

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DHARA LUMENA DA SILVA PAZ
NILTON NERES DOS SANTOS REIS

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SEPARADOR DE CAIXA AUTOMATIZADO

GOIÂNIA

2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Dhara Lumena da Silva Paz

Matrícula: 20181011060362

Título do Trabalho: IMPLEMENTAÇÃO DE UM SEPARADOR DE CAIXA AUTOMATIZADO

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

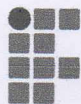
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 18/04/2022.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Nilton Neres dos Santos Reis

Matrícula: 20161011060406

Título do Trabalho: IMPLEMENTAÇÃO DE UM SEPARADOR DE CAIXA AUTOMATIZADO

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 18/04/2022.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

**DHARA LUMENA DA SILVA PAZ
NILTON NERES DOS SANTOS REIS**

IMPLEMENTAÇÃO DE SEPARADOR DE CAIXA AUTOMATIZADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. João Batista José Pereira

GOIÂNIA

2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

DHARA LUMENA DA SILVA PAZ
NILTON NERES DOS SANTOS REIS

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SEPARADOR DE CAIXA AUTOMATIZADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, como parte das exigências para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista.

Goiânia, 09 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Batista José Pereira

Orientador - IFG/Câmpus Goiânia

Prof. Dr. Carlos Roberto da Silveira Júnior

Membro da Banca Examinadora - IFG/Câmpus Goiânia

Prof. Me. Fábio da Silva Marques

Membro da Banca Examinadora - IFG/Câmpus Goiânia

Documento assinado eletronicamente por:

- Fabio da Silva Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/04/2022 09:22:03.
- Carlos Roberto da Silveira Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/04/2022 08:36:44.
- Joao Batista Jose Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/04/2022 08:30:17.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 30/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 264699
Código de Autenticação: eec3881ca2



FICHA CATALOGRÁFICA

P298i Paz, Dhara Lumena da Silva.

Implementação de um separador de caixa automatizado / Dhara Lumena da Silva Paz; Nilton Neres dos Santos Reis. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.

63 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Batista José Pereira

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, por me conceder forças e coragem para superar as dificuldades. Aos nossos familiares, em especial minha mãe, Maria Aparecida. Também meu marido, Vinicius Rodrigues, que esteve ao meu lado em meio a todas as dificuldades. A todos que se mantiveram me apoiando nos estudos durante o período do curso. Obrigada!

Dedico este trabalho a minha esposa, Jacqueline Reis, que desde o início desta importante etapa da minha vida me deu forças e esteve sempre ao meu lado, e por vezes não me deixou desistir. Dedico também aos meus filhos Nilton Gabriel e Melissa, que em certa altura do processo se tornaram a motivação maior para eu concluir este trabalho. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos dado saúde, força e perseverança durante a caminhada na escrita do nosso trabalho de conclusão de curso.

Somos gratos às nossas famílias pelo apoio integral, mesmo nos momentos mais difíceis estiveram presentes nos apoiando.

Aos nossos (esposo e esposa), pela compreensão e paciência demonstrada ao longo da nossa caminhada. Deixamos um agradecimento especial ao nosso orientador Dr. João Batista José Pereira, por conduzir e a dedicar seu tempo ao nosso trabalho de pesquisa.

Também agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás e ao qualificado corpo docente do nosso curso, pela elevada qualidade do ensino oferecido e sua dedicação em nos tornar profissionais dignos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

RESUMO

Desde a transição do processo de manufatura para a indústria mecânica, acontecimento marcado como revolução industrial, os sistemas de produção automatizados vêm se destacando devido sua enorme capacidade de produção e controle de processos que atualmente são chamados de manufatura digital. É comum encontrar, nos mais variados segmentos industriais, máquinas que fazem tarefas que antes era realizado por um grupo considerável de pessoas. Esse trabalho apresentará como se deu a implementação de um separador automatizado com a utilização do protocolo *Ethernet* dentro de uma câmara fria, mudanças essas que visavam a aceleração da atividade de separação de caixas e a redução da aplicação de mão de obra manual. Apoiado em vários estudos de automação industrial, será desenvolvido e implementado um protótipo composto por um CLP (Controlador Lógico Programável), sensores indutivo e capacitivo, atuadores, pistões pneumáticos, motores, etc. A separação das caixas será feita de acordo com o tempo ciclo de cada equipamento de manufatura, podendo ser ajustado conforme necessidade da linha de produção. A detecção e separação das caixas serão desenvolvidas de modo que haja um sincronismo no processo de reconhecimento dos modelos, utilizando o sistema temporizado interno do CLP juntamente com a velocidade média da esteira e o *Talkback* de cada sensor. Desta forma, espera-se que não ocorram paradas desnecessárias nas indústrias. O separador automatizado melhorará a produtividade e possibilitará a realocação de 26 funcionários para outros setores da empresa, havendo assim economia com pessoal.

Palavras Chaves: Separador automatizado, esteira, câmara fria, CLP, sensores.

ABSTRACT

Since the transition from the manufacturing process to the mechanical industry, an event marked as the industrial revolution, automated production systems have stood out due to their enormous production capacity and process control that are currently called digital manufacturing. It is common to find, in the most varied industrial segments, machines that perform tasks that were previously performed by a considerable group of people. This work will present the implementation of an automated picker using the Ethernet protocol inside a cold camera, whose objective will be to accelerate the activity of picking boxes and reduce the application of manual labor. Supported by several industrial automation studies, a prototype will be developed and implemented, consisting of a PLC (Programmable Logic Controller), inductive and capacitive sensors, actuators, pneumatic pistons, motors, etc. The separation of the boxes will be done according to the cycle time of each manufacturing equipment, and can be adjusted according to the needs of the production line. The detection and separation of the boxes will be developed so that there is a synchronism in the model recognition process, using the PLC's internal timed system together with the average speed of the conveyor and the Talkback of each sensor. In this way, it is expected that there will be no unnecessary stops in the industries. The automated separator will improve productivity and make it possible to reallocate 26 employees to other sectors of the company, thus saving on personnel.

Keywords: *box separator, conveyor belt, cold camera, PLC, sensors.*

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2.1- Hierarquia de sistemas de automação	14
Figura 2.2 - Comparação do uso dos relés e do CLP num painel de comando.....	15
Figura 2.3 - Partes principais que compõem um CLP.....	17
Figura 2.4 - Representação das partes de um CLP modular	17
Figura 2.5 - CLP compacto com suas partes.....	18
Figura 2.6 - CLP compacto com suas partes.....	19
Figura 2.7 - Ciclo de varredura do CLP.....	20
Figura 2.8 - Diagrama da lógica de funcionamento da linguagem Ladder.....	21
Figura 2.9 - Arquitetura do protocolo ethernet clássico.....	22
Figura 2.10 - Simbologia genérica de sensor discreto	23
Figura 2.11 - Válvula de retenção	25
Figura 2.12 - Válvula de controle de fluxo variável bidirecional	25
Figura 2.13 - Válvula de alívio.....	26
Figura 2.14 - Diagrama de um atuador linear, duplo estágio	26
Figura 2.15 - Atuador pneumático linear de simples efeito com retorno por mola	28
Figura 2.16 - Inversor de frequência	28
Figura 2.17 - Perfis das correias transportadoras	29
Figura 2.18 - Componentes de um transportador de correias convencional	30
Figura 2.19 - Esticador de correia por gravidade e parafuso.....	32
Figura 3.1 - Disposição das esteiras e seus respectivos inversores	33
Figura 3.2 - Sensor fotoelétrico modelo T18SN6D	34
Figura 3.3 - Sensor Analógico Ultrassônico modelo T3OUX	34
Figura 3.4 – Diagrama elétrico Sensor Analógico Ultrassônico modelo T3OUX.....	35
Figura 3.5 - Detalhes em corte do direcionador.....	35
Figura 3.6 – Ilustração da separação das caixas no direcionador	36
Figura 3.7 - Ilustração da separação das caixas no direcionador	36
Figura 3.8 - Ilustração da separação das caixas no direcionador	37
Figura 3.9 - Ilustração da separação das caixas no direcionador	37
Figura 3.10 - Motor W22 de indução trifásico	38
Figura 3.11 – Diagrama de ligação dos motores e inversores.....	39
Figura 3.12 - Cilindro de 3 posições.....	40

Figura 3.13 - Eletroválvula	41
Figura 3.14 – Vista superior do direcionador de caixas.....	42
Figura 3.15 – Vista lateral do direcionador de caixas	42
Figura 3.16 - Representação da comunicação em rede.....	43
Figura 4.1 - Imagem do direcionador pronto para entrar em funcionamento.....	45
Figura 4.2 - painel real do sistema.	46

LISTA DE SIGLAS

- **CLP** (Controlador Lógico Programável)
- **PC** (*Personal Computer* – Computador Pessoal)
- **PID** (*Proportional Integral Derivative* – Proporcional Integral Derivativo)
- **EPROM** (*Erasable Programmable Read-Only Memory* – Memória Somente de Leitura Programável Apagável)
- **EEPROM** (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* – (Memória Somente Leitura Programável Apagável Eletricamente)
- **RAM** (*Random Access Memory* – Memória de Acesso Aleatório)
- **IHM** (*Human Machine Interface* – Interação Homem Máquina)
- **SWITCH** – (Comutador)
- **EPI** – (Equipamento de Proteção Individual)
- **EPC** – (Equipamento de Proteção Coletiva)

SUMÁRIO

	FICHA CATALOGRÁFICA.....	II
	DEDICATÓRIA	II
	AGRADECIMENTOS	III
	RESUMO.....	IV
	<i>ABSTRACT</i>	V
	LISTAS DE FIGURAS.....	VI
	LISTA DE SIGLAS	VIII
1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Controlador Lógico Programável	15
2.1.1	Estrutura de um CLP.....	16
2.1.2	Processador	16
2.1.3	Entrada e Saída.....	19
2.1.4	Princípio de Funcionamento do CLP	20
2.2	Programação em <i>Ladder</i>	21
2.3	Protocolo <i>ethernet</i>	22
2.4	Sensor.....	22
2.5	Sistema Pneumático.....	24
2.5.1	Válvula Pneumática	24
2.6	Atuador.....	26
2.7	Motor.....	27
2.8	Cilindro.....	27
2.9	Inversor de Frequência	28
2.10	Esteira Rolante.....	28
2.11	Tambor.....	31

2.12	Roletes.....	31
2.13	Esticador de Correia.....	31
3	IMPLEMENTAÇÃO	33
3.1	Descrição de funcionamento	41
4	RESULTADOS	44
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	ANEXO	41

1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial impactou o mundo com suas mudanças em todos os âmbitos produtivos, afetando positivamente tanto as indústrias existentes como também as que estariam por vir, todo esse processo, trouxe consigo inovações tecnológicas como a automação das linhas e sistemas de produção, aumento da produtividade e a otimização da mão de obra tradicional (GROOVER, 2011).

Por definição, a automação industrial, tem como tecnologia de ponta a utilização de sistemas inteligentes envolvendo mecânica, eletrônica e computacional para a operação e controle dos processos. Atualmente temos exemplos de equipamentos de automação que são encontrados nos mais variados tipos de comercio do mundo (PAZOS, 2002).

Em meados do século XVII ocorreu na Inglaterra uma revolução que trazia para cidadãos do país uma grande evolução, caracterizada pela introdução dos maquinários simples na substituição do trabalho repetitivo feito pela mão de obra humana.

Aliada ao uso dos computadores, a automação industrial potencializa de forma expressiva o aumento e a qualidade de produção das indústrias (SELEME, 2013).

Cabe salientar que o avanço tecnológico oriundo da revolução industrial trouxe também novos desafios, novas configurações de produção, bem como, novos perigos a serem enfrentados diante da exposição do trabalhador ao cenário industrial cada dia mais inovador. Para produzir novas ferramentas que visem a segurança dos envolvidos nos sistemas produtivos em geral, a automatização industrial não deixou a desejar, indo desde monitoramento à atuação remota pelos operadores (CAMISASSA, 2015).

Para construção de ativos com capacidade de atuarem com altas frequências e com eficiência, a automação fornece para as indústrias linhas de produção com circuito de lucratividade elevada. A partir das informações recebidas dos processos, onde atuam em função da necessidade e características de uma malha fechada mais conhecida como realimentação, se tem a relação entre valores de saída e valores de entrada e para isso são utilizados controladores que utilizam algoritmos e circuitos digitais (SILVEIRA, 1998).

No mercado atualmente globalizado, a busca por uma vantagem na área tecnológica que permita ao seu usuário competir de uma maneira ativa e manter-se de modo sustentável, obter altos ganhos, além de reinvestir no seu negócio com novas filiais, faz com que a automação industrial passe a ser um item básico desse processo na indústria. No ramo de fábricas, a otimização de recursos é inevitável. As inovações na

área de processo em si são poucas, permanece para as áreas de controle de processo a responsabilidade na redução de custos (SILVEIRA, 1998).

Esse trabalho versa sobre a implementação de um separador de caixas automatizado de diferentes tamanhos. Nessa efetivação buscou-se modificar a mão de obra empregada e o processo seletor, tendo como resultado um aumento na produtividade, precisão de operação, garantia de qualidade e confiabilidade funcional, sendo usado para isso um CLP, programado, conforme a operação do sistema avaliado.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os benefícios da implementação de um separador de caixa automatizado trabalhando em rede com o uso do protocolo *ethernet* e o modo com qual essa implementação estabelece um sistema mais seguro, bem como, amplia e consolida o potencial produtivo do sistema.

Os objetivos específicos foram: observar os avanços produtivos com a automatização do separador de caixas; analisar a possibilidade de eliminar a exposição continua do homem ao um ambiente insalubre; verificar a redução de custos com as melhorias advindas da implementação do separador de caixas.

Além da Introdução apresentada neste capítulo 1, tem-se no capítulo 2, uma revisão bibliográfica. No capítulo 3, a documentação da implementação prática do trabalho. Os resultados no capítulo 4, por fim, no capítulo 5, as conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Oriundo dos Estados Unidos, o termo automação industrial é dado para caracterizar um sistema que utilize um computador para controlá-lo, de maneira a possibilitar maior poder produtivo, mais segurança e precisão na execução, maior velocidade e mais qualidade no produto e/ou serviço final, com isso substitui-se a mão de obra humana.

Posterior ao transistor, responsável por estimular a sua criação, a automação industrial teve origem nas linhas de montagens automobilísticas e petroquímicas, hoje utilizada em diversos seguimentos industriais (GOEKIN, 2010).

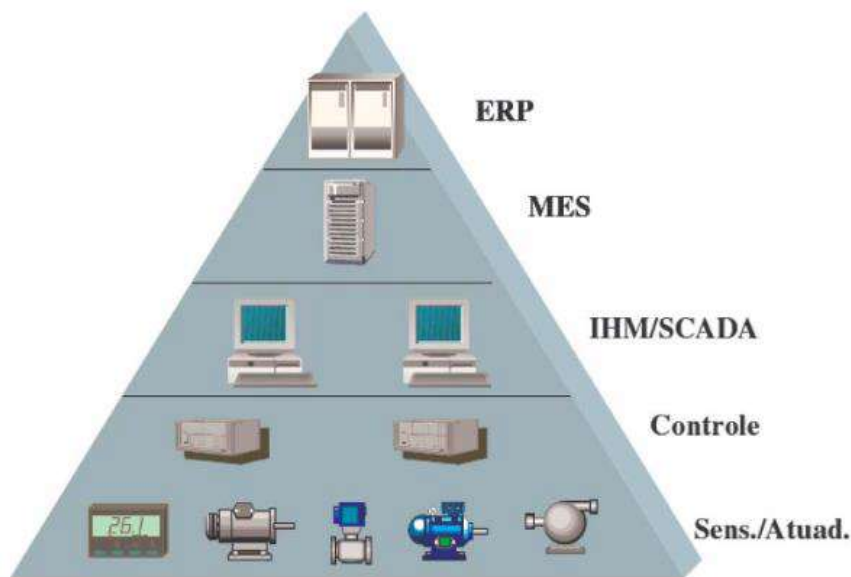
A automação pode ser explicada como a substituição das tarefas de um trabalhador humano, por uma máquina, o que confere mais precisão e segurança. Além disso, quando se fala de automação, ela envolve referência em qualidade do produto, com seletividade da máquina, menor perda de materiais, segurança dos funcionários, realização de processos impossíveis de serem executados por seres humanos, maior produtividade em menor tempo e melhor planejamento da sua produção em massa (MORAES, 2001).

Nos sistemas de produção automatizados existem processos que inicia desde a montagem até ao gerenciamento e controle da qualidade da fábrica, tais quais:

- Estações de carga e descarga;
- Estações de usinagem;
- Estações de montagem;
- Sistemas de transporte de materiais;
- Sistemas de armazenamento de materiais;
- Sistemas automáticos de controle de qualidade.

Com o crescimento e desenvolvimento dos setores industriais no decorrer dos anos, tornou-se necessário novas formas de automação. A “pirâmide da automação” apresenta os níveis de atuação no quais, cada nível é responsável por uma função na linha de produção da automação (MORAES, 2001). A figura 2.1 representa a hierarquia de sistemas de automação industrial.

Figura 2.1- Hierarquia de sistemas de automação



Fonte: (SARAIVA, 2010)

Os níveis de atuação serão apresentados a seguir:

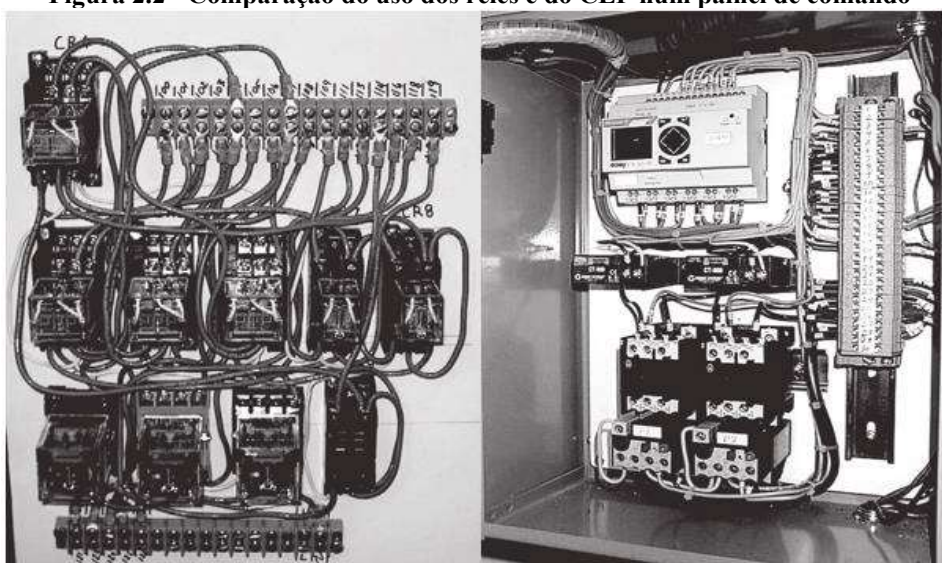
- **Nível 1: Dispositivos de Campo:** É constituído por todo equipamento inicial para produção da indústria. Composto por vários dispositivos de campo, como atuadores, abotoadeiras, transmissores, sensores, sinalizadores, conversores, motores, válvulas, entre outros componentes.
- **Nível 2: Controle do Processo:** Esse nível é responsável por toda atividade de controle dos aparelhamentos de automação, ou seja, são os equipamentos que executam o controle automatizado das atividades na indústria como CLP.
- **Nível 3: Supervisão:** Controla o processo e produtividade da planta industrial. Esse controle consiste em receber as informações dos equipamentos do nível 1 e 2 e armazenar em um banco de dados, logo em seguida visualizar essas informações de forma compactada otimizando o processo.
- **Nível 4: Gerenciamento da Planta:** Esse nível consiste na programação, logística e planejamento da produção. O nível também utiliza-se *softwares* para avanços na produção diária da indústria.
- **Nível 5: Gestão Corporativa:** Nesse nível já se tem a administração de recursos da empresa por meios de *softwares* específicos que tratam da área de vendas, *marketing* e gestão financeira.

2.1 Controlador Lógico Programável

O CLP é definido como um tipo de computador industrial, que pode ser devidamente programado para executar instruções de controle e monitoramento. Na diferenciação entre um computador pessoal com um industrial, fica evidenciado as peculiaridades, características e robustez do industrial em relação ao pessoal. Por tantas características superiores, é plausível o uso e o propósito do computador industrial na automação industrial de modo que seja aproveitado ao máximo em todas as suas particularidades lógicas e construtivas (PETRUZELLA, 2014).

Em relação as vantagens e benefícios na aplicação do CLP na indústria, fica provado sua expressiva superioridade em relação ao uso dos relés. Uma vez que foi idealizado com o objetivo de substituir os relés (por motivos inicialmente econômicos, no que se refere ao espaço ocupado, as perdas de material nas manutenções, nas mudanças de configuração lógica das aplicações dos relés e nos dispêndios de materiais nas montagens dos painéis de automação industrial). Por todas as vantagens atestadas, o PC industrial passou a ser favorito de modo geral à medida que era otimizado e melhorado. Seu espaço foi consolidado nas mais variadas áreas de produção, ganhando notada vantagem ao uso dos relés nos seus vários aspectos comparativos (PETRUZELLA, 2014). Figura 2.2 apresenta imagens comparando o uso dos relés e do CLP num painel de comando.

Figura 2.2 - Comparação do uso dos relés e do CLP num painel de comando



Fonte: (PETRUZELLA, 2014).

O CLP é toda máquina eletrônica destinada a controlar em tempo real e em meio industrial processos sequenciais, realizar funções lógicas de temporização, de cálculos entre outras operações mais complicadas. Pode ser descrito como uma caixa preta com terminais destinados a conexão de instrumentos dedicados a alimentar o CPL. Possui sinais de entrada de natureza elétrica, hidráulica, mecânica, pneumática em geral conjugado com o sinal elétrico para a leitura do CLP. Esses sinais são emitidos por instrumentos conhecidos como sensores, com as mais variadas finalidades, aplicações e características. Do mesmo modo, contem também terminais de saídas destinados a conexões com atuadores diversos com amplitude de atuação, desde a comutação de um contator, até o fornecimento de dados para levantamento estatístico de um determinado sistema e/ou processo (MOLINARI, 2004).

Hackworth (2003) destaca a necessidade de criação de novas tecnologias para substituir os antigos métodos de controle e automação, baseados no uso dos relés. Para ele, houve rápido desenvolvimento do CLP com suas notáveis capacidades, variadas aplicações nos mais diversificados empreendimentos industriais. O equipamento possibilita mudar a lógica sem precisar desmontar um painel inteiro, diminuindo com isso tempo e material ao mudar um modelo do produto, um automóvel por exemplo. Arelado a isso, pode-se citar as vantagens e benefícios como o aumento de produção, a maior capacidade de operação e comutação em geral, a precisão de operação, a redução de erros nas linhas de produção e seu custo benefício satisfatório.

2.1.1 Estrutura de um CLP

Ao tratar da estrutura de um CLP faz-se necessário a classificação dele em duas categorias distintas, no que se refere a sua composição física, os modelos compactos e os modelos em módulos ou rack. A partir dessa classificação, pode-se detalhar cada especificidade de acordo com o objetivo deste trabalho.

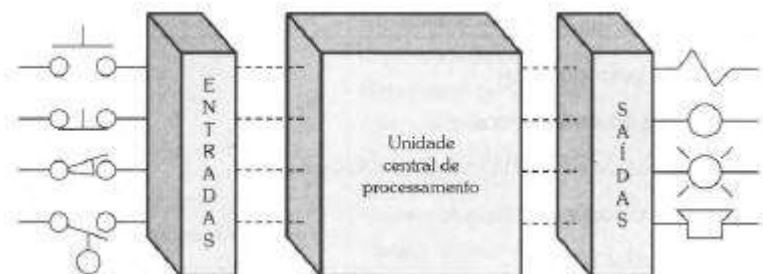
A figura 2.3 ilustra as partes principais que compõem um CLP, seja ele modular (a partir dos seus módulos), ou compacto, com suas partes integradas.

2.1.2 Processador

A unidade de processamento pode vim separada nos modelos modular ou formar um único bloco com as demais partes que compõem o CLP nos modelos compactos. Essa

unidade é responsável pela leitura do código a ser implementado, e a partir daí atualizar as saídas de acordo com a leitura dos sinais de entrada.

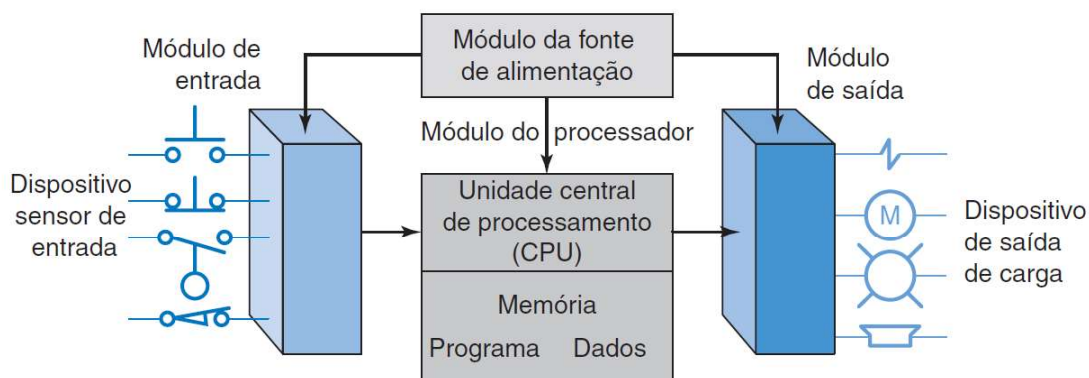
Figura 2.3 - Partes principais que compõem um CLP.



Fonte: (FRANCHI, 2008).

Cabe destacar, que esta unidade de processamento é um conjunto de implementação de microcontroladores responsáveis por diversas tarefas como funções matemáticas, conversores analógico/digital, digital/analógico, PID (Proporcional Integral Derivativo), interface de comunicação de diversos protocolos, tanto para a transferência de dados para a execução do programa, quanto para exibir em algum sistema supervisório todo o levantamento da funcionalidade do processo em questão, a depender da necessidade de aplicação (HACKWORTH, 2003). A figura 2.4 apresenta a representação de um CLP modular.

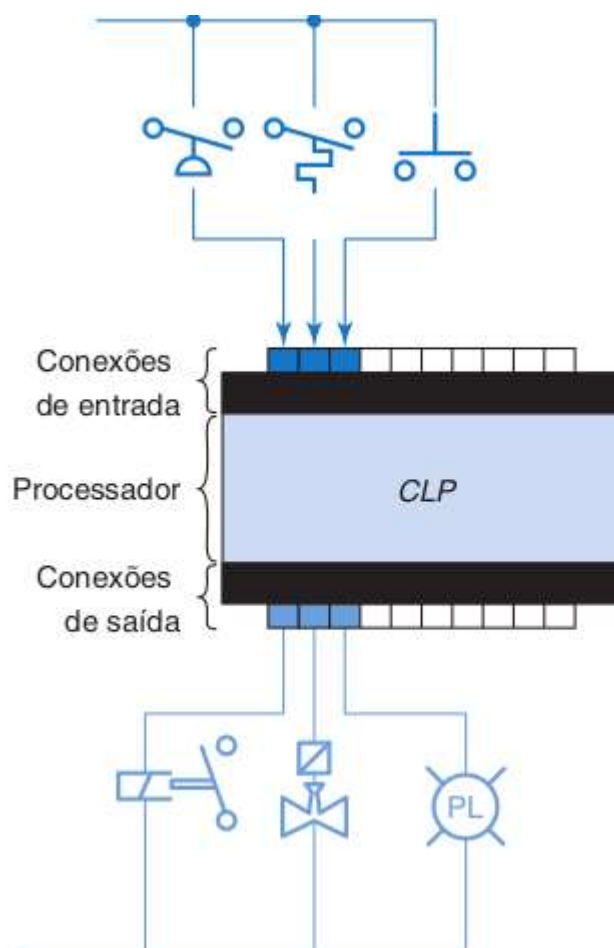
Figura 2.4 - Representação das partes de um CLP modular



Fonte: (PETRUZELLA, 2014).

Além de facilitar a manutenção (por exemplo a substituição de um ou mais módulos) o CLP modular também possibilita acrescentar ou tirar módulos, de acordo com a necessidade do sistema, sem precisar trocar todo o equipamento numa possível modificação no processo a que se aplica. O processador é o “cérebro” do CLP e consiste num microprocessador para implementar a lógica do processo a que está incorporado, além disso, faz comunicação entre as demais partes do CLP, as entradas e as saídas, seja no modelo compacto ou modular. O equipamento dispõe de memórias *EPROM* ou *EEPROM* e *RAM* para armazenar o código a ser rodado e os cálculos solicitados pelo código para controlar todas as atividades (PETRUZELLA, 2014). Na figura 2.5 é ilustrada um CLP compacto com suas partes descritas.

Figura 2.5 - CLP compacto com suas partes



Fonte: (PETRUZELLA, 2014).

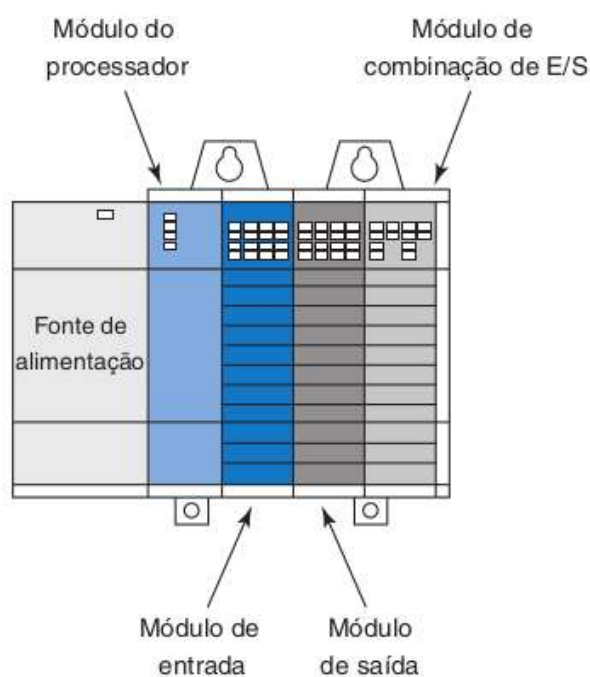
2.1.3 Entrada e Saída

Os módulos de entradas e saídas são as interfaces entre os sensores de monitoramento, os atuadores e o controle. Também servem como isoladores devido ao pulso elétrico no módulo de entrada ser convertido num sinal eletrônico para depois ser interpretado pelo processador e posteriormente emitir os sinais cabíveis no módulo de saída. Os módulos são classificados em três categorias: 1ª módulos digitais; 2ª módulos analógicos e 3ª os módulos inteligentes, os que podem avaliar e modificar o sinal antes de repassá-lo para o processador (DUNN, 2006).

Como explica Petruzella (2014), os modelos modulares possuem fonte de alimentação da CPU nos módulos periféricos, o que torna esse modelo adequado para controle de grande porte, além de preferido devido a sua robustez. Com isso é evidenciado sua maior capacidade de processamento, que influencia também no investimento da implementação deste tipo de equipamento no processo em questão.

A Figura 2.6 apresenta o desenho de um CLP modular com seus respectivos módulos de entradas e saídas, fonte de alimentação e processador.

Figura 2.6 - CLP compacto com suas partes

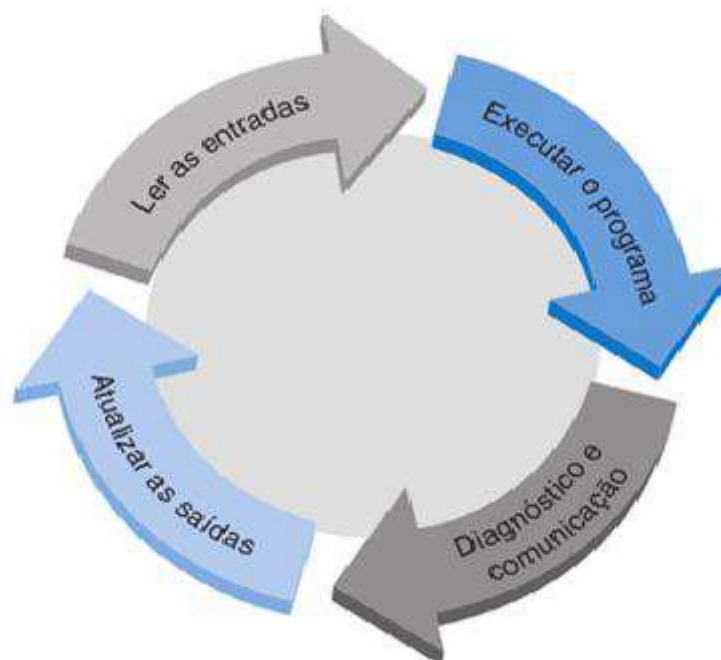


Fonte: (PETRUZELLA, 2014).

2.1.4 Princípio de Funcionamento do CLP

De modo repetitivo o processador executa (faz a chamada varredura), a exploração ou *scan*, realiza a leitura das entradas, compara os parâmetros do algoritmo e logo em seguida atualiza os estados das saídas. Esse processo é realizado ininterruptamente enquanto o CLP está ligado (PETRUZELLA, 2014). A figura 2.7 ilustra o ciclo de varredura do equipamento.

Figura 2.7 - Ciclo de varredura do CLP



Fonte: (PETRUZELLA, 2014).

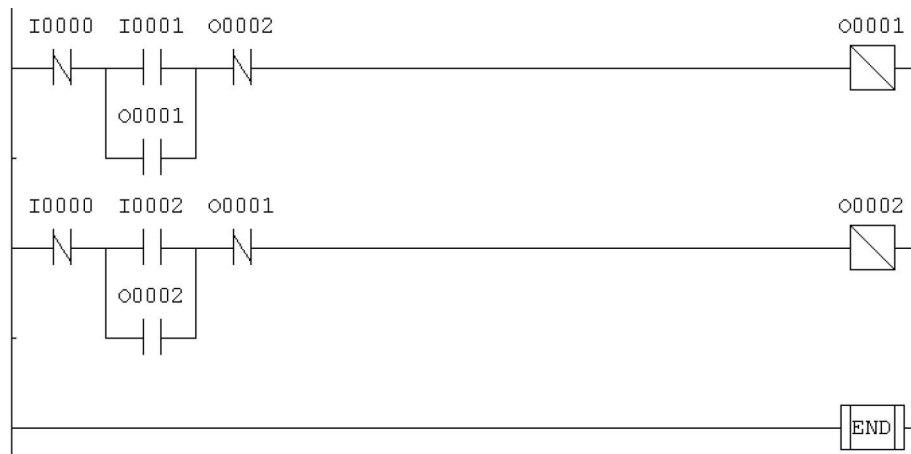
O ciclo básico de trabalho de um CLP na execução de um programa é descrito da seguinte forma: antes de iniciar a execução do programa o CLP faz uma varredura no módulo de entrada e registra o estado de cada entrada na memória, em seguida, o processador acessa o programa e faz as devidas operações na execução do programa e então atualiza as saídas e também guarda os estados das saídas numa tabela de dados, assim como fez com as entradas. Estas etapas se repetem enquanto o equipamento está em funcionamento. O CLP realiza este ciclo na ordem de 5 a 10 milissegundos (MOLINARI, 2004).

2.2 Programação em *Ladder*

Com o objetivo de não causar grande impacto nas mudanças drástica realizadas nos diagramas industriais com os quais os profissionais da área já estavam acostumados, a linguagem de programação foi pensada e concebida de modo a se assemelhar com os antigos diagramas elétricos, os ditos a relé. Desta maneira a linguagem de programação *ladder*, cujo significado é escada, (devido parecer-se com uma escada), é também conhecida como linguagem de programação de contatos, pela semelhança com os antigos diagramas elétricos. Disposta em duas linhas paralelas verticalmente, a linha da esquerda representa o polo negativo do diagrama e a linha da direita o polo positivo de uma fonte genérica. Entre as duas linhas estão toda a lógica de programação, contatos normal aberto, normal fechado, funções lógicas e matemáticas, contadores, temporizadores, entre outras funções, dispostas horizontalmente, que serão armazenadas e implementadas pelo CLP (SILVA, 2007).

A figura 2.8 ilustra o diagrama da lógica de funcionamento da linguagem *ladder*.

Figura 2.8 - Diagrama da lógica de funcionamento da linguagem Ladder



Fonte: (SILVA, 2007).

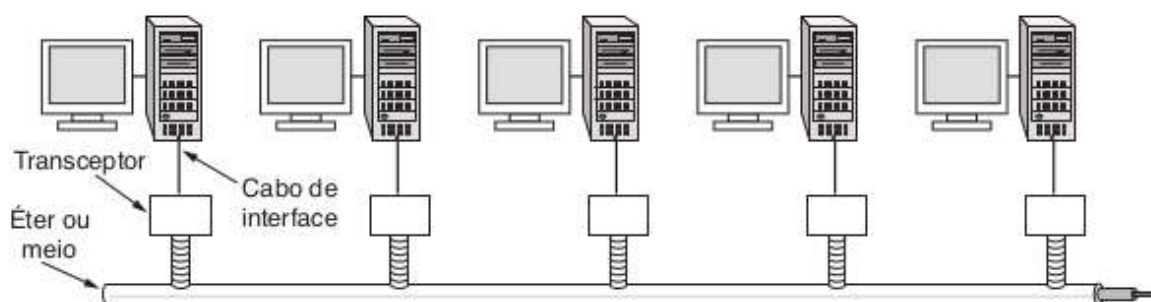
Na figura acima é apresentado duas linhas de programa em linguagem *LADDER*, com três entradas e duas saídas intertravadas entre si, lógica bastante usada para evitar o funcionamento simultâneo de equipamentos.

2.3 Protocolo *ethernet*

Criado nos anos 70 e padronizado na década seguinte, o protocolo *ethernet* foi concebido para redes locais, pelo então doutor *Bob Metcalf* e seu colega de trabalho *David Boggs*. Ambos observaram que seus equipamentos de trabalho (que se tornaria o que conhecemos hoje como computador pessoal) eram isolados, portanto, não havia comunicação entre as máquinas. Tiveram então, a ideia de criar uma maneira para que essas máquinas se comunicassem entre si, daí surgiu o protocolo *ethernet*, implementando a primeira rede local. Em suma, os equipamentos eram conectados entre si por um cabo coaxial e um transceptor cuja função era codificar as informações na recepção e no envio do sinal digital, numa topologia em barra, a 10Mbps (Mega *Bit* por segundo). Desde então, o protocolo sofreu várias atualizações até chegar no que conhecemos hoje com versões de até 10 Gbps (*Giga Bit* por segundo) (TANENBAUM, 2011).

A figura 2.9 ilustra a rede *Ethernet* na sua concepção inicial.

Figura 2.9 - Arquitetura do protocolo ethernet clássico.



Fonte: (TANENBAUM, 2011).

2.4 Sensor

Pode-se dizer que sensores são equipamentos caracterizados de acordo com a sua aplicação nas diversas áreas e de distintas naturezas, utilizados para detectar e medir as várias grandezas dos processos. As grandezas podem ser mecânicas, elétricas, magnéticas, térmicas, ópticas e químicas. Desse modo, transmitem as variáveis com pulsos de tensão ou corrente elétrica e podem ser digitais ou analógicos (PETRUZELLA, 2014).

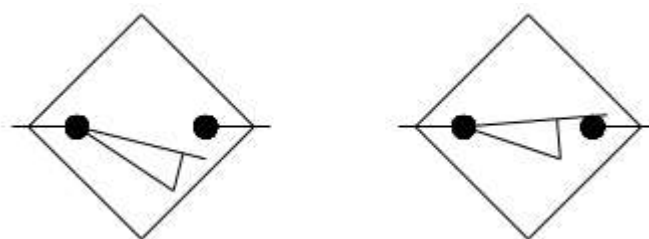
Os transdutores podem ser explicados metaforicamente, são comparados com os “olhos” do processo, responsáveis por coletar as informações para o qual foi implementado, também informar ao CLP do processo, as informações necessárias para o bom funcionamento, bem como, o monitoramento e controle do processo numa malha fechada (HACKWORTH, 2003).

De outra forma, os sensores são ditos dispositivos eletrônicos ou eletromecânicos com a finalidade de monitorar variáveis do processo, responsáveis por informar essas variáveis através de impulsos elétricos ou variação da intensidade de um determinado sinal (FIALHO, 2003).

Os sensores possuem diferentes formatos e podem ser analógicos ou digitais, cabe a eles a função de fornecerem dados para o sistema de controle. Nessa atribuição ficam os sensores responsáveis por informar a presença ou ausência de um corpo, por exemplo um objeto, uma caixa ou um produto qualquer. Pode ser utilizado ainda para informar uma posição e/ou um determinado fenômeno físico de forma numérica, no caso dos sensores analógicos (LAMB, 2015).

Os sensores discretos por sua vez, são caracterizados como o próprio nome já diz, por emitir um estado ao CLP, zero ou um, alto ou baixo, ligado ou desligado (HACKWORTH, 2003). A figura 2.10 apresenta a simbologia de um sensor discreto.

Figura 2.10 - Simbologia genérica de sensor discreto



Fonte: (HACKWORTH, 2003).

Para a execução do trabalho foi escolhido o sensor fotoelétrico e superfície refletora, de modo a possibilitar uma grande envergadura de detecção no que se refere às especificidades das caixas, desde a variação de cor, até às dimensões variadas.

As características técnicas do sensor são:

- Tensão de operação: 10VDC – 30VDC;
- Feixe de detecção: LED infravermelho;
- Comprimento do cabo: A partir de 2m;

- Saída: Discreta;
- Distância máxima detecção: 500mm;
- Temperatura de operação: $-40^{\circ} - 70^{\circ}$;
- IP classificação: IP 67, IP 69.

2.5 Sistema Pneumático

A automação é definida como um agrupamento de sistemas eletromecânicos que trabalham em conjunto para otimizar um determinado processo industrial sob o uso de comandos lógicos programáveis, com o objetivo de substituir as atividades manuais. Ao tratar especificamente dos sistemas pneumáticos, a automação pode ser definida como a utilização de ar pressurizado usado para mover cilindros ou atuadores, bem como, o uso na comutação.

A vantagem de sua utilização pode ser explicada pelo sistema tornar mais barato sua implementação, também por de serem mais precisos e limitarem-se a utilidades menos minuciosas devido a velocidade de expansão do gás descompensado (LAMB 2015).

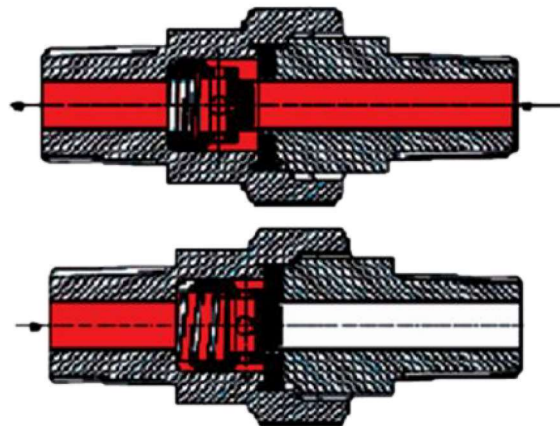
2.5.1 Válvula Pneumática

A válvula pneumática é empregada para controlar o fluxo de ar comprimido direcionando o cilindro (PAVANI, 2011).

Existe uma variedade de tipos de válvulas eletropneumáticas. A seguir, serão apresentadas quatro destas válvulas pneumáticas, que são os modelos que serão aplicados posteriormente no presente trabalho.

- Válvulas de controle direcionais: participam da partida, controle de movimento, a parada e o sentido que o ar comprimido percorre, assim move seu atuador.
- Válvulas de Bloqueio: realizam a função de bloquear o fluxo de ar em um único sentido, e liberar espaço para o ar percorrer o outro sentido. Quando um lado da válvula é vedado, o outro fica disponível. As válvulas de bloqueio são utilizadas na implementação do separador de caixas. De acordo com a figura 2.11.

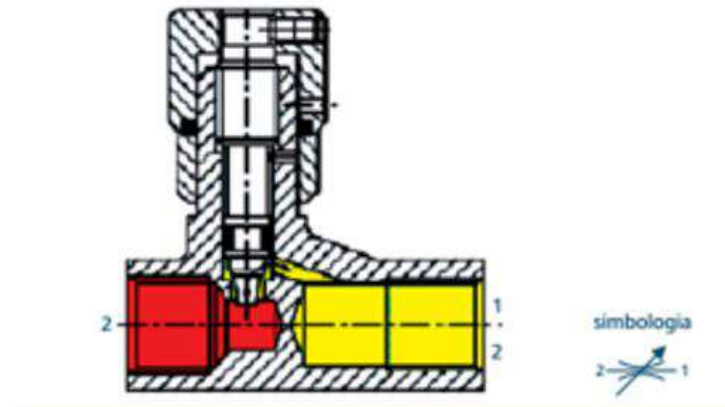
Figura 2.11 - Válvula de retenção



Fonte: (PAVANI, 2011).

- Válvulas de fluxo: ajudam no fluxo de ar e influencia na vazão desse ar comprimido. Existem diferentes tipos de válvulas de fluxos que acelera, diminui ou controla as taxas e pressão de ar comprimido. A figura 2.12 mostra um exemplo de válvula de fluxo).

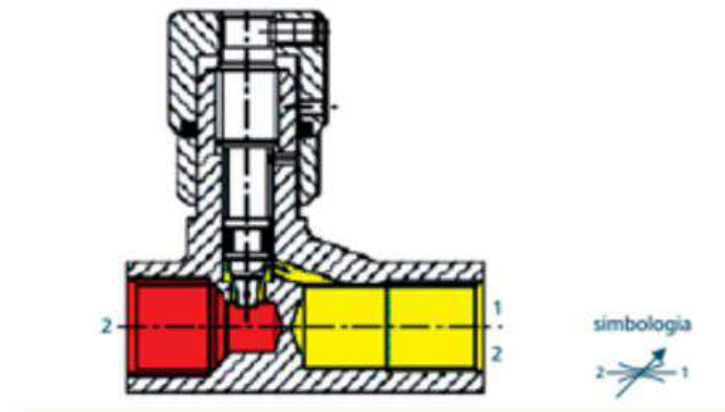
Figura 2.12 - Válvula de controle de fluxo variável bidirecional



Fonte: (PAVANI, 2011).

- Válvulas de Pressão: tem função de aliviar o sistema e trazer segurança pois elas influenciam a velocidade da pressão. Quando a pressão ultrapassa o valor estabelecido, a válvula abre um escape para o ar comprimido poder se deslocar e deixar o sistema estável, conforme figura 2.13.

Figura 2.13 - Válvula de alívio

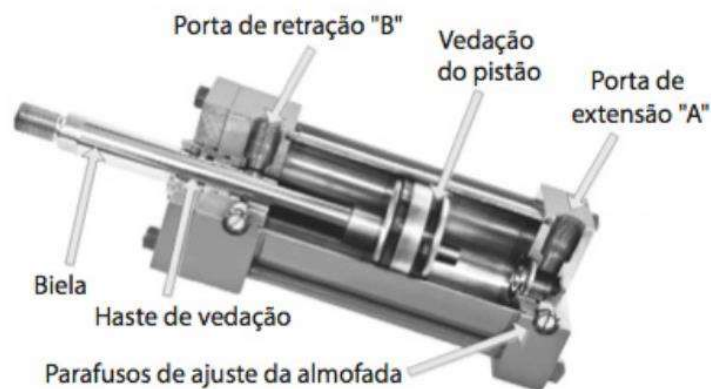


Fonte: (PAVANI, 2011).

2.6 Atuador

Atuadores são equipamentos que servem para movimentar ferramentas em uma máquina, em geral com a intenção de controlar o movimento e a posição de um outro dispositivo. São classificados como de natureza rotativa, linear ou a combinação dos dois (LAMB, 2015). A figura 2.14 mostra atuador linear.

Figura 2.14 - Diagrama de um atuador linear, duplo estágio



Fonte: (LAMB, 2015).

Do ponto de vista da mecânica, os atuadores pneumáticos são como elementos mecânicos usados para transformar energia cinética em energia mecânica por meio da compressão e expansão do ar. Atua com movimentos lineares, rotativos ou a combinação dos dois, dessa forma resulta a produção de trabalho (FIALHO, 2003).

2.7 Motor

Os motores elétricos são famosos por transformarem energia elétrica em energia mecânica, o motor é composto pelo o estator e o rotor. O estator é a parte fixa – estacionária do motor e o rotor é a parte rotativa cilíndrica que gira em torno do estator. No funcionamento a corrente que faz a alimentação do motor e gera um campo magnético que se move constante fazendo com que o rotor gire, devido aos polos opostos existentes (GROOVER, 2011).

Na automação do controle Industrial existem 3 tipos de motores elétricos como tais:

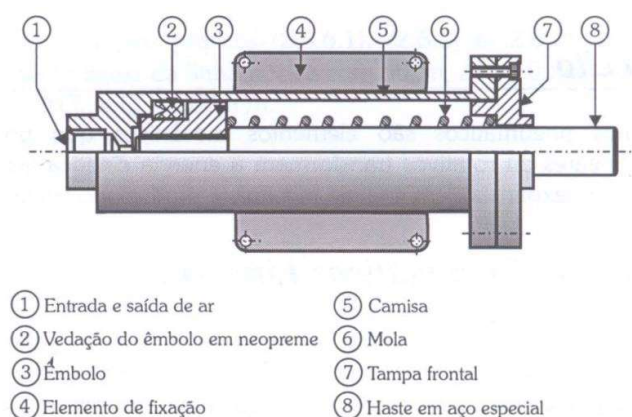
- Motores CC;
- Motores CA;
- Motores de Passos.

2.8 Cilindro

No que se refere a atuadores pneumáticos lineares, também conhecidos como cilindros pneumáticos, podem ser totalmente tampados ou não em uma das extremidades e na outra conter um furo no centro para a movimentação linear da haste atuadora, ação esta advinda do ar comprimido no interior do cilindro, que entra e sai a partir das conexões nas tampas do equipamento (FIALHO, 2003).

A partir da visão prática do uso dos cilindros, são caracterizados e descritos em seus detalhes e suas diversas constituições e aplicações, de modo que os cilindros podem ser usados para os mais variados fins. A figura 2.15 mostra um cilindro pneumático de simples efeito com retorno por mola (LAMB, 2015).

Figura 2.15 - Atuador pneumático linear de simples efeito com retorno por mola



Fonte: (FIALHO, 2003).

2.9 Inversor de Frequência

Colocado no mesmo patamar que o CLP, o inversor de frequência é caracterizado por sua versatilidade e dinamismo, uma vez que, com ele tornou possível o uso do motor de indução para o controle de velocidade, em substituição aos motores de corrente contínua na maioria das aplicações, onde fazia-se necessário o controle de velocidade e torque. O inversor de frequência é uma fonte de tensão alternada de frequência variável (FRANCHI, 2013). Na figura 2.16 é apresentado um inversor de frequência.

Figura 2.16 - Inversor de frequência



Fonte: (WEG, 2012).

2.10 Esteira Rolante

As esteiras rolantes foram criadas para transportes de diferentes tipos de matérias, afim de facilitar o modo de operação e aumentar a produção das indústrias. Anterior a

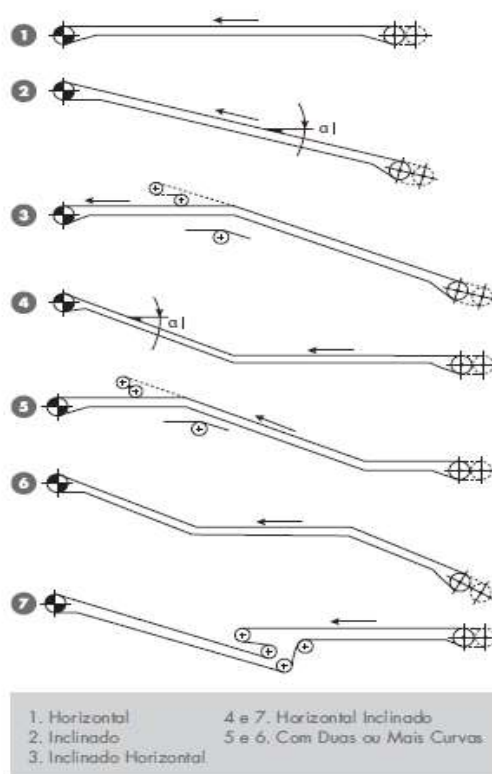
revolução industrial, a população trabalhava de forma manual, e o processo de produção necessitava de maior agilidade e prática na montagem e transporte das mercadorias. Em meados de 1900 as esteiras ganharam espaço no mercado, com a revolução industrial no auge. Inicialmente foram utilizadas no transporte de alimentos e minérios, posteriormente, a máquina foi aderida pela indústria e evoluída com o passar dos tempos (DAIDO, 2021).

As vantagens de economia, capacidade elevada de produção, versatilidade e segurança na operação da máquina faz com que as correias transportadoras sejam usadas em aplicações de produtos de baixo porte, médio e grande, devido as suas características físicas (FERDORKO, 2012).

As esteiras rolantes são constituídas basicamente por quatro tipos de componentes, cada equipamento tem sua função específica para se tornar eficiente no funcionamento regular dentro da indústria, como as polias, correias feitas por medidas, vigas de aços e esteira (FABRIMENTAL, 2018).

As correias transportadoras podem ser projetadas com perfis inclinados ou combinados, curtos ou longos, ascendentes ou descendentes, conforme figura 2.17.

Figura 2.17 - Perfis das correias transportadoras



Fonte: (MERCÚRIO, 2019).

Cada esteira deverá ser planejada de acordo com o projeto, suas especificações, tamanho, quantidade de roletes, entre outros, tudo deverá ser produzido para atender ao projeto (FABRIMENTAL, 2018).

Geralmente são feitas com borrachas, pois elas, possuem resistência a produtos químicos, além de tornar fácil a realização da manutenção.

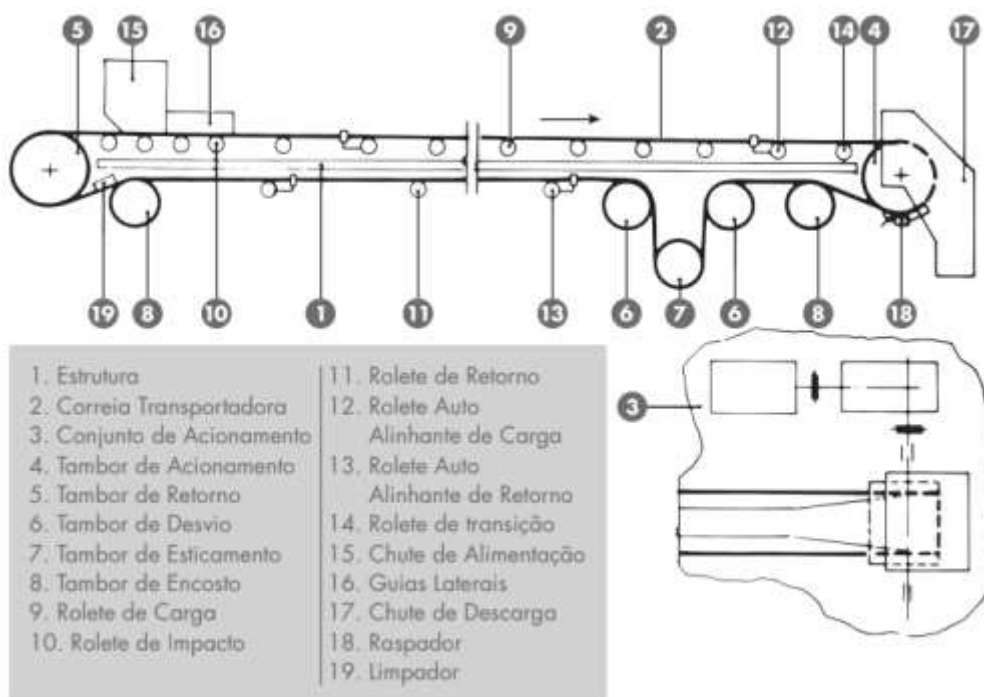
O acionamento da correia transportadora é realizado por dois tambores confeccionados para suportar as forças de inercia dos roletes movimentando o transportador vazio.

A potência do transportar é composta por quatro partes.

- Roletes, tambores e correia;
- Deslocamento horizontal da caixa;
- Deslocamento vertical da caixa;
- Raspadores, limpadores.

Os principais elementos de definição das transportadoras de correias estão ilustrados na figura 2.18.

Figura 2.18 - Componentes de um transportador de correias convencional



Fonte: (MERCÚRIO, 2019).

A esteira também é constituída por estrutura, isto é, um conjunto de informações que compõem as esteiras rolantes. Basicamente é composta por como carcaça e cobertura. A carcaça é responsável por suportar o impacto das cargas e reter o rompimento com resistência as flexões e severidades. Podem ser feitas de lonas têxteis e cabos de aços (MERCÚRIO, 2019).

2.11 Tambor

Os componentes cilíndricos que tem função de direcionar, tracionar e tencionar uma correia transportadora durante a sua operação, havendo diferentes tipos para diversas construções de projetos, conforme classificados a seguir.

- **Tambores de acionamentos:** transmissão de torque do sistema projetado;
- **Tambores de retorno:** transmissão do torque ocorrido ao sistema;
- **Esticador:** responsável pelo controle de tensão da correia transportadora;
- **Dobra:** função de desviar o curso da correia;
- **Magnético:** posto em localizações estratégicas no termino da descarga, sua função é separação materiais magnéticos dos não magnéticos;
- **Aletado:** aplicação em tensionadores que possuem uma configuração especial onde não permite que o objeto transportado ao cair, não seja pressionado em qualquer outra ferramenta para que não seja danificado;
- **Encosto:** empregado para manter o ângulo de contato do tambor (SACRAMENTO, 2010).

2.12 Roletes

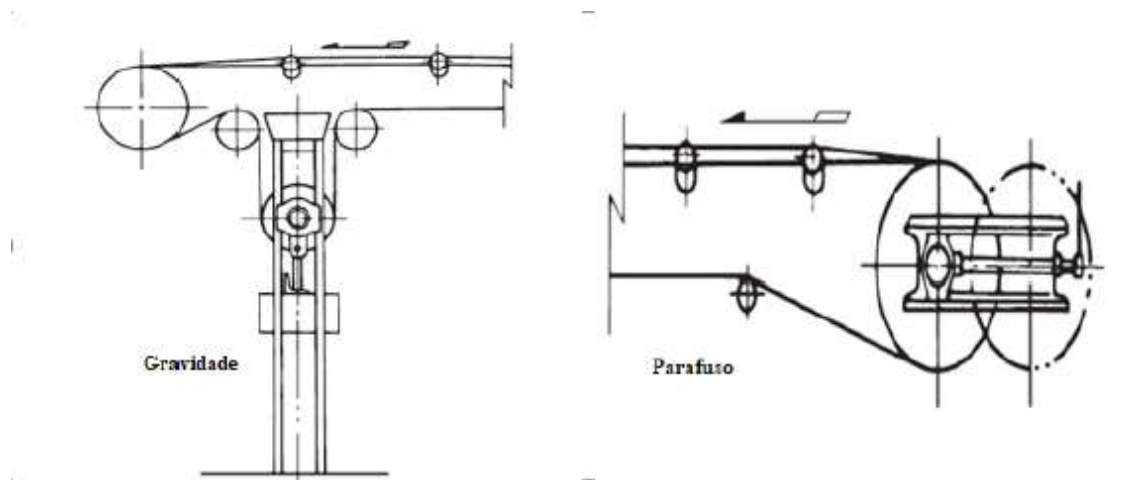
São um conjunto de cilindros que realizam um giro em torno do seu próprio eixo, assim, forma um suporte de sustentação e guia das correias transportadoras (SACRAMENTO, 2010).

2.13 Esticador de Correia

O esticador tem função de concentrar as variáveis do comprimento da correia, causada principalmente pelas oscilações na temperatura, diferentes tipos de carga e

quantidade de tempo utilizando (SACRAMENTO, 2010). A figura 2.19 apresenta um esticador de correia por gravidade e parafuso.

Figura 2.19 - Esticador de correia por gravidade e parafuso



Fonte: (MERCÚRIO, 2019).

Nesse capítulo foi apresentado o referencial teórico do trabalho realizado, no próximo, serão abordados cada componente usado na implementação do separador automatizado de caixas.

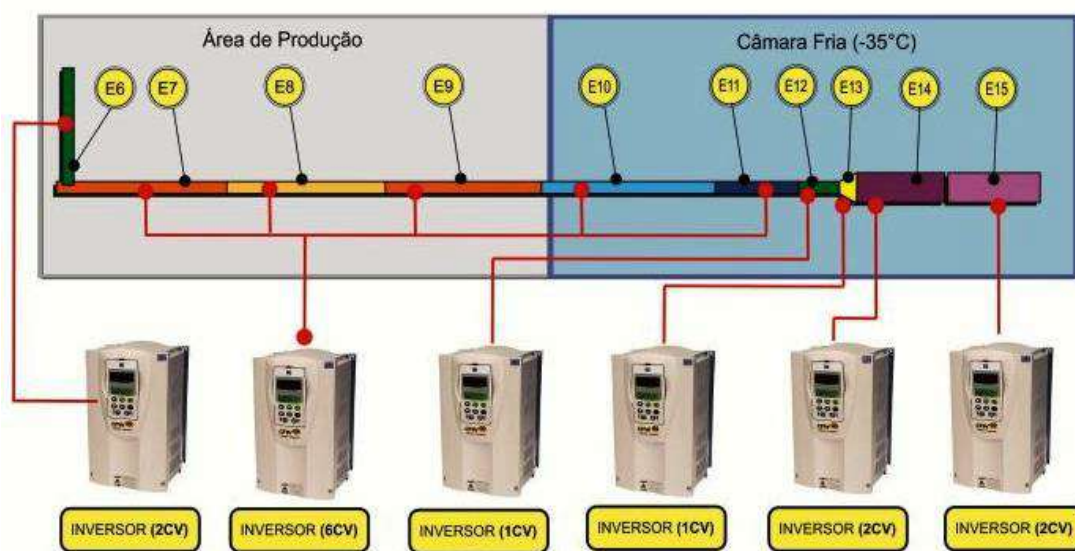
3 IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo será detalhado a metodologia na implementação do separador automático de caixas.

Os trabalhos de implementação foram iniciados a partir do levantamento da necessidade de melhoria do quadro funcional do sistema presente, seguido de fundamentos em materiais literários eletrônicos (*e-books*), dados técnicos e operacionais, por meio de manuais técnicos dos equipamentos.

A separação de caixas realizou-se por pessoas que retiravam as caixas de uma esteira. Na montagem do processo foi decidido subdividir a esteira de modo a viabilizar alguns aspectos do funcionamento, tais como a manutenção e ou substituição dos motores, esteiras, estruturas e parte do sistema, o monitoramento e controle de fluxo do transporte como um todo. Desta forma há flexibilidade no processo de maneira a manter a continuidade operacional. Assim foram colocadas 10 esteiras. A Figura 3.1 ilustra as disposições das esteiras.

Figura 3.1 - Disposição das esteiras e seus respectivos inversores

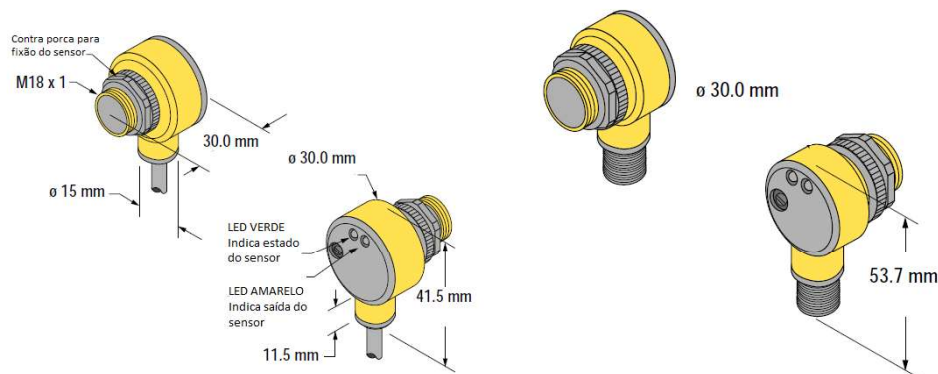


Fonte: (BRASMOM, 2016).

Para a detecção das caixas nas esteiras foi utilizado sensores ópticos de retro reflexão ou retro reflexivo, no qual o feixe de luz é refletido por uma superfície refletora, comumente chamada de espelho. O sensor óptico é um dispositivo que emite feixes de

luz, detectando-os, por conseguinte suas variações a partir de movimentos em seu campo de atuação. A Figura 3.2 ilustra um modelo de sensor óptico.

Figura 3.2 - Sensor fotoelétrico modelo T18SN6D



Fonte: (BANNER 2016).

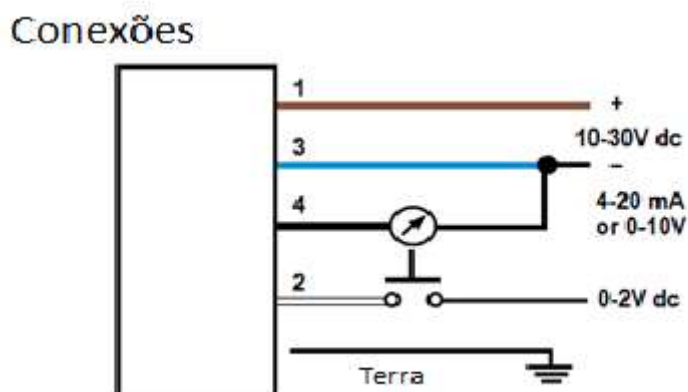
Com objetivo de reconhecer a altura das caixas, o sistema foi modelado para identificar três tamanhos de caixas, conforme a linha de produção do cliente. Nesse intuito, utilizou-se um sensor analógico ultrassônico, que trabalha com frequências acima dos níveis audíveis pelo ouvido humano. O sensor analógico ultrassônico contém o emissor e o receptor num mesmo equipamento. Ao emitir a energia ultrassônica nas superfícies das caixas, uma parte dessa energia retorna ao sensor, que realiza o cálculo da distância percorrida pela energia ultrassônica e emite um pulso elétrico de 4 a 20mA ou de 0 a 10V ao controlador lógico programável, de acordo com a configuração escolhida (BANNER, 2008). A figura 3.3 ilustra o sensor analógico ultrassônico utilizado, em seguida a figura 3.4 apresenta o esquema elétrico do sensor ultrassônico.

Figura 3.3 - Sensor Analógico Ultrassônico modelo T3OUX



Fonte: (BANNER, 2008).

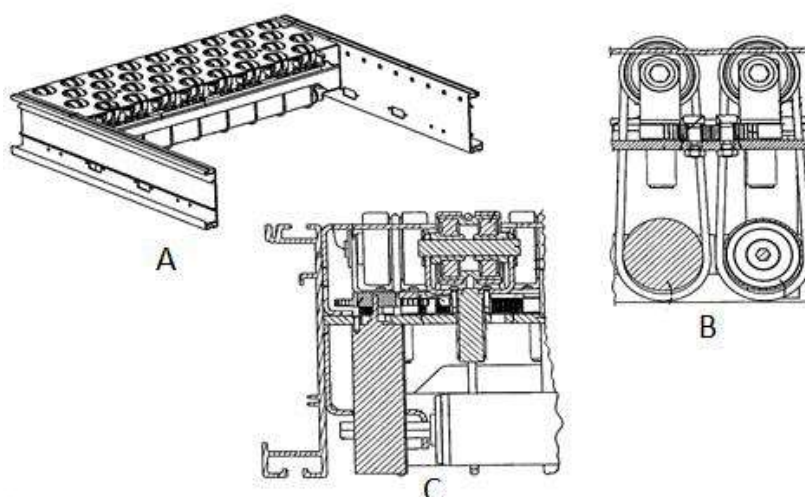
Figura 3.4 – Diagrama elétrico Sensor Analógico Ultrassônico modelo T3OUX



Fonte: (BANNER, 2008).

A partir da montagem das esteiras seguiu-se as demais montagens do sistema, bem como dos sensores digitais e analógico (apresentado na imagem acima), e de acordo com o cronograma do processo de implementação. Na sequência foi montado o separador propriamente dito, no que se refere as suas partes mecânicas. A figura 3.5 apresenta três desenhos em cortes do separador.

Figura 3.5 - Detalhes em corte do direcionador.

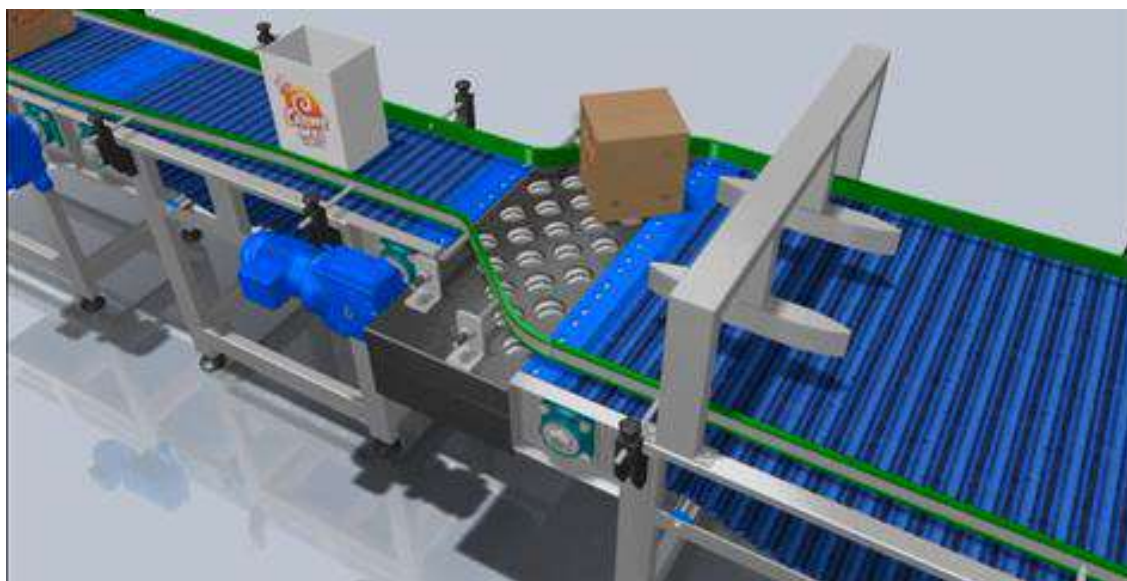


Cortes da estrutura mecânica do separador: corte A, ilustra a parte superior do separador, onde as caixas são direcionadas, na figura B, apresenta os roletes de metal que ao girar acionam as correias de borracha e movem, as caixas. Por fim, a figura do corte C, apresenta parte do cilindro pneumático utilizado para mover a estrutura e direcionar o movimento das caixas.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

A seguir serão exibidos uma sequência de 4 imagens da animação do sistema de separação de caixas, para a melhor compreensão do funcionamento do sistema. As imagens apresentam as diferenças de tamanhos entre as caixas e suas respectivas direções para o recolhimento e armazenamento. As figuras 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9 mostram o separador e as diferenças nos tamanhos das caixas em suas separações.

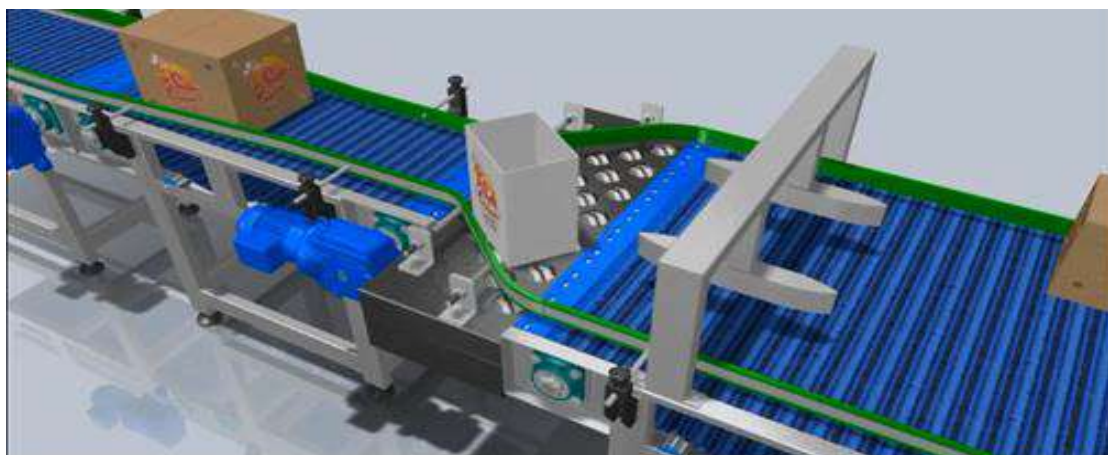
Figura 3.6 – Ilustração da separação das caixas no direcionador



A partir da detecção da altura da caixa pelo sensor analógico a caixa é direcionada para a esquerda.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

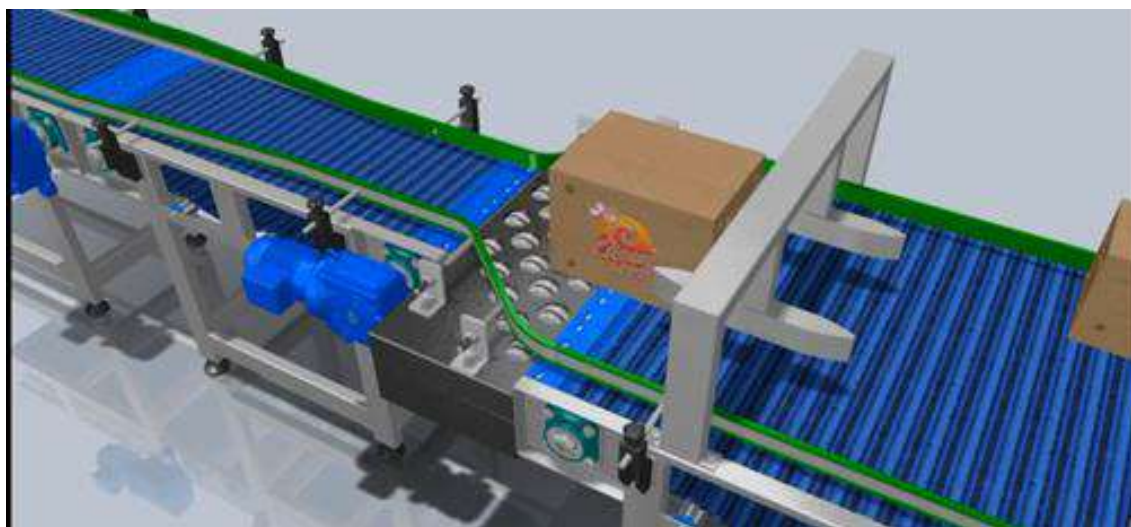
Figura 3.7 - Ilustração da separação das caixas no direcionador



A caixa é detectada com altura pré-estabelecida no programa de controle e automação, daí então direcionada para a direita.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

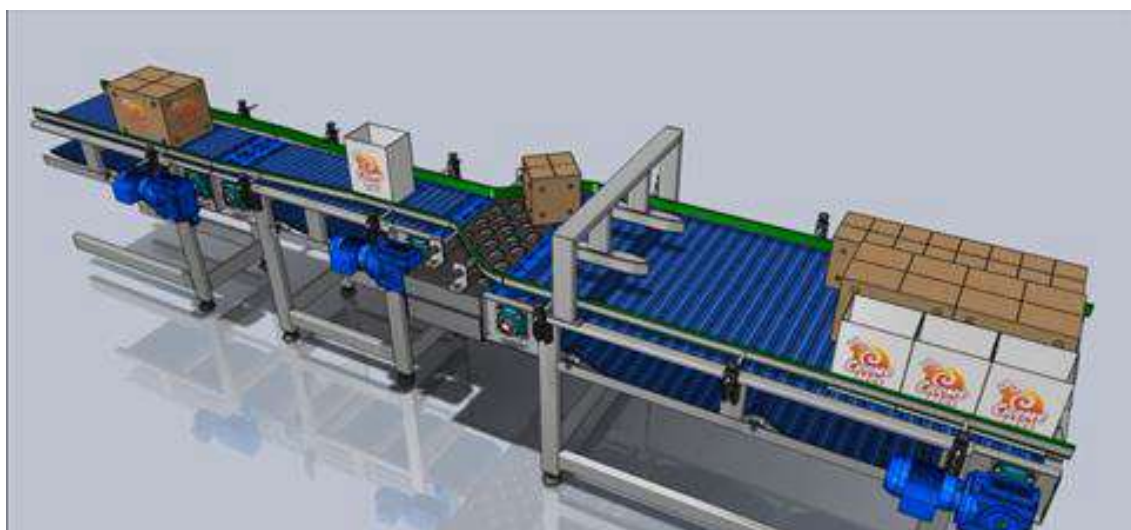
Figura 3.8 - Ilustração da separação das caixas no direcionador



Por fim, a caixa apresentada na imagem acima tem altura também pré-estabelecida, o chamado setpoint do sistema, é mantida a direção no meio.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

Figura 3.9 - Ilustração da separação das caixas no direcionador



A partir de outra perspectiva a imagem ilustra o resultado imediato ao direcionador.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

Com vistas a atender as especificações da esteira transportadora foi utilizado um motor de indução trifásico de 1CV, modelo W22 Premium Plus da WEG. Este possuía 1750 rpm, 4 polos, com tensões de trabalho 220V e 380V, com fator de potência 0,72. A Figura 3.10 apresenta o motor utilizado. Para o cálculo de velocidade do motor foi utilizada a equação abaixo:

$$Vrpm = 120 \times FP \quad (1)$$

$$Vrpm = \frac{120 \times F}{P} \quad (2)$$

Onde:

Vrpm é a velocidade em revoluções por minuto;

F é a frequência de operação;

P é o número de polos do motor.

Figura 3.10 - Motor W22 de indução trifásico



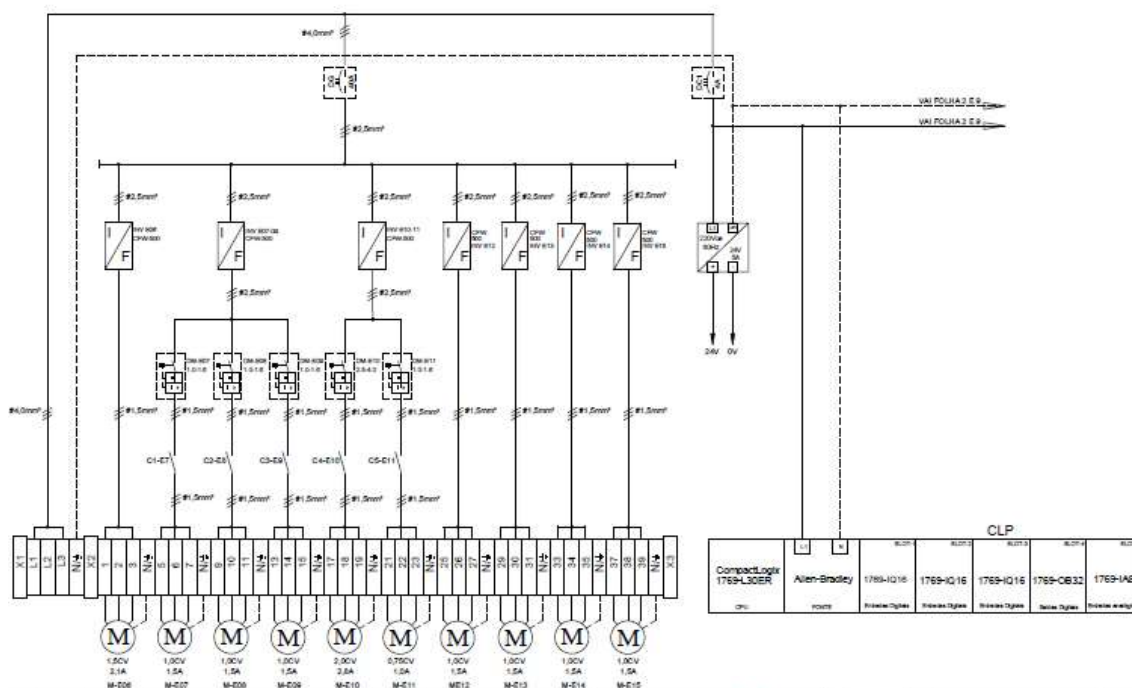
Fonte:(WEG, 2012).

O inversor de frequência utilizado foi modelo CFW 500 da WEG. A Figura 3.12 apresenta o inversor de frequência modelo CFW 500 da WEG.

Para o acionamento do motor de indução, controlando a velocidade do motor através da variação de frequência, o qual irá mostrar no display do IHM (Interação Homem Máquina), a sua tensão e frequência de trabalho, corrente do motor e velocidade de rotação.

Foram utilizados 7 inversores de frequência CWF500 para ligar dez motores de indução trifásico ligados conforme Figura 3.11.

Figura 3.11 – Diagrama de ligação dos motores e inversores.



Fonte: (BRASMOM, 2016)

Foram utilizados os seguintes inversores:

- INVERSOR 3CV 380/480V CFW500 6,10A S/M;
- INVERSOR 2CV 380/480V CFW500 4,30A S/M;
- INVERSOR 1,5CV 380/480V CFW500 2,6AS/M.

Também se utilizou um conversor de frequência estático 1,6A 0,37kW CA/CA modelo CFW500 e cinco módulos comunicação CFW500-CETH-IP para o inversor de frequência.

Foi feita a parametrização dos inversores, que consiste em informar as condições que ele irá operar. A partir de então, empregou-se a seguinte parametrização:

- P0000 Acesso aos Parâmetros;
- P0204 Carrega/Salva Parâmetro 0 = Sem Função;
- P0133 Velocidade Mínima 0.0 a 500.0 Hz;
- P0134 Velocidade Máxima 0.0 a 500.0 Hz;
- P0202 Tipo de Controle 0 = V/F;
- P0408 Auto Ajuste 0 = Não;

- P0002 Velocidade de Saída (Motor) 0 a 65535;
- P0221 Sel. Referência LOC 0 = Teclas HMI.

Na expulsão dos materiais da esteira foram empregados cilindros de haste simples de duplo efeito (conforme ilustra a figura 3.12). Esse tipo de cilindro é composto por três cilindros unidos por suas câmaras traseiras. Deste modo, se consegue uma combinação de 3 posições diferentes de atuação e um curso mais longo em um pequeno espaço.

O atuador deverá operar com uma frequência e pressão fornecida pelo compressor obedecendo suas condições de fabricação e pressões mínimas e máximas.

Figura 3.12 - Cilindro de 3 posições



Fonte: (SMC, 2021).

O cilindro de haste simples de duplo efeito utilizado apresenta os seguintes dados técnicos:

- Pressão mínima de trabalho 0.1 MPa;
- Pressão máxima de trabalho: 1.0 MPa;
- Haste: 50 mm.

No acionamento dos pistões pneumáticos, tornou-se necessário a utilização de eletroválvulas. Elas são responsáveis por controlar a passagem de gases em cada pistão. Empregou-se ainda, duas eletroválvulas direcionais 5/2 vias - SERIE SY - 109466 conforme, figura 3.13. Alimentada a bobina com 24Vdc, ela permite a passagem de ar na direção do êmbolo, sendo assim, o cilindro de ação dupla é acionado, após solicitar o comando novamente a saída de ar é fechada fazendo com que o pistão retorne pela ação da mola.

As duas eletroválvulas utilizadas possuem as seguintes características são:

- Possui 5 portas: 1-entrada de ar, 2-saída para um lado do cilindro de escape, 2-saída para outro lado do cilindro sendo as posições de comando;
- Acionamento elétrico por solenoide de 24Vdc;
- Possibilidade de acionamento manual de emergência;
- *LED* (Lâmpada de néon para conector DIN modelo CA – Indicador

A figura 3.13 mostra três eletroválvulas semelhantes as empregadas no projeto.

Figura 3.13 - Eletroválvula



Fonte: (SMC, 2021).

3.1 Descrição de funcionamento

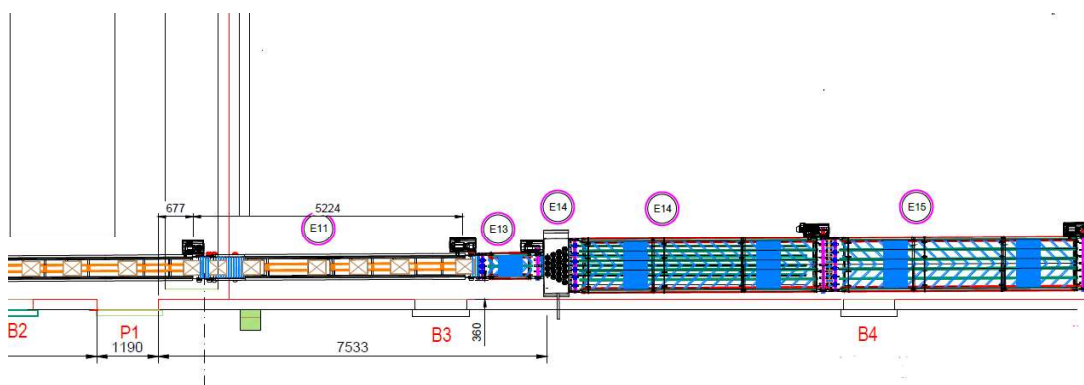
O sistema foi idealizado para funcionar da seguinte forma: devidamente identificado e subdivididos, este sistema de separação de caixas é alimentado por outros subsistemas, trazendo consigo suas peculiaridades e especificidades. Cabe aqui destacar que não é objetivo deste trabalho abordar estes subsistemas.

Ao se fundir num sistema maior de transporte, esses produtos transportados em caixas, a saber, sorvetes, faz-se necessário separá-los com destinação a outros setores. Por conseguinte, usou-se um CLP para fazer todo o gerenciamento e automação do sistema, desde o monitoramento das entradas, fluxos até a saídas das caixas, a partir dos periféricos de comunicação.

Inicial ao processo o CLP controla a velocidades das esteiras rolante através dos inversores de frequências, mantendo a troca de informação constante por intermédio da comunicação em rede utilizando o protocolo *Ethernet*. Os inversores de frequência são ligados em um *switch* (comutador), que por sua vez se conecta ao CLP.

Em continuidade a descrição do processo de transporte nas esteiras, as caixas são detectadas pelos sensores fotoelétricos que enviam as informações ao CLP via pulsos elétricos de 0V ou 24V, desta forma, auxilia no monitoramento de todo o processo em questão, isto antes e depois do separador de caixas, que ao fazer o que foi projetado, construído e programado para fazer, direciona as caixas para serem retiradas das esteiras de modo separado e seguro pelos colaboradores. A figuras 3.14 e 3.15 apresentam a vista superior e lateral do processo de transporte e direcionador de caixas.

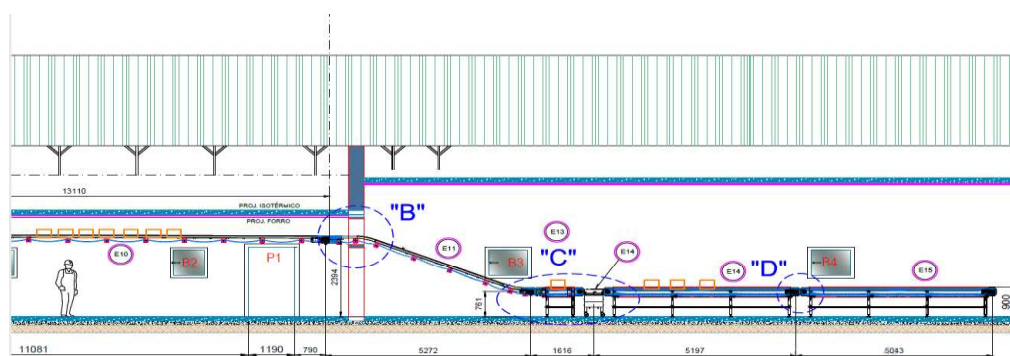
Figura 3.14 – Vista superior do direcionador de caixas



Identificação das esteiras que compõem o sistema de transporte e direcionamento de caixas, sendo elas E11, E12, E13, E14 e E15.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

Figura 3.15 – Vista lateral do direcionador de caixas

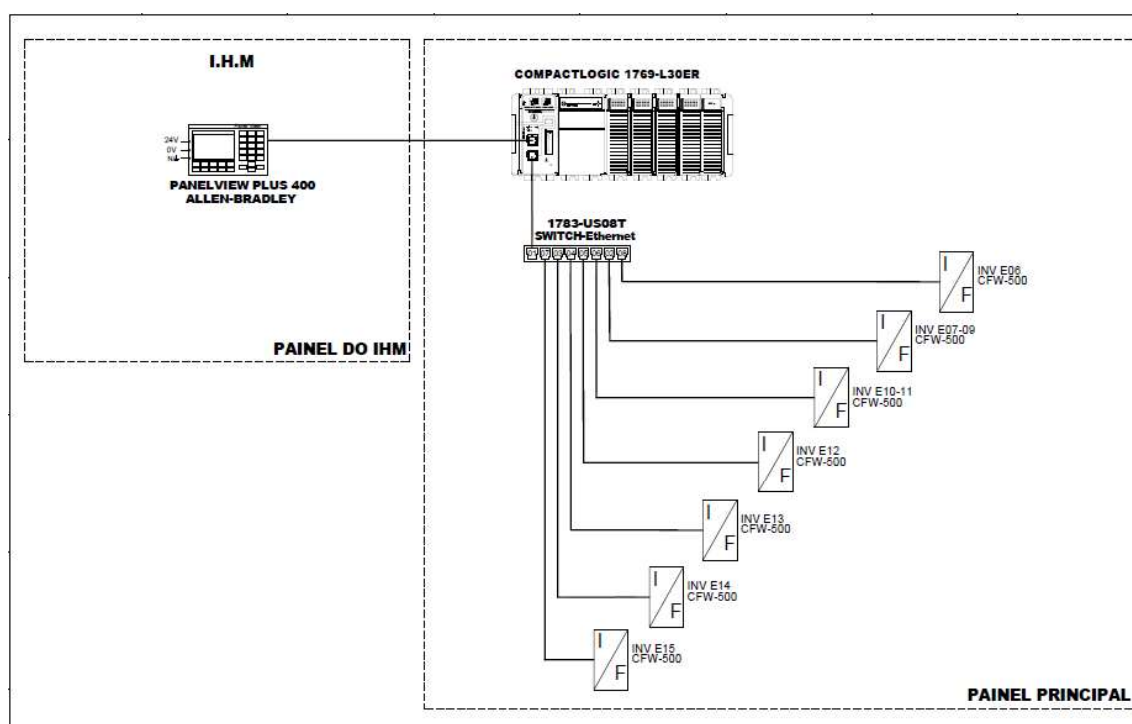


“B”, “C” e “D” são identificações de área da empresa.

Fonte: (BRASMOM, 2016).

É importante citar a utilização de um IHM para o monitoramento e controle de alguns parâmetros do processo, visto que, existem parâmetros que independem da ação externa, por exemplo, os referentes a segurança que atuam de modo automático, de acordo com o ajuste previamente estabelecido. O protocolo usado na comunicação do IHM com o CLP foi também o *Ethernet*. O IHM implementado foi um *Panel View Plus 400* da *Allen Bradley*. A figura 3.16 mostra uma representação da comunicação em rede do CLP, o IHM e os inversores, estes últimos, via *switch*.

Figura 3.16 - Representação da comunicação em rede.



Fonte: (BRASMOM, 2016).

Na figura acima é apresentado o unifilar da comunicação *ethernet* entre o IHM, o CLP e os inversores através de um *switch*. De acordo com a necessidade do arranjo do sistema os dispositivos podem ou não estarem no mesmo painel, como apresentado na imagem citada, o IHM está num painel diferente dos demais equipamentos.

Após a montagem e a parametrização, seguiu-se a inicialização do sistema, comumente conhecido como *startup*. Nessa fase da implementação o sistema apresentou uma adversidade, (as graxas de lubrificação dos rolamentos das esteiras congelaram), conseqüentemente fez-se necessário a substituição para uma graxa adequada a temperatura de operação.

4 RESULTADOS

O sistema de controle automático é indispensável no mundo da industrialização, diante das demandas e das várias situações nas quais o controle manual traz insegurança ou torna-se impossível de ser utilizado. Pode-se tomar como exemplo o desligamento de um sistema elétrico no caso da queda de um raio, como também o sistema de freios ABS. Em ambos os casos a automatização traz maior segurança para o sistema.

[...] Além disso, um sistema automático de controle aumenta a qualidade, pois reduz a variabilidade do processo. A realização de atividades manuais pode provocar variações de pessoa para pessoa ou da mesma pessoa em função de cansaço ou mesmo distração. A redução da variabilidade da produção aumenta a precisão dos itens produzidos. Um sistema de automação aumenta a produtividade, pois permite o aumento da velocidade de produção. Ele também permite aumentar a eficiência operacional das instalações, pois permite a medição de sua operação, por exemplo o número de horas de funcionamento de equipamentos e a identificação de defeitos antes que estes provoquem paradas, possibilitando a manutenção preventiva e não corretiva. Isso também reduz o custo de operação (PESSOA 2014).

Diante da necessidade de otimizar um sistema manufaturado, foi implementado numa fábrica de sorvetes, um sistema de separação automatizado de caixas de diferentes tamanhos, o que resultou no aumento da produção, segurança dos colaboradores, assim como, a consolidação dos benefícios obtidos a partir do uso da automação industrial, na qual, ao utilizar equipamentos elétricos, eletroeletrônicos, pneumáticos e mecânicos, resulta num desfecho satisfatório para todos.

De maneira detalhada, o processo de separação de caixas deixou de ser feito por pessoas (26 funcionários faziam o trabalho por turno, em um ambiente hostil com temperatura de -26°). Esses funcionários foram relocados para outras áreas, logo, houve melhoria nas condições de trabalho, aumento da qualidade de vida referente ao exercício das atividades laborais e pós laborais. Outro benefício importante a ser citado foi a redução dos gastos com equipamento de proteção para frequentar o ambiente.

Faz-se necessário salientar que uma das medidas de redução dos impactos da temperatura adversa aos colaboradores era a alternância no interior da câmara fria, dessa maneira, era imprescindível o aumento do quantitativo de trabalhadores naquele lugar, para que a produção não fosse afetada. A seguir a figura 4.1 mostra uma imagem real do separador de caixas na fase final da sua montagem.

Figura 4.1 - Imagem do direcionador pronto para entrar em funcionamento.



Fonte: (BRASMOM, 2016).

O investimento na implantação do novo sistema, beneficia positivamente o empregador, uma vez que, traz retornos financeiros expressivos, visíveis e detectáveis que vão desde o aumento da produção, redução de custos com EPIs (Equipamento de Proteção Individual) e EPCs (Equipamento de Proteção Coletivo) assim como o aproveitamento da mão de obra relocada, até os gastos com as questões relacionadas a saúde ocupacional.

Vale ressaltar que não faz parte da finalidade deste trabalho o detalhamento econômico resultante da implementação do novo sistema de separação das caixas de diferentes tamanhos.

A figura 4.2 apresenta o painel de controle e automação do sistema de separação automatizado de caixas de diferentes tamanhos.

Figura 4.2 - painel real do sistema.



Fonte: (BRASMOM, 2016).

Da esquerda para a direita e de cima para baixo os seguintes elementos:

- disjuntor trifásico de entrada de energia;
- disjuntor monofásico, tensão comando 220v;
- fonte de alimentação 24vdc;
- controlador lógico programável;
 - CPU – Central de Processamento Único;
 - fonte;
 - módulo 16 entradas digitais;
 - módulo 16 entradas digitais;

- módulo 16 entradas digital
- módulo 32 saídas digitais;
- módulo 4 entradas analógicas.
- Régua de bornes com:
 - comum da fonte 0v;
 - neutro;
 - 220v comando.
- Inversores de frequência;
- *switch*;
- tomada 220v;
- contadores e disjuntor-motor dos respectivos motores;
- bornes relé das saídas digitais;
- régua de bornes:
 - saídas das alimentações dos motores;
 - entradas digitais;
 - bornes fusíveis;
 - bornes reservas;
 - bornes entrada analógica;
 - bornes comum fonte, 0v;
 - bornes comum fonte 24V.

É apresentado em anexo uma cópia do projeto elétrico do painel de controle do sistema de separação automatizado de caixas.

5 CONCLUSÃO

A automação industrial é indispensável no mundo globalizado e com crescente aumento populacional, o que demanda numa maior necessidade de consumo e consequentemente de produção. A partir das necessidades e demandas, a implementação da automação industrial resulta em benefícios detectáveis tanto para a indústria quanto para a sociedade, devido ao aumento da segurança, maior poder de produção, redução de gastos na produção, consequentemente, redução no valor final do produto.

Como apresentado nesse trabalho, os benefícios produtivos da implementação do separador automatizado de caixas atenderam de maneira satisfatória os objetivos para os quais foi planejado. Pode-se afirmar que além dos resultados esperados, os colaboradores envolvidos adquiriram maior conhecimento e experiência para suas carreiras profissionais.

Na implementação do sistema, a equipe identificou o congelamento da graxa nos rolamentos de alguns mancais das esteiras rolantes, problema resolvido com a troca por graxa própria para a temperatura de trabalho. Também, após a montagem do sistema o cliente por questões técnicas internas solicitou a troca de um inversor que fazia o controle de 5 motores das esteiras rolantes por outros 2 inversores, um controlando 2 motores e outro controlando 3 motores. Tal mudança não trouxe impacto no funcionamento do sistema, realizou-se apenas algumas adequações simples.

Como sugestões para trabalhos futuros, indica-se a possibilidade de agregar o sistema a um monitoramento remoto do processo. Também mudar o *setpoint* (Ponto de Ajuste) dos tamanhos das caixas, visto que, garante o aumento da envergadura na aplicação deste sistema, pois o equipamento usado para medir a altura das caixas pode ser utilizado em diversas superfícies e ambientes diversificados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANNER, **T18 Series Sensors (DC Voltage)**. São Paulo, 2016.
- BRASMOM, **Catálogo de Registro de obras**. Goiânia, 2016.
- CAMISASSA, Mara Queironga. **Segurança e Saúde no Trabalho: NRs 1 a 36** comentadas e descomplicadas. Rio de Janeiro, 2015.
- DAIDO, Portal. **História da Esteira Industrial**. 2021. Disponível em: <<https://daido.com.br/industrial/historia-da-esteira-industrial/>> Acessado em 21/06/2021.
- DUNN, William C. **Introduction to instrumentation, sensors, and process control**. Norwood: Artech House Sensors library. 2006.
- FABRIMENTAL, Portal. **Esteira transportadora na Industria**. 2018. Disponível em: <<https://www.fabrimetalarmazenagem.com.br/blog/esteiras-transportadoras-na-industria/>> Acessado em 21/06/2021.
- FEDORKO, G., IVANCO, V. **Analysis of force ratios in conveyor belt of classic belt conveyor**. Procedia Engineering, v. 48, p. 123 – 128, 2012.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos I**. São Paulo: Érica, 2003.
- FRANCHI, Claiton Moro e CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Érica, 2008.
- FRANCHI, Claiton Moro. **Inversores de Frequência: Teoria e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2013.
- GOEKING, Weruska. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. 2010.
- GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3 ed. São Paulo: Pearson. 2010.
- HACKWORTH, Jhon R e JUNIOR, Frederick, D. **Hackworth. Programmable Logic Controllers: Programming Methods and Applications**. Pearson, 2003.
- LAMB, Frank. **Automação Industrial**. Tradução: Márcio José da Cunha. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- MERCÚRIO, Portal. **Manual Técnico de Correias Transportadoras**. São Paulo: Editora Schoba, versão 1, 348p. 2019.
- MOLINARI, Norberto. **Controladores Lógicos Programables CLP**. Buenos Aires, julho de 2004

- MORAES, C. C. e CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- PAVANI, Sérgio Adalberto. **Comandos pneumáticos e hidráulicos**. Sérgio Adalberto Pavani. – 3. ed. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria : Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011. 182 p.: il.
- PAZOS, Fernando. **Automação de sistemas & robótica**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.
- PESSÔA, Marcelo Schneck de Paula. **Introdução à automação para cursos de engenharia e gestão**. - 1. ed. - Rio de Janeiro. Elsevier, 2014.
- PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. Tradução: Romeu Abdo. Revisão técnica: Antonio Pertence Júnior. 4 ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- SACRAMENTO, R. C. F. **Apostila de Transportadores de Correia**. Universidade Federal da Bahia (UFBA), p. 20 – 47, Salvador - BA, 2010.
- SARAIVA, Marcelo, “Sistemas Supervisórios”. Apostila de sala de aula. (Professor Marcelo Saraiva.) Instituto Federal de São Paulo, Campus Cubatão. Julho de 2010. On-line.
- SELEME, Robson; SELEME, Roberto Bohlen. **Automação da produção**. Curitiba: InterSaberes. 2013.
- SILVA, Gladimir Pinto. **Controladores Lógicos Programáveis**. Rio Grande do Sul: CEFET. 2004.
- SILVA, Marcelo Eurípedes. **Controladores lógicos programáveis – Ladder**. Colégio técnico industrial de Piracicaba. Fundação municipal de ensino de Piracicaba. 2007.
- SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 2. ed. São Paulo: Érica, 1998.
- SMC. **Catálogo Série RZQ**. SMC Pneumáticos do Brasil Ltda. 2021.
- TANENBAUM, Andrew S e WETHERALL, David. **Redes de computadores**; Tradução: Daniel Vieira; Revisão técnica: Isaías Lima. São Paulo. 5 ed. Pearson Prentice Hall, 2011.
- WEG, Grupo. **Motor W22 de indução trifásico**. Johannesburg - Gauteng - África do Sul, 12 de 2020, 84 páginas.
- WEG, Grupo. **CFW500: Inversor de frequência**. Jaraguá do Sul, 06 de 2015, 24 páginas.