

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

GUILHERME HENRIQUE DE ALMEIDA
LUCAS PEREIRA DE OLIVEIRA SILVA
MARIANA ELIZA XAVIER DA SILVA
RAFAEL DE SOUZA ROCHA

PROCESSO AUTOMATIZADO DE ENVASE E SELADORA DE GARRAFA

São Bernardo do Campo - SP
Novembro/2022

**GUILHERME HENRIQUE DE ALMEIDA
LUCAS PEREIRA DE OLIVEIRA SILVA
MARIANA ELIZA XAVIER DA SILVA
RAFAEL DE SOUZA ROCHA**

PROCESSO AUTOMATIZADO DE ENVASE E SELADORA DE GARRAFA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
Adib Moisés Dib, como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Automação Industrial.

Orientador: Professor Dr. Flávio Santos de
Souza

São Bernardo do Campo - SP
Novembro/2022

**GUILHERME HENRIQUE DE ALMEIDA
LUCAS PEREIRA DE OLIVEIRA SILVA
MARIANA ELIZA XAVIER DA SILVA
RAFAEL DE SOUZA ROCHA**

PROCESSO AUTOMATIZADO DO ENVASE E SELADORA DE GARRAFA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia de
Adib Moisés Dib, como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Automação Industrial.

Orientador: Professor Dr. Flávio Santos de
Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em: ____/____/ 2022

Bancada Examinadora:

Prof. Dr. Flávio Santos de Souza, FATEC SBC – Orientador

Prof. Me. Pedro Adolfo Galani, FATEC SBC

Prof. Me. Rômulo Oliveira Albuquerque, FATEC SBC

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais e familiares e a todos os professores que nos ajudaram.

Agradeço aos professores Doutor Flávio Santos de Souza e Mestre Rômulo Oliveira Albuquerque pelo auxílio durante a elaboração deste trabalho.

“A educação e o ensino são as mais poderosas armas que podes usar para mudar o mundo.”

NELSON MANDELA

RESUMO

Com o crescimento da automação industrial e da demanda por produtos ofertados de forma engarrafada, aumenta a necessidade de máquinas industriais direcionadas a esta área da produção industrial. Neste sentido, neste trabalho é proposto o desenvolvimento de uma máquina automática de envase e selagem de garrafas. O projeto consiste em uma esteira com três estações, responsáveis respectivamente pelo envase, posicionamento da tampa e pela selagem. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada pesquisa técnico-científica sobre o tema em diferentes países. De modo a validar o perfeito funcionamento da máquina, foram realizados testes de funcionamento, com a inserção proposital de falhas. A máquina obteve êxito no atendimento ao objetivo proposto.

Palavras-chaves: Esteira. Envase. Seladora. Processo.

ABSTRACT

With the growth of industrial automation and the demand for products offered in bottled form, the need for industrial machines directed to this area of industrial production increases. In this sense, this work proposes the development of an automatic bottle filling and sealing machine. The project consists of a belt with three stations, responsible for filling, lid positioning and sealing respectively. For the development of this work, technical-scientific research was carried out on the subject in different countries. To validate the perfect functioning of the machine, functional tests were carried out, with the purposeful insertion of faults. The machine was successful in meeting the proposed objective.

Keywords: Treadmill. bottling. Sealer. Process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Esteira metálica – envase suco de laranja	15
Figura 1.2 – Estrutura básica de uma esteira	20
Figura 1.3 – Composição da lona	22
Figura 1.4 – Roletes de carga	23
Figura 1.5 – Roletes de retorno	24
Figura 1.6 – Roletes auto alinhadores	24
Figura 1.7 – Estrutura básica de um motor CC	25
Figura 1.8 – Estator de um motor CC	26
Figura 1.9 – Rotor de um motor CC	26
Figura 1.10 – Diodos	27
Figura 1.11 – Suporte das escovas de um motor bobinado	27
Figura 1.12 – Vista de corte de um motor CC com rotor	28
Figura 1.13 – Sensor indutivo não blindado	29
Figura 1.14 – Sensor indutivo blindado	30
Figura 1.15 – Sensor capacitivo	31
Figura 1.16 – Sensor ultrassônico com receptor e emissor	32
Figura 1.17 – Contator	33
Figura 1.18 – Botão com retenção	34
Figura 1.19 – Botão pulsante	34
Figura 1.20 – Botão de emergência	35
Figura 1.21 – CLP modelo clip 02	36
Figura 1.22 – Modelos de relé	37
Figura 1.23 – Reservatório de líquido	38

Figura 1.24 – Bomba de água centrífuga	39
Figura 1.25 – Cilindro de simples ação	40
Figura 1.26 – Cilindro de duplo efeito	40
Figura 1.27 – Cilindro haste dupla	41
Figura 1.28 – Cilindro sem haste	41
Figura 1.29 – Atuador com amortecimento variável	42
Figura 1.30 – Cilindro duplex geminado	42
Figura 1.31 – Cilindro duplex contínuo	42
Figura 2.1 – Fluxograma do processo de envase e selamento	45
Figura 2.2 – Cronograma das atividades	47
Figura 3.1 – Barra de ferro pré-cortadas	50
Figura 3.2 – Um dos roletes da esteira	51
Figura 3.3 – Estrutura da esteira com roletes e suportes	52
Figura 3.4 – Esticador de correia	53
Figura 3.5 – Esteira com o auxiliador de alinhamento	54
Figura 3.6 – Motor da esteira	55
Figura 3.7 – Esteira com base e painel	56
Figura 3.8 – Base pintada	56
Figura 3.9 – Painel elétrico antes da montagem	57
Figura 3.10 – CLP WEG modelo clic	58
Figura 3.11 – Painel elétrico concluído	59
Figura 3.12 – Sensores e estrutura de envase	60
Figura 3.13 – Conjunto de selagem	61
Figura 3.14 – Válvulas solenoides fixadas na estrutura	62
Figura 3.15 – Peça liberadora de tampas	63
Figura 3.16 – Projeto finalizado	63

LISTA DE ABREVIATURAS

CLP – Controlador logico programável

PLC - programable logic control

CC – Corrente Contínua

NA – Contato normal aberto

NF - Contato normal fechado

LCD – *Liquid Crystal Display*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
1.1 Processo de Envase	14
1.2 Processos de envase pelo mundo.....	16
1.2.1 Processo de envase na Índia	16
1.2.2 Processo de envase no Brasil	17
1.3 Componentes mecânicos e eletrônicos	20
1.4 Esteira.....	21
1.5 Roletes.....	22
1.6 Motores CC e CA.....	25
1.7 Sensores de presença	28
1.7.1 Sensores indutivos.....	29
1.7.2 Sensor capacitivo.....	30
1.7.3 Sensor ultrassônico.....	31
1.8 Contator.....	32
1.9 Botões.....	33
1.10 Controlador lógico programável	35
1.11 Relé	36
1.12 Armazenamento do líquido	37
1.13 Atuador pneumático	39
2 METODOLOGIA.....	43
2.1 Metodologia Aplicada	43
2.2 O tema com justificativa e descrição do projeto.....	44
2.3 Etapas teóricas e práticas para desenvolvimento do projeto	46
3 DESENVOLVIMENTO.....	49
3.1 Desenvolvimento e montagem da estrutura mecânica e elétrica.....	49
3.2 Testes e Resultados	64

3.2.1	Teste para o envase	64
3.2.2	Teste do funcionamento da seladora	64
3.2.3	Teste do funcionamento do envase e da seladora juntos.....	65
3.2.4	Problemas e Soluções	65

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
----------------------------------	-----------

REFERENCIAS	69
--------------------------	-----------

APÊNDICE	73
-----------------------	-----------

INTRODUÇÃO

Há indícios do uso de embalagens desde o ano de 2200 a.C, devido a necessidade de os indivíduos conterem, guardarem e carregarem consigo seus mantimentos. As embalagens nesta época eram construídas de materiais naturais, como o couro ou cascas de vegetais, isso aumentava a vida útil dos suprimentos.

Com a evolução humana, foram gradativamente surgindo novas formas de conservação dos mantimentos, o que somado a evolução do mercado e a constante criação de novos produtos, tornou-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de novas formas de embalagens. Este ponto se tornou tão importante, que no mercado moderno pode até ser um fator decisório para o cliente na hora da compra.

A área da automação contribuiu muito para empresas do setor de envase de produtos líquidos no que diz respeito ao aumento da produção e a redução do custo de fabricação, isso possibilitou garantir ao consumidor um produto relativamente mais barato e que conseqüentemente proporciona aumento significativo nas vendas dos produtos.

O envase automatizado promove benefícios como:

- Garantia da assepsia: Não há contato manual ou mesmo entre a válvula de envase do produto e o gargalo das embalagens, o que diminui chances contaminação do produto;
- Precisão e repetibilidade: Uma vez realizada a programação, o equipamento injetará a quantidade exata de produto;
- Aumento do controle da quantidade e qualidade;
- Flexibilidade da produção: Há facilidade de troca de produtos, bastando apenas mudar o setup;
- Adaptabilidade: Um mesmo sistema automatizado de envase pode ser empregado para diferentes produtos ou indústrias (farmacêuticas, produtos de limpeza, de beleza, setor alimentício etc.).

Assim como há crescimento constante do mercado consumidor, também cresce a exigência quanto a qualidade dos produtos, deste modo, equipamentos automatizados são cada vez mais necessários, com destaque para a área farmacêutica e alimentícia.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma máquina automática para envase e selagem de garrafas. Os objetivos específicos foram divididos em três partes principais:

- Realizar um estudo do tema abordado, para ter uma melhor visão de como atuar na construção do protótipo;
- Aplicar conhecimentos obtidos no curso superior em automação industrial e experiências pessoais de cada membro do grupo;
- Construir o protótipo funcional do projeto.

O funcionamento se dará da seguinte forma:

- O operador coloca a garrafa na esteira;
- A esteira avança até que a garrafa seja detectada por um sensor de presença;
- Quando o sensor de presença detecta a garrafa, é acionada a válvula de enchimento;
- Após o enchimento realizado, um sistema eletropneumático realiza o fechamento.

Para o desenvolvimento deste projeto foram realizadas pesquisas técnico-científicas sobre o tema como um todo, e sobre as aplicações de máquinas de envase e selagem e suas aplicações em alguns países, de modo a ampliar o conhecimento sobre estes sistemas e suas aplicações, além de tecnologias empregadas no mundo e desta forma, garantir que o projeto está dentro do que é aplicado em indústrias reais

e que o processo não esteja muito diferente do que é encontrado em outros países desenvolvidos.

De modo a facilitar o desenvolvimento e o entendimento, esta monografia está dividida em 4 capítulos, além das considerações finais:

Capítulo 1 – Fundamentação Teórica: é apresentada toda a pesquisa técnico-científica realizada.

Capítulo 2 – Metodologia: descreve o percurso da elaboração do projeto, dando os devidos destaques aos métodos e técnicas utilizados.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto: descreve o passo a passo da construção e o desenvolvimento do projeto.

E finalmente, as Considerações Finais: é apresentada a conclusão do trabalho, com a descrição do objetivo proposto e de seu atendimento, além de comentários gerais sobre o projeto.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a pesquisa técnico-científica empregada no desenvolvimento deste trabalho **Processo Automatizado de Envase e Seladora de Garrafas**.

1.1 Processo de Envase

De acordo com Sassaro e Scheiber (2017), foi visto que em uma produção em larga escala de laranjas estava gerando um grande desperdício, visto que elas não eram utilizadas corretamente, logo gerou a necessidade de implementação de um sistema que aproveitasse toda a fruta, a fim de evitar desperdícios.

O trabalho desenvolvido pelos autores, trata-se de uma máquina capaz de envasar uma garrafa pet de cinco litros, de modo que o processo seja confiável e que evite perda do produto ou de qualquer outro tipo de material. A ideia era a construção de uma máquina de envase com custo abaixo em relação às disponíveis no mercado, porém, mantendo a eficácia e produtividade. Empregaram uma placa genérica para funcionamento do microcontrolador, de uma forma prática e segura, estipulando valores baratos para a sua construção, com testes realizados de forma virtual por meio de *softwares*, usando o programa *Proteus* como base, fazendo toda a compilação utilizando o CCS, e a construção da placa por meio do *Eagle*. A Figura 1.1 representa a esteira (SASSARO E SCHEIBER - 2017).

Figura 1.1 – Esteira metálica - Envase de suco de laranja



Fonte: SASSARO & SCHREIBER, 2017

Alguns obstáculos surgiram durante a execução do projeto e possibilidades foram testadas verificando os produtos já existentes no mercado. Assim, com esta implementação, pode-se observar as mudanças que a automação permite ter durante todo o processo e as possibilidades de utilizações de diversos componentes como os sensores, Arduino, roletes e outros. Com isso, foi alcançado o objetivo de 60 garrafas de 500 ml em 1 hora, totalizando 300 litros, que é visto como uma produção pequena, porém eficaz para o caso. Assim, um dos principais benefícios do processo é a capacidade de produzir mais em um tempo reduzido. Na construção do trabalho são utilizados materiais específicos para cada aplicação, realizando o trabalho de forma mais efetiva possível, deixando o processo mais ágil, desde o momento da chegada da embalagem à esteira até a tapagem final. (SASSARO E SCHEIBER - 2017).

1.2 Processos de envase pelo mundo

No presente capítulo é apresentada a pesquisa realizada sobre sistemas automáticos de envase de garrafas empregados pelo mundo, de modo a conhecer o estado-da-arte sobre o tema.

1.2.1 Processo de envase na Índia

A Índia vem se transformando em um país de grande ascensão tecnologia, com a população que passa de 1 bilhão de indivíduos e com o incentivo do governo, fica cada vez mais fácil encontrarmos protótipos de novas tecnologias e pesquisas científicas das mais diversas áreas da tecnologia. Com todo esse empenho da sociedade, é possível encontrar diversos artigos e trabalhos sobre o processo de envase, desde os mais simples e semiautomáticos até a grandes máquinas industriais. (SIDHESH NADANKAR, 2018)

Nadankar et al. (2018) apresentaram um sistema automático de envase controlado por CLP onde o processo é dividido em dez passos que vão desde a entrada da garrafa na esteira até a finalização do processo. O projeto conta com um sistema SCADA (Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados) que mostra gráficos e outras informações sobre o processo.

Prajapati et al. (2019) apresentaram um projeto de envase e seladora de garrafas onde o supervisório foi empregado de forma um pouco diferente a fim de se obter dados mais específicos durante o processo. O supervisório neste projeto é capaz de mostrar o caminho das garrafas e controlá-lo, com a possibilidade de enviar comandos para a máquina parar, dar partida e pausar pelo próprio *display* do SCADA.

Chakraborty (2015) apresentou um projeto de envase e seladora de garrafas sem emprego de IHM (Interface Homem-Máquina. Para o desenvolvimento do projeto,

optou por desenvolver programas de CLP (Controlador Lógico Programável) separados, um para o envase da garrafa e o outro para a selagem.

Sabnis et al. (2017) desenvolveram um sistema *multi-nozzle* controlado por CLP para resolver o problema de baixa flexibilidade e baixa praticidade de alguns equipamentos presentes na indústria. Foram obtidos resultados expressivos, saindo de um processo manual que enche 5 garrafas de 500 ml em 118 segundos para apenas 15 segundos no processo automatizado.

Guha et al. (2020) desenvolveram um processo de envase com emprego de um sistema Arduino. Fizeram uso de um display LCD (*Liquid Crystal Display*) e um *buzzer*. Devido a ser um projeto de baixo custo controlado por uma placa desenvolvida para estudos, o projeto é voltado para microempresas que não necessitam de uma grande produção e não tem capital suficiente para investir em uma máquina com controle baseado em CLP (SABNIS,2017).

1.2.2 Processo de envase no Brasil

Assim como no mundo todo, no Brasil o processo automatizado de envase está presente em diversos setores, com destaque para a área farmacêutica, na produção das vacinas. Devido à alta demanda de vacinas, devido a pandemia de COVID-19, o Instituto Butantan elevou a produção de vacinas para 24h por dia produzindo em todos os 7 dias da semana, e o sistema de envase empregado pela empresa é estéril, de modo que a qualidade do produto seja garantida (INSTITUTO BUTANTAN, 2021).

Instituto Butantan (2021) - no processo empregado pelo Instituto Butantan, os frascos são esterilizados por um jato de ar seco e quente, e seguem para entrada da máquina de envase onde, por meio de esteiras automáticas são posicionadas as agulhas que dosam o produto dentro dos frascos. O processo é controlado por CLP, e se algum parâmetro for desobedecido, o processo para imediatamente. O sistema conta com um sistema supervisorio na linha a fim de demonstrar o aspecto

produtivo e manter todo controle (INSTITUTO BUTANTAN, 2021).

Além da grande verificação que se demanda em relação às características do processo, também é um ponto de grande controle a quantidade de produto que é envasada nesse processo que, após a inspeção visual é transferido para uma sala onde é realizado a pesagem e registrados os valores que são todos anexados juntamente com a documentação do lote (INSTITUTO BUTANTAN, 2021).

Coca Cola do Brasil (2014) - a empresa Coca Cola do Brasil possui rígido controle em seu processo de envase, principalmente na chegada das embalagens. Ao chegar na empresa, as latas passam por um laboratório químico que verifica o envernizamento e limpeza das latas e garrafas. Sequencialmente as embalagens seguem para a linha de produção onde passam por um processo de lavagem e posterior inspeção a esta, realizada por meio de uma câmera que consegue verificar a presença de impurezas em 100% das embalagens em um ritmo extremamente alto. Se alguma impureza for detectada, a embalagem é retirada do processo de forma totalmente automática.

Garantida a limpeza das embalagens os produtos vão diretamente para a linha de envase que transporta as garrafas por meio de uma esteira e as deixa de forma mais estável possível para a máquina realizar o envase, que é realizado através de um tubo pequeno com cerca de 4 mm de diâmetro (a finalidade deste pequeno diâmetro é proporcionar a passagem apenas de líquidos). Em seguida é realizado o selamento das garrafas. Todo esse processo é monitorado e parametrizado via CLP, nos postos de operações do processo, a fim de controlar a qualidade do produto (COCA COLA, 2014).

Gouvêa (2019) desenvolveu um projeto de melhoria no processo de envasamento de leite em pó, com objetivo de eliminar uma perda que existia no processo durante a troca de bobina da máquina. Seu principal objetivo foi implementar uma melhoria relacionada a desempenho produtivo, redução de custo,

scrap, paradas de máquina e maior produção aumentando assim o lucro arrecadado.

Para o desenvolvimento do projeto, primeiramente foi realizada a análise do processo e colocado os principais pontos de falha no método do diagrama de Ishikawa. Após evidenciar os possíveis pontos de falha chegou-se a conclusão de que o principal responsável pelo desgaste da bobina era a variação de temperatura existente nas barras de selagem e a falta de padronização no procedimento de troca da bobina. Visualizados tais problemas, foram desenvolvidos treinamentos e instruções para padronizar e planejar a troca de bobina afim de melhorar o fluxo produtivo (GOUVÊA, 2019).

Pinheiro (2008), demonstrou que o processo de envase sofre variações, que muitas vezes podem oferecer benefícios para determinados processos. Em sua pesquisa, relacionada ao envase à quente de bebidas lácteas, demonstrou situações que os métodos de conservação são inviáveis devido ao alto custo das instalações industriais ou grande área de armazenamento, e que o processo de envasamento à quente pode ser uma alternativa devido ao menor custo e a possibilidade do produto ser armazenado à temperatura ambiente.

Segundo Pinheiro (2008), essa alternativa de envasamento (conhecida também como "*Hot fill*"), consiste em um processo em que o enchimento do produto na embalagem é realizado com a temperatura elevada e a embalagem é invertida de modo a assegurar que o produto entre em contato com a parte superior. Em seguida, é realizado o rápido resfriamento afim de garantir a qualidade do produto. Esse método de envase é mais utilizado para produto com teor ácido elevado (na faixa de $\text{pH} < 3,7$), e proporciona um produto totalmente esterilizado e longa vida nas prateleiras à temperatura ambiente (PINHEIRO, 2008).

Ainda segundo Pinheiro (2008), o processo obteve resultado mais significativo quando aplicado ao processo de caldo de cana. O lote que foi processado

aspticamente à frio apresentou vida útil de 30 dias, já o envase à quente apresentou vida útil de 60 dias. Foram também notados no processo à quente, menor escurecimento e melhor aceitação sensorial do produto, o que demonstra que este processo é benéfico para esta aplicação (PINHEIRO, 2008).

1.3 Componentes mecânicos e eletrônicos

No presente capítulo são apresentadas pesquisas sobre determinados componentes mecânicos e elétricos, com o intuito de mostrar suas diferenças e suas vantagens em determinadas aplicações.

De acordo com a Honeywell (2022) as esteiras transportadoras têm como uma finalidade transportar, orientar e rotear fluxos de algum determinado tipo de produto por meio ambientes de movimentação como fabricação e abastecimento. Ela tem como um dos objetivos principais a agilização de um processo seja de envase ou de encaixotamento de materiais. A figura 1.2 apresenta a estrutura de uma esteira.

Figura 1.2 – Estrutura básica de uma esteira



Fonte: <https://www.estrutural.com/esteiras-transportadoras-aluminio>, 2021

1.4 Esteira

Segundo a Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (2009) destaca que as lonas das esteiras são um componente de manipulação de materiais que, combinada com outros dispositivos podem ser utilizadas em diversos projetos. Ela é composta por uma correia de transporte e um sistema de transmissão no qual é por uma cobertura superior de borracha que normalmente recebem um tratamento para que a cobertura tenha resistência ao calor com baixo alongamento, resistência a qualquer impacto, à umidade e mofo, para assim a borracha ter uma melhor aderência com o material a ser suportado.

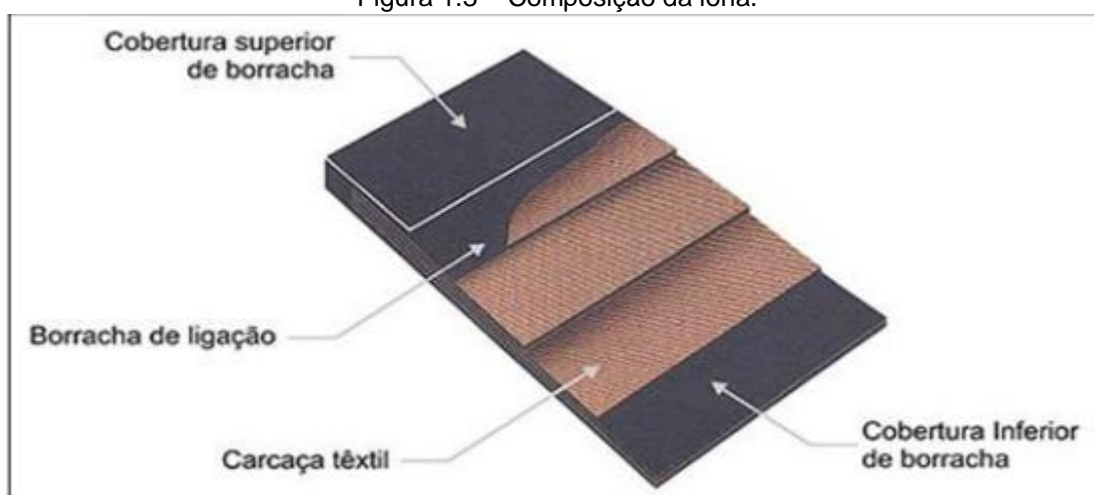
Todo os componentes a serem utilizados, são escolhidos para ter uma melhor eficiência, a cobertura superior deve proteger a carcaça do material por esse motivo deve ser de boa qualidade e ser resistente à abrasão, temperaturas altas e em alguns casos até resistentes a chamas, evitando qualquer tipo de risco de incêndio.

A carcaça tem como função ser um reforço na estrutura da lona, feito por um material sintético como o *nylon* que é resistente a temperaturas, impactos, suporte de carga, para assim resistir à tensão causada pelo transportador.

A borracha de ligação tem a função de interligar todas as camadas dando mais estabilidade ao sistema.

A cobertura inferior auxilia na diminuição do atrito e abrasão dos roletes e tambores na carcaça e o material é o mesmo da cobertura superior. Conforme ilustra a Figura 1.3.

Figura 1.3 – Composição da lona.



Fonte: www.terranovadistribuidora.com.br, 2021

1.5 Roletes

Ainda conforme a Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (2009) os roletes são os elementos que dão sustentação a correia, alinha a esteira e serve também como um guia, constituído por rolos cilíndricos e suportes. Caso o rolete seja empregado à esteira de uma forma incorreta, podendo haver um desnível entre o mesmo e os tambores (acionadores responsáveis por transmitir o torque), pode haver uma perda da eficiência, riscos de queda do material ou até mesmo uma colisão com outros componentes do sistema, assim prejudicando a linha de produção por inteiro.

Em sua fabricação é usado diversos tipos de materiais como: tubos de aço, tubos de ferro fundido ou tubos de plásticos de engenharia.

Em geral, os roletes são divididos em três tipos:

Roletes de carga: Consiste em um conjunto de três rolos, no qual se apoia o trecho carregado da correia transportadora e são usados para apoiar o material a ser transportado. Conforme ilustra a Figura 1.4.

Figura 1.4 – Roletes de carga.



Fonte: <https://ipcindustrial.com.br>, 2021

Roletes de retorno: É formado por um conjunto de rolos, no qual se apoia o trecho de retorno da correia. Conforme ilustra a Figura 1.5.

Figura 1.5 – Roletes de retorno.



Fonte: <https://pampeiro.com.py>, 2021

Roletes de auto alinhadores: Constitui- se em um conjunto de rolos dotado de mecanismos giratórios acionado pela correia transportadora de modo a controlar o deslocamento lateral dela. São utilizados tanto no trecho carregado quanto no de retorno. Conforme ilustra a Figura 1.6.

Figura 1.6 – Roletes auto alinhadores.



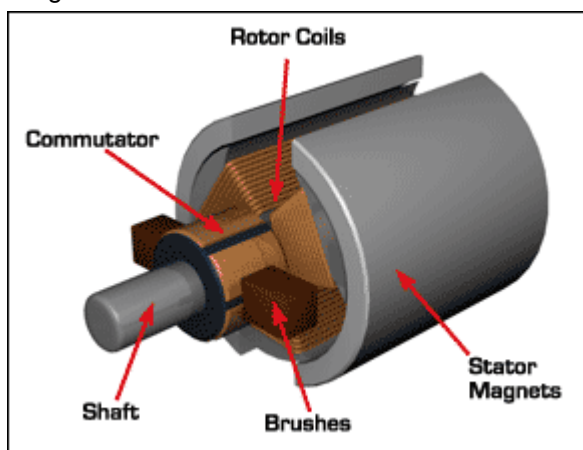
Fonte: <https://poliway.com.br>, 2021

1.6 Motores CC e CA

Petruzella (2013) afirma que o motor de corrente contínua é o mais tradicional conversor rotativo de energia elétrica. Sua estrutura é associada a dois circuitos elétricos de funções específicas, o estator e o rotor.

Na Figura 1.7 observar o estator, que estabelece polos indutores, assim são chamados pois induzem tensão nas bobinas do rotor. Em seguida temos o rotor, no qual acomoda as bobinas associadas à conversão de energia ou as que geram movimento e, nas extremidades da armadura, se aloja também o comutador com as escovas.

Figura 1.7 – Estrutura básica de um motor CC



Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>

O estator, visto na Figura 1.8, é a parte fixa do motor no qual estão contidas as bobinas indutoras. Essas bobinas são alimentadas com tensão contínua e geram um campo magnético que pode conter um ou mais polos por enrolamento. Cada enrolamento por polo pode obter um outro enrolamento só que em paralelo (shunt) que é construído com fio de menor seção e várias espiras. Em seu interior também é possível encontrar um enrolamento em série feito com fio de maior seção e poucas espiras.

Figura 1.8 – Estator do motor CC.



Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>

Rotor ou armadura é composto por boninas que recebem tensão contínua para produzir campo magnético. Ela relaciona maior potência elétrica no processo de conversão eletromecânica de energia. Conforme mostra a Figura 1.9.

Figura 1.9 – Rotor de um motor CC

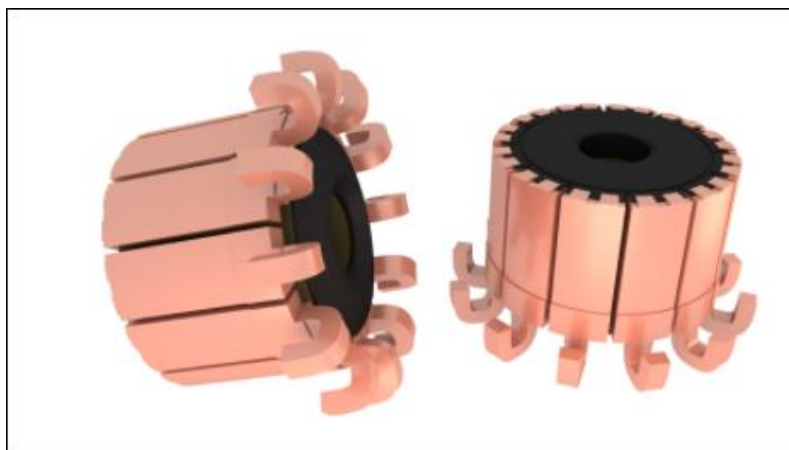


Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>

Comutador que é um retificador mecânico da tensão que tem mesma função dos diodos retificadores. Sua utilidade é garantir que o sentido da corrente no interior da

bobina tenha a mesma direção. Além disso, ele mantém contato entre a parte fixa do motor e a parte girante através de escovas. Figura 1.10 exemplifica um comutador.

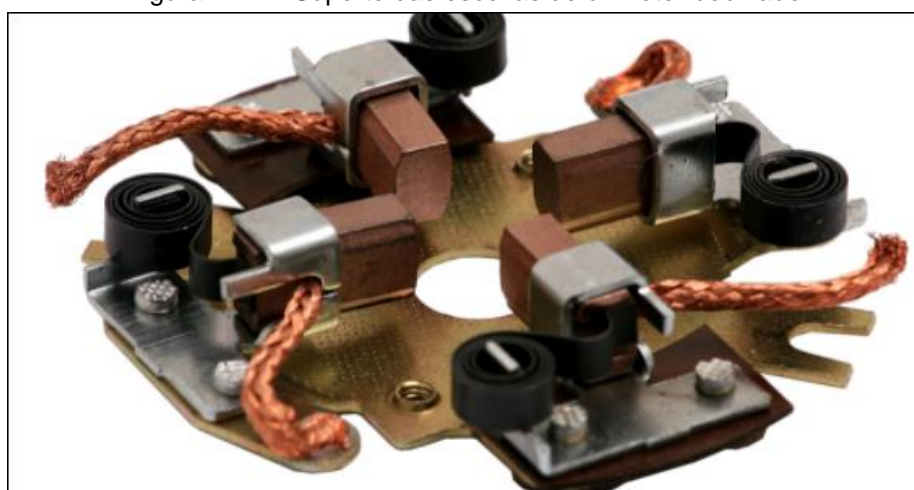
Figura 1.10 - Diodos



Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>

As escovas são responsáveis pelo contato elétrico entre a parte fixa e a parte móvel do motor. Conforme a Figura 1.11.

Figura 1.11 – Suporte das escovas de um rotor bobinado.

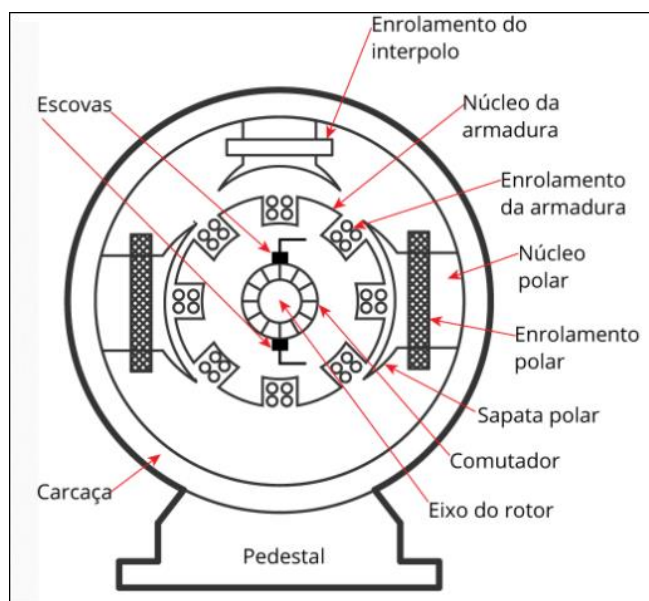


Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>

Interpolo e compensador são enrolamentos que estão inseridos no estator entre os polos e a sapata polar. Eles têm uma ligação em série com a bobina da armadura e sua função é reduzir os efeitos da reação de armadura quando percorrida por uma

corrente significativa. Os polos auxiliares, são fixados entre estes e, por isso são denominados interpolos. A Figura 1.12 representa o enrolamento polar e interpolo.

Figura 1.12 – Vista em corte de um motor CC com Rotor, enrolamento polar e interpolo.



Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>

1.7 Sensores de presença

De acordo com Mazzaroppi (2007), os sensores vêm se mostrando cada vez mais essenciais dentro dos processos industriais automatizados, devido substituírem funções que antes pertenciam aos sentidos humanos. Os sensores são responsáveis por complementar o sistema de controle dentro de um processo automatizado apresentando um índice pequeno de falhas e erros.

Cada sensor tem sua função e especificação, sendo isso importante e um fator primordial para sua escolha, divididos em:

- Sensores Indutivos;
- Sensores Capacitivos;
- Sensores Ultrassônicos;

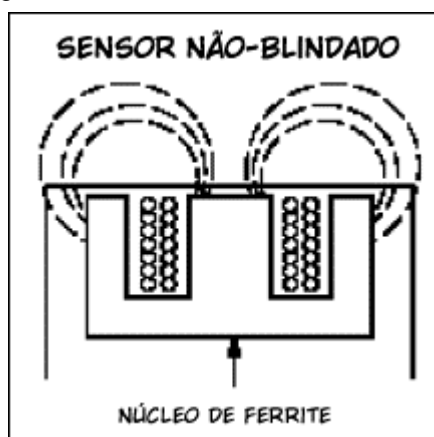
1.7.1 Sensores indutivos

Segundo Mazzaroppi (2007) os sensores indutivos detectam a presença de objetos metálicos, seu princípio de funcionamento se resume em um campo magnético gerado por uma bobina presente no sensor, que quando sofre qualquer tipo de variação na presença de objetos metálicos dispara um sinal para o circuito de saída.

Os sensores indutivos ainda se classificam na configuração de blindado e não-blindado que variam de acordo com a superfície de instalação do sensor. (MAZZAROPPI, 2007).

O sensor não-blindado por não ter seu campo magnético exclusivamente à frente de sua face pode apresentar funcionamento incorreto instalado em superfícies metálicas, representação na Figura 1.13 (MAZZAROPPI, 2007).

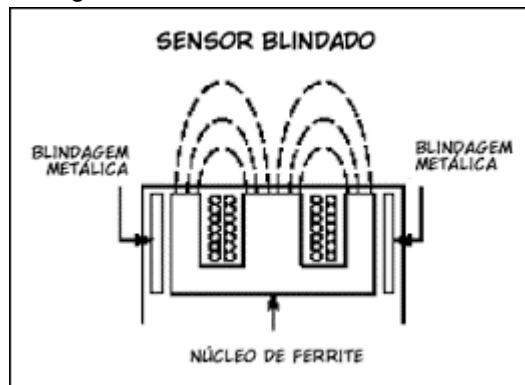
Figura 1.13 - Sensor indutivo não-blindado.



Fonte: repositorio.poli.ufrj.br, 2007.

Uma dificuldade que o sensor blindado não apresenta devido seu campo magnético ser gerado apenas na sua parte frontal, com isso é recomendado para montagem em qualquer superfície, metálica ou não. Desenho de seu funcionamento na Figura 1.14 (MAZZAROPPI, 2007).

Figura 1.14 - Sensor indutivo blindado



Fonte: repositorio.poli.ufrj.br, 2007.

1.7.2 Sensor capacitivo

Ainda segundo Mazzaroppi (2007) os sensores capacitivos têm o princípio de funcionamento similar com o indutivo, tendo seu meio de detecção através de um campo eletroestático, que é variável na presença de qualquer material. Sendo assim quando um objeto se aproxima e o campo demonstra alteração aumentando a capacitância do circuito, com isso o sensor é comutado gerando sinal para o circuito de saída. (MAZZAROPPI, 2007)

Sensores capacitivos também apresentam a escolha entre blindado e não-blindado sendo uma característica importante na redução de possíveis falhas quando os sensores capacitivos blindados apresentam melhor sensibilidade e redução no efeito das bordas, indicado para detecção de materiais com constante dielétrica baixas. Diferente do não-blindado que é recomendado para materiais de constante dielétrica altas e com índice de falsa comutação menor por ter uma sensibilidade mais robustas contra fatores externos como névoa, poeira e umidade do ambiente de processo, foto do sensor na Figura 1.15 (MAZZAROPPI, 2007).

Figura 1.15 – Sensor Capacitivo.



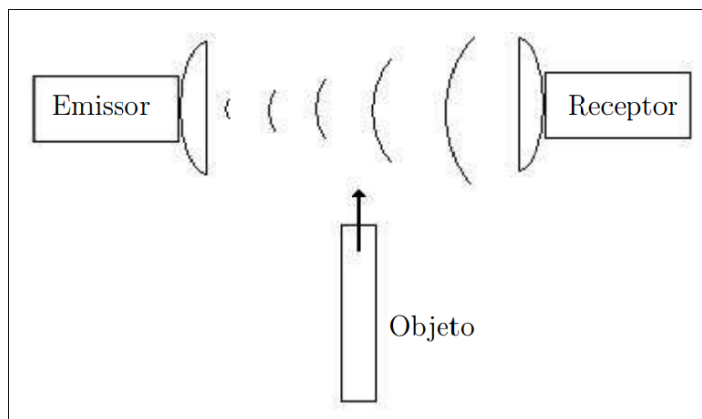
Fonte: tecniar.com.br

1.7.3 Sensor ultrassônico

Conforme dito por Mazzaroppi (2007) os sensores ultrassônicos têm seu princípio de funcionamento baseado na geração de ondas ultrassônicas para detecção. Com esse funcionamento, a capacidade de detecção maior em média distância, eles são indicados para gases, líquidos ou objetos sólidos.

As configurações predominantes para essa categoria de sensores são com Emissor e Receptor, porém esse modo de montagem pode acabar gerando uma barreira ultrassônica, demonstração na Figura 1.16 (MAZZAROPPI, 2007).

Figura 1.16 – Sensor Ultrassônico com receptor e emissor.



Fonte: repositorio.poli.ufrj.br, 2007.

1.8 Contator

O contator é um dispositivo de comando, que tem como sua principal função ser uma chave de liga/desliga, mudando o estado dos seus contatos conforme sua bobina é energizada, os contatos que estavam abertos fecham e os que estavam fechados abrem (USP, 2017).

São constituídos por um conjunto de contatos fixos X, e por outro de contatos moveis Y, e sua movimentação é comandada por uma parte móvel de um núcleo de ferro, que está envolvido por uma bobina, após a sua energização cria um campo magnético que movimenta a parte móvel do núcleo (USP, 2017).

Os contadores possuem contatos que podem ser normalmente fechados NF que abre quando a bobina é energizada, e contatos que podem ser normalmente abertos NA que fecham quando a bobina é energizada (USP, 2017).

O núcleo de ferro é composto por uma parte fixa, que está envolvida pela bobina, uma parte móvel que fica distante da parte fixa por uma mola. Quando a bobina é energizada a força de atração do campo magnético se torna mais forte que a força da mola assim fechando o núcleo, fazendo que os contatos NF sejam mantidos

abertos e os contatos NA sejam mantidos fechados enquanto a corrente circula pela bobina, na Figura 1.17 vemos esse componente (USP, 2017).

Figura 1.17 – Contator.



Fonte: www.eletrico.com.br, 2021.

1.9 Botões

Os botões são aqueles responsáveis por fornecer opções para a interface do usuário de uma máquina ou algum dispositivo. Tendo seu conceito simples, o componente tem a função de estabelecer ou interromper a linha de correntes elétricas de um circuito com o acionamento local, a distância ou manual. Os botões mesmo apresentando uma função relativamente simples tem uma grande variedade de funcionamentos (MATTEDE,2016).

Botão com retenção: tem seu funcionamento em estados com trava. Sendo assim quando apertado ele não tem retorno, retornando para a posição inicial caso seja apertado de novo, exemplo na Figura 1.18 (MATTEDE, 2016).

Figura 1.18 – Botão com retenção



Fonte: metaltex.com.br

Botão pulsante: seu princípio de funcionamento dedicado a enviar pulsos nos circuitos eletrônicos, gerando assim o estado lógico de acionado enquanto pressionado, a Figura 1.19 demonstra esse tipo de botão (MATTEDE, 2016).

Figura 1.19 – Botão pulsante



Fonte: metaltex.com.br

Botão de emergência: tem sua trava afim de manter o estado de “acionado” até que possa se retornar o funcionamento do circuito que foi interrompido, usando o movimento de girar para o lado indicado e destravar. Representação na Figura 1.20 (MATTEDE, 2016).

Figura 1.20 – Botão de emergência.

Fonte: metaltex.com.br

1.10 Controlador lógico programável

O CLP (controlador lógico programável) ou do inglês PLC (programmable logic control), o componente como conhecemos hoje em dia foi inventado em 1968 a pedido da General Motors com o intuito de facilitar a programação do mesmo e futuras manutenções na instalação (UFPR,2006).

Hoje em dia os controladores já são uma realidade consolidada nas indústrias. De acordo com o avanço tecnológico ao longo dos anos os CLP's se adaptaram e adquiriram especificações que fazem toda a diferença na hora de escolher como será feita a parte elétrica da máquina, tendo grandes capacidades eletrônicas para controlar maquinários complexos e operações mais simples, sua construção é outro fator que estimula a utilização dele, já que temos no mercado CLP's que podem aguentar os mais diversos ambientes industriais. A Figura 1.21 demonstra um modelo de CLP (UFPR,2006).

Figura 1.21 - CLP modelo clic02



Fonte: www.weg.net

Na Figura 1.21 acima temos um exemplar da empresa WEG, esse modelo em específico é um modelo de entrada muito presente em aplicações mais simples e com um foco menos industrial, embora apresente um bom funcionamento em ambientes mais limpos e com pouca humidade (WEG,2021).

1.11 Relé

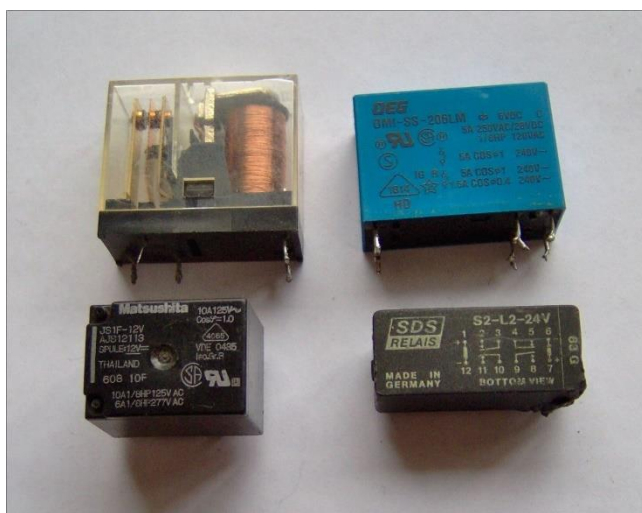
O relé é um dispositivo comutador eletromecânico que tem como princípio de funcionamento abrir e fechar um conjunto de contatos, quando sua bobina é percorrida com uma corrente elétrica assim criando um campo eletromagnético, fazendo ele atuar sobre sua armadura atraindo-a, fazendo que os contatos NF sejam mantidos abertos e os contatos NA sejam mantidos fechados enquanto a corrente circula pela bobina (BRAGA, 2017).

Este componente é composto por uma chave de três contatos :contato comum C, O contato normalmente fechado NF, contato normalmente aberto NA. O contato normalmente fechado é puxado por uma mola para mantê-lo fechado em seu estado normal (BRAGA,2017).

A bobina opera como um eletroímã, quando alimentada pela tensão correta, será gerada uma força de atração em uma armação que é responsável em mover os contatos, assim abrindo o NF e fechando o NA (BRAGA, 2017).

O relé é capaz de chavear cargas de altas potências, além de ser um componente versátil capaz de chavear cargas de corrente alternada e de corrente contínua, garantindo a isolação entre os circuitos que estão sendo chaveados e os que os controlam, a Figura 1.22 exemplifica este componente (BRAGA, 2017).

Figura 1.22 – Modelos de relé.



Fonte: mundoprojetado.com.br, 2021

1.12 Armazenamento do líquido

Segundo Lopes e Santos (2002) os reservatórios de água têm a finalidade de armazenar e proteger o líquido de possíveis contaminações que podem ocorrer caso ele não se encontre em ambiente controlado, a Figura 1.23 demonstra um exemplo.

Figura 1.23 – Reservatório de líquido.



Fonte: Zeppini.com.br, 2019

Outro componente indispensável para o envase é a bomba de água, sua função principal da é transportar o líquido de um ponto ao outro (SANTOS, 2017).

O funcionamento ocorre por meio dos impulsos do rotor ligado ao motor por meio de um eixo motriz, que possui palhetas que giram rapidamente em espiral, com isso é criada uma alta pressão, fazendo a bomba sugar o fluído aumentando o seu fluxo, sendo transferido para dentro da carcaça e servindo de contentor do líquido, levado para um bocal de saída e por fim interligado as tubulações (SANTOS, 2017).

É utilizado um tipo específico de rotores para cada situação:

Rotores fechados: Indicado para líquidos limpos, pois se utilizado com alguma parte solida pode ocorrer o entupimento.

Rotores abertos: Indicado para fluidos viscosos, tem passagem mais livres que evitam entupimento, porém a palheta tem maior desgaste por conta do seu contato direto com sólidos.

Rotores semiaberto: Um de seus lados é livre, mesclando materiais mais densos e menos densos.

Rotores semifechados: Contem pás na parte contraria a abertura, e faz a mescla como o rotor semiaberto. A Figura 1.24 demonstra uma Bomba de água (SANTOS, 2017).

Figura 1.24 – Bomba de água centrifuga.



Fonte: www.tecnotronics.com.br

1.13 Atuador pneumático

Os cilindros pneumáticos são atuadores que segundo a Escola Estadual de Educação Profissional (2012) realizam a transformação de energia de pressão do ar comprimido em energia mecânica, podendo ser dos seguintes tipos:

Simple ação: o fluido move o cilindro em apenas uma direção, enquanto seu retorno a posição inicial é feito por molas, a Figura 1.25 mostra um exemplo deste tipo de cilindro.

Figura 1.25 – Cilindro simples ação.



Fonte: www.festo-didatic.com

Duplo efeito: o movimento de avanço e recuo do cilindro é controlado pelo ar, ilustração do mesmo na Figura 1.26

Figura 1.26 – Cilindro de duplo efeito.



Fonte: edisciplinas.usp.br

Haste dupla: pode exercer força para os dois lados, otimizando o uso da haste, a Figura 1.27 mostra um exemplo deste tipo de cilindro.

Figura 1.27 – Cilindro haste dupla.



Fonte: derossoms.com.br

Sem haste: feito para economizar espaço esse atuador utiliza uma guia ao invés de uma haste, a Figura 1.28 mostra um exemplo deste tipo de cilindro.

Figura 1.28 – Cilindro sem haste.



Fonte: festo.com, 2014.

Com amortecimento variável: conta com um sistema que diminui o choque entre a tampa do cilindro e o embolo, diminuindo o desgaste e o ruído do componente, ilustração do mesmo na Figura 1.29.

Figura 1.29 – Atuador com amortecimento variável.



Fonte: festo.com, 2013.

Duplex geminado: consiste em dois cilindros em sentidos opostos em uma mesma camisa, a Figura 1.30 mostra um exemplo deste tipo de cilindro.

Figura 1.30 – Cilindro duplex geminado.



Fonte: www.racorpneumatica.com.br, 2015.

Duplex contínuo: é a união de dois cilindros no mesmo sentido para ter uma força maior com apenas uma haste, ilustração do mesmo na Figura 1.31.

Figura 1.31 – Cilindro duplex contínuo.



Fonte: www.werk-schott.com.br, 2018.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados todo o processo de construção e estruturação da monografia e do projeto do processo automático de envase e selamento de garrafas, que visa o desenvolvimento de uma máquina que possa servir como uma alternativa mais econômica e prática para empresários que trabalhem com envase de bebidas e líquidos.

2.1 Metodologia Aplicada

Como primeiro passo para o desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma fundamentação teórica sobre as metodologias usadas no envase em alguns países do mundo para compreender quais as principais características nos desenvolvidos dos projetos de cada país.

Em segundo passo, foi exemplificado um modelo de esteira a ser usado como base durante o processo de criação do protótipo a fim de analisar uma melhor forma de montagem do projeto.

E para o processo de montagem do projeto foi tido como referência diversas máquinas selecionadas na revisão bibliográfica, que são controladas por uma placa de Arduino ou por um CLP, para estabelecer qual modelo se encaixa melhor com o nosso objetivo proposto. O CLP foi nosso componente escolhido para auxiliar durante a confecção do trabalho, visto que ele possui diversas qualidades como a compatibilidade com redes em relação a placa de Arduino.

2.2 O tema com justificativa e descrição do projeto

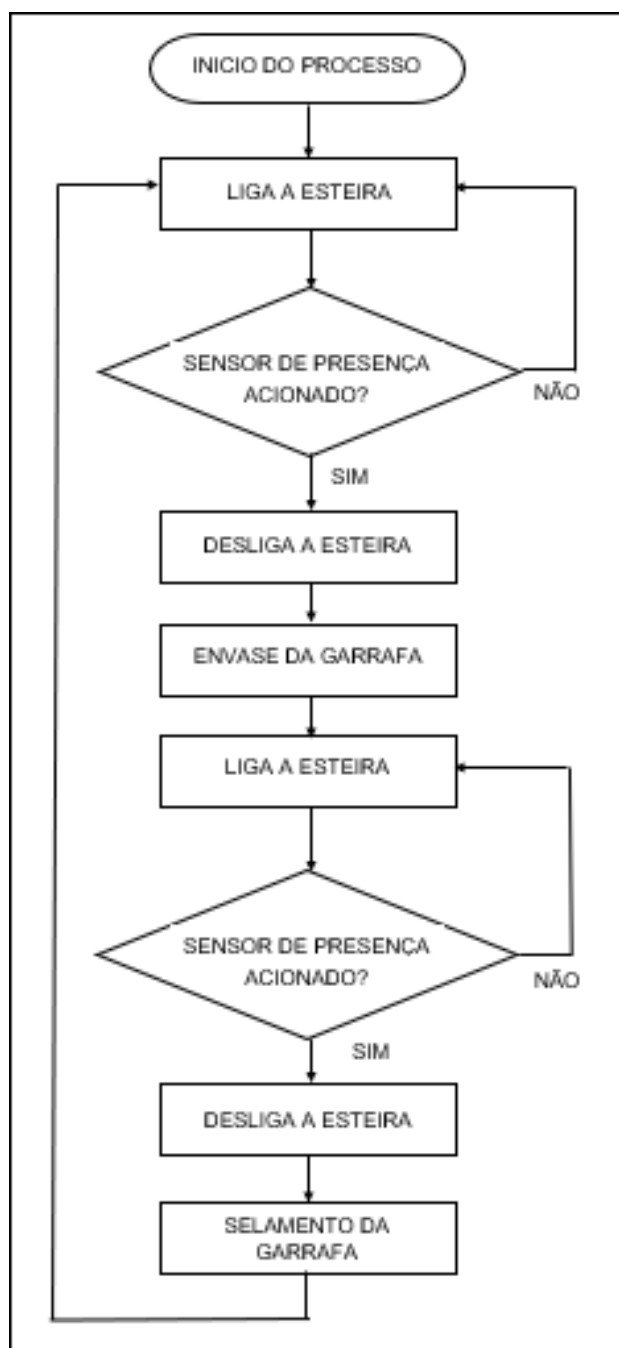
O tema surgiu durante o debate para escolher um projeto que abrangesse áreas que os integrantes do grupo tenham um conhecimento prévio. Esse tipo de máquina está presente em diversas fábricas, por isso o grupo chegou em um consenso de buscar um meio de fazer um modelo mais econômico.

As máquinas de envase tem um papel muito importante para a indústria de produtos líquidos, pois sem elas sua produção teria uma queda drástica no rendimento. Este maquinário automatiza toda uma linha de produção que necessitaria de vários operários em seu processo, enquanto reduz a perda do material e o tempo.

Na decisão da escolha do tema foi preponderante a abrangência de áreas que são necessárias se conhecer para a sua construção, como no grupo os integrantes têm o conhecimento de automação adquirido no curso e tem uma base sobre elétrica ou mecânica, este projeto foi escolhido para que se trabalhe todos os conhecimentos práticos e teóricos dos integrantes.

Para compreender quais são as etapas do processo de envase foi construído um fluxograma de funcionamento do processo, apresentado na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Fluxograma do processo de envase e selamento.



Fonte: Autoria própria, 2022

2.3 Etapas teóricas e práticas para desenvolvimento do projeto

Após uma breve descrição do funcionamento do processo de envase por meio do fluxograma e do esclarecimento do tema-problema e sua justificativa, foi dado início aos trabalhos, divididos em 6 etapas:

Etapa 1: Debate entre os integrantes do grupo para escolha do orientador. Após a escolha foi feito o convite para o orientador que aceitou e se colocou à disposição do grupo;

Etapa 2: O orientador convocou o grupo para uma reunião com o intuito de estabelecer os métodos de pesquisa, os melhores lugares para buscar referências, as datas de apresentações do andamento da pesquisa e a explicação detalhada do tema;

Etapa 3: Desenvolvimento do cronograma de atividades a serem desenvolvidas e objetivos;

Figura 2.2 – Cronograma de atividades.

Semanas	Desenvolvimento do projeto	Redação do capítulo 3	Finalização da monografia	Criação do Slide	Pré apresentação	Apresentação do TCC a bancada
1º agosto						
2º agosto						
3º agosto						
4º agosto						
1º setembro						
2º setembro						
3º setembro						
4º setembro						
5º setembro						
1º outubro						
2º outubro						
3º outubro						
1º novembro						
2º novembro						
3º novembro						
4º novembro						
5º novembro						
1º dezembro						
2º dezembro						

Fonte: Autoria própria, 2022

Etapa 4: Levantamento bibliográfico em *sites* especializados, revistas científicas e livros digitais e início do Capítulo 1 – Fundamentação Teórica. Os materiais obtidos no levantamento foram avaliados para que apenas fossem selecionados os que melhor se encaixam com o tema do projeto;

Etapa 5: Elaboração e construção do Capítulo 2 – Metodologia e construção do Capítulo 3 – Desenvolvimento;

Etapa 6: Levantamento dos materiais e componentes que são utilizados na construção do projeto. Lista dos materiais utilizados na tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Lista de materiais

Materiais	Qtde.
Valvula solenoide 5/2 vias 24Vcc	3
Cilindro pneumático	3
Motor 12vcc	1
Sensor Fotoeletrico 6 - 36Vdc	4
Bomba de água 12Vdc	1
Mangueira de 8mm	2
Mangueira de 6mm	7
Cabo amarelo	3
Cabo preto	5
Fonte 12Vcc	1
Fonte 24Vcc	1
CLP delta DVP16ES2	1
Contatore 220V	2
Relé 24V	3
Disjuntor motor	1
Disjuntor geral	1
Lampada 12v	1
Lampada 220v	1
Botão NA NF	3
Botão de emergencia	1
Lona de esteira	1
Roleta de 30cm	2
Barra de ferro de 2,5m	2
Chapa de ferro de 2m	1
Esticador de corrente	2
Guia de 1m	2
Conector pneumatico de 6mm	12

Fonte: Autoria própria, 2022

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é mostrado o passo-a-passo o desenvolvimento e construção do projeto.

3.1 Desenvolvimento e montagem da estrutura mecânica e elétrica

Ao início do primeiro semestre letivo do ano foi iniciada a montagem do projeto, partindo da compra dos materiais listados na monografia, alguns componentes indispensáveis não foram encontrados pelo grupo de primeiro momento ou estavam com o preço acima do normal praticado no mercado, esse empecilho acarretou um atraso de duas semanas para o início da construção do projeto de fato.

O primeiro passo da construção do projeto foi a montagem da esteira, definido pelo grupo que no protótipo ela terá um dimensionamento de 1,5 metros de comprimento, 300 milímetros de largura e 1 metro de altura. Para a sustentação da máquina sua estrutura será feita de barras de ferro, soldadas e em alguns pontos haverá parafusos para que ela possa ser desmontável, a fim de facilitar o transporte dela nos testes que serão realizados nas dependências da Faculdade e no dia da apresentação para a banca. Com essas características definidas, os integrantes foram atrás do material principal para a estrutura, as barras de ferro. Como os locais que faziam o corte na medida desejada na hora da compra estavam com o preço elevado foi decidido que compraríamos barras de uma só medida, 3 metros, e enviaríamos para uma serralheria fazer o corte desejado, a Figura 3.1 demonstra as barras.

Figura 3.1 - Barras de ferro pré-cortadas



Fonte: Autoria própria, 2022

Enquanto o grupo não fazia a soldagem do material, foi feito o teste dos componentes eletrônicos, começando pelos que estarão presentes no painel de comando, como os sinaleiros, os botões, os contatores, os disjuntores, a fonte, o CLP e o sistema de barramento que faz a segurança do painel em caso de anomalias elétricas no projeto, em seguida foram checados os componentes presentes na esteira como o motor, os sensores, os relés e a bomba d'água.

Também foi construído os roletes presente nas duas extremidades da esteira e que são responsáveis pelo movimento da mesma, com a dimensão de 40 milímetros de diâmetro e 400 milímetros de largura, Figura 3.2 Contém uma foto do componente.

Figura 3.2 - Um dos roletes da esteira



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Com os testes realizados, o grupo começou a cortar as barras da estrutura da esteira, com as barras no comprimento de 1,30 Metros foram feitos furos nas duas pontas dela para que fosse acoplado os roletes citados acima. Após esse passo foi feitos mais 4 furos espaçados por todo o comprimento da estrutura, porque devido ao tamanho da esteira foi necessário soldar barras em formato cilíndrico entre as barras principais para que a lona que será colocada mais tarde não fique frouxa e ceda com o peso das garrafas. A estrutura está presente na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Estrutura da esteira com roletes e suportes



Fonte: Autoria própria, 2022

Como já foi citado os integrantes tiveram dificuldades com a compra de certos materiais, um desses foi a lona da esteira. O grupo passou cerca de um mês procurando uma lona com custo acessível e que atendesse as medidas desejadas. Após muita pesquisa foi decidido que a melhor opção seria optar por uma lona usada. Com ela em mãos o grupo fez a instalação dela na estrutura, e para que ela não ficasse frouxa foi soldado um esticador de correia. A Figura 3.4, ao lado do rolete para que ele fique posicionado no local correto e assim evitando que a esteira balance durante o uso e que a lona fique larga.

Figura 3.4 - Esticador de correia



Fonte: Autoria própria, 2022

Em sequência foi iniciada a solda do conjunto de alinhamento da garrafa, que consiste em 4 barras de 10 cm, que foram soldadas dos dois lados da esteira, com registros para ajustar os cilindros que passam por dentro dela, que por sua vez foram rebitados em outras duas barras de 1 metro cada, formando assim uma espécie de guirre, ajustável para que a garrafa se mantenha em linha reta durante o envase. A Figura 3.5 demonstra esse conjunto.

Figura 3.5 - Esteira com o auxiliador de alinhamento



Fonte: Autoria própria, 2022

Com a esteira montada foi posicionado o motor que fará ela funcionar, motor esse que foi acoplado com sua caixa redutora em um dos roletes, para que ao ligá-lo, ele rotacione o rolete e assim a esteira comece a funcionar, demonstração do motor posicionado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Motor da esteira



Fonte: Autoria própria, 2022

Após finalizar a estrutura básica da esteira o grupo começou a fazer a base dela. Como já comentado foi tido como objetivo facilitar o transporte do projeto, por isso essa parte estrutural será feita separadamente, para os pés foi utilizado 4 barras de 1 metro cada, e unidas em dois pares por um terceiro pedaço de 20 centímetros soldados entre elas na horizontal, para que a base fique firme durante o funcionamento da esteira. Com os pares prontos foi feito uma espécie de berço para a esteira, tendo um formato retangular com 1,30 metros de comprimento e 30 centímetros de largura, que foi soldado no topo dos 4 pés, com isso a base já se encontra pronta, porém para reduzir o tamanho do projeto os integrantes decidiram fazer um suporte para o painel elétrico na mesma.

Para poder posicionar o painel na base o grupo soldou mais barras na estrutura, de primeiro foi colocado uma barra de 40 centímetros na horizontal e outra vertical de 60 centímetros, formando assim um quadrado, a barra horizontal também serviu de parâmetro para a soldagem de mais duas barras de 20 e 40 centímetros, que representam as dimensões da base do painel elétrico. A figura 3.7 mostra a base com a esteira já posicionada.

Figura 3.7 - Esteira com a base e o painel



Fonte: Autoria própria, 2022

Com a base montada o grupo iniciou o processo de pintura dela. Na figura 3.8.

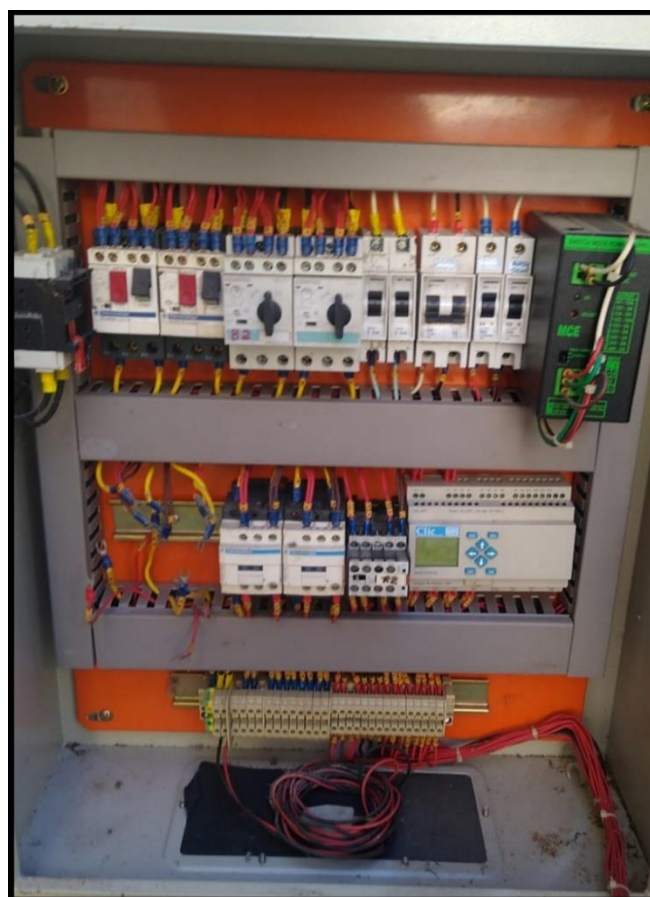
Figura 3.8 - Base pintada



Fonte: Autoria própria, 2022

Para a redução de custos do projeto, o grupo conseguiu uma doação do painel elétrico, que foi remontado da forma correta para o dimensionamento do projeto. De início foram separados os componentes elétricos que seriam reutilizados, nas quais foram dois disjuntores, dois contatores 220V, a chave geral, os botões e as lâmpadas presentes na porta. E para complementar, foi incluído dois pares de relés 24V, uma fonte 24V e outra fonte de 12V. Conforme mostra a Figura 3.9.

Figura 3.9 – painel elétrico antes da montagem



Fonte: Autoria própria, 2022.

De primeiro momento seria utilizado um CLP (controlador lógico programável) do modelo Clic fabricado pela empresa WEG, porém o componente possuía um defeito em seu módulo de extensão das portas de entradas e saídas, o que o deixava inviável para o protótipo. Figura 3.10.

Figura 3.10 – CLP WEG modelo clic



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para suprir as necessidades de hardware do CLP (controlador lógico programável) foi conquistado um componente da marca DELTA, modelo DVP16ES2, que atendeu corretamente as necessidades do projeto e ofereceu margem para futuras implementações e alterações nele. A Figura 3.11 mostra o painel finalizado.

Figura 3.11 – painel elétrico concluído

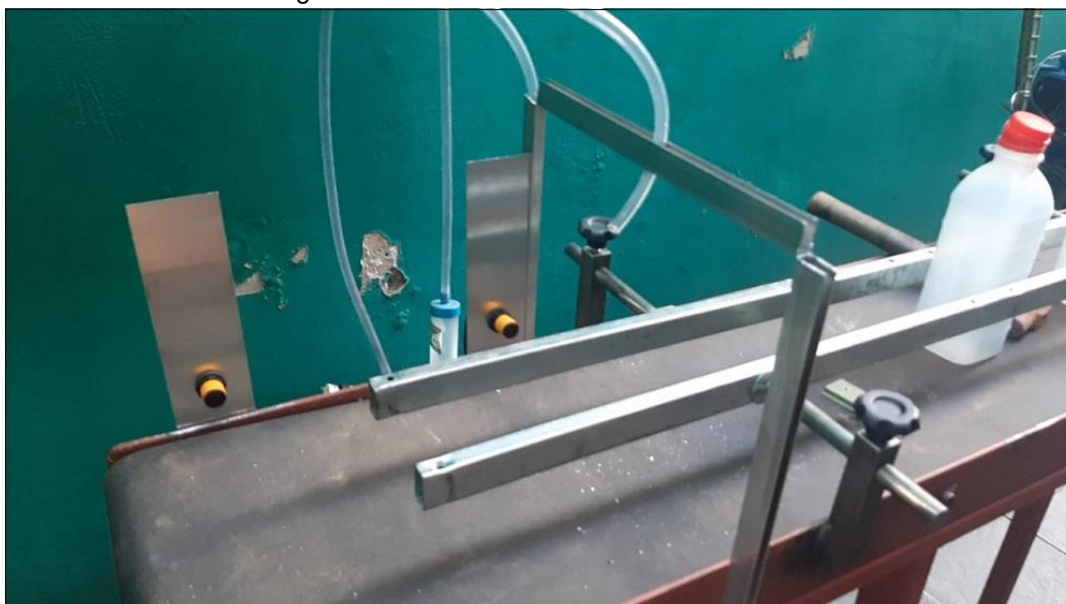


Fonte: Autoria própria, 2022.

Com a base e a esteira em perfeito estado o grupo começou a fazer as etapas do processo de envase.

Na primeira etapa, responsável por identificar se a garrafa está posicionada e fazer o envase, foi parafusado duas chapas na lateral da esteira com sensores fotoelétricos, a primeira com o intuito de identificar se possui garrafa na posição inicial e o segundo para verificar se ela está se aproximando da região de envase, para fazer o enchimento das garrafas foi colocado um arco de alumínio sobre a esteira e instalado uma bomba d'água, ilustração na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Sensores e estrutura de envase



Fonte: Autoria própria, 2022

Com a parte mecânica da primeira estação concluída, foi iniciado o processo de montagem da segunda estação, responsável por efetuar a selagem da garrafa. Para tal, foi parafusado outro arco sobre a esteira, porém desta vez de ferro para suportar os componentes. No topo deste arco, foram feitos dois furos para que se possa regular a posição do conjunto que suporta o cilindro responsável por fazer a pressão necessária para a selagem da tampa. Para este conjunto foi utilizado uma base que se move horizontalmente com um regulador, para o suporte que se mova verticalmente do cilindro pneumático que por sua vez teve um motor de 12 VCC rosqueado em sua ponta para fazer o movimento rotativo na hora da selagem. Apenas estes conjuntos não foram suficientes para a selagem da garrafa, por tanto foi impressa uma peça em 3D com o formato exato da tampa utilizada no projeto que encaixa de forma que a selagem seja efetiva. A figura 3.13 demonstra a segunda estação do projeto.

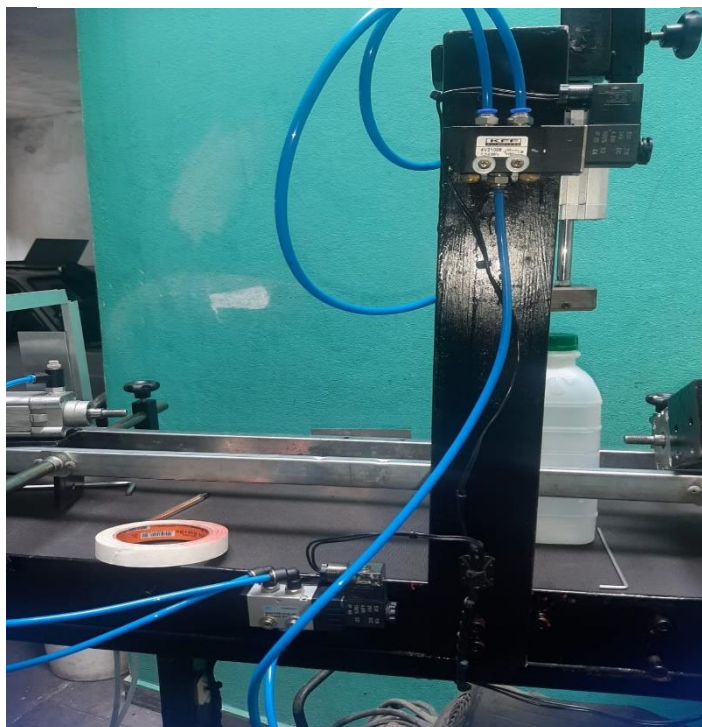
Figura 3.13 - Conjunto de selagem



Fonte: Autora própria, 2022

Com a segunda estação concluída. O grupo fez a fixação dos dois últimos sensores presentes no projeto que são responsáveis respectivamente por identificar se a garrafa está na posição de selagem e se ela está no final do processo, também foram posicionadas as válvulas solenoides dos três cilindros presentes na máquina junto com as suas mangueiras de ar. A Figura 3.14 mostra o próximo passo feito no projeto.

Figura 3.14 – Válvula solenoides fixados na estrutura

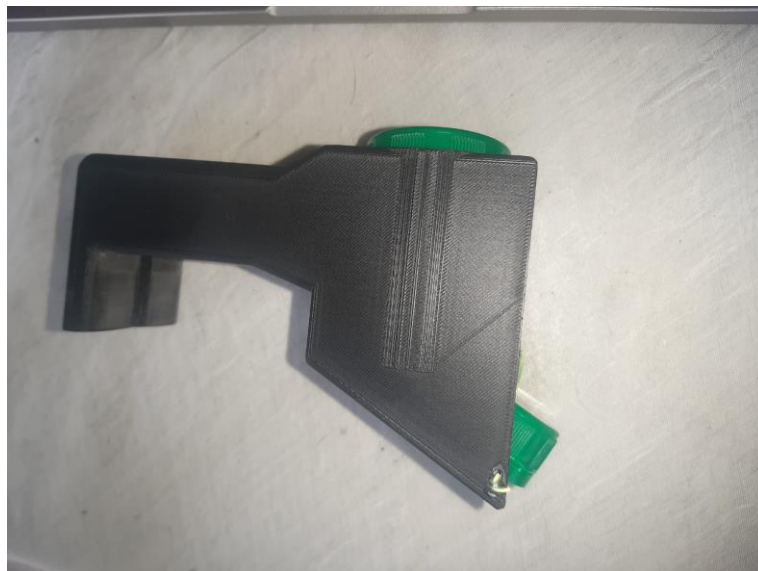


Fonte: Autoria própria, 2022

A última etapa para finalizar a parte mecânica do projeto foi a peça de impressão 3D. Ela será responsável pela liberação da tampa na garrafa.

Com o auxílio dos projetos apresentados no capítulo dois (envase de suco de laranja), o grupo optou por fazer um sistema que armazena as tampas verticalmente, semelhante a um suporte de copos descartáveis. Essa peça solta a tampa de forma individual e sem auxílio de nenhum atuador, o sistema de queda por gravidade, juntamente com o sistema de trava presente, faz com que de forma contínua seja depositada uma tampa para cada garrafa. A liberdade de *design* que a tecnologia oferece possibilitou a criação desse modelo de uma forma econômica e eficiente, otimizando o projeto e reduzindo a infraestrutura superdimensionada. Assim como mostra a Figura 3.15.

Figura 3.15 – Peça liberadora de tampa.



Fonte: Autoria própria, 2022

Com o projeto mecânico concluído o grupo desmontou o mesmo para fazer a pintura definitiva na estrutura, corrigir pequenos detalhes do alinhamento do processo e envelopar o painel elétrico. A Figura 3.16 demonstra como ficou a máquina finalizada.

Figura 3.16 – Projeto finalizado



Fonte: Autoria própria, 2022

3.2 Testes e Resultados

Neste capítulo serão apresentados os testes realizados pelo grupo na máquina de envase e seladora. Para os testes realizados, foram estipulados modos de funcionamento do maquinário que possam atender a diferentes tipos de necessidade do usuário. Podendo operar apenas para fazer o envase, ou a selagem ou na configuração padrão, que faz os dois procedimentos juntos.

3.2.1 Teste para o envase

De primeiro momento foi realizado o teste simples, apenas com a função de envase, sem a utilização da estação de selagem, para casos em que o modelo de garrafa que não tenha um lacre compatível com o do projeto, este teste obteve resultados positivos, com o tempo total do processo levando cerca de 30 segundos, sendo em sua maior parte com a esteira parada enquanto o envase da garrafa está sendo realizado. Com este modo de funcionamento da máquina atendendo as expectativas dos integrantes.

Sua programação foi executada de forma simples, sem trazer muitas dificuldades, a única alteração que foi realizada neste teste foi o temporizador que conta o tempo que a bomba de água fica ligada fazendo o enchimento do recipiente, que de primeiro momento só era suficiente para encher cerca de 60% da mesma.

3.2.2 Teste do funcionamento da seladora

Em caso do envase de algum líquido mais viscoso ou que apresente problemas na hora do envase, foi elaborado um modo de funcionamento exclusivo para a selagem da garrafa, no qual ela apenas recebe a tampa e é lacrada. Nesse momento o grupo percebeu que a pressão exercida sobre uma mesma garrafa repetidamente pode danificar a estrutura de plástico dela, causando marcas, vincos e até mesmo

deformação do recipiente. Com essa informação o grupo optou por reduzir a pressão do avanço do cilindro para que o usuário não venha a passar por tal situação.

Com a pressão do ar comprimido que entra no cilindro regulada, o processo teve o resultado desejado pelos integrantes, levando cerca de 20 segundos para fazer a selagem da garrafa.

3.2.3 Teste do funcionamento do envase e da seladora juntos

Nos testes de funcionamento padrão da máquina o grupo encontrou obstáculos que serão detalhados de forma mais específicas em outro subtópico, mas de forma geral todos foram superados uns ajustes finos no alinhamento das peças e leves correções na programação, principalmente nos tempos dos temporizadores. Como já haviam sido feitos testes individuais o grupo não precisou desenvolver uma nova programação do zero, apenas reuniu os dois programas anteriores e deixou de forma mais fluida. Com tudo ajustado a máquina demorou 55 segundos para envasar e selar as garrafas.

3.2.4 Problemas e Soluções

Durante o desenvolvimento do projeto, deparou-se com alguns obstáculos, que tiveram como solução todo o conhecimento do grupo adquirido no decorrer do curso, experiências profissionais de cada membro do grupo e em pesquisas. A seguir são listados os problemas encontrados e respectivas soluções.

1: Dificuldade para encontrar materiais com preços acessíveis e de fácil localização para compras.

Solução: Optou-se por fazer a procura e compra dos materiais em ferro-velho, *sites* de internet e através de doações.

2: Incompatibilidade com o CLP escolhido na primeira lista de material feito.

Solução: Foi efetuado a troca do CLP inicial marca Festo pelo componente da marca Delta que consegue se comunicar com o *software* escolhido ISPSOft 3.15

3: Funcionamento da estação fora de sincronia.

Solução: Durante a fase de testes do projeto, foi detectado a falta de sincronia entre as estações, pois os temporizadores estavam com a contagem de tempo desregulada. Portanto, foi feito a regulagem dele conforme o melhor tempo para cada etapa.

4: Função de liberação das tampas desalinhado com as garrafas na esteira.

Solução: Foi feito uma adaptação na peça, colocando em cima dela um contrapeso para que ao passar a garrafa por debaixo, a tampa caia exatamente no bocal da garrafa.

5: Problema na pressão exercida pelo cilindro na garrafa para a tapagem.

Solução: Realizada regulagem do conector pneumático para que entrasse menos ar no momento de atuar o cilindro, e por consequência a força que ele realiza na garrafa foi reduzida o suficiente para evitar danos nela.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto que se intitula Processo automatizado de envase e seladora de garrafa e tem o intuito de construir uma máquina capaz de encher e selar garrafas com tamanhos diferentes. Sendo justificado por possuir um baixo custo em relação aos presentes no mercado, fácil manutenção, sem contaminação do líquido que será envasado, substituindo a mão de obra humana e reduzindo gastos.

Para a construção do projeto foi utilizado uma esteira, sensores fotoelétricos, cilindros e válvulas pneumáticas, bomba de água, motor CC, estrutura de ferro e outros.

As teorias pesquisadas foram de suma importância para os integrantes do grupo conhecerem melhor o funcionamento da automação no envase de garrafas. Essas teorias deram sustentação ao desenvolvimento do projeto, principalmente aquelas que dizem respeito a parte mecânica. Dentre as fontes de pesquisa a que mais agregou conhecimento foram as que contém conteúdo sobre a estrutura e a montagem de um processo de selagem.

As técnicas e métodos obtidos pela metodologia científica deram suporte para organizar e planejar as etapas que direcionam diretrizes para o desenvolvimento do projeto no tocante a organização direcionamento para concretizar o objetivo proposto.

O projeto trouxe para os integrantes do grupo conhecimentos agregados obtidos durante o curso, complementando os conhecimentos. Trouxe também a possibilidade de pesquisa e conhecimento de novos componentes, como o CLP FC30 e CLP Delta DVP16ES2, o qual foi compartilhado com os docentes trazendo nova referência na elaboração de projetos.

Foram encontrados diversos desafios durante a elaboração do projeto, porém foram solucionados com êxito com ajuda do embasamento bibliográfico e com ajuda do orientador e dos docentes da instituição.

Como desvantagem destaca-se o fato de não ser possível envasar garrafas de diferentes tamanhos ao mesmo tempo. Isto se deve à falta de sensores para a identificação do tamanho do recipiente.

Tendo em vista o desenvolvimento, conclui-se que o projeto foi criado com êxito, trazendo novos conhecimentos para os integrantes do grupo, como a elaboração da programação e a capacidade de lidar com erros e falhas mecânicas.

Propõem como ações de melhorias futuras a otimização do tempo de envase das garrafas, assim como desenvolvimento de novos algoritmos de programação, a utilização de outros tipos de sensores e a aplicação da nuvem com conceitos da indústria 4.0.

REFERENCIAS

AHMED, Liton. KUNDU. Shantonu, RAFIQUZZUAMAN. **Automatic Bottle Filling System Using PLC Based Controller**. 2019. Disponível em: <http://matjournals.in/index.php/JoAM/article/view/3583/3034>. Acesso em: 26 ago. 2021

AKIKI, Elie. **Conception d'une machine pour le remplissage du jus d'orange**. 2016. Disponível em: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01810639/document>. Acesso em: 15 set. 2021.

ASSENT, Clément. **Suivi des rejets d'une ligne de soutirage de bouteilles: Etude et réduction de ces pertes pour améliorer la rentabilité financière de la ligne**. 2015. Disponível em: https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/1388/6/TFE_C_Assent.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

BRAGA, NEWTON C. **Relés: Circuitos e aplicações**, Editora NCB; 1ª edição 2017.

CHAKRABOTY, Kunal. et al. **Controlling Processo f a bottling Plant using PLC and SCADA**. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282519847_Controlling_the_Filling_and_Capping_Operation_of_a_Bottling_Plant_using_PLC_and_SCADA. Acesso em: 26 ago. 2021.

COCA COLA. **Coca Cola – Qualidade levada a sério**. 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RRCARFuiO1E&t=277s>. Acesso em: 22 set. 2021

DE ROSSO. **Cilindro pneumático**. 2014. Disponível em: <https://www.derossoms.com.br/produtos/cilindro-pneumatico>. Acesso em: 18 nov. 2021.

FESTO. **Atuador linear DGC-K**. Disponível em: https://www.festo.com/br/pt/p/atuador-linear-id_DGC_K/?tab=HIGHLIGHTS. Acesso em: 18 nov. 2021.

FESTO. **Cilindro de simples ação**. Disponível em: <https://www.festo-didactic.com/br-pt/bancadas-de-treinamento/pneumatica/pneumatica/cilindro-de-simples-acao.htm?fbid=YnluchQuNTM3LjIzLjE4LjEwMTguNTI2NA>. Acesso em: 17 nov. 2021.

FESTO. **Cilindros Normalizados e Convencionais DSNU/ESNU**, 2013. Disponível em: https://www.festo.com/cat/pt-br_br/data/doc_ptbr/PDF/PT/DSNU-ISO_PT.PDF. Acesso em: 18 nov. 2021.

GEBO CERMAX, **EUROSTAR EV**. Disponível em: https://www.sidel.com/cgi-bin/downloads/eurostarev_fr.pdf. Acesso em: 15 set. 2021

GOUVEA. Felipe, **MELHORIA ESPECÍFICA NO PROCESSO DE ENVASE DO LEITE EM PÓ**. 2019. Disponível em:

[http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/4406/1/RODRIGO%20GOUV%
%8aA%20VIEIRA.pdf](http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/4406/1/RODRIGO%20GOUV%c3%8aA%20VIEIRA.pdf). Acesso em: 23 set. 2021

GUHA, Aniruddh. et al. **AUTOMATIC BOTTLE FILLING MACHINE**. 2020. Disponível em: <https://www.irjet.net/archives/V7/i6/IRJET-V7I6184.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

HONEYWELL. **Sistemas de esteira transportadora e separação**, 2022. Disponível em: <https://sps.honeywell.com/br/pt/products/automation/solutions-by-function/sortation-conveyor-systems>. Acesso em: 06 nov. 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE divulga estimativa da população dos municípios para 2020**. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2020>. Acesso em: 25 ago. 2021

INSTITUTO BUTANTAN – **Entenda como funciona o envase da CoronaVac: processo segue protocolos rígidos de controle de qualidade e dosagem**. 2021. Disponível em: <https://butantan.gov.br/noticias/entenda-como-funciona-o-envase-da-coronavac-processo-segue-protocolos-rigidos-de-controle-de-qualidade-e-dosagem>. Acesso em: 25, set. 2021

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do Trabalho científico**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1987.

LHERAULT. Jean, **Procédé de remplissage de bouteilles de gaz liquéfiés et installation pour as mise em oeuvre**. 1981. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/40/5f/44/7d9fc60d45780e/EP0034098B1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021

LOPES. João Eduardo G. SANTOS. Raquel Chinaglia P. **CAPACIDADE DE RESERVATÓRIOS**, 2002. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%206/Capacidade%20de%20Reservatorios.pdf>. Acesso em: 17 nov.2021.

MAMEDE. Whisner Fraga. **Apostila de Pneumática e Eletropneumática**. 2008. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4203386/mod_resource/content/0/apostila%20pneumatica%202008%20nova.pdf. Acesso em: 18 nov. 2021.

MATTEDE, Henrique. **Mundo elétrica, Botoeiras e aplicações**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/botoeiras-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MAZZAROPPI, Marcelo. **Sensores de movimento e presença**, 2007. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001369.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MICRO. **CILINDROS**, 2015. Disponível em: <https://www.racorpneumatica.com.br/cilindros.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

NADANKAR, Siddhesh. et al. **IMPLEMENTATION OF BOTTLE FILLING AND CAPPING USING PLC WITH SCADA**. 2018. Disponível em: http://www.ijarse.com/images/fullpdf/1523793059_PG596ijarse.pdf. Acesso em: 26 ago. 2021.

NASCIMENTO JUNIOR, G. C. **Máquinas elétricas: teoria e ensaios**. São Paulo: Editora Érica LTD, 2011.

NUNES. Jéssica, BELUSSO. Marcel, PAULA. Rosine. **MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO POR MEIO DE OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO DE ENVASE**. 2018. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/202>. Acesso em: 25, set. 2021

PETRUZELLA, Frank D. **Motores elétricos e acionamentos**. 1. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

PINHEIRO. Maria, **Avaliação do envase à quente de uma bebida láctea na conservação a temperatura ambiente**. 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2840/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 26 set. 2021

PRAJAPATI, Pankaj. et al. **Shivani AUTOMATIC BOTTLE FILLING AND CAPPING SYSTEM USING PLC**. 2019. Disponível em: <https://www.irjet.net/archives/V6/i11/IRJET-V6I11112.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021

PRESAS. Patrícia, PRESAS. Joaquin. **História da embalagem: Uma brevíssima resenha do século XX**. 2002. Disponível em: <http://wolverine.ava.ufsc.br/~tearad/repositorio/Fundamentos%20da%20Cor/historia%20da%20embalagem.pdf>. Acesso em: 2021.

PROCEL. **CORREIAS TRANSPORTADORAS**. 2021. Disponível em: <http://procelinfo.com.br/DownloadSimulador>. Acesso em: 18 nov. 2021

SABNIS, Nilesh et al. **Improvement in Productivity of Bottle Filling Operation by using Multi-Nozzle PLC System**. 2017. Disponível em: https://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_134.pdf. Acesso em: 26 ago. 2021

SANTOS, António José da Anunciada. **Bombas e Instalações Hidráulicas**, Editora Engebook; 1ª edição, 2017

SASSARO, M.; SCHREIBER, M. **Implantação de um Sistema automatizado para envasadora de suco de laranja**- um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Controle e Automação) - UNISUL Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/2298>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**, 24. Ed. São Paulo: Cortez, 2014.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci, LOPES, Guilherme Cano, **SENSOR CAPACITIVO: O QUE É E COMO FUNCIONA**. Disponível em: <https://www.tecniar.com.br/noticias/sensor-capacitivo-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 18 nov. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS – CLP**. 2006. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/AULACLp.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

USP, **Dispositivos de comando - Contatores**. 2017 Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5073796/course/section/5917953/teo_dispositivos_comando.pdf. Acesso em :18 nov. 2021.

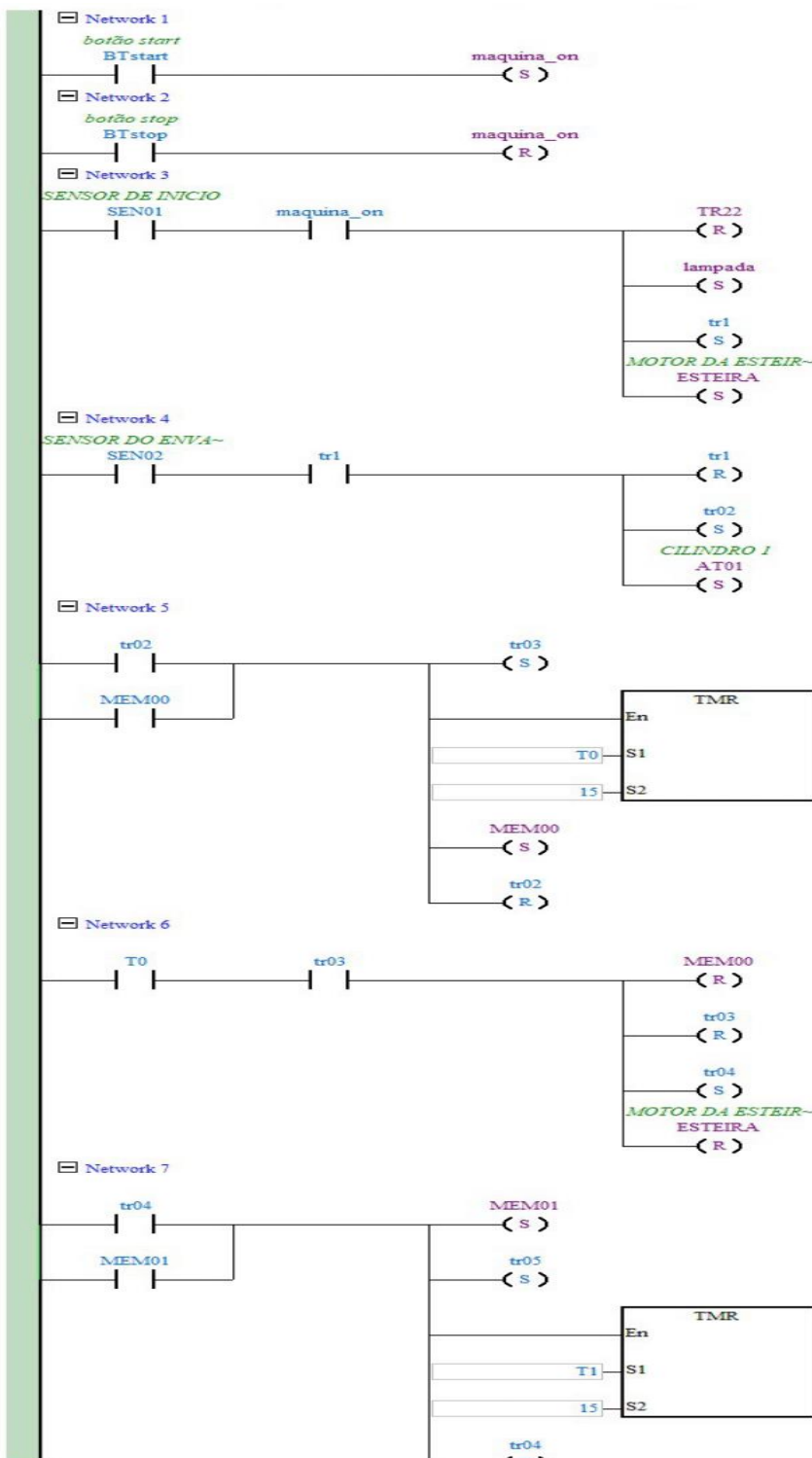
WEG. **CLP's - CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS**. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h18/h29/WEG-controladores-logicos-programaveis-10413124-pt.pdf> Acesso em: 15 fev. 2022.

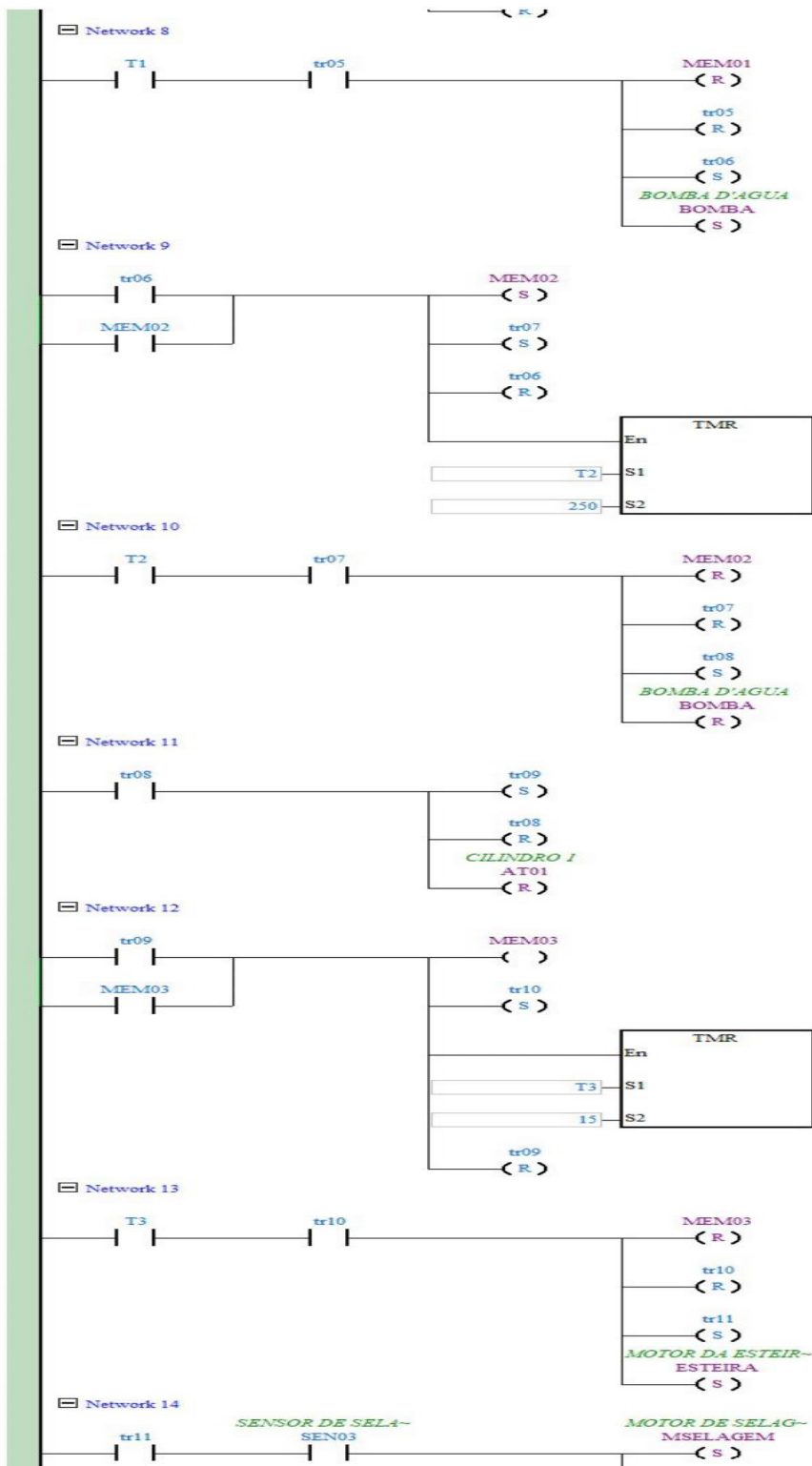
WERK-SCHOTT. **Cilindros Pneumáticos Série 2100**. 2018. Disponível em: <https://www.werk-schott.com.br/produtos/cilindros-pneumaticos/pneumaticos-serie-2100>. Acesso em: 18 nov. 2021.

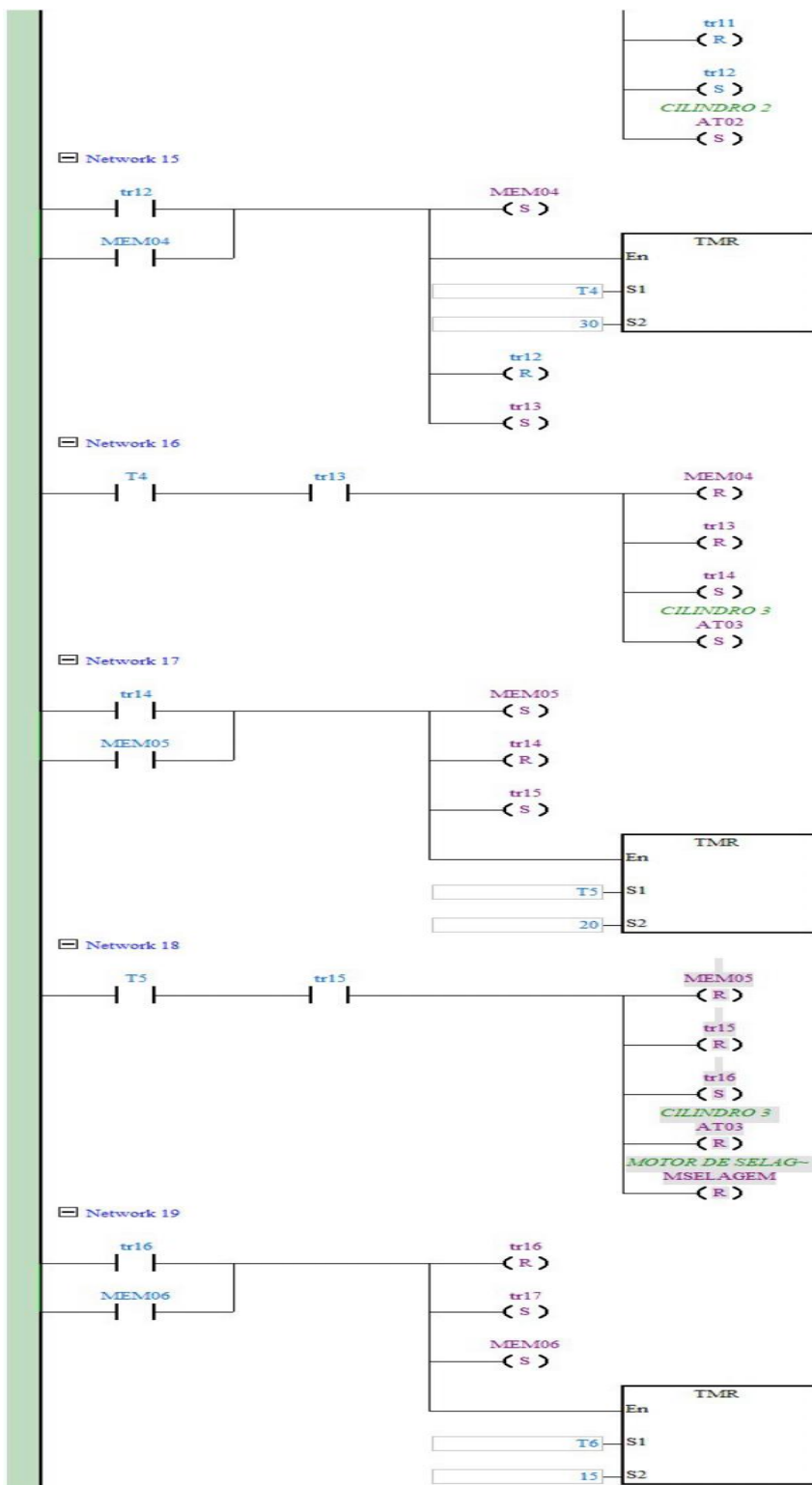
ZEPPINI ECOFLEX. **Tanque Aéreo para Armazenamento de Água**, 2019. Disponível em: <http://www.zeppini.com.br/site/pt/produto/79/tanque-aereo-para-armazenamento-de-agua>. Acesso em: 17 nov. 2021.

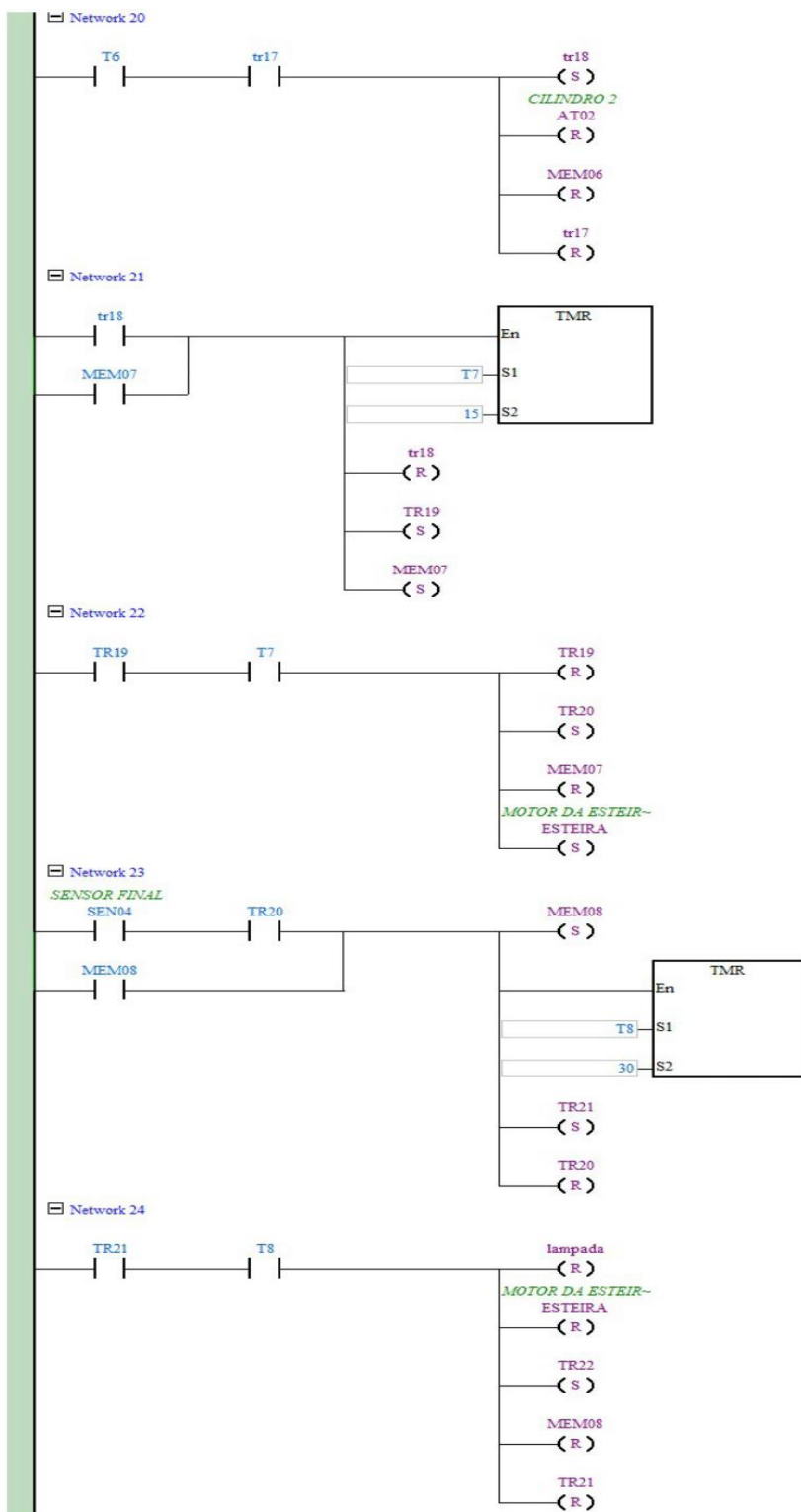
APÊNDICE A - Programação

No.	Declaration Type	Identifiers	Address	Type	Initial Value	Identifier Comments
1	VAR	tr07	M8	BOOL	N/A	
2	VAR	tr1	M9	BOOL	N/A	
3	VAR	tr02	M10	BOOL	N/A	
4	VAR	tr03	M11	BOOL	N/A	
5	VAR	tr04	M12	BOOL	N/A	
6	VAR	tr05	M13	BOOL	N/A	
7	VAR	tr06	M14	BOOL	N/A	
8	VAR	tr08	M15	BOOL	N/A	
9	VAR	tr09	M16	BOOL	N/A	
10	VAR	tr10	M17	BOOL	N/A	
11	VAR	tr11	M18	BOOL	N/A	
12	VAR	tr12	M19	BOOL	N/A	









APENDICE B – ESQUEMA ELETRICO

