



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

PROJECTO DE SISTEMA DE DESPALETIZAÇÃO
AUTOMÁTICA PARA A LINHA DE ENCHIMENTO DE LATAS
(LINHA 2) PARA A CERVEJAS DE MOÇAMBIQUE, SA.

Autor:

Karen Fernanda Herculano

Supervisores:

Eng. Gerson Zango (UEM)

Helton Nguenha (CDM)

Maputo, Junho de 2025



**FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**PROJECTO DE SISTEMA DE DESPALETIZAÇÃO
AUTOMÁTICA PARA A LINHA DE ENCHIMENTO DE LATAS
(LINHA 2) PARA A CERVEJAS DE MOÇAMBIQUE, SA.**

Autor:

Karen Fernanda Herculano

Supervisores:

Eng. Gerson Zango (UEM)

Helton Nguenha (CDM)

Maputo, Junho de 2025

DEDICATÓRIAS

Dedico esse trabalho a minha mãe, meu irmão e a todos os que acreditaram em mim e contribuíram para que esse momento chegasse.

Não to mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.

Josué 1:9

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar Agradeço a Deus por me permitir chegar nesta fase.

Agradeço á minha mãe, Isabel Bata, e Irmão, Hamilton Pedro, pelas orações, pelos sacrifícios a que se submeteram e por proporcionarem todas as condições ideais para o meu sucesso académico e demais áreas da minha vida.

Expresso minha gratidão ao meu namorado, Luciano Massango, por toda a disponibilidade, suporte e paciência. Por me recordar que posso ir sempre além e por nunca duvidar de mim.

Agradeço a todos os meus colegas, companheiros de carteira, que tornaram essa jornada ainda mais empolgante. Em especial os “Gerson’s” Cossa e Balbina, a Lurdes Felizardo, Jennifer Titosse e a Maira Mandede, o meu muito obrigada.

Aos amigos que me conhecem há mais tempo, Janice Mahumana, Shanaya Matilde, Tainara Hermínio e Celeste Homo, por manterem a simplicidade na nossa amizade durante todos estes anos.

Aos engenheiros Gerson Zango e Helton Nguenha, meus supervisores, agradeço a orientação e partilha que foram essenciais.

À Cervejas de Moçambique, S.A., pela oportunidade e confiança depositada.

À todos, os meus sinceros agradecimentos!

Karen Fernanda Herculano

RESUMO

A automação é uma das áreas que mais avançaram nas últimas décadas e continua a avançar em grande escala, sendo uma das principais forças motrizes da modernização industrial e do aumento da eficiência em diversos sectores. Assim, também a indústria cervejeira beneficia dos progressos alcançados nesta área. O presente projecto tem como foco o desenvolvimento de um Sistema de Despaletização Automática para a Linha 2 de enchimento de latas da fábrica Cervejas de Moçambique, SA. (CDM). A proposta surge da necessidade de substituir operações manuais por soluções automáticas mais eficientes, seguras e integradas, de forma a acompanhar o crescimento da produção e a reduzir falhas operacionais. Neste sentido, todo o trabalho desenvolvido é orientado por essa ideologia: gerir os processos de modo a permitir um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, promovendo o aumento da produtividade e da qualidade. Este sistema será concebido para se adaptar à realidade existente na linha, aproveitando a infra-estrutura já instalada e, sobretudo, o PLC Siemens S7-300, actualmente em utilização na automação da Linha 2.

Palavras-chave: Automação, Despaletização, Produtividade, CDM, PLC.

ABSTRACT

Automation is one of the fields that has seen the most significant advancements in recent decades and continues to progress on a large scale, being one of the main driving forces behind industrial modernization and increased efficiency across various sectors. Accordingly, the brewing industry also benefits from the developments achieved in this area. This project focuses on the development of an Automatic Depalletizing System for the Can Filling Line 2 at the Cervejas de Moçambique, S.A. (CDM) factory. The proposal arises from the need to replace manual operations with more efficient, safer, and fully integrated automatic solutions, in order to support production growth and reduce operational failures. In this context, the entire project is guided by the principle of process management, aiming to ensure better use of available resources while increasing both productivity and quality. This system will be designed to adapt to the existing conditions of the production line, taking advantage of the already installed infrastructure and, most importantly, the Siemens S7-300 PLC, currently used in the automation of Line 2.

Keywords: Automation, Depalletizing, Productivity, CDM, PLC.

ÍNDICE

Dedicatórias-----	i
Agradecimentos-----	ii
Resumo -----	iii
Abstract -----	iv
Lista de SÍMBOLOS -----	vii
Índice de Figuras -----	viii
Índice de Tabelas-----	ix
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO -----	1
1.1- Contextualização e Delimitação do Tema -----	1
1.2- Formulação do Problema -----	1
1.3- Justificativa -----	2
1.4.- Objectivos -----	3
1.4.1- Objectivo Geral -----	3
1.4.2- Objectivos Específicos -----	3
1.5- Metodologia -----	3
1.6- Organização do Documento -----	4
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA -----	5
2.1- O Processo de Produção da Cerveja-----	5
2.1.1- Maltagem (Malting) -----	6
2.1.2- Brassagem (Brewhouse) -----	6
2.1.3- Maturação (Maturation)-----	6
2.1.4- Filtração (Filtration) -----	6
2.1.5- Tanque de Cerveja Final (Bright Beer Tank - BBT) -----	6
2.1.6- Enchimento / Embalamento (Packaging) -----	7
2.1.7- Armazenamento (Warehousing) -----	7
2.1.8- Linha de Enchimento de Latas -----	7
2.2- Despaletização de Latas -----	9
2.2.1- Tipos de Despaletização -----	10

2.2.2-	Composição de uma despaletizadora automática-----	11
2.3-	Automação Industrial -----	12
2.4-	Pirâmide de Automação -----	12
2.4.1-	Botoneiras -----	14
2.4.2-	Sensor de proximidade -----	15
2.4.3-	Atuadores-----	15
2.4.4-	Controlador lógico programável (PLC) -----	16
2.4.5-	Estructura e Princípio de funcionamento do PLC-----	17
2.4.6-	Estrutura Básica de um PLC -----	18
2.4.7-	Linguagens de Programação-----	19
2.4.10.	Tipos de Entradas e Saídas -----	20
CAPÍTULO III – MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO -----		21
3.1-	Localização da Cervejas de Moçambique – Jardim-----	21
3.2-	Linha De Enchimento De Latas (Linha 2)-----	21
3.3-	Sistema de Despaletização actual-----	22
3.4-	Proposta do Sistema automatizado na base de PLC-----	24
3.4.1-	Descrição do sistema Automático -----	25
3.5-	<i>Layout</i> do Sistema -----	27
3.6-	Seleccção dos Componentes do sistema -----	29
3.6.1-	Seleccção do redutor de velocidade -----	29
3.6.2-	Seleccção dos Motores -----	31
3.6.3-	Seleccção dos Inversores de frequência -----	32
3.6.4-	Dispositivos de Protecção dos motores -----	33
3.6.5-	Cabo para Motor em partida directa -----	35
3.6.6-	Garra de ventosas -----	36
3.6.7-	Cilindro Pneumático-----	36
3.6.8-	Seleccção de Controlador (PLC)-----	38
3.7-	Programação do sistema de despaletização-----	38

CAPÍTULO IV – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS -----	44
4.1- Dispositivos usados para o sistema e custo em Metical -----	44
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES -----	46
5.1- Conclusão-----	46
5.2- Recomendações -----	47
CAPITULO VI: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	48

LISTA DE SÍMBOLOS

AC	Alternating Current (Corrente Alternada)
CPU	Central Processing Unit (Unidade Central de Processamento)
DIO	Digital input and output
DC	Direct Current (Corrente Contínua)
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão electrotécnica internacional)
IoT	Internet of Things (internet das coisas)
IP	Índice de Protecção
LED	Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
PC	Personal Computer (computador pessoal)
PLC	Programmable Logical Controller (Controlador Lógico Programável)
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Controlo de Supervisão e Aquisição de Dados)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Processo de Produção de Cerveja	5
Figura 2: Diagrama simplificado da linha de enchimento de latas	7
Figura 3: Palete de madeira	9
Figura 4: (1) Despaletização a granel; (2) Despaletização com dispositivo removedor	10
Figura 5: Pirâmide de Automação	12
Figura 6: Botoneira de pressão	14
Figura 7: Botoneira de retenção	14
Figura 8: Sinal analógico versus sinal digital	15
Figura 9: Estructura Básica de um PLC	17
Figura 10: Varredura de um PLC.....	17
Figura 11: Vista a satélite da planta da Cervejas de Moçambique, Jardim	21
Figura 12: Sistema de Despaletização Actual	22
Figura 13: Diagrama do sistema Actual.....	22
Figura 14: Inserção das latas na esteira transportadora	24
Figura 15: Sistema de despaletização Automático	24
Figura 16: Layout da Despaletizadora Fonte: Autor	27
Figura 17: Layout da Despaletizadora no simulador de ambientes insustriais (factory IO	28
Figura 18: Diagrama das protecções do motor.....	34
Figura 19: Dispositivo garra de ventosas	36
Figura 20 Diagrama Ladder.....	41
Figura 21:Diagrama Ladder- parte 2	42
Figura 22: Mapa de variáveis, Fonte: Autor.....	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Linguagens de programação do PLC-----	20
Tabela 2: Entradas do sistema -----	39
Tabela 3 Saídas do Sistema-----	39
Tabela 4: Estimativa de custo, -----	44

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1- CONTEXTUALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO TEMA

A Cervejas de Moçambique (CDM) é a principal empresa produtora de cerveja em Moçambique, com uma presença sólida e consolidada no mercado nacional. Atualmente, faz parte do grupo Anheuser-Busch InBev, o maior conglomerado de bebidas do mundo, estando presente em três províncias do país: Maputo, onde possui duas unidades fabris, Beira e Nampula, totalizando quatro fábricas.

A unidade Fabril do Jardim, em Maputo, é a mais antiga e conta com o portefólio mais completo da empresa, dispondo de quatro linhas de enchimento. Esta é, aliás, a única planta em todo o país que realiza o enchimento de latas, contando com uma linha exclusiva para esse propósito: a Linha 2.

Apesar da sua importância estratégica, a operação diária da Linha 2 enfrenta desafios que evidenciam oportunidades para a optimização dos processos. Uma das principais oportunidades identificadas é a optimização do processo de despaletização das latas e do seu transporte até à enchedora (*filler*).

A despaletização é, actualmente, fortemente dependente da intervenção de um operador e a configuração do sistema acarreta perdas de latas bem como, obstruções no transportador, o que implica em paragens no processo.

Diante deste cenário, torna-se essencial desenvolver soluções que melhorem a eficiência e a fiabilidade operacional, respeitando as limitações de espaço e os recursos já instalados. Este projecto propõe, assim, a integração e aproveitamento da infraestrutura existente para a implementação de um sistema de despaletização totalmente automático, capaz de responder de forma eficaz às necessidades da planta e alinhado com as melhores práticas da indústria.

1.2- Formulação do Problema

A unidade fabril da Cervejas de Moçambique (CDM), situada no bairro do Jardim, na província de Maputo, dispõe de uma linha de enchimento dedicada exclusivamente ao processamento de latas. O início do processo de enchimento dá-se com a despaletização, que consiste na remoção das latas acondicionadas em paletes, preparando-as para entrarem na linha de produção.

Actualmente, o processo de despaletização de latas na Linha 2 é realizado por intermédio de um sistema semi-manual, que exige a presença permanente de um operador. Este modelo apresenta limitações operacionais significativas, devido à elevada dependência do trabalho manual, à execução de tarefas repetitivas, bem como à ocorrência de falhas no transporte das latas da despaletizadora à enchedora de latas.

Entre os problemas observados destacam-se quedas de latas, obstruções e interrupções no fluxo da linha, os quais impactam negativamente na eficiência global do processo, na taxa de desperdício de matéria-prima e no tempo de ciclo de produção.

Num contexto industrial que exige maior competitividade, redução de desperdícios e melhoria contínua, torna-se imprescindível repensar o modelo actual de operação. Deste modo, levanta-se a seguinte questão de estudo:

Como projectar um sistema de despaletização automática, adaptado à infra-estrutura existente da Linha 2 da Cervejas de Moçambique, de forma a melhorar o desempenho operacional, reduzir as perdas de produto e diminuir a dependência de intervenção humana?

1.3- Justificativa

Num contexto de mercados cada vez mais competitivos e com o nível de exigência dos clientes em constante crescimento, as empresas devem adaptar-se rapidamente às mudanças e flutuações da procura. Para tal, torna-se essencial

focar-se na melhoria da qualidade, na redução de custos e de tempos, promovendo uma optimização contínua dos processos.

A automatização nas unidades fabris da AB InBev, da qual a Cervejas de Moçambique (CDM) faz parte, tem evoluído de forma acelerada, com vista a garantir a melhoria contínua e manter a sua posição no mercado. E sendo a despaletização uma das etapas-chave do processo de enchimento da cerveja, a sua automação torna-se fundamental para simplificar e otimizar o fluxo da linha de produção.

O presente projecto vem dar resposta ao actual desperdício de latas e às interrupções causadas pelo sistema actual, que comprometem a eficiência do processo de enchimento. Com esta iniciativa, pretende-se reduzir custos, aumentar a produtividade e melhorar a ergonomia dos operadores, ao eliminar tarefas repetitivas e fisicamente exigentes.

O desenvolvimento desta solução interna, ajustada às necessidades específicas da empresa, permite maximizar o uso da infra-estrutura existente e garante flexibilidade para futuras adaptações. Esta abordagem está alinhada com as melhores práticas da AB InBev e com a filosofia do Lean Manufacturing, que visa a eliminação de desperdícios e a maximização do valor. Deste modo, reforça-se uma operação mais eficiente, competitiva e orientada para a inovação contínua.

1.4.- Objectivos

1.4.1- Objectivo Geral

Projectar um Sistema de Despaletização Automática Para a Linha de Enchimento de Latas (Linha 2) para a Cervejas de Moçambique, SA

1.4.2- Objectivos Específicos

- ✓ Analisar o processo actual de despaletização na Linha 2, de enchimento de latas na CDM;
- ✓ Desenvolver um algoritmo de funcionamento do sistema automático para a despaletização;
- ✓ Seleccionar os componentes adequados para o sistema;
- ✓ Fazer a estimativa do custo de implementação projecto.

1.5- Metodologia

Com vista a alcançar os objectivos propostos neste projecto de será empregada uma abordagem metodológica que engloba pesquisa de campo, pesquisa bibliográfica, e a simulação computacional.

- ✓ Pesquisa de campo

O tipo de pesquisa de campo a utilizar neste projecto é a do tipo exploratória, porque é necessário conhecer a situação real. O foco é o levantamento das necessidades operacionais e na avaliação das condições actuais da linha de produção.

- ✓ Revisão da Literatura

Nesta fase, é feita uma pesquisa bibliográfica para consultar soluções já existentes no mercado, melhores práticas na indústria e avanços tecnológicos em sistemas de

despaletização automática. A pesquisa bibliográfica fornecerá uma base de conhecimento teórico e prático.

✓ Simulação Computacional

Com base nos requisitos levantados nas etapas anteriores, será desenvolvido o desenho do sistema automatizado. Esta fase incluirá a definição do layout do sistema, a escolha dos componentes de controlo. Bem como para garantir que o design atenda às necessidades operacionais e funcione de forma eficiente, será utilizada simulação computacional.

1.6- Organização do Documento

O presente documento está estruturado em 6 capítulos:

✓ CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

No capítulo 1, introduz-se o propósito que alude à razão do projecto, é apresentado o problema, a justificativa, os objectivos que se pretendem atingir bem como a metodologia para os alcançar.

✓ CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

No capítulo 2, é feita a apresentação das principais teorias em volta do assunto abordado no trabalho, faz-se uma descrição dos dispositivos e componentes a serem usados para a concepção do projecto.

✓ CAPÍTULO III – MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO

No capítulo 3, é feita a apresentação do caso em estudo, dando a conhecer a situação actual. Neste capítulo apresenta-se a proposta do sistema automatizado bem como a programação e simulação.

✓ CAPÍTULO IV – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS

No capítulo 4, é exibida a especificação dos dispositivos propostos para solucionar o problema e a estimativa de custo baseada na pesquisa de mercado.

✓ CAPÍTULO V- CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Por fim, no capítulo 6, é apresentada a conclusão analisando a solução com relação aos objectivos propostos no presente trabalho e são enlaçadas algumas propostas para eventual desenvolvimento futuro. Este documento contém, também, bibliografia e anexos.

CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

A produção de cerveja é um processo técnico e criterioso que envolve diversas etapas, desde a preparação dos cereais até à entrega do produto final ao consumidor. Neste capítulo, são descritas as principais fases deste processo, bem como os equipamentos utilizados em cada etapa, com especial enfoque no processo de enchimento. Aborda-se também a automação industrial e o uso de controladores lógicos programáveis (PLCs).

2.1- O Processo de Produção da Cerveja

A seguinte figura (figura 1) ilustra as principais etapas do processo cervejeiro: Maltagem, Brassagem, Fermentação, Maturação, Filtração, Tanque de Cerveja, Enchimento e Armazenamento. [7]

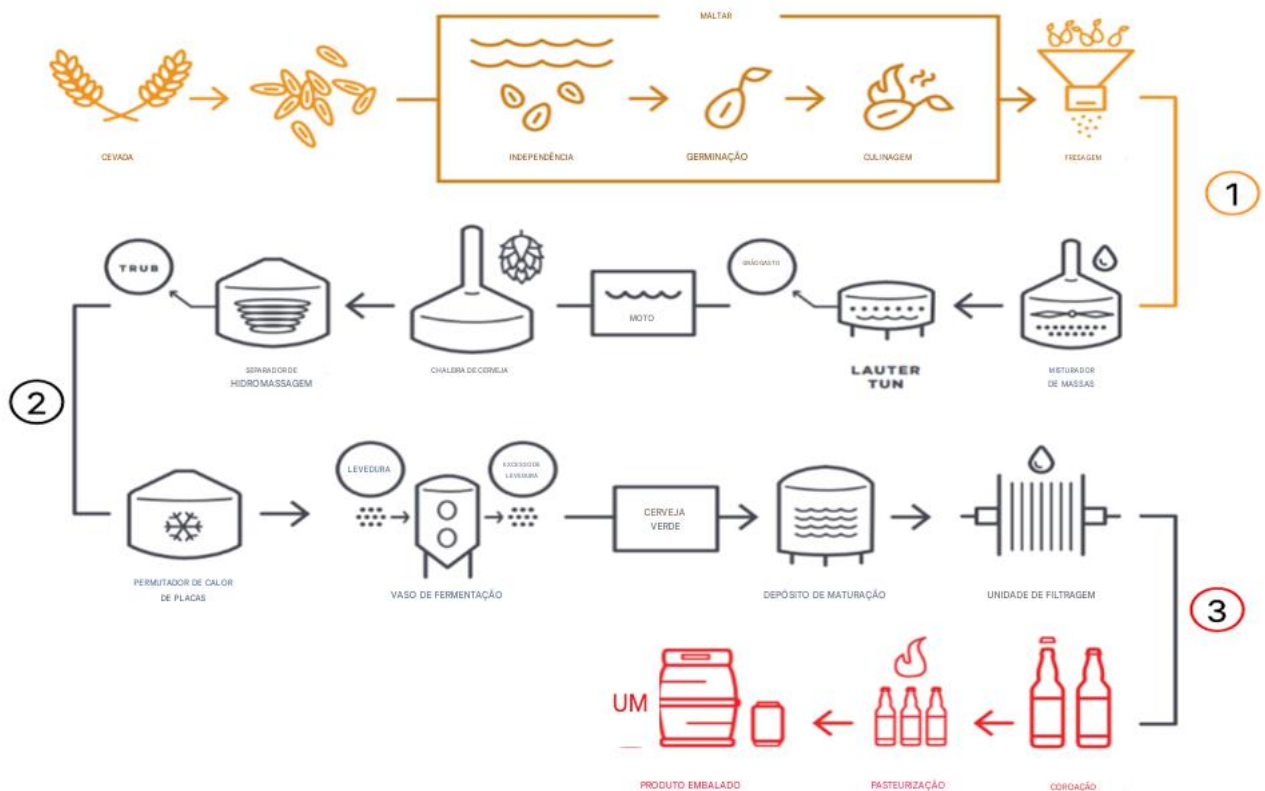


Figura 1: Processo de Produção de Cerveja

Fonte: FERNANDO, Chelde. (2025)

2.1.1- Maltagem (Malting)

A maltagem consiste na conversão da cevada (ou de outros cereais como o trigo, sorgo ou milho-miúdo) em malte. Este processo envolve três fases principais: embebição (steeping), germinação (germination) e secagem (kilning).

O malte resultante é utilizado como base na produção da cerveja, sendo essencial para a geração dos açúcares fermentáveis. Os equipamentos principais nesta etapa são o Tambor de maltagem (Malting Drum), Sistema de germinação (Germination Vessel), Estufa de secagem (Kiln).

2.1.2- Brassagem (Brewhouse)

A sala de brassagem é o espaço que alberga os equipamentos de moagem, mosturação e fervura. Nesta fase, o malte é transformado num extrato fermentável com sabor amargo e aroma característico de lúpulo, conhecido como mosto. Fermentação (Fermentation).

Durante a fermentação, o mosto é inoculado com leveduras que convertem os açúcares em álcool e dióxido de carbono (CO₂). Esta etapa é também responsável pelo desenvolvimento dos sabores e aromas típicos da cerveja.

Equipamento principal: Tanques de fermentação cilíndrico-cônicos (Fermentation Vessels).

2.1.3- Maturação (Maturation)

A cerveja recém-fermentada, conhecida como "cerveja verde", é armazenada em tanques de maturação a temperaturas frias ou mesmo negativas. Este processo permite o refinamento dos sabores e a estabilização do produto.

2.1.4- Filtração (Filtration)

Nesta fase, a cerveja maturada é filtrada sob pressão para remover leveduras e proteínas em suspensão. O resultado é uma cerveja limpa, translúcida e pronta para as etapas finais de acondicionamento.

2.1.5- Tanque de Cerveja Final (Bright Beer Tank - BBT)

Após a filtração, a cerveja é transferida para o tanque de cerveja final (BBT), onde permanece estabilizada e pronta para ser embalada. Esta é a última fase antes do enchimento e distribuição.

2.1.6- Enchimento / Embalamento (Packaging)

Consiste na transferência da cerveja do BBT para os recipientes finais (garrafas, latas ou barris), em volumes adaptados às necessidades do mercado e preferências dos consumidores.

2.1.7- Armazenamento (Warehousing)

Por fim, a cerveja já embalada é armazenada em condições ideais de temperatura, ventilação e higiene. Estas condições garantem que o produto chegue ao consumidor final com qualidade e dentro dos prazos de validade.

Dentre os diversos processos mencionados, no presente trabalho importa debruçar de um dos últimos, que é o processo de enchimento. Abaixo é descrito o fluxo de uma linha de enchimento de latas. [7]

2.1.8- Linha de Enchimento de Latas

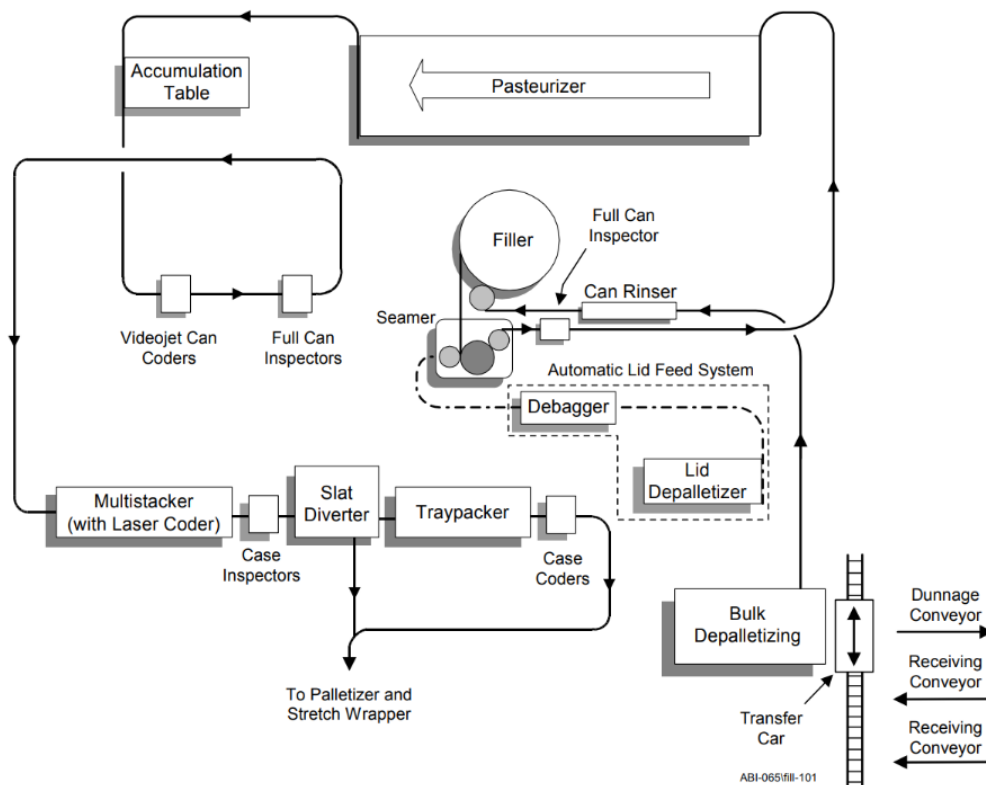


Figura 2: Diagrama simplificado da linha de enchimento de latas

Fonte: Anheuser-Busch, 2009

A legenda da figura 2 é abaixo apresentada:

- *Accumulation Table*: Tabela de Acumulação;
- *Automatic Lid Feeding System*: Sistema Automático de Alimentação das Tampas;
- *Bulk Depalletizing*: Depaletização a Granel;
- *Can Coders (Videojet)*: Codificadores de Latas (Videojet);
- *Can Washer*: Lavadora de Latas;
- *Case Coders*: Codificadores de Caixas;
- *Case Inspectors*: Inspectores de Caixas;
- *Debugger*: desensacadora;
- *Filler*: Enchedor, Full Can Inspector : Inspetor de Latas Cheias;
- *Full Can Inspectors*: Inspetores de Latas Cheias;
- *Lid Depalletizer*: Depaletizadora das Tampas;
- *Multiple Stacker (with Laser Coder)*: Empilhador Múltiplo (com Codificador a Laser);
- *Packaging Material Conveyor*: Transportador para Material de Embalagem;
- *Pasteurizer*: Pasteurizador;
- *Receiving Conveyor*: Transportador Receptor;
- *Slat Diverter*: Desviador de Ripas;
- *To Palletizer and Stretch Wrapper*: Para Paletizadora e Envolvedora com Filme Estirável;
- *Transfer Car*: Carro Transferidor;
- *Tray Packer*: Embaladora em Bandejas;
- *Unpacker*: Desembaladora.

Uma linha de enchimento de latas é composta por um conjunto de máquinas sincronizadas que asseguram a transferência eficiente da cerveja para latas. Este

processo inclui enchimento, selagem e inspeção de qualidade. Os equipamentos típicos da linha de enchimento de latas são apresentados na

A automatização desta linha permite alta velocidade de produção, rastreabilidade e padronização do produto final. O controle por PLC (Controlador Lógico Programável) garante a integração entre sensores, atuadores e sistemas de segurança para operação contínua e eficiente.

2.2- Despaletização de Latas

No enchimento de latas é necessário um fluxo permanente de recipientes novos, para tal as pilhas de latas são submetidas a um desempilhamento. Neste processo, é primeiro removido o material de embalagem ou de proteção para o transporte, como as cintas, as películas plásticas ou a moldura ou placa de cobertura e, em seguida, os recipientes são geralmente despaletizados ou levantados por camadas da paleta.

Paleta (ou pallet em inglês) são estruturas planas, geralmente feitas de madeira, plástico ou metal, usadas para empilhar, armazenar e transportar mercadorias (figura 3).



Figura 3: Paleta de madeira

Fonte: PalletBiz Way™

As paletes são fundamentais na logística e na cadeia de suprimentos, pois facilitam o manuseio com empilhadeiras e outros equipamentos. Esta (Paleta) faz mais do que transportar cargas: protege-as e otimizam o uso do o espaço de armazenamento. [8]

Uma remessa típica de latas a granel (Conforme mostrado na figura 3) consiste numa única paleta com 20 ou 21 camadas de latas e uma moldura superior de madeira (também conhecida como *top frame*). Folhas plásticas ou de papel são usadas para suporte e separação das camadas de latas. Também fazem parte da paletização as fitas de embalagem são enroladas em volta da pilha para a manter segura durante o transporteão transportadas e armazenadas sobre paletes, em remessas a granel.

A despaletizadora de latas a granel remove as latas da paleta. A paleta, a moldura superior e as folhas de separação que permanecem são denominados material de acondicionamento. Geralmente, esse material é reunido e devolvido ao fornecedor das latas.

2.2.1- Tipos de Despaletização

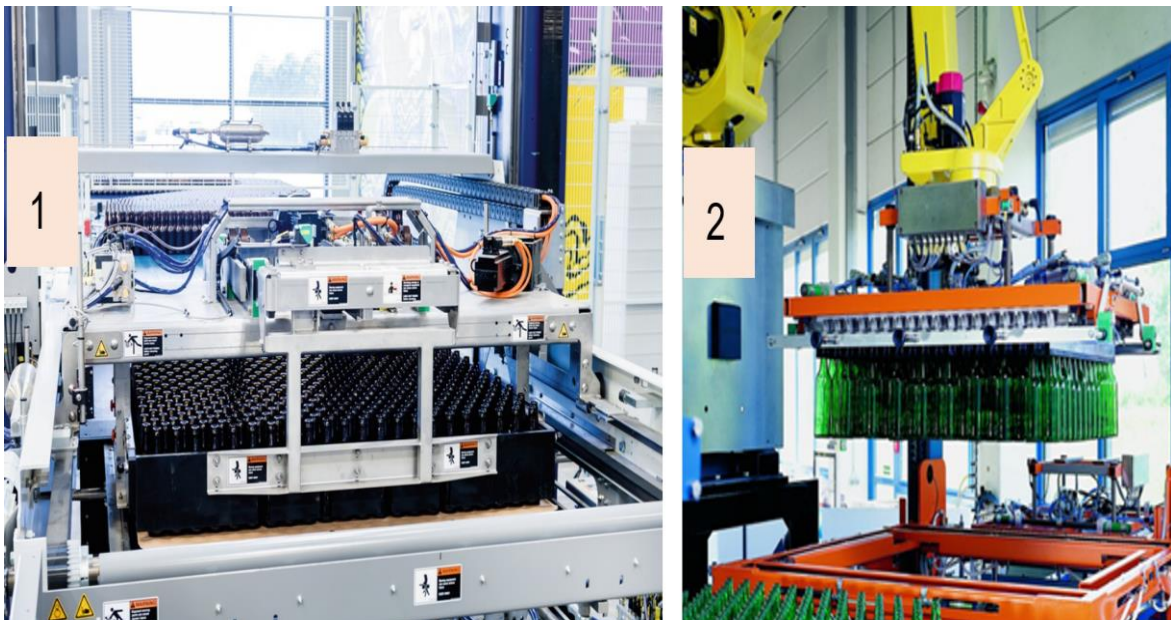


Figura 4: (1) Despaletização a granel; (2) Despaletização com dispositivo removedor

Fonte: KRONES

a) *Desbulk* (granel)

Os *desbulks* são máquinas que despaletizam horizontalmente recipientes por camadas de um nível de pilha de um palete. São utilizados para despaletizar pilhas de recipientes. As formações de recipientes são cercadas por barras despaletizadoras circundantes e empurradas de um lado na chamada ponto de despaletização para uma mesa de separação por filas ao mesmo nível.

b) Dispositivo removedor

Dispositivo removedor são máquinas que elevam a camada superior atual de uma pilha de recipientes com a ajuda de uma ferramenta de agarre. Todas as ferramentas de agarre agarram o recipiente pelo topo. [12]

2.2.2- Composição de uma despaletizadora automática

Existem diferentes despaletizadoras disponíveis no mercado, no entanto, aqui veremos os seus principais componentes tendo como base uma composição da despalletizadora da marca Krones, a Pressant Universal, que é uma despaletizadora a granel [12].

- a) Unidade de elevação: Responsável por elevar e posicionar a pilha de paletes à altura adequada para o processo de despaletização.
- b) Estação fixa de extração com garras integradas para separadores de camadas: Retira as camadas superiores da pilha e remove os separadores de forma automática.
- c) Vassoura de extração com centragem em quatro: Garante que a camada a ser extraída está bem centrada antes de ser movimentada horizontalmente.
- d) Removedor de separadores de camadas: Retira automaticamente os separadores entre camadas durante o processo.
- e) Coluna: Estrutura vertical que suporta os movimentos da unidade de elevação e do carro de extração.
- f) Unidade de elevação de paletes: Eleva as paletes para que cada camada possa ser removida uma a uma.
- g) Estrutura base: Suporte inferior que dá estabilidade à máquina e sustenta toda a estrutura. [9]

2.3- Automação Industrial

Automação industrial pode definir-se "como um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticos vários processos na indústria. Uma definição ainda mais simples para a automação, de acordo com André Maitelli (apud Francisco matos) GROOVER, M. 2011. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. 3. ed. São Paulo: Pearson, é a de um sistema de controle pelo qual os mecanismos verificam a sua própria operação, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da intervenção do homem.

A chegada da automação trouxe técnicas e equipamentos que aumentaram a produção e a qualidade dos produtos. Suas vantagens incluem também a redução de custos operacionais e aumento da segurança.

2.4- Pirâmide de Automação

A pirâmide de automação é uma forma representativa de exibir as camadas de automação dentro de uma fábrica ou num projecto de automação. Esta pirâmide contém 5 camadas (ou níveis que dependem dos dispositivos integrados e da tecnologia usada.

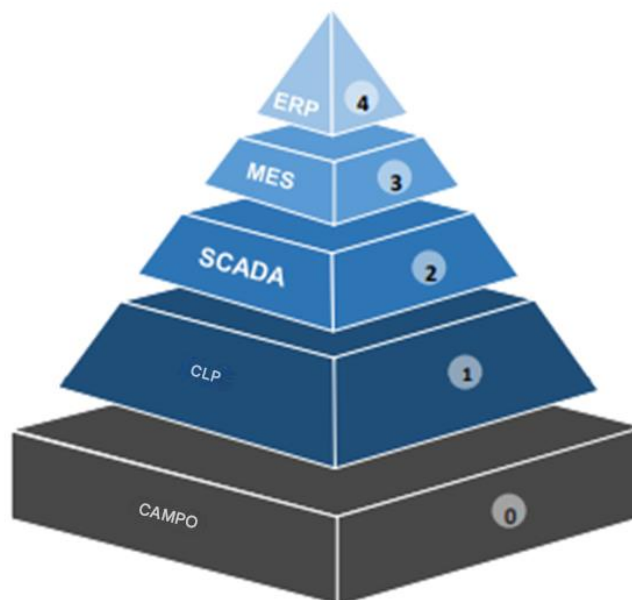


Figura 5: Pirâmide de Automação

Fonte: Walter Quadrini (2020)

Cada camada da pirâmide representa um nível específico de controle e gestão dentro do sistema industrial, permitindo uma visão clara da hierarquia funcional dos sistemas envolvidos.

✓ **Nível 0**

A base da pirâmide, ou **nível 0**, é conhecido como o nível de campo. Neste escalão estão incluídos todos os dispositivos de hardware, actuadores e sensores que estão presentes no espaço físico, ou seja, no nível de campo estão incluídos os equipamentos de automação que fazem o trabalho físico de monitorização.

✓ **Nível 1**

O **nível 1** é o nível de controlo. Neste nível estão incluídos os PLCs, computadores pessoais (PCs) e os controladores proporcional integral derivativo (PIDs). Estes dispositivos são usados para controlar e accionar os dispositivos do nível de campo que fazem o trabalho físico, ou seja, recebem informações de todos os sensores, interruptores e outros dispositivos de entrada para tomar as decisões sobre quais as saídas a activar para realizar uma tarefa programada.

✓ **Nível 2**

O **nível 2** da pirâmide de automação é o nível de supervisão. Em comparação com o nível anterior que utiliza PLCs, este nível utiliza o Sistema de Controlo de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) para fazer um controlo desses mesmos PLCs. neste nível é geralmente adicionada uma interface gráfica do utilizador, ou interface homem-máquina (HMI), para controlar funções remotamente.

✓ **Nível 3**

O **nível 3** é o nível de planeamento. Este nível utiliza um sistema de gestão computacional conhecido como *Manufacturing Execution System* (MES) ou sistema de execução de manufatura.

✓ **Nível 4**

O **nível 4**, e último, é conhecido como nível de gestão. Este nível utiliza o sistema de gestão integrado da empresa, um sistema de gestão computacional conhecido como *Enterprise Resource Planning* (ERP). É neste nível que a alta administração de uma empresa pode ver e controlar as suas operações [21].

2.4.1- Botoneiras

Botão de pressão

Um botão de pressão eléctrico é um dispositivo de controle utilizado em sistemas eléctricos para iniciar ou parar processos. Ele é activado quando pressionado fisicamente, estabelecendo uma conexão eléctrica momentânea que envia um sinal ao sistema, permitindo a execução da função designada.

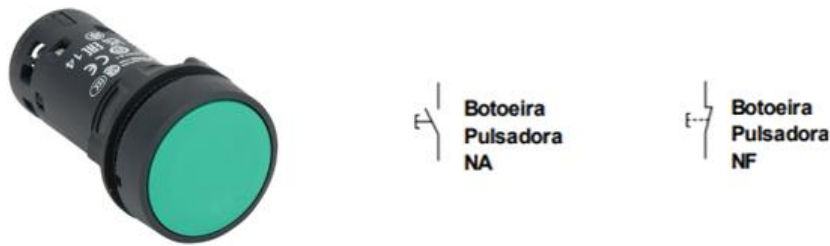


Figura 6: Botoneira de pressão

Fonte: AutomationDirect.com,2024

Botão de retenção ou com encravamento

Um botão de retenção é um dispositivo de controle eléctrico que mantém seu estado mesmo após ser solto. Quando pressionado, estabelece uma conexão eléctrica que persiste, permitindo manter uma função ativada até que seja manualmente desativado.

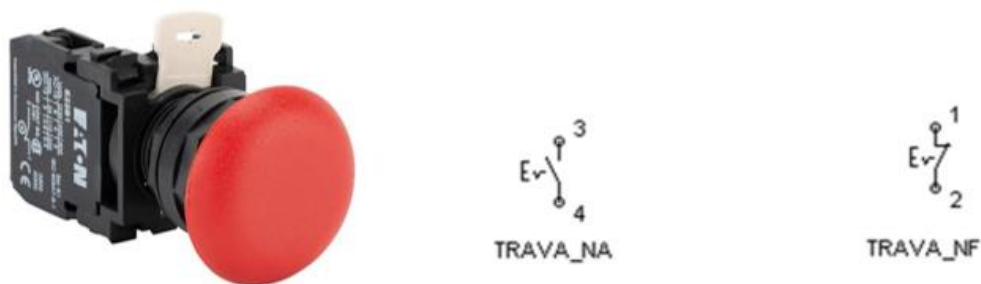


Figura 7: Botoneira de retenção

Fonte: AutomationDirect.com,2024

2.4.2- Sensor de proximidade

Os sensores são dispositivos sensíveis a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, sonora, térmica, entre outras). Estes são frequentemente utilizados na indústria convertendo a sua medição num sinal elétrico digital ou analógico, que pode servir como entrada num PLC.

De acordo com a natureza do sinal de saída, os sensores podem ser classificados em sensores digitais (discretos) e sensores analógicos (contínuos) (figura 11). [15]

Os Principais tipos de sensores de proximidade são:

- ✓ sensores Ópticos (infravermelhos, fotoelétricos)
- ✓ Sensores Ultrassônicos
- ✓ sensores capacitivos

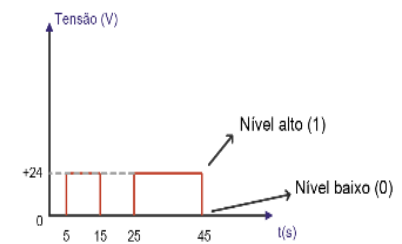
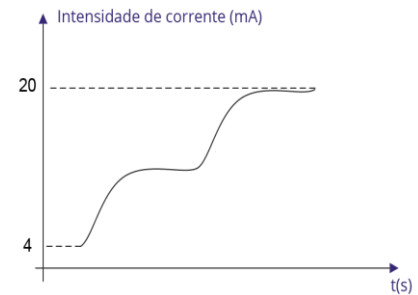


Figura 8: Sinal analógico versus sinal digital

Fonte: Metrópole, 2010

2.4.3- Atuadores

Os atuadores são dispositivos mecânicos que convertem energia (geralmente armazenada utilizando ar, eletricidade ou um líquido) nalgum tipo de movimento. Este processo é normalmente desencadeado por um comando externo de energia relativamente baixa - sinal de controlo. Conforme a fonte de energia associada ao atuador - corrente elétrica, pressão hidráulica ou pressão pneumática - estes podem-se classificar como elétricos, hidráulicos ou pneumáticos.

Actuadores Pneumáticos

O ar comprimido é uma das formas de energia mais antigas que o ser humano conhece. Um atuador pneumático é um dispositivo que utiliza ar comprimido para transmitir e controlar energia mecânica. Estes dividem-se em lineares (representados pelos cilindros pneumáticos) e rotativos, convertem a energia pneumática em momento torsor contínuo ou limitado (são os motores pneumáticos e oscilantes). [19][20]

Actuadores Eléctricos

Os atuadores elétricos são bastante utilizados em sistemas de controlo pelo facto de que, ao contrário dos pneumáticos e hidráulicos que necessitam de bombas e compressores para funcionarem, facilmente se obtém uma fonte de energia elétrica. Para além disso possuem as vantagens de serem limpos, eficientes, facilmente conectados (fios elétricos tornam-se mais simples do que tubos) e controlados por unidades eletrónicas. Estes dispositivos possuem também certas desvantagens, nomeadamente a elevada complexidade da configuração em que se podem encontrar e a inferior aceleração do movimento (relativamente aos atuadores anteriormente explorados) [8].

Existem 3 tipos de atuadores usualmente utilizados em sistemas industriais:

- ✓ Motores de corrente alternada (CA);
- ✓ Motores de corrente contínua (CC);
- ✓ Motores de passo.

2.4.4- Controlador lógico programável (PLC)

O controlador Lógico Programável, ou simplesmente PLC (do inglês Programmable Logical Controller), segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), é um aparelho electrónico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos [17]

Um PLC recebe sinais de entrada (como comandos de entrada) de equipamentos do processo a ser controlado, como chaves, sensores, etc., processa-os de acordo com um modelo preciso definido pelos programas e fornece sinais de saída para os equipamentos do processo, como relés, arrancadores de motores, etc.

O PLC geralmente é programado com linguagens conformes ao padrão IEC-61131 e é concebido para operar em um ambiente industrial. Este substitui painéis de relés por uma solução electrónica programável e flexível, permitindo uma lógica de controle mais eficiente. Dentre as vantagens de um Controlador Lógico Programável, em relação à circuitos de comandos electromagnéticos, destacam-se a maior confiabilidade, facilmente programável, grande flexibilidade, reutilizáveis, multitarefa e manutenção simples.

2.4.5- Estrutura e Princípio de funcionamento do PLC

Para a percepção do funcionamento básico de um PLC, pode-se fazer uma divisão do mesmo em três partes básicas, nomeadamente: Entradas, unidade central de processamento saídas, conforme mostra a figura 2.

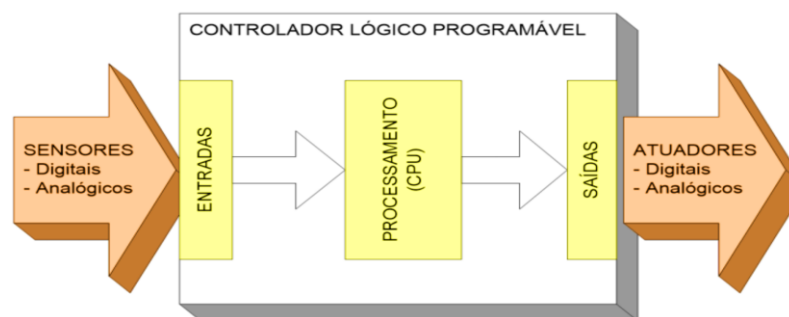


Figura 9: Estrutura Básica de um PLC

Fonte: Zancan, M. 2011

Usuário, ativando ou desativando as saídas do PLC. Por fim, as saídas do PLC são conectadas a elementos actuadores a fim de controlá-los. O controle e o processamento das informações de entrada e saída é feito de forma sequencial, através de ciclos de varredura, conforme mostra a figura 12. [21] .~

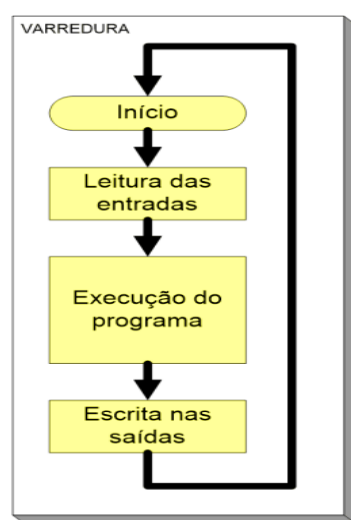


Figura 10: Varredura de um PLC

Fonte: Zancan, M. 2011

- ✓ Início – ao ligar o PLC, é verificado o funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares e existência de programa, desativando todas as saídas.
 - ✓ Verifica o estado das entradas – O PLC faz a leitura do estado de cada uma das entradas, verificando se alguma foi accionada. Este procedimento dura alguns microssegundos.
 - ✓ Transfere os dados para a memória – Após realizar a leitura do estado das entradas, o PLC armazena as informações obtidas em uma memória chamada “memória imagem das entradas e saídas”. Esta memória será consultada pelo PLC durante o processamento do programa do usuário.
 - ✓ Compara com o programa do usuário - Ao executar o programa do usuário, o PLC consulta a memória imagem das entradas, atualizando a memória imagem das saídas, de acordo com as instruções do programa do usuário.
 - ✓ Actualiza as saídas - Após atualizar a memória imagem das saídas, o PLC atualiza as interfaces ou módulos de saída, iniciando então um novo ciclo de varredura.
- [1]

2.4.6- Estrutura Básica de um PLC

Um PLC é constituído basicamente de: fonte de alimentação, Unidade Central de Processamento (CPU), memória dos tipos fixo e volátil, dispositivos de Entrada e Saída (E/S); terminal de programação e circuitos auxiliares.

Fonte de alimentação: Converte corrente alternada em contínua para alimentar o controlador. Ou seja, converte a tensão da rede de 110 ou 220 V AC em +5V DC, +12V DC ou +24V DC para alimentar os circuitos electrónicos, as entradas e as saídas. Caso falte energia, há uma bateria que impede a perda do programa do usuário. Ao retomar a energia, o programa se reinicia.

Unidade de processamento: Também conhecida por CPU (Central Processing Unit) é composta por microcontroladores ou microprocessadores. Responsável pela execução do programa do usuário e pela actualização da memória de dados e da memória imagem das entradas e saídas.

Bateria: Utilizada para manter o circuito do relógio em tempo real. Normalmente são utilizadas baterias recarregáveis.

Memória do programa supervisor: O programa supervisor é responsável pelo gerenciamento de todas as actividades do PLC. Não pode ser modificado pelo usuário e fica normalmente em memórias do tipo PROM, EPROM, EEPROM.

Memória do usuário: Espaço reservado ao programa do usuário. Constituída por memórias do tipo RAM, EEPROM ou FLASH-EPROM. Também pode-se utilizar cartuchos de memória, para proporcionar agilidade e flexibilidade.

Memória de dados: Armazena valores do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, códigos de erros, senhas, etc. Nesta região se encontra também a memória imagem das entradas e saídas. Esta funciona como uma tabela virtual onde a CPU busca informações para o processo decisório.

Módulos de Entrada e Saída (E/S): São dispositivos capaz de expandir o número de portas do controlador, fornecendo assim mais entradas ou saídas tanto analógicas como digitais para sinais AC ou DC. VIII.

Terminal de Programação: É um periférico que serve de meio de comunicação entre o usuário e o controlador, nas fases de implementação do software aplicativo. Pode ser um computador (PC) ou um dispositivo portátil composto de teclado e display; quando instalado, permite: autodiagnóstico, alterações on-line, Programação de instruções, Monitoração, Gravar e apagar a memória.

Os circuitos auxiliares actuam em caso de falha do PLC, são:

- *POWER ON RESET:* desliga todas as saídas assim que o equipamento é ligado, isso evita que possíveis danos venham a acontecer.
- *POWER DOWN:* monitora a tensão de alimentação salvando o conteúdo das memórias antes que alguma queda de energia possa acontecer.
- *WATCH DOG TIMER:* o cão de guarda deve ser accionado em intervalos periódicos, isso evita que o programa entre em “loop”.

2.4.7- Linguagens de Programação

Por linguagem de programação entende-se como um conjunto padronizado de instruções que o sistema operacional é capaz de reconhecer. A norma IEC 61131-3 definiu cinco linguagens de programação [5] a saber:

Tabela 1: Linguagens de programação do PLC. Fonte: Autor

Classe	Linguagem
Gráficas	Diagrama de blocos de funções (FBD – Function Block Diagram)
	Linguagem Ladder (LD – Ladder Diagram)
	Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC – System Function Chart)
Textuais	Lista de Instruções (IL – Intruction List)
	Texto Estruturado (ST – Structured Text)

Norma IEC 61131-3

No início da década de 1990, o IEC publicou várias partes da norma IEC 1131 que cobre o ciclo de vida completo dos PLCs. Alguns anos depois essa norma foi revisada e recebeu o número IEC 61131 cuja terceira parte - IEC 61131-3 - trata das linguagens de programação. [5]

2.4.10. Tipos de Entradas e Saídas

As entradas de um PLC podem ser do tipo fonte (sourcing) ou do tipo dreno (sinking).

- Tipo fonte (sourcing), podem ser chamadas de entradas PNP.
- Tipo dreno (sinking), podem ser chamadas de entradas NPN.

As saídas digitais podem ser construídas de Três formas básicas:

- Saída Digital a Relé;
- Saída Digital a Transistor;
- Saída a TRIAC.

CAPÍTULO III – MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO

3.1- Localização da Cervejas de Moçambique – Jardim

A unidade principal da Cervejas de Moçambique (CDM), conhecida como CDM Jardim, está localizada Rua do Jardim, nº 1329 em Maputo, Moçambique.



Figura 11: Vista a satélite da planta da Cervejas de Moçambique, Jardim

Fonte: Google Earth, 2025

3.2- Linha De Enchimento De Latas (Linha 2)

A Linha de Enchimento 2 da unidade CDM Jardim, da Cervejas de Moçambique (CDM), é dedicada ao envase de cerveja em latas e representa um investimento significativo na modernização da capacidade produtiva da fábrica de Maputo. A Linha 2 é responsável pelo enchimento de latas de cerveja, com uma capacidade operacional horária de 39,6 hectolitros (hl), o equivalente 3960 litros (l) ou a 500 caixas (com 24x330ml) por hora. Actualmente, esta é a única linha responsável por abastecer todo o país com cerveja envasada em latas, desempenhando um papel central na cadeia de distribuição nacional da CDM.

3.3- Sistema de Despaletização actual



Figura 12: Sistema de Despaletização Actual

Fonte: CDM,2025

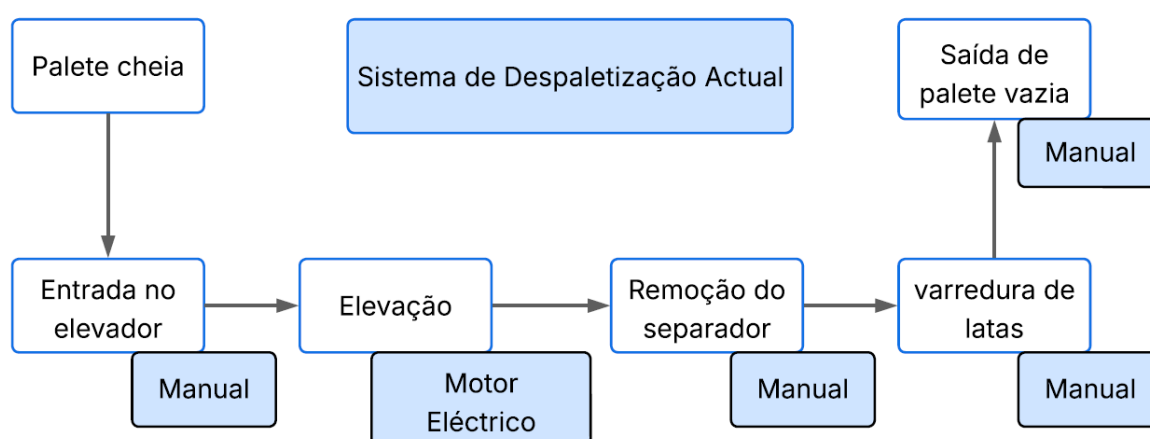


Figura 13: Diagrama do sistema Actual

Fonte, Autor

As paletes que transportam latas são de padrão europeu, dimensões de 1.200 mm x 800 mm (europalete), nestas são empilhadas 20 camadas de latas com 389 latas cada uma, perfazendo 7780 latas por paletes. Para garantir o volume horário da linha, alimentação da Linha 2 é efectuada por meio de um sistema de despaletização de funcionamento semiautomático,

O processo está dividido em cinco etapas sequenciais, que integram operações manuais e automáticas. Estas etapas são descritas de seguida.

1) Entrada e saída da palete

A palete contendo as latas é transportada manualmente até ao ponto de entrada do sistema de despaletização, onde aguarda para ser elevada. Do lado oposto, a palete vazia é encaminhada para a saída do sistema. Anexo

2) Elevação da palete

Uma vez inserida no elevador, este é accionado pelo operador. Este controlo é feito com recurso a um painel com botões

3) Retirada do separador

Os separadores de papel entre as camadas de latas são retirados manualmente pelo operador e depositados sobre uma palete vazia, posicionada num compartimento da estrutura destinado a esse fim. Este compartimento é acessível por empilhadeiras, que realizam a remoção da palete cheia e a substituição por uma vazia.

4) Transferência das latas para a esteira transportadora:

Após a elevação, cada camada de latas é manualmente empurrada com o auxílio de um braço metálico para a esteira transportadora, que as conduz até à enchedora. Esta operação exige precisão na manipulação para evitar danos ao produto.

5) Reposicionamento da palete:

Uma vez descarregada uma camada, a palete é novamente empurrada sobre a estrutura metálica para posicionar a camada seguinte. O ciclo repete-se até à descarga completa da palete.



Figura 14: Inserção das latas na esteira transportadora

Fonte: CDM,2025

3.4- Proposta do Sistema automatizado na base de PLC

Observando o sistema actual procedeu-se com a proposta de um novo processo de despaletização que irá, primeiro, incorporar os dispositivos e a infraestrutura já existentes e, segundo, responder com a necessidade de se ter um sistema mais autónomo.

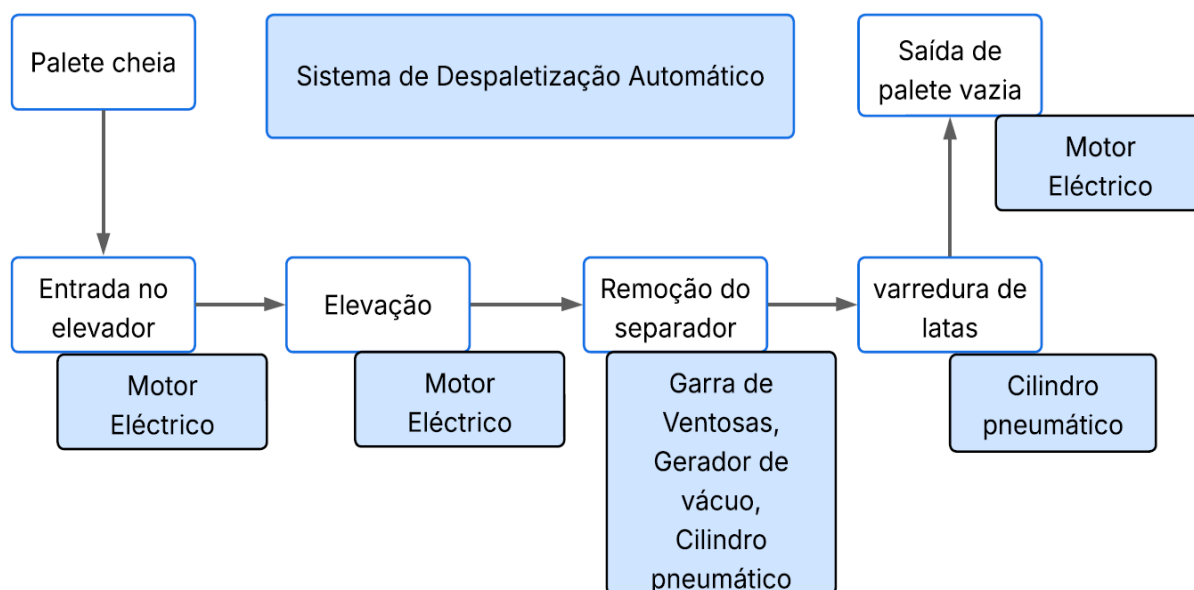


Figura 15: Sistema de despaletização Automático

Fonte: Autor

3.4.1- Descrição do sistema Automático

A colocação em funcionamento e paragem dos tapetes é feita através de contactos do tipo botão de pressão (Start e Stop). Está também previsto um botão de emergência. Para melhor entendimento do sistema proposto, a sua descrição compreende cinco partes, a saber:

1) Entrada de palete:

A esteira transportadora 1 (Conveyor 1 – C1) será accionada com recurso a um motor sendo esta a responsável por inserir a paleta no elevador. No mesmo momento, é também accionado o motor da esteira transportadora (Conveyor 3 – C3) de latas, situada no topo do mecanismo.

O motor da esteira 1 irá parar uma vez detectada a entrada da carga no elevador. Esta paragem dá-se de forma automática quando o sensor óptico (SO1) na entrada do elevador e os dois fins de curso (SL1 e SL2) dentro da cabine são accionados, indicando que o elevador está carregador.

2) Elevação da paleta

No elevador, dois sensores de fim de curso determinam as suas posições mínima e máxima (SH0 e SH1 respectivamente). Uma vez o elevador carregado (isto é, com as duas chaves de fim de curso accionadas), iniciará o movimento de elevação da paleta.

O elevador pára quando o sensor óptico (SO2) no topo da despaletizadora é accionado, indicando que o topo da pilha de latas atingiu o nível ideal para a varredura. Se a paleta estiver já no último nível de latas a serem removidas, o elevador também estará no seu último nível admissível, sendo isto controlado por um fim de curso no topo (SH0). Após a remoção da última camada, o elevador deverá descer.

3) Remoção do separador

Uma garra com quatro ventosas, movida por meio de um cilindro pneumático (A) com válvula biestável, é responsável por remover a camada de papel que faz a separação dos níveis de empilhamento de latas. O cilindro possui sensores magnéticos acoplados, responsáveis por indicar a posição do pistão. O posicionamento do cilindro é tal que, com o pistão na sua posição avançada (a2), a garra fica por cima da cabine do elevador; e, na sua posição recuada (a1), a garra fica por cima do depósito de separadores.

O cilindro pneumático (A) avança assim que o elevador começa a subir, posicionando a garra de ventosas sobre a cabine, aguardando a elevação da pilha de latas. As ventosas, acopladas a um gerador de vácuo, iniciam a sucção do separador uma vez que o elevador pára, ficando o nível superior do separador encostado às ventosas. Estabelece-se um tempo de 5 segundos para a sucção. Após esse tempo, a garra recua e, com o pistão na sua posição recuado (a1), o gerador de vácuo é desaccionado de modo a libertar o separador, que cai no depósito estabelecido para esse fim.

4) Transporte de latas para a esteira

As latas são arrastadas (ou varridas) com recurso a um segundo cilindro pneumático (B), que empurra as latas para a esteira de transporte através de um pistão acoplado a uma barra metálica, facilitando o arraste da camada de latas. Este desloca-se para a frente quando a garra de ventosas retorna à sua posição recuada (a1). O seu movimento é revertido quando atinge a posição de avanço (b2). Uma vez terminado o movimento, o pistão recua automaticamente (b1).

5) Saída da palete

Quando o elevador desce com a paleta até ao limite mínimo (como explicado no número 2) e aí permanece durante 5 segundos, a esteira de saída da paleta (Conveyor 2) entra em funcionamento, conduzindo a paleta para a saída do sistema.

Restrições a observar

- ✓ A esteira 1 não entra em funcionamento sem que o elevador esteja na sua posição baixa.
- ✓ Uma vez o pistão na sua posição avançada o elevador não pode se mover.
- ✓ Se accionado o STOP estando o elevador elevado, este deve ser baixado e só depois o sistema para.

Sinalização luminosa

o sistema possui lâmpadas que sinalizam quando este está ligado, desligado e em modo de emergência.

O fluxograma deste processo é apresentando no anexo 2 (A2-1).



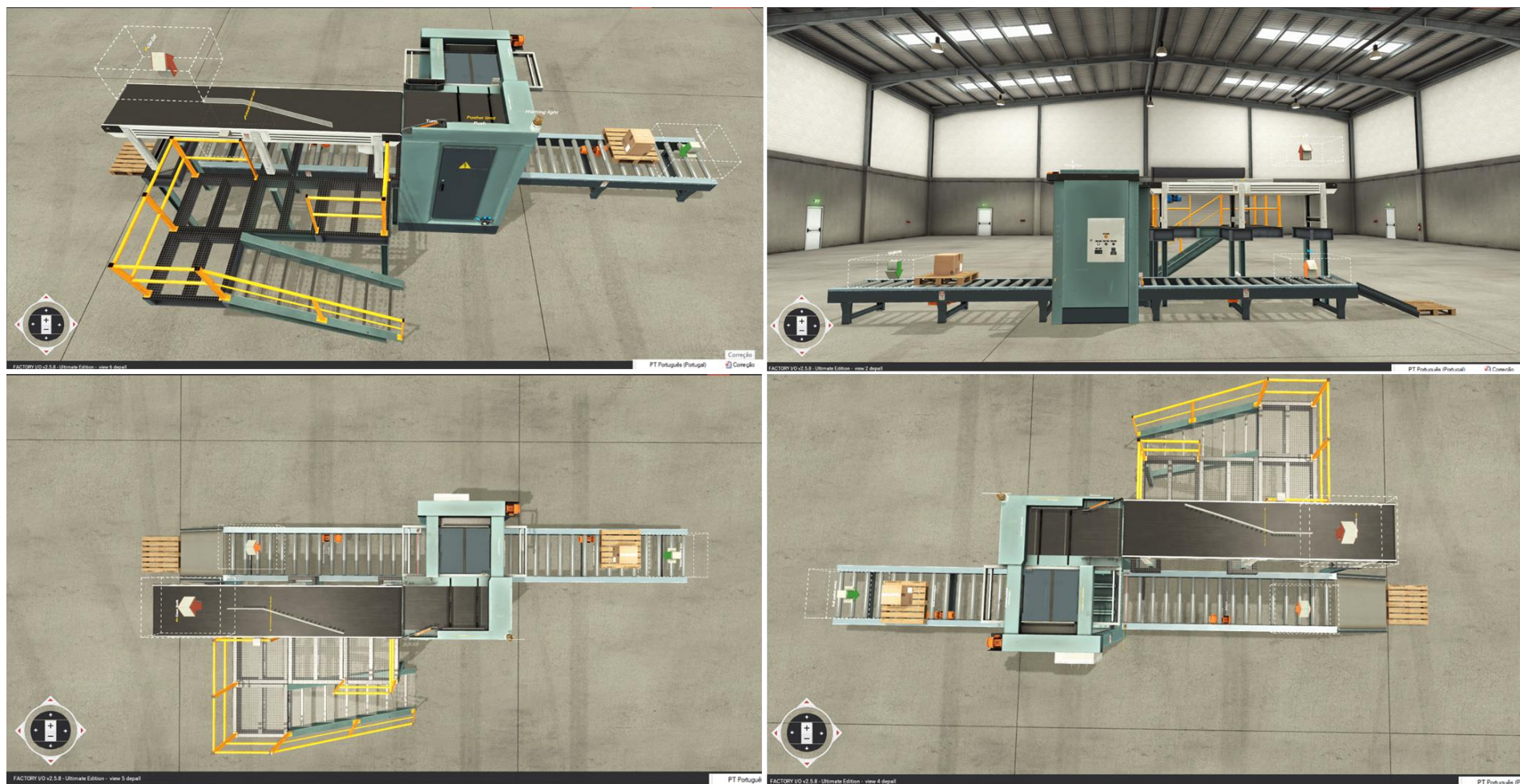


Figura 17: Layout da Despaletizadora no simulador de ambientes insustriais (factory IO

Fonte: Autor

3.6- Selecção dos Componentes do sistema

Como já foi referenciado, o sistema engloba já engloba componentes funcionais pelo que o projecto proposto integra os mesmos como parte da solução do problema em estudo.

A seguir são apresentados os dados desejados da esteira:

- Tipo de esteira: Roletes tracionados
- Comprimento da esteira : 2600 mm (2,6 m)
- Largura útil : 1150 mm
- Capacidade de carga total : 4000 kg
- Roletes : Ø 90 mm, parede 3 mm
- Corrente :ISO 10B, passo de 15,88 mm
- Engrenagem : Z14 dupla

O diâmetro primitivo da engrenagem é obtido pela relação:

$$D_p = \frac{Z * Passo}{\pi} \quad \text{Equação (1)}$$

$$D_p = \frac{14 * 15.88}{\pi}$$

$$D_p = 70,74 \text{ mm} = 0,07074 \text{ m}$$

3.6.1- Selecção do redutor de velocidade

O motor apresenta no seu veio uma velocidade bastante elevada durante o seu funcionamento, sendo por esta razão necessário reduzir a velocidade deste, esse processo pode ser conseguido com recurso ao redutor, sendo por isso, necessário um conjunto de cálculos para a escolha e ou selecção deste.

A potência mecânica (P2) pode ser calculada pela expressão:

$$P_2 = v_{\text{esteira}} * F \quad \text{Equação (2)}$$

Onde F é a força a vencer para mover a paleta, calculada pela expressão:

$$F = m * g \quad \text{Equação (3)}$$

Sabendo que a velocidade pretendida da esteira, a massa da paleta cheia assim como a aceleração de gravidade são dados abaixo.

- Massa da paleta: $m = 153 \text{ kg}$
- Aceleração de gravidade: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- Velocidade da esteira: $v_{\text{esteira}} = 0.2 \text{ m/s}$

Usando a fórmula 2 e 3 Temos,

$$F = 153 * 9.81 = 1500.93 \text{ N}$$

$$P_2 = 0,2 * 1500.93 = 300.186 \text{ W} = 0.3 \text{ kW}$$

A velocidade angular a saída do redutor é obtida pela expressão:

$$\omega_{\text{esteira}} = \frac{2v_{\text{esteira}}}{D_p} \quad \text{Equação (4)}$$

$$\omega_{\text{esteira}} = \frac{2 * 0.2 \text{ m/s}}{0,07074} = 5.65 \text{ rad/s}$$

Onde v_{esteira} é a velocidade da esteira pretendida e D_p foi calculado anteriormente. Em rpm a velocidade é dada pela seguinte expressão:

$$n_2 = \frac{60 * \omega_{\text{esteira}}}{2\pi} \quad \text{Equação (5)}$$

$$n_2 = \frac{60 * 5.65}{2\pi} \approx 54 \text{ rpm}$$

Conhecendo-se a potência necessária de acionamento “P2” (W) e a rotação de saída do Redutor “n2” (rpm), determina-se o momento torçor de acionamento nominal consumido “M” (Nm) de acordo com a equação:

$$M = \frac{P}{\omega_{\text{esteira}}} \quad \text{Equação (6)}$$

$$M = \frac{300.186}{5.65} \approx 53,13 \text{ Nm}$$

Conhecendo-se a potência necessária de acionamento “P2” (W) e a rotação de saída do Motorreductor “n2” (rpm), podemos escolher o Motorreductor directamente nas tabelas de seleção de motorredutores (figura em anexo A4.1-5). Sendo a carga classificada como tipo C, serviço irregular, aceleração de massas médias, trepidações médias.

Redutor selecionado:

WEG C03 2:

Potência: 0.37 kW, n1=1450rpm, 50Hz

Redutor com relação de transmissão i = 25,17

Rotação de saída: n2= 57,61 rpm

Torque nominal: 61 Nm

Factor de serviço (fs): 3.26 → Ideal para carga tipo C.

3.6.2- Selecção dos Motores

Para escolher o motor precisa-se de calcular a sua potência e o seu binário.

Binário do motor

Correspondente ao valor do binário pelo qual a esteira deve se mover sem que tenha dificuldades, o motor deve ser capaz de atender ao binário máximo da carga. O seu cálculo é apresentado na expressão abaixo:

$$M_{motor} = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta \cdot \omega_{motor}} \quad \text{Equação (7)}$$

$$\text{Sendo } \omega_{motor} = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{Equação (8)}$$

$$, \omega_{motor} = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi 1450}{60} \cong 151.84 \text{ rad/s}$$

$$M_{motor} = \frac{153 \cdot 9.81 \cdot 0.2}{0.81 \cdot 151.84} \cong 2.44 \text{ Nm}$$

Potência do motor

Após o cálculo da potência de entrada do redutor da velocidade e bem como o binário do motor, pode-se concluir que o motor a ser escolhido tem de apresentar um binário

superior ao binário calculado e uma potência superior que a potência redutora da velocidade de : 0.37 kW .

A escolha dos motores acima foi realizada com base no binário calculado e potência na entrada, assim sendo, o primeiro motor que satisfaz as condições é apresentado na tabela acima.

Com o catálogo (tabela em anexo A4.2-5), escolhe-se o motor Siemens SIMOTICS SD, modelo 1LE1 71 M 03-0CB2 de 4 pólos.

- Potência nominal: $0,55 \text{ kW}$ ($0,75 \text{ CV}$)
- Tensão de alimentação: 400 V trifásico, 50 Hz
- Corrente nominal: $1,25 \text{ A}$ (400 V)
- Corrente do motor com rotor bloqueado (I_p/I_n): 5.9
- Velocidade nominal: 1410 rpm (4 polos)
- Fator de serviço (S.F.): 1.15
- Eficiência: $81,3\%$ (classe IE3)
- Grau de proteção: IP55
- Classe de isolamento: F
- Torque nominal: $3,6 \text{ Nm}$.

3.6.3- Selecção dos Inversores de frequência

Neste projecto, foi adoptada a frenagem por meio de um inversor de frequência devido a capacidade do inversor de frequência proporcionar um controlo preciso da velocidade e da desaceleração do motor. Isto resulta numa operação mais suave e eficiente, reduzindo impactos e oscilações durante as paragens das esteiras.

Comparado com outros métodos de frenagem, como a frenagem dinâmica, contracorrente ou regenerativa, o inversor de frequência destaca-se pela sua eficiência energética, menor desgaste mecânico e maior fiabilidade operacional.

O inversor de frequência que será utilizado neste projecto também será responsável pelo controlo do arranque dos motores, permitindo um arranque suave. Esta funcionalidade é

essencial para evitar picos de corrente que podem comprometer a integridade dos componentes do sistema eléctrico, como contactores, relés e o próprio motor.

O dimensionamento adequado do inversor de frequência é feito considerando que a tensão de alimentação da rede deve ser compatível com a tensão nominal do inversor e o inversor deve ser capaz de suportar a carga exigida pelo motor. É importante também olhar para o regime de trabalho do motor, saber se o motor opera a baixas ou altas rotações bem como o tipo de controlo a ser utilizado: este factor influencia directamente na escolha do modelo e nas configurações do inversor.

Factores como temperatura, humidade e presença de poeiras podem afectar o desempenho do equipamento.

Especificações técnicas do inversor de frequência:

SINAMICS G120C

- Faixa de potência: 0,55 kW até 132 kW
- Tensão: 3CA 380V - 480V, 50/60 Hz
- Controle: Vetorial sem encoder (SLVC), V/f, FCC
- Comunicação: PROFINET, EtherNet/IP, PROFIBUS, Modbus

3.6.4- Dispositivos de Protecção dos motores

Importa dimensionar os dispositivos de protecção para os motores, sendo a partida directa. Para o dimensionamento dos dispositivos de protecção contra sobrecarga e curto-circuito, será utilizado o disjuntor motor, que substituirá tanto o relé de sobrecarga quanto o fusível. Além disso, o disjuntor motor pode ser reaproveitado após actuar contra curto-circuito, o que o torna mais vantajoso em comparação aos fusíveis em que já não são mais úteis após actuar contra o curto-circuito. A seguir apresenta-se o cálculo do disjuntor-motor.

Disjuntor Motor

Sua principal função é a protecção contra curtos-circuitos e sobrecargas em aplicações de motores eléctricos. Além disso também permitem realizar manobras (15 operações/hora) directamente em sua manopla ou botões.

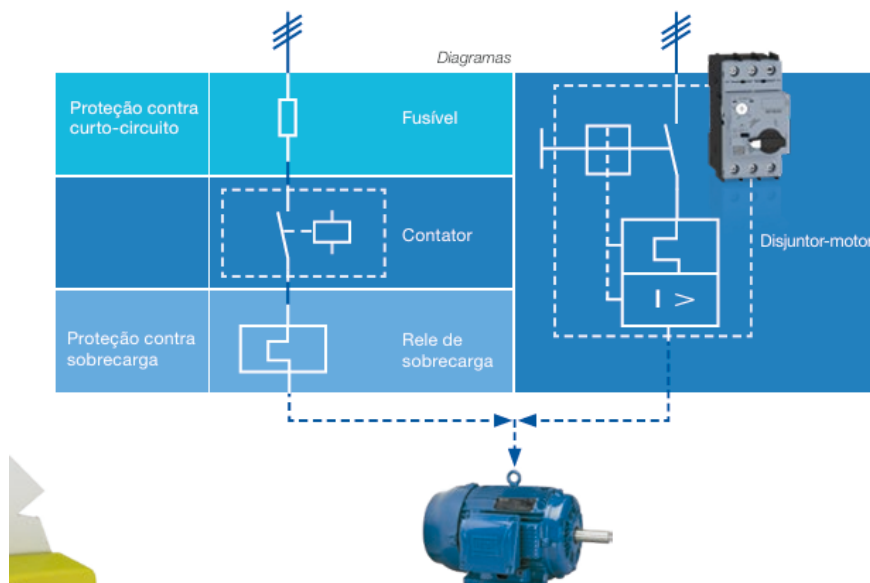


Figura 18: Diagrama das proteções do motor

Fonte: WEG, 2025

Disjuntor motor também deve ser dimensionado pela corrente nominal do motor que está protegendo.

Protecção térmica:

$$I_{DIS} \geq I_N 1.25 \quad \text{Equação (9)}$$

$$I_{Dis} \geq 1.25 \times 1,25$$

$$I_{DIS} \geq 1.56 \text{ A}$$

Protecção magnética:

$$I_p = \left(\frac{I_p}{I_N} \right) I_N \quad \text{Equação (10)}$$

$$\text{Corrente de rotor bloqueado} = \frac{I_p}{I_N} = 5.9 \rightarrow I_p = 5.9 I_N$$

$$I_p = 5.9 \times 1.25 = 7.38 \text{ A}$$

Assim sendo, os dois disjuntores-motores escolhidos são de corrente nominal de 10 A, com a faixa de ajuste de corrente de 10 a 16A e 208 A do disparo magnético e cuja referência MPW18-3-U016, (Vide no Anexo a tabela A4.2-6).

Contactor:

$$I_k \geq I_N F_S \quad \text{Equação (11)}$$

$$I_k \geq 1.25 \times 1,15$$

$$I_k \geq 1.44 \text{ A}$$

No catálogo da WEG temos o seguinte contactor, categoria do contactor AC-3: CWM9 da Weg com corrente nominal 9A com 3 polos. Fusível máximo (gL/gG): $I_{fmax} = 25 \text{ A}$.

3.6.5- Cabo para Motor em partida directa

No âmbito do cálculo das secções dos cabos dos dois motores iguais, será utilizado o método da capacidade da condução da corrente. Atendendo e considerando que será empregue cabo multifilar em electroductos de secção circular em caleiras abertas ou ventiladas (B) conforme a tabela em anexo A4-5, 3 com três (3) condutores de cobre carregados e uma distância de 4m de comprimento entre a fonte os de alimentação e o local de instalação dos motores, a seguir mostra a escolha do cabo.

Dados do motor:

$$P = 0,55 \text{ kW}$$

$$U = 220 \text{ V} \quad I_N = 1.25 \text{ A} \quad I_p = 4,5 * 0.89 = 4 \text{ A}$$

Cálculo da corrente:

$$I_{nom}(380V) = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\phi * \eta} \quad \text{Equação (12)}$$

$$I_{nom}(380V) = \frac{550}{\sqrt{3} * 380V * 0,78 * 0,57} = 1.87 \text{ A}$$

$$S = 1.5 \text{ mm}^2 \text{ e } IZ = 15,5 \text{ A}$$

Verificação da queda de tensão secção do cabo:

$$\Delta U = \frac{\rho_{cobre} * l}{S} I_{nom} \quad \text{Equação (13)}$$

$$\Delta U = \frac{0,0225 * 4}{1.5} 1.25 = 0,075 \text{ V}$$

$\Delta U = 0,075 V < (1\% \times 230)$ satisfaz o critério de 1% da queda de tensão.

3.6.6- Garra de ventosas



Figura 19: Dispositivo garra de ventosas

Fonte: ebuy7.com,2025

A garra de ventosas é um conjunto de válvula Solenoide Vac, o gerador de vácuo e as ventosas propriamente ditas.

O gerador de vácuo de exaustão de ar neste conjunto cria uma força de sucção a vácuo que permite que a ventosa se agarre com segurança aos objetos quando ativada. Tornando este mecanismo Ideal para manuseio de materiais de forma eficiente e confiável.

A válvula solenoide nesta combinação pode ser facilmente controlada para regular a força de sucção a vácuo para manipulação precisa de objetos. A capacidade máxima de peso deste conjunto em específico é de 50kg.

3.6.7- Cilindro Pneumático

O cilindro pneumático de dupla acção é o mais comum no mercado. Este utiliza ar comprimido para mover o cilindro nas duas direções, extensão e retração.

A escolha dos cilindros será feita mediante dois fatores mais importantes para especificar.

Força do Cilindro Pneumático

A força exercida pelo cilindro pneumático depende basicamente da pressão de ar disponível e do diâmetro do cilindro.

$$F = P \times A \quad \text{Equação (14)}$$

F_t = Força teórica do êmbolo (N)

A = Superfície útil do êmbolo (cm²)

P = Pressão de trabalho (kPa, N/ m², bar)

Cilindro A:

o cilindro A serve para movimentar os separadores que pesam cerca de 90 gramas, também em seu pistão teremos o a estrutura mecânica de suporte das 4 ventosas de silicone com 53 gramas e o gerador de vácuo com cerca de 22 gramas, somando 324 gramas. Estima-se assim 500g para a garra de ventosas.

$m = 0,5\text{kgf}$ para uma pressão de 6 bar.

Sendo que $1\text{kgf} = 9,81\text{N}$ e $1\text{bar} = 100000\text{Pa}$ então para o cilindro A temos:

$$0,5\text{kgf} = 4,9\text{N}$$

$$6\text{bar} = 600000\text{Pa}$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{4,9}{600000} = 8,17 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 8,17 \text{ mm}^2 \quad \text{Equação (15)}$$

$$d = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 3,23 \text{ mm} \quad \text{Equação (16)}$$

Cilindro B:

Com o mesmo procedimento de cálculo acima feito, para uma força de 3kgf com uma pressão de 6 bar a área é de 49,03 e o diâmetro necessário é de 7,90 mm

Com recurso ao catálogo, selecionam-se os cilindros 25mm Mini ISO para a garra de ventosas e O cilindro ISO 50mm.

3.6.8- Selecção de Controlador (PLC)

Para o controle do sistema proposto será usado um PLC, primeiramente por oferecer as vantagens citadas no capítulo 2 garantindo a robustez e eficácia dos ambientes industriais. E segundo porque a CDM já faz o uso dos PLCs e redes de controlo nas suas instalações sendo este fácil de integrar.

A linha 2 possui um PLC da marca Siemens, SIMATIC S7-300, por este motivo se fará uso do mesmo para o controlo do sistema proposto sendo apenas necessário considerar mais um módulo de entrada e saída.

Siemens, SIMATIC S7-300

O PLC S7-300 é uma família de Controladores Lógicos Programáveis (PLCs) desenvolvida pela Siemens, amplamente utilizada na automação industrial. Este modelo destaca-se pela sua flexibilidade, modularidade e fiabilidade.

Existe uma ampla gama de módulos para a adaptação ideal em diferentes tarefas de automação.

O comando S7 é constituído por uma fonte de alimentação, uma CPU (Central processing Unit) e os módulos de entrada ou saída para os sinais digitais e analógicos. Eventualmente, também são aplicados módulos funcionais e de comunicação para tarefas específicas.

Módulo de entrada e saída

SIMATIC S7-300, módulo ED/SD SM 323, com separação galvânica 16 ED e 16 SD, 24 V DC, 0,5 A, total atual de 4 A. 40 polos.

3.7- Programação do sistema de despaletização

A linguagem de programação aqui escolhida para demonstrar o programa é a Ladder no software Total Integrated Automation Portal (TIA portal) versão V15.1.

3.7.1- O TIA Portal

O TIA Portal ou Totally Integrated Automation Portal, é um software da Siemens concebido para automação industrial, oferecendo uma plataforma unificada para a engenharia de sistemas de controlo. Este integra diversas ferramentas e componentes, tais como PLCs (Controladores Lógicos Programáveis), I/O (Entradas/Saídas) e HMIs (Interfaces Homem-Máquina), num único ambiente de desenvolvimento. Neste, é possível planear, programar, simular e proceder à manutenção de sistemas de controlo de forma totalmente integrada, optimizando processos e garantindo uma maior eficiência na automação industrial.

3.7.2- Diagrama Ladder

A lógica de funcionamento deste é a mesma descrita anteriormente, tanto de forma escrita como por meio do fluxograma. Porém para melhor entendimento do circuito mostra-se abaixo a descrição das entradas e saídas que o sistema tem bem como este é apresentado por partes.

Tabela 2: Entradas do sistema. Fonte: Autor

	Símbolo	Componente de Entrada	Descrição
1	START	Botão Start	liga o sistema
2	STOP	Botão Stop	Desliga o sistema
3	EMERGENCY	Botão Emergência	Desliga o sistema em caso de emergência
4	SO1	Sensor óptico	detecta a entrada da paleta no elevador
5	SO2	Sensor óptico	detecta a presença de latas no nível de remoção
6	SA2	Sensor magnético	detecta a posição "avançado" do pistão do cilindro da garra de ventosas
7	SA1	Sensor magnético	detecta a posição "recuado" do pistão do cilindro da garra de ventosas
8	SB2	Sensor magnético	detecta a posição "avançado" do pistão do cilindro do varredor de latas
9	SB1	Sensor magnético	detecta a posição "recuado" do pistão do cilindro da garra de ventosas
10	SL1	Chave fim de curso	detecta quando o elevador está carregado
11	SL2	Chave fim de curso	detecta quando o elevador está carregado
12	HLO	Chave fim de curso	detecta quando o elevador está no nível mínimo
13	HL1	Chave fim de curso	detecta quando o elevador está no nível máximo

Tabela 3 Saídas do Sistema. Fonte: Autor

	Símbolo	Componente de Saída	Descrição
1	KA1	Memória	Informa que o circuito está em modo ON

2	KA2	Memória	Informa que o elevador está carregado
3	KC1	Bobina do contactor	Acciona o Motor da esteira transportadora de entrada de paletes
4	KC2	Bobina do contactor	Acciona o Motor da esteira transportadora de saída de paletes
5	KC3	Bobina do contactor	Acciona o Motor da esteira transportadora de latas
6	KH0	Bobina do contactor	Acciona o Motor do elevador de forma baixar
7	KH1	Bobina do contactor	Acciona o Motor do elevador de forma a elevar
8	A+	Bobina solenoide	Acciona o pistão da garra de ventosas de forma a avançar
9	A-	Bobina Solenoide	Acciona o pistão da garra de ventosas de forma a recuar
10	B+	Bobina Solenoide	Acciona o pistão do varredor de latas de forma a avançar
11	B-	Bobina Solenoide	Acciona o pistão do varredor de latas de forma a recuar
12	V+	Bobina Solenoide	Acciona o gerador de vácuo para sugar o separador
13	V-	Bobina Solenoide	Desacciona o gerador de vácuo para libertar o separador
14	L1	Lâmpada	indica que o sistema esta no modo ligado
15	L2	Lâmpada	indica que o sistema esta no modo desligado
16	L3	Lâmpada	indica que o sistema esta no modo de emergência

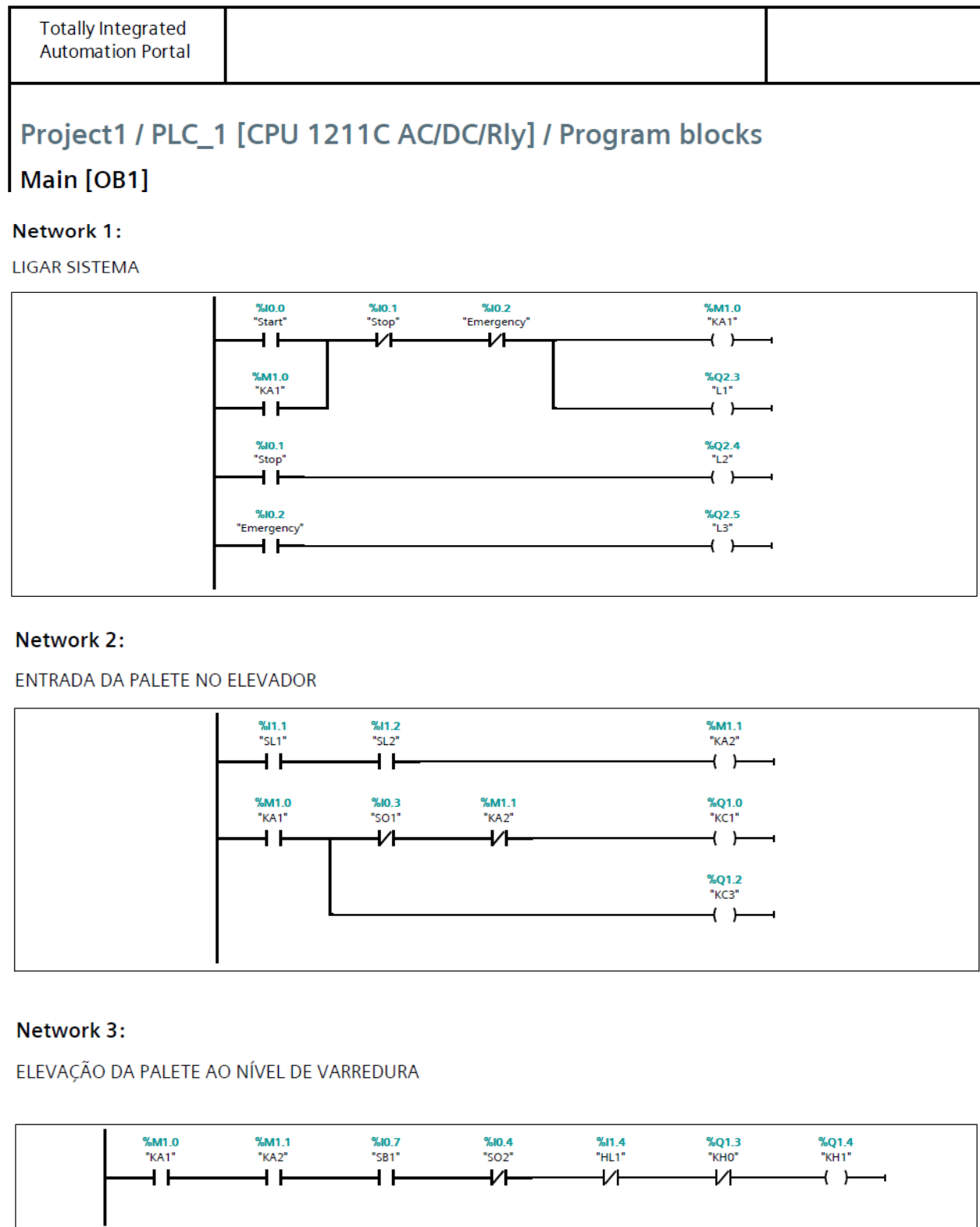
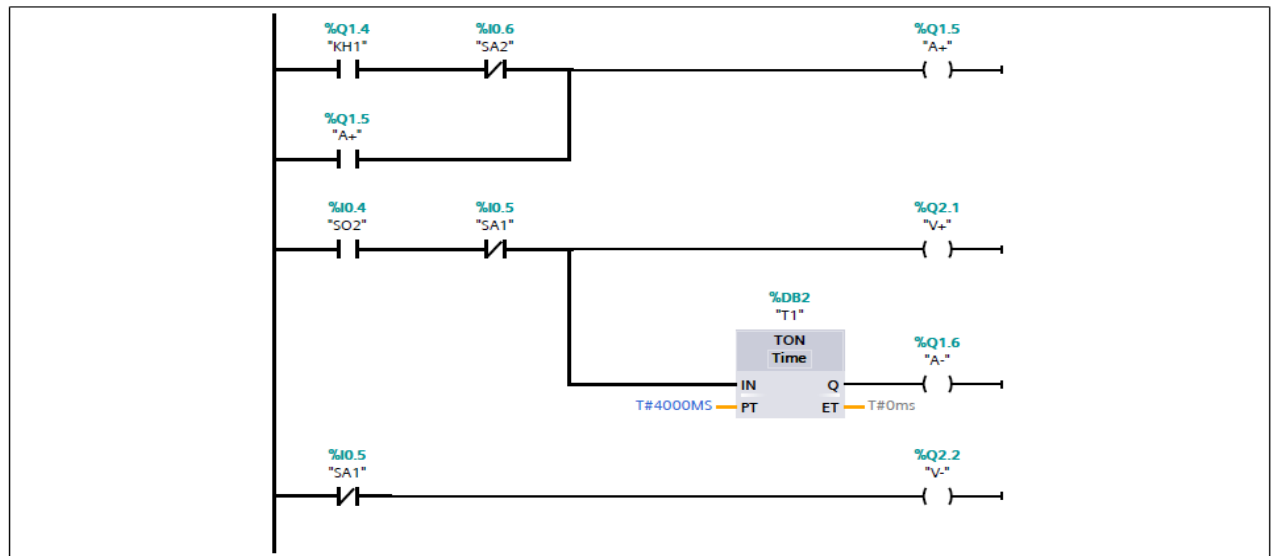


Figura 20 Diagrama Ladder

Fonte: Autor

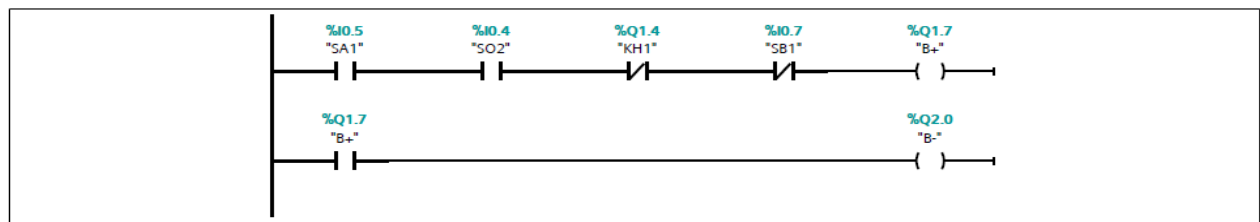
Network 4:

POSICIONAMENTO DA GARRA DE VENTOSAS (GREEPER) E REMOÇÃO DO SEPARADOR



Network 5:

VARREDURA DAS LATAS PARA A ESTEIRA 3



Network 6:

SAÍDA DE PALETE

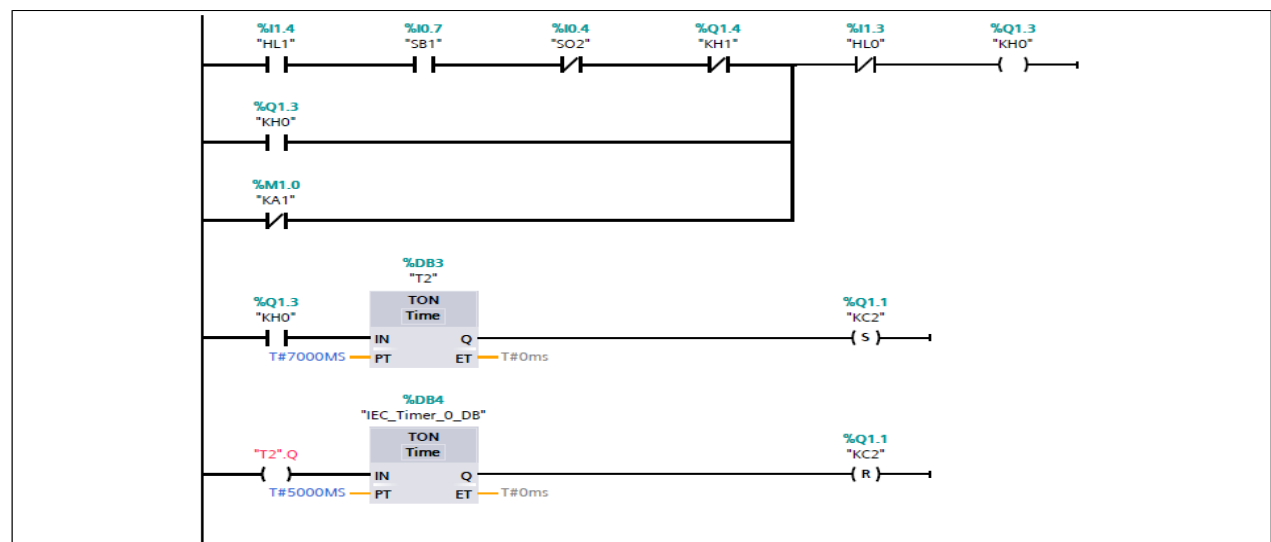


Figura 21:Diagrama Ladder- parte 2

Fonte: Autor

The screenshot displays the Siemens TIA Portal interface. On the left, the 'Project tree' shows the project structure, including 'PLC_1 [CPU 1211C AC/DC/Rly]' and 'PLC tags'. The main window shows a table of variables for 'Depall'. The table has columns for Name, Data type, Address, Retain, Access, Write, Visibility, and Comment. The variables listed are Start, Stop, Emergency, SO1, SO2, SA1, SA2, SB1, SB2, SL1, SL2, HL0, HL1, KA1, KA2, KC1, KC2, KC3, KH0, KH1, A+, A-, B+, B-, V+, V-, L1, and L2. The right sidebar contains 'Options' and 'Find and replace' sections. The bottom status bar indicates '1 objects have been printed successfully'.

Name	Data type	Address	Retain	Access	Write	Visibility	Comment
1 Start	Bool	%I0.0					
2 Stop	Bool	%I0.1					
3 Emergency	Bool	%I0.2					
4 SO1	Bool	%I0.3					
5 SO2	Bool	%I0.4					
6 SA1	Bool	%I0.5					
7 SA2	Bool	%I0.6					
8 SB1	Bool	%I0.7					
9 SB2	Bool	%I1.0					
10 SL1	Bool	%I1.1					
11 SL2	Bool	%I1.2					
12 HL0	Bool	%I1.3					
13 HL1	Bool	%I1.4					
14 KA1	Bool	%M1.0					
15 KA2	Bool	%M1.1					
16 KC1	Bool	%Q1.0					
17 KC2	Bool	%Q1.1					
18 KC3	Bool	%Q1.2					
19 KH0	Bool	%Q1.3					
20 KH1	Bool	%Q1.4					
21 A+	Bool	%Q1.5					
22 A-	Bool	%Q1.6					
23 B+	Bool	%Q1.7					
24 B-	Bool	%Q2.0					
25 V+	Bool	%Q2.1					
26 V-	Bool	%Q2.2					
27 L1	Bool	%Q2.3					
28 L2	Bool	%Q2.4					

Figura 22: Mapa de variáveis.

Fonte: Autor

CAPÍTULO IV – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS

4.1- Dispositivos usados para o sistema e custo em Metical

considerando que a estrutura do sistema de despaletização existente está em perfeitas condições de funcionamento, o sistema proposto fará uso dos componentes que esta dispõe, sendo apresentados abaixo a estimativa de custo dos novos componentes que devem ser adquiridos.

Tabela 4: Estimativa de custo, Fonte:Autor

Componente		Qtd	Características	Preço unitário (MZN)	Preco total (MZN)
1	Sensor óptico	1	Sensor Retrô Reflexivo Fotoelétrico 4M Alcance 12/24V - Omron	1 800,00	1 800,00
2	Sensor magnético	4	Sensor Magnético Para Cilindro Pneumático 1NA 12-240VCA/VCC 1578601 Brasiltec	850,00	3 400,00
3	Chave fim de curso	2	Metaltex FM1701	536,00	1 072,00
4	Contactor	2	WEG CWM9-10E	2 430,10	4 860,20
5	Válvula Solenoide pneumática	2	Válvula Solenoide SB0 MICRO 1/8" 5/2, biestável 220V 50/60Hz 0224002711201	820,00	1 640,00
6	Conjuto Garra de Ventosas	1	Gerador De Vácuo Scv-15, Válvula Eletromagnética	15 030,87	15 030,87
7	Lâmpada LED	1	Lanterna de Sinalização Industrial com Luz LED Vermelha Laranja Verde Piscante 24VDC	8 313,50	8 313,50
8	Motor Electrico	2	Siemens SIMOTICS SD, modelo 1LE1 71 M 03-0CB2 de 4 pólos. 0,55 kW	65 500,00	131 000,00
9	Redutor	2	WEG C03 2: Potência: 0.37 kW, n1=1450rpm, 50Hz	50 796,00	1 001 592,00
10	Cilindro pneumático	1	25mm Mini ISO	2 200,00	2 200,00
11	Cilindro pneumático	1	ISO 50 mm	6 000,00	6 000,00
12	Disjuntor Motor	2	MPW12-3-D016S com faixa de ajuste de 1...1,6 A	5 100,00	10 200,00
13	Inversor de frequência	2	SINAMICS G120C	33 060,00	66 120,00
14	Modulo DIO (entrada e saída)	1	módulo ED/SD SM 323, com separação galvânica 16 ED e 16 SD, 24 V DC, 0,5 A, total atual de 4 A. 40 polos	65 200,24	65 200,24
15	Estimativa da Tubulação Pneumática	20	Tubo pneumático poliuretano 10x8mm azul (20m)	147,00	2 940,00
16	Estimativa dos condutores e canalização electricas		Condutor flexível de Cobre, Tubo PVC, etc	14 700,30	14 700,30
17	Estimativa das modificações na infraestrutura metálica			34 000,00	40 000,00
18	Mão de Obra			75 000,00	75 000,00
	Total			381 483,01	1 451 069,11

Estima-se um investimento de 1 451 069,11 MZN para a execução do projeto. Considerando que a aquisição de uma despaletizadora automática nova da marca Krones varia entre 250.000 e 500.000 USD, o equivalente a 16.250.000 a 32.500.000 MZN, a escolha de um sistema existente representa uma economia significativa. Essa decisão permite que os recursos sejam direcionados para áreas estratégicas, como infraestrutura, manutenção e otimização do processo produtivo. Além da redução de custos, utilizar um sistema já disponível agiliza a implementação, aproveita a infraestrutura atual e elimina despesas adicionais com instalação e adaptação. Também minimiza riscos operacionais, evitando períodos de ajustes e possíveis falhas decorrentes da introdução de novos equipamentos.

Por fim, essa abordagem favorece a sustentabilidade, ao reaproveitar recursos e reduzir impactos ambientais, e fortalece a competitividade do projeto, garantindo maior eficiência na produção.

CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1- Conclusão

Ao analisar a situação atual da linha 2 na Cervejas de Moçambique, identificou-se a necessidade de substituir o sistema de despaletização actualmente em uso, que apresenta uma forte dependência da força humana para que a demanda da linha seja suprida. Esta dependência, em determinados momentos, pode resultar em perda de produtividade devido a possíveis erros e atrasos, comprometendo a eficiência operacional.

No presente relatório, desenvolveu-se uma proposta simples e facilmente implementável para atender aos objectivos da Cervejas de Moçambique: garantir a disponibilidade do produto aos seus clientes com a qualidade que lhe é característica e, mais importante, colocar a segurança dos seus colaboradores em primeiro lugar.

Com o algoritmo desenvolvido, assegura-se a eliminação de tarefas repetitivas e braçais, alinhando-se com os princípios da automação e melhorando significativamente a ergonomia no posto de trabalho dos colaboradores da linha da frente. Além disso, a implementação deste sistema contribui para a redução da fadiga física dos operadores, minimizando riscos de acidentes.

Em conclusão, o projecto de um sistema de despaletização automática para a Cervejas de Moçambique, SA alcançou o seu objectivo principal, respondendo à questão central do estudo, bem como aos objectivos específicos.

A solução proposta não só melhora a produtividade e a segurança, como também se alinha com um dos princípios fundamentais da AB InBev: gerir os custos com rigor. Para isso, fez-se uso da infraestrutura existente incorrendo num custo de cerca de um milhão e meio de meticais, evitando um custo elevado na aquisição de uma despaletizadora automática no mercado.

Este projeto demonstra o impacto positivo que a automação pode ter na modernização da infraestrutura, otimizando as atividades do dia a dia e promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. No entanto, é importante reconhecer que a automação pode, em alguns momentos, ter um impacto ambíguo, uma vez que pode reduzir o número de pessoas envolvidas neste processo. Assim, recomenda-se que sejam

exploradas alternativas para a requalificação dos colaboradores afectados, garantindo que possam ser integrados noutras áreas produtivas da empresa

5.2- Recomendações

Para maximizar os benefícios da automação e garantir um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente, tecem-se as seguintes recomendações:

- Treinamento e capacitação dos operadores e técnicos para o uso correcto do sistemas de acordo com o estabelecido como política interna de gestão de mudanças.
- Manutenção preventiva e optimização contínua do sistema, assegurando que a nova solução opere de forma eficiente e sustentável ao longo do tempo.

CAPITULO VI: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. ABInBev. 2011; Anheuser-Busch; Labatt. *BRW050: Brewing Overview*. 211006.
- [2]. LUQUE, A. & Javier,E. 2019 *Paletizador Automático de Pletinas*. ETSI, Universidade de Sevilla.
- [3]. Anheuser-Busch, 2006. *Packaging Can Line Layout and Design*. 1st ed., rev. 1.2. USA,
- [4]. AutomationDirect.com. 522341, E22LPB2B. Disponível em:
<https://www.automationdirect.com/adc/home/home> acesso aos 7 de Abril 2025.
- [5]. Bolton, W. 2006. *Programmable Logic Controllers*, 4th ed., Elsevier Newnes, Oxford.
- [6]. Bryan L. & Bryan E. 1997. *Programmable Controllers – Theory and Implementation*, 2nd ed. Industrial Text Company, Atlanta.
- [7]. Chelde. F. 2025. *Brewing Plant & Process Overview*. Quality Technical Trainee, CDM.
- [8]. Intrumentation and control disponível em <http://www.freestudy.co.uk/control/t2.pdf> acesso aos 2 de Maio de 2025.
- [9]. Matos,F. 2019. *Sistema Automatizado de Produção de Rolhas Capsuladas*. FEUP-Faculdade do Porto.
- [10]. GROOVER, M. 2011. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. 3. ed. São Paulo: Pearson,
- [11]. IMAM Consultoria-Revista intraLOGÍSTICA. Fundamentos sobre paletes. Disponível em: <https://www.imam.com.br/consultoria/artigo/pdf/fundamentos-sobre-paletes.pdf> acesso em:12 de Abril de 2025.
- [12]. KRONES. Especificação: Desempilhamento de pilhas de recipientes novos. Disponível em: <https://shop.krones.com/medias/Neubehaelterstapelspezifikation-pt.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8MTQ3NTU2MTh8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGFHU1MMmcyTkM4eE56TXINVE14TXpreU56RTVPQzIPWlhWaVpXaGhaV3gwWlhKemRHRndaV3h6Y0dWNmFXWnBhMkYwYVc5dVgzQjBMbkJrWmd8MDhjMjJmNGMwZjIhYjE5MmQwOTNhYjgyYjVINDFIODZlYWJmYjkyNTRmNTIzNWJiOWE2ZTA3MzhmZTU0NTAwZQ>. Acesso em: 20 Maio 2025.
- [13]. Maitelli, A. 2001. Controladores Lógicos Programáveis. Apostila, Primeira edição,

-
- [14]. MECALUX. *Las paletas – Paletas de madera Tipo 1*. Imagem. Disponível em: https://mecaluxcom.cdnwm.com/documents/20128/442188/Las+paletas-Paletas+madera-Tipo1_1-es_ES.jpg. Acesso em: 9 Junho 2025.
- [15]. Metrópole. 2020. Aula 7 - Controlador Lógico Programável. Disponível em: <https://www.metrooledigital.ufrn.br/aulas/disciplinas/automacao-eleto-hidraulica-e-pneumatica/aula-7-controlador-logico-programavel> Acessado em: 04 de junho de 2025.
- [16]. CALDERÓN, M.& Daritza K *et al.* 2022. *Design of an Automatic Palletizer*. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 2224, p. 012095,
- [17]. NEMA, 1978. *Programmable Controllers Standards*. ICS 3-1978.
- [18]. PalletBiz Way™. The EUR pallet. disponível em: <https://palletbiz.com/products-and-solutions/eur-pallets/> acesso aos 12 de Abril de 2025
- [19]. Pavani, S. 2011. Comandos pneumáticos e hidráulicos – 3. ed. – Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria : Colégio Técnico Industrial de Santa Maria.
- [20]. Pneumatic Systems disponível em: https://resources.hkedcity.net/res_files/201101/20110128101153_259037.pdf acessado aos 5 de Maio de 2025
- [21]. ROGGIA, S. 2011. CLP: *Controladores Lógicos Programáveis*. 3^a ed. São Paulo: Érica,
- [22]. Walter Q. 2020. Pirâmide de Automação. *Procedia Manufacturing* 42
- [23]. WEG. catálogo de Fusíveis
- [24]. WEG. catálogo de Contactores e Relés
- [25]. WEG, MPW – Disjuntores-motores disponível em [WEG-disjuntores-motores-linha-mpw-50009822-catalogo-portugues-br-dc.pdf](https://www.weg.com.br/pt-br/catalogos/50009822-catalogo-portugues-br-dc.pdf) acesso aos 15 de Maio de 2025
- [26]. Zancan, M. 2011- Controladores programáveis. 3^a ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. (Apostila Didática)
- [27]. Zefanias, M, 2018. Aula 2: Dispositivos de acionamentos de motores elétricos: dimensionamento e Selecção

ANEXOS

ANEXO 1

Despaletizadora Da Linha 2



Figura A.1.1-1: Entrada e saída de paletes. Fonte: CDM

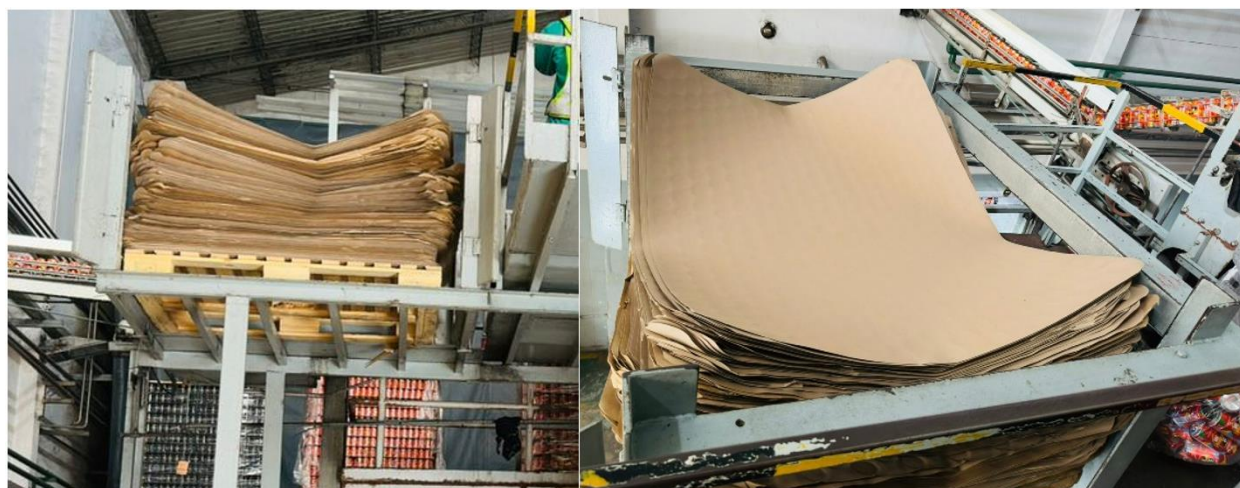


Figura A1.2-1: Depósito de Separadores. Fonte: CDM

ANEXO 2

Fluxograma

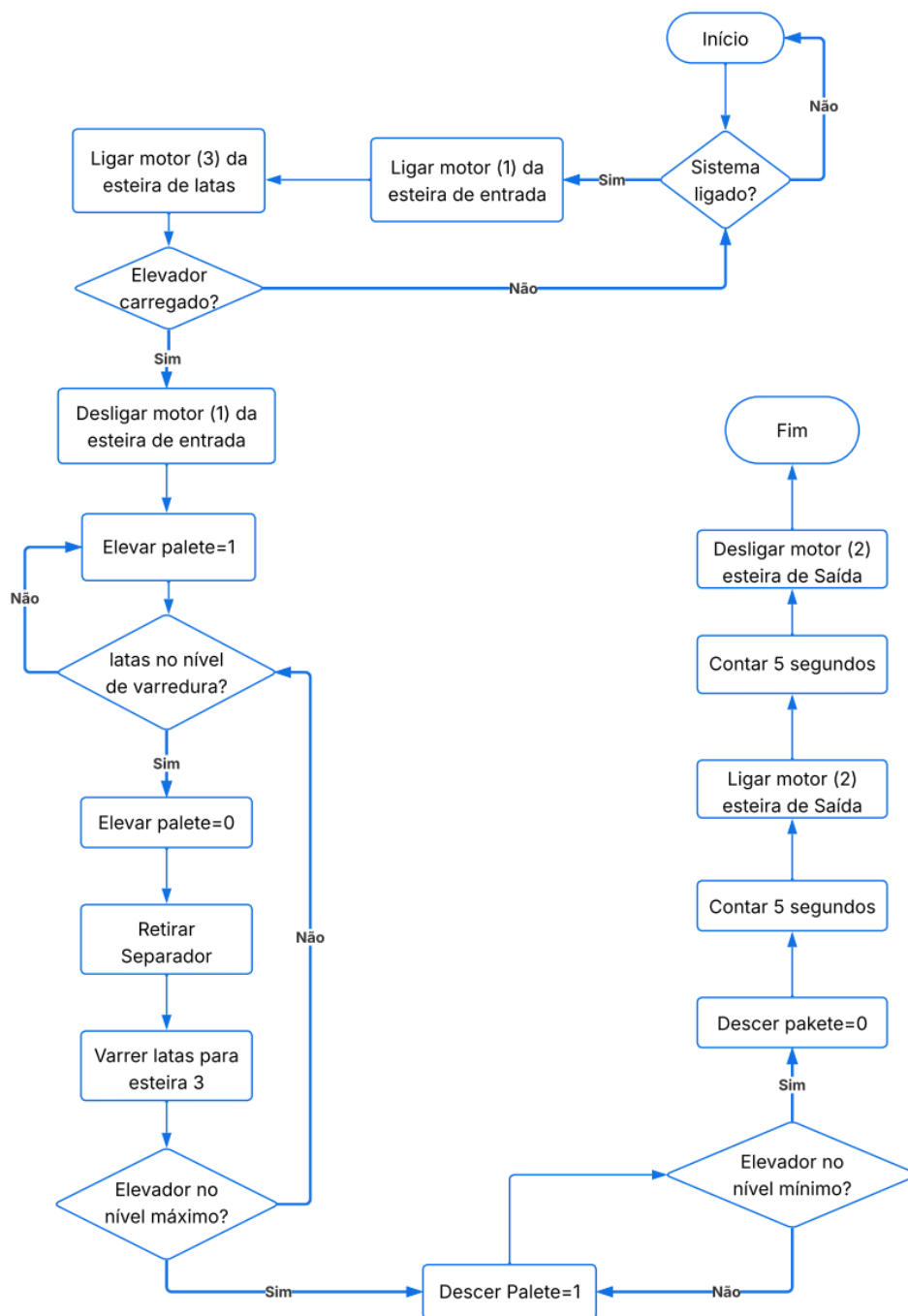


Figura A 2-2: Fluxograma do sistema. Fonte: Autor

ANEXO 3

Circuito de Potência

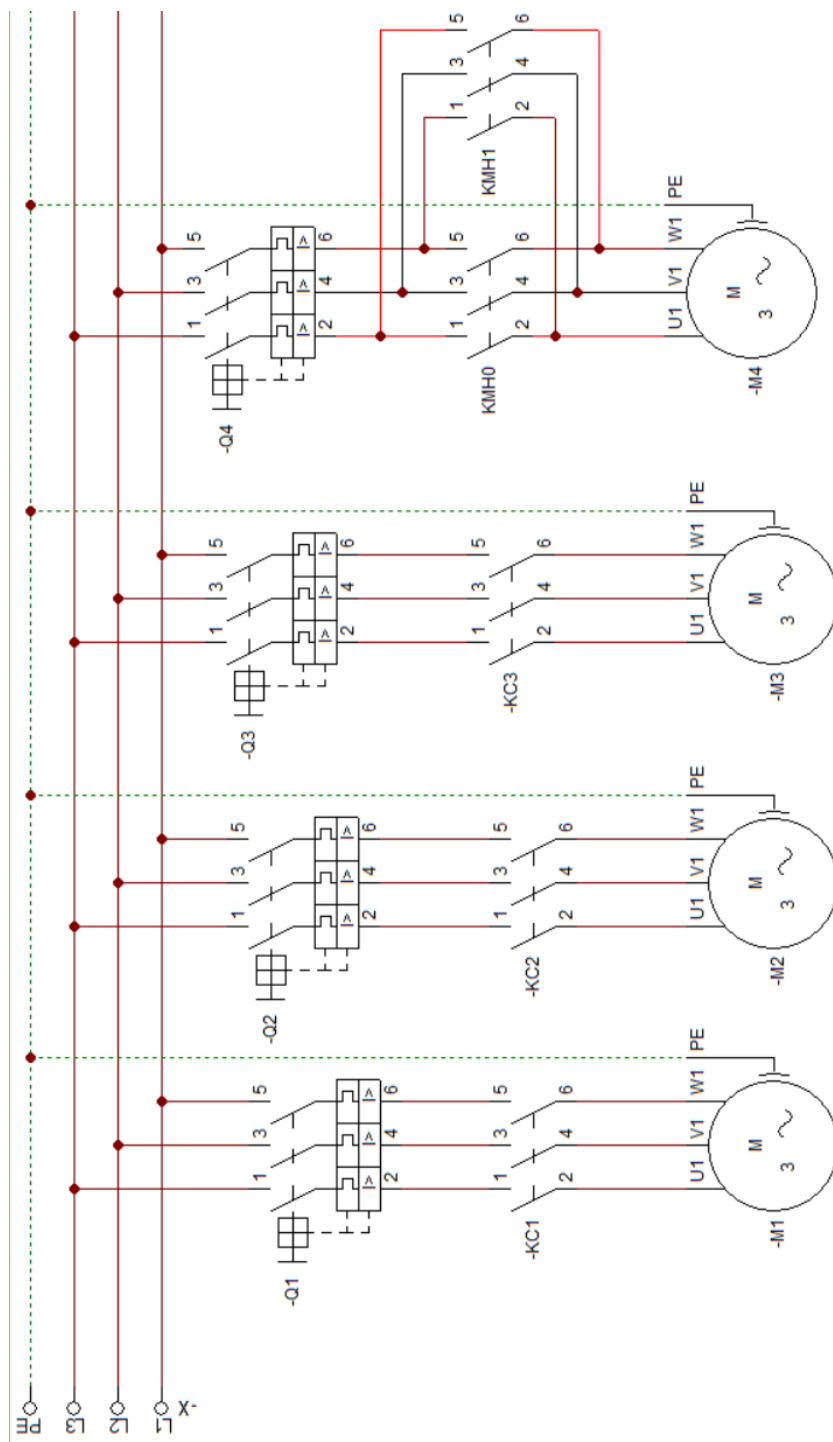


Figura A3-3: Circuito dos Motores. Fonte: Autor

ANEXO 3: Circuito de Potência

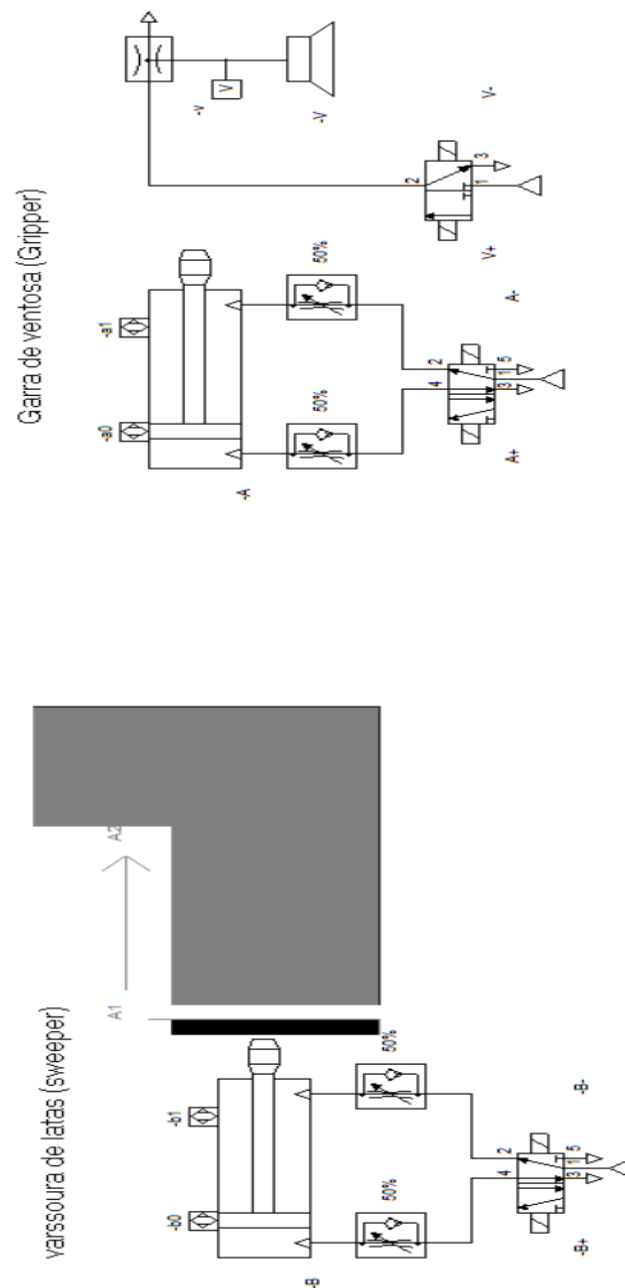


Figura A3-4: Circuito dos cilindros. Fonte: Autor

Q	Disjuntor Motor
KC	Contactador
M	Motor
A	Cilindro Pneumático
B	Cilindro Pneumático
V	Ventosa

ANEXO 4

Especificações Técnicas e Módulo PLC

Tabela A4.1-5: Catálogo de redutores. Fonte: (WEG, 2025)

P _N =0,37 kW												
60Hz n ₂ rpm	M ₂ Nm	n ₁ =1750 fs	Fr kN	50 Hz n ₂ rpm	M ₂ Nm	n ₁ =1450 fs	Fr kN	i _{ex}	Tamanho	Estágios	kg	
716,28	5	6,27	1,5	593,49	6	5,19	1,5	2,44	C00	2	11,5	80
493,99	7	4,89	1,5	409,30	9	4,05	1,5	3,54	C00	2	11,5	
363,74	10	3,99	1,5	301,38	12	3,31	1,5	4,81	C00	2	11,5	
285,19	12	3,95	1,7	236,30	15	3,28	1,5	6,14	C00	2	11,5	
254,55	14	3,46	1,7	210,91	17	2,87	1,7	6,88	C00	2	11,5	
214,11	17	2,72	1,5	177,40	20	2,26	1,4	8,17	C00	2	11,5	
196,68	18	2,78	1,7	162,96	22	2,31	1,7	8,90	C00	2	11,5	
175,55	20	2,48	1,7	145,45	24	2,06	1,6	9,97	C00	2	11,5	
167,88	21	2,14	1,4	139,10	25	1,77	1,3	10,42	C00	2	11,5	
144,82	24	2,05	1,6	119,99	29	1,70	1,5	12,08	C00	2	11,5	
129,26	27	1,83	1,6	107,10	33	1,52	1,5	13,54	C00	2	11,5	
113,43	31	1,61	1,5	93,98	38	1,33	1,3	15,43	C00	2	11,5	
101,24	35	1,43	1,4	83,88	42	1,19	1,3	17,29	C00	2	11,5	
85,25	41	1,21	1,4	70,63	50	1,00	1,3	20,53	C00	2	11,5	
76,09	46	1,08	1,4	63,04	56	0,89	**	23,00	C00	2	11,5	
66,84	53	0,95	**	55,38	64	0,78	**	26,18	C00	2	11,5	
182,22	19	3,40	2,9	150,98	23	2,82	2,8	9,60	C01	2	12,4	82
156,25	23	3,76	3,0	129,46	27	3,11	3,0	11,20	C01	2	12,4	
131,29	27	3,16	3,0	108,78	32	2,62	3,1	13,33	C01	2	12,4	
117,65	30	2,83	3,1	97,48	36	2,34	3,2	14,88	C01	2	12,4	
110,63	32	2,06	3,1	91,67	39	1,71	3,2	15,82	C01	2	12,4	
98,02	36	2,36	3,2	81,22	44	1,95	3,4	17,85	C01	2	12,4	
87,84	40	2,11	3,3	72,78	49	1,75	3,3	19,92	C01	2	12,4	
76,58	46	1,84	3,3	63,46	56	1,53	3,2	22,85	C01	2	12,4	
68,63	51	1,65	3,2	56,86	62	1,37	3,1	25,50	C01	2	12,4	
59,02	60	1,42	3,1	48,90	72	1,18	2,9	29,65	C01	2	12,4	
52,88	67	1,27	3,0	43,82	81	1,05	2,7	33,09	C01	2	12,4	
46,50	76	1,12	3,0	38,53	92	0,93	**	37,64	C01	2	12,4	
41,67	85	1,00	3,0	34,52	102	0,83	**	42,00	C01	2	12,4	
37,70	94	0,91	**	31,24	113	0,75	**	46,42	C01	2	12,4	
69,53	51	3,94	5,4	57,61	61	3,26	5,4	25,17	C03	2	14,0	
63,15	56	3,57	5,4	52,32	68	2,96	5,5	27,71	C03	2	14,0	
55,25	64	3,13	5,4	45,78	77	2,59	5,6	31,67	C03	2	14,0	

Tabela A4.2-5: Catálogo de motores. Fonte: (Siemens, 2014)

Motores Padrão SIMOTICS SD 1LE1 Motores com Eficiência Premium IE3

Motores autoventilados
Série de ferro fundido 1LE1503/1LE1603 Linha Básica/Desempenho

Dados de seleção e pedido (continuação)

Valores operacionais na saída nominal

Fresado, 50 Hz	Fresado, 60 Hz	Nominal para chassi, 50 Hz	Fresado, 50 Hz	Classe IE	Fresado, 4/4	Nominal, 50 Hz	Fresado, 50 Hz	COS	Nominal, 400V	T ₁ /T ₂	T ₁ /T ₂	T ₁ /T ₂	L ₁ /L ₂	L ₁ /L ₂	L ₁ /L ₂	Série de ferro fundido	m ₁ /m ₂	Torque	
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	1LE1503 - Linha Básica	13	0,00095
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	1LE1603 - Linha Performance	16	0,0014
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	Versão E3 de acordo com a IEC 60034-30	18,5	0,0021
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	NP do artigo	22,5	0,0029
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	NP do artigo	25	0,0036
50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	NP do artigo	31	0,0049

Resfriamento autoventilado (IC411)
Eficiência: Eficiência Premium IE3, fator de serviço (SF) 1,15
Saliente térmico classe térmica 155 (classe de temperatura B, grau de proteção IP55, utilização de acordo com a classe térmica 130 (classe de temperatura B), 4 polegadas 1500 rpm a 50 Hz, 1800 rpm a 60 Hz)

0,25	0,33	71 M	1395	1,7	IE3	73,5	73,6	70,3	0,72	0,68	2,5	4,2	2,6	44	55	▲ 1LE1 5 03-0CB2	13	0,00095	16
0,37	0,5	71 M	1410	2,5	IE3	77,3	76,5	72,7	0,69	1	2,6	4,5	2,8	44	55	▲ 1LE1 5 03-0CB3	16	0,0014	16
0,55	0,75	80 M	1440	3,6	IE3	81,3	82,0	80,2	0,78	1,25	2,1	5,9	3,1	53	64	▲ 1LE1 5 03-0DB2	18,5	0,0021	16
0,75	1	80 M	1450	4,9	IE3	82,5	82,3	80,0	0,75	1,75	2,7	7,1	3,9	53	64	▲ 1LE1 5 03-0DB3	22,5	0,0029	16
1,1	1,5	90 S	1440	7,3	IE3	84,1	84,6	83,5	0,78	2,4	2,9	6,9	3,6	56	68	▲ 1LE1 5 03-0EB0	25	0,0036	16
1,5	2	90 L	1445	9,9	IE3	85,3	85,9	84,9	0,80	3,15	2,6	7,2	2,7	56	68	▲ 1LE1 5 03-0EB4	31	0,0049	16
2,2	2,55	100 L	1465	14,3	IE3	86,7	86,7	85,7	0,83	4,4	2,1	7,6	3,6	60	72	▲ 1LE1 5 03-1AB4	40	0,014	16
3	3,45	100 L	1460	19,6	IE3	87,7	87,7	86,7	0,83	5,9	2,3	7,3	3,7	60	72	▲ 1LE1 5 03-1AB5	40	0,014	16
4	4,55	112 M	1460	26	IE3	88,6	88,6	87,6	0,82	7,9	2,4	7,1	3,7	58	70	▲ 1LE1 5 03-1BB2	46	0,017	16
5,5	6,3	132 S	1470	35,7	IE3	89,6	89,6	88,6	0,84	10,5	2,1	7,2	3,4	64	76	▲ 1LE1 5 03-1CB0	74	0,046	16

Página | A4.5

ANEXO 4

Especificações Técnicas e Módulo PLC

Tabela A4.1-.6: Catálogo e Contactores Serie CWM (Fonte: WEG)

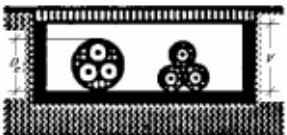
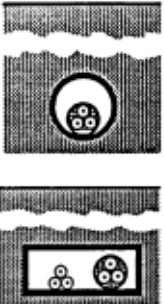
Informações Gerais	Contatores 											
Proteção	Série CWM - Contactores standard IEC											
Circuito de	     											
desligados	Número de catálogo: CWM9 CWM12 CWM18 CWM25 CWM32 CWM40 CWM50 CWM65 CWM80 CWM95 CWM105											
Interrupção	Potência nominal de funcionamento											
Motor	Monofásica 115Vca HP: 1/2 3/4 1 2 3 3 3 5 7 1/2 7 1/2 10 230Vca HP: 1 1/2 2 3 5 5 5 7 1/2 10 15 15 20											
Proteções	Trifásica 230Vca HP: 3 3 5 7 1/2 10 15 15 20 25 30 40 460Vca HP: 5 7 1/2 10 15 20 30 40 50 50 60 75 575Vca HP: 7 1/2 10 15 15 25 25 40 50 60 75 75											
Contatores	Classificação A de uso geral (AC-1): 25 25 32 45 60 60 90 110 110 140 140											
Sobrecargas	Comutação de Motor Indutivo (AC-3): 9 12 18 25 32 40 50 65 80 95 105											
Entradas	Relés de sobrecarga:  0,28...0,4 0,4...0,63 0,56...0,8 0,8...1,2 1,2...1,8 1,8...2,8 2,8...4 4...6,3  5,6...8 7...10 8...12,5 10...15 11...17 15...23 22...32  25...40 32...50 40...57 50...63 57...70 63...80  63...80 75...97 90...112											

Tabela A4.2-6: Catálogo de Disjuntor-motor (Fonte: WEG)

Disjuntor-motor termomagnético MPW12 - proteção contra sobrecarga e curto-circuito

Tabela orientativa para seleção da proteção de motores trifásicos 60 Hz - 4 polos ¹⁾			Corrente nominal	Faixa de ajuste da corrente nominal	Disparo magnético instantâneo 13x In	Terminal mola		Peso
220-240 V	380-415 V	440-480 V	In (A)	In (A)	Im (A)	Referência	Código	kg
cv / kW	cv / kW	cv / kW						
-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW12-3-C016S	12500989	0,28
-	-	-	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW12-3-C025S	12500990	
-	-	0,16 / 0,12	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW12-3-D004S	12500992	
-	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW12-3-C063S	12500991	
0,16 / 0,12	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	1	0,63...1	13	MPW12-3-U001S	12500996	
0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,6	1...1,6	20,8	MPW12-3-D016S	12500993	
0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,5 / 1,1	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW12-3-D025S	12500994	
1 / 0,75	2 / 1,5	2 / 1,5	4	2,5...4	52	MPW12-3-U004S	12500997	
1,5 / 1,1	3 / 2,2	4 / 3	6,3	4...6,3	82	MPW12-3-D063S	12500995	
3 / 2,2	6 / 4,5	7,5 / 5,5	10	6,3...10	130	MPW12-3-U010S	12501028	
4 / 3	7,5 / 5,5	7,5 / 5,5	12	8...12	156	MPW12-3-U012S	12501029	

Tabela A4-7: Modo de instalação de cabo. (Fonte: Santos, 2005)

Exemplo	Designação	Ref ^a	Método de ref ^{a(1)}
1	2	3	4
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) em soleiras ventiladas	42	B ⁽⁶⁾⁽⁸⁾
	Cabos mono ou multicondutores em soleiras abertas ou ventiladas	43	B ⁽⁶⁾
	Cabos multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, termicamente isolantes	51	A
	Cabos mono ou multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, sem proteção mecânica complementar	52	C
	Cabos mono ou multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, com proteção mecânica complementar	53	C
	Cabos mono ou multicondutores, em condutas enterradas	61	D ⁽⁷⁾

ANEXO 4 : Especificações Técnicas e Módulo PLC

Tabela A4.8: Especificações técnicas do cabos. (Fonte: Santos, 2005)

Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para:

- três condutores carregados
- cobre ou alumínio
- temperatura da alma condutora: 70°C
- temperatura ambiente: 30°C

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Método de referência		
	A	B	C(*)
<i>Condutores de cobre</i>			
1,5	13,5	15,5	17,5
2,5	18,0	21	24
4	24	28	32
6	31	36	41
10	42	50	57
16	56	68	76
25	73	89	96
35	89	110	119
50	108	134	144
70	136	171	184
95	164	207	223
120	188	239	259
150	216	-	299
185	245	-	341
240	286	-	403
300	328	-	464
<i>Condutores de alumínio</i>			
2,5	14,0	16,5	18,5
4	18,5	22	25
6	24	28	32
10	32	39	44
16	43	53	59
25	57	70	73
35	70	86	90
50	84	104	110
70	107	133	140
95	129	161	170
120	149	186	197
150	170	-	227
185	194	-	259
240	227	-	305
300	261	-	351
(*) - Para $S \leq 16 \text{ mm}^2$, admitiu-se que os condutores eram de secção circular e para $S > 16 \text{ mm}^2$, de secção sectorial (aplicável também a condutores de secção circular).			

ANEXO 4 : Especificações Técnicas e Módulo PLC



Figura A 4.6-8.: Módulo DIO.

Fonte: SIEMENS,2025