

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

FELIPE ANDRÉ BAGNARA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA ESTEIRA
TRANSPORTADORA DE CAIXAS DE EMBALAGENS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ERECHIM – RS

2022

FELIPE ANDRÉ BAGNARA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA ESTEIRA
TRANSPORTADORA DE CAIXAS DE EMBALAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim.

Orientador: Prof. Esp. Fernando Luís Tartari
Peres

ERECHIM - RS

2022

FELIPE ANDRÉ BAGNARA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA ESTEIRA
TRANSPORTADORA DE CAIXAS DE EMBALAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim.

Erechim, 12 de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Fernando Luis Tartari Peres (Orientador)
URI Erechim



Prof.^a. Me. Camila Sampaio Dos Reis (Examinadora)
URI Erechim



Prof.^a. Me. Jessie Carvalho Bruhn (Examinadora)
URI Erechim

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de um protótipo de uma esteira transportadora de caixas de embalagens. A base para o estudo foi construída através da visita a uma empresa produtora de alimentos que utiliza caixas de embalagens para armazenagem do produto. O objetivo principal é fabricar um protótipo que representa uma esteira totalmente automática, gerando maior eficiência em sistemas de produção onde é necessário transportar caixas com produtos das linhas de produção até o centro de distribuição. A justificativa para o presente estudo é a melhoria dos processos industriais resultando em qualidade, padronização, segurança, efetividade e rapidez. Para evidenciar a importância deste estudo realizou-se a revisão bibliográfica apresentando conceitos de automação industrial e como ela está atualmente inserida na indústria, conceito e utilização do programador lógico programável (CLP), aplicações com esteiras transportadoras e componentes elétricos utilizados em automações. Além disso, será desenvolvida a lógica de programação do controlador lógico programável e da interface homem-máquina (IHM) que, quando aplicada no protótipo, controlará o trabalho da esteira. Por fim, com o protótipo montado serão realizados testes operacionais e a coleta de informações que servirão de embasamento para futuros trabalhos ou implementações reais.

Palavras-chave: Automação. Programação. Esteira. Protótipo. CLP.

ABSTRACT

This work presents the study and development of a packaging box carrier. A basis for the study was built through a visit to a food production company that uses the packaging box to store the product. The main objective is to automatically manufacture what is a fully efficient efficiency in production systems where even machines with the products of the distribution lines are needed. The justification for the improvement of quality processes, precision of studies, safety and the quality presented. To review the importance, the present series of industrial automation highlights was studied and how it is currently industry components, programming logic controller (PLC) concept and use, applications with electric conveyors used in automation. In addition, a programming logic for the programming logic controller (PLC) and the human machine interface will be developed, which, when applied, will not work, and will control the work of the conveyor belt. Finally, with the work carried out, operational and foundation tests will be carried out for real work or implementations.

Keywords: Automation. Schedule. Running machine. Prototype. PLC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pirâmide com os níveis de automação.....	17
Figura 2 – Balança de pescados.....	19
Figura 3 – “Casa” da Indústria 4.0.....	21
Figura 4 – <i>Weg Motor Scan</i>	22
Figura 5 – Controlador lógico programável estruturado em blocos.....	23
Figura 6 – Programa de automação em linguagem <i>ladder</i>	25
Figura 7 – Sensor óptico.....	26
Figura 8 – Circuito elétrico de uma célula de carga.....	27
Figura 9 – Tipos de botões.....	28
Figura 10 – Relé eletromecânico.....	28
Figura 11 – Fonte chaveada.....	29
Figura 12 – Circuito equivalente de um motor CC.....	30
Figura 13 – Processo de transporte de embalagem atual.....	31
Figura 14 – Processo de transporte de embalagem proposto.....	32
Figura 15 – Fluxograma do processo de transporte de embalagem proposto.....	33
Figura 16 – Controlador lógico programável.....	35
Figura 17 – Interface homem-máquina.....	36
Figura 18 – Relé acoplador de base.....	37
Figura 19 – Sensor infravermelho.....	38
Figura 20 – Motor CC.....	39
Figura 21 – Fonte chaveada.....	39
Figura 22 – Botoeiras.....	40
Figura 23 – Configuração da IHM.....	42
Figura 24 – Esteiras e acionamentos.....	44
Figura 25 – Componentes elétricos (painel).....	44
Figura 26 – Definições iniciais do projeto.....	45
Figura 27 – Lógica <i>ladder</i> da esteira principal.....	46
Figura 28 – Lógica <i>ladder</i> da esteira auxiliar.....	47
Figura 29 – Simulação online vista no software.....	48
Figura 30 – Simulação no CLP.....	48
Figura 31 – Simulação <i>offline</i> IHM (esteira principal)	49
Figura 32 – Simulação <i>offline</i> IHM (esteira auxiliar).....	50
Figura 33 – Protótipo de uma esteira transportadora de caixas de embalagens.....	51
Figura 34 – Componentes da esteira auxiliar 1.....	52
Figura 35 – Sensor de intertravamento.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das entradas do CLP.....	41
Tabela 2 – Descrição das saídas.....	41
Tabela 3 – Faixas de programação.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem-Máquina
CNC	Controle Numérico Computadorizado
VCC	Tensão em corrente contínua
Hz	Hertz
B	Byte
CI	Circuito Integrado
TTL	<i>Transistor – Transistor Logic</i>
CPU	Unidade Central de Processamento
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
b	<i>Bit</i>
SD	Cartão de Memória
USB	Entrada Serial Universal
IoT	Internet das Coisas
IA	Inteligência Artificial
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
IoS	Internet de Serviços
CPS	Sistemas Ciber Físicos
rpm	Rotação por minuto
IP	<i>Internet Protocol</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 Estrutura do Projeto.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Automação Industrial.....	16
2.1.1 Níveis de Automação.....	17
2.1.2 Automações com Esteiras Transportadoras.....	18
2.2 Indústria 4.0.....	19
2.2.1 Elementos Base da Indústria 4.0.....	20
2.3 Controlador Lógico Programável.....	22
2.3.1 Arquitetura de um CLP.....	23
2.3.2 Linguagem <i>Ladder</i>	24
2.4 Componentes Elétricos.....	25
2.4.1 Sensores.....	25
2.4.2 Botão de Comando e Chaves.....	27
2.4.3 Relés Eletromecânicos e Contatores.....	28
2.4.4 Fonte Chaveada.....	29
2.4.5 Motores Elétricos CC.....	30
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Processo de Transporte de Embalagem.....	31
3.1.1 Processo de Transporte e Embalagem Atual.....	31
3.1.2 Processo de Transporte e Embalagem Proposto.....	32
3.1.3 Fluxograma do Processo e Transporte de Embalagem Proposto.....	33
3.2 Materiais Utilizados.....	34
3.2.1 Controlador Lógico Programável (CLP).....	34
3.2.2 Interface Homem-Máquina (IHM).....	35
3.2.3 Relé Acoplador de Base.....	36
3.2.4 Sensor Infravermelho.....	37
3.2.5 Motor Elétrico CC.....	38
3.2.6 Fonte Chaveada.....	39
3.2.7 Botoeiras.....	40
3.3 Programação do Controlador Lógico Programável.....	40
3.4 Programação da Interface Homem-Máquina.....	41
3.5 Montagem do Protótipo.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1 Simulação no Software HCP Works.....	45
4.1.1 Iniciação do Projeto.....	45
4.1.2 Esteira Principal.....	46
4.1.3 Esteira Auxiliar.....	46
4.1.4 Testes Online da Programação do CLP.....	47
4.2 Simulação no Software HCT Designer.....	49
4.3 Funcionamento do Protótipo.....	50
5 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICE A – LÓGICA DA PROGRAMAÇÃO EM LADDER DA AUTOMAÇÃO.....	59

1 INTRODUÇÃO

Historicamente sabemos que o homem vem buscando meios para melhorar os sistemas de produção industriais, visando substituir o trabalho humano pelo trabalho com máquinas e linhas de produção automatizadas (LAMB, 2015). As indústrias perceberam a necessidade de produzir produtos em grande quantidade para atender as demandas do homem, além disso, os produtos devem atender padrões e possuir qualidade (RODRIGUES, 2016). Para isso, o surgimento da automação industrial foi de extrema importância e vêm contribuindo principalmente com o avanço tecnológico e com o surgimento da Indústria 4.0 (DA QUINTINO, 2019).

As indústrias, em geral, estão em constante busca de redução de custos. Alguns dos geradores de custos são o retrabalho de produtos, acidentes de trabalho, máquinas ineficientes, admissão e demissão, energia elétrica, desperdício em geral. Portanto, as indústrias devem encontrar maneiras para reduzir ao máximo esses tipos de problemas que afetam tanto as finanças como também a cadeia de produção (RIBEIRO, 2017).

Para desenvolvimento deste trabalho, foi realizada a visita em uma empresa produtora de alimentos, *candies* e chocolates, localizada na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. O levantamento de dados ocorreu no setor de empacotamento onde o produto acabado é paletizado manualmente e transportado até o centro de distribuição através de paleteiras e empilhadeiras. Isso pode acarretar problemas ergonômicos com os funcionários e acidentes de trajeto interno. Além disso, se percebeu a possibilidade de produtos estarem seguindo adiante com o peso fora do padrão e uma contagem ineficaz de produção. A automação pode solucionar os problemas existentes neste processo da indústria em questão.

Esteiras transportadoras são aplicadas em ramos produtivos, como, por exemplo, um navio cargueiro de minério de ferro que é carregado através de uma esteira ou também um silo de armazenagem de grãos onde o produto chega até ele por uma esteira (DIAS, 2019). Estas soluções podem ser aplicadas nesta indústria produtora de alimentos, é claro, com adaptações para o seu ramo produtivo.

Este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de um protótipo de esteira transportadora de caixas de embalagens. Para isso, foi desenvolvida a lógica de programação de um controlador lógico programável (CLP), onde este controla toda a esteira. Após desenvolvimento da lógica de programação, fabricou-se o protótipo que conta com duas esteiras auxiliares que coletam as caixas e uma esteira principal que direciona até o centro de

distribuição. Com a lógica de programação e o protótipo pronto, foi realizada a comunicação entre eles e os demais periféricos que fazem parte da automação.

Por fim, foram realizados testes operacionais para validação da lógica de programação e do protótipo. Os resultados obtidos podem ajudar futuros trabalhos na área de automação industrial ou até mesmo implementações reais nos diversos ramos produtivos existentes.

1.1 Objetivos

Os objetivos do presente estudo foram divididos entre o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

- Desenvolver o protótipo de uma esteira transportadora de caixas de embalagens.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolvimento da lógica de programação do controlador lógico programável (CLP).
- Fabricação do protótipo da esteira transportadora.
- Comunicação entre o (CLP), a interface homem-máquina (IHM) e os demais periféricos.
- Validar o protótipo.

1.2 Estrutura do Projeto

A estrutura do projeto está distribuída em cinco capítulos, começando pela introdução ao tema, onde está apresentado o cenário abrangente, nesse caso a automação industrial. Nele também está contido o problema a ser resolvido e suas possíveis soluções, os resultados esperados e a justificativa para realização deste trabalho.

No segundo capítulo, está a revisão bibliográfica, onde foi realizada a pesquisa de trabalhos e livros que contenham informação sobre automação industrial e Indústria 4.0,

conceito e utilização do controlador lógico programável (CLP), aplicações com esteiras transportadoras e os tipos de componentes elétricos utilizados na automação industrial.

No capítulo seguinte, encontram-se os procedimentos e métodos que foram usados para desenvolvimento do projeto como o levantamento de dados na empresa visitada, o desenvolvimento do fluxograma para fazer a lógica de programação, detalhes sobre as programações realizadas, materiais utilizados e montagem do protótipo.

Nos resultados e discussões, foram avaliados os resultados obtidos a partir dos procedimentos metodológicos adotados. Primeiramente o trabalho se desenvolveu através de simulações nos *softwares* de cada equipamento, em seguida foi carregado o programa no controlador lógico programável (CLP) e na interface homem-máquina (IHM) e com o protótipo pronto foram realizados os testes e ajustes necessários.

Por fim, na conclusão, foram resgatados os objetivos e descrito como os mesmos foram resolvidos, e apontado os resultados obtidos. Também foi citado alguns itens para sequência do estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo, apresenta detalhadamente o que é a automação industrial, trazendo alguns exemplos de aplicações, e os novos conceitos de automação que fazem parte da Indústria 4.0. Além disso, apresenta particularidades dos componentes elétricos utilizados em automações, destacando o Controlador Lógico Programável (CLP) que é elemento essencial em automações complexas.

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial foi usada inicialmente em pequenos acionamentos elétricos, como, por exemplo, ligar e desligar uma partida direta de um motor. Outro exemplo é a sinalização quando o nível de água em um tanque estiver no máximo ou mínimo usando um conjunto de boia elétrica, relé acoplador e sirene. Estes exemplos indicam que a automação desde seu princípio vêm sendo aplicada para substituir o trabalho humano em determinada atividade (FILHO, 2014).

É considerado um sistema industrial automatizado, um conjunto de máquinas e equipamentos que realizam atividades, sejam elas fáceis ou complexas, sem a intervenção direta do trabalhador (PRUDENTE, 2011). Um exemplo desse conceito é uma linha de produção de cadeiras para escritório, onde as atividades como pintura e solda são feitas através de máquinas robóticas, ou seja, máquinas automatizadas para este processo.

Nos dias de hoje a automação industrial faz parte de um conjunto que forma a chamada Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. A Quarta Revolução Industrial não trata somente de máquinas e equipamentos automatizados conectados entre si, mas sim da integração entre o meio físico e o digital, de conceitos como inteligência artificial na tomada de decisões, da nanotecnologia, das energias renováveis, da computação quântica, isso tudo, fazendo com que os sistemas de produção industriais se tornem cada vez mais independentes, eficazes e ecologicamente corretos (SCHWAB, 2016).

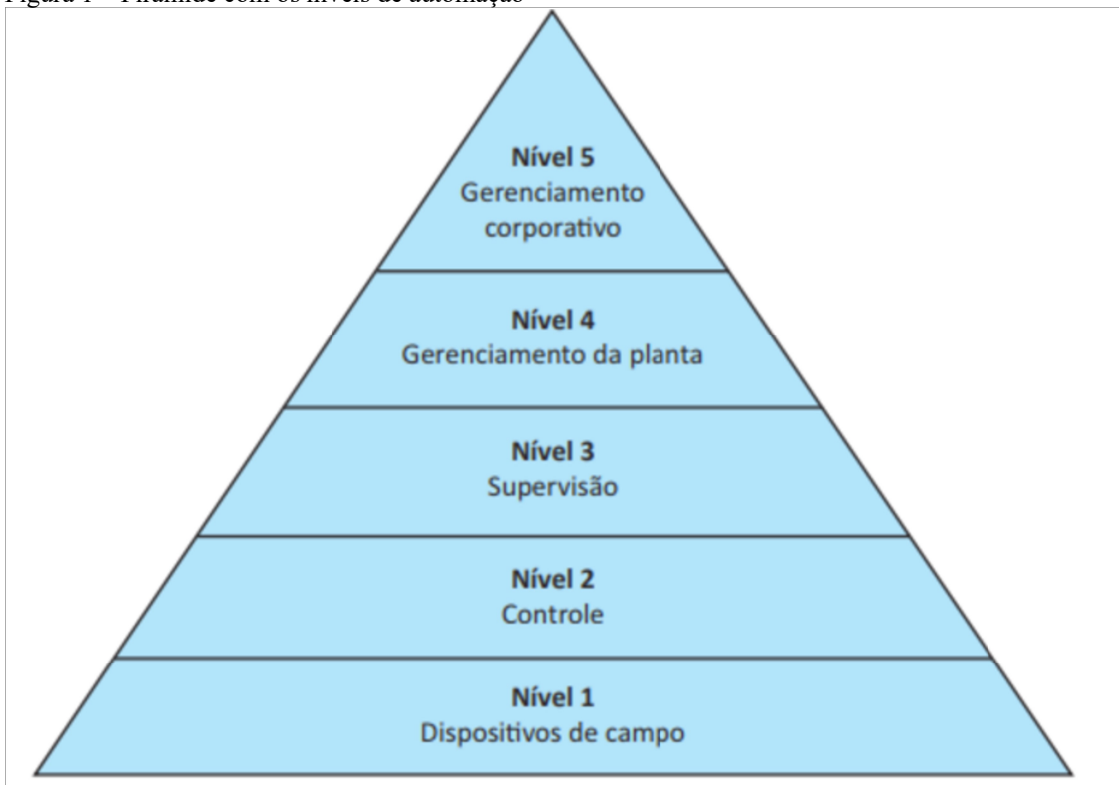
As empresas que acompanham o avanço tecnológico e implementam em suas fábricas tendem a se sobressair em relação às demais. A automação por si só não vai resolver os problemas de uma empresa, mas sim, um conjunto de tecnologias associadas a trabalhadores capacitados fazem com que empresas prosperem (BRASILEIRO, 2022).

2.1.1 Níveis de Automação

Um sistema automatizado pode ser aplicado nos mais diferentes setores de uma fábrica. Geralmente é associado automação às máquinas e equipamentos de produção, entretanto, uma fábrica de produtos é composta por subsistemas que também podem ser automatizados (GROOVER, 2012).

Na Figura 1, são demonstrados os cinco níveis de automação e controle de produção, e em seguida uma definição com a hierarquia de cada nível.

Figura 1 – Pirâmide com os níveis de automação



Fonte: Adaptado de Moraes e Castrucci (2010)

Nível 1: Esse nível engloba os sensores, atuadores, dispositivos de hardware, sendo o nível mais abaixo na hierarquia (GROOVER, 2012).

Nível 2: É o nível onde se encontram os controladores, digitais, dinâmicos e lógicos onde é armazenada a informação do Nível 1 (MORAES e CASTRUCCI, 2010).

Nível 3: Inicia-se com a supervisão e controle dos recursos e a otimização do processo. Além disso é responsável pelo controle geral de todo o processo produtivo (CAPPELLI, 2013).

Nível 4: Esse é o nível onde é produzido o produto. Ele recebe as instruções do sistema e as traduz em planos operacionais para a produção (GROOVER, 2012).

Nível 5: É onde acontece a gestão estratégica da empresa. Os computadores trabalham no controle corporativo, desde a entrada de material até a gestão de recursos (CAPPELI, 2013).

2.1.2 Automações com Esteiras Transportadoras

Esteiras transportadoras estão presentes em diversas etapas das linhas de produção, sendo elas indispensáveis para a movimentação do material, seja ele nas fases iniciais do processo, como também na parte final com o produto já processado (DIAS, 2019).

Uma empresa produtora de pirulitos por exemplo, onde existem esteiras que transportam o açúcar para fazer a receita, esteiras que transportam o pirulito pelo túnel de resfriamento para endurecimento e, por fim, os pirulitos chegam na embrulhadeira através de uma esteira transportadora. No caso desta empresa produtora de pirulitos a automação, associada a elementos mecânicos e pneumáticos, empregada em diferentes etapas da linha de produção facilita o trabalho oferecendo agilidade no processo, produção em larga escala e qualidade.

Para monitoração dos estados de uma esteira transportadora são necessários sensores, atuadores e componentes que estejam monitorando a movimentação em tempo real. Essas informações são visualizadas a partir de uma IHM (Interface Homem-Máquina) onde é possível fazer ajustes conforme a necessidade e coletar dados como velocidade, temperatura e vibração (CABRAL, 2016).

O estudo realizado por Cabral (2016), trata-se da fabricação e implementação de uma Interface Homem-Máquina (IHM) em um protótipo de uma esteira transportadora, onde através de sensores foi feita a monitoração e os ajustes necessários em um motor DC que aciona mecanicamente a esteira.

A automação está presente em diversos ramos produtivos, inclusive no ramo de pescados. Para uma maior eficiência na classificação e embalagem de peixes foi implementado um sistema composto por balança, esteiras transportadoras, dosador, dispositivos pneumáticos e sensores (MENDES, 2022).

Na Figura 2, observa-se o sistema implementado na empresa.

Figura 2 – Balança de pescados



Fonte: Mendes (2022)

Com a implementação da automação foi possível obter confiabilidade na dosagem de pescados por caixa, agilização do processo aumentando a produção, além de trazer mais segurança para os trabalhadores (MENDES, 2022).

2.2 Indústria 4.0

A Indústria 4.0, também conhecida como a Quarta Revolução Industrial, tem como a sua principal característica a interação digital industrial, ou seja, a existência de uma fábrica inteligente. Apesar do nome voltado para a indústria seu conceito foi disseminado por ramos como automação residencial e agricultura (DA QUINTINO, 2019).

O conceito de Indústria 4.0 foi apresentado oficialmente em Hannover na Alemanha na *Cebit*, uma feira voltada para a tecnologia da informação e telecomunicações digitais. Esse conceito fala da integração total das diferentes fases da vida de um produto, desde a produção até o consumidor final, propondo uma sociedade digitalizada (GARRELL; GUIRELA, 2019).

A implementação do conceito Indústria 4.0 trouxe agilidade para os processos industriais detectando necessidades produtivas como, por exemplo, suprimentos e matéria-

prima, isso é possível através de tecnologias físicas e digitais que proporcionam a integração de todas as etapas de fabricação de um produto (ALMEIDA,2019).

Sobre Indústria 4.0, cabe ressaltar ainda que:

A Indústria 4.0 assenta-se na integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria, sendo, por isso, considerada a Quarta Revolução Industrial ou o Quarto Paradigma de Produção Industrial (SACOMANO; GONÇALVES; BONILLA, 2018, p.30).

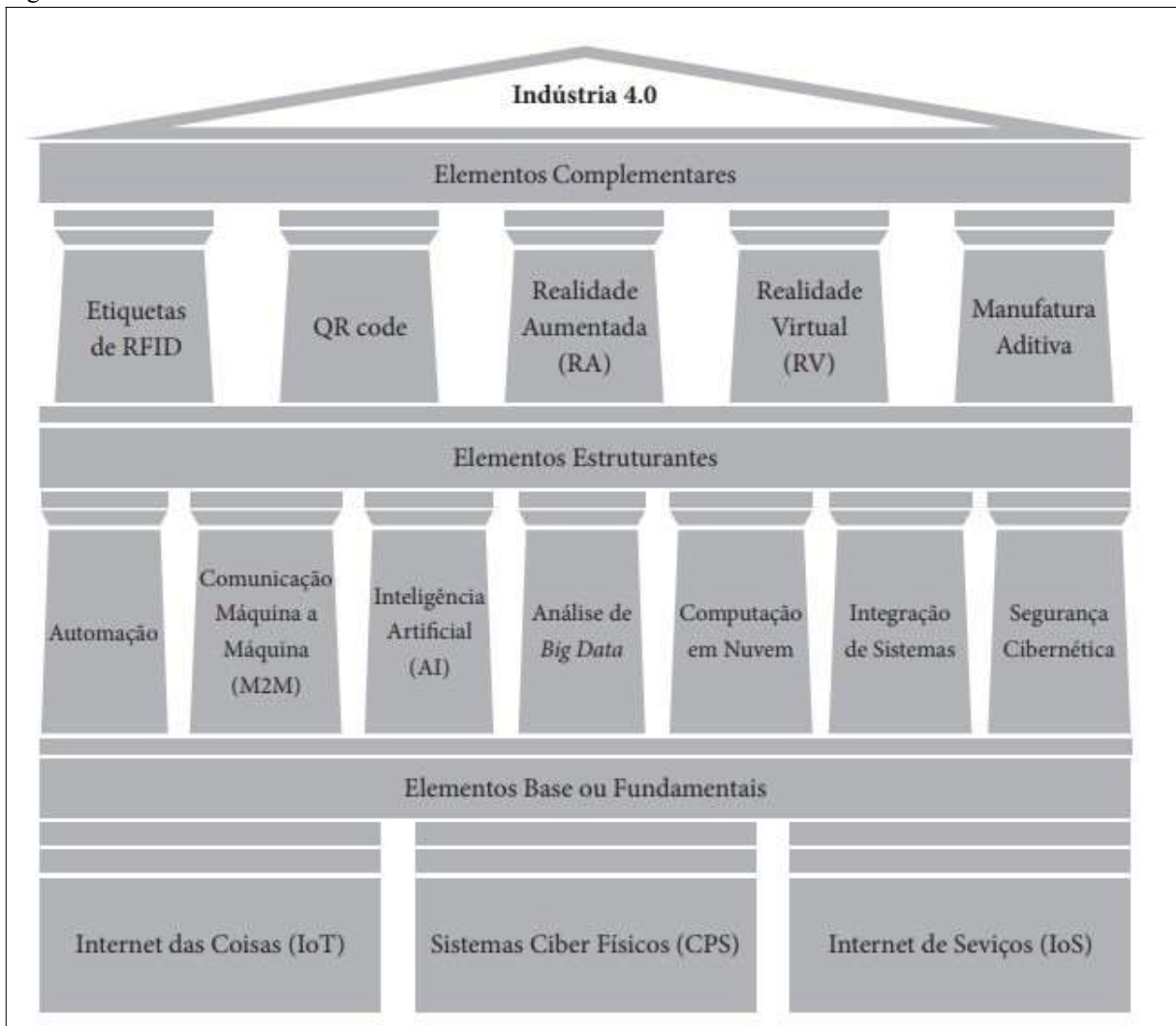
O conceito de Indústria 4.0 trouxe diversos benefícios para as indústrias que implementaram, por exemplo, uma indústria de *waffer* que através de um *Qr code* colocado na embalagem do produto recebe um parecer de seus clientes através do celular. Outro exemplo é a coleta de dados de produção em uma indústria através de celulares e *tablets*, tornando o trabalho ágil e ecologicamente correto pois não desperdiça papel. Uma indústria de biodiesel que pode fazer o acionamento dos seus equipamentos através de um supervisor remoto e monitorar o processo produtivo através de câmeras, tornando a atividade mais segura. Por fim, a Indústria 4.0 vêm revolucionando as indústrias e está cada vez mais presente no nosso dia.

2.2.1 Elementos base da indústria 4.0

Sacomano, Gonçalves e Bonilla (2018) falam que para a formação de um conceito de Indústria 4.0 devem existir elementos base, eles não são soberanos mas, servem de base didática para esta ideia. Estes elementos base são a internet das coisas (IoT), a internet de serviços (IoS) e os sistemas ciberfísicos (CPS),

Na Figura 3, é possível observar como os elementos fundamentais estão alocados na “casa” da Indústria 4.0.

Figura 3 – “Casa” da Indústria 4.0.



Fonte: Sacomano, Gonçalves e Bonilla (2018)

A internet de serviços (IoS) contempla os serviços online (*cloud computing*), a armazenagem de dados (*big data*), as simulações computacionais online. Isso é possível devido as grandes mudanças que aconteceram na infraestrutura dos sistemas de internet (DA QUINTINO, 2019).

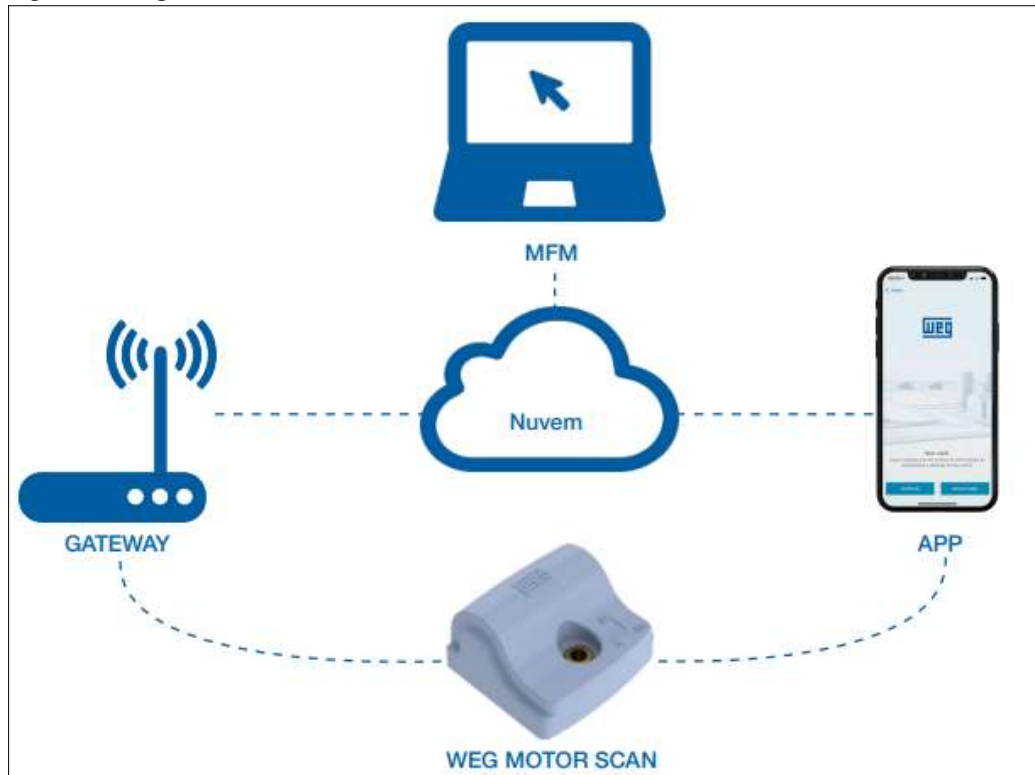
Os sistemas ciberfísicos (CPS) são um conjunto de dispositivos responsáveis por armazenar e comunicar informações que estão relacionadas a um meio físico. São dispositivos remotos conectados entre si através das redes de internet (MONTERO, 2020).

Por fim, a *internet of the things (IoT)* ou mais frequentemente chamada de internet das coisas tem o papel de conectar os elementos físicos com o mundo virtual. Isso é feito através da tecnologia de rede baseada em protocolo de internet (*internet protocol – IP*) ALMEIDA, (2019). Um exemplo dessa tecnologia é o sensor *weg motor scan* que faz a leitura de vibração

e temperatura de motores elétricos, os dados são coletados e transmitidos através de uma rede sem fio e com isso o mantenedor pode monitorar os dados através do celular ou computador.

Na Figura 4, observa-se esta solução para monitoramento de motores.

Figura 4 – Weg motor scan.



Fonte: Site da WEG.

2.3 Controlador Lógico Programável

O desenvolvimento dos primeiros sistemas de controle ocorreu no século XIX, onde sistemas mecânicos foram utilizados em processos de fabricação utilizados na época. No século XX iniciou-se a utilização de reles e contadoras possibilitando o uso de funções de controle mais complexas e de maior vida útil (ROQUE, 2014).

A principal tecnologia empregada na indústria é o Controlador Lógico Programável (CLP). Ele é composto por um sistema eletrônico onde são executadas as instruções de um programa, estas instruções por sua vez, podem controlar as mais variadas máquinas e equipamentos utilizados na indústria. Os dados de entrada do CLP são recebidos através de sensores e atuadores. As saídas podem acionar válvulas, motores, banco de resistências e sinalizadores (FILHO, 2014).

O Controlador Lógico Programável (CLP) é considerado um computador, feito para ser utilizado na indústria onde os ambientes são mais agressivos que um escritório por exemplo. Em sua Unidade Central de Processamento (CPU) está a lógica de programação com as instruções para realização de determinado trabalho. Essas instruções são compostas por temporizadores, contadores, memórias e sequências aritméticas (DA SILVA, 2016).

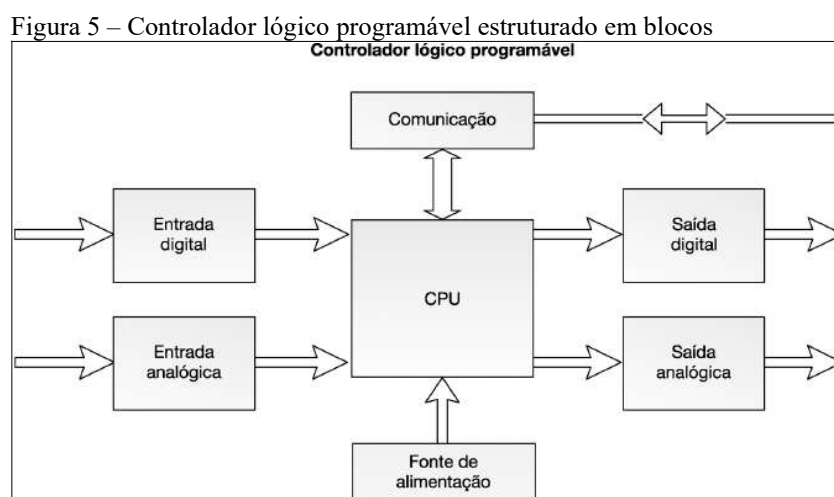
Inicialmente os CLP's foram utilizados com a finalidade de substituir os painéis de relés e contadoras utilizados em sistemas discretos. Porém, atualmente com o avanço tecnológico e a modernização das plantas industriais, sua utilização é bem mais complexa. Além de utilizar saídas e entradas digitais, o CLP passou a conter entradas e saídas analógicas expandindo sua utilização (FRANCHI; CAMARGO, 2020).

O CLP se tornou um grande aliado da indústria, e é utilizado em automações, sejam elas simples ou complexas, oferecendo confiabilidade e segurança. É o equipamento ideal pois suporta alta temperatura, umidade, vibrações e ruídos, elementos estes encontrados no ambiente de trabalho industrial, além de utilizar um pequeno espaço no painel elétrico e aceitar diversos protocolos de comunicação.

2.3.1 Arquitetura de um CLP

Segundo Roque (2014) um CLP pode ser dividido em cinco blocos principais. Fonte de alimentação (contínua ou alternada), entradas analógicas, digitais ou combinação de ambas, saídas analógicas, digitais ou combinação de ambas, Unidade Central de Processamento (CPU), Unidade de Comunicação.

Na figura 5, está representado a estrutura em blocos do CLP.



Fonte: Roque (2014)

A fonte de alimentação é responsável por converter corrente alternada em contínua e assim alimentar o CLP. Na maioria das fontes, existe uma bateria que impede a perda do programa previamente carregado pelo usuário. Quando retornada a energia, o programa já está apto para ser iniciado. Existem dois tipos de fontes, a fonte *source*, que é uma fonte de energia interna ao controlador, e a fonte *sink*, que é uma fonte externa ao CLP (MORAES; CASTRUCCI, 2010).

Os módulos de entrada do CLP são responsáveis por receber os sinais elétricos dos sensores existentes em campo, sejam eles analógicos ou digitais, é claro, cada entrada é projetada fisicamente para receber os diferentes tipos de sinais. Os sinais recebidos são convertidos para níveis baixos utilizados pelo controlador (DA SILVA, 2016).

As saídas digitais são utilizadas para acionamento de relés ou contadoras, estes por sua vez podem acionar motores, válvulas solenoides e elementos de sinalização. Já as saídas analógicas podem conter diferentes valores como por exemplo 0-10 V, 0-20 mA e 4-20 mA e servem para modular inversores e válvulas proporcionais (FILHO, 2014).

Na Unidade Central de Processamento (CPU) está localizado o programa a ser executado. Ela é também responsável por gerenciar os sinais de entrada digitais e analógicos recebidos e acionar as saídas conforme o programa for sendo executado (FRANCHI; CAMARGO, 2020).

Por fim, para o CLP estar interligado com Interfaces Homem-Máquina (IHM) e supervisórios é necessários protocolos de comunicação. Dentre os principais é possível destacar o protocolo AS-I que tem um baixo custo e ótima confiabilidade, o protocolo PROFINET, e o protocolo PROFIBUS que opera através dos meios físicos RS-485 e *Manchester* (LUGLI; SANTOS, 2019).

2.3.2 Linguagem *Ladder*

A linguagem *ladder* foi a primeira a ser utilizada na programação de CLP's, a mesma foi projetada de forma que os técnicos responsáveis pelas manutenções nas fábricas pudessem manipular, o programa conforme a necessidade, de maneira fácil. Seu princípio se assemelhou aos blocos utilizados em esquemas elétricos, como por exemplos, bobinas e contatos (FRANCHI; CAMARGO, 2020).

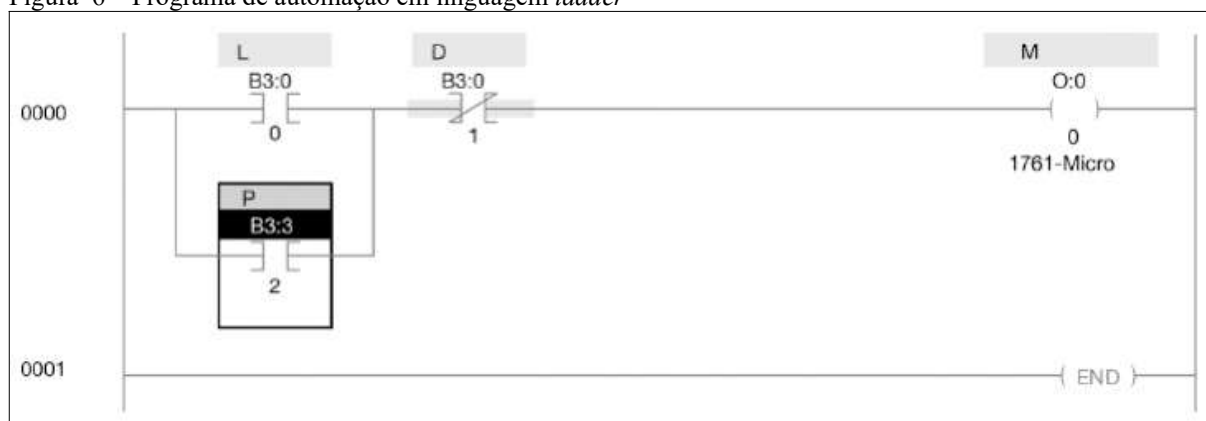
Uma lógica *ladder* é constituída de linhas horizontais de programação aonde estão contidas as memórias, os contadores e as bobinas. Estas linhas horizontais estão localizadas

dentro de duas linhas verticais que simulam um circuito, ou seja, arranjadas dentro de uma diferença de potencial (LAMB, 2016).

Para Roque (2014) a linguagem *ladder* é uma das linguagens para programação de CLP's mais utilizadas no mundo, sua base é formada por contatos virtuais gerenciados por temporizadores, contadores, memórias e bobinas.

Na Figura 6 é possível observar uma programação em *ladder*.

Figura 6 – Programa de automação em linguagem *ladder*



Fonte: Roque (2014)

A Figura 6 representa uma partida direta com retenção, após B3:0/L ser acionado a saída O:0 permanece ligada através do selo B3:3. Para desligar O:0 é necessário acionar o botão B3:0/D.

2.4 Componentes Elétricos

Neste capítulo serão apresentadas as características dos componentes elétricos utilizados em automações. Os componentes elétricos são responsáveis por interagir eletricamente com a lógica de programação e executar suas funções, por exemplo, um sensor capacitivo que faz a contagem de peças produzidas e transmite a informação para o CLP ou um relé acoplador que quando recebe o sinal na bobina aciona um motor.

2.4.1 Sensores

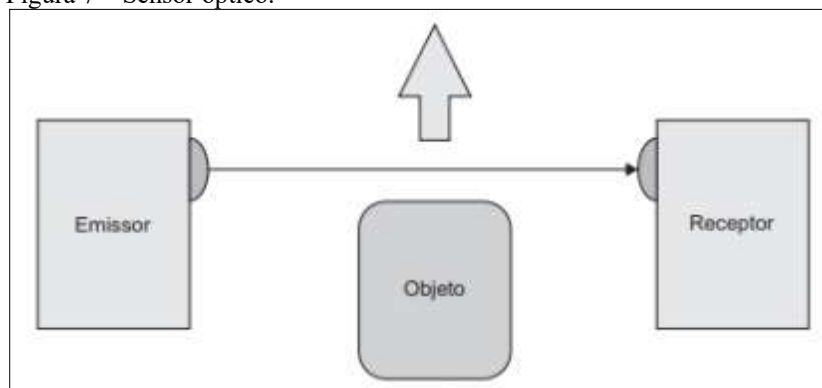
Os sensores são responsáveis por identificar materiais como por exemplo a posição de um objeto, o nível de líquido em um tanque e a presença de uma peça. Os sensores possuem

características físicas como capacitância, indutância e reflexão óptica, cada uma sendo adequado para determinada função específica (JÚNIOR, 2018).

Segundo Brito (2019) o sensor óptico é composto por um elemento emissor e outro receptor, alinhados um de frente para o outro gerando um feixe de luz.

Na Figura 7 é possível observar o funcionamento do sensor.

Figura 7 – Sensor óptico.



Fonte: Brito (2019)

Quando ocorre a passagem de um objeto entre o emissor e o receptor o feixe de luz é interrompido detectando a presença (BRITO, 2019).

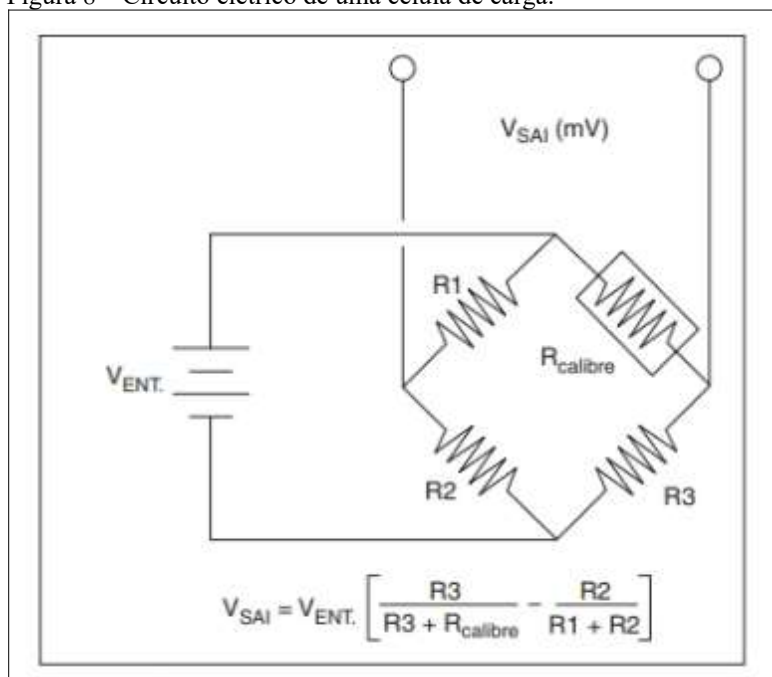
Os sensores indutivos detectam a presença de objetos metálicos, isso ocorre através da alteração do campo magnético quando o metal se aproxima da face do sensor. Dentre as principais características de aplicações é possível destacar a medida, proximidade e deslocamento de objetos metálicos (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

O princípio de funcionamento do sensor capacitivo é com base na oscilação do campo magnético na face do sensor, essa oscilação é feita quando se aproxima objetos dielétricos que quando detectados, pelo circuito, emitem um sinal (CAPELLI, 2013). Um exemplo de utilização dessa modalidade de sensor é a leitura da massa utilizada na produção de balas, onde o sensor detecta a oscilação do cordão de massa e ajusta a velocidade da trefila conforme a necessidade.

Outra modalidade de sensor é a célula de carga que é utilizada para a medição do peso de um objeto. Trata-se de um transdutor que mede a deformação do material, ou seja, a estrutura da balança, convertendo em um sinal elétrico mensurável (LAMB, 2015).

Na Figura 8 é possível observar o circuito elétrico de uma célula de carga.

Figura 8 – Circuito elétrico de uma célula de carga.



Fonte: Lamb (2015)

Para uma melhor captação dos valores de deformação, a coleta é feita em quatro pontos diferentes da estrutura, dispostos simetricamente, a fim de obter uma medição precisa. Esta configuração com quatro pontos de medição de deformação é chamada de ponte de *Wheatstone* (LAMB, 2015).

2.4.2 Botão de Comando e Chaves

Os botões e chaves de comando são utilizados para o acionamento de dispositivos como contadoras, relés e válvulas. Podem possuir contatos abertos ou fechados, com trava ou sem trava, sendo utilizados de acordo com a automação a ser realizada. A cor do botão também tem significado e é empregada de acordo com as normas DIN EN 60073, VDE 0199 e IEC 73 (JÚNIOR, 2018).

Na Figura 9 é possível observar alguns tipos de botões.

Figura 9 – Tipos de botões.



Fonte: Site da WEG.

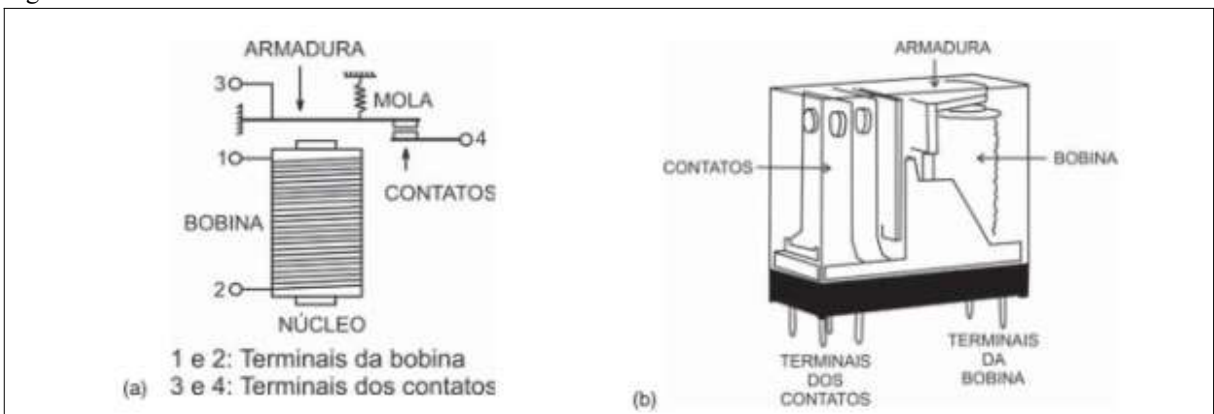
Seguindo a sequência numérica indicada na Figura 9, o primeiro é um botão de pulso sem retenção, a cor verde indica que sua função é de ligar, possuindo um contato normalmente aberto (NA). Já o segundo é uma chave duas posições, quando acionada, permanece na posição em que foi manipulada precisando um novo movimento manual para voltar ao estado inicial. Por fim, o terceiro trata-se de um botão de emergência cogumelo com retenção e trava, sendo sua utilização destinada a sistemas de segurança de máquinas.

2.4.3 Relés Eletromecânicos e Contatores

O relé eletromecânico é um componente com vasta utilização em comandos elétricos e automações. Seu princípio de funcionamento é através da aplicação de uma diferença de potencial, seja ela em corrente contínua ou alternada, nos terminais da sua bobina fazendo com que os seus contatos sejam comutados (FILHO; DIAS, 2014)

Na Figura 10 está representado o seu esquema elétrico e o seu aspecto físico.

Figura 10 – Relé eletromecânico.



Fonte: Filho e Dias (2014).

O contator possui as mesmas características construtivas e mesmo funcionamento que o relé eletromecânico, o que diferencia um do outro é o que cada um pode acionar. Enquanto os relés são utilizados para acionar pequenas cargas os contatores podem acionar dispositivos que demandam uma alta corrente para funcionar como, por exemplo, motores, capacitores de correção de fator de potência e resistências (FILHO; DIAS, 2014).

2.4.4 Fonte Chaveada

A fonte chaveada é assim chamada devido ao seu circuito de conversão CC/CC, que tem como principal elemento, um transistor que funciona como chave comutadora. A principal diferença para as fontes tradicionais é a sua forma de construção, sendo as fontes chaveadas mais leves e pequenas e com melhor desempenho (PRUDENTE, 2013).

Na Figura 11 observa-se o aspecto físico da fonte chaveada.

Figura 11 – Fonte chaveada.



Fonte: Site da Siemens

Uma das desvantagens das fontes chaveadas é a geração de harmônicas na rede, isso ocorre porque ela é uma carga não linear, pensando nisso, os fabricantes de fontes vem desenvolvendo novas tecnologias para amenizar isso e estar de acordo com as normas internacionais (PRUDENTE, 2013).

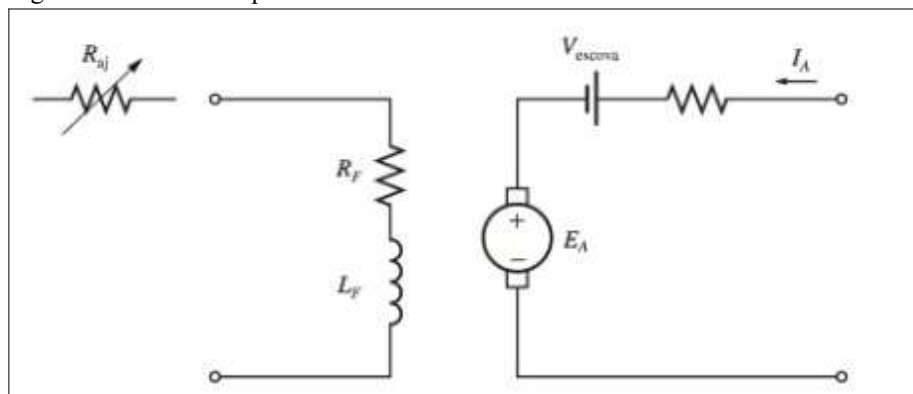
2.4.5 Motores Elétricos CC

Quando aplicações com motores necessitam de precisão e velocidade ajustável os motores de corrente contínua (CC) são uma excelente opção. São classificados de acordo com os detalhes construtivos como enrolamento de campo e armadura, podendo possuir circuitos série, paralelo e composto (NERY; KANASHIRO, 2014).

Os primeiros motores que surgiram no ano de 1980 eram em corrente contínua, isso se deve a fonte de energia usada na época ser contínua. Mesmo com o surgimento da corrente alternada (CA), os motores em corrente contínua continuaram a serem utilizados em diversas aplicações como no motor de arranque dos carros e em mecanismos de aeronaves (CHAPMAM, 2013).

Na Figura 12 observa-se o circuito equivalente de um motor CC.

Figura 12 – Circuito equivalente de um motor CC.



Fonte: Chapmam (2013)

O resistor R_a e a fonte E_a representam o circuito de armadura e são considerados ideais para efeitos de cálculo. V_{escova} trata-se de uma fonte com sentido oposto a corrente de alimentação causando uma pequena queda de tensão. R_f e L_f formam o circuito das bobinas de campo, enquanto R_{aj} é um resistor variável utilizado para manipulação do fluxo magnético de campo (CHAPMAM, 2013).

3 METODOLOGIA

Na metodologia serão abordados os procedimentos utilizados para a elaboração deste projeto. Para desenvolvimento do trabalho, é importante conhecer um processo de transporte de embalagem industrial, com isso, foram determinados quais os pontos em que a automação deve ser implementada a fim de melhorar o processo de transporte. Com a análise feita, desenvolveu-se a lógica de programação, e a montagem do protótipo e seus periféricos.

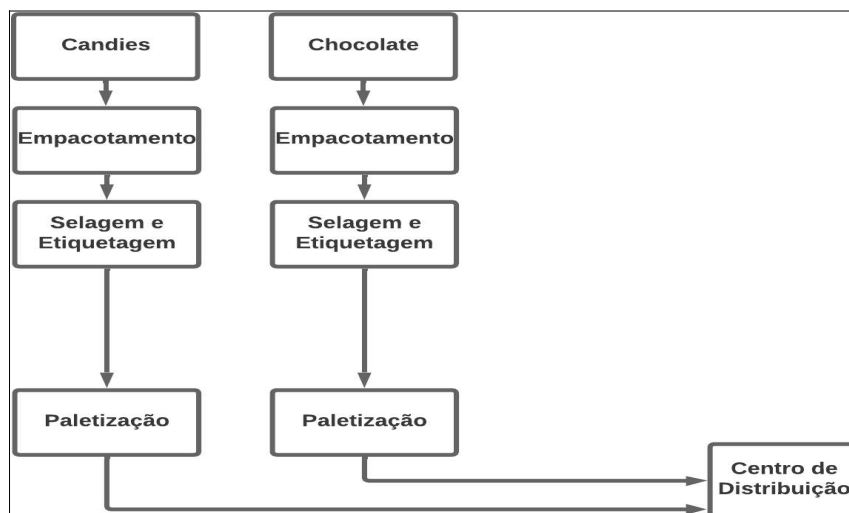
3.1 Processo de Transporte de Embalagem

Para realização deste trabalho, foi visitado uma fábrica de alimentos produtora de *candies* e chocolates, a fim de entender como funciona o processo de transporte de embalagem e com isso desenvolver o protótipo de forma adequada. Alguns problemas levantados foram o peso inadequado do produto e contagem inadequada, além do método de transporte das caixas ser ineficaz.

3.1.1 Processo de Transporte de Embalagem Atual

Para entendimento do processo de transporte de embalagem atual, foi desenvolvido um esquema simplificado contendo duas linhas de produção uma para cada produto (*candies* e chocolate). Na Figura 13, está representado o processo de transporte de embalagem atual.

Figura 13 – Processo de transporte de embalagem atual



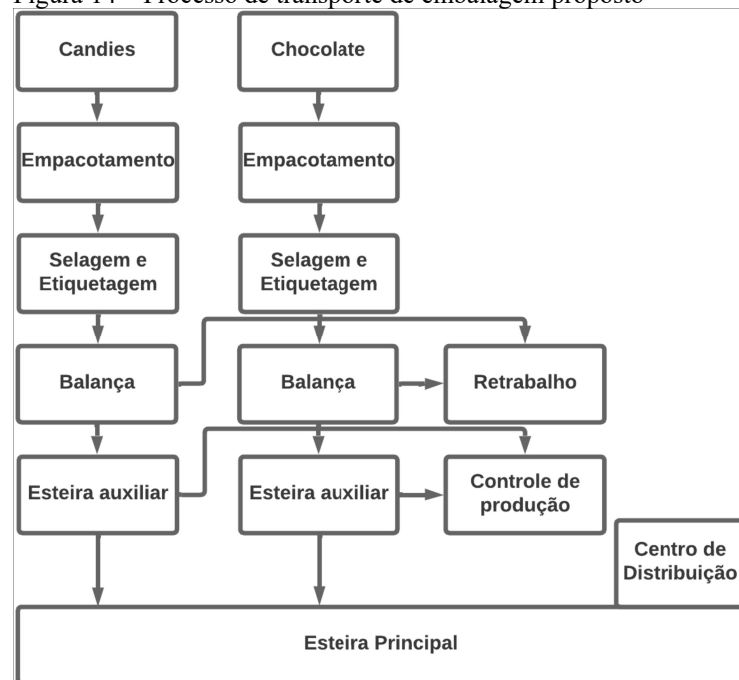
Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar dos produtos serem distintos entre si, após o processo de fabricação do produto, o processo de transporte de embalagem é o mesmo para todos os produtos. O produto é embalado em caixas, onde estas são seladas com fita e identificadas. Em seguida, as caixas são colocadas em paletes onde através de paleteiras manuais e empilhadeiras elétricas são transportados para o centro de distribuição.

3.1.2 Processo de Transporte de Embalagem Proposto

O processo de transporte de embalagem proposto tem como objetivo tornar o trabalho eficaz, seguro e ergonômico, beneficiando tanto a empresa como o trabalhador. Na Figura 14, é possível observar como vai ficar o processo de transporte de embalagens após a automação do processo.

Figura 14 – Processo de transporte de embalagem proposto



Fonte: Elaborado pelo autor.

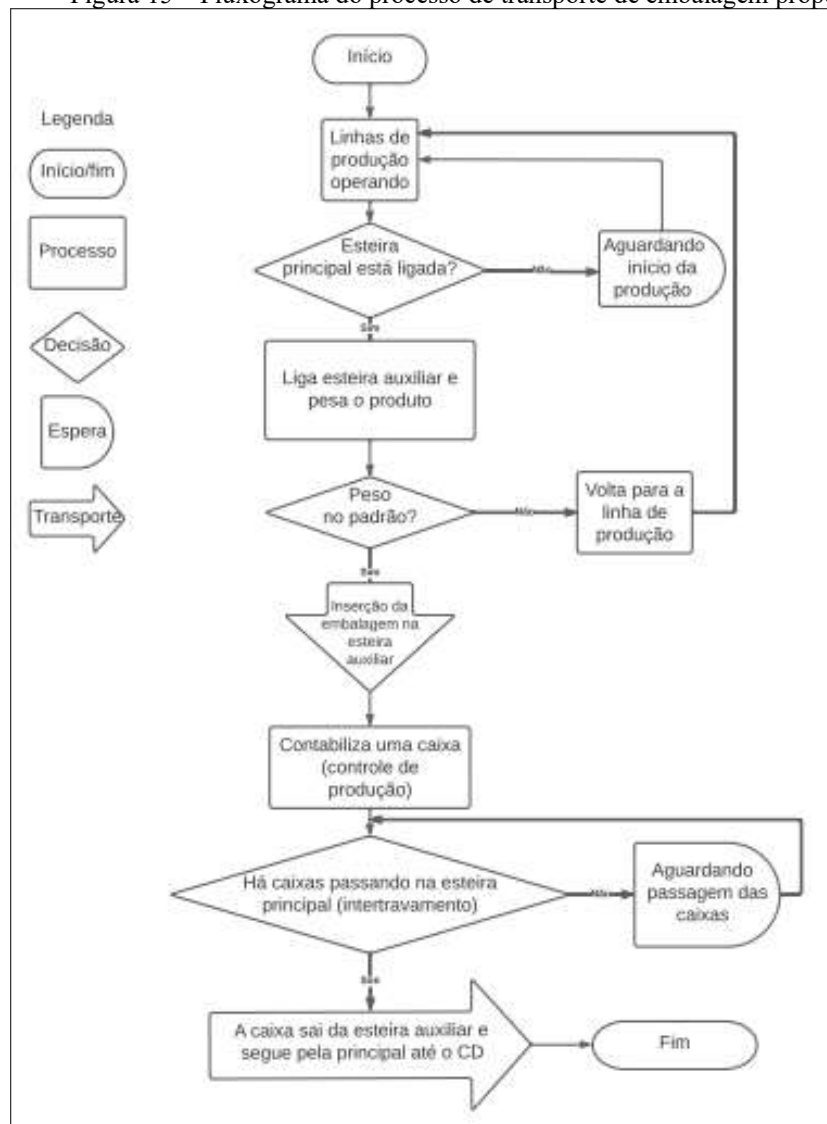
A proposta conta com balanças de precisão que vão evitar que produtos com peso fora do padrão sigam até o centro de distribuição e com sensores que farão a contagem da quantidade de caixas que passa em cada esteira auxiliar. As esteiras auxiliares devem possuir botão de emergência no local em que é inserida a caixa conforme a norma NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos). A balança de precisão deve conter alerta

luminoso e sonoro para indicar que o peso está fora do padrão. As esteiras auxiliares e principal devem estar intertravadas para não ocorrer o choque entre as caixas.

3.1.3 Fluxograma do Processo de Transporte de Embalagem Proposto

Fluxograma de processos é uma ferramenta da qualidade, que consiste em detalhar o fluxo de tarefas dos processos de uma empresa. Para isso, o fluxograma utiliza símbolos gráficos. Estes representam o passo a passo das etapas de um processo, conectados entre si. Para a elaboração do fluxograma da Figura 15, será utilizada a simbologia padrão definida pela ANSI (*American National Standards Institute*).

Figura 15 – Fluxograma do processo de transporte de embalagem proposto



Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir serão apresentadas as etapas do processo de transporte de embalagem proposto que, além do fluxograma, servirão de base para a montagem da lógica de programação.

Etapa 1 – Linhas de produção operando: Para que o processo se inicie ao menos uma linha de produção deve estar operando. O *start* da esteira principal é feito pela IHM, onde pode ser observado o status de todas as esteiras, e então a esteira auxiliar da linha de produção que estiver operando é ligada pelo operador.

Etapa 2 – Peso do produto: A balança faz a verificação do produto, caso o peso estiver dentro do padrão a luz verde acende e o produto segue adiante, caso a luz vermelha ascender, quer dizer que o peso do produto está fora do padrão e deve ser encaminhado para o retrabalho.

Etapa 3 – Controle de produção: Cada esteira auxiliar vai possuir um sensor indicando a passagem de uma caixa, e conseqüentemente contabilizar a quantidade produzida por um tempo determinado.

Etapa 4 – Intertravamento das esteiras: Na saída de cada esteira auxiliar para a esteira principal serão colocados sensores de intertravamento para evitar o choque entre as caixas.

Etapa 5 – Controle energético: Caso o sensor que contabiliza as caixas, ficar por mais de cinco minutos sem contagem de caixas, a esteira auxiliar da linha em questão para até ser acionada novamente pelo operador.

3.2 Materiais Utilizados

Para a montagem do protótipo foram utilizados diversos componentes elétricos como o Controlador Lógico Programável (CLP), Interface Homem-Máquina (IHM), o relé acoplador de base, o sensor infravermelho, o motor CC, a fonte chaveada e as botoeiras de emergência e botoeiras de pulso. Na sequência serão apresentados a função e as características de cada componente.

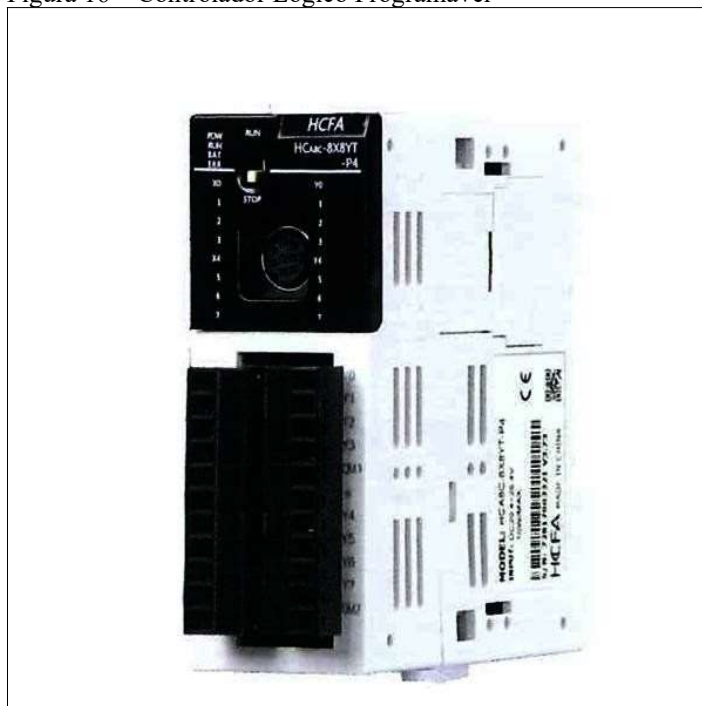
3.2.1 Controlador Lógico Programável

O CLP utilizado no projeto é o da marca HCFA, modelo HCA8C-8X8YT-P0. Trata-se de um dispositivo robusto e confiável, ideal para o ambiente fabril. A sua função é receber os

sinais dos sensores e botoeiras em suas entradas digitais e acionar as saídas conforme a lógica de programação for sendo executada.

Na Figura 16, é possível observar o CLP utilizado.

Figura 16 – Controlador Lógico Programável



Fonte: Site da HNC Eletric

A linha HC-A8C oferece um CLP modular de alto desempenho, com um barramento de sistema duplo original o que o torna muito mais rápido. A tensão de alimentação é de 24VCC, a linguagem de programação é a *Ladder* e a comunicação de programação é feita através dos protocolos RS-485 e RS-422. Oferece a possibilidade de conectar módulos expansivos com um máximo de 384 entradas/saídas além de prover módulos para entradas e saídas analógicas.

3.2.2 Interface Homem Máquina (IHM)

A IHM utilizada no projeto é da marca HCFA, modelo TL2507, que da mesma forma que o CLP é um equipamento robusto e ideal para o uso em indústrias. A sua função é interagir com o CLP mostrando em tempo real o comportamento dos componentes ligados a ele. No projeto em questão será possível mostrar a quantidade de embalagens que passa pela esteira auxiliar, acionar a esteira principal e verificar o status dos botões de emergência.

Na Figura 17 esta representado a IHM utilizada.

Figura 17 – Interface Homem-Máquina



Fonte: Site da HNC Eletric

A IHM TL2507 oferece várias telas de toque com várias dimensões e cores. Além disso é suportada por diversas marcas de CLP, mas no nosso caso os dois são da mesma marca. Também oferece funções de controles rápidos e convenientes para máquinas de automação industrial. O *software* de programação e editor de tela suave baseado em RTOS e fácil de usar, com a possibilidade de editar imagens e gráficos rapidamente e definir facilmente o protocolo de comunicação.

3.2.3 Relé Acoplador de Base

O relé acoplador de base utilizado no projeto é RA3-1000 da marca Brasiltec e tem a função de acionar os motores das esteiras auxiliares e principal conforme a necessidade.

Na Figura 18 é possível observar o relé utilizado no projeto.

Figura 18 – Relé Acoplador de Base



Fonte: Site da Brasiltec

O relé é composto por três partes sendo elas o bloco de contatos e bobina, a base de terminais e o *led* indicador de ligado. A tensão de alimentação da bobina do relé é 24VCC e os contatos suportam até 300VA/10 A. O relé possui dois contatos normalmente aberto (NA) e dois contatos normalmente fechado (NF).

3.2.4 Sensor Infravermelho

O sensor infravermelho utilizado no projeto é o E3F-DS30C4 da marca Lefircko e tem a função de realizar a contagem das caixas de embalagens que passam pelas esteiras auxiliares e também intertravar o acesso para a esteira principal evitando o choque entre as caixas de embalagens.

Na Figura 19, é possível observar o sensor infravermelho utilizado no projeto.

Figura 19 – Sensor Infravermelho



Fonte: Site do Mercado Livre

Com alimentação de 24 VCC e um contato normalmente aberto (NA), esse sensor é capaz de detectar a proximidade de objetos a sua frente com distância entre 60 mm a 300 mm sendo o ajuste desta distância feito através de um potenciômetro localizado na parte inferior do corpo.

3.2.5 Motor Elétrico CC

O motor CC escolhido para o projeto é do modelo 25GA-370 da marca RoboBuilders e sua função no projeto é tracionar as esteiras deslocando as caixas de embalagens até o seu destino. Possui alto torque e é alimentado por uma tensão de 24 VCC, estando acoplado a uma caixa redutora que determina uma rotação máxima no eixo de 130 rpm.

Na Figura 20 é possível observar o motor CC utilizado no projeto.

Figura 20 – Motor CC



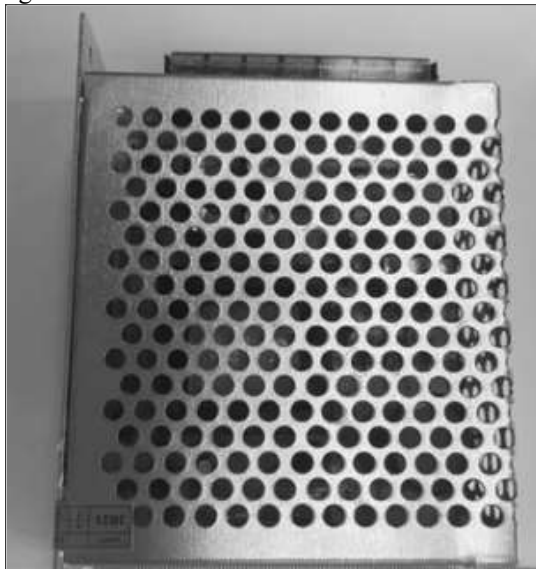
Fonte: Site do Mercado Livre

3.2.6 Fonte Chaveada

Por questão de segurança todos os componentes escolhidos para o projeto são alimentados em 24 VCC, para isso, foi utilizado uma fonte chaveada que rebaixa a tensão de 220 VCA para 24 VCC. Possui dois canais de saída com potência de 120 W sendo um deles usado exclusivamente para alimentação dos motores CC, que são a maior carga, e o outro para os demais circuitos.

Na Figura 21 é possível observar a fonte chaveada utilizada no projeto.

Figura 21 – Fonte Chaveada



Fonte: Site do Mercado Livre

3.2.7 Botoeiras

Para acionamento das esteiras e parada de emergência foram utilizadas botoeiras. As botoeiras utilizadas no circuito de emergência são na cor vermelha e possuem trava mecânica, que ao ser pressionada permanece na sua posição, parando o equipamento que a ela está atrelado. Já para ligar e desligar as esteiras foram utilizados botões de pulso verde normalmente aberto (NA) e vermelho normalmente fechado (NF).

Na Figura 22 é possível observar as botoeiras utilizadas no projeto.

Figura 22 – Botoeiras



Fonte: Site da Brasiltec

3.3 Programação do Controlador Lógico Programável

Para iniciar a programação do CLP, foi necessário baixar o *software* HCP WORKS de programação junto ao site do fabricante, este gratuito. Após instalação do *software* foram definidas as entradas e saídas que serão utilizadas no projeto, sendo 10 entradas digitais e 4 saídas digitais, estas por sua vez recebem e entregam informação para os periféricos.

A descrição de cada entrada e saída estão descritas nas Tabelas 1 (entradas) e Tabela 2 (saídas).

Tabela 1 – Descrição das entradas do CLP

Relação das entradas por função	
Entrada X0	Botão de Emergência Geral
Entrada X1	Botão liga esteira auxiliar 1
Entrada X2	Botão desliga esteira auxiliar 1
Entrada X3	Botão de emergência esteira auxiliar 1
Entrada X4	Botão liga esteira auxiliar 2
Entrada X5	Botão desliga esteira auxiliar 2
Entrada X6	Botão de emergência esteira auxiliar 2
Entrada X7	Sensor de contagem esteira auxiliar 1
Entrada X10	Sensor de contagem esteira auxiliar 2
Entrada X11	Sensor de intertravamento

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 – Descrição das saídas

Relação das saídas por função	
Saída Y0	Liga esteira principal
Saída Y1	Aciona relé que liga esteira auxiliar 1
Saída Y2	Aciona relé que liga esteira auxiliar 2
Saída Y3	Sinaleiro de emergência

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a definição das entradas e saídas, é feita a lógica de programação toda ela em linguagem *ladder*. Na programação serão utilizados diversos recursos oferecidos pelo *software* de programação como, temporizadores, contadores, intertravamentos, registradores e memórias. O carregamento do *software* para o CLP será feito através do protocolo de comunicação RS485, sendo necessário apenas configurar a porta de saída do computador tornando-a compatível com a entrada do CLP. A programação feita está no apêndice A.

3.4 Programação da Interface Homem Máquina

O primeiro passo para programação da IHM é baixar o *software* HCT Designer no site do fabricante, seguir o procedimento para instalação do mesmo. Após a instalação é necessário configurar a criação do projeto para que seja compatível com o modelo de CLP a ser utilizado.

Na Figura 23, é possível observar essa configuração.

Figura 23 – Configuração da IHM

The screenshot shows the 'HMI Property' configuration window for COM1. The 'Connect Device(Master)' radio button is selected. The 'Manufacturer' is set to 'HCFA' and the 'Device Type' is 'HCFA HCA8'. The 'Device Alias' is 'Alias cannot be null, Default:Device1'. The 'Pre-set Station No.' is set to 'Constant' with a value of '0'. The 'Broadcast Station' checkbox is unchecked. Under 'Communication Setting', the 'Communication Type' is 'RS485-4', 'Baud Rate' is '9600', 'Data Bit' is '7', 'Stop Bit' is '1', and 'Parity Bit' is 'Even'. The 'Compatible Model' list includes 'HCA8s', 'HCA8c', and 'HCA8'. At the bottom, there are 'Reset' and 'Advance' buttons, and at the very bottom, 'Previous', 'Next', 'Confirm', and 'Cancel' buttons.

Fonte: Software HCT Designer

Nas configurações foi necessário informar o fabricante do CLP e o seu modelo, definir o tipo de comunicação que neste caso é a RS485, para a porta COM1 e por fim a velocidade de transmissão de informação que deve ser de 9600, ou seja, a mudança de estado ocorre 9600 vezes por segundo.

Ainda, para fazer a programação é necessário conhecer as faixas de registros suportadas. Na Tabela 3 é possível observar essas faixas e com isso realizar a programação da IHM de modo que ela se comunique com o CLP.

Tabela 3 – Faixas de programação

Relação das saídas por função			
Device	Bit Address	Word Address	Format
Output relay	Y0-764	-	OOO
Input relay	X0-764	-	OOO
Internal relay	M0-7999	-	DDDD
Timer contact	T_bit0-511	-	DDD
Couter contact	C_bit0-511	-	DDD
Stepping relay	S0-4095	-	DDDD
Special Internal relay	SM8000-9999	-	DDDD
Data register bit	D_bit0.0-7999.F	-	DDDD.H
Data register	-	D_word0-7999	DDDD
Special data register	-	SD8000-9999	DDDD
Timer current value	-	T_word0-255	DDD
File Register	-	R0-32767	DDDDD
Counter current value	-	C_word0-199	DDD
Counter current value	-	C_dword200-255	DDD

Fonte: Manual HCT Designer

3.5 Montagem do Protótipo

A montagem do protótipo foi feita sobre uma base de madeira de 700 x 900 mm, onde foi dividida em duas partes, uma com as esteiras e seus acionamentos e a outra com os componentes elétricos que em condições normais de um projeto ficam dentro de um painel.

A base das esteiras foi feita de madeira, os eixos com cano PVC, barra roscada e tampa de garrafa PET e a cinta com restos de borracha. Cada esteira auxiliar é tracionada através de um motor CC e conta com um botão de liga, desliga e de emergência, além de um sensor infravermelho para contagem das caixas de embalagens que passam por ela. A esteira principal é acionada via IHM e contém um sensor de intertravamento.

Na Figura 24 é possível observar as esteiras e seus acionamentos.

Figura 24 – Esteiras e acionamentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

O CLP, os relés e o disjuntor monofásico foram fixados em trilho din, já a fonte foi fixada diretamente na base de madeira. A IHM por ser um componente que é fixo nas tampas de painéis foi colocada dentro de uma caixa de passagem, e esta caixa foi fixada na base de madeira. Para acomodação dos cabos foram utilizadas canaletas de PVC 30x30 mm. Por fim, foi utilizada uma caixa para colocação de um sinalizador verde que indica que o protótipo está energizado, um sinalizador laranja indicando que há alarmes e um botão de emergência geral.

Na Figura 25 são apresentados os componentes elétricos (painel).

Figura 25 – Componentes elétricos (painel)



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será abordado os resultados obtidos neste trabalho, a partir dos procedimentos metodológicos adotados. Primeiramente o trabalho se desenvolveu através de simulações nos *softwares* de cada equipamento, em seguida foi carregado o programa nos equipamentos e com o protótipo pronto foram realizados os testes e ajustes necessários.

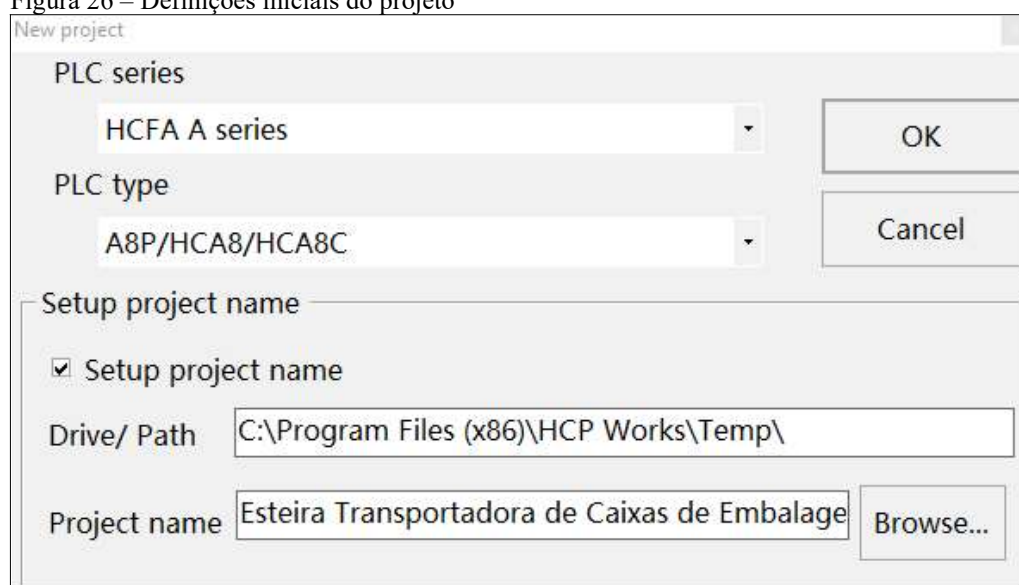
4.1 Simulação no Software HCP Works

Conforme apresentado anteriormente, o *software* utilizado para a programação do CLP foi o HCP Works, que se encontra de forma gratuita no site do fabricante, contendo o drive de instalação dele e o manual com os procedimentos a serem seguidos.

4.1.1 Iniciação do Projeto

Iniciando o *software*, foi criado um projeto, na Figura 26 é possível observar que o *software* está em inglês, o que no início tornou o trabalho dificultoso, mas no decorrer da programação foi encontrado as configurações e componentes necessários para desenvolvimento da lógica. Foi definido a série do CLP e modelo utilizado, isso evita problemas de compatibilidade.

Figura 26 – Definições iniciais do projeto



The screenshot shows a 'New project' dialog box with the following fields and options:

- PLC series:** HCFA A series
- PLC type:** A8P/HCA8/HCA8C
- Setup project name:**
- Drive/ Path:** C:\Program Files (x86)\HCP Works\Temp\
- Project name:** Esteira Transportadora de Caixas de Embalage

Buttons: OK, Cancel, Browse...

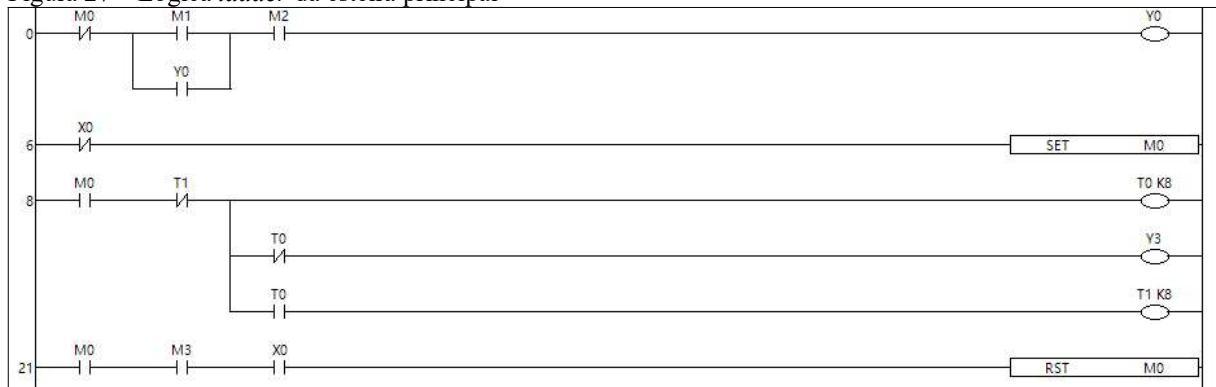
Fonte: *Software* HCP Works

4.1.2 Esteira Principal

O acionamento da esteira principal se dará exclusivamente pela IHM, entretanto é necessário programar o CLP para receber essa informação e através da tecla virtual da IHM acionar a saída Y0 que aciona o motor da esteira.

Na Figura 27, está descrito a programação da esteira auxiliar.

Figura 27 – Lógica *ladder* da esteira principal

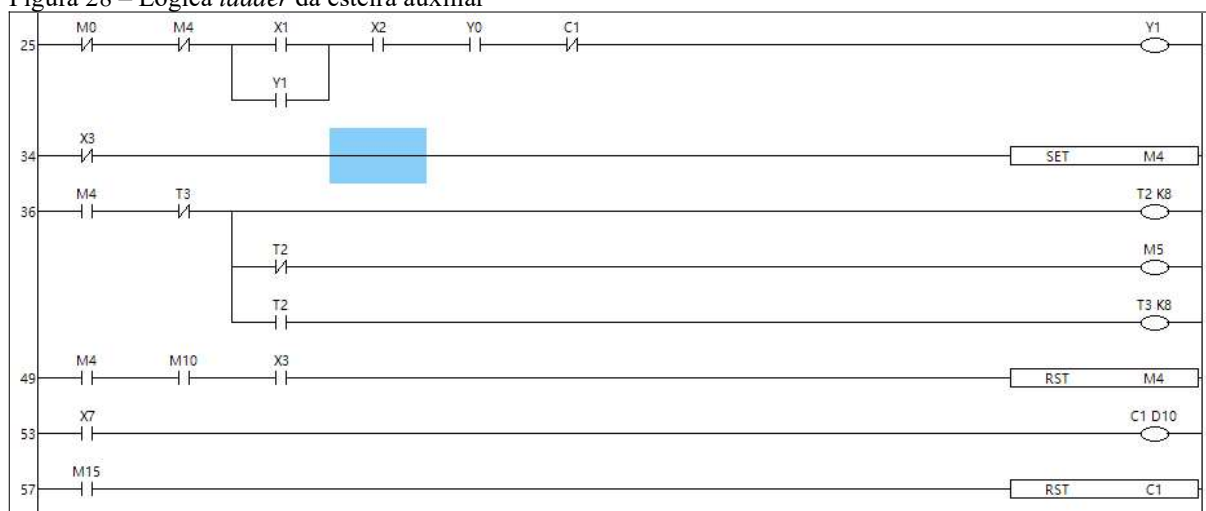


Fonte: *Software HCP Works*

A memória M1 é utilizada para ligar e a memória M2 para desligar a esteira, estas não vão ser acionadas por botões físicos, mas sim por teclas virtuais que estão localizadas na tela da IHM responsável por controlar a esteira principal. Para segurança, na entrada X0 será conectado um botão de emergência geral que desligará todas as esteiras e acionará um *led* de forma intermitente alertando o estado de emergência do acionamento. Este botão geral de emergência se encontra de forma física no projeto.

4.1.3 Esteira Auxiliar

Na Figura 28 está descrito os componentes lógicos utilizados para a programação de uma das esteiras auxiliares, foram utilizados memórias, temporizadores, contadores e registradores.

Figura 28 – Lógica *ladder* da esteira auxiliar

Fonte: *Software HCP Works*

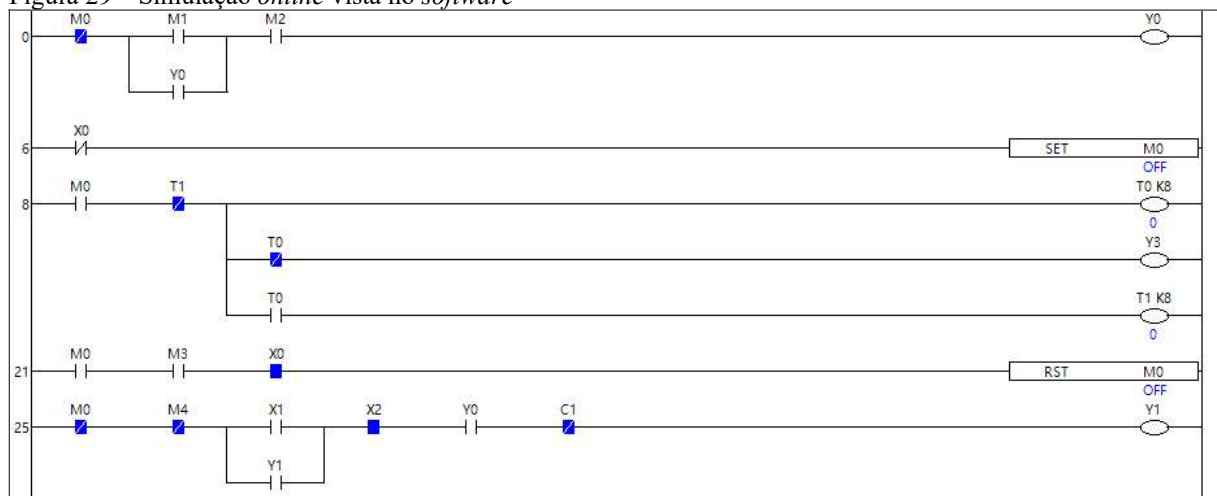
Na entrada X7, o sensor infravermelho transmite a informação assim que cada peça passa pelo feixe de luz. O contador C1 armazena a informação recebida pelo sensor e, através do registrador D10, está informação é enviada para a IHM para controle de produção. A duas esteiras auxiliares possuem a mesma lógica de programação, sendo assim com uma delas programada, bastou substituir os endereços para programar a outra.

Além botão geral de emergência que desliga todas as esteiras, cada esteira auxiliar terá um botão de emergência individual, assim, a parada acontece somente na linha em que houver necessidade, não afetando as outras linhas de produção. Em casos extremos, é acionado o botão de emergência geral.

4.1.4 Testes Online da Programação do CLP

Uma das desvantagens do CLP escolhido para o projeto é a não possibilidade de realizar testes *offline*, sendo somente possível realizar testes *online*, ou seja, com o computador conectado com o CLP e a visualização do comportamento da programação conforme atuação das entradas e saídas. Para isso foi descarregado o programa no CLP e através dos periféricos do protótipo foram realizadas as verificações das entradas e saídas.

Na Figura 29 é possível observar a simulação *online* da esteira auxiliar.

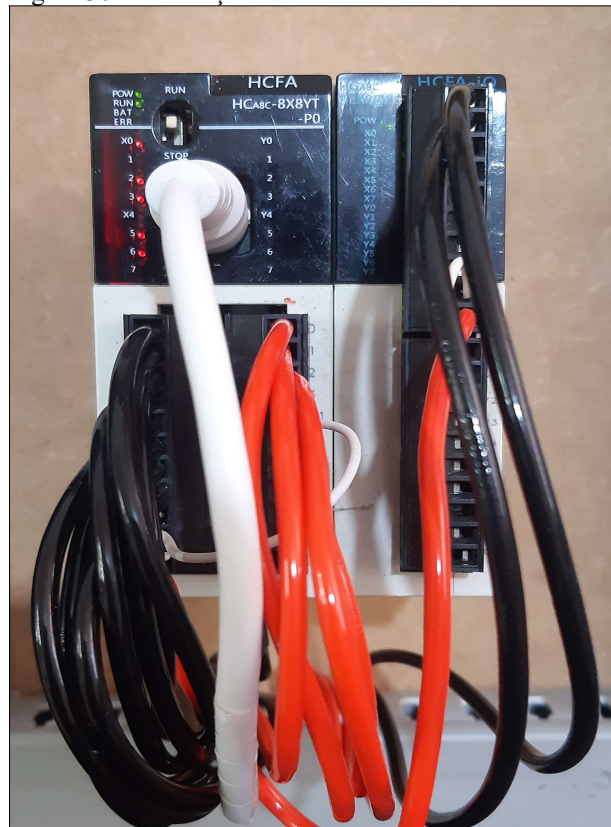
Figura 29 – Simulação *online* vista no *software*

Fonte: Elaborado pelo autor

Os pontos na cor azul indicam que estão ativos, no caso é possível verificar que a algumas entradas e memórias estão ativas. Não foi possível acionar nem uma saída devido ao intertravamento com a IHM, que no caso utiliza a mesma entrada de comunicação.

Na Figura 30 é possível observar como ficou o CLP após o carregamento do programa.

Figura 30 – Simulação no CLP



Fonte: Elaborado pelo autor

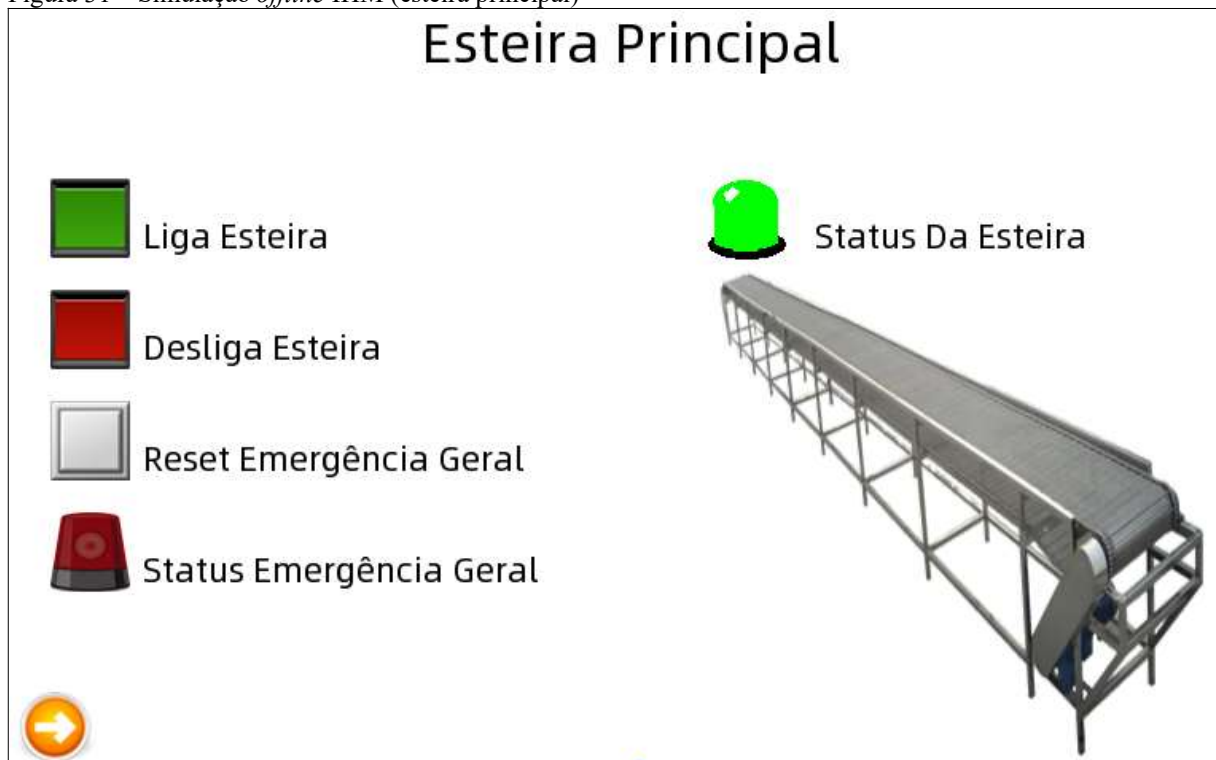
Na parte frontal do CLP é possível visualizar as entradas acionadas indicando que os circuitos de emergência estão ativos e os botões de desliga também. Por questões de segurança foi utilizado nível lógico alto, para em casos em que ocorre o rompimento do cabo não torna o circuito inativo.

4.2 Simulação no Software HCT Designer

Para desenvolvimento das telas da IHM foi utilizado o *software* HCT Designer, este, diferentemente do *software* do CLP, oferece a possibilidade de testes *offline* sem estar conectado com o CLP e periféricos. Primeiro foram realizados os testes *offline* e em seguida os testes *online* e ajustes.

Na Figura 31 é possível observar a tela da esteira principal.

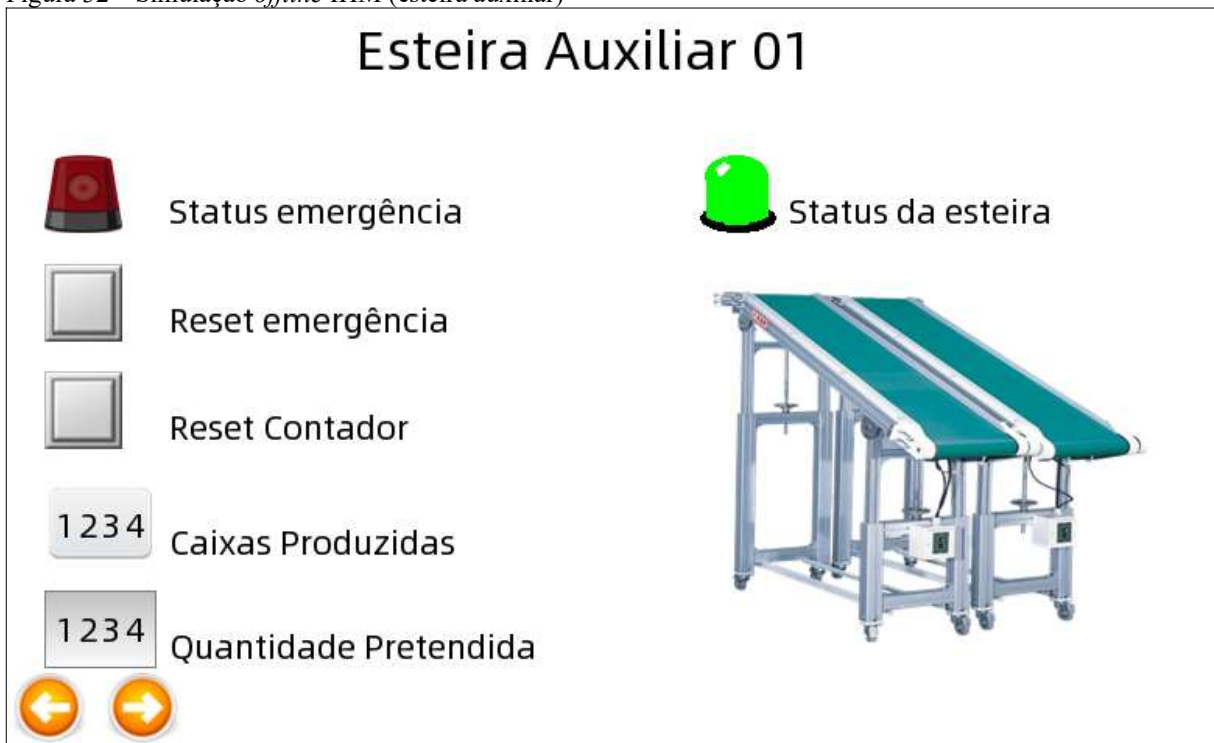
Figura 31 – Simulação *offline* IHM (esteira principal)



Fonte: Elaborado pelo autor

A tela conta com um botão de liga, um botão de desliga, um indicador de *status* do funcionamento da esteira e outro da emergência geral e uma animação no formato de esteira, além de um botão para navegação entre as telas do programa.

Na Figura 32 está é possível observar a tela de uma das esteiras auxiliares.

Figura 32 – Simulação *offline* IHM (esteira auxiliar)

Fonte: Elaborado pelo autor

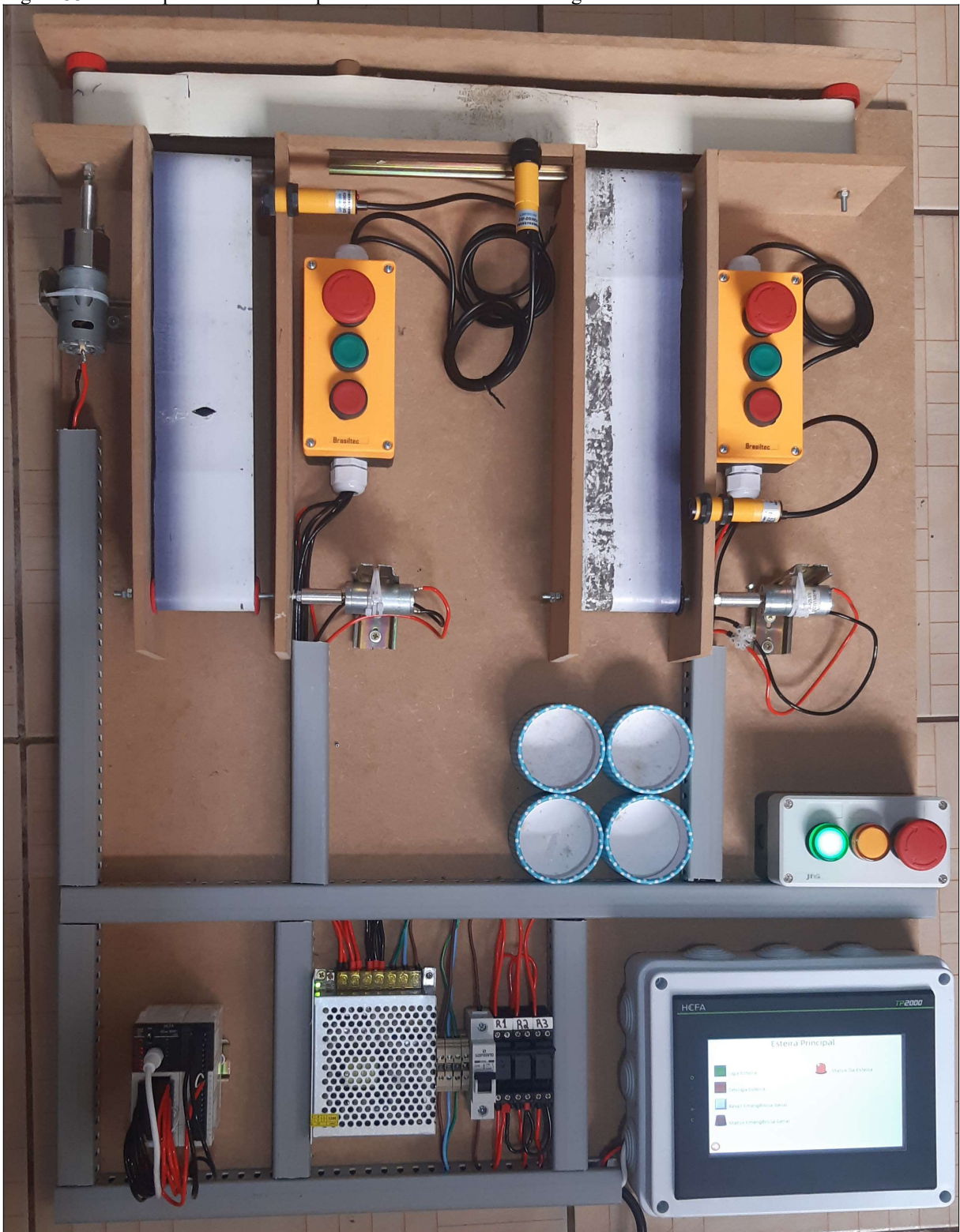
Diferentemente da esteira principal as esteiras auxiliares são acionadas por botões físicos, entretanto, os indicadores de status da esteira e da emergência permanecem pela IHM. Além disso, a tela apresenta um botão de *reset* de emergência e um para reiniciar o contador de caixas. O valor de caixas aparece em um *display* virtual e a quantidade pode ser predefinida sendo que quando o valor pretendido é alcançado a esteira para.

4.3 Funcionamento do protótipo

Com os programas da IHM e do CLP prontos e com o protótipo montado foram realizados os testes de funcionamento e os ajustes necessários.

Na Figura 33, é possível observar o protótipo com sua montagem totalmente pronta.

Figura 33 – Protótipo da esteira transportadora de caixas de embalagens



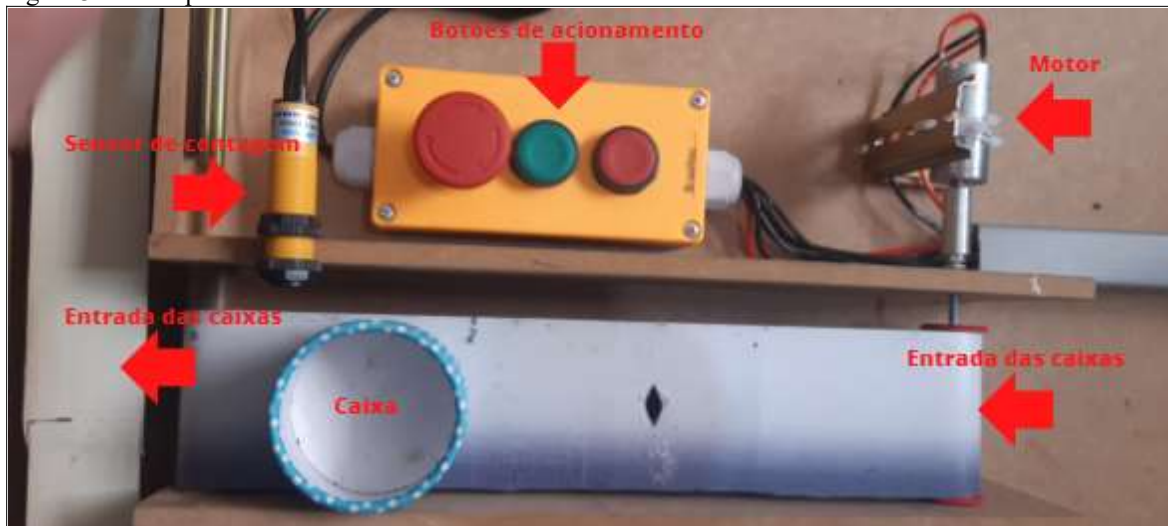
Fonte: Elaborado pelo autor

Inicialmente, para funcionamento do protótipo, é necessário energizar a fonte de alimentação que por sua vez energiza os demais componentes do painel. Após a energização o primeiro passo é partir a esteira principal, pois existe um intertravamento lógico que só

permite a partida das esteiras auxiliares se a esteira principal estiver ligada. Após a partida da esteira principal, o acionamento das esteiras auxiliares esta autorizado e pode ser feito através do seu acionamento.

Na Figura 34 é possível observar o acionamento, o motor CC e o sensor de contagem de peças da esteira auxiliar 1.

Figura 34 – Componentes da esteira auxiliar 1



Fonte: Elaborado pelo autor

Na esteira auxiliar 1 o caixa segue normalmente pela esteira auxiliar, passa pelo sensor infravermelho que faz a contagem e é introduzido na esteira principal seguindo ao seu destino final. Para simulação das caixas foram utilizados cilindros de papel que são introduzidos através das esteiras auxiliares simulando uma linha de produção real.

Antes de ser introduzido as caixas deveriam ser pesadas para verificação do peso mas, devido aos custos elevados, não foi implementado a balança no protótipo, para isso seria necessário um modulo de expansão analógico para o CLP, uma célula de carga e um conversor de sinal, itens que possuem um valor alto.

A esteira auxiliar 2 possui um sensor de intertravamento que desliga ela por 3 segundos toda vez que uma caixa passa evitando que as caixas se choquem na sua saída.

Na Figura 35 é possível observar no detalhe o sensor de intertravamento.

Figura 35 – Sensor de intertravamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, após os testes de funcionamento realizados, foi feita uma varredura no protótipo checando a integridade dos componentes elétricos e mecânicos, reaperto de todos os contatos elétricos e verificado a condição das esteiras e motores. Isso irá garantir o bom funcionamento do protótipo. A programação *ladder* se encontra no Apêndice A.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho propôs o estudo e desenvolvimento de um protótipo de uma esteira transportadora de caixas de embalagens. A base para o estudo foi construída através da visita a uma empresa produtora de alimentos que utiliza caixa de embalagens para armazenagem do produto. A coleta dos dados foi importante para projeto e execução do protótipo.

Conforme apresentado nos resultados, a lógica de programação do CLP teve a finalidade de comandar as esteiras e coletar as informações dos sensores e botões utilizados no projeto. As informações podem ser observadas na tela da IHM e servem como métrica para dados de produção ou estados das esteiras. A programação se mostrou eficaz e atendeu a o sistema mecânico do protótipo.

A construção do protótipo proporcionou uma plena visualização do painel elétrico e do sistema mecânico das esteiras. Foi atentado para o protótipo ser construído o mais similar possível a uma linha de produção industrial. Isso facilitou os testes operacionais e os ajustes necessários para validação do protótipo.

A comunicação entre o CLP e a IHM utilizados foi facilitada devido a eles possuir o mesmo protocolo de comunicação, isso foi elemento-chave para implementação do protótipo. Aos demais periféricos utilizados foram seguidos os manuais de cada um e os seus esquemas elétricos de ligação para a interligação entre eles.

Por fim, os objetivos que eram a programação do CLP e da IHM, a fabricação do protótipo, a comunicação entre os componentes elétricos e os testes de validação foram alcançados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Paulo Samuel D. **Indústria 4.0 - Princípios Básicos, Aplicabilidade e Implantação na Área Industrial**. São Paulo: Editora Saraiva, 2019. E-book. ISBN 9788536530451. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530451/>. Acesso em: 12 set. 2022.
- BRASILEIRO, Eduardo T. **Quarta Revolução Industrial e Direito do Trabalho**. São Paulo: Grupo Almedina (Portugal), 2022. E-book. 9786556276113. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556276113/>. Acesso em: 03 set. 2022.
- BRASILTEC. **Relé acoplador de base**. 2022. Disponível em: <https://brasiltec.ind.br/produto/1105701/rele-acoplador-de-base-por-engate-rapido>. Acesso em 22 de outubro de 2022.
- BRITO, Fábio. **Sensores e atuadores 1ª edição**. São Paulo: Editora Saraiva, 2019. E-book. ISBN 9788536531953. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536531953/>. Acesso em: 01 out. 2022.
- CABRAL, A. A. M, **Projeto de Supervisório para Esteira Transportadora**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.
- CAPELLI, Alexandre. Automação Industrial - **Controle de Movimento e Processos Contínuos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. E-book. 9788536519616. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519616/>. Acesso em: 03 set. 2022.
- CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Porto Alegre: Grupo A, 2013. E-book. ISBN 9788580552072. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580552072/>. Acesso em: 02 out. 2022.
- DA QUINTINO, Luís F.; SILVEIRA, Aline Morais; AGUIAR, Fernanda Rocha D.; et ai. **Indústria 4.0**. Porto Alegre: Grupo A, 2019. E-book. 9788595028531. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595028531/>. Acesso em: 03 set. 2022.
- DA SILVA, Edilson Alfredo. **Introdução às linguagens de programação para CLP** . São Paulo: Editora Blucher, 2016. E-book. ISBN 9788521210528. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521210528/>. Acesso em: 18 set. 2022.
- DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais - Uma Abordagem Logística**. São Paulo: Grupo GEN, 2019. E-book. 9788597022100. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597022100/>. Acesso em: 03 set. 2022.
- FRANCHI, Claiton M.; CAMARGO, Valter Luís Arlindo D. **Controladores Lógicos Programáveis** . São Paulo: Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536533605. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536533605/>. Acesso em: 18 set. 2022.

FILHO, Guilherme F. **Automação de Processos e de Sistemas**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014. E-book. 9788536518138. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518138/>. Acesso em: 03 set. 2022.

FILHO, Guilherme Eugênio Filippo F.; DIAS, Rubens A. **Comandos Elétricos - Componentes Discretos, Elementos de Manobra e Aplicações**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014. E-book. ISBN 9788536518268. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518268/>. Acesso em: 01 out. 2022.

GARREL, A. GUILERA, L. **La Industria 4.0 em la Sociedad Digital**. 1ª ed. Martorel: Ed. Marge Books, 2019.

GROOVER, M. P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3ª ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2012.

HNC ELETRIC. **Interface Homem Máquina Série TP2000 – Manual de Instalação**. 2016. Disponível em: http://www.hncelectric.com/en_product_show.aspx?id=64. Acesso em 14 de abril de 2022.

HNC ELETRIC. **Controlado Lógico Programável Modelo HCA8C – Manual de Programação**. 2014. Disponível em: http://www.hncelectric.com/en_product_show.aspx?id=110. Acesso em 05 de abril de 2022.

JÚNIOR, Geraldo Carvalho do N. **Comandos Elétricos - Teoria e Atividades - 2ª Edição**. São Paulo: Editora Saraiva, 2018. E-book. ISBN 9788536528557. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536528557/>. Acesso em: 01 out. 2022.

LAMB, Franco. **Automação industrial na prática (Tekne)**. Porto Alegre: Grupo A, 2015. E-book. 9788580555141. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580555141/>. Acesso em: 03 set. 2022.

LUGLI, Alexandre B.; SANTOS, Max Mauro D. **REDES INDUSTRIAIS PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - AS-I, PROFIBUS E PROFINET**. São Paulo: Editora Saraiva, 2019. E-book. ISBN 9788536532042. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532042/>. Acesso em: 18 set. 2022.

MENDES, C. F. **Projeto de um Sistema de Automação Industrial para uma Indústria de Pescados**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.

MERCADO LIVRE. **SENSOR DE PROXIMIDADE INFRAVERMELHO E3FDS30C4 NPN NA 6 a 36VDC**. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2140610410-sensor-proximidade-infravermelho-e3f-ds30c4-npn-na-6-a-36vdc-_JM?quantity=3. Acesso em 23 de outubro de 2022.

MERCADO LIVRE. **Motor DC 24V Alto Torque 25GA-370 130 rpm**. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1912603673-motor-dc-24v-alto-torque-25ga-370-escolha-a-rotaco-_JM. Acesso em 23 de outubro de 2022.

MERCADO LIVRE. **Fonte Chaveada 5A 24VCC E:110/220 VCA**. 2022. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1235436848-fonte-chaveada-5a-24vcc-e220110v-JM>. Acesso em 23 de outubro de 2022.

MONTERO, E. R. **Industria 4.0 Conceptos, tecnologías habilitadoras y retos**. Madrid: Editora Piramide, 2020.

MORAES, Cícero Couto D.; CASTRUCCI, Plínio de L. **Engenharia de Automação Industrial, 2ª edição**. Rio de Janeiro : Grupo GEN, 2006. E-book. 978-85-216-1976-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1976-5/>. Acesso em: 04 set. 2022.

NERY, Norberto; KANASHIRO, Nelson M. **Instalações Elétricas Industriais**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014. E-book. ISBN 9788536514673. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536514673/>. Acesso em: 02 out. 2022.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial PLC - Teoria e Aplicações - Curso Básico, 2ª edição**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2011. E-book. 978-85-216-2023-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2023-5/>. Acesso em: 03 set. 2022.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial - Pneumática - Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013. E-book. ISBN 978-85-216-2217-8. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2217-8/>. Acesso em: 01 out. 2022.

RIBEIRO, Osni M. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017. E-book. 9788547228392. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788547228392/>. Acesso em: 03 set. 2022.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira L. **Automação de Processos com Linguagem Ladder e Sistemas Supervisórios**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2014. E-book. ISBN 978-85-216-2683-1. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2683-1/>. Acesso em: 18 set. 2022.

RODRIGUES, Rodrigo. **Controle e Automação da Produção**. Porto Alegre: Grupo A, 2016. E-book. 9788569726760. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788569726760/>. Acesso em: 03 set. 2022.

SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; BONILLA, Sílvia H. **Indústria 4.0 : conceitos e fundamentos**. São Paulo: Editora Blucher, 2018. E-book. ISBN 9788521213710. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521213710/>. Acesso em: 12 set. 2022.

SCHWAB, K. **Industry 4.0: The Fourth Industrial Revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016.

SIEMENS. **SITOP Power Supply** . 2022. Disponível em: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/power-supply/sitop-smart.html>. Acesso em 01 de outubro de 2022.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga D. **Sensores Industriais**. São Paulo: Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536533247. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536533247/>. Acesso em: 01 out. 2022.

WEG. **Weg Motor Scan – Sensor**. 2022. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h3e/h7c/WEG-motor-scan-mobile-app-manual-10008443991-pt-en-es.pdf>. Acesso em 17 de setembro de 2022.

WEG. **LINHA CSW COMANDO E SINALIZAÇÃO**. 2022. Disponível em: <https://static2.weg.net//medias/downloadcenter/h5a/h37/WEG-comando-e-sinalizacao-CSW-50009820-catalogo-pt.pdf>. Acesso em 01 de outubro de 2022.

APÊNDICE A – Lógica da Programação em *Ladder* da Automação

