



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

**Desenvolvimento de projetos de automação
industrial**

DEFINITIVO

Autora

Tatiana Adão Manjate

Orientadores

Doutor Inácio Sousa Adelino Fonseca

Doutor Fernando José Pimentel Lopes

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, maio, 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

Desenvolvimento de projetos de automação 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

Autora

Tatiana Adão Manjate

Orientadores

Doutor Inácio Sousa Adelino Fonseca

Doutor Fernando José Pimentel Lopes

Supervisor na empresa : SPI – Automação e Processos Industriais

Engenheiro Mário Neves

AGRADECIMENTOS

Acredito que toda a jornada depende de quem a percorre, de quem a incentiva e também de quem aparece ao longo do caminho. Por este motivo quero deixar patente neste documento o meu agradecimento a essas pessoas.

Quero aqui demonstrar o meu reconhecimento e agradecimento aos meus orientadores de estágio, Professor Doutor Fernando Lopes e Professor Doutor Inácio Fonseca, pela disponibilidade, pelos conselhos e por toda a coragem transmitida ao longo da formação académica, do estágio e da elaboração deste documento.

Agradeço também ao meu supervisor de estágio, Engenheiro Mário Neves e à equipa da SPI Automação e Processos Industriais pela hospitalidade e confiança depositada em mim, em todas as tarefas que me foram atribuídas. Mas acima de tudo agradeço por toda experiência e conhecimentos que transmitiram, tendo contribuído certamente para a profissional que sou hoje e aspiro ser.

Aos meus colegas de curso e amigos pela paciência, cumplicidade, disponibilidade e motivação. É simplesmente impressionante como cada um de vocês consegue me desafiar e estimular.

Aos meus irmãos, Edmilson Manjate, Cleiton Manjate e Laerson Manjate que apesar da distância conseguiram transmitir cuidado, motivação e total apoio para a finalização desta fase da minha vida.

E por último agradeço aos meus pais, Adão Manjate e Rosalina Langa, por o todo suporte e incentivo ao longo da minha vida e percurso académico contribuindo maioritariamente para a pessoa que sou hoje, pelo que lhes dedico esta obra.

RESUMO

O presente Relatório de Estágio pretende descrever o trabalho desenvolvido pela autora durante o estágio curricular do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, ministrado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, pertencente ao Instituto Politécnico de Coimbra.

O estágio foi desenvolvido na empresa SPI Automação e Processos Industriais que tem como principal objetivo a criação de soluções na área da automação industrial e controlo de processos em diversos setores industriais. A versatilidade de soluções e elementos de trabalho, conferem à empresa um perfil inovador e competitivo.

O estágio é uma oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica, mas acima de tudo adquirir novos conhecimentos práticos, desenvolver competências e ter contato direto com o mercado de trabalho. No decorrer das atividades na empresa surgiu a oportunidade e a necessidade de elaborar um projeto de otimização do processo de extração do mosto das uvas, a partir da automatização de uma prensa pneumática de vinho. O projeto passou pela elaboração de um novo quadro elétrico, desenvolvimento de um programa para automação do processo e programação de uma consola. O programa foi desenvolvido tendo em conta os tipos de prensas existentes no mercado Português, por essa razão, com base no projeto inicial foi possível automatizar uma segunda prensa. As duas prensas foram automatizadas com sucesso e encontraram-se em pleno funcionamento durante a vindima de 2021.

Para além do projeto mencionado, a autora participou em diversos projetos da empresa, como por exemplo na montagem e eletrificação de Galvaprimers, desenvolvimento de um *dashboard* para uma indústria de estampagem e programação de consolas da Siemens e Weintek. Participou ainda nas atividades de manutenção corretiva e apoio a clientes da empresa.

No final deste relatório são apresentadas considerações finais e conclusões do estágio realizado.

Palavras-Chave: Automação; Prensa de Vinho; Programação.

ABSTRACT

This Internship Report aims to describe the work developed by the author during her curricular internship of the Master's Degree in Electrical Engineering, with major in Automation and Communication in Industrial Systems, taught at the Coimbra Institute of Engineering, that belongs to the Polytechnic Institute of Coimbra.

The curricular internship was held in SPI Automação e Processos Industriais, a company that has as its main objective the creation of solutions in the field of industrial automation and process control in several industrial sectors. The versatility of solutions and work elements, give the company an innovative and competitive profile.

The internship is an opportunity to apply the knowledge acquired during the academic education, but above all to acquire new practical knowledge, develop new skills and have direct contact with the labour market. During the activities in the company, surfaced the opportunity and the need to develop a project to optimize the process of grape must extraction, from the automation of a pneumatic wine press. The project involved the elaboration of a new electric board, the development of a program to automate the process and the programming of an HMI. The program was developed considering the different types of presses in the Portuguese market, so based on the initial project, it was possible to automate a second press. Both presses were successfully automated and were in full operation during 2021 vintage.

Besides the mentioned project, the author has participated in several projects of the company, such as the assembly and electrification of Galvaprimers, the development of a dashboard for the stamping industry and the programming of HMIs from Siemens and Weintek. She also participated in the company's corrective maintenance and customer support activities.

At the end of this report, final considerations and conclusions of the internship are presented.

Key-words: Automation; Wine Press; Programming

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	xi
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	xii
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação e contextualização	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Apresentação da empresa SPI – Automação e Processos Industriais.....	2
1.4 Estrutura do relatório de estágio	2
Capítulo 2: Automação Industrial.....	3
2.1 Arquitetura da Automação Industrial	3
2.2 Redes Industriais.....	4
2.2.1 Tipologia de conexão	5
2.2.2 Topologia de Redes	5
2.2.3 Equipamentos de interligação de redes e meios físicos de transmissão	7
2.2.4 Modo de transferência de informação	10
2.2.5 Modo de transmissão de dados.....	11
2.2.6 Modelo ISO/OSI	12
2.2.7 Protocolos.....	13
2.3 Projetos de Automação Industrial.....	22
CAPÍTULO 3: Autômatos Programáveis.....	24
3.1 Arquitetura.....	25
3.1.1 Unidade Central de processamento (CPU)	26
3.1.2 Sistema de Memória.....	26
3.1.3 Fonte de alimentação	27
3.1.4 Módulos de entradas (<i>Inputs</i>) e saídas (<i>Outputs</i>)	28
3.1.5 Dispositivo de programação	33
3.1.6 Interface Homem-Máquina (HMI)	34
3.2 Rede/Comunicação/Protocolos de comunicação.....	35
3.3 Linguagens de Programação.....	35
3.3.1 Norma IEC 61131 – 3	35
3.4 Ciclo de processamento do PLC.....	37
CAPÍTULO 4: Caso prático - Prensa Pneumática de vinho.....	39
4.1 Enquadramento: A tradição vinícola e de prensagem	39

4.1.1	Processo de prensagem	40
4.1.2	Tipos de prensas	41
4.2	Adição de componentes	45
4.3	<i>Software</i> de configuração	50
4.4	Programação	53
4.4.1	Modo Manual	53
4.4.2	Modo Automático: Ciclo Automático	56
4.4.3	Ciclo Semiautomático	63
4.4.4	Configurações do supervisor (administrador).....	64
4.4.5	Alarmes.....	66
4.5	Outras atividades realizadas na empresa	67
CAPÍTULO 5: Conclusões		70
5.1	Automação Industrial	70
5.2	Autómatos Programáveis.....	70
5.3	Caso prático – Prensa Pneumática de vinho	71
5.4	Considerações Finais	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		73
ANEXOS		76
Anexo I – Carta analógico		77
Anexo II – <i>Datasheet</i> autômato		80
Anexo III - <i>Datasheet</i> HMI.....		87
Anexo IV - <i>Datasheet</i> pressostato		91
Anexo V – <i>Datasheet</i> relé de fase.....		93
Anexo VI – <i>Datasheet</i> sensor indutivo.....		95
Anexo VII – Esquema elétrico.....		98
Anexo VIII – Fonte de alimentação.....		102

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ARQUITETURA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL ADAPTADO DE [14]	4
FIGURA 2: PIRÂMIDE SIM [12]	4
FIGURA 3: CONFIGURAÇÃO MESTRE/ ESCRAVO (A) E MULTIMESTRE (B) [12].....	5
FIGURA 4: TOPOLOGIA EM ANEL [35]	6
FIGURA 5: TOPOLOGIA EM ESTRELA [35].....	6
FIGURA 6: TOPOLOGIA EM ÁRVORE [12].....	6
FIGURA 7: TOPOLOGIA EM BARRAMENTO [35].....	7
FIGURA 8: TOPOLOGIA MISTA OU HÍBRIDA [12]	7
FIGURA 9: CABO COAXIAL [35].....	8
FIGURA 10: CABO DE PAR TRANÇADO UTP (A) E STP (B) [35]	9
FIGURA 11: CABO DE FIBRA ÓTICA [35].....	9
FIGURA 12: TRANSMISSÃO DE DADOS EM PARALELO [7]	11
FIGURA 13: COMUNICAÇÃO MESTRE/ESCAVO PROTOCOLO MODBUS ADAPTADO DE [12].....	13
FIGURA 14: CARACTERÍSTICAS DO MODBUS-RTU E MODBUS-ASCII [14].....	14
FIGURA 15: CONFIGURAÇÃO PROFIBUS COM TRÊS MESTRES E SETE ESCRAVOS [12].....	16
FIGURA 16: COMPARAÇÃO ENTRE AS CAMADAS DO MODELO OSI E TCP/IP	17
FIGURA 17: ETAPA DE ENCAPSULAMENTO DE ENVIO DE DATAGRAMAS	19
FIGURA 18: CLASSES DOS ENDEREÇOS IP [35].....	19
FIGURA 19: MODBUS TCP/IP [36].....	20
FIGURA 20: PROFINET [1].....	21
FIGURA 21: ETAPAS DE PROJETO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL ADAPTADO DE [13].....	22
FIGURA 22: CONFIGURAÇÃO DO PLC TIPO FIXO [7].....	25
FIGURA 23: CONFIGURAÇÃO DO PLC TIPO MODULAR [7]	25
FIGURA 24 : REPRESENTAÇÃO DE UMA WORD.....	27
FIGURA 25: SENSOR NPN CONECTADO A UMA ENTRADA DO TIPO PNP [2].....	29
FIGURA 26: SENSOR PNP CONECTADO A UMA ENTRADA DO TIPO NPN [2].....	29
FIGURA 27: DIAGRAMA DE BLOCO DE UMA INTERFACE DE ENTRADA [7].....	30
FIGURA 28: DIAGRAMA DE BLOCO MÓDULO DE SAÍDA CA DIGITAL [7].....	31
FIGURA 29: SAÍDA A RELÉ [2].....	32
FIGURA 30: SAÍDA DIGITAL A TRANSÍSTOR [2].....	32
FIGURA 31: SAÍDA DIGITAL A TRIAC [2]	32
FIGURA 32: APLICAÇÃO DE MÓDULO DE ENTRADA E SAÍDA ANALÓGICA [7].....	33
FIGURA 33: PROGRAMADOR PORTÁTIL [7].....	34
FIGURA 34: HMI	34
FIGURA 35: LINGUAGEM LADDER	36
FIGURA 36: LINGUAGEM DE TEXTO ESTRUTURADO	37
FIGURA 37: CICLO DE EXECUÇÃO DO FIRMWARE DE UM PLC TÍPICO [4]	37
FIGURA 38: PLC SIEMENS	38

FIGURA 39: PRENSA PNEUMÁTICA DE CAMISA CENTRAL.....	39
FIGURA 40: CIVILIZAÇÃO EGÍPCIA E A TRADIÇÃO VINÍCOLA [28]	39
FIGURA 41: PRENSA DE SACO [18].....	40
FIGURA 42: ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE PRENSAGEM [16]	40
FIGURA 43: CACHO DE UVAS	41
FIGURA 44: TIPOS DE PRENSA	41
FIGURA 45: PRENSA CONTÍNUA HORIZONTAL	42
FIGURA 46: PRENSA DESCONTÍNUA VERTICAL [20]	42
FIGURA 47: PRENSA PARAFUSO HORIZONTAL [24].....	43
FIGURA 48: PRENSA PNEUMÁTICA [25].....	43
FIGURA 49: TIPOS DE CONFIGURAÇÃO DE MONTAGEM DA MEMBRANA ADAPTADO DE [21].....	44
FIGURA 50: PLC SIEMENS 1214C DC/DC/DC	45
FIGURA 51: COMPONENTES DA PRENSA PNEUMÁTICA	46
FIGURA 52: CARTA ANALÓGICA	46
FIGURA 53: SENSOR INDUTIVO M18 x1/ L=60 MM.....	47
FIGURA 54: FONTE DE ALIMENTAÇÃO.....	47
FIGURA 55: RELÉ 24 VCC	48
FIGURA 56: RELÉ DE DETECÇÃO DE SEQUÊNCIA DE FASE	48
FIGURA 57: HMI SIMATIC KT700 BASIC	48
FIGURA 58: ESQUEMA ELÉTRICO COM INTERLIGAÇÃO DE ALGUNS COMPONENTES	49
FIGURA 59: AMBIENTE DE TRABALHO DO TIA PORTAL V16.....	50
FIGURA 60: CONFIGURAÇÕES DO PLC NO TIA PORTAL	51
FIGURA 61: AMBIENTE DE TRABALHO DO PLC NO TIA PORTAL.....	52
FIGURA 62: AMBIENTE DE TRABALHO DA HMI NO TIA PORTAL	52
FIGURA 63: LIGAÇÃO ENTRE O PLC E A HMI NO TIA PORTAL.....	52
FIGURA 64: PÁGINA DO MODO MANUAL NA HMI	53
FIGURA 65: PAINEL DE SELETORES E BOTÕES DA PRENSA	53
FIGURA 66: MENSAGEM DE DESPRESSURIZAÇÃO DA CAMISA	54
FIGURA 67: FIM DE CURSO ESQUERDO ATUADO	55
FIGURA 68: ESQUEMA ELÉTRICO COM SEGURANÇA DA MÁQUINA.....	55
FIGURA 69: MODO AUTOMÁTICO HMI	56
FIGURA 70: MENSAGEM DE PORTAS HMI.....	56
FIGURA 71: FLUXOGRAMA DO CICLO AUTOMÁTICO.....	57
FIGURA 72: ENDEREÇAMENTO INDIRETO EM SCL	58
FIGURA 73: PÁGINA DE RECEITAS HMI	58
FIGURA 74: PÁGINA PRINCIPAL DA HMI.....	59
FIGURA 75: BOTÃO PAUSA SEQUÊNCIA E STOP SEQUÊNCIA.....	60
FIGURA 76: STOP SEQUÊNCIA	61
FIGURA 77: FLUXOGRAMA DO VISUALIZAR ESTADO DE UVAS.....	62
FIGURA 78: MENSAGEM PORTAS FECHADAS.....	63
FIGURA 79: SEMIAUTOMÁTICO	63
FIGURA 80: MENSAGEM AVANÇAR NO CICLO	64

FIGURA 81: PÁGINA DE CONFIGURAÇÕES NA HMI.....	64
FIGURA 82: LEITURA DE VALORES ANALÓGICOS	65
FIGURA 83: PÁGINA DE ALARMES NA HMII.....	66
FIGURA 84: ALARMES HMI	66
FIGURA 85: PRENSA DE MEMBRANA LATERAL	67
FIGURA 86: GALVAPRIME.....	67
FIGURA 87: FLUXOGRAMA DO DASHBOARD.....	68
FIGURA 88: MÁQUINA DE REVESTIMENTO PVD	68
FIGURA 89: PÁGINA PRINCIPAL DA HMI DA MÁQUINA PVD.....	69
FIGURA 90: MAPA VINÍCOLA DE PORTUGAL [27].....	71

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: EQUIPAMENTO DE INTERLIGAÇÃO DE REDES ADAPTADO DE [12]	7
TABELA 2: TIPOS DE CABO UTP	9
TABELA 3: CARACTERÍSTICAS DA COMUNICAÇÃO SERIAL	11
TABELA 4: CAMADAS DO MODELO ISO/OSI.....	12
TABELA 5: REPRESENTAÇÃO DE UMA FRAME DE ETHERNET.....	15
TABELA 6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROTOCOLO FIELDBUS	17
TABELA 7: EXEMPLO DE MÁSCARA DE SUB-REDE	20
TABELA 8: TIPOS DE DADOS DEFINIDOS PELA NORMA IEC 61131-6	36
TABELA 9 : ENTRADAS DO PLC.....	49
TABELA 10: SAÍDAS DO AUTÓMATO	50
TABELA 11: ATRIBUIÇÃO DE IPS	53

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CIs – Circuitos Integrados

CPU – *Central Processing Unit*

CSMA/CD – *Carrier Sense Multiple Access Detection With Collision*

EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*

EPROM – *Erasable Programmable Read Only Memory*

FBD – Function Block Diagram

FDL – *Fieldbus Data Link*

FET – *Field Effect Transistor*

IEC – *International Electrotechnical Commission*

IEEE – *Institute for Electrical and Electronic Engineers*

HMI – *Human-Machine Interface*

IL – *Instruction List*

I/O – *Inputs/Outputs*

IP – *Internet Protocol*

ISO/OSI – *International Organization for Standardization /Open System Interconnection*

LAN – *Local Area Network*

LD – *Ladder*

Leds –*Light-emitting diode*

MAC – *Medium Access Control*

MBP – *Manchester code bus powered*

PC – *Personal Computer*

PDU – *Protocol Data Unit*

PLC – *Programmable Logic Controller*

RAM – *Random Access Memory*

ROM – *Read Only Memory*

SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*

SFC – *Sequential Function Charts*

ST – *Structured Text*

STP – *Shielded Twisted Pair*

TCP – *Transmission Control Protocol*

TRIAC – *Triode for Alternating Current*

UDP – *User Datagram Protocol*

UTP – *Unshielded Twisted Pair*

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

No presente capítulo é apresentado:

- **Subcapítulo 1.1** – motivação e contextualização do estágio curricular;
- **Subcapítulo 1.2** – objetivos do estágio curricular;
- **Subcapítulo 1.3** – apresentação da empresa SPI- Automação e Processos Industriais, onde foi realizado o estágio curricular;
- **Subcapítulo 1.4** – estrutura do relatório de estágio.

1.1 Motivação e contextualização

Com a valorização da indústria como um ponto importante para o desenvolvimento de qualquer país, procura-se antes de mais compreender o que realmente compõe uma indústria. Dentre várias respostas, uma das mais relevantes é a existência de máquinas e sistemas altamente eficazes e desenvolvidos para o melhor desempenho de processos e atividades industriais.

Moçambique é um país com forte potencial para a industrialização, estando neste momento a dar os primeiros passos para pertencer a esse universo. Coberto de recursos naturais ao longo da sua extensão territorial, faz qualquer compatriota acreditar na possibilidade de extração, processamento e comercialização dos mesmos de forma sustentável e responsável com o objetivo de reforçar estruturas sociais neste momento abaladas.

A possibilidade de fazer parte dessa caminhada motivou a autora a realizar o estágio curricular na área de automação industrial. Com o objetivo de adquirir competências que poderão ser úteis no desenvolvimento de projetos de automação industrial adicionadas às competências de desenvolvimento de projetos mecânicos adquiridos ao longo da licenciatura em engenharia mecânica.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do estágio curricular é agregar valor aos anos de estudo em engenharia mecânica e eletrotécnica, mas acima de tudo fortalecer o contacto com o mundo profissional, facilitando a integração no mesmo a partir das diversas atividades desenvolvidas pela empresa.

A proposta da realização do estágio foi o acompanhamento de diversas etapas de conceção de alguns projetos eminentes na empresa como forma de compreender as metodologias de trabalho e de conceção dos mesmos. Numa primeira fase foi proposta a análise de esquemas elétricos, montagem e eletrificação de Galvaprimers, um equipamento da empresa utilizado para auxiliar na zincagem de peças. A segunda fase foi resumida na realização de esquemas elétricos, manuais de utilizador e acompanhamento de avarias nos clientes da empresa. A terceira fase foi a programação de HMIs e exploração de alguns *softwares* utilizados para programação de autómatos. A quarta fase foi a realização de todas as etapas de uma *retrofit* que consistiu na

elaboração do esquema elétrico da máquina, montagem do quadro elétrico, programação da HMI e do autómato, testes e entrega da prensa pneumática de vinho ao cliente.

1.3 Apresentação da empresa SPI – Automação e Processos Industriais

Fundada em 2017, a SPI-Automação e Processos Industriais é uma empresa dedicada à automação industrial, atuando em diversos campos da indústria.

A SPI- Automação e Processos Industriais apresenta uma gama muito variada de soluções de projetos de engenharia, softwares de automação, análise de sistemas, gestão técnica centralizada, sempre tendo em conta a necessidade de cada cliente.

Todos os projetos são realizados com o objetivo de otimizar qualquer que seja o processo produtivo, desde uma simples máquina industrial até enormes linhas de produção. O trabalho sistematizado e em equipa é um dos pontos fortes da empresa que procura garantir que o produto final se enquadre perfeitamente no solicitado pelo cliente, utilizando sempre equipamentos e dispositivos comerciais de elevada qualidade e mundialmente reconhecidos.

Conta com projetos na indústria do carvão, fertilizantes, automóvel, construção, metalomecânica, máquinas específicas, plásticos, madeira, cerâmica entre outros.

1.4 Estrutura do relatório de estágio

Este documento é apresentado em cinco capítulos:

- **Capítulo 1** – composto pela introdução ao relatório de estágio, a apresentação da empresa onde foi realizado o estágio, os objetivos e a organização do documento;
- **Capítulo 2** – abordagem dos principais conceitos da automação industrial, indispensáveis para compreender o modo de funcionamento dessa área;
- **Capítulo 3** – descrição completa dos autómatos programáveis e das tecnologias presentes no seu meio;
- **Capítulo 4** – exposição do trabalho de eletrificação do quadro, programação da HMI e autómato programável da prensa pneumática de vinho, considerada o caso de estudo;
- **Capítulo 5** – conclusões referentes à realização do estágio e do projeto apresentado como caso de estudo.

Capítulo 2: Automação Industrial

A automação industrial começou a ser objeto de destaque no mundo no século XVIII com o início da Revolução Industrial, originada na Inglaterra. Surgiu a necessidade de melhorar os processos de produção como forma de garantir maior rapidez e precisão em detrimento do trabalho manual, como forma de suprir as necessidades do mercado de consumo.

Nos dias de hoje a automação industrial envolve a implantação de sistemas interligados e assistidos por redes de comunicação, em conjunto com sistemas de supervisão do tipo *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) e *interfaces homem-máquina* que auxiliam os operadores na supervisão e análise de processos produtivos e falhas que podem ocorrer.

Os sistemas que são implantados e interligados na aplicação da automação em processos industriais, são geralmente os seguintes:

- máquina com controlo numérico;
- máquina com autómato programável;
- sistema automático de armazenagem e recuperação;
- sistemas robóticos;
- sistemas flexíveis de manufatura.

Nos dias de hoje associa-se a automação industrial aos sistemas robóticos, mas trata-se mais de sistemas flexíveis de produção que resultam da incorporação de equipamentos robóticos e programáveis. O sistema é configurado para executar uma variedade de atividades com algumas características ou configurações diferentes.

2.1 Arquitetura da Automação Industrial

A Arquitetura Industrial é constituída por diferentes níveis de automação (Figura 1), que tipicamente são:

- **Nível 1:** também designado de “chão-de-fábrica”, é o nível das máquinas, dispositivos e componentes;
- **Nível 2:** é composto por controladores digitais, dinâmicos e lógicos, associado a algum tipo de supervisão de processo. Neste nível encontram-se as *Interfaces Homem-Máquina* ou *Man-Machine Interfaces* (HMI) e as informações do nível 1;
- **Nível 3:** onde acontece o controlo do processo produtivo a partir da base de dados com informações da qualidade de produção, relatórios e estatísticas do processo;
- **Nível 4:** é o nível responsável pela programação e planeamento de produção;
- **Nível 5:** responsável pela administração dos recursos da empresa e de todo sistema, como *softwares* para gestão de vendas e gestão financeira.



Figura 1: Arquitetura da Automação industrial adaptado de [14]

2.2 Redes Industriais

Uma rede industrial pode ser definida como um sistema de comunicação bidirecional em tempo real que torna possível a troca de informação entre os dispositivos da rede. A arquitetura das redes industriais possui níveis semelhantes à arquitetura da automação industrial. A única diferença é a inexistência do nível 5 de automação industrial, como mostra a Figura 2.

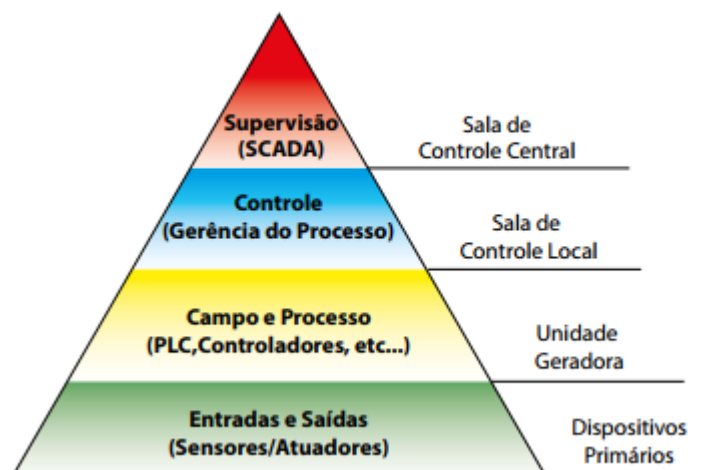


Figura 2: Pirâmide SIM [12]

2.2.1 Tipologia de conexão

A tipologia de conexão é referente à relação entre intervenientes de uma comunicação, a forma como diferentes equipamentos de uma rede, designados nós, podem interagir entre si. As tipologias de conexão são as seguintes:

- **Ponto a Ponto:** é o caso mais simples de relação entre intervenientes de uma comunicação, onde a troca de informação é feita entre dois nós;
- **Ponto-multiponto:** nesta topologia vários terminais comunicam entre si, através do mesmo suporte físico. Os suportes físicos podem ser: espectro radioelétrico, cabo de cobre ou fibra ótica;
- **Difusão:** a comunicação é feita apenas num sentido, fazendo com que todos os recetores recebam a mesma informação enviada pelo emissor. Um exemplo é a arquitetura em árvore;
- **Conferência:** todos os nós podem comunicar entre si, pois estão em igualdade perante a rede. A conferência é feita geralmente por um nó central.

Existem tipos de comunicações designadas mestre/escravo e multimestre. Na comunicação mestre/escravo há um mestre e múltiplos escravos, esses trocam dados unicamente com o mestre apenas quando ele solicita os dados. Na comunicação multimestre existe mais de um mestre, a troca de dados é feita do mesmo modo que na comunicação mestre/escravo (Figura 3).

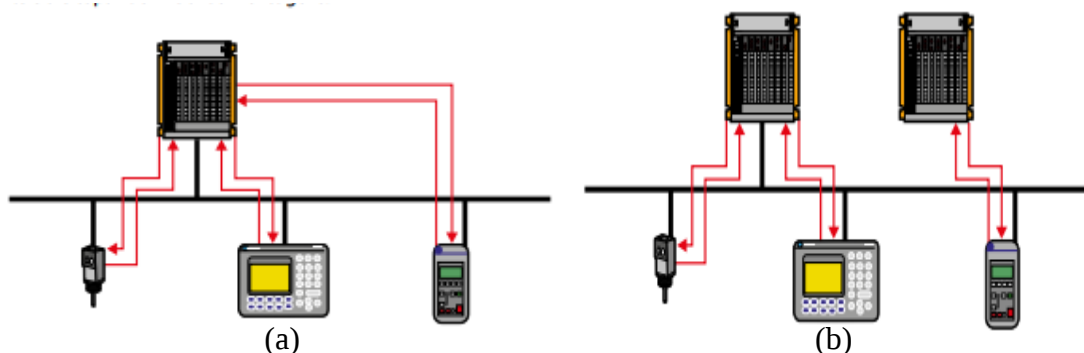


Figura 3: Configuração mestre/ escravo (a) e multimestre (b) [12]

2.2.2 Topologia de Redes

A topologia de redes consiste na forma de interligação dos equipamentos na rede, ou seja, como os equipamentos estão fisicamente ligados. As principais topologias de comunicação de redes são:

- **Anel:** possui essa designação devido à interligação das duas extremidades da rede ocorrer no mesmo ponto, formando um círculo como se fosse um anel. Nesta topologia as mensagens geradas são transmitidas de nó a nó (ponto a ponto) até ao nó destinatário. O recetor tem a responsabilidade de remover a mensagem recebida em caso de sucesso, caso contrário a remoção é obrigação do transmissor, como forma de evitar um *loop* de erro que pode reduzir o desempenho da rede (Figura 4);

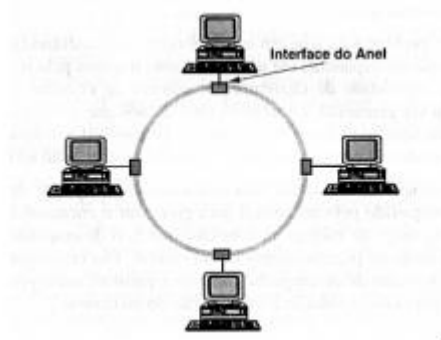


Figura 4: Topologia em anel [35]

- **Estrela:** é a topologia mais tradicional, consiste em um nó de comunicação central que faz a gestão de todas as informações dos equipamentos do sistema, através da escolha e transmissão de dados conforme a necessidade. Pelo facto de várias estações de trabalho estarem conectadas a uma central, este tipo de rede possibilita a redução de custos, sendo uma das mais utilizadas no mercado industrial. O grande problema é que caso a estação central esteja desligada, não haverá troca de informação, pois a informação depende da passagem pela central para ir de uma estação a outra (Figura 5);

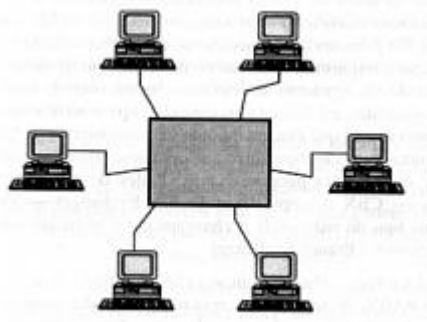


Figura 5: Topologia em estrela [35]

- **Árvore:** esta topologia é essencialmente a interconexão hierárquica de várias redes e sub-redes. O objetivo é a difusão do mesmo sinal desde um nó central para todos os nós terminais. Essa conexão é feita através de derivadores, e as conexões das estações são feitas como num sistema padrão (Figura 6);

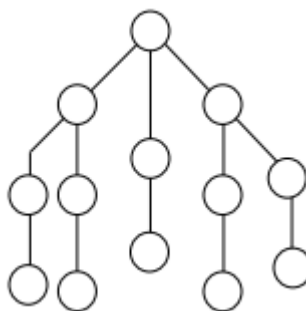


Figura 6: Topologia em árvore [12]

- **Barramento:** esta topologia é também designada por BUS, os pontos de início e fim da rede não estão ligados. A conexão entre os equipamentos da rede é feita essencialmente por um cabo, ou seja, o meio de transmissão é partilhado por todos. Os equipamentos não podem aceder simultaneamente ao meio, por essa razão, o protocolo MAC (*Medium Access Control*) determina as regras de acesso ao meio (Figura 7);



Figura 7: Topologia em barramento [35]

- **Mista ou híbrida:** é resultado da combinação de duas ou mais topologias, por essa razão são as mais utilizadas em grandes redes. Proporciona um maior número de recursos, como expansibilidade, flexibilidade e funcionalidade de cada segmento da rede. Possuem algumas limitações como: confiabilidade, incompatibilidade tecnológica com o meio de transmissão, dificuldades de operação e manutenção, limitação de número de equipamentos na rede e alcance das redes (Figura 8).

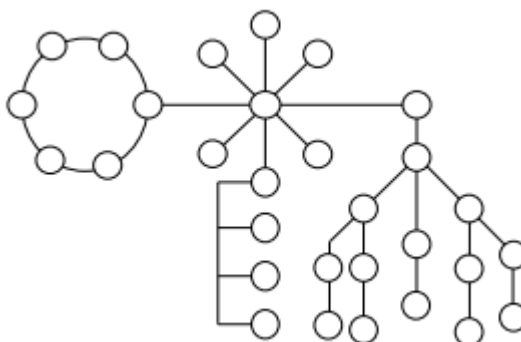


Figura 8: Topologia mista ou híbrida [12]

2.2.3 Equipamentos de interligação de redes e meios físicos de transmissão

As redes são interligadas com recurso a equipamentos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Equipamento de interligação de redes adaptado de [12]

Componente	Descrição
<i>Hubs</i>	Utilizados para interligar dois ou mais segmentos ou equipamentos <i>Ethernet</i> . Podem também servir para aumentar a distância máxima do segmento (funciona como repetidor, amplificando o sinal). Um <i>hub</i> recebe qualquer sinal e retransmite-o a todas portas.
<i>Switches</i>	Faz um encaminhamento inteligente das mensagens, dividindo a rede em domínios de colisão, o que vai permitir reduzir o tráfego na rede geral. Não transmite as mensagens a todas as portas, mas apenas àquela onde estará o recetor da mensagem.
<i>Router</i>	Equipamento com duas ou mais <i>interfaces</i> para duas ou mais redes. Interligam diferentes LANs, filtrando as mensagens pelo seu endereço IP.

Gateway	Porta de ligação entre diferentes sistemas. Equipamento intermediário geralmente destinado a interligar redes, separar domínios de colisão, ou mesmo traduzir protocolos. É também um <i>host</i> e pode ser um <i>router</i> .
LAN	Rede local, sendo o número máximo de equipamentos dependente da numeração e da máscara de rede.

Os equipamentos de interligação assumem várias vezes o papel central da rede, pois possibilitam a derivação e interligação de elementos da rede. Os meios físicos de transmissão realizam a conexão física entre os elementos de interligação de redes e os módulos de campo, designados por nós, que servem de *interface* de comunicação entre a rede e os dispositivos de campo como sensores e atuadores. Os meios de transmissão mais usados são os seguintes: cabo coaxial; cabo par trançado; fibra ótica.

Cabo coaxial

O cabo coaxial consiste num fio condutor elétrico envolvido por material isolante elétrico e por uma blindagem metálica condutora rígida, em forma de tubo. O fio condutor e a blindagem metálica condutora são coaxiais, toda estrutura é coberta por um isolante.

A constituição do cabo coaxial fornece melhores condições para o transporte de sinais com frequências mais elevadas do que cabos de pares trançados. São usados em aplicações de automação onde há grandes distâncias envolvidas, pois possuem uma alta imunidade ao ruído eletromagnético (Figura 9).



Figura 9: Cabo Coaxial [35]

Cabo de par trançado

O cabo de par trançado consiste geralmente em 4 pares, sendo cada par constituído por dois fios condutores elétricos, cada um coberto por um isolante. Os dois fios são trançados juntos para que a exposição aos mesmos sinais de interferência seja garantida. Cada fio do par trançado possui corrente em sentidos opostos, o que cancela alguma interferência no cabo. O cabo de par trançado é curto, no máximo com 100 metros e possui uma taxa de transmissão baixa na ordem de poucos Mbps.

Existem dois tipos de cabo de par trançado: UTP (*Unshielded Twisted Pair*) e STP (*Shielded Twisted Pair*). O primeiro é sem blindagem e outro é com blindagem (Figura 10).



Figura 10: Cabo de par trançado UTP (a) e STP (b) [35]

Este tipo de cabo é o mais utilizado em sistemas de automação, devido à adequada imunidade à interferência eletromagnética e por ser mais barato. O cabo UTP possui várias categorias determinadas pela sua taxa de transmissão e/ou aplicação, especificadas na Tabela 2.

Tabela 2: Tipos de Cabo UTP

Tipo	Aplicação
Categoria 1	Telefone
Categoria 2	4 Mbps
Categoria 3	10 Mbps (Ethernet)
Categoria 4	20 Mbps
Categoria 5	100 Mbps (Ethernet rápida)
Categoria 6	10 Gbps

Fibra ótica

A fibra ótica consiste de pequenas fibras de vidro ou plástico, geralmente um finíssimo cilindro de vidro que guia as ondas de luz. Em uma extremidade, pulsos elétricos são convertidos em luz por um díodo laser e enviados através do cabo ótico de fibra. Na outra extremidade do cabo, um foto díodo converte os pulsos de luz de volta para pulsos elétricos.

Um cabo de fibra ótica possui dimensões reduzidas, uma taxa de transmissão alta de dezenas de Gbps, o cabo é longo na ordem de km, total imunidade a interferência eletromagnética. Uma das grandes desvantagens é o custo alto e a instalação de média dificuldade (Figura 11).

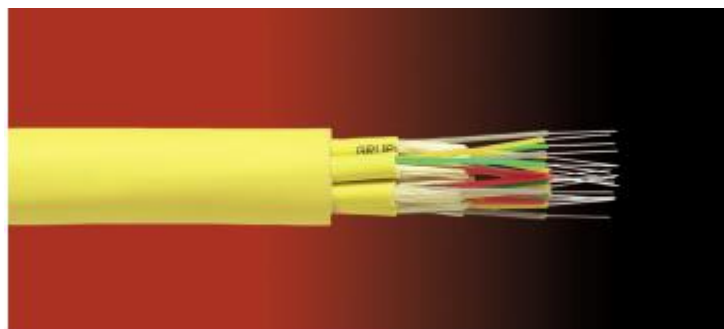


Figura 11: Cabo de Fibra Ótica [35]

2.2.4 Modo de transferência de informação

O modo de transferência de informação refere-se ao tipo de comutação ou a alocação dos recursos da rede para a transmissão de dados pelos diversos dispositivos conectados. Existem três tipos de comutação:

Comutação de circuitos

Na comutação de circuitos a comunicação é estabelecida entre dois nós. O caminho de comunicação é feito com base na conexão de uma série de elos entre os nós da rede. Um exemplo da utilização deste tipo de comunicação são as redes telefónicas, onde é estabelecida uma ligação entre dois extremos.

Este processo é composto por três etapas:

- Estabelecimento do circuito: são reservados recursos ao longo do caminho a partir de uma conexão de ponto a ponto, estabelecida entre os dois nós antes da transmissão de dados. O circuito pode ser estabelecido de forma dinâmica ou estática;
- Transferência de dados: os dados são transferidos nas duas direções podendo ser simultaneamente ou de forma alternada. Geralmente um interlocutor escuta enquanto o outro fala, o que resulta num desperdício de recursos;
- Desconexão do circuito: após a conclusão da transferência de dados, a conexão é finalizada e os recursos utilizados são removidos.

Comutação de Mensagens

Na comutação de mensagens não é estabelecido um caminho físico dedicado entre o emissor e o recetor. É comum em aplicações como *e-mail*, transferências de ficheiros, etc.

As mensagens são armazenadas nos nós para posterior reenvio, para além de armazenarem as mensagens processam o cabeçalho da mensagem de modo a determinar o melhor caminho para atingir o destino. As mensagens são transmitidas de forma independente, graças à adição a cada mensagem de um cabeçalho com indicações de controlo. As mensagens só seguem para o nó seguinte após terem sido recebidas do nó anterior. O tamanho das mensagens é variável, desde algumas centenas de bytes até milhões de bytes.

Comutação de Pacotes

Na comutação de pacotes não há estabelecimento de nenhum caminho físico entre o emissor e o recetor. As informações enviadas são repartidas em pacotes e cada pacote contém um cabeçalho com as informações que permitem o seu encaminhamento. Pacotes pertencentes à mesma mensagem podem seguir caminhos diferentes até chegar ao destino, pois os pacotes são comutados individualmente e enviados de nó para nó, entre a origem e o destino.

2.2.5 Modo de transmissão de dados

Paralela

O modelo de transmissão de dados paralela tem como principal característica a transmissão de todos *bits* de dados em simultâneo. Possui uma alta velocidade, porém as distâncias de transmissão são curtas.

Apesar de todos os *bits* serem enviados em simultâneo, cada *bit* de dados requer o seu próprio caminho separado, todos os *bits* de uma palavra (*word*) são transmitidos em simultâneo em conjunto com os sinais de controlo (Figura 12).

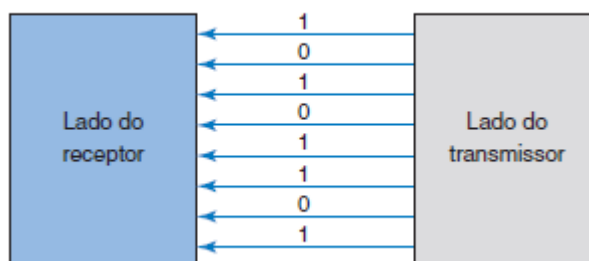


Figura 12: Transmissão de dados em paralelo [7]

Serial

Na transmissão série ou *serial*, o dado é enviado *bit* por *bit*, ou seja, é transferido um *bit* do dado binário de cada vez. Os *bits* são enviados sequencialmente pelo mesmo cabo, o que reduz custos de cablagem, mas diminui a velocidade de transmissão. Cada *word* de dados é composta por um *bit* de início (*start bit*) da sequência, seguida pelos *bits* com o conteúdo e um *bit* de *stop*. Existe ainda um *bit* extra, denominado *bit* de paridade (*parity bit*) que é utilizado para deteção de algum erro na transmissão dos dados.

Diversos protocolos de comunicação utilizam a comunicação *serial*, devido ao facto de que dados serial podem ser transmitidos a uma distância maior do que os dados transmitidos em paralelo.

A transmissão de dados é feita com o uso de padrões RS-232, RS-422 e RS-485. O RS significa *Recommended Standard* (padrão recomendado) e especifica as características elétricas e mecânicas para a transmissão de dados *serial* (ver Tabela 3).

Tabela 3: Características da comunicação serial

Comunicação serial	
RS-232	Projetado para comunicação entre um computador e um controlador. Distância limitada em cerca de 15m.
RS-422	Projetado para comunicação entre um computador e vários controladores. Alta imunidade ao ruído com distâncias limitadas na ordem de 550 m.
RS-485	Projetado para comunicação entre um computador e vários controladores. Alta imunidade ao ruído com distâncias limitadas na ordem de 620 m.

2.2.6 Modelo ISO/OSI

Antigamente cada fabricante possuía um protocolo de comunicação para os dispositivos de controlo, os utilizadores eram forçados a consumir componentes de controlo do mesmo fornecedor pois a troca de informação era impossível.

Como forma de garantir a comunicação de dispositivos de fabricantes diferentes, foi concebido o modelo ISO/OSI para a padronização de sistemas abertos. A comunicação entre dispositivos é definida a nível físico, eléctrico, de protocolo e do utilizador, estes níveis encontram-se contemplados nas sete camadas do modelo ISO/OSI (ver Tabela 4).

Tabela 4: Camadas do modelo ISO/OSI

Camada	Nome	Função
7	Aplicação	Processos de rede para aplicações
6	Apresentação	Representação de dados
5	Sessão	Comunicação entre <i>hosts</i>
4	Transporte	Conexões Ponto a ponto
3	Rede	Encaminhamento de pacotes
2	Ligação	Acesso ao meio
1	Física	Transmissão binária e ligações físicas

Várias tecnologias que necessitam de trocar informação, como é o caso dos PLCs, têm uma arquitetura baseada no modelo OSI fazendo o uso da camada física e de ligação de dados. É importante referir que no modelo OSI cada camada é independente e lida apenas com *interfaces* da camada imediatamente acima e abaixo dela, cada camada executa a sua tarefa e manda os resultados para a camada acima ou abaixo.

A **camada física** é confundida com o meio físico, como o cabo, conectores, placas de *interface* de rede e *hardware* de transmissão sem fio. Não é física nesse sentido, esta camada define a codificação e transmissão física da informação. As suas funções incluem a sincronização de dados, transferência de *bits* de dados entre sistemas, transmissão de sinais eléctricos, de luz ou de rádio e também a seleção de tipos de cabos e conectores.

Uma vez que os requisitos de *hardware* da camada física são definidos, é feita a seleção de protocolos que podem residir nesta camada.

2.2.7 Protocolos

O protocolo é um conjunto de regras ou linguagem que os dispositivos que pretendem comunicar têm em comum, permitindo decifrar e codificar os pacotes de mensagens recebidos e enviados. Há protocolos que permitem que todos os intervenientes façam perguntas e respondam (configuração multimestre) outros que o papel de cada interveniente está bem definido (configuração mestre/escravo).

Nos protocolos define-se a sequência de comandos, esquemas de verificação de erros, meios de comunicação e há necessidade de adaptá-los ao suporte físico da rede. Os protocolos mais comuns no meio industrial são: Modbus; Profinet; Fieldbus; Profibus; Ethernet/IP; CanOpen; DeviceNet e Ethercat.

Protocolo MODBUS

O protocolo Modbus é um protocolo aberto originalmente desenvolvido pela Modicon, atualmente, pertence ao grupo Schneider Electric. É um protocolo utilizado em grande escala por quase todos os fabricantes na comunicação entre autómatos programáveis, interfaces homem-máquina, sensores, atuadores, etc.

Em relação a mensagens, o protocolo Modbus possui o tipo de comunicação mestre /escravo, no máximo 247 escravos podem ser conectados à rede. As mensagens podem ser tipo *unicast*, quando o mestre envia uma requisição para um escravo específico e o mesmo responde, ou *broadcast*, quando o mestre envia uma requisição para todos os escravos e não é enviada nenhuma resposta (Figuras 13 e 14).

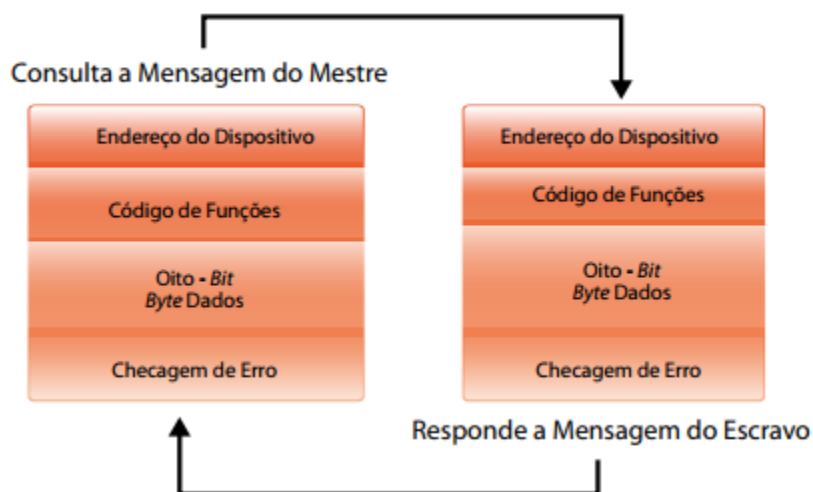


Figura 13: Comunicação mestre/escravo protocolo Modbus adaptado de [12]

Existem duas variações do protocolo Modbus: Modbus-RTU e Modbus-ASCII. A variação mais utilizada é o Modbus-RTU. Existe ainda o Modbus/TCP/IP que utiliza o protocolo TCP/IP como comando de transporte.

	RTU	ASCII
Característica fundamental	Maior densidade de dados – melhor taxa de envio de dados	Intervalos de tempo de até 1 segundo entre caracteres sem causar erro
Sistema de codificação	Cada byte em uma mensagem contém dois ou quatro caracteres hexadecimais	Cada byte em uma mensagem é enviada como dois caracteres ASCII
Verificação de erros	CRC – Cyclical Redundancy Check	LRC – Longitudinal Redundancy Check

Figura 14: Características do Modbus-RTU e Modbus-ASCII [14]

Ethernet

O protocolo Ethernet foi desenvolvido pela Xerox Corp para utilizar em redes locais (LAN). Mais tarde a especificação da Ethernet foi transferida ao IEEE (*Institute for Electrical and Electronic Engineers*) onde foi aprovada como protocolo IEEE 802.3.

A Ethernet faz parte da camada de ligação do modelo OSI, define a cablagem para a camada física, o formato de pacotes e protocolos para a camada de controlo de acesso ao meio (MAC).

O protocolo Ethernet é utilizado nas topologias físicas barramento e estrela. O método de acesso ao barramento utilizado é o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access Detection With Collision*). O CSMA/CD evita conflitos na rede e protege a integridade dos dados, por exemplo, quando dois nós, situados em diferentes localizações, tentam enviar dados em simultâneo, existirá uma colisão no meio físico. Dada a colisão, os pacotes são destruídos e a cada nó é atribuído um tempo de espera até uma nova tentativa de emissão de pacotes.

A grande desvantagem do CSMA/CD é a redução da taxa de transferência se os nós conectados à rede usarem o meio de transmissão da rede para a transferência de dados em simultâneo. A partir daí, os *switches* permitem, aos nós conectados a rede, transmitir e receber dados simultaneamente (comunicação *full-duplex*) com a probabilidade de colisão na rede quase a zero.

Os *switches* são componentes cruciais para uma rede Ethernet, pois controlam os encaminhamentos da rede, são as chaves de conexão que controlam o tráfego de dados, ou seja, derivam e interligam os elementos da rede e os módulos de campo (nós) onde são conectados sensores e atuadores. Se vários nós quiserem enviar dados para um único nó, o *switch* garante que os dados sejam transmitidos da porta *switch* em série, armazenando os dados na memória do *switch* em forma de fila, o que evita colisões.

Na segunda camada do modelo OSI, camada lógica, a Ethernet foca-se mais sobre endereços MAC e enquadramento de dados recebidos da camada superior, neste caso a camada de rede. O endereço MAC é um número hexadecimal de 6 bytes (48 *bits*) que identifica a placa de *interface* de rede. Os primeiros 24 *bits* são reservados ao número de fornecedor registado no

IEEE, designado como campo do identificador único organizacional. Os últimos 24 *bits* são utilizados pelo fornecedor para atribuir um número exclusivo a cada placa de *interface* de rede. Com pacotes de dados recebidos da camada de rede a Ethernet forma *frames* e adiciona o seu cabeçalho, para além de fazer a deteção de erros (ver Tabela 5).

Tabela 5: Representação de uma frame de Ethernet

Preâmbulo (<i>bits</i> de sincronização)	Endereço de Destino	Endereço de origem	Comprimento/Tipo	Dados	Sequência de verificação da <i>frame</i>
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes

Em algumas referências o preâmbulo tem 7 bytes, surgindo mais uma coluna referente ao delimitador inicial da *frame*, com 1 byte.

A Ethernet não foi projetada para automação industrial, como foi referido anteriormente, no entanto, devido à sua popularidade e desempenho a nível de velocidades em LANs, a Ethernet tem sido usada amplamente na indústria para interconectar as operações industriais. A Ethernet Industrial é mais robusta em termos de componentes e testes, pois foi projetada para ambiente fabril onde por vezes é necessária certa resistência a temperaturas extremas, vibrações e choques. A Ethernet oferece uma largura de banda de 10 Mbps a 100 Mbps.

A ligação entre os equipamentos da rede Ethernet pode ser feita por meios físicos de ligação em cobre ou ligação ótica. A ligação física em cobre é feita por cabos UTP (não blindados) ou STP (blindados) com fichas RJ45. E a ligação ótica é feita por cabos de fibra ótica monomodo (com até 15 km) ou multimodo (com até 3 km).

Protocolo Profibus

O protocolo Profibus que resulta da abreviação de *Process Fieldbus* foi desenvolvido por volta de 1987, por uma iniciativa conjunta entre alguns fabricantes e utilizadores. É atualmente um dos padrões de rede mais empregados no mundo todo.

Tendo em consideração o modelo OSI, o protocolo Profibus é definido pela camada dois que é a camada lógica, designada neste protocolo como *Fieldbus Data Link* (FDL).

Em relação às mensagens, a comunicação presente é mestre/escravo, mestre/mestre ou a combinação dos dois. A comunicação entre mestres é feita pelo procedimento *token* que garante o direito de acesso à rede concedido a cada mestre, durante o tempo definido (Figura 15).

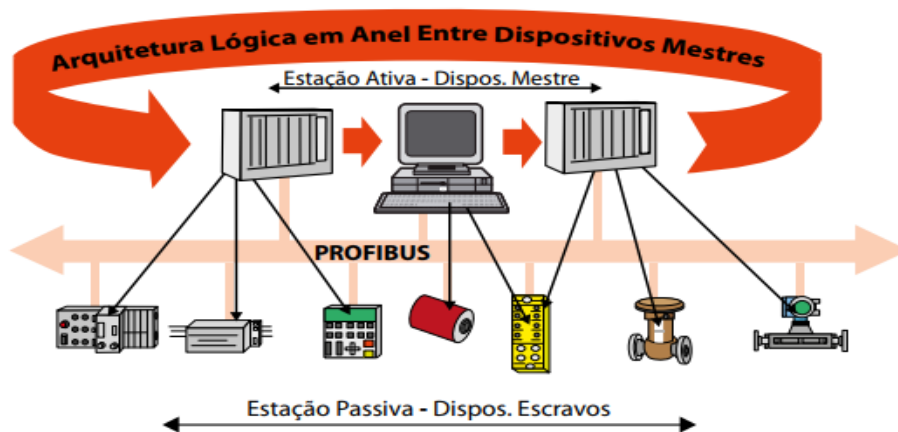


Figura 15: Configuração Profibus com três mestres e sete escravos [12]

O protocolo Profibus pode ser utilizado nas seguintes aplicações:

- Profibus DP – para automação industrial;
- Profibus PA – para automação de processos;
- ProfiSafe – para sistemas relacionados com segurança;
- ProfiDrive – para sistemas relacionados com controle de movimento.

Os meios de transmissão são: RS485, RS485-IS, MBP (*Manchester code bus powered*) e fibra ótica.

Fieldbus

O Fieldbus é um protocolo aberto de comunicação digital em série e bidirecional desenvolvido pela Fieldbus Foundation, uma organização sem fins lucrativos que consiste em mais de 100 dos principais fornecedores e utilizadores de controlo e instrumentação do mundo. Este protocolo é uma rede para automação e instrumentação de controlo de processos, com capacidade de distribuir o controlo no campo, conectando equipamentos “fieldbus” tais como sensores, atuadores e controladores.

Os meios físicos do Fieldbus são designados por H1 e HSE, a grande diferença entre os meios reside na velocidade de transmissão e os tipos de equipamentos que conectam. O modo H1 é voltado para equipamentos de campo como transmissores, posicionadores de válvula, etc. e ambientes que é necessário segurança elevada, como ambientes explosivos. O modo HSE é baseado no protocolo Ethernet, e mais utilizado para conexão entre PLCs, *Gateways*, *Linking Devices* e PCs.

A Tabela 6 mostra as características técnicas do protocolo Fieldbus.

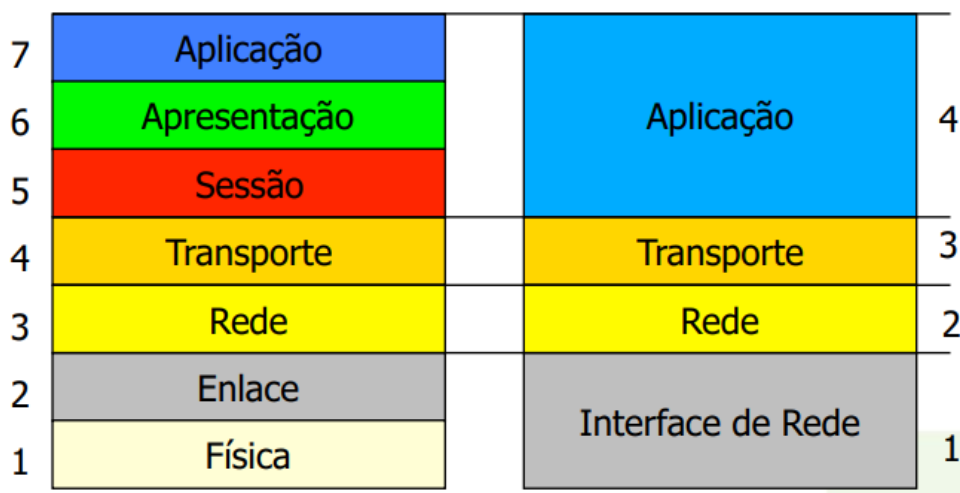
Tabela 6: Características técnicas do protocolo Fieldbus

Tipos de características	
Topologia de rede	Árvore ou barramento.
Nível de tensão de sinal	750 a 1000 mV.
Camadas do modelo OSI utilizadas	Física, lógica e aplicação.
Velocidade de transmissão	Modo H1: 31,25 kbps. Modo HSE: 10 Mbps ou 100 Mbps.
Comprimento máximo do segmento	1900 (H1) e 100m (HSE). Permitindo até 4 repetidores, tendo cada extensão da rede alcance de 9,5 km.
Número de equipamentos no barramento	Até 32, dependendo do consumo de corrente de cada equipamento, da distância entre mestre e escravos e o tipo de cabo usado na rede.
Alimentação dos equipamentos da rede	No mínimo 9 V para cada equipamento. Alimentação pode ser externa ou via barramento.

TCP/IP

O modelo TCP/IP é um conjunto de protocolos desenvolvido pela U.S. *Department of Defense Advanced Research Projects Agency*, constituído principalmente por duas camadas: a camada de rede e a camada de transporte.

O TCP/IP combina as camadas de apresentação e de sessão dentro da camada de aplicação. Combina a camada física e de ligação ou enlace (lógica) do modelo OSI em uma única camada. Por essa razão aparenta ser mais simples por ter menos camadas.

**Figura 16: Comparação entre as camadas do modelo OSI e TCP/IP**

TCP

A principal função do protocolo é realizar a comunicação entre aplicações de dois equipamentos diferentes e garantir a consistência para a integridade dos dados transmitidos. O protocolo TCP é um protocolo de nível de transporte com transmissão orientada à conexão, ou seja, antes de cada transmissão a origem e o destino trocam todas informações necessárias para a transmissão.

O facto do protocolo TCP ser orientado à conexão garante uma confiabilidade nas transmissões, o protocolo trabalha com mensagens de reconhecimento, especificação do formato da informação e mecanismos de segurança. O TCP pode reconhecer mensagens duplicadas e rejeitá-las apropriadamente.

O protocolo TCP trabalha com números de reconhecimento sequenciais e positivos, permitindo que à transferência de dados em forma de octetos, pelo equipamento de origem TCP, sejam atribuídos números sequenciais que são analisados pelo destino para garantir a ordem e integridade da mensagem enviada e recebida.

A identificação da conexão pelo TCP é feita por um par de *endpoints*, que são constituídos por um *host* e *port*. O *host* é um endereço IP para um equipamento e *port* é uma porta TCP nesse equipamento. Ou seja, na comunicação entre dois equipamentos TCP, cada equipamento deve ter um endereço IP (*host*) e especificar o número da porta TCP por onde será feita a comunicação de dados. O número de porta é compartilhado por várias conexões numa máquina.

IP

O protocolo IP é um protocolo de transmissão não orientado à conexão, ou seja, a origem e o destino necessitam ter um prévio acerto de como será feita a comunicação. A principal função do IP é transportar unidades de informação, conhecidas por datagramas, de uma rede a outra pela Internet. Para além do *routing* inter-redes, o IP fornece relatórios de erro e fragmentação e remontagem de datagramas.

O envio de datagramas obedece a quatro etapas básicas:

- **Encapsulamento:** onde ocorre a preparação de dados para a transmissão. Os dados são gerados pela camada de aplicação. A camada de aplicação também indica o protocolo da camada de transporte a ser utilizado, o protocolo TCP/UDP, de seguida o protocolo de transporte adiciona o seu cabeçalho, recebe a Unidade de Dados do Protocolo (PDU) da camada de aplicação e encaminha para camada de rede. A camada de rede recebe a PDU de transporte e encaminha para a camada de ligação ou enlace (lógica). E por fim a camada de ligação ou enlace (lógica) ao receber a PDU realiza as funções que lhe compete e encaminha para a transmissão física (Figura 17);

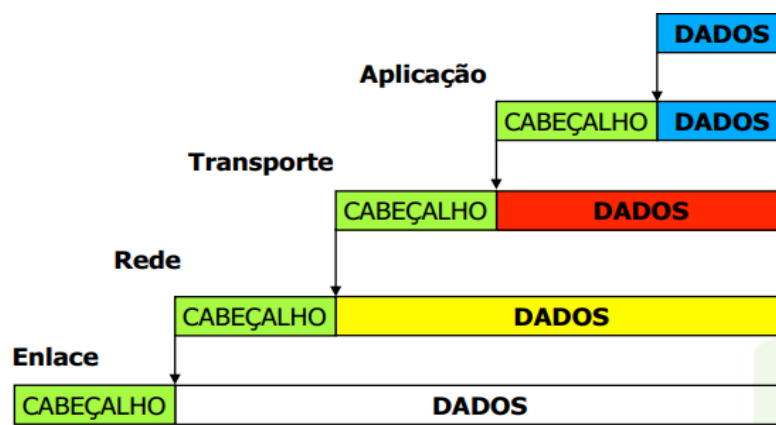


Figura 17: Etapa de encapsulamento de envio de datagramas

- **Fragmentação:** quando os datagramas são divididos em pedaços menores e adequadamente identificados, a partir de uma *gateway*. A *gateway* cria um cabeçalho para cada fragmento como forma de identificá-los;
- **Endereços IP:** Os endereços IP são divididos em 5 classes: A, B, C e D conforme ilustrado na Figura 18. As redes de classe A fornecem 8 *bits* para o campo de endereço de rede. As redes de classe B atribuem 16 *bits*, e as redes de classe C atribuem 24 *bits* para o campo de endereço de redes. A classe D é um endereço de rede exclusivo e *multicast* que direciona os pacotes de destino para os grupos predefinidos de endereços IP, e a classe E está reservada para aplicações futuras e experimentais. Em todas as classes o *bit* mais à esquerda indica a classe de rede (Figura 18);

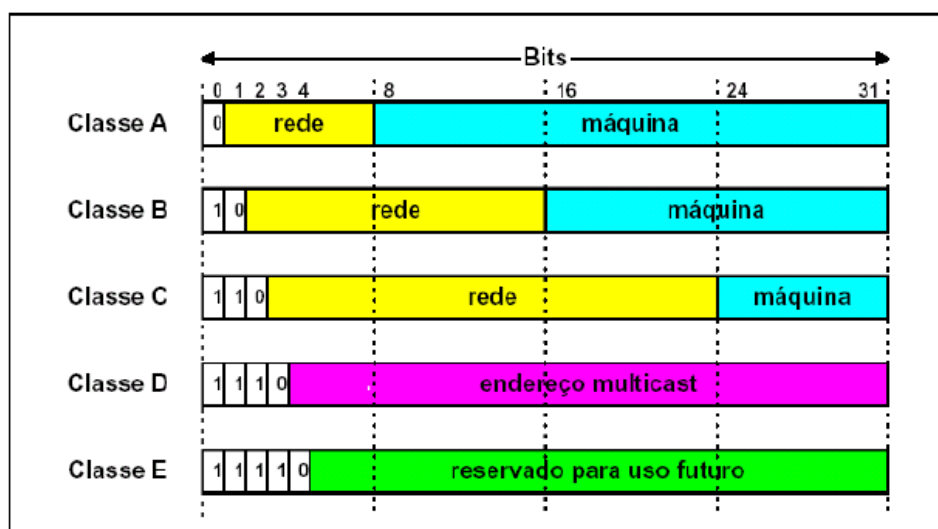


Figura 18: Classes dos endereços IP [35]

- **Routing:** Onde ocorre a verificação do endereço de destino do pacote. Os pacotes viajam por roteadores mais próximos do endereço final, até que chegam à máquina de destino.

As redes IP podem ser divididas em unidades menores chamadas de sub-redes. As sub-redes têm a função de oferecer flexibilidade adicional ao administrador de rede, isto é, o administrador tem a possibilidade de subdividir a rede requisitando *bits* de parcela do *host* do endereço e usando-os como um campo da sub-rede (Tabela 7).

Tabela 7: Exemplo de máscara de sub-rede

Classe	Endereço IP	Identificador da rede	Identificador do dispositivo	Máscara de sub-rede
A	10.2.68.12	10	2.68.12	255.0.0.0
B	172.31.101.25	172.31	101.25	255.255.0.0
C	192.168.0.10	192.168.0	10	255.255.255.0

Modbus TCP / IP

É um protocolo de mensagens sobre o meio físico *Ethernet*, implementa o protocolo Modbus baseado em TCP/IP. Está contido na sétima camada do modelo OSI, a camada de aplicação.

O protocolo de comunicação Modbus TCP/IP opera através da configuração mestre/escravo. Uma das vantagens da comunicação feita por Modbus TCP/IP é a facilidade de configuração de infraestrutura, através de *switches* ou *hubs* industriais, cabeamento de par trançado (com blindagem “STP” de preferência) e conectores RJ45. A comunicação em Modbus TCP/IP pode atingir velocidades de 100 Mbps a 10 Gbps.

O Modbus TCP/IP é utilizado em dispositivos de controlo, como PLCs e em dispositivos de supervisão, como HMIs (ver Figura 19).

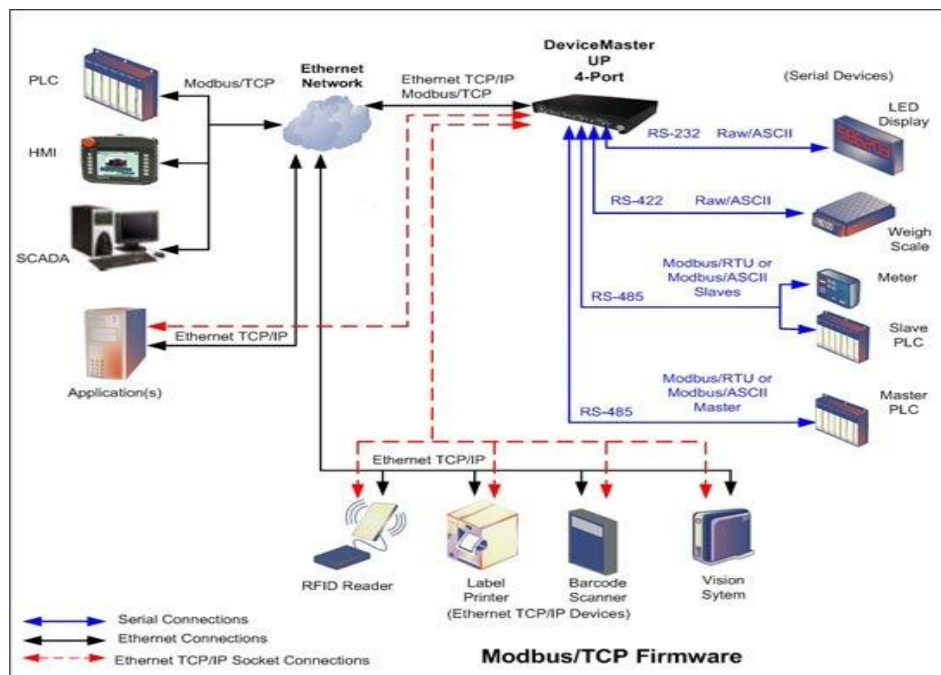


Figura 19: Modbus TCP/IP [36]

Ethernet IP

Trata-se de um protocolo industrial de comunicação aberto que permite o utilizador ou programador vincular as informações de modo funcional entre dispositivos que possuem o protocolo Ethernet/IP. Este protocolo foi construído para ser utilizado no controlo de processos e em aplicações de automação industrial.

O protocolo Ethernet/IP utiliza todas as sete camadas do modelo OSI e oferece um sistema que entrega dados via Ethernet desde o “chão-de-fábrica” até a rede empresarial. É utilizado na partilha de informações dos dispositivos da indústria, como sensores e *drivers*, com os servidores e controladores da rede.

O protocolo Ethernet/IP suporta grandes quantidades de dados, por essa razão suporta a conexão entre vários computadores e conecta diferentes dispositivos. Permite a troca de mensagens em tempo crítico, controlo de entradas e saídas de informação e conexão com HMIs. Outra grande vantagem é a possibilidade de o utilizador ou programador configurar os dispositivos e programas, bem como executar possíveis diagnósticos de dispositivos e redes.

PROFINET

É o resultado da evolução natural da rede PROFIBUS, mais conhecida por facilitar a velocidade da comunicação entre os dispositivos. É o protocolo mais usado no continente europeu, possibilita uma troca de grande volume de dados utilizando o mesmo padrão elétrico seguido pelas redes Ethernet.

O PROFINET é um protocolo compatível com o padrão Ethernet, o que integra na sua constituição a alta capacidade de se comunicar com dados e o uso da alta velocidade com o padrão aberto. O PROFINET (ver Figura 20) divide-se em três categorias:

- **PROFINET IO**: baseia-se na arquitetura TCP/IP e usa Ethernet. Possui um tempo de processamento próximo dos 100 ms, não ocorre em tempo real. É aplicado na configuração de redes ou na comunicação com *proxys*;
- **PROFINET CBA**: também funciona por TCP/IP, possui um comprimento de mensagem reduzido, devido à eliminação de diversos níveis de protocolo, o que reflete um menor tempo de transmissão de dados na rede. Este protocolo é ideal para projetos modulares, como projeto de fábricas e linhas de produção;
- **PROFINET IRT**: é um sistema que o tempo de resposta é real, ocorrendo a menos de 1 ms.

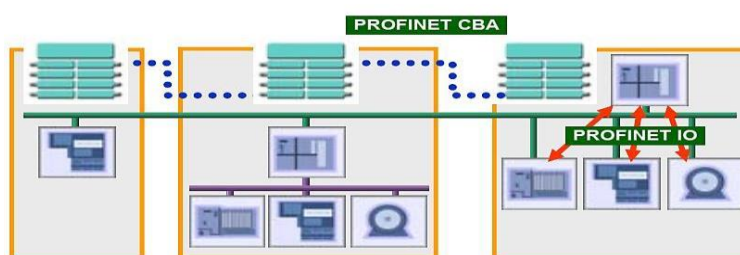


Figura 20: PROFINET [1]

2.3 Projetos de Automação Industrial

Para o desenvolvimento de projetos de automação industrial é necessário elaborar uma metodologia. A planificação envolve a divisão e atribuição de etapas de desenvolvimento do projeto, como forma de garantir que o projeto seja o mais completo e detalhado possível.

Um projeto de automação industrial deve contar com um desenvolvimento sistemático, com boa estrutura e dispor de documentação detalhada.

Num projeto de automação industrial geralmente estão envolvidas várias pessoas com várias funções, desde a pessoa responsável pelo projeto até a pessoa responsável pela programação. O principal papel do projetista é perceber o que o cliente pretende com a máquina e criar um esquema, seja ele elétrico ou mecânico, de simulação do funcionamento da máquina. De seguida entra a fase de maquinação e montagem da estrutura mecânica da máquina, caso seja necessário, feita por um operador de maquinação com a supervisão do projetista. Depois é feita a parte elétrica, que conta com a fixação do quadro elétrico e de dispositivos como sensores, atuadores, fins-de-curso, etc. E por fim entra a pessoa responsável pela programação com a função de realizar um programa lógico de funcionamento da máquina, de acordo com as especificações dadas pelo cliente. É possível constatar que a sistematização é muito importante para a gestão de tempo, recursos materiais e pessoas envolvidas.

De forma resumida o desenvolvimento de um projeto de automação industrial pode ser feito em cinco etapas, ilustradas no diagrama da Figura 21.

Etapa 1: Objetivo	• Identificação de objetivos do cliente e intervenientes. • Levantamento completo das informações de campo e das informações documentadas. Elaboração da proposta técnica e comercial.
Etapa 2: Especificação	• Levantamento de dados do processo de automação e composição de documentos de especificação técnica. • Identificação das variáveis de entrada e saída dos autómatos programáveis. Definição de <i>Interfaces Homem -Máquina</i>.
Etapa 3: Desenvolvimento	• Programação do PLC (autómato programável). • Detalhe gráfico do processo a partir de sistemas supervisores.
Etapa 4: Testes integrados	• Ensaio de dispositivos de sensoramento e de automação, mas sem o <i>software</i> industrial presente. • As entradas e saídas são forçadas para a verificação de todas as linhas de programação.
Etapa 5: Implantação	• Teste do <i>hardware</i> de automação.

Figura 21: Etapas de projeto de automação industrial adaptado de [13]

A documentação é um requisito essencial do projeto, pois facilita a compreensão de todas as fases do projeto e reúne informações necessárias para montagem, manutenção e alterações futuras. Para além de orientar o utilizador em relação à utilização do programa de supervisão e controlo. Geralmente a documentação é composta por:

- Memória descritiva;
- Diagramas de circuitos elétricos de comando e de potência;
- Diagramas de circuitos pneumáticos e hidráulicos;
- Desenhos técnicos dos componentes;
- Especificação técnica de componentes eletrónicos;
- *Software* de controlo;
- Lista de entradas e saídas;
- Manual do utilizador;
- Lista de materiais.

CAPÍTULO 3: Autómatos Programáveis

Durante muito tempo os relés foram empregados em sistemas de controlo em todo mundo, devido ao custo viável para automação de pequenas máquinas. Na indústria moderna, a lógica de relés foi substituída por Circuitos Integrados (CIs), apesar de continuar presente em sistemas antigos.

Os CIs são menores, mais rápidos e possuem uma vida útil maior. Os sistemas de controlo que utilizam relés ou CIs possuem uma lógica de controlo definida permanentemente pela interligação elétrica, por essa razão, são fáceis de implementar, mas o trabalho de alterar a sua lógica é muito difícil.

Com o aparecimento de computadores comerciais no início da década de 1970, surge a possibilidade de utilizá-los como controladores em sistemas de controlo de grande porte. A grande vantagem era o facto de o computador ser programável, mas os primeiros computadores eram grandes, caros, difíceis de programar e muito sensíveis à utilização em ambientes industriais.

O autómato programável ou *Programmable Logic Controller* (PLC) foi desenvolvido a partir das necessidades de muitos utilizadores de circuitos a relés e de uma procura existente na indústria automobilística norte-americana. O principal objetivo era desenvolver um equipamento de baixo custo, menor, versátil em expansões sem grandes alterações do sistema, com facilidade de programação e reprogramação, adequado a ambientes industriais, com interfaces mais amigáveis e com possibilidade de integração de dados de processo.

Segundo a norma IEC 61131-1: 2003 (E) o autómato programável ou PLC é definido como:

“Sistema eletrônico que opera digitalmente, projetado para uso em ambiente industrial, que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções orientadas ao utilizador para implementar funções específicas, como lógica, sequenciamento, tempo, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O PLC e os seus periféricos associados são projetados para que possam ser facilmente integrados num sistema de controlo industrial e facilmente utilizados em todas as funções pretendidas.”

3.1 Arquitetura

Os autômatos programáveis podem ser classificados como compactos ou modulares. Nos autômatos compactos (Figura 22) estão integrados no mesmo bloco todos os elementos necessários:

- Unidade Central de processamento (CPU);
- Secção de entradas (*Inputs*) e saídas (*Outputs*);
- Memória;
- Fonte de alimentação;
- Comunicações.

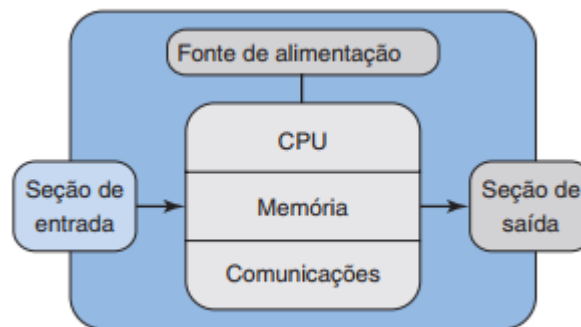


Figura 22: Configuração do PLC tipo fixo [7]

Os autômatos modulares (Figura 23) são constituídos por diversos módulos associados de acordo com as necessidades da aplicação. Por exemplo:

- Unidade Central de processamento (CPU);
- Secção de entradas (*Inputs*) e saídas (*Outputs*);
- Sistema de Memória de programa e de dados;
- Fonte de alimentação;
- Dispositivo de programação.

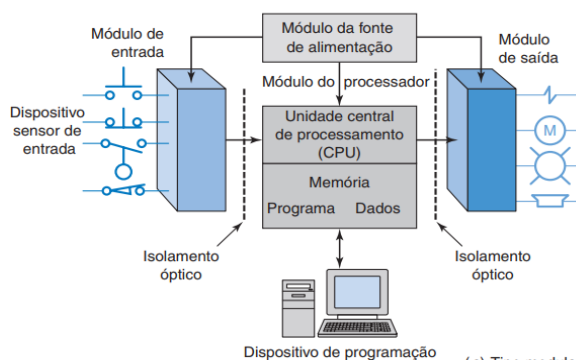


Figura 23: Configuração do PLC tipo modular [7]

A arquitetura de um PLC pode ser referente ao equipamento, ao programa ou à combinação dos dois, podendo ser fechada ou aberta. Em sistemas de arquitetura fechada existe a dificuldade de conexão com outros sistemas, pois sistemas com este tipo de arquitetura são patenteados pelo fabricante. Num sistema de arquitetura aberta há facilidade de comunicação e integração de dispositivos e programas de outros fabricantes, com recurso a componentes que seguem padrões aprovados.

3.1.1 Unidade Central de processamento (CPU)

Considerado o “cérebro” do autómato programável, a CPU é na verdade um microprocessador que implementa operações aritméticas, lógicas e o controlo de operações de comunicação entre módulos. Por essa razão as memórias EPROM, EEPROM e RAM são necessárias para o programa.

A CPU garante a execução do programa introduzido pelo utilizador, através de um processo cíclico de varredura. Lê os valores do estado das entradas (ligado ou desligado) presentes na memória, executa as instruções presentes no programa e as tarefas de comunicação, e de seguida atualiza o estado das saídas. Este processo é repetido de forma contínua enquanto o autómato programável estiver no modo de funcionamento (RUN).

Também cabe à CPU a deteção de erros que possam ocorrer internamente.

3.1.2 Sistema de Memória

O sistema de memória é responsável pelo armazenamento de ações de controlo a serem exercidas pela CPU, de dados recolhidos na entrada para o processamento e na saída para a resposta. O sistema de memória pode ser dividido em dois grupos:

- **Memória de programa:** responsável pelo armazenamento do programa desenvolvido pelo utilizador;
- **Memória de dados:** responsável pelo armazenamento temporário de dados. É a região utilizada pela CPU para guardar valores associados a contadores, temporizadores e outras variáveis auxiliares.

Dentro desses dois grupos encontram-se diversos tipos de memória que são resultado da evolução tecnológica neste campo:

- **RAM (*Random Access Memory*):** considerada de acesso rápido para operações de escrita e leitura, nos autómatos é destinada a armazenar dados temporários, o programa a ser desenvolvido e testado. Por se tratar de uma memória volátil, ou seja, não retém a informação na falta de energia no autómato, requer uma alimentação alternativa por bateria;
- **ROM (*Read Only Memory*):** programada durante a produção do autómato e considerada de leitura, serve para o armazenamento permanente de um determinado

programa ou dados. É imune a alterações por ruídos elétricos e perda de energia, por essa razão são utilizadas para o sistema operativo e de dados fixos usados pela CPU;

- **EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory):** considerada memória semipermanente, pois pode ser reprogramada depois de ser inteiramente apagada por exposição a radiação ultravioleta durante aproximadamente 20 minutos. Também é considerada memória não-volátil pois armazena programas que não necessitam de sofrer alterações, mas não permite mudanças no programa e entrada de dados *online*;
- **EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory):** considerada memória não-volátil é semelhante à memória EPROM, mas pode ser apagada por impulsos elétricos. Armazena permanentemente o programa e pode ser facilmente alterada com o uso de um dispositivo de programação ou unidade de programação manual;
- **Memória flash:** considerada a memória mais recente possui elevada capacidade e pequena dimensão. Tem como grande vantagem a facilidade de atualização de *firmware* dos equipamentos a partir de *softwares* externos.

A capacidade de armazenamento de uma unidade de memória é determinada pelo número de palavras binárias (*words*) que ela pode armazenar. Uma *word* é composta por 16 *bits* (Figura 24).

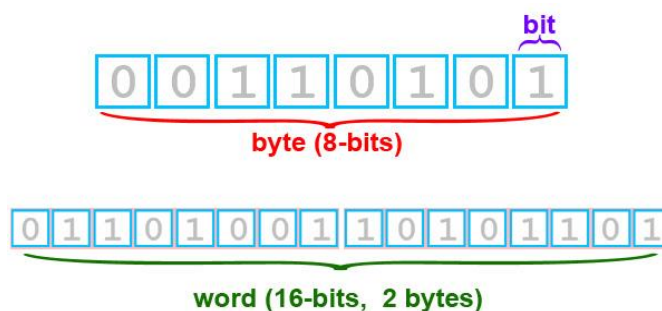


Figura 24 : Representação de uma Word

3.1.3 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação fornece corrente contínua (CC) para a alimentação da CPU e dos módulos de entrada e de saída. É responsável pelo fornecimento de todos os níveis de tensão exigidos para as operações internas do PLC. Ou seja, a fonte de alimentação do PLC converte a energia CA em energia CC adequada aos componentes do PLC.

Em PLCs modulares de maior porte, a fonte de alimentação pode ser integrada como um módulo separado. Os PLCs de média e pequena série já incorporam um módulo de alimentação.

Alguns PLCs operam com uma tensão de alimentação de 220 V e outros com tensão de alimentação contínua de 24 V, sendo que a lógica interna e os circuitos de comunicação geralmente operam com alimentação de 5 ou 15 Vcc.

3.1.4 Módulos de entradas (*Inputs*) e saídas (*Outputs*)

Os módulos de entradas e saídas, conhecidas em ambiente técnico como I/O da abreviação Inglesa de *Input* e *Output*, asseguram a comunicação com dispositivos externos, ou seja, asseguram a integração do autómato no seu ambiente de trabalho ao permitir que o processador receba informações de dispositivos externos e envie informações para os mesmos. Geralmente incorporam *leds* para visualizar o estado da entrada ou saída.

Nos dias de hoje é habitual ver um módulo com entradas e saídas. O módulo de entradas e de saídas pode ter 8, 16, 32 ou 64 terminais por módulo, referentes ao número de entradas e saídas disponíveis. O módulo de alta densidade, ou seja, com até 64 terminais por exemplo, tem a desvantagem de não poder conduzir um valor maior de corrente em cada saída.

Módulo de entradas (*Inputs*)

O contacto com o meio exterior feito pela *interface* de entrada, com dispositivos como botões de pressão, interruptores detetores, interruptores de fim de curso, sensores, etc. resulta em uma recolha de sinais provenientes desses dispositivos. O módulo de entradas tem a função de tornar compatíveis os níveis de sinal de tensão e corrente provenientes desses dispositivos, com o nível de sinal que a CPU pode receber. As informações recebidas pela CPU são processadas de acordo com o programa existente na memória do autómato.

Os módulos de entrada são divididos em entradas digitais e analógicas.

Entradas digitais (discretas)

Funcionam como chaves, que só podem assumir dois valores ou níveis bem definidos. As entradas digitais assumem valores como 0 ou 1, ligado ou desligado, verdadeiro ou falso, ativado ou desativado.

As entradas digitais do PLC podem ser do tipo NPN (dreno) ou PNP (fonte). Essa informação é usada para descrever o tipo de fluxo de corrente entre os dispositivos de entrada e de saída do PLC e a sua fonte de alimentação, ou seja, permite seleccionar o tipo de saída do sensor que fará *interface* com a entrada do PLC, com objetivo de realizar a conexão física corretamente. As terminologias NPN e PNP aplicam-se apenas aos circuitos de entrada e saída CC, ou seja, os dispositivos PNP ou NPN só conduzem a corrente numa direção.

Os dispositivos PNP são conectados do lado positivo (+) da fonte de alimentação Vcc. Em contrapartida, os dispositivos NPN são conectados do lado negativo da fonte de alimentação.

A saída de um sensor NPN ou dreno possui uma lógica negativa, ou seja, o dispositivo envia um sinal negativo (GND) para indicar que está ativado. A entrada do PLC é acionada quando o sensor deteta um objeto, comutando o transistor NPN para ligado, o que faz a corrente fluir do lado positivo da fonte de tensão Vcc para o comum do PLC, através do opto-isolador, e para a entrada do PLC IN0 e através do transistor NPN para a terra.

O terminal comum serve como caminho de retorno comum para todas as entradas e saídas do módulo (ver Figura 25).

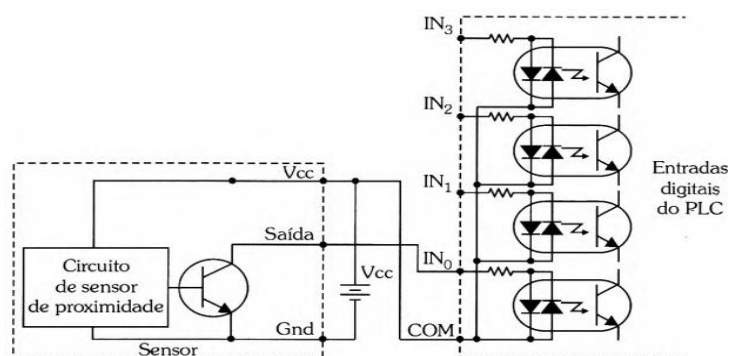


Figura 25: Sensor NPN conectado a uma entrada do tipo PNP [2]

A saída de um sensor PNP (Figura 26) ou fonte possui uma lógica positiva, ou seja, o dispositivo envia um sinal positivo para indicar que está ativado. A entrada do PLC é acionada quando o sensor detecta um objeto, que comuta o transistor PNP para ligado, fazendo com que a corrente flua da fonte de tensão V_{cc} através do transistor PNP e do opto-isolador da entrada IN_0 do PLC e saia pelo comum para retornar ao lado negativo da fonte de energia.

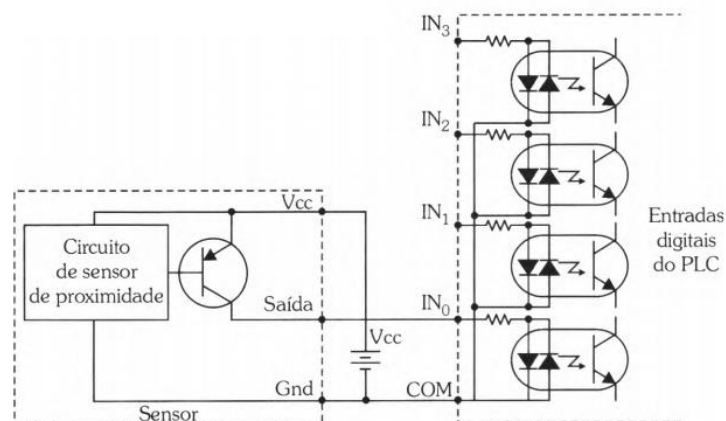


Figura 26: Sensor PNP conectado a uma entrada do tipo NPN [2]

A regra geral para ligações físicas corretas, pode ser definida da seguinte forma:

“Os sensores com saídas de fonte (PNP) devem ser conectados a entradas dreno no PLC, e sensores com saídas dreno (NPN) devem ser conectados a entradas Fonte no PLC. Caso isso não seja obedecido, o elemento de entrada não vai funcionar.” [2]

Entradas Analógicas (contínuas)

As entradas analógicas permitem que o PLC manipule grandezas analógicas enviadas a partir de dispositivos externos como sensores de pressão, vazão, temperatura, densidade e outros.

As grandezas analógicas são frutos de sinais analógicos, definidos como:

“Sinais que representam grandezas contínuas que podem assumir, em um determinado instante, qualquer valor entre dois limites definidos.” [2]

Essas grandezas analógicas são geralmente apresentadas sob forma de corrente ou tensão. As faixas de tensão geralmente presentes são: 0 a 10 V_{cc} , 0 a 5 V_{cc} e 1 a 5 V_{cc} , no caso de módulos que permitem entradas positivas e negativas designadas de diferenciais é possível encontrar

faixas de tensão dos -5 a 5 Vcc e -10 a 10 Vcc. As faixas de corrente costumam a variar de 0 a 20 mA e de 4 a 20 mA.

Os valores das faixas de tensão e corrente devem ser considerados aquando da seleção de um PLC para um sistema. É necessário que a faixa de tensão e/ou corrente corresponda aos dispositivos usados como entrada analógica no sistema.

Outro aspeto importante que deve ser analisado nas entradas analógicas é a resolução, que geralmente é medida em *bits*. Quanto maior for o número de *bits*, maior será a resolução da grandeza analógica.

Por exemplo uma entrada analógica de 0 a 10 Vcc com resolução de 8 *bits* garante uma resolução de 39,1 mV. O valor é calculado a partir da equação 1.

$$\frac{10\text{ V} - 0\text{ V}}{2^8} = 39,1\text{ mV}$$

Equação 1: Cálculo da resolução de entradas analógicas

Conversão de sinal

Os circuitos da *interface* de entrada variam de acordo com o fabricante, mas geralmente os circuitos são CA/CC compostos por parte de potência e parte lógica (ver Figura 27, exemplo com Vin = 120 VCA).

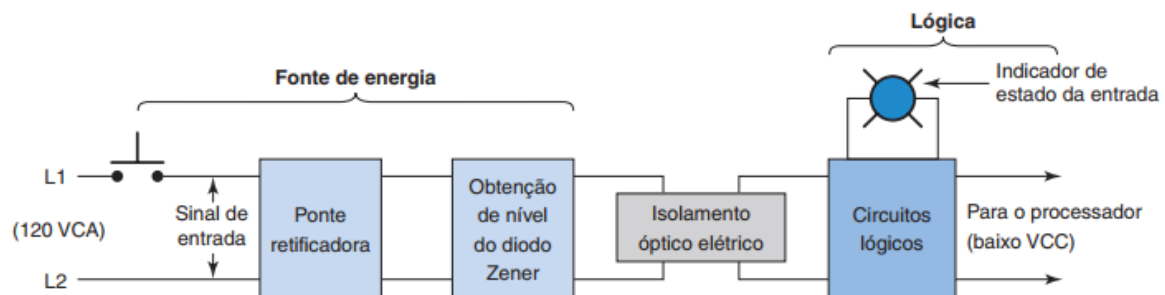


Figura 27: Diagrama de bloco de uma Interface de entrada [7]

A parte de potência converte a corrente CA de entrada em um sinal CC que possa ser lido pelo PLC. A conversão do sinal CA de entrada para um sinal CC é feito pelo retificador de ponte que de seguida passa por um filtro de ruído elétrico e *debouncing* da parte de potência.

Caso a *interface* de entrada fosse CC não teria um retificador de ponte pois, não seria necessário converter o sinal de CA para CC. A tensão de uma *interface* de entrada CC pode variar de 5 a 30 Vcc.

O sinal que chega ao módulo de entrada não é diretamente lido pela CPU, existe um elemento ótico de ligação (fotoacoplador) que protege a CPU de qualquer mau funcionamento do circuito de entrada.

Módulos saídas (Outputs)

O processo de tomada de decisão é feito de acordo com o estado das entradas e do programa na memória, enviando-as para as saídas que ativam os atuadores. As saídas podem atuar em electroválvulas, sinalizadores, relés, etc. O módulo de saída também possui proteções ao nível da potência, feita por fusíveis.

A Figura 28 ilustra um típico diagrama de um módulo de saída digital (exemplo com $V_{out} = 120 \text{ VCA}$).

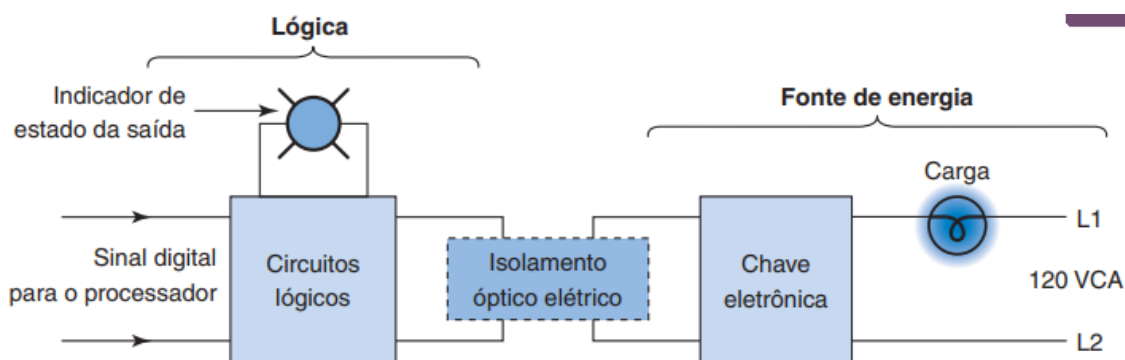


Figura 28: Diagrama de bloco módulo de saída CA digital [7]

Os módulos de saída também podem ser digitais ou analógicos.

Saídas digitais

Como as entradas digitais, funcionam como chaves que só podem assumir dois valores ou níveis bem definidos. As saídas digitais assumem valores como ligado ou desligado, ativado ou desativado.

As saídas digitais estão disponíveis em versões CA e CC, com várias tensões e correntes nominais e elementos de comutação. Os elementos de comutação do módulo de saída dependem do tipo de circuito em questão. Podendo ser:

Saída por relés

A grande vantagem é a possibilidade de atuar cargas alimentadas por tensões contínuas ou alternadas. Possuem elevada imunidade a qualquer transitório na rede, ou seja, há um grande isolamento entre os circuitos do autômato e o circuito de carga. Entretanto, são lentos e possuem uma vida útil limitada devido ao facto dos seus contactos serem mecânicos. O número aproximado de acionamentos é de 150 000 a 300 000 (ver Figura 29).

É importante ressaltar que a bobina do relé pode gerar correntes transitórias elevadas, na ordem dos 2 A a 250 V_{CA}, quando se fecha o circuito de comando.

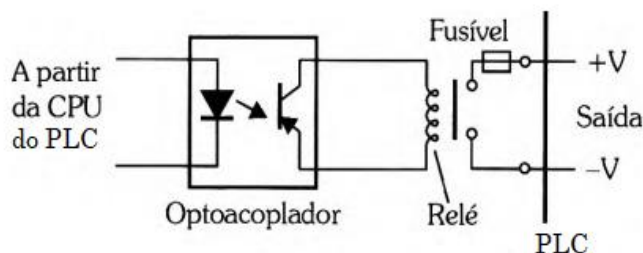


Figura 29: Saída a relé [2]

Saídas por transístores

O acionamento pode ser feito por um transístor típico ou por um transístor de efeito de campo (FET), para garantir uma comutação a alta velocidade perante as correntes elevadas (ver Figura 30).

Controlam somente circuitos de corrente contínua. São mais rápidos relativamente aos relés. Possuem uma vida útil elevada com uma capacidade de 1×10^6 acionamentos.

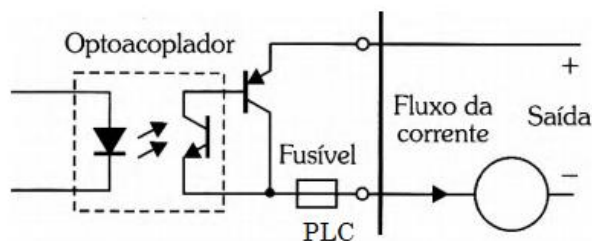


Figura 30: Saída digital a transístor [2]

Saídas por TRIACs

Neste caso o elemento acionador da saída é um TRIAC, designado como um dispositivo de estado sólido que controla somente circuitos de corrente alternada. São mais rápidos relativamente aos relés. Possuem uma vida útil elevada com uma capacidade típica de 1×10^6 acionamentos. Entretanto, podem suportar uma corrente de 1 A a 2 A dependendo da capacidade do TRIAC (ver Figura 31).

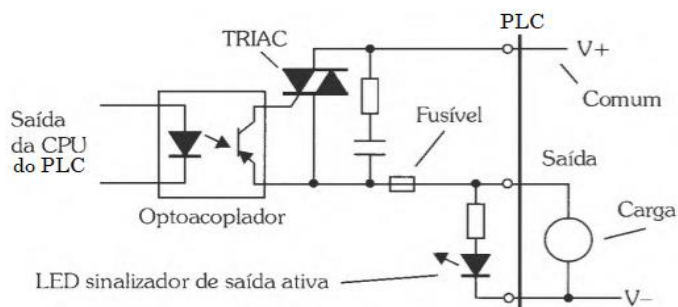


Figura 31: Saída digital a TRIAC [2]

Saídas analógicas

O módulo de *interface* de saídas analógicas recebe dados digitais do processador, os quais são convertidos em sinais de saída em tensão ou corrente para o controlo de dispositivos como conversores, inversores de frequência, motores CC, resistências elétricas e outros. As faixas dos valores de tensão variam de 0 a 10 Vcc ou 0 a 5 Vcc, e no caso da corrente de 0 a 20 mA ou 4 a 20 mA.

Permitem o acionamento de elementos dentro de uma faixa de valores que corresponde de 0 a 100 %, diferente das saídas digitais que só assumem dois estados.

O sinal analógico de saída varia segundo o controlo do programa do PLC. A conversão do valor digital em valor analógico é feita por um conversor digital-analógico que faz parte do módulo de saída analógica (ver Figura 32).

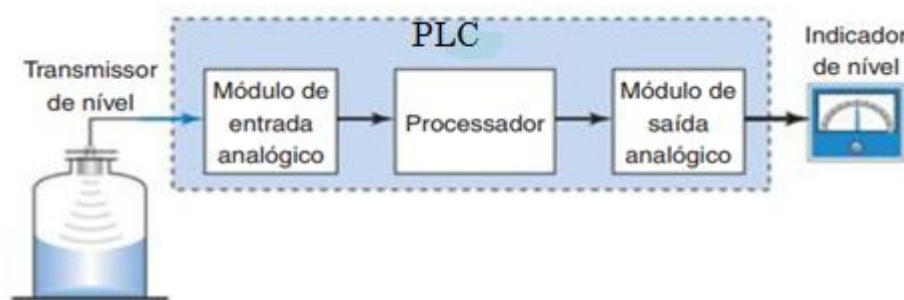


Figura 32: Aplicação de módulo de entrada e saída analógica [7]

3.1.5 Dispositivo de programação

O dispositivo de programação é utilizado para programar, modificar e verificar defeitos no programa do PLC. O dispositivo mais comum é o computador pessoal (PC) que em conjunto com o programa do fabricante possui ferramentas de programação do PLC. Geralmente o contacto entre o PLC e o PC é estabelecido por um cabo de rede.

O programa do fabricante é composto por várias ferramentas como: linguagens de programação, configurações de *hardware*, edição de programa direta (*online*) e indireta (*offline*), monitorização do programa direta (*online*), documentação do programa, diagnóstico de falhas do PLC e verificação de defeitos no sistema controlado. Um exemplo concreto da efetividade da verificação de defeitos no sistema controlado, partindo do princípio de que o sistema se encontra na fase de teste ou com um defeito, é a possibilidade de verificar o sistema controlado a funcionar e a linha de execução do programa correspondente em tempo real, o que permite identificar erros no programa e fazer alterações imediatas.

Outros dispositivos de programação são os programadores portáteis que são compactos, de baixo custo e fáceis de serem utilizados (Figura 33). São compostos por teclas de entrada de instruções, edição e navegação para movimentação pelo programa. Uma das grandes desvantagens deste dispositivo é que o ecrã tem uma capacidade limitada, algumas unidades só podem mostrar a última instrução que foi programada, enquanto outras unidades podem mostrar quatro degraus (*networks*) de código.

Cada fabricante geralmente possui o seu ambiente de programação ou programa, ou seja, a maioria de pacotes de programa não permite o desenvolvimento de programas de outros fabricantes de PLC. O mesmo acontece com o programador portátil.

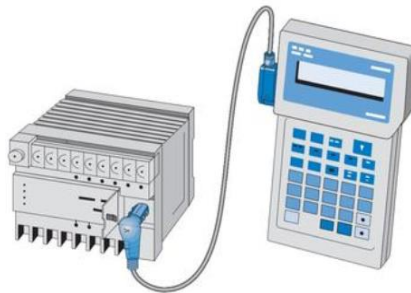


Figura 33: Programador portátil [7]

3.1.6 Interface Homem-Máquina (HMI)

A *interface* Homem-Máquina (HMI) possibilita ao operador ver em tempo real o funcionamento do sistema de controlo. São ligadas em rede com o PLC possibilitando o registo de entradas e saídas do PLC e permitem a entrada de dados por parte de operadores, que podem não ter conhecimentos nem de autómatos, nem de programação.

A configuração da HMI é feita por um computador pessoal em conjunto com o programa de edição da HMI. O ecrã da HMI pode ser composto por várias páginas com os seguintes objetivos:

- Substituir botões de comando e sinais luminosos (*leds*) com ícones de aparência real;
- Permitir o operador a alteração de variáveis de tempo e contagem, através da tecla numérica presente na tela da HMI;
- Mostrar operações no formato gráfico do sistema de controlo;
- Mostrar alarmes do sistema de controlo, em conjunto com o tempo de ocorrência e o local;
- Mostrar a mudança de variáveis ao longo do tempo.

As HMIs são produzidas por fabricantes de PLCs, mas também por fabricantes independentes que fornecem *drivers* para diversas marcas de autómatos (Figura 34).



Figura 34: HMI

3.2 Rede/Comunicação/Protocolos de comunicação

Os autômatos programáveis geralmente fazem parte de sistemas simples ou complexos de controle, por essa razão existe a necessidade de comunicação entre vários dispositivos. Os dispositivos podem ser:

- Partes integrantes do PLC, como as cartas de entradas e saídas;
- Outros PLCs e dispositivos de controle;
- Computadores, com o objetivo de monitorizar o sistema de controle e realizar diversas aplicações do sistema;
- Dispositivo de *interfaces* para a conexão com a *Internet*;
- Dispositivos de *interface* com operador, como a HMI.

Para tornar esta comunicação possível é necessário um suporte físico para transmissão do sinal, um protocolo partilhado, que pode ser designado como “linguagem” de comunicação.

Os protocolos de comunicação mais comuns no PLC são Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Ethernet IP e Profinet, tendo alguns deles sido analisados no Capítulo 2.

3.3 Linguagens de Programação

As linguagens de programação são um conjunto de instruções padronizadas que o sistema computacional é capaz de reconhecer, ou seja, é o método pelo qual o utilizador comunica a informação ao PLC.

Existem várias linguagens de programação para automação industrial, mas o meio industrial conta com a norma IEC 61131-3 que é o primeiro esforço para a padronização de linguagens de programação para automação industrial. Esta norma é independente de qualquer fabricante.

3.3.1 Norma IEC 61131 – 3

A norma IEC 61131-3 é na verdade a terceira parte da norma IEC 61131 que foi estabelecida para especificar um *framework* aberto para a arquitetura dos autômatos. Os componentes da norma IEC 61131 são os seguintes:

- IEC 61131-1: *Overview*;
- IEC 61131-2: *Requirements and Procedures*;
- IEC 61131-3: *Data types and Programming*.
- IEC 61131-4: *User Guidelines*;
- IEC 61131-5: *Communication*;
- IEC 61131-6: *Fuzzy Control*.

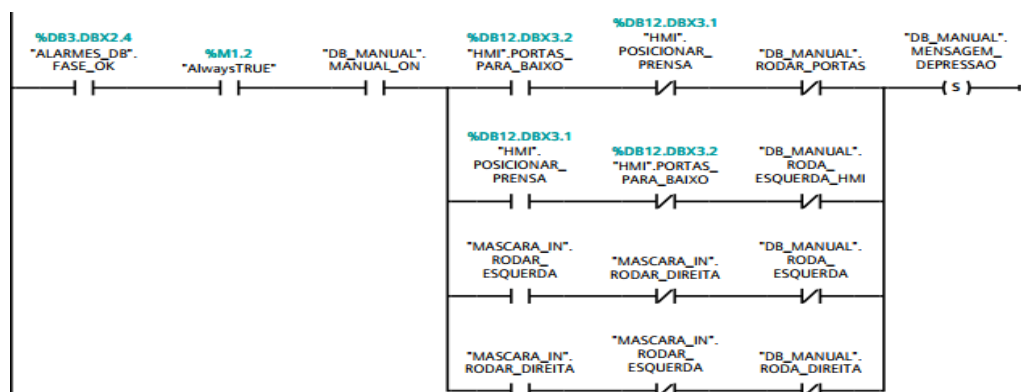
A norma IEC 61131-3 pode ser dividida em elementos comuns e linguagem de programação. Dentro dos elementos comuns são definidos os tipos de dados, apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Tipos de dados definidos pela norma IEC 61131-6

Nome	Tipo	Bits	Intervalo
BOOL	<i>Boolean</i>	1	0 a 1 (False – True)
SINT	<i>short Integer</i>	8	-128 a 127
INT	<i>Integer</i>	16	-32768 a 32767
DINT	<i>double integer</i>	32	-231 a 231-1
LINT	<i>long integer</i>	64	-9.2E-19 a 9.2E19
USINT	<i>unsigned short integer</i>	8	0 a 255
UINT	<i>unsigned integer</i>	16	0 a 65535
UDINT	<i>unsigned double integer</i>	32	0 a 4294967295
ULINT	<i>unsigned long integer</i>	64	0 a 264-1
REAL	<i>Real</i>	32	<i>IEEE-754 format</i>
LREAL	<i>long real</i>	64	<i>IEEE-754 format</i>
TIME	duração de tempo	variável	
DATE	Data	variável	
TIME_OF_DAY, TOD	Hora	variável	
DATE_AND_TIME, DT	data e hora	variável	
STRING	<i>String</i>	variável	
BYTE	8 bits	8	0 a 255
WORD	16 bits	16	0 a 65535
DWORD	32 bits	32	0 a 4294967295
LWORD	64 bits	64	0 a 264-1

São definidas cinco linguagens de programação:

- *Function Block Diagram* (FBD): Uma representação gráfica de fluxo de processo que utiliza interconexão de blocos simples e complexos;
- *Instruction List* (IL): Uma linguagem baseada em texto, de baixo nível, que utiliza mnemónicas;
- *Ladder* (LD): é uma representação gráfica de um processo em passos baseada na representação gráfica da Lógica de Relés e segue os princípios de um circuito elétrico (ver Figura 35).


Figura 35: Linguagem Ladder

- *Sequential Function Charts* (SFC): é o método gráfico de programação (GRAFCET);
- *Structured Text* (ST/SCL): considerada linguagem de alto nível semelhante ao “PASCAL” e “C”. Contém elementos essenciais de uma programação moderna, incluindo condicionais (IF, THEN, ELSE e CASE OF) e iterações (FOR, WHILE e REPEAT) (ver Figura 36).

```

0001 "PROG_ACTUAL_AUTO".NUM_RECEITA := "DB_Programa_EDIT".NUMERO;
0002 "DB_Programa_ATUAL".PROGRAMA := "Programas".Programa["DB_Programa_ATUAL".NUMERO].PROGRAMA;
0003
0004
0005 IF "DB_Programa_EDIT".NUMERO <> "LerGravar".IndiceEscrita OR "HMI_RECEITAS".INDEX <> "LerGravar".IndiceHmi THEN
0006   "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA := "Programas".Programa["DB_Programa_EDIT".NUMERO].PROGRAMA;
0007   "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI1 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX]; // Statement
0008   FOR
0009     "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI2 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 1];
0010     "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI3 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 2];
0011     "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI4 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 3];
0012     "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI5 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 4];
0013     "LerGravar".IndiceEscrita := "DB_Programa_EDIT".NUMERO;
0014     "LerGravar".IndiceHmi := "HMI_RECEITAS".INDEX;
0015 END_IF;

```

Figura 36: Linguagem de texto estruturado

3.4 Ciclo de processamento do PLC

As principais etapas do ciclo de processamento do PLC são:

- Atualização de entradas;
- Processamento de instrução de programa;
- Atualização de saídas.

O PLC efetua a leitura dos dados dos dispositivos através da *interface* de entrada. De seguida executa o programa de controlo armazenado na memória. Por fim, atualiza os dispositivos de saída através da *interface* de saída. O processamento é feito em ciclo fechado (ver Figura 38).

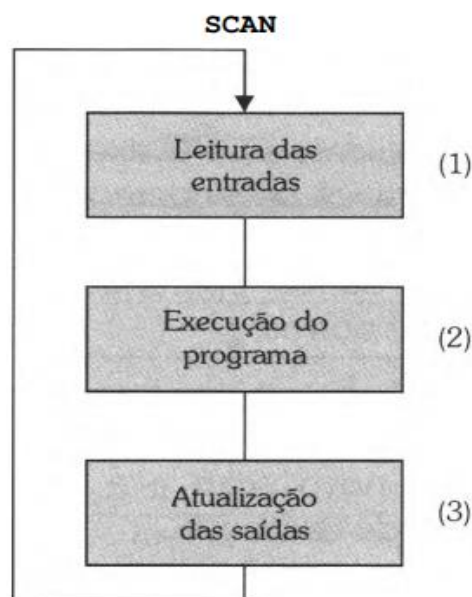


Figura 37: Ciclo de execução do firmware de um PLC típico [4]

O tempo de ciclo (*scan*) de um PLC, com leitura cíclicas, é na ordem dos milissegundos. O *scan* corresponde ao tempo decorrido entre a leitura das entradas e atualização das saídas. O ciclo de varredura é realizado quando o autómato se encontra em modo RUN.

O PLC possui três modos de funcionamentos, indicados no autómato por *leds*:

- RUN: também pode ser designado de ligado, coloca o processador em modo de funcionamento e executa as instruções do programa, não permitindo alterações diretas;
- STOP: não executa as instruções do programa, para o ciclo de varredura do autómato;
- PROGRAM: serve para efetuar o *download* do novo programa para a memória do autómato.

Para além dos modos de funcionamento o PLC possui dois indicadores de estado do *hardware*:

- ERROR: indica algum erro de *hardware*. Em algumas situações é possível que o autómato esteja em modo ERROR, mas também em RUN, dependendo do tipo de erro;
- MAINT: indica que o autómato precisa de alguma manutenção. Nos autómatos da Siemens por exemplo, quando o *led* MAINT pisca, indica que o cartão de memória precisa ser avaliado (ver Figura 38).

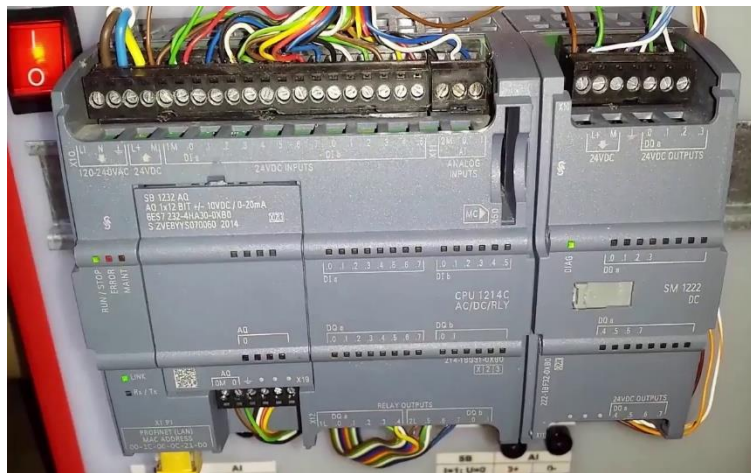


Figura 38: PLC Siemens

CAPÍTULO 4: Caso prático - Prensa Pneumática de vinho

O principal objetivo do projeto foi a elaboração de um programa para a automação de prensas pneumáticas de vinho (Figura 39). O programa foi desenvolvido tendo em consideração a existência de prensas pneumáticas de membrana central ou lateral, componentes elétricos e mecânicos que podem variar de acordo com o tipo de máquina.



Figura 39: Prensa pneumática de camisa central

4.1 Enquadramento: A tradição vinícola e de prensagem

As origens exatas da vinificação são desconhecidas, mas vários arqueólogos acreditam que tenha sido em algum lugar entre os mares Negros e Cáspio há cerca de 4000 anos a.C.

Várias foram as técnicas de vinificação que avançaram com a história, como é o caso do lagar e da prensagem do vinho que são tão antigas como a história do vinho (Figura 40). O primeiro lagar foi provavelmente o pé e as mãos humanas, temos o exemplo da tradição da pisa manual das uvas. A pressão aplicada pelos meios manuais é limitada o que confere ao vinho um conteúdo fenólico baixo que afetam o sabor, a cor e a sensação na boca do vinho.

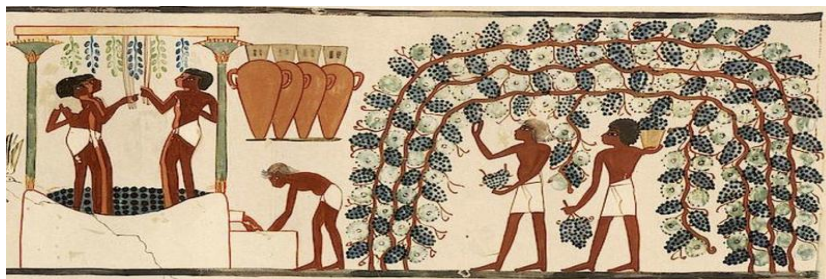


Figura 40: Civilização egípcia e a tradição vinícola [28]

O uso de prensas de vinho é mencionado com frequência em textos bíblicos, essas prensas eram mais elaboradas com lagares de pisa onde as uvas eram pisadas a pés e o sumo escorria para recipientes especiais. Os antigos egípcios utilizavam "prensa de sacos" feita de tecido pendurado em dois suportes que serviam para torcer o pano extraindo o mosto, o saco também agia como filtro (Figura 41).

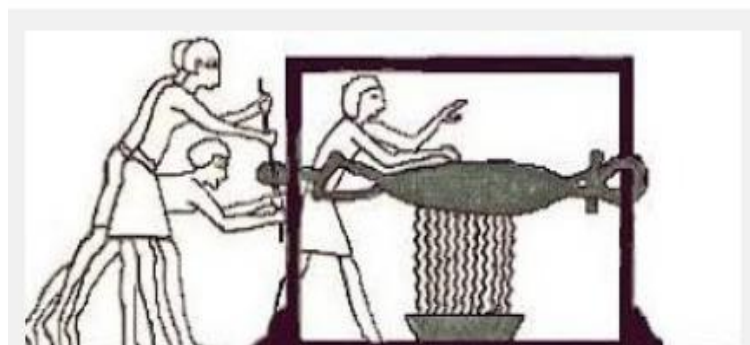


Figura 41: Prensa de saco [18]

4.1.1 Processo de prensagem

O processo de produção de vinho, conta com várias etapas, desde a colheita das uvas designada por vindima até ao engarrafamento.

Este processo pode variar de acordo com o tipo de vinho que se pretende produzir, o exemplo concreto é a etapa de prensagem que para o vinho branco e o rosé acontece após o desengace, retirada do engaço, e para o vinho tinto acontece após a remontagem.

A etapa de prensagem consiste na extração do mosto através da pressão aplicada nos bagos ou massas. Para a realização da prensagem são usadas prensas, que são o ponto de estudo (Figura 42).

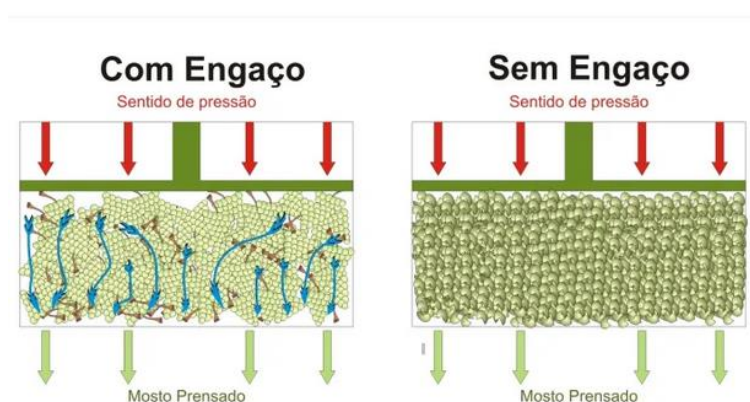


Figura 42: Ilustração do processo de prensagem [16]

Alguns conceitos importantes (Figura 43):

Bago – fruto da videira, vulgarmente conhecido por uva;

Engaço – toda a estrutura herbáceo-lenhosa do cacho que inclui os pedicelos e ráquis;

Massas – mistura de películas e grainhas, no caso da vinificação em tintos;

Mosto ou vinho de prensa – líquido extraído da prensagem de massas ou bagos.

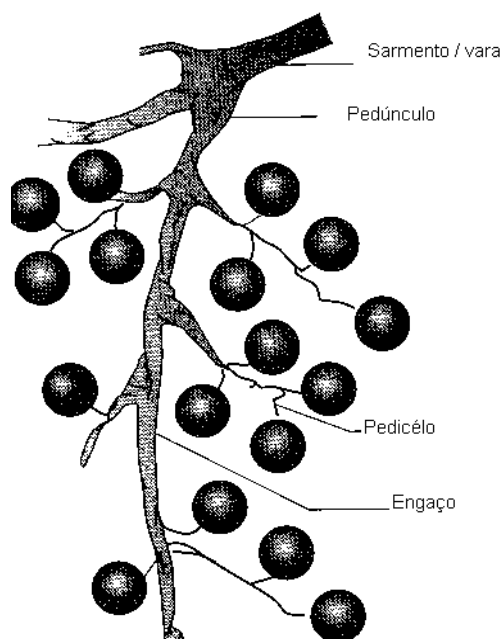


Figura 43: Cacho de uvas

4.1.2 Tipos de prensas

As prensas podem ser classificadas segundo a alimentação das massas e a direção de prensagem.

As prensas contínuas permitem prensagem contínua das massas, ou seja, as massas podem ser carregadas indefinidamente na máquina enquanto são pressionadas contra a parede da prensa para extrair o mosto (Figura 44).

As prensas descontínuas permitem que o carregamento das massas seja feito uma vez, no início do processo (Figura 44).

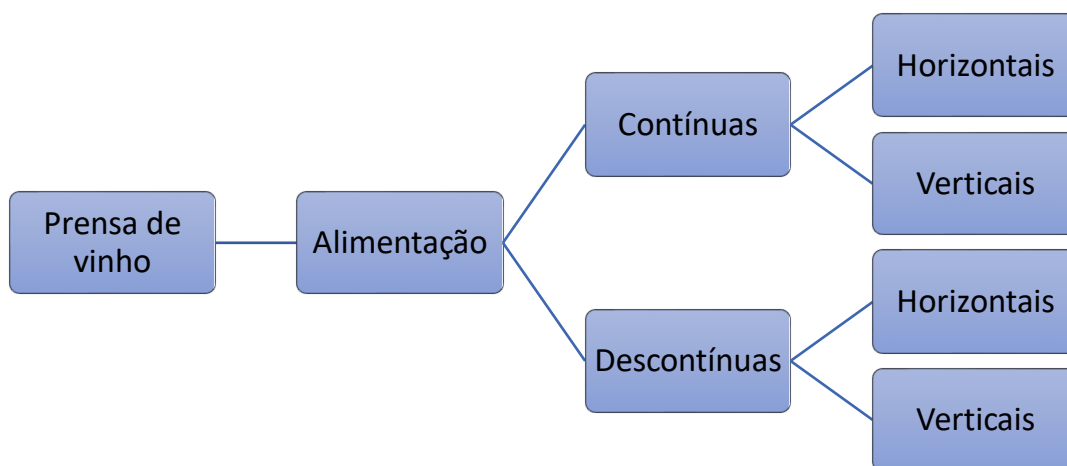


Figura 44: Tipos de prensa

Prensa contínua horizontal de impulsão

A prensa contínua horizontal de impulsão (Figura 45), também designada prensa de rosca ou parafuso contínuo, consiste num parafuso dentro de um tubo oco (referido como parafuso de Arquimedes) que está situado num tambor fechado. A rosca move-se ao longo das massas para que seja extraído o mosto desejado. Este é um exemplo de uma prensa de alimentação contínua, pois as massas podem ser carregadas indefinidamente na máquina enquanto são pressionadas continuamente.

Essas prensas apresentam elevado rendimento de trabalho, pois permitem uma elevada extração do mosto. A extração do mosto a elevada pressão enriquece-o de taninos, compostos presentes na proteína vegetal da casca, sementes e engaços das uvas, que conferem um excesso de aspereza e secura na boca designada por adstringência e amargor.

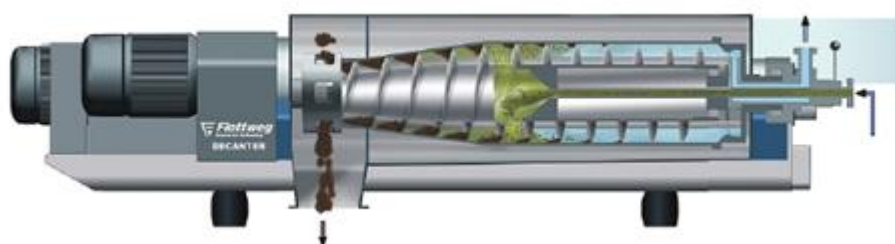


Figura 45: Prensa contínua horizontal

Prensas descontínuas verticais

As prensas descontínuas verticais (Figura 46), conhecidas também como prensas de cesto vertical, são compostas por uma "cesta" de gaiola de aço inoxidável e um prato, para além dos equipamentos elétricos e mecânicos. A cesta é carregada com as massas e, em seguida, a pressão é aplicada de cima para baixo por um prato e um parafuso ou carneiros hidráulicos. À medida que é extraído o mosto, o mesmo escapa pelas laterais da cesta, compostas por pequenos sulcos.



Figura 46: Prensa descontínua vertical [20]

Prensa parafuso horizontal

A prensagem de massas é feita na direção horizontal com a aproximação de um ou dois pratos que rodam a partir de uma rosca. A prensagem é feita em vários ciclos, o primeiro mosto possui maior qualidade.

Uma das grandes desvantagens desta prensa é o contacto de massas com o parafuso central o que pode levar à contaminação do mosto. A vantagem da prensa de rosca horizontal sobre a prensa de cesto vertical é que geralmente pode lidar com volumes maiores (Figura 47).

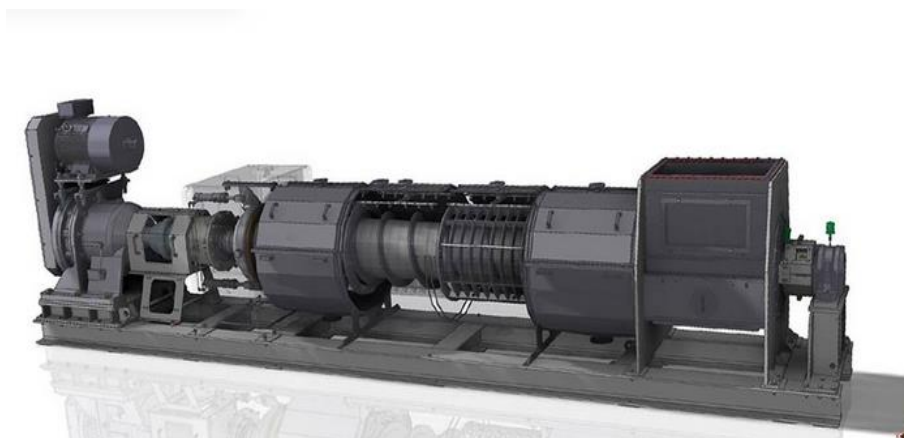


Figura 47: Prensa parafuso horizontal [24]

Prensas descontínuas horizontais pneumáticas

As prensas descontínuas horizontais pneumáticas (Figura 48), ou simplesmente prensa pneumática, são consideradas uma melhoria das prensas descontínuas verticais. Estas são as prensas mais populares na indústria vinícola, pois permitem a utilização de baixas pressões, o que possibilita uma eficiente prensagem e mosto de elevada qualidade.

A sua arquitetura é composta por um tambor horizontal, uma membrana no interior do tambor e cavidades de drenagem. As massas são colocadas dentro do tambor e, conforme gira o seu eixo, a membrana é expandida, com auxílio do ar comprimido, prensando as massas nas paredes do tambor, que possui pequenas cavidades de drenagem por onde sai o mosto. O mosto é recolhido por uma bandeja colocada em baixo da prensa, os sólidos e bagaços ficam retidos no tambor.

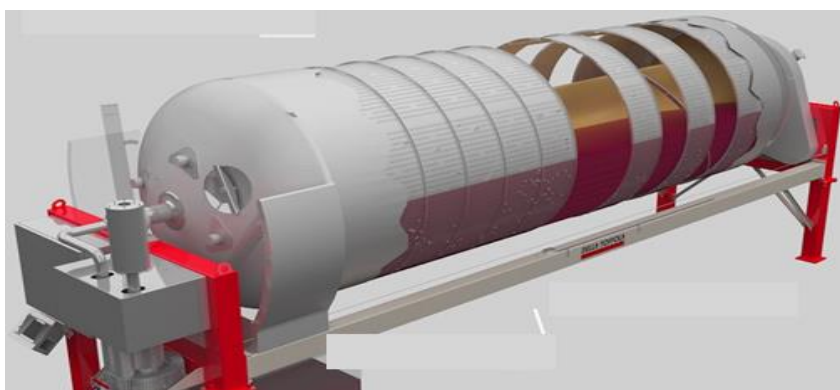


Figura 48: Prensa pneumática [25]

Existem três tipos de configuração de montagem da membrana (Figura 49):

- **montagem lateral da membrana oposta aos canais de drenagem**, ou seja, metade do tambor é perfurado, a outra metade é coberta por uma membrana impermeável;
- **montagem central da membrana ao longo do eixo do tambor**, o tambor é perfurado na sua totalidade;
- **montagem lateral de duas membranas impermeáveis** com as cavidades de drenagem no centro do tambor.

Para além de possibilitarem uma eficiente prensagem:

- as prensas pneumáticas possuem maior capacidade de enchimento que as outras prensas o que as torna ideais para cargas mais elevadas;
- permitem rotação intermitente da prensa durante o enchimento, resultando numa drenagem muito eficiente, devido ao escoamento livre do mosto antes mesmo de se começar a prensar.

É importante referir que rendimentos mais altos devido à maior capacidade de enchimento significam, existência de mais sólidos e maior dificuldade de prensagem.

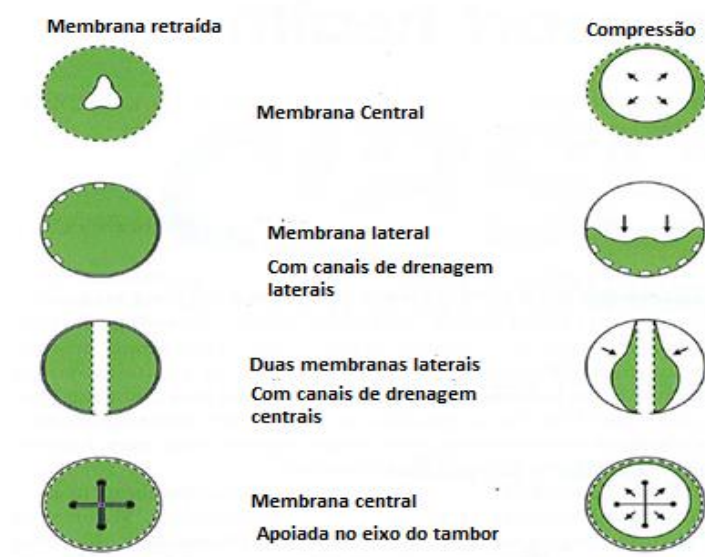


Figura 49:Tipos de configuração de montagem da membrana adaptado de [21]

4.2 Adição de componentes

Qualquer *retrofit* conta com a implementação de melhorias na máquina ou sistema, seja por substituição e/ou adição de dispositivos. Neste caso a estrutura mecânica foi deixada intacta pois encontrava-se em ótimo estado, mas o quadro elétrico foi remodelado.

Foi adicionado ao quadro um PLC S7-1200 modelo CPU 1214 C DC/DC/DC, da Siemens (Figura 50), com 14 entradas 24 Vcc, 10 saídas digitais 24 Vcc e 2 entradas analógicas de 0 a 10 Vcc. O autômato possui comunicação por PROFINET.



Figura 50: PLC Siemens 1214C DC/DC/DC

A seleção do autômato é feita tendo em conta a quantidade de entradas e saídas (E/S) digitais e analógicas necessárias para o controlo da máquina e/ou processo. Neste caso a máquina (ver Figura 51) é composta por:

- um motor: responsável pela rotação do tambor, para a homogeneização da carga, e posicionamento da máquina, para a prensagem das massas;
- um compressor: injeta ar na membrana, fazendo a prensagem das massas contra a parede do tambor;
- um ventilador: retira o ar da membrana;
- uma electroválvula de escape: ajuda a retirar o ar da membrana de forma mais rápida;
- uma electroválvula conectada ao ventilador: controla a sucção do ar da membrana;
- uma electroválvula conectada ao compressor: controla a injeção de ar na membrana;
- dois fins de curso: controlam a abertura e fecho das portas laterais;
- um pressostato: mede a pressão no interior da membrana.

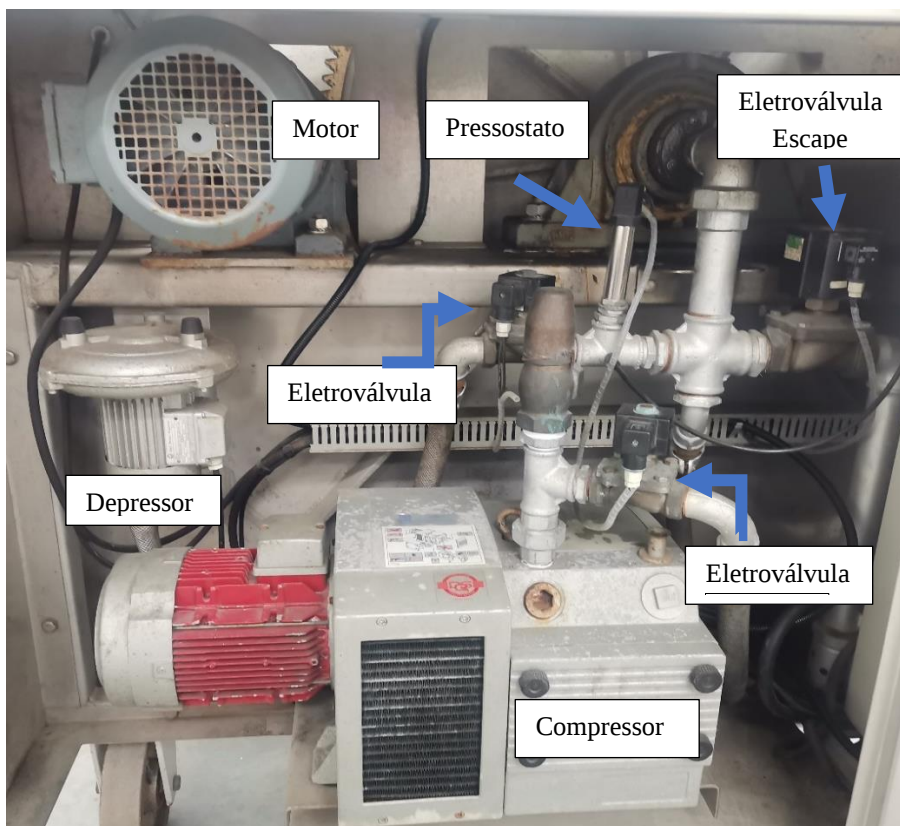


Figura 51: Componentes da prensa pneumática

O sinal de transmissão do pressostato é convertido numa escala de 4 a 20 mA, mas as entradas analógicas disponíveis no PLC são de 0 a 10 Vcc o que gera uma incompatibilidade que tem efeito direto na leitura dos valores medidos pelo pressostato. Portanto, foi adicionada uma carta analógica (ver Figura 52) ao PLC, com uma entrada analógica de ± 10 Vcc com resolução de 12 bits ou de 0 a 20 mA.



Figura 52: Carta analógica

Foram adicionados dois sensores indutivos para a detecção da posição das portas, para cima ou para baixo, do tambor. Os sensores são PNP, possuem alcance de 8 mm e são normalmente abertos (Figura 53).



Figura 53: Sensor indutivo M18 x1/ L=60 mm

Foi necessária uma fonte de alimentação CC para o autômato, sensores, HMI e pressostato. A seleção da fonte de alimentação é feita com base na quantidade de corrente necessária para alimentar os componentes CC, cujo cálculo da corrente necessária foi feito considerando a potência de consumo dos mesmos. A fonte de alimentação selecionado foi a Weidmüller com uma tensão de 24 Vcc e corrente de 1.1 A (Figura 54).



Figura 54: Fonte de alimentação

Como foi referido no Capítulo 3 as saídas digitais podem ser por relés ou transístores, neste caso o autômato 1214 DC/DC/DC possui saídas digitais por transístores o que significa que só podem atuar cargas contínuas. Existem componentes CA na máquina e também é necessário proteger as saídas do autômato, por isso foram selecionados relés 24 Vcc para fazer a interligação entre as saídas digitais e os componentes (Figura 55).



Figura 55: Relé 24 VCC

Outro componente adicionado foi o relé trifásico para deteção de sequência de fase incorreta, perda de fase total ou parcial do motor de rotação. O relé de sequência de fase possui tensões de entrada de 177 a 550 Vca e tensão de saída de 24 Vcc (Figura 56).



Figura 56: Relé de deteção de sequência de fase

Por fim, foi adicionada uma HMI da Siemens modelo KT700 Basic PN (ver Figura 57). Essa consola possui sete polegadas, necessita de uma fonte de alimentação de 24 VCC e o sistema SCADA utilizado é o SIMATIC WINCC da Siemens. A consola possui comunicação por PROFINET.



Figura 57: HMI SIMATIC KT700 Basic

Feita a seleção dos componentes e identificação dos que já existiam, o próximo passo foi a realização do esquema elétrico. A parte de potência foi deixada intacta, as alterações foram feitas ao nível de controlo. O *software* utilizado para desenvolver o esquema elétrico foi o CADSIMU (Figura 58).

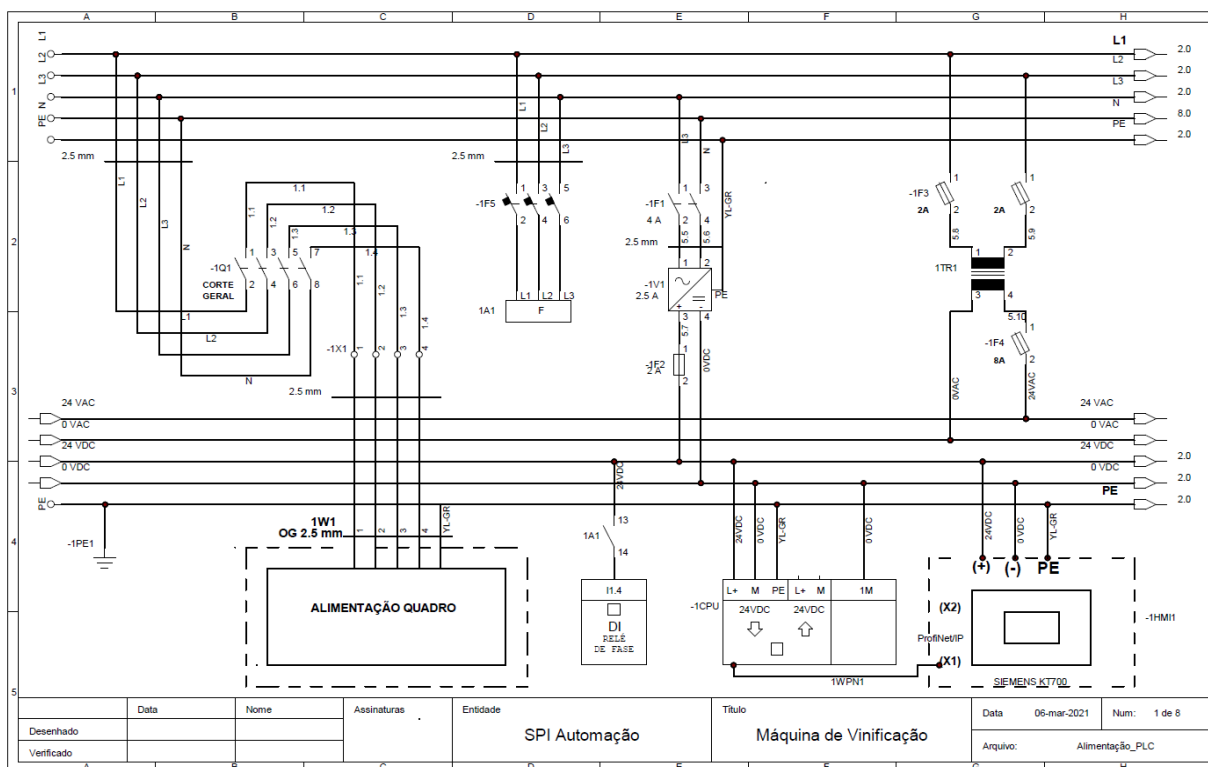


Figura 58: Esquema elétrico com interligação de alguns componentes

Foram necessárias todas as entradas do PLC (ver Tabela 9), no total catorze, e nove saídas do PLC (ver Tabela 10).

Tabela 9 : Entradas do PLC

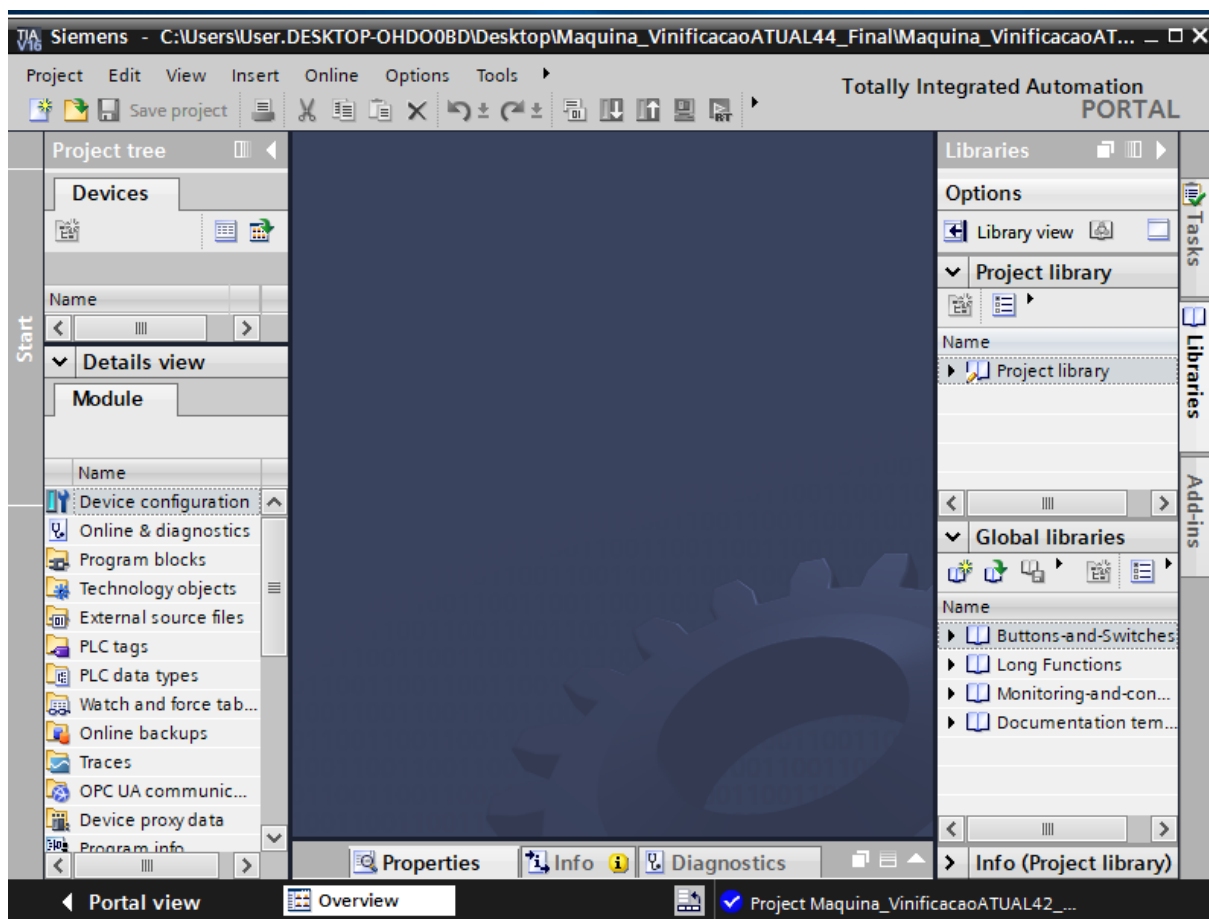
Entradas		Função
I0.0	Segurança <i>ok</i>	Indica que o circuito de segurança está funcional
I0.1	Compressor <i>ok</i>	<i>Feedback</i> do contator do compressor
I0.2	Portas para cima	Portas do tambor voltadas para cima
I0.3	Depressor <i>ok</i>	<i>Feedback</i> do contator do ventilador
I0.4	Rodar Esquerda	O tambor deve rodar para esquerda
I0.5	Rodar Direita	O tambor deve rodar para direita
I0.6	Seletor Pressão	Eletroválvula do compressor aberta
I0.7	Seletor Depressão	Eletroválvula do ventilador aberta
I1.0	Seletor Escape	Retirar ar da membrana com a válvula de escape
I1.1	Automático	Selecionar o modo automático
I1.2	Semiautomático	Selecionar o modo semiautomático
I1.3	Início	Botão de início de ciclo pressionado
I1.4	Relé de fase	Relé de sequência de fase <i>ok</i>
I1.5	Portas para baixo	Portas do tambor voltadas para baixo

Tabela 10: Saídas do autómato

Saídas		Função
Q0.0	Ligar compressor	Liga o compressor
Q0.1	Rodar direita	Roda o tambor para direita
Q0.2	Rodar esquerda	Roda o tambor para esquerda
Q0.3	Ligar ventilador	Liga o ventilador
Q0.4	Em ciclo (<i>led</i>)	Liga o <i>led</i> de início de ciclo automático da máquina
Q0.5	Eletroválvula compressor	Abre a eletroválvula do compressor
Q0.6	Eletroválvula depressor	Abre a eletroválvula do depressor
Q0.7	Eletroválvula escape	Abre a eletroválvula de escape
Q1.0	Autómato <i>on</i>	Indica que o autómato está ligado
Q1.1	Reserva	

4.3 Software de configuração

O *software* utilizado para a programação do PLC e da HMI foi o TIA PORTAL V16 (ver Figura 59) da Siemens.


Figura 59: Ambiente de trabalho do TIA PORTAL V16

No *software* TIA PORTAL é possível:

- inserir as configurações de *hardware* do PLC e da HMI através da indicação do modelo dos componentes;
- programar em Ladder, STL, SCL ou FDB;
- configurar a HMI com base no *software* SIMATIC WINCC que se encontra integrado no TIA PORTAL;
- configurar a comunicação entre os PLCs e HMIs na rede.

Para definir as configurações de *hardware* do PLC, cartas e HMI, o TIA PORTAL possui a opção “*hardware catalog*” (ver Figura 60), onde o programador pode seleccionar a referência do PLC, cartas e HMI que serão utilizados.

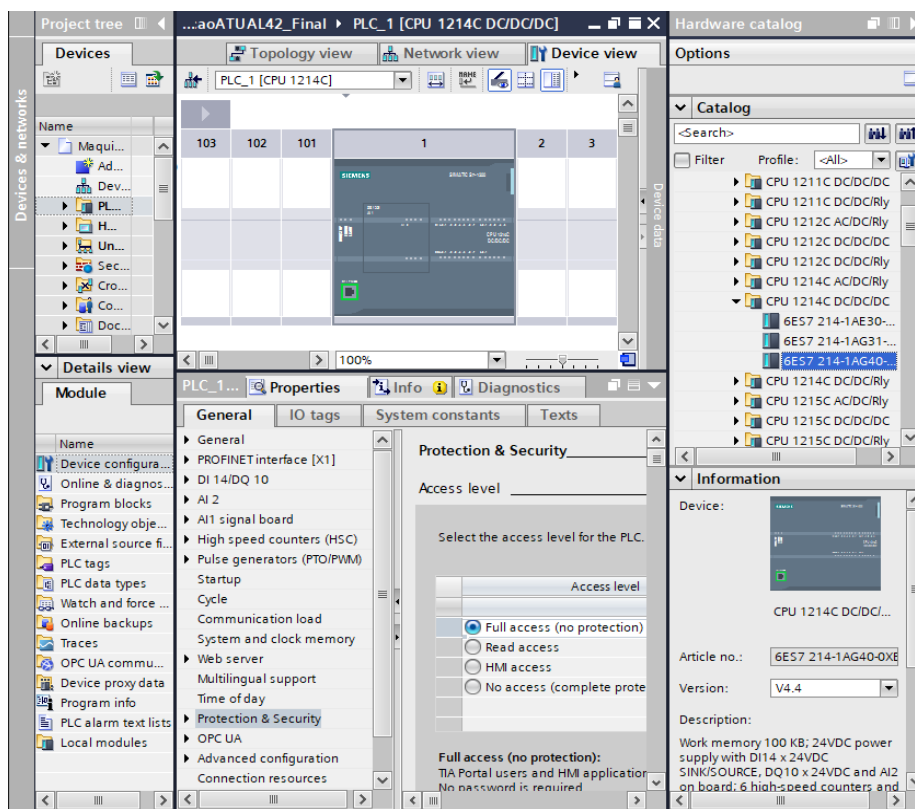


Figura 60: Configurações do PLC no TIA PORTAL

Concluída a adição do PLC fica visível o ambiente de trabalho do PLC (ver Figura 61), onde são adicionados os blocos de dados e de programação, as configurações do PLC, e efetuada a possível monitorização do estado das entradas, saídas e comunicações caso o PLC esteja em modo *online*.

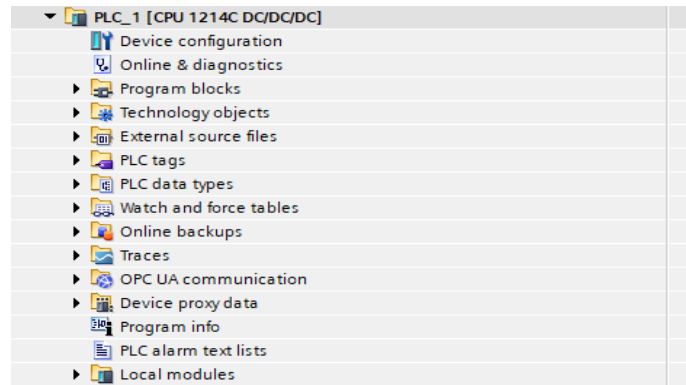


Figura 61: Ambiente de trabalho do PLC no TIA PORTAL

A área de trabalho da HMI (ver Figura 62) conta com pastas onde são feitas as configurações das páginas da consola, alarmes, receitas, tabela de dados com as variáveis da HMI e as variáveis partilhadas com o PLC. O modo *online* na HMI serve simplesmente para visualizar as configurações de *hardware* da HMI e as configurações inerentes à comunicação estabelecida por PROFINET.

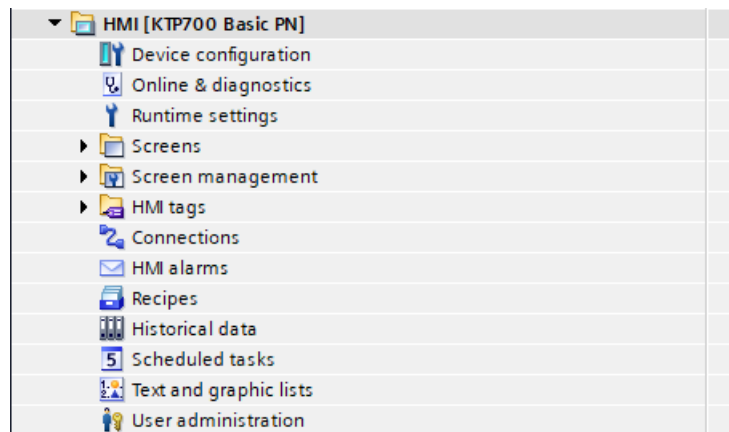


Figura 62: Ambiente de trabalho da HMI no TIA PORTAL

Feita a inserção dos componentes é necessário estabelecer a comunicação entre eles, neste caso o protocolo de comunicação existente nos dois componentes é o PROFINET. Basta fazer a ligação física e virtual (ver Figura 63) dos componentes, sem esquecer que os IPs devem estar na mesma gama.

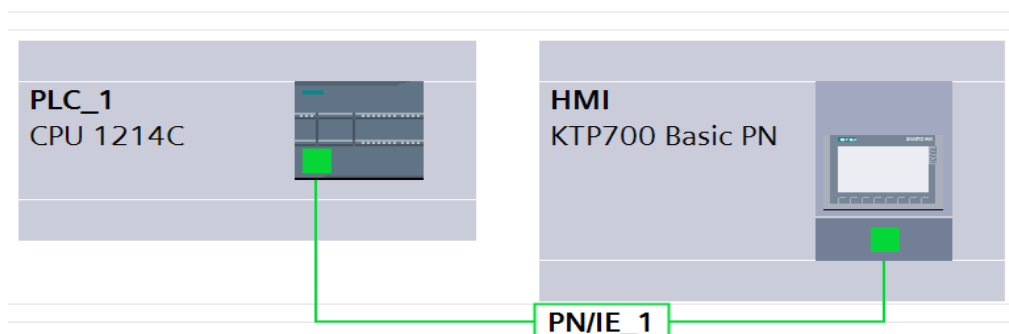


Figura 63: Ligação entre o PLC e a HMI no TIA PORTAL

Foram definidos os IPs do PLC e da HMI, na mesma gama (ver Tabela 11).

Tabela 11: Atribuição de IPs

PLC	HMI
192.168.100.1	192.168.100.2

4.4 Programação

O programa foi idealizado para facilitar a interação entre a máquina e o operador, através da estruturação de um programa que permite o funcionamento da máquina em modo automático, semiautomático e manual. O programa foi desenvolvido em linguagem Ladder e SCL.

4.4.1 Modo Manual

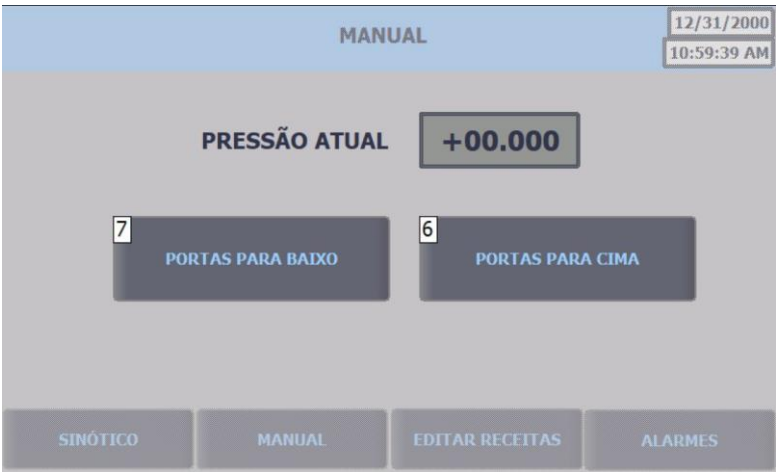


Figura 64: Página do modo manual na HMI

Na página do modo manual (Figura 64), o utilizador pode visualizar a pressão atual no interior da membrana e pressionando os botões “Portas para baixo” ou “Portas para cima”, colocar as portas na posição de descarga ou na posição de carga. Os botões só funcionam quando a prensa está em modo manual.

Para além dos botões da HMI, o modo manual é controlado pelos botões e seletores disponíveis na máquina (Figura 65).



Figura 65: Painel de seletores e botões da prensa

Para pressurizar a membrana (injetar ar na membrana), em modo manual, a máquina deve estar em posição inicial, com as portas para cima. O utilizador deve seleccionar a posição de pressão (“Pre”), que abre a electroválvula do compressor. Para ligar o compressor e injetar o ar na membrana é necessário pressionar o botão “Início”, sem largar, até ao valor da pressão desejada. Ao largar o botão “Início” a pressurização da membrana é interrompida.

Para despressurizar a membrana (retirar o ar da membrana), em modo manual, o utilizador deve seleccionar a posição de depressão (“Dep”), que abre a electroválvula do ventilador. Para ligar o ventilador e retirar o ar da membrana é necessário pressionar o botão “Início”, sem largar, até ao valor da pressão desejada. Ao largar o botão “Início”, a despressurização da membrana é interrompida.

O tambor só roda, em modo manual, se a membrana estiver despressurizada. Para rodar o tambor basta seleccionar o sentido de rotação do tambor, esquerda (“←”) ou direita (“→”). Se a membrana não estiver despressurizada, ao seleccionar o sentido de rotação do tambor é feita automaticamente a despressurização da membrana. Aparecendo a mensagem apresentada na Figura 66. Quando a despressurização da membrana termina, a mensagem é eliminada e o tambor roda.

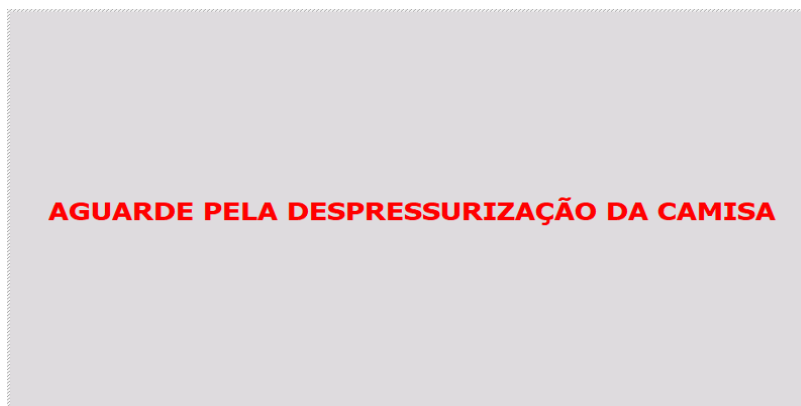


Figura 66: Mensagem de despressurização da camisa

No painel de botões da máquina (ver Figura 65) é possível visualizar o botão “Emergência” que serve para cortar a alimentação do circuito de segurança com objetivo de parar a máquina em caso de emergência. Quando a alimentação é cortada, o sinal de *feedback* de segurança deixa de existir na entrada I0.0 do PLC, fazendo disparar o alarme “Segurança NOK” que desativa todas saídas do PLC parando a máquina. O mesmo sinal de *feedback* de segurança deixa de existir quando as portas laterais estão abertas, pois os fins de curso não ficam acionados (ver Figura 67).



Figura 67: Fim de curso esquerdo atuado

Também é possível visualizar o botão “Rearme”, que serve para rearmar a máquina depois que todos os elementos que contribuem para a alimentação do circuito de segurança estarem em posição (ver Figura 68).

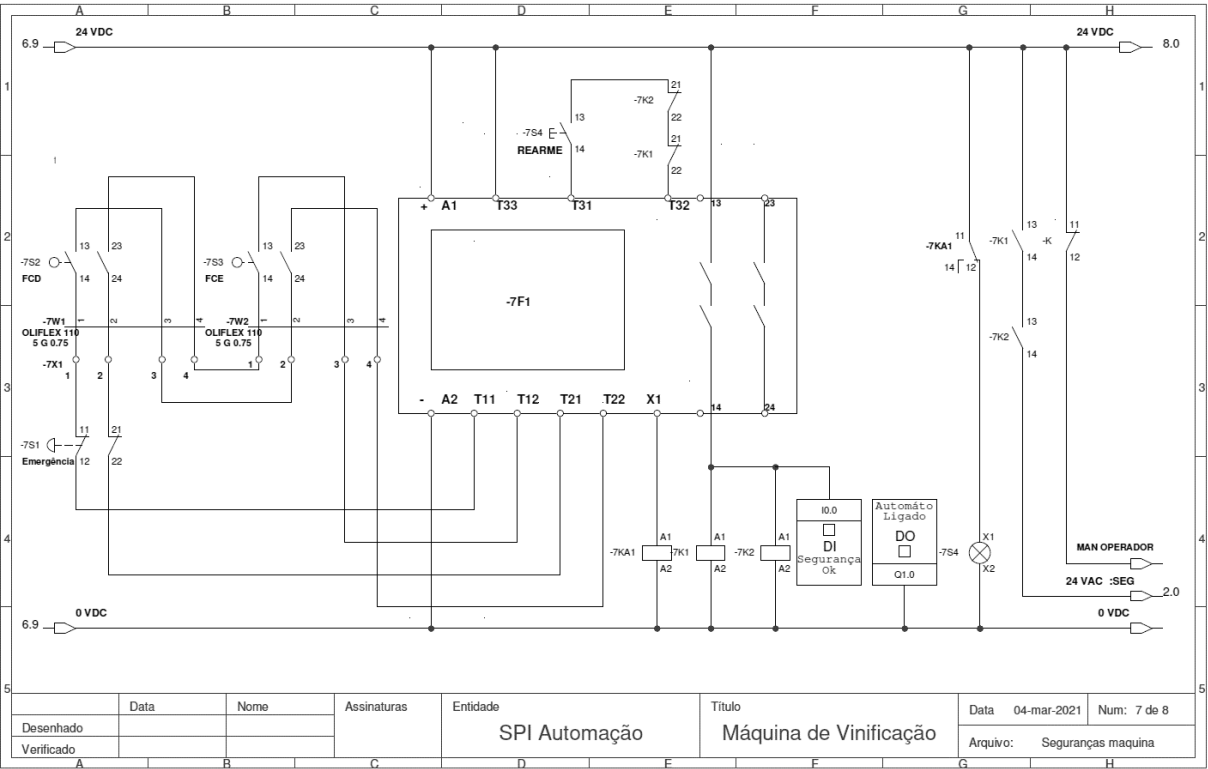


Figura 68: Esquema elétrico com segurança da máquina

Tanto o botão de “Rearme” como o de “Emergência” podem ser pressionados em qualquer modo de funcionamento da máquina.

4.4.2 Modo Automático: Ciclo Automático

O ciclo automático pode ser dividido em quatro fases:

- **Início do ciclo:** onde são verificadas as condições iniciais do ciclo como membrana despressurizada, portas para cima e voltas iniciais;
- **Etapa de pressurização** (Etapa pressão): ocorre com a injeção de ar na membrana e tempo de prensagem;
- **Etapa de despressurização** (Etapa depressão): ocorre com a retirada de ar na membrana e com rotação do tambor de acordo com o número de voltas do ciclo;
- **Fim do ciclo:** o tambor roda de acordo com o número de voltas finais e para com as portas voltadas para baixo.

Para ativar o modo automático, o utilizador deve colocar o seletor na posição de automático (Auto). De seguida fica visível no ecrã o *led* que indica a ativação do modo automático (Figura 69).



Figura 69: Modo automático HMI

O início do ciclo automático é feito ao pressionar o botão “Início”. De seguida aparece a mensagem da Figura 70, o utilizador deve confirmar se tem as portas fechadas e pressionar o botão “Continuar” na consola.

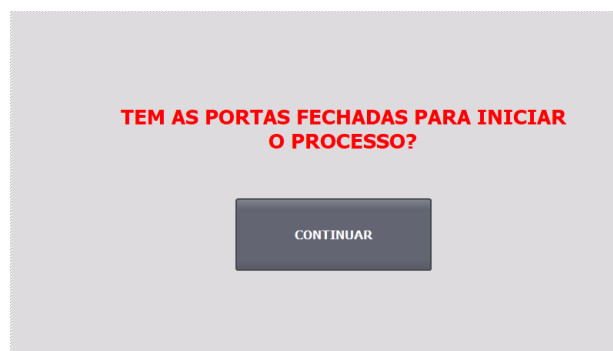


Figura 70: Mensagem de portas HMI

Caso não seja possível aceder ao ecrã da consola, o utilizador pode confirmar que as portas estão fechadas ao pressionar o botão “Início” durante 10 segundos.

A Figura 71 apresenta o fluxograma do modo automático.

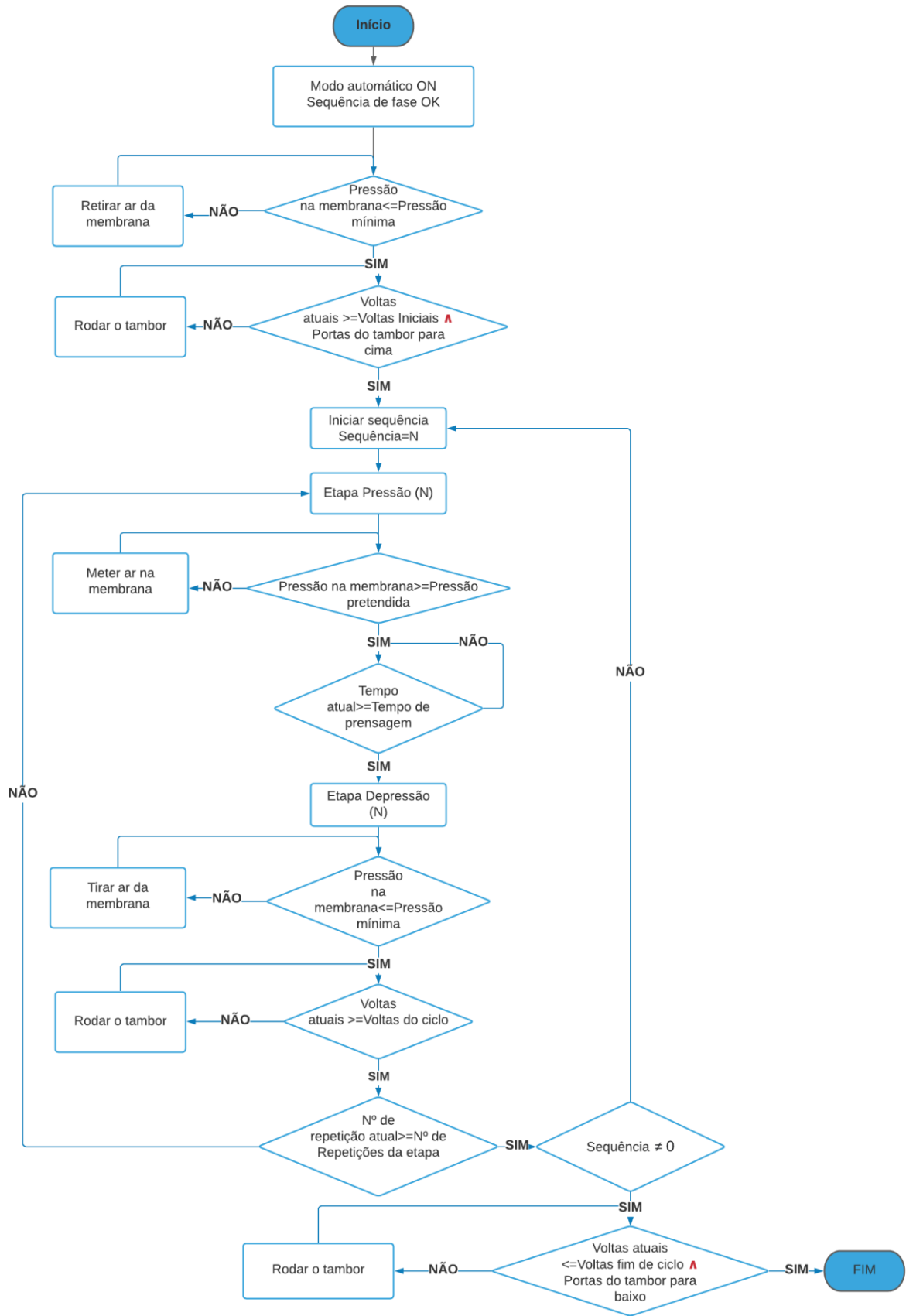


Figura 71: Fluxograma do ciclo automático

Receitas

As receitas neste programa têm um papel crucial, são na verdade uma forma de organizar e armazenar os valores considerados centrais no ciclo de prensagem: a pressão pretendida em cada etapa do processo, o tempo de prensagem, o número de voltas para a homogeneização da carga e o número de repetições da etapa atual.

O programa das receitas foi desenvolvido em linguagem SCL (ver Figura 36), pois foi necessário recorrer ao endereçamento indireto que não pode ser feito em linguagem *Ladder*. O endereçamento indireto permite, através de um ponteiro, o acesso a zonas de memória sem ter que as chamar diretamente (ver Figura 72).

```

1  "PROG_ACTUAL_AUTO".NUM_RECEITA := "DB_Programa_EDIT".NUMERO;
2  "DB_Programa_ATUAL".PROGRAMA := "Programas".Programa["DB_Programa_ATUAL".NUMERO].PROGRAMA;
3
4  IF "DB_Programa_EDIT".NUMERO <> "LerGravar".IndiceEscrita OR "HMI_RECEITAS".INDEX <> "LerGravar".IndiceHmi THEN
5      "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA := "Programas".Programa["DB_Programa_EDIT".NUMERO].PROGRAMA;
6      "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI1 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX];
7      "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI2 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 1];
8      "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI3 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 2];
9      "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI4 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 3];
10     "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI5 := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 4];
11     "LerGravar".IndiceEscrita := "DB_Programa_EDIT".NUMERO;
12     "LerGravar".IndiceHmi := "HMI_RECEITAS".INDEX;
13 END_IF;
14
15 "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX] := "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI1;
16 "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 1] := "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI2;
17 "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 2] := "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI3;
18 "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 3] := "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI4;
19 "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA["HMI_RECEITAS".INDEX + 4] := "VISUALIZAR_DADOS_HMI".VISUALIZAR_PROG_HMI5;
20
21 "Programas".Programa["DB_Programa_EDIT".NUMERO].PROGRAMA := "DB_Programa_EDIT".PROGRAMA;
22
    
```

Figura 72: Endereçamento indireto em SCL

Com o programa desenvolvido o utilizador tem a possibilidade de ler, escrever e gravar uma receita. Na Figura 73 é possível ver a página configurada para as receitas na HMI.

The screenshot shows the 'RECEITAS' (Recipes) screen on an HMI. At the top right, there is a date '12/31/2000' and a time '10:59:39 AM'. The main area contains a table with columns: ETAPA, PRESSAO, TEMPO, VOLTAS, and REPETIÇÕES. The table lists 25 steps, each with a step number (6 to 25) and corresponding values for pressure, time, turns, and repetitions. To the right of the table is a 'RECEITA ATUAL' (Current Recipe) section with three input fields labeled 36, 34, and 35. At the bottom, there are four buttons: SINÓTICO, MANUAL, EDITAR RECEITAS, and ALARMES.

ETAPA	PRESSAO	TEMPO	VOLTAS	REPETIÇÕES
6	00	1.000	12.000	7.000
7	00	1.000	12.000	7.000
8	00	1.000	12.000	7.000
9	00	1.000	12.000	7.000
10	00	1.000	12.000	7.000
11	00	1.000	12.000	7.000
12	00	1.000	12.000	7.000
13	00	1.000	12.000	7.000
14	00	1.000	12.000	7.000
15	00	1.000	12.000	7.000
16	00	1.000	12.000	7.000
17	00	1.000	12.000	7.000
18	00	1.000	12.000	7.000
19	00	1.000	12.000	7.000
20	00	1.000	12.000	7.000
21	00	1.000	12.000	7.000
22	00	1.000	12.000	7.000
23	00	1.000	12.000	7.000
24	00	1.000	12.000	7.000
25	00	1.000	12.000	7.000

RECEITA ATUAL

36 34 35

SINÓTICO MANUAL EDITAR RECEITAS ALARMES

Figura 73: Página de receitas HMI

O campo 36 serve para inserir o número da receita que o utilizador deseja chamar (ler). O utilizador também pode chegar ao número da receita desejada pressionando os botões 34 e 35, que adicionam e subtraem uma unidade ao valor do campo 36.

Os campos 6 a 29 são reservados a edição (escrita) e visualização (leitura) dos valores da receita. A partir do momento que a receita é chamada, os valores guardados na zona de memória referentes a cada campo ficam visíveis. Qualquer alteração de valores, feita pelo utilizador, fica guardada (gravada) automaticamente nas zonas de memória de cada campo.

As etapas referem-se às fases do ciclo automático de cada receita, cada etapa possui uma pressão pretendida, um tempo de prensagem, número de voltas do tambor e o número de repetições da etapa em questão. As setas 22 e 24 auxiliam o utilizador na navegação das etapas.

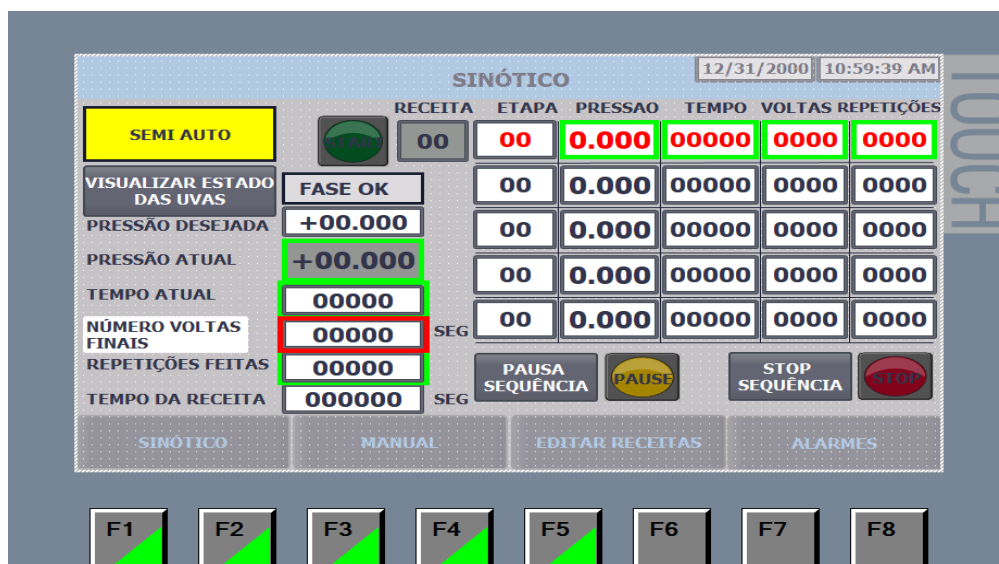


Figura 74: Página principal da HMI

Na página principal da HMI (Figura 74) é possível visualizar o estado do sistema durante o ciclo automático e semiautomático. Os botões disponíveis, conforme apresentados são os seguintes:

- **Sinótico:** direciona o utilizador para a página do sinótico, apresentada na Figura 74;
- **Manual:** direciona o utilizador para a página de comandos manuais, apresentada na Figura 64;
- **Editar Receitas:** direciona o utilizador para a página de edição de receitas, apresentada na Figura 73;
- **Alarmes:** direciona o utilizador para a página de alarmes, apresentada na Figura 83;
- **Pausa Sequência:** para o ciclo automático;
- **Stop Sequência:** encerra o ciclo automático, faz despressurização da membrana e coloca a prensa na posição inicial (portas para cima).

Os botões “Sinótico”, “Manual”, “Editar Receitas” e “Alarmes” estão presentes em todas as páginas da HMI.

Para além dos botões, é possível visualizar:

- **Pressão desejada:** indica o valor da pressão que deve ser atingida na etapa atual durante a prensagem;
- **Pressão atual:** valor de pressão indicada pelo aparelho de medição;
- **Tempo atual:** contagem do tempo de prensagem;
- **Número de voltas:** representa o número de voltas feitas;
- **Tempo da receita:** representa o tempo total da receita, ou seja, a soma de todos os tempos de prensagem de cada etapa da receita;
- **Visor de indicação do estado de sequência de fase:** geralmente apresenta a mensagem “Fase Ok”, indica que a sequência de fase está correta. Caso não apareça a mensagem, a sequência de fase não está correta e a máquina fica parada até à correção.

A página também é composta por 4 *leds*:

- **Pausa:** indica a paragem do ciclo automático;
- **Start:** indica o início do ciclo automático ou semiautomático ou semiautomático;
- **Stop:** indica que o ciclo automático ou semiautomático foi encerrado;
- **Automático/Manual/Semiautomático:** indica o modo atual de funcionamento da máquina.

Na página do sinótico é possível visualizar cinco etapas seguidas da receita, as respetivas pressões de prensagem, os tempos de prensagem, voltas e repetições da etapa. A etapa em execução é representada pela cor verde.

Botão stop sequência e pausa sequência

Esses dois botões que estão visíveis na página do sinótico são úteis durante o modo automático ou semiautomático. Têm a função de parar ou encerrar a execução do ciclo.



Figura 75: Botão pausa sequência e stop sequência

Quando o utilizador pressiona no botão “Pausa Sequência”, o ciclo para e o botão “Visualizar estados das uvas” fica visível. Ao pressionar novamente o botão “Pausa Sequência”, o ciclo continua.

Quando o operador pressiona no botão “Stop Sequência”, aparece a mensagem apresentada na Figura 76.

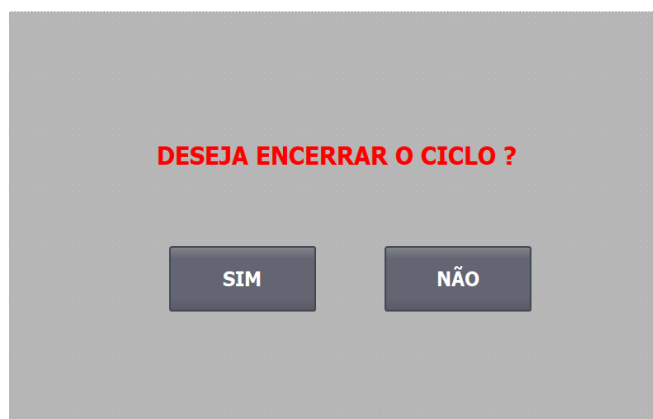


Figura 76: Stop sequência

Para encerrar o ciclo o utilizador deve pressionar no botão “Sim”. Ao pressionar no botão “Sim” o ciclo é encerrado, a máquina faz a despressurização da camisa e coloca o tambor com as portas voltadas para cima. Se o utilizador pressionar o botão “Não”, a execução do ciclo continua e fica visível a página do sinótico.

Visualizar Estado Das Uvas

Quando o utilizador pressiona no botão “Pausa Sequência”, o ciclo para e o botão “Visualizar estados das uvas” fica visível. Ao pressionar o botão “Visualizar Estado Das Uvas”, a máquina faz a despressurização da membrana e coloca o tambor em posição de carga para que o utilizador possa visualizar o estado das uvas. Para retomar o ciclo, basta pressionar o botão “Pausa sequência” novamente (ver o fluxograma na Figura 77).

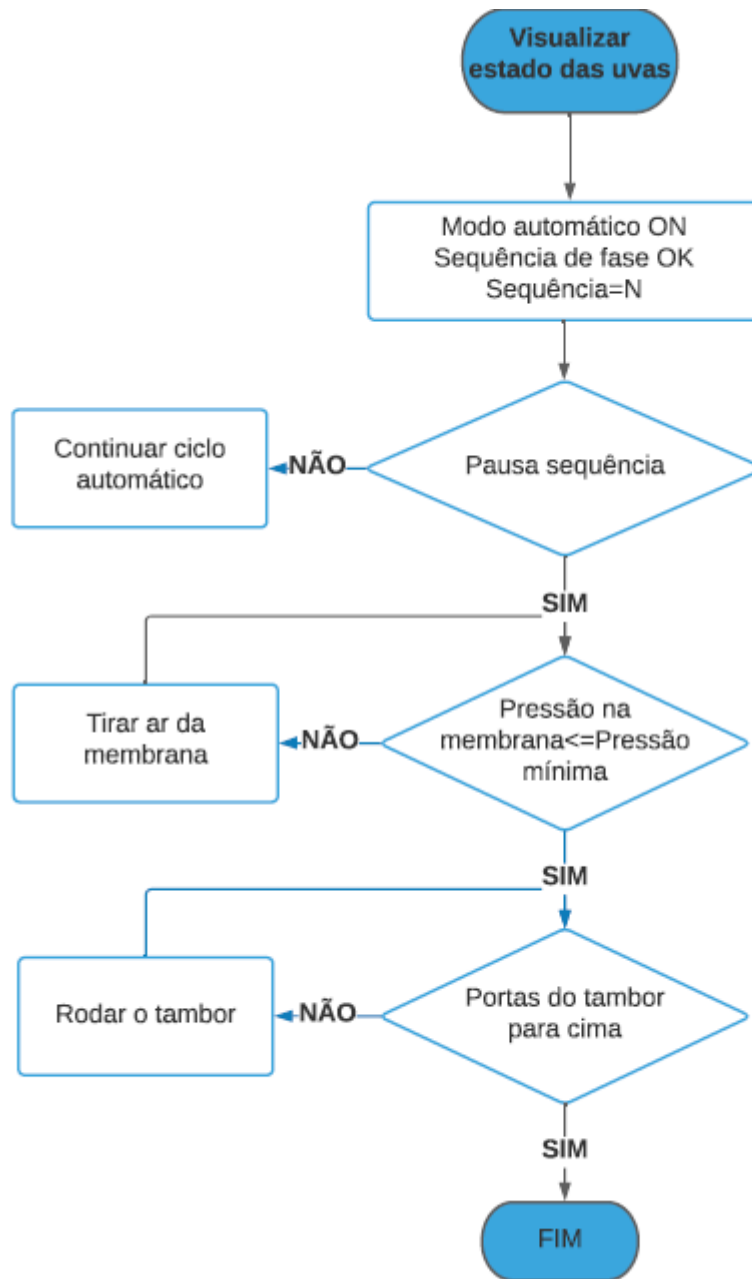


Figura 77: Fluxograma do visualizar estado de uvas

4.4.3 Ciclo Semiautomático

O ciclo semiautomático difere do automático apenas em um aspecto: o avanço de fase no ciclo deve ser feito com a confirmação do utilizador, ou seja, o ciclo não corre de forma contínua. Por exemplo, no fim da etapa de pressurização o ciclo para e só continua quando o utilizador pressiona o botão “Próximo Passo”, disponível na consola, ou botão “Início” durante dois segundos.

O modo semiautomático fica ativo, quando o seletor da máquina está na posição de semiautomático (“Semi”). Para dar início ao ciclo, o utilizador deve pressionar o botão “Início”. De seguida aparecerá a mensagem da Figura 78, o utilizador deve confirmar se tem as portas fechadas e pressionar no botão “Continuar” da consola.

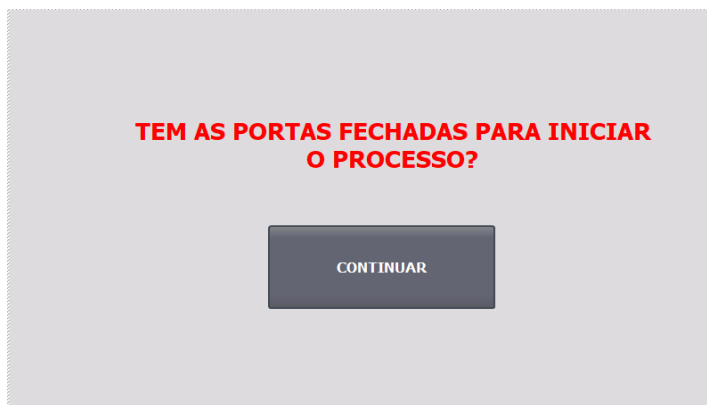


Figura 78: Mensagem portas fechadas

Caso não seja possível aceder ao ecrã da consola, o utilizador pode confirmar que as portas estão fechadas ao pressionar o botão “Início” durante 10 segundos. De seguida fica visível no ecrã o *led* que indica a ativação do semiautomático e o botão “Próximo passo” que permite avançar de fase no ciclo (Figura 79).



Figura 79: Semiautomático

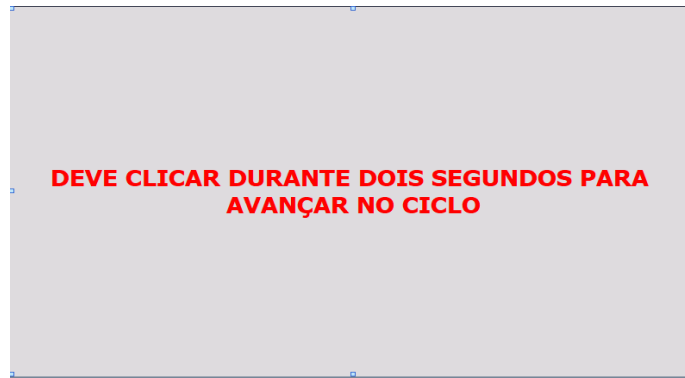


Figura 80: Mensagem avançar no ciclo

É necessário pressionar o botão início por mais de dois segundos para avançar de fase no ciclo, conforme indica a mensagem da Figura 80 que aparece quando o utilizador pressiona o botão “Início” por menos de dois segundos.

4.4.4 Configurações do supervisor (administrador)

Figura 81: Página de configurações na HMI

A página de configurações foi idealizada para o supervisor, somente o supervisor tem acesso à página com a introdução de uma palavra-passe. Nesta página são indicadas as configurações da máquina. Como foi referido no início deste capítulo, o programa foi idealizado para prensas de membrana central ou lateral, com ou sem ventilador (depressor). Os significados de cada campo e componente são os que se seguem:

- o *switch* indicado pelo número 9 confirma se a máquina possui sensor de $\frac{1}{4}$ de volta ou não. Esse sensor é importante para as prensas de membrana lateral, pois indica a posição da membrana. Antes da prensagem de massas o tambor deve rodar $\frac{1}{4}$ de volta, garantindo que a membrana se encontra em uma das laterais e as massas em baixo, para evitar danificar a membrana com o peso das massas;
- o campo 17 indica o tempo em milissegundos que o alarme deve disparar e a máquina parar, caso o sensor de $\frac{1}{4}$ de volta seja atuado e a máquina continue a rodar;
- o campo 12 e 13 indicam o valor da pressão mínima e máxima em bar, medido pelo transdutor de pressão. Esses valores são utilizados para colocar o valor referente a

pressão em mA do pressostato que chegam ao PLC, na escala de pressão em bar. Contando que o transdutor de pressão pode ser diferente de máquina para máquina;

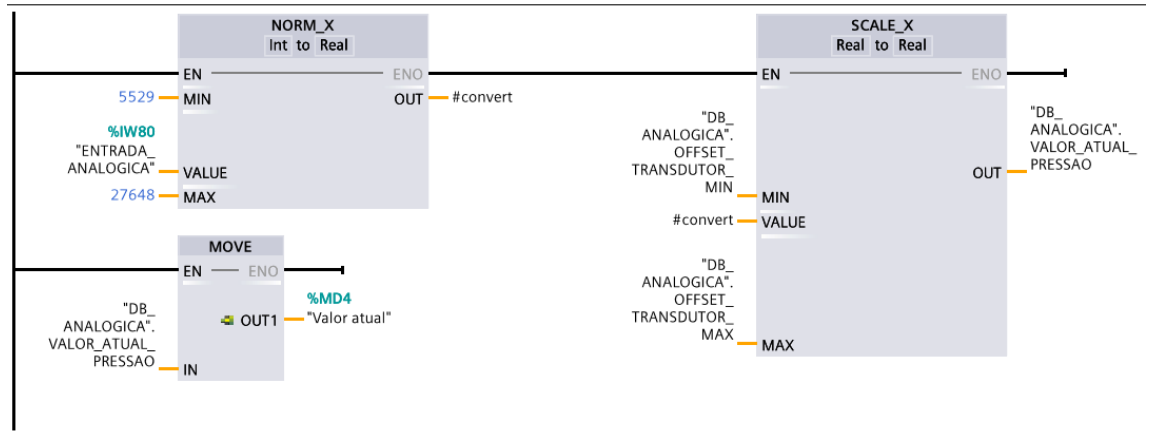


Figura 82: Leitura de valores analógicos

- o campo 11 indica o valor da pressão que a eletroválvula de escape deve ser aberta, para ajudar a retirar o ar da membrana;
- o campo 4 indica o valor da pressão máxima permitida na membrana. Caso a pressão na membrana seja igual ou superior à pressão máxima, o compressor deixa de injetar ar na membrana. A pressão máxima serve para impedir que a membrana exploda devido ao excesso de ar;
- O campo 2 indica o número de voltas que devem ser dadas pelo tambor no início do ciclo automático;
- o campo 16 indica o número de voltas que devem ser dadas pelo tambor no fim do ciclo automático;
- o *switch* identificado pelo número 1 indica se a prensa possui compressor e ventilador ou não. Caso essa condição não seja verificada significa que o compressor da máquina tem a capacidade de injetar e retirar o ar da membrana, não sendo necessário o ventilador;
- o valor inserido no campo 3 indica o valor de pressão mínima que deve ser atingida com a retirada do ar da membrana;
- caso o *switch* 1 esteja desligado e o valor do campo 5 seja diferente de zero, significa que a prensa possui um compressor com a capacidade de injetar e retirar ar da membrana, e um ventilador que injeta ar na membrana no início da etapa de pressão até ao valor indicado no campo 5 e só depois o compressor injeta ar na membrana dando continuidade a etapa de pressão;
- os campos 14 e 15 indicam o diferencial mínimo e máximo do valor da pressão mínima, indicada no campo 3. O objetivo é criar uma histerese. Quando a pressão no interior da membrana atinge a pressão mínima, o ventilador é desligado e a eletroválvula do ventilador fecha, mas nem sempre o valor no interior da membrana se mantém constante, aumentando geralmente. Caso o valor esteja dentro dos limites calculados o processo pode continuar;
- Os campos 6, 7, 8 indicam o diferencial que deve ser considerado para certos intervalos de pressão.

4.4.5 Alarmes



Figura 83: Página de alarmes na HMI

Na página dos alarmes é possível ver os alarmes que estão ativos no momento. Para limpar os alarmes basta pressionar no botão RESET que aparece na imagem da Figura 83.

Na Figura 84 é possível visualizar os alarmes que podem aparecer na tela da HMI. Os alarmes são referentes ao funcionamento incorreto dos componentes da máquina e a má execução do processo de prensagem.

Discrete alarms							
ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address	
1	Falha_Segurança	FALHA NA SEGURANÇA	Errors	ALARME_GER...	8	%DB3.DBX0.0	
2	Falha_Compressor	FALHA NO COMPRESSOR	Errors	ALARME_GER...	9	%DB3.DBX0.1	
3	Falha_Depressor	FALHA DEPRESSOR	Errors	ALARME_GER...	10	%DB3.DBX0.2	
4	Falha_Rotacao	FALHA NA ROTAÇÃO	Errors	ALARME_GER...	11	%DB3.DBX0.3	
7	Falha_Escape	FALHA ESCAPE	Errors	ALARME_GER...	12	%DB3.DBX0.4	
8	Falha_Inversor	FALHA INVERSÃO	Errors	ALARME_GER...	13	%DB3.DBX0.5	
5	FALHA_PRESSÃO	FALHA PRESSÃO	Errors	ALARME_GER...	14	%DB3.DBX0.6	
9	FALHA_DEPRESSÃO	FALHA DEPRESSÃO	Errors	ALARME_GER...	15	%DB3.DBX0.7	
6	FALHA_SENSOR	FALHA SENSOR DE POSIÇÃO OFF	Errors	ALARME_GER...	0	%DB3.DBX1.0	
10	FALHA_ANALOGICA	ENTRADA ANALÓGICA OFF	Errors	ALARME_GER...	1	%DB3.DBX1.1	
11	PRESSAO_MAX	PRESSÃO MAX ATINGIDA	Errors	ALARME_GER...	2	%DB3.DBX1.2	
12	FALHA_FASE	SEQUÊNCIA DE FASE INVERTIDA	Errors	ALARME_GER...	3	%DB3.DBX1.3	
13	FALHA_SENSOR 1/4	SENSOR DE 1/4 NÃO FOI ATUADO	Errors	ALARME_GER...	4	%DB3.DBX1.4	
14	FALHA_SENSOR_CI...	O SENSOR SUPERIOR NÃO FOI ATUADO	Errors	ALARME_GER...	5	%DB3.DBX1.5	
15	FALHA_SENSOR_IN...	O SENSOR INFERIOR NÃO FOI ATUADO	Errors	ALARME_GER...	6	%DB3.DBX1.6	

Figura 84: Alarmes HMI

Após a elaboração do programa seguiu-se a fase de testes para validar cada etapa do processo junto ao cliente. Com a validação do programa, a fase final consistiu na elaboração de um manual de utilizador e entrega da máquina ao cliente.

4.5 Outras atividades realizadas na empresa

Como foi referido no início do capítulo o programa de automação da prensa pneumática foi idealizado para uma prensa de membrana central e outra de membrana lateral. Após a conclusão da prensa de membrana central, seguiu-se a implementação do programa de automação numa prensa de membrana lateral (Figura 85).

Foi necessário realizar alguns ajustes no programa inicialmente idealizado, pois esta máquina possuía um número de sinais distintos da prensa de membrana central.



Figura 85: Prensa de membrana lateral

Uma das atividades realizadas na empresa foi a montagem e eletrificação de Galvaprimers (ver Figura 86), com o intuito de familiarizar a autora com a leitura de esquemas elétricos e eletrificação de componentes. O Galvaprimers é um equipamento da empresa, utilizado para auxiliar na zincagem de peças.

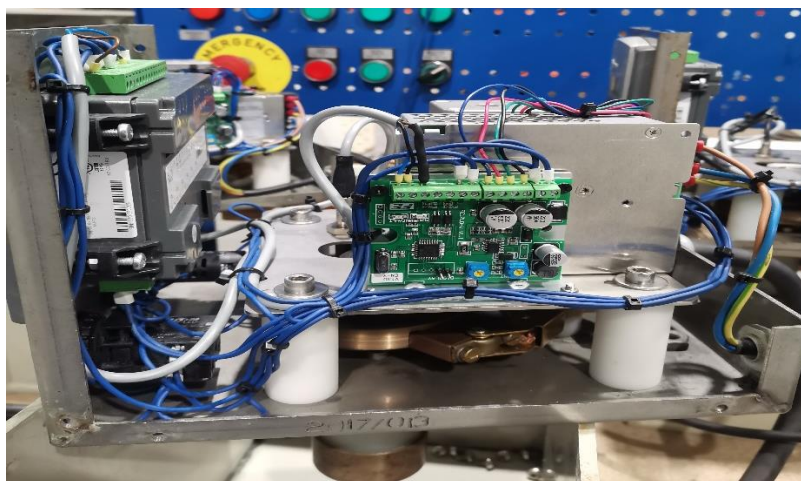


Figura 86: Galvaprimers

Um dos produtos da empresa é a elaboração de *Dashboards* com instrumentos virtuais que monitorizam variáveis para além de gráficos que monitorizam a evolução das variáveis. Foi elaborado um *dashboard* para um conjunto de postos de trabalho de estampagem em prensa. O principal objetivo foi alterar as consolas existentes por consolas maiores e fazer registos de produção e alertas na base de dados como forma de garantir maior monitorização da atividade e elaboração de relatórios de produção. Na Figura 87 é possível ver um esboço dos componentes pertencentes à rede e as interações realizadas com a base de dados.

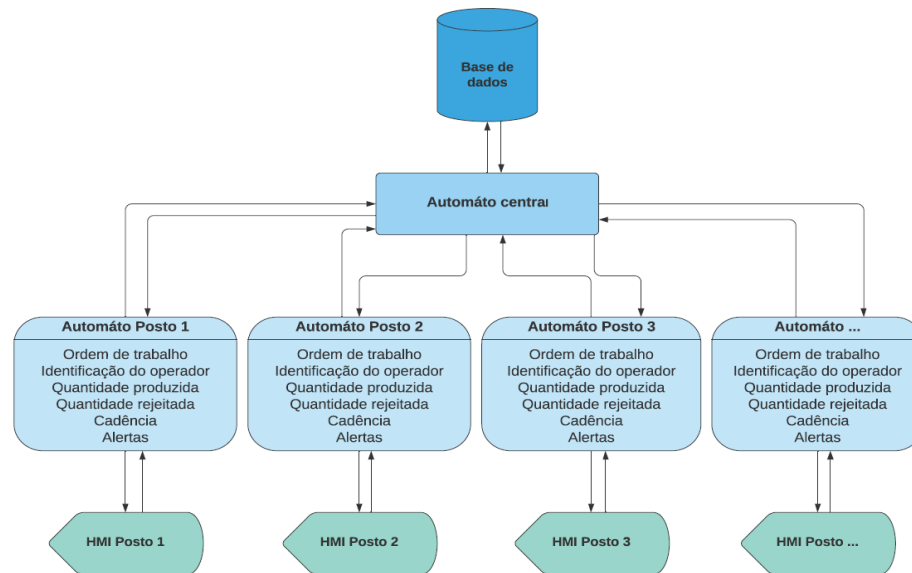


Figura 87: Fluxograma do dashboard

Por fim foi realizada a automação de uma máquina de revestimento PVD (deposição física de vapor), ver Figura 88, que faz o revestimento com base em filmes depositados num substrato em unidades atómicas ou moleculares pelo processo físico de evaporação. O processo acontece num ambiente de vácuo onde a deposição ocorre por bombardeamento simultâneo ou periódico de partículas energéticas, que geralmente é um gás inerte ou reativo, ou até mesmo iões do material do filme. O revestimento é feito por erosão do arco.



Figura 88: Máquina de revestimento PVD

O resultado do revestimento depende muito de variáveis como: caudal dos gases selecionados, tempo de deposição e o vácuo na câmara e difusores. Por ser uma máquina complexa e o processo de deposição poder levar horas, foi elaborado um programa que controla o processo de deposição com ajuda do operador. A interação entre o processo e o operador é feita por uma HMI (ver Figura 89).

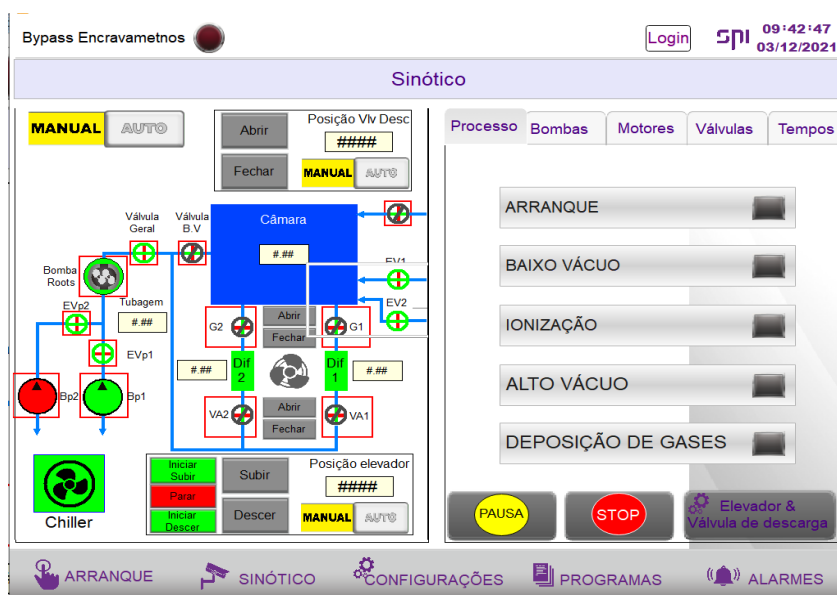


Figura 89: Página principal da HMI da máquina PVD

Para além dos projetos apresentados, a autora teve a possibilidade de acompanhar algumas assistências feitas em clientes da empresa. As assistências consistiam na resolução de avarias e melhoria de sistemas idealizados pela empresa, desde uma máquina simples de corte de cabos até uma linha de cromagem.

Também faz parte da elaboração de qualquer projeto a formação e produção de conteúdo que explica o funcionamento das máquinas ou sistemas. A autora esteve envolvida na elaboração de vários manuais de utilizador, referentes aos projetos em que participou.

CAPÍTULO 5: Conclusões

O presente relatório de estágio teve como objetivo descrever os princípios básicos de automação industrial, como forma de enquadrar as atividades realizadas durante o estágio curricular na empresa SPI Automação e Processos Industriais. Foram detalhados os principais projetos desenvolvidos tendo em consideração as diversas etapas do seu desenvolvimento. Neste capítulo são apresentadas conclusões de todos os capítulos expostos ao longo do relatório e as considerações finais referentes à realização do estágio curricular. Este capítulo encontra-se distribuído pelos seguintes subcapítulos:

- **Subcapítulo 5.1** – Conclusões relativas ao capítulo 2;
- **Subcapítulo 5.2** – Conclusões relativas ao capítulo 3;
- **Subcapítulo 5.3** – Conclusões relativas ao capítulo 4;
- **Subcapítulo 5.4** – Considerações finais.

5.1 Automação Industrial

Neste capítulo foram abordados alguns dos conceitos, definições e elementos que são considerados essenciais para perceber e idealizar qualquer projeto de automação industrial.

A seleção de qualquer componente ou equipamento é regida pelo que se pretende alcançar com o projeto. É importante ter em conta uma série de fatores, desde fatores ambientais até quem irá utilizar o produto final.

É necessário garantir o alinhamento de todos os envolvidos no projeto, pois devem estar muito claros os limites das tarefas de todos os envolvidos. Mas acima de tudo o projetista deve ser capaz de captar o objetivo do cliente e comunicar a toda equipa envolvida.

5.2 Autómatos Programáveis

Foi importante abordar autómatos programáveis neste capítulo, por se tratar de um dos elementos mais presentes na indústria da automação industrial. Estes componentes possuem configurações diversificadas desde a quantidade de entradas e saídas digitais e/ou analógicas até ao tipo de protocolo de comunicação presente.

Um dos parâmetros utilizados na seleção do modelo deste componente é a quantidade de sinais digitais e analógicos necessários para o funcionamento de um determinado sistema e/ou máquina. Cada fabricante possui diferentes modelos de PLCs, graças aos protocolos de comunicação a existência de vários modelos de PLCs não é mais uma preocupação.

Na seleção e configuração da HMI o aspeto essencial é o fácil manuseamento pelo utilizador final, geralmente designado de operador. Neste caso o tamanho da HMI, as cores, a organização e o tamanho dos componentes presentes na configuração da HMI influenciam diretamente na facilidade de manuseamento e interpretação do sistema pelo operador.

O PLC e a HMI servem basicamente de ponte entre o sistema construído e o operador. O PLC trata de todos os sinais envolvidos no sistema, seja o sinal de um sensor, de uma electroválvula, etc., processando-os de acordo com o programa e de seguida reencaminhando para a HMI que traduz o que está a acontecer no sistema para o operador, com base nessa informação o operador decide o que deve ser feito. Dependendo da complexidade do sistema, em algumas ocasiões são implementadas bases de dados com a função de registar todas as operações do sistema realizadas de forma autónoma ou por decisão do operador.

5.3 Caso prático – Prensa Pneumática de vinho

Passados vários séculos carregados de novas ocupações e expansões do território Português, que contribuíram para o aparecimento de novas variedades de videira e técnicas de vinificação, Portugal conta hoje com uma indústria do vinho com elevado volume de negócios e valor acrescentado (Figura 90).

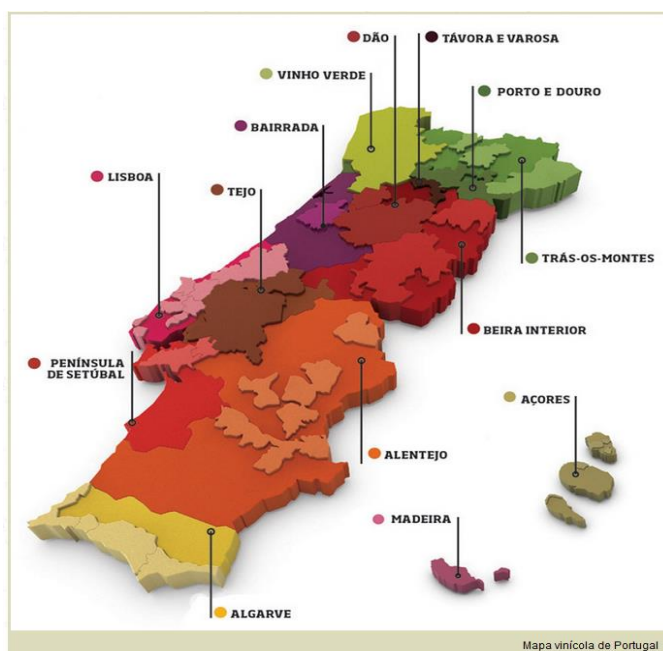


Figura 90: Mapa vinícola de Portugal [27]

Por essa razão vale a pena investir na automação de prensas pneumáticas que são um instrumento crucial na indústria vinícola. As prensas apresentadas ao longo deste capítulo são apenas um exemplo dos diferentes modelos que existem no mercado Português, geralmente importadas de outros países. A automação dessas prensas liberta o utilizador de todas as obrigações de programação completa de pressões, manutenção de pressões e número de rotações do tambor.

Como melhorias futuras seria interessante automatizar o processo de alimentação das massas e recolha do mosto. Nestas máquinas a recolha do mosto é feita com o auxílio de uma bandeja que fica por baixo das prensas durante o processo de prensagem. Seria interessante pensar como automatizar o processo de prensagem desde a alimentação das massas e a colocação do mosto em tanques ou barris onde ocorre o processo de fermentação.

5.4 Considerações Finais

Por ser a SPI Automação e Processos Industriais uma empresa jovem, mas com uma versatilidade de projetos em diversos setores industriais permitiu à autora o contacto com diversas áreas e fundamentos da automação industrial.

A realização deste estágio curricular facultou o desenvolvimento e consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico. Proporcionou a oportunidade de adquirir novos conhecimentos nas diversas áreas abordadas durante a realização dos projetos.

O desenvolvimento de novas abordagens com clientes, desde a idealização do projeto até à implementação do mesmo como forma de garantir que os resultados pretendidos sejam alcançados, foram também uma mais-valia. Sem esquecer a importante interação com os colegas de trabalho de diversas áreas da empresa, que conferiu à autora o aprimoramento das capacidades de trabalho em equipas multidisciplinares.

De modo geral, foram alcançados todos os objetivos traçados no início do estágio curricular o que conferiu à autora experiência suficiente para a integração no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Elorza, J. Azketa, R. Mattes, G. Hans e T. Gallenkamp, “CONTRIBUTING TO SHIFT2RAIL'S NEXT GENERATION OF HIGH CAPABLE AND SAFE TCMS AND BRAKES,” 2017.
- [2] M. C. Franchi e V. L. A. de Camargo, Controladores Lógicos Programáveis, 2ª ed., São Paulo: Editora Érica Ltda, 2009.
- [3] A. M. S. Francisco, Automátos Programáveis, 4ª ed., Lisboa: Edições Técnicas e Profissionais, 2007.
- [4] J. Novais, Programação De Autómatos: Método Grafcet, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1992.
- [5] K. Clements-Jewer e W. Jeffcoat, The PLC WorkBook: Programmable Logic Controllers made easy, Hemel Hempstead: Prentice Hall International (UK) Limited, 1996.
- [6] J. R. C. Pinto, Técnicas de Automação, Lisboa: EDIÇÕES TÉCNICAS E PROFISSIONAIS, 2007.
- [7] F. D. Petruzella, Controladores Lógicos Programáveis, Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2014.
- [8] B. R. Mehta e Y. J. Reddy, Industrial Process Automation Systems : Design and Implementation, Waltham: Elsevier Inc, 2015.
- [9] W. Bolton, Programmable Logic Controllers, Burlington: Elsevier Newnes, 2006.
- [10] P. Zhang, Advanced Industrial Control Technology, Burlington: Elsevier Inc, 2010.
- [11] M. A. Ribeiro, Automação Industrial, Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2001.
- [12] SENAI, Redes Industriais, Rio Grande do Sul: SENAI – Departamento Nacional, 2014.
- [13] L. Roggia e R. C. Fuentes, Automação Industrial, Santa Maria-RS: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2016.
- [14] C. C. d. Moraes e P. d. L. Castrucci, Engenharia de Automação Industrial, Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2007.
- [15] “Protocolo FOUNDATION fieldbus,” [Online]. Available: <https://www.automacaoindustrial.info/protocolo-foundation-fieldbus/>. [Acedido em 5 setembro 2021].

- [16] “Como Se Produz Vinho – Prensagem e Defecação/Sedimentação,” [Online]. Available: <https://www.clubevinhosportugueses.pt/vinhos/como-se-produz-vinho-prensagem-e-defecacao-sedimentacao-4/>. [Acedido em 21 agosto 2021].
- [17] “Vinho na antiguidade: prensa de mais de 2500 anos descoberta no Líbano,” [Online]. Available: <https://winefun.com.br/vinho-na-antiguidade-prensa-de-mais-de-2-500-anos-descoberta-no-libano>. [Acedido em 14 agosto 2021].
- [18] “The Mythology of Wine III: Ancient Egypt,” [Online]. Available: <https://mythologymatters.wordpress.com/2018/08/27/the-mythology-of-wine-iii-ancient-egypt/>. [Acedido em 14 agosto 2021].
- [19] “Automação Industrial,” [Online]. Available: <https://docplayer.com.br/10140093-Automacao-industrial.html>. [Acedido em 28 agosto 2021].
- [20] “WINE PRODUCTION: CHOOSING A WINE PRESS,” [Online]. Available: <https://gravitywinehouse.com/blog/wine-production-choosing-a-wine-press/>. [Acedido em 22 agosto 2021].
- [21] “The history of wine presses : Part 1- Batch presses,” [Online]. Available: <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2015/09/Nordestgaard2015-Part1.pdf>. [Acedido em 4 setembro 2021].
- [22] “A Vinha e o Vinho em Portugal,” [Online]. Available: <https://www.ivv.gov.pt/np4/47/>. [Acedido em 7 agosto 2021].
- [23] “Pneumatic Presses,” [Online]. Available: <https://sk-skrj.com/en/pneumatic-presses>. [Acedido em 21 agosto 2021].
- [24] “SCREW PRESSES – PRINCIPLE OF OPERATION,” [Online]. Available: <https://www.vettertec.com/mechanical-dewatering.html>. [Acedido em 3 setembro 2021].
- [25] “PRESSES WITH CLOSED TANKS,” [Online]. Available: <https://www.dellatoffola.it/en/catalogue-products/presses/press-membrane-closed>. [Acedido em 11 setembro 2021].
- [26] “Conhecendo os protocolos Modbus TCP, EtherNet/IP e PROFINET,” [Online]. [Acedido em 4 setembro 2021].
- [27] “Academia do Vinho,” [Online]. Available: https://www.academiadovinho.com.br/__mod_regiao.php?reg_num=PT. [Acedido em 14 agosto 2021].
- [28] “História do Vinho: A bebida no Egito Antigo,” [Online]. Available: <https://blogdosvinhos.com.br/historia-do-vinho-a-bebida-no-egito-antigo>. [Acedido em 14 agosto 2021].

- [29] “SPI- Automação e Processos Industriais,” [Online]. Available: <https://spi-automacao.wixsite.com/home>. [Acedido em 1 Agosto 2021].
- [30] A. S. Correia, “Desenvolvimento de aplicações para a indústria cerâmica usando PLC Siemens,” Instituto Superior de Engenharia de Coimbra-Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Coimbra, 2015.
- [31] B. D. M. Vieira, “Desenvolvimento de Equipamentos Industriais - Estágio na STREAK,” Instituto Superior de Engenharia de Coimbra-Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Coimbra, 2017.
- [32] M. Santos, “Desenvolvimento de Sistemas Industriais: Desinfecção UVC e Robótico Industrial - Estágio na STREAK,” Instituto Superior de Engenharia de Coimbra-Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Coimbra, 2017.
- [33] “IEC 61131-1: Programmable controllers – Part 1: General information,” 2003. [Online]. Available: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61131-1%7Bed2.0%7Den.pdf. [Acedido em 1 setembro 2021].
- [34] “IEC 61131-3: a norma para programação: PLCopen,” [Online]. Available: https://plcopen.org/sites/default/files/downloads/intro_iec_march04_portuguese.pdf. [Acedido em 2 agosto 2021].
- [35] S. L. Stebel e V. d. Oliveira, “Redes Industriais,” [Online]. Available: https://www.academia.edu/26497159/Redes_Industriais. [Acedido em 4 setembro 2021].
- [36] “Pepperl+Fuchs Control,” [Online]. Available: <https://control.com>. [Acedido em 7 setembro 2021].

ANEXOS

Anexo I – Carta analógica

Anexo II – *Datasheet* autómato

Anexo III – *Datasheet* HMI

Anexo IV – *Datasheet* pressostato

Anexo V – *Datasheet* relé de fase

Anexo VI – *Datasheet* sensor indutivo

Anexo VII – Esquema elétrico

Anexo VIII – Fonte de alimentação

Anexo I – Carta analógico

SIEMENS

Data sheet

6ES7231-4HA30-0XB0



SIMATIC S7-1200, Analog input, SB 1231, 1 AI, ± 10 V DC (12 bit resol.) or 0-20 mA

General information	
Product type designation	SB 1231, AI 1x12 bit
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
Input current	
from backplane bus 5 V DC, typ.	55 mA
Power loss	
Power loss, typ.	0.4 W
Analog inputs	
Number of analog inputs	1; Current or voltage differential inputs
permissible input voltage for current input (destruction limit), max.	± 35 V
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	35 V
permissible input current for voltage input (destruction limit), max.	40 mA
permissible input current for current input (destruction limit), max.	40 mA
Cycle time (all channels) max.	156.25 μ s; 400 Hz suppression
Input ranges	
• Voltage	Yes; ± 10 V, ± 5 V, ± 2.5 V
• Current	Yes; 0 to 20 mA
• Thermocouple	No
• Resistance thermometer	No
• Resistance	No
Input ranges (rated values), voltages	
• -10 V to +10 V — Input resistance (-10 V to +10 V)	Yes ≥ 9 MOhm
• -2.5 V to +2.5 V — Input resistance (-2.5 V to +2.5 V)	Yes ≥ 9 MOhm
• -5 V to +5 V — Input resistance (-5 V to +5 V)	Yes ≥ 9 MOhm
Input ranges (rated values), currents	
• 0 to 20 mA — Input resistance (0 to 20 mA)	Yes ≥ 250 Ohm
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Cable length	
• shielded, max.	100 m; shielded, twisted pair
Analog value generation for the inputs	

Measurement principle	integrating
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	11 bit; + sign
• Integration time, parameterizable	Yes
• Interference voltage suppression for interference frequency f1 in Hz	40 dB, DC to 60 Hz
Smoothing of measured values	
• parameterizable	Yes
• Step: None	Yes
• Step: low	Yes
• Step: Medium	Yes
• Step: High	Yes
Errors/accuracies	
Temperature error (relative to input range), (+/-)	25 °C ±0.3%, to 55 °C ±0.6% total measurement range
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	Yes
Diagnostics function	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnoses	
• Wire-break	No
Diagnostics indication LED	
• for status of the inputs	Yes
• for maintenance	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C
• horizontal installation, min.	-20 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-20 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Operation, min.	795 hPa
• Operation, max.	1 080 hPa
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
Relative humidity	
• Operation at 25 °C without condensation, max.	95 %
Pollutant concentrations	
• SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
connection method / header	
required front connector	Yes
Mechanics/material	
Enclosure material (front)	

• Plastic	Yes
Dimensions	
Width	38 mm
Height	62 mm
Depth	21 mm
Weights	
Weight, approx.	35 g
last modified:	2/9/2021 

Anexo II – Datasheet automático

SIEMENS

Data sheet

6ES7214-1AG40-0XB0


SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 100 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214C DC/DC/DC
Firmware version	V4.4
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V16 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA
Current consumption, max.	1 500 mA; CPU with all expansion modules
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
I _{pt}	0.5 A ² ·s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
• integrated	100 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Yes

• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte
Address area	
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time)	Yes
• Backup time	480 h; Typical
Digital inputs	
Number of digital inputs	14; Integrated
• of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)
Source/sink input	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms and 12.8 ms, selectable in groups of four
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for technological functions	
— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
• unshielded, max.	300 m; for technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	10
• of which high-speed outputs	4; 100 kHz Pulse Train Output
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	0.5 A

• on lamp load, max.	5 W
Output voltage	
• for signal "0", max.	0.1 V; with 10 kOhm load
• for signal "1", min.	20 V
Output current	
• for signal "1" rated value	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	0.1 mA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	1 µs
• "1" to "0", max.	5 µs
Switching frequency	
• of the pulse outputs, with resistive load, max.	100 kHz
Relay outputs	
• Number of relay outputs	0
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
— Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Analog value generation for the inputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
• Integration time, parameterizable	Yes
• Conversion time (per channel)	625 µs
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
1. Interface	
Interface type	PROFINET
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Interface types	
• RJ 45 (Ethernet)	Yes
• Number of ports	1
• integrated switch	No
Protocols	
• PROFINET IO Controller	Yes
• PROFINET IO Device	Yes
• SIMATIC communication	Yes
• Open IE communication	Yes; Optionally also encrypted
• Web server	Yes
• Media redundancy	No
PROFINET IO Controller	
• Transmission rate, max.	100 Mbit/s
Services	
— PG/OP communication	Yes
— Isochronous mode	No

— IRT	No
— PROFINergy	No
— Prioritized startup	Yes
— Number of IO devices with prioritized startup, max.	16
— Number of connectable IO Devices, max.	16
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	16
— of which in line, max.	16
— Activation/deactivation of IO Devices	Yes
— Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.	8
— Updating time	The minimum value of the update time also depends on the communication component set for PROFINET IO, on the number of IO devices and the quantity of configured user data.
PROFINET IO Device	
Services	
— PG/OP communication	Yes
— Isochronous mode	No
— IRT	No
— PROFINergy	Yes
— Shared device	Yes
— Number of IO Controllers with shared device, max.	2
Protocols	
Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes; CM 1243-5 (master) or CM 1242-5 (slave) required
AS-Interface	Yes; CM 1243-2 required
Protocols (Ethernet)	
• TCP/IP	Yes
• DHCP	No
• SNMP	Yes
• DCP	Yes
• LLDP	Yes
Redundancy mode	
Media redundancy	
— MRP	No
— MRPD	No
SIMATIC communication	
• S7 routing	Yes
Open IE communication	
• TCP/IP	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
• UDP	Yes
— Data length, max.	1 472 byte
Web server	
• supported	Yes
• User-defined websites	Yes
OPC UA	
• Runtime license required	Yes
• OPC UA Server	Yes; Data access (read, write, subscribe), runtime license required
— Number of sessions, max.	5
— Number of accessible variables, max.	1 000
— Number of subscriptions per session, max.	5
— Sampling interval, min.	100 ms
— Publishing interval, min.	200 ms
— Number of monitored items, max.	500
— Number of server interfaces, max.	2

— Number of nodes for user-defined server interfaces, max.	1 000
Further protocols	
• MODBUS	Yes
Communication functions	
S7 communication	
• supported	Yes
• as server	Yes
• as client	Yes
• User data per job, max.	See online help (S7 communication, user data size)
Number of connections	
• overall	8 connections for open user communication (active or passive): TSEND_C, TRCV_C, TCON, TDISCON, TSEND and TRCV, 8 CPU/CPU connections (Client or Server) for GET/PUT data, 6 connections for dynamic assignment to GET/PUT or open user communication
Test commissioning functions	
Status/control	
• Status/control variable	Yes
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
• Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
• present	Yes
Traces	
• Number of configurable Traces	2
• Memory size per trace, max.	512 kbyte
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics indication LED	
• RUN/STOP LED	Yes
• ERROR LED	Yes
• MAINT LED	Yes
Integrated Functions	
Number of counters	6
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency measurement	Yes
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	8
Number of positioning axes via pulse-direction interface	4; With integrated outputs
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4
Number of pulse outputs	4
Limit frequency (pulse)	100 kHz
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
• Potential separation digital inputs	No
• between the channels, in groups of	1
Potential separation digital outputs	
• Potential separation digital outputs	Yes
• between the channels	No
• between the channels, in groups of	1
EMC	
Interference immunity against discharge of static electricity	
• Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2	Yes
— Test voltage at air discharge	8 kV
— Test voltage at contact discharge	6 kV
Interference immunity to cable-borne interference	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC	Yes

61000-4-4	
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity against voltage surge	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields	
• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
Degree and class of protection	
IP degree of protection	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m
Ambient temperature during operation	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C; Number of simultaneously activated inputs or outputs 7 or 5 (no adjacent points) at 60 °C horizontal or 50 °C vertical, 14 or 10 at 55 °C horizontal or 45 °C vertical
• horizontal installation, min.	-20 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-20 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Operation, min.	795 hPa
• Operation, max.	1 080 hPa
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude, min.	-1 000 m
• Installation altitude, max.	2 000 m
Relative humidity	
• Operation, max.	95 %; no condensation
Vibrations	
• Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6	2 g (m/s ²) wall mounting, 1 g (m/s ²) DIN rail
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
Shock testing	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes
Configuration	
Programming	
Programming language	
— LAD	Yes
— FBD	Yes

— SCL	Yes
Know-how protection	
• User program protection/password protection	Yes
• Copy protection	Yes
• Block protection	Yes
Access protection	
• Protection level: Write protection	Yes
• Protection level: Read/write protection	Yes
• Protection level: Complete protection	Yes
Cycle time monitoring	
• adjustable	Yes
Dimensions	
Width	110 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	415 g
last modified:	1/16/2021 

Installation type/mounting	
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
maximum permissible angle of inclination without external ventilation	35°
Supply voltage	
Type of supply voltage	24 V DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	230 mA
Starting current inrush I ² t	0.2 A ² ·s
Power	
Power consumption, typ.	5.5 W
Processor	
Processor type	ARM
Memory	
Flash	Yes
RAM	Yes
Usable memory for user data	10 Mbyte
Type of output	
Acoustics	
• Buzzer	Yes
• Speaker	No
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time clock)	Yes
• Software clock	Yes
• Battery-backed	Yes
• Synchronizable	Yes
Interfaces	
Number of RS 485 interfaces	1
Number of USB interfaces	1
Number of 20 mA interfaces (TTY)	0
Number of RS 232 interfaces	0; with optional adapter
Number of RS 422 interfaces	1; together with RS485
Number of parallel interfaces	0
Number of other interfaces	0
Number of SD card slots	0

With software interfaces	No
Industrial Ethernet	
• Number of industrial Ethernet interfaces	0
• Industrial Ethernet status LED	0
Protocols	
PROFINET	No
PROFINET IO	No
IRT	No
MRP	No
PROFIBUS	Yes
MPI	Yes
Protocols (Ethernet)	
• TCP/IP	No
• DHCP	No
• SNMP	No
• DCP	No
• LLDP	No
WEB characteristics	
• HTTP	No
• HTML	No
Further protocols	
• CAN	No
• MODBUS	Yes; Modicon (MODBUS RTU)
• Supports protocol for EtherNet/IP	No
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostic messages	
• Diagnostic information readable	No
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes
• Limit class B, for use in residential areas	No
Degree and class of protection	
IP (at the front)	65
Enclosure Type 4 at the front	Yes
Enclosure type 4x at the front	Yes
IP (rear)	20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
KC approval	Yes
cULus	Yes

Service tools/configuration aids	
• Clean screen	Yes
• Touch calibration	Yes
• Backup/restore	Yes
• Backup/Restore automatically	No
• Simulation	Yes
• Device switchover	Yes
• Delta transfer	No
I/O / Options	
I/O devices	
• Printer	No
• MultiMediaCard	No
• SD card	No
• USB memory	Yes
Mechanics/material	
Type of housing (front)	
• plastic	Yes
• aluminum	No
• Stainless steel	No
Dimensions	
Width of the housing front	214 mm
Height of housing front	158 mm
Mounting cutout, width	197 mm
Mounting cutout, height	141 mm
Device depth	39 mm
Weights	
Without packaging	800 g
With packaging	1 kg
last modified:	12.03.2015

Anexo IV - Datasheet pressostato

Pressure Transmitter Type 4AP-30

General application

Piezo-resistive pressure transmitters are used to measure pressure in liquids and gases. The pressure is converted into an electrical signal.

Type designation

4AP-30 -010

4	Product group
	Pressure measurement
A	surface-mounting case
P	piezo-resistive
-30	case size
-010	output 0 — 10 V
-020	output 0 — 20 mA
-420	output 4 — 20 mA
-242	output 4 — 20 mA, 2-wire

Extra codes

/ 24	reduced ambient temperature error (only from 4 bar span)
/ 42	taper pressure connection with slotted union nut DN 25 to DIN 11 851 (standard) as above, but DN 20 as above, but DN 32 as above, but DN 40 as above, but DN 50
/ 43	clamp pressure connection DN 25 to ISO 2852 (standard) as above, but DN 20 as above, but DN 50
/ 44	flange pressure connection with weld-in socket
/ 45	small flange pressure connection DN 25 to DIN 28 403*
/ 64	flush diaphragm pressure connection 3/4" pipe
/ 73	with cable attached
/ 91	absolute pressure
/ 93	special ranges
/115	clamping flange (without seal or mounting components)
/116	flush diaphragm pressure connection 1 1/2" pipe B
/128	flush diaphragm pressure connection 3/4" pipe A
/129	flush diaphragm pressure connection 1" pipe A
/135	Halocarbon® filling (min. ordering quantity: 10 items)

Note:

* small flange 1.6 bar max. gauge pressure

Pressure ranges

Gauge pressure (bar)	Absolute pressure /91 (bar)
-0.25 to 0	0 to 0.6
-0.4 to 0	0 to 1
-0.6 to 0	0 to 1.6
-1 to 0	0 to 2.5
-1 to 0.6	0 to 4
-1 to 1.5	0 to 6
-1 to 3	0 to 10
-1 to 5	0 to 16
-1 to 9	0 to 25
0 to 0.25	
0 to 0.4	
0 to 0.6	
0 to 1	
0 to 1.6	
0 to 2.5	
0 to 4	
0 to 6	
0 to 10	
0 to 16	
0 to 25	

Standard accessory

Operating Instructions B 40.4300

Ordering example

Piezo-resistive pressure transmitter
Type 4 AP-30-420/42
range: 0 to 4 bar

Technical data

Case

stainless steel, Mat.Ref. 1.4301

Parts in contact with medium

stainless steel, Mat.Ref. 1.4571;
stainless steel diaphragm, Mat.Ref. 1.4401
with Code /44: seal Silicon
with Code /64: seal Viton

Pressure connection

normally 1/2" pipe A to DIN 16 288
for other connections see outline drawings

Electrical connection

normally:
terminal box to DIN 43 650,
Form AF,
conductor cross-section up to 1.5 mm²,
Pg9 cable gland.



Code /73

attached 4-core screened PVC cable with internal equilibration tubing, length 2 m; other lengths on request

Supply U_B

normally: 13 to 30V DC

11.5 to 30V DC on request

Residual ripple:

The voltage peaks must not go above or below the values specified for the supply voltage.

max. current drawn: ≤ 30mA

Supply voltage error
≤ 0.2% per 10V

Output signal

0 to 10 V, burden ≥ 2kΩ

0 to 20mA, burden ≤ $\frac{U_B - 12V}{0.02 A}$

4 to 20mA, burden ≤ $\frac{U_B - 12V}{0.02 A}$

4 to 20mA, burden ≤ $\frac{U_B - 13V}{0.02 A}$
(2-wire)

adjustable by potentiometer

zero: 5% approx.
span: 5% approx.

Burden error

≤ 0.15%

Characteristic

linear

Deviation from characteristic
after starting point calibration
≤ 0.5%, according to DIN 16 086

Zero signal deviation

≤ 0.5%

Overload limit

2 x full scale

Technical data

Permitted ambient temperature

-30 to +120°C
-30 to +100°C for Code /73

Permitted temperature of medium

-40 to +120°C

Temperature coefficient of zero signal

within range 0 — 100°C
≤ 0.02%/°C typically
≤ 0.04%/°C max.

for range 0.25 bar

≤ 0.06%/°C max.

For Code /24

(only from 4 bar span and for
output -020 or -420)

zero: ≤ 0.01%/°C

Temperature coefficient

of the output signal

span: ≤ 0.02%/°C typically
≤ 0.04%/°C max.

span: ≤ 0.01%/°C

Response time

≤ 3msec

Mechanical vibration

20g max. at 15 — 2000 Hz

Mechanical shock

100g/4msec

Nominal position

up to 4 bar: vertical ⊥, see outline drawing
above 4 bar: unrestricted

Protection

IP65 to EN 60 529

IP67 for Code /73

Weight

0.250 kg, with ½" pipe pressure connection

Electromagnetic compatibility

Electrostatic discharge:

IEC 801-2 / severity 4

(test voltage 15 kV)

Transient disturbance (burst):

IEC 801-3 / severity 4

(test voltage on I/O line 2 kV)

Electromagnetic fields

IEC 801-4 / severity 3

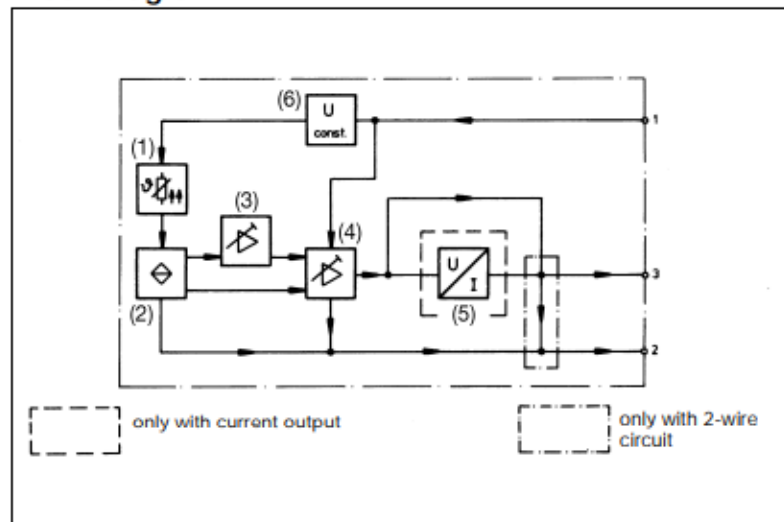
(test field strength 10 V/m)

Immunity to conductor-borne

interference induced by high-frequency

fields: DIN VDE 0843 Part 6 / severity 3

Block diagram



Description of function

The pressure of the medium to be measured acts on the separating diaphragm of the piezo-resistive pressure transmitter. The separating diaphragm transmits the pressure through a liquid to the silicone diaphragm with dotted resistance bridge (2). This resistance bridge operates on the piezo-resistive principle. It is connected to a constant voltage supply (6) via a temperature compensation circuit (1). The output signal of the resistance bridge is amplified in a differential amplifier (4) with high input impedance. The span is adjusted with a trimmer. The amplifier (3) with adjustable gain enables zero adjustment. With current output 0 — 20 mA or 4 — 20 mA the output signal is converted into a proportional current in the U/I converter (5).

Connection chart

Connection		Termination	
		plug	cable
Supply 13 — 30 V DC	L + L -	1 2	white grey
Output 0 — 10 V	- +	2 3	grey yellow
Output 0 — 20 mA	- +	2 3	grey yellow
Output 4 — 20 mA	- +	2 3	grey yellow
Output 4 — 20 mA (2-wire)	- +	proportional current 4 — 20 mA in supply	
Protective earth	⊥		
Screen			black

Anexo V – Datasheet relé de fase

Monitoring Relays

3-Phase Sequence and Phase Loss

Types DPA01, PPA01



- 3-phase monitoring relays for phase sequence and phase loss
- Detect when all 3 phases are present and have the correct sequence
- Measure their own power supply
- Power supply range: 208 to 690 VAC (+10 -15%)
- Output: 8 A SPDT relay or 8 A DPDT normally energized
- For mounting on DIN-rail in accordance with DIN/EN 50 022 (DPA01) or plug-in module (PPA01)
- 22.5 mm Euronorm housing (DPA01) or 36 mm plug-in module (PPA01)
- LED indication for relay and power supply ON

Product Description

3-phase relay for detection of incorrect phase sequence, total and partial phase loss. Supply range from 208 to 690 VAC covered by two multi-voltage relays.

For mounting on DIN-rail or plug-in module. The device detects regenerated voltages up to 85% of the nominal voltage (phase-phase).

Ordering Key

DPA 01 C M44

Housing

Function

Type

Item number

Output

Power supply

Type Selection

Mounting	Output	208 to 480 VAC	208 to 240 VAC	380 to 480 VAC	380 to 600 VAC	600 to 690 VAC
DIN-rail	SPDT	DPA 01 C M44				
DIN-rail	DPDT		DPA 01 D M23	DPA 01 D M48	DPA 01 C M60	DPA 01 C M69

Mounting	Output	208 to 415 VAC	208 to 240 VAC	380 to 415 VAC
Plug-in	SPDT	PPA 01 C M44		
Plug-in	DPDT		PPA 01 D M23	PPA 01 D M48

Input Specifications

Input	
L1, L2, L3	DPA01: Terminals L1, L2, L3 PPA01: Terminals 5, 6, 7 Measure their own supply

Measuring ranges	
208 to 480 VAC (DPA01CM44)	177 to 550 VAC
380 to 600 VAC (DPA01CM60)	323 to 690 VAC
600 to 690 VAC (DPA01CM69)	510 to 760 VAC
208 to 415 VAC (PPA01CM44)	177 to 475 VAC
208 to 240 VAC (DPA01DM23)	177 to 275 VAC
380 to 480 VAC (DPA01DM48)	323 to 550 VAC
208 to 240 VAC (PPA01DM23)	177 to 275 VAC
380 to 415 VAC (PPA01DM48)	323 to 475 VAC

ON-level	
	> 85% of the mains phase-phase voltage

Output Specifications

Output	SPDT or DPDT relay, N.E.
Rated insulation voltage	250 VAC
Contact ratings (AgSnO ₂)	μ
DPA01C, PPA01C (SPDT):	
Resistive loads AC 1	8 A @ 250 VAC
DC 12	5 A @ 24 VDC
Small inductive loads AC 15	2.5 A @ 250 VAC
DC 13	2.5 A @ 24 VDC
DPA01D, PPA01D (DPDT):	
Resistive loads AC 1	8 A @ 250 VAC
Small inductive loads AC 15	3 A @ 250 VAC
DC 13	2 A @ 24 VDC
Mechanical life	≥ 30 x 10 ⁶ operations
Electrical life	≥ 10 ⁵ operations (at 8 A, 250 V, cos φ = 1)
Operating frequency	≤ 7200 operations/h
Dielectric strength	
Dielectric voltage	≥ 2 kVAC (rms)
Rated impulse withstand volt.	4 kV (1.2/50 μs)

93

Supply Specifications

Power supply	Overvoltage cat. III (IEC 60664, IEC 60038)
Rated operational voltage through terminals:	(DPA01) L1, L2, L3 (PPA01) 5, 6, 7
DPA01CM44	208 to 480 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
DPA01CM60	380 to 600 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
PPA01CM44	208 to 415 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
DPA01CM69	600 to 690 VAC $\pm$ 10 -15%, 45 to 65 Hz
DPA01DM23	208 to 240 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
DPA01DM48	380 to 480 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
PPA01DM23	208 to 240 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
PPA01DM48	380 to 415 VAC $\pm$ 15%, 45 to 65 Hz
Rated operational power	
M23	6 VA @ 230 VAC, 50 Hz
M44, M48	10 VA @ 400 VAC, 50 Hz
M60	15VA @ 600 VAC, 50Hz
M69	15VA @ 690 VAC, 50Hz
	Supplied by L2 and L3

General Specifications

Reaction time	
Alarm ON delay	< 100 ms
Alarm OFF delay	< 350 ms
Accuracy	(15 min warm-up time)
Temperature drift	$\pm$ 1000 ppm/°C
Repeatability	$\pm$ 0.5%
Indication for	
Power supply ON	LED, green
Relay ON	LED, yellow
Environment	(EN 60529)
Degree of protection	IP 20
Pollution degree	3 (DPA01), 2 (PPA01)
Operating temperature	
@ Max. voltage, 50 Hz	-20 to +60°C, R.H. < 95%
@ Max. voltage, 60 Hz	-20 to +50°C, R.H. < 95%
Storage temperature	-30 to +80°C, R.H. < 95%
Housing	
Dimensions	DPA01 22.5 x 80 x 99.5 mm PPA01 36 x 80 x 94 mm
Material	PA66 or Noryl
Weight	Approx. 100 g
Screw terminals	(DPA01)
Tightening torque	Max. 0.5 Nm acc. to IEC 60947
Product standard	EN 60947-5-1
Approval	UL - CSA (except PPA01D, DPA01CM69), CCC (GB14048.5) only DPA
CE Marking	L.V. Directive 2006/95/EC EMC Directive 2004/108/EC
EMC	
Immunity	According to EN 61000-6-2
Emissions	According to EN 61000-6-3

Mode of Operation

DPA01 and PPA01 monitor their own 3-phase power supply. The relay operates when all the phases are present and the phase sequence is correct. The relay releases when one

phase-phase voltage drops below 85% of the other phase-phase voltages.

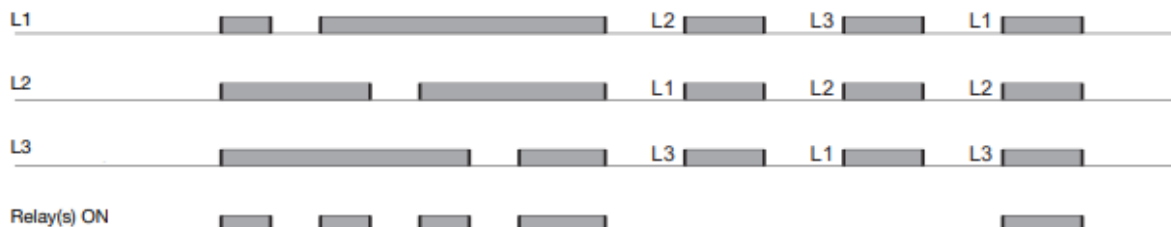
Example 1

The relay monitors that the power supply has the correct phase sequence and that all phase voltages are present.

Example 2

The relay releases in case of interruption of one or more phases, provided that the regenerated voltage does not exceed 85% of the phase-phase voltage.

Operation Diagram



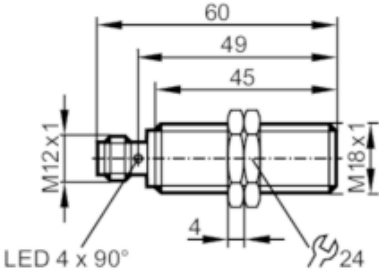
Anexo VI – Datasheet sensor indutivo

IGS232

Inductive sensor

IGK3008BBPKG/US-104





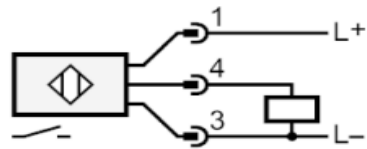


Product characteristics		
Electrical design		PNP
Output function		normally open
Sensing range	[mm]	8
Housing		Threaded type
Dimensions	[mm]	M18 x 1 / L = 60
Application		
System		gold-plated contacts; Increased sensing range
Application		Industrial applications
Electrical data		
Operating voltage	[V]	10...30 DC
Current consumption	[mA]	< 10
Protection class		III
Reverse polarity protection		yes
Outputs		
Electrical design		PNP
Output function		normally open
Max. voltage drop switching output DC	[V]	2.5
Permanent current rating of switching output DC	[mA]	100
Switching frequency DC	[Hz]	400
Short-circuit protection		yes
Overload protection		yes
Monitoring range		
Sensing range	[mm]	8
Real sensing range Sr	[mm]	8 ± 10 %
Operating distance	[mm]	0...6.48
Increased sensing range		yes

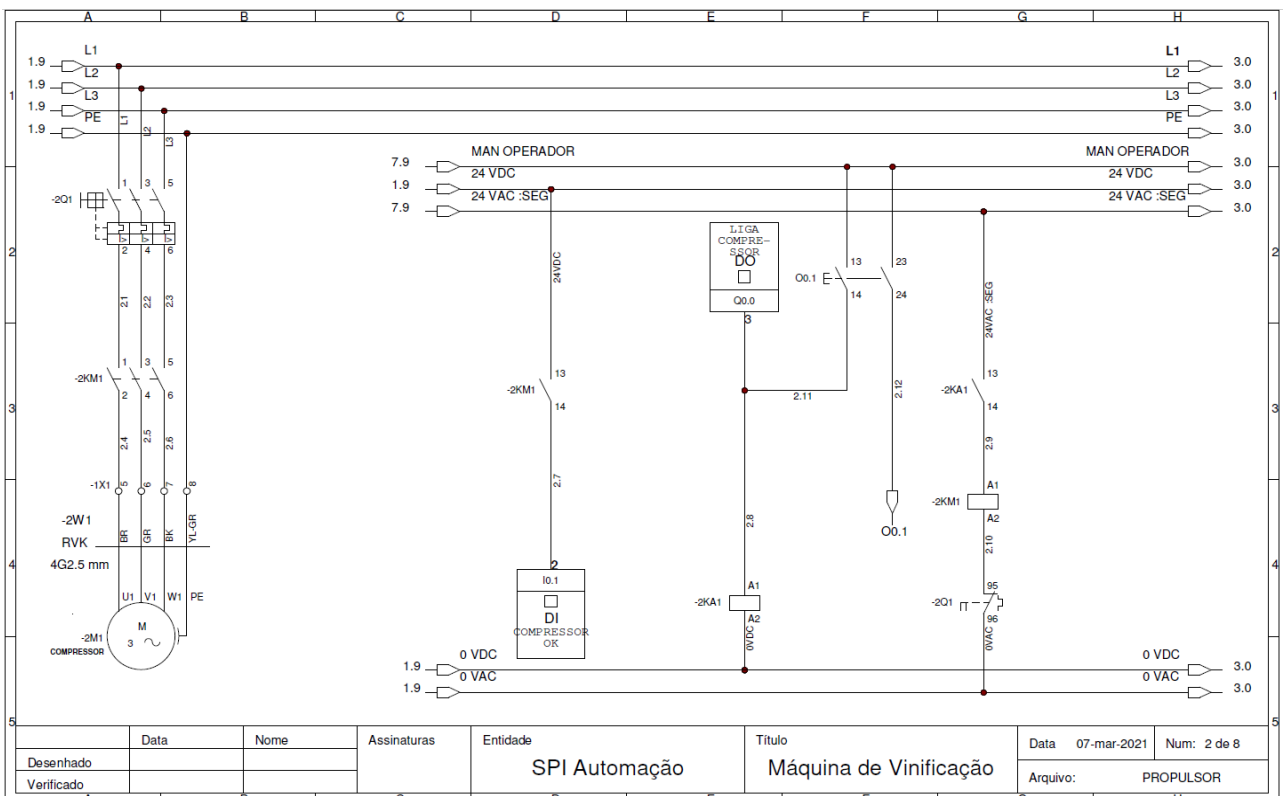
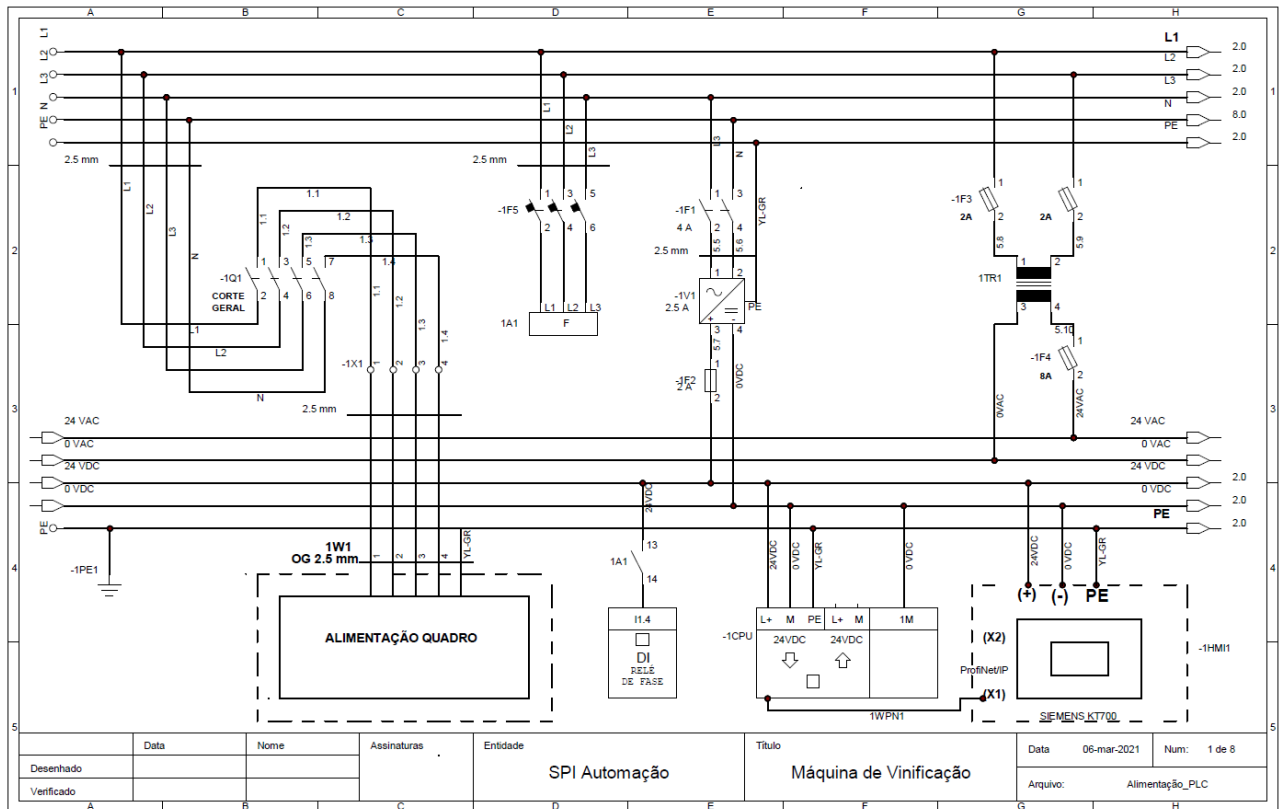
Accuracy / deviations		
Correction factor	steel: 1 / stainless steel: 0.7 / brass: 0.5 / aluminum: 0.4 / copper: 0.3	
Hysteresis [% of Sr]	3...15	
Switch-point drift [% of Sr]	-10...10	
Operating conditions		
Ambient temperature [°C]	-40...85	
Protection	IP 65; IP 66; IP 67; IP 68; IP 69K	
Tests / approvals		
EMC	EN 61000-4-2 ESD	4 kV CD / 8 kV AD
	EN 61000-4-3 HF radiated	10 V/m
	EN 61000-4-4 Burst	2 kV
	EN 61000-4-6 HF conducted	10 V
	EN 55011	class B
Vibration resistance	EN 60068-2-6 Fc	20 g (10...3000 Hz) / 50 sweep cycles per frequency; 1 octave per minute in 3 axes
Shock resistance	EN 60068-2-27 Ea	100 g 11 ms half-sine; 3 shocks each in every direction of the 3 coordinate axes
Continuous shock resistance	EN 60068-2-27	40 g 6 ms; 4000 shocks each in every direction of the 3 coordinate axes
Fast temperature changes	EN 60068-2-14 Na	TA = -40 °C; TB = 85 °C; t1 = 30 min; t2 = < 10 s; 50 cycles
Salt spray test	EN 60068-2-52 Kb	severity level 5 (4 test cycles)
MTTF [years]	1690	
UL approval	Ta	-25...70 °C
	Enclosure type	Type 1
	voltage supply	Limited Voltage/Current
	UL approval number	A001
	File number UL	E174191
Mechanical data		
Weight [g]	48.3	
Housing	Threaded type	
Mounting	flush mountable	
Dimensions [mm]	M18 x 1 / L = 60	
Thread designation	M18 x 1	
Material	brass white bronze coated; sensing face: PBT orange; LED window: PEI; lock nuts: brass white bronze coated	
Displays / operating elements		
Display	Switching status	4 x LED, yellow
Accessories		
Accessories (supplied)	lock nuts: 2	
Remarks		
Pack quantity	1 pcs.	
Electrical connection - plug		
Connector: 1 x M12; Contacts: gold-plated		

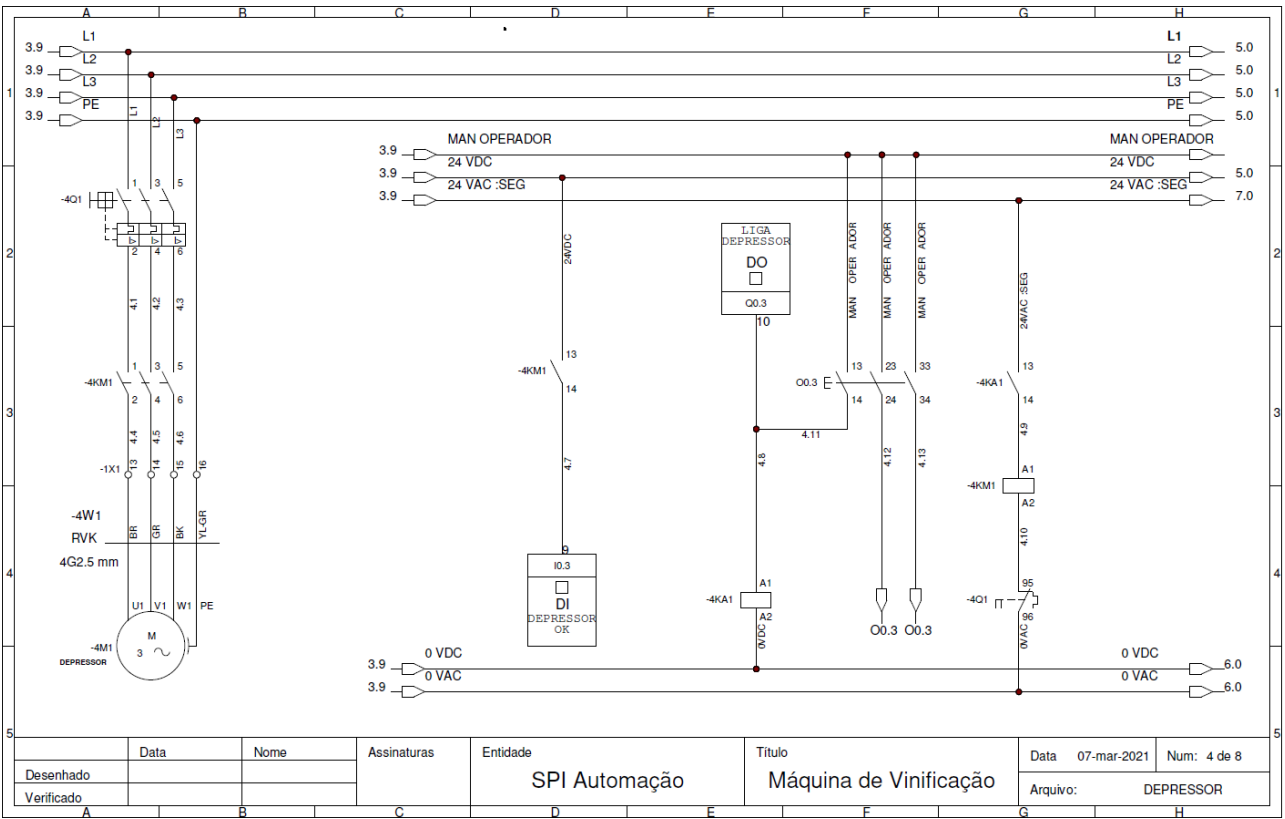
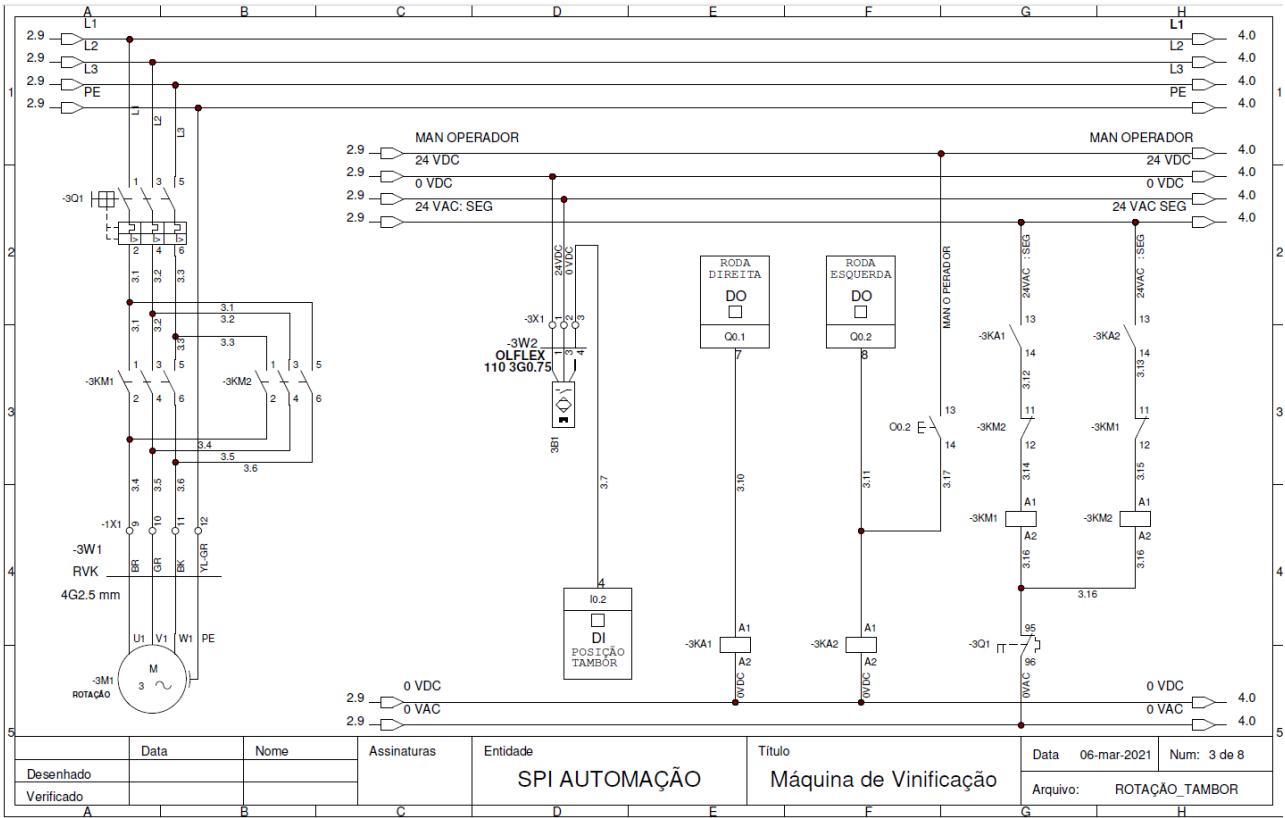


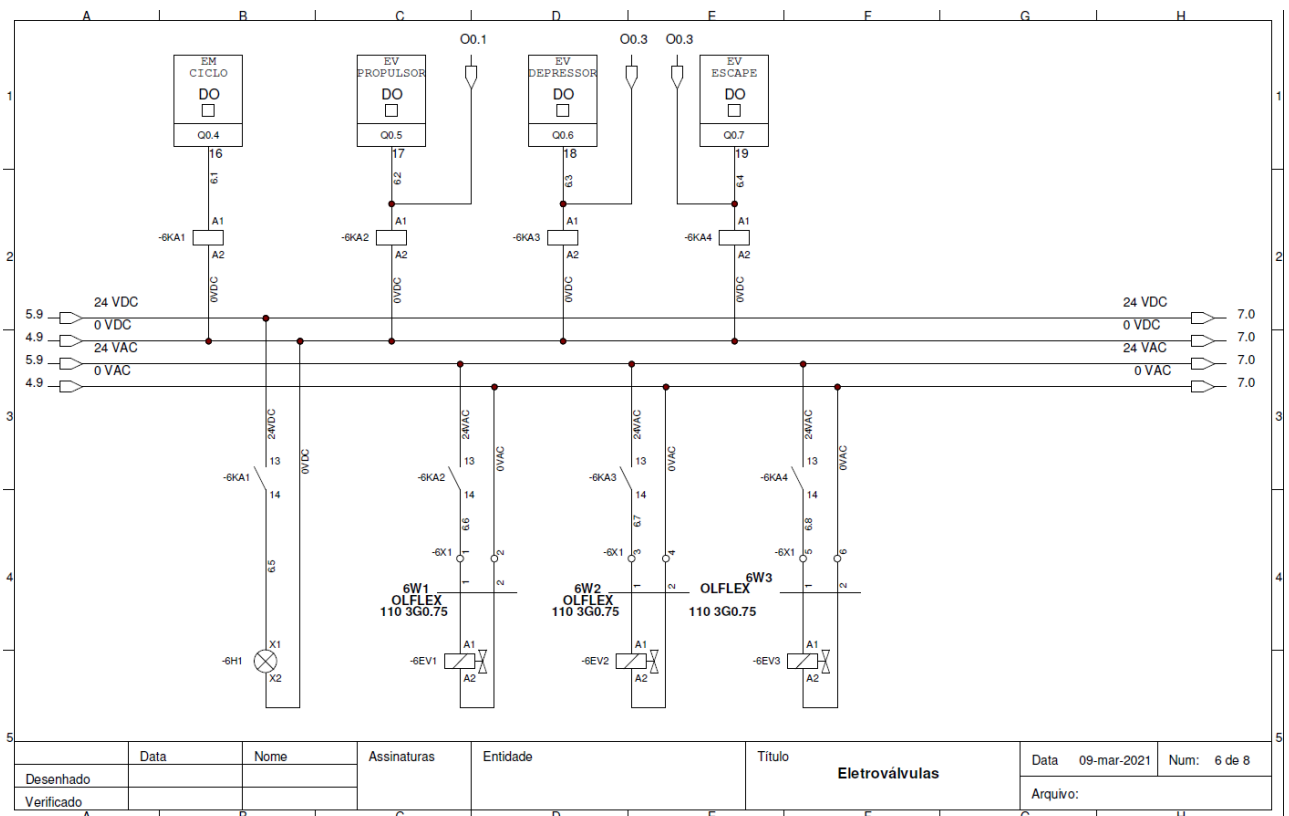
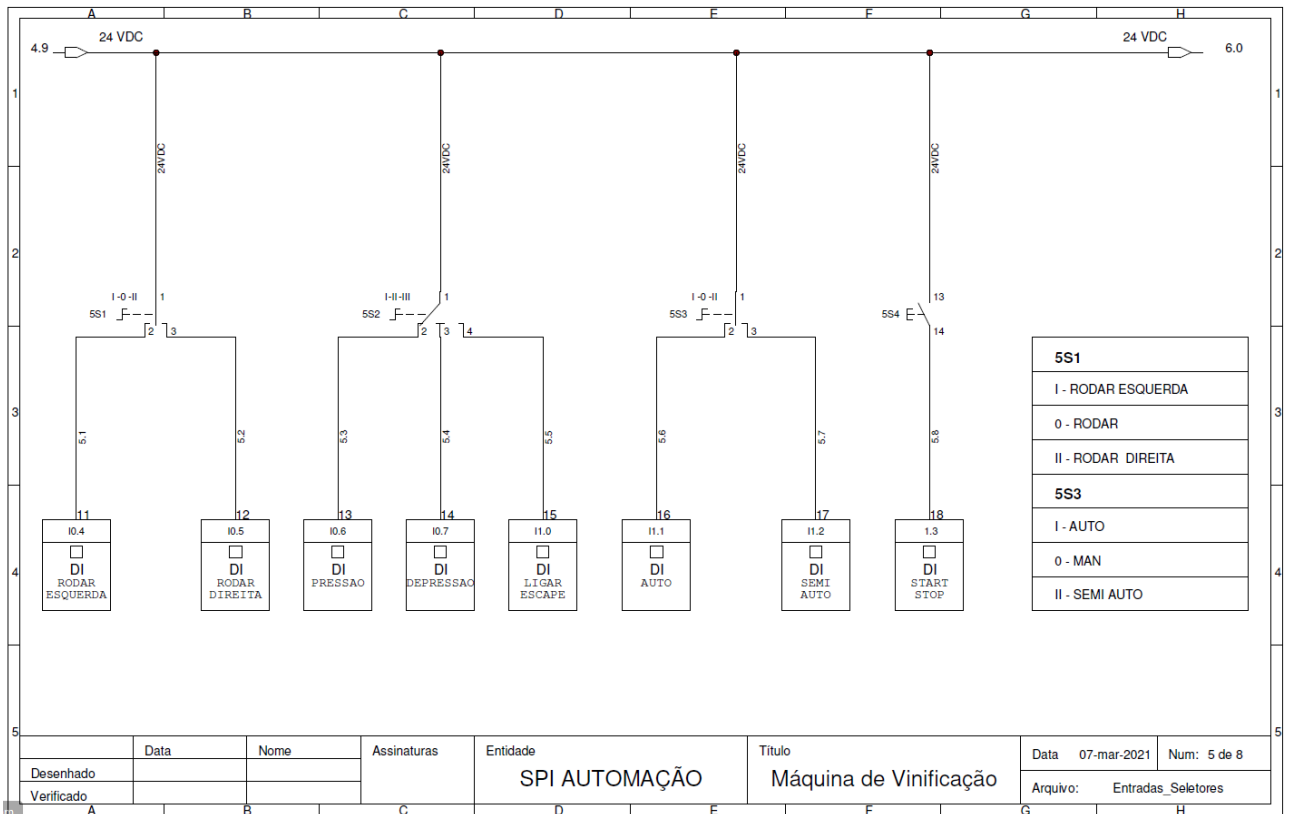
Connection

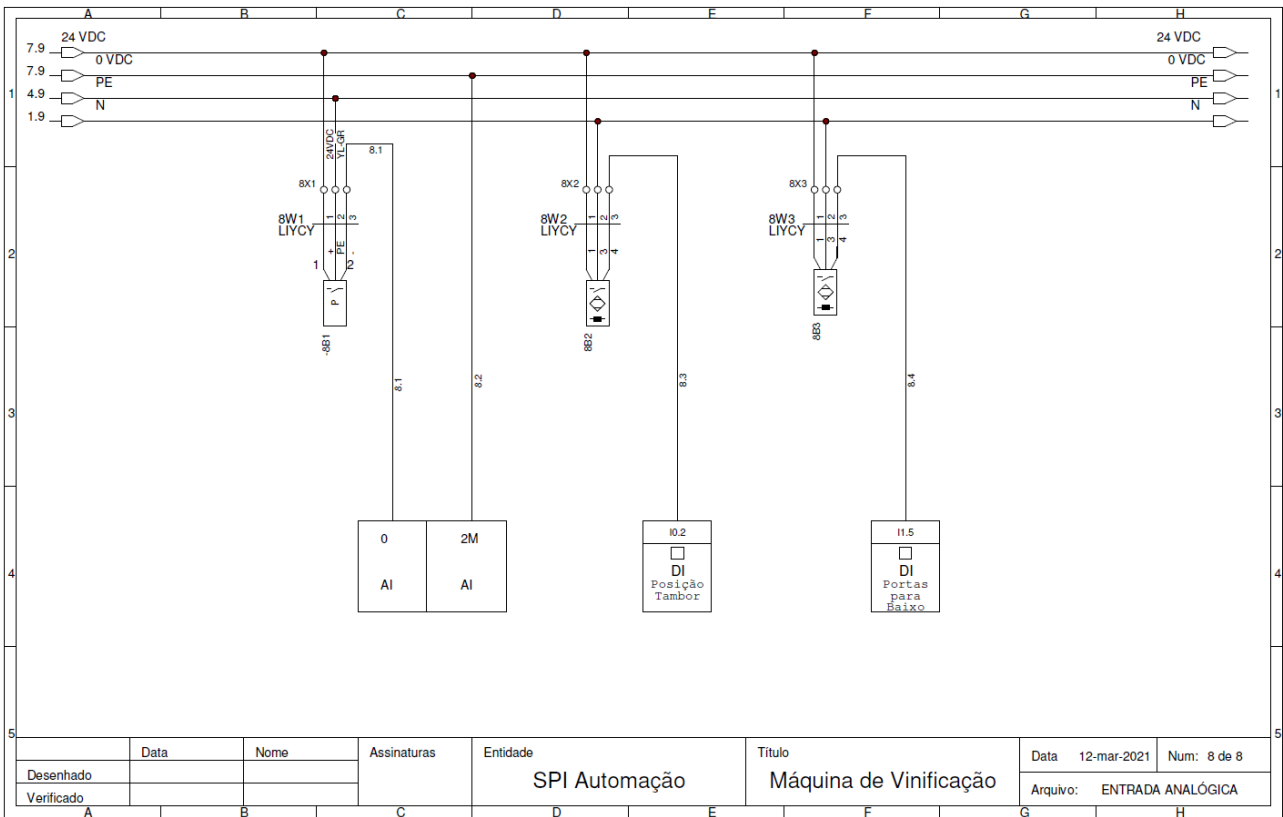
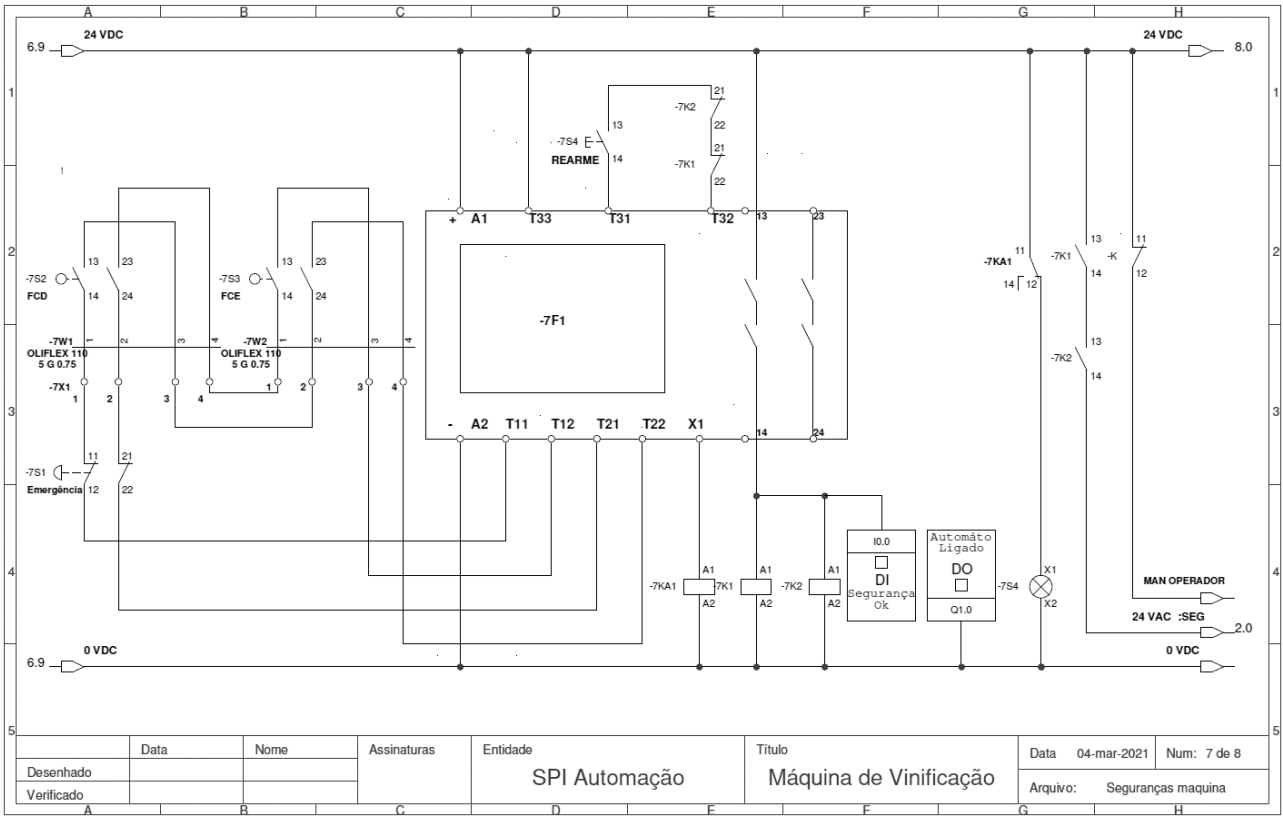


Anexo VII – Esquema elétrico









Anexo VIII – Fonte de alimentação

Datenblatt



Pro-E
CP E SNT 25W 24V 1.1A

Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
Klingenbergstraße 16
D-32758 Detmold
Germany
Fon: +49 5231 14-0
Fax: +49 5231 14-292083
www.weidmueller.com



With your applications in industrial automation, you appreciate a power supply with high levels of stability yet wish to remain flexible at the same time.

Our new wall-mounted PRO-E power supply offers outstanding value for money and has been developed for universal usage. Thanks to the wide variety of models with output voltages of 5 V, 12 V, 24 V and 48 V as well as extensive international approvals, it is suitable for use in many applications. The power bandwidth ranges from 25 W up to 350 W. Individual adaptability makes PRO-E the right choice for your power supply

Technische DatenFax: +49 9231 14-292083
www.weidmueller.com**Dimensions and weights**

Width	51 mm	Width (inches)	2.008 inch
Height	28 mm	Height (inches)	1.102 inch
Depth	91 mm	Depth (inches)	3.583 inch
Net weight	151 g		

Temperatures

Storage temperature, max.	85 °C	Storage temperature, min.	-20 °C
Ambient temperature	-20°C...70°C (>50°C derating, refer derated curve); 70% rated load @ 70°C	Storage temperature	-20 °C...85 °C

Environmental Product Compliance

REACH SVHC	Lead 7439-92-1
------------	----------------

Rated data UL

Certificate No. (cURus)	E349964
-------------------------	---------

Input

AC current consumption	0.3 A @ 230 V AC / 0.6 A @ 120 V AC	AC input voltage range	85...264 V AC
Connection system	Screw connection	DC input voltage range	110...370 V DC
Frequency range AC	47...63 Hz	Input fuse (internal)	yes / max. 20A
Rated input voltage	100...240 V AC (wide-range input)	Recommended back-up fuse	1 A at 230 V AC, characteristic curve C

Output

Mains failure bridge-over time	20 ms	Output current	1.1 A @ 24 V DC
Output power	25 W	Output voltage	± 10% nominal output voltage tolerance, adjustable with potentiometer
Overload protection	120~150% I _{konst.} of max. output power, automatic restart	Parallel connection option	Recommended with diode module
Rated output voltage	24 V DC	Residual ripple, breaking spikes	< 100 mV _{pp}
Surge protection	28...32 V @ 24 V DC		

General data

AC failure bridging time @ I _{nom}	min. 20 ms	Ambient temperature	-20°C...70°C (>50°C derating, refer derated curve); 70% rated load @ 70°C
Degree of efficiency	84 % @ 24 V DC	EMC standards	EN 55011, EN 55022, EN 55024, EN 61000-6 /-2, -3
Indication	Operation, green LED	Max. perm. air humidity (operational)	5 %...95 % RH
Mounting position, installation notice	Panel mount, screw fix	Protection degree	IP20
Short-circuit protection	Yes	Standards	EN 60950

Technische Daten

Fax: +49 5231 14-292083
www.weidmueller.com

System data

Output current 1.1 A@24 V DC

EMC / shock / vibration

Noise emission in accordance with
EN55032 Class A

Insulation coordination

electrical isolation, input-earth	2 kV	electrical isolation, input-output	3 kV
electrical isolation, output-earth	0,5 kV		

Electrical safety (applied standards)

Safety extra-low voltage SELV according to EN
60950

Connection data (input)

Connection system Screw connection

Approvals

Institute (cURus)



Certificate No. (cURus)

E349964

Classifications

ETIM 6.0	EC002540	eClass 6.2	35-04-90-90
eClass 7.1	35-04-90-90	eClass 8.1	35-04-90-90
eClass 9.0	27-04-07-01	eClass 9.1	27-04-07-01

Approvals

Approvals



ROHS Conform

Downloads

Approval/Certificate/Document of Conformity	DE_PA5200_160418_001.pdf
Engineering Data	EPLAN_WSCAD
Engineering Data	STEP