de máquinas em outros setores e fornecimento de informações das máquinas para *IHM* ou sistemas supervisorio, isso é permitido devido a quantidade de memória e processamento da CPU escolhida.

O tamanho da *IHM* do setor foi proposto pelo cliente, sendo a mesma de 12 polegadas, todos os equipamentos como *CLP*, *IHM*, Inversores de frequência pertencem ao mesmo fabricante, sendo assim facilita no desenvolvimento de logicas e comunicação.

Os inversores de frequência foram selecionados de acordo com a potência de cada motor acionado, sendo as potências dos inversores 0.25KW 0.55 KW, 0.75 KW, 1.1KW, 1.5KW, 2.2 KW e 4 KW.

No quadro 1 tem – se a tabela dos componentes utilizados para a automação do setor de desossa. Este levantamento foi realizando desconsiderando possíveis alterações no projeto, como alguma máquina ou esteira adicional.

Tabela 1 - Lista de equipamentos utilizados no setor de desossa

CLP S71500 Siemens	1
IHM KTP 1200 Siemens	1
Inversor de Frequência G120C	40
Atuadores Pneumáticos	6
Caixa de Botoeiras	19
Sensores Capacitivos	3

Fonte: Autor (2021)

5.2 Lógica do CLP

Para validar o funcionamento da lógica desenvolvida, foram realizados testes em cada uma das esteiras em manual, e dos conjuntos de esteiras em automático.

Os testes realizados foram de acionamentos das esteiras, variação de velocidade das esteiras em relação ao trilho aéreo, testes de paradas de emergência, e testes do funcionamento dos atuadores pneumáticos nas esteiras de paleta.

No quadro 2 existe as informações dos procedimentos realizados na fase de teste da automação para os três procedimentos, acionamento, mudança de velocidade e acionamentos pneumáticos.

Tabela 2 - Informações na fase de teste da automação do setor de desossa

ACIONAMENTOS					
ESTEIRAS	BOTÃO LIGA/DESLIGA	BOTÃO RESET	BOTÃO DE EMERGÊNCIA	SENTIDO DE GIRO	ALTERAÇÃO NA VELOCIDADE
TRILHO AÉREO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Retirada de Paleta	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
PALETA 01	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
PALETA 02	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
PALETA 03	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
PALETA 04	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
PALETA 05	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
PALETA 06	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
PREPARAÇÃO PERNIL - 01	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
PREPARAÇÃO PERNIL - 02	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
PREPARAÇÃO PERNIL - 03	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
COSTELA – BARRIGA - 01	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
COSTELA - BARRIGA - 02	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
PREPARAÇÃO SOBREPALETA 01	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
PREPARAÇÃO SOBREPALETA 02	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
PREPARAÇÃO CARRÉ - 01	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
PREPARAÇÃO CARRÉ - 02	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
DESCORADEIRA BARRIGA	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
DESCORADEIRA COSTELA	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
DISCO 01	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
DISCO 02	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
DISCO 03	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
DISCO PEZINHO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor (2021)

De acordo com o quadro 2, foi desenvolvido um gráfico de pizza para cada coluna onde pode-se observar a porcentagem de sim ou não para cada tipo de ajustes.

Figura 37 - Porcentagem dos ajustes dos botões de Liga/Desliga



Fonte: Autor (2021)

De acordo com figura 37 pode-se observar que quase a metade dos botões de liga e desliga precisaram de ajustes, resultado de erros cometidos tanto em programação como em instalação.

Figura 38 - Porcentagem dos ajustes dos botões de reset

Fonte: Autor (2021)

De acordo com a figura 38, os botões de reset não apresentaram tantas falhas em relação aos de liga e desliga. Os motivos são os mesmos, sendo problemas de instalação e endereçamento de entradas e saídas no programa.

Figura 39 - Porcentagem de ajustes nos botões de emergência

Fonte: Autor (2021)

Observado a figura 39, os botões de emergência resultaram num aumento de 8% em relação ao número de ajustes realizados nos botões de reset. Este aumento pode ser resultado do tipo de ligação do botão de reset ser diferente dos de emergência.

Figura 40 - Porcentagem de ajustes no sentido de giro dos motores

Fonte: Autor (2021)

Com base no figura 40, podemos observar que mais da metade dos motores presentes no setor precisaram de ajustes para inverter o sentido de giro. O sentido de giro dos outros 39% não foram invertidos.

Para um melhor funcionamento do setor, fora, realizados ajustes de velocidade para algumas esteiras do setor. Estes ajustes foram realizados de acordo com a opinião dos operadores no momento da fase de testes.

A figura 41 mostra a porcentagem das esteiras com ajustes de velocidade.

Figura 41 - Porcentagem dos ajustes de velocidade

Fonte: Autor (2021)

Para os atuadores pneumáticos foram realizados apenas ajustes mecânicos, como mangueira de ar e ajuste de instalação das cancelas, o acionamento pela lógica do CLP foi realizado de acordo com o esperado.

5.3 Telas da IHM

As telas e *layouts* da IHM foram desenvolvidas com base na opinião dos operadores, quando eles não gostavam ou não se adaptavam, ajustes no desenvolvimento eram feitos, e mantidos quando aprovados as mudanças e alterações.

A primeira tela desenvolvida foi a tela inicial, neste tela o operador pode navegar para outras telas secundárias pois, no cabeçalho, existe os botões de navegação para as demais telas, sendo que na mudança de ambiente o cabeçalho continua o mesmo.

Na figura 42 pode-se observar a tela inicial, com o cabeçalho para a navegação.

Figura 42 – Tela Inicial da IHM , a tela se inicia com a logo da empresa

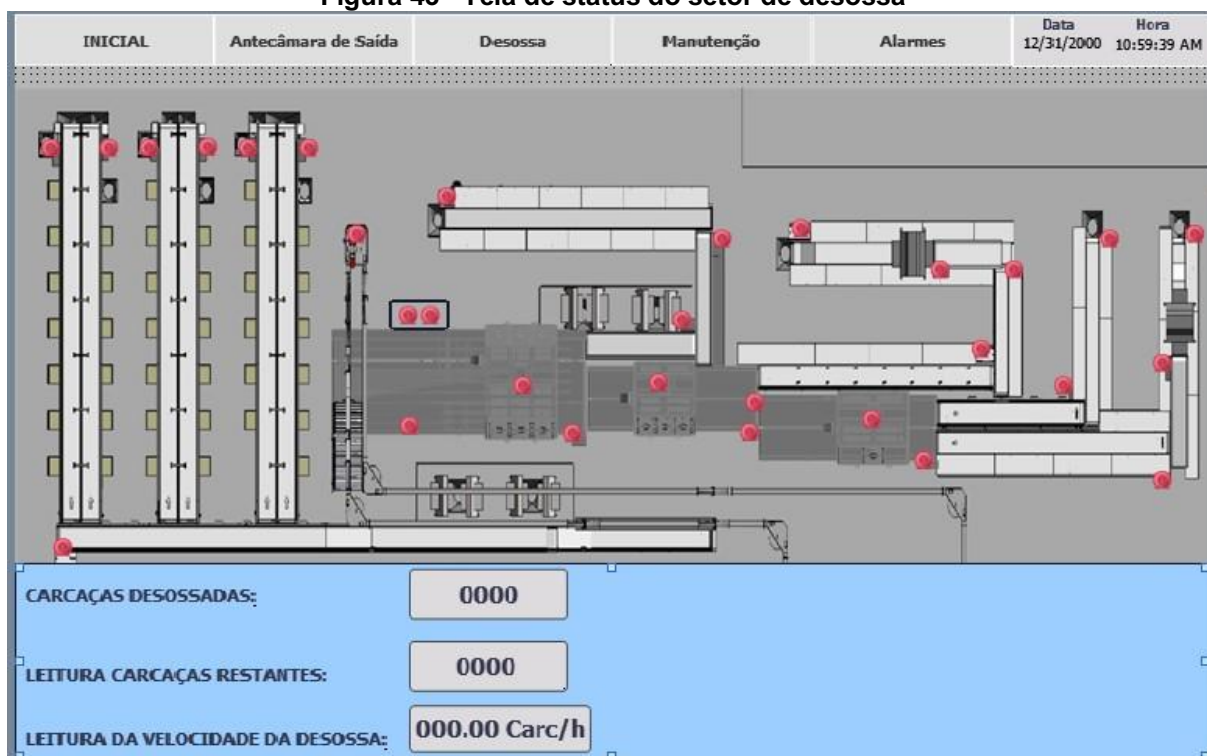
Fonte: Autor (2021)

O operador pode voltar a tela inicial quando desejar e também pode-se navegar para outras telas do processo. A próxima tela desenvolvida é a tela de status, essa tela possui os status de todos os motores do setor de desossa, sendo que cada motor tem o status de ligado, desligado e falha.

Ainda na tela de desossa, existem informações importantes da produção, como a quantidade de carcaças desossadas, o quanto de carcaças faltam para acabar a produção e a velocidade de produção.

A figura 43 mostra a tela de desossa com o status de cada motor do setor e informações da produção.

Figura 43 - Tela de status do setor de desossa



Fonte: Autor (2021)

Seguindo o cabeçalho de navegação, pode-se também navegar na tela de manutenção, onde somente o operador que possui uma senha pode acessar as telas e fazer os ajustes de acordo com sua necessidade.

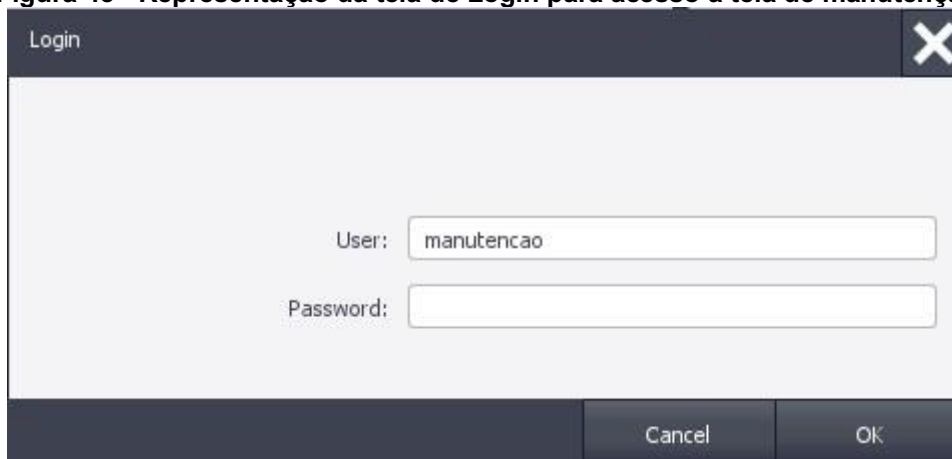
A figura 44 mostra a tela de manutenção com seus botões de navegação, a figura 45 mostra a janela onde o operador precisa inserir uma senha para o acesso a tela.

Figura 44 - Representação da tela de manutenção



Fonte: Autor (2021)

Figura 45 - Representação da tela de Login para acesso a tela de manutenção



Fonte: Autor (2021)

Continuando na tela de manutenção, existe o botão de navegação para a tela de produção, onde o operador pode ter acesso a informações da produção, como velocidade atual, total de carcaças a desossar, horário previsto para término de produção, e também o parâmetro de tempo de atuação das cancelas pneumáticas e a de quantas esteiras de paleta estão sendo utilizadas no processo.

A figura 46 mostra a imagem da tela de produção com seus parâmetros e informações.

Figura 46 - Representação da tela de produção

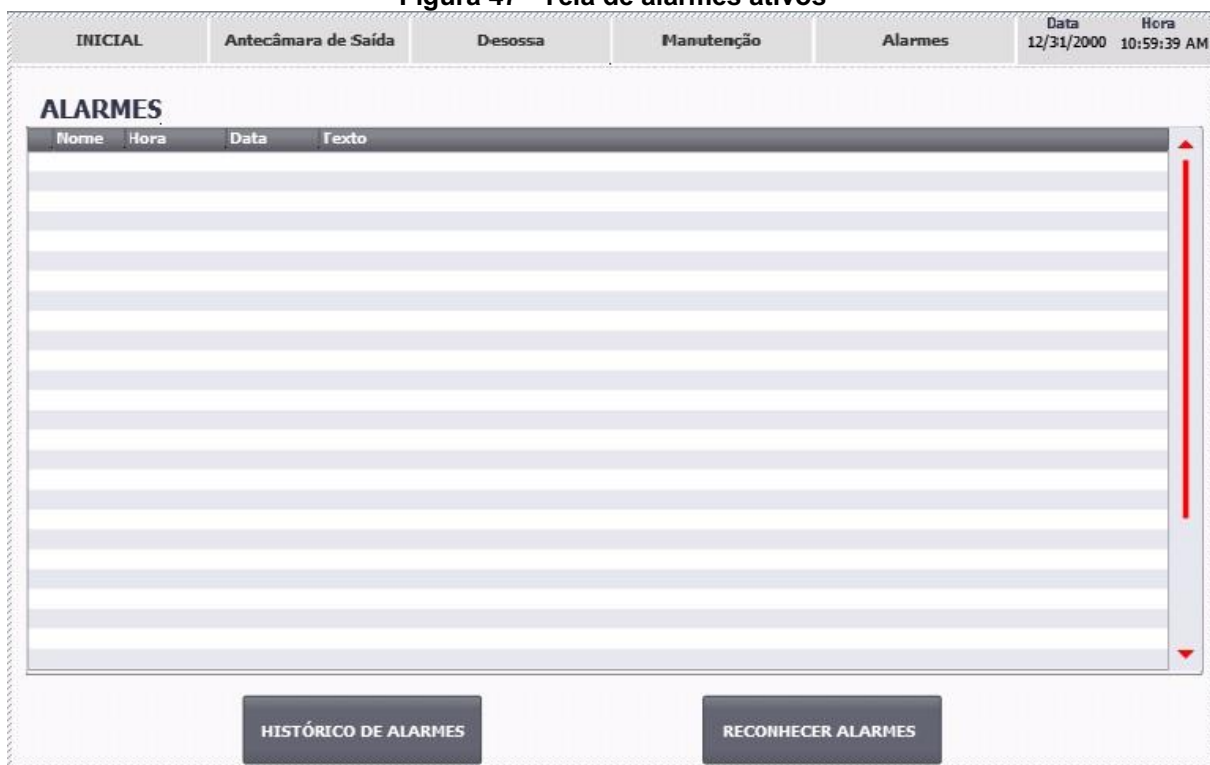
INICIAL	Antecâmara de Saída	Desossa	Manutenção	Alarmes	Data	Hora
					12/31/2000	10:59:39 AM
DADOS PRODUÇÃO:						
INSERIR QUANTIDADE TOTAL A DESOSSAR:		00000				
INSERIR A VELOCIDADE DA DESOSSA:		000 Carc/h		CONFIRMA		
LEITURA DA VELOCIDADE DA DESOSSA:		000.00 Carc/h				
CARÇAÇAS DESOSSADAS:		0000		RESET CONTAGEM		
LEITURA CARÇAÇAS RESTANTES:		0000				
PREVISÃO TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO:		10:59:59				
HORÁRIO PREVISTO DE TÉRMINO PRODUÇÃO:		10:59:59				
HORÁRIO PREVISTO RESTANTE:		10:59:59				
ANIMAÇÃO CANCELAS						
4 ESTEIRAS		5 ESTEIRAS				
RESET CONTADOR GERAL		0				
0000		RESET CONTADOR :		0		
T. aberta C5		RETARDC ABERT				
0000		0000				
T. aberta C4		RESET CONTADOR 2		0		
T. aberta C3		RETARDC ABERT				
0000		0000				
T. aberta C2		RESET CONTADOR 3		0		
T. aberta C1		RETARDC ABERT				
0000		00000000				

Fonte: Autor (2021)

Seguindo a ordem de navegação das telas da IHM, a próxima é a tela de alarmes onde o operador pode ver os alarmes ativos e fazer o reconhecimento das falhas, para depois realizar novamente o acionamento do equipamento.

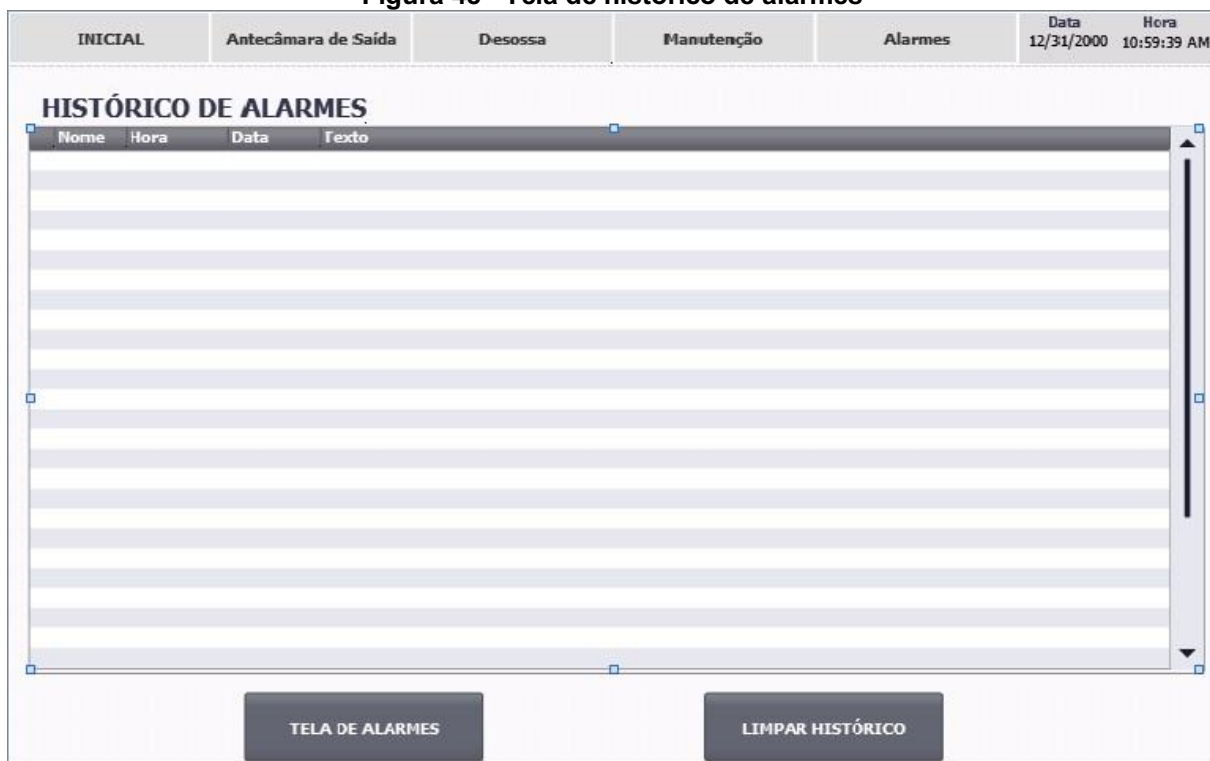
As figuras 47 e 48 mostram a tela de alarmes ativos e a tela de histórico de alarmes.

Figura 47 - Tela de alarmes ativos



Fonte: Autor (2021)

Figura 48 - Tela de histórico de alarmes

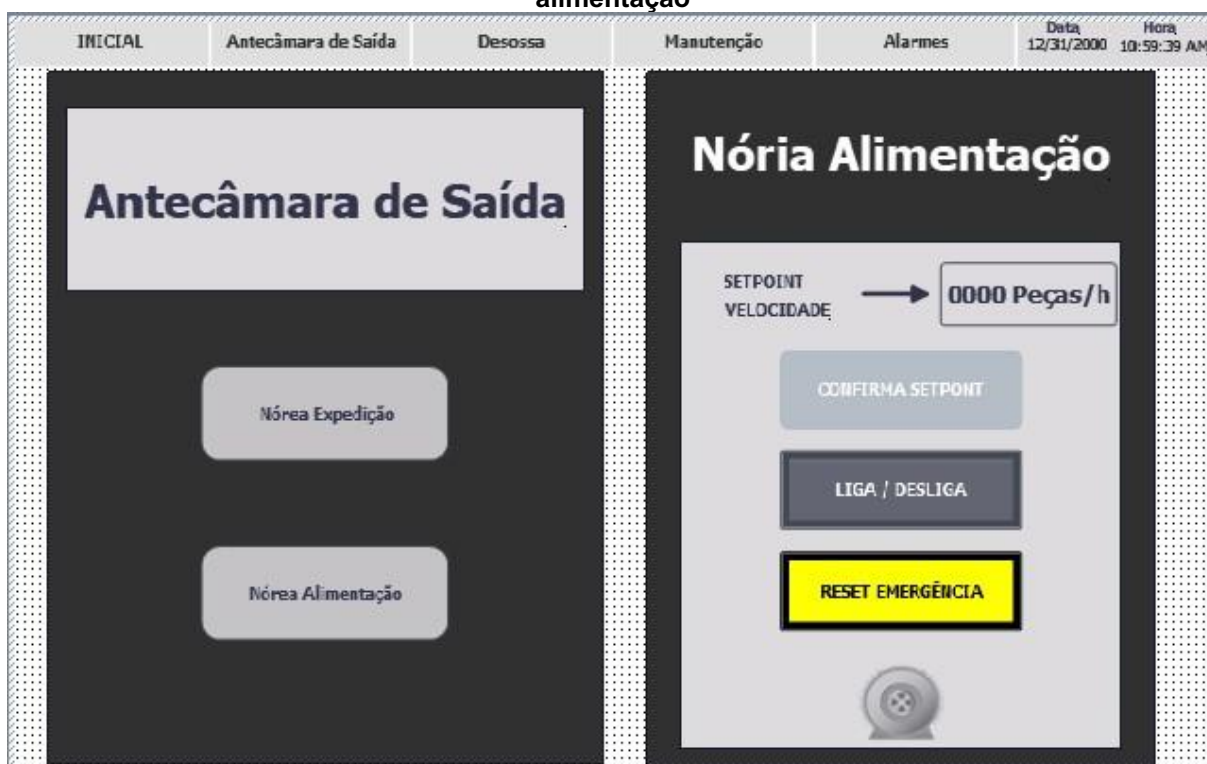


Fonte: Autor (2021)

No cabeçalho da IHM do setor de desossa também tem o botão de antecâmara de saída, onde o operador pode fazer o acionamento dos trilhos transportadores que não pertencem ao setor de desossa. O nome adotado para estes trilhos dentro da empresa é nória. Quando pressionado o botão de antecâmara de saída, sua respectiva tela é aberta fornecendo a possibilidade de escolher o acionamento e a mudança de velocidade de qualquer um dos trilhos.

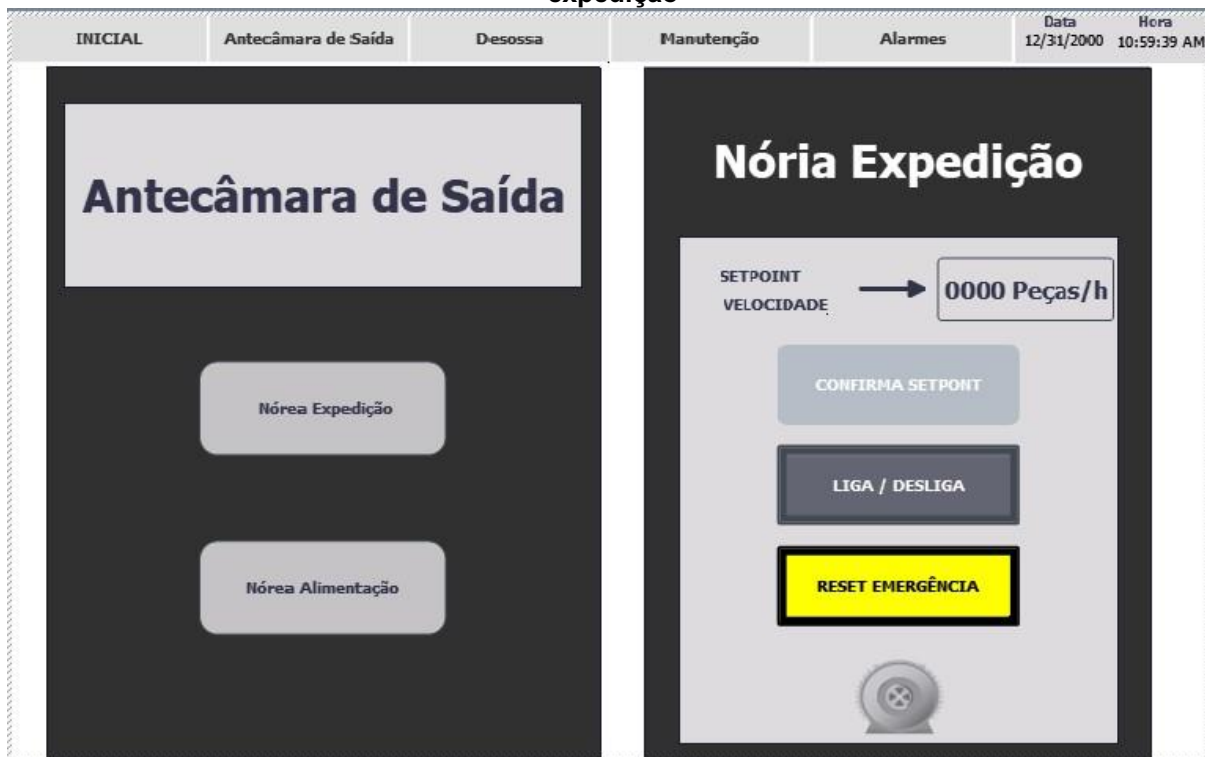
As imagens 49 e 50 mostram a tela de antecâmara de saída com o acionamento dos trilhos chamados de nória de alimentação e expedição. Pode-se observar que a parte esquerda da tela continua a mesma quando selecionado um trilho diferente.

Figura 49 - Representação da tela de antecâmara de saída no acionamento do trilho de alimentação



Fonte: Autor (2021)

Figura 50 - Representação da tela de antecâmara de saída no acionamento do trilho de expedição



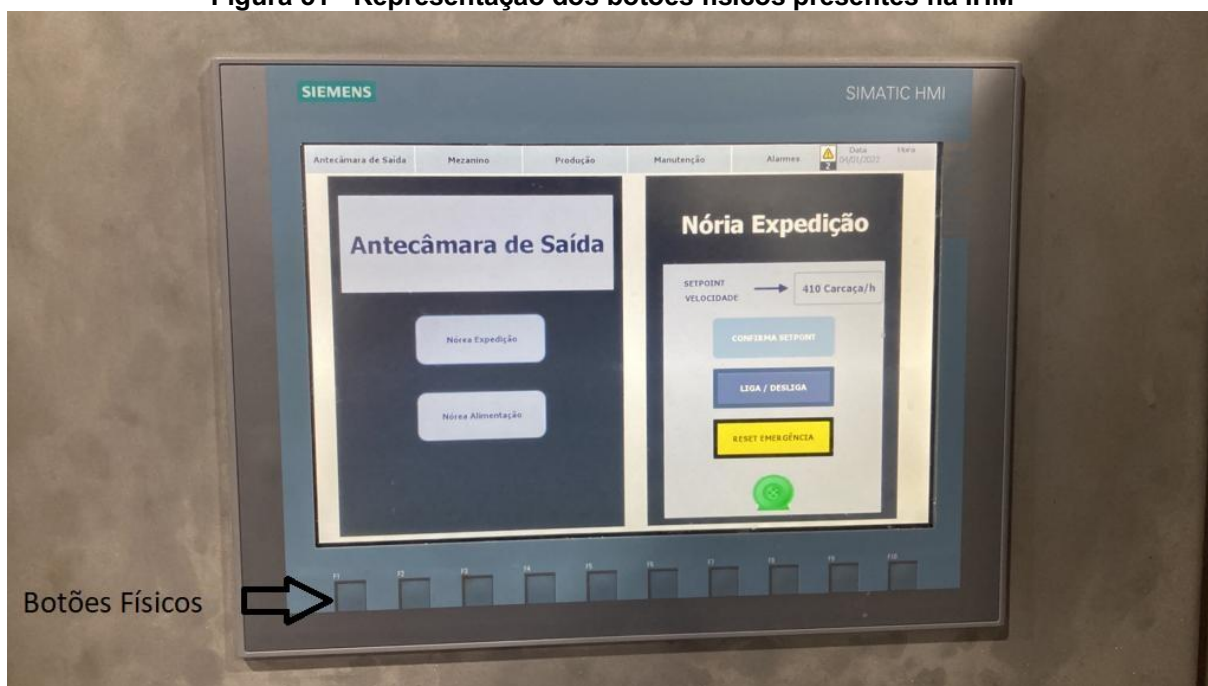
Fonte: Autor (2021)

Nas IHMs da marca Siemens existem botões físicos em baixo da tela, nestes botes pode-se realizar diversas funções como acionamento de motores, ativar a parte de configurações do dispositivo e navegações de telas.

Nesta aplicação os botões físicos presentes na IHM são utilizados para abertura de telas de todos os acionamentos do setor de desossa em modo manual, como também o possibilidade de inserir o valor de velocidade em cada um dos equipamentos, rampas de aceleração de desaceleração, reconhecimento de falhas e status de motor ligado ou desligado.

A figura 51 e 52 mostram a tela da IHM com seus botões físicos e uma das telas de acionamento manual.

Figura 51 - Representação dos botões físicos presentes na IHM



Fonte: Autor (2021)

Figura 52 - Representação da tela de acionamentos manuais

INICIAL	Antecâmara de Saída	Desossa	Manutenção	Alarmes	Data	Hora			
#1	EQUIPAMENTO	MOD0	COMANDO	STATUS	RESET FALHAS	VELOCIDADE	A	RAMPA ACEL.	RAMPA DESAC.
U4	ESTEIRA 1 DESOSSA PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U5	ESTEIRA 2 DESOSSA PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U6	ESTEIRA 3 DESOSSA PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U7	ESTEIRA 4 DESOSSA PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U8	ESTEIRA 5 DESOSSA PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U9	ESTEIRA 6 DESOSSA PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U10	ESTEIRA RETIRADA DE PALETA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U68	NOREA SUBIDA DE CARÇAÇA	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U1	ESTEIRA DO DISCO 1	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U12	ARRASTADOR DO PEZINHO	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00
U85	DISCO DO PEZINHO	AUTOMÁTICO	LIGA / DESLIGA		RESET	00.00 HZ	00.00	00.00	00.00

Fonte: Autor (2021)

6 CONCLUSÃO

Com a evolução cada vez mais crescente da tecnologia junto com o objetivo de produzir cada vez mais e com um maior controle do processo, torna indispensável um sistema produtivo automatizado.

A realização deste trabalho permitiu um sistema de automação eficiente onde o operador tem o controle do processo e acesso a informações da produção em tempo real resultando em uma maior produtividade do setor.

A lógica de programação foi fornecida à equipe interna de empresa podendo assim o cliente fazer alterações de acordo com suas necessidades, como por exemplo a adição de uma nova máquina ou mudança de layout da IHM.

Pode-se concluir que processos automatizados não podem ser resumidos apenas no desenvolvimento da programação de CLP e IHM, sendo que estas funções são apenas uma etapa no processo de automação como um todo. Outra etapa que não é menos importante e tornou-se considerável no decorrer do desenvolvimento do trabalho é a etapa de testes, como os ajustes dos botões, sentido de giro dos motores, controle de velocidade e ajustes físicos no exemplo dos atuadores pneumáticos.

Existe a possibilidade de melhorias a se fazer na automação do processo, como por exemplo um sistema supervisor onde o líder do setor pode ter uma visão ampla do processo estando em fase com a produção e tendo acesso a informações direto da sala de supervisão.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lucas Henrique Salame de. **Atualização Tecnológica, automação e controle de uma planta industrial didática**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2014.

BRANQUINHO, Marcelo Ayres; MORAES, Leonardo Cardoso; SEIDL, Jan; JUNIOR, Jarcy de Azevedo; BRANQUINHO, Thiago Braga. **Segurança de Automação Industrial e SCADA**. 1ª. Ed. São Paulo: Ed. Elsevier Ltda, 2014.

CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial Controle do Movimento de Processos Contínuos**. 3ª. Ed. São Paulo: Ed. Erica, 2013.

DAMO, Miron Matiazzo Benito. **Análise de riscos em frigorífico**. Monografia de especialização (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DORF, Richard C; BISHOP, Robert H. **Sistema de Controle Modernos**. 13ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

FRANCHI, Claiton Moro. **Inversores de Frequência teoria e aplicações**. 2ª. Ed. São Paulo: Ed. Erica, 2013.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis Sistemas Discretos**. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2009.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis Sistemas Discretos e Analógicos**. 3ª. Ed. São Paulo: Érica, 2021.

HEINIEN, Silmara Maisa. **Principais aspectos considerados por consumidores na aquisição de carne suína**. Trabalho de Conclusão de curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

LUGLI, Alexandre Baretela; SANTOS, Max Mauro Dias. **Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I, Profibus e Profinet**. 2ª. Ed. São Paulo: Ed. Erica, 2019.

MORAES, Cícero Campos de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Ed LTC, 2010.

PACHECO, José. **Guia técnico ambiental de frigoríficos industrialização de carne (bovina e suína) – serie p+I**, São Paulo, Federação da Indústria do estado de São Paulo (FIESP), 2006.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4ª. Ed. Porto Alegre: Ed. AMGH, 2014.

ROSÁRIO, João M. **Princípios de Mecatrônica**. 1ª Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SIEMENS. **ET 200 Do painel ao campo, uma solução completa**. 2018. Disponível em: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems/et-200sp.html>. Acesso em 29/04/2021.

SIEMENS. **May way from Profibus to Profinet**. 2011. Disponível em: https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html?gclid=Cj0KCQjwsqmEBhDiARIsANV8H3bxcsqAeyf8VHCTnM7K0XBXhBuetKUSPOx-GmFxdD3dsx5SkBQlc4UaAqATEALw_wcB. Acesso em 29/04/2021.

SIEMENS. **Simatic S7-1500**. 2021. Disponível em: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>. Acesso em 29/04/2021.

SIEMENS. **SINAMICS G120 Sales Slides The modular inverter .Energy-efficient, safe and rugged**. 2020. Disponível em: <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/drives/inversores/sinamics-g120-modular.html>. Acesso em 24/09/2021.

SIGHIERI, Luciano. **Controle Automático de Processos Industriais**. 2ª. Ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher LTDA, 1990.

SILVEIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q. **Um Breve Histórico da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**, Lagoa Nova, 2003. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf. Acesso em 09 de Abril de 2021.

SILVEIRA, Paulo Rogério da. **Automação e Controle Discreto**. 9ª. Ed. São Paulo: Ed. Erica, 1998.

SOUSA, Jakeline Santos de. **Carne suína: legislação, cortes e comércio (uma revisão)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) – Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2018.

SUINO.COM. **Carne suína se mantém estável e ganha competitividade frente ao frango**. 2021. <https://www.suino.com.br/carcaca-suina-se-mantem-estavel-e-ganha-competitividade-frente-ao-frango/> acesso em 21/04/2021.

THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, P, D. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 8ª. Ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2011.