

Controlo e monitorização de uma máquina de brasagem

(Versão Final Após Defesa)

Nuno Virgilio Rodrigues Rato

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica de Computadores
(2^o ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor José Álvaro Nunes Pombo
Co-orientador: Engenheiro Tiago Ferreira Simões

julho de 2022

Agradecimentos

A conclusão da dissertação reflete o término da vida académica e como disse John Donne “Nenhum homem é uma ilha, completo em si próprio...”. Assim, não poderia percorrer esta etapa sem certas pessoas e, por isso, quero deixar-lhes o meu agradecimento.

À empresa Triangle's Cycling Equipments S.A. por terem proposto o tema desta dissertação e o material necessário para a realização.

Ao Prof. Doutor José Álvaro Nunes Pombo por todos os esclarecimentos, ensinamentos e disponibilidade, muitas vezes fora de horas, para me ajudar em qualquer problema.

Ao Engenheiro Tiago Simões quero deixar um agradecimento especial porque nunca se esqueceu de mim, apesar do seu horário limitado. Também por todas as conversas sinceras e realistas que fomos tendo, que me ajudaram a crescer tanto a nível pessoal como profissional. Além disso, não quero esquecer todas as aprendizagens, que foram muitas, ao longo da realização desta dissertação. Por fim, deixar-lhe os meus sinceros agradecimentos por não julgar de forma pejorativa em certas limitações do meu conhecimento.

Um especial reconhecimento por todo os ensinamentos e ajuda, durante a realização desta dissertação, aos Engenheiros André Martins, Milton Ferreira e ao técnico Micael Almeida.

A todos os meus amigos que de algum modo davam uma palavra de apoio e incentivo nos dias mais difíceis.

Gostaria de congratular as pessoas que tornaram a minha vida académica possível, os meus pais. Esta dissertação é resultado de muitos dias de trabalho esforçado, abdicção, dedicação e persistência. Por todo o vosso esforço estou eternamente grato. E também agradecer ao meu irmão e à Cláudia pelas ofertas de ajuda e preocupação em relação ao meu bem estar.

À Carina pela paciência, partilha, amor, incentivo, ombro amigo, palavras de consolo e compreensão pela falta de tempo dedicado à vida pessoal.

Resumo

Atualmente, estamos perante um declínio ambiental. A humanidade pretende atingir a sustentabilidade energética, através da substituição de energias não renováveis por energias renováveis. Por isso, vários países têm vindo a adotar medidas de desenvolvimento sustentável, como por exemplo o encorajamento à utilização de transportes públicos, veículos elétricos, energias renováveis, entre outras medidas.

Nesta visão de opções mais sustentáveis, as bicicletas são uma opção viável no transporte diário. Uma vez que o uso de bicicletas não provoca a combustão de combustíveis fósseis e emissões de gases de efeito estufa para o meio ambiente. Para aprimorar o desempenho e comodidade das bicicletas, foram criadas as bicicletas elétricas (*e-bikes*). As *e-bikes* são uma excelente alternativa para viagens longas e com elevações de terreno.

A indústria está em constante evolução para obter melhores infraestruturas, melhor produção e melhores produtos de venda. Nesta evolução, um dos principais focos de atenção é a qualidade do produto final.

A agregação de objetos de metal é um dos processos relevantes, na formação do quadro de bicicleta, para a qualidade final do produto. Uma das possíveis soluções passa pelo uso de brasagem. Existem diferentes processos de brasagem, mas o processo utilizado nesta dissertação é a brasagem por chama. A brasagem, como todos os processos, pode ser automatizada de modo que o processo seja mais seguro, rápido e eficaz.

Através desta dissertação foi possível o desenvolvimento de uma máquina de brasagem, por uso de chama, que assegura, principalmente, a segurança do utilizador, a acessibilidade no manuseio e o funcionamento normal. Esta máquina é utilizada para a produção de quadros de bicicletas, pela empresa Triangle's Cycling Equipments S.A.

Palavras-chave

Brasagem, brasagem por uso de chama, produção, segurança, automação, controlo.

Abstract

We are currently facing an environmental decline. Humanity wants to achieve energy sustainability by replacing non-renewable energies with renewable energies. Therefore, several countries have been adopting sustainable development measures, such as encouraging the use of public transport, electric vehicles, renewable energy, among other measures.

In this vision of more sustainable options, bicycles are a viable option in everyday transport. Since the use of bicycles does not cause the combustion of fossil fuels and greenhouse gas emissions to the environment. To improve the performance and convenience of bicycles, electric bicycles (e-bikes) were created. E-bikes are an excellent alternative for long trips and terrain elevations.

The industry is constantly evolving towards better infrastructure, better production and better selling products. In this evolution, one of the main focuses of attention is the quality of the final product.

The aggregation of metal objects is one of the relevant processes, in the formation of the bicycle frame, for the final quality of the product. One of the possible solutions is the use of brazing. There are different brazing processes, but the process used in this dissertation is flame brazing. Brazing, like all processes, can be automated so that the process is safer, faster and more effective.

Through this dissertation it was possible to develop a brazing machine, using a flame, which mainly ensures user safety, accessibility in handling and normal operation. This machine is used for the production of bicycle frames, by the company Triangle's Cycling Equipments S.A.

Keywords

Brazing, flame brazing, production, safety, automation, control.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Palavras-chave	v
Abstract	vii
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Acrónimos e Abreviaturas	xv
1. Introdução	1
1.1. Motivação e objetivos	7
1.2. Organização	7
2.1. Brasagem	9
2.1.1. Brasagem por indução de calor	10
2.1.2. Brasagem por uso de chama	12
2.1.2.1. Procedimento	13
2.1.3. Estado de Arte (Máquina de brasar)	14
3.1. Controlador Lógico Programável	17
3.1.1. Constituição do CLP	18
3.1.2. Linguagem de programação	22
3.2. Componentes da máquina em estudo	23
4.1. Circuito pneumático	31
4.2. Circuito hidráulico	32
4.3. Circuito elétrico	33
5.1. Introdução	37
5.2. Segurança geral	37
5.3. Segurança para o programa automático A	38
5.4. Programa da fase manual A e B	39
5.5. Programa da fase automático A e B	40
6.1. Considerações finais	42

Lista de Figuras

Figura 1.1 Ilustração das principais fontes energias renováveis	2
Figura 1.2 Representação gráfica da quantidade de energia renovável produzida em 2021, em Portugal, pelas diferentes energias renováveis (GWh)	3
Figura 1.3 Representação da bicicleta Draisine (retirado de [7])	4
Figura 1.4 Representação da bicicleta French Velocipede (retirado de [7])	4
Figura 1.5 Representação da bicicleta Safety Bicycle (retirado de [7])	5
Figura 1.6 Ilustração da colocação dos diferentes tipos de motores nos vários locais da bicicleta	6
Figura 2.1 Representação das orientações das correntes eletromagnéticas	11
Figura 2.2 Representação dos maçaricos na disposição de espelho	13
Figura 2.3 Exemplo de máquina de brasagem automatizada, à esquerda, da empresa DQAUTO e à direita o modo de funcionamento da brasagem por indução (retirado de [24])	14
Figura 2.4 Representação da máquina de brasar produzida pela empresa <i>Guanzhou HongCe Equipment Co., Ltd</i> (retirado de [25])	15
Figura 2.5 Vários tipos de maquinaria da empresa <i>Lomar</i> (retirado de [26])	16
Figura 2.6 Caso de estudo de melhoria de performance (retirado de [13])	16
Figura 3.1 Representação do <i>SIMATIC S7-1200</i>	18
Figura 3.2 Representação do <i>SIMATIC S7-1500</i> (retirado de [27])	18
Figura 3.3 Representação gráfica do funcionamento lógico do CLP	19
Figura 3.4 Representação de um sinal contínuo no tempo	19
Figura 3.5 Representação de uma unidade de processamento central	20
Figura 3.6 Representação gráfica da divisão dos dois tipos de memória	21
Figura 3.7 Representação do ciclo de trabalho de um CLP	22
Figura 3.8 Representação de dois tipos diferentes de entradas e uma saída	22
Figura 3.9 Fonte de alimentação de 40VDC à esquerda e de 24 VDC à direita	24
Figura 3.10 Relés utilizados	24
Figura 3.11 Contactor LC1D12 do fabricante <i>Schneider Electric</i>	25
Figura 3.12 Controlador lógico programável utilizado	25
Figura 3.13 Driver do motor, modelo SH-8611A, do fabricante <i>SIHONG</i>	26
Figura 3.14 Motor utilizado	26
Figura 3.15 Relé de segurança SSR10 do fabricante <i>ABB</i>	27
Figura 3.16 Fusível utilizado	27
Figura 3.17 Interruptor de pressão à esquerda e à direita interruptor de corte geral	28
Figura 3.18 A electroválvula à esquerda <i>AIRTAC 2W030-08</i> , ao meio <i>AIRTAC 2W050-10</i> e à direita <i>AIRTAC 4A210-08</i>	28
Figura 3.19 Cilindro pneumático	29
Figura 3.20 Reguladores de pressão e manómetros	29
Figura 3.21 Consola DOP-B07 do fabricante <i>Delta</i>	30
Figura 3.22 À esquerda o sensor está fechado e à direita o sensor está aberto	30
Figura 4.1 Esquema do circuito pneumático	31
Figura 4.2 Esquema do circuito hidráulico	32
Figura 4.3 Circuito elétrico da consola tátil HMI e dos diversos mecanismos de segurança	34
Figura 4.4 Representação do esquema de segurança elétrica	35
Figura 4.5 Esquema do circuito de potência	35
Figura 4.6 Representação das entradas e saídas do CLP	36
Figura 4.7 Esquema de ligações das saídas do CLP para as drives de potência	36
Figura 5.1 Fluxograma do processo geral de automação da máquina de brasar	38
Figura 5.2 Representação do fluxograma referente à segurança geral	38
Figura 5.3 Representação do fluxograma para a segurança e ativação do processo automático "A" e "B"	39
Figura 5.4 Representação dos fluxogramas dos processos manuais "A" e "B"	40
Figura 5.5 Representação dos fluxogramas dos processos automáticos "A" e "B"	41

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Especificação do fluxo AI. FLUX 0726.	12
Tabela 2.2 Parâmetros técnicos da máquina de brasar por indução da empresa <i>DQAUTO</i> (retirado de [23]).	15
Tabela 4.1 Explicação da numeração da Figura 4.1 sobre o circuito pneumático.	32
Tabela 4.2 Explicação da numeração da Figura 4.2 sobre o circuito hidráulico.	33

Lista de Acrónimos e Abreviaturas

AC	Corrente alternada
CLP	Controlador lógico programável
CNC	Controlo numérico computadorizado
CPU	Unidade central de processamento
DC	Corrente contínua
E/S	Interface de entradas e saídas
EU	União Europeia
MAG	<i>Metal active gas</i>
MIG	<i>Metal inert gas</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
TIG	<i>Tungsten inert gas</i>

Capítulo 1

Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde cerca de 7 milhões de pessoas morrem devido à poluição atmosférica. As cidades são locais especialmente afetados devido há elevada densidade populacional e, conseqüente, atividade económica.

Atualmente, estamos perante uma emergência climática sendo já consensual a necessidade de transitar para um modelo mais sustentável que equilibre as necessidades económicas e o desenvolvimento das populações com o meio ambiente.

Devido ao crescimento exponencial das cidades, os governos por todo o mundo tentam criar uma harmonia entre o crescimento económico e o meio ambiente i.e., alcançar um crescimento económico sem colocar em causa o meio ambiente assegurando, assim, a sua preservação [1]. A questão da preservação do meio ambiente tornou-se cada vez mais importante devido a problemas de saúde pública. Recentemente verifica-se um aumento de casos de crianças com problemas respiratórios, como a asma [2].

Um dos principais fatores para alcançar uma transição energética sustentável reside na utilização de energias renováveis. Nesse sentido, a União Europeia (UE) e as Nações Unidas (ONU) têm-se empenhado na identificação de soluções que permitam mitigar o impacto, causado no meio ambiente, da conversão de energia elétrica [3]. A primeira grande conferência sobre o meio ambiente foi realizada de 5 a 16 de junho de 1972 em Estocolmo, que resultou na Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo. Com o passar do tempo sucederam-se várias conferências e reuniões em que o principal propósito era a redução e abrandamento das alterações climáticas.

De todas as conferências e reuniões existem duas que se se destacam, a de 13 de dezembro de 2007, onde os estados-membros da UE assinaram o Tratado de Lisboa, em que a luta contra o declínio do meu ambiente tornou-se um dos principais objetivos. Outra conferência que se destacou foi a de 4 de novembro de 2016, em que é celebrado o Acordo de Paris, pelos membros das NU, em que o principal objetivo consistiu em diminuir o aumento da temperatura global da Terra em 1.5°C.

O grande enfoque no combate às alterações climáticas prende-se na obtenção da energia elétrica através de fontes renováveis, ou seja, utilizando energia hídrica, solar ou fotovoltaica, eólica e biomassa, como se ilustra na Figura 1.1.

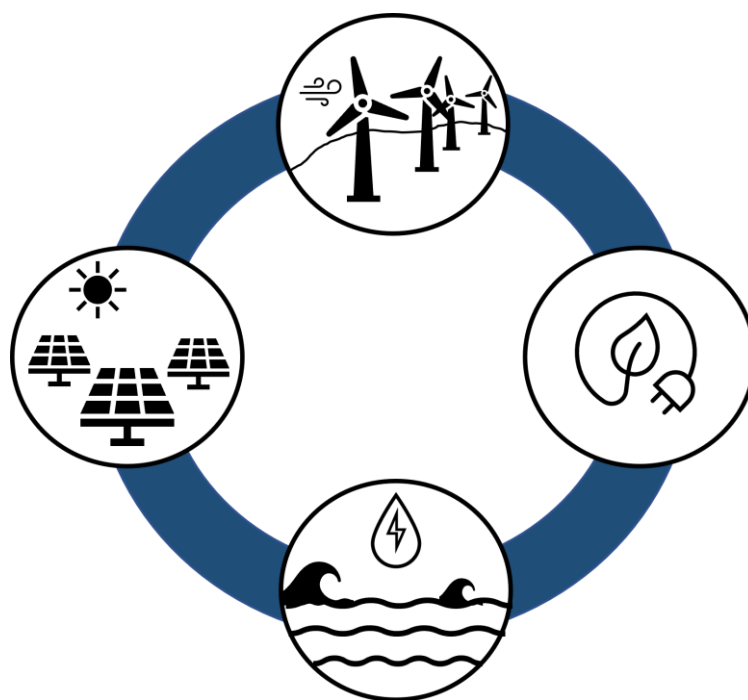


Figura 1.1 Ilustração das principais fontes de energias renováveis.

De todas as tecnologias de produção de energia renovável, a energia solar é que aquela que apresenta maior margem de crescimento, devido à energia que incide a superfície da Terra, em média 1700 kWh/m² por ano. Atualmente, a indústria de produção de células fotovoltaicas é dominada por grandes companhias internacionais, existindo programas tanto a nível nacional como internacional para desenvolver e promover a tecnologia fotovoltaica. A médio e longo prazo, as possibilidades para a produção de energia em larga escala, a partir do solar fotovoltaico, consideram-se bastante promissoras [4]. Em 2021, em Portugal, a energia solar produziu 1772 GWh [5].

A energia hídrica é a fonte de energia renovável com maior capacidade instalada em Portugal e, por isso, apresenta os melhores valores de contribuição energética em comparação com as restantes energias renováveis. Em abril de 2021, a energia hídrica, em Portugal, foi a que contribuiu com mais energia elétrica, fornecendo um total de 14 879 GWh [5]. A nível mundial, a evolução da capacidade instalada ao longo dos últimos 15 anos, demonstra um crescimento contínuo, tendo uma capacidade instalada próxima dos 1,2 TW [6].

A energia eólica, apesar de não ser a aquela com a maior contribuição energética, possui um grande nível de importância na produção de energia elétrica. Em abril de 2021, em Portugal, contribuiu com 12 659 GWh [5]. A energia eólica *onshore*, que consiste em projetos realizados em solo terrestre, é a instalação predominante de projetos eólicos. Já a energia eólica *offshore*, que consiste em projetos realizados no mar, apresenta uma maior eficiência, porém com maiores custos associados.

A biomassa, em Portugal, em abril de 2021, foi responsável de 3 222 GWh [5]. Na-Figura 1.2 são representadas graficamente a produção anual de energia elétrica pelos diferentes tipos de energia renovável em Portugal, no ano de 2021.

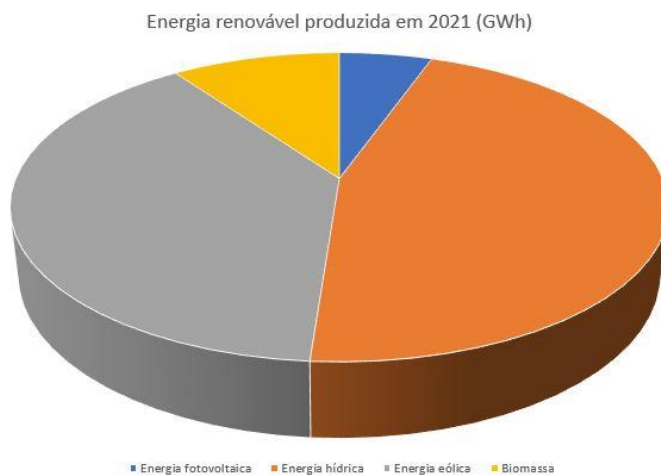


Figura 1.2 Representação gráfica da quantidade de energia renovável produzida em 2021, em Portugal, pelas diferentes energias renováveis (GWh).

Para além da utilização das energias renováveis, os governos de todo o mundo têm-se focado também na reestruturação da mobilidade sustentável. Existe uma grande divulgação de informação e sensibilização para opção de transportes públicos, partilha do mesmo carro, a pé, de trotinete e de bicicleta. Desta forma é evitado ou reduzido o consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, a diminuição de emissões de gases que provocam o efeito de estufa.

A bicicleta é uma opção válida para transportes diários de curta distância. Andar de bicicleta, para a população das grandes cidades, tornou-se um meio de transporte pessoal e não de lazer. O uso das bicicletas, como meio de transporte, traz variadas vantagens para o utilizador: reduz o tempo de espera no trânsito, promove a atividade física e o bem-estar pessoal. Além disso, quando comparada com um veículo particular, não acarreta qualquer tipo de custo adicional à compra da bicicleta, como selo, combustível, inspeção e, mais importante, não emite gases que intensificam o efeito de estufa.

O surgimento das bicicletas remonta aos anos de 1817, em que o alemão Karl von Drais, produziu o que seria a primeira bicicleta, a "*Draisine*". Esta possuiu um quadro em madeira, com rodas com tamanho igual como representado na Figura 1.3 [7].



Figura 1.3 Representação da bicicleta *Draisine* (retirado de [7]).

No ano de 1867 foi criada a “*French Velocipede*”. Este tem duas rodas com diâmetros diferentes, sendo a roda dianteira maior que a traseira. A estrutura e os aros foram produzidos em ferro fundido e as rodas em madeira. A pedaleira ficava na roda dianteira juntamente com a direção, como se ilustra na Figura 1.4 [7].



Figura 1.4 Representação da bicicleta *French Velocipede* (retirado de [7]).

Posteriormente, no ano de 1885, surgiu a primeira bicicleta que serviu de modelo para as atuais bicicletas. A “*Safety Bicycle*” foi criada por John Kemp Starley e William Sutton com o propósito de criar uma bicicleta estável e segura. Possui duas rodas com o mesmo diâmetro, a pedaleira encontra-se no meio do quadro, e possui uma transmissão contínua de corrente com 20 rolamentos, como ilustrado na Figura 1.5 [7].



Figura 1.5 Representação da bicicleta *Safety Bicycle* (retirado de [7]).

Com a evolução das bicicletas, estas tornaram-se mais rápidas e ágeis. Para combater possíveis acidentes na via pública criou-se uma legislação para garantir uma circulação segura. Através da legislação, foi possível proteger não só os ciclistas, peões como também os condutores de outros veículos, de modo que haja uma convivência tranquila e segura entre todos os utilizadores da via pública.

As regras que os ciclistas devem cumprir, são:

1. O ciclista tem a obrigatoriedade de ter consigo um documento de identificação pessoal;
2. É possível os ciclistas andarem a pares, apenas, e desde que não se tornem um incómodo para a circulação normal do trânsito.
3. São equiparados a automóveis e motociclos no que toca a prioridade. Sempre que estejam à direita têm prioridade sobre o outro veículo.
4. Obrigatoriedade do uso de luzes, durante o anoitecer e o amanhecer e sempre que a visibilidade seja reduzida.

O avanço das bicicletas está em harmonia com a evolução tecnológica e por isso surgiram as bicicletas elétricas (*e-bikes*). A criação de motores potentes e leves permitiu o desenvolvimento e generalização das *e-bikes*. Os dois estilos de motor elétrico mais comuns usados nas bicicletas elétricas são motores de cubo de roda e motores de *mid-drive*.

Os motores de cubo são colocados no centro da roda da bicicleta, sendo os motores mais utilizados em bicicletas elétricas. Já os motores de *mid-drive* são posicionados no centro da bicicleta, junto à pedaleira, conforme ilustrado na Figura 1.6. A transferência de potência do motor para a roda traseira é realizada através da corrente da bicicleta.

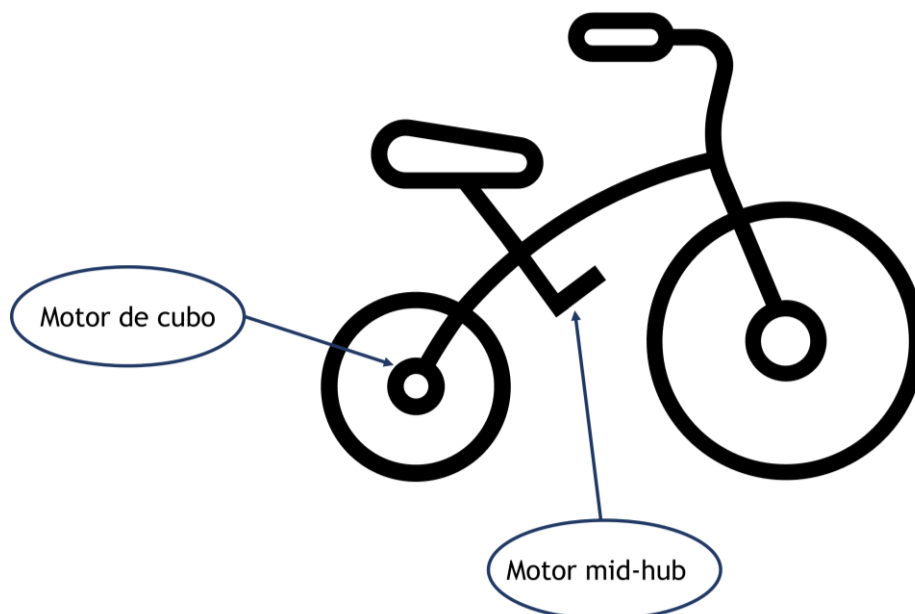


Figura 1.6 Ilustração da colocação dos diferentes tipos de motores nos vários locais da bicicleta.

Um fator importante da bicicleta é o quadro. Esta peça é fundamental e definidora da bicicleta, fornecendo estabilidade e atribuindo às bicicletas as suas características mais importantes desde o peso à versatilidade e resistência. Os quadros podem ser de vários componentes tais como aço cromo-molibdénio, alumínio, fibra de carbono, titânio, entre outros.

Os quadros de alumínio são um agregado de tubos e a sua produção contempla vários processos como a fabricação do perfil, a maquinação do perfil, a junção dos perfis, tratamentos térmicos do material e por fim a inspeção final do quadro.

Na fabricação do perfil do tubo geralmente são usadas várias máquinas, tendo em consideração a proposta final do perfil. Podem ser usadas dobradoras, conifcadora, prensas, tornos, escanadora e hidroformagem. A hidroformagem é um processo muito utilizado na indústria e consiste na aplicação de altas pressões de água sobre o metal, de modo que a atingir a forma pretendida.

De um modo geral, após a fabricação do perfil, este passa pelo processo de maquinação através do uso de controlo numérico computadorizado (CNC) ou de laser. Depois, por processos de soldadura e brasagem. O objetivo destes dois últimos é similar e consiste na junção de duas peças. A soldadura usa vários processos como o eléctrodo revestido, *Tungsten Inert Gas* (TIG), *Metal Inert Gas* (MIG), *Metal Active Gas* (MAG), entre outros.

No processo da brasagem é colocado um químico agregador das duas peças que com o efeito da temperatura provoca a sua união, sem que haja o excesso à volta dos dois metais característico da soldadura (denominada de solda). De seguida, o material é reforçado

através de tratamentos térmicos. E, por último, são polidos e corrigidos os defeitos finais do quadro.

1.1. Motivação e objetivos

A maior motivação desta dissertação é o desenvolvimento duma máquina de brasagem, que estava completamente parada e sem qualquer plano futuro - o seu destino seria a sucata.

O principal objetivo será pelo menos igualar a produção diária das máquinas ativas com a produção que está a ser desenvolvida. A produção, por dia, vai variando de peça para peça atingindo uma produção média de oitocentas peças. Adicionar mais fatores de segurança à máquina de brasagem é também um dos objetivos, visto que as medidas de segurança das máquinas que estão em produção são facilmente contornadas.

Uma das medidas de segurança consistiu na introdução de uma barreira física, permitindo iniciar o trabalho apenas se estiver fechada. Outro objetivo consistiu na contagem real da produção. Para isso foi necessário incluir um contador de peças e introduzir na consola a possibilidade de subtração do número de peças não conformes. Assim, foi possível obter o valor real da produção do dia, permitindo uma comparação mais fácil entre os vários dias e diferentes turnos.

1.2. Organização

Este documento está dividido em 5 capítulos e são apresentados da seguinte forma:

No capítulo 1 tem como principal objetivo enquadrar a dissertação no contexto da sustentabilidade energética. Está organizado em 2 secções, onde é apresentado um breve enquadramento do tema e a motivação para realização desta dissertação.

No capítulo 2 é abordado o processo de brasagem, os diferentes meios de brasagem e os procedimentos necessários para garantir a qualidade final. Além disso, são ilustradas diversas máquinas automatizadas de brasar disponíveis no mercado.

No capítulo 3 são descritos os vários componentes utilizados no desenvolvimento da máquina de brasagem. Este capítulo está dividido em duas secções: na primeira secção são discutidos os diferentes tipos de controladores lógicos programáveis (CLP), constituição e as diferentes linguagens de programação; na segunda secção são detalhados os diferentes componentes utilizados.

No capítulo 4 são ilustrados diferentes circuitos de controlo utilizados no desenvolvimento da máquina de brasagem. Neste capítulo são apresentados os circuitos pneumático, hidráulico e elétrico.

No capítulo 5 é detalhado o modo de funcionamento da máquina de brasar tendo em conta os diferentes modos de operação, manual ou automático. Além disso, são descritas as diversas medidas de segurança implementadas.

No capítulo 6 são realizadas as conclusões finais do trabalho desenvolvido que deu origem à presente dissertação.

Capítulo 2

Brasagem

2.1. Brasagem

O termo “brasagem” engloba vários processos de soldadura que produzem coalescência de matérias, aquecendo-os, através do uso de chama ou por indução de calor, a uma temperatura superior à temperatura de fusão e inferior à temperatura solidificação. A temperatura de fusão é a temperatura exata que um material passa do estado sólido ao estado líquido e a solidificação é a temperatura exata que um material passa do estado líquido ao estado sólido [8].

A singularidade deste processo está na ação de capilaridade que o fluxo vai exercer sob a junta, ou seja, no local da brasagem. As superfícies que vão ser brasadas, conhecidas também como superfícies de *faying*, são colocadas muito próximas e a junção dos metais é executada através de uma conexão molecular entre as superfícies *faying*, havendo fusão do metal de adição [8].

A união dos dois metais é realizada com um metal de adição que derrete, fluidifica e umedece as superfícies dos metais ou superfícies *faying*, a uma temperatura inferior à temperatura de fusão dos metais que são aglutinados. A proteção contra a oxidação é obtida pelo uso do fluxo [9].

Atualmente, existem uma série de metais de adição que contém ligas com níquel, prata, ouro, entre outros. O metal de adição possui um ponto de fusão mais baixo, em relação aos materiais que são aglutinados. A aplicação do fluxo é necessária para permitir uma boa capilaridade do metal de adição durante a brasagem e para aumentar a capacidade de penetração do metal de adição. Com a penetração do metal de adição é feita desoxidação e a decapagem do metal base, assim permite uma completa proteção à oxidação [8].

Sob efeito de calor e quando a temperatura atinge a faixa de atuação do fluxo, o mesmo impede o contato do oxigênio com as superfícies a serem unidas, impedindo a formação de novos óxidos [10].

No processo de brasagem, os materiais envolvidos são aquecidos a uma temperatura superior a 450°C. Pode variar consoante o material a ser usado. O metal de adição torna-se líquido, cobre todas as superfícies de contato e cria uma ligação de liga com as superfícies de contato. O metal de adição pode ser pré-colocado, revestido ou aplicado de uma fonte

externa. Se o metal de adição vem de fora das superfícies de contato, é necessária uma ação capilar para atraí-lo entre as superfícies de contato. É usado para compósitos com matriz de metal e compósitos com matriz de cerâmica [10].

Como referido em [10], quando comparado com o processo de soldadura, o processo de brasagem apresenta as seguintes vantagens:

- Como requer menor calor o processo é mais rápido;
- As uniões apresentam resistência mecânica adequada para várias aplicações;
- O equipamento usado é simples e de fácil manuseio;
- Possibilidade de união de materiais frágeis, sem pré-aquecimento em temperaturas altas.

No entanto, o processo de brasagem apresenta as seguintes desvantagens:

- A resistência da união é limitada à resistência do metal de adição;
- Temperatura de trabalho é limitada ao ponto de fusão do metal de adição;
- Possibilidade de ocorrência de corrosão na junta, no caso do fluxo escolhido não ser o apropriado;
- Todo o conjunto a ser brasado deve ser aquecido.

Existem duas formas principais de fornecer o calor para unir os dois materiais base que são através do uso da chama e o outro é por indução de calor.

2.1.1. Brasagem por indução de calor

A brasagem por indução de calor é uma técnica de aquecimento sem contacto, de elevada eficiência, em que a peça é aquecida por dentro do aro condutor. A peça, a ser brasada, é colocada dentro de um aro em que toda a energia, em forma de calor, é direcionada para a peça [11].

O aquecimento por indução é uma excelente fonte de energia por causa da sua velocidade, controlo e consistência. Uma vez que tem uma rápida velocidade, em termos de aquecimento, tem havido uma enorme aceitação pelo mercado. Em comparação com as diferentes técnicas de aquecimento, tendo como comparação aquecimento por resistência, aquecimento por chama e os fornos, estes tornam-se obsoletos, uma vez que este apresenta uma fonte de energia limpa, aquecimento rápido e consistente e com poucas perdas de energia [11].

O princípio teórico do funcionamento do aquecimento por indução de calor é baseado em dois fenómenos físicos: a indução eletromagnética e o efeito de Joule. A indução eletromagnética

é um fenómeno que origina a produção de uma força eletromotriz num meio exposto a um campo magnético variável, ou num meio móvel exposto a um campo magnético estático. O fenómeno foi descoberto por Michael Faraday. Este fenómeno é representado na equação 2.1, onde a variável E representa a força eletromotriz induzida em Volt (V), Φ representar o fluxo magnético cuja unidade é o Weber (Wb) e t correspondente ao tempo com unidade de Segundo (s).

$$E = \frac{\partial \Phi}{\partial t} \quad (2.1)$$

O princípio básico de funcionamento da brasagem por indução consiste num gerador, num indutor e nas peças que serão brasadas. O gerador produz uma corrente alternada (AC) que ao percorrer uma bobina, geralmente de cobre, estabelece um campo magnético. Quando as peças de metal são colocadas no interior da bobina é gerada uma corrente induzida que irá aquecer as peças. Como demonstrado na Figura 2.1, as correntes da peça circulam contra a resistividade elétrica do metal, gerando calor preciso e localizado sem qualquer contacto direto entre a peça e a bobina.

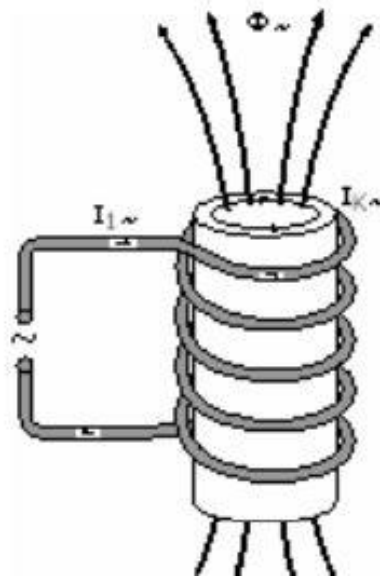


Figura 2.1 Representação das orientações das correntes eletromagnéticas.

O efeito de Joule consiste na dissipação de potência no condutor, quando uma corrente i flui através de um condutor com determinada resistência, R . Este efeito é representado pela equação 2.2.

$$P = R * i^2 \quad (2.2)$$

2.1.2. Brasagem por uso de chama

A brasagem por chama, como referido acima, tem como objetivo a aglutinação de dois metais. Distingue-se pela fonte de calor utilizada, através do uso da chama. Esta chama é o resultado da mistura de gás inflamável (propano, metano, gás natural, acetileno e Oxiacetileno) e ar comprimido, podendo ser usado para aquecer qualquer tipo de metal de base. No entanto, é necessária uma grande precaução na dosagem da formação da chama, pois uma proporção muito alta e muito baixa de gás poderá causar deficiências na qualidade da junta.

Por um lado, se o gás inflamável for aplicado numa proporção muito alta irá tornar a junta mais carbonizada, ou seja, a esta ficará cementada. Por outro, se o gás for numa dose muito baixa irá formar uma chama altamente oxidante. Consequentemente, é necessário ajustar adequadamente a chama de modo que não interfira na composição química e estrutural da junta [12].

O fluxo é um composto químico e o seu uso é de extrema importância. Quando a superfície metálica é aquecida esta vai formar óxidos, que são resultado do metal e do oxigénio do meio ambiente. Os óxidos impedem a adesão do metal de adição ao metal base e que o metal de adição umidifique. De modo a prevenir que aconteça é necessário preencher a superfície de adesão com fluxo, para evitar a formação dos óxidos. O fluxo consegue dissolver e absorver todos os óxidos que se formam durante o aquecimento ou até aqueles que não foram removidos no processo de limpeza dos metais base. O fluxo deve ser escolhido tendo em conta os metais base e as temperaturas de fusão do metal de adição. O fluxo escolhido para este trabalho foi o Al-FLUX 0726. O fluxo apresenta as seguintes características físicas, que estão demonstradas na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 -Especificação do fluxo Al FLUX 0726.

Aparência	Branco
Odor	Fraco
Temperatura de fusão	515-630°C
PH	5-6

O fluxo Al-Flux 0726 contém uma mistura de cloreto de lítio, cloreto de sódio, cloreto de potássio, fluoretos inorgânicos e complexos. Os sistemas de transporte orgânico são usados para preparar uma ampla gama de pastas para a brasagem por chama de materiais de alumínio.

Um aspeto bastante importante para assegurar a qualidade da peça brasada é a aplicação de calor de modo uniforme sobre a peça. Para que tal seja possível, e no caso específico da máquina que está a ser utilizada, são utilizados dois maçaricos, em espelho, como é observado na Figura 2.2. Estes possuem nas suas pontas várias perfurações que auxiliam a uniformização da chama, assegurando a aplicação uniforme necessária para a peça.



Figura 2.2 Representação dos maçaricos na disposição de espelho.

2.1.2.1. Procedimento

De modo a obter o melhor resultado final possível é necessário seguir determinados passos:

Limpeza- É necessário realizar uma boa limpeza para que não existam óleos e resíduos que possam interferir com a capilaridade do metal de adição. Podendo ser utilizado um desengordurante ou uma solução aquosa para a limpeza do produto.

Aplicação do fluxo e do metal de adição- Depois das peças estarem limpas é necessário aplicar uma pequena camada de fluxo, apenas para cobrir as superfícies faying. O metal de adição é, geralmente, colocado numa das peças a agregar.

Aplicação do calor- Assim que a peça esteja pronta, dá-se início à aplicação de calor. É muito importante que a chama não cubra a mesma área durante muito tempo para evitar sobreaquecimento. E por isso, a chama deve oscilar constantemente, durante um tempo preciso, para que exista fusão do material de adição.

Tratamento pós-brasagem- Após a brasagem da peça é necessário que passe por um tratamento térmico simples onde a peça é colocada em contacto com água, de modo que ocorra o endurecimento da mesma. No final do processo, a peça é desengordurada novamente para remoção de detritos e fluxo em excesso.

O processo de brasagem tem a possibilidade de ser executado de forma manual ou de forma automatizada. Na forma manual é um operador que manuseia o maçarico e define o tempo que está a aplicar a chama na peça. Enquanto de forma automatizada, o operador apenas prepara a peça, ou seja, coloca o fluxo e o metal de adição e de seguida coloca as peças em suportes, para que ocorra a aplicação de calor de forma uniforme.

2.1.3. Estado de Arte (Máquina de brasar)

Existem variadas opções no mercado de máquinas de brasar, porém o princípio de funcionamento é igual. Partilham o mesmo fundamento teórico da brasagem, explicado anteriormente, distinguindo-se na fonte e método de aplicação de calor.

O modo de aplicação do calor pode ser diferente, em alguns casos a fonte de calor é através de indução de calor, noutros casos é por chama, sendo esta uma das distinções nas máquinas existentes no mercado.

No geral uma máquina de brasagem é alimentada com gás inflamável e oxigénio de modo a ocorrer o fornecimento de calor, depois são colocadas as peças pelo operador numa mesa, geralmente fixa, e por fim o operador inicia o processo através de uma consola.

A brasagem por chama é facilmente automatizada e o nível de automação pode variar entre simples sistemas de transporte até carrosséis de brasagem totalmente automáticos, incluindo medições de temperatura por pirometria ótica. Independentemente do nível de automação, os princípios da brasagem por chama manual ainda são aplicados.

A empresa *DQAUTO* possui um exemplo de uma máquina de brasagem de indução de calor automatizada, como observado na Figura 2.3.



Figura 2.3 Exemplo de máquina de brasagem automatizada, à esquerda, da empresa *DQAUTO* e à direita o modo de funcionamento da brasagem por indução (retirado de [24]).

Esta máquina tem disponibilidade para 16 peças, demorando 8 a 15 segundos por cada dois produtos. É composto por um servo motor, funciona normalmente a 30KW e 45A, como está representado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2- Parâmetros técnicos da máquina de brasar por indução da empresa *DQAUTO* (retirado de [23]).

Parâmetros da máquina de brasar da empresa <i>DQAUTO</i>	
Tempo de produção	4 a 7 segundos por peça
Tipos de funcionamento	Manual e automático
Áreas de trabalho	5
Potência máxima	50KW
Potência média	30KW
Corrente máxima	80A
Corrente média	45A
Nº operadores	1
Precisão	0.1mm

Um exemplo de uma máquina de brasagem, através do uso da chama, está representada na Figura 2.4. Esta foi produzida pela empresa *Guangzhou HongCe Equipment Co., Ltd* e tem como principal objetivo a produção de tubos para sistemas de ar condicionado. Normalmente, demora 12 segundos por peça e com uma margem de erro de 15°. Possui vários sistemas de segurança, nomeadamente, sistema de deteção de excesso de gás, botoneiras de segurança e quando o sistema encontra-se desligado os tubos ficam preenchidos com nitrogénio, evitando assim qualquer tipo de ignição.



Figura 2.4 Representação da máquina de brasar produzida pela empresa *Guangzhou HongCe Equipment Co., Ltd* (retirado de [25]).

A empresa *Lomar* produziu 3 tipos diferentes de máquinas de brasar, como está representado na Figura 2.5. As duas primeiras possuem o mesmo método de aquecimento, uso de chama, diferindo substancialmente no tamanho e na quantidade de produção. A primeira máquina é apenas uma estação única, ideal para pequenas produções. Enquanto a segunda já é uma mesa rotativa que permite grandes produções e que requer apenas um operador, permitindo uma produção substancialmente maior do que na primeira máquina. Por último, temos uma máquina de apenas uma estação, como a primeira, mas com o tipo de aquecimento diferente, sendo a fonte de calor por indução.



Figura 2.5 Vários tipos de maquinaria da empresa *Lomar* (retirado de [26]).

A máquina representada na Figura 2.6, é um caso de estudo. Foi criada para colmatar certos erros, como material queimado, buracos na solda e bolhas no processo de brasagem. Neste caso, foi utilizado um robô *Kawasaki RS20N* que traz uma grande vantagem porque o ângulo de aplicação da chama é relativamente sempre o mesmo, estando apenas sujeito à margem de erro do robô. Com o uso do robô todos os outros aspetos continuaram parametrizados com especial ênfase na posição da chama. Este aspeto é bastante importante porque se a posição da chama variar, o tempo de trabalho e o fluxo de gás não podem permanecer constantes [13]. Está equipada com sistemas de segurança, como botoneiras de segurança e sistemas de nitrogénio para quando a máquina está parada os tubos contenham nitrogénio [13]. Este sistema conseguiu atingir os objetivos e superá-los, aumentando a produção em 110% [13].



Figura 2.6 Caso de estudo de melhoria de performance (retirado de [13]).

Capítulo 3

Materiais e métodos

3.1. Controlador Lógico Programável

No final da década de 60, foi criado o primeiro controlador lógico programável (CLP) com a finalidade de mudar os circuitos de controlo a relé, que eram usados na indústria dos Estados Unidos da América. O CLP, ilustrado na Figura 3.1, é um microprocessador em que os seus componentes foram reforçados e adaptados de modo a conseguir executar programas em ambiente fabril. O CLP é capaz de controlar processos fabris, como por exemplo linhas de montagem, máquinas, robôs, etc. Os CLPs são de alta fiabilidade, flexíveis e de fácil programação (permitindo a utilização de vários tipos de linguagem de programação). Além disso, permitem uma deteção de erros internos e externos e possui uma edição do programa bastante acessível [14]. Concede ao utilizador, para além de armazenar o programa na memória, alterar, ampliar e otimizar processos [15].

Atualmente, o CLP continua a assumir um papel muito importante na evolução da automação industrial, uma vez que os trabalhos manuais que foram automatizados passaram a ser mais rápidos de executar e com menos colaboradores por tarefa. Isto só é possível porque o CLP vai controlar as entradas e saídas conforme o programa criado. Estes podem ser compactos, não contemplam a possibilidade de adicionar qualquer tipo de carta de expansão, ou podem ser modulares. A grande vantagem dos CLPs modulares é que em qualquer momento pode ser adicionada uma carta de expansão, quer seja para adicionar novas entradas, novas saídas, cartas de comunicação, entre outras.

Existem muitas marcas que produzem os controladores lógicos programáveis, tais como: *Siemens*; *Rockwell Automation*; *Mitsubishi Electric*; *Schneider Electric*; *Omron*; entre outras. Estes podem ser categorizados segundo a sua capacidade de entradas e saídas, através dos seguintes grupos [16]: *Micro* - até 32 entradas/saídas; *Small* - de 32 a 128 entradas/saídas; *Medium* - de 64 a 1024 entradas/saídas; *Large* - de 512 a 4096 entradas/saídas; *Very Large* - de 2048 a 8192 entradas/saídas.

A empresa *Siemens* possui vários modelos de CLPs como por exemplo, o *SIMATIC S7-1200* e o *SIMATIC S7-1500*. O *SIMATIC S7-1200* é adequado para sistemas menos complexos, onde exista um desempenho médio/baixo, tendo uma flexibilidade e eficiência das tarefas de automação. Estes CLPs, ilustrados na Figura 3.1, têm uma gama muito abrangente de funções tecnológicas e de comunicação integrada. O design é reduzido de modo a encurtar o espaço no quadro

elétrico. Possui uma segurança integrada e uma ligação simplificada com dispositivos *PROFIsafe* através de *Process Field Bus (PROFIBUS)* e *Process Field Net (PROFINET)*.



Figura 3.1- Representação do *SIMATIC S7-1200*.

Já o *SIMATIC S7-1500*, ilustrado na Figura 3.2, é um CLP mais avançado em comparação com o modelo referido anteriormente. Automatiza projetos que requerem maior desempenho, flexibilidade e capacidade de rede. Este CLP é um dos mais completos da *Siemens* e, por isso, é o mais preparado para os avanços da tecnologia. A CPU da *SIMATIC S7-1500T* são para projetos que exijam um controlo de movimentos muito precisos e complexos.



Figura 3.2 Representação do *SIMATIC S7-1500* (retirado de [27]).

3.1.1. Constituição do CLP

O CLP, de um modo geral, pode ser dividido em quatro componentes, nomeadamente a interface de entrada e saída, a unidade central de processamento (CPU), a fonte de alimentação e a memória, como está demonstrado na Figura 3.3.

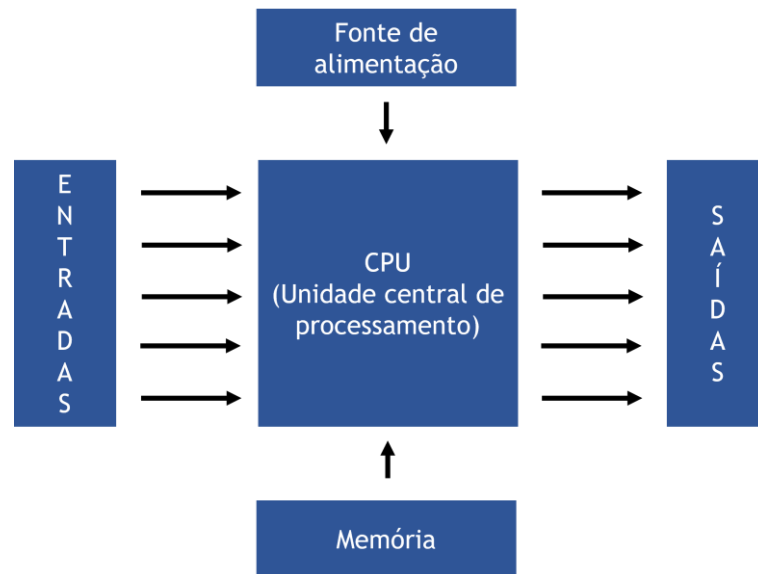


Figura 3.3 Representação gráfica do funcionamento lógico do CLP.

Os terminais das entradas formam a interface de entrada, onde os componentes vão conectar-se com CLP. As entradas são todos os sinais, analógicos ou digitais, provenientes de dispositivos de comando, nomeadamente, sensores, botões, interruptores, entre outros.

Os sinais digitais ou discretos apenas têm dois estados possíveis, nomeadamente “On/Off”, “0/1”. Nas entradas digitais apenas é possível ligar botões, interruptores e outros dispositivos digitais/discretos.

As entradas analógicas apenas permitem a ligação a dispositivos analógicos ou contínuos no tempo. O sinal analógico ou contínuo é usado para descrever informação que é contínua entre valores definidos num intervalo de tensões, correntes ou resistências [17]. Desta maneira, com as entradas analógicas é possível controlar e analisar dispositivos de sinal contínuo no tempo, apresentando um número mais elevado de estados quando comparado com as entradas digitais a variar entre 0 e 1, como ilustrado na Figura 3.4.

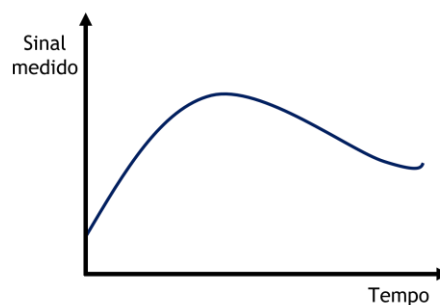


Figura 3.4 Representação de um sinal contínuo no tempo.

As entradas de sinais analógicos são provenientes de vários dispositivos, como: sensores de temperatura, sensores de humidade; potenciômetros; sensores de vibração; sensores de pressão, entre outros.

Os terminais das saídas formam a interface de saída, onde o CLP vai conectar-se com os restantes dispositivos de atuação. Ao contrário do que acontece nas entradas, o sinal é direcionado para os dispositivos de atuação.

Porém, o sinal de saída pode ser discreto ou contínuo. A escolha está relacionada com o tipo de dispositivo a que a saída se irá ligar. Por um lado, as saídas digitais do CLP podem ser a relés ou transistor. Por outro lado, as saídas analógicas requerem cartas de expansão com conversores de digital para analógico [13].

A fonte de alimentação pode assumir valores entre de 230 VAC e 24 VDC. Em alguns CLPs, geralmente os *medium*, *large* e os *very large*, a fonte de alimentação está num módulo separado.

Unidade de processamento - A CPU, ilustrada na Figura 3.5, é constituída por vários componentes tais como a memória, microprocessadores e interfaces de E/S. Todo o controlo da atuação das saídas e interpretação das entradas, considerando o programa a ser executado para a tarefa pretendida, é efetuado pela CPU. Esta tem, também, a capacidade de armazenar os programas [18].

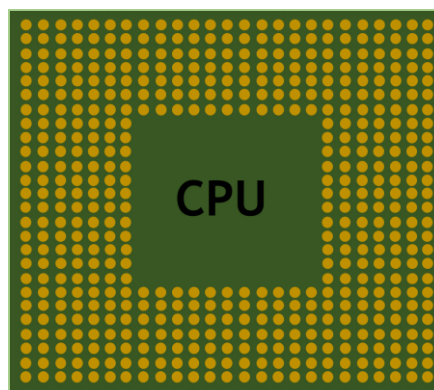


Figura 3.5 Representação de uma unidade de processamento central.

Memória - O sistema da memória tem uma grande importância na execução do CLP. É neste sistema que ficam armazenados todos os programas criados, sequências de instruções e todas as indicações de entradas/saídas ativas. As secções da memória responsáveis por guardar os programas têm, também, a possibilidade de se reprogramar para adaptar às necessidades da tarefa pretendida, permitindo deste modo alterações futuras na tarefa que está a ser automatizada [16].

O sistema de memória nos CLPs divide-se em duas áreas distintas de memória, nomeadamente a executiva e de aplicação, como está ilustrado na Figura 3.6.

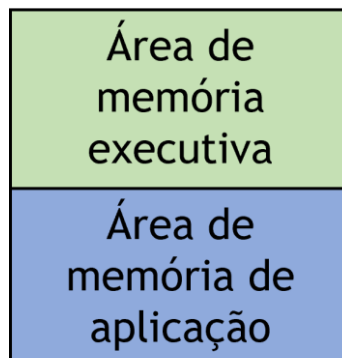


Figura 3.6-Representação gráfica da divisão dos dois tipos de memória.

A memória executiva não está disponível à utilização por parte dos utilizadores, sendo apenas usada para uso interno da CPU. Esta memória engloba, permanentemente, todos os programas que têm como função a supervisão da atividade interna do sistema e o *software* de instrução. Explicando melhor supervisiona a execução do programa de trabalho e a comunicação com os dispositivos exteriores. A memória reservada à parte do *software* de instrução é constituída por instruções de ativação das saídas, funções matemáticas, funções de temporizadores, operações de conversão, entre outras. Por outro lado, a memória de aplicação está totalmente disponível à utilização por parte do programador, registando os programas criados pelo utilizador/programador [16]. Estas podem ser categorizadas em concordância com o seu tipo: memórias voláteis e não voláteis [16] [19].

Outro aspeto fundamental são os diferentes modos de operação que podem ser divididos em: Programação; *Run*; *Stop*; *Reset*. O modo de Programação é responsável por construir um programa lógico, que ficará guardado na memória da CPU. A programação de um novo programa é efetuada através de uma conexão com o computador. Geralmente, os CLPs são equipados com comunicações do tipo *Local Area Network* (LAN), ou seja, é um conjunto de *hardware* e *software* que permite a computadores individuais estabelecerem comunicação entre si, podendo assim trocar e partilhar informações e recursos [19].

Após terminar o programa, realiza-se a sua transferência para o CLP e dá-se início ao modo *Run*. Este percorre o programa, faz leituras nas entradas e armazena o registo das entradas na memória. Concluída a leitura das entradas, a CPU começa a processar a informação, conforme o programa criado, e aciona as saídas [20]. Enquanto decorre este processo, a CPU, neste modo, consegue estabelecer comunicações através de sistemas *Human Machine Interface* (HMI) ou com outros CLPs [17].

No modo *Stop*, a CPU é interrompida e todas as saídas desligadas. Porém, o utilizador pode conferir as entradas e a CPU só responderá apenas a comunicações externas e chamadas de processamento interno [18]. No modo *Reset*, o CLP retorna às condições iniciais preestabelecidas no programa em memória. Este *reset* pode ser feito de duas maneiras: apagando os dados dos E/S e nos registos de memória (*Cold Reset*) ou mantendo os dados na memória (*Warm Reset*) [19].

O CLP funciona de forma cíclica onde se inicia, lê as entradas, processa a informação, ativa as saídas e volta a repetir todo o processo à exceção do passo inicial. Este processo encontra-se esquematizado na Figura 3.7.

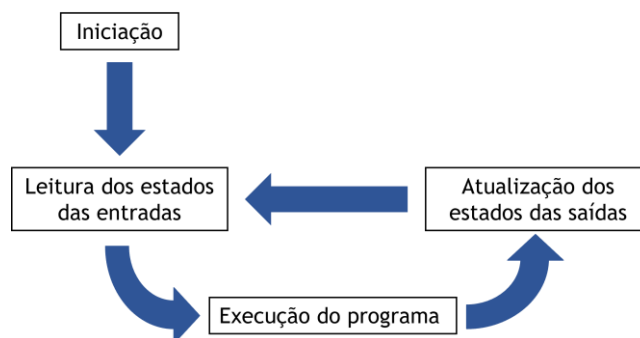


Figura 3.7 Representação do ciclo de trabalho de um CLP.

3.1.2. Linguagem de programação

O padrão IEC 61131-3 define várias linguagens de programação para CLPs. As linguagens podem ser de alto nível, gráficas e de baixo nível [21]. Um dos aspetos positivos da programação dos CLPs é a variedade de possibilidades de linguagens que segundo [22] são:

A linguagem Ladder surgiu com o propósito de representar o conjunto de normas, funções e instruções implementadas pelo circuito físico que se pretende controlar. A linguagem ladder utiliza a lógica de relé, em que as entradas são representadas com contactos e as saídas através de bobinas, como se ilustra na Figura 3.8. Assim, os utilizadores/programadores com conhecimentos elétricos são capazes de entender os programas mais elementares desta linguagem com relativa facilidade. De facto, a linguagem ladder é a mais frequente entre os programadores, pela sua simplicidade e facilidade de compreensão.[21].

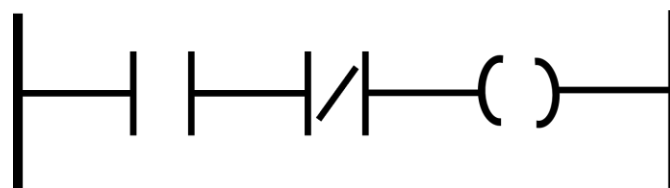


Figura 3.8- Representação de dois tipos diferentes de entradas e uma saída.

A linguagem de texto estruturado é baseada na linguagem de computador (PASCAL e BASIC) que utiliza sub-rotinas para executar diferentes partes do código do programa e passar parâmetros e valores entre as diferentes secções do programa. É capaz de suportar iterações, tais como “While...Do”, “Repeat...Until” e “If...Then...Else”. [16].

Já a linguagem Grafcet representa o controlo do programa através de passos ou estados do processo. A linguagem grafcet fornece uma sequência de eventos que ocorrem em cada estado do programa. Para tal, são utilizados três componentes: passos, transições e ações [16].

A linguagem de programação *grafcet* tem regras para a inicialização, transposição de uma transição, evolução das etapas ativas, simultaneidade na transposição das transições e prioridade de ativação [16].

Inicialização: na inicialização do sistema são ativas todas as etapas iniciais. Estas etapas dão início ao ciclo de funcionamento do automatismo.

Transposição de uma transição: uma transição pode ser válida ou não, consoante as anteriores transições, ou seja, se estão ativas ou não. Quando a transição é válida, e a respetiva recetividade verdadeira, a transição é obrigatoriamente transposta.

Evolução das etapas ativas: para ocorrer transposição de uma transição é necessária a ativação das etapas seguintes e que por sua vez a desativação das etapas anteriores à transição.

Simultaneidade na transposição das transições: várias transições podem ser transpostas ao mesmo tempo quando todas as condições para tal sejam verificadas.

Prioridade de ativação: caso, no curso do funcionamento, uma etapa seja ativada e desativada ao mesmo tempo, a prioridade é dada à ativação.

3.2. Componentes da máquina em estudo

Para o desenvolvimento tanto a nível de controlo como de operação da máquina de brasagem em estudo, foi necessário a elaboração de 3 circuitos fundamentais, nomeadamente, o circuito elétrico, o circuito pneumático e hidráulico e interface homem máquina.

O circuito elétrico é composto por vários componentes, como por exemplo fontes de alimentação, relés, contactores, relés de segurança, CLP, interruptor geral, fusíveis, driver do motor e interruptor de corte.

A máquina em estudo possui duas fontes de alimentação. Ambas as fontes de alimentação são alimentadas com 230 VAC, diferindo apenas nos níveis de tensão de saída i.e., 40VDC e 24VDC. As fontes de alimentação estão representadas na Figura 3.9.

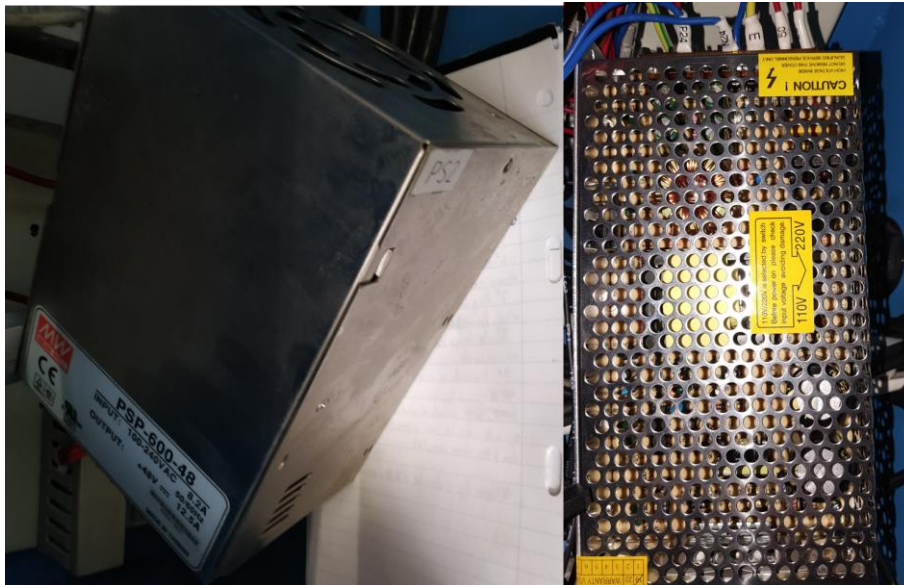


Figura 3.9- Fonte de alimentação de 40VDC à esquerda e de 24VDC à direita.

O circuito elétrico também é constituído por 8 relés eletromagnéticos. O relé eletromagnético é um interruptor que contém dois sistemas distintos: sistema de comando e o sistema de potência. O sistema de comando do relé é constituído por uma bobina que ao ser energizada cria um campo eletromagnético, e por isso, acontece a comutação do interruptor, da parte de potência. Os relés utilizados estão representados na Figura 3.10.

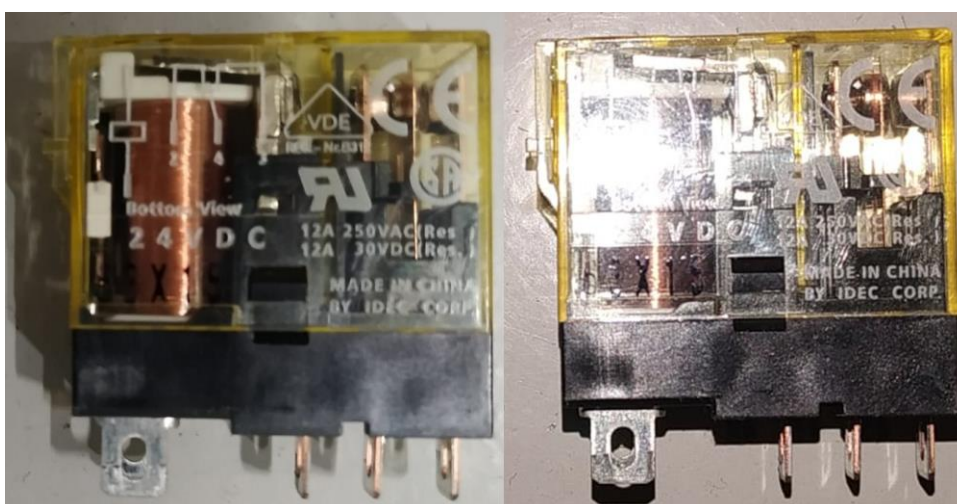


Figura 3.10 - Relés utilizados.

Outro componente fundamental do circuito elétrico é o contactor de potência. Este opera sobre o mesmo princípio de funcionamento que um relé normal, contudo é mais indicado para maiores potências. O contactor utilizado está representado na Figura 3.11.



Figura 3.11 - Contactor LC1D12 do fabricante *Schneider Electric*.

Como referido anteriormente, o CLP utilizado é do fabricante *Siemens* da gama *SIMATIC S7-1200*, como ilustrado na Figura 3.12. Possui um CPU 1214 AC/DC/Rly alimentado por uma fonte de alimentação de 230 VAC. Trata-se de um CLP modular com 14 entradas digitais, 10 saídas digitais, duas entradas analógicas, uma memória executiva de 100 kbytes e uma memória de aplicação de 4 Mbytes. Além disso, foi adicionado uma carta expansão (SM 1222 DC) para o controlo dos diversos motores .

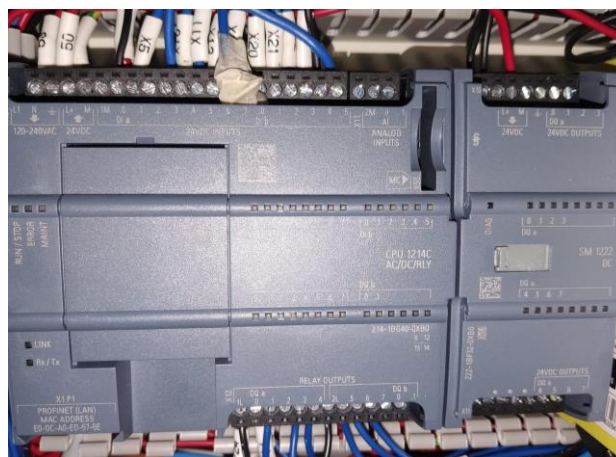


Figura 3.12 - Controlador lógico programável utilizado.

Para o acionamento dos motores, foram utilizados dois drivers SH-8611A do fabricante SIHONG A driver do motor, representada pela Figura 3.13, permite comandar os motores necessários de forma a controlar a direção e a velocidade de oscilação da chama no processo de brasagem, consoante os sinais provenientes do CLP.



Figura 3.13 - Driver do motor, modelo SH-8611A, do fabricante SIHONG.

Para oscilar a chama no processo de brasagem foram utilizados 2 motores de passo. O motor é acionado através de impulsos fornecidos pelo driver com uma precisão de ângulo de passo de 1.9°. O motor utilizado está representado na Figura 3.14.



Figura 3.14 - Motor utilizado.

Outro aspecto fundamental contemplado no desenvolvimento da máquina de brasagem é a segurança. Para isso, foi utilizado um relé de segurança SSR10 do fabricante ABB. Este relé dedica-se a examinar, neste caso, o sistema elétrico por via externa e com especial enfoque no circuito hidráulico e pneumático (electroválvulas) e de potência (motores). O relé utilizado está representado na Figura 3.15.



Figura 3.15- Relé de segurança SSR10 do fabricante ABB.

Os fusíveis, observados na Figura 3.16, são outros componentes de segurança interna ao circuito elétrico. Estão limitados a suportar uma tensão e corrente pré-definida. Estes são constituídos por um filamento que, em caso de excesso de corrente elétrica, quebra a continuidade para os restantes componentes do circuito elétrico.



Figura 3.16 - Fusível utilizado.

Para reforçar a segurança foi considerado um interruptor geral e um interruptor de pressão, ilustrados Figura 3.17.



Figura 3.17 - Interruptor de pressão à esquerda e à direita interruptor de corte geral.

Os circuitos pneumático e hidráulico são responsáveis por controlar a combustão (entre gás inflamável e o oxigénio) e a ativação dos cilindros pneumáticos. Este circuito é constituído 8 electroválvulas digitais duas *AIRTAC 2W030-08*, duas *AIRTAC 2W050-10* e quatro *AIRTAC 4A210-08*. As electroválvulas, representadas na Figura 3.18, vão impedir ou permitir a passagem do gás ou oxigénio, conforme o sinal proveniente do CLP.

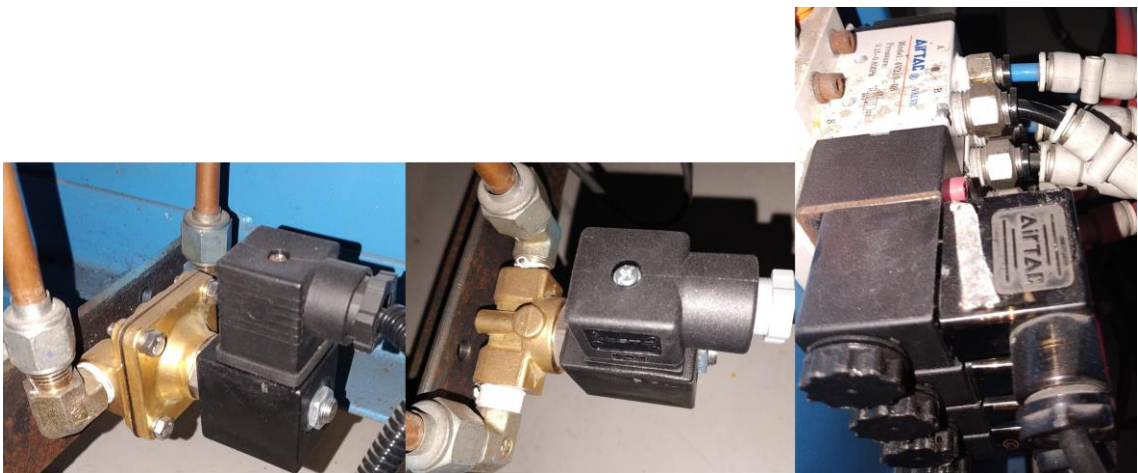


Figura 3.18 - A electroválvula à esquerda *AIRTAC 2W030-08*, ao meio *AIRTAC 2W050-10* e à direita *AIRTAC 4A210-08*.

Além disso, o circuito pneumático é constituído por 4 cilindros pneumáticos, ilustrados na Figura 3.19. Os cilindros pneumáticos são ativos através das electroválvulas *AIRTAC 4A210-08* (permitindo a passagem de ar comprimido). Assim que ocorra que o corte da electroválvula os cilindros recuam à posição inicial (efeito mola).



Figura 3.19 - Cilindro pneumático.

Também foram contemplados reguladores de pressão que permitem regular a pressão do oxigénio e do gás inflamável necessários no processo de brasagem. Estes estão ilustrados na Figura 3.20.



Figura 3.20- Reguladores de pressão e manómetros.

A interface homem máquina é realizada por botoneiras, interruptores, sinalizadores, sensores e uma consola HMI. A consola HMI DOP-B07 do fabricante *Delta* permite aos utilizadores configurar todos os parâmetros inerentes ao processo de brasagem. A consola utilizada está representada na Figura 3.21.



Figura 3.21 -Consola DOP-B07 do fabricante *Delta*.

Para aumentar a segurança dos utilizadores, também foi utilizado um sensor na porta da máquina de brasagem, como se ilustra na Figura 3.22. Este sensor permite detetar se estão reunidas as condições de segurança para o correto funcionamento da máquina de brasagem (para detetar quando está fechada ou aberta a porta).



Figura 3.22 - À esquerda o sensor está fechado e à direita o sensor está aberto.

Além disso, para diversificar e aumentar os níveis de segurança foram contemplados diversos interruptores (do tipo chave e de pressão) e sinalizadores para avisar os utilizadores dos vários estados da máquina de brasagem. Foram contemplados diversos botões de emergência posicionados estrategicamente.

Capítulo 4

Hardware desenvolvido

Nesta dissertação foram desenvolvidos e construídos três circuitos fundamentais: circuito pneumático; circuito hidráulico; circuito elétrico.

4.1. Circuito pneumático

O circuito pneumático é responsável pelo acionamento dos 4 cilindros pneumáticos. Para tal, são necessários 4 electroválvulas, 8 reguladores de pressão e manómetros, 1 lubrificador de ar, 1 filtro de ar e acessórios.

O circuito pneumático criado está representado na Figura 4.1. O ar fornecido pelos compressores quando chega à máquina é filtrado, lubrificado e regulado por um regulador de pressão. O uso destes reguladores é um acréscimo, de modo a prevenir potenciais necessidades. Este fica pendente do acionamento das electroválvulas que após a sua abertura provoca a movimentação do cilindro pneumático. A explicação e descrição da numeração da Figura 4.1 encontra-se na Tabela 4.1.

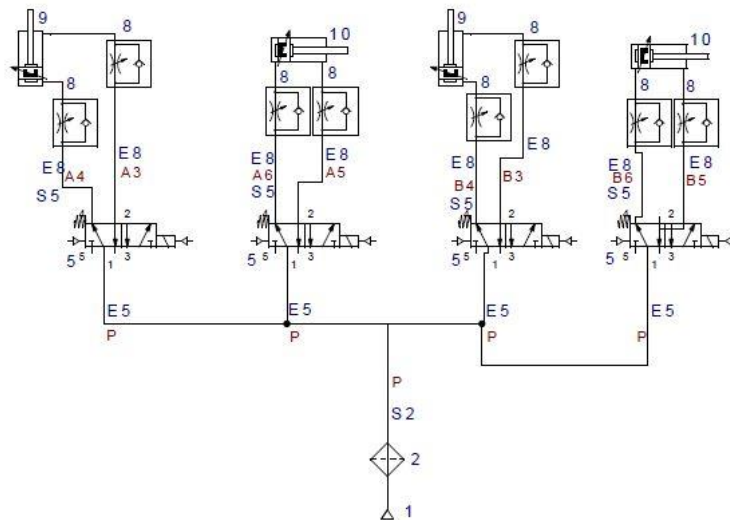


Figura 4.1- Esquema do circuito pneumático.

Tabela 4.1- Explicação da numeração da Figura 4.1 sobre o circuito pneumático.

Numeração	Designação
1	Fonte de ar comprimido
2	BL3000
S2	1/8 tubo 10 Macho
E5	¼ tubo 10 Macho
5	AIRTAC 4A210-08
S5	¼ tubo 6 macho
E8	¼ tubo 8 Fêmea
8	Válvula de controlo de fluxo
9	Bore CS40 Stroke 25St
10	Bore CS50 Stroke 200St

4.2. Circuito hidráulico

Este circuito, ilustrado na Figura 4.2, é responsável pela mistura dos dois gases (oxigénio e gás inflamável) e pela sua combustão. Para um bom funcionamento são necessárias 4 electroválvulas, duas do modelo *AIRTAC* 2W030-08 e duas do modelo *AIRTAC* 2W050-10, 2 manómetros, 3 reguladores de pressão e 1 misturador.

O princípio de funcionamento é similar ao circuito pneumático. No entanto, este envolve gás e oxigénio e não aciona qualquer tipo de cilindro. No acionamento das electroválvulas os dois gases são direcionados para os maçaricos. Além disso, existe uma pequena peculiaridade, o canal de gás divide-se em dois, para a tocha de trabalho e para a tocha de alimento. A explicação da numeração da Figura 4.2, está descrito na Tabela 4.2.

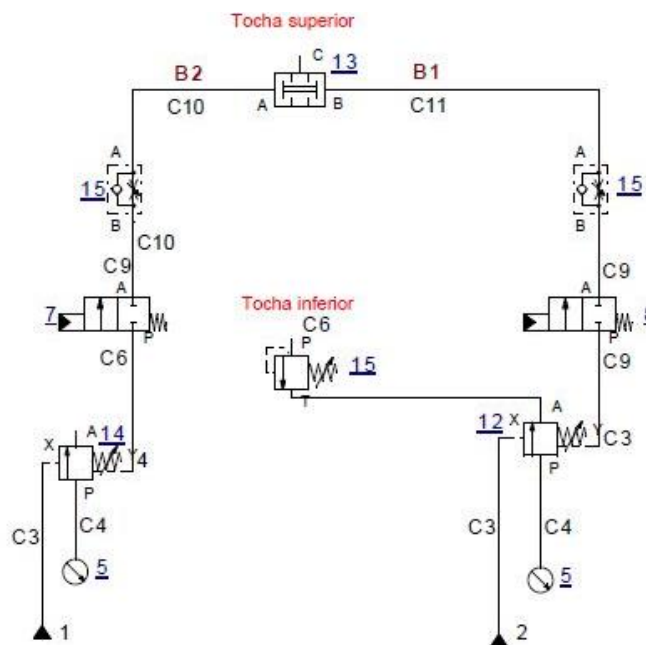


Figura 4.2- Esquema do circuito hidráulico.

Tabela 4.2 - Explicação da numeração da Figura 4.2 sobre o circuito hidráulico.

Numeração	Designação
1	Oxigénio
2	Gás
C3	3/8 tubo 10 cobre fêmea
C4	1/4 tubo 10 cobre fêmea
5	Manómetro
C6	1/4 tubo 10 cobre macho
7	AIRTAC 2W050-10
8	AIRTAC 2W030-08
C9	3/8 tubo 10 cobre macho
C10	1/4 tubo 12 mangueira macho
C11	1/4 tubo 13 mangueira macho
12	Válvula reguladora de pressão de gás
13	Misturador
14	Válvula reguladora de pressão de oxigénio
15	Regulador de fluxo de gás

4.3. Circuito elétrico

O circuito elétrico é composto por várias secções, que em conjunto, tornam a máquina de brasagem eficiente e segura.

A Figura 4.3 ilustra o circuito que envolve a consola HMI DOP-B07 do fabricante *Delta*, a chave de inicialização e os sinalizadores luminosos. A chave está ligada em série com o sensor de pressão da porta do quadro elétrico e, deste modo, confere uma segurança adicional. A consola tátil funciona a um nível de tensão 24VDC, enquanto, a chave e os sinalizadores luminosos a 230VAC.

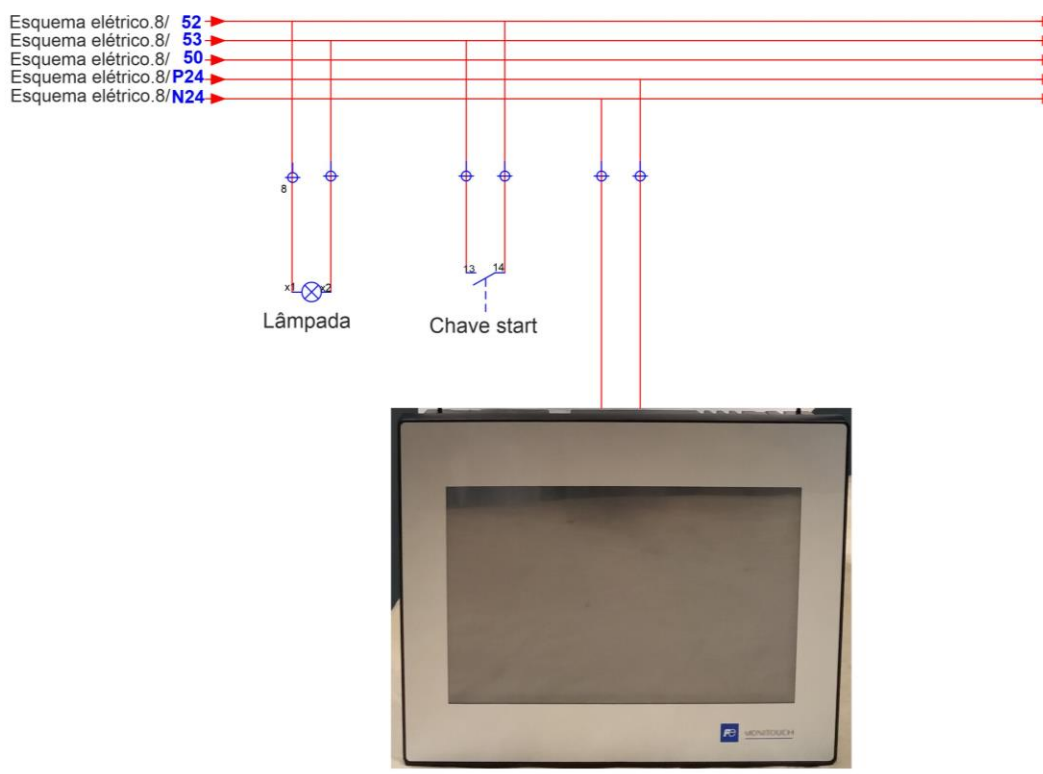


Figura 4.3- Circuito elétrico da consola tátil HMI e dos diversos mecanismos de segurança.

O esquema de segurança elétrico, representado na Figura 4.4, é constituído por um componente principal, o relé de segurança SSR10 do fabricante *ABB*. O relé consoante o acionamento dos botões de emergência vai impedir a passagem da corrente elétrica dos relés, que acionam as electroválvulas, e o contactor de potência inerente ao acionamento do motor. O relé contém dois canais de comunicação, em paralelo, com os botões de emergência para garantir redundância em termos de segurança.

Existem dois métodos para realizar o acionamento da máquina de brasagem: através do rearme automático e o rearme manual. O rearme automático é realizado assim que as condições de segurança se encontram reunidas (botões de emergência). O rearme manual exige a inspeção e a confirmação do utilizador relativamente às condições de segurança. No entanto, deu-se preferência ao método através do rearme manual pela necessidade de dupla verificação, o que significa redundância de processos e segurança.

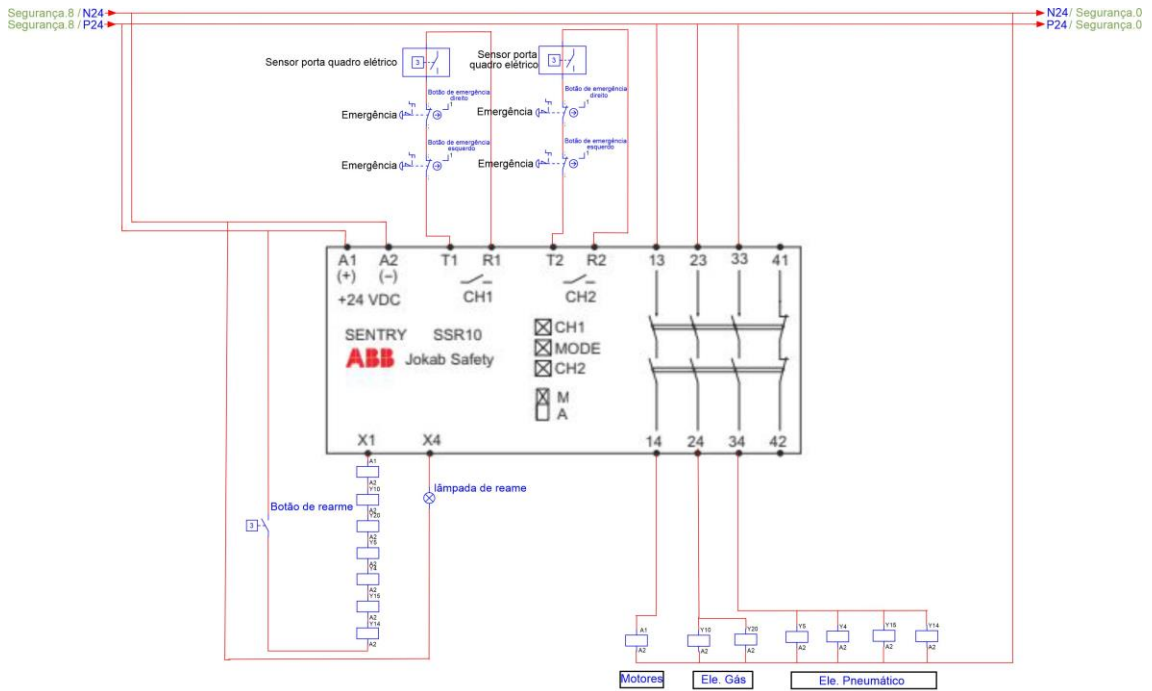


Figura 4.4 - Representação do esquema de segurança elétrica.

O esquema de ligações do circuito de potência, observado na Figura 4.5, é constituído por um interruptor geral, um interruptor de pressão, duas fontes de alimentação, três fusíveis, dois contactores de potência, duas drivers e dois motores de passo. Este circuito disponibiliza os níveis de tensão necessários para o correto funcionamento dos vários dispositivos inerentes ao circuito de potência e de comando. O circuito de potência funciona com um nível de tensão 40VDC e o circuito de comando com um nível de tensão de 24VDC.

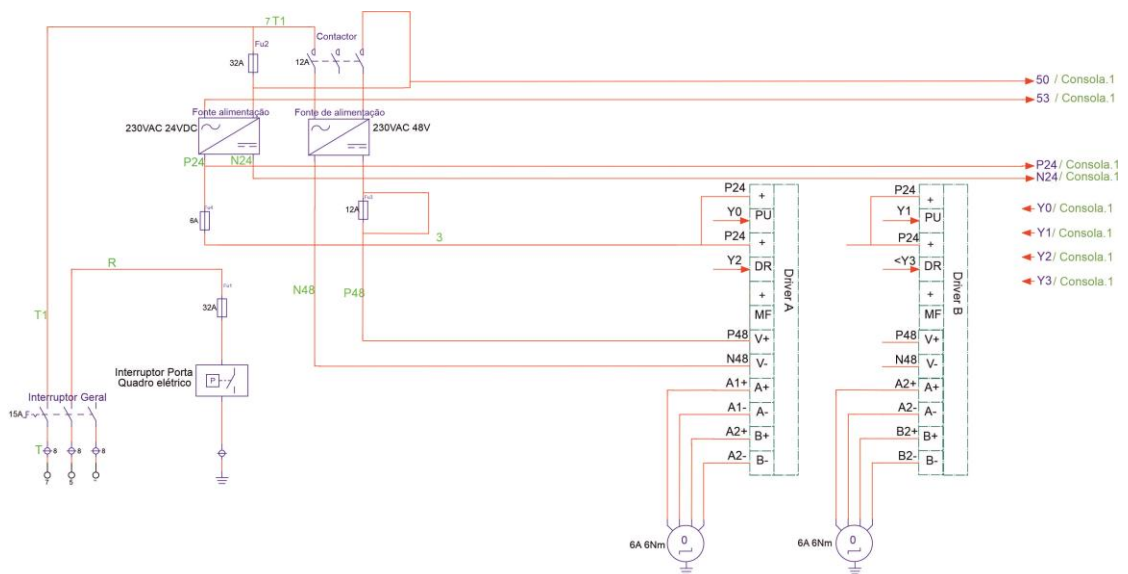


Figura 4.5 - Esquema do circuito de potência.

O circuito de comando e o esquema de ligações das entradas do CLP podem ser observados nas Figuras 4.6 e 4.7, respectivamente. A fonte de alimentação do CLP trabalha com um nível de tensão de 230 VAC. O CLP recebe sinais dos componentes inerentes ao circuito de comando a 24VDC.

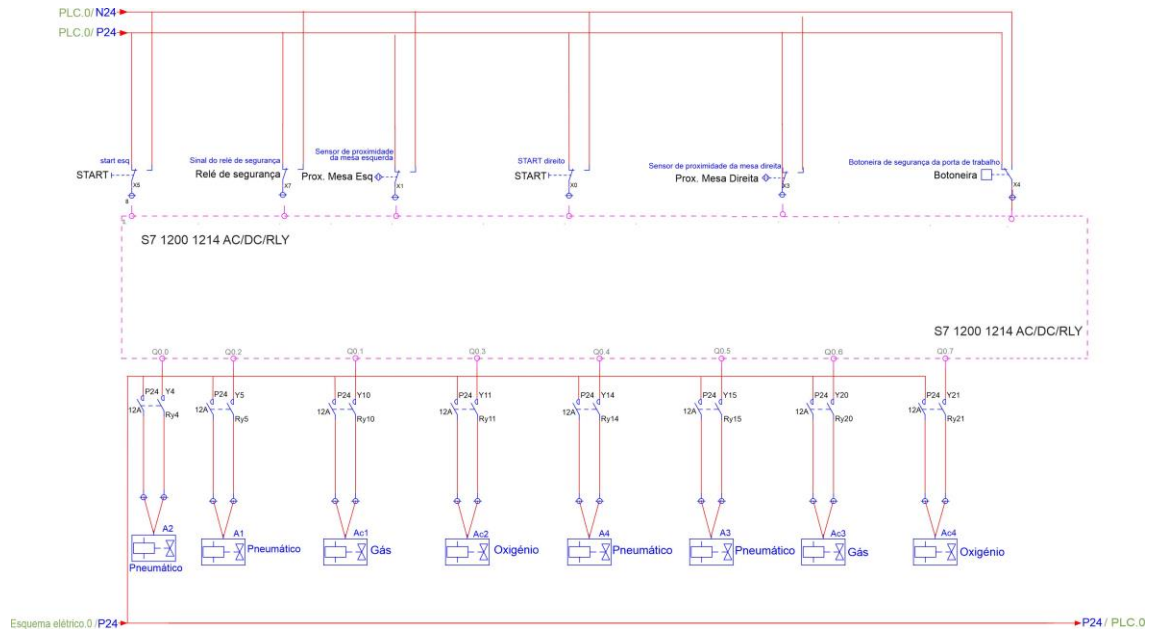


Figura 4.6 - Representação das entradas e saídas do CLP.

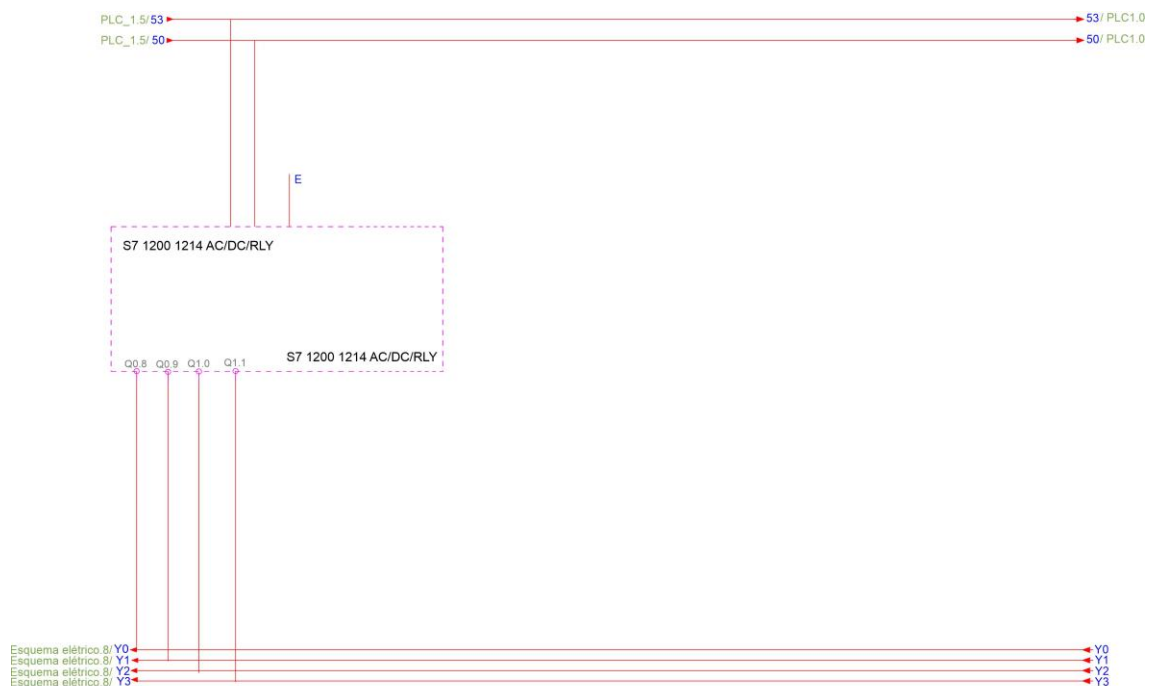


Figura 4.7 - Esquema de ligações das saídas do CLP para as drives de potência.

Capítulo 5

Software desenvolvido

5.1. Introdução

A programação é uma componente essencial de qualquer projeto de automação. É através da programação que é realizado o controlo do projeto. Para isso é necessário um conhecimento profundo do processo. Assim, a programação assume um papel preponderante na automação. Neste trabalho, a linguagem escolhida foi a *Ladder*. O motivo da escolha deveu-se ao facto de toda a automação da empresa ser através da linguagem *Ladder*, permitindo, assim, uniformização dos processos e facilidade de futuras alterações.

O *software* desenvolvido, neste trabalho, pode ser grosseiramente dividido em 4 subrotinas, que serão representados e explicados por fluxogramas, que são: Segurança Geral; Segurança para o programa automático A e B; Programa da fase manual A e B; Programa da fase automático A e B.

5.2. Segurança geral

A segurança geral da máquina é referente à monitorização da passagem de corrente elétrica nos relés (electroválvulas) e do contactor de potência (motores de passo). Neste caso, a saída do contacto, normalmente fechado, do relé de segurança está conectada diretamente a uma entrada do CLP, permitindo verificar o correto funcionamento do processo. Quando a entrada do CLP é ativada significa que o sistema se encontra operacional e permite o arranque dos processos manuais “A” e “B”. Este processo está ilustrado nas Figuras 5.1 e 5.2.

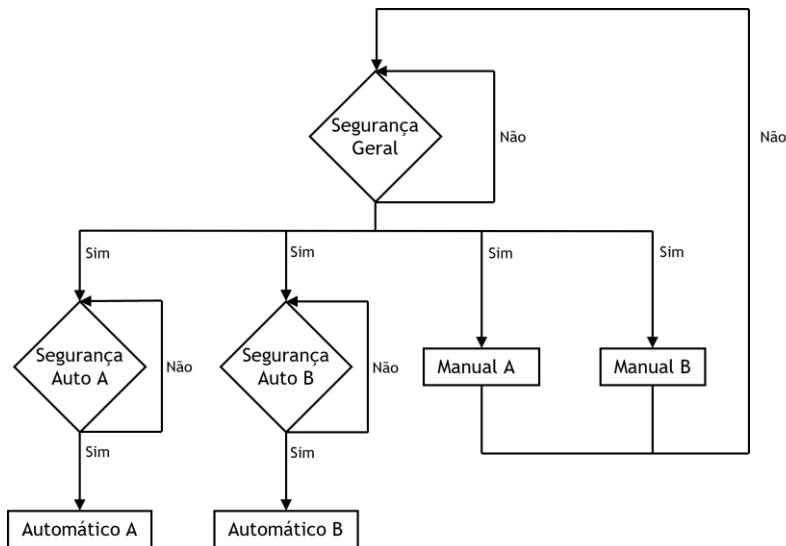


Figura 5.1- Fluxograma do processo geral de automação da máquina de brasar.

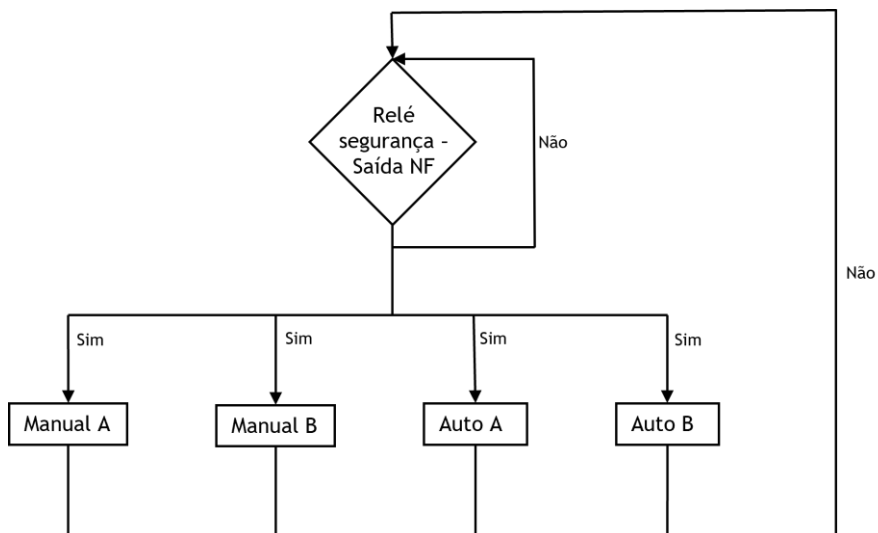


Figura 5.2 - Representação do fluxograma referente à segurança geral.

5.3. Segurança para o programa automático A

A segurança, nesta parte do código, engloba a entrada proveniente da segurança geral e o sensor da porta de trabalho. Além disso, obriga o utilizador a introduzir dois parâmetros fundamentais para o correto funcionamento da máquina de brasagem: velocidade do motor e o tempo de trabalho. Cumprindo todos os requisitos, a segurança para o processo automático estará pronta para dar ativação ao processo automático. A representação do fluxograma inerente a esta sub-rotina está ilustrada na Figura 5.3. A segurança para o programa automático B segue o mesmo procedimento para o processo automático A, o que varia são os parâmetros onde o utilizador colocará os valores para o tempo de trabalho e velocidade do motor.

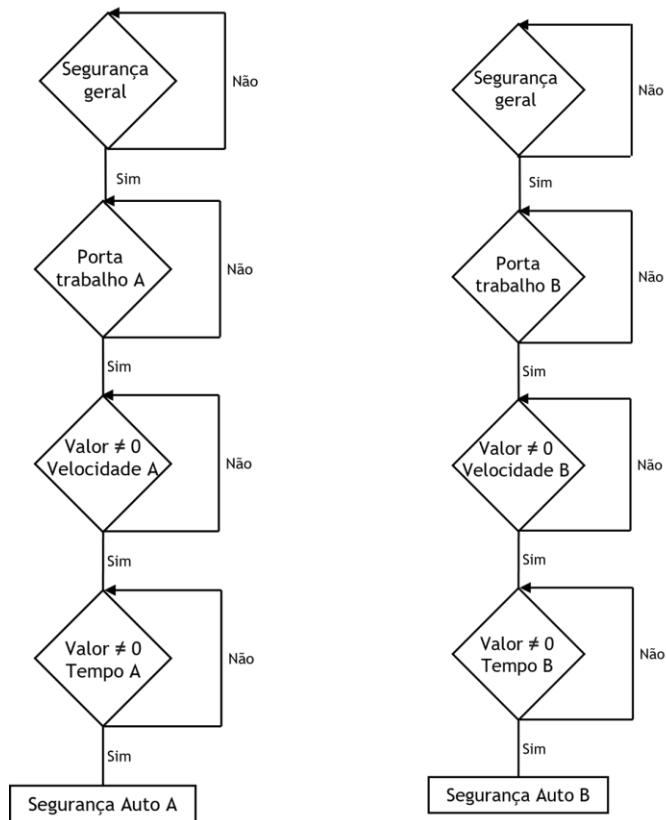


Figura 5.3 - Representação do fluxograma para a segurança e ativação do processo automático “A” e “B”.

5.4. Programa da fase manual A e B

Nesta parte da programação os comandos para as ações da máquina são provenientes da consola, ou seja, é necessário preencher parâmetros, como o tempo de abertura e fecho das electroválvulas do gás e oxigénio e a velocidade do motor, e ativar as saídas. O início começa com uma tomada de decisão, que será ativa assim que o programa da segurança geral cumprir os requisitos. Este processo está representado pela Figura 5.4. O processo manual “A” e “B” fazem o mesmo, diferindo nas saídas e na colocação dos parâmetros.

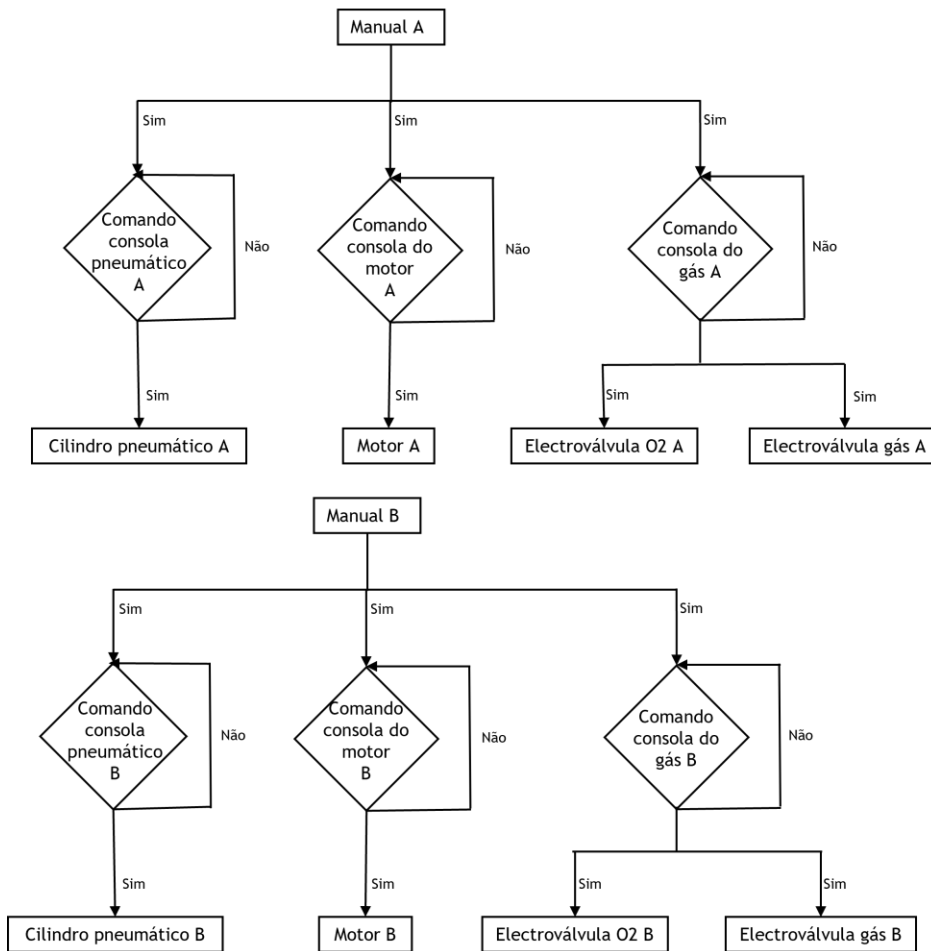


Figura 5.4 - Representação dos fluxogramas dos processos manuais "A" e "B".

5.5. Programa da fase automático A e B

Estes programas requerem dois tipos de segurança, como referido anteriormente. Inicia com a ativação proveniente da segurança para os programas automáticos, significando que todos os parâmetros pré-definidos estão no modo correto. De seguida, é necessária a ativação do botão de início e, depois, consoante o tempo de trabalho definido e a velocidade do motor definida, decorre a ativação das electroválvulas dos cilindros pneumáticos, do gás e oxigénio e do motor. Este processo está ilustrado pela Figura 5.5.

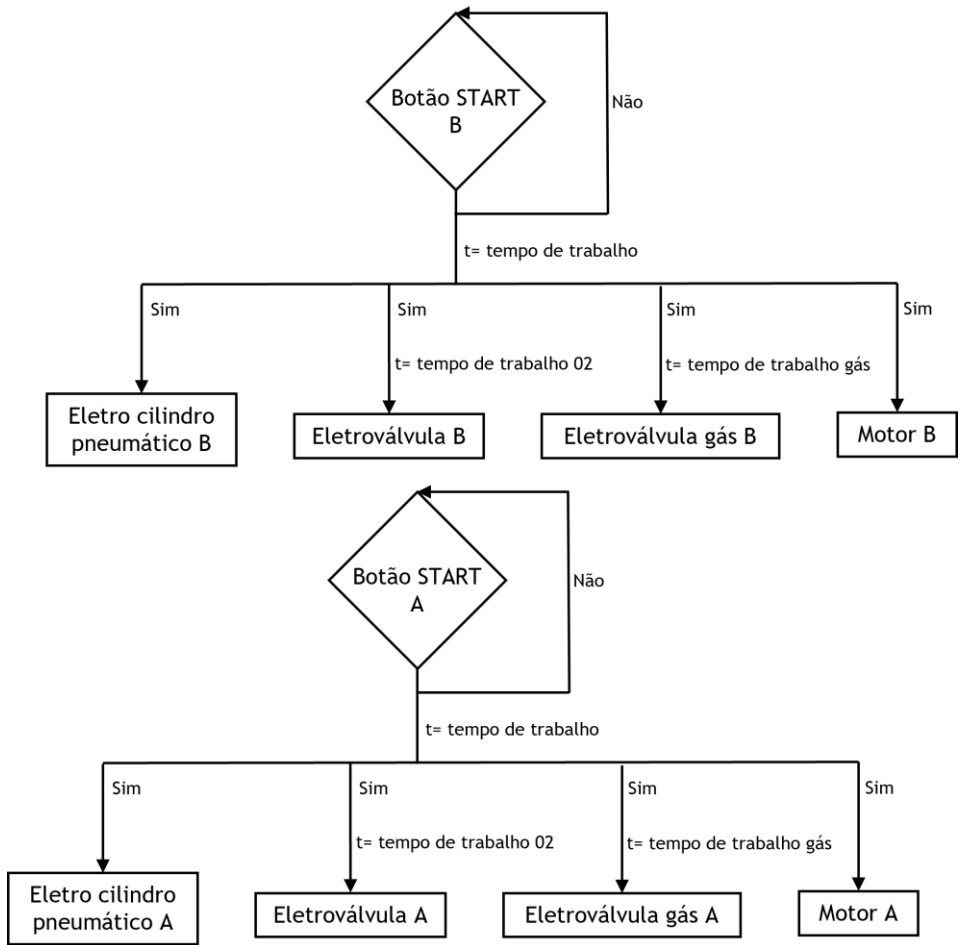


Figura 5.5 - Representação dos fluxogramas dos processos automáticos "A" e "B".

Capítulo 6

Conclusão

6.1. Considerações finais

Na realização desta dissertação, foi importante perceber o papel fundamental das energias renováveis na sustentabilidade dos recursos e subsistência do planeta Terra. A verdade é que a atividade humana encontra-se refém das energias não renováveis e esta dependência tem consequências ambientais e económicas gravosas.

Na atualidade, existe uma maior consciencialização sobre os perigos das energias não renováveis e para suprimir as necessidades da energia não renovável da sociedade é dada, cada vez mais, ênfase no desenvolvimento e aposta nas energias renováveis.

As principais energias renováveis consistem na energia solar, hídrica, eólica e biomassa. Para além da transição energética, existem adaptações da atividade humana que podem ser feitas no sentido da preservação do meio ambiente. Uma delas é a utilização da bicicleta como transporte individual em detrimento do veículo particular que utiliza combustíveis fósseis. A bicicleta, para além das vantagens energéticas, apresentam diversas vantagens na configuração das cidades, diminuído trânsito e melhorando a qualidade de vida. De facto, as cidades europeias decidiram apostar neste meio de transporte, construindo múltiplos quilómetros de ciclovias.

A bicicleta tem múltiplos componentes, mas neste trabalho o componente que se destaca é o quadro da bicicleta. Foram explicados os vários processos da formação de um quadro até estar pronto para pintura. Em primeiro lugar, para a formação do quadro é necessário maquinar os diferentes tubos que irão formar a peça final, ou seja, passa por máquinas de corte (CNC) e de alteração de forma, que neste caso podem ser uma conifcadora, a hidroformagem, entre outras. Em segundo lugar, os tubos são soldados e brasados e, no final do processo, o resultado final já não são tubos individuais, mas sim um quadro totalmente formado. Concluída a etapa anterior, o quadro em alumínio é reforçado através de tratamentos térmicos, indo a estações de calor. E por último, o quadro é polido e é verificado qualquer tipo de defeito e, caso existam têm de ser corrigidos.

A brasagem é o tópico chave neste trabalho e por isso foi feito um estudo sobre os diferentes processos de brasagem (por indução e por uso de chama). A brasagem com uso de chama diferencia-se da brasagem por indução de calor, porque o modo de aquecimento, do local a

ser brasado, é através da combustão usando maçaricos para direcionar a chama. Enquanto, que a brasagem por indução de calor é uma técnica de aquecimento sem contacto, com uma elevada eficiência, em que a peça é aquecida por dentro do aro condutor, ou seja, toda a energia em forma de calor é direcionada para o local pretendido.

Para brasar uma peça é obrigatório, de modo a garantir a qualidade da brasagem, seguir diversos passos, começando pela limpeza da peça, para garantir que não exista gorduras na peça. De seguida, é aplicado o fluxo a cobrir as superfícies de *faying* e o metal de adição é adicionado a uma das peças que irá ser agregada. Estes são importantes para prevenir a formação de óxidos e para melhorar a agregação. Depois, é aplicado calor durante o tempo necessário sem queimar a peça. E por último, a peça convém ser coberta por água fria para o tratamento da peça.

No início do trabalho prático, foi realizado um levantamento e requisições do material necessário para o funcionamento eficiente, eficaz e seguro da máquina em causa. Para que fossem feitas as requisições, foi necessário perceber como é que a máquina iria funcionar e de que modo certos componentes iriam ajudar para que tal fosse possível. Para isso, foi necessário dedicar-me exclusivamente ao estudo da máquina e à procura de componentes essenciais. Na primeira tarefa prática foram realizados estudos sobre os esquemas elétricos, pneumático e hidráulico e de seguida a elaboração dos mesmos. Na construção do esquema elétrico, foi feita uma pesquisa sobre quadros elétricos, a forma como eram construídos, em termos de ligações entre componentes e houve a necessidade de realizar ajustes durante o processo da realização do esquema.

Realizados os esquemas, deu-se início ao estudo do *software TIA PORTAL*, *software* do CLP, *V-SFT 6*, e o *software* inerente à programação da consola. Após um domínio básico dos diversos *softwares* foram criados pequenos e simples programas de modo a testar o funcionamento correto do CLP e da consola. Após estes testes, foi elaborada uma pesquisa sobre a comunicação entre os dois componentes. A comunicação é necessária, pois um dos requisitos do funcionamento da máquina é que seja possível ao utilizador comandar a máquina através da consola, sendo assim necessário que a consola e o CLP estivessem em permanente comunicação.

Após a comunicação entre os dois estar assegurada, deu-se início à programação da consola e do CLP. Começou-se pela segurança, depois foi criado o programa em que o utilizador ordena a ativação dos cilindros, da abertura das electroválvulas e da ativação do motor. Por último, foi elaborado o programa em que tudo funciona de uma forma automática, tendo em conta as regras de segurança já definidas.

A máquina encontra-se a produzir com todas as medidas de segurança implementadas e até ao momento não foi possível a comparação na produção diária.

Referências Bibliográficas

- [1] C. Rao and B. Yan, "Study on the interactive influence between economic growth and environmental pollution," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 31, pp. 39442-39465, 2020.
- [2] L. Trasande and G. D. Thurston, "The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities," *J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 115, no. 4, pp. 689-699, 2005.
- [3] T. Simões Esteves, "Identificação do Potencial Renovável para Produção de Electricidade na Perspectiva da Microgeração," pp. 1-113, 2015.
- [4] F. C. Serra, "Implementação de Fontes de Energia Renovável em Meio Urbano," 2010.
- [5] DGEG- Direção Geral de Energia e Geologia, "Estatísticas rápidas das renováveis," *J. Chem. Inf. Model.*, no. 9, p. 23.
- [6] M. de A. F. J. de Mello, "Viabilidade da energia hídrica , eólica e solar nas zonas urbanas . Potencial para o quase zero da energia Engenharia Civil Agradecimentos," 2016.
- [7] P. Smethurst, *The bicycle-towards a global history*. 2015.
- [8] M. M. Shwartz, *Brazing: Second edition*. 2006.
- [9] B. Daly, "Basics of brazing with induction heating," *Weld. J.*, vol. 92, no. 10, pp. 52-54, 2013.
- [10] S. Silva and M. Antônio, "Tipos de processos de brasagem," 2017.
- [11] G. K. Sharma, P. Pant, P. K. Jain, P. K. Kankar, and P. Tandon, "On the suitability of induction heating system for metal additive manufacturing," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, vol. 235, no. 1-2, pp. 219-229, 2021.
- [12] THESSCO, "Hand torch or flame brazing principles," pp. 1-5, 2018.
- [13] S. Li, X. Ren, Y. Xin, D. Liu, and S. Gao, "Application of welding robot system in flame brazing of pipe parts for household appliances," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1347, no. 1, 2019.
- [14] T. Kopte and A. Pai, "Programmable Logic Controller and Its Applications," vol. 6, no. 5, pp. 1-6, 2020.
- [15] CÉSAR AUGUSTO PIRES BONIFÁCIO, "ANÁLISE DE DOIS CONTROLADORES DE UM CONDICIONAMENTO DE AR, VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA," no. April, pp. 33-35, 2019.
- [16] L. A. Byan and E.A. Bryan, *Programmable Controllers Theory and Implementation*. .
- [17] M. Processo, C. Vari, P. Sistema, M. Valores, and C. Correc, "4 - Dispositivos de entrada/saída 4.1 -," pp. 77-104.
- [18] M. F. S. Khan *et al.*, "PLC Based Energy-Efficient Home Automation System with Smart Task Scheduling," *iSPEC 2019 - 2019 IEEE Sustain. Power Energy Conf. Grid Mod. Energy Revolution, Proc.*, pp. 35-38, 2019.
- [19] Paulo Roberto Rodrigues dos Santos Junior TRABALHO, "Desenvolvimento de uma bancada didática e guia para aprendizado de Controladores Lógicos Programáveis e sua

-
- aplicacao em uma esteira transportadora instrumentada.,” p. 82.
- [20] X. Pan, Z. Wang, and Y. Sun, “Review of PLC Security Issues in Industrial Control System,” *J. Cyber Secur.*, vol. 2, no. 2, pp. 69-83, 2020.
- [21] E. R. Alphonsus and M. O. Abdullah, “A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs),” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 60, pp. 1185-1205, 2016.
- [22] W. S. MAASS, “AUTOMAÇÃO DE UM FORNO PARA TRATAMENTO DE CHAPAS COM CONTROLE VIA CLP E SISTEMA SUPERVISÓRIO,” p. 99.
- [23] T. A. C. Soares and S. J. P. S. Mariano, “Controlo e automação: sistema de rega inteligente,” 2012.
- [24] Machine-Brazing-Semi-Automatic. Alibaba. Disponível em: https://www.alibaba.com/product-detail/Machine-Brazing-Semi-Automatic-Welding-Air_1. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.
- [25] Turntable Flame Automatic Brazing Machine / Auto Brazing Machine for Air Conditioner Aluminum Pipes. GUANGZHOU HONGCE EQUIPMENT CO., LTD. Disponível em: <https://www.iectestingequipment.com/sale-2236063-turntable-flame-automatic-brazing-machine-auto-brazing-machine-for-air-conditioner-aluminum-pipes.html>. Acesso em 6 de dezembro de 2021.
- [26] Brazing solutions. LOMAR MACHINE & TOOL. Disponível em: <https://lomar.com/wp-content/uploads/2018/10/Lomar-Brazing-Solutions>. Acesso em 6 de dezembro de 2021.
- [27] eibaba, technology store. Disponível em: https://www.eibaba.pt/siemens/plc-cpu-module-19-2...-28-8v-dc-6es7518-4ap00-0ab0eb16104785?utm_source=Portals&utm_medium=CPC&utm_campaign=eibaba-PT_GoogleShopping_PT&gclid=Cj0KCQiA2sqOBhCGARIsAPuPK0joA8j-G. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.