



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

**Projeto de Equipamentos de Automação
Dedicados à Produção Industrial**

Autor

Ricardo Filipe Silveiro Dias Pereira

Orientadores

Marco José da Silva

Frederico Miguel Santos

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, janeiro 2021



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Projeto de Equipamentos de Automação Dedicados à Produção Industrial

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas
Industriais

Autor

Ricardo Filipe Silveiro Dias Pereira

Orientadores

Marco José da Silva

Frederico Miguel Santos

Supervisor na empresa Coelho & Cortesão, Lda

Engenheiro Carlos Cortesão

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, janeiro 2021

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste relatório não teria sido possível somente com a minha dedicação e esforço. O desenvolvimento desta importante etapa na minha vida reuniu a cooperação de várias pessoas que me ajudaram a torná-la possível.

Deste modo deixo os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e entidades que me apoiaram, acompanharam e incentivaram à conclusão do mesmo.

Assim sendo, um especial agradecimento ao Grupo Coelho & Cortesão, Lda por todas as condições que me foram proporcionadas, sendo estas cruciais para o desenvolvimento do projeto.

Aos meus orientadores, Professor Frederico Miguel Santos e Professor Marco José da Silva, pelo apoio e insistência demonstrada e ainda pela orientação na realização do projeto e durante o processo de escrita do relatório.

À minha família que apoiou e proporcionou a força e motivação para que este pudesse ser elaborado.

Seria também impossível não agradecer às amizades que fiz no decorrer de todo este percurso, antes e durante o meu percurso académico.

Ricardo Pereira

RESUMO

Este documento descreve o trabalho realizado no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na empresa Coelho & Cortesão, Lda.

O estágio foi orientado à conceção de novos equipamentos de forma a otimizar sistemas na área da produção industrial. Neste âmbito, foi realizado o estudo e descrição técnica de alguns equipamentos de automação, com vista à otimização de funcionamento.

Os trabalhos desenvolvidos tiveram um cariz maioritariamente prático e foram focados na conceção de projetos elétricos e na programação de *hardware* e *software* necessário para a implementação física das máquinas.

Do conjunto de projetos com participação no desenvolvimento e implementação em obra, foram selecionados os 3 mais representativos, onde foram executadas algumas funções e serviços:

- **Sistema automático de transporte de caixas** – Execução do esquema elétrico, montagem da máquina e participação na fase de testes de todos os equipamentos. Foram também realizadas algumas alterações de código no sistema de controlo da máquina;
- **Sistema semiautomático de formadora** – Foram executadas tarefas idênticas às do sistema anterior, para além do esquema pneumático e programação de um HMI com sistema SCADA;
- **Sistema de transporte de vagões** – Recondicionamento do equipamento através do desenvolvimento de uma interface HMI e implementação de um sistema de supervisão e controlo SCADA.

Todas as funções e serviços resultaram num trabalho com aprendizagem contínua, através do manuseamento de equipamentos e *software* distintos dos usados em ambiente escolar, resultando num conjunto extra de conhecimentos adquiridos e experiência profissional na área de automação industrial.

Palavras-chave: Sistemas de Automação, Automação Industrial, PLC, HMI, SCADA.

ABSTRACT

This document describes the work carried out within the scope of the curricular internship of the Master course in Electrical Engineering, at Coelho & Cortesão, Lda.

The internship was oriented to the design of new equipment in order to optimize systems in the industrial production area. In this context, the study and technical description of some automation equipment was carried out, regarding function optimization.

The developed work was mostly practical and focused on the design of electrical projects, and on hardware and software programming required for the machines/systems physical implementation.

From the set of developed and implemented projects on site, three of the more representative ones were selected, where some functions and services were performed:

- **Automatic box transport system** – Execution of the electrical schematics, machine assembly and participation in the testing phase of all equipment. Some code adaptation was also made to the machine's control system;
- **Semi-automatic cardboard box making system** – Tasks identical to those of the previous system were performed, and in addition the development of the pneumatic scheme and programming of an HMI with SCADA system;
- **Wagons transportation system** – Equipment reconditioning through the development of an HMI interface and implementation of a SCADA supervision and control system.

All performed functions and services resulted in continuous learning, through diverse equipment and software handling different from those used in scholar environment, resulting in extra knowledge and professional experience in the industrial automation area.

Keywords: Automation Systems, Industrial Automation, PLC, HMI, SCADA.

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1.	Enquadramento do Tema	1
1.2.	Objetivos	2
1.3.	Organização do Documento	2
2.	A Empresa Coelho & Cortesão, Lda	3
3.	Conceitos e Tecnologias de Suporte	7
3.1.	Evolução da Indústria	7
3.2.	Conceito de Automação	8
3.3.	Categorias da Automação	9
3.4.	Componentes de Sistemas de Controlo Industriais	10
3.4.1.	Controlador Lógico Programável	10
3.4.2.	Interface Homem-Máquina	12
3.4.3.	Sistema SCADA	13
3.4.4.	Variador Eletrónico de Velocidade	15
3.5.	Normas de Segurança	16
4.	Projetos Desenvolvidos	19
4.1.	Sistema Automático de Transporte de Caixas	19
4.1.1.	Projeto Elétrico do Sistema	23
4.1.2.	Programação do Sistema	27
4.1.3.	Tarefas Executadas no Projeto do Sistema Transportador de Caixas	31
4.1.4.	Sugestões de Melhoria ao Sistema	32
4.2.	Sistema Semiautomático de Formadora, Enchimento e Fecho de Caixas	33
4.2.1.	Descrição Geral e Funcionamento do Sistema	33
4.2.1.1.	Sistema de Formadora das Caixas	34
4.2.1.2.	Sistema de Enchimento de caixas	35
4.2.1.3.	Sistema de Fecho das Caixas	37
4.2.2.	Projeto Elétrico do Sistema	38
4.2.3.	Programação do Sistema	40
4.2.4.	Funções Executadas no Sistema	47
4.2.5.	Sugestões de Melhoria do Sistema	47
4.3.	Sistema de Transporte de Vagões	49
4.3.1.	Descrição Geral e Funcionamento do Sistema	49
4.3.2.	Projeto Elétrico do Sistema	55
4.3.3.	Programação do Sistema	58
4.3.4.	Funções Executadas no Sistema	65
4.3.5.	Sugestões de Melhoria no Sistema	65

5. Conclusões.....	67
5.1. Trabalhos Futuros	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Vista frontal Coelho & Cortesão, Lda	3
Figura 2 – Diagrama funcional de um projeto.....	4
Figura 3 – Impressoras portáteis JetMAN.....	4
Figura 4 – Sistema de paletização	5
Figura 5 – Evolução das indústrias ao longo do tempo.....	7
Figura 6 – Relação entre os tipos de automação	9
Figura 7 – Vista geral do sistema de controlo	11
Figura 8 – Ciclo de funcionamento do PLC.....	11
Figura 9 – Sistema HMI	13
Figura 10 – Arquitetura do sistema HMI/SCADA.....	14
Figura 11 – Sala de Controlo do Sistema SCADA.....	14
Figura 12 – Barreiras óticas.....	16
Figura 13 – Equipamentos de segurança (relé de segurança, botoneira de emergência, sinalizador de rearme)	16
Figura 14 – Exemplo de cálculo de distância de segurança	17
Figura 15 – Exemplo estrutura com proteções de distância	17
Figura 16 – Funcionamento do interruptor articulado.....	17
Figura 17 – Desenho 2D do sistema de transporte de caixas	19
Figura 18 – Sistemas de transporte de caixas (transportador de rolos, transportador de rolos com curva de 90° e transportador de tapete).....	20
Figura 19 – Estrutura do sistema de fecho de caixas CAD 3D	21
Figura 20 – Sistema de selagem	21
Figura 21 – Sistema de rejeição/aceitação de caixas.....	22
Figura 22 – Sistema pneumático (unidade tratamento de ar J2P.38.M12.A.NR, cilindro pneumático Airon e electroválvula EF52M4)	23
Figura 23 – <i>Software EPLAN</i> esquema elétrico do sistema automático de transporte de caixas	24
Figura 24 – Posicionamento dos equipamentos elétricos num QE	25
Figura 25 – Representação dos equipamentos elétricos no quadro elétrico 1	25
Figura 26 – Montagem dos quadros elétricos do sistema automático de transporte de caixas	26
Figura 27 – Sistema de controlo pneumático (bobine SL-024C e sensor magnético Airon SMT.2D).....	26
Figura 28 – Área de desenvolvimento gráfico do <i>CX-Programmer</i>	27

Figura 29 – Esquema dos equipamentos das linhas 1 e 2.....	28
Figura 30 – Fluxograma do ciclo do funcionamento das zonas das linhas 1 e 2 (união) do Sistema	29
Figura 31 – Localização dos equipamentos da zona de fecho de caixas	30
Figura 32 – Fluxograma do ciclo do funcionamento da zona de fecho e controlo de qualidade da caixa do sistema	31
Figura 33 – Propostas de melhorias (sistema de apalpador, sistema de visão e balança industrial).....	32
Figura 34 – Sistema semiautomático de formadora, enchimento e fecho de Caixas CAD 3D	33
Figura 35 – Sistema de formadora vista lateral CAD 3D.....	34
Figura 36 – Sistema de formadora vista frontal CAD 3D	35
Figura 37 – Sistema de enchimento vista 1 CAD 3D.....	36
Figura 38 – Sistema de enchimento vista 2 CAD 3D.....	36
Figura 39 – Sistema de fecho vista lateral CAD 3D.....	37
Figura 40 – <i>Software EPLAN</i> representação equipamentos elétricos no quadro elétrico	39
Figura 41 – Módulo de controlo	40
Figura 42 – Teste dos equipamentos do sistema semiautomático	41
Figura 43 – Zona de enchimento e formadora.....	41
Figura 44 – Zona formadora e fecho	42
Figura 45 – Fluxograma de um ciclo de funcionamento do sistema embalador de pacotes	43
Figura 46 – Visão geral do IDE Visual Basic 6.0	44
Figura 47 – Menu principal do projeto HMI do sistema semiautomático empacotamento	45
Figura 48 – Página estado enchimento do projeto HMI do sistema semiautomático.....	45
Figura 49 – Login do projeto HMI do sistema semiautomático.....	46
Figura 50 – Página configuração produto do projeto HMI do sistema semiautomático	46
Figura 51 – Comunicações PLC-HMI Ethernet	47
Figura 52 – Configuração da <i>frame</i> FINS ²²	47
Figura 53 – Proposta de sistema de fecho automático.....	48
Figura 54 – Vista geral do sistema de transporte de vagões.....	50
Figura 55 – Excerto da zona de enchimento da Figura 54	50
Figura 56 – Vista da linha do Transportador 2	50
Figura 57 – Excerto da zona dos fornos e parque da Figura 54	51
Figura 58 – Excerto da zona de descarga da Figura 54	51
Figura 59 – Vista geral do funcionamento da linha de descarga.....	52
Figura 60 – Vista da retaguarda do transportador 2	53

Figura 61 – Vista do transportador 2	53
Figura 62 – Visão geral do sistema de comando do transportador de vagões.....	54
Figura 63 – Visão geral dos módulos de controlo do sistema	56
Figura 64 – Vista geral do software CX-Integrator	57
Figura 65 – IDE do <i>Software EasyBuilder</i>	57
Figura 66 – Fluxograma do ciclo do funcionamento do transportador em modo automático..	59
Figura 67 – Menu principal do HMI do sistema de gestão do transporte de vagões	60
Figura 68 – Menu informativo do estado das linhas e transportadores	61
Figura 69 – Ecrã de <i>login</i> de acesso ao controlo através do HMI	61
Figura 70 – Vista geral de informação de linha.....	62
Figura 71 – Janela de opção de adição de linha destino e de produto abastecido	63
Figura 72 – Vista geral de informação da linha escolha de vagões vazios	63
Figura 73 – Menu de edição de produtos	64
Figura 74 – Janela de correção dos vagões no parque.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de Parâmetros de um variador eletrônico de velocidade	15
Tabela 2 – Identificação do tipo de serviço através dos sensores magnéticos	54

ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	2 Dimensões
3D	3 Dimensões
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
FINS	<i>Factory Interface Network Service</i>
HMI	<i>Human–Machine Interface</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IP	Índice de Proteção
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
QE	Quadro Elétrico
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
VA	<i>Volt-Ampere</i>
VAC	Tensão Alternada
VCC/VDC	Tensão em Corrente Contínua
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade

1. Introdução

Hoje em dia na área industrial a eficiência e a rapidez de iniciar e concluir projetos, produzir e vender o produto acabado são as diretivas essenciais, sem elas o sucesso das empresas não será, de todo, o mais desejado. No sector secundário, mais propriamente da produção industrial, o tempo é um bem essencial para o lucro das empresas e para o seu sucesso. Quanto mais eficiente for a empresa mais valorizada se encontrará. No mundo atual, em que tempo é dinheiro, a necessidade de desenvolvimento de tecnologias que permitam rapidez e facilidade na execução de tarefas encontra uma procura bastante elevada (Tomé, 2019).

A evolução da tecnologia tem permitido às empresas obter mais soluções e maior rapidez na produção de componentes e equipamentos. Com isto, os trabalhadores fabris sofrem consequências na forma em que realizam funções, pois, são cada vez mais preteridos por máquinas que executam a mesma função, com uma rapidez e eficiência superior. Foi nesse contexto que surgiram empresas que projetam e produzem equipamentos/máquinas industriais para tornar o sector secundário mais competitivo.

Em seguida, é apresentado mais detalhadamente a temática do trabalho desenvolvido e descrito como este documento está elaborado por forma ao leitor obter uma melhor perceção dos trabalhos elaborados ao longo do estágio.

1.1. Enquadramento do Tema

A inserção na área de trabalho é cada vez mais árdua e mais exigente. A experiência de trabalho e a interação com o meio, são mais valias que não se obtêm de um dia para o outro, são necessários anos. Por esse motivo são realizados estágios, onde o estagiário inicia o seu primeiro contacto com a área de trabalho e com o seu meio envolvente. Adquirindo, assim, alguma experiência.

O estágio curricular descrito foi realizado na sede da empresa Coelho & Cortesão, Lda. situada na Estrada Nacional 234, Variante de Portunhos, nº 1, 3060-025 Ançã. O estágio iniciou no dia 10 de dezembro de 2018, e terminou no dia 31 de agosto de 2019. Durante este período foram elaborados diversos projetos dentro da área de atividade da empresa, sempre com o intuito de prover uma aprendizagem contínua.

As áreas de atuação da empresa abrangem projetos de automação e a sua implementação nas empresas clientes, assegurando consequentes intervenções de manutenção, caso necessário.

A Coelho & Cortesão, Lda é uma empresa nascida da relação com a indústria cerâmica tendo alargado os seus horizontes a todo o tipo de indústrias. Projeta e instala soluções inovadoras, robustas e de fácil manuseamento. Trabalha num ambiente competitivo em que há constantemente a vontade de impulsionar a equipa para que se faça sempre mais e melhor, isto, leva a que haja sempre algo a melhorar.

Em seguida, são apresentados os objetivos pretendidos no estágio curricular.

1.2. Objetivos

Os principais objetivos deste estágio curricular de mestrado foram:

- A concepção, desenvolvimento e implementação de projetos de automação;
- Interação com protótipos virtuais tri/bidimensionais usando *software* específico;
- Interação com equipamentos de controlo e aquisição de dados;
- Interação com autómatos – montagem, programação e teste;
- Interação e familiarização com diversos equipamentos eletrónicos de forma a entender o seu funcionamento e o seu manuseamento;
- Compreender o mecanismo adotado pela empresa para a concepção de máquinas. Desde o tipo de máquina a projetar, o seu desenho/estrutura em *software*, componentes utilizados, e o tipo de proteções de segurança necessários para os equipamentos/máquinas.

1.3. Organização do Documento

A estrutura deste relatório, está dividida em 5 capítulos. Expondo no início um resumo que sintetiza os objetivos, o trabalho desenvolvido e por fim uma secção de referências bibliográficas e anexos.

- No capítulo 1 (o presente capítulo) é apresentado um enquadramento dos temas que serão expostos ao longo do relatório, bem como uma motivação para a realização deste estágio;
- No capítulo 2 é feita uma apresentação resumida da empresa, onde o estágio foi realizado, destacando as suas áreas de competência.
- No capítulo 3 são abordados os principais conceitos e tecnologias de suporte que fundamentam os trabalhos realizados;
- No capítulo 4 são apresentados os projetos nos quais houve colaboração, onde são expostas as suas funcionalidades e características. São também descritas as ferramentas utilizadas no desenvolvimento das interfaces do operador com a máquina, a programação dos autómatos e a elaboração de esquemas elétricos e pneumáticos;
- O Capítulo 5 contém as conclusões relativas ao desenvolvimento dos projetos;

2. A Empresa Coelho & Cortesão, Lda

No presente capítulo, é apresentada a entidade de acolhimento, onde são expostos aspetos relativos ao local de realização do estágio e a metodologia de trabalho na empresa.

O estágio foi enquadrado no âmbito de uma colaboração institucional, formalizada através de um protocolo de estágio, entre o Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) e a empresa Coelho & Cortesão, Lda. O estágio decorreu na área da empresa que implementa e elabora sistemas automatizados. Proporcionou o acompanhamento das seguintes equipas: programadores de *software* e de equipamentos eletrónicos, equipa de projetistas de esquemas elétricos e desenho 3D e por último o acompanhamento de uma equipa de técnicos de mecânicos industriais e eletricistas para a instalação de toda a estrutura envolvente.

A empresa Coelho & Cortesão, Lda. (Figura 1) foi fundada em 2001, nascida de uma profunda relação com a indústria cerâmica tendo alargado os seus horizontes a todo o tipo de indústrias, como de artefactos de cimento, agrícolas e avícolas.



Figura 1 – Vista frontal Coelho & Cortesão, Lda¹

É uma empresa atual, com forte presença na área de automação aplicada a diferentes tipos de indústria. Mais especificamente, desenvolve e faz manutenção a sistemas de paletização, sistemas de impressão de alta definição fixos e portáteis, e sistemas de etiquetagem. Desenvolve ainda aplicações de *software* de automação e executa reparação de sistemas eletrónicos.

A empresa procura criar soluções, participando nas obras contratadas, sempre que possível, desde a fase de projeto. Após elaboração e aprovação da fase de projeto, é iniciada a fase de obra com a implementação do que foi projetado. Na Figura 2 é possível observar um diagrama funcional do processo de gestão de um projeto, desde a ideia inicial à implementação.

¹ <http://coelhocortesao.com/contactos.htm>

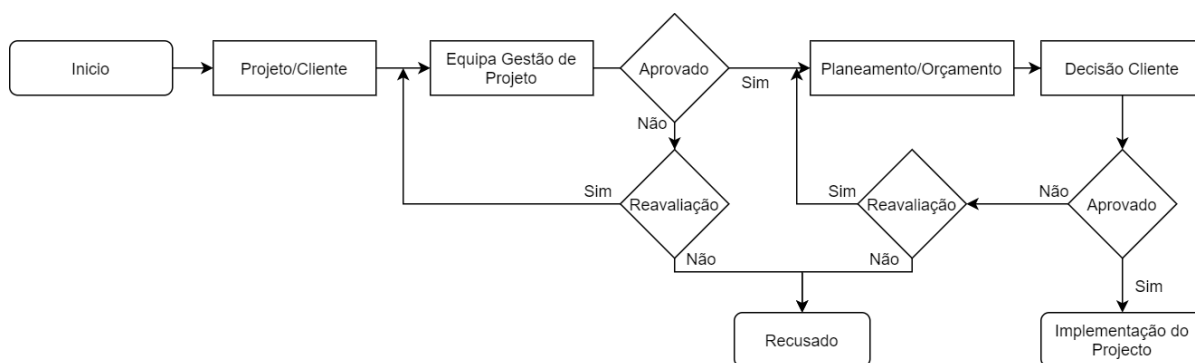


Figura 2 – Diagrama funcional de um projeto

Toda a participação em obra, seja na execução da parametrização do equipamento como nos testes feitos na mesma, acarreta sempre as suas dificuldades, sendo necessárias, por vezes, retificações nas soluções anteriormente projetadas. É no sentido de prever problemas que a empresa investe muito do seu trabalho. Por isso, esta empresa valoriza o trabalho bem feito e impulsiona a investigação para descobrir novas formas de integrar diversas tecnologias na gestão de todos os equipamentos, sempre que estas, sejam rentáveis e tenham potencial sucesso.

Com presença no mercado desde 2001, a Coelho & Cortesão, é reconhecida pela qualidade dos produtos que oferece, tais como equipamentos eletrónicos e serviços que disponibiliza para automatizar a produção e processos industriais. Em relação aos equipamentos eletrónicos, dispõe de um portefólio de marcas internacionais inovadoras e de grande prestígio no mercado da automação, tais como, Omron, Siemens, Schneider, entre outras. Comercializa um vasto leque de componentes, como: sensores, fotocélulas, barreiras de segurança, *encoders*, fontes de alimentação, etc.

A empresa também se dedica à produção de sistemas de impressão e marcação. Tem neste momento no mercado impressoras portáteis e fixas com pré-parametrização da marcação, como se pode observar na Figura 3.



Figura 3 – Impressoras portáteis JetMAN²

² <http://www.coelhocortesao.com/jetman.htm>

Estas impressoras, para além de serem práticas e económicas conseguem escrever uma ou mais linhas diretamente em cerâmica, cimento, paletes, embalagens e outras superfícies. As mensagens a imprimir são pré-parametrizadas em terminais ou computadores e podem ter comprimento e tamanho de letra variáveis. Para produtos mais robustos, a empresa possui um sistema *plotter* de impressão para linhas de produção com grande dimensão.

A empresa também projeta e instala sistemas de automação completos como linhas de produção com encaminhamento, impressão, etiquetagem e paletização (ver Figura 4).



Figura 4 – Sistema de paletização³

³<http://www.coelhocortesao.com/pal.htm>

3. Conceitos e Tecnologias de Suporte

No presente capítulo, é realizada a contextualização dos temas abordados neste relatório, referindo os vários conceitos e tecnologias usados.

3.1. Evolução da Indústria

As indústrias de hoje são resultantes de várias revoluções nos processos industriais que ocorreram ao longo dos anos, como se pode ver na Figura 5. A revolução industrial, é um processo que leva a várias mudanças que ocorrem por todo o mundo, tendo a primeira revolução ocorrido na Europa no século XVIII. Essas revoluções são caracterizadas pelo desenvolvimento e inserção de tecnologias inovadoras como forma de aperfeiçoar e evoluir os processos industriais.

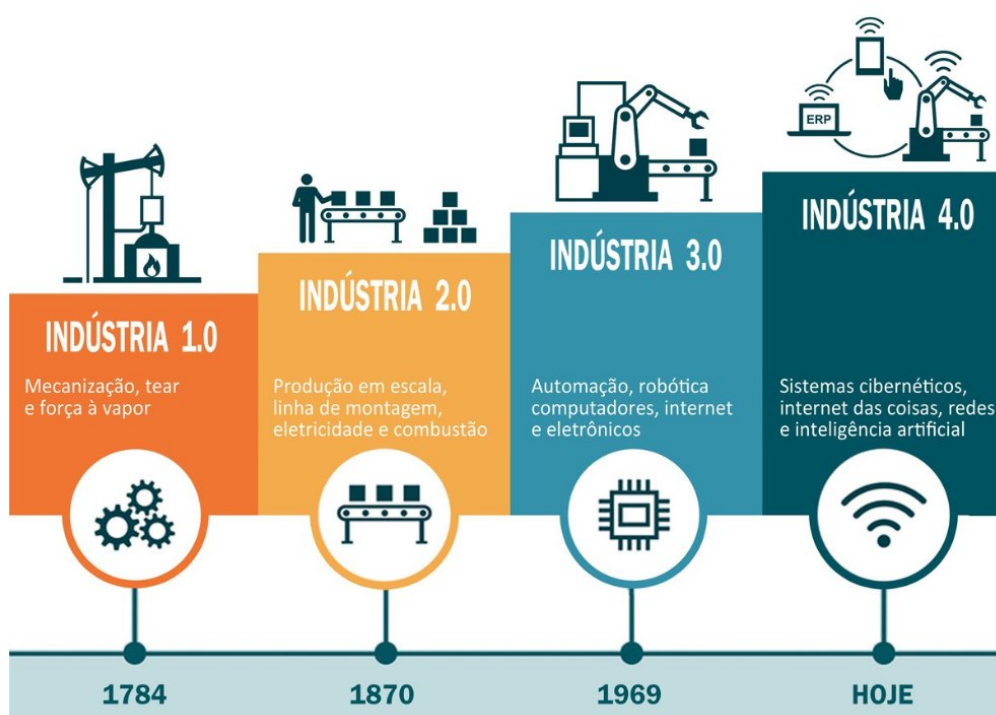


Figura 5 – Evolução das indústrias ao longo do tempo⁴

História da evolução da indústria (Neves & Sousa, 2014):

- **Indústria 1.0** – A primeira revolução industrial, refere a inserção da força do vapor, mais propriamente a máquina a vapor na indústria artesanal e a mecanização da produção de forma a melhorar o processo industrial com maior precisão e em tempo reduzido comparado com o trabalho humano;
- **Indústria 2.0** – A segunda revolução industrial, menciona a descoberta de novas fontes de energia como o petróleo, a eletricidade, novas técnicas de produção e linhas de montagem, aumentando, assim, a eficiência, a produtividade e a redução de custos. Surgiu nessa época o motor a combustão;

⁴ <http://anadi.com.br/o-que-e-industria-4-0-saiba-mais/>

- **Indústria 3.0** – A terceira revolução industrial, também conhecida como revolução técnico-científica, remete para as inovações nas áreas da robótica, telecomunicações, informática, eletrônica, automação, entre outros. Criou impacto na indústria, elevando a produção em tempo reduzido e em maior escala. Surgiu também a permuta da mão de obra por sistemas robotizados capazes de realizar trabalhos mais minuciosos e com maior precisão;
- **Indústria 4.0** – A quarta revolução industrial, é impulsionada pelas tecnologias inovadoras, inteligência artificial, que causam efeitos profundos, quer nos sistemas de produção, quer nos modelos de negócio. Agrega sistemas informáticos de grande capacidade de forma a armazenar com rapidez grande quantidade de informação de modo a serem analisadas para antecipar riscos e otimizar processos.

O fundamento básico da Indústria 4.0, sustenta que através da interligação das máquinas, sistemas de produção e equipamentos, fazem com que as empresas tenham a capacidade de criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor, e assim, controlar e comandar os processos de produção de forma independente.

A evolução da indústria nunca seria possível sem a evolução da tecnologia como mencionado nas revoluções referidas anteriormente. Tal como, nunca seria possível chegar ao nível dos dias de hoje sem a insatisfação do ser humano. Apesar do conhecimento que possui tende sempre a querer evoluir.

3.2. Conceito de Automação

No dia-a-dia das indústrias surgem, constantemente, novos concorrentes e novos desafios, decisivos para o seu sucesso, o que obriga a novas exigências e novas formas de pensar. A aposta na otimização dos processos e na flexibilidade dos métodos, por parte das empresas, facilita a adaptação em situações de dificuldades que ocorrem.

O conceito de automação pode ser definido como um conjunto de sistemas mecânicos e eletrônicos interligados por um sistema de controlo, com transferência de dados e informações que atua conforme está programado. O sistema e os processos podem ser completamente automáticos, sem interferência humana, resultando na redução de erros e maior precisão.

As evoluções das tecnologias na área da automação estão em constante modificação, de forma a serem competitivas. Essa automação, apresenta 5 benefícios principais (Ecobite, 2019):

- **Produtividade** – É essencial o mínimo desperdício. Uma produção mais eficiente é também uma produção de maior volume;
- **Custo** – O investimento em processos de automatização, permite primeiramente a diminuição da intervenção humana (logo, mais precisão) e posteriormente proporciona aquisição de dados de forma a tomar decisões mais corretas;
- **Qualidade** – O uso das soluções tecnológicas permite garantir uma previsão de qualidade assegurada;

- **Flexibilidade** – Através de programação é possível implementar mudanças rápidas sem ter que fazer alterações de fundo a toda a linha;
- **Segurança** – Diversas máquinas ou matérias primas transformam o ambiente de trabalho prejudicial ao operador, através da automatização de processos os riscos para os operadores são mais reduzidos.

Em suma, o investimento em automação retorna um número significativo de benefícios imediatos. Estes motivos, levam à crescente implementação de sistema automatizados, em ambiente industrial.

3.3. Categorias da Automação

Como em outras áreas, a área de automação, teve de acompanhar a evolução da tecnologia e das indústrias, de forma a se adaptar ao que era solicitado pela produção industrial. Foram desenvolvidos vários tipos de automação (como se pode ver na Figura 6), que se relacionam com o volume de produção e com a diversidade de produtos.

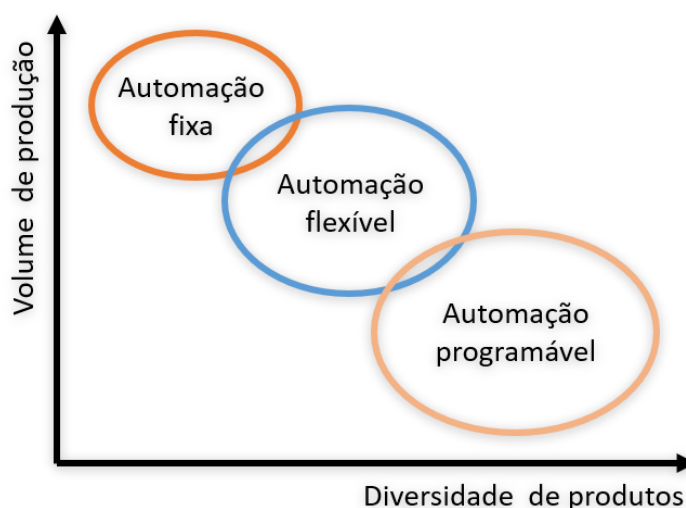


Figura 6 – Relação entre os tipos de automação⁵

Com o surgir do mercado caracterizado pela diversidade de produtos com vida útil reduzida e para conseguir dar resposta, foi necessário diversificar, de forma a flexibilizar, sem prejudicar os níveis médios de produtividade. Assim, a sequência de operações passa a ser controlada por um programa, permitindo a flexibilização do processo automático de produção.

A evolução tecnológica tem vindo a permitir a implementação de novos sistemas de automação que acompanham as novas conceções das linhas de produção. Consequentemente podem ser definidas 3 variantes de automação (Electrical Technology, s.d.):

- **Automação Fixa** – Este tipo de automação industrial é caracterizado pela rigidez da configuração do equipamento, ou seja, uma vez criada uma determinada configuração de controlo, não é possível modificar posteriormente

⁵ Figura adaptada de: <http://www.profelectro.info/wp-content/uploads/rob6.jpg>

sem realizar um novo projeto. É indicada para tarefas específicas onde o volume de produção é elevado pela abundância de produtos semelhantes. As operações a realizar são geralmente simples, eficientes e fiáveis;

- **Automação Programável** – Este tipo de automação é utilizado quando o volume de produção é relativamente reduzido ou há uma grande variedade de produtos a serem fabricados. Neste caso, o sistema de produção pode ser facilmente adaptável a alguma variação na configuração de produtos, por este motivo, existe a possibilidade de uma interação de produtos caso seja uma produção contínua;
- **Automação Flexível** – A automação flexível abrange aspetos da automação fixa e da programável, o que indica que possui algumas das características similares dos dois tipos de automação. A automação flexível é programável para diferentes configurações de um dado produto, no entanto, a variedade dessas configurações é limitada.

Uma das grandes diferenças entre a automação flexível e programável é que nesta última os produtos são produzidos em lotes e no final podem ser reconfigurados/programados para produzir lotes de outro produto, já na automação flexível podem ser produzidos vários produtos alternadamente no mesmo sistema de produção.

3.4. Componentes de Sistemas de Controlo Industriais

Atualmente, nas empresas modernas, existe uma grande colaboração entre o trabalho humano e o trabalho realizado por elementos de automação industrial (autómatos programáveis, equipamentos pneumáticos e hidráulicos, entre outros).

Os autómatos possuem uma grande robustez e processamento lógico, necessário no meio industrial, de forma a automatizar os processos de produção. Este equipamento têm uma elevada capacidade de comunicação e iteração com outros equipamentos, executando o controlo de todas as operações para o qual está programado.

Essa realidade, coloca enormes desafios à área de integração e desenvolvimento, pois, é necessário criar dispositivos de interface entre o operador e a máquina – HMI (Interface Homem-Máquina) – que se pretendem simples, intuitivos e seguros.

Uma contribuição adicional e importante dos sistemas de automação industrial, é a conexão do sistema SCADA (Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados) com sistemas corporativos de administração das empresas. Esta conectividade permite a partilha de dados importantes da operação diária dos processos, contribuindo para as decisões.

3.4.1. Controlador Lógico Programável

Um sistema de controlo típico baseado em PLC (Controlador Lógico Programável), ilustrado na Figura 7, toda a informação dos sensores (Entradas), é centralizada no controlador programável (Lógica) que decide o estado dos atuadores (Saídas), de acordo com a estrutura do programa definido. A componente lógica é executada por um equipamento do tipo

microprocessador, desenvolvido para efetuar tarefas de lógica programada, temporização, contagem e operações matemáticas a alta velocidade.

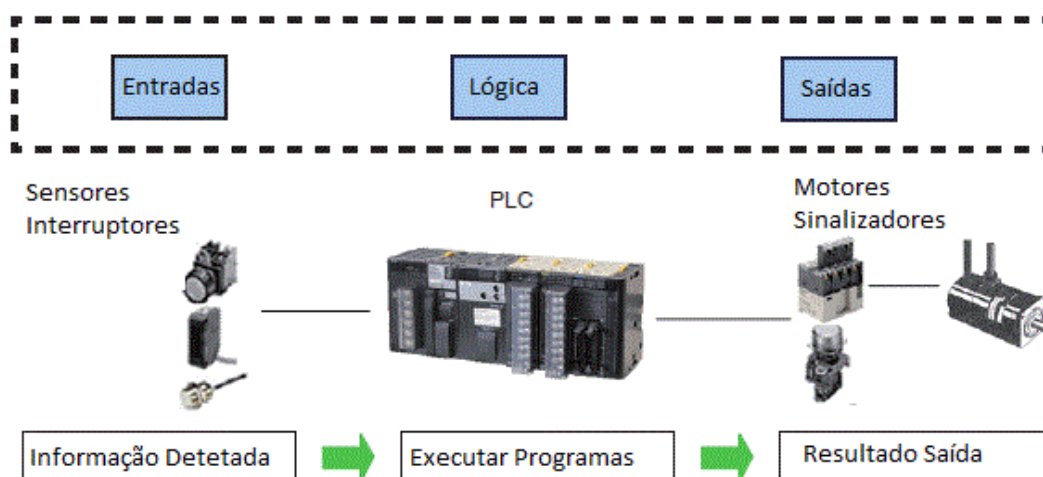


Figura 7 – Vista geral do sistema de controle ⁶

O ciclo de funcionamento do PLC consiste em 4 etapas (ver Figura 8) sendo que o início não conta como etapa.

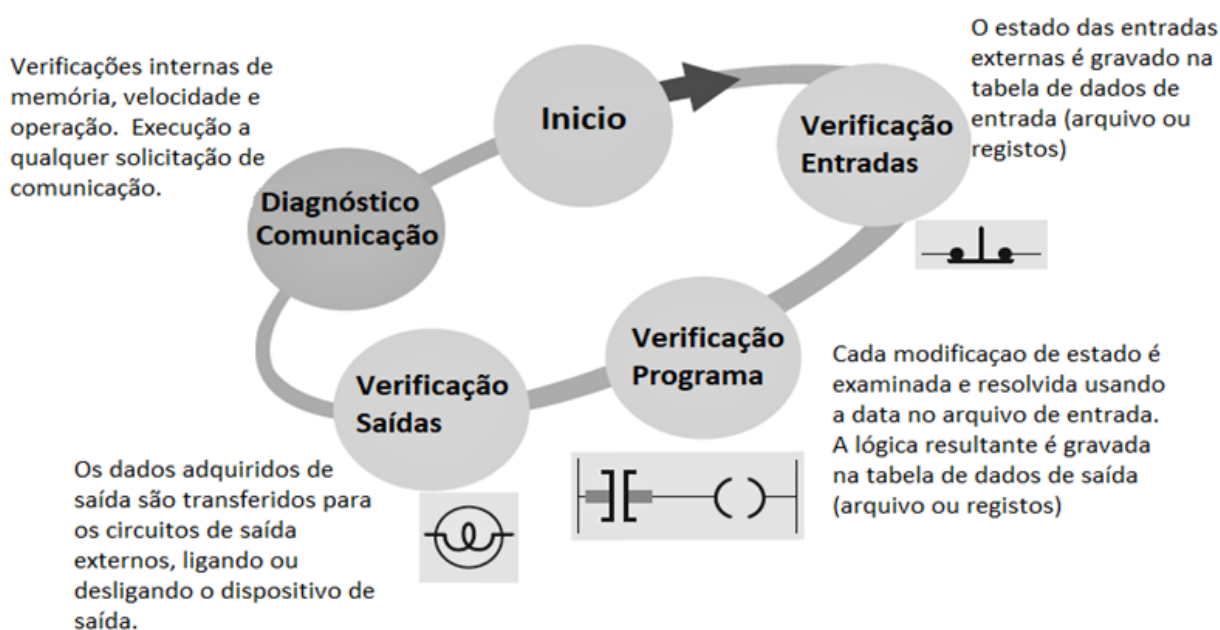


Figura 8 – Ciclo de funcionamento do PLC ⁷

As etapas do ciclo de funcionamento são repetidas continuamente, sempre pela mesma ordem (ciclo). O ciclo inicia na etapa “Verificação Entradas” a leitura do estado das entradas e regista-o. Na etapa “Verificação Programa” processa o programa lógico de acordo com as entradas, e posteriormente processa a etapa “Verificação Saídas” onde atualiza as saídas. A última etapa é a de “Diagnóstico/Comunicação” que inclui os diagnósticos internos e comunicações necessárias com outros equipamentos (Forum automation, 2018).

⁶Figura adaptada de: <https://www.ia.omron.com/support/guide/26/introduction.html>

⁷Figura adaptada de: <https://automationforum.in/t/what-is-process-scan-process-time-in-plc/3666>

A fabricação de díspares modelos de equipamentos dedicados à automação industrial gerou uma grande diversidade com a consequente incompatibilidade de características e métodos de programação.

Todos os controladores lógicos programáveis possuem normas de uso e fabrico, que facilitam a utilização do programador/operador e a interligação com outros equipamentos de controlo. A norma IEC (*International Electrotechnical Commission*) 61131 pretende regular e estabelecer um grande número de padrões para a área dos autómatos. Está subdividida em 10 partes, porém aqui só as mais relevantes para o presente trabalho são referidas:

- **Parte 1** – Capítulo introdutório – Estabelece as definições gerais dos termos utilizados na norma (IEC, 2003);
- **Parte 2** – Requisitos de Equipamentos e Testes – especifica os requisitos de *hardware* (IEC, 2017a);
- **Parte 3** – Linguagens de programação (IEC, 2013):
 - *Sequential Function Chart*;
 - *Instruction List*;
 - *Structure Text*;
 - *Function Block Diagram*;
 - *Ladder Diagram*;
- **Parte 4** – Orientações para o utilizador – estabelece um guia de aconselhamento aos utilizadores do autómato (IEC, 2004);
- **Parte 5** – Comunicações – define as comunicações entre autómatos (IEC, 2000a);
- **Parte 6** – Segurança funcional – descreve informação sobre a segurança funcional do equipamento (IEC, 2012);
- **Parte 7** – Programação de controlo *FUZZY* – define uma linguagem para a programação no modelo *Fuzzy Control* (IEC, 2000b);
- **Parte 8** – Implementação das linguagens de programação (IEC, 2017b);

Os autómatos possuem uma grande diversidade em relação à conexão com outros equipamentos. Podem interligar com módulos de comunicação de rede, módulos de leitura de entradas e saída (analógicas ou digitais), sistemas HMI, drivers de controlo de motores, variadores eletrónicos de velocidade, entres outros.

3.4.2. Interface Homem-Máquina

O sistema *Human-Machine Interface* (HMI) (ver exemplo da Figura 9), também conhecida como interface de utilizador, consiste num painel que possibilita ao operador comunicar em tempo real com uma máquina, permitindo visualizar informações do seu estado de funcionamento. Possibilita a monitorização em ambiente industrial do estado de todo o

sistema a que está interligado, permitindo assim ao operador adaptar as suas ações conforme a informação, dados, alertas e erros/emergências do sistema.



Figura 9 – Sistema HMI⁸

O sistema de interface gráfico dinâmico proporciona várias vantagens à indústria, possibilitando uma melhor visibilidade das operações das máquinas e funcionamento dos equipamentos. Permite o acesso a dados em tempo real, análise de dados e melhorar a eficiência das operações. É ainda possível a visualização de alertas e informações de estado e de comando. Através de “ecrãs” dinâmicos é possível aumentar a interatividade do operador com a máquina. Estes equipamentos são usados em ambiente industrial devido à sua robustez, fácil manuseamento e capacidades de comunicação com PLCs (Copadata, s.d.).

Na norma ISO (*International Organization for Standardization*) 9241-110, o termo interface de utilizador é definido como *"todas as partes de um sistema interativo (de software ou hardware) que fornecem informações e controlo necessários para que o utilizador realize uma determinada tarefa com o sistema interativo."* (ISO, 2020).

3.4.3. Sistema SCADA

Os sistemas SCADA, (ver Figura 10), são fundamentais para uma vasta gama de organizações industriais, porque permitem o controlo de diversos equipamentos, assim como, a integração de múltiplos sistemas industriais.

Pode ser utilizado num simples HMI de forma a controlar o processo de uma máquina ou pode ser usado para o controlo e visualização de um conjunto de máquinas, cuja interface pode ser realizada por exemplo numa sala de controlo como mostra a Figura 11.

O sistema SCADA é uma plataforma de aquisição, controlo e monitorização de dados e processos para automação, possibilitando o acesso local ou remoto, permitindo o controlo de componentes físicos através de representações gráficas e relatórios, com o objetivo de manter uma supervisão rápida e eficiente de todo o processo industrial.

⁸ <https://5.imimg.com/data5/EF/WW/MY-2172111/industrial-hmi-500x500.jpg>

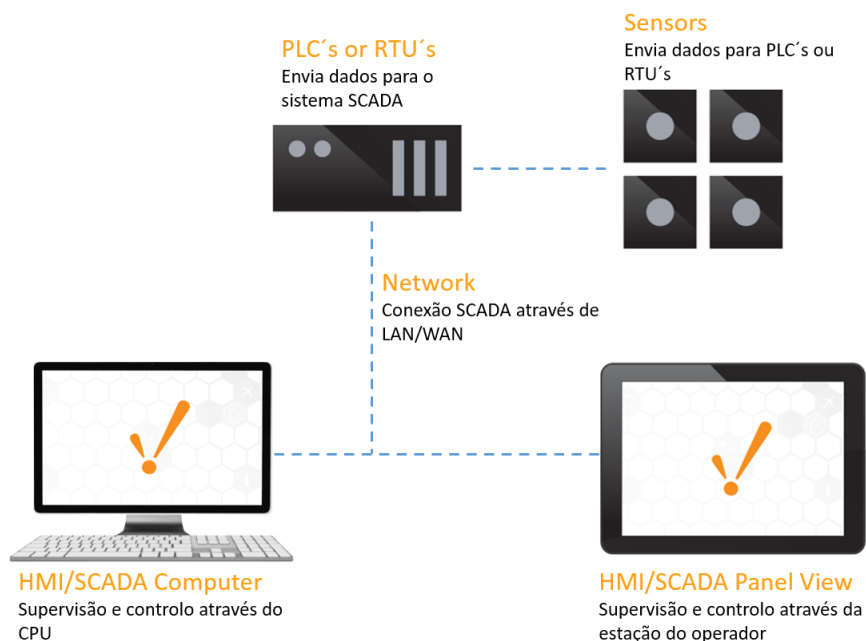


Figura 10 – Arquitetura do sistema HMI/SCADA⁹



Figura 11 – Sala de Controlo do Sistema SCADA¹⁰

Segundo (Inductive Automation, 2018) esses sistemas proporcionam vantagens de utilização, tais como:

- **Eficiência** – Através da informação gerada em tempo real é possível identificar falhas e consequentemente otimizar as tomadas de decisão;
- **Usabilidade** – Operar remotamente no processo, sem intervenção física na máquina;
- **Gestão** – Criação de relatórios e gráficos que ajudam na tomada de ações;

⁹Figura adaptada de: <https://nasio.id/scada/>

¹⁰ <https://www.citisystems.com.br/scadas-e-supervisorios/>

- **Visibilidade** – Sinalização em tempo real de falhas no processo e consequente registo em base de dados para consultas futuras.

O sistema SCADA está interligado com equipamentos visuais (HMI) e equipamentos de controlo (PLC) que fornecem toda a informação dos processos das máquinas criando assim um sistema em rede de supervisão, controlo e aquisição de dados.

3.4.4. Variador Eletrónico de Velocidade

Um Variador Eletrónico de Velocidade (VEV) é uma unidade eletrónica de potência para o controlo da velocidade de motores de indução. O controlo da velocidade economiza energia, protege a rede elétrica e a máquina, assim como, melhora a qualidade e o volume de produção devido a sua alternância de velocidade. Alguns VEVs possibilitam a ligação de vários motores, sincronizando o funcionamento de motores em cadeia, muito utilizados por exemplo em linhas de montagem.

O VEV é constituído por uma unidade retificadora, um circuito de corrente contínua e uma unidade inversora, sendo este usado para variar a frequência e consequentemente alterar a velocidade de rotação do motor a que está ligado.

Estes equipamentos podem ser programados por um dispositivo interligado ao circuito de comando, por exemplo um PLC, ou manualmente através de uma interface de utilizador, para uma parametrização mais estática de funcionamento (ver Anexo I). A Tabela 1 mostra uma lista de parâmetros possíveis de configurar como: velocidades mínimas e máximas, retas de aceleração e desaceleração, entre outros.

Tabela 1 – Lista de Parâmetros de um variador eletrónico de velocidade¹¹

Parâmetro	Descrição	Gama de valores	Definição de fábrica	Descrição resumida
Limites de velocidade				
P-01	Rotação máxima	P-02 até $5 \times P-08$ contido máx. 500 Hz (padrão, P-10 = 0) ou P-02 até $5 \times P-10$ contido máx. 30 000 rpm (P-10 > 0)	50 Hz ¹¹	Se o limite superior da velocidade estiver em Hz ou rpm, ver P-10.
P-02	Velocidade mínima	0 – P-01	0 Hz	Se o limite superior da velocidade estiver em Hz ou rpm, ver P-10.
Rampas				
P-03	Rampa de aceleração	0 – 600 s	5 s	Tempo de rampa de aceleração em segundos. O tempo de rampa refere-se a uma mudança de passo do valor de referência de 0 – 50 Hz (1 500 rpm).
P-04	Rampa de desaceleração	0 – 600 s	5 s	Tempo de rampa de atraso em segundos. O tempo de rampa refere-se a uma mudança de passo do valor de referência de 0 – 50 Hz (1 500 rpm) – 0 Hz.
P-05	Seleção do modo de paragem	0 – 3 Ver "Descrição dos parâmetros ampliada" (→ 68).	0	Define o comportamento de atraso do acionamento para a operação normal e para a falha de alimentação.
P-06	Função de poupança de energia	0: desligado 1: ligado	0	Se ativada, esta função reduz automaticamente a tensão aplicada ao motor em caso de cargas leves. A menor tensão do motor possível corresponde, aquando de redução, a 50 % da tensão nominal.

¹¹ <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/20265786.pdf>

3.5. Normas de Segurança

Para a construção/produção de sistemas ou equipamentos automatizados é necessário cumprir várias normas de segurança, como por exemplo: requisitos dos equipamentos elétricos, distância entre equipamentos/estrutura e entre equipamentos e utilizadores, entre outros.

Uma das normas de segurança destaca a proteção do operador de forma a não pôr em risco a sua integridade física. Para esse fim, deve ser aplicado um sistema de barreiras de segurança físicas ou óticas (ver Figura 12). O sistema de barreiras ótico é constituído por dois elementos: um sistema emissor e um recetor de luz infravermelha.



Figura 12 – Barreiras óticas¹²

Todos os sistemas de segurança são monitorizados por equipamentos e circuitos isolados das restantes ligações da máquina. Fazem parte destes sistemas de segurança os relés de segurança, botoneiras de emergência e de rearme como observado na Figura 13.



Figura 13 – Equipamentos de segurança (relé de segurança¹³, botoneira de emergência¹⁴, sinalizador de rearme¹⁵)

¹² <http://www.sensordobrasil.com.br/barreira-optica-seguranca#group1-2>

¹³ https://pt.farnell.com/productimages/large/en_GB/42423163.jpg

¹⁴ <https://media.digikey.com/photos/Omron%20Elect%20Photos/A22-MR-01M.jpg>

¹⁵ http://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/my_ds_e_7_3_csm59.pdf

No design da estrutura de máquinas é necessário ter vários cuidados, de forma a impedir o operador de intervir diretamente no raio de ação da máquina, sendo que é necessário realizar a análise de riscos de toda a estrutura e funcionalidade da máquina (ver Figura 14). A estrutura da máquina tem de possuir sistemas que salvaguardem a segurança do operador, por exemplo, barreira fixas ou móveis para impedir que o operador consiga aceder às zonas de perigo sem transpor as portas ou barreiras de segurança que possuem fechaduras (ver Figura 15) ou interruptores magnéticos (ver Figura 16).

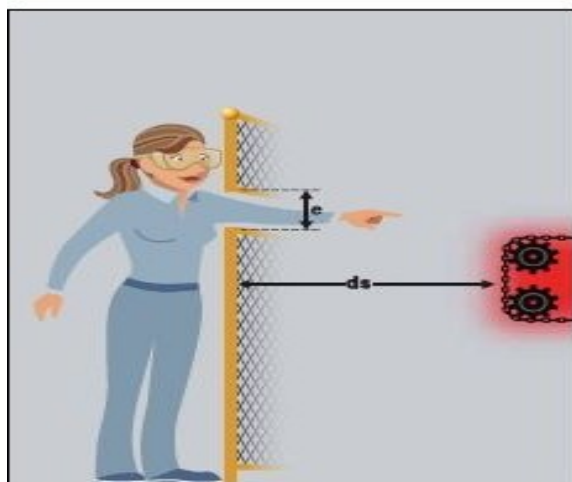


Figura 14 – Exemplo de cálculo de distância de segurança¹⁶

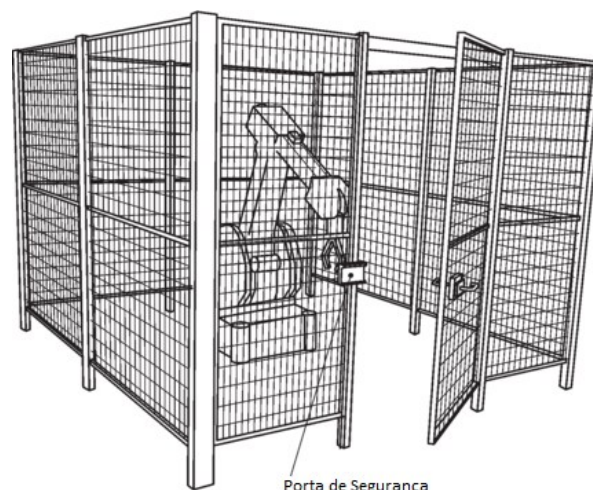


Figura 15 – Exemplo estrutura com proteções de distância¹⁷

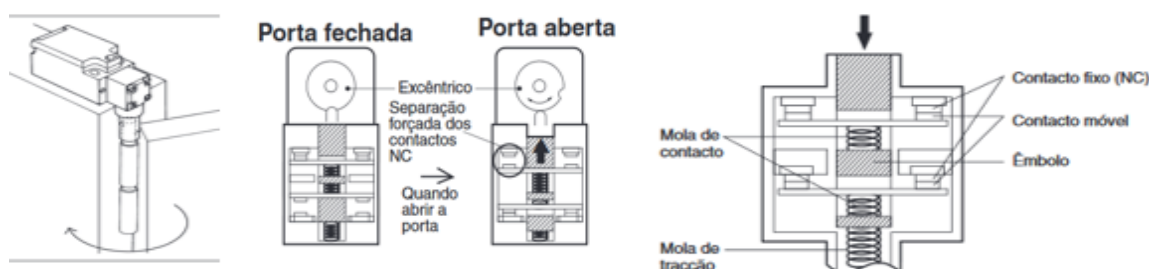


Figura 16 – Funcionamento do interruptor articulado¹⁸

O sistema deve ser projetado, construído e equipado de modo a que todos os perigos decorrentes do contacto elétrico ou movimentação de estruturas possam ser evitados. Todos os perigos identificados, devem ser sinalizados em zonas específicas por forma a informar dos tipos de perigo.

Neste capítulo, foram apresentadas as tecnologias e equipamentos de maior relevo para os projetos abordados durante o período de estágio. Foram ainda abordados os temas de segurança e normalização em sistemas de automação.

No capítulo seguinte, são abordados os projetos desenvolvidos e o seu funcionamento.

¹⁶ <http://belveseg.blogspot.com/2016/>

¹⁷ <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14120:ed-2:v1:en>

¹⁸ https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/pt/v3/c131_d4nh_miniature_safety-door_limit_switch_datasheet_pt.pdf

4. Projetos Desenvolvidos

No presente capítulo são apresentados os projetos desenvolvidos na empresa de acolhimento do estágio. Ao longo dos subcapítulos seguintes são descritos, com detalhes técnicos, os sistemas e os processos de funcionamento de cada projeto realizado.

4.1. Sistema Automático de Transporte de Caixas

Neste subcapítulo é descrita a elaboração do projeto de um sistema de transporte de caixas que contêm embalagens de ovos.

Este projeto foi realizado a pedido de uma empresa cliente do sector avícola que pretendia uma estrutura que permitisse a deslocação de caixas de uma linha 1 (linha com embalagem manual) e de uma linha 2 (linha com embalagem automático) com destino a uma máquina de fecho de caixas. Na Figura 17 é possível observar um esquema do sistema pretendido.

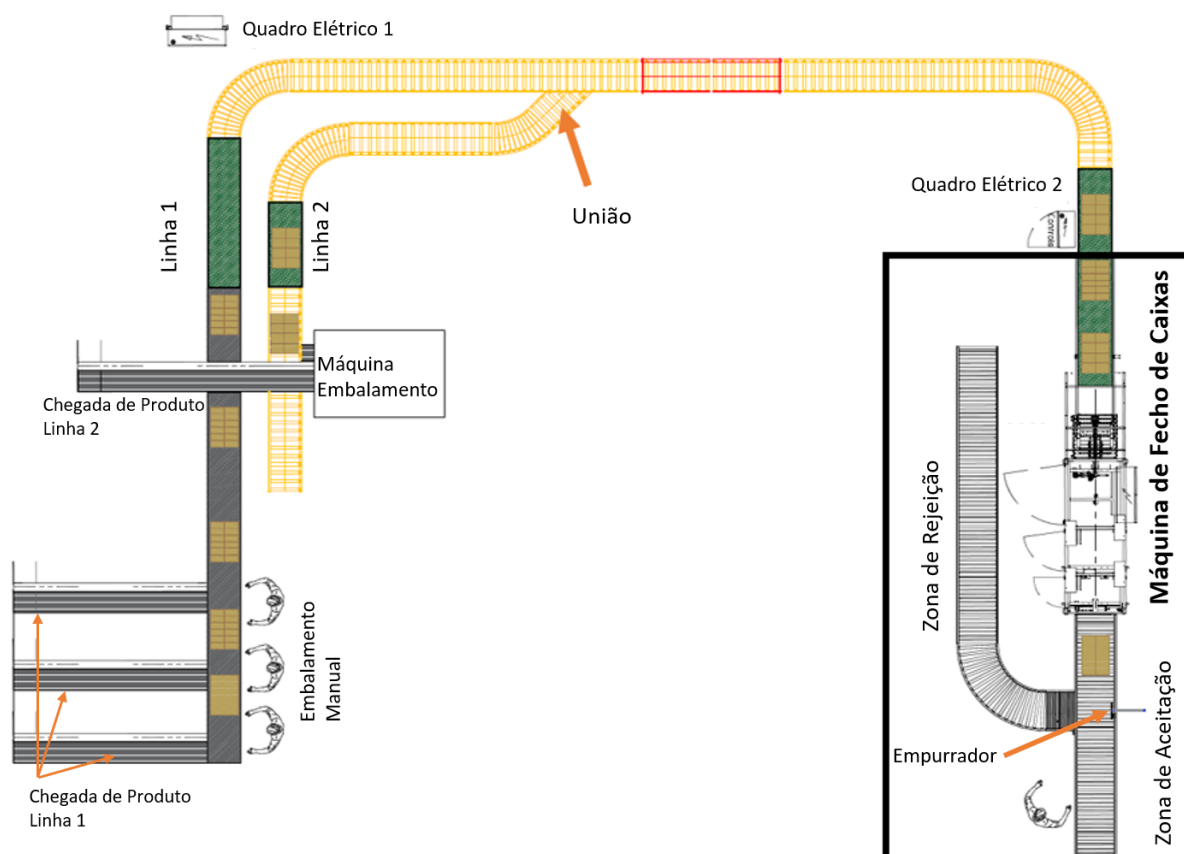


Figura 17 – Desenho 2D do sistema de transporte de caixas

A existência de uma união entre a linha 1 e 2 resulta do facto de ser necessário alinhar caixas com formatos diferentes de acordo com as prioridades atribuídas a cada linha, esta questão é clarificada na secção 4.1.2. Por esse motivo, o sistema deve decidir automaticamente que caixa tem passagem prioritária na união. Para além disso, era pretendido integrar um sistema de fecho de caixas que execute a dobra das abas das caixas e a sua selagem com fita cola. Por fim, era requisito a existência de uma zona de rejeição ou aceitação de caixas dependendo do seu estado.

O projeto foi integralmente analisado e testado pelo departamento de desenho técnico para identificar que sistemas, equipamentos e componentes seriam necessários para o seu perfeito funcionamento no espaço fornecido pela empresa cliente. Com esse fim em vista, foram executados vários esboços em *AutoCAD*¹⁹, de forma a avaliar que equipamentos e configurações melhor se adequavam ao projeto. Devido à distância entre as várias zonas de operação foram escolhidos 3 tipos sistemas transportadores (Figura 18), dois sistemas de rolos e um sistema de tapete.

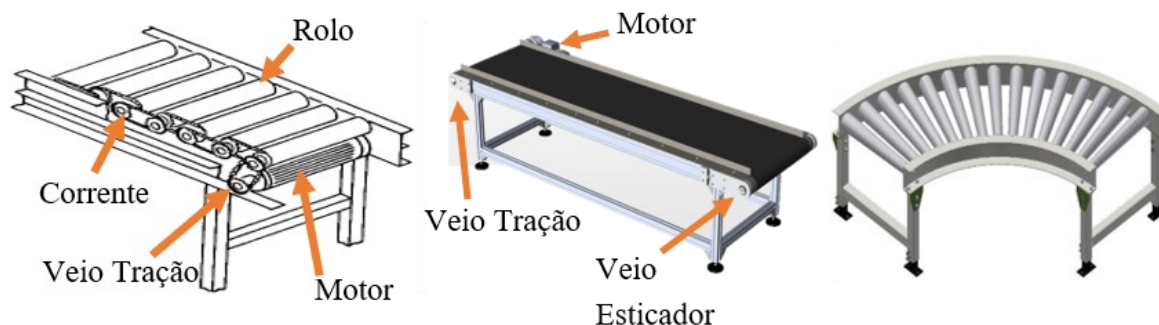


Figura 18 – Sistemas de transporte de caixas (transportador de rolos, transportador de rolos com curva de 90° e transportador de tapete)

Estes 3 tipos de transportadores foram inseridos em sítios específicos do sistema de acordo com as suas características. O sistema de rolos é utilizado em grandes deslocamentos das caixas ou na mudança de trajetória, onde a inclinação dos transportadores é reduzida. O sistema de tapete é mais apropriado para pequenas deslocamentos e onde existe grande inclinação, contrariando melhor o peso das caixas. Estes sistemas transportadores tem um funcionamento idêntico, utilizando um motor, correntes ou correias se forem de rolos. Já o sistema de tapete utiliza dois veios, um de tração e um de alinhamento.

A zona do fecho de caixas, contém um mecanismo de fecho que se adapta à dimensão das caixas inseridas. O mecanismo de fecho é constituído por um sistema pneumático, um sistema elevatório e um sistema de colagem representados na Figura 19.

Os sistemas pneumáticos, juntamente com o sistema elevatório, possuem duas funções: descobrir a altura da caixa (apalpador) que foi inserida, e movimentar os dois tapetes laterais que efetuam pressão na caixa guiando-a para o seu fecho. Os tapetes laterais, têm um sistema idêntico ao sistema transportador de tapete, neste caso executa o movimento da caixa lateralmente. Esses tapetes são deslocados, por um sistema pneumático, conforme a largura da caixa, de forma a executar o aperto e contacto com a caixa.

O sistema de ajuste de altura é constituído por um motor, uma correia, polias, veios de tração e uma estrutura móvel que suporta o sistema de colagem, efetuando a movimentação consoante a altura da caixa. A própria estrutura possui dois suportes pneumáticos para executar o fecho das abas laterais e suporta o sistema apalpador que executa o fecho da aba frontal e da retaguarda.

¹⁹ <https://www.autodesk.com/>

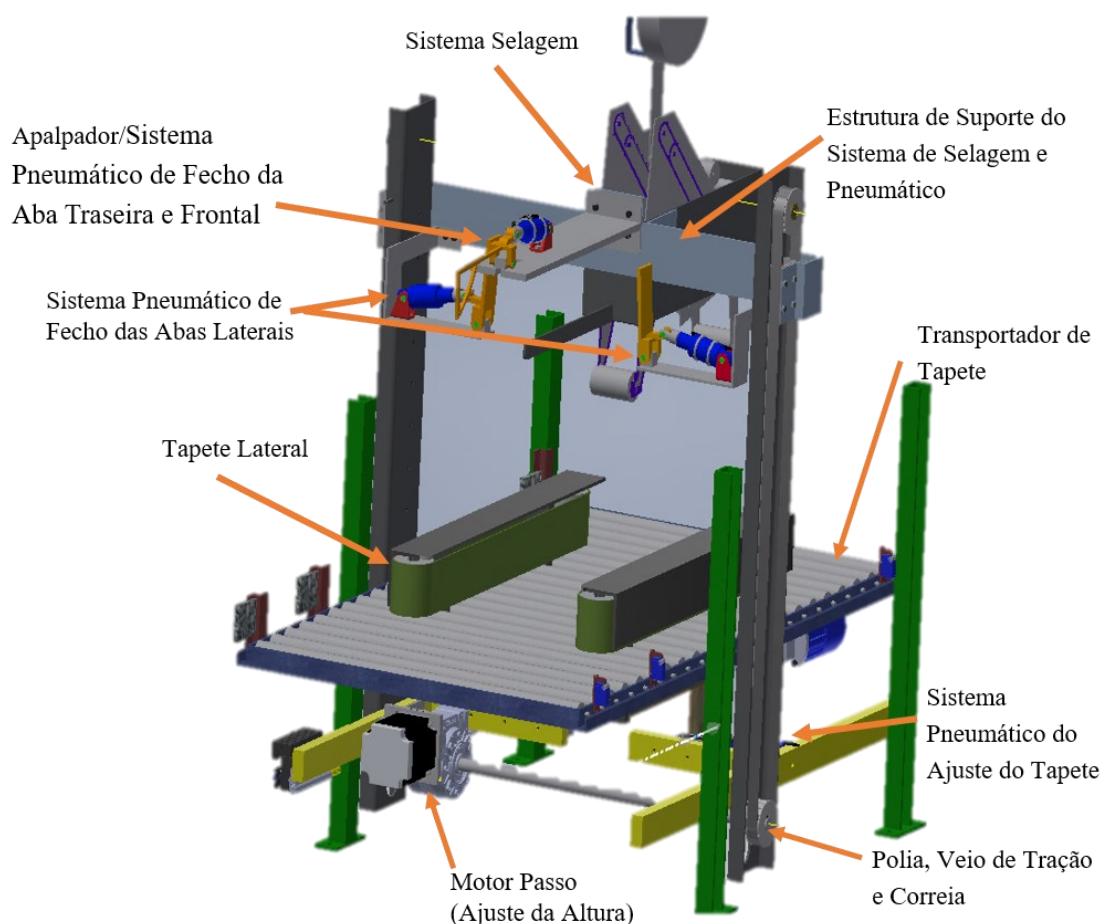


Figura 19 – Estrutura do sistema de fecho de caixas CAD 3D

O sistema de selagem, possui dois rolos que estão em contacto com a fita cola, um sistema de molas que interliga os dois rolos e um sistema de corte, que em conjunto executam a selagem da caixa como se pode observar na Figura 20.

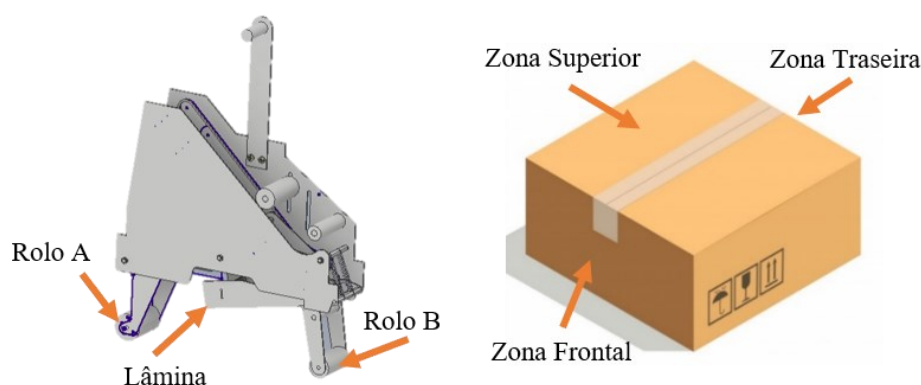


Figura 20 – Sistema de selagem

O funcionamento do sistema começa com a passagem da caixa pelo “Rolo A”, já com as abas da caixa fechadas, iniciando a rotação do rolo e a selagem com fita cola na zona frontal. Com o avanço da caixa, o “Rolo A” sobe e processa a selagem na zona superior. Quando os dois rolos deixarem de estar em contacto com a superfície da zona superior da caixa, o “Rolo B” desce e entra em contacto com a zona da retaguarda da caixa fazendo a selagem e o corte da fita.

Resumindo, o mecanismo de fecho de caixas é constituído por um sistema pneumático juntamente com o sistema elevatório que deteta altura da caixa com as abas fechadas (apalpador) e movimenta o sistema de compressão (tapetes laterais) que faz guiar as caixas para o sistema de selagem. Esse apalpador está embutido no sistema elevatório que se movimenta consoante a altura da caixa e fixa a elevação do sistema de selagem na altura correta. Depois a caixa ao atravessar a estrutura, fecha as abas e é feita a selagem na face superior e inferior da caixa. Com a selagem concluída a caixa é transportada para a zona de rejeição/aceitação, ilustrada na Figura 21.

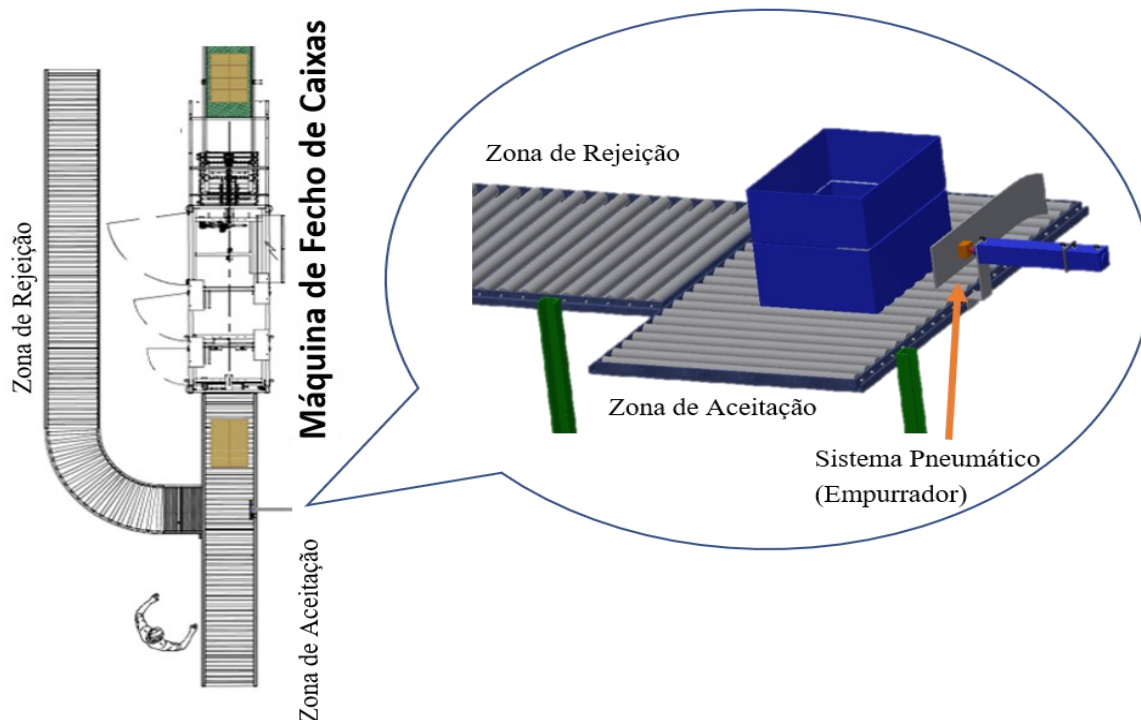


Figura 21 – Sistema de rejeição/aceitação de caixas

Caso o processo de fecho de caixas não tenha sido bem-sucedido, isto é, o sistema de colagem não detete que executou o fecho da caixa, pelo uso da informação da rotação do rolo da fita, existe um sistema pneumático que empurra (empurrador) a caixa por um caminho oposto (Zona de Rejeição). Se o processo funcionou corretamente as caixas, seguem pelo caminho das caixas sem defeito (Zona de Aceitação).

As imagens em 3 dimensões das Figura 19, Figura 20 e Figura 21 foram elaboradas no *software Autodesk Inventor*²⁰. O *Inventor* é um *software* de desenho técnico com vários recursos de visualização 3D, que permite construir e visualizar de forma virtual a estrutura de sistemas mecânicos. Com o auxílio desta ferramenta é possível analisar o comportamento dos sistemas projetados, sem a necessidade da sua construção.

Os sistemas pneumáticos utilizados neste projeto (Figura 22), incluíram um equipamento de tratamento de ar composto por dois componentes, um filtro regulador com medidor de caudal e um lubrificador. Para controlar da passagem do ar foi utilizada uma electroválvula para posicionar o cilindro.

²⁰ <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>



Figura 22 – Sistema pneumático (unidade tratamento de ar J2P.38.M12.A.NR, cilindro pneumático Airon e electroválvula EF52M4)

Na secção seguinte é abordado o desenvolvimento do esquema elétrico e a instalação realizada de acordo com este projeto.

4.1.1. Projeto Elétrico do Sistema

O esquema elétrico foi projetado e esboçado no *software EPLAN Electric P8*, como está representado na Figura 23. O *EPLAN*²¹ disponibiliza bibliotecas de componentes e ferramentas para elaboração de projetos de esquema elétricos, permitindo documentar e criar pormenores técnicos de projetos de automação.

É necessário um quadro elétrico (QE) para instalar todos os equipamentos de controlo lógico de processos, de controlo de potência e de proteção/segurança. Deste quadro são ramificadas todas as ligações que distribuem a energia pela instalação. Neste tipo de estruturas e equipamentos é inevitável e aconselhável seguir as normas de funcionamento dos equipamentos. Essas normas indicam por exemplo, a distância mínima entre equipamentos e zonas reservadas. Por exemplo, um interruptor de corte geral tem que estar em zonas de fácil acesso. Devem ser incluídas botoneiras de emergência em zonas específicas ao longo da máquina, que garantam uma resposta atempada e segura em caso de falha.

A escolha de equipamentos a instalar nos quadros elétricos foi estudada de acordo com os seguintes critérios:

- Local da Instalação;
- Fator de Utilização – Relação entre a potência absorvida por um dado aparelho de utilização e a sua potência estipulada (Pina, 2017);
- Fator de Simultaneidade – Relação entre o somatório das potências dos equipamentos suscetíveis de funcionarem simultaneamente e o somatório das potências estipuladas de todos os equipamentos alimentados pelo mesmo circuito (Pina, 2017);
- Tipo de alimentação elétrica fornecida pela empresa;
- Normas de proteção dos equipamentos;
- Potência dos equipamentos do Sistema de Transporte de Caixas (sensores, atuadores, entre outros);

²¹ <https://www.eplan.pt/pt/solucoes/engenharia-electrica/eplan-electric-p8/>

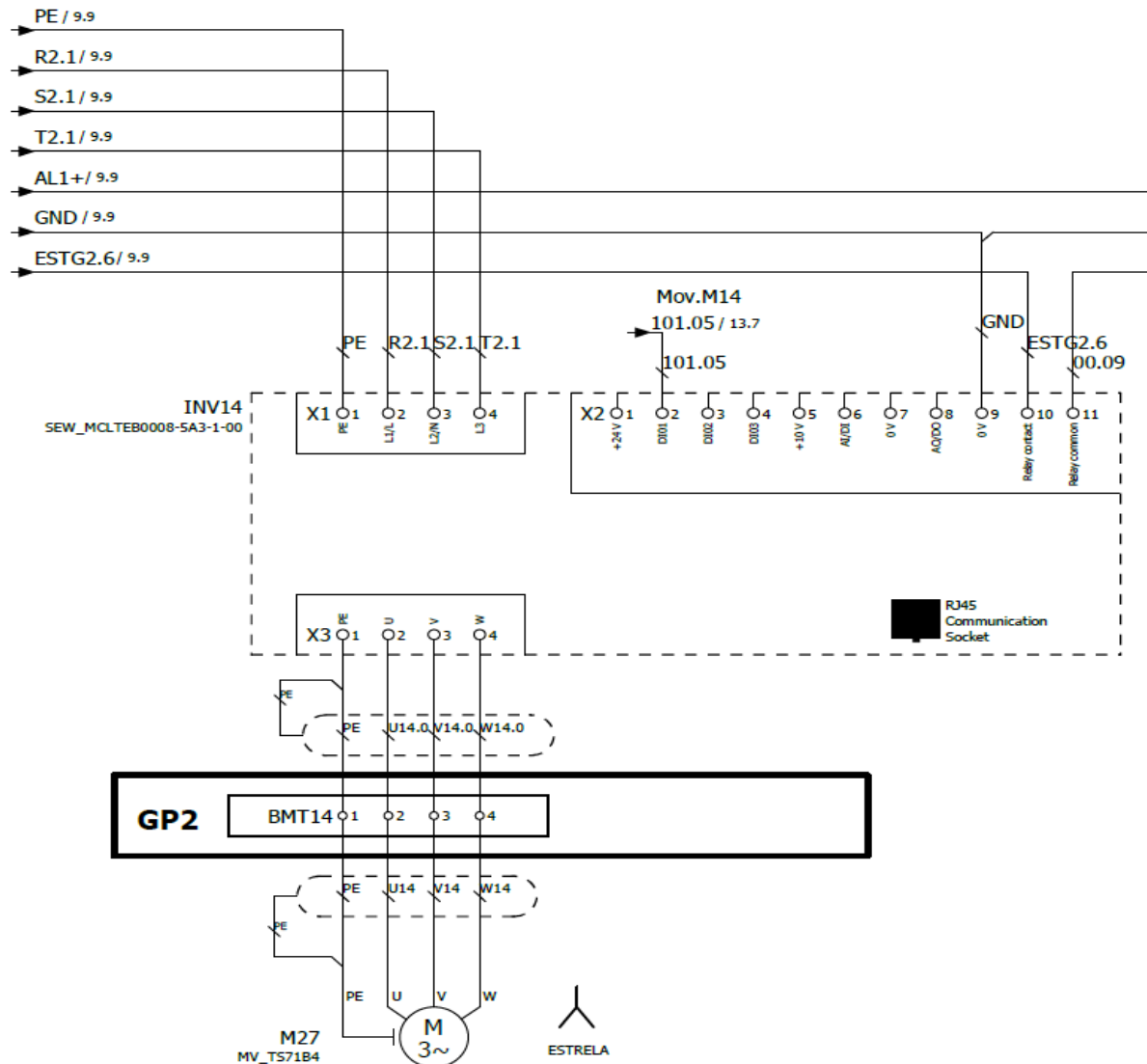


Figura 23 – *Software EPLAN* esquema elétrico do sistema automático de transporte de caixas

Na Figura 24, está ilustrado como são, normalmente, distribuídos os equipamentos num QE de uma forma mais pormenorizada.

Após a escolha dos equipamentos, foi executado a instalação dos quadros elétricos conforme o esquema do *software EPLAN*, ver Figura 25.

Neste sistema automático de transporte de caixas foram elaborados dois quadros elétricos. O quadro elétrico número um controla a zona das linhas 1, 2 e a união da passagem das caixas. O quadro elétrico dois controla a zona de chegada de caixas à máquina de fecho e à zona de controlo de qualidade da caixa, ver Figura 26.

Os quadros elétricos dispõem de equipamentos de corte geral, um filtro de rede para atenuar o ruído que pode interferir com os equipamentos mais sensíveis, disjuntores trifásicos e monofásicos com o objetivo de proteger e separar os vários grupos de VEVs. Contém também um conjunto de contadores que permitem a partir de um circuito de comando e segurança efetuar o controlo das cargas, neste caso os VEVs e os motores.

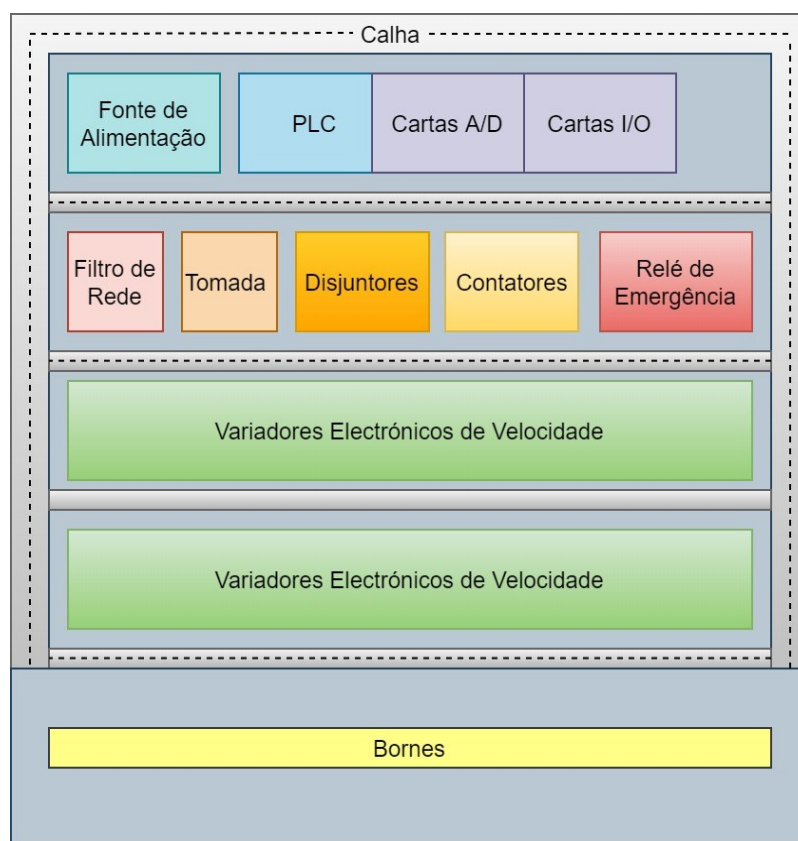


Figura 24 – Posicionamento dos equipamentos elétricos num QE

Número do artigo	DT	Número do Tipo
1	FA	S8VK-C12024
2	PLC	CP1L EM40DR-D
3	Filtro	FMAD-MRYB-2010
4	Tomada230V	A9A15310
5	DJP1	A9F79110
6	D1	A9F79325 -IC60N
7	D2	A9F79325 -IC60N
8	D3	A9F79325 -IC60N
9	KE1	LC1D09BL-24V DC 2.4W
10	KE2	LC1D09BL-24V DC 2.4W
11	RS	PNOZ X2.1
12	INV1	MCLTEB0008-5A3-1-00
13	INV2	MCLTEB0008-5A3-1-00
14	INV3	MCLTEB0008-5A3-1-00
15	INV4	MCLTEB0008-5A3-1-00
16	INV5	MCLTEB0008-5A3-1-00
17	INV6	MCLTEB0008-5A3-1-00
18	INV7	MCLTEB0008-5A3-1-00
19	INV8	MCLTEB0008-5A3-1-00
20	INV9	MCLTEB0008-5A3-1-00
21	INV10	MCLTEB0008-5A3-1-00
22	INV11	MCLTEB0008-5A3-1-00
23	INV12	MCLTEB0008-5A3-1-00
24	INV13	MCLTEB0008-5A3-1-00
25	INV14	MCLTEB0008-5A3-1-00
26	BF	ST 2,5
26	BF	ST 2,5
26	BT	ST 2,5-PE
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BT	ST 2,5-PE
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BN	ST 2,5 N
26	BS	DKD 1,5-TG
26	BN	ST 2,5 N
26	BF	ST 2,5
26	BF	ST 2,5

Quadro Elétrico 1

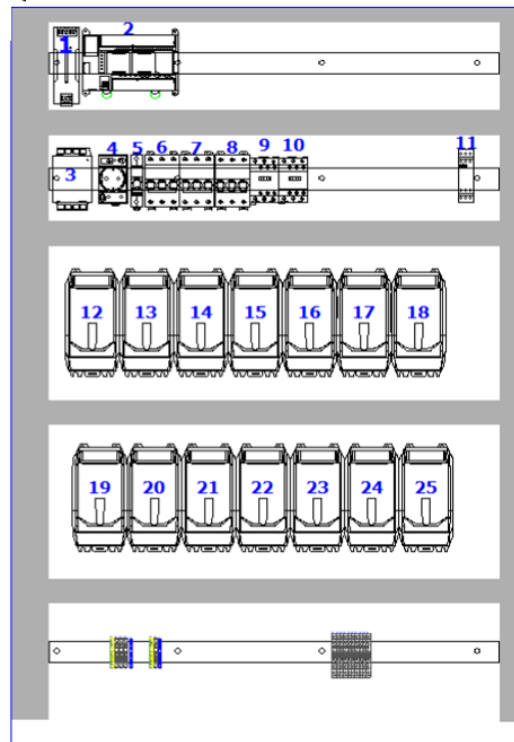


Figura 25 – Representação dos equipamentos elétricos no quadro elétrico 1



Figura 26 – Montagem dos quadros elétricos do sistema automático de transporte de caixas

O circuito de comando é controlado por um autómato da marca Omron interligado com sensores (fotocélulas e sensores magnéticos para os cilindros pneumáticos) e atuadores (electroválvulas, contadores e VEVs) sendo que todo o circuito de comando é alimentado eletricamente por uma fonte de alimentação de 24VDC.

O circuito de segurança dispõe de um relé de segurança, referido na secção 0, que está interligado com o circuito de comando dos contadores, com os botões de emergência e de rearme de forma a assegurar a proteção dos operadores e obrigar à paragem da máquina. Os botões estão posicionados em zonas específicas de fácil acesso e em zonas de boa visibilidade. No anexo II é apresentado o esquema elétrico do circuito de segurança do sistema.

O estado do cilindro pneumático, referido na secção 4.1 é detetado por dois sensores magnéticos inseridos em cada uma das extremidades do cilindro. A electroválvula contém uma bobina que quando acionada, movimenta um veio magnético e muda o estado da electroválvula, ver Figura 27.



Figura 27 – Sistema de controlo pneumático (bobine SL-024C e sensor magnético Airon SMT.2D)

Na secção seguinte é abordada a elaboração da programação do sistema de automação do transportador.

4.1.2. Programação do Sistema

Na automatização do sistema de transporte de caixas foi utilizado um autômato da Omron (CP1L_EM40DR-D) (Ver anexo III) de forma a executar todas as tarefas pretendidas conforme o estado das entradas e saídas do sistema.

Foi desenvolvido no *software CX-Programmer*, Figura 28, um programa em *Ladder*, para controlar o sistema de transporte de caixas de forma automática. Esta linguagem é usada na programação de PLCs, realizando o controlo de sistemas industriais que contêm entradas (contatos), saídas (bobinas) e blocos funcionais que permitem realizar funções como temporização, contagem de eventos, etc. O programa foi desenvolvido em várias etapas por forma a executar todas as tarefas considerando as prioridades definidas.

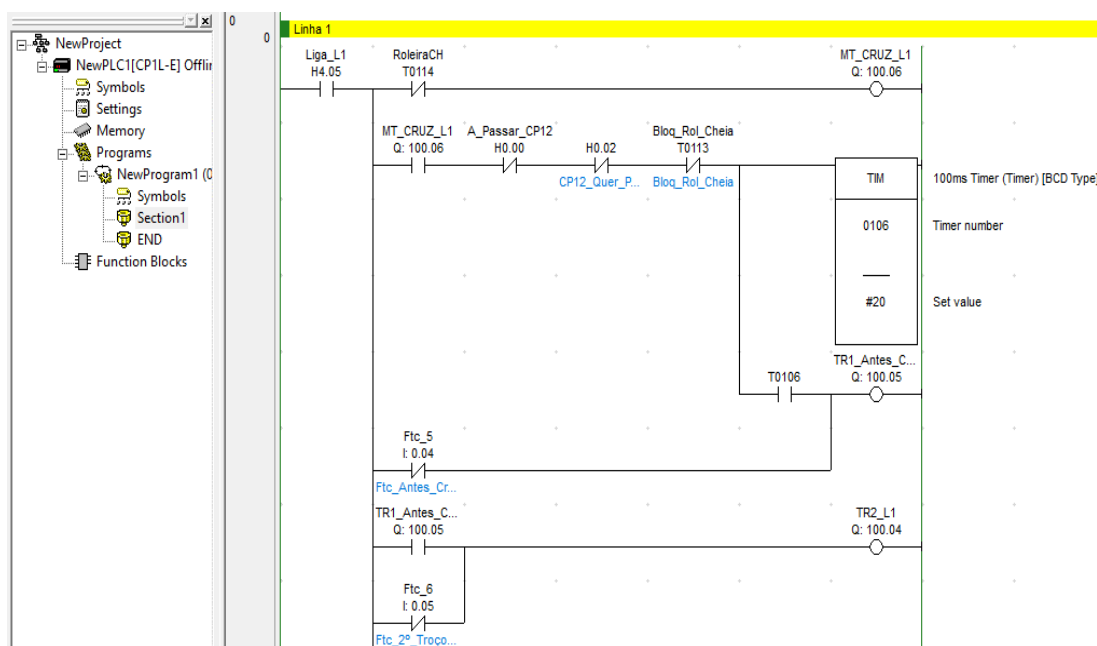


Figura 28 – Área de desenvolvimento gráfico do *CX-Programmer*

Na Figura 29, está representada a distribuição dos equipamentos das linhas 1 e 2 da zona de embalagem e união, de forma a ser mais perceptível a análise do fluxograma, Figura 30, que representa um ciclo de funcionamento da zonas.

Inicialmente, são inseridas caixas nas linhas 1 e 2, que são movimentadas pelos vários motores ao longo das estruturas de transporte de caixas. Essas estruturas motorizadas estão distribuídas em várias zonas específicas, cada uma com o seu motor, de forma a não congestionar as linhas com caixas. Existe uma fotocélula por zona ligada ao autômato de forma a saber onde se encontram as caixas e se existe algum bloqueio ou excesso de caixas nas linhas. Essas fotocélulas permitem verificar a paragem da linha, ou se existiu uma passagem de uma caixa da linha 2 para a linha 1 (União L1/L2).

O funcionamento do sistema tem início quando o botão de emergência não está premido e foi pressionado o botão de rearme. O sistema possui uma zona de fila/buffer de caixas de forma a organizar o transporte das caixas de forma sincronizada, isto é, sempre que alguma fotocélula não deteta caixas durante um determinado tempo, significa que existe espaço para receber caixas, o que faz ativar o motor transportador para encher as linhas.

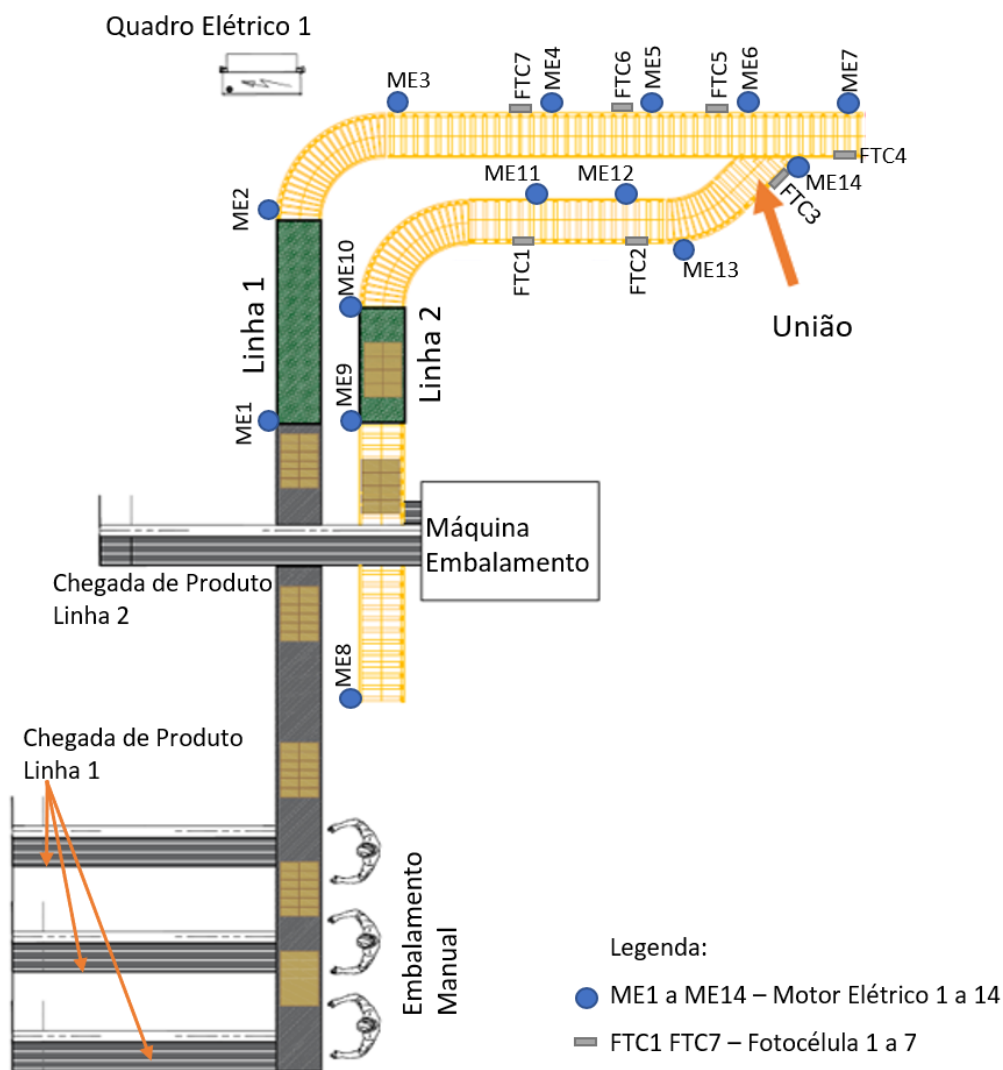


Figura 29 – Esquema dos equipamentos das linhas 1 e 2

A fila da linha 1 é controlada pelo estado das FTC5, 6 e 7 e pela atuação dos motores ME1 a ME6 e a fila 2 pelas FTC1, 2 e 3 e os motores ME8 a ME14. O funcionamento do sistema depende da localização das caixas nas linhas. Existe uma restrição na zona de união, para não ocorrerem colisões entre caixas. Caso uma caixa esteja na linha 2 em frente à FTC3, essa caixa tem prioridade em relação às caixas vindas da linha 1. Porém, quando são detetadas caixas na linha 1 pela FTC5, antes de ser detetada uma caixa pela FTC3, o sistema conclui a passagem dessa caixa pela linha 1 até que seja detetada na FTC4 (movimentada pelo ME7). Assim que é detetada uma caixa na FTC3, sem que exista caixas em movimento na união, o motor ME6 pára (linha 1) até que caixa vinda da linha 2 passe a união. Sempre que acontece a passagem das caixas pela união é necessário saber quando a FTC4 indica que a linha está livre, caso contrário, não podem ser ativados os motores 6 e 14. A FTC1 na linha 2 e a FTC7 na linha 1 informam se as linhas têm capacidade para receber mais caixas.

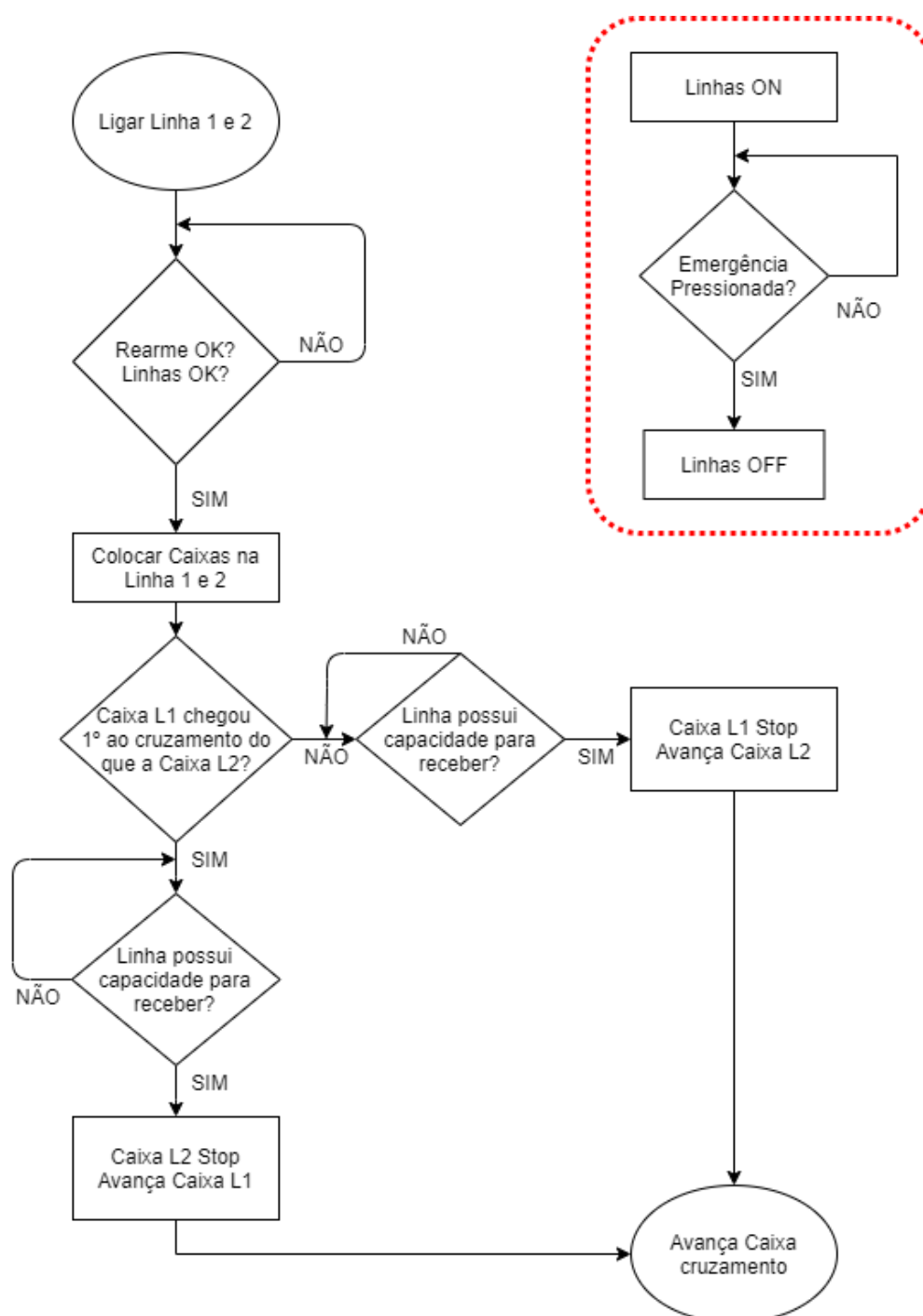


Figura 30 – Fluxograma do ciclo do funcionamento das zonas das linhas 1 e 2 (união) do Sistema

Na Figura 31, está representada a distribuição dos equipamentos da zona fecho de caixas e na Figura 32, está ilustrado o fluxograma do funcionamento da zona de fecho de caixas e do controlo da selagem da caixa, durante um ciclo.

As caixas vão deslizando pelo transportador devido à inclinação da estrutura depois da união das linhas 1 e 2. O transporte de caixas até à máquina de fecho está ativo quando o botão emergência não está premido. Quando a FTC1 detetar caixas são acionados os motores 1, 2 e 3 para criar uma fila de caixas para o sistema de fecho. Este sistema tem um mecanismo travão para não deixar entrar mais que uma caixa.

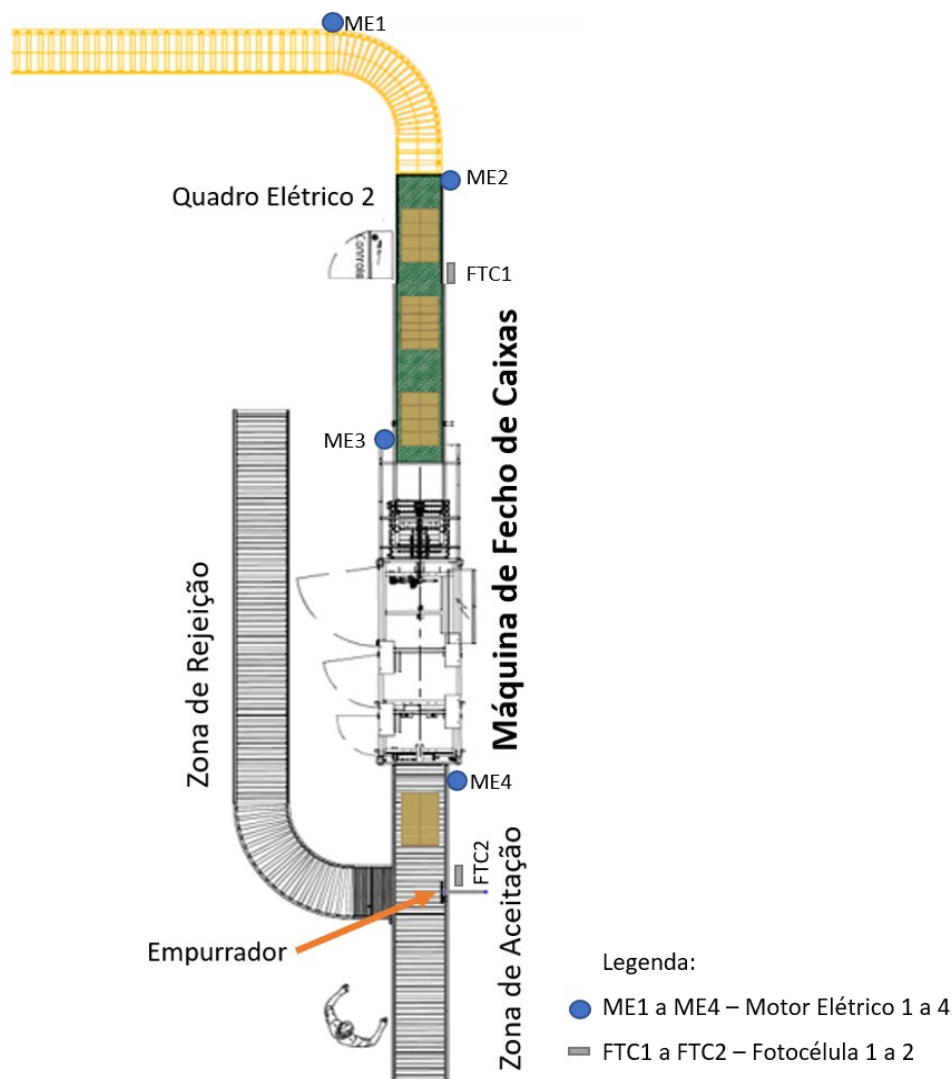


Figura 31 – Localização dos equipamentos da zona de fecho de caixas

Depois de finalizado o fecho de uma caixa o motor 4 é acionado para movimentar a caixa para a zona de aceitação ou rejeição. A aceitação ou rejeição da caixa é feita através de uma FTC que deteta a rotação do rolo de fita cola para deteção da colagem. As caixas bem fechadas seguem para a zona de aceitação. As caixas mal fechadas ao serem detetadas pela FTC2, são desviadas para a zona de rejeição pelo avanço de um cilindro pneumático ativado por uma electroválvula.

No anexo VI é descrito uma parte do programa do sistema SCADA do sistema HMI. Na próxima secção são abordadas as tarefas executadas neste projeto.

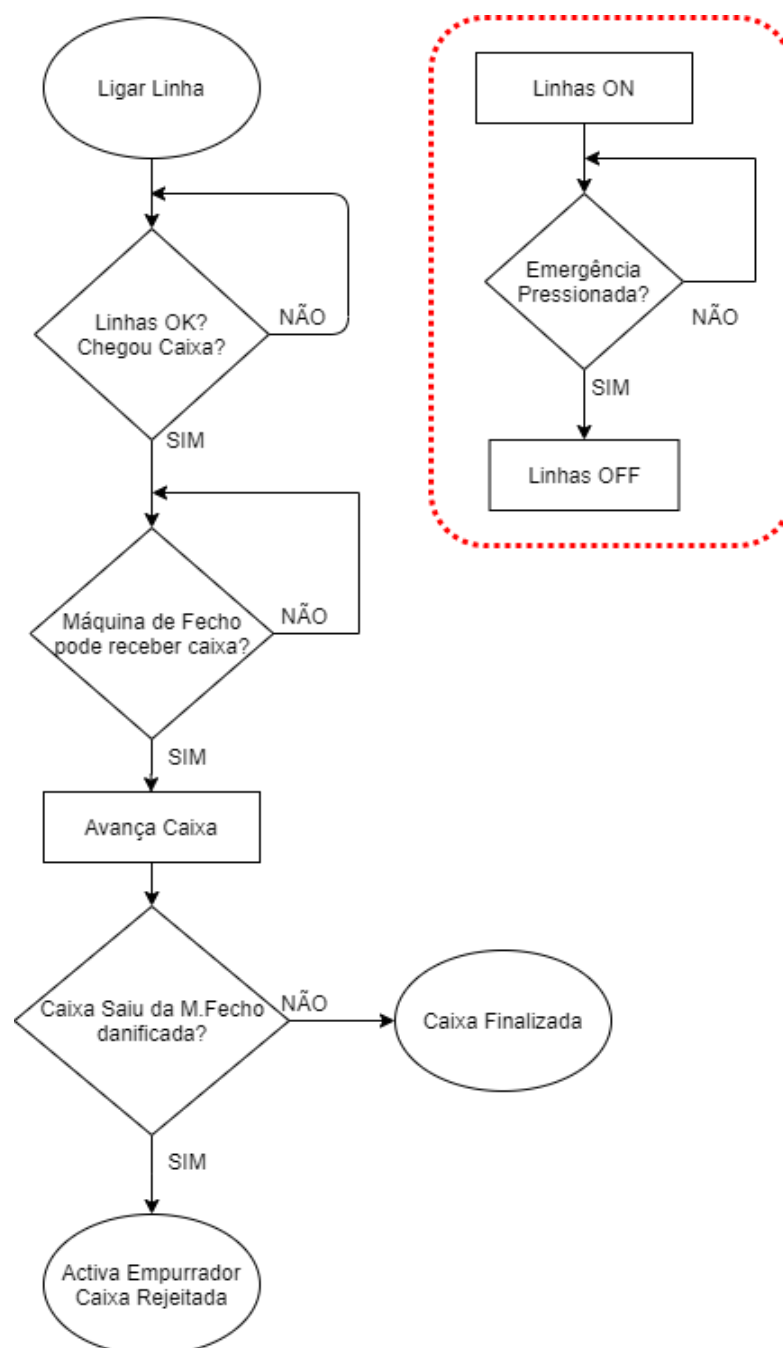


Figura 32 – Fluxograma do ciclo do funcionamento da zona de fecho e controlo de qualidade da caixa do sistema

4.1.3. Tarefas Executadas no Projeto do Sistema Transportador de Caixas

Neste projeto foram realizadas tarefas de conclusão da parte eléctrica e estrutural da máquina antes de seguir para o cliente. Estas tarefas incluíram além da leitura dos manuais técnicos dos equipamentos, a execução do esquema eléctrico, a montagem dos quadros eléctricos e ligação dos equipamentos. Envolveram a afinação dos equipamentos e foram realizados testes exaustivos de funcionamento. Os testes consistiram na verificação do funcionamento e parametrização dos VEVs e dos motores, dos sensores, das fotocélulas e do autómato. Foi testado também o sistema de segurança da máquina. Nos testes de funcionamento foram realizados vários ciclos de funcionamento com caixas de teste.

Posteriormente foram executadas modificações ao programa do autômato na empresa cliente. Esta fase do projeto é essencial, uma vez que é nesta fase que se fazem os últimos ajustes na parametrização dos equipamentos e são detetadas pequenas falhas/erros no funcionamento da máquina.

Neste projeto, foi utilizada a ferramenta *EPLAN* para fazer o desenvolvimento dos esquemas elétricos da máquina e o *software CX-Programmer*²² para a programar o autômato da máquina.

Na secção seguinte, são abordadas algumas sugestões de melhoria ao sistema e propostos equipamentos que permitiriam uma melhoria do próprio sistema.

4.1.4. Sugestões de Melhoria ao Sistema

Um dos problemas que pode surgir no futuro está relacionado com o sistema de fecho de caixas, Figura 33. Ao observar o mecanismo de fecho de caixas, mais precisamente na zona do apalpador que tem como função descobrir exatamente a altura da caixa com as abas fechadas, verifica-se que este pode danificar as caixas devido à força que exerce sobre ela. Uma sugestão de melhoria neste caso passa por adicionar à máquina de fecho um sistema de visão ou barreira ótica que detete a altura das caixas. Pode também ser adicionado um sistema de pesagem industrial para controlo da quantidade de produto inserido nas caixas de forma a detetar qualquer lacuna no interior da caixa.

Outra melhoria possível seria inserir um HMI para o operador obter informação do estado do sistema e um *software* SCADA com função de obter resultados de produção.



Figura 33 – Propostas de melhorias (sistema de apalpador, sistema de visão²³ e balança industrial²⁴)

²² <https://industrial.omron.pt/pt/products/cx-programmer#features>

²³ <https://www.teslaautomacao.com.br/sistemas-de-visao.php>

²⁴ <https://www.geosbalancas.com.br/produtos-e-servicos/balanca-para-caixa-de-embarque-e-fardos>

4.2. Sistema Semiautomático de Formadora, Enchimento e Fecho de Caixas

Neste subcapítulo é descrita a elaboração do projeto do sistema semiautomático de formadora, enchimento e fecho de caixas solicitado por uma empresa do sector alimentar. Na secção seguinte é abordado o funcionamento deste sistema.

4.2.1. Descrição Geral e Funcionamento do Sistema

Este projeto foi analisado para compreender que sistemas deviam ser utilizados e que equipamentos/componentes seriam necessários ao seu funcionamento no espaço da empresa cliente. Por esse motivo, foram analisados equipamentos e realizadas medições para executar vários esboços em *Autodesk Inventor*.

A máquina projetada, ilustrada na Figura 34, integra vários sistemas dispostos por ordem de função a realizar. O primeiro sistema da máquina tem como função formar as caixas a encher. Depois as caixas seguem por um sistema de enchimento e finalmente por um sistema de fecho e selagem.

A informação sobre as embalagens deve ser reunida num sistema SCADA por via de uma base de dados que pode ser alterada através de um sistema HMI incorporado na máquina.

De acordo com a seleção, no sistema HMI, das caixas e pacotes a utilizar na máquina, a zona de formadora e enchimento deve ser reconfigurada semi-automaticamente.

O motivo de ser um sistema semiautomático deve-se ao facto da estrutura da formadora e de fecho de caixas projetado, ter incorporado um sistema de aperto manual dos tapetes laterais e um sistema elevatório também manual da estrutura que imobiliza a caixa para formação (Zona Formadora). O posicionamento dos acionadores pneumáticos é automático. Isto permite que estes sistemas pneumáticos se adaptem automaticamente no formato das caixas e no empilhamento dos pacotes para o interior da caixa.

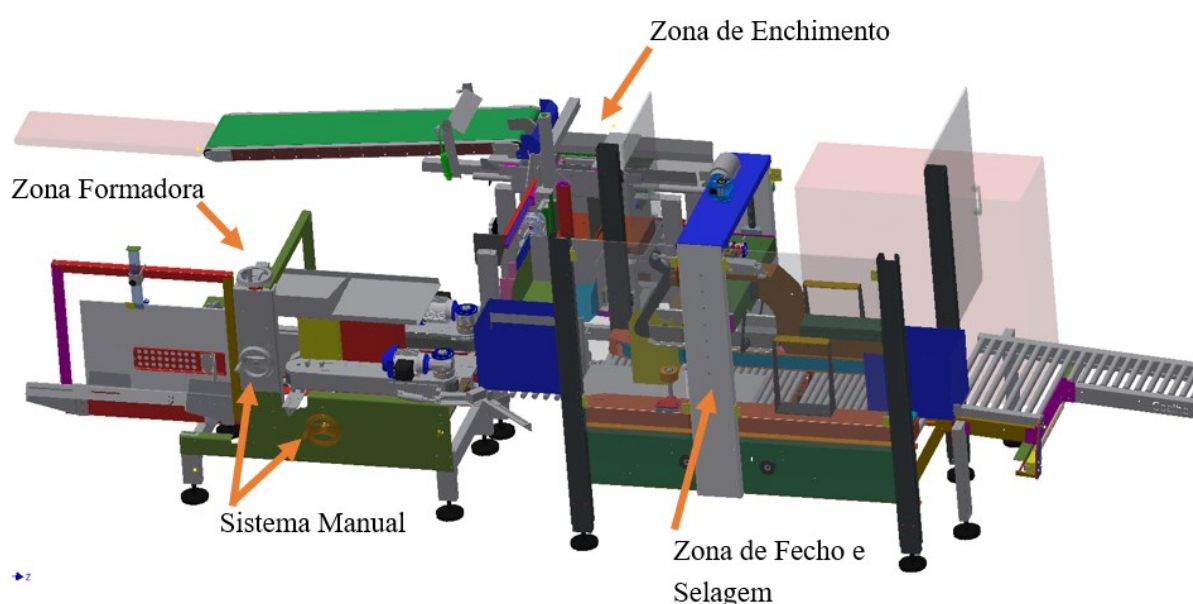


Figura 34 – Sistema semiautomático de formadora, enchimento e fecho de Caixas CAD 3D

4.2.1.1. Sistema de Formadora das Caixas

O sistema de formadora de caixas ilustrado na Figura 35 (Vista lateral) e Figura 36 (Vista Frontal), depois de analisado, foi projetado com uma estrutura fixa que suporta várias estruturas móveis onde executam a formação das caixas.

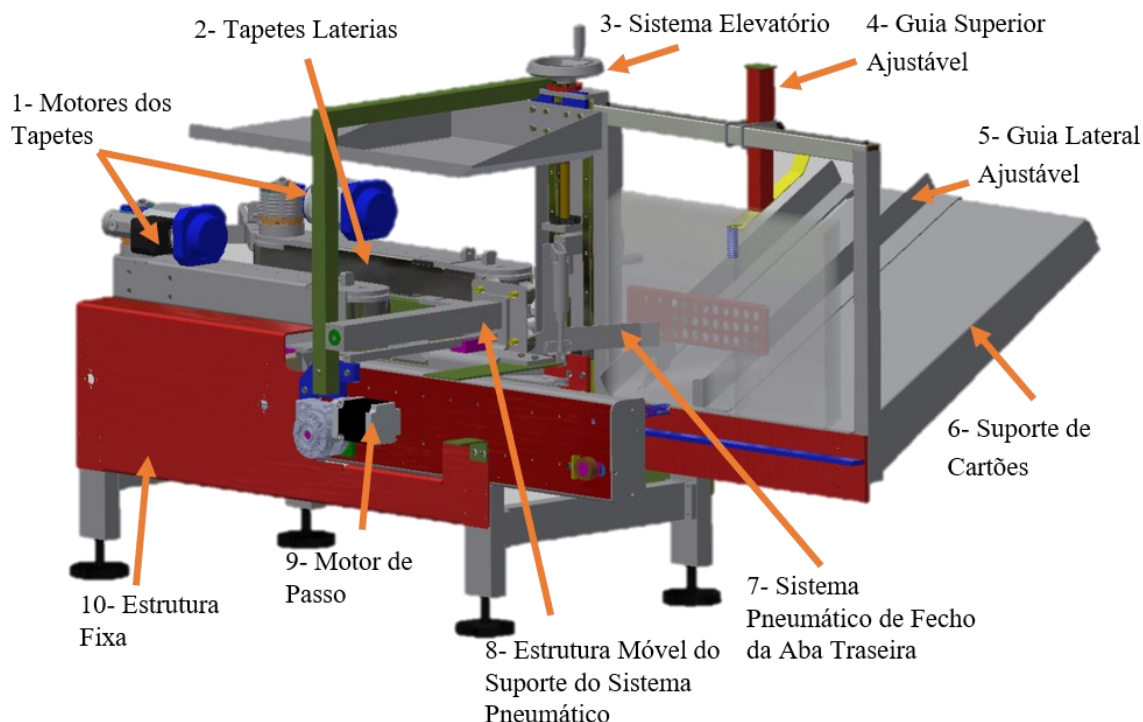


Figura 35 – Sistema de formadora vista lateral CAD 3D

Essas estruturas móveis são necessárias para a formação e fecho das caixas com 4 abas superiores e inferiores. O sistema de suporte de cartões (6) é ajustado manualmente de acordo com a altura e largura das caixas.

O sistema pneumático com ventosas que abre as caixas é movimentado por um motor de passo (9) que retira as caixas espalmadas do suporte (6), abrindo a caixa durante o movimento de retirada caixa. O mecanismo (7) pneumático auxilia na abertura da caixa e efetua a dobra a aba inferior da retaguarda da caixa. De seguida a caixa é empurrada em direção aos tapetes laterais (2). Durante este movimento é dobrada a aba frontal inferior pela base da estrutura fixa (10). As abas laterais inferiores são agora fechadas por outro sistema pneumático solidário com os tapetes laterais.

Os tapetes laterais (1) fazem a caixa movimentar-se sobre um mecanismo de selagem semelhante ao da Figura 20, mas, dedicado à parte inferior da caixa. A caixa segue para a zona de enchimento, Figura 37, onde existe um sistema pneumático que mantém a caixa alinhada durante o enchimento. O sistema elevatório (3) garante que as caixas estão seguras pela parte superior durante o fecho das abas inferiores.

Adicionalmente o sistema tem ainda na sua estrutura sensores para identificar a posição da caixa em relação à máquina durante o fecho das abas inferiores.

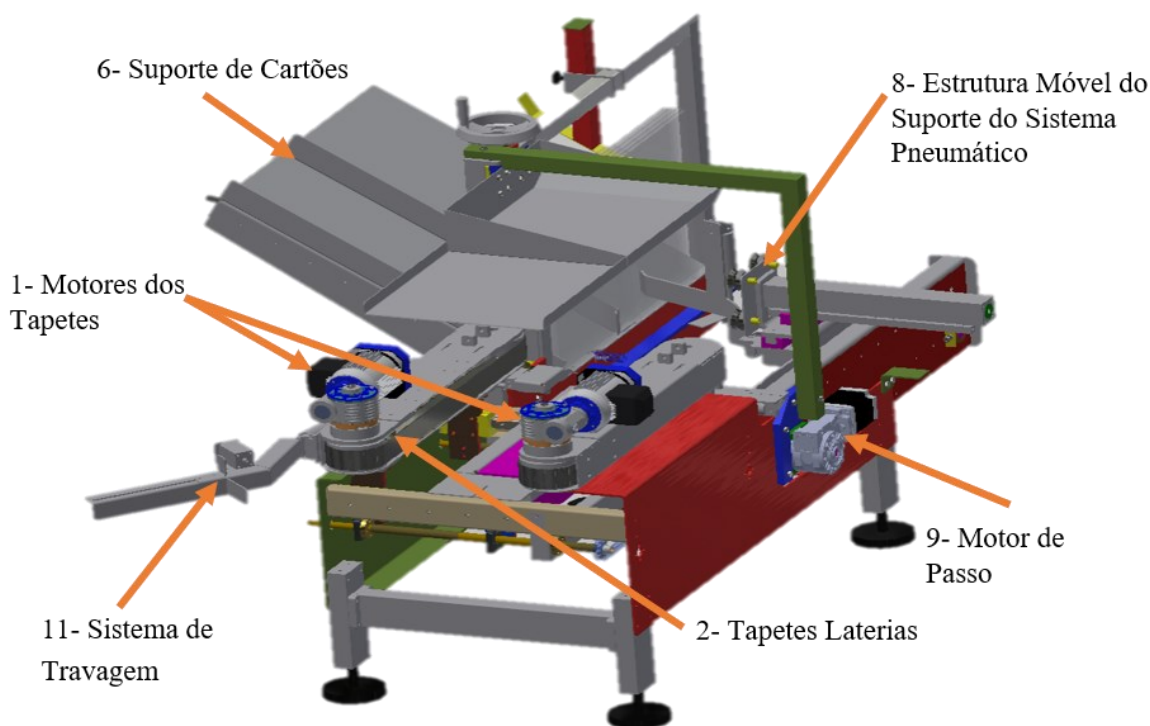


Figura 36 – Sistema de formadora vista frontal CAD 3D

4.2.1.2. Sistema de Enchimento de caixas

A caixa que foi selada na formadora sofre uma rotação de 90 graus, imobilizada por um sistema de vácuo, orientada a abertura da caixa para a máquina de enchimento, sendo que é mantida nesta posição pelo sistema de travagem que se observa na Figura 36.

O sistema de enchimento, representado na Figura 37 (Vista 1) e Figura 38 (Vista 2), é composto por vários sistemas. Um dos sistemas é um transportador de tapete (1) que é acionado por um veio com motor incorporado e que tem um mecanismo de alinhamento de pacotes (2). O tapete tem a função de deslocar os pacotes para a zona de empilhamento. O sistema de empilhamento de pacotes (3), é constituído por um sistema pneumático que junta os pacotes uns contra os outros (4) em cima de um sistema elevatório controlado por um motor de passo (8) que vai baixando à medida que os pacotes são empilhados.

A estrutura da máquina suporta um sistema pneumático que movimenta os pacotes depois de empilhados para o interior da caixa (7). Quando é finalizado o enchimento é acionado o transportador de rolos (5) transferindo a caixa para o sistema de fecho superior.

Adicionalmente o sistema tem ainda na sua estrutura sensores para identificar a posição da caixa e dos pacotes em relação à máquina durante empilhamento e transferência para o interior da caixa.

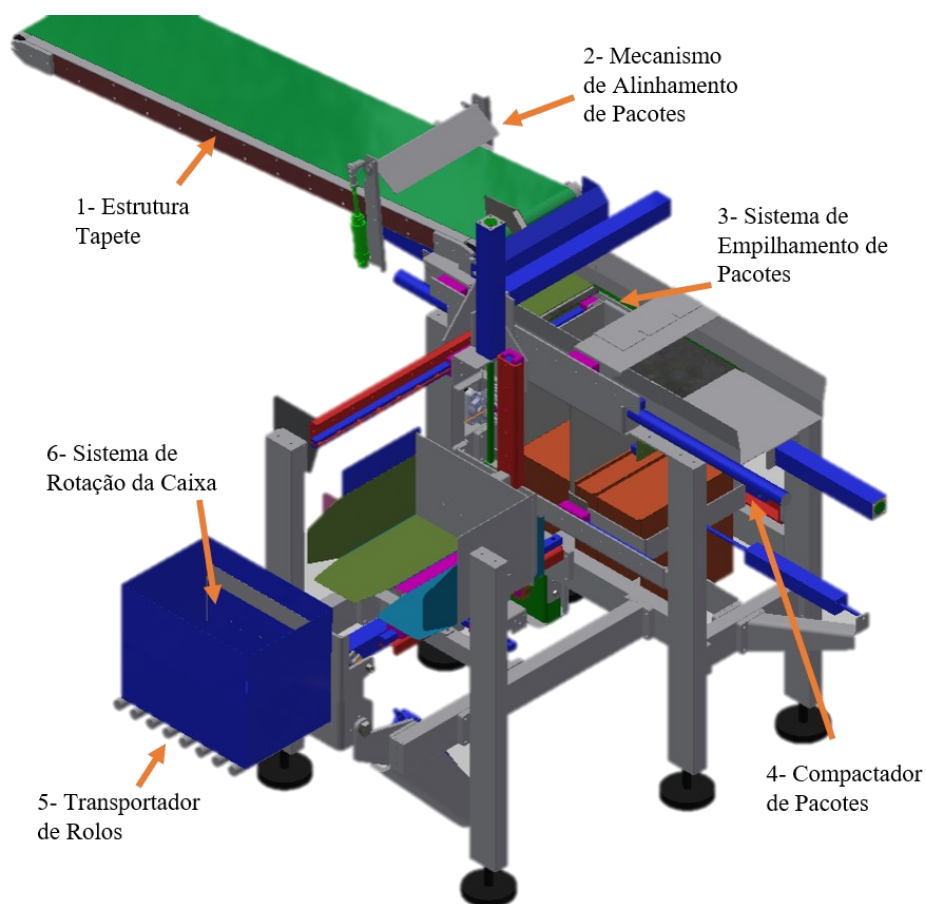


Figura 37 – Sistema de enchimento vista 1 CAD 3D

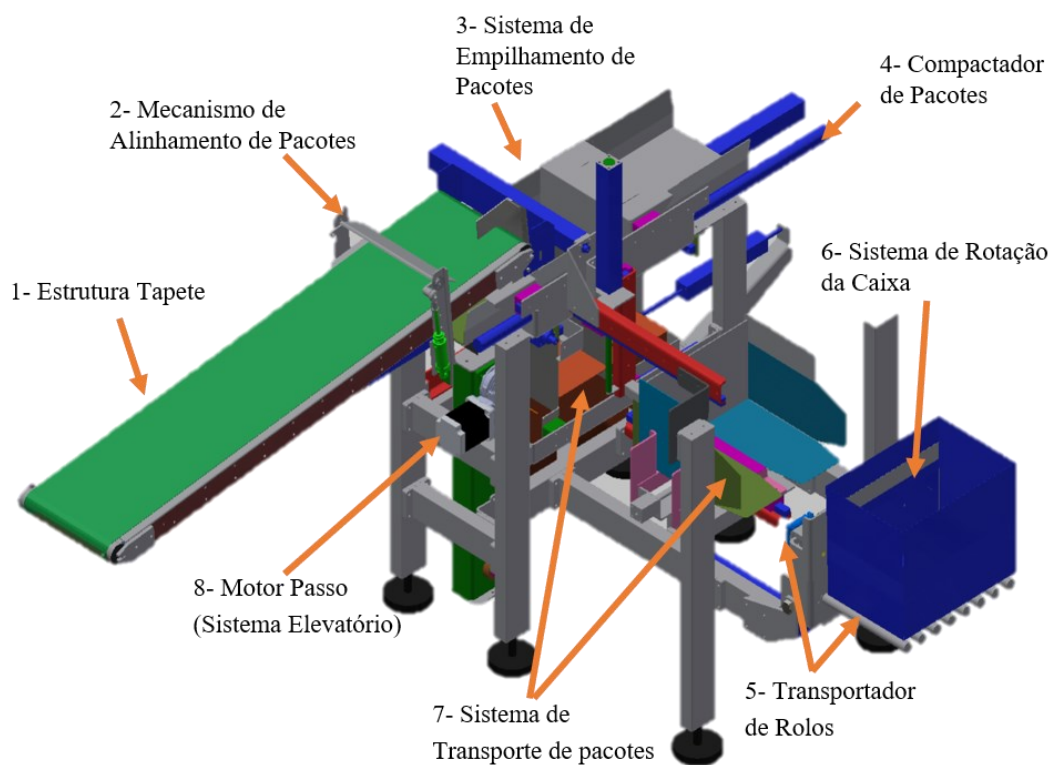


Figura 38 – Sistema de enchimento vista 2 CAD 3D

4.2.1.3. Sistema de Fecho das Caixas

O sistema de fecho de caixas, ilustrado na Figura 39, é composto por uma estrutura fixa que suporta o tapete (5) de onde surgem as caixas já preenchidas com os pacotes do sistema de enchimento, que tem a função de inserir as caixas no sistema de fecho. O sistema de fecho incorpora uma estrutura elevatória (3) regulada manualmente de acordo com a altura da caixa em embalagem. A estrutura elevatória é movimentada através de um motor elétrico, que suporta um sistema de selagem e um sistema pneumático, que executa o fecho das abas superiores da retaguarda da caixa (4).

O sistema de tapetes laterais e o sistema de selagem desta parte da máquina são idênticos ao referido na secção 0, mas neste caso a selagem é feita na zona superior da caixa.

No final do percurso do sistema de fecho está localizado um sistema transportador de rolos para deslocar a caixa para fora da máquina. Devido à existência de uma coluna no seguimento da máquina de fecho, foi ainda usado um sistema pneumático para desviar a caixa lateralmente (1) de forma à caixa sair pelo transportador de rolos (8) para a etapa seguinte.

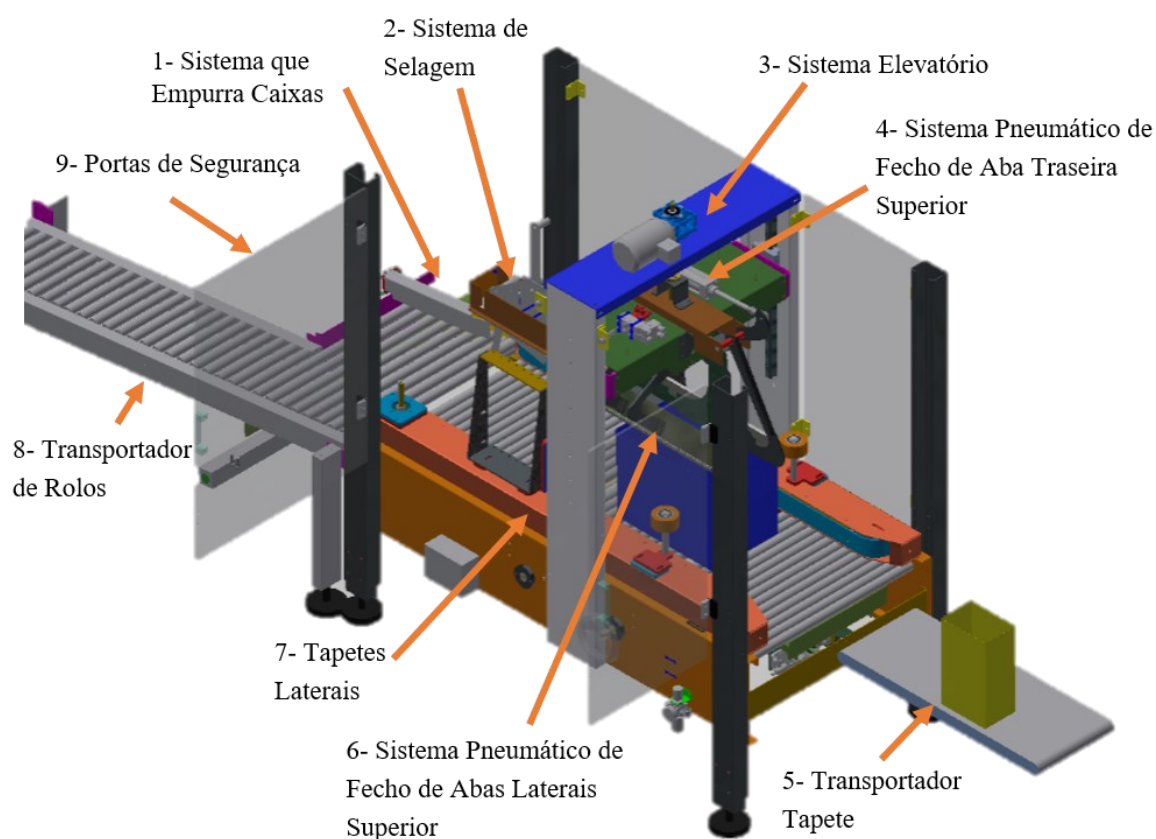


Figura 39 – Sistema de fecho vista lateral CAD 3D

Este sistema, foi projetado com a inclusão de sensores adicionais em zonas específicas para identificar a posição dos equipamentos e das próprias caixas de cartão.

Neste tipo de sistemas, pode ser posto em perigo a integridade física dos operadores devido à movimentação dos equipamentos, sendo que é obrigatório segundo as normas de segurança nas zonas industriais o uso de equipamentos e estruturas de segurança. Por esse motivo, no final da construção da estrutura da máquina são adicionadas portas e redes de

segurança, que impedem os operadores de se aproximarem de equipamentos potencialmente perigosos, como os referidos na secção 0.

Na secção seguinte, é abordada a elaboração do esquema e instalação elétrica de todo o sistema de forma a automatizar e controlar todos os mecanismos.

4.2.2. Projeto Elétrico do Sistema

Depois de ter sido projetado e construída a estrutura mecânica da máquina, foi elaborado o esquema elétrico no *Software EPLAN*, onde foram escolhidos e estudados os componentes e ligações adequadas para os sistemas do projeto.

Na Figura 40 pode ser observado o esboço do esquema do quadro elétrico planeado para este sistema com equipamentos similares aos dos quadros elétricos referenciado na secção 4.1.1. Este sistema, à semelhança do sistema descrito antes, incluiu também equipamentos de potência, de controlo e de segurança dimensionados e interligados segundo as normas de segurança obrigatórias.

Neste sistema, o quadro elétrico dispõe de diversos equipamentos que não foram usados, nem referidos no sistema secção 4.1.1. Estes equipamentos consistem num transformador, *drivers* para controlo de motores passo, motores passo e módulos de entradas e saídas do autómato. Adicionalmente foram utilizadas unidades de conversão de blocos de conectores e terminais com e sem relés.

A utilização do transformador foi necessária para a alimentação elétrica dos *drivers* de controlo dos motores de passo no sistema elevatório do empilhamento de pacotes e no sistema de formação de caixa. O autómato (CJ2M-CPU32) controla os motores de passo com um *driver* específico (FD3.2SRG/ AUXIND). Este *driver* controla o posicionamento do motor conforme a informação que recebe do módulo de E/S (CJ2M-MD212, módulo de alta velocidade), que permite a aquisição e o envio de sinais para controlar a frequência de comutação e direção do motor de passo. A utilização de um sensor indutivo (AM1/AP-2H) permite definir a posição zero do motor (NEMA 42 J110HB150-06). Este sistema só é usado no arranque da máquina ou em caso de falha de posicionamento.

Foi utilizado um driver da marca SEW (Drive ECC-DBC-24-00) para o acionamento e controlo do motor de rolo (Roller Drive ECR-A2M-50-355-015-Z-A-V1) do tapete que transporta os pacotes a empilhar. Para controlar este motor o autómato usa os módulos de entradas (CJ1W-ID262) e saídas (Carta CJ1W-OD262) digitais que acionam e controlam o estado do motor.

No anexo II, está representado o esquema elétrico das ligações entre o transformador monofásico, o *driver*, o motor passo e o módulo de controlo de alta velocidade. Também está representada a ligação elétrica do motor de rolo com o *driver* e os módulos de E/S, permitindo interpretar as ligações e os tipos de conectores/pinagem que são utilizados.

No anexo IV, estão representadas as especificações dos equipamentos utilizados neste sistema.

Legenda Quadro Elétrico

Número do artigo	DT	Número do Tipo
1	FA1	S8VK-C12024
2	FA2	S8VK-C12024
3	FA3	S8VK-C12024
4	FA-PLC	PLC OMRON
5	MD212	CJ2M-MD212
6	PLC	CJ2M-CPU32
7	ID262	CJ1W-ID262
8	OD262	CJ1W-OD262
9	XW2R-J40G-T1	XW2R-J40G-T
10	XW2R-J40G-T2	XW2R-J40G-T
11	PlacaReles1	A.PM.EAOR12
12	PlacaReles2	A.PM.EAOR12
13	PlacaReles3	A.PM.EAOR12
14	XW2R-J40G-T3	XW2R-J40G-T
15	Filtro	FMAD-MRYB-2010
16	Tomada	A9A15310
17	DJP1	A9F79110
18	D1	A9F79325-IC60N
19	D2	A9F79325-IC60N
20	KE1	LC1D09BL-24V DC 2.4W
21	KE2	LC1D09BL-24V DC 2.4W
22	RS	PNOZ X2.1
23	DriverMP1	FD3.2RG
24	DriverMP2	FD3.2RG
25	INV1	MCLTEB0008-5A3-1-00
26	INV2	MCLTEB0008-5A3-1-00
27	INV3	MCLTEB0008-5A3-1-00
28	INV4	MCLTEB0008-5A3-1-00
29	INV5	MCLTEB0008-5A3-1-00
30	Transformador	Transformador 230V/80V
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BT	ST 2,5-PE
31	BT	ST 2,5-PE
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BF	ST 2,5
31	BF	ST 2,5
31	BF	ST 2,5
31	BF	ST 2,5
31	BN	ST 2,5 N
31	BN	ST 2,5 N
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG
31	BS	DIKD 1,5-TG

Quadro Elétrico

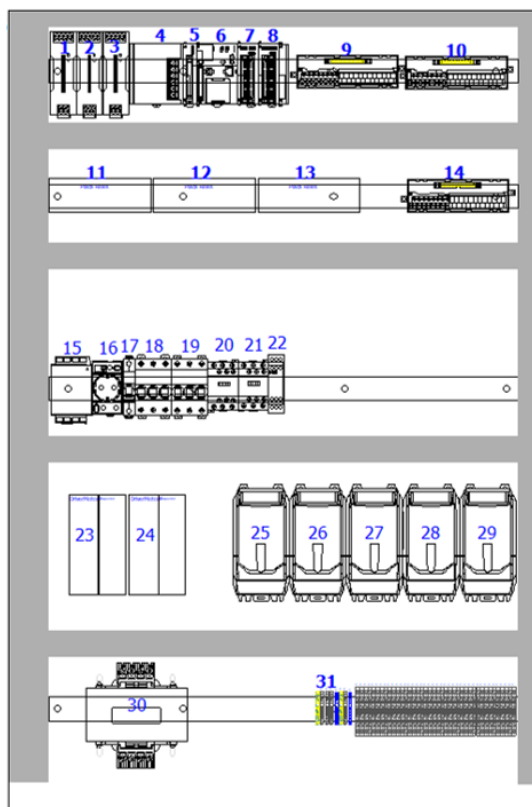


Figura 40 – Software EPLAN representação equipamentos elétricos no quadro elétrico

Em relação à ligação dos módulos de saídas, electroválvula, VEVs e *drivers* foi utilizado um conversor de módulo de relés (ver anexo IV) que tem como finalidade proteger os módulos de saídas do autómato.

Neste sistema elétrico, existem dois circuitos de segurança necessários para a proteção dos próprios operadores da máquina. Nas zonas onde é necessário a intervenção dos operadores foi introduzido um sistema de portas de segurança que fazem a paragem da máquina na zona de intervenção. Este sistema é controlado por um relé de segurança, botões de emergência/rearme e interruptor articulado para portas de segurança, referidos na secção 0. O circuito segurança da zona de enchimento e formadora está separado da zona de fecho. Tem um circuito de segurança distinto dos outros para não fazer a paragem total da máquina, ver anexo II.

O circuito pneumático tem vários componentes novos em comparação com os referidos na secção 4.1.1. Foram considerados dois sistemas de tratamentos de ar, devido ao sistema estar dividido em dois, o que é necessário por razões de segurança. Possui também duas electroválvulas de corte geral para cada zona e um sistema de vácuo. Em relação aos cilindros pneumáticos, foram utilizados conforme a função e a deslocação pretendidas.

O sistema de vácuo não pode passar pela lubrificação, arriscando danificar os seus componentes. Desse modo, foi ligado no fim do sistema de tratamento de ar e antes da lubrificação, contendo uma derivação antes desse sistema.

No anexo II, é possível observar o esquema pneumático dos sistemas de ar da máquina. Também é possível observar o esquema dos dois sistemas de corte geral, referido anteriormente, que tratam dos sistemas de segurança da máquina e o esquema do sistema de vácuo.

Além da electroválvula de corte geral, foram usadas electroválvulas do tipo EF52M4, para o controlo dos cilindros pneumáticos. O controlo da posição dos cilindros é feito por estas electroválvulas que usam bobinas (SL-024C), em conjunto com a informação de sensores magnéticos instalados nas extremidades dos cilindros.

No próximo subcapítulo é descrita a programação desenvolvida para este sistema.

4.2.3. Programação do Sistema

Neste sistema, foi utilizado um módulo de controlo lógico programável, Figura 41, diferente do usado no sistema transportador de caixas, devido ao elevado número de equipamentos que era necessário interligar e às suas características particulares de funcionamento.

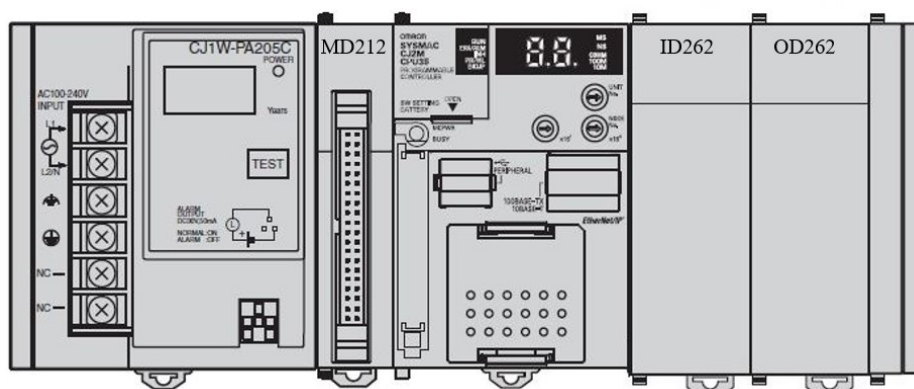


Figura 41 – Módulo de controlo

Depois de todas as ligações efetuadas, segundo o esquema elétrico estabelecido no *EPLAN*, foi executada a programação do autómato através do *software* de programação, já referenciado anteriormente, na secção 4.1.2. Foi realizado o endereçamento das variáveis conforme a sua zona de memória, neste caso foi utilizado novas zonas de memória devido ao controlo das cartas MD-212, explicadas posteriormente.

Na Figura 42, é apresentado o teste dos equipamentos de forma a verificar o estado de todos os componentes e a correta identificação nos módulos do autómato.

Como já referido, é necessário um programa com várias etapas que execute todas as tarefas e prioridades pela ordem que são definidas. Na Figura 43 e Figura 44, estão representadas as várias funções que cada zona executa de forma a ser mais perceptível na interpretação do fluxograma apresentado posteriormente.

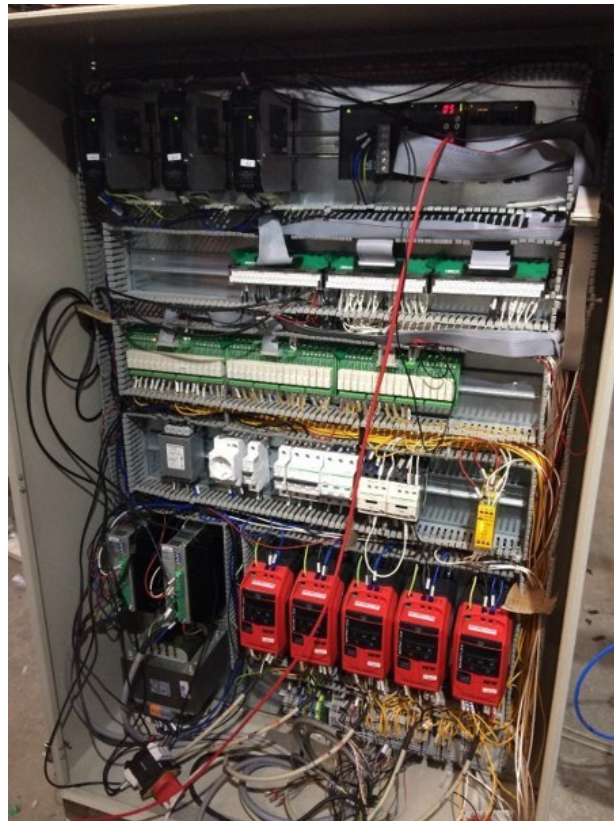


Figura 42 – Teste dos equipamentos do sistema semiautomático

Legenda:

- 1- Estrutura de Armazenamento do Cartão
- 2- Sistema Formação da Caixa
- 3- Sistema de Selagem
- 4- Sistema de Travão
- 5- Sistema Transporte Pacote
- 6- Sistema de Empilhamento de Pacotes
- 7- Sistema de Enchimento da Caixa

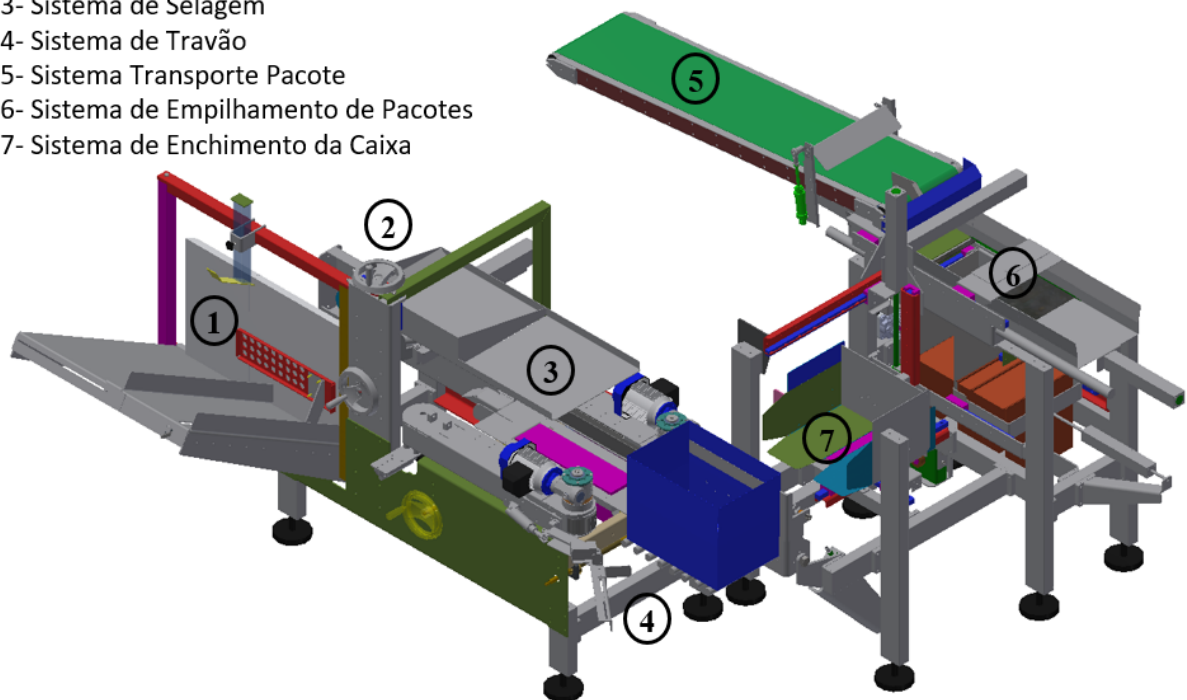
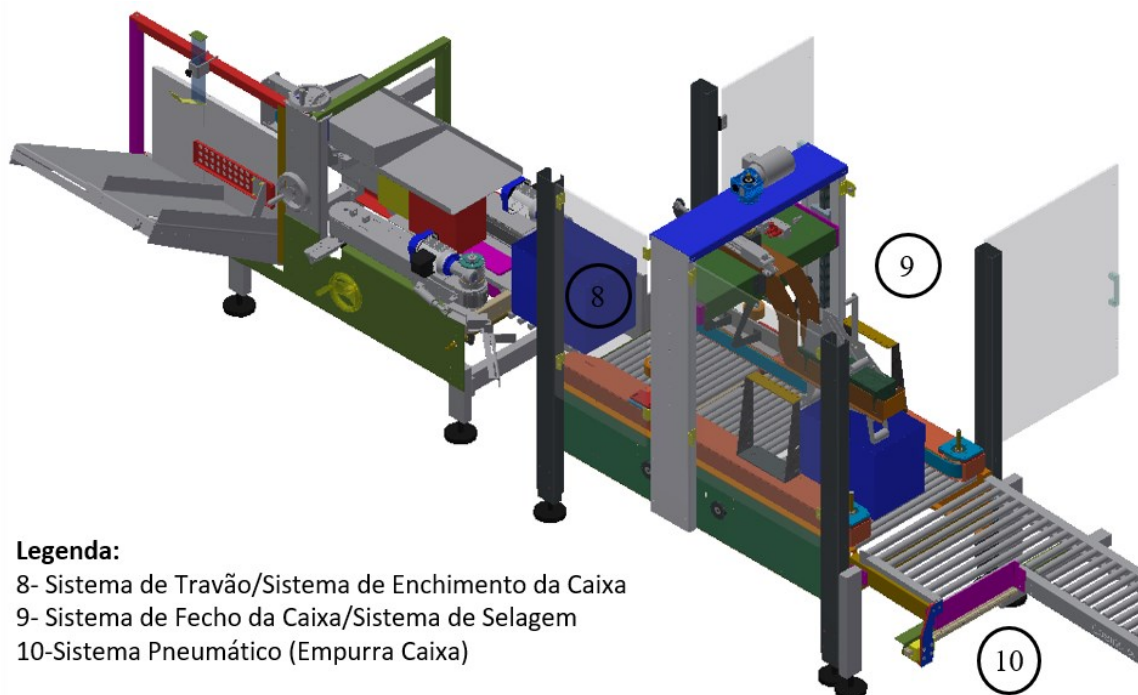


Figura 43 – Zona de enchimento e formadora

**Legenda:**

8- Sistema de Travão/Sistema de Enchimento da Caixa

9- Sistema de Fecho da Caixa/Sistema de Selagem

10-Sistema Pneumático (Empurra Caixa)

Figura 44 – Zona formadora e fecho

Na Figura 45, é apresentado um fluxograma representativo da forma como as tarefas desta máquina são sequenciadas, durante um ciclo.

Inicialmente, são inseridos pelo operador, cartões na estrutura de armazenamento dos cartões, zona 1, ajustada de forma manual devido aos vários tamanhos de cartão. Os sistemas 3 e 9 também têm de ser ajustados manualmente de acordo com a dimensão das caixas. O sistema inicia a formação de uma nova caixa caso não detete nenhuma caixa na zona 3 e possua cartão na estrutura. A formação de novas caixas é realizada pelo sistema posicionador com motor de passo que desloca o sistema pneumático onde estão inseridas ventosas para o sistema de vácuo. Quando a estrutura do sistema pneumático ficar alinhada com o cartão, o sistema pneumático e de vácuo é ativado e faz a recolha do cartão. O sistema pneumático ao recolher o cartão, efetua automaticamente a abertura da caixa e o fecho das abas inferiores, seguindo a caixa para a zona dos tapetes laterais, empurrada pelo sistema de transporte com motor de passo, altura em que é desativado o sistema de vácuo. Durante a movimentação da caixa pelos tapetes laterais é feita a selagem da parte inferior da caixa.

Assim que o sistema forma a caixa, caso a zona 4 permaneça desimpedida, os tapetes laterais deslocam a caixa para o transportador de rolos onde é alinhada a caixa para o enchimento com o auxílio do sistema de travão e de rotação, zona 4. O início da formação da caixa e formação/empilhamento de pacotes são sincronizados devido à sua dependência no processo de empacotamento. Conforme o tipo de caixa que é escolhida o sistema de enchimento adapta-se à configuração do empilhamento dos pacotes (6 e 7).

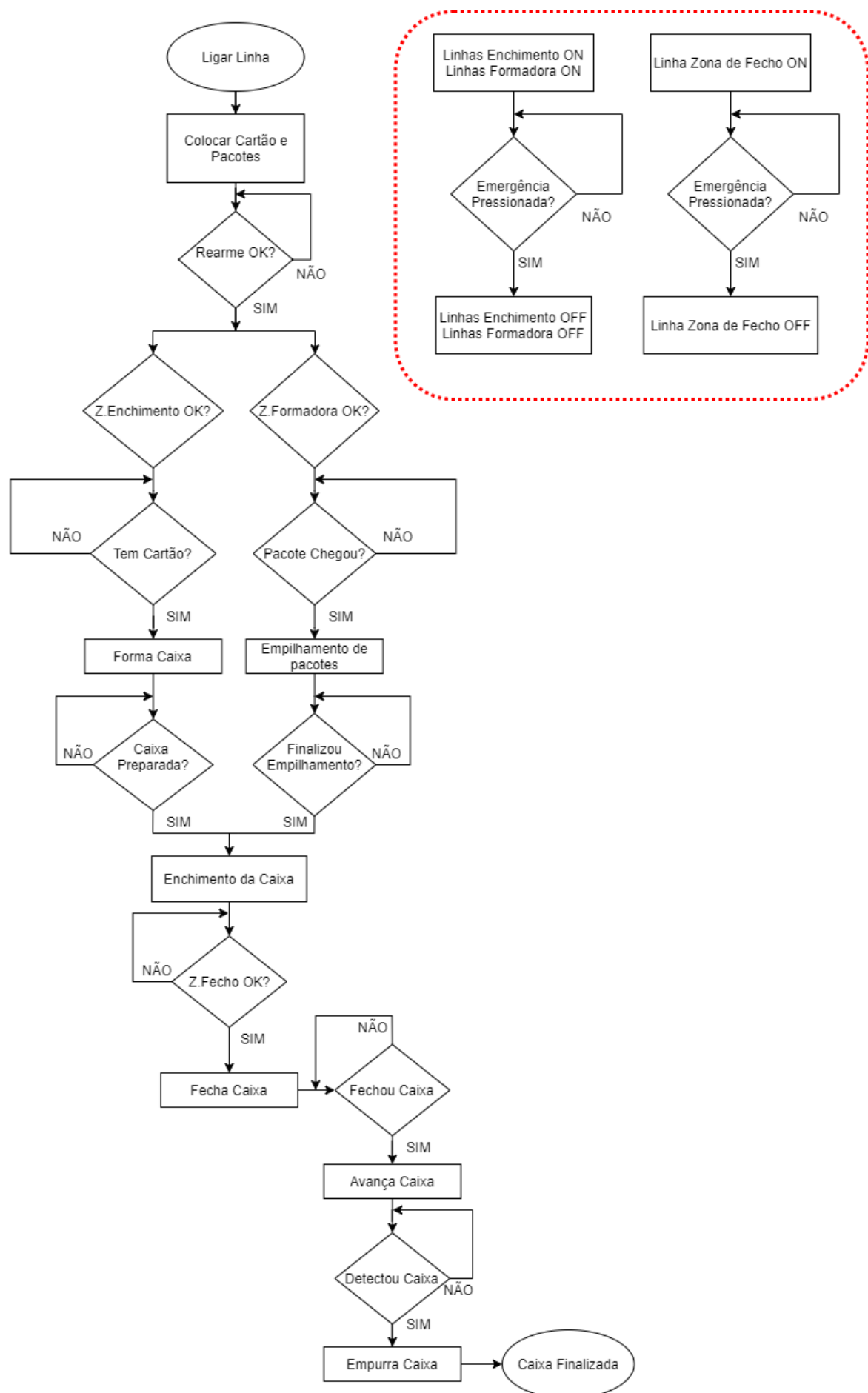


Figura 45 – Fluxograma de um ciclo de funcionamento do sistema embalador de pacotes

Finalizado o processo de enchimento a caixa volta a sua posição normal (rotação 90°) e o sistema de travão da caixa é desativado. É acionando o transportador de rolos para transferir a caixa para o sistema de fecho. Se o sistema de fecho estiver apto para receber caixas, é inserida a caixa para que seja executado o seu fecho e selagem da zona superior. Esta tarefa é feita por um sistema pneumático e um sistema elevatório acionado por um motor elétrico, zona 9. Depois da caixa ser selada, esta é transportada sobre um sistema de rolos, empurrada por um sistema pneumático, zona 10.

Estas tarefas estão programadas no autómato da máquina, que as realiza de acordo com os estados dos sensores distribuídos pela estrutura.

Neste projeto, foi utilizada a ferramenta Visual Basic 6.0, Figura 46, para desenvolver um sistema SCADA, de forma a criar um sistema de armazenamento de dados e de supervisão da máquina. O objetivo era criar um *software* de interface gráfica conectado ao autómato da máquina. A aplicação desenvolvida foi instalada num computador com ecrã tátil, que no seu conjunto formam uma interface HMI, permitindo a um operador interagir com a máquina.

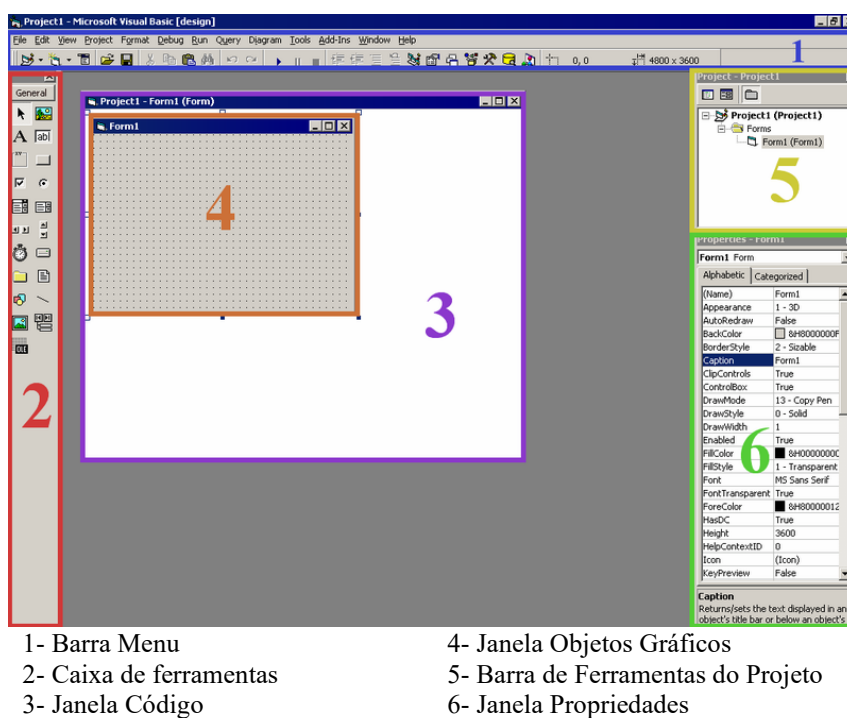


Figura 46 – Visão geral do IDE Visual Basic 6.0²⁵

Este projeto HMI, permite a visualização do estado dos sistemas instalados nas várias zonas da máquina, mas também tem a função de ativar ou desativar esses sistemas. Possui igualmente, uma zona no ecrã indicando os erros que ocorrem de forma a que qualquer operador seja informado de como deve proceder, Figura 47, em caso de falha.

Informa também, que tipo de pacotes estão a ser utilizados, que formato de caixa está a ser usada, o estado do empilhamento dos pacotes e, por fim, o estado de todos os equipamentos referentes à máquina, Figura 48.

²⁵ https://en.wikiversity.org/wiki/Visual_Basic/Introduction



Figura 47 – Menu principal do projeto HMI do sistema semiautomático empacotamento

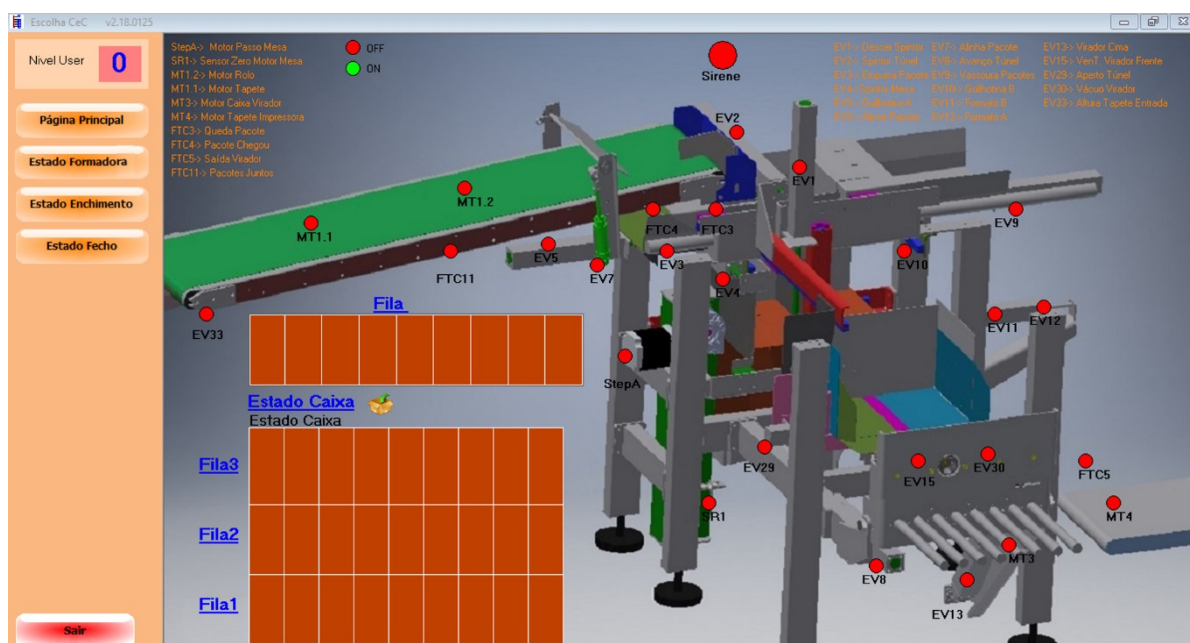


Figura 48 – Página estado enchimento do projeto HMI do sistema semiautomático

O HMI fornece outras opções que só estão disponíveis através de um login de forma a que só um operador com permissão de um nível específico possa adicionar ou modificar dados à máquina, Figura 49.

Quando há mudança de formato, ou seja, alteração do formato caixa ou mudança do formato de pacotes, é necessário através do HMI o operador escolher o tipo de caixa a formar e o tipo de pacotes que vão ser utilizados, de forma à estrutura da máquina estar configurada para o modelo de formato a usar. Também possibilita, caso não exista esse o formato na base de dados o próprio operador com a devida permissão pode inserir os novos valores sendo assim adicionada à base de dados uma nova configuração e formato, Figura 50.

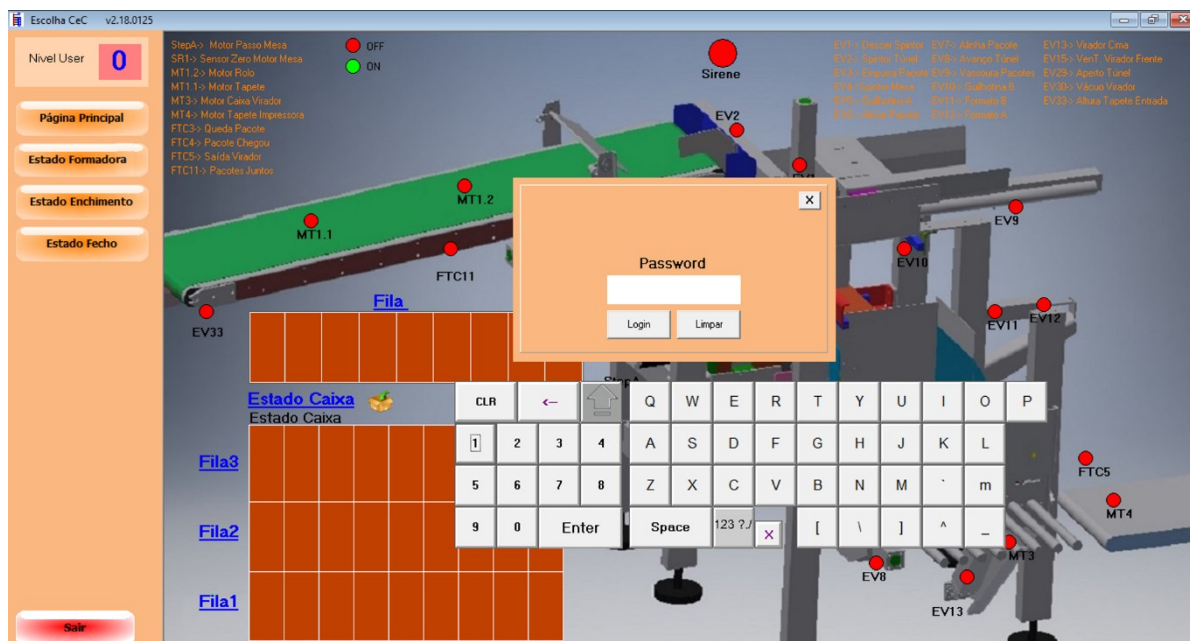


Figura 49 – Login do projeto HMI do sistema semiautomático

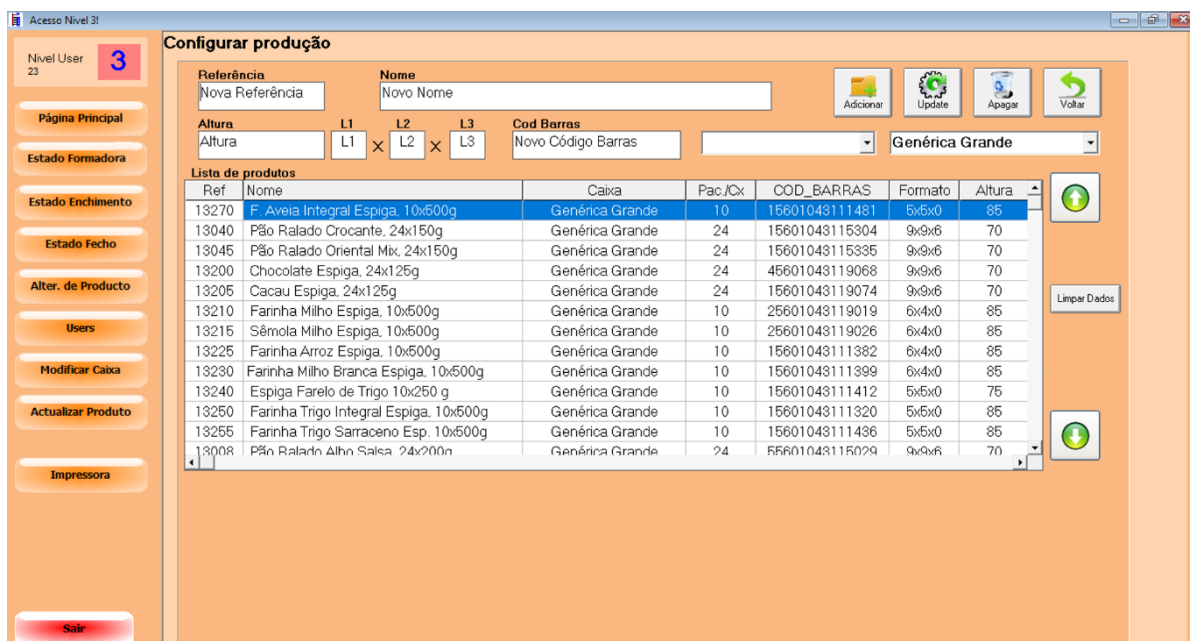


Figura 50 – Página configuração produto do projeto HMI do sistema semiautomático

Todos estes dados, referidos anteriormente, são processados através de funções criadas no *Visual Basic*, onde cada uma pode ter um ou mais objetos associados. Os objetos podem por exemplo ser botões, que quando premidos enviam dados definidos pelo programador para uma zona de memória do PLC à qual estão associados. Por exemplo é possível usar LEDs virtuais sinalizadores no HMI que conforme o valor da zona de memória a que estão associados mudam o seu estado. Os objetos podem estar associados a uma localização de memória que corresponde ao estado de um equipamento. Quando o estado do equipamento é alterado, também é atualizado esse estado no ecrã do HMI. Para analisar a ocorrência de erros e estados de emergência foi criada uma base dos dados que permite listar as falhas e os endereços associados à zona de memória do PLC, acedida por uma função específica criada no *software*. Assim

quando o estado de endereço do PLC muda de estado, a indicação de erro ou emergência surge no ecrã numa janela própria de visualização de erros.

Os dados são transferidos através de uma ligação Ethernet usando o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*)²⁶ inseridos num pacote de dados, Figura 51. Esses dados, são acedidos através do protocolo de comunicação FINS (*Factory Interface Network Service*)²⁷ que permite ler ou gravar dados nas zonas de memória através de uma função de comunicação entre o sistema HMI e o PLC criada no *software* Visual Basic, Figura 52.

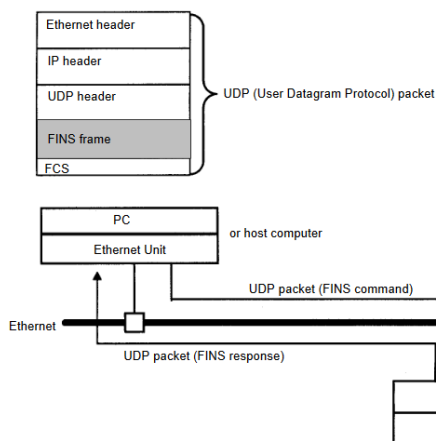


Figura 51 – Comunicações PLC-HMI Ethernet²⁸

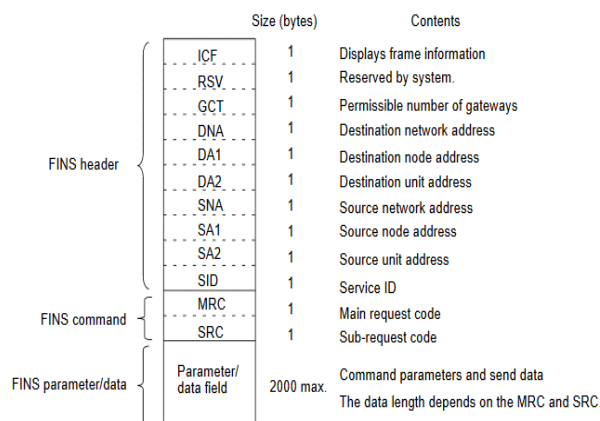


Figura 52 – Configuração da frame FINS²²

4.2.4. Funções Executadas no Sistema

Neste projeto, foram realizadas tarefas de elaboração dos esquemas elétrico e pneumático, montagem dos equipamentos elétricos e pneumáticos e foi desenvolvido o sistema HMI/SCADA da máquina. Foi feito um conjunto de testes aos circuitos da máquina, prestando especial atenção ao circuito de segurança. É crucial não colocar nenhum operador em perigo.

Neste projeto foi utilizado o *software* Visual Basic para o desenvolvimento completo da HMI com a integração de um sistema SCADA de controlo da máquina, conectado com o autómato. Foram criadas no *Visual Basic* várias funções e menus para visualizar o estado de todos os sistemas. Foram criadas funções de leitura e de atualização da base de dados e menus de visualização para cada grupo do sistema. Ainda foi criado uma base de dados de usuários de forma a proteger o sistema de operadores não classificados (sem *login*).

4.2.5. Sugestões de Melhoria do Sistema

Um dos problemas que pode surgir no futuro no sistema de embalagem, advém do facto de ter sido escolhido um computador pessoal para o sistema HMI que não é o mais apropriado devido ao local de instalação, podendo ser danificado facilmente. Neste caso, existem sistemas próprios para ambiente industrial, mais robustos e diversificados, porém o seu preço é consideravelmente mais elevado.

²⁶ <https://pplware.sapo.pt/tutoriais/redes-quais-diferencas-protocolo-tcp-udp/>

²⁷ https://www.mymon.com/downloads/1.Manuals/Networks/W227E12_FINS_Commands_Reference_Manual.pdf

²⁸ https://paginas.fe.up.pt/~pfs/recursos/plcs/omron/cs1/eth_manual/sec5.pdf

Outro problema que pode acontecer, respeita à qualidade do produto finalizado, isto é, o sistema não está preparado para confirmar que o produto final está nas condições ideais. A solução para este problema pode ser a utilização de um sistema de visão e de pesagem automática, que garantiriam o controlo de qualidade, referido na secção 4.1.4.

Uma outra sugestão de melhoria incide na atualização da máquina de forma a automatizar todo o sistema. Na máquina atual há necessidade de intervenção dos operadores sempre que se muda de formato de caixa. Na Figura 53 é possível observar, um sistema de fecho totalmente automático usando motores passo e barreiras óticas laterais de medição para confirmar a altura da caixa. O sistema SCADA pode fornecer essa informação do formato da caixa, ajustando assim o sistema elevatório que suporta o sistema de selagem e o sistema de fecho das abas. A máquina deve ter pneumáticos para executar o fecho das abas e sensores para determinar a localização da caixa.

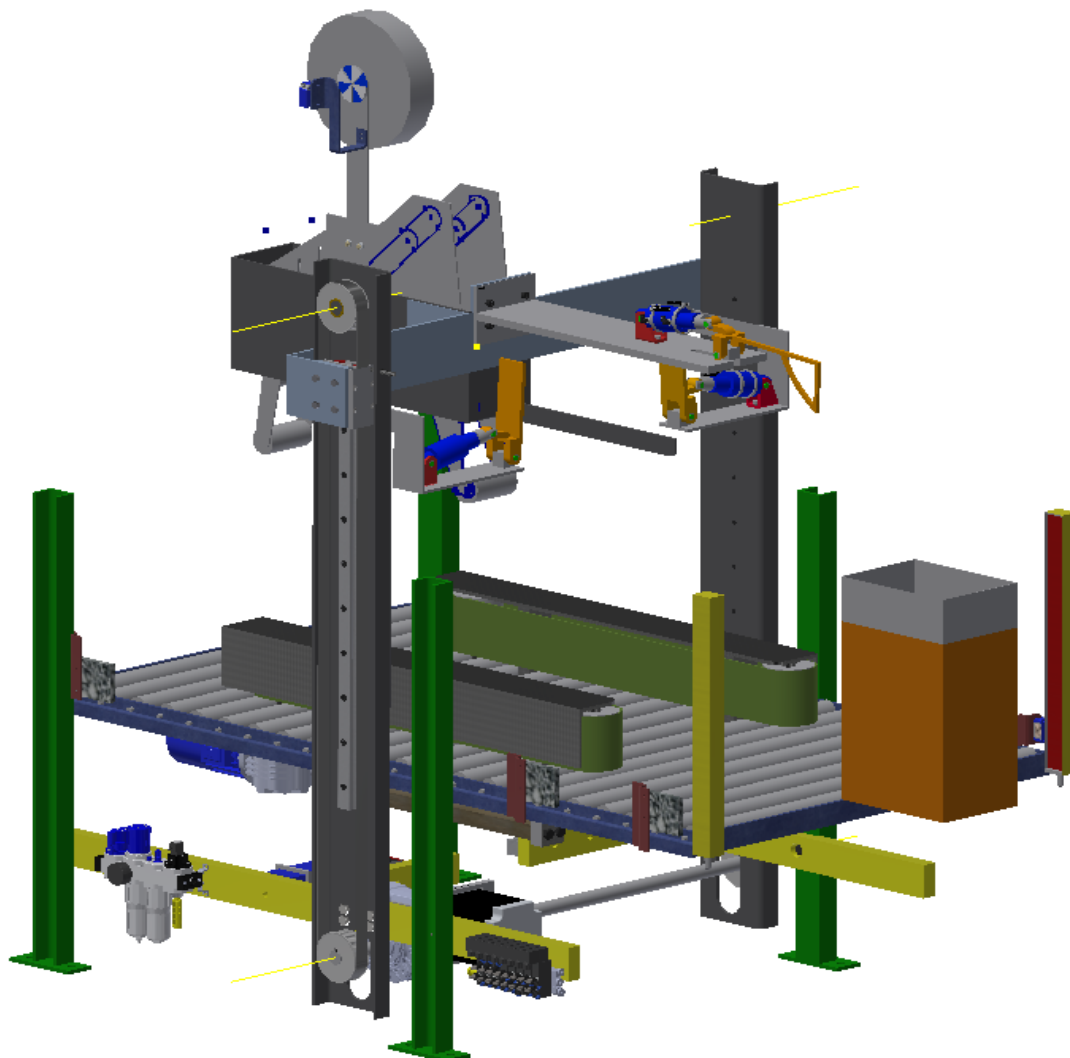


Figura 53 – Proposta de sistema de fecho automático

4.3. Sistema de Transporte de Vagões

Neste subcapítulo, é descrita toda a elaboração do projeto do sistema de transporte de vagões requisitado por uma empresa do sector cerâmico. Na secção seguinte, é abordada a descrição geral e o funcionamento do sistema referido.

4.3.1. Descrição Geral e Funcionamento do Sistema

O sistema de transporte de vagões é utilizado numa empresa de fabrico de azulejos cerâmicos – CINCA, Mealhada.

A intervenção neste sistema pretendeu automatizar os equipamentos e os processos do sistema de transporte de vagões, através da atualização dos componentes elétricos, e automatização com vista à redução de intervenção humana.

O sistema apresentava diversas falhas, nomeadamente na inserção de vagões em locais incorretos ou desalinhados com as linhas, danificando os equipamentos mecânicos e provocando o sobreaquecimento dos equipamentos elétricos.

Todo o sistema elétrico do sistema de transporte, constituído pelo quadro geral de alimentação, quadros elétricos inseridos nos transportadores de vagões, sensores e atuadores, foram substituídos por equipamentos mais recentes. Para além disso, com vista à simplificação da manipulação e monitorização do sistema, foi introduzido um HMI que faz a interface gráfica do sistema com o operador.

Os vagões fazem o transporte de azulejos, que podem ter dimensões variáveis, em cru que passam por um forno para realizar a cozedura. A Figura 54 apresenta uma vista geral do sistema de transporte. Os vagões são carregados com azulejos na zona de enchimento (zona 1), seguindo para a zona de parque (zona 3) onde esperam para passarem pelo forno (zona 7). Após a cozedura voltam à zona de parque (zona 3) onde aguardam pelo arrefecimento. No final os vagões deslocam-se para a zona de descarga (zona 2). As linhas dos transportadores das zonas 4, 5 e 6 servem para movimentar os vagões entre as zonas de enchimento, parque, forno e descarga.

Na Figura 55, é apresentado de uma forma mais pormenorizada o sistema de enchimento dos vagões, constituída por 10 postos em que cada um suporta até 4 vagões. Os vagões entram vazios pela linha do transportador 1 e saem carregados de azulejos pela linha do transportador 2 (ver Figura 56). Na zona de enchimento, para além dos 10 postos, existem 2 linhas que permitem fazer a movimentação de vagões entre as linhas do transportador 1 e transportador 2. Estas linhas permitem a passagem ascendente ou descendente de vagões vazios.

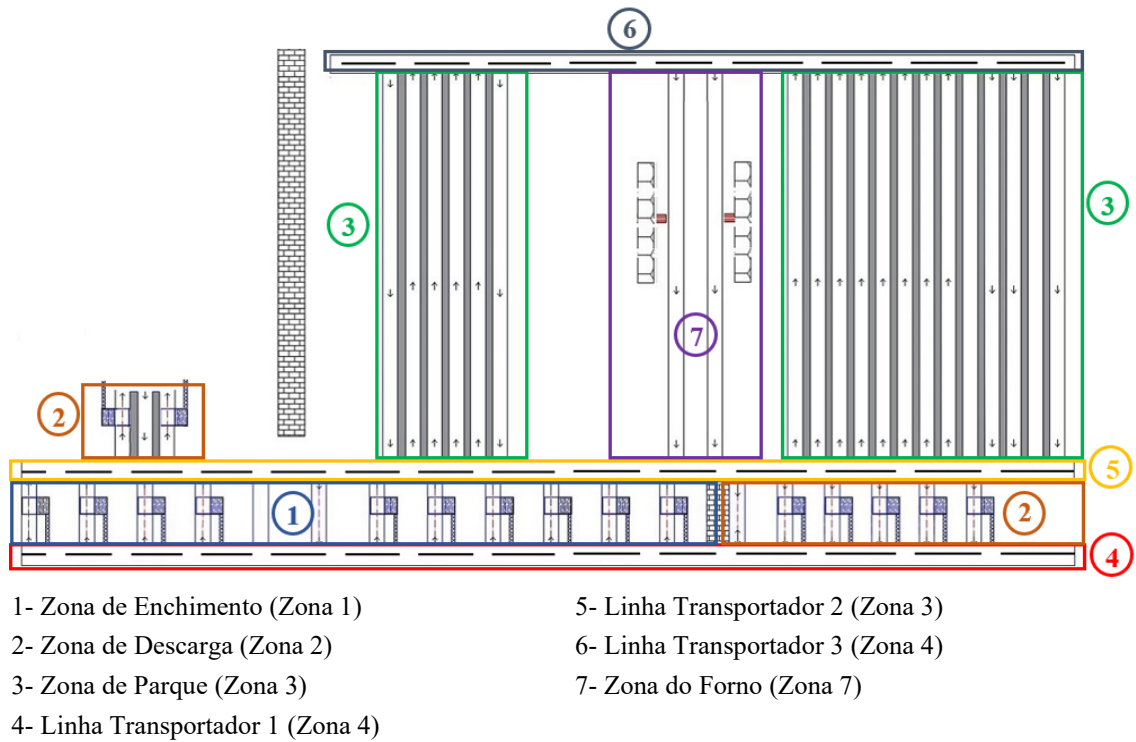


Figura 54 – Vista geral do sistema de transporte de vagões

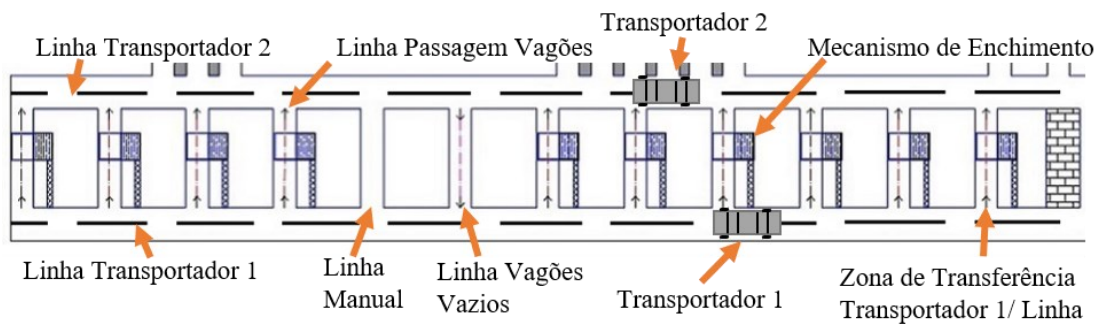


Figura 55 – Excerto da zona de enchimento da Figura 54

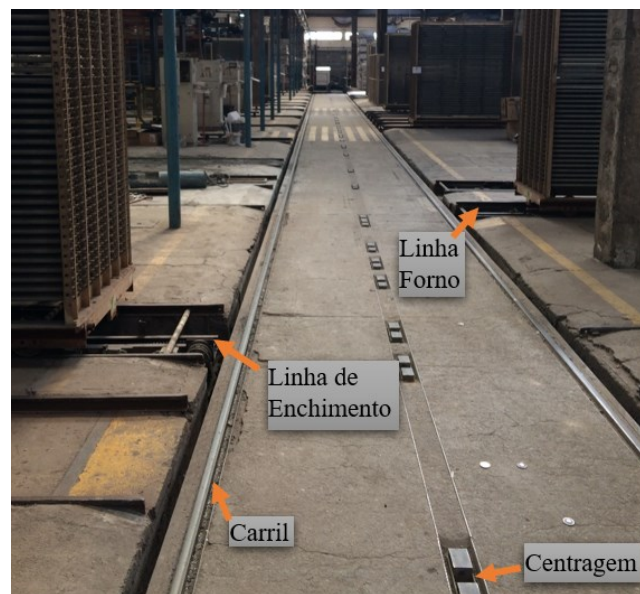


Figura 56 – Vista da linha do Transportador 2

A Figura 57 apresenta uma visão pormenorizada das zonas do sistema do forno, constituído por duas linhas que fazem passar os vagões pelo forno (sentido descendente da figura) e com saída pela zona do transportador 2. A zona do parque de vagões é constituída por 19 linhas com sentidos ascendentes e outros descendentes. O parque é abastecido ou desocupado através da linha do transportador 2 ou 3, consoante o sentido de cada linha do parque.

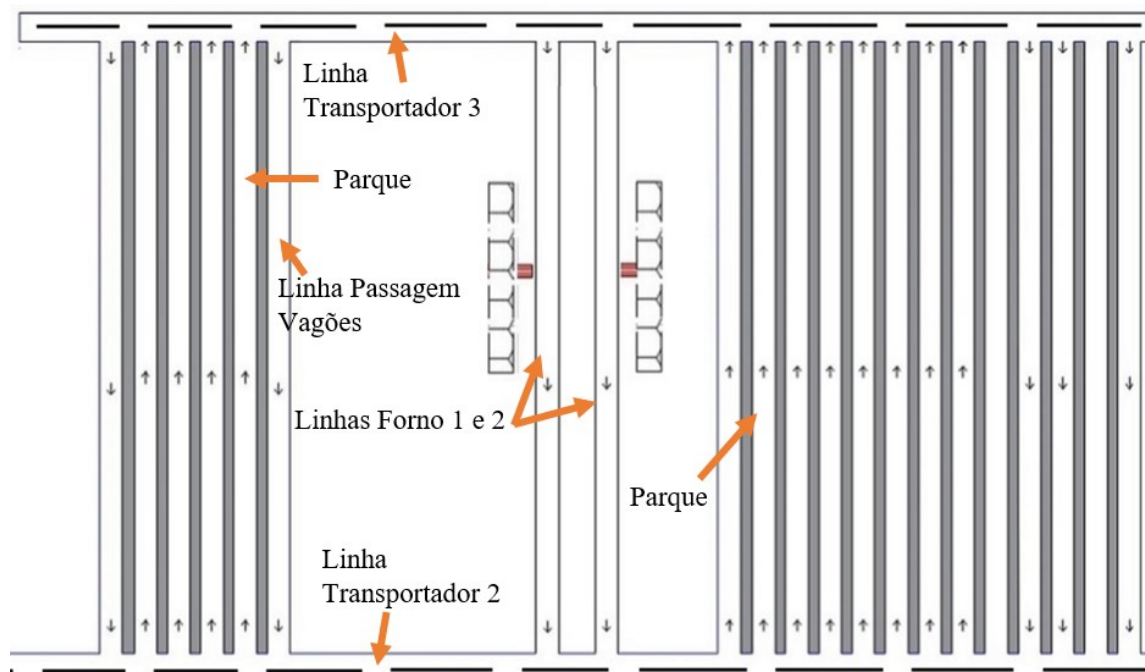


Figura 57 – Excerto da zona dos fornos e parque da Figura 54

A Figura 58 ilustra o funcionamento de uma das duas zonas de recolha de produto. Esta zona em particular, é constituída por 6 linhas de passagem de vagões. Cinco destas linhas, de sentido descendente, têm a função de permitir recolher o produto dos vagões e a outra linha possibilita a transferência de vagões vazios, em ambos os sentidos, entre as linhas do transportador 1 e 2. A linha de transferência de vagões vazios, suporta até 5 vagões com o intuito de não provocar congestionamento nas linhas de descarga ou a paragem nas linhas de enchimento. A pedido da zona de enchimento (quando há necessidade de vagões), o transportador 1 executa a transferência de vagões vazios entre a zona de descarga e zona de enchimento.

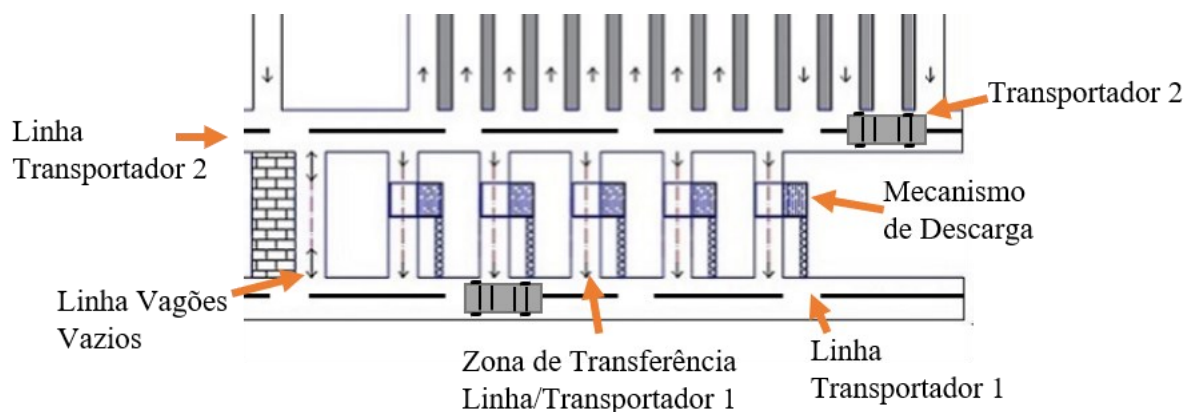


Figura 58 – Excerto da zona de descarga da Figura 54

O sistema de transporte de vagões para funcionar de forma completamente automática necessita de vários componentes que permitam identificar a localização dos transportadores, o estado das linhas e o estado dos transportadores. Para isso, foram usados vários equipamentos elétricos como fotocélulas, sensores, *encoders* e motores.

Cada linha das zonas de enchimento e descarga possui um conjunto de sensores (5 fins de curso) de forma a identificar a posição dos vagões na linha. Através destes sensores é possível saber se a linha está completa, se é possível receber vagões ou se está preparado para transferir vagões. Na Figura 59, é observado a posição dos sensores numa das linhas de descarga de produtos (a imagem não mostra o sensor 1).

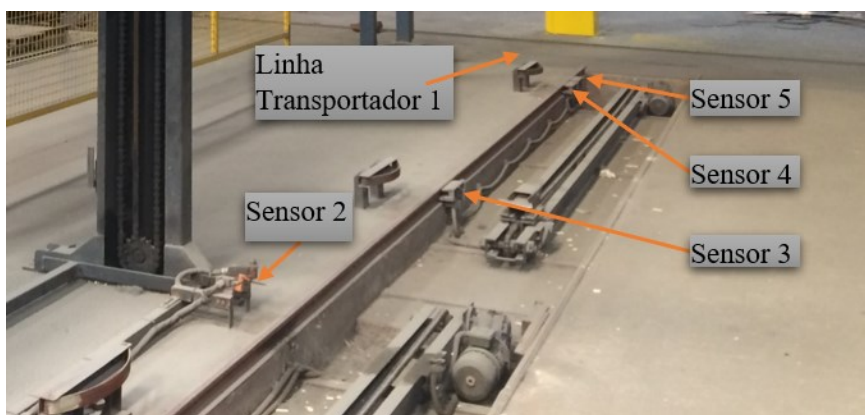


Figura 59 – Vista geral do funcionamento da linha de descarga

Informação fornecida pelos sensores:

- Sensor 1 – identifica se é possível receber vagões;
- Sensor 2 – identifica que o vagão está a ser manuseado (enchimento ou descarga);
- Sensor 3 e 4 – identificam se existe vagão em espera para ser transferidos (a linha possui um *buffer* de vagões);
- Sensor 5 – gera um alarme que pode acontecer se o vagão estiver mal posicionado, isto é, avançou para além do limite da linha, entrando na zona do transportador.

As linhas do parque e do forno, seguem o mesmo princípio, mas apenas com 3 sensores: um para sinalizar emergência; outro para informar se o transportador pode inserir um vagão; e um terceiro sensor para informar que o vagão está pronto para ser retirado. A localização física dos sensores inverte-se, consoante o sentido da linha.

Os transportadores de vagões são constituídos por uma estrutura de 4 rodas movimentadas por um motor que assentam e se movimentam através de um sistema de carris ao longo da linha. Possuem um *encoder* de forma a localizar a posição do transportador e um mecanismo de centragem que permite imobilizar e alinhar o transportador, de forma a garantir a correta movimentação dos vagões de e para o transportador. Por questões de segurança existem também 4 sensores de presença para evitar colisões (ver Figura 60).

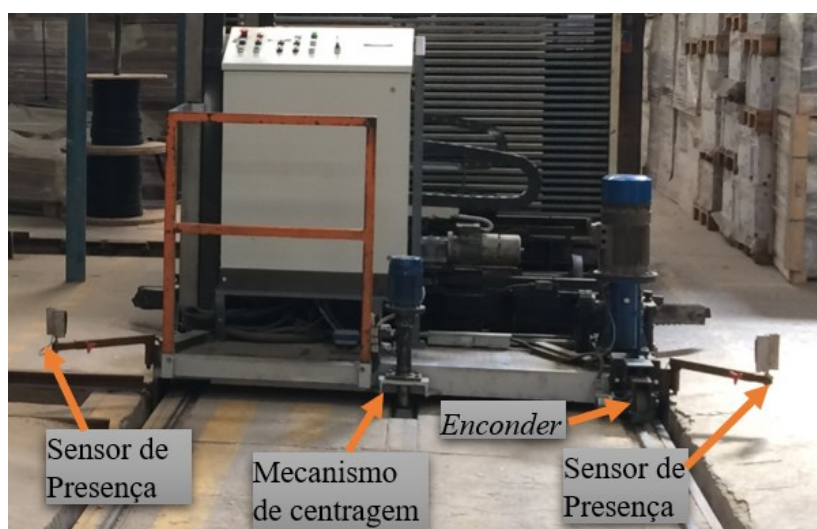


Figura 60 – Vista da retaguarda do transportador 2

Cada transportador permite levar 2 vagões e possuem um mecanismo, designado por “braço”, para efetuar a carga e descarga dos vagões (ver Figura 61). O “braço” é constituído por 2 motores: um movimenta o “braço” para a direita ou esquerda; o outro movimenta uma corrente com um gancho para efetuar a carga ou descarga dos vagões do transportador. Através de 2 sensores incluídos no transportador é possível saber a sua ocupação – um sensor para cada vagão.



Figura 61 – Vista do transportador 2

Na linha do transportador 2, que permite carregar e descarregar vagões nos 2 sentidos é utilizado um sistema de marcadores magnéticos (referidos na Tabela 2), para identificar o tipo de serviço que pode realizar. Por exemplo na Figura 58 para a linha do transportador 2, estes marcadores permitem identificar se o transportador pode carregar ou descarregar os vagões para a zona de descarga (em baixo) ou de parque (em cima).

Tabela 2 – Identificação do tipo de serviço através dos sensores magnéticos

<i>Indicação</i>	<i>Sensor mag 1</i>	<i>Sensor mag 2</i>	<i>Sensor mag 3</i>
<i>Posição Inicial</i>	ON	OFF	OFF
<i>Serviço Direita</i>	OFF	ON	OFF
<i>Serviço Esquerda</i>	OFF	OFF	ON
<i>Serviço Dir./Esq.</i>	OFF	ON	ON

O sistema dos transportadores de vagões, possibilitam 3 modos de operação: manual, semiautomático e automático, escolhido através do comutador 4 da Figura 62. O modo manual, permite o controlo total pelo operador através do joystick 15 da Figura 62.



- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1- Botão Emergência | 9- Selecciona Zona 2 |
| 2- Led Alarme | 10- Botão Reserva |
| 3- Led Modo Manual | 11- Reset Transportador |
| 4- Botão Modo Transportador | 12- Braço Um Direita/Esquerda |
| 5- Botão Rearme | 13- Corrente Um Direita/Esquerda |
| 6- Centragem ON/OFF | 14- Selecciona Zona Um |
| 7- Braço 2 Direita/Esquerda | 15- Joystick Transportador |
| 8- Corrente 2 Direita/Esquerda | 16- HMI Transportador |

Figura 62 – Visão geral do sistema de comando do transportador de vagões

O modo semiautomático, necessita de uma intervenção reduzida por parte do operador, isto é, o transportador possui um HMI inserido no quadro de comando, onde o operador escolhe a zona para onde pretende movimentar os vagões.

No modo automático, o transportador executa todas as funções de forma autónoma, sendo controlado através da HMI, que se encontra no quadro elétrico principal.

Na secção seguinte, é abordado o funcionamento dos equipamentos interligados com o sistema HMI e a sua programação.

4.3.2. Projeto Elétrico do Sistema

Os equipamentos elétricos, do sistema de transporte de vagões, foram atualizados e melhorados com vista à sua otimização e automatização.

O quadro elétrico principal é constituído por um circuito de potência e um sistema de circuito de comando e de monitorização constituído por um PLC Omron e um computador com monitor *touch-screen*. Nos quadros elétricos dos transportadores foi inserido um módulo de interface que comunica com o PLC instalado no quadro principal. A Figura 63 mostra um esquema completo dos módulos que compõem todo o sistema.

No quadro elétrico principal, para além da instalação de contadores, VEVs, placas de relés, fontes de alimentação, disjuntores e tomadas, foi colocado um PLC (CJ2M-CPU33) que executa todo o controlo do sistema. O PLC é energizado através do módulo de alimentação (CJ1W-PA205R) e comunica com os transportadores de vagões através 2 módulos (CJ1W-DRM21). O módulo (CJ1W-SCU31-V1) permite comunicar através de RS485 com as interfaces HMI existentes nos transportadores. Como referido, a interface HMI do quadro principal é constituída por um computador com monitor *touch-screen* que interliga com o PLC através de *Ethernet*.

Nos quadros elétricos dos transportadores, para além da instalação de contadores, VEVs, relés, fontes de alimentação, disjuntores e tomadas, foi inserido um módulo de comunicação (GRT1-DRT) ligado a um módulo de saídas analógicas (GTR1-DA2V) que faz a interface com um VEV que controla a velocidade do transportador de vagões. Foi incluído o módulo de entradas analógicas (GTR1-CT1-1) para ler os valores do *encoder*, e módulos de entradas e saídas digitais para leitura e acionamento dos equipamentos dos transportadores.

A comunicação entre o quadro principal e os quadros secundários existentes nos transportadores é suportado em *DeviceNet*²⁹. Este é um protocolo de comunicação de rede industrial, que utiliza 4 condutores e a blindagem, facilitando a comunicação do autómato com os equipamentos do transportador. A rede de comunicação *DeviceNet* foi configurada através do *software CX-Integrator*³⁰ (ver Figura 64), que cria um mapa de rede de forma que o autómato obtenha a informação de todos os equipamentos do transportador de vagões (ver anexo V).

A cada transportador foi adicionado um HMI (MT8050IE) que interliga com o quadro principal através de RS485. A HMI possibilita ao operador do transportador monitorizar toda a informação das linhas e do próprio transportador. Para a programação da HMI e configuração das ligações lógicas foi utilizado o *software EasyBuilder*³¹, (ver Figura 65).

²⁹ <http://blog.murrelektronik.com.br/protocolo-de-rede-devicenet/>

³⁰ <https://www.myomron.com/index.php?action=kb&article=571>

³¹ <https://www.weintek.com/globalw/Software/EasyBuilderPro.aspx>

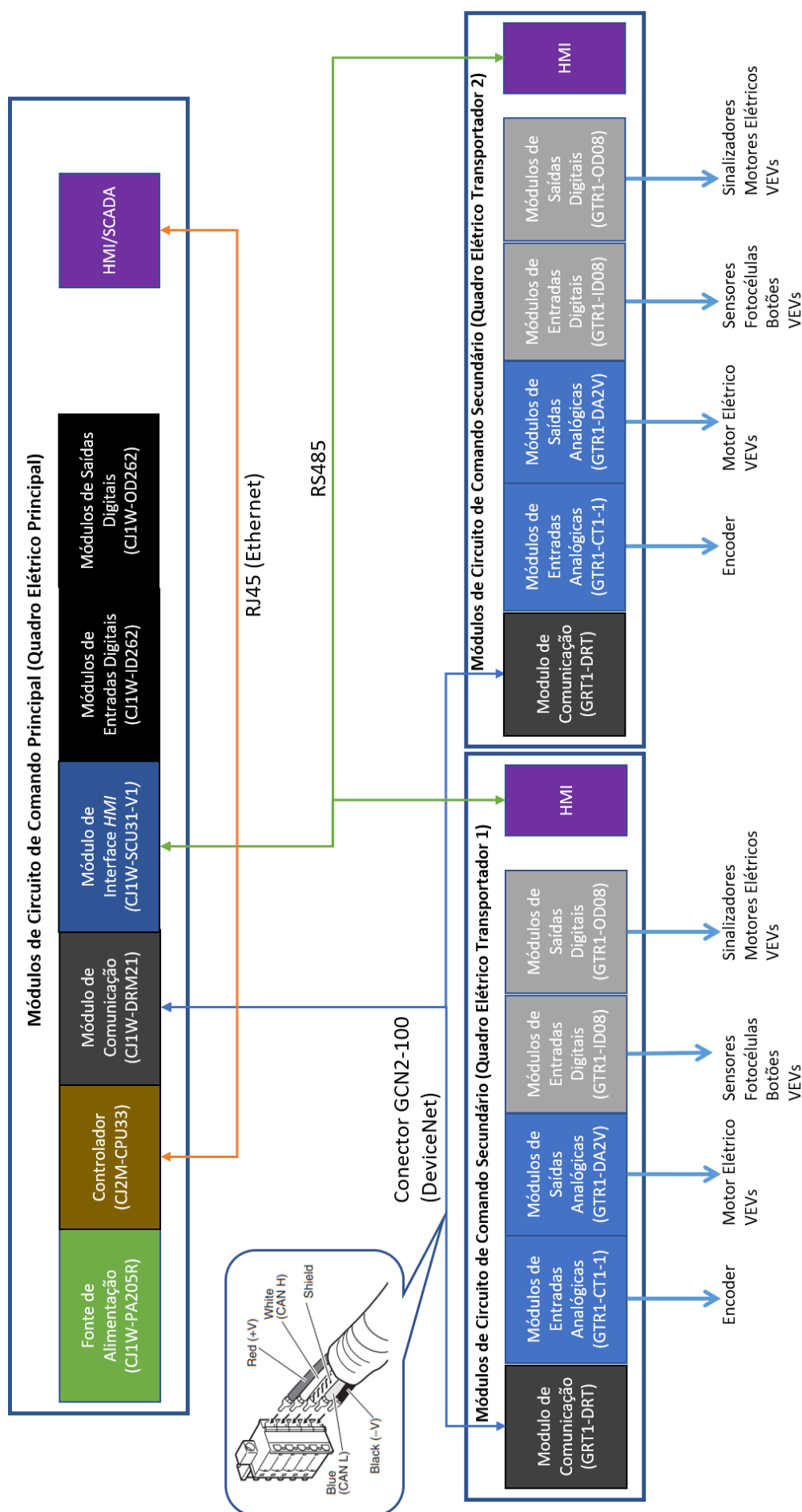


Figura 63 – Visão geral dos módulos de controle do sistema

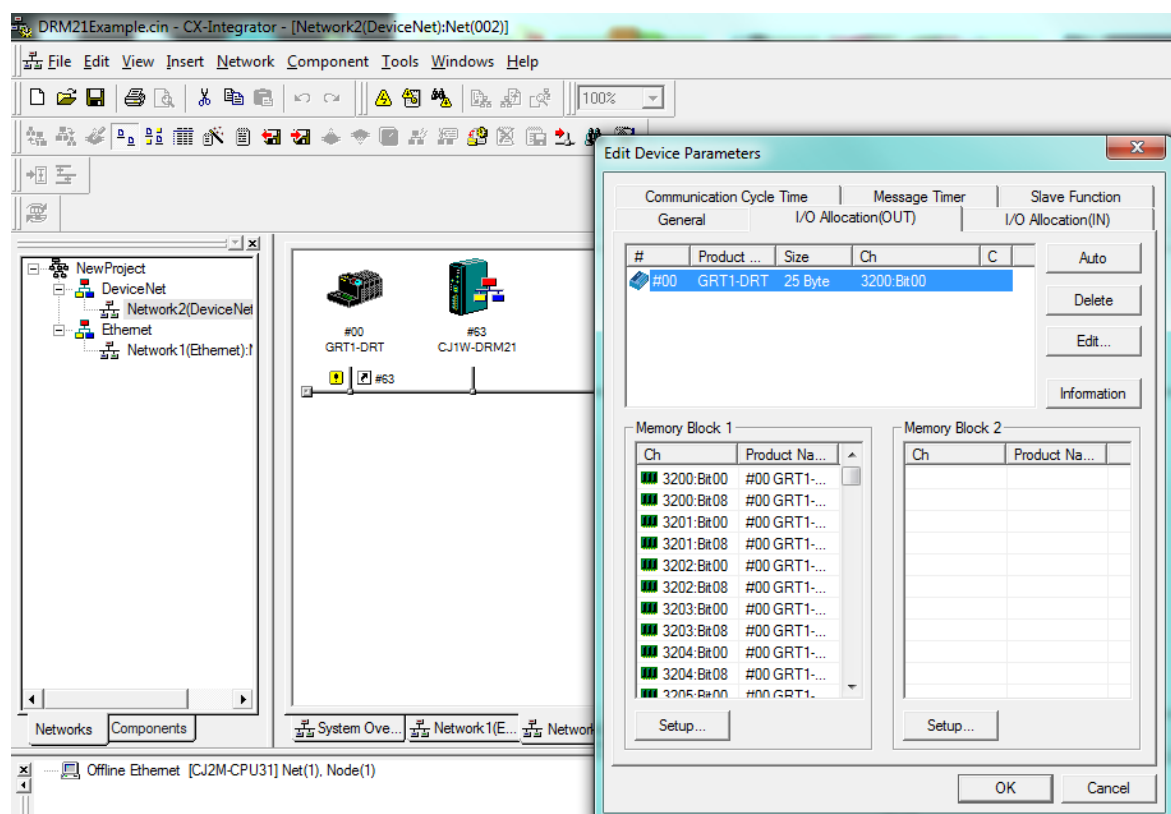


Figura 64 – Vista geral do software CX-Integrator



- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1- Barra de Funções | 6- Banco de dados |
| 2- Projeto dinâmico | 7- Inserção de Objetos |
| 3- Barra da janela | 8- Janela Objetos |
| 4- Janela principal | 9- Características Objeto |
| 5- Etiqueta de Endereço | |

Figura 65 – IDE do Software EasyBuilder

4.3.3. Programação do Sistema

Para a automatização do sistema foi necessário criar um programa com tarefas independentes, que faz a gestão dos transportadores de vagões. O funcionamento das linhas de enchimento, de parque e de descarga não é controlado pelo sistema desenvolvido.

As tarefas programadas permitem fazer os seguintes controlos:

1. Tarefa de controlo do transportador 1;
2. Tarefa de controlo do transportador 2;
3. Tarefa de alocação de vagões às linhas;

As tarefas de controlo dos transportadores 1 e 2 (ver Figura 66) são semelhantes do ponto de vista funcional – ambas permitem fazer a movimentação de vagões entre linhas. No entanto o transportador 2 tem serviço ascendente e descendente, de acordo com a Figura 54).

A tarefa de alocação gere a necessidade e disponibilidade de vagões nas diferentes linhas:

- A linha de enchimento tem requisitos de vagões vazios à entrada e de recolha dos vagões com azulejos crus;
- A linha de descarga tem requisitos de recolha de vagões vazios e disponibilidade para aceitar vagões com azulejos finalizados;
- A linha de forno tem requisito de recolha de vagões com azulejos cozidos;
- A linha de parque é utilizada como *buffer*.

De salientar que a entrega de vagões à linha de forno não é controlada pelo sistema aqui descrito.

O PLC instalado no quadro principal gere o controlo da movimentação dos transportadores 1 e 2. A Figura 66 apresenta o fluxograma do ciclo de funcionamento de um transportador de vagões no modo automático. A HMI do quadro principal monitoriza e controla todo o fluxo de vagões, informando o PLC dos movimentos a executar pelos transportadores – linha inicial de carregamento de vagões para o transportador e linha de destino para entrega dos vagões.

De forma a otimizar os movimentos dos transportadores e garantir o correto funcionamento de todo o sistema de forma a evitar paragens desnecessárias, existe uma tabela de prioridade associada às tarefas. Por exemplo, no caso do transportador 2, havendo necessidade de recolher vagões das linhas de enchimento e da saída da linha de forno, é considerado mais prioritário a recolha dos vagões da linha de forno. A razão desta prioridade surge porque o tempo de cozedura dos azulejos tem que ser respeitado e no caso de haver vagões no final da linha de forno, vai criar congestionamento e os vagões que estão não poderão sair, aumentando desta forma o tempo de cozedura que originará um mau produto final.

Há ainda a necessidade de controlar a disponibilização de vagões vazios às linhas de enchimento. Cada uma destas linhas pode ou não estar a funcionar e para além disso poderá ter ritmos de funcionamento distintos, por exemplo devido ao tipo de azulejo.

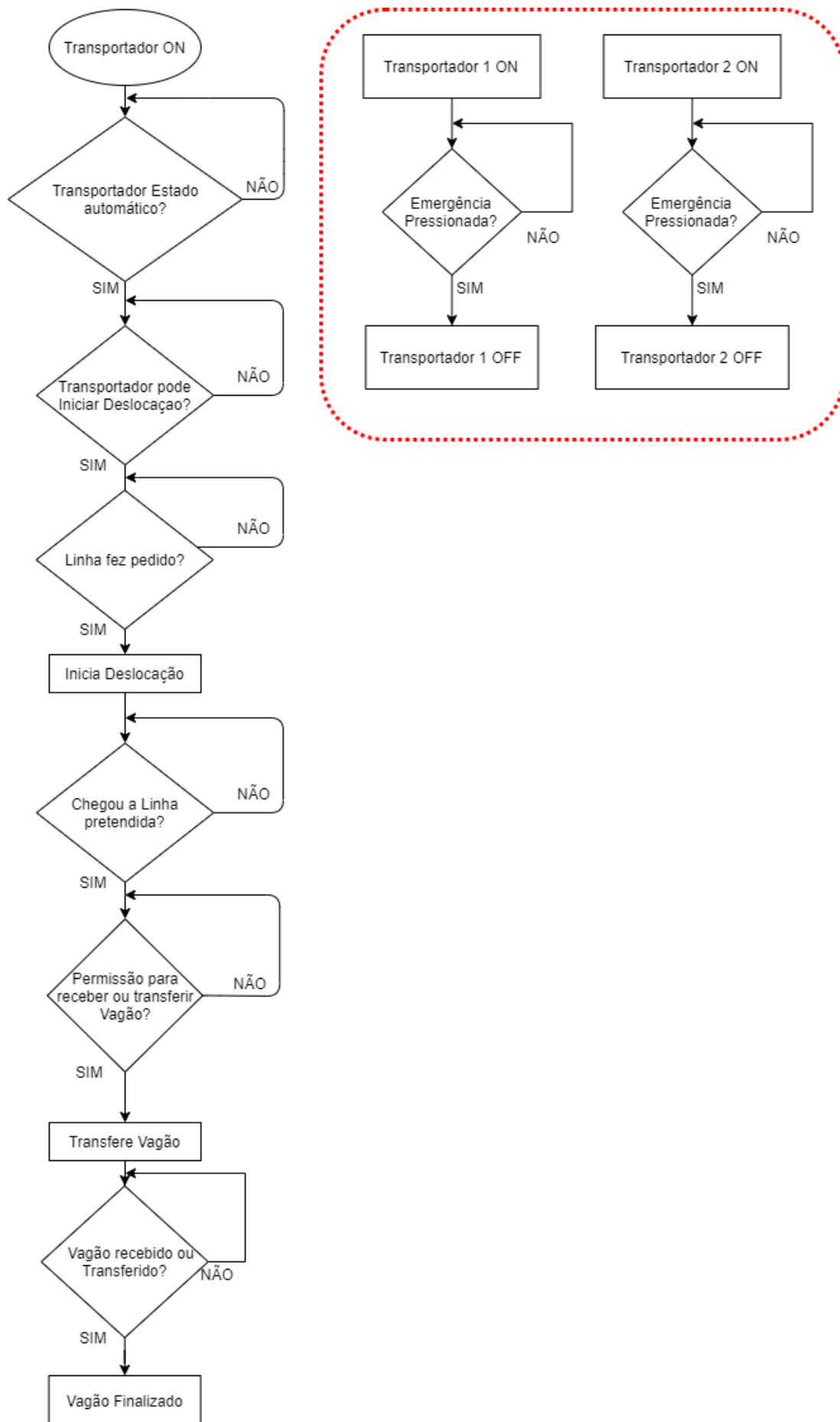
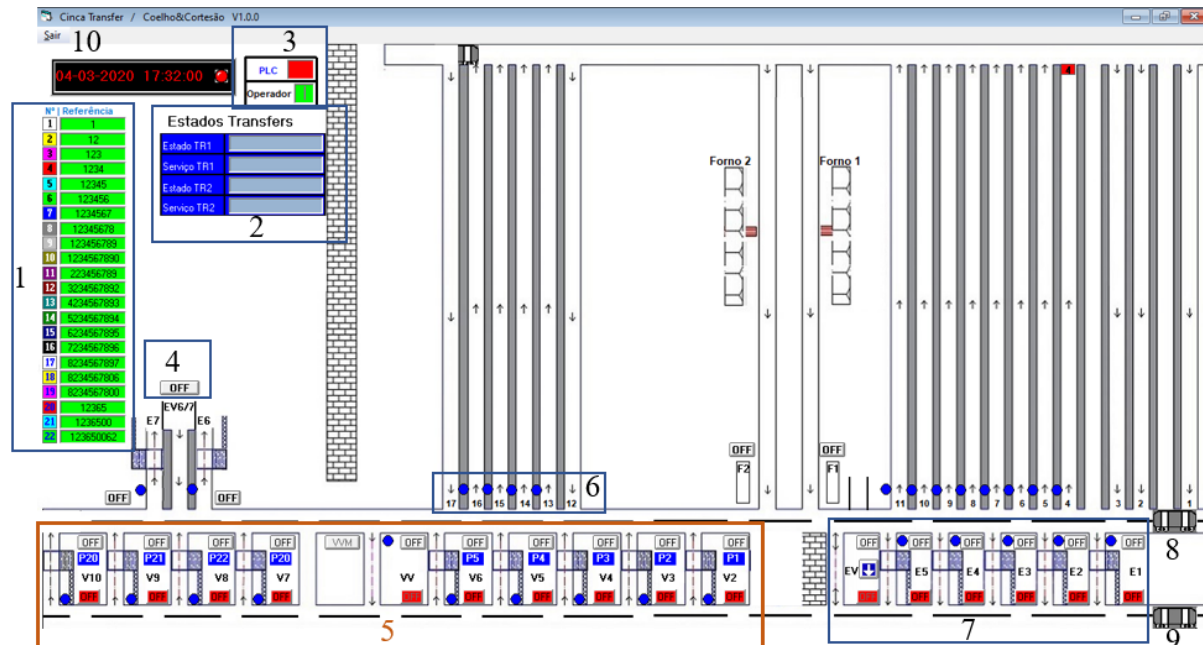


Figura 66 – Fluxograma do ciclo do funcionamento do transportador em modo automático

O controlo e monitorização de todo o sistema é realizado através da HMI instalada no quadro elétrico principal. Neste projeto, foi utilizada a ferramenta *Visual Basic*, para o desenvolvimento da interface gráfica com o operador.

A Figura 67 mostra o ecrã da HMI, disponibilizado ao operador para monitorizar e controlar todo o sistema de transporte de vagões.



- | | |
|--|----------------------------|
| 1- Zona Identificação Produto | 6- Estado Linhas Parque |
| 2- Zona Informação dos Transportadores | 7- Estado Linhas Descarga |
| 3- Informação do Operador | 8- Posição Transportador 2 |
| 4- Botão de Informação Linha | 9- Posição Transportador 1 |
| 5- Estado das Linhas de Enchimento | 10- Barra Menu |

Figura 67 – Menu principal do HMI do sistema de gestão do transporte de vagões

Nesta HMI é possível fazer a identificação de utilizadores para gestão de permissões de acesso, visualização das necessidades/disponibilidades das diferentes linhas, e monitorização do estado dos equipamentos.

Em situação de alarme, erro ou avaria é apresentada uma janela com informação detalhada sobre a falha (ver Figura 68), independentemente do tipo de permissão do utilizador.

O sistema foi programado com 2 níveis de permissão que possibilita a distinção entre o nível de acesso dado ao operador. A identificação do utilizador é realizada através do menu da Figura 69.



Figura 68 – Menu informativo do estado das linhas e transportadores

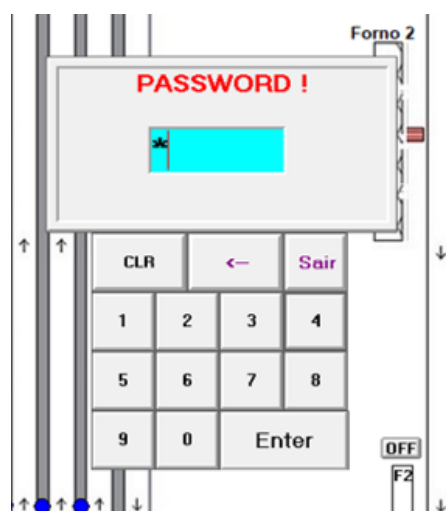


Figura 69 – Ecrã de login de acesso ao controlo através do HMI

O nível de permissão básico permite o acesso à gestão das linhas. O utilizador tem a opção de desativar ou ativar as linhas e associar o tipo de produto (azulejo) em produção. Se o sistema não estiver em modo completamente automático é ainda possível controlar o destino pretendido a dar aos vagões que se encontram à saída das linhas, à espera de recolha por um transportador. O nível de permissão elevado possibilita introduzir informação de configuração no sistema e está vedado aos operadores.

Na Figura 70, é apresentado de uma forma mais pormenorizada, toda a informação disponibilizada sobre uma linha, neste caso de enchimento. Através da HMI é possível realizar a monitorização, em tempo real, da atividade na linha, e introduzir comandos ao sistema através de botões virtuais.

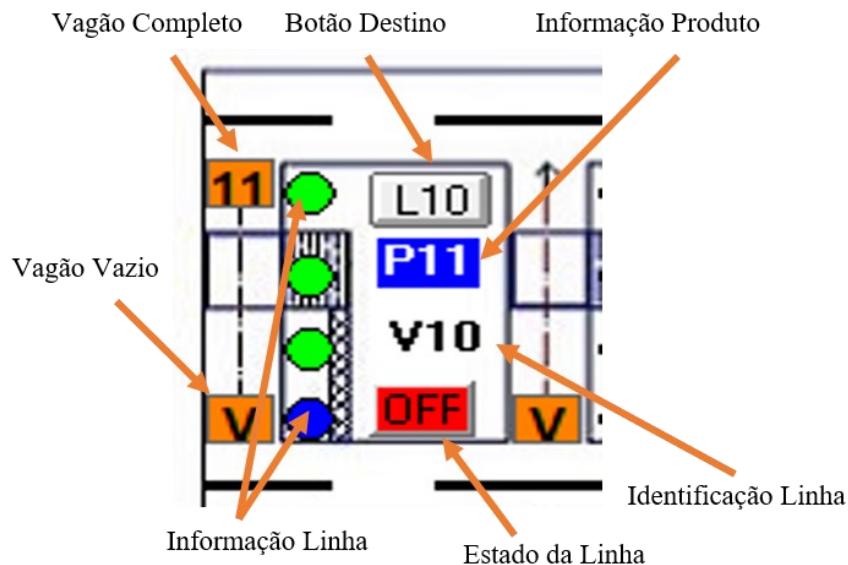


Figura 70 – Vista geral de informação de linha

Os círculos coloridos, permitem saber a ocupação da linha:

- Azul – tem espaço para receber vagões;
- Verde – está ocupado com vagão;
- Vermelho – informa que existe uma emergência ou está a ser realizada uma transferência.

A caixa de fundo azul contém a informação sobre o produto que está a ser carregado nos vagões que passam na linha.

De forma a passar informação ao sistema de controlo existem 2 botões:

- Estado da linha – permite inativar a linha. Desta forma não serão inseridos ou recolhidos vagões;
- Botão destino – indica a linha de destino dos vagões recolhidos pelo transportador.

Ao pressionar o “Botão destino”, aparece o menu da Figura 71, que permite seleccionar a linha de destino do tipo de produto, através da listagem apresentada.

Nas linhas de transferência de vagões, que suportam os 2 sentidos, pode ser realizada a informação ao sistema do sentido em que se pretende que funcione através do “Botão Sentido Linha” da Figura 72.

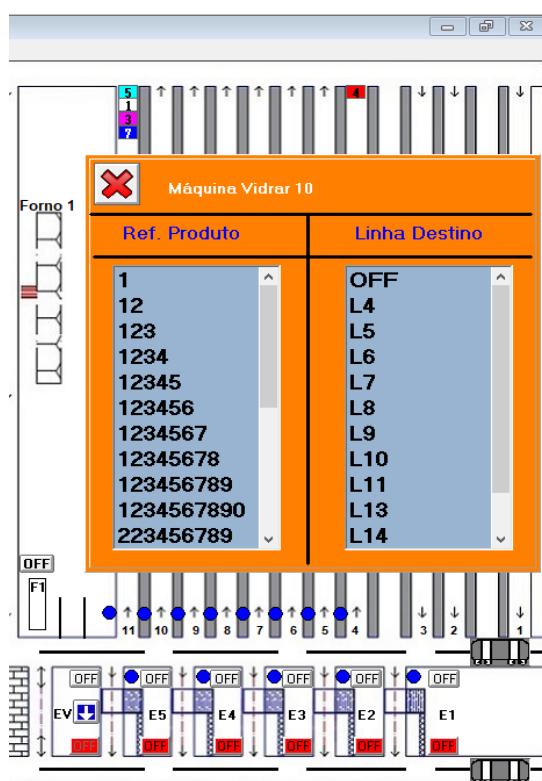


Figura 71 – Janela de opção de adição de linha destino e de produto abastecido

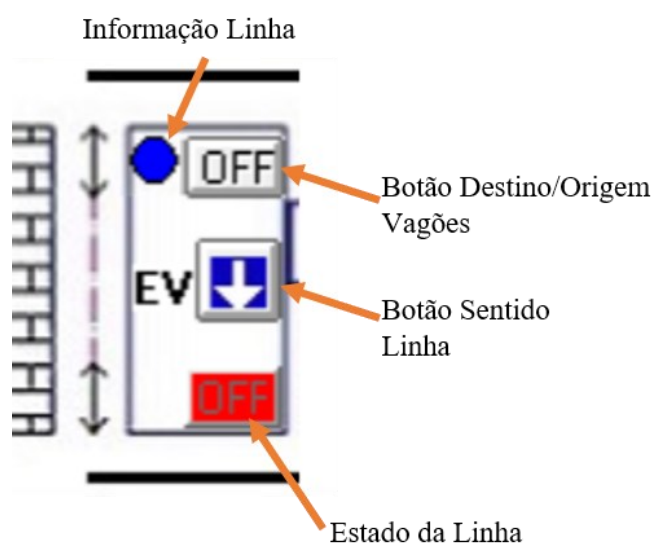


Figura 72 – Vista geral de informação da linha escolha de vagões vazios

O nível elevado de permissão, tal como já referido, permite adicionar informação de configuração ao sistema, para além de toda a operação do sistema do nível básico. As configurações disponíveis são: Edição de Produtos e Correção de Parque.

A opção de edição de produtos mostra uma janela (ver Figura 73) que permite adicionar, modificar e remover o tipo de produtos que estão a ser produzidos e transportados pelo sistema.

A função de correção do parque de vagões (ver Figura 74), é utilizada para configurar todo o sistema, antes de se colocar em modo completamente automático. Serve para fazer a associação dos produtos aos vagões que se encontram em espera nas linhas de parque.



Figura 73 – Menu de edição de produtos

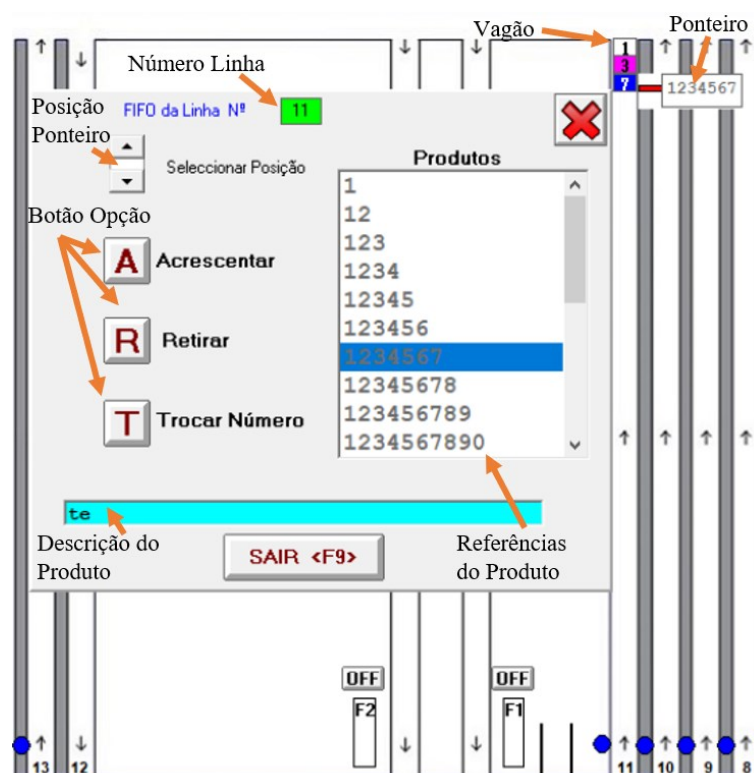


Figura 74 – Janela de correção dos vagões no parque

Esta necessidade de correção/informação prévia ao sistema, pode ser resultado de um mau funcionamento inesperado que tenha levado à paragem do sistema, ou a qualquer outro motivo que leve à comutação para controlo manual. Assim, torna-se necessário proceder à identificação de todos os vagões existentes nas linhas e dos produtos que transportam.

Em anexo VI é ilustrado uma parte do código da programação do sistema SCADA visualizado na HMI.

4.3.4. Funções Executadas no Sistema

Neste projeto, foi utilizado o *software Visual Basic* para o desenvolvimento da HMI de controlo, de forma a ser possível a realização de monitorização, operação e configuração do sistema de transporte de vagões, tal como descrito.

Para o desenvolvimento do *software* foi necessário perceber todo o funcionamento do sistema, sequência de transporte dos produtos e operação das diferentes linhas.

A programação do autómato de controlo do movimento dos transportadores e interação com a HMI foram um desafio de elevada complexidade, quer pelo facto da quantidade de informação recolhida pelo PLC de todos os sensores e atuadores, quer pela programação da HMI através do *Visual Basic*.

4.3.5. Sugestões de Melhoria no Sistema

A HMI de monitorização de todo o sistema é constituída por um computador com ecrã LCD com interface *touch-screen*. Embora a HMI se tenha revelado completamente funcional, não é um equipamento com qualidade de certificação de nível industrial, não sendo por isso apropriado para o local de instalação e podendo danificar-se com maior facilidade. A substituição por uma HMI industrial acrescentaria garantias de qualidade e robustez, dificilmente alcançadas pelo HMI atual.

Outra sugestão de melhoria, passaria pela substituição do tipo de comunicação entre o PLC de controlo e os transportadores. Dado que os transportadores são sistemas móveis, a opção por uma comunicação sem fios, permitiria reduzir a cablagem e evitar possível falhas devido à quebra da cablagem.

5. Conclusões

Este relatório apresenta o trabalho realizado no âmbito do estágio na empresa Coelho & Cortesão, Lda. Foi particularmente importante a realização de estudos e pesquisas sobre equipamentos e componentes usados nos sistemas de automação industriais, o que permitiu um enriquecimento técnico ao nível do projeto de sistemas e desenvolvimento de máquinas. O conhecimento transmitido pelos técnicos da empresa, durante todo estágio, revelou-se muito importante.

No decorrer deste estágio foram concluídos com sucesso o desenvolvimento de sistemas solicitados por empresas cliente, quer na atualização de sistemas de automação industriais já existentes, quer na criação/proposta de novas soluções de automação de processos.

Foram desenvolvidos programas e realizada a parametrização de componentes e equipamentos, bem como o estudo de formas de os associar como elementos de máquinas industriais.

Os trabalhos desenvolvidos neste estágio curricular de mestrado foram:

- Desenvolvimento de esquemas elétricos e pneumáticos dos projetos desenvolvidos, com recurso a software específico, para elaboração de soluções de máquinas industriais de forma a identificar todos os equipamentos mecânicos/elétricos e ligações elétricas;
- Instalação dos quadros elétricos e dos equipamentos interligados com os quadros, dos projetos desenvolvidos;
- Parametrização dos equipamentos de potência, de controlo e de emergência/segurança dos projetos desenvolvidos;
- Desenvolvimento da programação dos equipamentos de controlo, autómatos, dos projetos desenvolvidos, com recurso do *software CX-Programmer*;
- Desenvolvimento do sistema HMI/SCADA não industrial, com recurso a programação através do *software Visual Basic*;

Desta forma, é possível afirmar que os objetivos propostos na secção 1.2 foram totalmente cumpridos.

De entre os diversos trabalhos realizados, o *software* utilizado para programação do autómato e do sistema HMI/SCADA não industrial, proporcionaram o maior obstáculo devido à pouca interatividade e por serem de uma versão já desatualizada.

Através deste estágio foi permitido adquirir conhecimento de múltiplos componentes usados nos sistemas de automação industrial, nomeadamente: motores, redutores, variadores eletrónicos de velocidade, *encoders*, autómatos, sistemas pneumáticos e programação de sistemas HMI.

O trabalho desenvolvido ao longo deste estágio revelou-se desafiante pela aquisição de múltiplas competências num curto espaço de tempo. Foi possível desempenhar tarefas em ambiente de obra, tendo sido um dos aspetos mais produtivos deste estágio curricular. Esta

oportunidade permitiu a aplicação de diversos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, nomeadamente de programação, eletrónica e automação.

5.1. Trabalhos Futuros

Durante o tempo de estágio, várias foram as vezes que houve a necessidade de um técnico da empresa se deslocar à empresa de um cliente para verificação e resolução de problemas. Foi constatado que algumas vezes o problema identificado tinha uma solução simples e que poderia ser realizado de forma remota. Perante isto, seria uma mais valia, adicionar um sistema de ligação remota. Atualmente, há a possibilidade de ligar os autómatos à rede local da empresa cliente e permitir o acesso remoto de diagnóstico. Para resoluções simples, esta solução beneficiaria a empresa cliente, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e evitando perdas devidas a paragens não programadas.

A HMI composta por um computador e um ecrã LCD com interface *touch-screen*, é um ponto de possível falha por se tratar de um sistema não industrial. As elevadas temperaturas a que é sujeito, ambiente poluído e funcionamento contínuo, poderão afetar prematuramente o correto funcionamento da HMI e comprometer todo o sistema, obrigando à paragem com consequentes perdas para a empresa de cerâmica. A opção passará pela substituição por uma HMI de características industriais.

O *software* utilizado para a programação das HMI não industriais para supervisão e controlo, está desatualizado, possui poucos recursos gráficos e poderá limitar a sua utilização em versões de Sistema Operativo mais recentes. A utilização da linguagem de programação *Visual Basic* deve-se a razões históricas e pouco interesse em adaptar/reescrever todo o código já existente e que se mantém funcional. No entanto, dadas as limitações apresentadas, deverá ser equacionado a substituição por uma linguagem de programação atualizada, por exemplo C#.

Referências

- Copadata. (s.d.). *Human-Machine Interface (HMI)*. (Copadata) Obtido em 19 de fevereiro de 2020, de <https://www.copadata.com/pt/produtos/interface-homem-maquina-hmi/>
- Ecobite. (2019). *5 Benefícios da Automação na Produção Industrial*. (Ecobite) Obtido em 12 de março de 2020, de <https://www.ecobite.pt/5-beneficios-automacao-industrial/>
- Electrical Technology. (s.d.). *What is Industrial Automatio : Types of Industrial Automation*. Obtido em 12 de março de 2020, de <https://www.electricaltechnology.org/2015/09/what-is-industrial-automation.html>
- Forum automation. (2018). *What is process Scan & process time in PLC?* Obtido em 3 de abril de 2020, de Forum automation: <https://automationforum.in/t/what-is-process-scan-process-time-in-plc/3666>
- IEC. (2000a). *IEC 61131-5 : Programmable controllers - Part 5: Communications*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/4554>
- IEC. (2000b). *IEC 61131-7 : Programmable controllers - Part 7: Fuzzy control programming*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/4556>
- IEC. (2003). *IEC 61131-1 : Programmable controllers - Part 1: General information*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/4550>
- IEC. (2004). *IEC TR 61131-4 : Programmable controllers - Part 4: User guidelines*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/4553>
- IEC. (2012). *IEC 61131-6 : Programmable controllers - Part 6: Functional safety*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/4555>
- IEC. (2013). *IEC 61131-3 : Programmable controllers - Part 3: Programming languages*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/4552>
- IEC. (2017a). *IEC 61131-2 : Industrial-process measurement and control - Programmable controllers - Part 2: Equipment requirements and tests*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/31007>
- IEC. (2017b). *IEC TR 61131-8 : Industrial-process measurement and control - Programmable controllers - Part 8: Guidelines for the application and implementation of programming languages*. Obtido de <https://webstore.iec.ch/publication/33021>
- Inductive Automation. (2018). *What is SCADA?* (Inductive Automation) Obtido em 14 de março de 2020, de <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>
- ISO. (2020). *ISO 9241-110 (Ergonomics of human-system interaction)*. (ISO) Obtido em 13 de março de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-110:ed-2:v1:en>
- Neves, D., & Sousa, R. (2014). *Revolução Industrial*. Obtido em 14 de março de 2020, de <https://mundoeducacao.uol.com.br/historiageral/revolucao-industrial-2.htm>
- Pina, J. M. (2017). *Instalações Elétricas - Documentação da Unidade Curricular*. Coimbra: ISEC.

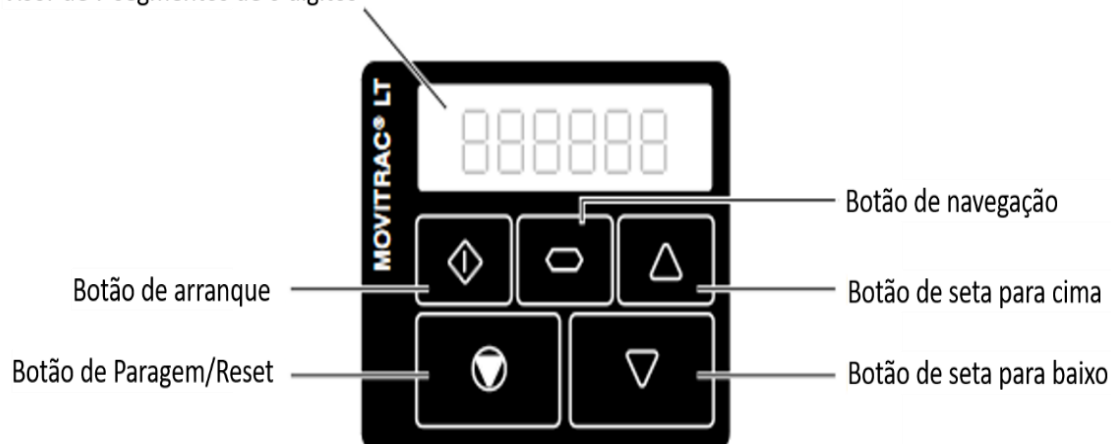
Tomé, J. (2019). *Como poderá a tecnologia sustentar as ambições de crescimento da indústria?* (dn_insider) Obtido em 21 de agosto de 2020, de <https://insider.dn.pt/opinioao/como-podera-a-tecnologia-sustentar-as-ambicoes-de-crescimento-da-industria/21245/>

ANEXOS

Anexo I – Parametrização dos VEVs

Consola de Interface do Utilizador¹¹:

Visor de 7 segmentos de 6 dígitos



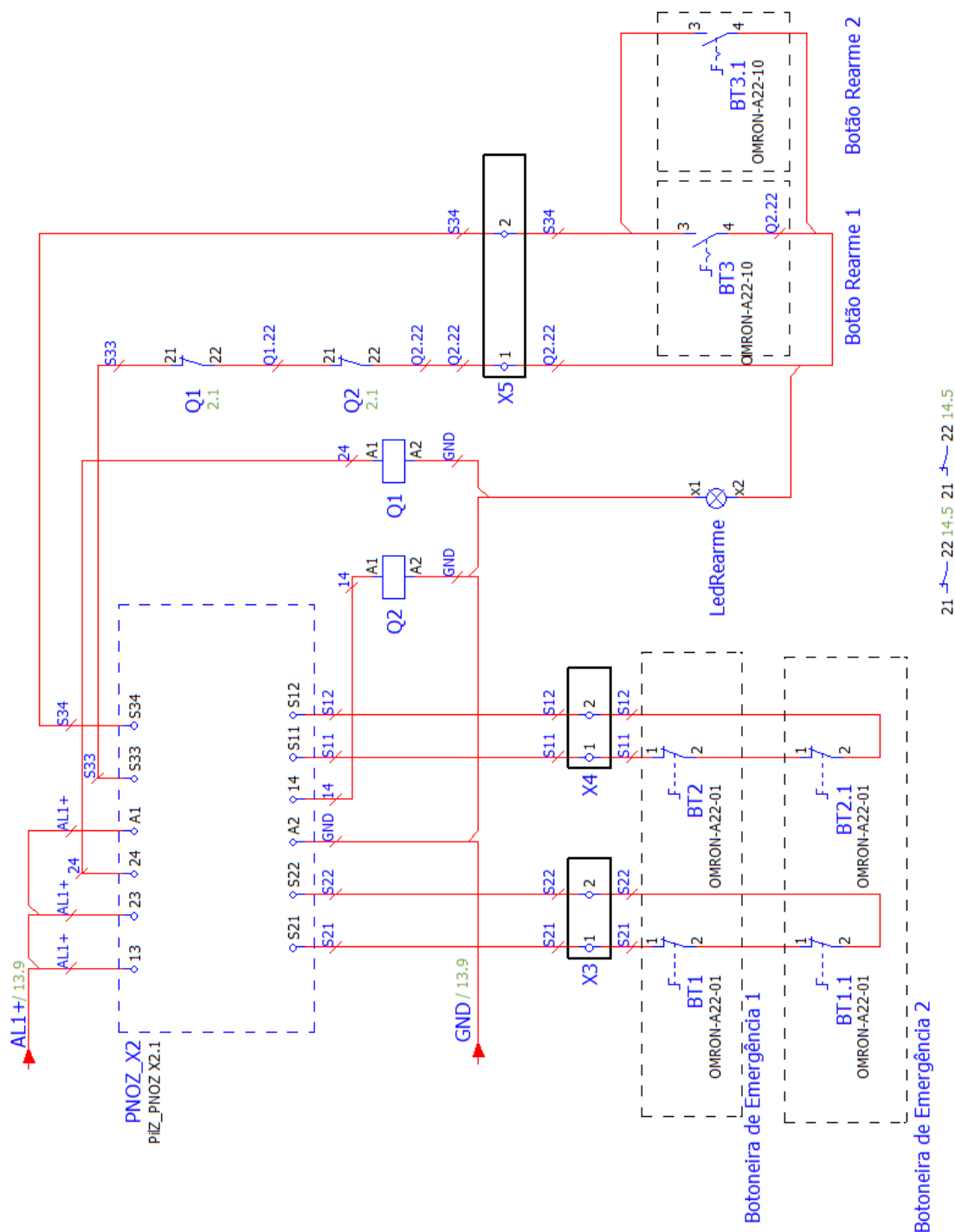
Parametrização e Ligação Elétrica do VEV¹¹:

N.º de terminal	Sinal	Ligação	Descrição
1	+24 V ref out	Saída +24 V: tensão de referência	Tensão de referência para ativação de DI1 – DI3 (máx. 100 mA)
2	DI 1	Entrada binária 1	Lógica positiva
3	DI 2	Entrada binária 2	Gama de tensões de entrada "Lógica 1": 8 – 30 VCC Gama de tensões de entrada "Lógica 0": 0 – 2 VCC Compatível com os requisitos PLC se estiver ligada 0 V no terminal 7 ou 9.
4	DI 3	Entrada binária 3/termistor	
5	+10 V	Saída +10 V: tensão de referência	10 V de tensão de referência para entrada analógica (alimentação de pot. +, máx. 10 mA, mín. 1 K Ω)
6	AI/DI	Entrada analógica (12 Bit) Entrada binária 4	0 – 10 V, 0 – 20 mA, 4 – 20 mA Gama de tensões de entrada "Lógica 1": 8 – 30 VCC
7	0 V	0 V: Potencial de referência	0 V: Potencial de referência para entrada analógica (alimentação de potencial)
8	AO/DO	Saída analógica (10 Bit) Saída binária	0 – 10 V, máx. 20 mA analógica 0/24 V, máx. 20 mA digital
9	0 V	0 V: Potencial de referência	0 V: potencial de referência para saída analógica
10	Tensão de comutação de relé	Tensão de comutação de relé de entrada	Contacto NA (250 VCA/30 VCC a 5 A)
11	Contacto de relé	Contacto de relé	

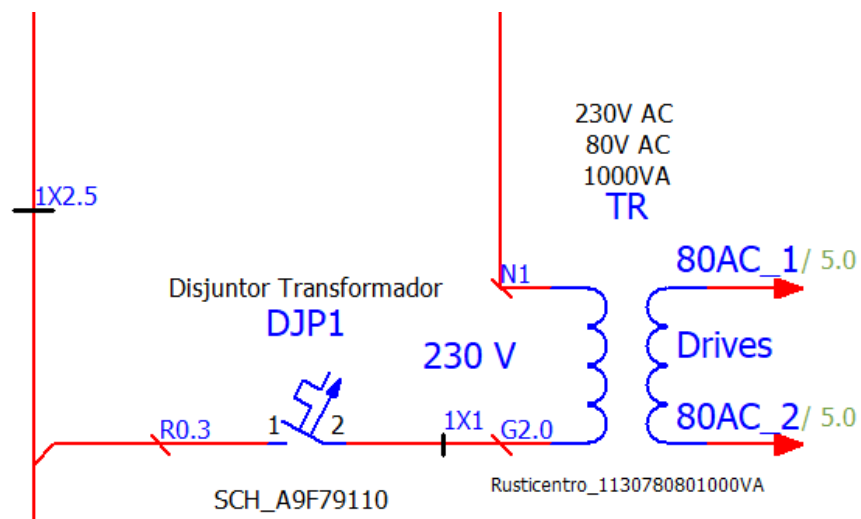


Anexo II – Esquemas Elétricos/Pneumáticos

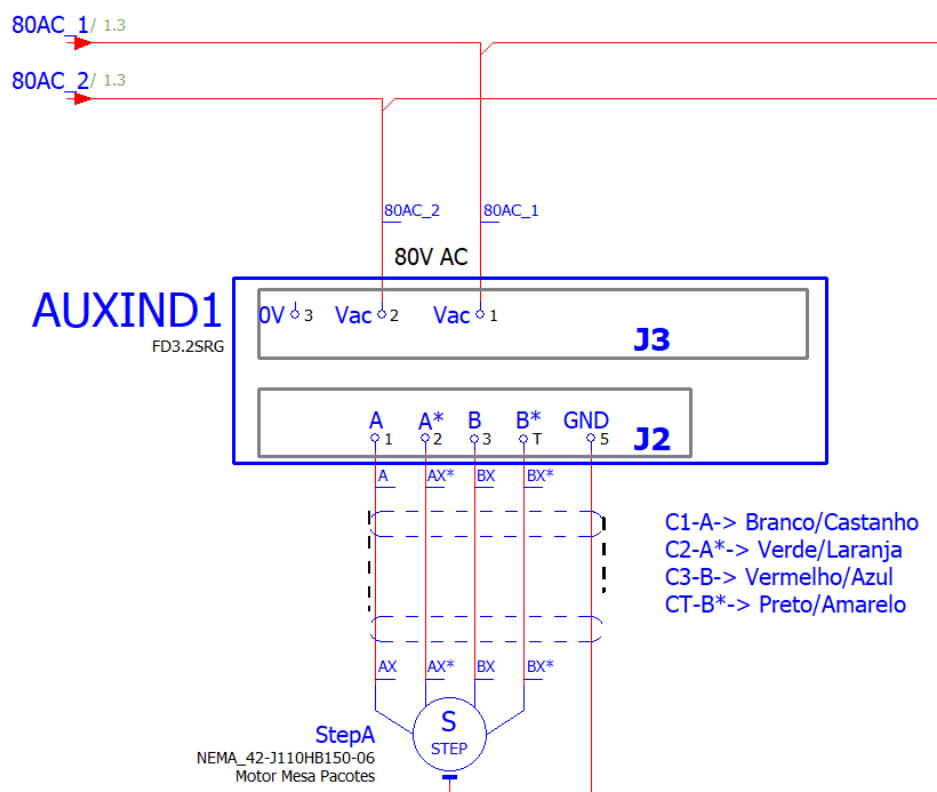
Esquema Elétrico *EPLAN* de Segurança Sistema de Transporte de Caixas:



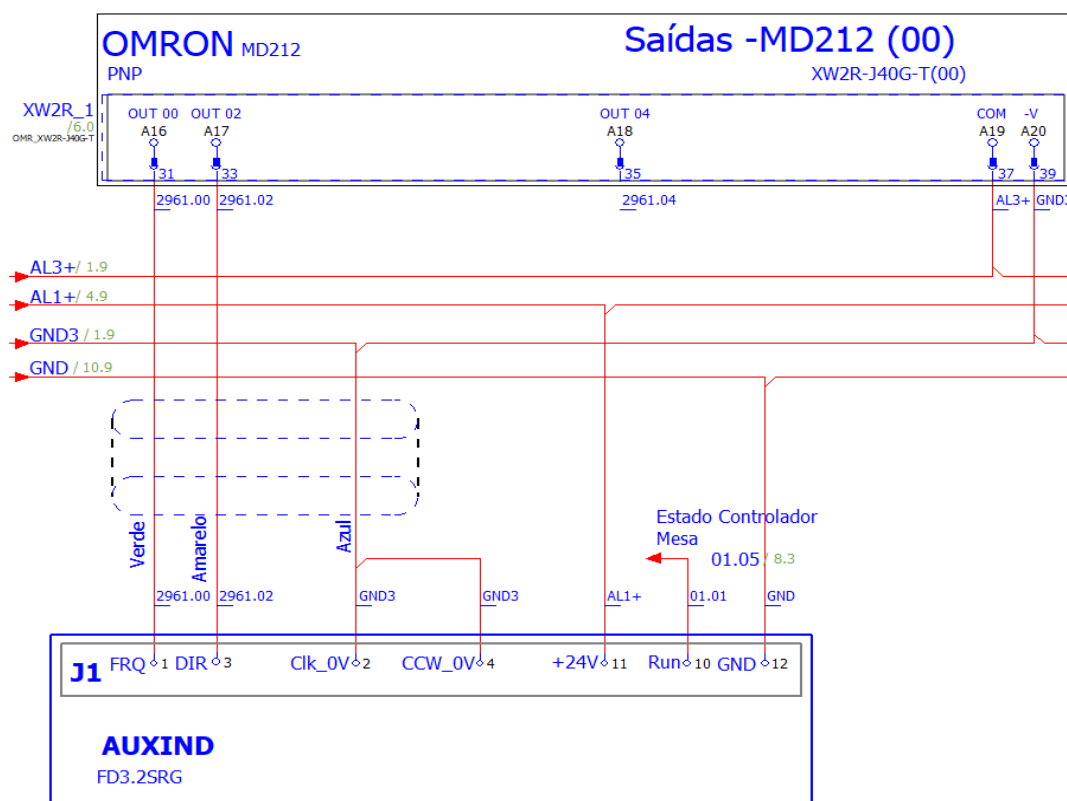
Esquema Elétrico *EPLAN* do Transformador:



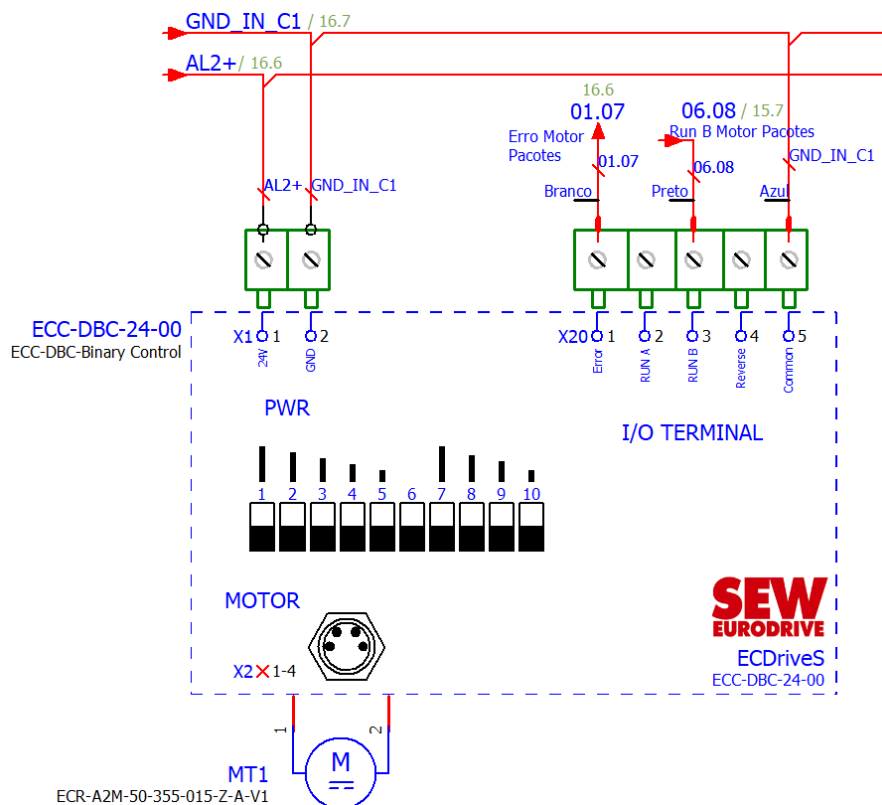
Esquema Elétrico *EPLAN* das Ligações do Transformador/Driver/Motor Passo:



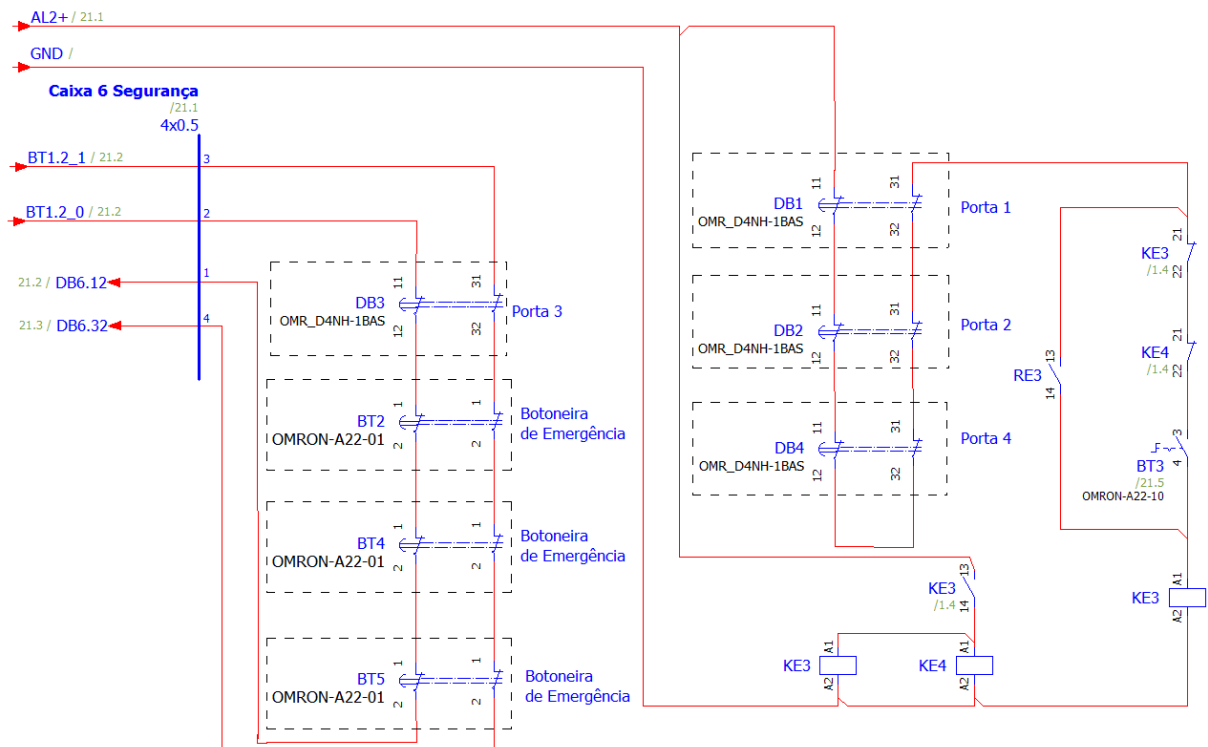
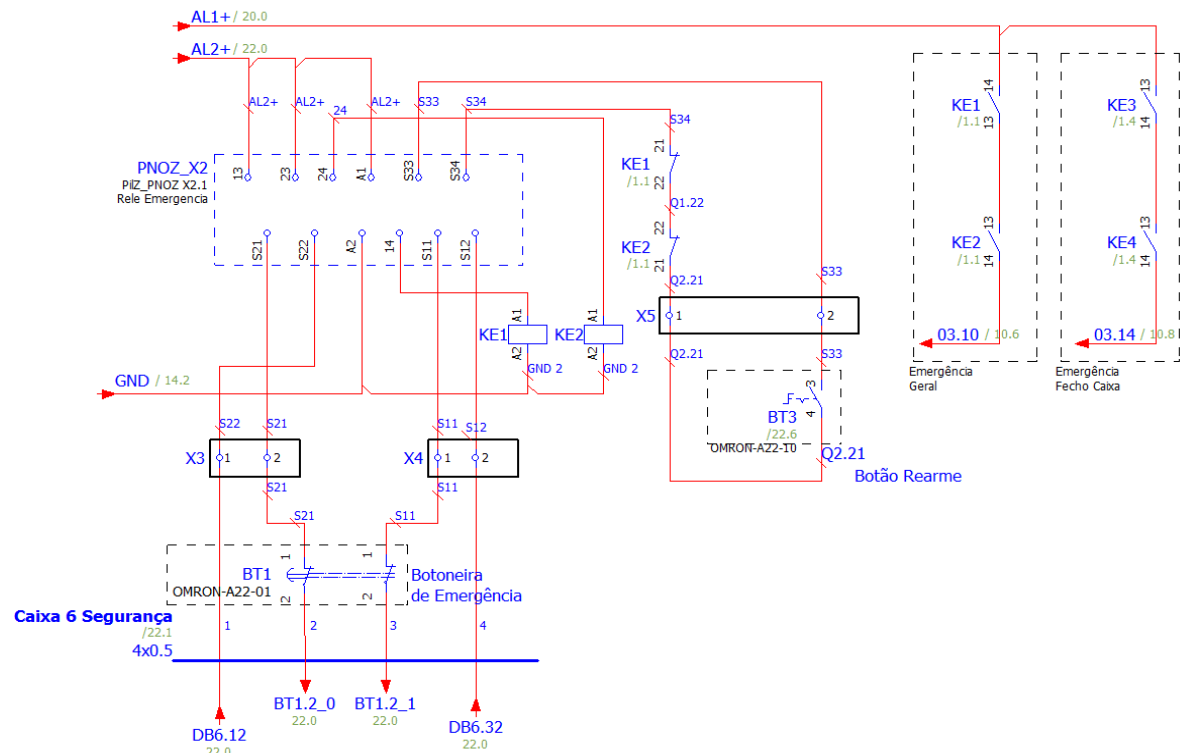
Esquema Elétrico *EPLAN* da Ligação da Driver com Módulo de Controlo:



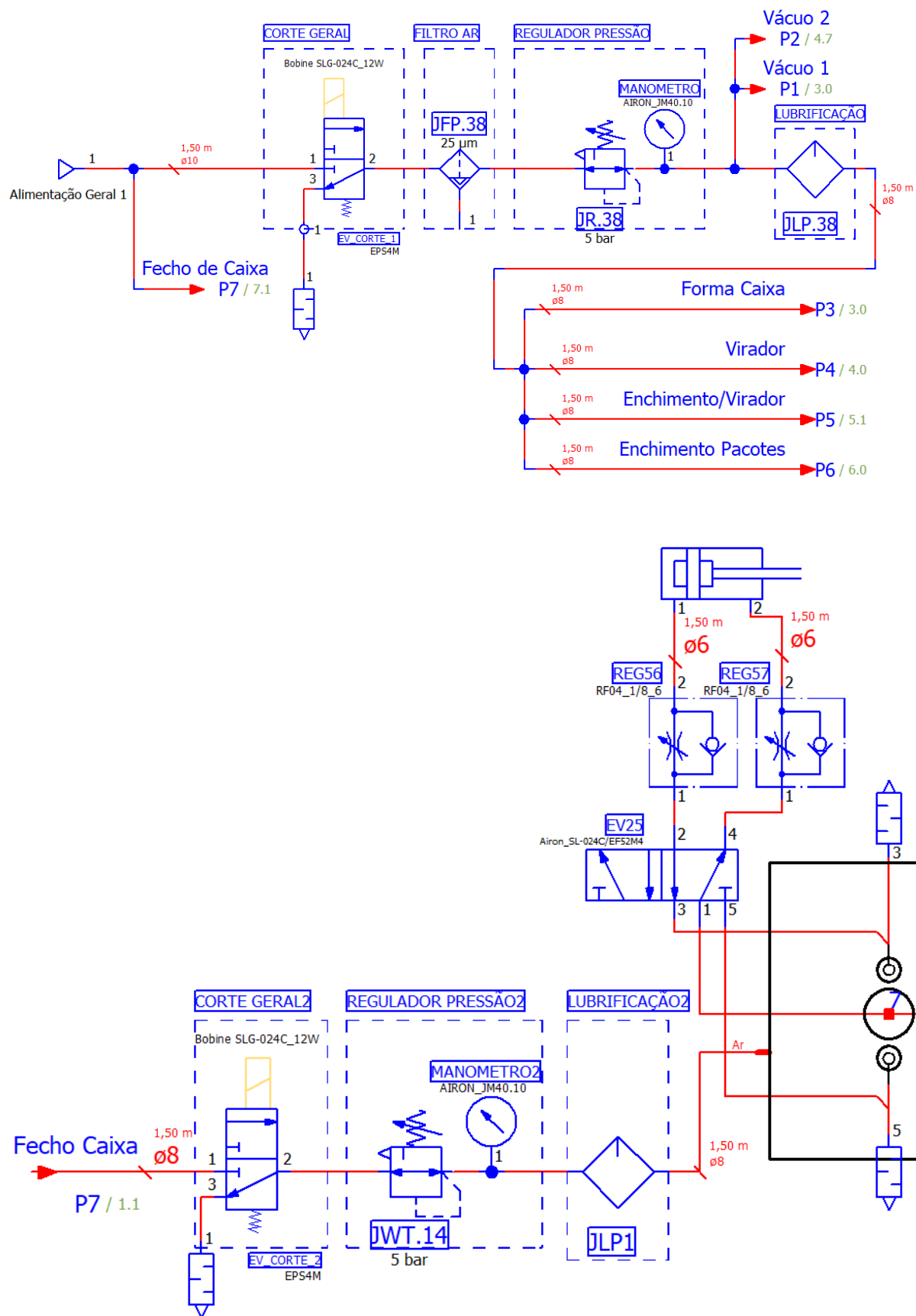
Esquema Elétrico *EPLAN* das Ligações Driver/Motor Rolo/Carta I/O do PLC:

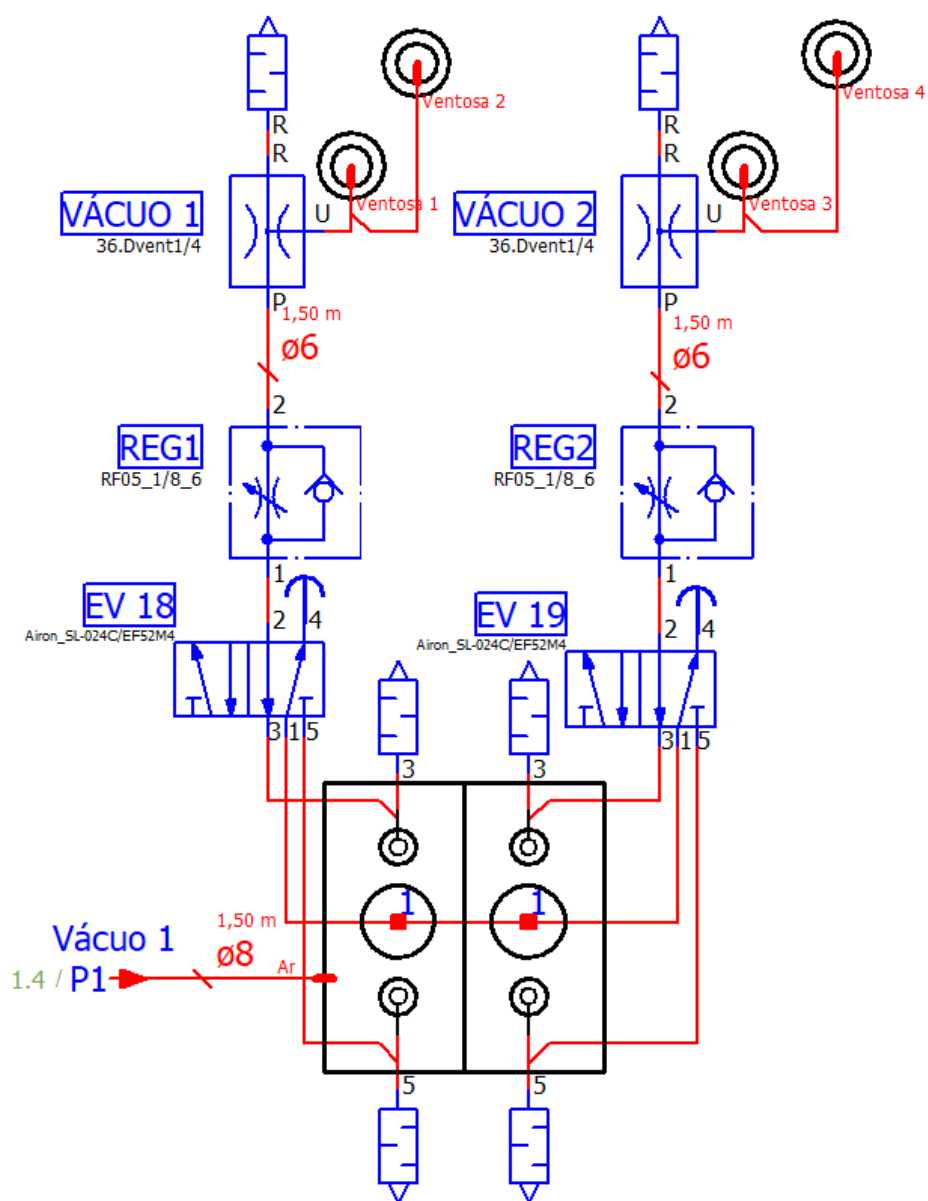


Esquema Elétrico *EPLAN* de Segurança do Sistema:



Esquema Pneumático EPLAN do Sistema de Tratamento de Ar:





Anexo III – Autômato Omron

Vista Geral do Equipamento de Controlo:



Esquema Blocos de Terminais Entradas/Saídas do Equipamento de Controlo:

● CP1L (40 Inputs)

· DC Power Supply Models

+	-	COM	01	03	05	07	09	11	01	03	05	07	09	11
NC	⊕	00	02	04	06	08	10	00	02	04	06	08	10	

Inputs (CIO 0) Inputs (CIO 1)

● CP1L (40 Outputs)

· DC Power Supply Models
CP1L-EM40DR-D/CP1L-M40DI-D

NC	00	01	02	03	04	06	00	01	03	04	06
NC	COM	COM	COM	COM	05	07	COM	02	COM	05	07

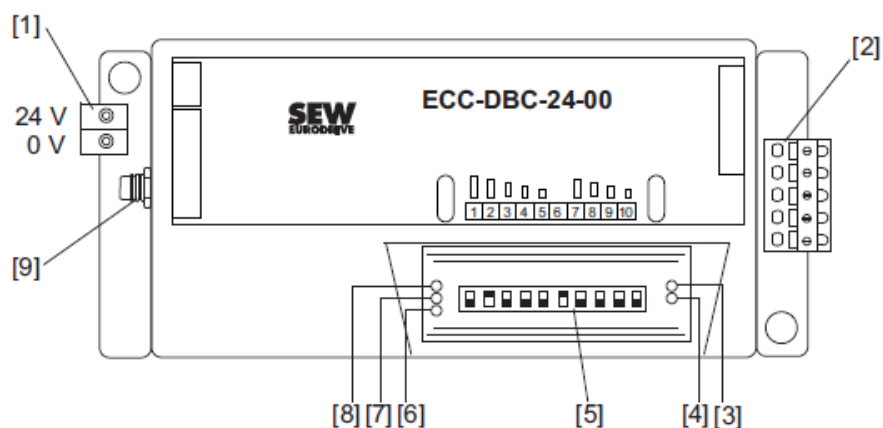
CIO 100 CIO 101

Endereçamento das Variáveis no *CX-Programmer*:

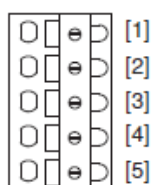
	Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
	▾ Ftc_1	BOOL	0.00		In	Ftc_TR2_CP12
	▾ Ftc_2	BOOL	0.01		In	Ftc_TR1_CP12
	▾ Ftc_3	BOOL	0.02		In	Ftc_Entra_CRUZ_CP12
	▾ Ftc_4	BOOL	0.03		In	Ftc_Saida_Cruzamento
	▾ Ftc_5	BOOL	0.04		In	Ftc_Antes_Cruzam_L1
	▾ Ftc_6	BOOL	0.05		In	Ftc_2º_Troço_L1
	▾ Ftc_7	BOOL	0.06		In	Ftc_3º_Troço_L1
	▾ MT_Rampa_L1	BOOL	100.00		Out	
	▾ MT_Curva_L1	BOOL	100.01		Out	
	▾ TR4_L1	BOOL	100.02		Out	
	▾ TR3_L1	BOOL	100.03		Out	
	▾ TR2_L1	BOOL	100.04		Out	
	▾ TR1_Antes_CRUZ	BOOL	100.05		Out	
	▾ MT_CRUZ_L1	BOOL	100.06		Out	
	▾ Roleira_CP12	BOOL	100.07		Out	
	▾ MT_Rampa_CP12	BOOL	101.00		Out	
	▾ MT_Curva_CP12	BOOL	101.01		Out	
	▾ TR2_CP12	BOOL	101.02		Out	
	▾ TR1_CP12	BOOL	101.03		Out	
	▾ MT_Curv45_CP12	BOOL	101.04		Out	
	▾ MT_TAP_MOBA	BOOL	101.05		Out	
	▾ MT_Lanço_CRUZ_CP12	BOOL	101.06		Out	

Anexo IV – Especificações de Equipamentos

Visão Geral da Designação dos Terminais da Drive de Controlo do Motor Rolo do Tapete:³²:



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1- Terminal 24V removível | 6- LED Start |
| 2- Bloco Terminais I/O removível | 7-LED Pausa |
| 3- LED Sobreaquecimento | 8- LED Stop |
| 4- LED Operação | 9- ECR ou ECG drive rolo ligação |
| 5- Dip Switch | |



19853478795

[1]	Provides +24 V output voltage if error state is active
[2]	+24 V input voltage activates speed control (see section Run A and Run B)
[3]	+24 V input voltage activates speed control (see section Run A and Run B)
[4]	At an input voltage of +24 V, the motor runs against the direction selected on DIP switch 6
[5]	0 V ground connection

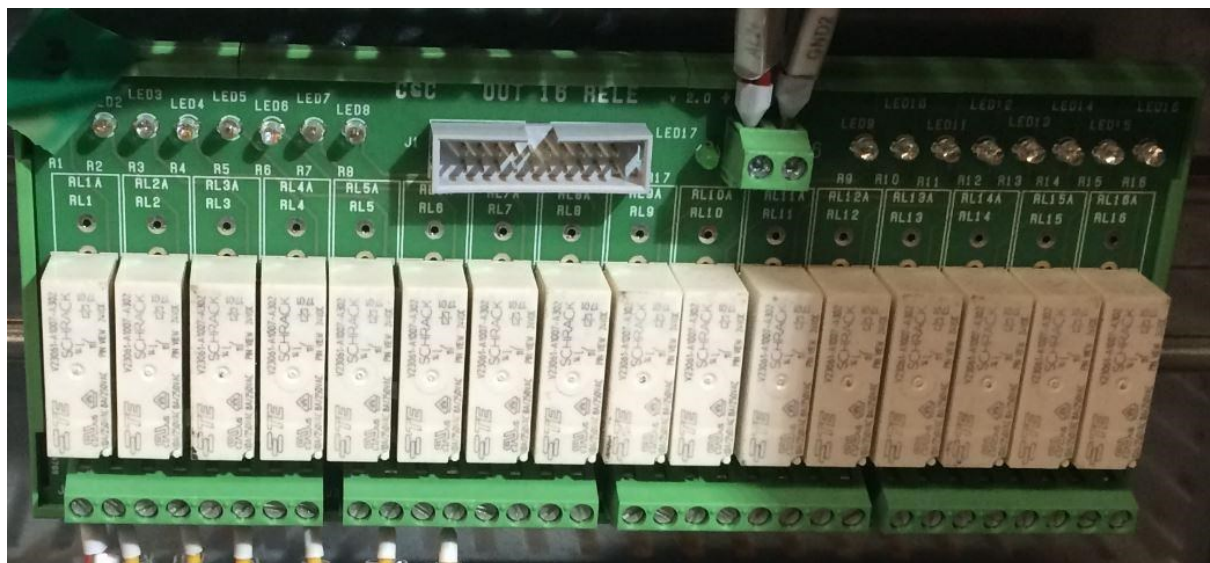
Run A	Run B	Description
ON	OFF	Motor roller starts and runs with 100% of the speed selected on DIP switches 1 to 5
OFF	ON	Motor roller starts and runs with 50% of the speed selected on DIP switches 1 to 5
ON	ON	Motor roller starts and runs with 75% of the speed selected on DIP switches 1 to 5
OFF	OFF	Motor roller stops

³² <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/23484454.pdf>

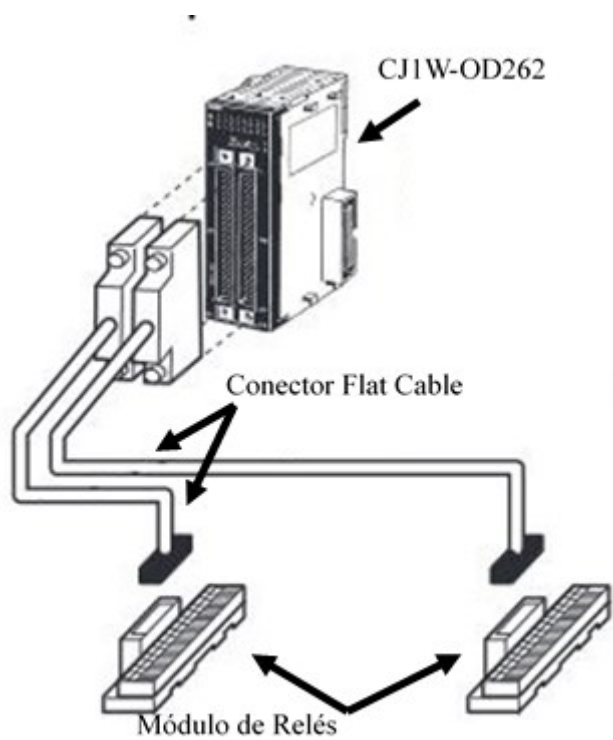
Características dos Equipamentos:

<i>Dispositivo</i>	<i>Caraterísticas Técnicas</i>
 Drive FD3.2SRG	Drive Motor Passo Função: Alimentação e controlo dos M.Passo. Caraterísticas técnicas: • 24-115 VAC /30-165 VCC /6 A • 400-204800 step/rev (IP 20) Marca: Auxind
 NEMA 42 J110HB150-06	NEMA 42 Stepper Motor Função: Sistema Elevatório/Deslocamento. Caraterísticas técnicas: • <i>Step Angle</i> 1.8°/ 21 N.m • 6 A Marca: LamTechnologies
 <i>Roller Drive ECR-A2M-50-355-015-Z-A-V1</i>	Roller drive ECR Função: Rotação Tapete Pacotes. Caraterísticas técnicas: • 24VDC / 40W • 2.0–300m/min /IP54 degree of protection Marca: SEW
 Drive ECC-DBC-24-00	Drive Motor Rolo Função: Controlo do Motor Rolo. Caraterísticas técnicas: • 24VDC / 20 kHz • IP 20 Marca: SEW

Conversor Placa de Relés A.PM.EAOR12 Fabricada pela Empresa Coelho&Cortês, Lda:

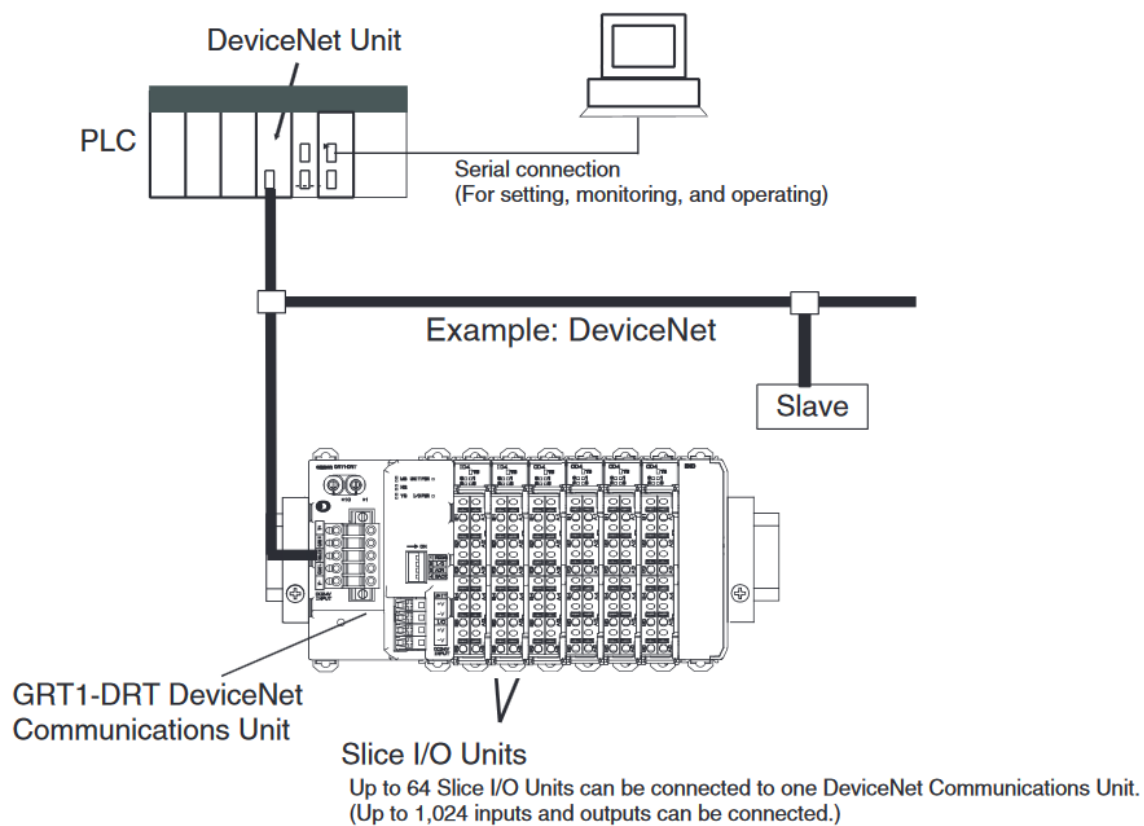


Vista Geral da Ligação do Módulo de Saídas do Autômato com a Módulo de Relés:



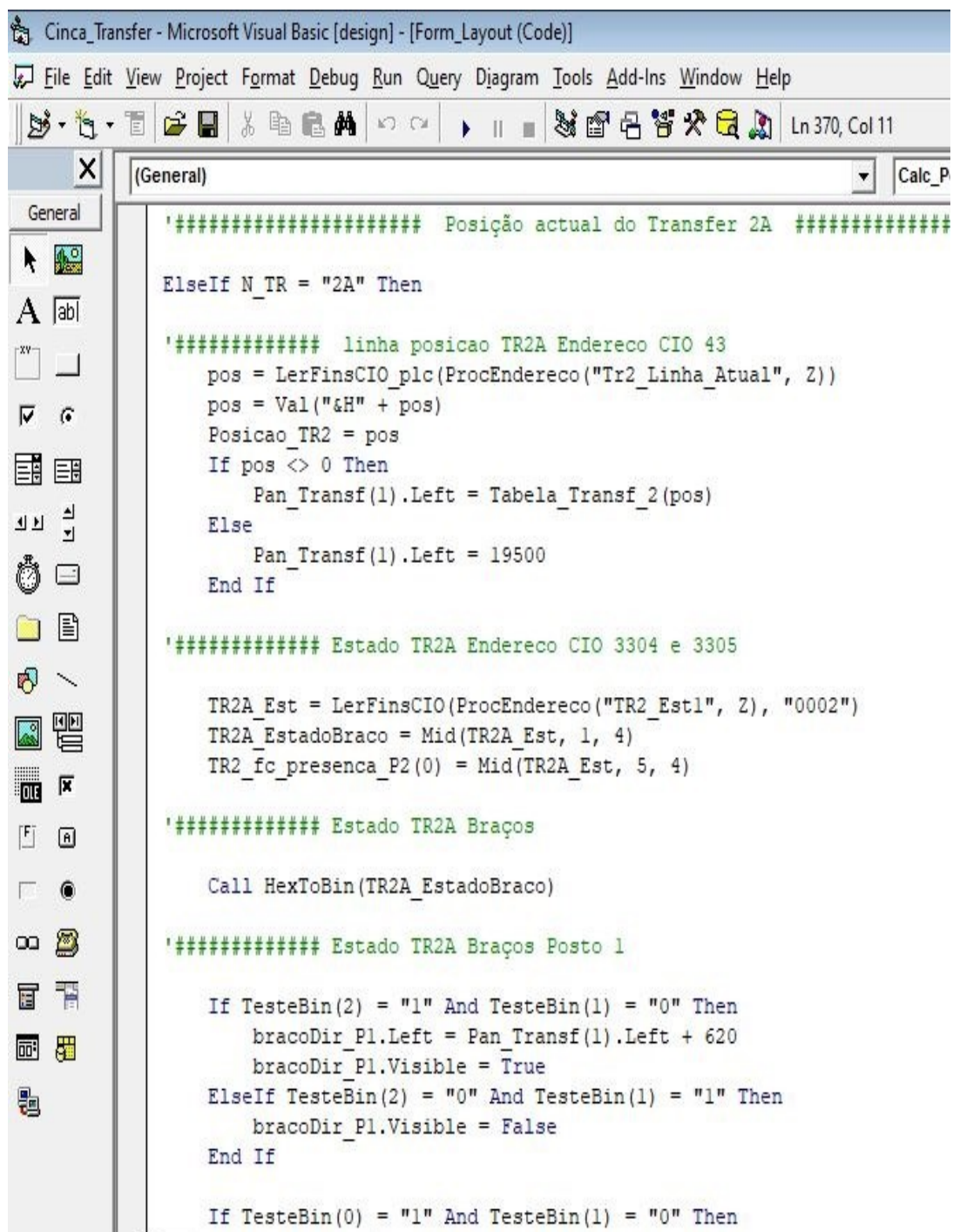
Anexo V – Sistema *DeviceNet*

Esquema de Ligação *DeviceNet*:



Anexo VI – Programa Visual Basic

Excerto do Código Fonte em Visual Basic do Sistema de Transporte de Vagões:



The screenshot shows the Microsoft Visual Basic IDE with the title bar 'Cinca_Transfer - Microsoft Visual Basic [design] - [Form_Layout (Code)]'. The menu bar includes File, Edit, View, Project, Format, Debug, Run, Query, Diagram, Tools, Add-Ins, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and running. The status bar at the bottom right indicates 'Ln 370, Col 11'. The 'General' tab is selected in the Properties window on the left. The code editor displays the following Visual Basic code:

```
'##### Posição actual do Transfer 2A #####

ElseIf N_TR = "2A" Then

'##### linha posicao TR2A Endereco CIO 43
pos = LerFinsCIO_plc(ProcEndereco("Tr2_Linha_Atual", Z))
pos = Val("&H" + pos)
Posicao_TR2 = pos
If pos <> 0 Then
    Pan_Transf(1).Left = Tabela_Transf_2(pos)
Else
    Pan_Transf(1).Left = 19500
End If

'##### Estado TR2A Endereco CIO 3304 e 3305

TR2A_Est = LerFinsCIO(ProcEndereco("TR2_Est1", Z), "0002")
TR2A_EstadoBraco = Mid(TR2A_Est, 1, 4)
TR2_fc_presenca_P2(0) = Mid(TR2A_Est, 5, 4)

'##### Estado TR2A Braços

Call HexToBin(TR2A_EstadoBraco)

'##### Estado TR2A Braços Posto 1

If TesteBin(2) = "1" And TesteBin(1) = "0" Then
    bracoDir_P1.Left = Pan_Transf(1).Left + 620
    bracoDir_P1.Visible = True
ElseIf TesteBin(2) = "0" And TesteBin(1) = "1" Then
    bracoDir_P1.Visible = False
End If

If TesteBin(0) = "1" And TesteBin(1) = "0" Then
```