

**Projeto e Implementação de um Robot para Aplicações
Vinícolas**

Sandra Carina Cardoso Teixeira de Sampaio Mesquita

Relatório da Dissertação Final apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Industrial

Área de especialização em Engenharia Eletrotécnica

Orientador: Professor Doutor João Pinto Castro Ribeiro

Orientador: Professor Doutor João Paulo Coelho

Outubro 2023

**Projeto e Implementação de um Robot para Aplicações
Vinícolas**

Sandra Carina Cardoso Teixeira de Sampaio Mesquita

Relatório da Dissertação Final apresentado à

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Bragança

para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Industrial

Área de especialização em Engenharia Eletrotécnica

Orientador: Professor Doutor João Pinto Castro Ribeiro

Orientador: Professor Doutor João Paulo Coelho

Outubro de 2023

“A quem devo tudo”. Aos meus Pais, presencialmente à minha Querida Mãe, ao meu Amado Marido, Irmã, Cunhado, Sobrinhos, ao meu Querido Tio Antoninho e aos meus estimados Amigos...

Agradecimentos

Os meus agradecimentos vão em primeiríssima mão para Professor Doutor João Ribeiro por todo o seu interesse em abraçar intrinsecamente o meu projeto e de me acompanhar e apoiar mostrando sempre uma disponibilidade total em me ajudar, transmitindo sempre os seus conhecimentos técnicos na realização desta dissertação.

Agradeço ao meu Professor Doutor, João Paulo Coelho, por toda a ajuda prática que me prestou e por toda a partilha do seu conhecimento teórico-prático que foi fundamental, para assim me ser possível realizar e concretizar este projeto.

Agradeço aos meus familiares queridos, passando pela minha Mãe que neste momento faz de Pai e Mãe, á minha Irmã e Cunhado que sempre me apoiaram em realizar este meu projeto de vida e aos meus Sobrinhos e Afilhados que me transmitem muita força, e coragem para suportar desafios e novas etapas. Ao meu querido Tio Antoninho pelo pilar que sou no seu acompanhamento familiar e pelos cuidados que lhe presto a nível pessoal e de bem-estar.

Agradeço aos meus amigos que me apoiaram, acompanharam durante este meu projeto que, de uma forma ou outra, contribuiram para que isto fosse possível.

Por fim agradeço ao meu Amado Marido Rui Mesquita por todo o seu apoio, paciência e por todos os seus conselhos dados ao longo deste projeto. O meu obrigado por ter acreditado em mim e nas minhas capacidades pessoais e intelectuais.

A todos um bem aja e tenho consciência que nunca conseguirei agradecer tudo o que ambos fizeram por mim.

O meu muito obrigada ...

Resumo

Esta dissertação incidiu sobre a concepção, desenvolvimento e construção de um Robot “Pisa” para a Adega de uma Escola Profissional, no distrito de Bragança. Este projeto teve como objetivo industrializar e mecanizar uma das etapas do processo de produção de vinhos, ou seja, o processo de “esmagamento” das uvas, tendo sempre presente como eixo principal de análise a melhoria da capacidade produtiva sem prejudicar/alterar as qualidades organoléticas do produto final.

No que concerne à execução do projeto, o seu ponto de partida passou por um levantamento das necessidades, da logística, dimensionamento industrial, escolha dos materiais e equipamentos necessários para a planificação e coordenação dos trabalhos.

Para as dimensões do lagar, e as quantidades volumétricas das uvas colhidas, dimensionou-se uma estrutura em aço inoxidável. Esta estrutura metálica passa por fixar uma barra transversal às laterais do lagar com três cilindros / braços pneumáticos, devidamente distanciados de forma a distribuir a sua compressão por ar comprimido proveniente de um compressor. A cada lateral do lagar foi fixado um varandim por onde percorre a dita estrutura existindo os sensores fins de curso a limitar espaço e retomar posições de início e fim para contemplar os diversos ciclos de execução por programação do autómato em tempos definidos. Acoplado a este sistema, existem dois motores, que deslizam por intermédio de uma cremalheira, um pinhão e uma caixa redutora. Com todo este mecanismo, o Robot Pisa vai solucionar possíveis problemas e outras questões ficam ultrapassadas, porque vai reduzir o tempo de espera e, conseqüentemente, melhorar o desempenho do tratamento do vinho. Sendo assim, foi necessário dimensionar e automatizar o processo de pisa, com a programação cíclica do autómato da marca FESTO por tempos definidos de prensagem, com a programação em linguagem LADDER, e a modelação em rede Petri, desenhando as peças no programa SOLIDWORKS devidamente dimensionadas, com a correta ligação elétrica e mecânica de todos os equipamentos que lhe estão acoplados, cumprindo sempre com as regras técnicas de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho, utilizando devidamente os EPI's, (Equipamentos de Proteção Individual). Todas as ferramentas utilizadas, bem como o material, componentes e peças adquiridas são homologadas pelos Índices de Proteção IP e pela sua Resistência Mecânica.

Abstract

My thesis focused on the design, development and construction of a “Pisa” Robot for the Wine Cellar of a Professional School, in the district of Bragança. This project aimed to industrialize and mechanize one of the stages of the wine production process, that is, the process of “crushing” the grapes, always keeping in mind as the main axis of analysis the improvement of production capacity without harming/altering the organoleptic qualities of the final product.

Regarding the execution of the project, its starting point was a survey of needs, logistics, industrial sizing, choice of materials and equipment necessary for planning and coordinating the work.

For the dimensions of the wine press, and the volumetric quantities of harvested grapes, I designed a stainless-steel structure that was relatively simple and quite practical in terms of its design and application to the site. This metallic structure involves fixing a transverse bar to the sides of the wine press with three pneumatic cylinders/arms, properly spaced in order to distribute the pressing of compressed air from a compressor. A balcony was attached to each side of the wine press, which runs along the said structure, with end-of-switch sensors limiting space and returning to start and end positions to monitor the various execution cycles by programming the automaton at defined times. Coupled to this system, there are two half horsepower motors, which slide through a rack, a pinion and a reduction box. With all this mechanism, the Robot Pisa will solve possible problems and other issues that will be overcome, because it will reduce waiting time and consequently improve the performance of wine processing. Therefore, when sizing and automating my “Pisa” process, with the cyclical programming of the FESTO brand automaton for indefinite pressing times, with programming in LADDER language, and the use of the LABIEW simulator, to design the parts in the SOLIDWORKS program properly dimensioned connection of all the equipment attached to it, always complying with the technical Safety rules, Hygiene and Health at work, properly using EPI’s (Personal Protective Equipment). All the tools I use, as well as the material, components and parts purchased, are approved by IP Protection Indexes and Mechanical Resistance.

Índice

Agradecimentos	III
Resumo	V
Abstract.....	VII
Índice	IX
Índice de Figuras	XIII
Índice de Tabelas	XVIII
Abreviaturas.....	XIX
1. Introdução	1
1.1 Introdução.....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Estrutura do Documento	4
2. Fundamentação Teórica.....	6
2.1 Introdução.....	7
2.2 A origem da robótica e a sua aplicabilidade na indústria atual	7
2.3 Sistemas pneumáticos: princípios e conceitos fundamentais	10
2.4 Componente Mecânica no dimensionamento do robot	11
2.4.1 Estrutura.....	11
2.4.2 Cremalheira e pinhão	14
2.4.3 Caixa redutora.....	15
2.4.4 Suporte do motor com a caixa redutora	16
2.4.5 Braços Pneumáticos.....	17

2.4.6 Compressor	19
2.5 Componente Elétrica no dimensionamento do robot	20
2.5.1 O autômato, tipos e funcionalidade	22
2.5.2 O autômato.....	24
2.5.3 Quadros elétricos e seus componentes	25
2.5.4 Sensores	27
2.5.5 Variador de frequência	28
2.5.6 Motor Elétrico.....	29
2.6 ESTADO DA ARTE TECNOLÓGICA.....	32
2.6.1 Avaliar o estudo do projeto.....	32
2.6.2 O que existe no mercado.....	33
2.6.3 Quais as principais vantagens e desvantagens do robot pisa automático ..	36
2.6.4 As empresas que instalam este mecanismo	38
3. Metodologia.....	39
3.1 Dimensionamento do robot: Componente mecânica.....	40
3.1.1 Estrutura.....	40
3.1.2 Movimento de Translação do Pórtico.....	48
3.1.2.1 Cremalheira e Pinhão.....	49
3.1.2.2 Caixa Redutora.....	52
3.1.2.3 Estrutura de suporte do Motor com a Caixa Redutora.....	55
3.1.3 Braços Pneumáticos / Cilindros.....	58
3.1.3.1 Características técnicas dos Braços Pneumáticos / Cilindros.....	61
3.1.4 Compressor de Ar	65
3.1.4.1 Colocação da Tubulação/Mangueiras para circulação do Ar	65
3.2 Dimensionamento do robot: Componente eletrônica / elétrica	66

3.2.1 Aut3matato	66
3.2.1.1 Ativa33o do Aut3matato	70
3.2.2 Quadros El3tricos.....	78
3.2.2.1 Acess3rios dos Quadros El3tricos.....	80
3.2.2.2 Bot3es de Sinaliza3o / Bot3es de Comando.....	82
3.2.2.3 Disjuntores	84
3.2.3 Variador de Frequ3ncia.....	89
3.2.4 Motor	91
3.2.5 Sensores	93
3.2.6 V3lvulas Pneum3ticas	95
3.2.6.1 A posi3o das V3lvulas Pneum3ticas no Aut3matato.....	98
4. Ensaio Experimentais	102
4.1 Exemplo de Programaa3o do Aut3matato	103
4.1.1 Ativa3o do Motor	103
4.1.2 Ativa3o de V3lvulas	104
4.1.3 Ativa3o dos Temporizadores	105
4.2 Ciclo de Programaa3o do Aut3matato.....	110
5. Conclus3es e propostas para trabalhos futuros	114
5.1 Conclus3es e propostas para trabalhos futuros.....	115
Refer3ncias	118
Anexos.....	122

Índice de Figuras

Figura 1 - A estrutura em aço inoxidável do lagar.	13
Figura 2 - A fixação da cremalheira na lateral do lagar	15
Figura 3 - O pinhão que engrena na cremalheira	15
Figura 4 - A caixa redutora que vai acoplar ao motor	16
Figura 5 - O suporte do motor com a caixa redutora acoplada à estrutura.....	17
Figura 6 - O braço pneumático fixo à estrutura.....	19
Figura 7 - Os componentes que constituem um compressor	20
Figura 8 - Esquema de interface do autómato	23
Figura 9 - Modelo do autómato utilizado no projeto da dissertação	25
Figura 10 – Os quadros elétricos utilizados no projeto	27
Figura 11 - O variador de frequência instalado no quadro elétrico de aço inoxidável	30
Figura 12 - Os componentes que constituem um motor elétrico	31
Figura 13 - O motor elétrico utilizado no projeto da dissertação	32
Figura 14 a) b) - O robot pisa uvas na Quinta do Infantado	36
Figura 14 c) - O robot pisa uvas na Quinta dos Lagares	37
Figura 15 - O lagar que vai suportar o robot pisa	41
Figura 16 - A estrutura desenhada no SolidWorks com dimensões em milímetros	42
Figura 17 - A estrutura completa desenhada em SolidWorks	43
Figura 18 - Configuração do lagar com a estrutura desenhada no SolidWorks	44
Figura 19 a) b) - A estrutura de aço inoxidável colocada no lagar	44-45
Figura 20 - As peças de pequena dimensão que suportam a estrutura desenhada no SolidWorks	45
Figura 21 - A peça finalizadora para o encaixe da estrutura a cada varandim	46
Figura 22 - Perfuração do varandim colocado no lagar	46
Figura 23 - As rodas de nylon colocadas na estrutura metálica	47

Figura 24 - Colocação das rodas de nylon na estrutura metálica	47
Figura 25 - Localização das rodas de nylon na estrutura metálica segundo a peça desenhada no SolidWorks	48
Figura 26 - Modelo dos parafusos utilizados na fixação da estrutura metálica no lagar	48
Figura 27 - Segmento da cremalheira	50
Figura 28 - Segmento da cremalheira vista em 3D	51
Figura 29 - A fixação da cremalheira à parede lateral do lagar	51
Figura 30 - O pinhão desenhado no SolidWorks	52
Figura 31 - O pinhão utilizado no veio do motor para deslizar na cremalheira	52
Figura 32 - Caixa redutora utilizada no projeto	54
Figura 33 - Componentes que constituem a caixa redutora utilizada no projeto	54
Figura 34 - Caixa redutora desenhada no SolidWorks	55
Figura 35 - Veio de ligação da caixa redutora à cremalheira	55
Figura 36 - Posição do motor com a caixa redutora fixa à estrutura	56
Figura 37 - Estrutura que irá suporta o motor com a caixa redutora fixa à estrutura	56
Figura 38 - Simulação da estrutura fechada que irá suportar o motor com a caixa redutora fixa à estrutura.	57
Figura 39 - Estrutura final para o suporte do motor com a caixa redutora desenhada no SolidWorks	58
Figura 40 - Montagem da estrutura final em inox com o motor acoplado	58
Figura 41 - Rolamentos em nylon para reforço no deslizamento	59
Figura 42 - Modelo dos braços cilíndricos pneumáticos utilizados no projeto	60
Figura 43 - Os três braços pneumáticos	61
Figura 44 - Chapa das características dos braços pneumáticos	61
Figura 45 - Características do atuador pneumático da Festo	62
Figura 46 - Componentes que constituem cada um dos braços pneumáticos	63

Figura 47 - Esquema da distribuição dos componentes e peças que fazem parte de cada braço pneumático	63
Figura 48 - Os componentes e acessórios que fazem parte de cada braço pneumático .	65
Figura 49 - Tipo de compressor utilizado para o ar comprimido	66
Figura 50 - Colocação da mangueira PUN - H - 10x1,5 por cada cilindro pneumático	67
Figura 51 - O autômato utilizado no projeto da marca Festo	68
Figura 52 - Modelo do bloco de controlo do Autômato	70
Figura 53 - Modelo da fonte de alimentação para ligar o autômato á corrente elétrica .	72
Figura 54 - Ficha de ligação da fonte de alimentação ao autômato	73
Figura 55 - Sequência de ligação da ficha da fonte de alimentação ao autômato	73
Figura 56 - Ligação dos pinos da ficha da fonte de alimentação ao autômato por cores de cabos.	74
Figura 57 - Esquema de ligação do autômato pela ficha de alimentação	74
Figura 58 - Esquema final das ligações ao autômato	75
Figura 59 - Ligações realizadas no autômato	75
Figura 60 - Teste das ligações realizadas no autômato	76
Figura 61 a) b) - Ligações do autômato ao PC	76-77
Figura 62 - Seleção da rede e suas propriedades	78
Figura 63 - Seleção do modelo do controlo do sistema	78
Figura 64 - Criação do projeto na base de controlo do sistema	79
Figura 65 - Estado de conservação da parede para fixação dos quadros elétricos	80
Figura 66 - Colocação do quadro elétrico de pequena dimensão	81
Figura 67 - Localização do Q.E. no lagar	82
Figura 68 - Perfuração do Q.E. para fixação dos botões de sinalização	82
Figura 69 - Porta frontal do Q.E. com os botões de sinalização	83
Figura 70 - Os botões de sinalização utilizados no projeto	84
Figura 71 - Ligação dos botões de sinalização	84

Figura 72 - Localização do quadro elétrico auxiliar	85
Figura 73 - Dimensionamento do quadro elétrico e suas ligações	86
Figura 74 - Montagem e ligações das tomadas trifásicas e monofásicas no quadro elétrico	86
Figura 75 - Finalização da colocação dos quadros elétricos	87
Figura 76 - Condutor H05VV-F utilizado na alimentação dos circuitos ao quadro elétrico	87
Figura 77 - Montagem completa do quadro elétrico com os seus componentes.....	88
Figura 78 - Ligadores utilizados no quadro elétrico	89
Figura 79 a) - Esquema elétrico com os componentes e suas ligações	89
Figura 79 b) - Esquema Elétrico e sua simbologia	90
Figura 79 c) - Esquema Elétrico das ligações dos botões de sinalização	90
Figura 80 - Variador de Frequência e suas ligações	91
Figura 81 - Características do motor de 0,5 hp (372,85 W) utilizado no projeto	92
Figura 82 a) b) - O motor de 0,5 hp (372,85 W) utilizado no projeto	93
Figura 83 - Constituição do motor de 0,5 hp (372,85 W) utilizado no projeto	94
Figura 84 - Eletrificação do motor 0,5 hp (372,85 W)	94
Figura 85 - Modelo do sensor fim de curso	96
Figura 86 - Modelo do sensor aplicado a cada braço/cilindro pneumático	96
Figura 87 - Características do modelo da válvula VSVA-B-M52-AZD-A1-1T1L	97
Figura 88 - Modelo das válvulas acopladas ao autômato e esquema de conexões 5/2 ...	98
Figura 89 - Modelo da válvula utilizada no autônomo desenha no SolidWorks	99
Figura 90 - Posicionamento das válvulas no autônomo	100
Figura 91 - Saídas das válvulas no autônomo	101
Figura 92 - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG	104

Figura 93 a) b) c) - Ativação das válvulas do autômato pelo programador PLC_PRG	105-106
Figura 94 a) b) c) d) - Ativação dos temporizadores do autômato pelo programador PLC_PRG.	106-107-108
Figura 95 a) b) c) d) e) - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG	108-109-110
Figura 96 - Rede Petri de um possível ciclo do autômato.	112
Figura 97 - O fluxograma do ciclo do autômato com a ferramenta Mermaid.	113

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Designação dos componentes e peças que fazem parte de cada braço pneumático	64
Tabela 2 – Designação das características de cada braço pneumático	64
Tabela 3 – Ficha técnica de cada braço pneumático	65
Tabela 4 – Ficha técnica do autómato utilizado no projeto, da marca Festo	69
Tabela 5 a) b) – Ficha técnica do bloco de controlo do autómato.....	70-71
Tabela 6 – Características e princípio de funcionamento da válvula 5/2	98

Abreviaturas

AC/CA – Corrente Alternada

DC/CC – Corrente Contínua

IK – Resistência Mecânica

IP – Índice de Proteção

NA – Normalmente Aberto

NF – Normalmente Fechado

PLC – Programmable Logic Controller

PC – Computador

Q.E. e Q.E's – Quadro Eléctrico e Quadros Eléctricos

RPM – Rotações por Minuto

TON – Timer On Delay

TOF – Timer Off Delay

3D – Três Dimensões

1. Introdução

1.1 Introdução

Este trabalho foi pensado, estruturado e dimensionado de forma a ir ao encontro das necessidades atuais do mercado, com técnicas de rapidez, eficiência, máxima produtividade, rentabilidade para uma adega de produção e tratamento de vinho com várias colheitas e com diversas castas a serem apuradas e tratadas. Para isso, foi necessário conhecer os intervalos de tempo para cada etapa de colheita e o modo de prensagem do vinho, e com isto quantificar os seus valores e os ciclos mais ajustados para uma melhor quantidade e qualidade. O saber fazer está potencialmente bem presente, porque cada sequência de esmagamento ou prensagem do vinho permite aos técnicos obter melhores resultados na fermentação e conservação do vinho. Para ser possível a execução do projeto, teve-se que ter presente o espaço de montagem e de execução, por forma a enquadrar toda a logística de material dentro da área reservada ao lagar e de forma simples e económica obtermos resultados eficazes e satisfatórios. O dimensionamento do robot passou por um processo mecânico e elétrico / eletrónico para o seu pleno funcionamento, com um sistema pneumático, aplicando as devidas medidas de proteção e segurança, cumprindo com os requisitos técnicos dos fabricantes do material e com as normas de Instalações Elétricas. Para montagem deste robot, foi desenhada e projetada uma estrutura metálica, em aço inoxidável, afim de permitir uma boa mobilidade aos trabalhos de acesso ao interior do lagar e de sua limpeza / manutenção.

A preocupação principal foi projetar a robotização do lagar com um mecanismo eficaz e de fácil manutenção, para assim facilitar todo o processo do esmagamento e tratamento do vinho. Foram várias as motivações e necessidades que fizeram fluir este tipo de projeto, como a eficiência, inovação tecnológica, competitividade e melhoria das condições de trabalho. Está comprovado que hoje em dia, e nos tempos que decorrem os produtores ou proprietários de quintas que se dedicam à produção de vinha e engarrafamento do vinho em quantidades já apostam mais na mecanização do seu processo vinícola sem receio. A necessidade de robotizar lagares para pisar uvas é impulsionada por diversos fatores, uma vez que a automação possibilita uma produção mais eficiente e consistente, contribuindo para a qualidade do produto final, otimizando o processo, com uma redução de custos operacionais a longo prazo, mesmo com um

investimento inicial significativo, pela adoção de tecnologias avançadas, como robôs e automação. A automação pode ser implementada para tornar os processos mais sustentáveis, utilizando recursos de maneira eficiente e reduzindo o desperdício, elimina tarefas repetitivas e desgastantes, melhorando as condições para os trabalhadores, facilitando a atração de talentos e com a eficiência e redução de custos, tornam as empresas mais competitivas no mercado globalizado, porque o uso de tecnologias avançadas permite a adaptação mais rápida a mudanças nas demandas do mercado, garantindo a relevância contínua da indústria vinícola.

Por detrás disto tudo temos os benefícios sociais assentes na robotização do lagar, nomeadamente o desenvolvimento das habilidades técnicas e especializadas para os trabalhadores, gerando mais oportunidades de emprego noutras áreas como a manutenção, supervisão e programação dos sistemas robóticos. Os trabalhadores podem ser treinados para operar e manter os sistemas automatizados, adquirindo habilidades valiosas no mercado de trabalho, o que possibilita manter empregos mais qualificados e especializados na comunidade. Ao eliminar tarefas monótonas e fisicamente exigentes, a automação pode tornar os trabalhos mais atraentes e satisfatórios. Isso pode levar a uma redução no turnover de funcionários, contribuindo para a estabilidade da força de trabalho. A modernização e automação de processos podem atrair investimentos e promover o crescimento econômico local. Isso pode ter efeitos positivos em toda a comunidade, incluindo o desenvolvimento de infraestrutura e serviços.

É importante notar que, embora haja benefícios sociais, a implementação de tecnologia também pode trazer desafios, como a necessidade de treinamento para os trabalhadores afetados e a consideração dos impactos a longo prazo no emprego. Portanto, uma abordagem equilibrada e socialmente responsável é fundamental ao implementar este projeto de robotização.

Este projeto é um projeto inovador porque supera a capacidade humana em termos de ritmos, precisão e controlo, pois garante uma produção do vinho de alta qualidade, porque a pisagem é feita de maneira cuidadosa evitando danos desnecessários às uvas, mantendo a integridade do produto. Isso é crucial para atender às expectativas dos consumidores em relação ao sabor e à qualidade do vinho. A capacidade de produção também é ampliada com a introdução do robot, pois ele pode operar de forma contínua e em ritmo constante.

Em termos de imagem de marca, a introdução do robot destaca a inovação da empresa, transmitindo uma mensagem de comprometimento com a qualidade e a modernização. Essa abordagem pode conferir uma vantagem competitiva, especialmente num mercado onde os consumidores valorizam a eficiência e a excelência na produção de vinho. Além disso, a automação oferece flexibilidade ao lidar com diferentes variedades de uvas, adaptando-se facilmente a requisitos específicos. Isso é crucial num setor onde a diversidade de uvas e a produção de vinhos distintos são valorizadas.

A otimização de recursos é um benefício adicional, uma vez que a automação contribui para uma utilização mais eficiente de recursos, como água e energia, tornando o processo de produção mais sustentável e alinhado com práticas ambientais responsáveis.

Assim sendo, com o dimensionamento do robot no lagar não apenas se vai melhorar a eficiência e a qualidade do produto, mas também vai contribuir para a segurança dos trabalhadores, a sustentabilidade e a competitividade da empresa no mercado vinícola.

1.2 Objetivos

O trabalho desenvolvido e descrito nesta dissertação tem como principal objetivo:

- Mecanizar uma adega com o dimensionamento de um robot utilizando um autômato e os seus componentes de ligação, com braços pneumáticos fixos a uma estrutura de aço inoxidável.

Para alcançar este objetivo definiu-se um plano de trabalho, partindo do levantamento de toda a logística, no que concerne ao material necessário, equipamento e as ferramentas a utilizar. Depois, prosseguiu-se com uma pesquisa e consulta a fornecedores para selecionar preço e qualidade na obtenção desse mesmo material. Os materiais selecionados foram previamente avaliados de modo a suportarem os esforços e as condições de trabalho específicos para um equipamento de lagar de produção vinícola.

1.3 Estrutura do Documento

Este projeto passa por diversas fases na sua implementação. Inicialmente foi projetada a estrutura que melhor se ajustava e se aplicava ao projeto em causa, sendo esta desenhada em 3D, no programa em SolidWorks, indo ao encontro da área do lagar da adega, bem como, da sua melhor projeção face à utilidade, simplicidade e eficácia. Esta estrutura tinha de ser de um material inoxidável devido à durabilidade do próprio material e a sua resistência à corrosão, evitando o desgaste da própria estrutura. Como se trata de uma aplicação para transformação de um bem consumível, cumpriu-se com a Lei e as Normas de Gestão da Qualidade Alimentar e de segurança e regras no tratamento e conservação das bebidas.

Sendo assim, no primeiro capítulo é apresentada a introdução, bem como, a descrição dos objetivos, aplicabilidade e funcionalidade do mesmo.

Após a introdução, no capítulo dois está patente um enquadramento sobre a origem, evolução da robótica na indústria e a sua aplicabilidade no projeto desta dissertação com o dimensionamento do robot pisa uvas. Neste capítulo, é mencionado o Estado da Arte com a avaliação e estudo do projeto desta dissertação, os sistemas robotizados que existem no mercado desta área, as principais vantagens e desvantagens do robot pisa automático, e as empresas no mercado que instalam estes mecanismos com os seus devidos equipamentos.

O capítulo três consiste em descrever pormenorizadamente o projeto e seu dimensionamento separando a componente mecânica em elétrica, com os componentes, peças e acessórios para o seu princípio de funcionamento. Nesta fase, foi mencionada a sequência da montagem do Sistema Robotizado para a prensagem das uvas com um registo fotográfico e com a ilustração das peças desenhadas no SolidWorks, sequenciadas afim de descrever os seus encaixes, aplicações, ligações, características e modo de funcionalidade.

O quarto capítulo, consiste em exemplificar e ilustrar excertos da programação do autómato realizada no meu PC, pelo programador CODESYS IEC, da Festo, sendo estes considerados os ensaios experimentais ao sistema robotizado.

No quinto capítulo estão as conclusões obtidas neste trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados os temas principais que serviram de base para a elaboração da presente dissertação a fim de permitir um melhor enquadramento com os sistemas implementados no projeto. Inicialmente, é feita uma abordagem sobre a origem e a evolução da robótica para sistemas automatizados na indústria, e a sua aplicabilidade em sistemas pneumáticos. Em seguida, são retratados os componentes na implementação do robot automatizado neste projeto com a separação da componente mecânica e elétrica, mencionando uma breve definição da sua função e aplicabilidade. Seguindo o tema automação, é feita uma apresentação sobre os autómatos, tipos e sua funcionalidade, fazendo referência às principais características destes equipamentos no mercado. De seguida, é mencionado um ponto “Estado da arte tecnológico”, com vários exemplos de projetos existentes no mercado com sistemas automatizados por robot para o esmagamento e prensagem de Uvas num lagar. Nestes exemplos, são descritas as várias técnicas, os equipamentos e as suas vantagens. Alguns dos exemplos utilizados para a demonstração dos conceitos referidos, serão imagens capturadas durante o desenvolvimento do projeto.

2.2 A origem da robótica e a sua aplicabilidade na indústria atual

A origem da robótica remonta a Grécia Antiga, onde filósofos desenvolveram dispositivos mecânicos simples. No entanto, a robótica moderna teve início na década de 1950, com a criação das Três Leis da Robótica por Isaac Asimov.

Isaac Asimov, foi considerado um renomado autor de ficção científica, que criou as Três Leis da Robótica. Essas leis são: um robot não pode ferir um ser humano, ou, por inação, permitir que um ser humano sofra algum mal, um robot deve obedecer às ordens dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei e, por último, um robot deve proteger sua própria existência desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira ou a Segunda Lei.

Essas leis fictícias foram usadas por Asimov como um dispositivo central nas suas histórias afim de explorar as complexidades éticas e morais da interação entre robôs e os humanos. Elas tornaram-se parte da cultura popular e são, frequentemente, referenciadas em discussões sobre robótica e inteligência artificial.

Nas décadas de 1960 e 1970, a robótica tornou-se um campo de pesquisa ativo, resultando na criação do primeiro robô programável em 1954 e do primeiro robô industrial em 1961, contribuindo, assim, para a sua origem. Desde então, a tecnologia dos robôs tem evoluído rapidamente, trazendo avanços em áreas como a automação de fábricas, exploração espacial e medicina.

A primeira fase começou no século XVIII, mas foi em 1950 que sua introdução nas indústrias a tornaram mais usual. A robótica colaborativa, que começou na década de 1990, abrindo novas possibilidades de aplicação em vários setores. Enquanto isso, a mais recente, a cognitiva, permite que os robôs possam ser usados em tarefas cada vez mais complexas e em áreas como saúde, educação e serviços.

A progressão da automação robótica é notável e pode ser subdividida em diferentes estágios ao longo da história:

Fase Mecânica (Século XVIII): A concepção de dispositivos mecânicos capazes de auxiliar os seres humanos em tarefas árduas remonta a centenas de anos atrás.

Fase Eletromecânica (1920): O termo "robot" foi introduzido pelo escritor tcheco Karel Capek em 1920, quando ele estava escrevendo a peça de teatro "RUR, Robôs Universais de Rossum".

Fase Baseada em Computador (1954): Em 1954, George Devol desenvolveu o Unimate, o primeiro robot industrial que começou a operar na linha de produção da General Motors em 1961.

Fase Colaborativa: Nesta fase, destaca-se a colaboração entre humanos e robôs no ambiente de trabalho.

Fase Cognitiva: Atualmente, os robôs estão a ser desenvolvidos com capacidades cognitivas, como aprendizagem de máquina e inteligência artificial. Após a origem da robótica, sua evolução pode ser categorizada em vários estágios: mecânico, eletromecânico, baseado em computador, colaborativo e cognitivo.

A importância da Robótica é enorme, pois, ela permite que as empresas automatizem seus processos de produção, o que pode levar a uma produção mais rápida e consistente, reduzindo os custos de produção e melhorando a qualidade dos produtos.

A Robótica permite automatizar tarefas que seriam difíceis, perigosas ou tediosas para serem executadas por seres humanos. Os robôs conseguem realizar tarefas com eficiência,

precisão e sem se “cansarem”, o que pode aumentar a produtividade, diminuir custos e aprimorar a qualidade em muitos setores.

Desde a origem da robótica muitas áreas de produção foram recebendo tecnologias oriundas desses avanços, por isso, existem diversos tipos de Robótica, entre eles:

Robótica industrial: voltada para a automação de processos industriais, como montagem de carros e eletrônicos;

Robótica médica: utilizada em cirurgias e procedimentos médicos, como cirurgias laparoscópicas;

Robótica de serviço: destinada a prestar serviços aos seres humanos, como robôs de limpeza em residências e hotéis;

Robótica de exploração: usada em missões de exploração espacial, como o robot Curiosity da NASA em Marte;

Robótica educacional: focada em ensinar robótica e programação para crianças e jovens;

Robótica militar: desenvolvida para fins militares, como desativação de explosivos e drones de vigilância.

Esses são apenas alguns exemplos das diversas categorias de Robótica existentes, e muitos deles podem se sobrepôr em termos de funcionalidade e aplicação. Todos eles vêm evoluindo bastante desde a origem da robótica.

No entanto, é de nosso conhecimento que a Robótica é um campo pertencente à engenharia e à ciência, dedicado à investigação, desenvolvimento, fabricação e utilização de robôs. Um robô é uma máquina programável capaz de executar tarefas automatizadas, que incluem a manipulação de objetos, a realização de tarefas em linhas de produção, a condução de procedimentos cirúrgicos, a exploração de ambientes perigosos, e diversas outras aplicações. Em cada uma dessas áreas, os robôs são utilizados para automatizar tarefas, aumentar a eficiência, reduzir os custos e proporcionar experiências interativas. Dentro deste contexto e com o decorrer dos tempos esta área foi aperfeiçoando suas raízes em muitos campos do conhecimento, com avanços tecnológicos e desafios inesperados. Daí o projeto desta dissertação ir ao encontro de um robot para a prensagem e esmagamento das uvas num lagar. Neste caso, o robot será concebido para replicar o método tradicional de pisar as uvas, porém com maior eficiência e uniformidade. Eles podem ser programados para realizar a prensagem das uvas de maneira específica, assegurando que todas as uvas sejam esmagadas de forma homogênea e eficiente. Para tal foi necessário utilizar três braços pneumáticos e um compressor de ar comprimido.

Antes de avançar com os componentes e equipamentos utilizados no projeto é fundamental mencionar o papel dos sistemas pneumáticos na indústria atual.

2.3 Sistemas pneumáticos: princípios e conceitos fundamentais

Presentemente a maior parte dos processos industriais de fabrico recorrem ao ar comprimido por forma a levar a cabo sequências automatizadas de produção. O estudo do comportamento, assim como, da aplicação do ar comprimido para a transmissão de energia, é conduzido por um ramo da mecânica designado por pneumática. A razão subjacente à utilização de ar comprimido é a de efetuar trabalho. A realização de trabalho requer a aplicação de energia cinética a um objeto do que resulta o seu deslocamento. No caso concreto de um sistema pneumático, a energia é armazenada num estado de potencial sobre a forma de ar comprimido. Resumidamente, os sistemas pneumáticos automatizados são sistemas de automação que utilizam ar comprimido para controlar e realizar tarefas mecânicas. Esses sistemas são comuns numa variedade de aplicações industriais e de automação de processos. O componente utilizado para comprimir o ar atmosférico é o compressor, que armazena o ar em tanques pressurizados, e esse ar comprimido é, então, utilizado para realizar várias tarefas. Para além do compressor, os sistemas pneumáticos automatizados possuem uma variedade de componentes, incluindo válvulas, cilindros, atuadores, filtros, reguladores de pressão e tubos. As válvulas controlam o fluxo de ar, enquanto os cilindros e atuadores pneumáticos realizam o trabalho mecânico.

Os sistemas pneumáticos são, frequentemente, usados em processos automatizados, por controladores lógicos programáveis (PLCs) ou outros dispositivos eletrónicos que são usados para controlar a operação dos componentes pneumáticos, permitindo a automatização de tarefas.

As principais vantagens destes sistemas pneumáticos automatizados incidem na alta confiabilidade, baixo custo de manutenção, capacidade de realizar tarefas em ambientes hostis (como áreas com presença de líquidos ou poeira), e facilidade de controle. Daí são utilizados num vasto leque de aplicações, tais como, automação de linhas de produção, máquinas de embalagem, robótica industrial, sistemas de transporte, sistemas de elevação e muitas outras aplicações industriais.

Embora os sistemas pneumáticos tenham várias vantagens, eles também têm algumas desvantagens, como ineficiência energética, ruído e a necessidade de compressores de ar, que podem ser caros e exigir manutenção regular.

Tendo em atenção todos estes fatores, no projeto da dissertação houve a necessidade de recorrer a duas componentes fundamentais: mecânica e eletrónica/elétrica. Na componente mecânica é mencionada a estrutura, os componentes de movimento, nomeadamente, cremalheira, pinhão, rodas de nylon, caixa redutora, os braços pneumáticos e o compressor. Na componente eletrónica e elétrica são mencionados os seguintes componentes: motores, sensores fim de curso, o autómato, os quadros elétricos e suas ligações. Na conjuntura destas duas componentes existe um controlo e um feedback, entre a eletrónica que é responsável por receber informação dos sensores e ajustar os motores e braços pneumáticos em tempo real. Isto cria um sistema de controlo integrado onde a mecânica e a eletrónica se influenciam mutuamente para realizar as operações desejadas. Aqui também é fundamental pensarmos na fase de calibração e otimização, pois a eletrónica pode ser usada para otimizar os movimentos dos motores, garantindo a eficiência energética e a operação suave dos braços pneumáticos. Para tal, no 2.4, estão presentes os aspetos mecânicos com os seus referidos componentes e estrutura para o princípio de funcionamento deste sistema robotizado, e no ponto 2.5 estão presentes os aspetos eletrónicos/elétricos para o dimensionamento do robot pisa.

2.4 Componente Mecânica no dimensionamento do robot

2.4.1 Estrutura

A estrutura do robot foi fabricada em aço inoxidável porque possui propriedades de resistência à corrosão e oxidação, tornando este metal adequado para ambientes agressivos, como áreas húmidas e com a exposição a vários produtos, nomeadamente, os produtos químicos usados na confeção do vinho. Além disso, o aço é durável, fácil de limpeza e manutenção [1].

Esta estrutura não poderia ser de outro material, uma vez que se trata de um bem alimentar, o vinho e a sua utilização no setor vinícola oferece várias vantagens, especialmente quando se trata de produção de vinho. Essas vantagens assentam na higiene, durabilidade, facilidade de manutenção, controle de temperatura, neutralidade

em termos de sabor e sustentabilidade. Daí essas características tornam o aço inoxidável um material amplamente preferido na indústria vinícola. O aço inoxidável é um material não poroso e resistente à corrosão, o que o torna altamente higiênico. Isso é essencial ao lidar com alimentos e bebidas, como uvas para a produção de vinho. É fácil de limpar e não permite o crescimento de bactérias, fungos ou mofo.

O aço inoxidável é extremamente durável e resistente a danos. Ele não enferruja ou se deteriora facilmente, mesmo quando exposto a líquidos ácidos, como o mosto de uva. Isso significa que um lagar de aço inoxidável pode durar muitos anos, proporcionando um excelente retorno sobre o investimento. A manutenção de um lagar de aço inoxidável é relativamente simples, pois basta realizar a limpeza regular e, ocasionalmente, verificar se há desgaste ou danos. Não é necessário pintar ou revestir o aço inoxidável, tornando a manutenção mais fácil em comparação com outros materiais. Também o aço inoxidável é um excelente condutor térmico. Isso permite um controle mais preciso da temperatura durante o processo de fermentação, uma vez que é fácil aquecer ou arrefecer o material, mantendo as condições ideais para a produção de vinho. É inerte em termos de sabor, o que significa que não reage com o mosto de uva ou o vinho. Isso preserva o sabor natural das uvas e evita a contaminação por sabores indesejados que podem ocorrer com outros materiais, como madeira.

A superfície lisa do aço inoxidável facilita a limpeza, o que é crucial na produção de vinho, onde a higiene é essencial para evitar a contaminação do produto. O aço inoxidável é 100% reciclável, o que o torna uma escolha sustentável para a produção de vinho, ajudando a reduzir o impacto ambiental.

Os lagares de aço inoxidável podem ser projetados e fabricados de acordo com as especificações desejadas, permitindo a personalização para atender às necessidades específicas da vinícola [1].

Assim sendo e devido a estes fatores todos, a estrutura foi pensada e redesenhada no SolidWorks de forma ir ao encontro das necessidades do espaço e dimensão do lagar. Daí, fez-se um estudo do modelo mais adequado à estrutura do lagar.

A Figura 1 ilustra a estrutura desenhada no SolidWorks no lagar do projeto, com a finalidade de corresponder às quantidades e ao volume de uvas a pisar por colheita.

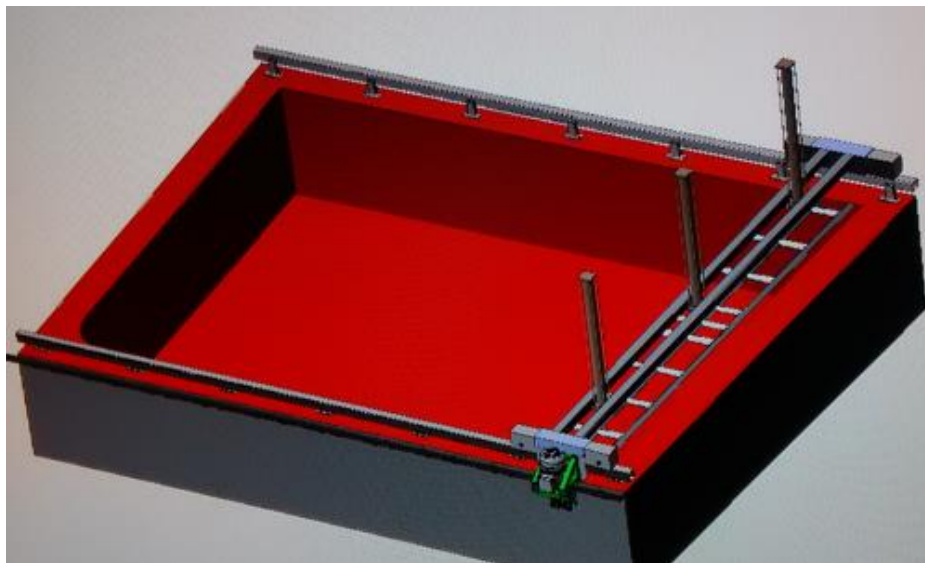


Figura 1 - A estrutura em aço inoxidável do lagar.

Esta estrutura foi pensada e executada ao pormenor, com os seus cortes, encaixes e pontos de solda em reforço da força exercida sobre os varandins/carris e o suporte dos braços pneumáticos. No ponto 3 desta dissertação são descritos os passos pormenorizados do dimensionamento das peças desenhadas no SolidWorks e o seu acoplamento à estrutura, bem como a estrutura fisicamente montada.

Para a colocação e movimentação da estrutura, foram projetados dois varandins / carris, um de cada lado do lagar de comprimento aproximadamente 4 metros, para uma força de deslocação de 300 Nm. Para chegar a estes valores, foram usados garrafões de 5 litros de água pendurados à estrutura para testar o peso máximo que a estrutura conseguia ainda movimentar-se sobre os varandins com a ajuda das rodas de nylon projetadas para o seu deslizamento. Contudo, para testar e apurar estes valores, foi necessário utilizar matematicamente as fórmulas que interligam o peso, deslocamento e a força, através das seguintes equações:

Força (F): A força necessária para movimentar um objeto de massa (m) com uma aceleração (a) pode ser expressa através da seguinte equação: $F = m * a$. Em resumo, a força é o resultado da multiplicação da massa pela aceleração.

Peso (P): O peso é a força exercida na direção vertical, devido à atração gravitacional da Terra. Para calcular o peso, utiliza-se a fórmula $P = m * g$, em que m é a massa do objeto e g representa a aceleração devido à gravidade.

Trabalho (W): O trabalho efetuado por uma força durante um deslocamento é determinado pela equação $W = F * d * \cos(\theta)$, em que F é a magnitude da força, d é a distância do deslocamento e θ é o ângulo entre a direção da força e a do deslocamento. Quando a força e o deslocamento ocorrem na mesma direção (ângulo de 0 graus), o trabalho executado pela força resulta em um aumento na energia cinética.

As rodas de nylon também foram selecionadas em prol da sua função fulcral no deslizamento da estrutura e o seu tamanho foi em função do peso e a largura do varandim. As rodas de nylon são fabricadas a partir de nylon, um material reconhecido por sua durabilidade, têm uma ampla aplicação em diversas indústrias, sobretudo, para o transporte de cargas pesadas em superfícies lisas. Elas estão disponíveis em vários tamanhos, combináveis com diferentes tipos de suportes de médio e alto desempenho, permitindo capacidades de carga que variam de 30 kg a 4.400 kg.

Estas rodas de nylon destacam-se pela sua baixa resistência ao rolamento, mesmo sob cargas consideráveis. São também resistentes a diversos produtos químicos, tornando-as adequadas para ambientes com rigorosos padrões de higiene. Além disso, sua composição suave e maleável preserva a integridade dos pisos onde são utilizadas em ambientes industriais, evitando rachaduras ou danos ao longo do processo de trabalho.

Depois de apurar todos estes valores, foi necessário pensar na cremalheira e no pinhão para colocar na lateral da parede do lagar e dimensionar a estrutura necessária para suporta o motor de forma a ajustar o veio do motor à ligação do pinhão a engrenar na cremalheira.

2.4.2 Cremalheira e pinhão

A cremalheira no campo da mecânica é uma barra que possui dentes num dos lados, permitindo seu encaixe com um pino, com a finalidade de converter um movimento linear em um movimento circular e vice-versa. Essa peça é empregada para transformar movimentos lineares em movimentos circulares ou de rotação, e vice-versa. Já no contexto mecânico, um "pinhão" é um componente de engrenagem que desempenha o papel da engrenagem de eixo menor. Quando o pinhão está localizado no eixo do motor, o conjunto de engrenagens funciona de forma a reduzir a velocidade e aumentar o binário. Quando o pinhão se acopla a uma "cremalheira," que é uma barra com dentes, ele tem a capacidade de transformar um movimento de rotação, proveniente do motor, em um

movimento linear na cremalheira, e vice-versa. Essa funcionalidade é, frequentemente, empregada em sistemas mecânicos para converter diferentes tipos de movimento.

A Figura 2 e 3 ilustram a cremalheira e o pinhão utilizados no projeto.



Figura 2 - A fixação da cremalheira na lateral do lagar.



Figura 3 - O pinhão que engrena na cremalheira.

No ponto 3 desta dissertação estão as peças desenhadas no SolidWorks destes dois componentes e descrição da sua montagem.

2.4.3 Caixa redutora

A caixa redutora, em termos de engrenagens, é um dispositivo mecânico projetado para diminuir a velocidade de rotação de um eixo de entrada para um eixo de saída. Isso é, geralmente, alcançado por meio do uso de engrenagens de tamanhos diferentes, onde a engrenagem de saída é menor que a engrenagem de entrada, resultando numa redução na velocidade, mas um aumento no binário. As caixas redutoras são comumente usadas em máquinas e equipamentos industriais para adaptar a velocidade e o binário às necessidades específicas de uma aplicação.

Para este projeto, a caixa redutora foi selecionada para um motor de 0,5 hp (372,85W) e na sua colocação teve-se que ter em atenção o distanciamento entre o veio, com o pinhão engrenado na cremalheira. Na Figura 4 ilustra-se a caixa redutora utilizada no projeto e no ponto 3 desta dissertação é possível ver em SolidWorks a peça, a sua montagem e a sua colocação no motor face à estrutura metálica.



Figura 4 - A caixa redutora que vai acoplar ao motor.

2.4.4 Suporte do motor com a caixa redutora

O suporte do motor é de aço inoxidável e foi estudado, projetado e desenhado de forma a encaixar perfeitamente o motor e a caixa redutora. O suporte foi feito em tubo quadrado de 60 mm e 30 mm, e é fixo por parafusos à estrutura metálica que se move sobre os varandins como é possível visualizar na Figura 5. Este suporte foi desenhado em várias perspetivas no SolidWorks, com a identificação dos cortes e os encaixes ajustáveis a ambos os componentes: motor, caixa redutora e mesmo à estrutura. É de salientar que este suporte tinha que ser o mais aberto possível, para impossibilitar a entrada de objetos, a acumulação de poeiras e humidades.



Figura 5 - O suporte do motor com a caixa redutora acoplada à estrutura em aço inoxidável.

2.4.5 Braços Pneumáticos

O termo "braços pneumáticos" faz referência a dispositivos ou ferramentas que empregam ar comprimido para criar movimentos mecânicos. Estes dispositivos representam um tipo de atuador linear que é acionado por meio da pressão do ar comprimido.

Na indústria, a automação pneumática está estreitamente associada ao aumento da eficiência produtiva e à redução dos custos operacionais. Os braços pneumáticos encontram-se em diversos cenários, destacando-se na robótica, onde desempenham funções como o deslocamento, elevação e manipulação de objetos.

Os braços pneumáticos são concebidos para realizar uma ampla gama de movimentos, abrangendo tanto movimentos lineares, angulares quanto rotativos. Além disso, caracterizam-se pela sua robustez e capacidade de resistir a ambientes adversos, sendo notável a sua operação sem a necessidade de mão de obra especializada para seu manuseio.

Contudo, neste sistema existem vantagens e desvantagens.

As vantagens são:

Segurança: Como usam ar comprimido, os sistemas pneumáticos são, geralmente, considerados mais seguros do que os sistemas hidráulicos. O ar é incombustível e os vazamentos não representam um risco ambiental e contribui para a redução de acidentes.

Custos: Os sistemas pneumáticos podem ser menos caros para instalar e de longa duração.

Além disso, o ar é um recurso abundante e relativamente barato.

Simplicidade: Os sistemas pneumáticos são, geralmente, mais simples e mais fáceis de operar e manter do que os sistemas hidráulicos.

Aumento da Eficiência: Os sistemas pneumáticos executam tarefas de forma mais ágil, impulsionando a eficiência.

Durabilidade em Ambientes Hostis: Os componentes pneumáticos são robustos e podem resistir a ambientes adversos.

Facilidade de Implementação: A simplicidade de uso e integração torna os sistemas pneumáticos uma escolha conveniente.

Economia de Recursos: A adoção de braços pneumáticos pode resultar em economias de custos, tanto em termos de mão de obra como de matéria-prima.

Precisão Elevada: Os sistemas pneumáticos proporcionam alta precisão, sendo essenciais para a execução de uma ampla gama de movimentos, sejam eles rotacionais, percussivos ou de rápida mudança de direção.

As desvantagens são:

Eficiência: Os sistemas pneumáticos não são tão eficientes quanto os sistemas hidráulicos em termos de transferência de energia. O ar é compressível, o que pode levar a perdas de energia.

Controle: Enquanto os sistemas pneumáticos são excelentes para fornecer força e velocidade, eles não oferecem o mesmo nível de controle preciso que os sistemas hidráulicos.

Ruído: Como os sistemas hidráulicos, os sistemas pneumáticos também podem ser bastante barulhentos, especialmente quando o ar é liberado.

Falta de Precisão no Controle: Os sistemas pneumáticos podem não alcançar o mesmo nível de precisão de controle encontrado em outros sistemas, como os hidráulicos.

Sensibilidade às Vibrações: Os componentes pneumáticos podem ser sensíveis às vibrações, o que pode impactar o desempenho do sistema.

Emissão de Ruído: Sistemas pneumáticos podem ser ruidosos, o que pode ser problemático em ambientes onde o ruído é uma preocupação.

Custo do Ar Comprimido: O custo por metro cúbico de ar comprimido é relativamente alto, devido a uma parte significativa da energia consumida no processo de compressão ser dissipada na forma de calor.

Flexibilidade Limitada: Em certos casos, os sistemas pneumáticos podem ter sua flexibilidade limitada em relação aos tipos de cargas transportadas e podem apresentar dificuldades na reconfiguração do layout ou na incorporação e expansão de novos equipamentos.

Os braços pneumáticos utilizados neste projeto é da marca Festo e são três, modelo CRDNG-63-700-PPV-A, identificados com o número 160887, projetados para operar com uma pressão máxima de 10 bar (145 psi). Esses braços ou cilindros pneumáticos permitem uma manobra direcional, controlada pela pressão do ar proveniente de um compressor de 200 litros.

Esse controle é realizado, simultaneamente, nos três cilindros através de uma mangueira especialmente designada para o transporte do ar. O movimento de avanço e recuo é conseguido pelo deslocamento de um pistão situado no interior do braço, indo do ponto de partida ao ponto de chegada, marcando o início e o fim do curso.

A Figura 6 ilustra os braços pneumáticos fixos à estrutura metálica.



Figura 6 - O braço pneumático fixo à estrutura.

No ponto 3, são retratados pormenores da constituição dos braços e da colocação destes na estrutura metálica.

2.4.6 Compressor

O compressor de ar é um dispositivo responsável por gerar energia pneumática, ou seja, energia proveniente da compressão do ar. Ele opera ao receber energia elétrica ou através de combustíveis como gasolina e diesel, convertendo-a em energia mecânica, que é utilizada para comprimir o ar, aplicando pressão.

A utilidade desse equipamento é de suma importância em vários setores, incluindo a indústria, infraestrutura e construção civil. A sua principal função é a produção de ar comprimido, que desempenha um papel fundamental no funcionamento de ferramentas, dispositivos pneumáticos e linhas de produção industrial.

A compressão do ar provoca o aumento da velocidade das moléculas, o que, por sua vez, eleva a temperatura. Esse fenômeno é conhecido como "calor de compressão".

Os compressores de ar destinados a aplicações industriais são utilizados em centrais encarregadas do fornecimento de ar em instalações industriais.

A Figura 7 que se segue, mostra a constituição de um compressor a ar comprimido.

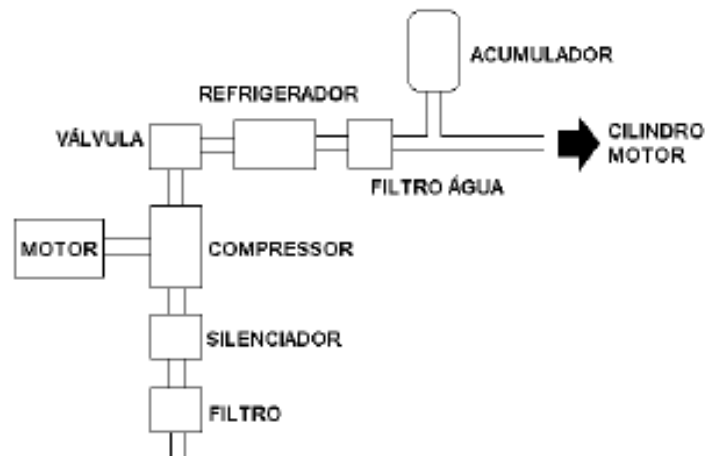


Figura 7 - Os componentes que constituem um compressor. [21]

O compressor de ar utilizado neste projeto é da marca "Flux" e é, exclusivamente, utilizado para fornecer ar comprimido ao sistema. É notável por ser silencioso e tem a capacidade de fornecer ar a uma pressão até 10 bar. Possui uma potência de 3 hp, atinge 145 psi e tem uma capacidade de armazenamento de 200 litros.

As mangueiras onde vai circular o ar é da marca festo, com as características PUN-H-10x1,5 mm² a que vai contornar os cilindros pneumáticos. A mangueira que liga o compressor de ar a estes terminais de mangueira por cilindro tem uma secção superior, sendo esta a PUN-H-16x2,5 mm².

2.5 Componente Elétrica no dimensionamento do robot

Antes de passar a mencionar os componentes elétricos necessário para o dimensionamento do robot do projeto desta dissertação, e ainda dentro deste contexto, vê-se a necessidade de focar o robot e sua composição na indústria mecanizada nos dias de hoje. Há uma grande diferença entre máquinas comuns e robôs. Para ser classificado como um robot, é necessário ser composto por três elementos básicos: sensores, software e manipuladores. Os sensores são os dispositivos de entrada, já os softwares ou sistemas de controle são utilizados para tomadas de decisão e os manipuladores como dispositivos de saída. No que concerne aos sensores, um dos principais aspetos de uma máquina para ser classificada como robot é a sua habilidade sensorial dentro do ambiente em que está trabalhando. Muitas dessas habilidades se assemelham aos próprios sentidos humanos, como sensores de cor e luminosidade (visão), sensores de pressão (tato), sensores de som (audição), sensores de gás (olfato) e muitos outros mais. O sensor é importante num robot porque ele funciona como o seu dispositivo de entrada, ou seja, ele dita qual será a atuação do robot a partir do que foi fornecido a ele pelo seu INPUT.

Outro elemento base para o funcionamento de um robot é o seu Software. A partir da informação que foi fornecida para o robot pelos sensores, é possível determinar qual será a próxima ação de seus manipuladores, porém, para isso, é necessária uma tomada de decisão, e é aí que entra o software. O robot, por si só, é apenas uma máquina atuadora, e para que a sua atuação seja correta, ela precisa de ser guiada por um ser humano. Essas máquinas podem ser muito bem controladas de maneira manual, ou seja, através de um painel de controle, por exemplo, em que um apertar de botão ou um acionamento de uma manivela faça o mecanismo funcionar, porém, para ser classificado como robot, a máquina deve ser automática, ou seja, deve ser capaz de atuar sem a interferência humana. Para isso, é necessário programá-la.

A programação é o processo de escrita, teste e manutenção de um programa de computador. Essencialmente, é um conjunto de instruções escritas pelo programador que

o computador ou a máquina segue. Elas podem ser escritas em diversas “línguas”, que na verdade são apenas maneiras diferentes de organizar as instruções e o texto. As línguas mais utilizadas dentro do mundo da programação são: Java, C, C++, Python, C#, JavaScript, Visual Basic .NET, R, PHP, MATLAB, etc.

Por último, temos os manipuladores que são também considerados importantes para colocar em prática os sensores e o software. Depois que o robô recebe as informações de entrada dos sensores e toma as decisões do que fazer em seguida através do software, é necessário que ele atue, e para isso, temos os manipuladores, que, basicamente, colocam em prática os comandos dados pelo programa desenvolvido dentro do robô. Há diversos tipos de atuadores, porém, os mais comuns são aqueles que se movimentam ou se locomovem de um lugar para o outro, como um carro automático, por exemplo, ou os que apenas movem uma de suas partes para carregar algum produto. Esses processos podem ser realizados através de rodas ou tapetes rolantes, pernas locomotoras ou por propulsores. As junções destes três aspectos relevantes para o princípio de funcionamento dos robôs implementam os braços de movimentação dos típicos robôs industriais mais utilizados no mercado, nos mais diversos setores. As aplicações típicas dos robôs industriais incluem fundição, pintura, soldadura, montagem, movimentação de cargas, inspeção de produtos, e realização de testes, tudo realizado com uma precisão, velocidade, e robustez relativamente elevadas. São usados em várias indústrias incluindo a construção, siderurgia, metalúrgica, equipamentos agrícolas, mineração entre outras.

Para uma melhor compreensão sobre os robôs automatizados, é necessário explicar o que é um autômato, a sua funcionalidade e aplicações.

2.5.1 O autômato, tipos e funcionalidade

Do ponto de vista do utilizador, o autômato é uma "caixa preta" que processa informação. Os Controladores Lógicos Programáveis (PLC's) podem apresentar aspectos físicos diferentes, diferentes performances e custos muito díspares; no entanto, os seus elementos constituintes são fundamentalmente os mesmos. Sendo um equipamento capaz de controlar processos, naturalmente, dispõe de dispositivos de aquisição e saída de informações. Sendo também um equipamento programável, integra um microprocessador e uma memória para guardar o programa. Para alimentar os circuitos atrás descritos, onde

temos os sensores e os manipuladores, bem como, outros componentes, existe também uma fonte de alimentação. Finalmente, para que possa ser introduzido o programa e para que possa existir um diálogo básico para o exterior, dispõe também a possibilidade de ligar dispositivos de programação.

A Figura 8 ilustra o esquema de interface do autômato.

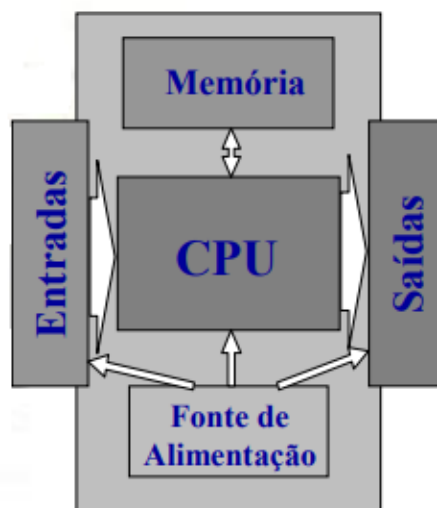


Figura 8 - Esquema de interface do autômato. [28]

Um autômato programável é um dispositivo eletrônico utilizado para controlar processos industriais. Ele é composto por uma unidade de processamento, memória, entradas e saídas e um programa que define o seu comportamento.

O princípio de funcionamento de um autômato programável envolve a execução de um programa armazenado na sua memória. Esse programa é desenvolvido por um programador e define as ações que o autômato deve realizar com base nas entradas recebidas. As entradas podem ser sinais elétricos provenientes de sensores ou de outros dispositivos. O autômato processa essas entradas de acordo com o programa e aciona as saídas correspondentes, que podem ser sinais elétricos para ativar motores, válvulas, lâmpadas, entre outros dispositivos.

Os autômatos programáveis têm uma ampla aplicação na automação industrial, sendo fundamentais para o eficaz e confiável controle e monitorização de processos. Podem ser programados para realizar tarefas complexas, como o controle de produção, monitorização de temperatura, regulação de velocidade, entre outras funções. Assim, o conceito de autômato abrange duas áreas distintas: a mecânica e a ciência da computação.

Na vertente mecânica, um autômato refere-se a um dispositivo que opera de forma automática, muitas vezes, imitando os movimentos humanos. Pode ser uma máquina que replica os movimentos de um ser animado, como um robot.

Já no âmbito da ciência da computação, um autômato é um modelo matemático composto por um conjunto de estados, símbolos de entrada, transições e estados iniciais e finais. Estas máquinas desempenham um papel crucial na teoria da computação e encontram diversas aplicações nas ciências da computação, abrangendo campos como engenharia de software, inteligência artificial e redes de computadores.

Assim sendo, os autômatos, no contexto da ciência da computação, representam máquinas abstratas capazes de executar cálculos e reconhecer linguagens formais, assumindo um papel essencial na teoria computacional e nas múltiplas aplicações das ciências da computação.

Existem vários tipos de autômatos, incluindo autômatos finitos, autômatos Pushdown e máquinas de Turing. Os autômatos finitos são o tipo mais simples de autômatos, consistindo num conjunto finito de estados, num alfabeto de entrada, numa função de transição, num estado inicial e num estado final. Os autômatos Pushdown são mais complexos e têm uma memória de pilha para além do controlo de estado finito. As máquinas de Turing, por outro lado, podem executar qualquer função computável e têm uma fita infinita para armazenamento.

Os autômatos podem ser utilizados para representar linguagens formais, incluindo linguagens regulares, linguagens livres de contexto e linguagens recursivamente enumeráveis. Uma linguagem regular pode ser representada usando um autômato finito, enquanto que uma linguagem livre de contexto requer um autômato Pushdown. As linguagens recursivamente enumeráveis podem ser representadas usando uma máquina de Turing.

Um autômato tem várias características, incluindo determinismo, não-determinismo, completude e minimização. Um autômato determinista tem uma única transição para cada símbolo e estado de entrada, enquanto que um autômato não determinista pode ter múltiplas transições para um dado símbolo e estado de entrada. A completude refere-se ao facto de que cada cadeia de entrada possível tem de ter uma transição definida na máquina. A minimização é o processo de redução do número de estados de um autômato, preservando a mesma linguagem.

Neste projeto de dissertação o autômato utilizado é da marca Festo e tem precisamente a funcionalidade de executar os vários ciclos de programação para a pisa de uvas no lagar.

2.5.2 O autômato

O autômato utilizado no projeto é da marca Festo, com o modelo CPX-CEC-C1-V3, e o código 3473128 segundo o catálogo da Festo. O autômato é programado de forma a sequenciar um sistema de Pisa no lagar por processos / ciclos sequenciais, com tempos determinados (início e fim). Ou seja, a programação abrange mais do que um ciclo ao autômato, e ele realiza uma sequência de ações de maneira automática e repetitiva, de acordo com o programa pré-definido. O ciclo selecionado inclui um temporizador para intervalos regulares ou em resposta a determinadas condições, acionando os braços pneumáticos e estabelecendo comunicação com os outros dispositivos com base em condições lógicas. De modo geral, este tipo de autômato tem como função executar uma sequência de ações de forma automática e repetitiva, permitindo a automação e o controle preciso das operações.

A Figura 9 mostra o autômato utilizado no projeto desta dissertação.

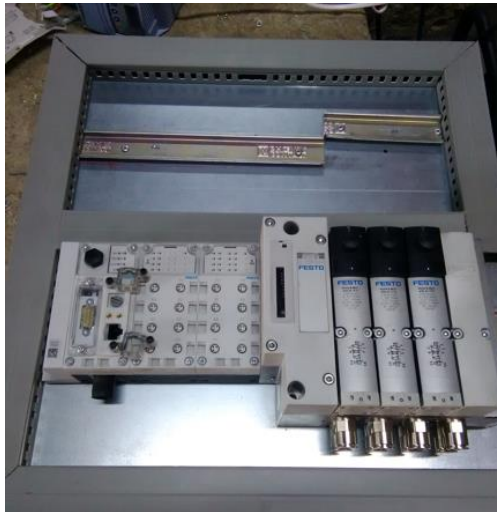


Figura 9 - Modelo do autômato utilizado no projeto da dissertação.

No ponto 3 e 4 desta dissertação são mencionados os passos de instalação e ativação deste autômato.

Em seguida, vem mencionados os componentes eletrônicos e elétricos que foram utilizados para dimensionamento do robot e a sua principal função para uma melhor

compreensão da sua utilidade, e só no ponto 3 é que são descritas as suas ligações e localizações.

2.5.3 Quadros elétricos e seus componentes

Um quadro elétrico, também conhecido como painel de distribuição elétrica ou painel de controle, é uma caixa ou gabinete que abriga componentes elétricos essenciais para distribuição, proteção e controle da energia elétrica num sistema elétrico ou instalação.

Os componentes típicos de um quadro elétrico incluem:

1. **Disjuntores:** Os disjuntores são dispositivos de proteção que interrompem o fluxo de corrente elétrica em caso de sobrecarga ou curto-circuito. Eles são essenciais para evitar danos aos circuitos elétricos e prevenir incêndios. Os disjuntores podem ser monofásicos (para uma fase) ou trifásicos (para três fases) e têm classificações de corrente específicas.
2. **Diferencial de Corte (Interruptor Diferencial-Residual - IDR):** O diferencial de corte é um dispositivo de proteção contracorrentes de fuga à terra. Ele monitora a diferença entre as correntes que entram e saem de um circuito. Se uma corrente de fuga for detetada, o diferencial de corte desliga o circuito automaticamente, reduzindo o risco de choque elétrico ou incêndio.
3. **Barramentos:** Os barramentos são trilhos ou barras condutoras que distribuem a eletricidade dos disjuntores para os diversos circuitos elétricos na instalação. Eles podem ser barramentos de fase (para as fases de alimentação) e barramentos neutros (para a distribuição do retorno) e os barramentos Terra (ligação à massa).
4. **Botões de Sinalização:** Botões de sinalização ou interruptores de controle são usados para ligar e desligar circuitos ou dispositivos elétricos num quadro elétrico. Eles podem ser usados para operar sistemas de iluminação, máquinas, motores, entre outros.

Além desses componentes básicos, um quadro elétrico pode incluir medidores de energia, transformadores, relés, fusíveis, indicadores luminosos, medidores de tensão e corrente, entre outros dispositivos, dependendo das necessidades específicas da instalação elétrica. Os quadros elétricos desempenham um papel fundamental na distribuição segura e eficiente da eletricidade em edifícios, fábricas e instalações industriais. Eles são projetados e montados de acordo com as normas elétricas e regulamentos de segurança

para garantir a operação confiável e a proteção contra possíveis falhas elétricas. Neste caso foram utilizados dois quadros elétricos, um em aço inoxidável e outro de pequenas dimensões onde são feitas as ligações às tomadas de alimentação dos circuitos.

É no quadro em aço inoxidável que está o autômato, o variador de frequência, os botões de sinalização/comando, e os componentes de ligação á alimentação elétrica que comuta ao quadro elétrico de pequenas dimensões.

A Figura 10 ilustra os dois quadros elétricos utilizados no projeto.



Figura 10 - Os quadros elétricos utilizados no projeto.

Em seguida, são abordados os restantes componentes que estão acoplados no quadro elétrico em aço inoxidável e os restantes componentes fulcrais para o funcionamento do sistema.

2.5.4 Sensores

Os sensores de fim de curso, também conhecidos como interruptores de fim de curso, são dispositivos eletrônicos ou mecânicos projetados para detetar a posição ou a presença de um objeto ou elemento num ponto específico de um curso ou trajetória. Eles são frequentemente utilizados em sistemas automatizados, máquinas industriais e dispositivos para determinar quando um objeto atingiu uma posição final desejada, atingiu um limite ou realizou uma ação específica. Esses sensores podem enviar sinais elétricos ou mecânicos quando a condição pré-definida é alcançada, desencadeando ações subsequentes no sistema ou máquina em que estão instalados. Os sensores de fim de curso

desempenham um papel fundamental na automação e controle de processos industriais, garantindo a precisão e a segurança em diversas aplicações.

Tipos de sensores de fim de curso:

Existem dois tipos principais de sensores de fim de curso:

1. **Mecânicos:** Os sensores mecânicos de fim de curso consistem num interruptor que é acionado mecanicamente quando um objeto atinge uma posição específica. Quando acionados, eles podem abrir ou fechar um circuito elétrico, indicando a posição alcançada.
2. **Eletrônicos:** Os sensores eletrônicos de fim de curso utilizam tecnologias como infravermelho, ultrassom ou outros métodos para detetar a presença ou ausência de um objeto em uma posição específica. Eles enviam um sinal elétrico ou eletrônico quando o objeto atinge o ponto de referência desejado.

Aplicações dos sensores de fim de curso:

Os sensores de fim de curso são amplamente utilizados em diversas aplicações, incluindo:

- **Automação Industrial:** Em máquinas e equipamentos para detetar a posição de componentes, garantindo operações seguras e precisas.
- **Automação Residencial:** Em portas automáticas, elevadores e janelas para garantir que eles parem ou mudem de direção quando atingem as posições desejadas.
- **Robótica:** Para indicar limites de movimento e evitar colisões.
- **Veículos Automotores:** Em sistemas de controle de portas e janelas, bem como em veículos autônomos para detetar obstáculos.
- **Equipamentos de Impressão:** Para detetar a posição do carro de impressão e do papel em impressoras e copiadoras. Esses sensores são essenciais para garantir o funcionamento seguro e eficiente de muitos sistemas e máquinas, pois fornecem informações cruciais sobre o posicionamento e a operação de componentes.

Neste projeto estes sensores são colocados no término do lagar para limitar o término do comprimento do lagar e por sua vez mudar de posição a estrutura face ao ciclo programado. No ponto 3 é descrito a instalação deste componente no lagar.

2.5.5 Variador de frequência

Um variador de frequência, também conhecido como inversor de frequência ou drive de frequência variável, é um dispositivo eletrônico utilizado para controlar a velocidade de motores elétricos de corrente alternada (AC). Ele opera alterando a frequência da corrente elétrica que é fornecida ao motor, o que, por sua vez, controla a velocidade e o binário do motor.

A principal função de um variador de frequência é permitir a regulação precisa da velocidade de um motor elétrico, o que é especialmente útil em diversas aplicações industriais e comerciais. Isso possibilita uma ampla gama de benefícios, incluindo economia de energia, controle de processos, redução do desgaste do equipamento e maior eficiência operacional.

Em termos simples, um variador de frequência recebe energia elétrica na frequência da rede (geralmente 50 ou 60 Hertz) e a converte em uma frequência variável de saída. Através desse controle da frequência, o motor pode operar em velocidades diferentes, atendendo às demandas específicas de uma aplicação, como acelerar, desacelerar ou manter uma velocidade constante. O variador de frequência também pode fornecer proteção ao motor, monitorando a corrente e a temperatura, e oferecer funções de controle avançadas, como controle do binário e vetorial.

Os variadores de frequência são amplamente utilizados em indústrias, como a automobilística, de petróleo e gás, fabrico, HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado), sistemas de transporte, entre outros, onde o controle preciso da velocidade dos motores elétricos é essencial para otimizar os processos e economizar energia. Eles desempenham um papel crucial na automação industrial e na eficiência energética. Neste caso específico da dissertação, o variador de frequência vai controlar o motor com aceleração e desaceleração deste face aos ciclos programáveis. Contudo, no ponto 3 especifica-se a utilização deste componente e a sua montagem.

A Figura 11 mostra o variador de frequência inserido no quadro elétrico de aço inoxidável.



Figura 11 - O variador de frequência instalado no quadro elétrico de aço inoxidável.

2.5.6 Motor Elétrico

Um motor elétrico é um dispositivo eletromecânico que converte energia elétrica em energia mecânica para realizar trabalho. Ele é amplamente utilizado numa variedade de aplicações, desde motores de automóveis até aparelhos domésticos, máquinas industriais e muito mais. Os principais componentes de um motor elétrico incluem:

Bobina ou enrolamento: A parte principal do motor elétrico é o enrolamento, que é geralmente feito de fio de cobre ou outro material condutor. Esse enrolamento é colocado em torno de um núcleo ferromagnético, que pode ser chamado de estator.

Estator: O estator é a parte fixa do motor elétrico e abriga os enrolamentos de fio. Ele cria um campo magnético permanente ou rotativo, dependendo do tipo de motor, que interage com o rotor para gerar o movimento.

Rotor: O rotor é a parte móvel do motor elétrico e é geralmente conectado a um eixo que realiza o trabalho desejado. Ele é colocado no interior do estator e é a parte que gira quando o motor está em funcionamento.

Comutador (em motores de corrente contínua): Em motores de corrente contínua, o comutador é um dispositivo rotativo que inverte a direção da corrente elétrica no enrolamento do rotor, permitindo que o motor gire em uma direção específica.

Escovas (em motores de corrente contínua): As escovas são usadas para fazer contato elétrico com o comutador em motores de corrente contínua, permitindo a passagem de corrente elétrica para o rotor.

Carcaça: A carcaça é o invólucro que envolve o motor e fornece proteção mecânica e suporte para os componentes internos. Ela também pode ter a função de dissipar o calor gerado durante a operação do motor.

Rolamentos: Os rolamentos são usados para suportar o eixo do rotor, permitindo que ele gire suavemente dentro do estator.

O funcionamento do motor elétrico envolve a aplicação de uma corrente elétrica ao enrolamento do estator, o que cria um campo magnético. Esse campo magnético interage com o campo magnético gerado pelo rotor, resultando em um movimento rotativo do rotor. A direção e a velocidade desse movimento podem ser controladas ajustando a corrente elétrica aplicada e os componentes do motor.

Existem vários tipos de motores elétricos, incluindo motores de corrente contínua (DC), motores de corrente alternada (AC), motores de indução, motores de passo e muitos outros, cada um com características e componentes específicos para atender a diferentes necessidades e aplicações.

A Figura 12 que se segue mostra a constituição do motor elétrico de indução assíncrono e a Figura 13 mostra o motor elétrico utilizado no projeto desta dissertação.

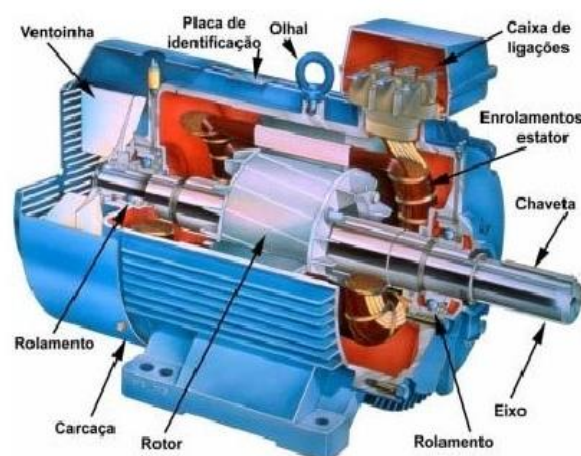


Figura 12 - Os componentes que constituem um motor elétrico. [17]



Figura 13 - O motor elétrico utilizado no projeto da dissertação.

O motor selecionado para o projeto desta dissertação foi ao encontro do movimento necessário para deslocar o pórtico. A finalidade é ligar a caixa redutora à cremalheira, para permitir o controle das velocidades e do esforço do motor. Neste caso, considerando o número de dentes do pinhão, a cada volta do motor corresponderá um deslocamento linear de $16 \times 16 = 256$ mm, e dada a velocidade máxima do pórtico é de 500 mm/s e que a cada rotação corresponde a 256 mm, a velocidade máxima do motor deve ser de, aproximadamente, 2 rotações por segundo. Portanto, para esses valores, estamos diante de 120 RPM. Considerando, pois, que a velocidade dos motores de indução assíncrono está alinhada com a frequência de campo girante (50Hz) e dependente do número de par de polos N de acordo com:

$$\Omega_{\text{RPM}} = (50 \times 60)/N = 300/N \quad (1)$$

O número de par de polos do motor deveria ser 25 o que não está comercialmente disponível. O que existe no mercado é, no máximo, de 4 pares de polos, pelo que, a velocidade mínima é de 750 RPM. No entanto, a adição de uma caixa redutora poderá resolver esse problema. Para isso, foi calculado o momento do binário que o motor precisa de criar para movimentar o pórtico. Como foi mencionado anteriormente, o valor mínimo da força necessária para movimentar o pórtico é de 300 Nm e, atendendo, que o raio do pinhão do motor é de cerca de 41 mm [1] de binário mínimo que o motor deve ser capaz

de gerar será de 12,3 Nm. Feito isto e atendendo que a potência P está relacionada com o momento de binário τ através de:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot \tau \Omega_{RPM}}{50}$$

Verifica-se que a potência mínima do motor, para mover o pórtico deve ser igual ao valor $P = 184 \text{ W}$, ou seja 0,25 hp. Assim sendo, como a diferença de preço entre um motor de 0,25 e 0,5 não é significativa, e de forma conservativa, considerou-se útil um motor de 0,5 hp (372,85Watt).

2.6 ESTADO DA ARTE TECNOLÓGICA

2.6.1 Avaliar o estudo do projeto

O projeto da dissertação vem ao encontro de outros projetos semelhantes a este, existentes atualmente no mercado, aplicados em lagares de Quintas com a automação vinícola. Estes sistemas são muito significativos para os produtores de vinho, segundo relatos dos gerentes das Quintas e dos técnicos enólogos responsáveis pelo processo de produção do vinho. As duas Quintas portuguesas que possuem este tipo de sistemas mecatrónicos com robôs e softwares são a Quinta do Infantado e a Quinta dos Lagares. Com este sistema é possível otimizar etapas e processos de produção de vinho, desde a sua colheita até ao engarrafamento, pois permite a realização de tarefas repetitivas de forma consistente, reduzindo erros e daí garante a qualidade do produto final. Os sistemas mecatrónicos permitem um controlo mais preciso das variáveis do processo, como a temperatura e o tempo de fermentação, o que resulta em vinhos de melhor qualidade e mais consistentes. A automação na indústria vinícola também desempenha um papel importante na rastreabilidade e na garantia da qualidade do produto. Através do uso de softwares e sistemas de rastreamento, os produtores podem monitorar e registar informações importantes, como a origem das uvas, as condições de armazenamento e os processos de produção. Isso não apenas ajuda a garantir a qualidade do vinho, mas também permite que os produtores atendam a regulamentações e requisitos de certificação.

Um dos principais benefícios da automação é o aumento da eficiência, com a realização de tarefas de forma mais rápida e precisa face aos seres humanos, resultando numa maior produtividade num menor tempo de produção, com uma redução de custos na mão de obra e também permite reduzir o desperdício de recursos, como água e energia, tornando a produção do vinho mais sustentável. Com todos estes benefícios os produtores podem, pois, rentabilizar o seu processo produtivo e enfrentar os desafios do mercado de forma mais eficaz.

2.6.2 O que existe no mercado

No mercado português existem alguns exemplos destes sistemas, nomeadamente, de duas Quintas como já foi mencionado atrás, a Quinta do Infantado e a Quinta dos Lagares.

A Quinta do Infantado, está localizada no coração do Douro e implementou um pisa uvas mecanizado, com um robô, designado “e.Versátil” no ano 2010 pela empresa de instalação “Xisto Azul”, ao comemorar o seu bicentenário. A ideia da sua implementação passa na redução de custos de funcionamento e manutenção, uma vez que é um sistema elétrico e possui um software evoluído. Este sistema permite controlar as velocidades e os movimentos de forma a ajustá-los á “pisa a pé”, por um método alternadamente, de esmagamento de forma controlada e perante pressões variáveis, para as várias toneladas de uvas. Segundo o responsável Filipe Correia, afirma a seguinte expressão: “Conseguimos estreitar a comparação com a pisa a pé, ou seja, ele pisa conforme quisermos, como se fosse um ser humano a andar dentro da Lagar”. Este mecanismo vai estar patente no mercado com um preço entre os 40 a 50 por cento inferior aos pisadores mecânicos existentes atualmente e, também, vai garantir um investimento muito reduzido na ordem dos 30 a 40 euros por ano, comparado com os milhares de euros que eram gastos para garantir o funcionamento dos outros tipos de equipamentos. Com a utilização do “e.Versátil” o consumo elétrico fica reduzido para valores semelhantes a um aspirador doméstico. Também é referenciado que o seu custo de aquisição é de, aproximadamente, 20 mil euros, pois depende da área de implementação. Para o proprietário da Quinta, o Sr. João Roseira, a aquisição do “e.Versátil” foi uma mais valia, muito diferente ao que existe no mercado, ou seja fazer o tradicional de uma forma modernizada com menos custos, sem alterar a qualidade dos seus vinhos. Para ele, este robot vai poupar um

investimento anual entre os sete a dez mil euros, o que vai corresponder à amortização do investimento em três a quatro anos. O responsável comercial do robot afirma que este lançamento ainda está em fase de aperfeiçoamento a nível do software e no tamanho das pás. Já a Quinta dos Lagares é um exemplo da utilização deste sistema robotizado na pisa uvas em lagares que remonta a antiguidade. Segundo o gerente, Pedro Lencart, o nome da Quinta deve-se aos lagares de granito, instalados no rés do chão da casa da propriedade, que remonta ao século XVIII. Aqui existe uma combinação entre a história e tradição e a tecnologia, que envolve um robô automatizado com braços pneumáticos por motores elétricos. O sistema foi desenhado especialmente para os lagares da propriedade. Aqui o robot é o centro das atenções e gera satisfação geral. O robot é um sistema elétrico que não utiliza óleo e que faz a pisa das uvas de forma automática, garantindo menos trabalho e mais qualidade. Ele foi desenhado especialmente para os lagares de granito da propriedade, que datam do século XVIII. O robot é capaz de adaptar-se às diferentes dimensões e formas dos lagares, bem como às diferentes variedades de uvas.

Pedro Lencart, o proprietário da Quinta dos Lagares, explica que o robot é uma forma de preservar a tradição da pisa das uvas, mas também de proteger o vinho de possíveis contaminações. Ele diz que o robot é muito higiénico e que evita o contacto humano com as uvas, o que pode alterar o sabor e a qualidade do vinho. Além disso, ele afirma que o robot é muito eficiente e que consegue fazer a pisa das uvas em menos tempo do que os humanos. O robot é uma ótima ideia e que pode ser uma inspiração para outras quintas que querem inovar na produção de vinho. Resumindo, perante a opinião de cada gerente das Quintas, a utilização deste sistema mecanizado levou a muitas vantagens no processo de produção do vinho, sem perder a qualidade final do produto. O ponto que segue apresenta as principais vantagens e desvantagens no mercado.

As Figuras 14 a), b) e c) que se seguem, ilustram os robôs automatizados das Quintas mencionadas.



Figura 14 a) - O robot pisa uvas na Quinta do Infantado. [35] [36] [37]



Figura 14 b) - O robot pisa uvas na Quinta do Infantado. [35] [36] [37]



Figura 14 c) - O robot pisa uvas na Quinta dos Lagares. [35] [36] [37]

2.6.3 Quais as principais vantagens e desvantagens do robot pisa automático

A utilização de robôs para pisar uvas na produção de vinho pode ter várias vantagens e desvantagens, que podem variar de acordo com as circunstâncias específicas de cada vinícola. Aqui estão algumas das vantagens e desvantagens de um robot pisa uvas no setor do vinho:

Vantagens:

1. **Eficiência:** Os robôs podem trabalhar de forma constante e consistente, o que pode aumentar a eficiência da produção. Eles não precisam de pausas ou descanso, ao contrário dos trabalhadores humanos.
2. **Controle de higiene:** A higiene é fundamental na produção de vinho. Os robôs podem ser mantidos limpos e esterilizados com facilidade, o que pode reduzir o risco de contaminação.
3. **Redução de lesões:** A utilização de robôs pode reduzir o risco de lesões nos trabalhadores, já que não há necessidade de pisar as uvas manualmente.
4. **Precisão:** Os robôs podem ser programados para aplicar a quantidade de pressão desejada e pisar as uvas de forma uniforme, o que pode levar a uma extração mais consistente do suco das uvas.

5. Escalabilidade: As vinícolas podem usar vários robôs para pisar uvas, o que facilita a escalabilidade da produção para atender à demanda.

Desvantagens:

1. Custo inicial: A aquisição e a manutenção de robôs podem ser dispendiosas, o que pode representar um investimento significativo para as vinícolas.
2. Falhas técnicas: Os robôs podem sofrer falhas técnicas, o que pode interromper a produção e exigir reparos especializados.
3. Falta de flexibilidade: Os robôs são projetados para realizar tarefas específicas e podem não ser tão flexíveis quanto os trabalhadores humanos para se adaptar a variações nas uvas ou no processo de vinificação.
4. Perda de tradição: Em algumas vinícolas, a tradição de pisar uvas manualmente é valorizada, e a introdução de robôs pode ser vista como uma perda de autenticidade.
5. Treino e supervisão: Embora os robôs sejam programados para realizar tarefas, eles ainda requerem treinamento e supervisão adequados para operar eficazmente, o que pode ser um desafio.

No geral, a utilização de robôs para pisar uvas no setor do vinho pode oferecer eficiência e benefícios de controle de qualidade, mas também envolve custos e desafios técnicos. A decisão de implementar essa tecnologia deve ser baseada nas necessidades e objetivos específicos de cada vinícola.

2.6.4 As empresas que instalam este mecanismo

A empresa S-Vitech é especializada no desenvolvimento, produção e instalação de soluções de arquitetura e engenharia, priorizando a inovação, o design e a funcionalidade. A empresa opera em dois setores distintos: maquinagem CNC (oferecendo soluções de fixação) e serralharia artística, bem como construções metálicas, como escadas arquitetônicas, fachadas VEA, painéis fotovoltaicos e outros projetos similares. Seu portfólio de materiais abrange tanto metais ferrosos quanto não ferrosos, incluindo aço

inoxidável, latão, cobre, bronze, além de trabalhar com madeira, Corian e pedra natural. A sede da empresa está localizada em Sever do Vouga, Aveiro, e seus trabalhos se estendem por todo o mundo.

Outra empresa existente no mercado é a empresa Xisto Azul. Esta empresa dedica-se à produção e comercialização de produtos voltados para a agricultura, enologia e metalomecânica. Com lojas localizadas em Alijó, Sabrosa, Peso da Régua e Pinhão, além de uma unidade fabril em Vale de Cambra, a empresa oferece uma ampla gama de soluções para o setor vinícola, incluindo análises, estabilizantes, filtros, podadoras, varejadoras, entre outros produtos relacionados. Além disso, a empresa é especializada no trabalho com aço inoxidável e equipamentos industriais, como brocas, câmaras de ar, tesouras de poda e muito mais. A empresa apresenta soluções inovadoras aos seus clientes com respostas à sua medida, mantendo sempre os mais elevados padrões de qualidade. Atualmente, fabricam equipamentos em aço inoxidável, como a construção de cubas e equipamentos de suporte para a produção de vinho, cerveja, leite e entre outros. A Xisto Azul desfruta de uma sólida reputação entre seus clientes, que elogiam seu profissionalismo, atendimento amigável e a qualidade superior de seus produtos.

3. Metodologia

3.1 Dimensionamento do robot: Componente mecânica

3.1.1 Estrutura

A estrutura é de aço inoxidável e foi projetada com cortes e encaixes calculados face às medidas do lagar utilizado para a prensagem do vinho. Este lagar advém de uma das partes constituintes da divisória do lagar inicial, pois inicialmente existia no edifício da adega, um único lagar com uma área muito grande, todo ele em granito, que com o decorrer dos tempos a produção vinícola foi reduzindo e, conseqüentemente, a sua utilidade total ficou aquém das quantidades de uvas produzidas, daí a necessidade de rentabilizar a sua área face à produção existente. Assim sendo, este lagar foi dividido em duas partes, onde a parte com a lateral acessível à entrada das uvas e ao escoamento do vinho, foi selecionado para colocar o sistema de Pisa Robot, porque o espaço envolvente era suficiente para acoplar todo o sistema de montagem sem desperdiçar área e rentabilizava os acessórios necessários para escoamento do líquido.

Como se trata de um robot, existe um dimensionamento elétrico e mecânico para um sistema pneumático, possibilitando o seu funcionamento, com a montagem e testagem dos componentes elétricos e mecânicos, cumprindo com as regras das boas práticas de montagem, de proteção e de segurança, e com os requisitos técnicos dos fabricantes do material e as normas de Instalações Elétricas como constam no R.S.I.U.E.E - Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica. Para melhor ilustrar a área do lagar e todo o espaço envolvente a este, a Figura 15 mostra, de forma esquemática, esta realidade.

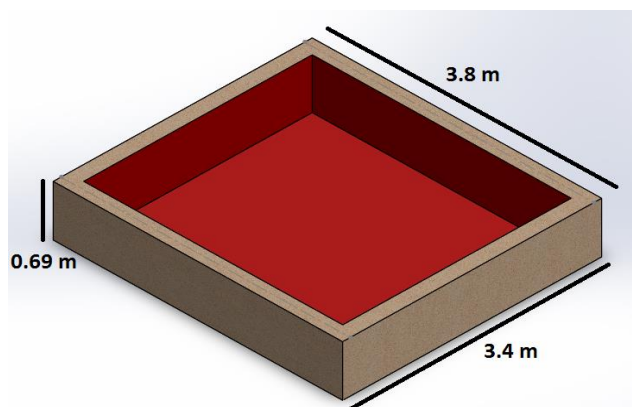


Figura 15 - O lagar que vai suportar o robot pisa.

O lagar, por si só, tem um lado, neste caso o lado direito, que visto na perspectiva frontal tem uma saída para o escoamento do vinho e, do outro lado, fica outro lagar que consta da divisória do lagar mãe, ou seja, do lagar principal. Tendo em conta estas duas circunstâncias, houve a necessidade que redesenhar e estruturar uma estrutura / superfície que ocupasse o menos possível a área envolvente ao lagar para as pessoas terem o melhor acesso a este e fosse operacional na sua área interior com a aplicação de uma estrutura móvel deslizante para que depois de utilizada fosse recolhida sobre uma lateral deste.

Esta estrutura contorna a área do lagar da adega e possui dois varandins em aço inoxidável, ou seja, duas barras nas suas laterais, uma barra na lateral direita e outra na lateral esquerda, frontalmente virada para o lagar. Existe uma barra fixa, horizontalmente que liga uma lateral à outra, com a fixação dos braços pneumáticos, sendo esta barra em aço inoxidável, constituída por pequenas barras, distanciadas paralelamente que garantem a distribuição da força que exercem os três braços pneumáticos fixos a essa mesma barra com a finalidade da prensagem e esmagamento esmagam as uvas [2] [3]. Esta barra segue o movimento descendente e ascendente, com a deslocação uniforme dos três braços pneumáticos fixos a esta, com a ajuda da pressão de ar por um compressor de ar comprimido.

A Figura 16 mostra a estrutura desenhada no SolidWorks com as dimensões de cada barra lateral / varandins e os seus sete pontos de fixação, distanciados uniformemente, com uma fixação por parafuso e porca em bucha química.

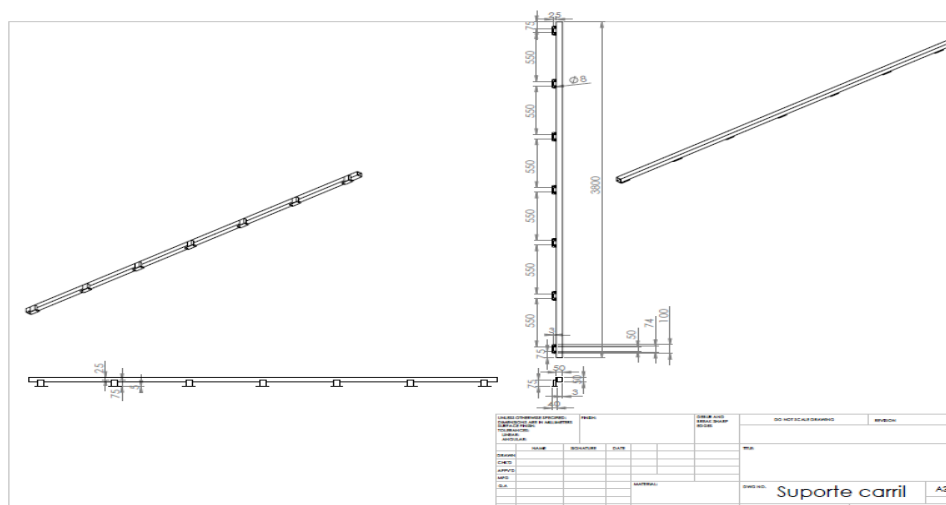


Figura 16 - A estrutura desenhada no SolidWorks, com dimensões em milímetros.

Com os requisitos definidos e o levantamento geométrico do lagar efetuado, foi iniciado o processo de desenvolvimento do robot que depois de várias horas de estudo culminou na solução aqui apresentada, como mostram as Figuras 17 e 18. Nestas duas Figuras está a estrutura completa com os dois carris / varandins em aço inoxidável que assentam nas paredes laterais do lagar sobre os quais deslizam por ação de um motor elétrico de cada lado.

É de salientar também que na Figura 17 é possível visualizar os braços pneumáticos na vista lateral e frontal com o seu distanciamento uniforme para o cumprimento total da barra.

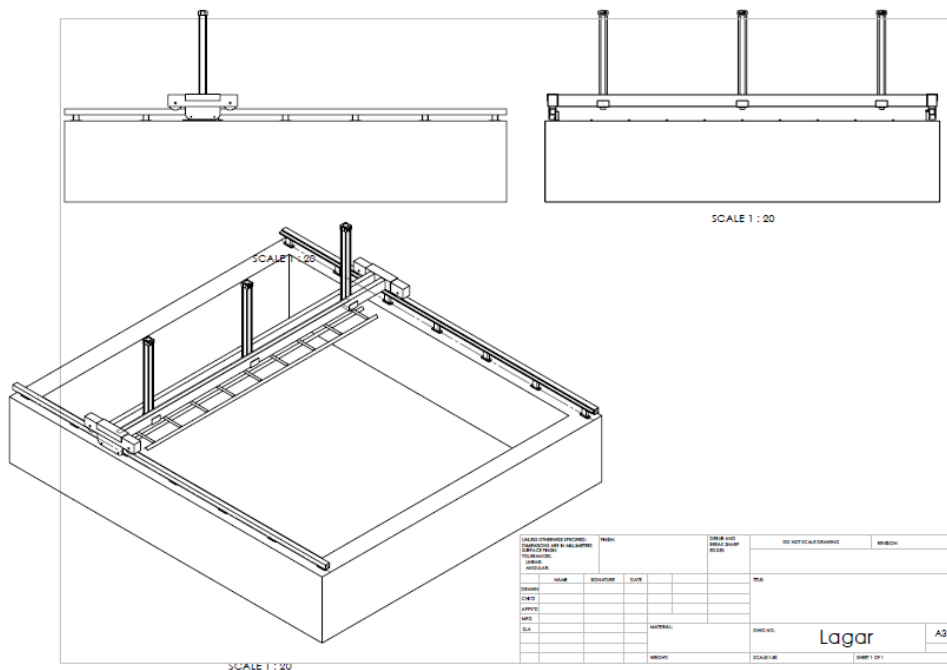


Figura 17 - A estrutura completa desenhada no SolidWorks.

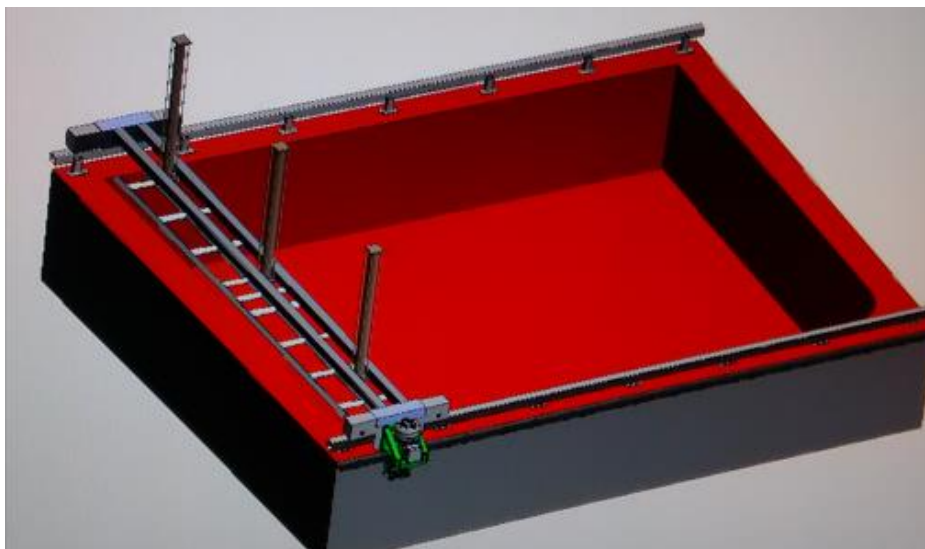


Figura 18 - Configuração do lagar com a estrutura desenhada no SolidWorks.

A construção da estrutura demorou um mês e, ao longo desse tempo, os trabalhos foram sendo acompanhados, até à sua plena execução, apurando passo a passo a sua montagem, com os referidos encaixes, componentes e peças acopladas, para ser possível enquadrar o meu projeto. Nas Figuras 19 a) e b) é possível ilustrar a estrutura completa com os braços pneumáticos fixos à estrutura. Para desenhar corretamente as peças, componentes e a dimensão da estrutura, foi utilizada a ferramenta SolidWorks de desenho em 3D. O SolidWorks é um programa de CAD (Computer Aided Design) utilizado para a criação de objetos em modelação tridimensional. [10]



Figura 19 a) - A estrutura de aço inoxidável colocada no lagar.



Figura 19 b) - A estrutura de aço inoxidável colocada no lagar.

Inicialmente, a estrutura foi projetada, desenhada antes de ser detalhadamente apresentada e explicada ao responsável da empresa. Durante essa explicação, foram abordados aspectos como cortes, encaixes e a avaliação dos pontos fortes e fracos de soldadura. O foco era garantir a resistência e compacidade da estrutura para suportar as diversas forças aplicadas nos varandins laterais, visando facilitar a integração com os demais componentes. É de salientar que nos carris existem peças de pequena dimensão em aço inoxidável, onde são colocados os rolamentos na estrutura, para permitir o deslizamento da estrutura onde se acopla a grelha e os outros componentes. Todas estas peças foram redesenhadas e ajustadas à dimensão da estrutura e, para além de algumas serem soldadas, outras foram fixadas por parafusos e porcas, com anilhas de ajuste. Na Figura 20 estão presentes as referidas peças de encaixe de pequenas dimensões que asseguram a fixação e a estabilidade da estrutura deslizante.

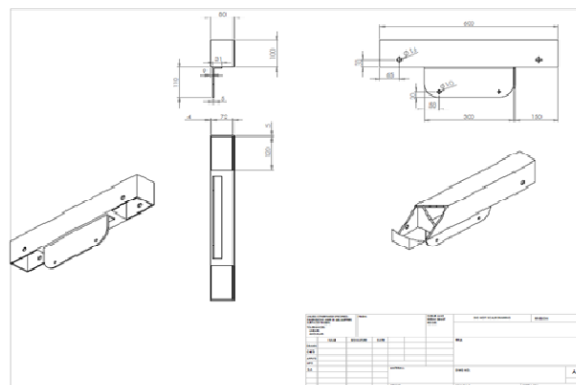


Figura 20 - As peças de pequena dimensão que suportam a estrutura desenhada no SolidWorks.

Para uma melhor ilustração das peças, é mencionada na Figura 21 a peça que acompanha a finalização da extremidade.

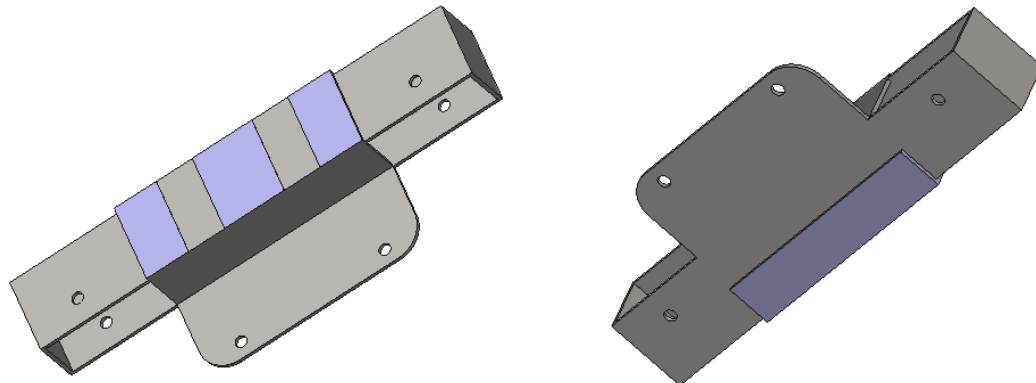


Figura 21 - A peça finalizadora para o encaixe da estrutura a cada varandim.

Na colocação da estrutura, foi necessário reajustar os parafusos e os encaixes, isto porque era notório um ligeiro desvio aquando da colocação das duas rodas de nylon em cada varandim, de forma a facultar o deslize da estrutura sobre cada varandim fixo às laterais do lagar.

A Figura 22 mostra, claramente, a abertura de cada furo no varandim esquerdo, vista frontal ao lagar com a utilização da máquina de furar [10].



Figura 22 - Perfuração do varandim colocado no lagar.

Na colocação de cada varandim foi necessário utilizar parafusos de tamanho M8 para a sua fixação com o reforço da bucha metálica, afim de ajustar e garantir segurança no aperto sobre a pedra e o tijolo à estrutura metálica, fixando-a definitivamente.

Para o deslizamento da estrutura sobre cada varandim, foi necessário projetar uns carris pequenos e umas rodas de nylon com o diâmetro de 80 mm e profundidade / largura de 60 mm, situando-se dentro dos encaixes metálicos da própria estrutura, para ser possível mover a estrutura deslizando seguramente, sem haver interrupções por empancamentos ou deformações.

A Figura 23 mostra uma das rodas de nylon utilizadas para deslizar na estrutura e as Figura 24 e 25 mostram a sua exata colocação e localização face à estrutura metálica. Estas duas rodas foram fabricadas por um processo de torneamento mecânico e na sua colocação foram ligeiramente desbastadas para permitir o seu correto ajustamento.

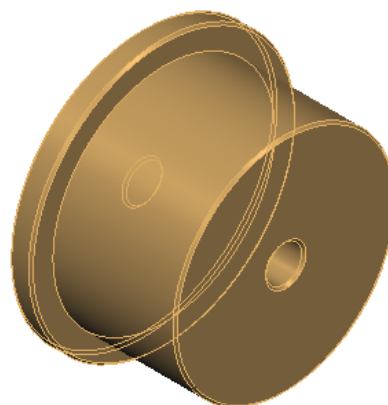


Figura 23 - As rodas de nylon colocadas na estrutura metálica.

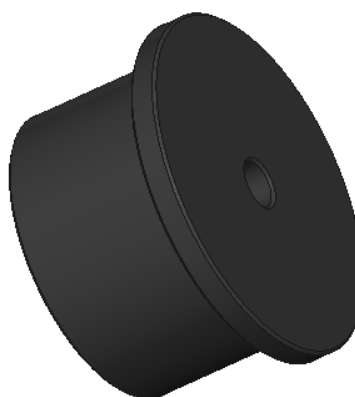


Figura 24 - Colocação das rodas de nylon na estrutura metálica.

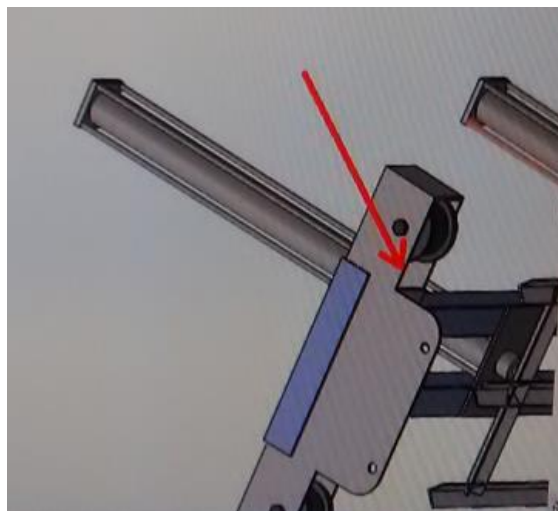


Figura 25 - Localização das rodas de nylon na estrutura metálica segundo a peça desenhada no SolidWorks.

Dessa forma, com o desbaste realizado em cada roda, tornou-se mais fácil o deslizamento da estrutura, eliminando a possibilidade de um dos lados andar desfasado do outro. O material empregado para a fixação das rodas de nylon à estrutura atendeu às Normas de Qualidade Alimentar, sendo feito de um metal anticorrosivo e altamente resistente. Os parafusos utilizados são do tipo M24, com uma resistência de 12,9. A Figura 26 apresenta os parafusos utilizados na fixação da estrutura. [11]



Figura 26 - Modelo dos parafusos utilizados na fixação da estrutura metálica no lagar.

Contudo, antes de proceder à montagem da cremalheira, houve a necessidade de selecionar o material necessário para dar continuidade ao projeto, nomeadamente: automático, braços pneumáticos, válvulas, motor, caixa redutora, pinhão, cremalheira, eixo de fixação, rolamentos em nylon, botões de comando, sensores fim de curso, quadro elétrico, variador de frequência, contactores, e os componentes de ligação no que se refere ao cabo elétrico, ligadores, parafusos, abraçadeiras e outro material de fixação e de ligação. Toda este levantamento foi feito em função do material necessário e, conseqüentemente, na consulta de fornecedores para adquirir o material que vigora no mercado nacional com marcas e características fulcrais, indo ao encontro do preço e qualidade.

É de salientar que todo o material adquirido foi pré-selecionado e calculado face à área do lagar bem como à estrutura implementada para suportar os componentes de fixação e as forças de deslocamento e movimento da estrutura através do ar comprimido pelos braços pneumáticos, bem como, a sequenciação dos ciclos possíveis no esmagamento do vinho através da programação do automático.

Realizado esse procedimento, a consulta de mercado foi iniciada com o objetivo de encontrar o melhor automático para o sistema, tendo sido selecionada a marca Festo e o modelo CPX-CEC-C1-V3, identificado pelo código 3473128. A escolha desse automático foi aconselhada pelo fornecedor da Festo, pois atendia às necessidades do projeto, permitindo a programação para sequenciar um sistema de prensagem no lagar em processos/ciclos sequenciais, com tempos específicos de início e término, de acordo com as especificações desejadas. Após a seleção do automático que suportaria todo o projeto, os braços pneumáticos, as válvulas e outros acessórios necessários foram escolhidos com orientação técnica do departamento especializado da Festo. Em seguida, foi realizada a aquisição do motor, com potenciais valores adequados ao consumo de energia e às variações de velocidade, adaptando-se aos possíveis ciclos programados no automático, juntamente com a incorporação de uma caixa redutora [15] [16].

3.1.2 Movimento de Translação do Pórtico

O movimento de translação do pórtico refere-se ao movimento de deslocação da estrutura metálica ao longo do lagar. Neste caso específico, o fator a ter em atenção é a distância a ser percorrida pelo pórtico de, aproximadamente, 4 metros. Aqui há que considerar que a

velocidade máxima de movimento será de 0,5 m/s, pelo que, a estrutura poderá percorrer toda a distância em 8 segundos. Em relação à força necessária para realizar o movimento de translação, esta é desconhecida inicialmente, contudo foi testado que o peso suportado em cada braço seria equivalente a 30 kg na vertical, o que implicaria uma força necessária de 300 Nm para a deslocação da estrutura. Sendo assim, é possível seleccionar uma cremalheira normalizada, o modelo vendável para os portões industriais e o respetivo pinhão adaptável a este tipo de modelo em formato de dentes e de eixo [17].

3.1.2.1 Cremalheira e Pinhão

A cremalheira adquirida é um modelo comum vendido tipicamente para portões elétricos domésticos, entre outros fins. A cremalheira vem em segmentos com o comprimento de um metro cada um, e a sua montagem segue o encaixe umas nas outras. A Figura 27 mostra o modelo do segmento da cremalheira utilizada no meu projeto [13].



Figura 27 - Segmento da cremalheira.

O modelo foi escolhido considerando vários aspetos importantes: a localização, a eficácia da conexão entre o veio da caixa redutora, o eixo e o pinhão, e a fixação. Cada segmento foi equipado com 6 furos, e para a fixação de cada furo, utilizei parafusos M8 com buchas metálicas para garantir uma fixação sólida à pedra na lateral direita do lagar. A cremalheira foi instalada com os dentes voltados para baixo, garantindo que o pinhão se engrene suavemente, sem esforço ou bloqueio. A distância entre os dentes é de 16 mm, e o conjunto tem um total de 63 dentes. Uma parte desse segmento foi representada em um modelo 3D, como ilustrado na Figura 28.

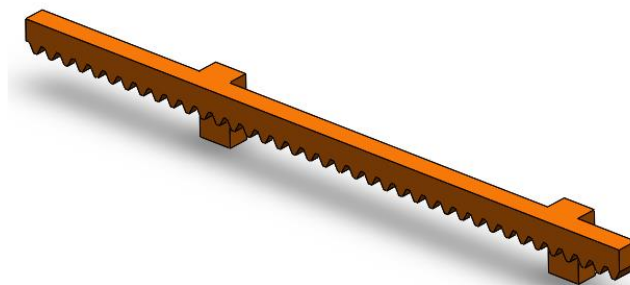


Figura 28 - Segmento da cremalheira vista em 3D. [15]

A representação visual dos segmentos da cremalheira permite uma demonstração clara do método de fixação na parede lateral do lagar. No entanto, somente após a fixação da cremalheira é possível compreender plenamente o seu propósito e a maneira como o pinhão, em conjunto com a caixa redutora, percorrerá a cremalheira de forma contínua. A Figura 29 ilustra a cremalheira a ser fixada numa lateral do lagar.



Figura 29 - A fixação da cremalheira à parede lateral do lagar.

A cremalheira é um componente, que transforma o movimento retilíneo em movimento rotacional, ou vice-versa. O pinhão é metálico com um número total de 16 dentes retos. A Figura 30, mostra o pinhão desenhado no SolidWorks e na Figura 31 o pinhão utilizado no projeto.

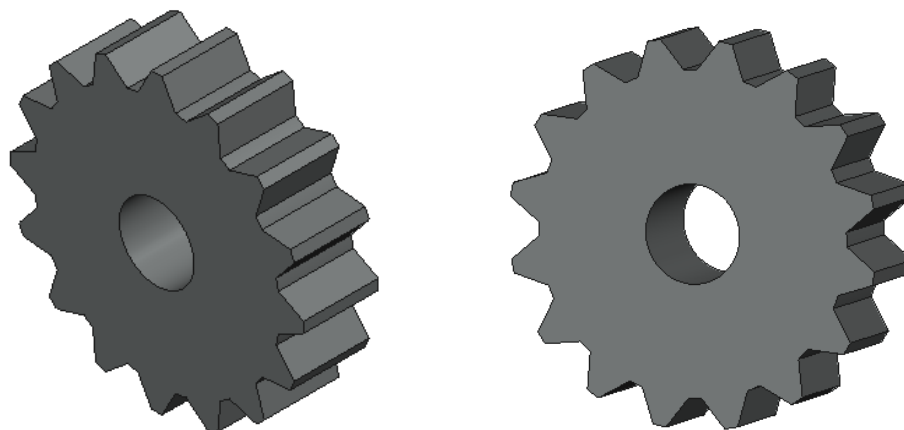


Figura 30 - O pinhão desenhado no SolidWorks.



Figura 31 - O pinhão utilizado no veio do motor para deslizar na cremalheira.

Efetivamente, este é o número normalizado de dentes em pinhões que acompanham os motores para automatismos de portões de garagem. A sua finalidade é ligar a caixa redutora à cremalheira, para jogar com as velocidades e o esforço do motor. Mas para isso, à a necessidade de saber qual o tipo de motor e o veio, ou seja, um eixo que faça essa ligação corretamente, permitindo o adequado movimento. Assim sendo, considerando este número de dentes do pinhão, a cada volta do motor irá corresponder um deslocamento linear igual a $16 \times 16 = 256$ mm. Atendendo que a velocidade máxima do pósito deve ser 500 mm/s e se a cada rotação correspondem 256 mm, então a

velocidade máxima do motor deverá ser igual a $500/256 \approx 2$ rotações por segundo. Sendo assim para estes valores estou perante 120 RPM.

3.1.2.2 Caixa Redutora

A caixa redutora é um componente importante para o motor, no que refere ao controlo das velocidades. Sabendo, à partida, que as caixas redutoras possuem uma relação mínima de 7,5 e a máxima de 100. Para um motor com um par de polos, seria necessário uma caixa com uma relação de 1:25. A velocidade é reduzida por fator de 25 e o binário aumentado pelo mesmo fator. É de salientar que o binário do motor seria, aproximadamente, igual a 1 Nm, pelo que, com a caixa redutora, esse binário aumentaria para os 25 Nm. A caixa redutora tem como principal função reduzir a velocidade do motor, mantendo a sua potência muito próxima, tipicamente a redução da potência é inferior a 5%. Dito de uma outra forma, a caixa redutora é um componente de vários sistemas mecânicos que utilizam engrenagens para entregar a força e a velocidade a outros componentes, ou seja, é um conjunto de engrenagens entre o motor e os seus componentes, usado para reduzir a velocidade com a qual a energia é transmitida. Esse componente consegue controlar as velocidades com precisão e pouco desgaste. A engrenagem de saída de um redutor de velocidade tem mais dentes do que a engrenagem de entrada. Assim, enquanto a engrenagem de saída pode rodar mais lentamente, reduzindo a velocidade da entrada, a força é aumentada.

Os componentes essenciais deste sistema são a cremelheira e o pinhão onde se dá toda esta engrenagem de trabalho. O seu encaixe passa por se acoplar à cabeça do motor, sendo esta fixa por parafusos M4 de aperto roscado.

A Figura 32 mostra a caixa redutora adquirida para o projeto, e a Figura 33 contém a sua constituição por peças / componentes.



Figura 32 - Caixa redutora utilizada no projeto.

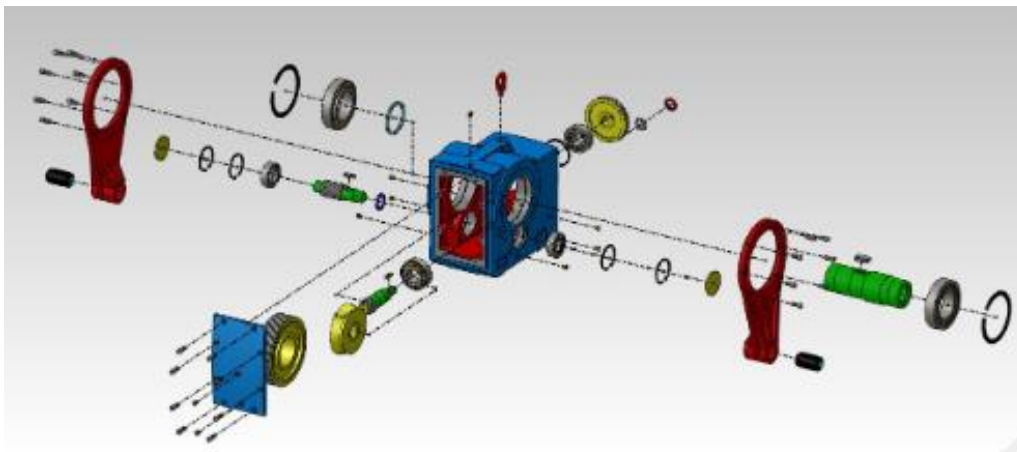


Figura 33 - Componentes que constituem a caixa redutora utilizada no projeto [17].

A caixa redutora foi desenhada no modelo 3D, como ilustra a Figura 34, para assim ser possível dimensionar um melhor encaixe / acoplamento ao veio que liga ao pinhão.

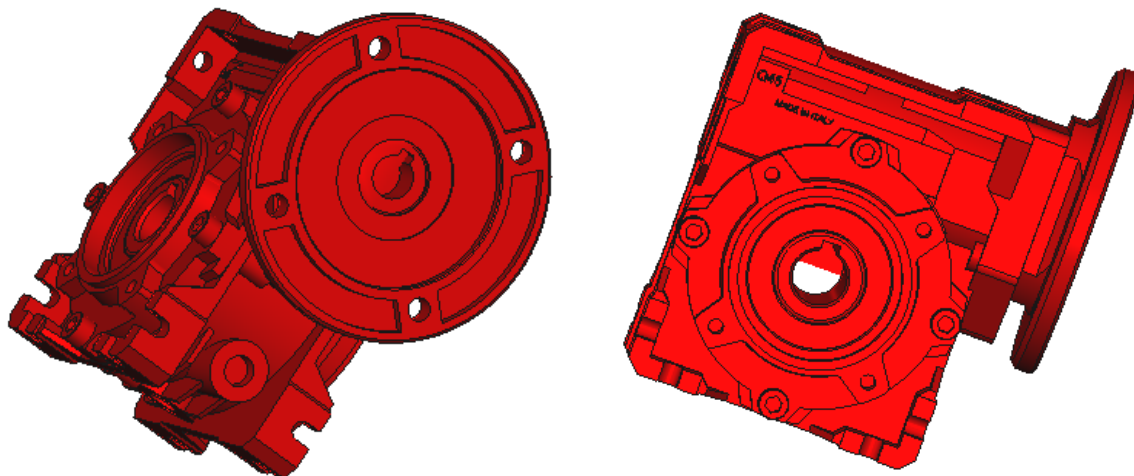


Figura 34 - Caixa redutora desenhada no SolidWorks.

Esse veio, também conhecido por eixo, foi executado por um torneiro da especialidade, com as seguintes medidas: comprimento = 135 mm, largura = 80 mm, diâmetro = 30 mm. Este veio é de um material em aço, e a sua aplicabilidade deve ser precisa e exata para futuramente não existir o risco de criar folgas, desencaixes e daí se danificar ou desmoldar. Na Figura 35 pode-se ver esse veio de ligação da caixa redutora à cremalheira.



Figura 35 - Veio de ligação da caixa redutora à cremalheira.

Para a montagem do veio à caixa redutora, foi necessário elevar a estrutura para assim ser possível esse encaixe. Contudo, foi ajustado o comprimento do veio de forma a ficar corretamente engrenado o pinhão com a cremalheira. Para finalizar efetuou-se mais um aperto de ajuste na fixação da cremalheira. No veio existe uma chaveta em cunha, cujo nome técnico é escatel para o encaixe deste ao motor e à caixa redutora, possibilitando o seu perfeito ajuste, com folgas apertadas.

Depois deste passo, projetou-se a estrutura para suportar o motor com a caixa redutora acoplada a este, de forma a ser resistente e compacta, para acompanhar estes componentes em fase de deslizamento sobre o varandim e a cremalheira por intermédio do pinhão.

3.1.2.3 Estrutura de suporte do Motor com a Caixa Redutora

A estrutura foi pensada e projetada para a finalidade a que se destina. Inicialmente, fez-se um esboço como se pode ver nas Figura 36, 37 e 38 para uma possível simulação da estrutura pretendida e, só depois, foi desenhada no Solidworks.

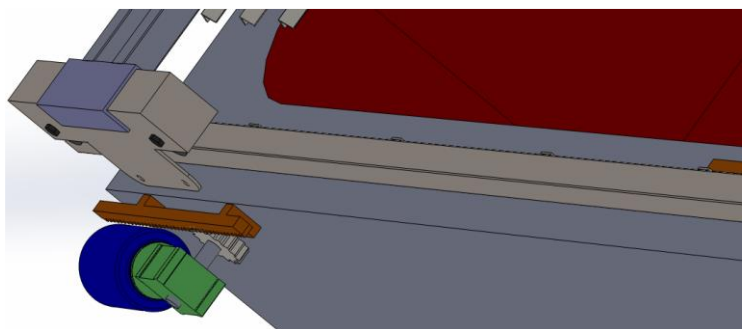


Figura 36 - Posição do motor com a caixa redutora fixa à estrutura.

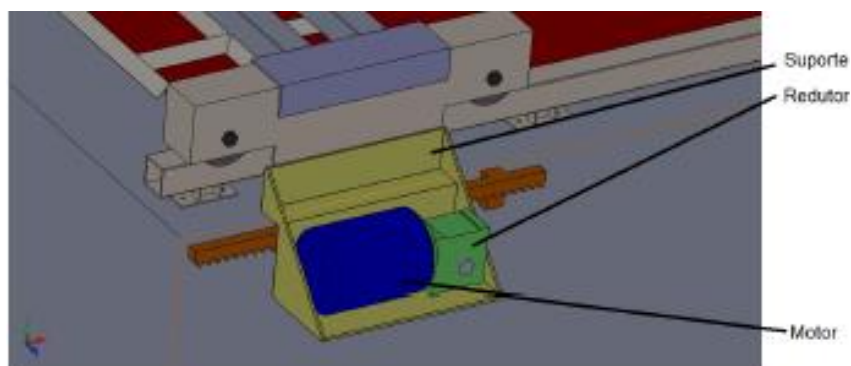


Figura 37 - Estrutura que irá suporta o motor com a caixa redutora fixa à estrutura.

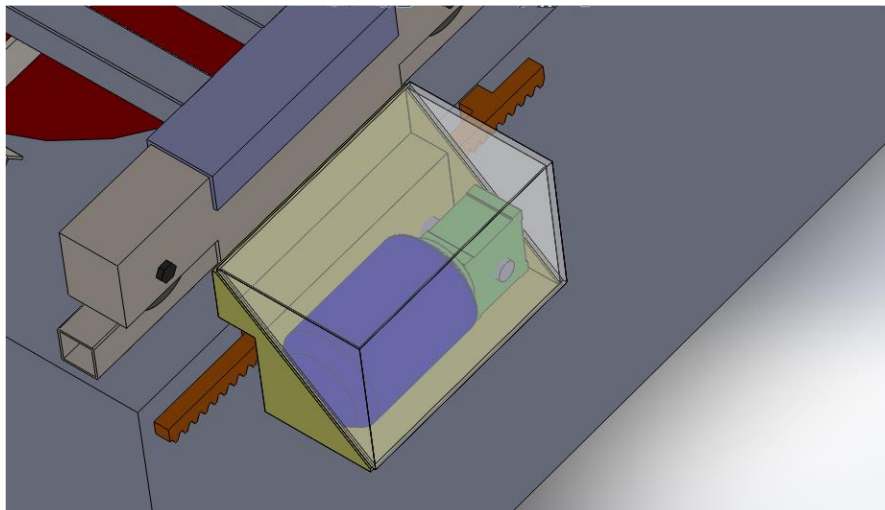


Figura 38 - Simulação da estrutura fechada que irá suportar o motor com a caixa redutora fixa à estrutura.

Após redesenhar as várias alternativas para conceber a estrutura que melhor se adequasse à situação, optou-se por um design de estrutura aberta, de fácil remoção e montagem quando necessário, resistente e robusta. Todos esses fatores foram meticulosamente considerados para garantir o desempenho correto do motor. Teve-se que levar em conta as ligações elétricas apropriadas, mas também a sua localização, uma vez que a exposição a um ambiente húmido e empoeirado não era aceitável. Além disso, a temperatura desempenhou um papel crucial, pois o motor necessitava de uma ventilação adequada para evitar superaquecimento, já que, em pleno funcionamento, poderia facilmente atingir temperaturas de, até 80° C, o que poderia causar danos por efeito estufa e sobreaquecimento. Portanto, devido a todas essas considerações, a estrutura foi projetada no Solidworks com precisão nas dimensões e nos cortes, levando em consideração a mobilidade necessária.

A peça foi minuciosamente projetada levando em consideração o material utilizado, que inclui um tubo quadrado de 60 mm e 30 mm. Os cortes, encaixes, ângulos e furações foram precisamente planeados de forma a reforçar a capacidade de suportar esforços, particularmente, nos pontos mais sensíveis em relação ao peso e ao binário. O tubo de encaixe ao motor tem um diâmetro inferior porque molda-se melhor ao ajuste deste e reforçou-se com o aperto de vários parafusos alinhados de pouco distanciamento. A configuração da caixa de suporte foi pensada para ser fácil aceder ao motor e mesmo à caixa de ligações ficando esta virada para a parte frontal. As ligações serão feitas na caixa do motor e vai existir uma guia para o enfiamento do cabo de forma a ficar com o

comprimento necessário para o início e fim de curso de cada ciclo. Em seguida, será ilustrada a peça desenhada no SolidWorks.

A Figura 39 ilustra a peça definitiva desenhada no SolidWorks para ser construída em aço inoxidável, e a Figura 40 mostra a peça fabricada e montada na estrutura.

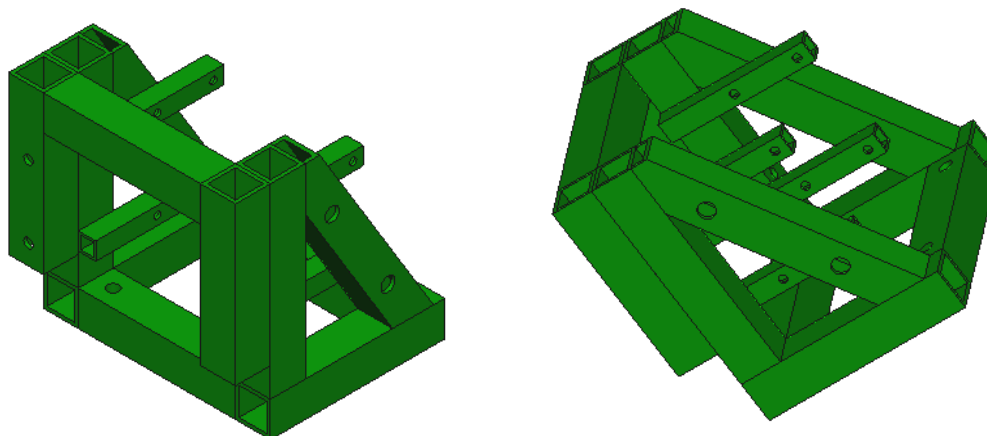


Figura 39 - Estrutura final para o suporte do motor com a caixa redutora desenhada no SolidWorks.



Figura 40 - Montagem da estrutura final em inox com o motor acoplado.

Com a colocação da peça na estrutura já existente, e depois de acoplado o motor com a caixa redutora, houve a necessidade de reforçar a estrutura de deslizamento pelos varandins com mais quatro rolamentos em nylon, semelhantes aos já existentes, contudo, mais pequenos, com as seguintes dimensões: diâmetro = 45 mm, Largura = 45 a 50 mm

e de furação = 10 mm. Para cada varandim fica destinado um par desses rolamentos para equilibrar e reforçar o deslizamento reto da estrutura sobre os varandins, sem haver desvio ou torção. [11] [12].

A Figura 41 retrata esses rolamentos e a sua colocação na estrutura em aço inoxidável.



Figura 41 - Rolamentos em nylon para reforço no deslizamento.

Depois de colocar este reforço, avaliou-se de forma contínua e alternada o deslizamento da estrutura para verificar se ainda existia alguma situação de travamento ou de deformação. Depois de alguns testes de precisão, verificou-se a força exercida sobre o deslizamento nos varandins e verificou-se que ocorria um pequeno desfasamento para cada um dos lados, ou seja, o lado onde estava fixo o motor, o avanço era mais rápido e descompensava a outra face lateral do lagar. Para corrigir esse problema, foi adquirido outro motor e, obviamente, uma nova estrutura de fixação, bem como, a cremalheira e todos os acessórios a este acoplado: caixa redutora e pinhão.

Daqui só restava adquirir o quadro elétrico em metal, também, em aço inoxidável para cumprir com as regras de segurança e de higiene alimentares previstas na lei.

Nos pontos a seguir, vai-se falar do autómato, dos braços e das válvulas, sendo estes um dos componentes fundamentais para o funcionamento do robot, não esquecendo de mencionar as suas ligações elétricas e o seu princípio de funcionamento aquando da sua programação.

3.1.3 Braços Pneumáticos / Cilindros

Os braços ou cilindros pneumáticos utilizados no projeto são do modelo CRDNG-63-700-PPV-A para uma $P_{\text{máx}}$ 10 bar/145 psi, com o número 160887 da marca Festo.

Este tipo de braço extensível permite manobrar direccionalmente uma posição vertical, controlada pela pressão de ar, provinda do compressor de 200 litros, que é comutada nos três cilindros em simultâneo, por meio de uma mangueira própria para circulação de ar, fazendo o movimento de avanço e recolha, por um pistão locado no interior do braço, para o ponto de partida e chegada – início e fim de curso.

A força que cada braço pneumático linear é capaz de produzir, está diretamente relacionada com o tamanho do êmbolo e da pressão de ar comprimido, ou seja, com o aumento da compressão do ar de entrada ou a largura do pistão, a força efetiva do cilindro pode aumentar significativamente até 300 N, ou seja, equivale em peso 30 kg em cada braço. Assim sendo, os três braços são exatamente iguais de forma a enquadrar a área e o volume de vinho a se pisar, ou seja, de uma forma mais simplista, teve a ver com a quantidade de uvas, em transformação e os tempos para o seu esmagamento.

A Figura 42, 43 e 44 mostram claramente o modelo dos braços pneumáticos cilíndricos utilizados e as quantidades no sistema, bem como as suas principais características [19] [31] [32].



Figura 42 - Modelo dos braços cilíndricos pneumáticos utilizados no projeto. [31]



Figura 43 - Os três braços pneumáticos.



Figura 44 - Chapa das características dos braços pneumáticos.

Para o dimensionamento deste projeto, utilizaram-se três braços pneumáticos da marca Festo e, segundo este fabricante, este tipo de braço pneumático é designado por atuador normalizado para o amortecimento pneumático ajustável nas posições pretendidas com um sensor de proximidade.

Assim sendo, são utilizados três atuadores pneumáticos lineares, sendo estes dispositivos alimentados por ar comprimido com a capacidade de gerar um movimento em linha reta, onde está acionada a placa para prensar.

Na Figura 45 estão as características deste tipo de atuador que constam no catálogo da Festo.

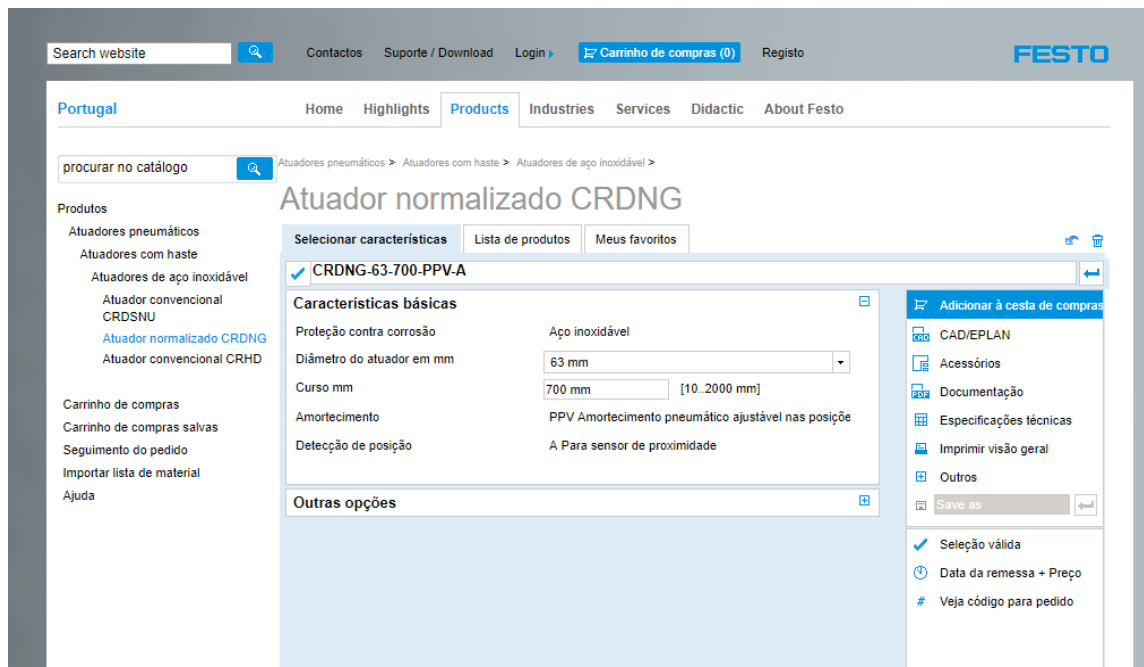


Figura 45 - Características do atuador pneumático da Festo. [31]

Contudo, para uma melhor compreensão das características dos braços pneumáticos / cilindros selecionados para acoplar ao sistema robot, passo desde já a descrever melhor em detalhes as suas principais características, segundo o catálogo da marca Festo [31].

3.1.3.1 Características técnicas dos Braços Pneumáticos / Cilindros

Os braços pneumáticos são importantes para o bom funcionamento do sistema do robot, pois são estes que vão suportar o esforço na deslocação de toda a estrutura metálica para acompanhar os ciclos da prensagem das uvas, indo até à base limite da profundidade do lagar, até ao máximo ascendente consoante o enchimento de uvas no lagar. Pois cada ciclo só se torna rentável para um movimento cíclico baixo – cimo consoante a quantidade de uvas a prensar e também os totais das deslocações feitas ao longo do lagar segundo os sensores fim de linha, ou de curso. Daí a constituição de cada braço conter as seguintes peças como mostra na Figura 46.

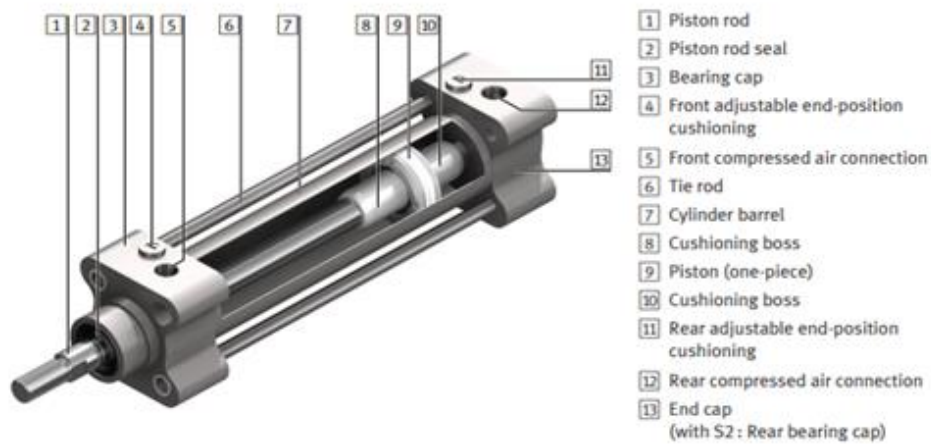


Figura 46 - Componentes que constituem cada um dos braços pneumáticos. [31]

Contudo, para uma melhor apreciação dos componentes e a sua disposição na constituição de cada braço pneumático. Na Figura 47 consta o esquema detalhado de todos esses componentes e peças que deles fazem parte, bem como, as características de cada componente segundo a Tabela 1 e 2 em baixo mencionadas [31] [32].

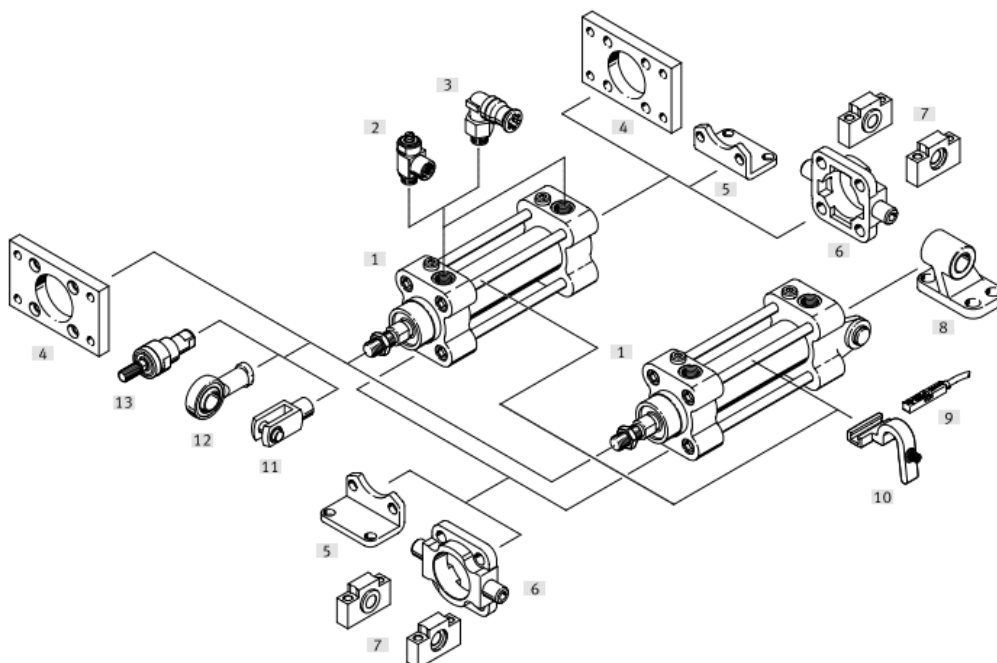





Figura 47 - Esquema da distribuição dos componentes e peças que fazem parte de cada braço pneumático. [31]

Tabela 1 – Designação dos componentes e peças que fazem parte de cada braço pneumático. [31]

Mounting attachments and accessories		Description	CRDNG	CRDNGS
[1]	Standards-based cylinder CRDNG/S	Double-acting, based on ISO 15552, stainless steel		
[2]	One-way flow control valve CRGRLA	For regulating speed	■	■
[3]	Push-in fittings CRQS	For connecting tubing with standard O.D.	■	■
[4]	Flange mounting CRFNG	For bearing or end caps	■	-
[5]	Foot mounting CRHNC	For bearing and end caps	■	-
[6]	Trunnion flange CRZNG	For bearing and end caps in combination with trunnion supports CRLNZG	■	-
[7]	Trunnion support CRLNZG	For supporting trunnion flange CRZNG	■	-
[8]	Clevis foot CRLNG	For variant with swivel flange	-	■
[9]	Proximity switch CRSMT-8M	<ul style="list-style-type: none"> • Design for T-slot • For switching status indication 	■	■
[10]	Mounting kit DASP-V4	For proximity switches CRSMT-8M	■	■
[11]	Rod clevis CRSG	Permits a swivelling movement of the cylinder in one plane	■	■
[12]	Rod eye CRSGS	With spherical bearing	■	■
[13]	Self-aligning rod coupler CRFK	To compensate for radial and angular deviations	■	■


Tabela 2 - Designação das características de cada braço pneumático. [31]

Data sheet

PPV cushioning  Variant S2  S6 

• Diameter 32 ... 125 mm



• Stroke length 10 ... 2000 mm

 Spare parts service

The variant S6 is not suitable for direct contact with food products because of the seals and the grease used.

Conforms to standard

- ISO 15552
- ISO 6431
- VDMA 24562

General technical data		32	40	50	63	80	100	125
Piston Ø		32	40	50	63	80	100	125
Pneumatic connection		G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
Piston rod thread		M10x1.25	M12x1.25	M16x1.5	M16x1.5	M20x1.5	M20x1.5	M27x2
Design	Piston							
	Piston rod							
	Cylinder barrel							
Cushioning		Pneumatic cushioning, adjustable at both ends						
Cushioning length [mm]		19	21	23	23	30	30	40
Position sensing		Via proximity switch						
Type of mounting		With accessories With female thread						
Mounting position		Any						

Operating and environmental conditions		CRDNG/CRDNGS	S6
Variant		CRDNG/CRDNGS	S6
Operating medium		Compressed air to ISO 8573-3:2010 [7-6-4]	
Note on the operating/pilot medium		Lubricated operation possible (in which case lubricated operation will always be required)	
Operating pressure	[MPa]	0.06 ... 1	
	[bar]	0.6 ... 10	
	[psi]	8.7 ... 145	
Ambient temperature ¹⁾ [°C]		-20 ... +80	0 ... +120
Food-safe ²⁾		→ Supplementary material information	
Corrosion resistance class CRC ³⁾		4	

1) Note operating range of proximity switches
2) Additional information www.festo.com/ig → Certificates
3) Corrosion resistance class CRC 4 to Festo standard FN 040070

Ainda referente aos braços pneumáticos, também é importante mencionar as suas principais características, segundo a ficha técnica como consta na Tabela 3, e na Figura 48 estão os seus componentes e acessórios do catálogo da Festo.

Tabela 3 - Ficha técnica de cada braço pneumático. [31]

Feature	Value
Stroke	10 ... 2.000 mm
Piston diameter	63 mm
Cushioning	PPV: Pneumatic cushioning adjustable at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	ISO 15552 (previously also VDMA 24652, ISO 6431, NF E49 003.1, UNI 10290)
Design structure	Piston Piston rod
Position detection	For proximity sensor
Operating pressure	0.6 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO6573-1:2010 [7.4.4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	4 - Very high corrosion stress
Food-safe	See Supplementary material information
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Maritime classification	see certificate
Cushioning length	23 mm
Theoretical force at 6 bar, return stroke	1.682 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	1.870 N
Additional weight per 10 mm stroke	60 g
Basic weight for 0 mm stroke	3.455 g
Mounting type	Optional with internal (female) thread with accessories
Pneumatic connection	G3/8
Material cover	Stainless steel casting
Material seals	TPE-U/PU
Material housing	High alloy steel, non-corrosive
Material piston rod	High alloy steel, non-corrosive

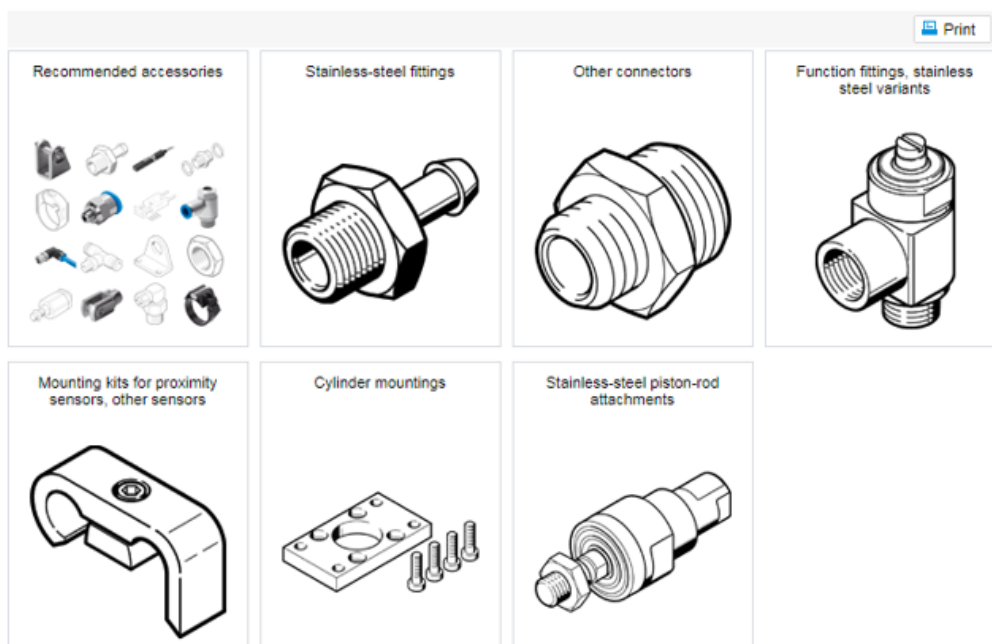


Figura 48 - Os componentes e acessórios que fazem parte de cada braço pneumático. [31]

Neste sistema não basta falar que os braços pneumáticos em si fazem o movimento descendentes e ascendente da barra metálica por alturas e o controlo do ar, onde estes cilindros estão fixos permanentemente, mas é necessário aplicar sensores que permitam avançar, recuar e oscilar de cima para baixo e vice-versa essa mesma barra para diferentes distâncias e alturas, conforme o pretendido em cada ciclo programável.

3.1.4 Compressor de Ar

O compressor de ar comprimido é um equipamento que converte energia mecânica em energia pneumática, armazenando o ar num reservatório, sendo este ar aplicado em determinadas situações. O compressor de ar utilizado para gerar o ar comprimido que vai então percorrer a mangueira que passa por cada cilindro, é da marca “Flux”. Este compressor só se destina alimentar este sistema, sendo este preferencialmente silencioso com a capacidade de ar até 10 bar. Este compressor tem uma potência de 3 hp, 145 psi e de 200 litros de capacidade. O seu cilindro é constituído por aço fundido de longa duração. Possui rodas para a sua mobilidade e ocupa pouco espaço. Sendo assim, a Figura 49 mostra o modelo do compressor utilizado para testar a montagem numa fase inicial e depois ficar permanentemente ligado ao sistema.



Figura 49 - Tipo de compressor utilizado para o ar comprimido. [22]

A finalidade de seleccionar este tipo de compressor, teve como base o seu princípio de funcionamento, e a sua boa manutenção, fiabilidade, mobilidade e o facto de ser bastante silencioso.

3.1.4.1 Colocação da Tubulação/Mangueiras para circulação do Ar

A mangueira de ar utilizada é da marca Festo e a sua única funcionalidade é de permitir a passagem do ar que sai do compressor para cada braço, cilindro pneumático. Como já foi mencionado atrás, existe uma derivação da mangueira que vai de braço para braço, ou seja, passando de cilindro para cilindro fazendo, pois, chegar esse ar a cada um destes em simultâneo. A mangueira utilizada é a PUN-H-10x1,5 mm². A Figura 50 que se segue ilustra a colocação dessa mangueira a contornar os cilindros pneumáticos. A mangueira que liga o compressor de ar a estes terminais de mangueira por cilindro tem uma secção superior, sendo esta a PUN-H-16x2,5 mm².



Figura 50 - Colocação da mangueira PUN - H - 10x1,5 por cada cilindro pneumático.

Este tipo de mangueira ou tubo é resistente à hidrólise e aos micróbios, pois os tubos utilizados são tubos de poliuretano flexíveis, sendo indicados para aplicação nos segmentos alimentícios e de embalagens. As suas características e constituição apontam para: diâmetro externo do tubo conforme CETOP RP 54 P, com uma faixa de pressão: - 0,95 até máx. 10 bar (em função da temperatura), uma faixa de temperatura: -35 a +60 °C. São compatíveis com as conexões QS, QS-F, CRQS, CK e CN, cumprem com a diretiva 90/128 EWG e atendem às especificações da FDA 177.1551 (*Food and Drug Administration*) [31].

3.2 Dimensionamento do robot: Componente eletrónica / eléctrica

3.2.1 Autómato

O autómato utilizado no projeto é da marca Festo, com o modelo CPX-CEC-C1-V3, e o código 3473128 segundo o catálogo da Festo. O autómato é programado de forma a sequenciar um sistema de Pisa no lagar por processos / ciclos sequenciais, com tempos determinados (início e fim). Ou seja, programa-se mais do que um ciclo do autómato, e ele irá realizar uma sequência de ações de maneira automática e repetitiva, de acordo com o programa pré-definido. O ciclo selecionado terá em atenção um temporizador para intervalos regulares ou em resposta a determinadas condições, como acionar os braços pneumáticos e a comunicação com os outros dispositivos através do processamento da informação com base em condições lógicas. De um modo geral, este tipo de autómato tem como função executar uma sequência de ações de forma automática e repetitiva se for o caso, permitindo a automação e controlo preciso das operações. São programados para executar tarefas em ciclos regulares ou em resposta a condições específicas, garantindo operações eficientes, seguras e bastante produtivas com máxima eficácia e rapidez. Relativamente às suas características e outros aspetos relevantes, estão indicados na Figura 51 e na Tabela 4 com a sua ficha técnica.



Figura 51 - O autómato utilizado no projeto da marca Festo.

Tabela 4 - Ficha técnica do autómato utilizado no projeto, da marca Festo. [31]

Ficha técnica

Característica	Valor
Data de envio	→ Visualizar
Dimensões L x C x A	50 mm x 107 mm x 55 mm
Diagnóstico específico do aparelho	Diagnóstico orientado por canal e módulo - Subtensão/curto-circuito nos módulos - Memória de diagnóstico
Dados CPU	256 MB RAM 32 MB Flash Processador 800 MHz
Suporte à configuração	CODESYS V3
Parametrização	CODESYS V3
Quantidade total de eixos	127
Funções adicionais	Funções de diagnóstico Função de movimento para eixos elétricos
Elementos de controle	Interruptor DIL para conector terminal CAN Comutador giratório para RUN/STOP
Programação, linguagem dos comandos	DE, EN
Programação, suporte para manuseio de arquivos	sim
Tempo de processamento	aprox. 200 us/1 k Instrução
Consumo interno de corrente na tensão de trabalho	tip. 85 mA
Seleção do endereço IP	DHCP via CoDeSys Via MMI
Módulos funcionais	Ler diagnóstico do módulo CPX Status de diagnóstico CPX Copiar rastro de diagnóstico CPX E outros
Flags	28 kB dados retentivos Conceito de variáveis CoDeSys
Tensão operacional nominal c.c., tensão de carga	Sem pneumática: 18 ... 30V 24 V Com pneumática tipo Mid/Maxi: 21,6 ... 26,4V Com pneumática tipo CPA: 20,4 ... 26,4V Com pneumática tipo MPA: 18 ... 30V
Tensão operacional nominal c.c.	24 V
Buffer de dados durante falha de abastecimento de energia	10 ms
Software de programação	CODESYS provided by Festo
Linguagem de programação	conforme IEC 61131-3 Diagrama Ladder (LDR) Linguagem estruturada (STL) Texto estruturado Diagrama de funções Linguagem seqüencial CFC adicional
Memória do programa	16 MB programa de usuário
Classe de resistência à corrosão KBK	2 – Resistência à corrosão moderada
Temperatura de armazenamento	-20 ... 70 °C
Umidade relativa do ar	95 % não condensável
Classe de proteção	IP65 IP67
Temperatura ambiente	-5 ... 50 °C
Peso do produto	135 g
Ethernet, número	1
Ethernet, velocidade de transmissão de dados	10/100 Mbit/s
Ethernet, protocolos suportados	TCP/IP, EasyIP, Modbus TCP
Ethernet, conector	RJ45 Conector de 8 pinos
Interface Fieldbus, isolamento elétrica	sim
Interface Fieldbus, taxa de transmissão	125, 250, 500, 800, 1000kbit/s regulável via software
Interface Fieldbus, tecnologia de conexão	Conector Sub-D 9 pinos
Interface Fieldbus	CAN-Bus
Protocolo	CODESYS Level 2 EasyIP Modbus TCP TCP/IP
Interface de comando	CAN-Bus
Interface Ethernet	RJ 45 (conector, 8 pinos)
Indicador LED específico de bus	TP: Link/Traffic
Indicador LED específico do produto	ERRO: falha no tempo de processamento do CLP M: Modify/Forcing ativo PL: alimentação de carga PS: alimentação de eletrônica, alimentação de sensor RUN: status CLP SF: falha do sistema STOP: status do CLP
Observações sobre material	Conforme RoHS
Material do corpo	reforçado com PA PC

Na Figura 52 é possível ver o modelo do bloco de controlo CPX-CEC-C1-V3 da configuração do autómato e na Tabela 5 a) e b) a ficha técnica desse bloco.



Figura 52 - Modelo do bloco de controlo do Autómato.

Tabela 5 a) - Ficha técnica do bloco de controlo do Autómato. [31]

Característica	Valor
Protocolo	CODESYS nível 2 EasyIP Modbus TCP TCP/IP
Dimensões L x C x A	50 mm x 107 mm x 55 mm
Peso do produto	135 g
Temperatura ambiente	-5 °C ... 50 °C
Temperatura de armazenamento	-20 °C ... 70 °C
Humidade relativa	95 % Não condensante
Nível de proteção	IP65 IP67
Classe de resistência à corrosão (CRC)	2 - tensão moderada da corrosão
Em conformidade com LABS	VDMA24364-B2-L
Observação sobre os materiais	Em conformidade com a RoHS
Material da caixa	Reforçado com PA PC
Ecrã LED (específico do produto)	ERR: erro de tempo de execução PLC M: modificar/força ativa PL: alimentação de carga PS: alimentação eletrónica, alimentação do sensor RUN: estado do PLC SF: falha no sistema STOP: Estado do PLC
Ecrã LED (específico do barramento)	TP: Link/Traffic
Diagnóstico específico do dispositivo	Diagnóstico orientado pelo canal e pelo módulo Subtensão/curto-circuito de módulos Memória de diagnóstico
Componentes de controlo	Interruptor DIL para a terminação de rede CAN Interruptor giratório para RUN/Stop
Configuração do endereço IP	DHCP Através de CODESYS Por MMI
Interface do barramento de campo, tipo	Barramento CAN
Interface de campo do barramento, tecnologia de conexão	Conectores Sub-D 9 pinos
Interface do barramento de campo, isolamento galvânico	sim
Interface do barramento de campo, taxa de transmissão	125, 250, 500, 800, 1000 kbit/s Ajustável por software
Interface Ethernet	RJ 45 (tomada, 8 pinos)

Tabela 5 b) - Ficha técnica do bloco de controlo do Autómato. [31]

Característica	Valor
Ethernet, número	1
Ethernet, protocolos suportados	TCP/IP, EasyIP, Modbus TCP
Ethernet, conector	RJ45 Conector fêmea 8 pinos
Ethernet, velocidade de transmissão	10/100 Mbit/s
Parametrização	CODESYS v3
Suporte de configuração	CODESYS v3
Funções adicionais	Funções de diagnóstico Funções de movimento para atuadores elétricos
Dados do CPU	256 MB RAM Flash 32 MB Processador de 800 MHz
Interface de controlo	Barramento CAN
Tensão de funcionamento nominal CC	24 V
Tensão operacional nominal para tensão de carga CC	Sem componentes pneumáticos: 18 ... 30V 24V Com válvulas pneumáticas tipo Midi/Maxi: 21,6 ... 26,4V Com tipo pneumático CPA: 20,4 ... 26,4V Com pneumático tipo MPA: 18 ... 30V
Consumo intrínseco da corrente na tensão de operação nominal	Tipic. 85 mA
Falha na potência do tampão principal	10 ms
Programação, idioma da operação	DE, EN
Idioma de programação	De acordo com IEC 61131-3 LDR AWL ST FUP AS Adicionalmente CFC
Programação, suporte para tratamento de arquivos	sim
Software de programação	CODESYS fornecido pela Festo
Memória do programa	16 MB programa do utilizador
Tempo de processamento	Aprox. 200 µs/1 k instrução
Elementos de função	Ler diagnóstico do módulo CPX Estado de diagnóstico de CPX Copiar varrimento do diagnóstico de CPX E outros
Marcador	28 kB dados remanescentes Conceito da variável CODESYS
Número total de eixos	127

3.2.1.1 Ativação do Autómato

Para ligar o autómato à corrente elétrica, foi necessário utilizar uma fonte de alimentação. A fonte de alimentação é da marca *Weidmuller*, segundo o site da marca Festo e esta era bastante mais cara, com as mesmas características da que optamos por adquirir. É uma fonte com uma potência de 240 W e uma entrada monofásica a 230V, com uma corrente contínua à saída para uma tensão nominal de 24 V e uma corrente de 10 A. Para o sistema bastava uma fonte de alimentação com menor potência, contudo, foi melhor esta opção

pela relação preço e qualidade. Contudo, também convém dizer que esta fonte contém características adicionais, pois tem proteção contra curto-circuitos, proteção contra sobrecarga, ajuste de tensão ou de corrente que visa garantir o fornecimento seguro e estável da energia elétrica ao autômato [28] [29].

A função principal dessa fonte de alimentação é fornecer energia estável e confiável para os dispositivos ou sistemas conectados a ela. Como já é sabido, a tensão de 24 Volt é comumente utilizada em aplicações industriais e automação, sendo uma tensão segura e eficiente para alimentar sensores, atuadores, controladores e outros componentes eletrônicos, que será o caso em causa.

A Figura 53 ilustra a fonte de alimentação utilizada no meu sistema, com as suas principais características.



- ✚ Dimensões: 60 x 130 x 152.5 mm
- ✚ Peso: 1.554 g
- ✚ Corrente de entrada: 1.5 a 3.0 A
- ✚ Tensão de saída nominal: 24 V (DC)
- ✚ Corrente de saída nominal: 10 A
- ✚ Gama de tensão à entrada: 100 a 240 V (AC)
- ✚ Frequência: 45 a 65 Hz

Figura 53 - Modelo da fonte de alimentação para ligar o autômato á corrente elétrica. [33]

Para a proteção da fonte de alimentação utilizou-se um fusível/disjuntor de calibre C10.

Para ligar a fonte de alimentação ao autômato, optou-se por uma ficha adequada para a ligação de quatro pinos como exemplificado na Figura 54.



Figura 54 - Ficha de ligação da fonte de alimentação ao automático.

Contudo para ligar esta ficha, seguiu-se a seguinte sequência dos pinos, numerados de 1 a 4 conforme ilustra na Figura 55.

Como é possível ver esta ficha é da marca Festo e veio juntamente com o autónomo, porque é específica a este modelo.



Figura 55 - Sequência de ligação da ficha da fonte de alimentação ao automático.

Cumprindo com a sequência de ligação da ficha, a Figura 56 ilustra as cores dos fios condutores e as referidas ligações cumprindo com a sequência numérica.

Para melhor ilustrar esta ligação, evidencia-se na Figura 56 a correspondência dos pinos com as devidas cores dos fios / cabos condutores e na Figura 57 mostra a correspondência das ligações finais e toda a sua sequência de ligação, bem como, na Figura 58.

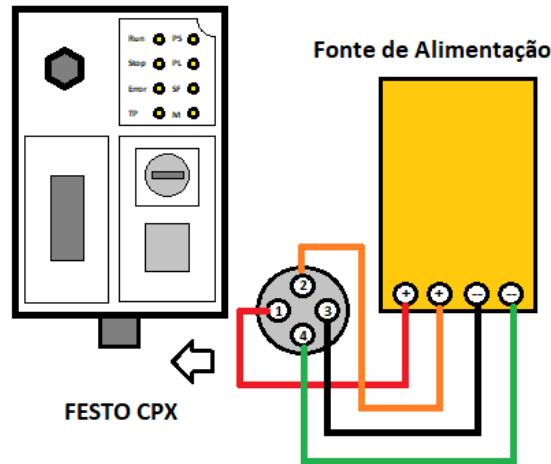


Figura 56 - Ligação dos pinos da ficha da fonte de alimentação ao autómato por cores de cabos. [31]

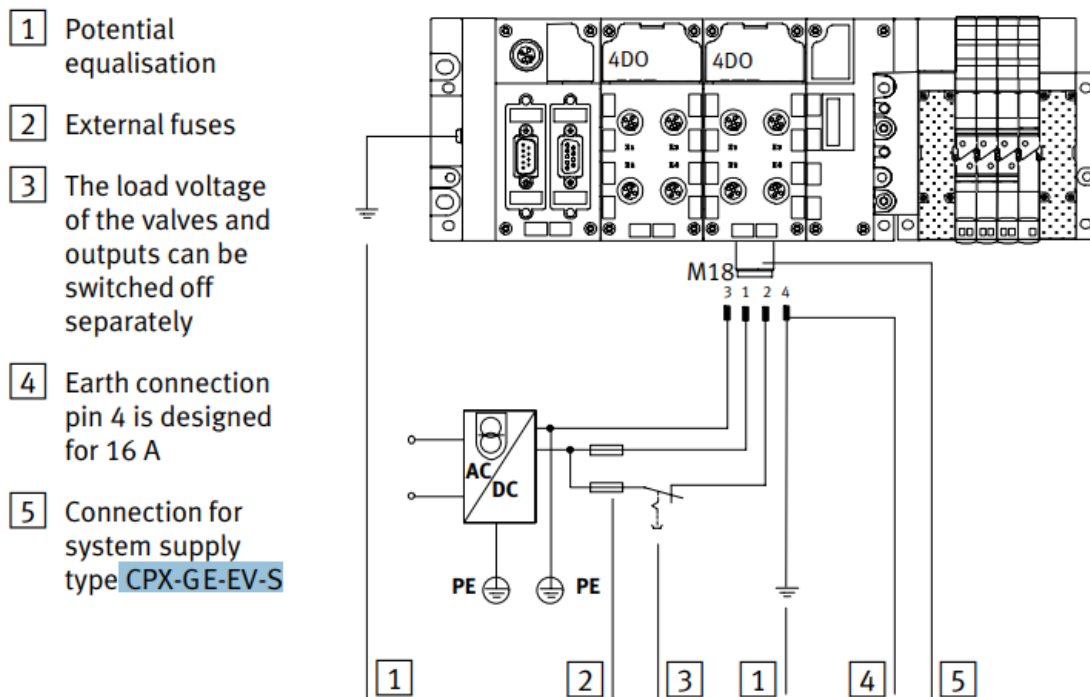


Figura 57 - Esquema de ligação do autómato pela ficha de alimentação. [31]

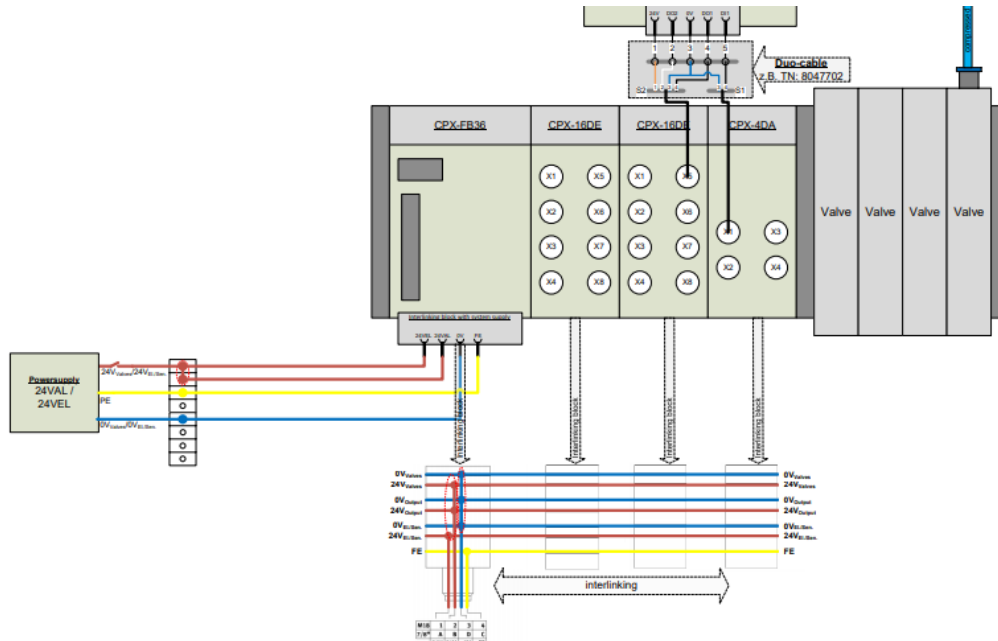


Figura 58 - Esquema final das ligações ao automático. [31]

Sendo assim, já é possível mostrar os cabos ligados ao automático definitivamente para iniciar o seu ciclo de programação. As Figura 59, 60, 61 a) e 61 b) mostram as ligações realizadas na bancada técnica dos laboratórios de eletrotécnica do IPB de Bragança, com o teste dessas ligações pelo emparelhamento do PC, computador portátil [31].



Figura 59 - Ligações realizadas no automático.

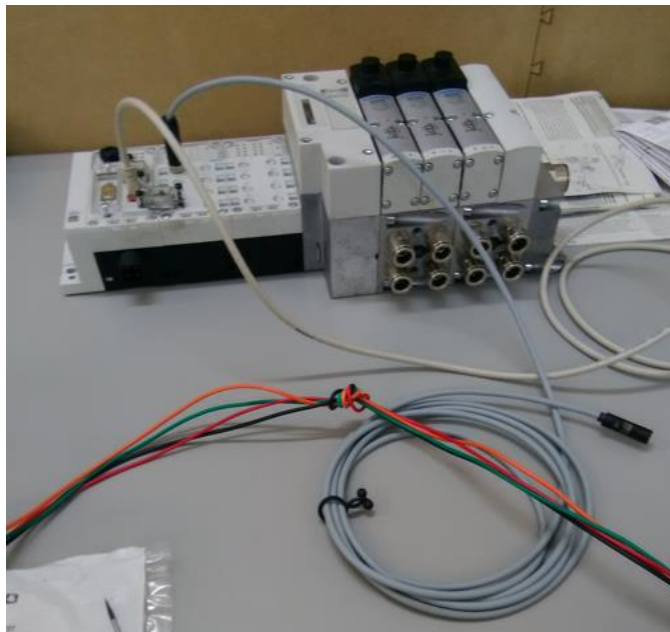


Figura 60 - Teste das ligações realizadas no autómato.

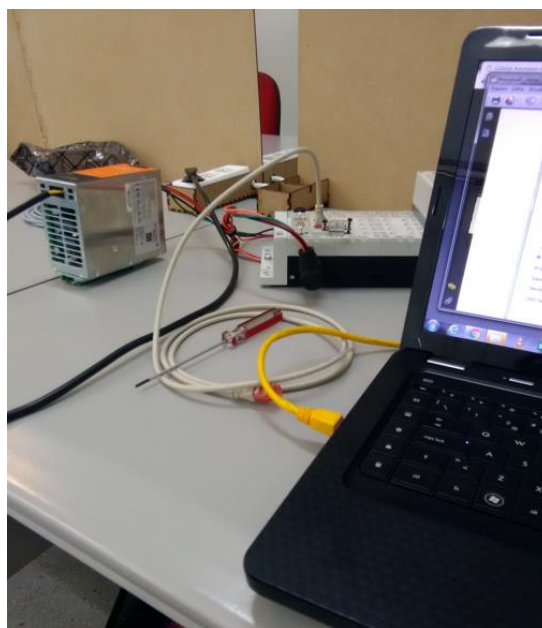


Figura 61 a) - Ligações do autómato ao PC.

Depois de ligar a fonte de alimentação ao autómato, procedeu-se à instalação do software segundo o manual técnico da Festo, pelos seguintes passos que são discriminados e a ilustrados pelas Figuras 65, 66, e 67 que se seguem, cumprindo com o manual de instalação do Software da Festo:

- Seleção do IP;
- Instalar o software CoDeSys;
- O tipo de dispositivo (no meu caso, o CPX-CEC-C1-V3) e a forma como este deve ser programado;
- Registo na Gateway.

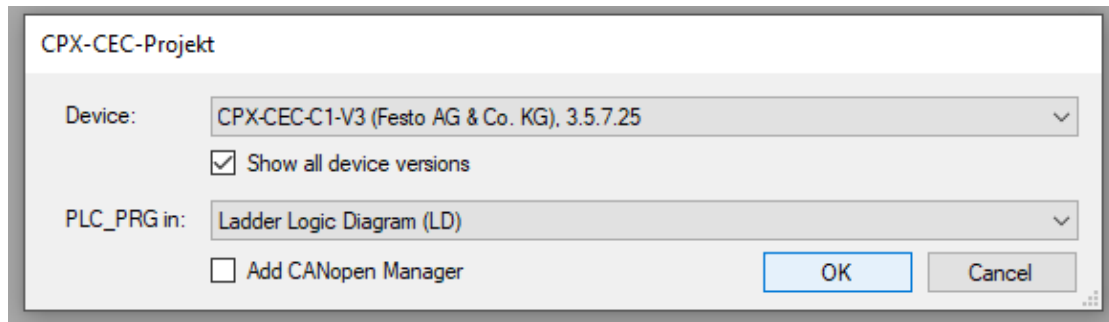


Figura 61 b) - Ligações do autómato ao PC.

Para entrar no codificador em rede temos que seguir os seguintes passos, e como comprova as Figuras 62, 63 e 64: [31]

1. Destacar o dispositivo encontrado;
2. Selecionar [Rede] no menu de contexto;
3. Alterar o endereço IP;
4. Alterar as configurações da máscara de sub-rede, gateway padrão e o servidor DNS;
5. Transferir as alterações para o dispositivo. Para fazer isso, cliquei em "OK";
6. Aguardar até que o dispositivo tivesse concluído com sucesso o processo de ligação (o LED de status "Run" ou "Stop" acende);
7. Fechar o programa de verificação "Scan Festo Devices".

Sendo assim as propriedades do NetWork são:

IP-Address: 192.168.4.41

Subnetmask: 255.255.0.0

Standardgateway: 192.168.1.1

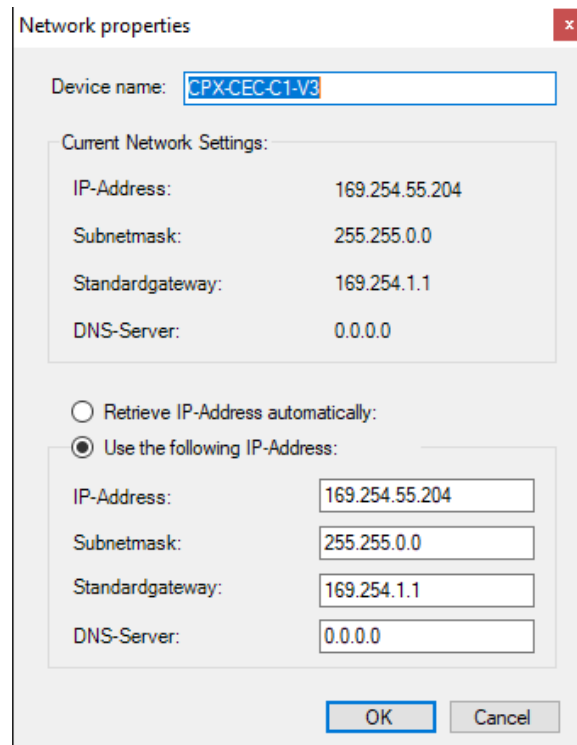


Figura 62 - Seleção da rede e suas propriedades.

Depois disso, foi possível configurar o sistema CPX, com um simples clique na janela dos dispositivos “CPX_System”, e em seguida foi colocado o código solicitado automaticamente ele configurou o sistema.

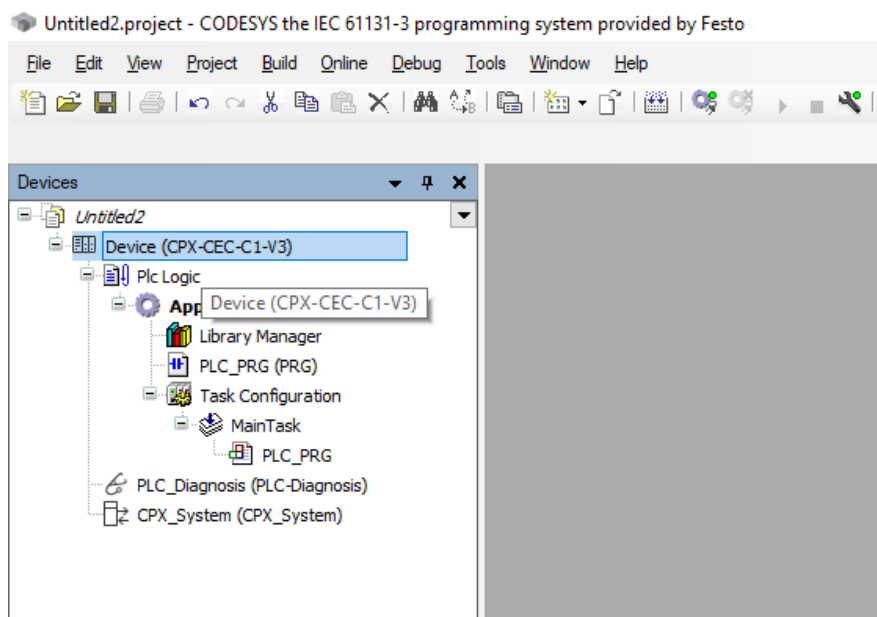


Figura 63 - Seleção do modelo do controle do sistema.

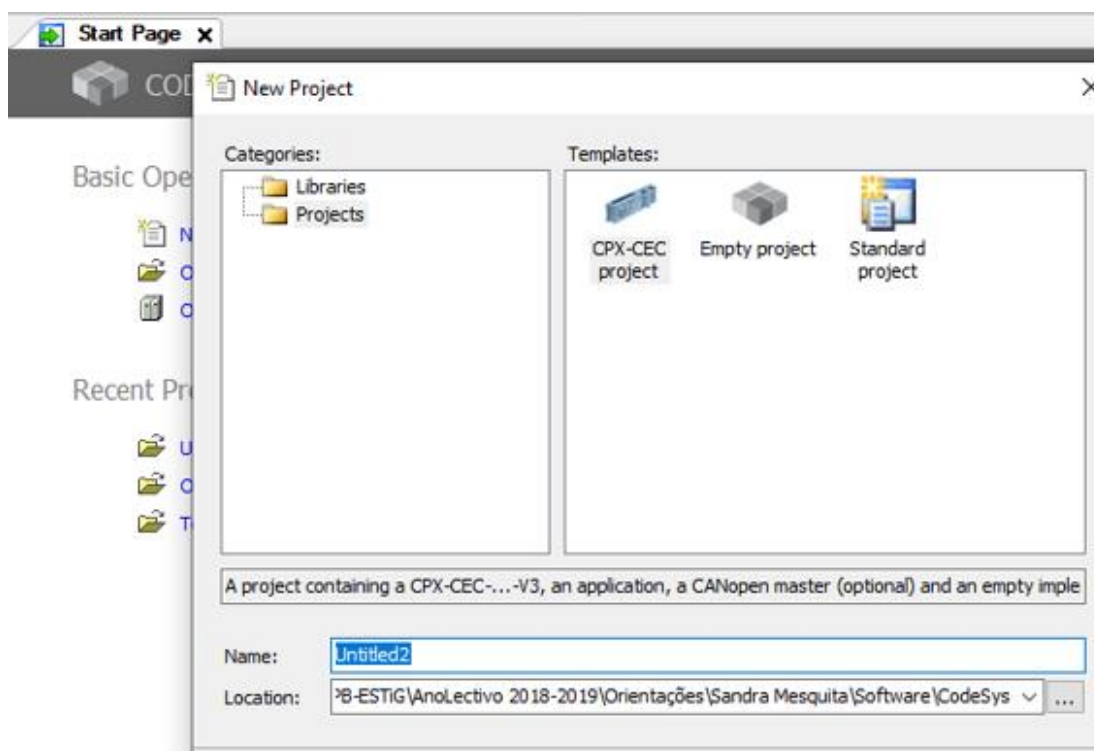


Figura 64 - Criação do projeto na base de controlo do sistema.

Só resta programar o autómato. Para isso será utilizada a linguagem LADDER.

Antes de passar a descrever todo o dimensionamento e a logística necessária para a ligação do autómato a todos os seus equipamentos / componentes para o seu sistema de ativação e programação. [29] [31]

3.2.2 Quadros Elétricos

Relativamente a este ponto, as ligações elétricas passaram por dois quadros elétricos, com a finalidade única e exclusiva da separação das ligações, no que concerne à sua alimentação geral e à eletrificação dos componentes que compõem o controlo e o comando do Robot Pisa. O quadro elétrico de maiores dimensões, é em aço inoxidável, com as dimensões de 500x500x300 mm³, e cumpre com as regras técnicas das Instalações Elétricas IP e IK, de qualidade e segurança. Este quadro foi selecionado em função da sua utilidade e ao local a que se destina, visto se tratar de um lagar onde é feito o processo de tratamento e conservação do vinho.

Este quadro foi colocado na parede frontal do lagar, no lado direito, por fixação de parafusos com bucha metálica, sobre as partes mais resistente da parede, ou seja, assente

nas pedras, para garantir a sua segurança, uma vez que a parede possui pedras de pequenas dimensões e cimento para o seu enchimento.

Na Figura 65 é possível verificar o estado da parede onde foram fixados os Quadros Elétricos.



Figura 65 – Estado de conservação da parede para fixação dos quadros elétricos.

Em auxílio a este quadro elétrico ficou também posicionado um quadro elétrico de pequenas dimensões, fixo na parte lateral direita deste para garantir as ligações dos componentes necessários ao bom funcionamento do sistema, pois possui tomadas monofásicas e trifásicas. No ponto seguinte, é mencionado, detalhadamente, todos os acessórios e componentes que fazem parte integrante do dimensionamento destes quadros elétricos.

A Figura 66 ilustra o quadro elétrico de pequenas dimensões onde estão acopladas as tomadas monofásicas e trifásicas.



Figura 66 - Colocação do quadro elétrico de pequena dimensão.

3.2.2.1 Acessórios dos Quadros Elétricos

O quadro elétrico em aço inoxidável é muito mais complexo e mais estruturado face aos componentes que nele ficam alojados, nomeadamente: o automático, o variador de frequência, a fonte de alimentação, o contactor, os respetivos disjuntores C10 e C16, bem como, o diferencial de corte e todos os condutores de ligação, com os seus ligadores. Na porta de abertura ficaram os botões de comando, com a sinalética das cores para transmitir informação ao utilizador, quando o sistema está ligado e em pleno funcionamento, ou seja, a executar uma operação de comando programável. É de salientar que houve a necessidade de perfurar a porta do quadro elétrico, com uma broca à medida, para fixar

esses botões. Aquando destas perfurações, também foram marcados os pontos das saídas e entradas do ar comprimido, para realizar as furações de acordo com o diâmetro da mangueira para a circulação do ar, provindo do compressor.

As Figuras 67, 68 e 69 mostram o quadro elétrico em aço inoxidável na sua localização face ao espaço envolvente do lagar, as perfurações feitas para fixar os botões sinalizadores e a porta frontal do Q.E.



Figura 67 - Localização do Q.E. no lagar.

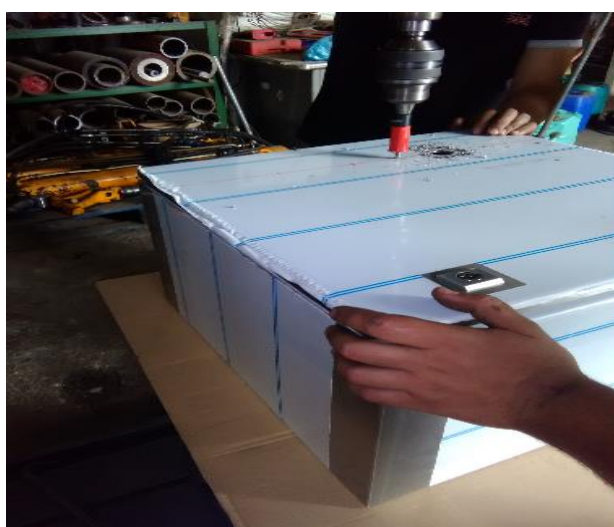


Figura 68 - Perfuração do Q.E. para fixação dos botões de sinalização.



Figura 69 - Porta frontal do Q.E. com os botões de sinalização.

3.2.2.2 Botões de Sinalização / Botões de Comando

Os botões utilizados são de sinalização/comando, com duas posições de comando NA – Normalmente Aberto ou NF – Normalmente Fechado. As cores dos botões significam:

- ✓ Vermelho – sistema parou por interrupção própria, com um Start Stop pelo botão de emergência, ou o ciclo de programação não chegou ao fim pelo tempo programado, por ocorrência de alguma anomalia;
- ✓ Verde - sistema encontra-se em execução, ou seja, o ciclo de programação ainda não chegou ao fim, e tudo decorre pela normalidade;
- ✓ Amarelo – o sistema parou por sinalização dos sensores, ou seja, algo foi detetado pelos sensores e este bloqueou o ciclo programado por segurança automática ou pode ser falha técnica nos componentes, falta de comunicação eletrónica ou interrupção na alimentação elétrica. Aqui é necessário averiguar o que se está a passar, porque também pode ser uma sobrecarga e daí um curto circuito.

O botão Stop é o botão de segurança manual que faz a paragem imediata do sistema quando o utilizador decide ativá-lo. Neste caso, o botão só será ativado em situações de

entrada de alguém ou de algum objeto no lugar, ou em situações de alterar o ciclo de prensagem. A Figura 70 que se segue mostra esses botões, vem como os componentes para a sua ligação e a Figura 71 mostra as suas ligações, seguindo um esquema de ligação.



Figura 70 - Os botões de sinalização utilizados no projeto.

Para ligar estes botões de sinalização, efetuou-se uma pesquisa de um exemplo de montagem como retrata a Figura 71 e foram ligados estes botões ao variador de frequência e a um contator monofásico.

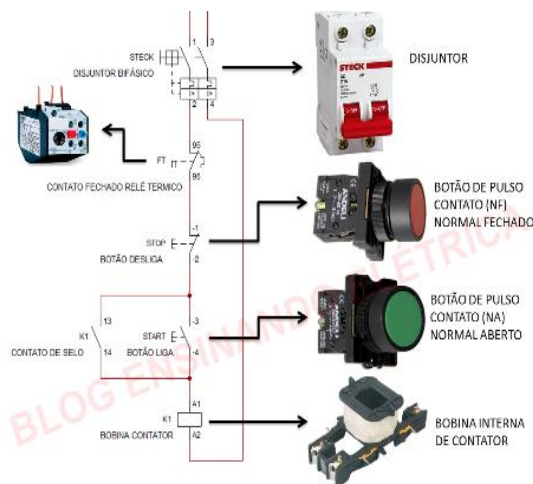


Figura 71 - Ligação dos botões de sinalização. [34]

Com a montagem dos botões e da sua pré ligação, só faltava dimensionar o quadro elétrico com a montagem dos seus componentes. Antes de avançar para esta etapa, foi dimensionado o quadro elétrico que vai alimentar as tomadas necessárias e componentes para conectar os equipamentos essenciais para o funcionamento do robot. Esse dito quadro elétrico é de pequenas dimensões como já tinha sido mencionado e fica junto ao quadro elétrico em aço inoxidável, na lateral direita, com três tomadas de saída, duas tomadas monofásicas e uma tomada trifásica [30].

A Figura 72 que se segue mostra a localização deste quadro elétrico perante o quadro em aço inoxidável.



Figura 72 - Localização do quadro elétrico auxiliar.

Esta situação foi pensada não só para a alimentação do quadro elétrico a montante, mas também para ligar a ficha do compressor e outros equipamentos que, futuramente, e ocasionalmente sejam necessários, como, por exemplo, uma gambiarra, um aquecedor, um extrator de líquido, entre outros, afetos ao processo de prensagem do vinho.

3.2.2.3 Disjuntores

Os disjuntores utilizados nos quadros elétricos são os C10 e os C16, ou seja, de calibre de 10 A e 16 A. A sua principal função é de proteger o circuito contra sobrecargas de tensão ou corrente. Relativamente ao diferencial de corte geral, este é de 30 mA de sensibilidade ao corte e de 40 A. É de salientar que para o projeto bastava um diferencial de 25 A, contudo, para situações de sobreintensidades o ideal é seleccionar sempre um disjuntor de maior calibre. No seu processo de montagem e dimensionamento, houve a necessidade de utilizar um disjuntor diferencial de corte geral e um disjuntor tetrapolar

de calibre C20 para a tomada trifásica, bem como um disjuntor de calibre C16 para as tomadas monofásicas. A Figura 73 ilustra a montagem desses disjuntores e as suas ligações. A Figura 74 mostra a ligação das tomadas.



Figura 73 - Dimensionamento do quadro elétrico e suas ligações.



Figura 74 - Montagem e ligações das tomadas trifásicas e monofásicas no quadro elétrico.

Depois de concluída a sua montagem, efetuou-se a sua colocação definitiva, reforçada com parafusos de bucha química e as ligações de passagem às caixas de visita para a alimentação de ambos os quadros elétricos. A Figura 75 ilustra, claramente, essa configuração, bem como, a proximidade com as torneiras do ar comprimido e da água.



Figura 75 - Finalização da colocação dos quadros elétricos.

Relativamente ao cabo condutor elétrico utilizado para a interligação de ambos os quadros elétricos e mesmo dos motores passou por ser um cabo flexível, H05VV-F, multifilar de $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$ e $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$. Para a ligação dos botões ao mesmo quadro elétrico, o cabo utilizado foi também o flexível, H05VV-F, multifilar de $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$. A Figura 76 ilustra o condutor utilizado para a alimentação do circuito. [30]



Figura 76 - Condutor H05VV-F utilizado na alimentação dos circuitos ao quadro elétrico.

Este cabo foi enfiado num tubo VD de 20 mm² para ligar aos quadros elétricos e passa por uma guia metálica até às caixas de ligação / passagem CV.

Em relação às ligações efetuadas para interligar e conectar os componentes que constituem o quadro elétrico, tive o cuidado de linear o caminho, por calha técnica, para acoplar separadamente a passagem de toda a cablagem, cablagem essa constituída por vários condutores de diversas secções 0,75 mm², 1,5 mm² e de 2,5 mm², identificada por cores nas ligações que acionam todos os componentes de forma prática e funcional. Assim, o quadro elétrico tomou o seguinte formato, como mostra a Figura 77.



Figura 77 - Montagem completa do quadro elétrico com os seus componentes.

Esta placa, depois de montada, foi colocada no interior do quadro elétrico, com as fixações, por meio de parafusos fixos às laterais do mesmo quadro elétrico. Os componentes ficaram acoplados face às ligações, quer a montante e a jusante destas, ficando o autómato na base, sob a horizontal, com as entradas e saídas do ar direcionadas ao engate da mangueira pela lateral direita, a fim de ficar coincidente e proporcional à ligação ao compressor de ar que alimenta a parte pneumática deste sistema.

É notório referir que as ligações foram identificadas por ligadores coloridos, separadamente pela conectividade de cada alimentação, sendo o cabo condutor da cor azul o “Neutro”, o cabo preto a “Fase”, e o verde amarelo o “Terra/Massa”. Contudo, outras cores foram utilizadas para as interligações intermédias, como, por exemplo, a cor cinzenta e branca [30].

A Figura 78 mostra claramente o modelo dos ligadores utilizados para as conexões ao quadro elétrico.



Figura 78 - Ligadores utilizados no quadro elétrico.

Para uma melhor exemplificação das ligações efetuadas nos quadros elétricos, nas Figuras 79 a) b) e c) estão presentes os esquemas de ligações desses quadros com os componentes.

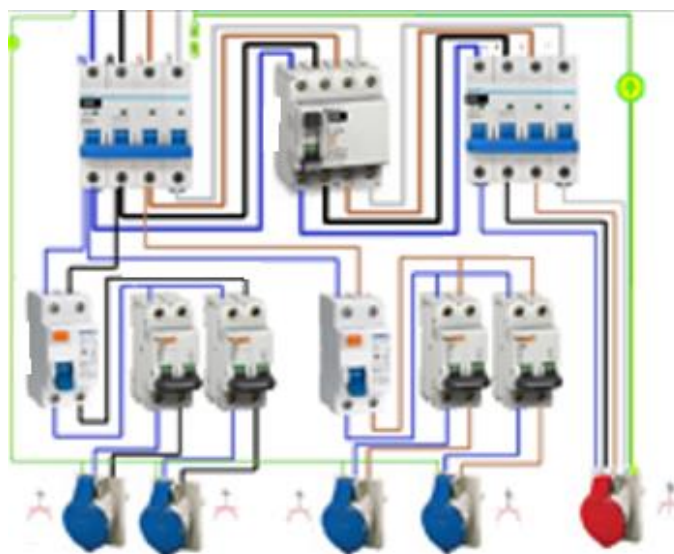


Figura 79 a) – Esquema elétrico com os componentes e suas ligações. [34]

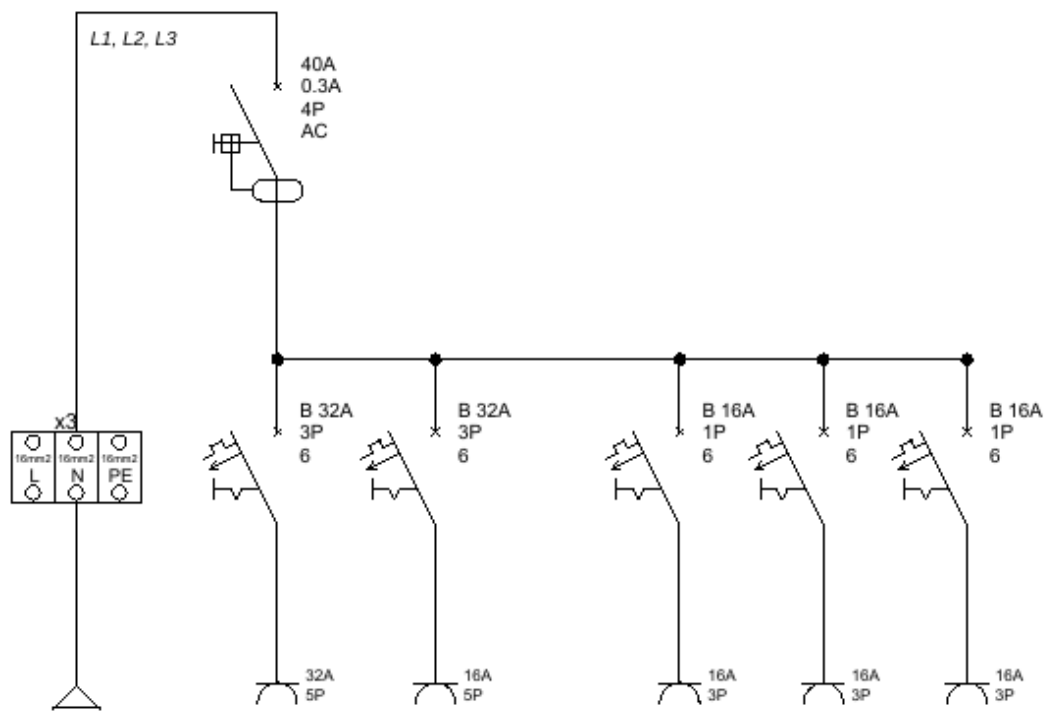


Figura 79 b) - Esquema Elétrico e sua simbologia. [34]

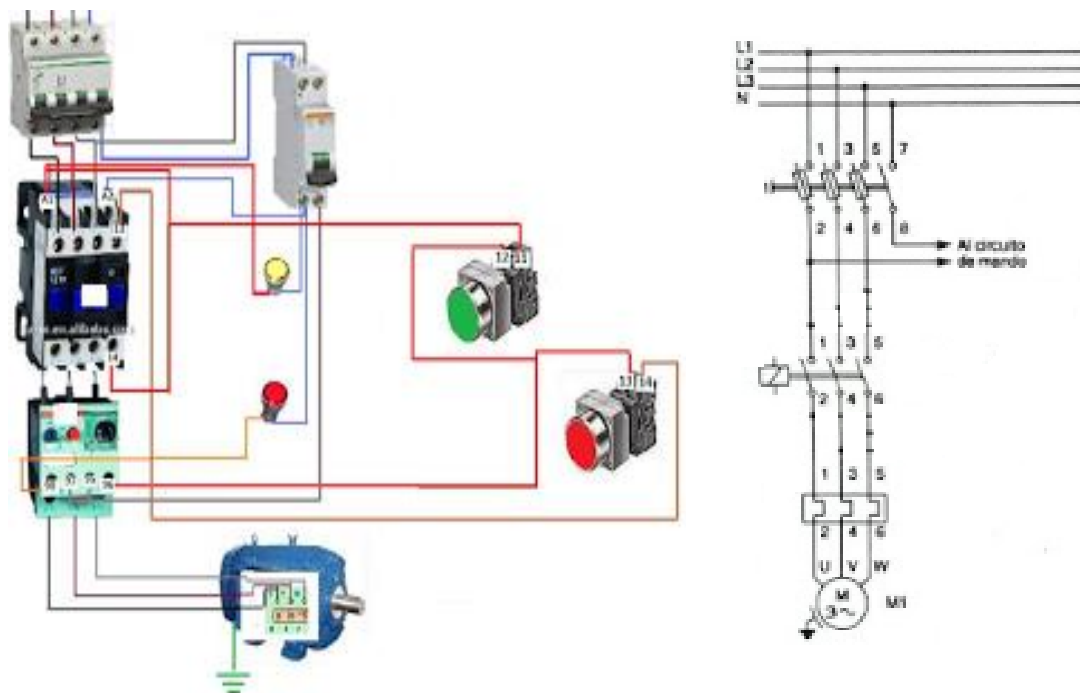


Figura 79 c) - Esquema Elétrico das ligações dos botões de sinalização. [34]

3.2.3 Variador de Frequência

O regulador / variador de frequência que utilizamos é o modelo CFW 300 da marca WEG, e tem como principal função permitir que o motor trabalhe a velocidades variáveis: altas, baixas ou mais constantes. Com isto, o seu consumo de energia não é exagerado [17].

A Figura 80 que se segue mostra o modelo desse mesmo variador e as suas ligações.

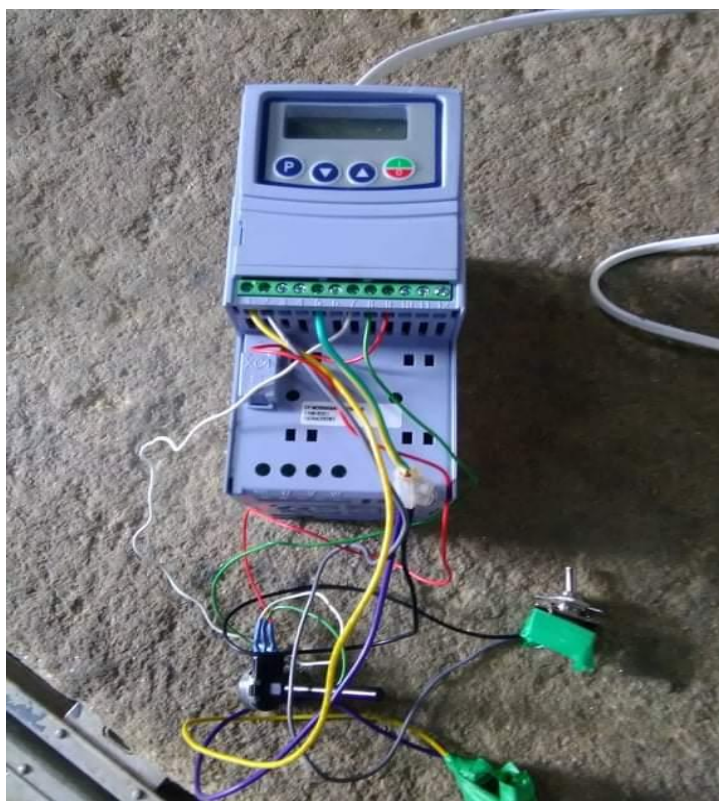


Figura 80 - Variador de Frequência e suas ligações.

Para testar o variador de frequência, foi necessário ligar um potenciômetro e um botão de patilha manual de arranque ON e outro de paragem OFF. O potenciômetro é um componente eletrônico que cria uma limitação para a corrente elétrica que passa por ele, e essa limitação pode ser ajustada manualmente, podendo ser aumentada ou diminuída.

Este sistema foi dimensionado junto ao motor elétrico para o seu funcionamento, onde se realizou um teste se o motor fazia interrupções ou falhas, podendo vir de um desajuste na

guia de deslizamento sobre o carril do pinhão com a cremalheira, ou das rodas de nylon sobre o varandim. Contudo, não foi detetada qualquer anomalia, só mesmo faltava concluir o projeto com as restantes montagens. [17]

Com todos estes fatores é notório que ao projetar este sistema refletimos sobre a melhor forma de obter a máxima eficácia, passando pelo objetivo de reduzir custos, nomeadamente à faturação mensal da eletricidade e mesmo da manutenção do processo.

3.2.4 Motor

O motor foi escolhido com base em critérios de potência, velocidade, binário e eficiência. Sua função principal é converter energia elétrica em energia mecânica. A potência do motor é adequada para suportar cargas até 30 kg em cada braço pneumático, permitindo um movimento contínuo e sem interrupções no circuito, o que resulta em binário e força de movimentação que se ajustam ao acoplamento do pinhão com a cremalheira, passando através de uma caixa redutora de velocidades. As dimensões do motor utilizado no projeto estão ilustradas na Figura 81.

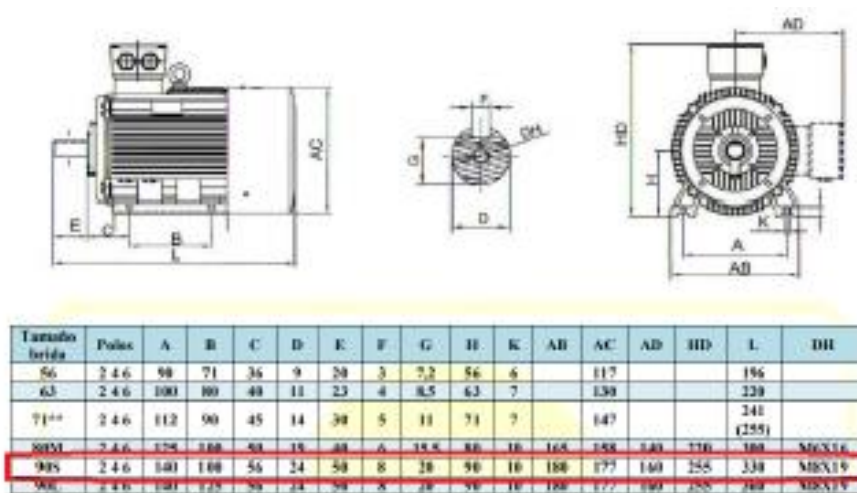


Figura 81 - Características do motor de 0,5 hp (372,85 W) utilizado no projeto. [17]

O motor foi adquirido à empresa Universal Motores, Equipamentos Eletromecânicos S.A Portugal, com a referência BF31 71 M1-4 e N° 201806-028. O material que o constitui é o alumínio, e as suas características vêm mencionadas na placa de características que está

rebitada na carcaça do próprio motor. A Figura 82 a) mostra o motor em SolidWorks, e a Figura 82 b) mostra o motor físico, e a Figura 83 mostra a constituição do motor [17].

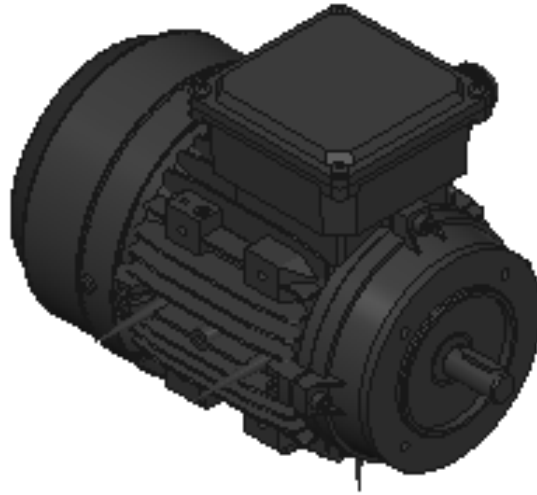


Figura 82 a) - O motor de 0,5 hp (372,85 W) utilizado no projeto.



Figura 82 b) - O motor de 0,5 hp (372,85 W) utilizado no projeto.

Depois de selecionar o motor, houve a necessidade de selecionar a caixa redutora adequada para aplicar ao motor.

3.2.5 Sensores

Os sensores utilizados no projeto foram apenas dois modelos: os fins de curso e os sensores para os braços/cilindros. Os sensores fins de curso são colocados nas extremidades do lagar, indicando as posições de repouso/início, local onde a estrutura permanece até dar início ao ciclo programado, ou ainda na posição de avanço/paragem, ou seja, a estrutura move-se até concluir cada ciclo programado com um tempo de execução estipulado. Para uma melhor compreensão passamos a descrever a funcionalidade destes sensores fim de curso. Ao iniciar o ciclo programado, a estrutura está numa situação de repouso, na posição zero detetada pelo sensor fim de curso de iniciação, com o avançar do ciclo programado, a estrutura percorre o lagar até chegar á extremidade deste e quando toca no sensor fim de curso colocado no término do lagar, existe de imediato uma paragem dessa mesma estrutura, ou seja, não avança mais para a frente, porque o lagar termina ali, obrigando a estrutura não avançar mais, retomando a posição de repouso caso o ciclo tenha terminado ou então faz o movimento contrário, andando para trás, seguindo o ciclo programado até o seu tempo de execução chegar ao fim, ou seja, até este ciclo terminar por completo. Esta sequência de avanço e retrocesso, é um movimento de vai e vem, que está limitado pelo comprimento percorrido da estrutura desde os seus inícios e fins pela indicação dos sensores até terminar o tempo em minutos ou convertido em horas de cada ciclo, retomando sempre a posição zero assim que receber o autómato tal informação.

Quando, por necessidade, for ativado o botão de paragem obrigatória, por uma questão de segurança, emergência por deteção de alguma coisa fora do normal no lagar, o ciclo para imediatamente ficando nessa mesma posição. Quando é desligado esse mesmo botão, o ciclo retoma o avançar da estrutura normalmente.

Relativamente aos outros sensores que estão acoplados aos braços de cada cilindro, têm a funcionalidade de limitar a recolha e esticamento do pistão do braço, limitando a altura deste ao solo e este á sua recolha total. A Figura 85 que se segue mostra os sensores fim de curso e a Figura 86 ilustra o sensor aplicado a cada braço/cilindro pneumático.



Figura 85 - Modelo do sensor fim de curso.

Este sensor fim de curso é da marca Telemecanique modelo XCKJ H29. É muito utilizado em sistema de produção ou de distribuição por passadeiras ou tapetes rolantes.



Figura 86 - Modelo do sensor aplicado a cada braço/cilindro pneumático.

3.2.6 Válvulas Pneumáticas

As válvulas de pressão utilizadas são de ar comprimido do modelo VSVA-B-M52-AZD-A1-1T1L, da marca Festo com a refª 539158 J202 (Solenoid Valve VSVA-B-M52-AZD-A1-1T1L para válvulas terminais VTSA e VTSA-F. É uma válvula funcional de 5/2 mono estável, do tipo para atuação elétrica, de largura 26 mm², e com uma taxa de fluxo nominal

padrão de 100 l/min, a uma pressão = (-0,9 - 10 bar). A válvula possui 5/2 vias simples solenoides, pois trata-se de uma válvula com cinco entradas, ou seja, cinco orifícios de conexões e dois estados, que correspondem a duas posições de comando. Estas válvulas são utilizadas para comandar sistemas pneumáticos a ar comprimido de forma a manobrar o braço de pressão com regulação da velocidade do atuador, permitindo controlar o fluxo de ar direcional. A simbologia da válvula passa pela Figura 88, com a disposição de duas partes: um bloco central onde são identificadas as posições estáveis do elemento de comutação e as vias de conexão para cada posição, e de dois blocos extremos que representam os modos de atuação ou comandos. Para ilustrar o modelo da válvula utilizada, VSVA-B-M52-AZD-A1-1T1L, da marca Festo de 24 V em DC (corrente contínua), segue a Figura 87 [21] [31] [32].

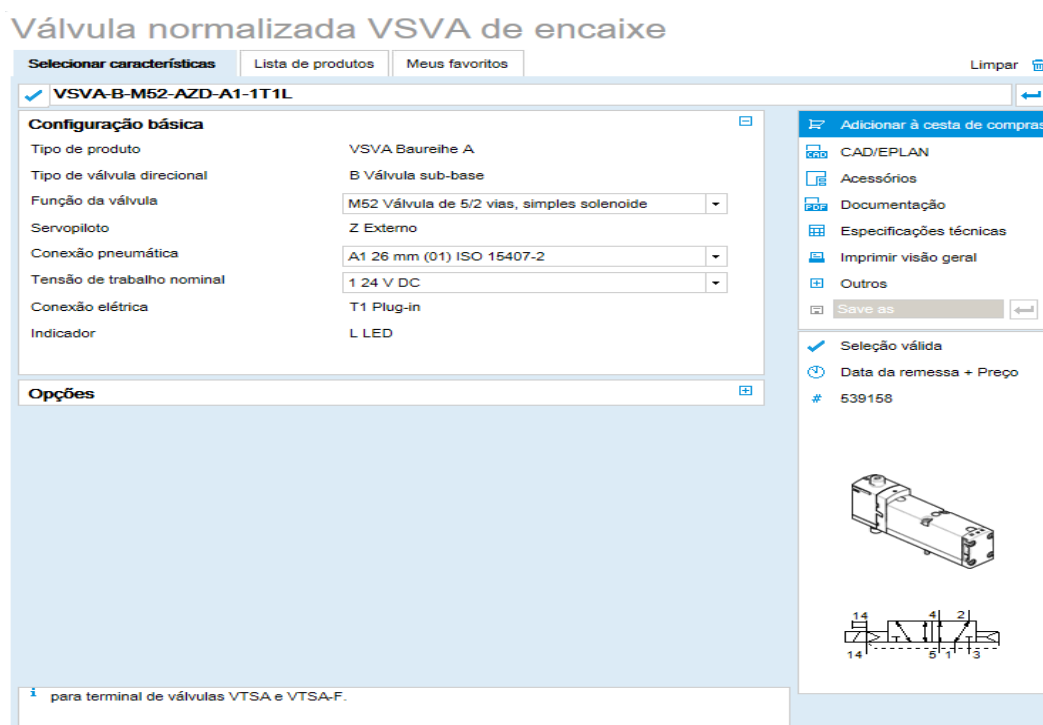
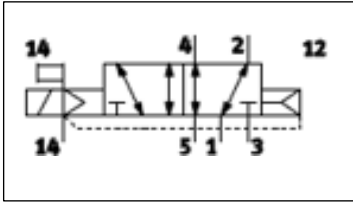
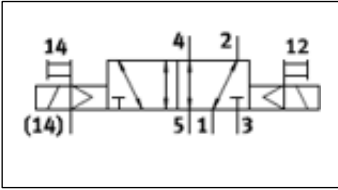
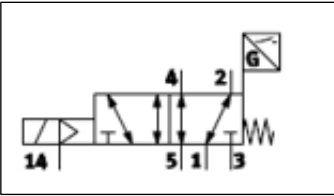


Figura 87 - Características do modelo da válvula VSVA-B-M52-AZD-A1-1T1L. [31]

Estes tipos de válvulas são conetadas de 5/2, ou seja, cinco entradas para dois estados. Estas válvulas são utilizadas para comandar sistemas hidráulicos com ar comprimido de forma a manobrar um braço de pressão com regulamento de passagem de fluído com o ajuste de um parafuso cônico regulável que se afasta ou se aproxima de um assento. Com esta regulação pode-se ajustar a velocidade do atuador. Daí estamos perante uma válvula com um controlador de fluxo variável bidirecional.

A Tabela 6 ilustra as possíveis válvulas 5/2 para uma melhor compreensão do seu princípio de funcionalidade.

Tabela 6 - Características e princípio de funcionamento da válvula 5/2. [31]

Ref ^ª Válvula	Circuito da Válvula 5/2	Ancho	Descrição da Válvula
M52-A		18mm 26mm 42mm 52mm	Eletroválvula de 5/2 vias monoestáveis Funcionamento reversível Reposição por recurso pneumático
M52-M		18mm 26mm 42mm 52mm	Eletroválvula de 5/2 vias monoestáveis Funcionamento reversível Reposição por recurso mecânico
M52-M		26mm	Eletroválvula de 5/2 vias 2 monoestáveis, com conexão pneumática segundo a norma ISO 15218

Sendo assim, duas das principais características que possibilitam a sua classificação são, nada mais nada menos, que o número de vias e o número de posições. A Figura 89 mostra o modelo das válvulas acopladas ao autómato e o esquema de conexões 5/2 [31] [32].

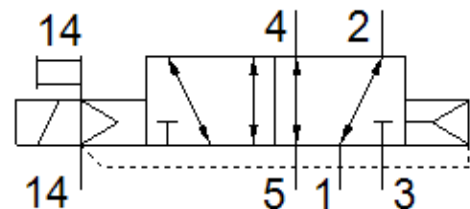


Figura 88 - Modelo das válvulas acopladas ao autómato e esquema de conexões 5/2. [31]

Relativamente a este modelo de válvula, verifica-se que cada número corresponde a uma função, ou seja, a um estado de posição. A legenda que se segue retrata cada um dos estados consoante a respetiva numeração:

1 – Via de pressão;

2 e 4 – Via de utilização;

3 e 5 – Via de escape;

14 – Via piloto.

Ainda para uma melhor exemplificação, passo a mencionar a mesma válvula desenhada no SolidWorks como mostra a Figura 89, vista em três posições.

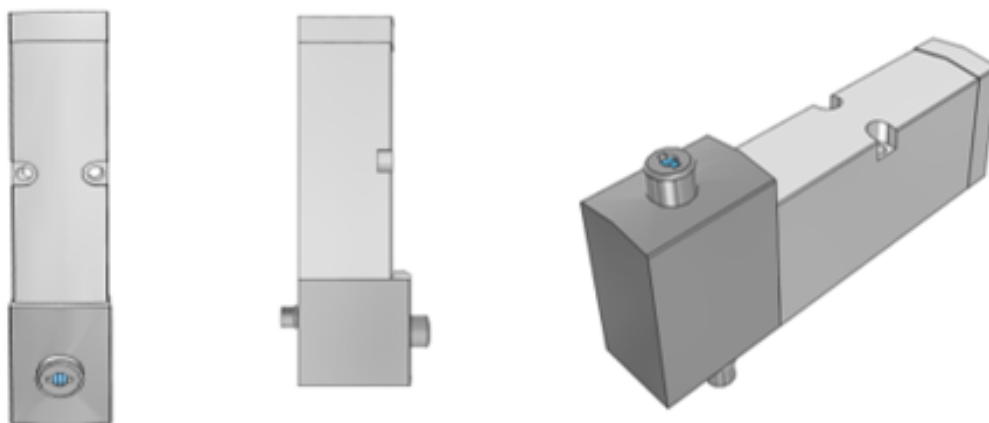


Figura 89 - Modelo da válvula utilizada no autónomo desenhado no SolidWorks.

A função destas válvulas pneumáticas direcionais é de permitir, orientar ou interromper um fluxo de ar. Por distribuir o ar aos elementos de trabalho, são conhecidas também como válvulas de distribuição, pois constituem os instrumentos de comando de um circuito.

3.2.6.1 A posição das Válvulas Pneumáticas no Autómato

As válvulas pneumáticas no autómato encontram-se seguidas, umas ao lado das outras, posicionadas na vertical como podemos ver na Figura 90.



Figura 90 - Posicionamento das válvulas no automático.

As entradas do ar nas válvulas é na parte inferior do automático e a colocação da mangueira do ar é feita de aperto ajustável, com as devidas seguranças de instalação para potenciais fugas ou outros defeitos associados: mangueira torcida, esmagamento da mangueira e corrimento de pouco ar.

No sistema, tem-se um tipo de válvula limitadora de pressão e direcional. As válvulas limitadoras (regulador) de pressão são usadas para controlar a pressão a partir do ponto em que são instaladas no sistema pneumático. Elas são necessárias porque, ao longo do sistema pneumático, podem ser exigidos níveis diferentes de pressão, conforme a aplicação e a ferramenta adotada. Assim, reduzem a pressão do ar originada no compressor.

Para o sistema, é fundamental considerar o tipo de válvula pneumática mais adequado ao fluxo de ar necessário para o funcionamento correto do sistema. Isso desempenha um papel crucial, uma vez que o tamanho das roscas das válvulas também pode variar. Quanto maior for o tamanho da rosca, maior será o volume de ar necessário para alcançar a pressão desejada e, conseqüentemente, maior será a velocidade do ar à medida que passa pelo cilindro, resultando em um aumento na velocidade do sistema. A diversidade de válvulas pneumáticas disponíveis oferece ao sistema uma ampla gama de aplicações, possibilitando que sistemas de automação pneumática sejam extremamente complexos, versáteis e altamente eficientes. Neste contexto, a pneumática opera por meio da compressão do ar atmosférico, tornando essencial o uso de um compressor de ar para seu funcionamento adequado. Após ser comprimido, o ar é conduzido por tubulações até ferramentas, cilindros e sistemas de automação pneumática, o sistema é composto basicamente por três etapas:

- geração do ar comprimido, que é armazenado num compressor;
- distribuição do ar por meio de tubulações de duas secções de diâmetro;
- aplicação do ar no equipamento ou sistema, chegando aos braços pneumáticos e válvulas.

A Figura 91 que se segue mostra as saídas das válvulas do sistema.



Figura 91 - Saídas das válvulas no autônomo.

Depois de posicionadas as válvulas que estão acopladas ao autômato no Quadro, à a necessidade de ligar em seguida a cada uma das suas entradas a mangueira em formato

de tubo redondo, transparente ajustando o seu aperto à entrada no enfiamento, e à posteriori distribuir a mangueira pela estrutura metálica, chegando aos braços pneumáticos [21] [22] [31].

4. Ensaaios Experimentais

4.1 Exemplo de Programação do Autômato

4.1.1 Ativação do Motor

Para a ativação do motor, ou seja, para colocar o motor em movimento, foi necessário começar por demonstrar a comutação das entradas e saídas do autômato, exemplificando com um exercício prático no programador CODESYS IEC “Programming System Provided” da Festo – PLC PRG, com duas variáveis A e B. A variável A é um contato aberto para o sinal de entrada com o endereço %IX1.0 do tipo BOOL, a variável B, por sua vez, é um Coil para o sinal de saída com o endereço %QX0.0 do tipo BOOL, e com o estado TRUE. A Figura 92 que se segue mostra claramente esse exemplo. Neste caso, salienta-se que o RUM/STOP Rotary Switch foi regulado de forma a posicioná-lo para receber a tensão 24 Volt, para assim obter o sinal das entradas e das saídas. Este comando pode ser visto na página 12 do manual da Festo do autômato. Nessa mesma figura, é possível ver esse exemplo de ativação das duas variáveis em que a variável B é o motor ativado [31].

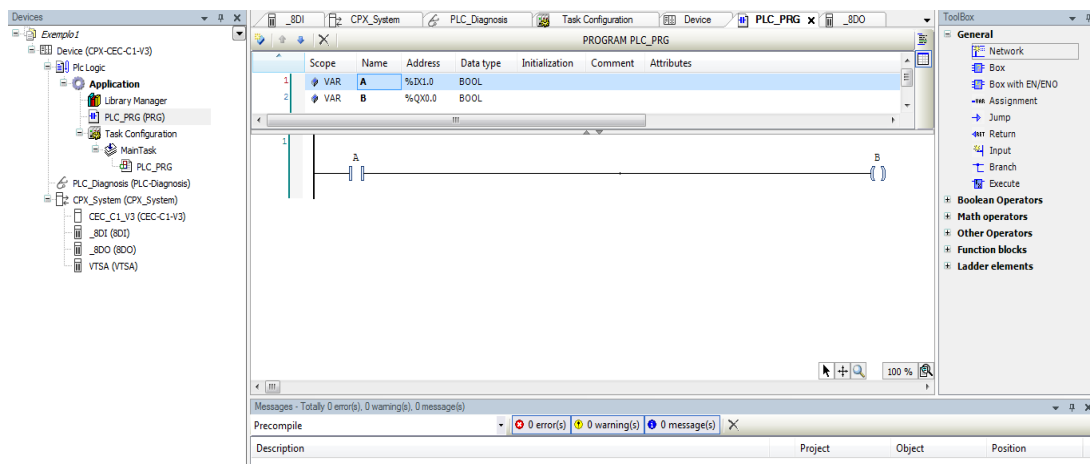


Figura 92 - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG.

Tomando em consideração este exemplo pormenorizado da ativação do motor pela variável B, exemplificamos excertos de como programar as válvulas e os temporizadores do autômato, gostando imenso de ter finalizado com a demonstração de um ciclo programado pelo autômato, em prática na pisa de uvas.

4.1.2 Ativação de Válvulas

Para a ativação das válvulas no autômato, foram realizados os mesmos passos quando foi ativado o motor. Nas Figuras que se seguem 93 a), 93 b) e 93 c), ilustra-se a sequência desses passos com a programação no PLC_PRG.

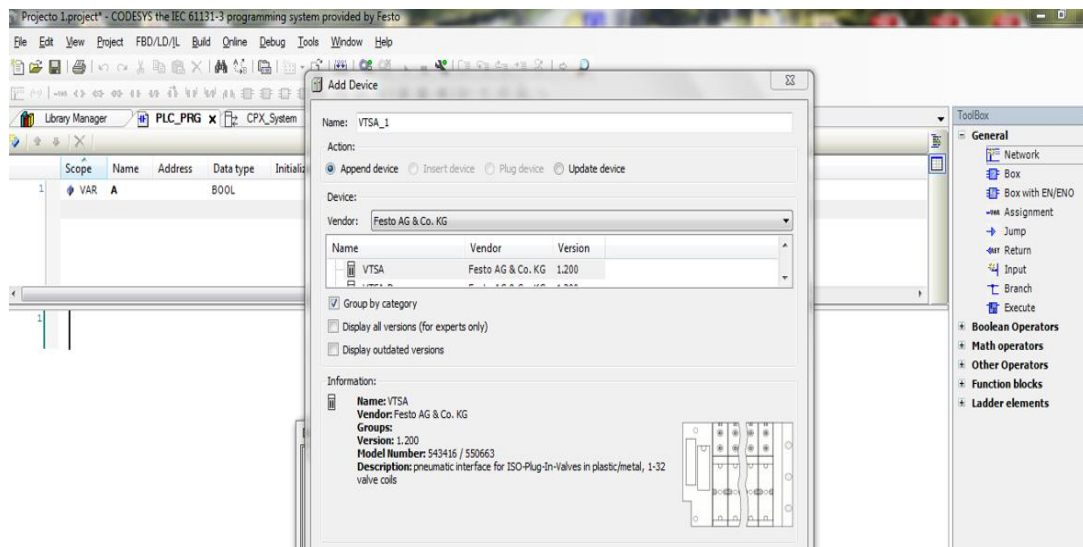


Figura 93 a) - Ativação das válvulas do autômato pelo programador PLC_PRG.

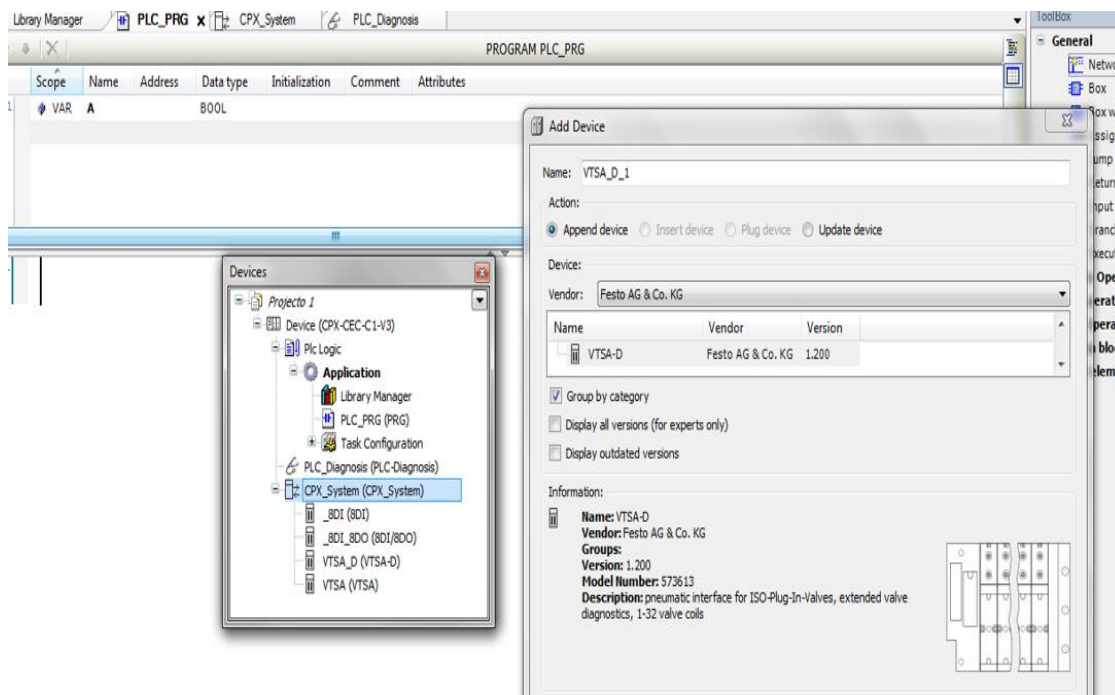


Figura 93 b) - Ativação das válvulas do autômato pelo programador PLC_PRG.

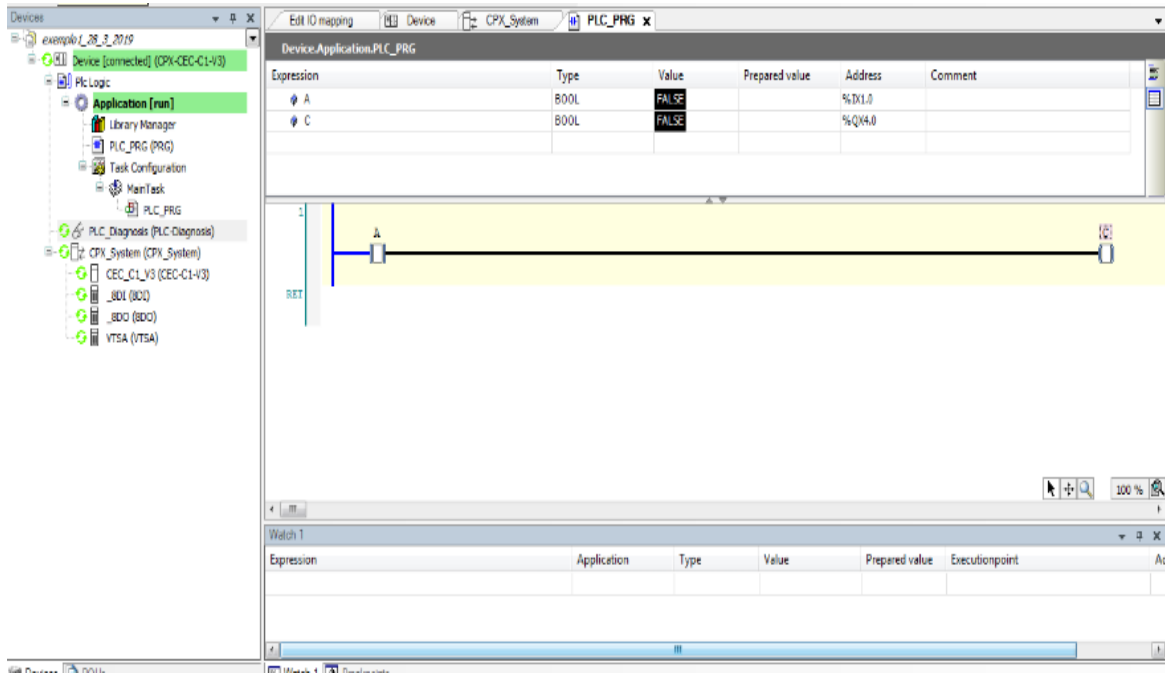


Figura 93 c) - Ativação das válvulas do autómato pelo programador PLC_PRG.

4.1.3 Ativação dos Temporizadores

A ativação dos temporizadores passou por seleccionar no programa PLC_PRG o temporizador pretendido TON ou TOF e atribuir-lhe os tempos de execução para o ciclo de entrada e saída. A Figura 94 a), 94 b), 94 c) e 94 d) mostra essa programação no PLC_PRG. Já na Figura 95 a), 95 b), 95 c), 95 d) e 95 e) temos a ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema [31].

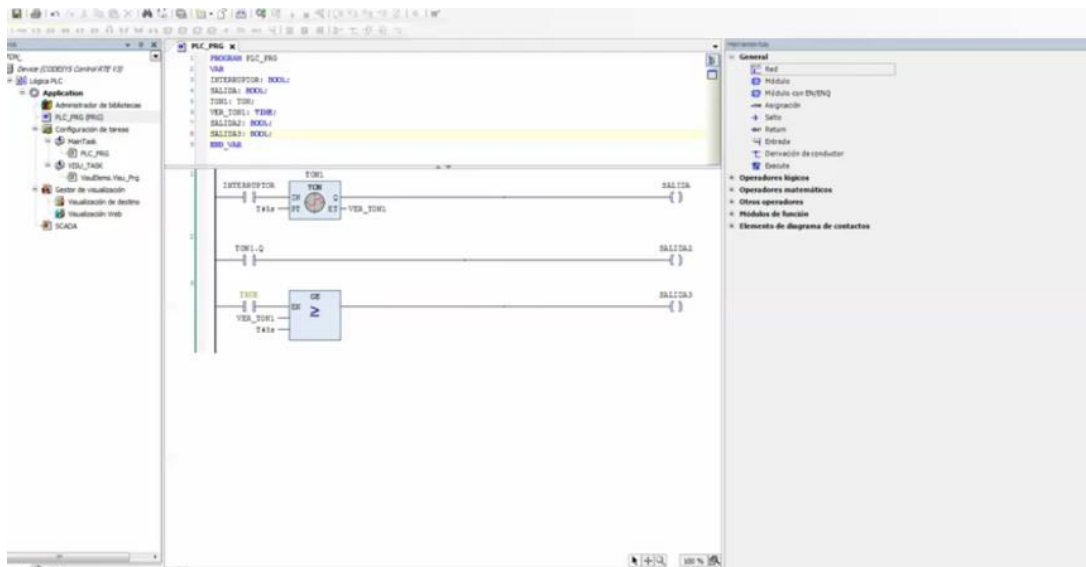


Figura 94 a) - Ativação dos temporizadores do autómato pelo programador PLC_PRG.

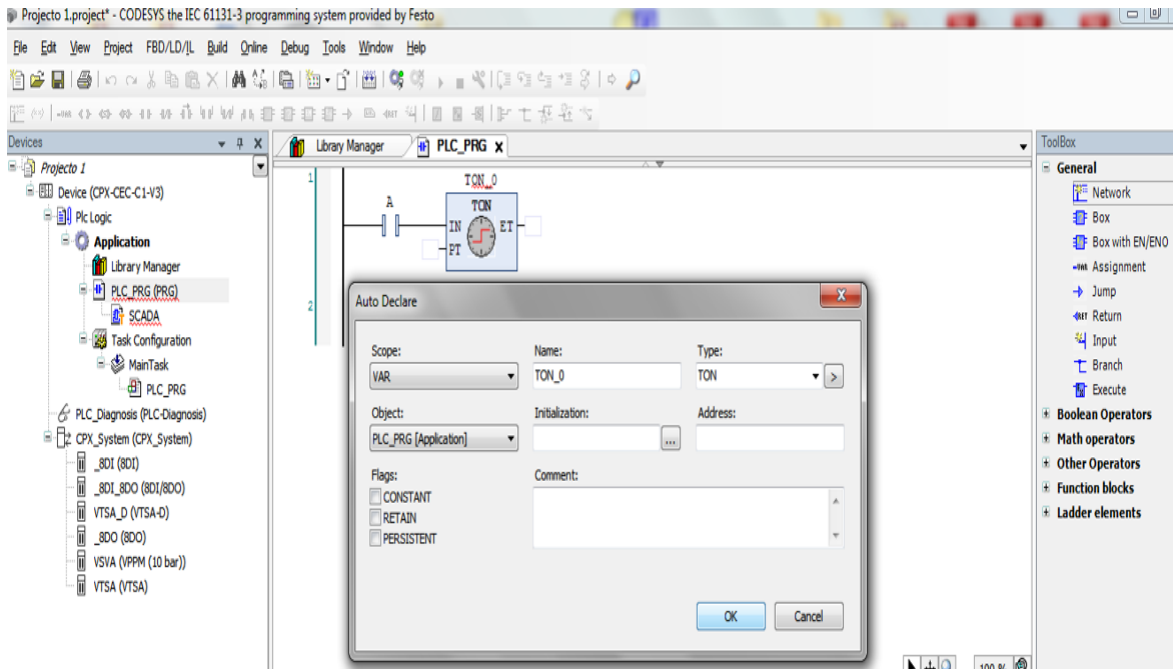


Figura 94 b) - Ativação dos temporizadores do autómato pelo programador PLC_PRG.

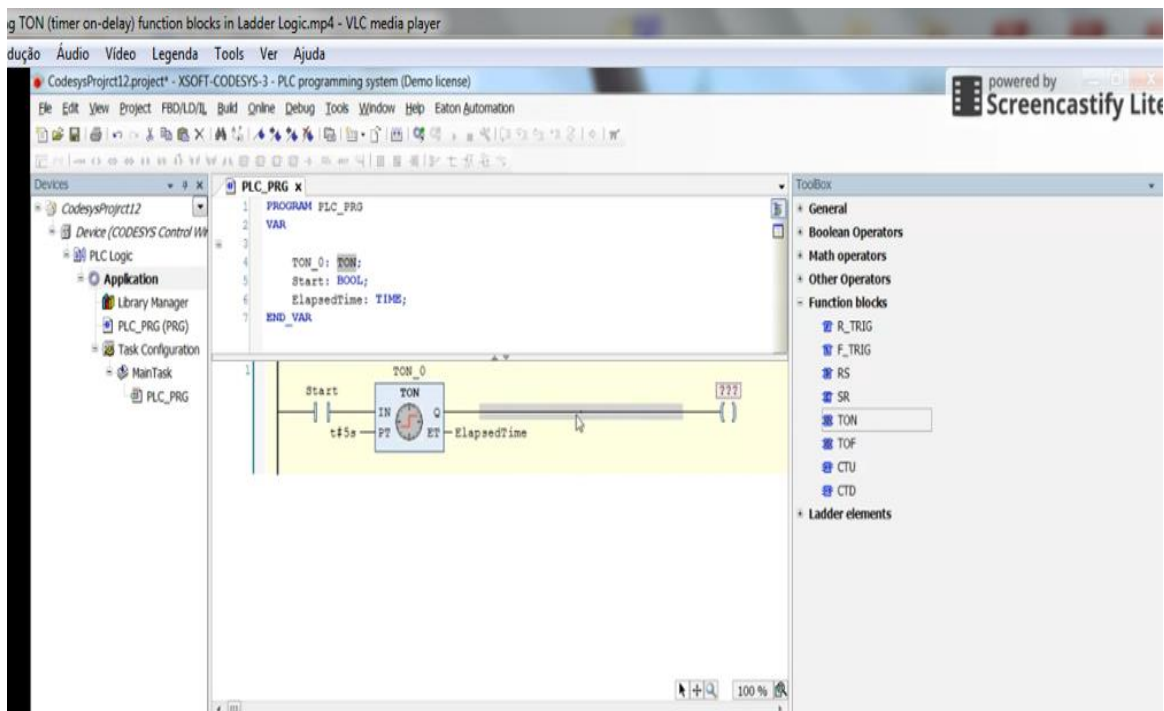


Figura 94 c) - Ativação dos temporizadores do autómato pelo programador PLC_PRG.

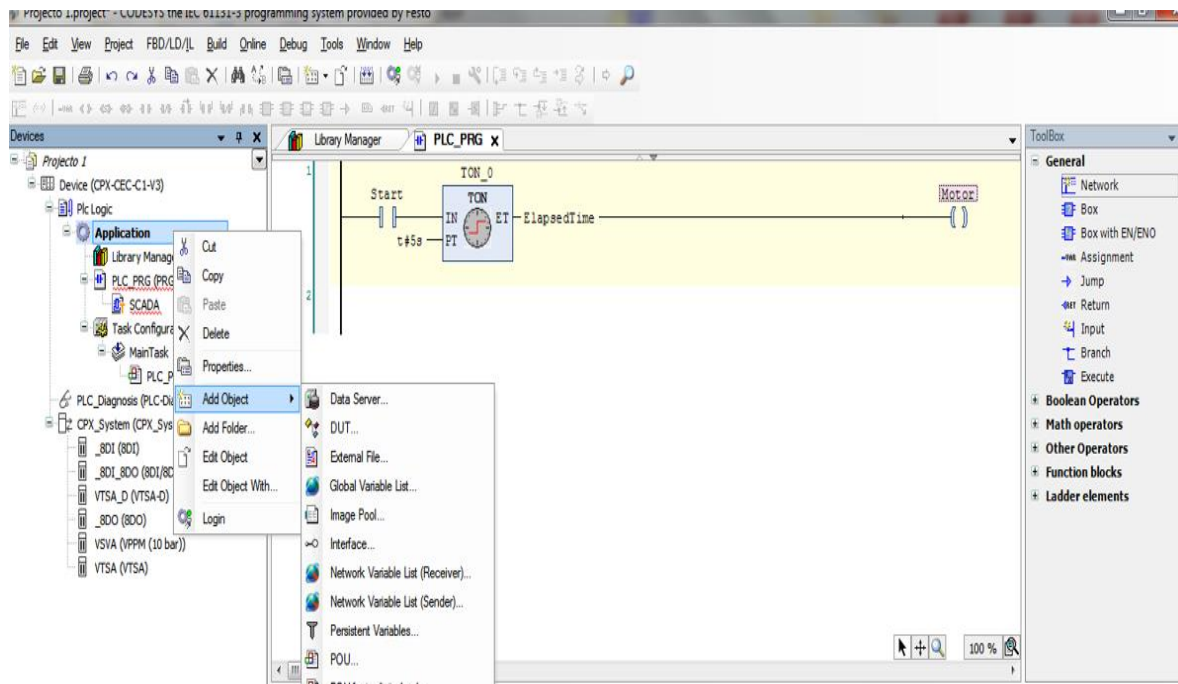


Figura 94 d) - Ativação dos temporizadores do autômato pelo programador PLC_PRG.

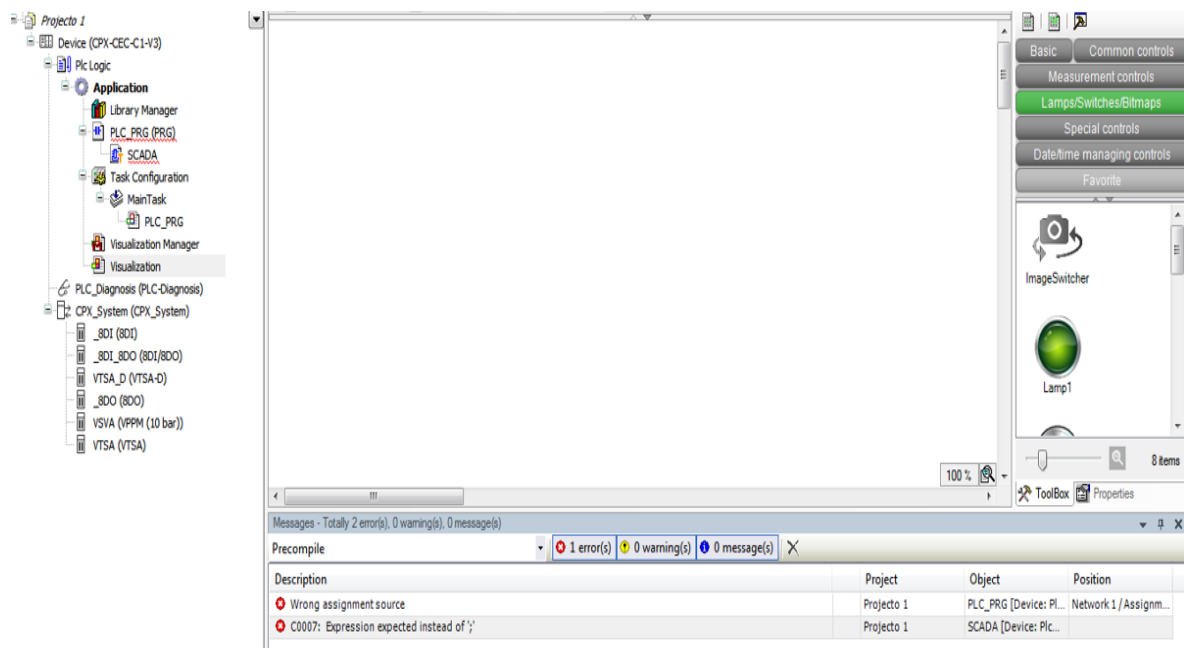


Figura 95 a) - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG.

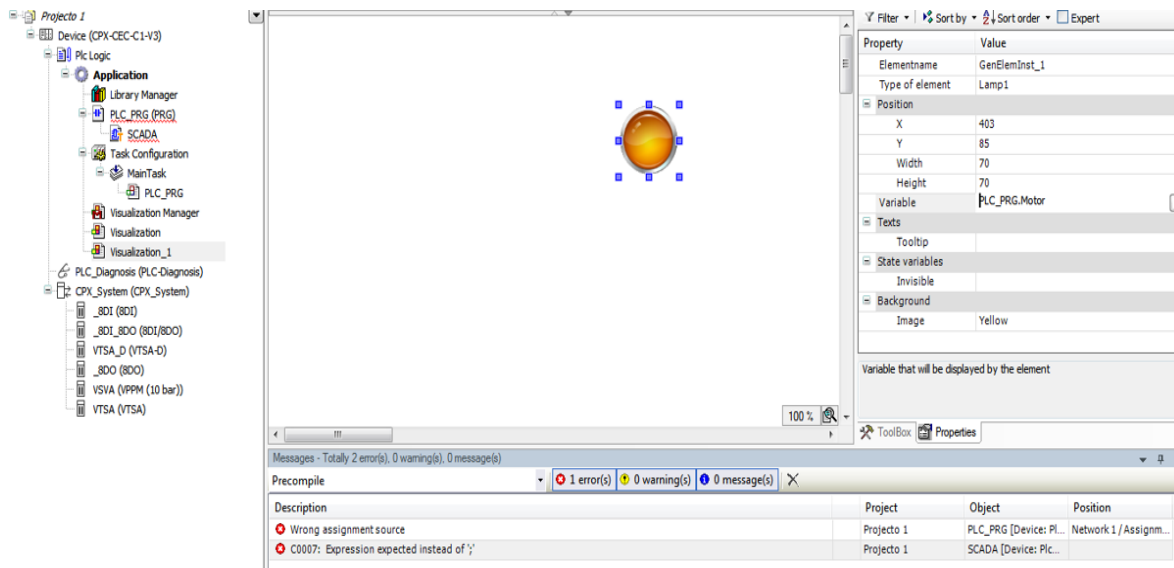


Figura 95 b) - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG.

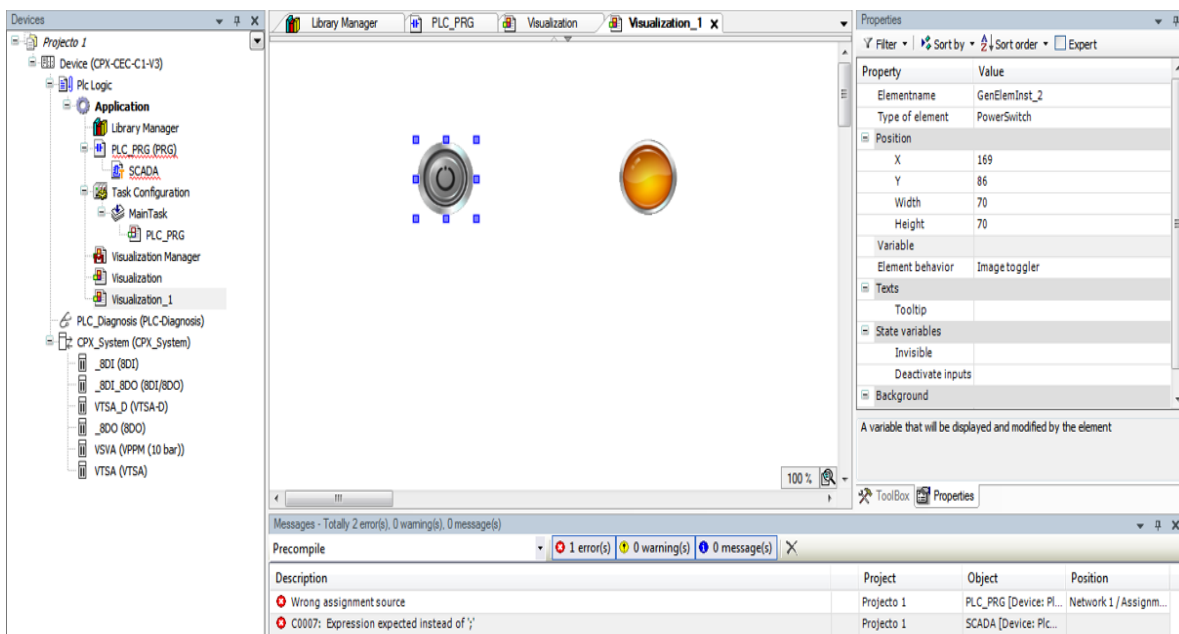


Figura 95 c) - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG.

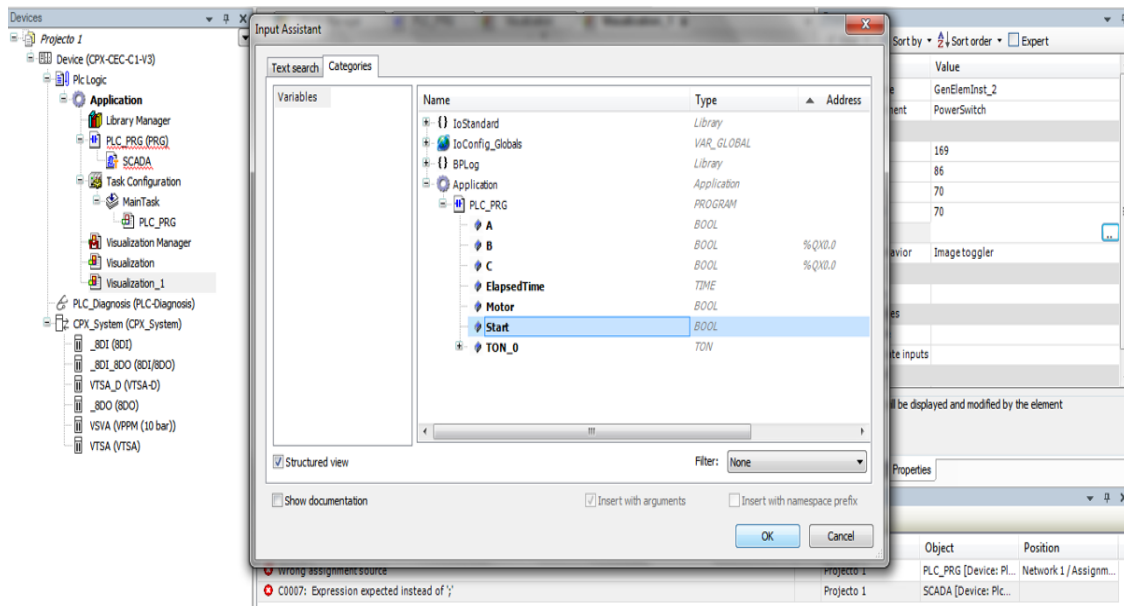


Figura 95 d) - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG.

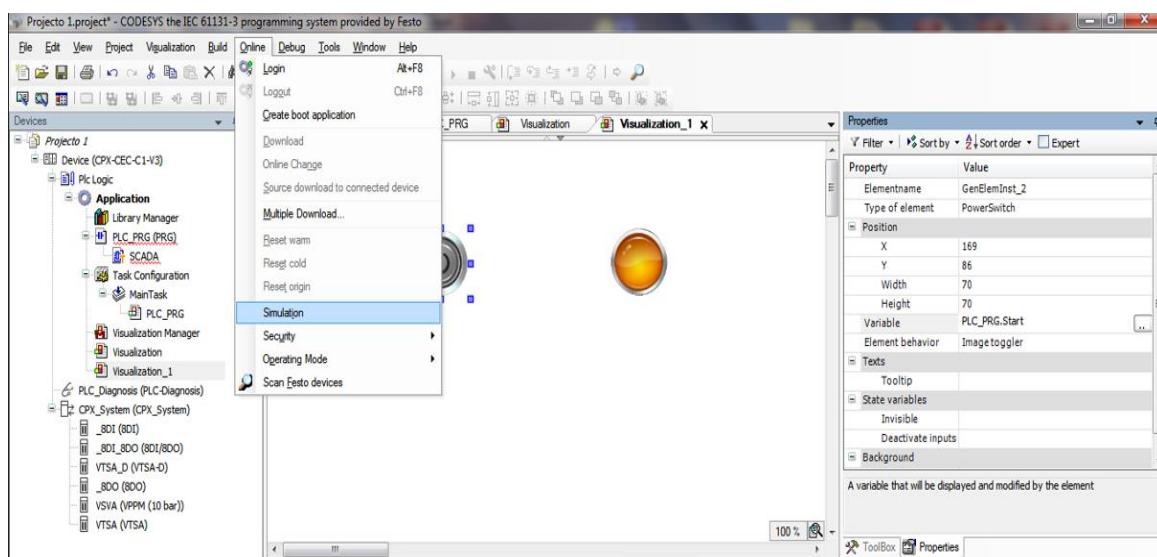


Figura 95 e) - Ativação de um ponto de luz a um botão de ligar e desligar o sistema pelo programador PLC_PRG.

4.2 Ciclo de Programação do Autômato

Um possível ciclo de modelação do autômato, pode ser os passos que estão descritos em sequência, contudo, não foi possível demonstrar na prática:

1. Estrutura avança saindo da sua posição inicial/repouso, do sensor (S1) ativo, sendo este o sensor do início de curso;
2. O motor aqui avança 10 cm durante um determinado tempo em segundos e os cilindros pneumáticos baixam na sua totalidade ficando 5cm do chão do lagar;
3. Passado 2 segundos os cilindros voltam a subir até à totalidade de recolha do pistão do braço;
4. Os cilindros avançam mais 10 cm e voltam a executar passo 2 e 3;
5. Esta sequência de passos vai até o sensor fim de curso ativar (S2);
6. Quando S2 ativo, o motor inverte a direção do ciclo, até chegar ao outro sensor (S1);
7. Este vai e vem repete-se até terminar o ciclo programado.
8. Terminando o ciclo programado a estrutura retoma a posição inicial de repouso.

Um exemplo possível de representar este ciclo, será pela rede Petri:

1. (S1/T1) -- Estrutura avança --> (P1)
2. (P2 e P5) -- Motor avança 10 cm e cilindros baixam --> (P3 e P6)
3. (P3 e P6) -- Espera 2 segundos --> (T2/T4)
4. (P3 e P6) -- Cilindros sobem --> (T3/T5)
5. (P4 e P7) -- Cilindros avançam mais 10 cm --> (S2/T6)
6. (P4 e P7) -- Sensor fim de curso ativa (S2/T6) --> (P1)
7. (S2/T6) -- Motor inverte a direção do ciclo --> (P1)
8. Repete-se até terminar o ciclo programado.

Para uma melhor compreensão, retrata-se um exemplo com a exemplificação de dois motores C1 e C2 a deslizarem nos varandins. O motor C1 desliza no varandim do lado direito do lagar com início no Ponto A (ponto de partida) e o ponto B (ponto de chegada). As letras minúsculas significam a posição dos sensores: início “a” e fim de curso “b”, este

“b” encontra-se no término do lagar. Assim acontece com o Motor C2, que desliza na varandim do lado esquerdo do lagar com início no Ponto C (ponto de partida) e o ponto D (ponto de chegada). As letras minúsculas significam a posição dos sensores: início “c” e fim de curso “d”, como na situação do motor C1. As letras D1 e E1 estão atribuídas à posição dos braços pneumáticos com o movimento e paragem do motor, pois D1 está na posição de avanço com os braços subidos e o motor em movimento, e E1 corresponde aos braços descidos e a paragem do motor. O mesmo acontece com o motor C2 e as referidas letras D2 e E2.

Na Figura 96 ilustra-se um desenho dos dois motores, com a identificação das letras para interpretação da rede Petri com os passos mencionados atrás.

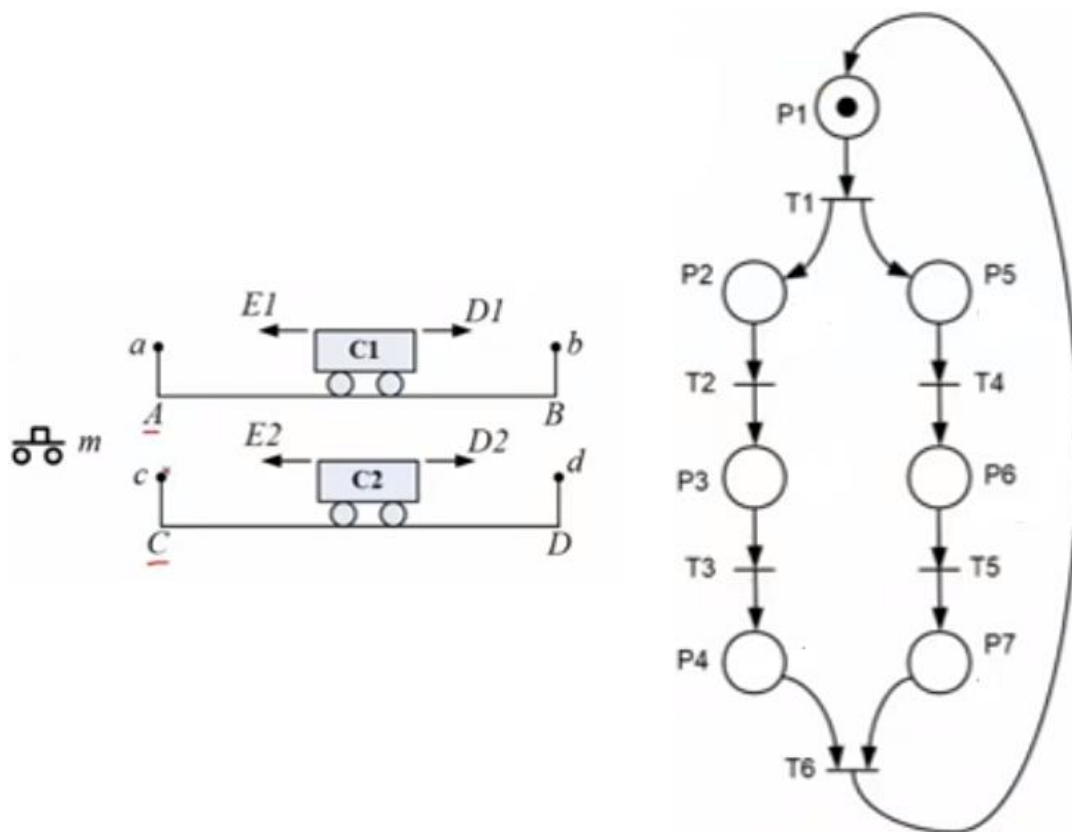


Figura 96 – Rede Petri de um possível ciclo do autómato.

A mesma compreensão do ciclo pode ser analisada por um Fluxograma. Utilizando a ferramenta Mermaid, como mostra a Figura 97.

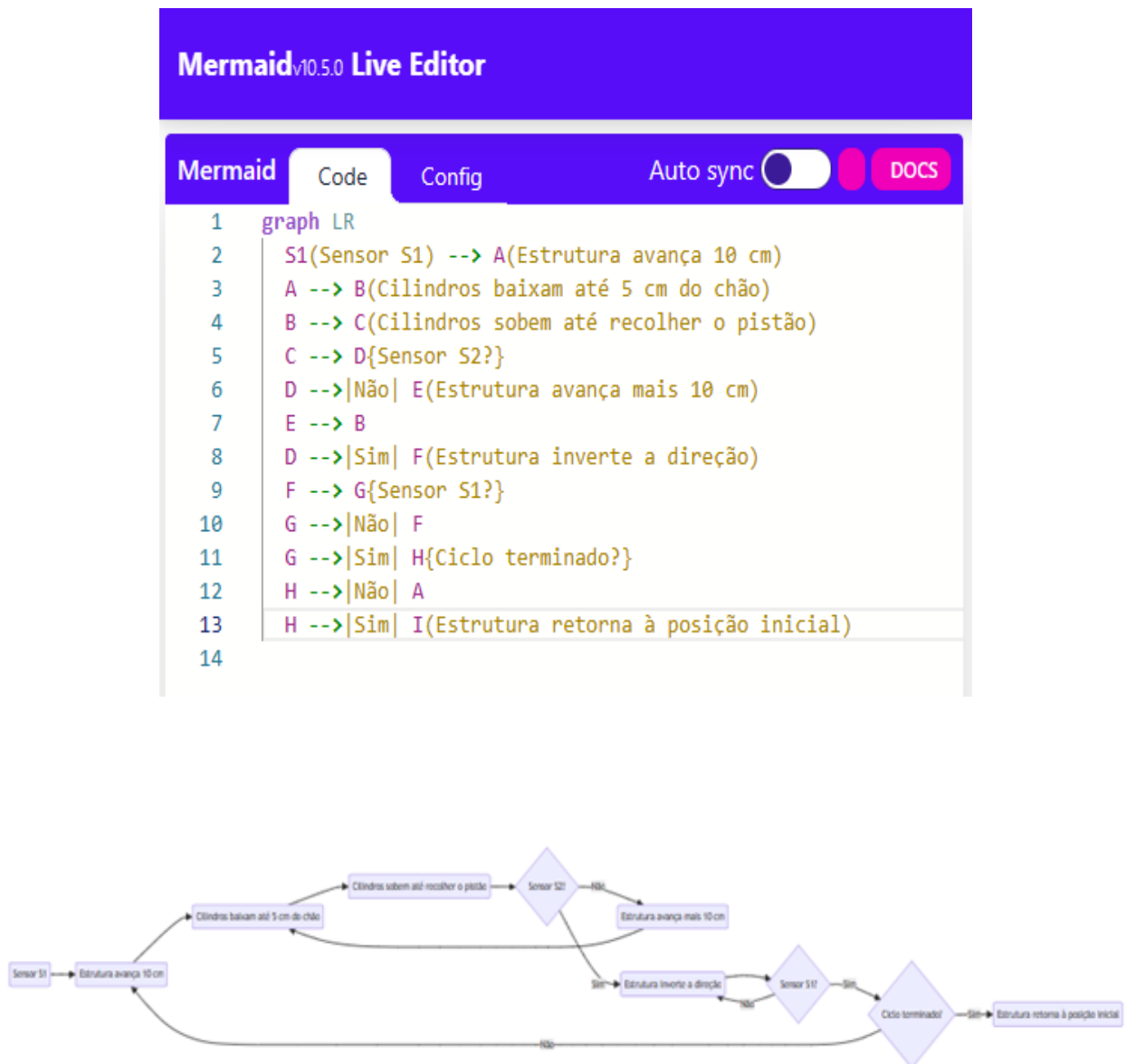


Figura 97 – O fluxograma do ciclo do autómato com a ferramenta Mermaid.

Para colocar o sistema em teste de ensaio e em funcionamento, utilizou-se um potenciómetro que ativou junto do autómato para testar o movimento dos motores e as possíveis irregularidades de ajuste da estrutura com as cremalheiras, veios dos motores e os pinhões. Perante este teste o sistema estava adequado e em bom funcionamento, sem haver encravamento e com um justo e um correto deslizamento para mais e menos acelerações. Em seguida foi inserido ar pelo compressor nas mangueiras que passam pelo autómato, pelas válvulas e pelos braços pneumáticos, e verificou-se que não existiam fugas nem pressão desajustada ao movimento oscilatório com as descidas e subidas dos braços. Verificamos se os sensores fim de curso estavam aptos para a sua finalidade. Depois de vários testes repetitivos com todos estes procedimentos, ficou mesmo por realizar um ciclo de modelação exequível para o robot com a pisa de uvas em tempo de colheita. Com o portátil apenas é possível mostrar em contexto expositivo a recolha fotográfica de todo este trabalho e para esta dissertação, transcreveu-se, ao máximo, todo esse registo, porque, só assim, conseguimos expor esta ligação porque em prática não é fácil de o demonstrar.

5. Conclusões e propostas para trabalhos futuros

5.1 Conclusões e propostas para trabalhos futuros

O trabalho realizado ao longo deste projeto mostra a capacidades da utilização de robôs com autómatos programáveis, acoplados a um software ajustável ao modelo do autómato que permita tornar exequíveis as instruções práticas.

Pelas características técnicas e específicas do produto a trabalhar, o estudo desenvolvido ao longo deste projeto teve uma componente teórica e prática, sendo necessário efetuar um levantamento das necessidades no sentido de saber os métodos mais adequados para prensar as uvas em intervalos de tempo ajustáveis, com rapidez e eficiência, reduzindo os custos de manutenção e de mão de obra.

A utilização correta do robot “Pisa” permite obter bons resultados, pois facilmente se ajusta o ciclo de programação de prensagem, face à quantidade de uvas e ao tempo de execução da tarefa.

Para obtermos os resultados pretendidos, foi feito um levantamento do modelo para a melhor estrutura em aço inoxidável que se ajustava ao espaço e volume do lagar, com muita resistência e ao mesmo tempo de boa monotorização e montagem. Deste modo, foram vários modelos e ajustes das peças e componentes no programa “SolidWorks” para serem acoplados à estrutura e esta ficar com as dimensões adequadas.

O plano de trabalho realizado durante a sua montagem foi eficaz e seguro, pese embora, o facto de ter sido necessário realizar pequenos ajustes nas tarefas planeadas de modo a solucionar os problemas que iam surgindo. À medida que o trabalho fluía, existiram algumas dificuldades, nomeadamente, problemas de deslizamento da estrutura nos varandins, havendo a necessidade de calcular sempre a força necessária para o modelo do motor indicado para conseguir empurrar a estrutura, bem como, os componentes certos para fazer deslizar melhor a estrutura sem encravamentos, entre outras ocorrências.

No futuro haverá a necessidade de reforçar as rodas de nylon e todos os seus acessórios de fixação da estrutura como, por exemplo, parafusos, buchas e pontos de solda. O motor selecionado foi ao encontro da força necessária para fazer deslizar a estrutura, bem como, o modelo do pinhão, cremalheira, veio e caixa redutora. Estes são pontos notórios para o modelo de implementação do sistema Robot Pisa.

Para as ligações dos Quadros Elétricos foi necessário dimensionar ligações monofásicas e trifásicas para futuras alimentações, assim como, prever a capacidade necessária do compressor de ar e outros equipamentos trifásicos. O quadro elétrico onde está o

mecanismo automatizado, teve que ser construído em aço inoxidável para cumprir com a legislação em vigor para locais que produzem produtos para contacto alimentar assim como com o regulamento R.S.I.U.E.E – Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica. A projeção da colocação dos braços pneumáticos, das suas válvulas e das mangueiras para o ar comprimido foram testados e ensaiados para pressões de ar ajustáveis pelo compressor ao movimento descendente e ascendente dos braços. Futuramente, todos estes componentes têm que ter uma supervisão frequente para não haver fugas nem falhas de comunicação entre o autómato e o controlo dos equipamentos. A principal dificuldade foi começar a programar o autómato, uma vez que este modelo é recente e requer muita prática no seu manuseamento programável. A linguagem teste foi a Ladder e ocorreram alguns entraves para entender o código da programação. Contudo, depois de entender os componentes que tinha que controlar e a forma de os interligar para permitir a comunicação correta desde a receção do código, até à resposta de tarefa concluída, sem haver interrupções ou problemas técnicos ocasionais, será uma tarefa cumprida, para um sistema sem falhas.

Este sistema, na prática, é eficaz garantidamente, mas salienta-se que os preços praticados no mercado para os autómatos, e seus componentes, ainda são de elevado custo.

No final de todo o trabalho que foi realizado ao longo deste projeto e verificando que após todos os ajustes efetuados, o mecanismo funcionou corretamente em todos os ensaios.

Atualmente, o mercado industrial opta por sistemas iguais ou mais complexos que este, aplicados a outros mecanismos de esmagamento ou de compactação. Já existe um leque de aplicações bem-sucedidas de robôs, vistos como apostas lucrativas na obtenção de melhores receitas para maiores volumes produtivos, com mais poder de resposta na sua eficácia, rapidez, segurança e custos de manutenção. Espera-se que o futuro passe por uma maior aposta na adição de processos de robotização com linguagens de programação, permitindo assim uma evolução conjunta do software com aplicações destinadas a robôs. Este caminho de evolução permite que a concorrência se faça sentir, provocando uma diminuição dos custos de aquisição/manutenção deste género de autómatos e seus softwares.

Assim sendo, é possível criar geometrias complexas que complementem o estudo feito neste trabalho e aperfeiçoá-lo ainda mais e melhor com outros possíveis componentes e ciclos de programação.

Referências

-
- [1] Pinto Soares, “*Aços Características Tratamentos*”, 6ª Edição. Publindústria, Edições Técnicas, 2010.
- [2] Héctor Mario Carbó, “*Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações*”, Arcelor Mittal. Transforming Tomorrow, Edições Técnicas, 2008.
- [3] Lorge Alexandre Silva, “*Tratamentos Térmicos dos Aços*”, Uma abordagem, ao mundo dos tratamentos térmicos, Engebook. Edições Técnicas, 2020.
- [4] Aldina Santiago, “*Manual de Dimensionamento de Estruturas em Aço Inoxidáveis*”, 4ª Edição. Editora CMM, Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, 2017, www.cmm.pt.
- [5] Walter Pfeil, Michéle Pfeil “*Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático*”, 9ª Edição. Editora LTC, 2021.
- [6] Gomes, Carlos Reis, Estruturas Metálicas, Cap. 5,6, DEMEC, 2010.
- [7] Alejandro Reyes “*Beginners Guide to SOLIDWORKS 2023 Level I by*”, SDC Publications, MSME, CSWE, CSWI, 2023.
- [8] Américo Costa “*Projeto 3D em SolidWorks - Metalúrgica e Metalomecânica*”, CENFIM, FCA, 2021.
- [9] Pedro Martins “*Desenho e Projeto de Moldes*”, CENFIM, FCA, 2021.
- [10] Sachidanand Jha “*SOLIDWORKS 200 EXERCISES*”, For SolidWorks and Other Feature-Based Modeling Software, Editora Independently Published, 2019.
- [11] J. F. Silva Gomes “*Mecânica dos Sólidos e Resistência dos Materiais*”, Edição do Autor, 2021.
- [12] Fernando José Granja Ribeiro “*Dimensionamento de um Pórtico Rolante*”, Dissertação do MIEM, FEUP, 2011.
- [13] Marco Stipkovic Filho “*Engrenagens Geometria e Projeto*”, Edição LTC, Edição N°2, 2017.
- [14] Richard G. Budynas e J. Keith Nisbett “*Elementos de Máquinas de Shigley – Projeto de Engenharia Mecânica*”, Edição Mc Graw-Hill, 2016.
- [15] Key Fonseca de Lima, Júlio Cezar de Almeida e Renato Barbieri “*Elementos de Máquinas – Projeto de Sistemas Mecânicos*”, Editora Blucher, 2022.

- [16] Fibro “*FIBROFLEX Forming Elastomers*”, 2018:
http://www.fibro.de/fileadmin/data/FIBRO/Kapitel_G/en/B2_HK_GB_Kapitel_G.pdf.
- [17] António Francisco “*Motores Eléctricos*”, Editora ETEP – Edições Técnicas e Profissionais, Edição N°5, 2013.
- [18] J. F. Silva Gomes “*Mecânica dos Sólidos e Resistência dos Materiais*”, Edição do Autor, 2021.
- [19] SKF Group, “*High Performance Actuator Catalogue*”, 2017: <http://www.skf.com>.
- [20] Daniel Thomazini e Pedro Urbano Braga de Albuquerque “*Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações*”, Editora Érica, Edição N°8, 2018.
- [21] José Novais “*Ar Comprimido Industrial – Produção, Tratamento e Distribuição*”, Editora Fundação Calouste Gulbenkian, 2014.
- [22] Rubete, “*Compressores*” <http://www.rubete.com/catalogo-produtos>, 2018.
- [23] Pires “*Automação e Controlo Industrial – Industria 4.0*”, Editora Lidel N°1, 2019.
- [24] António J. S. Ferreira da Silva e Adriano M. Almeida Santos “*Automação Pneumática*”, Editora Publindústria, 2014.
- [25] António Francisco “*Autómatos Programáveis*”, Editora ETEP – Edições Técnicas e Profissionais, 2015.
- [26] J. Norberto Pires “*Robótica Industrial – Industria 4.0*”, Editora Lidel N°1, 2018.
- [27] Frank Lamb “*Automação Industrial – Na Prática*”, Editora Mc Graw-Hill, Edição N°1, 2015.
- [28] Francesco Prudente “*Automação Industrial – PLC Programação e Instalação*”, Editora LTC, 2020.
- [29] Luiz Alberto Oliveira Lima Roque “*Automação de Processos com Linguagem Ladder e Sistemas Supervisórios*”, Editora LTC, Edição N°1, 2014.
- [30] R.S.I.U.E.E. – Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica.

- [31] Catálogo FESTO, Terminal CPX Control Block CPX-CEC-C1-V3/-M1-V3/-S1-V3, <https://www.festo.com>
- [32] Catálogo PARKER Pneumáticos, <https://discover.parker.com>
- [33] Catálogo Weidmuller, <https://weidmuller.pt>
- [34] <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2017/02/simuladorcomandos3d.html>
- [35] <https://www.youtube.com/watch?v=GozUU9RIOSk>
- [36] <https://www.youtube.com/watch?v=EqyMXj6aYfM>
- [37] <https://www.youtube.com/watch?v=xVK4FB0xsko&t=1s>

Anexos

Anexo A: Catálogo da Festa

