



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

---

## **Apoio na Construção de Máquinas Industriais – Estágio na SIRMAF**

Relatório de estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e  
Comunicações em Sistemas Industriais

Autor

**João Pedro Quaresma Campos**

Orientador

**Doutor Inácio Sousa Adelino Fonseca**

Professor do Departamento DEE  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Supervisor**

**Engenheiro Luís Nolasco**

SIRMAF

**Coimbra, abril, 2017**



## Agradecimentos

A realização deste estágio e o seu bom desempenho só foram possíveis graças à contribuição direta ou indireta de algumas pessoas, a que não posso deixar de agradecer.

Gostaria de agradecer ao Eng.º Luís Nolasco, chefe do departamento de projeto elétrico, pela sua orientação e disponibilidade em me integrar na empresa SIRMAF e nos seus processos de trabalho.

Aos meus colegas desse mesmo departamento, ao Eng.º Luís Costa, Eng.º Válder Gonçalves, Eng.º Nuno Ferreira e ao técnico Nuno Duarte deixo palavras de um sincero agradecimento por tudo o que me ensinaram. E aos outros do departamento comercial e de engenharia, como o Eng.º Pedro Rasteiro, o Eng.º Paulo Craveiro, o Eng.º Nelson Trindade, o Eng.º Patrício Ferreira e todos os outros que me acolheram.

A todos os meus colegas do departamento de produção, especialmente ao técnico Bruno Saraiva por toda a sua orientação e conhecimento que me transmitiu durante a minha formação como eletricitista na oficina, como seu ajudante.

Ao meu orientador Professor Doutor Inácio Sousa Adelino Fonseca, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, por me ter proporcionado esta experiência tão enriquecedora numa empresa deverás conceituada no mundo da automação industrial como é o caso da SIRMAF. E por todo o seu apoio em todas as fases do estágio, bem como na redação do presente relatório.

E por fim aos meus amigos e à minha família, especialmente ao meu pai e à minha mãe que possibilitaram a conclusão deste mestrado.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.



## Resumo

O presente documento foi realizado no âmbito da unidade curricular Estágio/Projeto/Dissertação, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica (MEE) no ramo de Sistemas Industriais, lecionada no Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE), no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O estágio foi realizado na SIRMAF, empresa sediada no Parque industrial de Taveiro, em Coimbra. O trabalho realizado no âmbito do referido estágio foi variado abordando-se diferentes áreas de Eng. Eletrotécnica que vão de encontro ao tema mais genérico de automação, entre elas: a Eletrónica Industrial, a Robótica, a Neutrónica, a Informática Industrial, o Controlo Industrial, entre outras.

A vasta gama de tarefas realizadas permitiu um melhor entendimento sobre a área de automação numa perspetiva prática que cada vez mais exige diversos domínios de conhecimento tendo em conta as exigências de mercado e a necessidade das empresas terem recursos polivalentes em função da necessária restrição orçamental. Assim ao profissional da área de automação é requerido: o domínio prático da instalação de quadros elétricos e eletrificação; domínio das ferramentas de desenho técnico da área elétrica para a produção em formato digital dos documentos elétricos; domínio de programação de autómatos de diversos fabricantes, dado normalmente o cliente definir qual a marca e modelo destes equipamentos; domínio do software de supervisão; domínio dos aspetos técnicos e elétricos dos diversos componentes industriais de sensorização e atuação do processo/máquina; orçamentação e escolha de componentes, etc.

O presente relatório descreve as várias obras em que o aluno participou durante o estágio, assumindo diferentes funções. Dessa experiência, destacam-se assim diversas obras executadas pela SIRMAF relacionadas com a conceção de máquinas de conformação, células de robô, máquinas de montagem e máquinas de ensaio e controlo. Durante este período as principais ações desempenhadas passaram por efetuar funções como desenhador de esquemas elétricos / pneumáticos, montagem de quadros elétricos e os cuidados importantes como executante de eletrecista, mecânico e programador. Todas estas diferentes áreas em que atuou permitiu ao estagiário obter uma experiência enriquecedora muito importante para a conceção, projeto e execução de máquinas industriais. O relatório descreve de forma resumida várias obras e apresenta um exemplo de uma obra hipotética para disponibilizar à comunidade todo o conhecimento adquirido.

**Palavras-chave:** Autómatos; PLC's; Programação; Máquinas industriais;



## Abstract

This document was prepared under the discipline of Traineeship/Industrial Project, of Master's degree in Electrical Engineering in the Industrial Systems business, taught in the Department of Electrical Engineer in Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. The traineeship was performed at SIRMAF located in industrial park Taveiro, at Coimbra, consisting of several tasks regarding multiple areas of Electrical Engineering related to the multidisciplinary area of automation, like: Industrial Electronics, Robotics, electro-pneumatics, Industrial Informatics, Industrial Control, and others.

The traineeship allows the better understanding of the area of Industrial Automation at practical level which increasingly demands several fields of knowledge taking into account the market demands and the need for companies to have multi-purpose resources due to of budgetary constraints. So to the professional of the area of automation is required: the practical field of installation of electrical panels and electrification; domain of technical drawing tools of the electric field to produce digitally electrical documents; programming domain of PLC's from several manufacturers, since usually the customer define the brand and model of such equipment; supervision software domain; field of technical and electrical aspects of the various industrial components of sensing and actuation of process / machine; budgeting and choice of components, etc.

This report describes the various works in which the student participated during the internship, assuming different functions. From this experience, several works performed by SIRMAF related to the design of forming machines, robot cells, assembly machines and test and control machines stand out. During this period, the main actions performed were as draftsman of electrical / pneumatic diagrams, assembly of electrical panels and important care as electrician, mechanic and programmer. All these different areas in which he acted allowed the intern to obtain a very important enriching experience for the conception, design and execution of industrial machines. The report briefly describes several works and presents an example of a hypothetical work to make available to the community all the knowledge acquired.

**Key-words:** Automation, PLCs, Programming, Industrial machines;



## Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Índice .....	ix
Índice de figuras .....	xiii
Índice de tabelas .....	xvii
Simbologia e abreviaturas .....	xix
Terminologia Específica da área automação .....	xx
1. Introdução ao tema.....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Empresa de acolhimento.....	2
Caracterização .....	2
Localização do Estágio .....	2
1.4 Estrutura do Relatório de Estágio .....	3
2. Estado da Arte, resumo do trabalho e Cronograma .....	5
2.1 Áreas de atividade durante o estágio.....	5
2.2 Estado de Arte.....	5
2.3 Regras Técnicas [3]:.....	6
Montagem e Cablagem de Autómatos:.....	6
Cablagem: .....	7
2.4 Participação em Obras .....	12
Obra 01 – Máquina de abocardamento / deformação de tubos de escape.....	12
Obra 02 – Máquina de corte e posicionamento de lamelas.....	12
Obra 03 - Montagem de rodas automática .....	12
Obra 04 – Máquina de Expansão e Calibração de Câmaras de Combustão 5/7L e 10/13L.....	13
Obra 05 – Máquina de Expansão e Calibração .....	13
Obra 06 – Máquina de testes de transmissão de bicicleta .....	13
Obra 07 - Máquina de testes de travões de bicicleta.....	13
Obra 08 – Customizar a nova máquina na Célula Robô.....	14
2.5 Cronograma.....	14
3. Ações realizadas em Obras da SIRMAF no âmbito do estágio.....	15

---

3.1	Obra 01 – Máquina de abocardamento/deformação de tubos de escape.....	15
3.1.1	Descrição e indicações do equipamento.....	15
	Descrição e objetivo do posto .....	15
	Caraterísticas gerais do equipamento.....	15
	Equipamentos da máquina.....	16
	Descrição do processo .....	16
3.1.2	Funções como Estagiário .....	16
3.2	Obra 02 – Máquina de corte e posicionamento de lamelas.....	17
3.2.1	Descrição e indicações do equipamento.....	17
	Descrição.....	17
	Objetivo do posto.....	17
	Características gerais do equipamento.....	17
	Equipamentos da máquina.....	18
	Descrição do Processo .....	18
3.2.2	Funções como Estagiário .....	18
3.3	Obra 03 – Montagem de rodas automática.....	19
3.3.1	Descrição e indicações do equipamento.....	19
	Descrição.....	19
	Objetivos do posto.....	19
	Características gerais do equipamento.....	20
	Equipamentos da máquina.....	20
	Descrição do Processo .....	21
3.3.2	Funções como Estagiário .....	25
	Formação como Eletricista .....	25
	Formação como projetista de circuitos elétricos e pneumáticos. ....	25
3.4	Obra 04 – Máquina de Expansão e Calibração de CC 5/7L e 10/13L.....	27
3.4.1	Descrição e indicações do equipamento.....	27
	Descrição.....	28
	Objetivos do posto.....	28
	Características gerais do equipamento.....	29
	Equipamentos da máquina.....	29
	Descrição do processo .....	30
3.4.2	Funções como estagiário .....	30
	Formação como eletricista. ....	30
	Projeto de Instalações elétricas .....	30

---

3.5	Obra 05 - Máquina de Expansão e Calibração CC de 5 e 7L.....	31
	Descrição.....	31
	Objetivos do posto.....	31
	Características gerais do equipamento.....	31
	Equipamentos da máquina.....	32
	Descrição do Processo .....	32
3.5.1	Funções como Estagiário .....	32
3.6	Obra 06 - Máquina de testes de transmissão de bicicleta .....	33
3.6.1	Descrição e Indicações do processo.....	33
	Descrição.....	33
	Objetivos do posto.....	34
	Características gerais do equipamento.....	34
	Equipamentos da máquina.....	34
	Descrição do processo .....	35
3.6.2	Funções como Estagiário .....	36
	Modificação de aplicação LabView: .....	36
3.7	Obra 07- Máquina de testes travões bicicleta.....	37
3.7.1	Descrição e indicações do equipamento.....	37
	Descrição.....	37
	Objetivos do posto.....	38
	Características gerais do equipamento.....	38
	Equipamentos da máquina.....	38
	Descrição do Processo .....	39
3.7.2	Funções como Estagiário .....	40
3.8	Obra 08 – Customizar nova máquina na Célula Robô.....	41
3.8.1	Descrição e indicações do equipamento.....	41
	Descrição.....	41
	Objetivos do posto.....	41
	Características gerais do equipamento.....	41
	Equipamentos da máquina.....	41
	Descrição do Processo .....	42
3.8.2	Funções como Estagiário .....	42
	Apoio na programação .....	42
3.9	Intervenção em Aveiro .....	42
3.9.1	Funções como Estagiário .....	42

---

Apoio na conversão de máquinas afiadoras e formação como Mecânico.....	42
4.    Desenvolvimento – Ferramentas EPLAN, LabView e Ix Developer .....	43
4.1    Conceitos básicos EPLAN .....	43
Referências cruzadas.....	45
Bornes .....	46
Designação das ligações .....	48
Designação dos cabos .....	49
Atribuição de DT´s.....	50
4.2    Boas Práticas com o software EPLAN.....	51
Alimentação 480V .....	53
Circuitos de Potência de Motores .....	55
Proteção diferencial.....	56
Alimentação 24V .....	58
Circuito de Entradas .....	59
Circuito de Segurança.....	60
Circuito de Comando.....	65
Redes Industriais.....	67
Autómato, cartas e módulos remotos.....	68
Alimentações comuns para o exterior do quadro elétrico.....	70
Diagrama de bornes .....	71
Implantação do quadro elétrico .....	71
4.3    Boas Práticas com o software LabView.....	72
4.4    Consolas Beijer - iX Developer .....	73
Diretrizes para a criação de uma aplicação iX Developer .....	74
Exemplo de uma aplicação iX Developer .....	77
5.    Conclusões e aspetos relevantes .....	89
Referências bibliográficas .....	91
Anexo A – Declaração SIRMAF.....	93
Anexo B – Partes do Programa Ladder em Twin Cat 3.....	95
Anexo C – Código C#.....	97
Anexo D – Esquemas Completos .....	99
Anexo E – Código completo.....	105

## Índice de figuras

Figura 1 – Vista área da freguesia de Taveiro pertencente ao Concelho de Coimbra.....	2
Figura 2 – Vista área do Parque Industrial de Taveiro, e da empresa SIRMAF.....	3
Figura 3 – Montagem e desmontagem do autómato em calha. ....	6
Figura 4 – Batentes de Bloqueio.....	7
Figura 5 – Terminais correntes. ....	7
Figura 6 - Liras e calhas de cablagem instaladas em platina. ....	8
Figura 7 - Exemplo de quadro elétrico retirado do software EPLAN. ....	9
Figura 8 – Distâncias ao autómato. ....	11
Figura 9 - Elementos constituintes de um esquentador de uma marca. A câmara de combustão (CC) está referenciada num círculo vermelho. Fonte [ <a href="http://rikif.com/bosch-water-heater-tankless/">http://rikif.com/bosch-water-heater-tankless/</a> ]. ....	27
Figura 10 - Operação comum de um esquentador, com a câmara de combustão em realce. Fonte [ <a href="http://rikif.com/bosch-vent-requirements-tankless-water-heater/">http://rikif.com/bosch-vent-requirements-tankless-water-heater/</a> ]. ....	28
Figura 11 – Identificação dos elementos duma transmissão de bicicleta. Fonte [ <a href="http://www.bttgps.com">http://www.bttgps.com</a> ]. ....	33
Figura 12 – Identificação dos elementos de transmissão de uma bicicleta. Fonte [ <a href="http://www.bttgps.com">http://www.bttgps.com</a> ]. ....	33
Figura 13 – Diferenças entre uma chainline perfeita e uma chainline da cassete e do prato com uma diferença considerável. ....	35
Figura 14 – Disco de travagem e travão de bicicleta. Fonte [ <a href="http://www.bike198.com/">http://www.bike198.com/</a> ]. ....	37
Figura 15 – Exemplo de um manípulo de travões. Fonte: [ <a href="http://www.allbike.pt">www.allbike.pt</a> ]. ....	37
Figura 16 – Da esquerda para a direita: Post mounting type ;IS mounting type.É necessário adaptador neste ultimo tipo de montagem. (Fontes: <a href="http://bicycles.stackexchange.com/questions/30087/doshimano-disc-brakes-need-post-mount-spacers">http://bicycles.stackexchange.com/questions/30087/doshimano-disc-brakes-need-post-mount-spacers</a> ; <a href="http://blog.artscyclery.com/keeping-the-rubber-side-down/rubber-side-down-disc-brake-adapters/">http://blog.artscyclery.com/keeping-the-rubber-side-down/rubber-side-down-disc-brake-adapters/</a> ). ....	40
Figura 17 – Exemplo de um torno reconvertido pela empresa SIRMAF. Fonte [ <a href="http://www.sirmaf.pt">www.sirmaf.pt</a> ]. ....	42
Figura 18 - Navegador de páginas. Exemplo da estrutura de um projeto. ....	43
Figura 19 - Diferentes tipos de folhas (Capa, Índice, Esquema multifilar) integrando os identificadores de estrutura. ....	44
Figura 20 – Menu de criação de uma página.....	45
Figura 21 – Disjuntor magnetotérmico com contato auxiliar. ....	45
Figura 22 – Representação do contato auxiliar do disjuntor ligando a carta de entradas.....	45
Figura 23 - Referência cruzada com a ligação a partir da base da seta, indicando que os condutores vêm de páginas precedentes ou da própria página e vão para outras.....	46
Figura 24 - Referência cruzada com a ligação a partir da ponta da seta, indicando que os condutores vêm de outras páginas para a página atual. ....	46
Figura 25 – Referência cruzada entre páginas no mesmo identificador de estrutura (lado esquerdo). E em diferentes identificadores de estrutura (lado direito). ....	46

Figura 26 – Representação de um borne no EPLAN. ....	47
Figura 27- Paralelismo entre Borne simples de parafuso e símbolo EPLAN [5]. ....	47
Figura 28 - Exemplo de utilização do ponto de ligação 1,2 e 3 da régua de bornes X1. ....	48
Figura 29 – Imagem demonstrativa da possível designação das ligações ....	49
Figura 30 – Exemplo de circuito com fim de curso. ....	50
Figura 31 – Exemplo de circuito de potência motor. ....	50
Figura 32 – Visão de cima da obra. ....	51
Figura 33 – Visão do robô, do tapete, e de uma das máquinas de controlo numérico. ....	52
Figura 34 – Organograma de um projeto exemplo. ....	52
Figura 35 – Layout da obra enunciando alguns sensores e os vários elementos principais. ....	53
Figura 36 - Início do esquema elétrico com a representação das fases da rede elétrica pública, vem como do terminal terra. ....	54
Figura 37 - Circuito de potência com o motor transportador da obra exemplo. ....	54
Figura 38 – Dispositivos alocados no símbolo com a DT “-QG”. Seccionador com punho giratório....	54
Figura 39 – Da esquerda para a direita: Disjuntor Magnetotérmico; Contator Trifásico para motor. ...	55
Figura 40 -Circuito de potência de motor transportador. Alternativa à Figura 37. ....	56
Figura 41 – Da esquerda para a direita: Conjunto de aparelhagem para esquema TT; Representação do esquema TT. ....	57
Figura 42 – Esquema multifilar de uma parte do esquema TT, no EPLAN; Disjuntor diferencial e fusíveis como dispositivos de proteção contra sobretensões. ....	57
Figura 43 – Esquema unifilar de uma outra possibilidade de proteção diferencial no esquema TT. ...	57
Figura 44 - Exemplo da configuração de uma fonte de alimentação 24V. ....	58
Figura 45 - Da esquerda para a direita: Disjuntor Diferencial possível de uso como “-Q4” na Figura 42; Porta-fusíveis ou Borne Fusíveis, possível de se usar na Figura 44. ....	59
Figura 46 -Exemplo da alimentação de contatos de disjuntores de motores que liguem a uma carta. ....	60
Figura 47 - Configuração elétrica de um exemplo de relé de segurança [12]. ....	61
Figura 48 – Da esquerda para a direita: Circuito de retorno – Botão para meter máquina em serviço; Botoneira de paragem de emergência que faz parte do circuito de monitorização do relé. ....	62
Figura 49 – Porta do gradeamento de segurança em redor da célula flexível de produção. ....	63
Figura 50 – Relé de segurança para monitorizar fim de curso de acesso à célula, ....	64
Figura 51 -Fim de curso de acesso à célula flexível de produção. ....	64
Figura 52 – Da esquerda para a direita: Circuito de comando típico envolvendo o painel de comando 1. Circuito de comando de motor da Figura 40. ....	65
Figura 53 – Botoneiras do circuito de comando da Figura 52. ....	66
Figura 54 – Da esquerda para a direita: Exemplo de dispositivo de controlo a relé para o “MES”; exemplo de relé térmico para proteção de motores. ....	67

Figura 55 – Parte da rede ethernet impletementada: Autómato CX8090 uma consola HMI da beijer e um Switch da Beckhoff.....	68
Figura 56 – Parte da rede ethernet implementada. O switch já visto na Figura 55 mais as ligações das duas CNC´s e de um computador industrial SIEMENS.....	68
Figura 57 – Exemplo da disposição geral de um autómato com as cartas.....	69
Figura 58 - Desenho de uma carta de entradas.....	70
Na Figura 59, temos um exemplo de alimentações comuns que saem do quadro elétrico. Podemos ver a tensão de comando AAC a ir à régua de bornes X4, aos bornes 1,2,3 e 4 especificamente. E a partir daí seguir para ao painel de comando 1 e para a máquina.....	70
Figura 60 - Exemplo de alimentações a 24V que vão para o exterior do quadro elétrico.....	70
Figura 61 – Exemplo de diagrama de bornes da régua X2.....	71
Figura 62 – Exemplo de desenho do interior de um quadro elétrico.....	72
Figura 63 - Exemplo de desenho do exterior de um quadro elétrico.....	72
Figura 64 - Cotas do painel de comando 1 da obra.....	72
Figura 65 - Organograma duma possível hierarquia geral de ecrãs.....	75
Figura 66 - Organograma duma possível hierarquia de ecrãs Modo Automático.....	75
Figura 67 – Organograma duma possível hierarquia de ecrãs Modo Automático.....	76
Figura 68 – Painel de comando da obra elaborada.....	78
Figura 69 – Exemplo de ecrã de ausência de modo.....	79
Figura 70 – Exemplo de ecrã avançado de ausência de modo.....	79
Figura 71 – Demonstração do Log in na aplicação.....	80
Figura 72 – Acesso aos vários elementos em modo automático da obra.....	81
Figura 73 – Modo automático do Robô – visualização.....	81
Figura 74 - Demonstração de um ecrã pop-up que avisa sobre a necessidade de validar condições iniciais do ciclo automático.....	82
Figura 75 – Condições de início de ciclo automático para a CNC 1.....	82
Figura 76 - Ecrã para controlo manual da zona da CNC.....	83
Figura 77 – Ecrã de acesso a dados da produção.....	84
Figura 78 – Ecrã de Alarmes.....	85
Figura 79 - Histórico de Alarmes.....	85
Figura 80 - Entradas Digitais do PLC.....	86
Figura 81 – Organograma duma possível hierarquia de ecrãs para a parte de configurações da consola.....	86
Figura 82 - Menu para configurações gerais da consola.....	87
Figura 83 – Lista de ações realizadas por “Administrador” bem como a data e a hora em que ocorreram.....	87
Figura 84 – Declaração SIRMAF (Frente).....	93

---

Figura 85 – Declaração SIRMAF (Verso). .....	94
Figura 86 – Condições para colocar a máquina em serviço. ....	95
Figura 87 – Se a máquina estiver de facto OK o contato BFA é ativado.....	95
Figura 88 – Lógica de contatos para o funcionamento do motor do transportador. ....	96
Figura 89 – Lógica para a verificar e validar a pressão hidráulica.....	96
Figura 90 – Condições para chamar o master job do robô motoman.....	96
Figura 91 – Parte do código para ajustar o menu conforme a página, nos ecrãs do modo manual como o da Figura 75 . ....	97
Figura 92 – Parte do código para ajustar o menu do ecrã da Figura 69. ....	97
Figura 93 – Circuito de alimentação 400V. ....	99
Figura 94 - Circuito de alimentação 24V.....	99
Figura 95 – Circuito de segurança porta de acesso. ....	100
Figura 96 – Circuito de segurança. ....	100
Figura 97 – Circuito de comando. ....	101
Figura 98 – Configuração do autómato e das cartas de entrada e saída.....	101
Figura 99 - Rede Industrial Ethernet. ....	102
Figura 100 – Primeira Carta de Entradas. ....	102
Figura 101 – Segunda carta de entradas.....	103
Figura 102 – Primeira carta de saídas. ....	103
Figura 103 – Ligações do painel de comando. ....	104
Figura 104 – Código ladder completo – parte 1.....	105
Figura 105 – Código ladder completo – parte 2.....	105
Figura 106 –Código ladder completo – parte 3.....	105

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Exemplos de alguns equipamentos possíveis, que poderiam integrar o quadro da Figura 7. .....	10
Tabela 2 – Tipos de jantes usadas na célula.....	19
Tabela 3 – símbolos literais segundo a norma NBR 5280.....	50



## Simbologia e abreviaturas

CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
CNC	Comando Numérico Computarizado
CFP	Células Flexíveis de Produção
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
SFP	Sistemas Flexíveis de Produção
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>

## Terminologia Específica da área automação

1. *Setup*  
(Configuração) Sequência de operações necessárias para alterar a configuração de um recurso ou células, de modo a produzir um novo tipo de produto. Na indústria o tempo de *setup* é considerado tempo “morto” e irreversível.
2. *Routing*  
(Encaminhamento) Sequência de operações para cada produto em particular
3. Punção Um punção é um bastão de metal com uma ponta moldada, geralmente cônica numa das suas extremidades, e uma superfície plana, na outra. Punções são usados para perfurar ou fazer uma impressão com um ponto numa peça que se pretende perfurar ou demarcar para poder dar continuidade ao trabalho.
4. Carterização É uma extensão da palavra cárter. Caixa ou invólucro que resguarda certos órgãos de um automóvel ou de uma máquina e permite a sua lubrificação por aspersão.
5. *Shop-floor*  
(chão de fábrica) Área numa fábrica, onde as pessoas trabalham nas máquinas. O termo *shop-floor* contrasta com o termo *office* (escritório) que é um espaço que proporciona acomodação para trabalhar em gestão de negócios.
6. jig Gabarito; suporte; bloco.
7. Abocardamento Tornar a boca de um tubo ou um furo mais ampla.  
(palavra espanhola)

# 1. Introdução ao tema

## 1.1 Enquadramento

Face à realidade da situação económica global, de integração e parceria com as economias mais desenvolvidas. O mercado é cada vez mais concorrencial e globalizado; com produtos cada vez mais diversificados e tecnicamente evoluídos, definidos em grande parte pelo cliente, e com tempos de vida curtos que requerem uma contínua evolução; mantendo a exigência de maior qualidade ao mais baixo preço. Assim, e uma vez que a riqueza produzida (manufaturada) é cada vez mais a que contribui para o PIB nos países modernos e ocidentais como Portugal, é imposta à indústria nacional um esforço de organização, modernização técnica e otimização dos processos de fabrico para que esta se adeque às exigências do mercado atual já mencionadas. Modernização essa que passa pela automatização da produção e a evolução dos sistemas industriais modernos [1][7].

Com a crescente e necessária, evolução da indústria em Portugal pelo menos através das grandes marcas como a Renault, a Bosch ou a PSA, e no mundo, surge inerentemente a necessidade de máquinas denominadas “especiais” para criar, realizar ou complementar novos ou modernizados processos industriais. A SIRMAF colmata esta necessidade através do seu serviço mais requisitado: a construção de máquinas especiais. Para isso, integra as mais recentes tecnologias ao longo das várias fases de desenvolvimento do equipamento: projeto, fabrico, montagem, ensaios e instalação na fábrica do cliente, formação e apoio ao arranque em produção; oferece uma solução de comprovada qualidade aos seus clientes.

Entre a grande variedade de tipos de máquinas produzidos pela SIRMAF salientam-se as seguintes: Máquinas de Maquinação, Máquinas de Ensaio e Controlo, Máquinas de Montagem, Máquinas de Conformação, Células Robô, Linhas de Produção ou Dispositivos de Aperto de Peça.

Hoje em dia com o progresso dos circuitos elétricos e com o uso do PLC, o desenvolvimento dos tipos de equipamentos mencionados passa pela integração do PLC em sistemas de controlo eletromecânicos, em redes de comunicação que permitam combinar as suas capacidades com sistemas de controlo numérico, ou com robôs e sistemas CAD/CAM. Assim e face à necessidade de recursos humanos qualificados com conhecimentos de mecânica, mas também com conhecimentos avançados de eletrotécnica em áreas como: Automação Industrial e Robótica, Redes Locais e Industriais, Visão, Eletrónica, Instrumentação, Instalações Elétricas e Máquinas Elétricas, surge a oportunidade para o aluno enquanto estudante do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica relatar o presente estágio [1][6].

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo do estágio compreende a realização de um conjunto de tarefas relacionadas com o principal serviço da empresa SIRMAF atualmente, a conceção e desenvolvimento de máquinas especiais. Mas também a reconstrução e conversão de máquinas. Assim sendo, genericamente, o objetivo proposto foi apoiar na realização do projeto elétrico relacionado às diversas máquinas requisitadas pelos clientes, mas também dar outro tipo de apoio se necessário.

Nas ações de apoio solicitadas inclui-se o acompanhamento dos eletricistas na montagem e instalação dos quadros elétricos; o acompanhamento de obras em clientes, quer em funções de apoio em áreas da mecânica, quer elétrica; o apoio na área de projeto e orçamentação; a programação de um autómato para uma máquina específica; e o acompanhamento, como observador/aprendiz, de várias tarefas do dia-a-dia

## 1.3 Empresa de acolhimento

### Caracterização

O relatório apresentado relata diversas tarefas realizadas na empresa SIRMAF, relacionadas com os produtos e serviços por ela desenvolvidos e comercializados.

A SIRMAF é uma empresa da área de automação industrial, fundada em 1989, sediada no Parque industrial de Taveiro, em Coimbra. Desenvolve a sua atividade na construção de máquinas especiais, reconstrução e venda de peças e componentes.

Com mais de 25 anos de experiência a SIRMAF é um fornecedor de confiança construindo equipamentos e prestando serviços para os mais diversos sectores da atividade industrial, destacando-se as indústrias automóveis, eletrónica, alimentar, farmacêutica, entre outras.

Assim, em reunião com o Doutor Inácio Fonseca, orientador do aluno, considerou-se a empresa SIRMAF como uma empresa com excelentes condições para realizar o estágio curricular do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica na especialização em Automação e Comunicação em Sistemas Industriais.

### Localização do Estágio

O presente estágio foi realizado nas instalações da SIRMAF as quais se encontram sediadas no parque industrial de Taveiro, em Coimbra, sendo a sua localização representada na Figura 1 e na Figura 2.

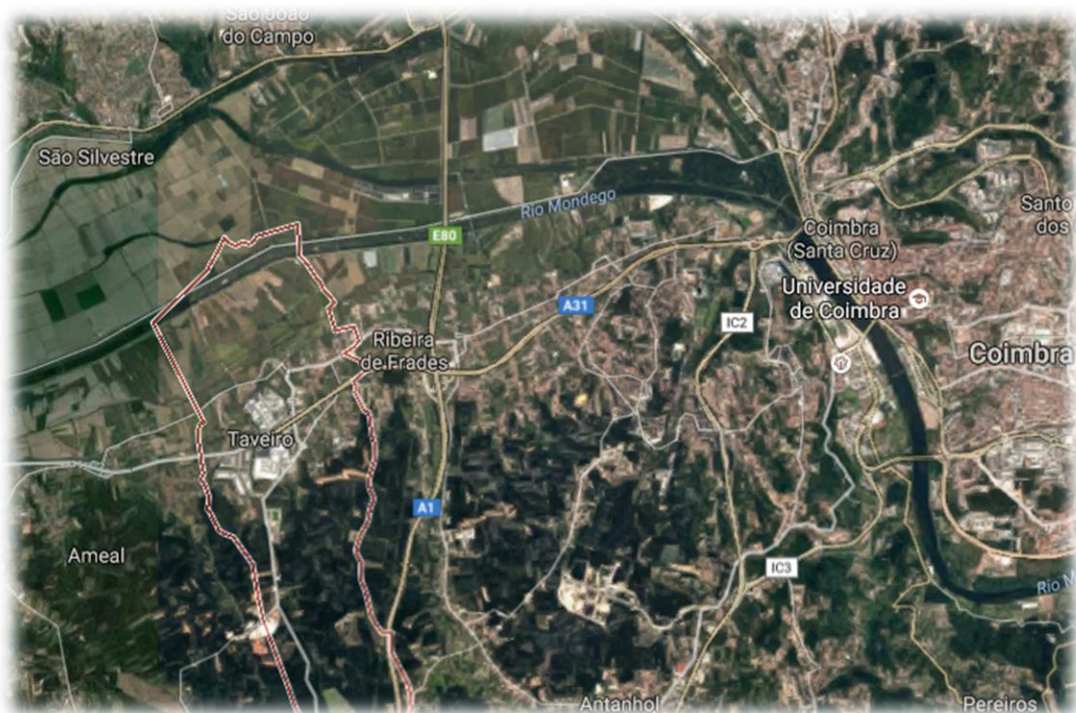


Figura 1 – Vista área da freguesia de Taveiro pertencente ao Concelho de Coimbra.



Figura 2 – Vista aérea do Parque Industrial de Taveiro, e da empresa SIRMAF.

## 1.4 Estrutura do Relatório de Estágio

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos que descrevem as principais obras onde o aluno teve maior participação e envolvimento, bem como uma intervenção que realizou numa fábrica de automóveis na função de mecânico. Foram ainda descritos seis capítulos didáticos referentes a boas práticas com o software EPLAN, LabView e Ix Developer, onde se referem algumas diretrizes para a conceção de instalações elétricas das máquinas industriais com o EPLAN, e para a conceção de programas para consolas industriais beijer com o iX Developer.

No primeiro capítulo são descritos todos os pontos relevantes da variedade de atividade laborais realizadas, designadamente o enquadramento dessas mesmas atividades, assim como a caracterização da instituição de acolhimento e as regras e procedimentos adotados por esta.

No segundo capítulo é apresentado o estado de arte, o cronograma e as ações realizadas durante o estágio.

No terceiro capítulo são introduzidas todas as obras em que o aluno participou e que merecem destaque, descrevendo-se por cada subcapítulo uma obra. Em cada obra, relata-se o projeto, quais as suas funcionalidades e a participação do aluno nessa mesma obra. Os números da obra são sempre designações atribuídas pelo aluno e não pela empresa SIRMAF. No primeiro subcapítulo é apresentada a obra 01, a máquina de aborcadamento / deformação. No segundo subcapítulo descreve-se a obra 02, a máquina de corte e posicionamento de lamelas; uma peça de cobre usada para fazer câmaras de combustão que integram esquentadores de várias marcas. No terceiro subcapítulo a obra 03, que designa uma máquina de montagem automática de rodas em automóveis específicos duma marca de automóveis. No quarto subcapítulo introduz-se a obra 04, que corresponde a duas máquinas de

expansão e calibração de câmaras de combustão, com dois postos de trabalho cada uma, para esquentadores. No quinto subcapítulo é a obra 05, que é bastante similar à obra 04, exceto que nesta é apenas uma máquina com um único posto, que abrange diferentes tipos de câmaras de combustão em relação à obra anterior. No sexto subcapítulo é a obra 06, que define uma máquina para testar a resistência da transmissão de uma marca de bicicletas. No sétimo subcapítulo é a obra 07, que designa uma máquina para testar travões de uma marca de bicicletas. No oitavo subcapítulo, finalmente, é a obra 08 que designa a customização de uma máquina CNC introduzida numa célula de fabrico concebida pela SIRMAF a partir de uma obra antiga. Uma vez que não é possível entender a obra 08 sem perceber a precedente, é descrita a obra antiga com as alterações que foram implementadas na nova obra. No nono subcapítulo é abordado o apoio do aluno numa intervenção que foi realizada numa fábrica de automóveis.

No quarto capítulo faz-se um resumo das boas práticas apreendidas pelo aluno durante o seu estágio, quer no apoio, na projeção de máquinas elétricas, quer na programação, quer na conceção, montagem, e testes das máquinas.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões.

## 2. Estado da Arte, resumo do trabalho e Cronograma

### 2.1 Áreas de atividade durante o estágio

Um estágio é sempre uma mais-valia para o aluno e ao ser acolhido numa empresa há a necessidade de se integrar de forma efetiva nos horários e tarefas realizadas pela mesma. Nesse âmbito como estagiário há sempre a necessidade de um processo de aprendizagem através da observação das tarefas quando são realizadas por profissionais, e de seguida a introdução gradual nessas mesmas tarefas. Obviamente esta sequência está condicionada ao grau de exigência da tarefa e poderá ser diferente em função dessa mesma exigência.

Assim, durante o presente estágio as áreas de atividade onde se exerceram tarefas foram: projeto de instalações elétricas; projeto de circuitos pneumáticos e hidráulicos, automação industrial, eletrónica industrial e controlo industrial.

### 2.2 Estado de Arte

Hoje em dia, e face às características do mercado já mencionadas são exigidos sistemas produtivos cada vez mais flexíveis e ágeis capazes de responder rapidamente a alterações do produto ou à introdução de um novo produto, que produzam com elevada e constante qualidade, em pequena/média escala e que permitam a personalização do produto por parte do cliente (*job shop manufacturing*). A solução passa por automatizar os processos individuais constituindo células de produção que possam ser reconfiguradas com facilidade, de forma a ser possível alterar parâmetros de fabrico: ao nível do produto, ao nível de sequência de operações, ou ao nível da taxa de produção; com baixos tempos de *setup* [1] e *routing* [2]. Mas também por sistemas produtivos onde todos os setores funcionais da empresa estão interligados e pessoas, equipamentos, processos e produtos se encontram integrados. Começa a emergir uma fusão entre os processos de automação industrial e da computação industrial onde a parte da automação fica totalmente dependente das capacidades dos computadores e do software para automatizar. As empresas integrarão assim todo o processo produtivo e ficarão dotadas de maior capacidade e dinâmica para competir no mercado global [1].

É então seguro afirmar que a nível de diversidade de oferta, produtividade e tempo de resposta o futuro passa por Sistemas Flexíveis de Produção (SFP). Sistemas computadorizados organizados em Células Flexíveis de Produção (CFP), onde se podem encontrar robôs manipuladores, robôs móveis, transportadores, sistemas de visão, autómatos programáveis, muita eletrónica e muito software. O facto de serem sistemas programáveis permite o fator flexibilidade uma vez que grande parte da sua funcionalidade é baseada em software. Em particular, os robôs manipuladores desempenham um papel fundamental neste tipo de sistemas de produção dada a sua enorme flexibilidade de utilização. Quando integrados numa CFP os robôs manipuladores são poderosos auxiliares de virtualmente qualquer processo produtivo uma vez que podem realizar tarefas humanas. É uma questão de ter os sistemas de apoio necessários, a(s) ferramenta(s) certa(s) e a programação adequada [1].

A nível de integração, e em contrapartida a todas as suas vantagens, é grande a exigência a nível da instalação produtiva e da respetiva organização. Na conjectura dos processos de controlo, automatização e robótica, a necessidade de flexibilidade nos sistemas automáticos de produção pressupõe software de programação normalizado e independente do suporte de *hardware* em uso. Para a comunicação entre a hierarquia do sistema produtivo terão que existir redes de dados que permitam o fluxo de informação e o uso crucial das tecnologias de informação, para integrar o sistema da plataforma produtiva com os outros sistemas da empresa. A nível de processos de investigação operacional e logística deverão existir processos de fabrico evidentemente identificados, de forma a permitirem a sequenciação e a equilibragem eficiente do *setup* produtivo. Procedimentos que permitam

projetar novos produtos, tendo em conta a forma como serão produzidos, sequenciando e escalonando tarefas. Existirá a necessidade de utilizar aplicações informáticas de ERP (*Enterprise Resource Planning*), CAD/CAM, base de dados, etc., incluindo aplicações recentes de SCM (*Supply-Chain Management*) de planeamento avançado e escalonamento. Um mecanismo de SCM poderá determinar quando aceitar uma encomenda e calcular quando ela será entregue, implicando acesso on-line, talvez em tempo real, da capacidade disponível do sistema produtivo. Tal informação será obtida do sistema produtivo instalado no *shop-floor* (*logs* de produção, ocupação de células de produção, tempos de ciclo, etc.) através do sistema de controlo de todo o *shop-floor*, bem como do sistema de ERP instalado, nomeadamente através da função de gestão de provisões (MRP). Isto significa a adoção de um sistema de controlo de todo o sistema produtivo do tipo hierárquico, por níveis, ao estilo CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Ou seja, um sistema de sistemas [1].

## 2.3 Regras Técnicas [3]:

### Montagem e Cablagem de Autómatos:

#### 2.3.1.1 Montagem

Apesar de os autómatos estarem preparados para trabalhar em ambientes severos é necessária uma correta montagem e instalação em locais favoráveis, de forma a promover a sua fiabilidade e vida útil.

A montagem de autómato é na vertical, Figura 3. Apesar de serem possíveis outras posições de montagem para determinadas marcas/modelos.

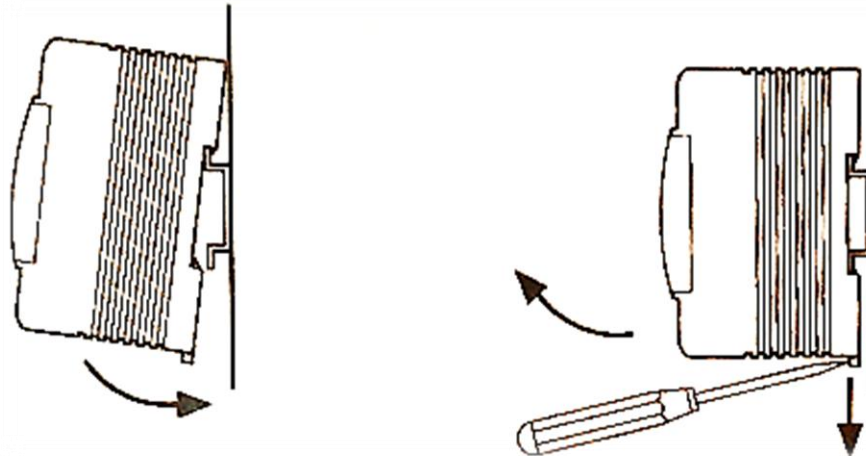


Figura 3 – Montagem e desmontagem do autómato em calha.

A fixação do autómato pode ser efetuada através de:

- Platina ou painel com fixação por parafusos;
- Calha DIN com perfil simétrico – Figura 3 – sendo neste caso, necessário dois batentes de bloqueio (1) nas faces laterais do autómato, Figura 4.

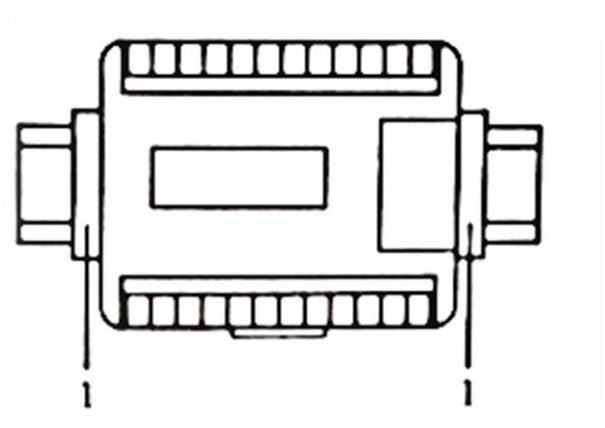


Figura 4 – Batentes de Bloqueio.

## Cablagem:

### 2.3.1.2 Auxiliares de Cablagem

#### Terminais

É recorrente nos condutores flexíveis, constituídos por pequenos fios, o uso de terminais. Na escolha dos terminais deve-se ter em conta o tipo de condutor e a forma de fixação do mesmo.

Na Figura 5 podem-se ver terminais de uso corrente: ponteiras, forquilhas e olhais.

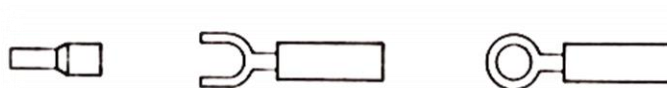


Figura 5 – Terminais correntes.

O uso de terminais nos condutores destina-se a:

- Reforçar os condutores para melhor contacto;
- Evitar o corte dos pequenos fios, em condutores flexíveis, durante o aperto, com a conseqüente perda de seção e possíveis curto-circuitos entre fios soltos de condutores diferentes;
- Facilitar a ligação aos bornes dos equipamentos ou do circuito de comando;
- Melhorar o comportamento em relação às vibrações;
- Ganhar tempo na execução das ligações.

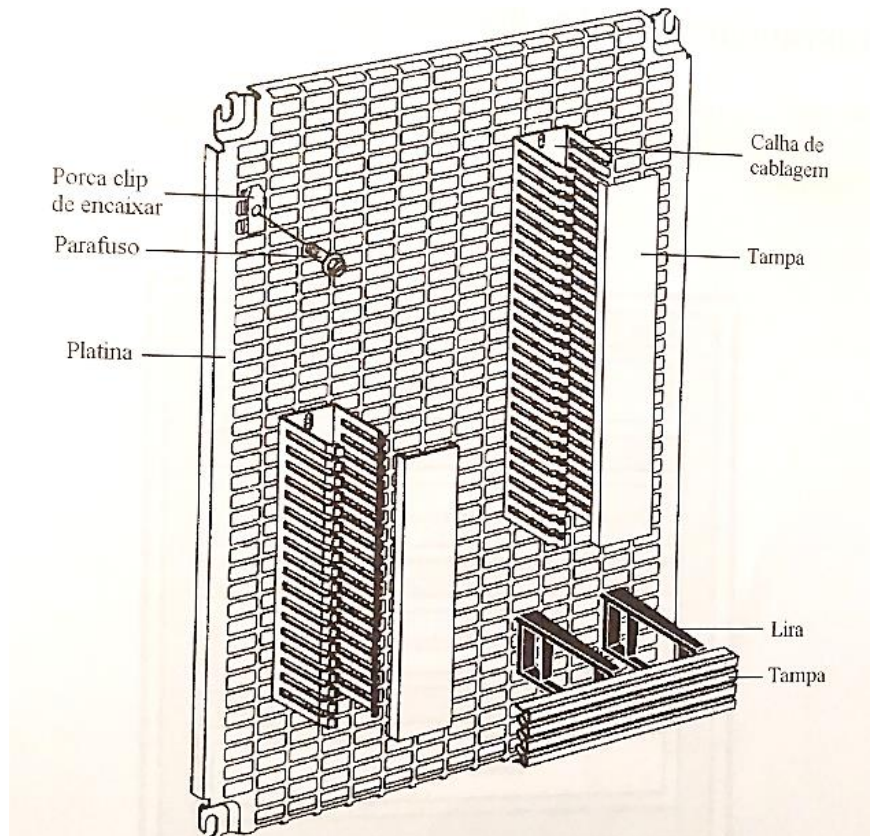


Figura 6 - Liras e calhas de cablagem instaladas em platina.

### Liras e calhas de cablagem

Liras e calhas são fabricadas em PVC e têm por finalidade agrupar os condutores de modo a formar conjuntos horizontais ou verticais, situados no mesmo plano dos aparelhos.

Esta operação designada por cablagem é normalmente executada sobre a platina, como se pode ver na Figura 6.

#### Liras

São encaixáveis em platinas perfuradas. Possuem tampas, que encaixam por cima, para tapar os condutores.

#### Calhas de cablagem

São fixadas através de parafusos ou de bases de fixação. Os condutores, para ligação aos aparelhos, atravessam-nas através das fendas laterais. Possuem tampas e, tal como as liras, fixam-se na vertical ou na horizontal.

#### 2.3.1.3 Distribuição da aparelhagem

Quer em automatismos de grande ou baixa complexidade a distribuição da aparelhagem, na base de fixação (platina) deve seguir uma determinada ordem. Uma ordem possível encontra-se representada na Figura 7, com um quadro realizado com o software EPLAN P8.

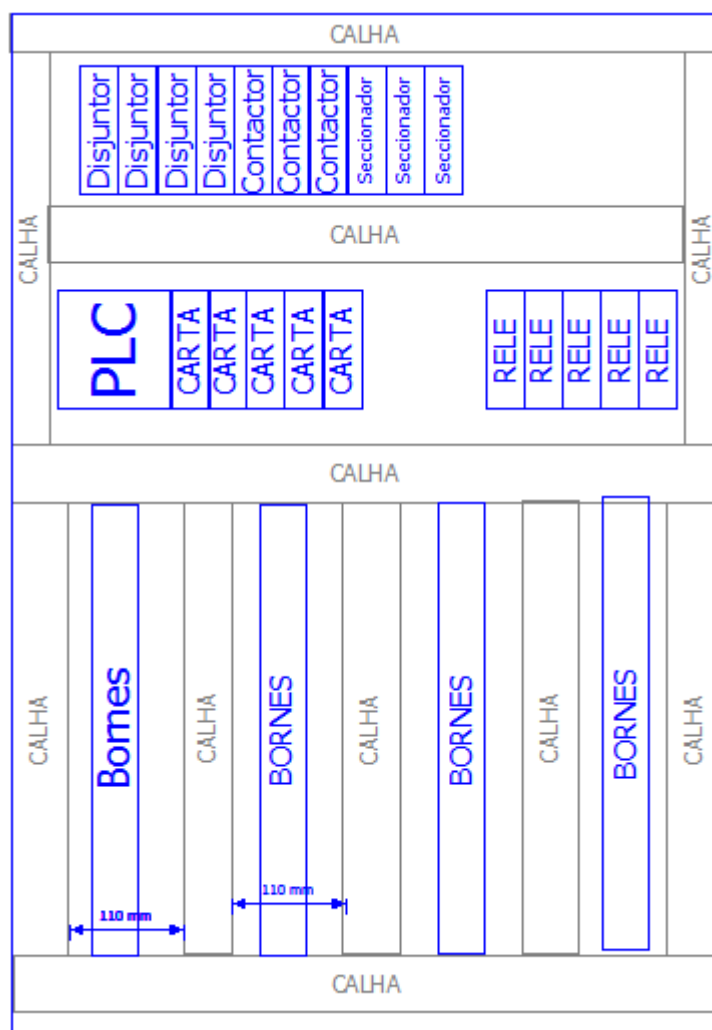


Figura 7 - Exemplo de quadro elétrico retirado do software EPLAN.

Os autômatos ou módulos de expansão não devem ser instalados sobre aparelhos geradores de calor (transformadores, fontes de alimentação, etc.) ou de interferências eletromagnéticas e devem estar agrupados numa zona separada dos outros aparelhos, como se pode ver na Figura 7.

Para demonstrar o tipo de equipamentos usados vulgarmente neste tipo de quadros, é apresentada a Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de alguns equipamentos possíveis, que poderiam integrar o quadro da Figura 7.

Dispositivo	Caraterísticas Técnicas
	<p>Disjuntor termomagnético tripolar.</p> <p>Função: Proteção da alimentação de quadro elétricos de robô.</p> <p>Caraterísticas técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disjuntor Termomagnético 3P</li> <li>• 6A-CURVA C</li> </ul> <p>Marca: Schneider</p>
	<p>Fonte de alimentação trifásica.</p> <p>Função: Fornecer energia</p> <p>Caraterísticas técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonte de alimentação Trifásica 24 V DC 20 A 240 W</li> <li>• Tensão Entrada AC Min: 380 VAC</li> <li>• Corrente Máx. saída: 20<sup>a</sup></li> </ul> <p>Marca: SCHNEIDER ELECTRIC</p>
	<p>Autômato</p> <p>Função: Controlar todo o processo relativo à máquina em questão.</p> <p>Caraterísticas técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlador Logix5561</li> <li>• 2Mbyte Memory/Firmware</li> <li>• Entrada: 24V DC, 95 W</li> <li>• Saída: 2.8 A</li> </ul> <p>Marca: Allen Bradley</p>



Relé de segurança com 7 canais.

Função: Relé de segurança para fazer a monitorização de botões de pressão E-STOP típicos dos painéis de comando, bem como de barreiras luminosas.

Marca: Pilz

#### 2.3.1.4 Distâncias mínimas

O funcionamento a uma temperatura ambiente máxima e numa carga muito elevada reduz a vida útil de qualquer dispositivo elétrico/eletrónico.

Por isso, para possibilitar o arrefecimento natural dos circuitos do autómato/módulos de E/S, deve-se posicionar o equipamento de modo a que seja possível a circulação natural do ar em seu redor. Dependendo da marca/modelo de autómato, esta distância (a) representada na Figura 8 pode variar significativamente.

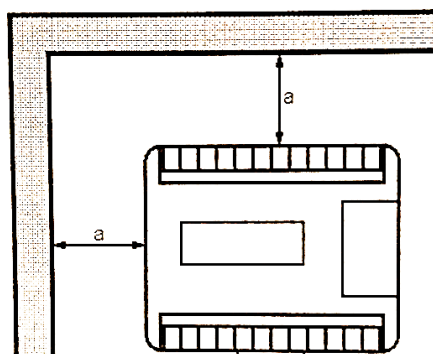


Figura 8 – Distâncias ao autómato.

A fim de permitir uma fácil montagem e desmontagem do autómato e a possível ligação de módulos, é necessário que se deixe algum espaço à frente e nas laterais do PLC.

#### 2.3.1.5 Regras de Cablagem

Ao executar-se a cablagem, no percurso dos condutores, devem-se respeitar as seguintes regras:

- **Exterior do equipamento**

Os condutores que ligam às entradas do autómato devem ser colocados em percursos diferentes dos condutores que transportam energias elevadas ou que estejam sujeitos a comutações rápidas e, destes separados, em percursos paralelos;

- **Interior do equipamento**

Os condutores do circuito de potência devem estar separados dos condutores dos circuitos das entradas (ligação dos sensores) e das saídas (ligação dos pré-atuadores).

### 2.3.1.6 Cores/Seções dos Condutores

As cores de identificação do isolamento dos condutores têm o objetivo de facilitar a montagem, distinguir circuitos (como por exemplo circuito de comando e circuito de alimentação de entradas) e diferenciar condutores com polaridades distintas.

## 2.4 Participação em Obras

O estagiário participou em diversas obras onde se foram abordando os temas das várias disciplinas que interagem com a área de automação como a Eletrônica Industrial, a Robótica, a Neutrônica, a Informática Industrial, o Controlo Industrial entre outras. Esta seção documenta as obras em que participou.

### Obra 01 – Máquina de abocardamento / deformação de tubos de escape

É uma máquina produzida em construção soldada que realiza o abocardamento [7] / deformação das extremidades de tubos de escape, consoante determinadas matrizes e punções, que incorporam o sistema de escape de automóveis.

Durante o estágio o aluno participou principalmente nos ensaios da máquina apoiando e colaborando com o programador responsável da máquina em questão, de uma empresa externa, que havia sido subcontratado para o feito. Também participou na montagem, ainda que só para ligar elementos pertencentes ao grupo hidráulico, ao autómato, a fim de ter um controlo mais apurado sobre os mesmos.

### Obra 02 – Máquina de corte e posicionamento de lamelas

A obra consiste em duas máquinas de corte e posicionamento de lamelas que tem como função cortar peças de cobre com características específicas, denominados lamelas, para produzir câmaras de combustão usadas em esquentadores de um fabricante. As lamelas vêm numa banda de cobre, de espessura entre 0.2 mm a 0.4 mm, e chegam à máquina unidas em 4 pontos. A máquina também tem como função posicioná-las sobre uma mesa com dentes feitos de modo a abarcar essas lamelas, e as transportar para postos seguintes.

A máquina foi fabricada, em dois postos separados, em construção soldada de aço com a zona funcional protegida por caracterização, elevatória, em perfil de alumínio.

O aluno teve as seguintes funções: dimensionamento, atualização e correção de esquemas elétricos, atualização e correção de esquemas pneumáticos; programação de consolas bejier na linguagem de programação C#.

### Obra 03 - Montagem de rodas automática

A obra consiste num posto robotizado com o objetivo de colocar automaticamente as rodas em veículos duma marca de automóveis. A célula possui um robô de cada lado para a colocação das rodas. Um dos robôs coloca também a roda de socorro num dispositivo que por sua vez irá colocar esta roda por baixo do carro.

O aluno acompanhou de perto o chefe dos eletricitas, recebendo formação no domínio prático da instalação de quadros elétricos e eletrificação da obra. Numa segunda fase, atualizou e corrigiu os desenhos elétricos, no software CAD EPLAN P8 2.5.

### **Obra 04 – Máquina de Expansão e Calibração de Câmaras de Combustão 5/7L e 10/13L**

A obra consiste em duas máquinas com a função de modificar, através de deformação plástica, câmaras de combustão com geometrias padrão utilizadas no fabrico de esquentadores, para litragens estabelecidas (5L ou 13L, por exemplo).

Esta obra consiste em duas máquinas praticamente similares com dois postos de trabalho cada uma. Uma das máquinas faz a calibração outra faz a expansão de câmaras de combustão com diferentes litragens.

O aluno apoiou o eletricista responsável pela obra na instalação da cablagem na máquina e no quadro, e colocou os vários sensores necessários para detetar os movimentos da máquina.

A nível de projeto de circuitos elétricos, atualizou os esquemas de acordo com as alterações realizadas durante a concretização prática da obra, da qual o aluno fez parte.

### **Obra 05 – Máquina de Expansão e Calibração**

Esta máquina é conceptualmente similar à descrita anteriormente (a obra 04) apesar de ser projetada apenas para um posto de trabalho em pé. A sua função é também a expansão e calibração no interior e exterior de câmaras de combustão com características geométricas padrão, mediante a substituição das ferramentas de expansão / calibração conforme o modelo a fabricar. Estes modelos definem diferentes litragens (5 ou 13 litros, por exemplo) e servem para a construção dos esquentadores respetivos.

Para esta obra, o aluno trabalhou a nível de projeto de circuitos elétricos, atualizando os esquemas da obra, após montagem da mesma.

### **Obra 06 – Máquina de testes de transmissão de bicicleta**

Esta máquina foi concebida com o objetivo de simular e testar em laboratório as condições reais de funcionamento de uma transmissão de bicicleta, alocando e acionando todos os elementos de um sistema de transmissão: a cassete, um conjunto de chainrings, o desviador traseiro, o desviador frontal e os *Shifters* esquerdo e direito. Os elementos são acionados repetidamente, simulando a utilização normal de uma bicicleta, até um dos dispositivos falhar. Este equipamento define um posto de trabalho em pé.

Tendo esta obra sido realizada já em 2014 foi requisitada uma intervenção à SIRMAF por parte do cliente, da qual o aluno fez parte, tendo-lhe sido atribuída a tarefa de atualizar e modificar, conforme pedido do cliente, a aplicação em LabView da obra em questão. Esta aplicação faz a aquisição, processamento e controlo da máquina.

### **Obra 07 - Máquina de testes de travões de bicicleta**

Esta máquina foi projetada para simular e testar em laboratório as reais condições de trabalho de um disco de travagem de bicicleta - um disco mais uma pinça mais uma alavanca.

A máquina foi desenvolvida para distribuir e ativar todos os elementos de um sistema de travagem a disco: um rotor, uma pinça e uma alavanca. Os elementos são ativados repetidamente, simulando o uso regular de uma bicicleta até ao colapso de um componente: o rotor.

O aluno teve como função a atualização e o *debug* da aplicação em LabView responsável pela aquisição, processamento e controlo da máquina.

## **Obra 08 – Customizar a nova máquina na Célula Robô**

Esta obra consistiu na integração e customização de uma máquina de controlo numérico numa célula robô criada pela SIRMAF em 2012. A obra precedente consistia num processo automático de fresagem com um sistema de corte com alimentação automática de barras de aço seguido de um sistema de carga, descarga e manipulação de peças numa máquina de controlo numérico onde é feita a fresagem. Para além disso existe ainda um sistema de aperto de peça dentro da máquina CNC para o processo de maquinação.

O aluno realizou um extenso e detalhado fluxograma descrevendo todo o processo da obra antiga, referenciando depois as modificações necessárias para a obra 08. O objetivo era, face à necessidade de entender a obra anterior em toda a sua complexidade, elucidar ao máximo os programadores atribuídos à nova obra que não tivessem tido contato algum com a obra precedente.

### **2.5 Cronograma**

Durante o período de estágio o aluno executou diariamente as tarefas presentes no plano de estágio num horário de trabalho durante os dias da semana, participando em várias obras que ocuparam diferentes horas de trabalho, descrito na seguinte sequência temporal:

A obra 06 foi a primeira onde o aluno participou, ocupando-lhe duas semanas de estágio. A segunda obra foi a 05, o projeto elétrico da máquina em questão levou três semanas ao aluno. Seguiu-se um período de trabalho de três semanas sobre a projeção da obra 08, que envolvia muito trabalho e não ficou terminada neste intervalo de tempo. Por esta altura, o aluno foi tirar formação como eletricitista na oficina, orientado pelo chefe dos eletricitistas e ajudou na montagem da obra 03, consumindo-lhe três semanas. Ainda como eletricitista na oficina, o aluno participou na montagem da obra 04 durante mais duas semanas até ao final de junho. Nas duas semanas seguintes, o aluno regressou ao departamento de projeto, e trabalhou alternadamente em atualizações dos esquemas elétricos de obras como a 03, 04 e outras não mencionadas neste relatório. Seguiu-se um período de trabalho sobre a obra 08 até ao final de julho. Durante uma semana foi trabalhar para fora, concretamente em Aveiro, recebendo formação como mecânico à medida que participava numa intervenção realizada numa fábrica de automóveis. Até o final de agosto efetuou a finalização da obra 08. Em setembro voltou a trabalhar na obra 04 durante uma semana. Depois foi o auxílio nos testes da obra 01 durante duas semanas. E na última semana o aluno trabalhou na obra 07.

### 3. Ações realizadas em Obras da SIRMAF no âmbito do estágio

Este capítulo tem como objetivo descrever as ações realizadas pelo autor durante o período de estágio. Por motivo de confidencialidade (Ver Anexo I, pág. 89) só são apresentados os detalhes permitidos em cada uma das obras em que foram realizados trabalhos quer de âmbito elétrico, mecânico, ou de programação. A organização do capítulo, sempre que possível em cada uma das subseções tem a seguinte estrutura:

- Descrição e objeto da obra;
- Características do equipamento;
- Descrição do processo;
- Funções realizadas como estagiário.

#### 3.1 Obra 01 – Máquina de abocardamento/deformação de tubos de escape

##### 3.1.1 Descrição e indicações do equipamento

###### Descrição e objetivo do posto

A obra consiste num posto com uma máquina produzida em construção soldada que realiza o aborcadamento/deformação das extremidades de tubos de escape, consoante matrizes e punções específicos para produzir determinados modelos. Estes tubos de escape incorporam o sistema de escape de uma variedade de automóveis de diferentes marcas.

###### Caraterísticas gerais do equipamento

- Tempo de ciclo: (dependente do operador);
- Tempo de ciclo máquina: 30 seg;
- Pressão MÁX do grupo hidráulico:  $P = 140$  bar;
- Pressão nominal de trabalho:  $P=120$  bar;
- Potência total instalada: 11.3 kW;
- Intensidade nominal: 21.5 A;
- Tensão de alimentação: 400 VAC + N + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso da máquina: 3000 kgf;
- Dimensões da máquina:
  - Largura: 1155 mm;
  - Comprimento: 1600 mm;
  - Altura: 1560 mm.

## **Equipamentos da máquina**

A máquina é constituída pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura base construção soldada;
- Um armário elétrico;
- Uma caixa de comando;
- Bomba de lubrificação automática;
- Uma unidade hidráulica;
- Um cabeçote;
- Um sistema Mordança (porta matriz).

## **Descrição do processo**

O operador recolhe um conjunto de matrizes (superior e inferior) e posiciona na mordança, de seguida insere o punção adequado às matrizes que posicionou e ao modelo de tubo a produzir. O operador insere depois o tubo de escape até fazer batente no punção, após esta inserção o operador aciona o sistema da mordança através do pedal e posiciona corretamente o tubo nas matrizes.

Após o fecho das mordanças existe um cilindro de excentricidade que avança iniciando-se assim o ciclo de abocardamento das extremidades do tubo de escape.

### **3.1.2 Funções como Estagiário**

Durante o estágio o aluno participou principalmente nos ensaios da máquina apoiando e colaborando com o programador responsável da máquina em questão, da empresa externa, que havia sido subcontratado para o feito. Também participou na montagem, ainda que só para ligar elementos pertencentes ao grupo hidráulico, ao autómato, a fim de ter um controlo mais apurado sobre os mesmos.

## 3.2 Obra 02 – Máquina de corte e posicionamento de lamelas

### 3.2.1 Descrição e indicações do equipamento

#### Descrição

Esta máquina de corte e posicionamento de lamelas tem como função cortar peças de cobre com características específicas, denominados “lamelas”, para produzir câmaras de combustão usadas em esquentadores. As lamelas vêm numa banda de cobre, de espessura entre 0.2 mm a 0.4 mm, e chegam à máquina unidas em quatro pontos. A máquina também tem como função posicioná-las sobre uma mesa com dentes feitos para anexar essas lamelas. Essa mesa irá transportar as lamelas já cortadas para outros postos seguintes na linha de produção.

A máquina foi fabricada com dois postos separados, em construção soldada de aço com a zona funcional protegida por caracterização, elevatória, e em perfil de alumínio.

#### Objetivo do posto

A máquina tem como objetivo cortar lamelas de cobre, de espessura 0.3 mm a 0.4 mm, que chegam à máquina sobre a forma de banda unida, e posicioná-las sobre uma paleta com dentes que indexam as lamelas.

A banda, a processar, é proveniente de uma prensa de estampar sendo alimentada por um sistema de “unhas” e guiada por um sistema de rolos, até ao sistema de corte. As lamelas são cortadas, a passo constante, de acordo com uma determinada receita estabelecida, com o número de lamelas a posicionar por paleta a variar em função da receita selecionada.

Todas estas operações são realizadas de modo automático, com a substituição da banda a ser realizada pelo operador.

#### Características gerais do equipamento

- Tempo de ciclo: 150 peças /min;
- Tempo de ciclo máquina: 100 a 150 peças/minuto;
- Pressão pneumática de funcionamento:  $P = 5$  bar;
- Potência total instalada: 17 kW;
- Intensidade nominal: 30 A;
- Tensão de alimentação: 3x400 VAC + N + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso da máquina: 2650 kgf;
- Dimensões da máquina:
  - Largura: 1830 mm;
  - Comprimento: 1900 mm;
  - Altura: 3285 mm.

## **Equipamentos da máquina**

A máquina é constituída pelos seguintes elementos:

- Duas estruturas bases construção soldada;
- Duas estruturas para suporte dos sistemas;
- Duas caracterizações em perfil de Alumínio com placas de policarbonato;
- Dois sistemas de elevação das proteções superiores;
- Duas platines pneumáticas;
- Dois sistemas de corte;
- Dois sistemas desenroladores;
- Dois sistemas de guiamento de banda;
- Dois sistemas de posicionamento de lamelas;
- Dois sistemas de transmissão;
- Dois painéis de comando;
- Um armário elétrico.

## **Descrição do Processo**

A banda de cobre chega à máquina, desce guiada pelo desenrolador e é tencionada antes de entrar na calha de alimentação.

Na calha de alimentação um conjunto de “unhas” móveis são introduzidas nos orifícios das lamelas e, a passo constante, alimentam o sistema de corte. enquanto outro tipo de “unhas” fixas mantêm a banda a uma cota fixa do sistema de corte.

O sistema de corte, sincronizado mecanicamente com o sistema de alimentação da banda, corta a banda e esta, cai nos alojamentos existentes na paleta do sistema de posicionamento, sincronizado eletronicamente com o sistema de transmissão.

### **3.2.2 Funções como Estagiário**

O aluno foi solicitado a participar nas seguintes atividades: dimensionamento, atualização e correção de esquemas elétricos, atualização e correção de esquemas pneumáticos; programação de consolas beijer em iX Developer em linguagem de programação C#.

### 3.3 Obra 03 – Montagem de rodas automática

#### 3.3.1 Descrição e indicações do equipamento

##### Descrição

A obra consiste num posto robotizado com o objetivo de colocar automaticamente as rodas em veículos de um tipo específico duma marca de automóveis. O carro entra numa célula de fabrico, suportado por uma aranha. A célula possui um robô de cada lado para a colocação das rodas. O robô do lado esquerdo coloca também a roda de socorro num dispositivo que por sua vez irá colocar esta roda no carro.

##### Objetivos do posto

O objetivo do posto é a colocação em modo automático das quatro rodas e caso exista, a colocação adicional da roda de socorro.

##### 3.3.1.1 Componentes na linha que são processados

- Produto:
  - Veículos de determinada marca, com e sem roda de socorro;
- Componentes:
  - Rodas com jante de aço e de alumínio, de quatro furos, com dimensões indicadas na Tabela 2;
  - Parafuso de roda para jante de aço;
  - Parafuso de roda para jante de alumínio;
  - Parafuso de segurança.

Largura	Altura	Jante	Diâmetro Total
195	65	15	634.5
195	70	15	654
205	65	15	647.5
215	55	16	642.9

Tabela 2 – Tipos de jantes usadas na célula.

### **Características gerais do equipamento**

- Tempo de ciclo: 170s;
- Pressão pneumática de funcionamento:  $P = 6$  bar;
- Potência total instalada: 36 kW;
- Intensidade nominal: 53 A;
- Tensão de alimentação: 3x400 VAC + N + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso total aproximado: 36000 kgf;
  
- Dimensões da célula:
  - Largura: 9000 mm;
  - Comprimento: 11000 mm;
  - Altura: 4000 mm.

### **Equipamentos da máquina**

A instalação é constituída pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura em construção soldada para o assentamento da aranha;
- Duas bases em construção soldada para apoio dos robôs cada uma com uma base intermédia para a manipulação das rodas;
- Duas pinças para manipulação de rodas – instaladas em cada robô;
- Um sistema de colocação de roda de socorro;
- Um armário elétrico;
- Duas HMI;
- Duas “arcas” insonorizadas para alimentação de parafusos aos robôs – uma de cada lado. Cada arca possui 3 alimentadores, 1 para cada referência de parafuso;
- Um perímetro de segurança equipado com vedações de rede e barreiras fotoelétricas de segurança;
- Quatro balizas situadas no solo para indexação das bases rolantes no interior da instalação;
- Uma platine pneumática.

## Descrição do Processo

### 3.3.1.2 Colocação da roda de socorro

O carro ao descer vai indexar o sistema de colocação da roda de socorro, sem a validação desta operação o processo terá que ser abortado.

Aqui entenda-se indexagem como sendo a validação do posicionamento, de uma forma precisa e rigorosa, do sistema de colocação da roda de modo a que este possa exercer a sua função de forma correta.

A sequência da colocação da roda de socorro é a seguinte:

- O robô coloca a roda sobre uma plataforma existente no sistema de colocação da roda de socorro;
- O sistema de colocação da roda de socorro já indexado no eixo traseiro do carro desengata um gancho de arame, e ampara a sua queda até uma determinada posição;
- Um rolo empurrador empurra agora o pneu até à posição de carga. Nesta posição, o pneu estará todo dentro do arame;
- O apoio do arame eleva-se até à posição intermédia. Nesta posição, o pneu já não contacta com os rolos sendo o atrito entre a borracha/arame suficiente para que o pneu não volte para trás;
- O rolo empurrador recua;
- O apoio do arame eleva-se até à posição final (posição de fecho do gancho do carro);
- O gancho é novamente engatado;
- O sistema de engate de gancho “separa-se” do carro;
- O apoio do arame recua.

A roda suplente está assim colocada.

### 3.3.1.3 Colocação dos parafusos no jig

É necessário fornecer os parafusos à célula de fabrico, existindo três variedades. Cada arca possui três alimentadores distribuídos que serão alimentados de parafusos manualmente. Para este processo existem, junto à vedação, aberturas colocadas para que o operador possa proceder à alimentação de cada alimentador vibratório sem, contudo, entrar na célula de fabrico.

No final de cada alimentador vibratório está um sistema que isolará os parafusos. Assim sendo, após o isolamento do parafuso e a deteção do mesmo, existe um manipulador pneumático XYZ que efetua o *pick and place* entre essa zona e um suporte com orifícios que cinge os parafusos. Este suporte ou *jig* [6] possui uma deteção para cada um dos parafusos (um por *slot*), e um cilindro de aperto que vai auxiliar na preensão da parte da pinça existente no robô. Em certo momento, a gaveta abrirá tal que, a pinça do robô possa entrar na “arca”, e possa através dos bits magnéticos segurar os parafusos necessários para apertar as rodas.

#### **3.3.1.4 - Preparação das rodas antes da colocação no carro**

O ciclo de processamento desta tarefa é o seguinte:

- O robô posiciona-se sob uma das bases rolantes que albergam as rodas, com a pinça posicionada de tal modo que, a câmara fica apontada perpendicularmente à pilha de rodas que irá processar;
- A câmara tira uma fotografia das rodas. Essa informação servirá para o robô “localizar” a roda mais próxima de um modo mais preciso, uma vez que há bastante incerteza na pilha;
- Após o tempo de processamento, o robô roda a pinça 90º de modo a posicionar os dedos sobre a roda;
- A pinça fecha os dedos, o robô transporta a roda até à base intermédia;
- A roda é pousada na base intermédia;
- O robô desloca-se para a arca de modo a munir a pinça de quatro parafusos ver 3.3.1.3;
- Uma vez com quatro parafusos na pinça, o robô posiciona-se sobre a base rolante, onde anteriormente colocou a roda;
- A pinça é rodada de tal modo que a câmara fica apontada perpendicularmente à roda. É tirada uma fotografia. Os dados obtidos com esta “imagem” permitem a correta orientação entre a pinça com os parafusos e a roda com os furos para esses mesmos parafusos;
- Uma vez finalizado o alinhamento, a pinça efetua novamente a prensão da roda, mas neste caso esta já tem os parafusos nos furos da jante.

#### **3.3.1.5 - Colocação da roda no cubo do carro**

- O robô retira a roda da base intermédia (roda + parafusos) e aproxima-se do cubo respetivo;
- A pinça é rodada de tal modo que a câmara fica apontada perpendicularmente ao cubo. É efetuado um varrimento com a câmara. Os dados obtidos com este varrimento permitem a correta orientação entre a pinça com a roda mais parafusos, e o cubo;
- Uma vez processada esta informação via rede industrial, o robô inicia a trajetória de aproximação ao cubo, de modo a que haja uma união suave entre a roda e o cubo;
- Uma vez em posição, a parafusadora presente na pinça efetua o aperto dos quatro parafusos simultaneamente;
- A pinça abre os dedos e o robô afasta-se do cubo.

#### **3.3.1.6 - Funcionamento da pinça de prensão**

A pinça acoplada ao robô possui vários sistemas que permitem o correto funcionamento no ciclo automático, a saber:

- **Centrador da pinça** – Este mecanismo permite assegurar o alinhamento axial pinça mais roda aquando das operações de colocação dos parafusos na roda e posterior colocação da roda no cubo;

- **Travão pneumático** – A pinça tem os dedos flutuantes. Quando estes fecham sobre a roda, não ficam imobilizados relativamente à pinça, podendo haver oscilações. Este fenómeno poderá ocorrer, aquando da manipulação entre a base rolante e a base intermédia, onde a roda poderá não ir centrada pelo centrador da pinça. Para que não haja esta oscilação, a pinça possui um travão pneumático que bloqueia o movimento entre a garra e a estrutura da pinça;
- **Regulador de pressão electropneumático** – A pinça funciona segundo um princípio de mola. Assim sendo toda a estrutura da pinça está assente em dois cilindros pneumáticos que no fundo, atuam como uma mola. Durante as manipulações grosseiras, a pressão destes cilindros está a uma pressão tal que torna a pinça bastante firme. Contudo, durante a fase de aproximação final (ao cubo do carro), esta pressão é diminuída, o que possibilita que, caso haja uma colisão não desejada entre a pinça e o carro, haja um efeito de mola para minimizar possíveis estragos tanto na pinça como no carro. Associado a este sistema está uma deteção de posição. Mal esta deteção perca o sinal, o robô imobiliza totalmente o seu movimento;
- **Cabeça de parafusadora** – A pinça está equipada com uma cabeça especial de aparafusamento simultâneo para os quatro parafusos.  
Na cabeça de aparafusamento, estão colocadas três deteções que verificam a posição do centrador na jante, havendo assim maneira de identificar o modelo de jante.  
Os bits possuem um íman que impede a queda do parafuso;
- **Câmara de varrimento 3D** – A pinça está equipada com uma câmara de varrimento 3D para efetuar as leituras de posicionamento das rodas na pilha das bases rolantes e dos cubos traseiro e dianteiro do automóvel.

#### 3.3.1.7 Modo degradado

A célula permite o funcionamento em modo degradado onde um dos lados da célula é desabilitado. Este funcionamento é possível através de dois *rotoscan* dispostos em cada lado da célula e de uma forma simétrica em relação ao centro. Assim é permitida a entrada do operador dentro de um dos lados da célula com o outro em funcionamento.

O *rotoscan* é um dispositivo optoelectrónico de segurança de tomografia computadorizada, que faz uma digitalização da área envolvente em duas dimensões usando feixes de laser infravermelho. Neste caso, a sua função é detetar a presença humana conforme o lado onde está instalado.

A seleção deste modo está presente na consola de comando (HMI). Será necessária uma autorização de nível elevado para permitir aceder a este menu.

A operação neste modo ocorre do seguinte modo:

- Na consola é selecionado o modo degradado;
  - Lado direito desabilitado;
  - Lado esquerdo desabilitado;
- Cada lado possui um rotoscan que verifica a potencial presença de um operador;
  - **Lado direito desabilitado:**
    - O operador pode circular entre a zona mais afastada da vedação intermédia. No chão estará marcada uma linha que caso seja transposta, o lado habilitado parará totalmente;
    - Para a colocação da roda de socorro, o operador deverá colocar a roda na base de translação;
    - Após esta operação, deverá sair para fora do perímetro de segurança;
    - O início de ciclo para a colocação da roda de socorro em modo degradado é efetuado através de comando na HMI;
    - O rotoscan do lado esquerdo verifica que não há presença do lado esquerdo;
    - A roda é assim colocada;
  - **Lado esquerdo desabilitado:**
    - O operador pode circular entre a zona mais afastada da vedação intermédia. No chão estará marcada uma linha que caso seja transposta, o lado habilitado parará totalmente.

### **3.3.2 Funções como Estagiário**

#### **Formação como Eletricista**

Com o objetivo de receber formação a nível prático e aprender quais os procedimentos para a implementação das máquinas especiais nesta obra, o estagiário teve como função dar apoio na montagem e afinação da máquina na SIRMAF. A fim de realizar os ensaios de funcionamento necessários antes do transporte seguro para a fábrica da marca de automóveis. A participação foi desde o início da montagem até à conclusão dessa mesma montagem.

Acompanhou-se de perto o Chefe dos Eletricistas durante toda a implementação da obra, oferecendo auxílio nas mais diversas tarefas: Receção e montagem dos Quadros Elétricos referentes ao robô do lado esquerdo e do lado direito; instalação da variada e extensa cablagem elétrica em eletrocalhas; Montagem das balizas luminosas em cada uma das portas da cerca de segurança Troax; Montagem de vários detetores e sensores para deteção de abertura de fecho das portas, deteção de presença humana, deteção de presença da roda de socorro, etc...

Também participou na montagem, colocação dos componentes, cabeamento e sua etiquetação, do/no quadro elétrico geral.

#### **Formação como projetista de circuitos elétricos e pneumáticos.**

Numa fase posterior e depois da formação como eletricista, o aluno realizou as alterações e atualizações aos esquemas elétricos e pneumáticos da obra efetuadas por forma a adaptar as projeções à obra concretizada na prática.



### 3.4 Obra 04 – Máquina de Expansão e Calibração de CC 5/7L e 10/13L

#### 3.4.1 Descrição e indicações do equipamento

A obra consiste em duas máquinas que realizam a expansão ou calibração das câmaras de combustão. Cada máquina tem dois postos, um posto para expansão/calibração das câmaras de combustão de 5/7L e para as de 10/13L.

O processo de expansão e calibração consiste em modificar, através de deformação plástica, câmaras de combustão utilizadas no fabrico de esquentadores de determinada marca, como demonstrado na Figura 9. As câmaras de combustão são o elemento permutador de calor no esquentador, sendo onde surgem as trocas de calor necessárias para controlar a temperatura da água, ver Figura 9 e Figura 10. As câmaras são fabricadas com um formato padrão e existe a necessidade de as conformar a várias formas predefinidas que correspondem a diferentes litragens nos esquentadores, por exemplo 5L, 7L ou 10L. Assim através desta máquina procede-se às chamadas operações de expansão e calibração, que redimensionam e alteram o formato da câmara de combustão.

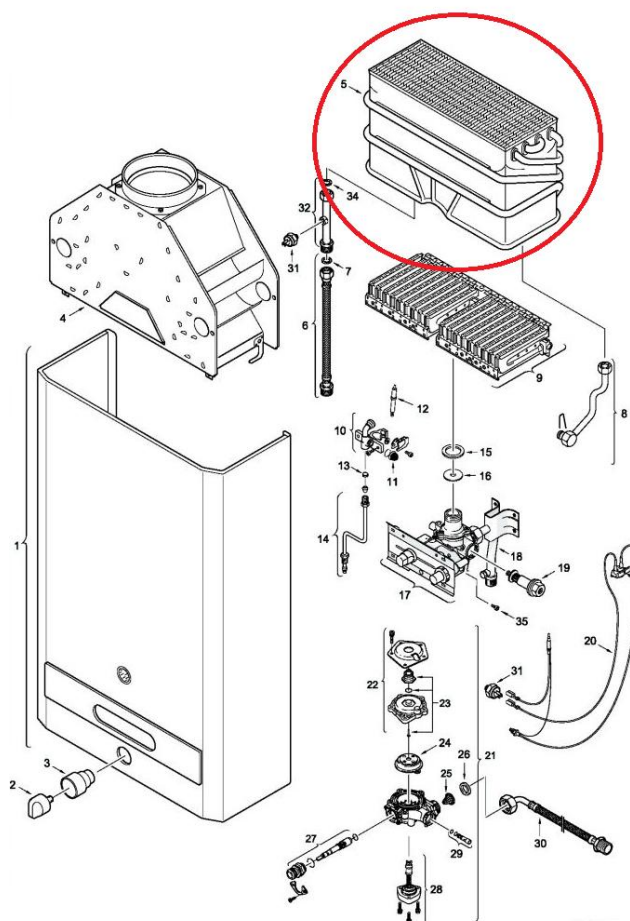


Figura 9 - Elementos constituintes de um esquentador de uma marca. A câmara de combustão (CC) está referenciada num círculo vermelho. Fonte [<http://rikif.com/bosch-water-heater-tankless/>].

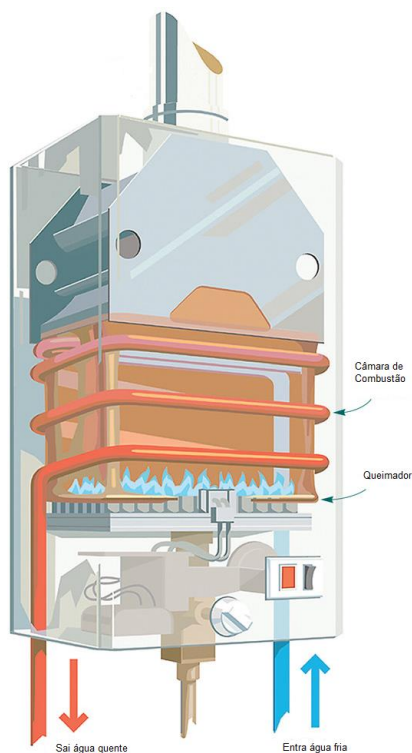


Figura 10 - Operação comum de um esquentador, com a câmara de combustão em realce. Fonte [http://rikif.com/bosch-vent-requirements-tankless-water-heater/].

## **Descrição**

Os postos de Expansão e Calibração 5/7Lts e 10/13Lts expandem e calibram as câmaras de combustão de vários modelos de câmaras de combustão.

Este equipamento é constituído por uma estrutura inferior de construção soldada e um cárter em perfil de alumínio, com plano de trabalho protegido com uma placa de Inox.

## **Objetivos do posto**

A máquina de expansão/calibração é uma máquina de acionamento hidráulico que tem como objetivo a expansão e calibração no interior e exterior da câmara de combustão, mediante a substituição das ferramentas de expansão / calibração.

### Características gerais do equipamento

- Tempo de ciclo: (dependente do operador);
- Tempo de ciclo de máquina: 6 s;
- Pressão MÁX do grupo hidráulico:  $P = 150$  bar;
- Pressão nominal de trabalho:  $P=100$  bar;
- Potência total instalada: 7 kW;
- Intensidade nominal: 19 A;
- Tensão de alimentação: 480 VAC+ N + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso da máquina: 5500 kgf;
- Dimensões da máquina:
  - Largura: 2600 mm;
  - Comprimento: 1130 mm;
  - Altura: 2220 mm.

### Equipamentos da máquina

A máquina é constituída pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura base em construção soldada, que serve de apoio aos diversos equipamentos instalados na máquina;
- Uma estrutura de perfil de alumínio que suporta a iluminação, painel de comando e armário elétrico da máquina;
- Um armário elétrico;
- Um painel de comando;
- Copos de lubrificação automática;
- Seis portas de acesso para manutenção;
- Barreiras fotoelétricas;
- Botoneiras de início de ciclo e de paragem de emergência;
- Grupo hidráulico;
- Dois grupos de montantes para conformação da câmara de combustão.

## **Descrição do processo**

O operador recolhe uma câmara de combustão (CC) e coloca-a no interior de montantes, seguidamente desobstrói a zona das barreiras de luz e carrega no início de ciclo. Dá-se o início do ciclo automático de Expansão ou Calibração.

Os montantes exteriores avançam, avançam também as ferramentas interiores até que estas façam batente mecânico nas ferramentas exteriores.

Assim é criada pressão hidráulica, que ao atingir um valor pré-estabelecido faz recuar as ferramentas interiores e exteriores através do autómato e de uma forma automática, para o seu posicionamento inicial. Após isto o operador pode retirar a câmara de combustão do interior da máquina.

As ferramentas que se encontram no interior da máquina, terão de corresponder ao modelo da Câmara de combustão a produzir.

Expansão e Calibração é a operação que conforma a parede da câmara de combustão a uma forma predefinida pelas ferramentas por meio de uma deformação plástica do material.

## **3.4.2 Funções como estagiário**

### **Formação como electricista.**

Apoiou-se o electricista responsável pela obra na instalação da cablagem na máquina e no quadro e na colocação dos vários sensores na estrutura da máquina.

### **Projeto de Instalações elétricas**

A nível de projeto analisou-se, atualizou-se e acrescentou-se ao esquema elétrico as alterações que foram sendo necessárias para a implementação das duas máquinas, presentes na obra.

Também foi dado apoio ao programador responsável na parametrização das câmaras da marca IFM, que tinham como função a deteção das câmaras de combustão de 5/7L na posição correta nos postos de expansão e calibração respetivos. O aluno analisou a configuração das ligações e detalhou-as para o electricista, responsável pela máquina em questão, para que este procedesse à montagem e eletrificação da câmara; e para o programador para que este comesse logo a desenvolver as linhas de código necessárias para a comunicação via *ethernet* da câmara com o PLC e vice-versa.

Numa fase seguinte, e em conjunto com o programador, recorreu-se ao *software* de parametrização nativo da câmara para definir as variáveis necessárias para a deteção da presença da câmara de combustão, e do seu correto posicionamento no interior dos montantes, criando um modelo de visão.

Assim programou-se a câmara para que, através da luz incidente ou da luz de fundo, detetasse os contornos da câmara de combustão, especificamente a curva exterior de um dos seus canos da passagem da água. O *software* da câmara compara as imagens obtidas com os modelos criados, validando no caso de existir semelhanças de 90% ou superiores e permitindo a continuação do processo de expansão ou calibração consoante o caso.

### 3.5 Obra 05 - Máquina de Expansão e Calibração CC de 5 e 7L

#### Descrição

Esta máquina é conceptualmente similar à descrita anteriormente (a obra 04) apesar de ser projetada apenas para um posto de trabalho em pé. A sua função é também a expansão e calibração no interior e exterior de câmaras de combustão com características geométricas padrão, mediante a substituição das ferramentas de expansão / calibração, conforme o modelo a fabricar. Estes modelos definem diferentes litragens (5 ou 13 litros, por exemplo) e servem para a construção dos esquentadores respetivos.

O posto de Expansão e Calibração 5 e 7 litros expande e calibra câmaras de combustão de vários modelos.

Este equipamento é construído por uma estrutura inferior de construção soldada e uma caracterização em perfil de alumínio, com plano de trabalho protegido com uma placa de Inox. Neste equipamento está definido um posto de trabalho em pé.

#### Objetivos do posto

A máquina de expansão/calibração é uma máquina de acionamento hidráulico que tem como objetivo a expansão e calibração no interior e exterior da câmara de combustão, mediante a substituição das ferramentas de expansão / calibração de acordo com diferentes referências de câmaras de combustão.

#### Características gerais do equipamento

- Tempo de ciclo: (dependente do operador);
- Tempo de ciclo máquina: 6 seg;
- Pressão MÁX do grupo hidráulico: P = 150 bar;
- Pressão nominal de trabalho: P=100 bar;
- Potência total instalada: 7.4 kW;
- Intensidade nominal: 17 A;
- Tensão de alimentação: 3x400 VAC+ N + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso da máquina: 2500 kgf;
- Dimensões da máquina:
  - Largura: 1200mm;
  - Comprimento:1060mm;
  - Altura:2200mm.

## **Equipamentos da máquina**

A máquina é constituída pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura base em construção soldada, que serve de apoio aos diversos equipamentos instalados na máquina;
- Uma estrutura de perfil de alumínio que suporta a iluminação, painel de comando e armário elétrico da máquina;
- Um armário elétrico;
- Um painel de comando;
- Bomba de lubrificação automática;
- Quatro Portas de acesso para manutenção;
- Barreiras fotoelétricas;
- Botoneiras de início de ciclo e de paragem de emergência;
- Grupo hidráulico;
- Quatro montantes exteriores p/ conformação CC;
- Quatro montantes interiores p/ conformação CC.

## **Descrição do Processo**

O operador recebe a câmara de combustão e coloca-a no interior dos montantes, seguidamente desobstrói a zona das barreiras e carrega no início de ciclo, dá-se o início do ciclo automático de expansão ou calibração. É o avanço dos montantes exteriores e o avanço das ferramentas interiores até que estas façam batente mecânico nas ferramentas exteriores. Assim que determinada pressão hidráulica pré-estabelecida seja atingida as ferramentas interiores e exteriores retomam automaticamente ao seu estado inicial. É feita a descarga manual da câmara de combustão do interior de máquina.

As ferramentas que se encontram no interior da máquina, terão de corresponder ao modelo de câmara de combustão a produzir.

### **3.5.1 Funções como Estagiário**

Para esta obra, o aluno trabalhou a nível de projeto de circuitos elétricos, atualizando os esquemas da obra, após montagem da mesma

## 3.6 Obra 06 - Máquina de testes de transmissão de bicicleta

### 3.6.1 Descrição e Indicações do processo

#### Descrição

A máquina foi concebida com o objetivo de simular e testar em laboratório as condições reais de funcionamento de uma transmissão de bicicleta.

Alocando e acionando todos os elementos de um sistema de transmissão: a cassette/carretos da roda livre, um conjunto de pratos, o desviador traseiro, o desviador dianteiro e os manípulos das mudanças, esquerdo e direito. Os elementos serão acionados repetidamente, simulando a utilização normal de uma bicicleta, até um dos dispositivos falhar.

Este equipamento foi desenvolvido em construção soldada de aço, com uma zona de testes, isolada e protegida por uma porta e uma armação em aço com placas de policarbonato.

Este equipamento define um posto de trabalho em pé.

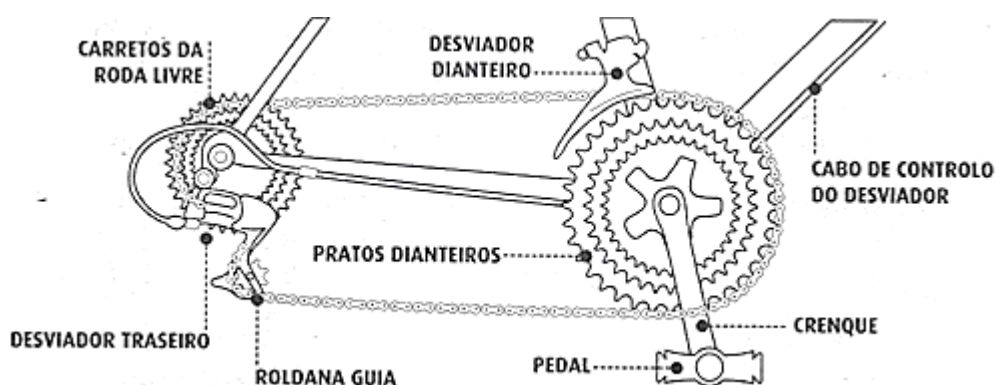


Figura 11 – Identificação dos elementos duma transmissão de bicicleta. Fonte [<http://www.bttgps.com>].

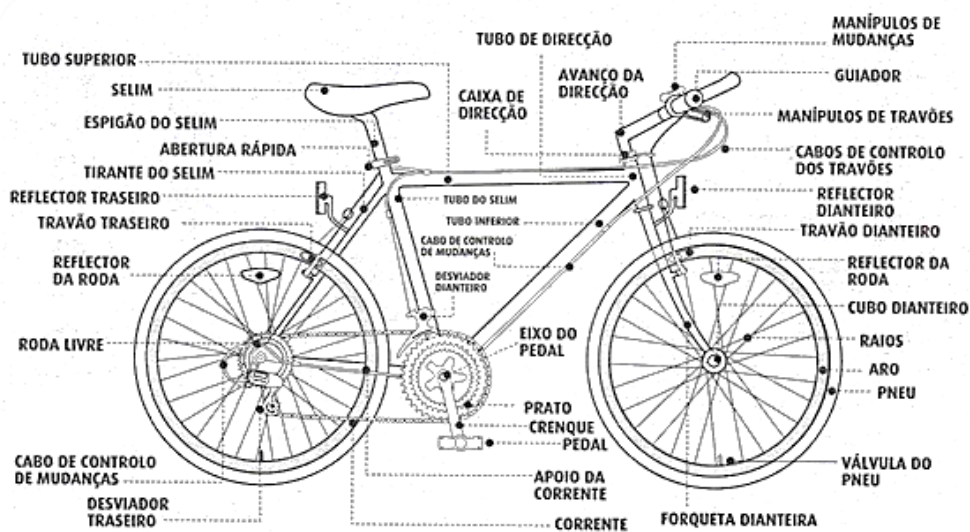


Figura 12 – Identificação dos elementos de transmissão de uma bicicleta. Fonte [<http://www.bttgps.com>].

## **Objetivos do posto**

A máquina tem como finalidade simular e testar em laboratório as condições reais de funcionamento da transmissão de potência de uma transmissão de bicicleta, para pratos com diferentes dimensões, com distâncias entre eixos ajustável entre os 405 e os 427 mm.

A seleção do tipo de teste, bem como a correta instalação dos componentes, é efetuada pelo operador, com a aquisição de dados a ser realizada de modo automático.

## **Características gerais do equipamento**

- Tempo de ciclo: (dependente da configuração do teste);
- Potência total instalada: 16 kW;
- Intensidade nominal: 28 A;
- Tensão de alimentação: 3x480 VAC + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso da máquina: 950 kgf;
- Dimensões da máquina:
  - Largura: 1655 mm;
  - Comprimento: 1410 mm;
  - Altura: 1900 mm.

## **Equipamentos da máquina**

A máquina é constituída pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura base em construção soldada de aço, que serve de apoio aos diversos equipamentos instalados na máquina;
- Uma proteção de topo em aço soldado com painéis de policarbonato;
- Uma porta de segurança com travão de segurança;
- Um armário elétrico;
- Um painel de comando;
- Uma área de testes com:
  - Dois servomotores;
  - Quatro Atuadores elétricos;
  - Um Fuso Roscado Trapezoidal;
  - Uma Balança Digital Absoluta;
  - Um Sistema de medição a laser;
- Bandeja de ferramentas;
- Um computador com monitor, e teclado com *touchpad*.

## Descrição do processo

### 3.6.1.1 Configuração do Disco

A máquina já vem com adaptadores que são necessários para a mudança de configuração de disco, alterando a *chainline* e possibilitando testes de qualidade mais aprofundados sobre o funcionamento do sistema.

Designa-se *chainline* à posição dos carretos da roda livre ou pratos, em relação à linha central da bicicleta. Sendo a linha central um plano imaginário vertical transversal à bicicleta, que divide a mesma em duas partes simétricas. A *chainline* é importante pelo seu efeito na troca de mudanças (Figura 13).

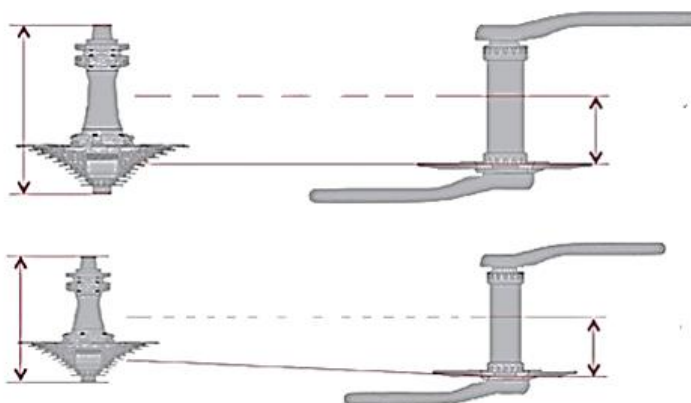


Figura 13 – Diferenças entre uma *chainline* perfeita e uma *chainline* da cassete e do prato com uma diferença considerável.

### 3.6.1.2 Ajustamento do desviador dianteiro

O acerto de altura do desviador dianteiro, entre 45mm e 255mm, é referenciado pelo eixo frontal. Este sistema permite um ajustamento continuado do desviador dianteiro num ângulo entre 40° a 90°. Configuração para estrada e montanha:

- **Configuração Estrada** – Montagem do suporte do desviador dianteiro na máquina através da referência **A**;
- **Configuração Montanha** – Montagem do suporte do desviador dianteiro na máquina pela referência **B**;

### 3.6.1.3 Configuração dos desviadores

Os adaptadores necessários para a mudança de configuração do desviador são uma placa de *interface* necessária para determinar o deslocamento do desviador traseiro, e uma gaiola interior necessária para prender essa placa à máquina.

### 3.6.2 Funções como Estagiário

#### **Modificação de aplicação LabView:**

Nesta obra assistiu-se a reuniões com os responsáveis técnicos da empresa cliente em questão. Dado o estagiário ter competências em LabView, trabalhou nesta obra para modificar e melhorar a aplicação em LabView responsável pela aquisição, processamento e controlo dos dados provenientes da máquina. O estagiário fez alguma formação a nível de *software* específico, tendo adquirido conhecimento através dos manuais e CD's pertencentes ao *Core 1*, *Core 2* e *Core 3* do *software* LabView, obtidos por alguns técnicos da SIRMAF via formações oferecidas pela National Instruments; informação esta disponibilizada para o estagiário para formação pessoal. Foram assim efetuadas, pelo estagiário, as alterações solicitadas pela empresa.

## 3.7 Obra 07- Máquina de testes travões bicicleta

### 3.7.1 Descrição e indicações do equipamento

#### Descrição

Esta máquina foi projetada para simular e testar em laboratório as reais condições de trabalho de um sistema de travagem de disco para bicicletas, hidráulico ou mecânico. Com a possibilidade de usar discos de diferentes tamanhos, para estrada ou para montanha.

A máquina foi desenvolvida para distribuir e ativar todos os elementos de um sistema de travagem de disco: o disco, um travão e um manípulo de travões (ver Figura 14). Os elementos serão ativados repetidamente, simulando o uso regular de uma bicicleta até ao colapso de um componente: o disco.

Este equipamento tem uma estrutura de aço-soldado, com uma área de teste isolada, protegido com janela e porta dupla feita de policarbonato e estrutura de alumínio. A área de teste só pode ser acessada mediante solicitação. É definido um posto de trabalho em pé.



Figura 14 – Disco de travagem e travão de bicicleta. Fonte [<http://www.bike198.com/>].



Figura 15 – Exemplo de um manípulo de travões. Fonte: [[www.allbike.pt](http://www.allbike.pt)].

## **Objetivos do posto**

O objetivo desta máquina é o de simular e testar em laboratório discos de travagem de bicicleta em condições reais de trabalho, em estrada ou montanha, alterando a configuração dos travões consoante seja para estrada ou montanha, modificando discos, montagem desses mesmos discos, montagem dos travões e manípulos.

A montagem dos travões pode exigir um espaçador adicional. A seleção do tipo de teste, bem como a configuração correta dos componentes, é feita pelo operador, enquanto a aquisição de dados é feita automaticamente.

## **Características gerais do equipamento**

- Tempo de Ciclo: difere consoante a configuração do teste;
- Potência total instalada: 28.3 kW;
- Intensidade nominal: 85 A;
- Tensão de alimentação 1: 1x120 VAC + PE;
- Tensão de alimentação 2: 3x480 VAC + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;
- Peso da máquina: 2500 kgf;
- Dimensões da máquina:
  - Largura:1650mm (2200m com o ventilador);
  - Comprimento: 2360mm (2500mm com o ventilador);
  - Altura:2150mm.

## **Equipamentos da máquina**

A máquina é composta pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura de núcleo baseada em aço soldado;
- Uma proteção superior em aço soldado com painéis de policarbonato;
- Uma porta de segurança com bloqueio de segurança;
- Um armário elétrico;
- Um painel de controlo;
- Uma câmara de ensaio com:
  - Um jig para montagem IS e um jig para montagem de post;
  - Uma base para montagem de jig - *Centerlock* e seis furos com rosca interna;
  - Uma base para segurar dez fichas de termopar;
  - Um sistema de medição a laser;
- Uma área de preparação de testes com:
  - Dois motoredutores;
  - Uma embraiagem elétrica;

- Um freio elétrico;
- Uma fixação para a alavanca MTB;
- Duas fixações para diferentes manípulos de travões;
- Duas células de carga para medir a força aplicada aos manípulos dos travões;
- Duas células de carga para medir a resistência à rutura;
- Um volante principal capaz de transportar onze incrementos de volante;
- Um ventilador ligado à câmara de teste;
- Um armazém para incrementos de volante;
- Um braço para calibrar células de carga.

## Descrição do Processo

### 3.7.1.1 Montagem dos incrementos do volante

A inércia total do volante pode ser modificada de 8,5 kgm<sup>2</sup> até 14kgm<sup>2</sup> em incrementos de 0,5kgm<sup>2</sup> (11 incrementos de disco de volante).

### 3.7.1.2 Montagem das fixações dos manípulos de travões

Para montar os manípulos dos travões, o equipamento é fornecido com três fixações. Estes acessórios são montados na parte superior da placa localizada na placa superior do conjunto de atuação do manípulo.

### 3.7.1.3 Área de preparação

O equipamento tem uma placa de aço inoxidável colocado na extremidade da área de preparação de testes, a fim de facilitar a operação de colocar o manípulo de travões a ser usado, num dispositivo preparado para o efeito.

### 3.7.1.4 Montagem dos discos

A máquina foi projetada para funcionar com seis parafusos e esquemas de montagem de disco central, tanto para 140mm como para 200 mm, no máximo. Assim, o equipamento tem duas fixações:

- Montagem com *Centerlock*;
- Montagem com seis parafusos.

Para mudar as montagens basta desapertar os parafusos. Uma vez que o dispositivo é colocado na máquina, deve-se colocar o disco correspondente.

### 3.7.1.5 Montagem dos travões

As pinças de travagem podem ser montadas numa bicicleta através da Norma Internacional (S.I.) ou em *Post mount*. Como tal, a máquina é fornecida com as seguintes fixações:

- Uma fixação *Post mount*;
- Uma fixação *I.S. mount* (Norma Internacional).

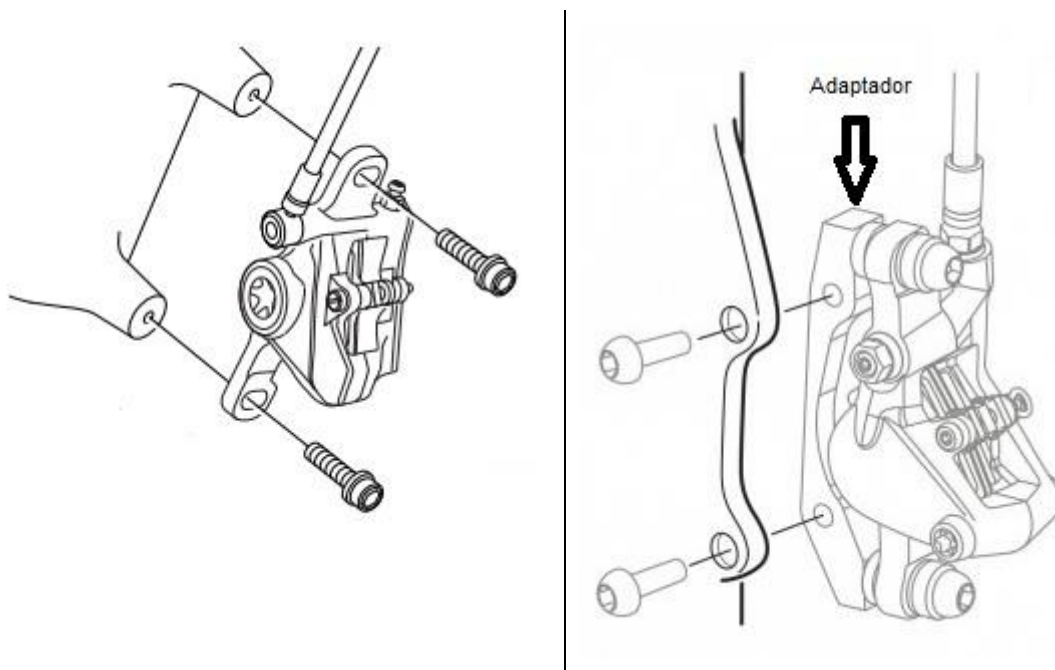


Figura 16 – Da esquerda para a direita: *Post mounting type* ; *IS mounting type*. É necessário adaptador neste ultimo tipo de montagem. (Fontes: <http://bicycles.stackexchange.com/questions/30087/do-shimano-disc-brakes-need-post-mount-spacers>; <http://blog.artscyclery.com/keeping-the-rubber-side-down/rubber-side-down-disc-brake-adapters/>).

A fixação *post mount* tem dois lados funcionais. Um para os discos de 140mm e outro para discos de 160mm de diâmetro. Para usar discos de mais de 160mm, deve-se escolher o lado de 160mm e adicionar espaçadores específicos. O mesmo processo para a *I.S. mount*.

### 3.7.2 Funções como Estagiário

O aluno teve como função a atualização e o *debug* da aplicação em LabView responsável pela aquisição, processamento e controlo da máquina. Tendo em conta todas as considerações já descritas, e outras inerentes à máquina para realizar com sucesso o seu trabalho.

## 3.8 Obra 08 – Customizar nova máquina na Célula Robô

### 3.8.1 Descrição e indicações do equipamento

#### Descrição

Esta obra define a customização de uma segunda máquina CNC Hartford numa célula robô já existente na altura. Essa célula robô foi concebida pela SIRMAF a cargo duma outra obra de 2012.

Uma vez que só com o conhecimento da obra precedente se pôde realizar as alterações necessárias que abrangem esta obra, faz-se a descrição completa de todo o processo considerando já as alterações a cargo da obra nova.

A obra consiste numa célula que automatiza o processo de fresagem de peças. Consiste no corte de barras de aço das quais desincorporam as peças brutas, que são transportadas via tapetes rolantes. Um robô faz depois o carregamento de duas máquinas de controlo numérico, manipula as peças entre os processos de fresagem conforme necessário, e no final faz a descarga a granel para rampas.

#### Objetivos do posto

O objetivo da célula é o de produzir peças fresadas a partir do corte de barras de aço e de as armazenar em contentores. O processo de fresagem é realizado por duas máquinas de controlo numérico. Tanto o processo de corte como de fresagem é customizado segundo a ordem de fabrico atribuída no momento do fabrico.

#### Características gerais do equipamento

- Tempo de ciclo: (1200s ou 20min);
- Pressão pneumática de funcionamento:  $P = 6 \text{ bar}$ ;
- Potência total instalada: 6.7 kW;
- Intensidade nominal: 19.86 A;
- Tensão de alimentação: 3x400 VAC + PE;
- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Tensão do circuito das saídas: 24 V DC;
- Tensão do circuito das entradas: 24 V DC;

#### Equipamentos da máquina

- Dois armários elétricos;
- Uma consola HMI móvel;
- Duas platines pneumáticas;
- Um perímetro de segurança equipado com vedações de rede;
- Serrote de fita semiautomático marca FAT e modelo 280 SA;
- Bloco de aperto hidráulico de duplo efeito, curso de 5mm e força de amarre de 15 KN;
- Robot MOTOMAN;
- Transportador automático.

## **Descrição do Processo**

O operador colhe uma barra de aço e insere no posto de corte. A barra avança automaticamente via rolos para o corte que é feito pela máquina de corte segundo um comprimento pré-estabelecido, referenciado na ordem de fabrico. As peças cortadas seguem por um tapete rolante até ao posto de carga da CNC onde existe uma confluência que afila as peças, para que seja detetada a saturação e um manipulador transportador as agarre. Depois de presas pelo manipulador e erguidas, são por sua vez agarradas pela pinça de um robô que tem como função colocá-las em mordanças de amarre de peça já dentro das máquinas de controlo numérico. É feita a primeira fase do processo de fresagem sobre o primeiro topo das peças. Após conclusão, o robô roda as peças 180° em ambas as máquinas e volta a colocá-las dentro das mesmas. É feita a segunda fase do processo de fresagem sobre o segundo do topo. Após o mesmo as peças são descarregadas a granel para rampas.

### **3.8.2 Funções como Estagiário**

#### **Apoio na programação**

O aluno realizou um extenso e detalhado fluxograma descrevendo todo o processo da obra realizada em 2012, referenciando também as modificações necessárias para a obra 08 numa fase posterior. O objetivo era, face à necessidade de entender a obra anterior em toda a sua complexidade, elucidar ao máximo os programadores escolhidos que não tiveram contato algum com a obra anterior. Mas também documentar para o cliente e para a SIRMAF a lógica do processo vista duma maneira simplificada através de fluxogramas.

### **3.9 Intervenção em Aveiro**

#### **3.9.1 Funções como Estagiário**

##### **Apoio na conversão de máquinas afiadoras e formação como Mecânico**

Durante o estágio foi solicitado ao estagiário apoio numa intervenção a realizar fora da SIRMAF, numa empresa localizada numa zona industrial durante cinco dias úteis. Para além da necessidade de recursos humanos, nessa mesma intervenção existia o propósito subjacente de incutir formação ao estagiário na área da mecânica, e deste adquirir conhecimentos relacionados com os procedimentos em intervenções do género - um serviço oferecido recorrentemente pela SIRMAF.

O trabalho passou por normalizar em termos de segurança uma afiadora plana, uma retificadora plana e um torno convencional, aplicando proteções para proteger o operador de possíveis projéteis como demonstrado na Figura 17 (proteções cor laranja demonstradas na figura aplicadas à máquina). Para isso realizaram-se procedimentos relacionados com a área de metalomecânica como soldadura, decapagem com jato de areia, perfuração e corte manual ou via maquinaria, e rebarbação de aço.



Figura 17 – Exemplo de um torno reconvertido pela empresa SIRMAF. Fonte [www.sirmaf.pt].

## 4. Desenvolvimento – Ferramentas EPLAN, LabView e Ix Developer

Durante o estágio foi sempre inculido ao aluno uma grande necessidade de aprender mais sobre as ferramentas de software EPLAN, LabView, mas também Ix Developer sendo estas largamente utilizadas em todas as suas potencialidades, e duma maneira regular, especialmente o programa EPLAN.

Devido à frequente utilização do software EPLAN P8 na realização de esquemas elétricos, pneumáticos ou hidráulicos, e numa fase inicial do seu estágio, o aluno teve que aprender a utilizar esta ferramenta poderosa conhecendo não só o seu funcionamento, mas também o método de desenho e projeto implementado pela SIRMAF. Para isso recorreu ao manual oficial do *software* e leu o manual interno da empresa sobre o *software*. Descreve-se então nos próximos parágrafos algumas diretrizes básicas fornecidas pelo manual de utilizador do programa EPLAN e pelo estagiário tendo em conta o conhecimento adquirido durante o estágio, essenciais para estabelecer um método de trabalho e boas práticas para elaborar um projeto de raiz bem estruturado que abranja os esquemas elétricos necessários à conceção das máquinas industriais.

As boas práticas da empresa visam essencialmente estabelecer procedimentos para que todos os recursos humanos “compreendam” a mesma linguagem técnica utilizada, tratando-se apenas de uma metodologia de organização técnica similar à utilizada em várias empresas que atuam na mesma área de negócio – a automação.

### 4.1 Conceitos básicos EPLAN

No EPLAN os esquemas e os documentos relacionados como listas e visões gerais, são criados como páginas dentro de projetos. Assim um projeto consiste numa coleção de diferentes documentos [5]. A sua estrutura é um resumo de todas as estruturas de identificação utilizadas no projeto para objetos (páginas, dispositivos e funções) dispostas duma forma hierárquica. Esta disposição é possível devido aos chamados identificadores de estrutura. Na estrutura por defeito que vem predefinida no EPLAN constam os seguintes identificadores de estrutura: “Instalação” e “Local de Montagem”.

Assim à medida que o projetista cria novas folhas ou outros objetos, independentemente do seu tipo (Título/capa, Tabela de conteúdos, esquema multifilar, dispositivos), são-lhe atribuídos um identificador de estrutura, e é consoante o mesmo que ficam definidos na hierarquia do projeto vista no navegador de páginas na Figura 18. Nessa mesma figura podemos ver os identificadores “Instalação” com símbolo “igual” (☰) e os “Locais de montagem” com o símbolo “mais” (⊕).

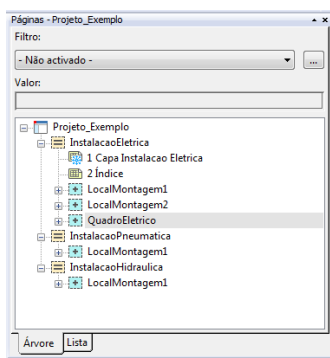


Figura 18 - Navegador de páginas. Exemplo da estrutura de um projeto.

Assim, ao criar uma nova folha ela integra os identificadores de estrutura através do seu nome completo ou DT (*device tag*, etiqueta de dispositivo) como representado na Figura 19 surgindo o menu seguinte, representado na Figura 20.

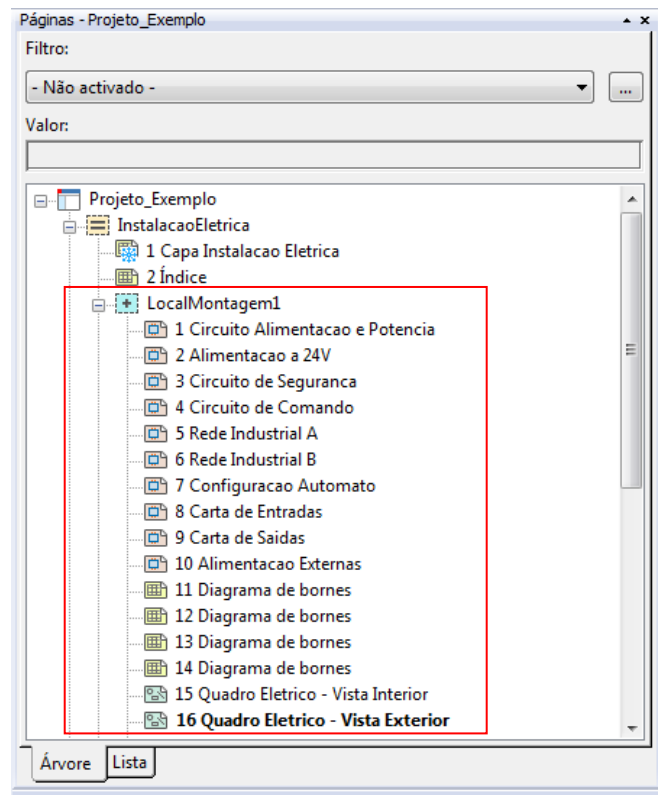


Figura 19 - Diferentes tipos de folhas (Capa, Índice, Esquema multifiliar) integrando os identificadores de estrutura.

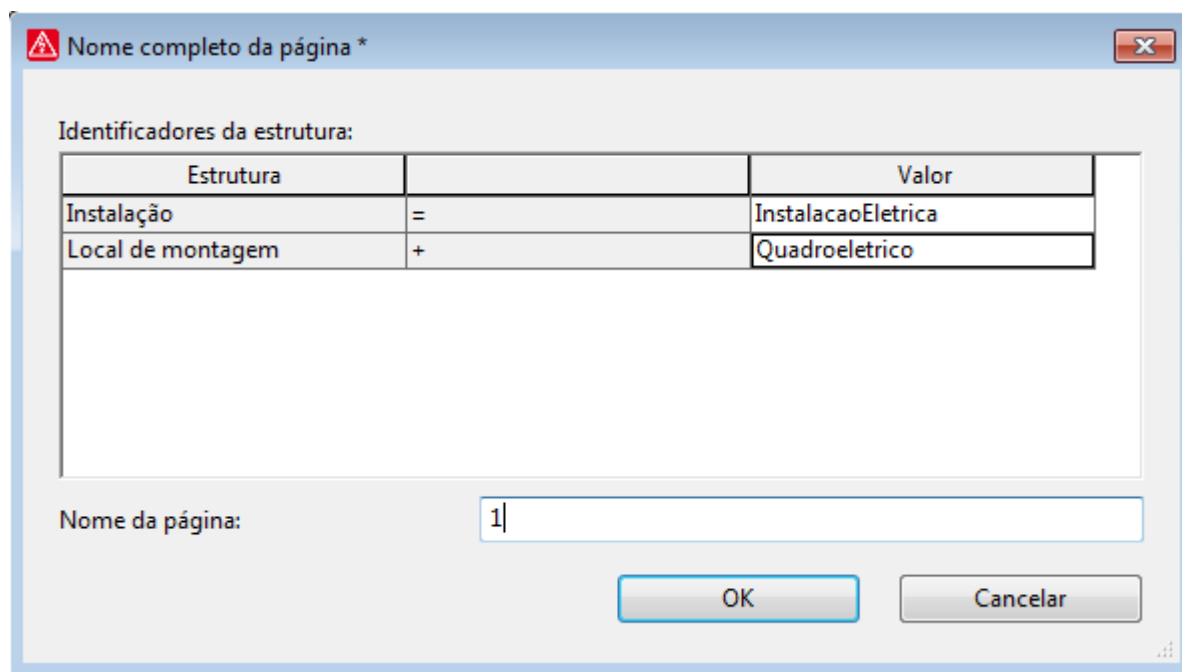


Figura 20 – Menu de criação de uma página.

## Referências cruzadas

Todos os esquemáticos devem ter referências cruzadas para as várias páginas para que o utilizador possa navegar no esquemático de forma segura, e interpretar facilmente os circuitos. Estas referências podem ser elementos que constituem um dispositivo e estão distribuídos por diferentes páginas, ou até pode ser um mesmo dispositivo que é necessário representar em duas páginas diferentes. Um exemplo deste tipo encontra-se na Figura 21 e Figura 22, onde um contato auxiliar NF de um disjuntor magnetotérmico é representado no disjuntor em si, mas também como contato NA que liga a uma carta de entradas.

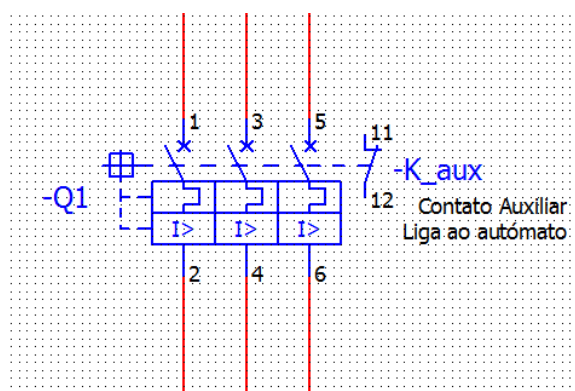


Figura 21 – Disjuntor magnetotérmico com contato auxiliar.

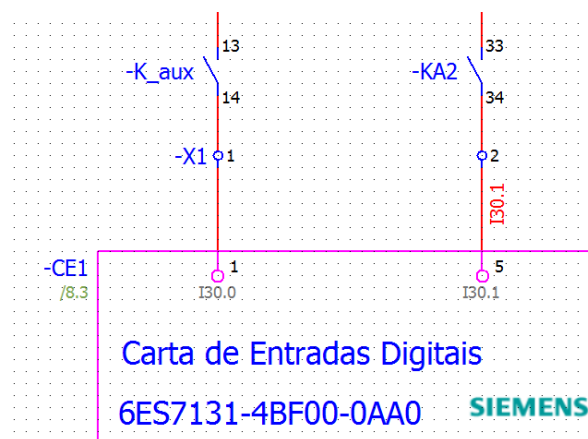


Figura 22 – Representação do contato auxiliar do disjuntor ligando a carta de entradas.

As referências cruzadas surgem mais nos pontos de interrupção, que servem para representar as conexões compreendidas por páginas [5]. Estas são representadas por uma seta a vermelho cheio demonstrada na Figura 23 e Figura 24 sendo que a ligação a esta mesma seta indica se a origem da

ligação é a montante ou a jusante. Como demonstrado na Figura 23 as fases L1, L2, L3 e Neutro situadas na página três, vão para a página quatro (p.ex.: L1 / nº de página). Na Figura 24 as fases e o Neutro vêm da página três e continuam para outras páginas caso seja necessário.

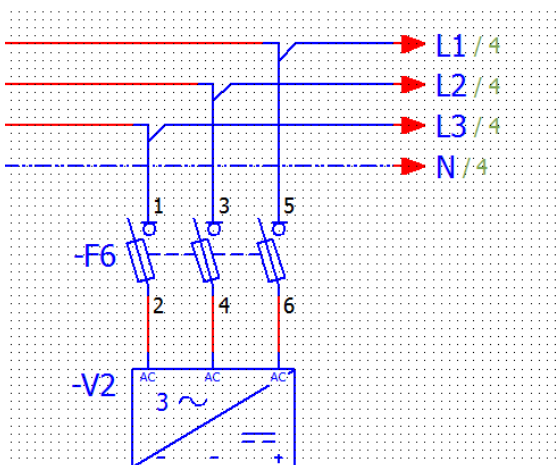


Figura 23 - Referência cruzada com a ligação a partir da base da seta, indicando que os condutores vêm de páginas precedentes ou da própria página e vão para outras.

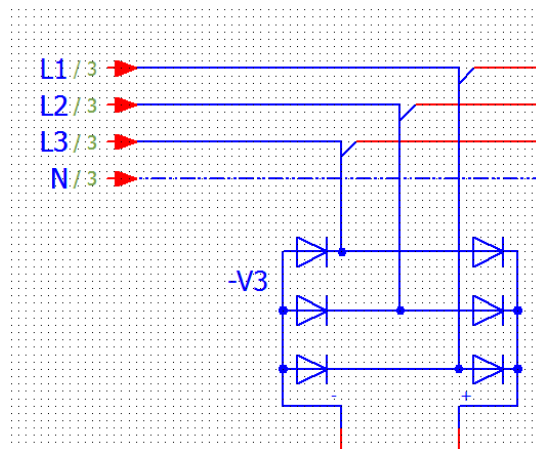


Figura 24 - Referência cruzada com a ligação a partir da ponta da seta, indicando que os condutores vêm de outras páginas para a página atual.

Um pormenor importante que engloba as referências cruzadas e os identificadores de estrutura é quando se faz uma referência cruzada entre duas páginas que estão em identificadores de estrutura diferentes, como se pode ver na Figura 25. No lado esquerdo temos uma ligação “0V” que vai para a página cinco que se encontra no mesmo “local de montagem”. No lado direito temos uma ligação “I0.1” que vem da página 3, página essa que se encontra noutro “local de montagem”, neste caso no painel de comando 1 – PC1. Uma vez que a referência está noutro “local de montagem” é necessário usar a chamada “caixa de estrutura” – quadrado a azul tracejado – com a referência desse mesmo local de montagem (“+PC1”) para que seja possível ligar os dois pontos de ligação.

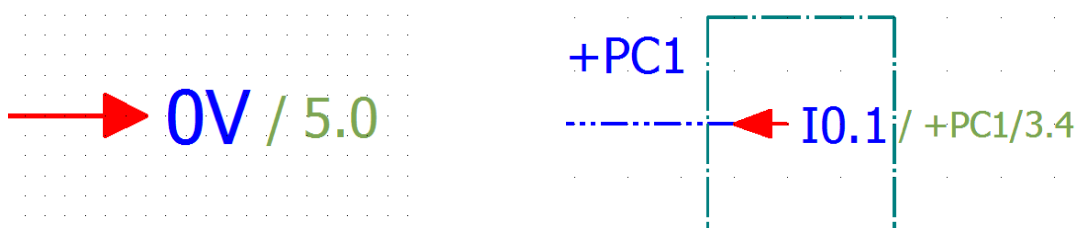


Figura 25 – Referência cruzada entre páginas no mesmo identificador de estrutura (lado esquerdo). E em diferentes identificadores de estrutura (lado direito).

## Bornes

Por norma os bornes vão sendo inseridos à medida que o projeto é desenvolvido, existindo, contudo, uma operação que se o utilizador tiver em conta vai contribuir para uma melhor gestão deste tipo de equipamentos. Essa operação, passa por ter em conta o símbolo de borne usado e a sua variante, respeitando sempre a sequência de eletrificação. O utilizador deverá sempre ter em conta a ligação

que vai ser efetuada no armário e representar de igual forma no projeto, respeitando sempre a sequência de eletrificação e posição relativa ao armário [8].

Na Figura 27 podemos observar que cada borne possui um lado interno e externo. No EPLAN existe o símbolo X (Figura 26) que facilita a sua identificação pois possui apenas uma linha a azul desenhada no lado interno apesar de possuir dois pontos de ligação a fio (a ou 1 e b ou 2) e dois pontos de barra de ponte (3 e 4) que não surgem na figura. Este símbolo tem a definição de função Borne, geral, com parcela, 2 pontos de ligação.

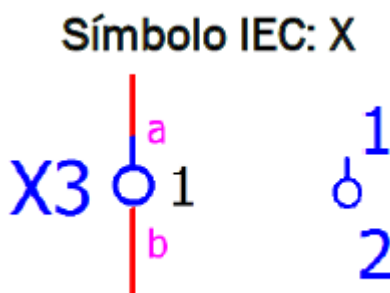


Figura 26 – Representação de um borne no EPLAN.

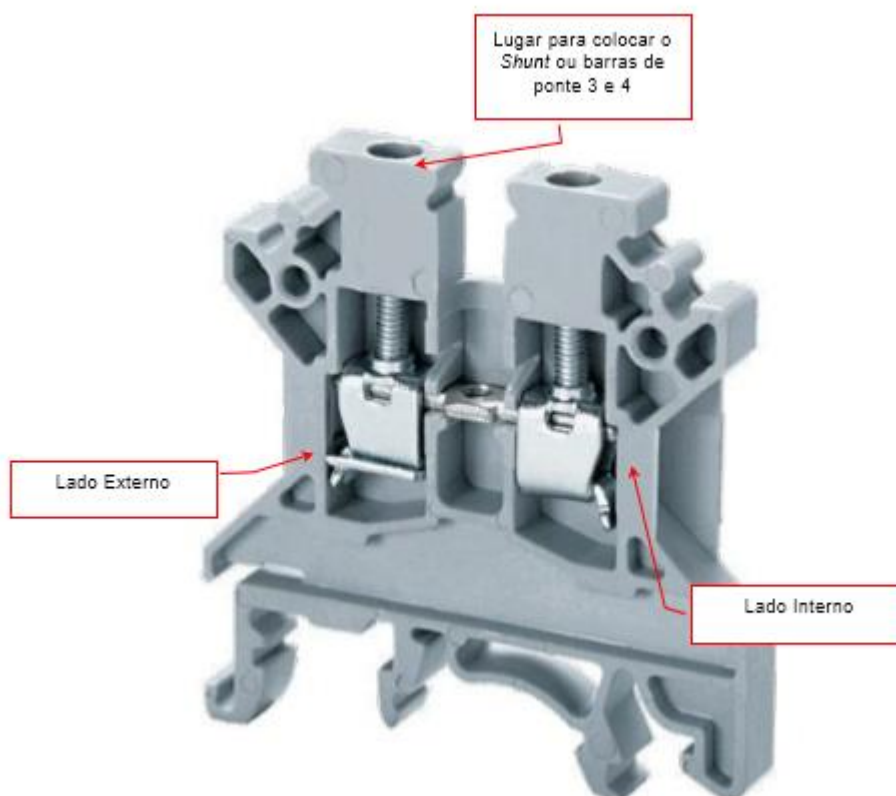


Figura 27- Paralelismo entre Borne simples de parafuso e símbolo EPLAN [5].

Na implementação dos bornes ao longo do projeto, os símbolos não serão denominados apenas “X”, mas sim “Xx”, sendo x minúsculo o número do borne, como se pode ver na Figura 28 (-X1).

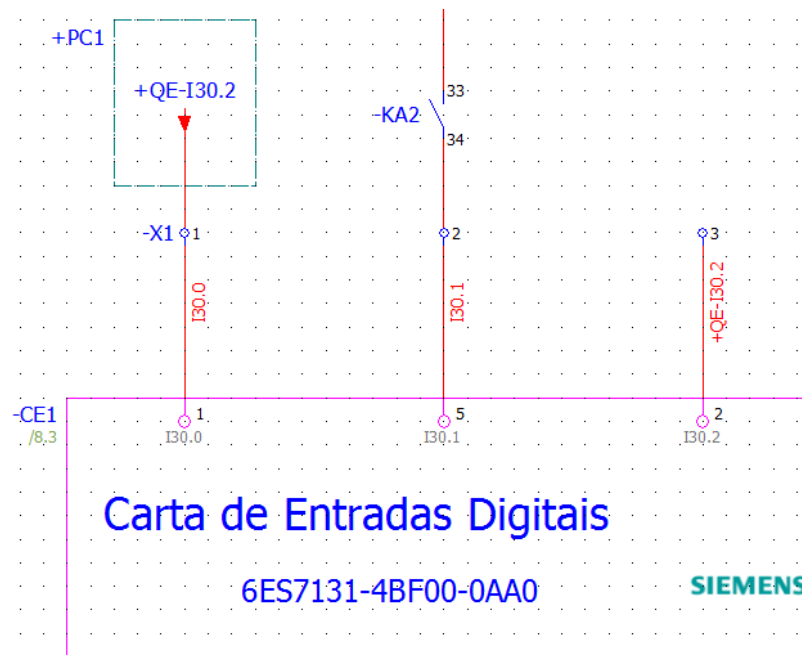


Figura 28 - Exemplo de utilização do ponto de ligação 1,2 e 3 da régua de bornes X1.

Na Figura 28 podemos ver a implementação dos pontos de ligação 1,2 e 3 da régua de bornes X1, onde a linha azul do símbolo do borne se encontra virado para baixo, indicando que a ligação parte do autómato montado no quadro até ao lado interno do borne, para depois partir do lado externo do borne para fora do quadro, para sensores/detetores.

### Designação das ligações

No projeto é necessário efetuar a designação das ligações. O EPLAN efetua este procedimento automaticamente atribuindo a cada ligação um número que é composto pelo número da página onde se encontra a ligação, mais dois algarismos que são atribuídos consoante a localização da ligação na página em si e a contagem de ligações que é feita de cima para baixo e da esquerda para a direita (p.ex: Ligação 2002, ligação que está na página 20 e é a número 2). É usual existirem ligações que compreendem várias páginas que não se pretende que tenham esta nomenclatura até por razões de facilidade de visualização do esquema, como ligações de potenciais comuns. Para isso utiliza-se o chamado “ponto de ligação de potencial”, atribuindo normalmente outra cor a estas ligações como se pode ver na Figura 29.

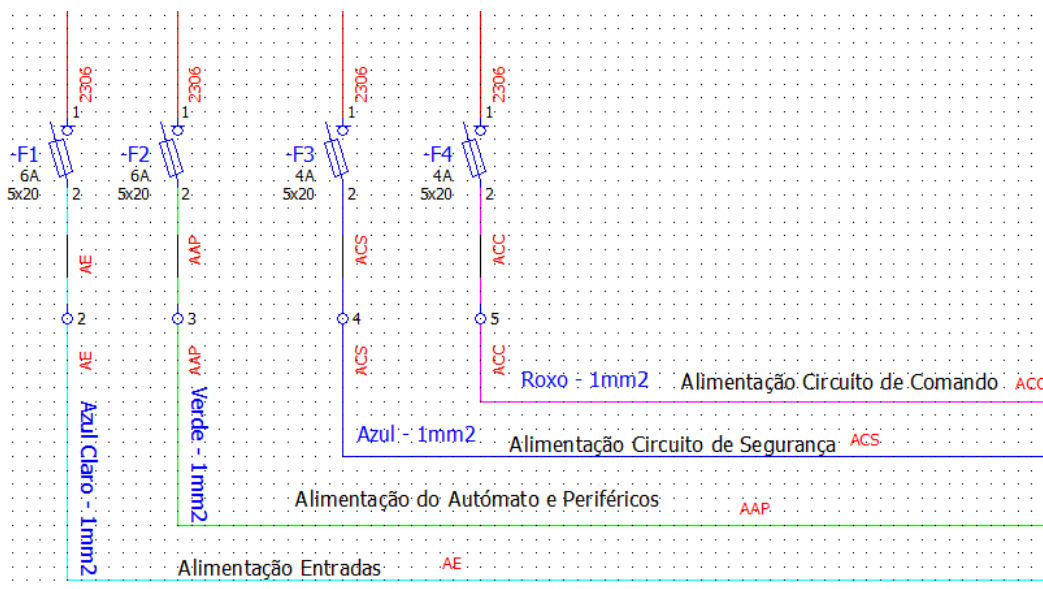


Figura 29 – Imagem demonstrativa da possível designação das ligações

Na Figura 29 podemos ver a vermelho, ligações com a numeração normal atribuídas segundo a página e a contagem de ligações (Ligação 2306, ligação existente na página 23, com a contagem de 6). E outras atribuídas segundo opção do utilizador do software: a rosa potencial “ACC”, a azul “ACS”, a verde AAP e a azul claro “AE”.

### Designação dos cabos

É importante o projetista não se esquecer de colocar a designação dos cabos à medida que constrói o projeto. Por exemplo, em esquemas de potência de motores, de onde saem fios condutores de contactores para irem a uma régua de bornes e seguirem para o motor em questão, é óbvio que deverão ir através de um cabo. Outro exemplo, será nos fins de curso que detetam o fecho de portas, como é evidente estes permanecerão fora do quadro elétrico e terão que existir dois cabos para levar as ligações de alimentação e de comando do autômato, como demonstrado na Figura 31. Os cabos são representados graficamente por uma linha de definição de cabo (ou blindagem), que cruza sempre as respetivas conexões como representado na Figura 30 e Figura 31.

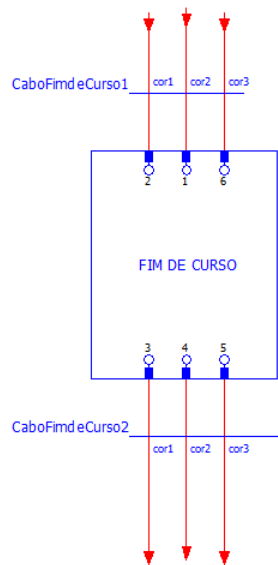


Figura 30 – Exemplo de circuito com fim de curso.

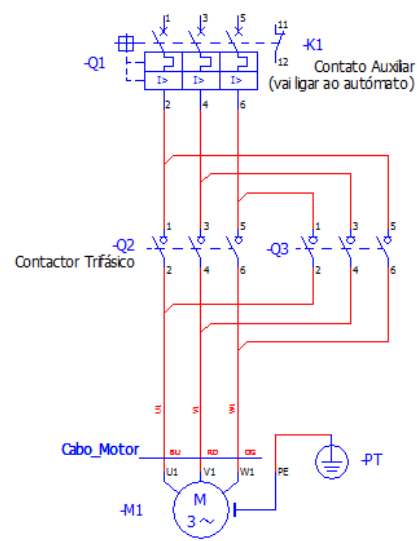


Figura 31 – Exemplo de circuito de potência motor.

### Atribuição de DT's

A atribuição do DT (*Device Tag* ou Etiqueta de dispositivo) já mencionada, é feita na inserção de todo e qualquer dispositivo no esquema, e todos devem ter uma DT. Sejam dispositivos gerais (Motores, disjuntores, contactores, fontes de alimentação) sejam cabos ou autômatos. A sua atribuição segue uma norma interna no caso da SIRMAF, mas podem seguir qualquer outra que se estabeleça. No caso do *software* EPLAN este segue por *default* a norma NBR 5280, que está representada na Tabela 3, em baixo.

Tabela 3 – símbolos literais segundo a norma NBR 5280.

Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, para-raios, relés...
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e óticos
K	Contactores	Contactores de potência e auxiliares
M	Motores	
Q	*Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores e interruptores
S	*Dispositivos de manobra, seletores auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição (fim-de-curso) e seletores
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente e autotransformadores

\*Designa-se dispositivos de manobra à aparelhagem destinada a ligar e desligar o motor de forma segura, ou seja, sem que haja contato por parte do operador no circuito de potência, onde circula mais corrente.

## 4.2 Boas Práticas com o software EPLAN

Em ordem a entender os conceitos já enunciados e os próximos que irão ser apresentados foi elaborado um exemplo demonstrativo que consiste numa célula flexível de produção que automatiza um processo de fresagem de peças em bruto, baseado na obra 08. A obra é caracterizada por uma máquina onde é feito o corte de barras cilíndricas, um tapete transportador que conduz as peças em bruto, um robô motoman e duas máquinas de controlo numérico como se pode ver na Figura 32 e na Figura 33, elaborada no *software* 3D MAX.

O objetivo da máquina é o de introduzir as peças em bruto em duas máquinas de controlo numérico de forma automática, utilizando um robô, iniciando-se em seguida o processo de maquinação em cada uma dessas máquinas também de forma automatizada graças à implementação de uma rede de comunicação industrial.

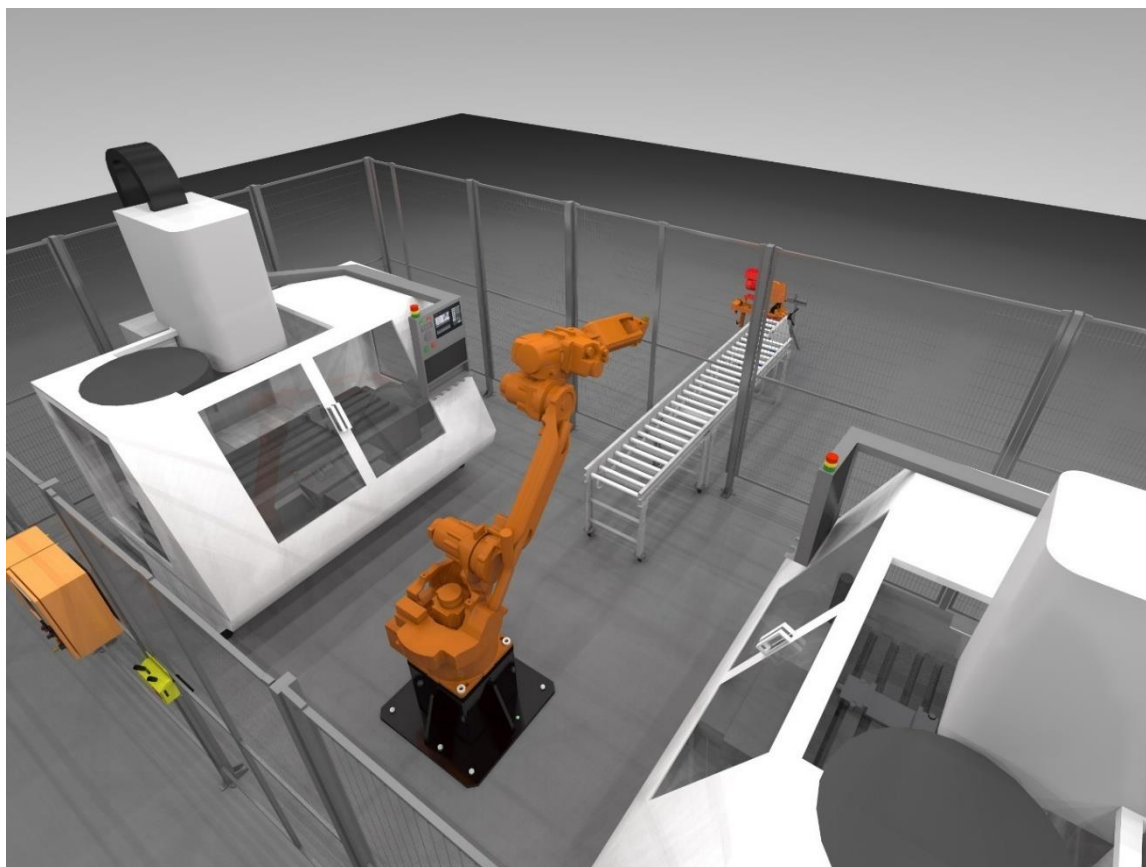


Figura 32 – Visão de cima da obra.

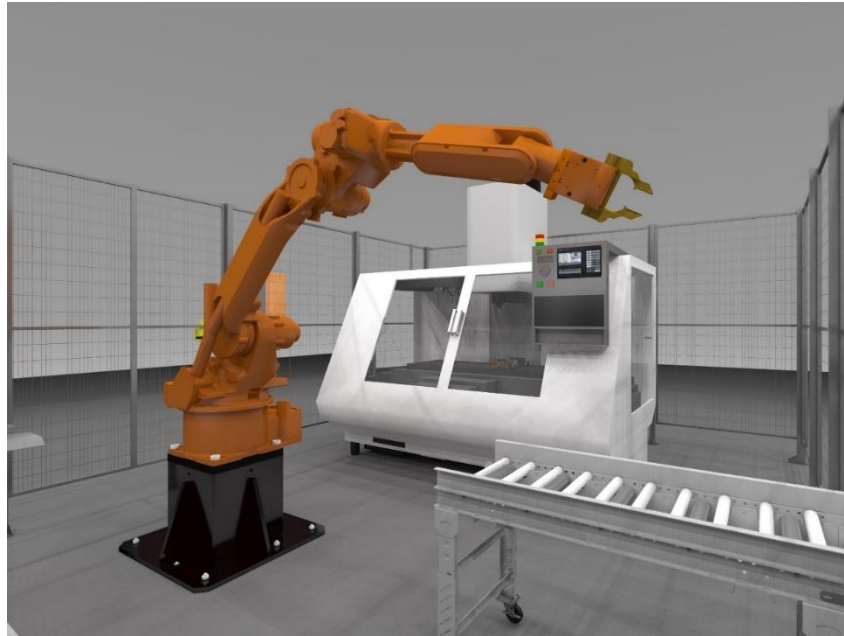


Figura 33 – Visão do robô, do tapete, e de uma das máquinas de controlo numérico.

Na criação de um projeto é necessário ter em atenção a sua estrutura, um exemplo de tipo de estrutura, tendo em conta os identificadores de estrutura que já vem pré-definidos (“instalação” e “local de montagem”) poderá estabelecer-se dividindo por áreas de engenharia o projeto, correspondendo cada instalação a uma dessas áreas. Assim, esquemas elétricos, hidráulicos ou pneumáticos ficam separados. O projeto ficará posteriormente dividido em vários locais de montagem conforme a sua relevância no projeto. No esquema elétrico para além da capa e do índice que se pressupõe essenciais poderão existir campos como quadro elétrico ou máquina como demonstrado na Figura 34. No caso de existir mais do que um local com a mesma funcionalidade poderá acrescentar-se numeração no final (p.ex: Quadro Elétrico1, Quadro Elétrico 2, etc...). Poderão ocasionalmente serem acrescentados outros locais de montagem, como: Quadro do Robô, Baliza Luminosa, etc. Repare-se na colocação do símbolo “=” para designar instalação e na colocação do símbolo “+” para designar local de montagem na Figura 34.

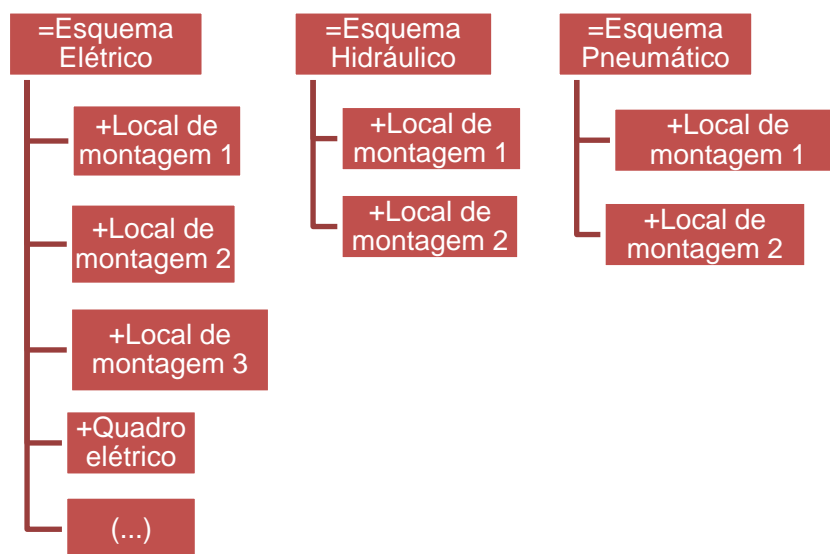


Figura 34 – Organograma de um projeto exemplo.

Poderá também colocar-se desenhos da obra em si, e um destes locais de montagem poderá chamar-se “Layout da obra” e englobar esses mesmos desenhos. As imagens serão importantes para identificar os vários elementos de uma obra e o seu posicionamento espacial, particularmente em obras grandes. As imagens são também importantes para clarificar a localização de dispositivos como sensores ou detetores.

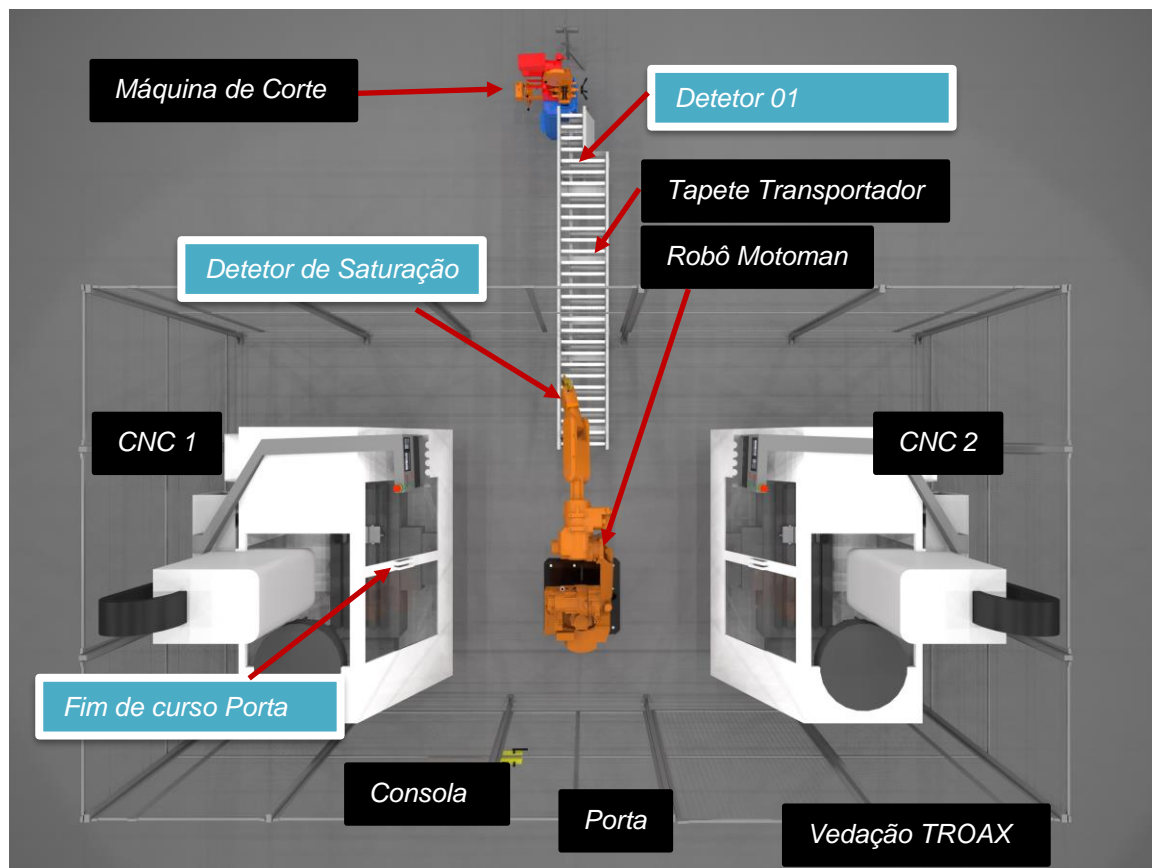


Figura 35 – Layout da obra enunciando alguns sensores e os vários elementos principais.

### Alimentação 480V

Na elaboração do quadro elétrico, um local de montagem essencial, deve-se seguir uma estrutura bem definida e ordenada à qual o desenhador de esquemas não deve fugir. Por exemplo, a conceção dos circuitos de alimentação e potência deve ser a primeira a ser realizada. Sobre a perspetiva de esquema multifilar e analisando a Figura 36 representa-se ao início as três fases provenientes da rede elétrica pública e a implementação de um esquema TT shuntando neutro e condutor PE, também poderia ser o esquema TN-S que é muito usado em sistemas elétricos industriais [14], algo que é demonstrado na Figura 41 e que vai ser analisado mais à frente. Seguindo as regras das instalações elétricas é necessário existir sempre na origem das instalações, como é o caso, um dispositivo de comando e um dispositivo de seccionamento que corte todos os condutores ativos do conjunto da instalação [9]. Isto em ordem a elaborar manutenções, e manobrar os circuitos em segurança. No exemplo da Figura 36 temos um seccionador representado com a DT “-SG”, do tipo demonstrado na Figura 38 com um punho giratório para separar fisicamente a instalação da rede elétrica.

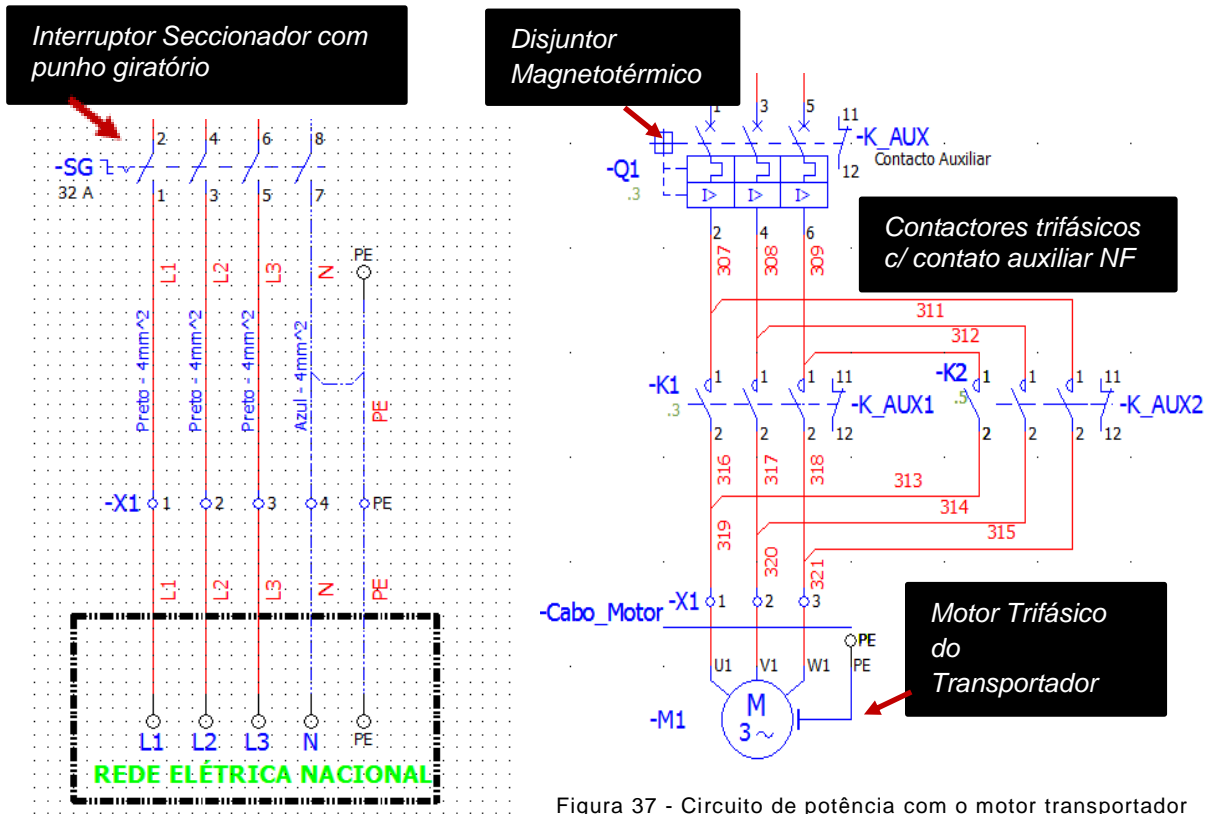


Figura 36 - Início do esquema elétrico com a representação das fases da rede elétrica pública, vem como do terminal terra.

Figura 37 - Circuito de potência com o motor transportador da obra exemplo.



Figura 38 – Dispositivos alocados no símbolo com a DT “-QG”. Seccionador com punho giratório

## Circuitos de Potência de Motores

Nos circuitos de potência de motores como o representado na Figura 37 e seguindo também as regras de instalações elétricas é necessário para partida e manobra de motores elétricos: um elemento de seccionamento que neste caso são os típicos contactores; um dispositivo para proteger os condutores do circuito terminal de correntes de curto-circuito; e um dispositivo para proteção contra correntes de sobrecarga para proteger as bobinas dos enrolamentos do motor. No exemplo da Figura 37 utiliza-se um disjuntor magnetotérmico para proteger o motor contra sobrecargas e contra curto-circuitos com um bloco auxiliar, e um contactor comando de motor apropriado, como demonstrado na Figura 39, para uma configuração de arranque direto com inversão de marcha. Tanto um dispositivo como o outro devem ser associados a um contato auxiliar, normalmente fechado, que envia um sinal “avisando” o autômato na eventualidade de um disparo. Outras configurações serão possíveis como a demonstrada na Figura 40, usando um seccionador fusível e um relé térmico em conjunto com o contactor trifásico [8][10].



Figura 39 – Da esquerda para a direita: Disjuntor Magnetotérmico; Contator Trifásico para motor.

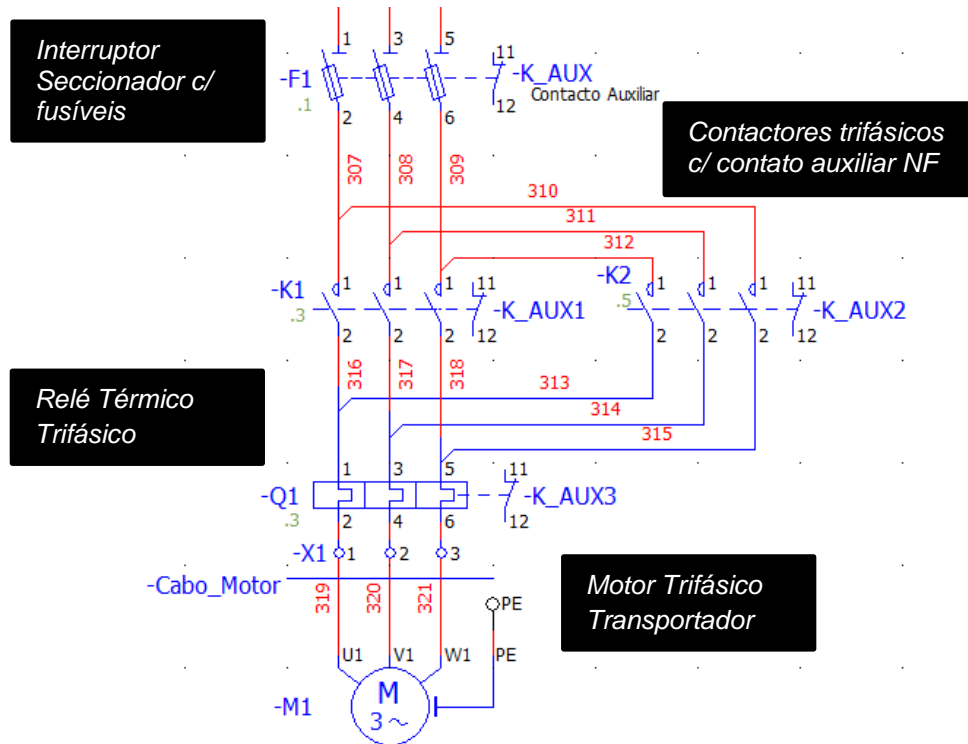


Figura 40 -Circuito de potência de motor transportador. Alternativa à Figura 37.

## Proteção diferencial

A fim de assegurar a proteção das instalações de sobrecargas e curto-circuitos, a proteção a pessoas e animais contra contatos diretos ou indiretos e a proteção contra defeitos de isolamento, é necessário estudar e optar por um esquema de ligação à terra, e por determinada aparelhagem de modo a estabelecer tal configuração na instalação elétrica [9].

Normalmente opta-se por um esquema TT, uma vez que as instalações elétricas para as máquinas industriais são em baixa tensão e normalmente têm-se o neutro ligado diretamente à terra, como o representado na Figura 41 (figura à direita). É também a solução mais simples no estudo e na conceção e é fácil localizar os defeitos na instalação sob este esquema.

Na Figura 41 (figura à esquerda) encontra-se o conjunto de aparelhagem necessário para representar o esquema TT e a representação das ligações no EPLAN do disjuntor diferencial e do dispositivo de proteção contra sobreintensidades, que neste caso são bornes fusíveis, encontram-se na Figura 42, elaborado na obra exemplo. O disjuntor de entrada não diferencial poderá ser o seccionador representado na Figura 36. Não é obrigatório o uso de um disjuntor diferencial, também é possível e por razões de custo, usar um interruptor diferencial combinado com um disjuntor magnetotérmico, para garantir a proteção magnetotérmica que o interruptor diferencial não oferece. Esta prática encontra-se na Figura 43 em diagrama multifilar [9].

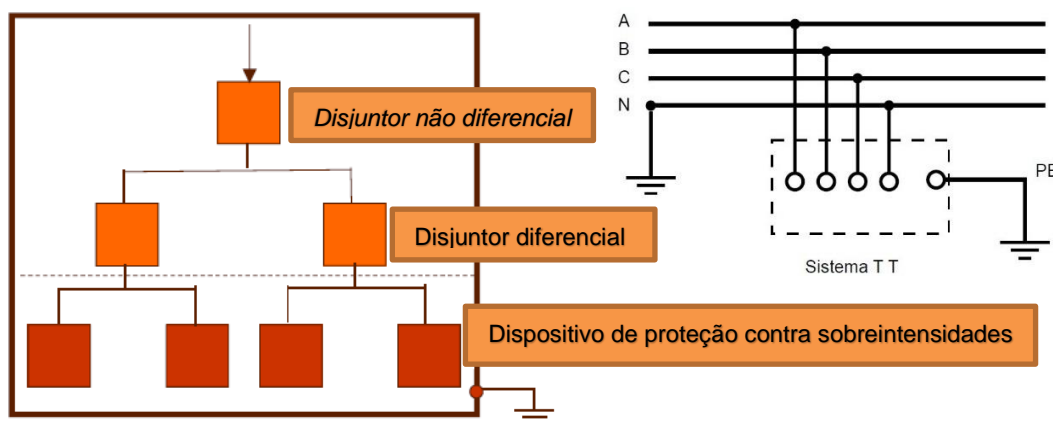


Figura 41 – Da esquerda para a direita: Conjunto de aparelhagem para esquema TT; Representação do esquema TT.

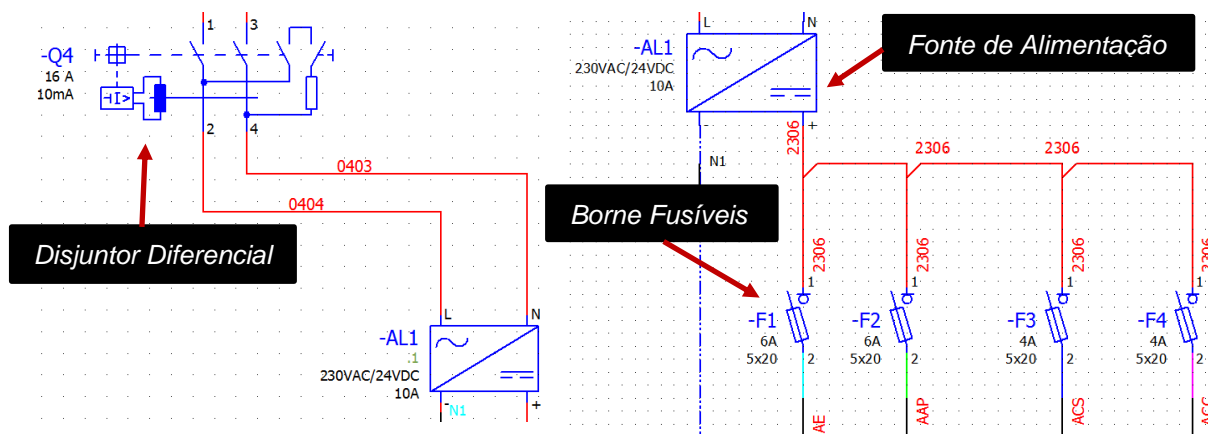


Figura 42 – Esquema multifilar de uma parte do esquema TT, no EPLAN; Disjuntor diferencial e fusíveis como dispositivos de proteção contra sobrintensidades.

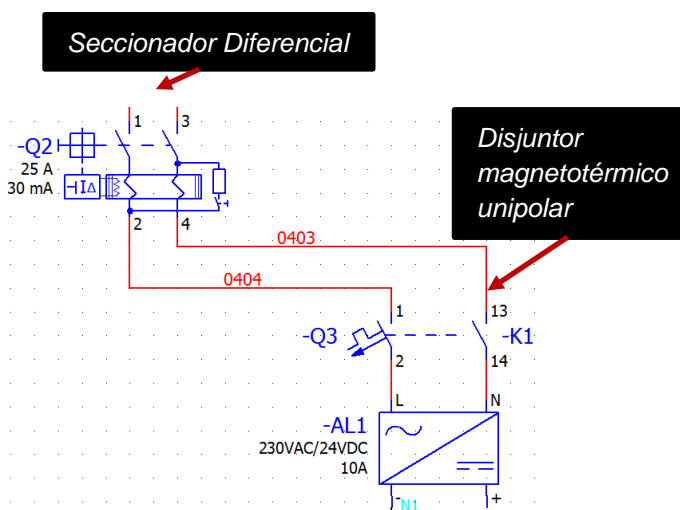


Figura 43 – Esquema unifilar de uma outra possibilidade de proteção diferencial no esquema TT.

## Alimentação 24V

Terá também que existir alimentação a 24V para alimentar circuitos de segurança que envolvem relés de emergência, circuitos relacionados com contactos nas entradas do autómato - o chamado circuito de entradas - para alimentar o autómato, a consola, e os seus periféricos e para a alimentação do circuito de comando. Estes potenciais são normalmente chamados de tensões de comando.

Por norma usa-se uma fonte de alimentação com entrada monofásica ou trifásica com uma gama de tensões de entrada que possibilite o uso direto com a rede elétrica nacional, com uma tensão de saída DC de 24V e uma corrente nominal de 10A ou 20A, consoante a potência da aparelhagem a jusante. A partir dos terminais de saída desta fonte de alimentação estabelecer-se-ão os circuitos já referidos, com fios condutores que deverão ser marcados com siglas diferentes das sugeridas pelo *software* EPLAN que refere o nome da página. Uma vez que dar um nome com significado às tensões destes circuitos trará vantagens a nível de redução do tempo de conceção por parte do eletricista pela facilidade de visualização, e por isso mais eficácia na montagem e conceção da obra, encontra-se ilustrado na Figura 44 um exemplo deste tipo.

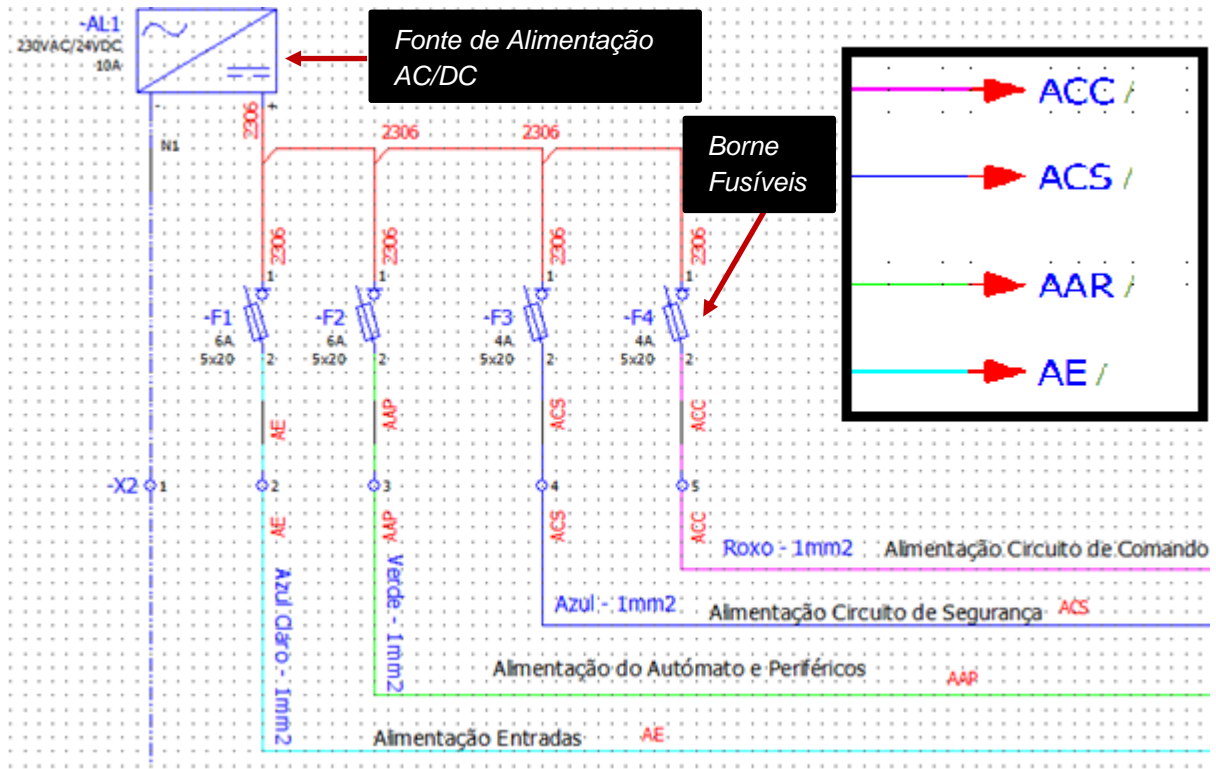


Figura 44 - Exemplo da configuração de uma fonte de alimentação 24V.

A estas ligações serão correspondidas siglas para o uso efetivo dos DT's nos pontos de interrupção, que irão aparecer daqui para a frente em outras imagens. Assim, a correspondência entre siglas e circuitos com tensão de 24V é a seguinte:

- Alimentação de Circuitos de comando – ACC;
- Alimentação Circuitos de Segurança – ACS;
- Alimentação do autómato e seus periféricos – AAP;
- Alimentação Entradas – AE;
- Tensão de referência – 0V;

Estes circuitos deveram ser protegidos logo a jusante da fonte de alimentação por um dispositivo de proteção contra sobretensões, como já foi referido. Poderá usar-se fusíveis ou disjuntores magnetotérmicos, pelo que os fusíveis são preferíveis tendo em conta o seu baixo custo e uma vez que o tipo de fontes de alimentação usado nestes casos já contém um tipo de proteção equivalente à usada com transformadores, denominada isolamento galvânico, contra correntes que ultrapassem o valor nominal [12]. Para além do mais os fusíveis tal como os disjuntores magnetotérmicos interrompem automaticamente a passagem de corrente no circuito, evitando o sobreaquecimento dos condutores que pode originar um incêndio, sem, contudo, cortar outros condutores ativos no presente caso [9].

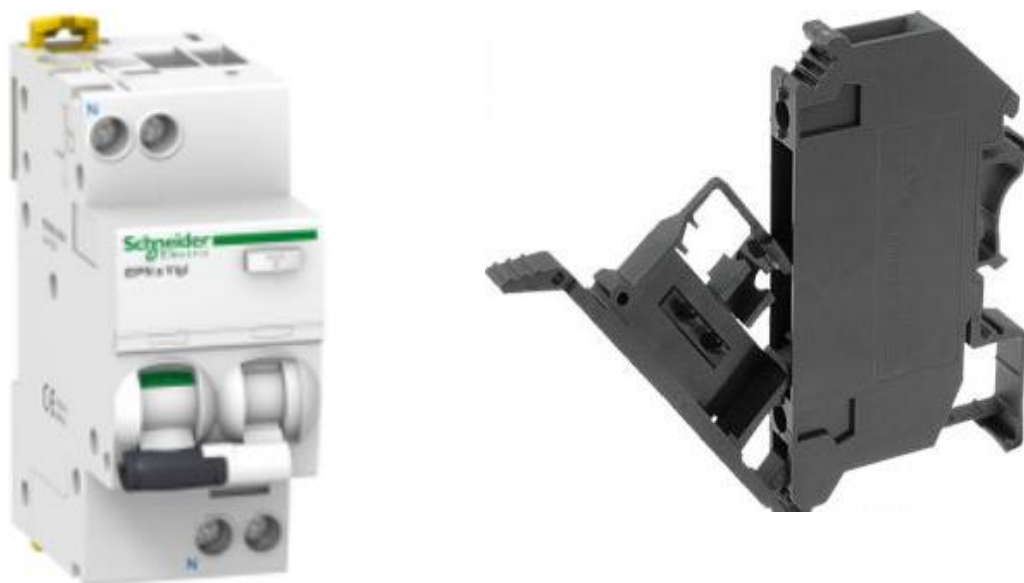


Figura 45 - Da esquerda para a direita: Disjuntor Diferencial possível de uso como “-Q4” na Figura 42; Porta-fusíveis ou Borne Fusíveis, possível de se usar na Figura 44.

## Circuito de Entradas

O circuito de entradas engloba a alimentação das saídas dos relés de segurança uma vez que este precisa de duas alimentações diferentes de 24V (usualmente é alimentado com alimentação dos circuitos de segurança e com alimentação do circuito de entradas) para que não a máquina não perca determinadas funcionalidades. Esta mesma alimentação é usada para alimentar módulos remotos e todos os elementos que serão entradas no autómato, e por isso liguem a cartas de entrada analógicas ou digitais: contactos de botoneiras de painéis ou caixas de comando, contactos de fins de curso ou de elementos do grupo hidráulico ou pneumático como pressóstatos, filtros etc.

Na Figura 46 temos um exemplo da configuração discutida, onde uma carta de entradas digitais recebe os sinais elétricos enviados em caso de disparo por sobrecarga ou curto-circuito, de contactos auxiliares a dois disjuntores magnetotérmicos, um respeitante ao motor do transportador outro ao motor bomba do grupo hidráulico, que vai ser necessário para as máquinas de controlo hidráulico que possuem acionamentos hidráulicos. Recebe também os sinais de contactos auxiliares anexados a contactores tanto do circuito de potência de um e de outro motor. Para além disto é também aqui alimentado o contacto “MES” que veremos mais à frente.

Assim, é possível por exemplo, através de programação, acender um sinalizador que seja saída do autómato, na ocorrência de um defeito eléctrico assinalado por estes contactos, comunicando ao operador que um dos disjuntores disparou e que há um defeito eléctrico que necessita de ser corrigido, ou que determinada botoneira foi pressionada.

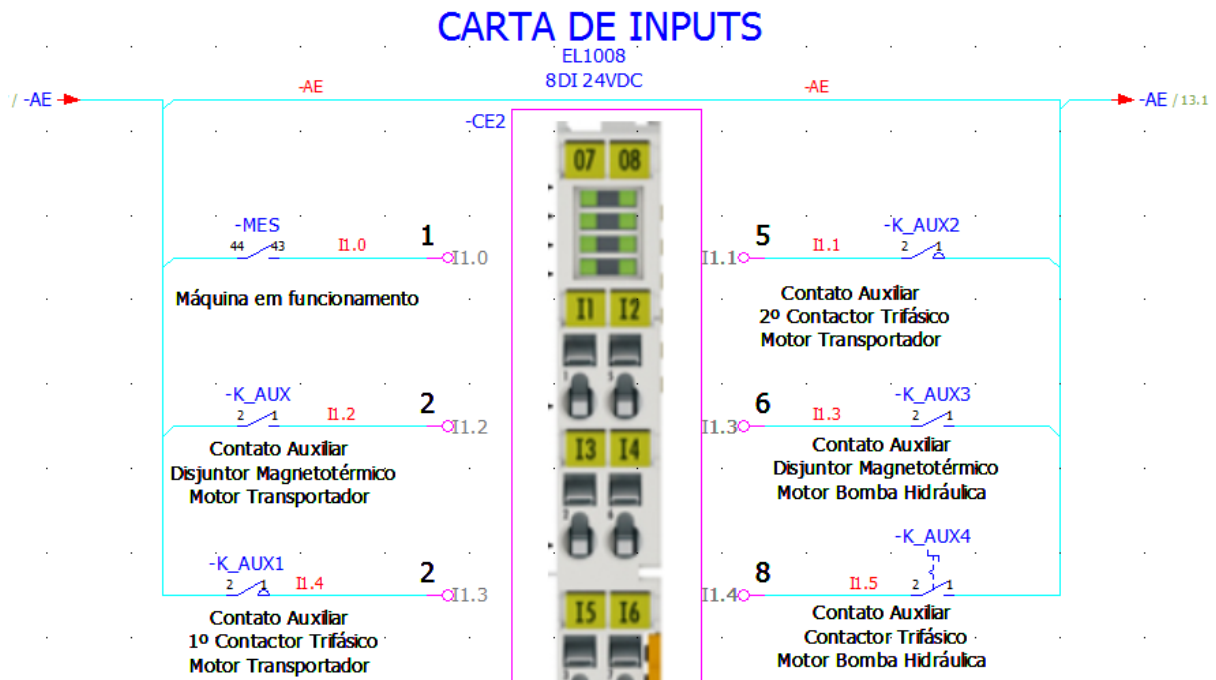


Figura 46 -Exemplo da alimentação de contatos de disjuntores de motores que liguem a uma carta.

## Circuito de Segurança

Os circuitos de segurança são sistemas de corte de emergência, para comandar a instalação de modo a suprimir um perigo inesperado, quando necessário. Este tipo de circuito irá proteger os circuitos de comando e limitar os perigos daí resultantes no caso de um defeito entre esse tipo de circuitos e outras partes condutoras, suscetíveis de provocar um mau funcionamento do equipamento comandado (como, por exemplo, manobras intempestivas) [9].

É usual usarem-se relés de segurança para fazer a supervisão de circuitos que envolvam botoneiras com as funcionalidades de “paragem de emergência”, “máquina em serviço”, “ligar motor”, “fim de curso porta”, etc. Uma vez que, após ciclos de repetição este tipo de contatos pode fundir, o relé de segurança assegura a segurança dos equipamentos e dos operadores que surgem nos circuitos às suas saídas, mantendo as suas funcionalidades de segurança mesmo após defeito de ligação. Outras funcionalidades para estes aparelhos incluem: portas de proteção; barreiras de luz; tapetes de segurança, comando bimanual e ativação com atraso. Na Figura 47 temos um exemplo destes relés da PILZ, a primeira marca a criar um relé de segurança para substituir o cabeamento complicado de disjuntores [11].

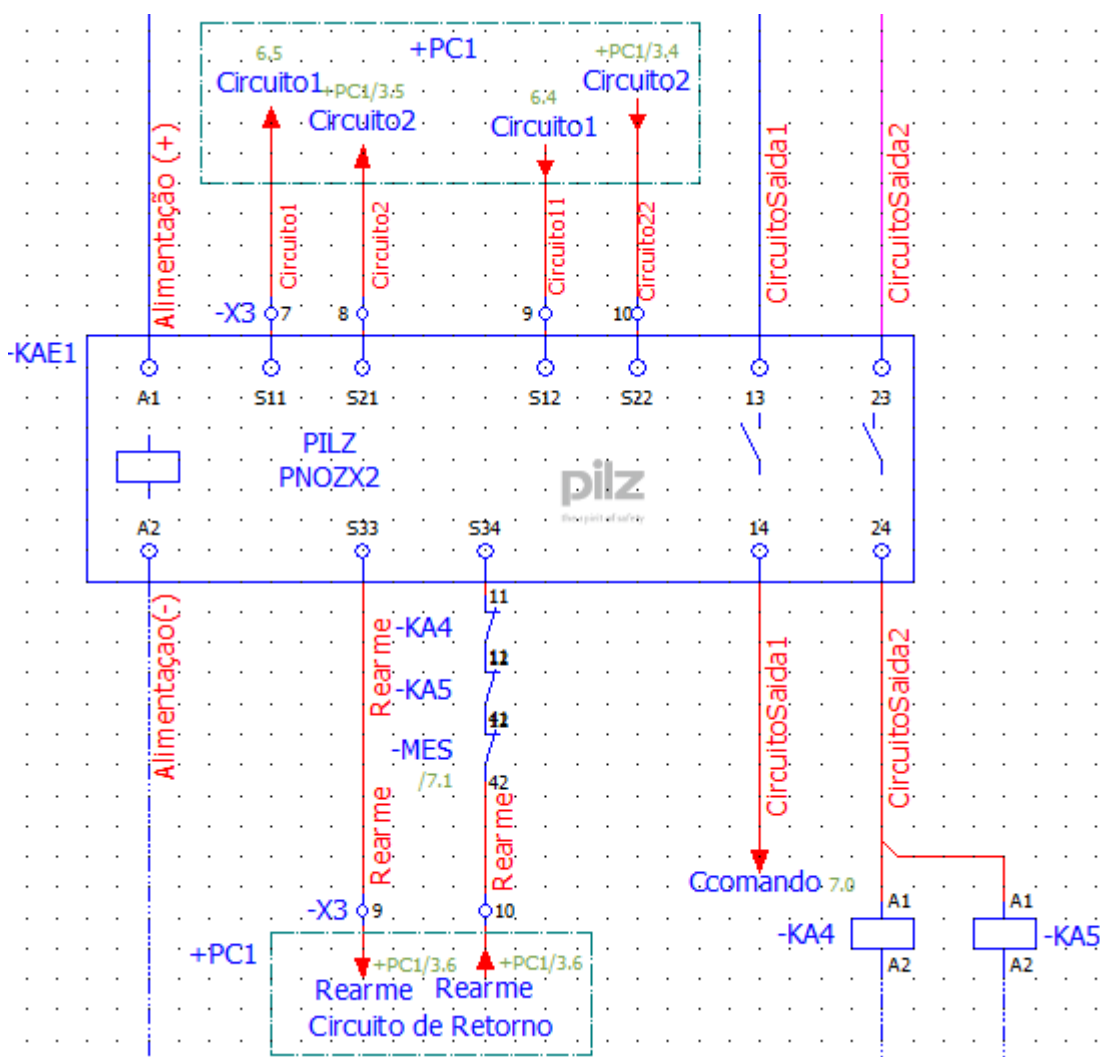


Figura 47 - Configuração elétrica de um exemplo de relé de segurança [12].

O relé de segurança ou emergência da Figura 47 é alimentado através dos contatos A1(+) e A2(-) e faz a monitorização do circuito 1 e o circuito 2 a partir dos contatos T11, T12, T21, T22. Existe um outro circuito de monitorização denominado circuito de retorno entre os pontos de conexão Y1 e Y2. Esta ligação serve para controlo e monitorização da posição dos atuadores, os quais são controlados ou desligados através dos contatos presentes no circuito 1 e no circuito 2. Estes circuitos têm referências cruzadas para o painel de comando como se pode ver através da etiqueta da caixa de estrutura (“+PC1”) e continuam na Figura 48. A razão dos contatos “-MES1”, “-KA4” e “-KA5” é originada da redundância de segurança que permite que o relé não perca as suas funcionalidades de segurança mesmo em caso de defeito de ligação nos circuitos monitorizados. Neste caso dois relés com contatos NF disponibilizam os contatos de ligação seguros para o relé prosseguir mesmo em caso da falha referida. O relé de segurança como se pode ver pelas cores nos condutores, é alimentado pela “Alimentação Circuito de segurança” em A1(+) e no contato de saída 13,14, enquanto o circuito de saída 23,24 que tem os contatos “-KA4” e “-KA5” já é alimentado por a alimentação de Circuitos de entradas. O que quer dizer que se o relé de segurança estiver *offline* por defeito elétrico e o circuito ACS aberto, o circuito de entradas continua alimentar os relés “-KA4” e “-KA5” para concretizar a redundância de segurança já enunciada.

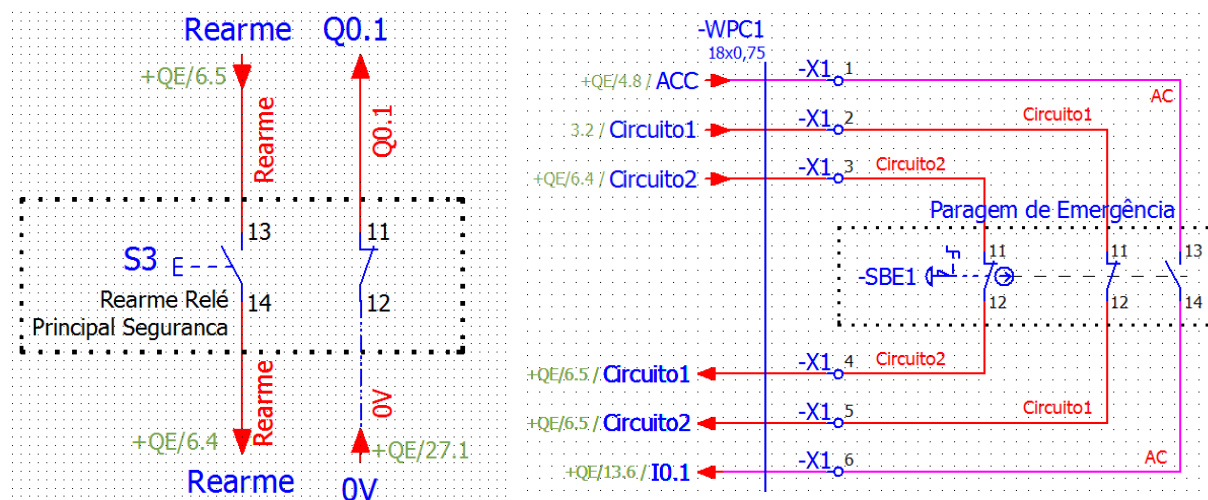


Figura 48 – Da esquerda para a direita: Circuito de retorno – Botão para meter máquina em serviço; Botoneira de paragem de emergência que faz parte do circuito de monitorização do relé.

Na Figura 48 podemos ver na imagem à esquerda a representação de uma botoneira denominada “S3” com a funcionalidade “Rearme Relé Principal Segurança” que faz parte do circuito de retorno do relé de segurança. A lógica é que cada vez que o relé de segurança dispare por qualquer defeito elétrico nos circuitos 1 e 2, o operador terá que armar de novo o mesmo, pressionando a botoneira S3. Na imagem mais à direita encontra-se os circuitos monitorizados, como se pode ver o relé de segurança vai supervisionar dois contatos com a mesma linha de atuação referentes à botoneira da paragem de emergência. Existe também nesta botoneira um contato NA que vai “avisar” o autómato em caso da ativação da botoneira, isto para identificar possíveis defeitos.

Relativamente aos circuitos de saída, ligados aos terminais 13, 14, 23, 24 na Figura 47, que serão desenergizados em caso de circuito aberto nos circuitos dos canais de segurança, poderão fazer parte outros relés de segurança em projeções mais cautelosas, entradas de autómato para detetar defeitos no próprio relé de segurança ou circuitos de comando, como é o caso. Este tipo de circuitos será discutido a seguir.

No que toca à obra exemplo para além deste relé de segurança, foi projetado um outro com uma função mais específica: verificar a abertura ou o fecho da porta representada na Figura 49, e para a trancar caso necessário. A configuração elétrica para alcançar este tipo de funcionalidade está representada na Figura 50 e Figura 51. O relé de segurança monitoriza os dois canais (um deles para redundância de segurança), e tem uma das saídas ligadas ao autómato, para que caso exista defeito no PNOZ X2 seja possível saber. O relé de fim de curso, situa-se na máquina, como podemos ver pela caixa de estrutura, dá um sinal ao autómato pela entrada I1.3 ao realizar o fecho, e destranca a porta caso receba sinal através da saída de autómato Q0.4. Existem duas lâmpadas no fim de curso da porta que anunciam se a porta está trancada ou destrancada.



Figura 49 – Porta do gradeamento de segurança em redor da célula flexível de produção.

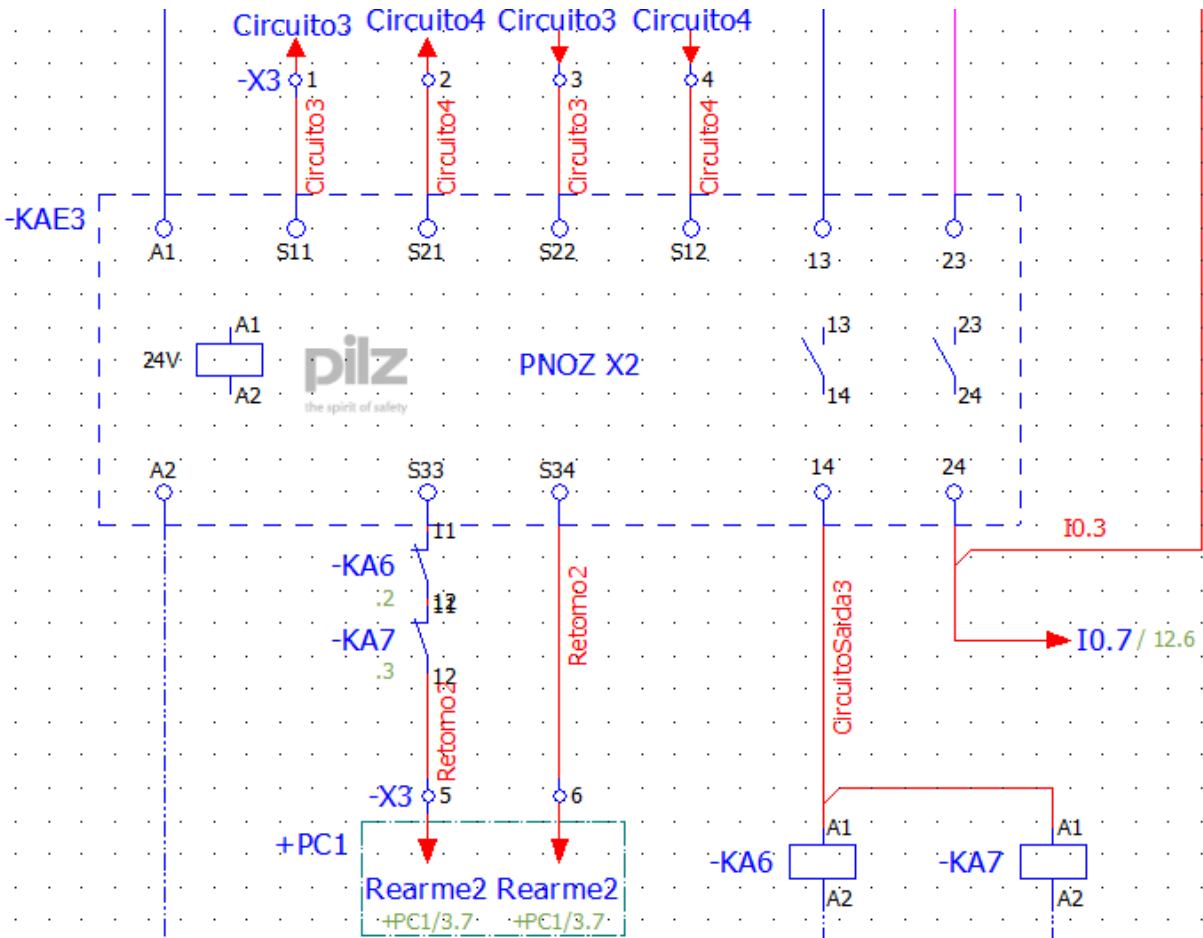


Figura 50 – Relé de segurança para monitorizar fim de curso de acesso à célula,

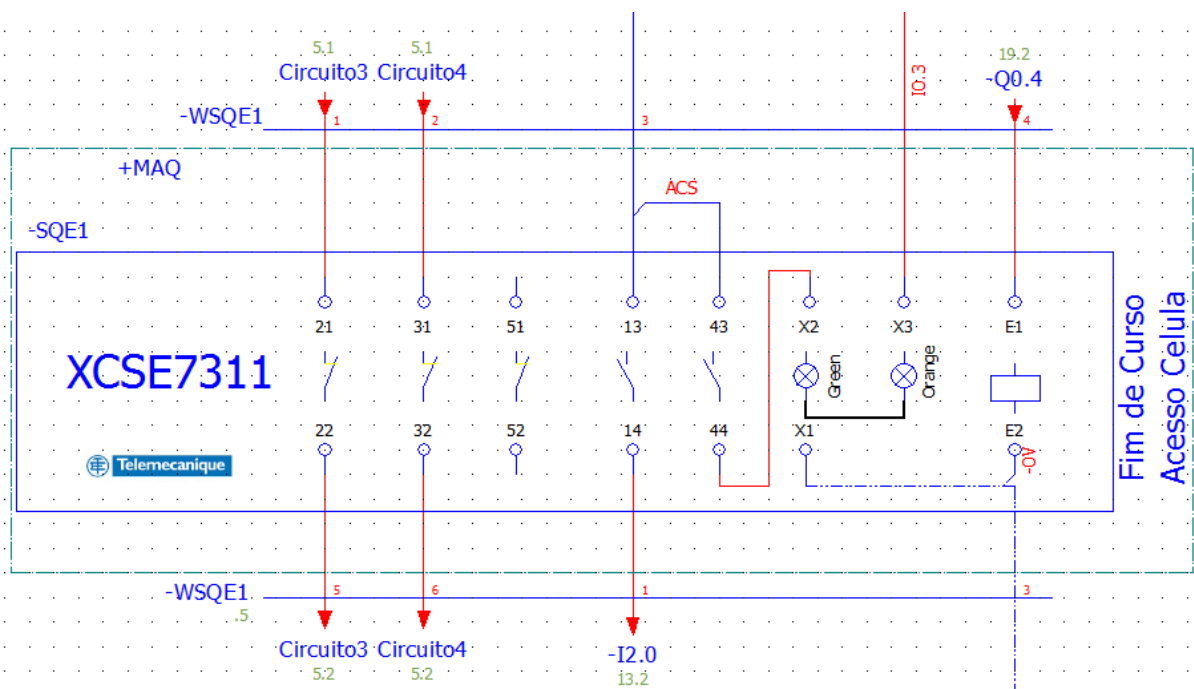


Figura 51 -Fim de curso de acesso à célula flexível de produção.

## Circuito de Comando

Os elementos do circuito de comando estabelecem uma *interface* operador-máquina e têm a função de proteger o operador e proporcionar uma lógica de comando, para que este possa comandar a máquina industrial de uma forma fácil e segura.

Na elaboração dos circuitos de comando, deve-se prever um circuito de comando funcional para todos os elementos do circuito, como motores, elementos do grupo hidráulico etc., que precisem de ser comandados independentemente das outras partes da instalação.

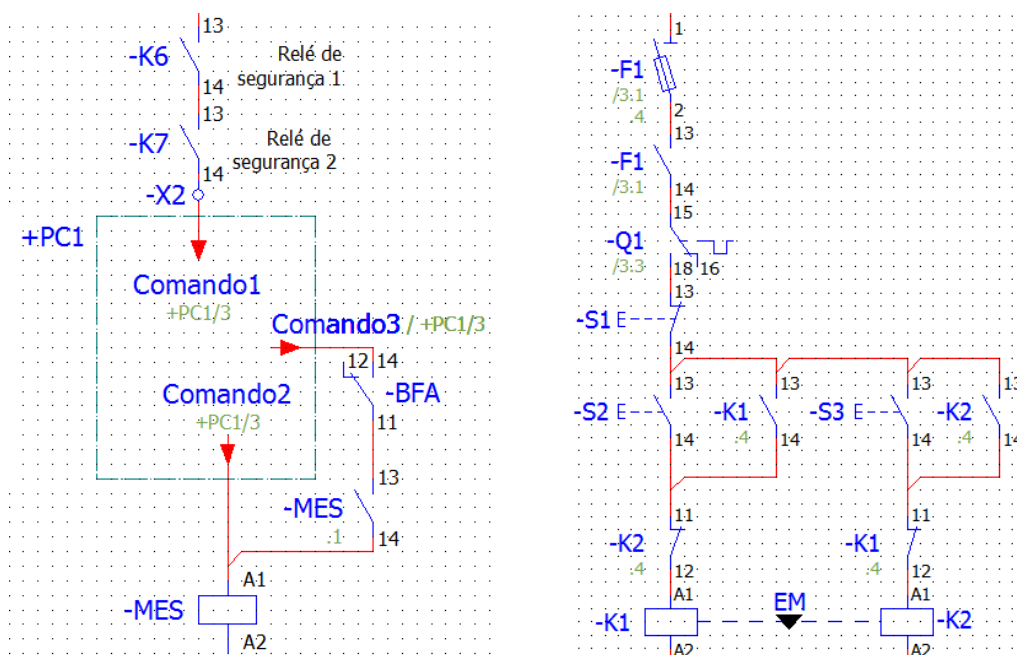


Figura 52 – Da esquerda para a direita: Circuito de comando típico envolvendo o painel de comando 1. Circuito de comando de motor da Figura 40.

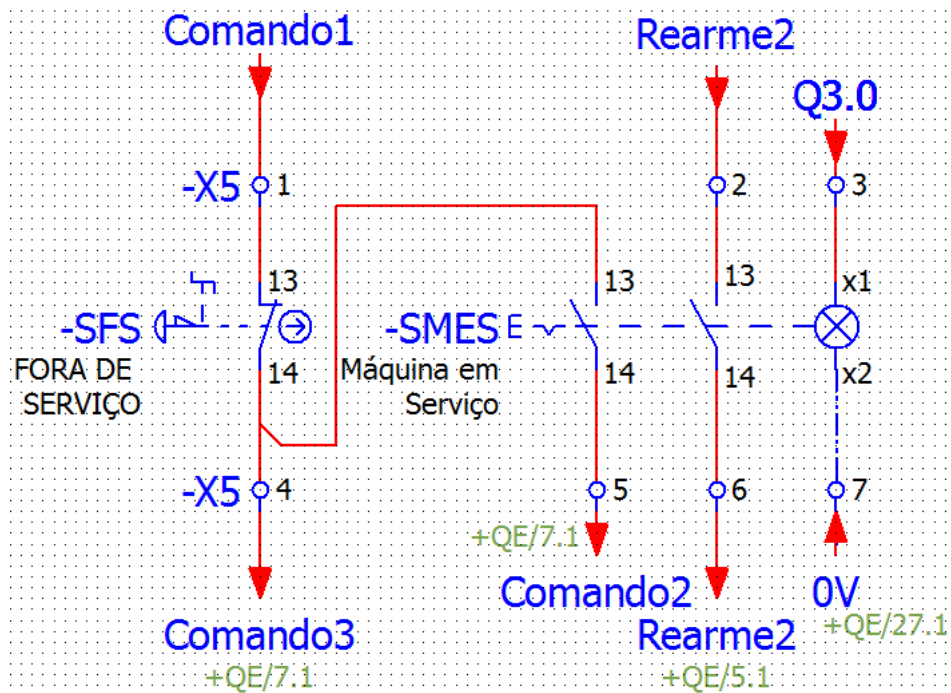


Figura 53 – Botoneiras do circuito de comando da Figura 52.

Na Figura 52 na imagem mais à esquerda, podemos ver um circuito de comando típico para controlo do funcionamento da máquina. Este circuito continua na Figura 53. A lógica de contatos é a seguinte: o contato MES, acrónimo de “Máquina em Serviço”, é acionado caso certas condições sejam encontradas, condições essas que se encontram traduzidas em contatos NA ou NF. Os contatos K6 e K7 representam contatos do relé de segurança que vimos na Figura 47, por isso é necessário que o relé de segurança geral esteja em funcionamento para que a máquina entre em serviço. Em seguida, é necessário que a botoneira de emergência “-SFS” se encontre desencravada, ou seja o contato se encontre no seu estado normal (fechado). Seguindo o circuito da Figura 53 surge uma botoneira pulsadora (SMES), o operário ao carregar nesta botoneira aciona o contato MES através dos contatos da bobine A1 e A2 (Figura 52). Apesar de o contato do botão abrir logo de seguida quando o operador levantar o dedo e deixar de pressionar, a corrente elétrica continua a passar através do contato MES pelos terminais 13 e 14. Isto no caso de o contato BFA, acrónimo de (“Bom Funcionamento do Autómato”) se encontrar fechado. Este é um contato que deve existir sempre, por impor as condições a nível de programação, que vão para além das elétricas, no anexo B é possível ver partes de código que demonstram isto mesmo. Na Figura 54, na imagem à esquerda, podemos ver um dispositivo exemplo de controlo a relé para ser o contato MES. Um pormenor a realçar na Figura 53 é o contato NA com linha de atuação ligado à referência cruzada “Rearme2”, isto diz respeito ao relé de segurança da Figura 50, assim ao se pressionar a botoneira para meter a máquina em serviço, faz-se o rearme automático do relé de segurança que comanda a porta.



Figura 54 – Da esquerda para a direita: Exemplo de dispositivo de controlo a relé para o “MES”; exemplo de relé térmico para proteção de motores.

Nos circuitos de comando dos motores, estes devem ser concebidos por forma a impedir um arranque automático de um motor após uma paragem em consequência de um abaixamento ou de falta de tensão, se esse arranque for suscetível de causar perigo. Quando a travagem de um motor for feita por corrente inversa (contracorrente), devem ser tomadas as medidas adequadas por forma a evitar a inversão do sentido de rotação no final da travagem, se essa inversão causar perigo. Quando a segurança depender do sentido de rotação de um motor, devem ser tomadas as medidas adequadas por forma a evitar o funcionamento em sentido inverso provocado, por exemplo, pela falta de uma fase [9].

Na Figura 52 imagem mais à direita, encontra-se um circuito de comando de motor típico para controlar o circuito de potência do motor transportador representado na Figura 40. A lógica de contactos é a seguinte: o interruptor seccionador com fusível, trifásico (“-F1”), necessita de estar atracado e é necessário que os fusíveis não estejam fundidos para o motor “-M1” funcionar; de seguida é necessário que o relé térmico tripolar (“-Q1”) esteja acionado, o seu acionamento é operativo automático e térmico. Depois, desde que o botão de pressão S1, que é um contacto normalmente fechado por segurança, esteja no seu estado normal, é possível acionar um dos contactores e ligar o motor num sentido ou no outro. Existe segurança no circuito para prevenir que seja ativado nos dois sentidos ao mesmo tempo, quer eletricamente através da presença do contacto “-K2” como fechado (sendo um contacto NA) para acionar o contactor “-K1”, quer o inverso se se pretender ligar o motor no sentido de marcha contrário; também existe encravamento mecânico como se vê na Figura 52. Tudo isto para assegurar o máximo de segurança na célula de fabrico.

## Redes Industriais

Depois de desenhados os circuitos de alimentação e potência, e os circuitos a 24V, é aconselhado elaborar-se esquemáticos com a estrutura das redes existentes, caso existam. Com o objetivo de clarificar as suas topologias, as ligações entre os dispositivos, a identificação dos cabos e por vezes a identificação dos vários IP’s atribuídos se estes não forem obtidos via DHCP.

Na Figura 55 e Figura 56 encontra-se um exemplo de uma rede ethernet, com um autómato bechhoff CX8090 uma consola da siemens HMI Panel PC Ex de dezanove polegadas, dois *switch* CU2005 da bechhoff, duas máquinas de controlo numérico e um computador industrial IPC627C da Siemens, todos ligados em rede.

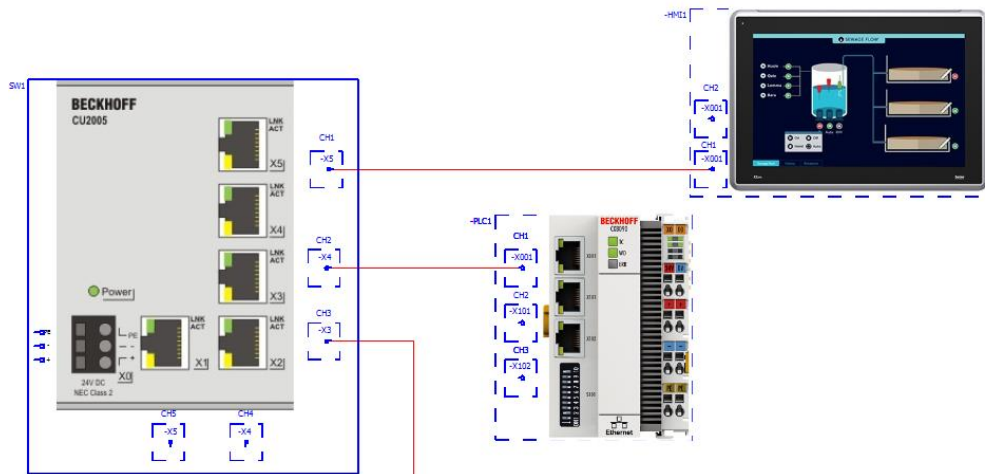


Figura 55 – Parte da rede ethernet implementada: Autômato CX8090 uma consola HMI da beijer e um Switch da Beckhoff.

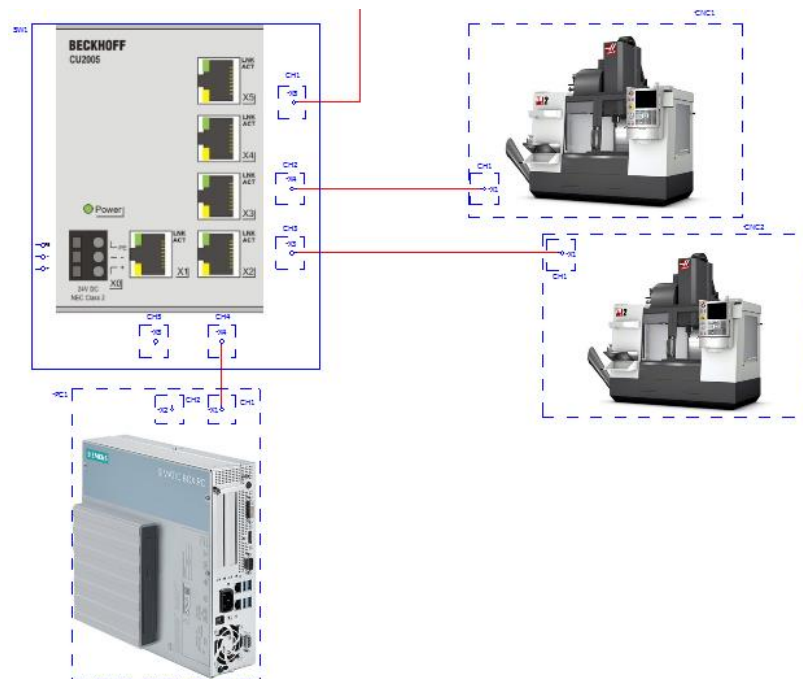


Figura 56 – Parte da rede ethernet implementada. O switch já visto na Figura 55 mais as ligações das duas CNC’s e de um computador industrial SIEMENS.

### Autômato, cartas e módulos remotos.

A seguir, é usual mostrar a disposição geral do autômato com as cartas e a respetiva alimentação da tensão de comando “AAP”, embora com o uso de várias cartas poderá ser necessário usar os módulos de separação de potencial e usar outras tensões de comando como a tensão “AE” e a tensão “ACC” distribuindo assim as cargas.



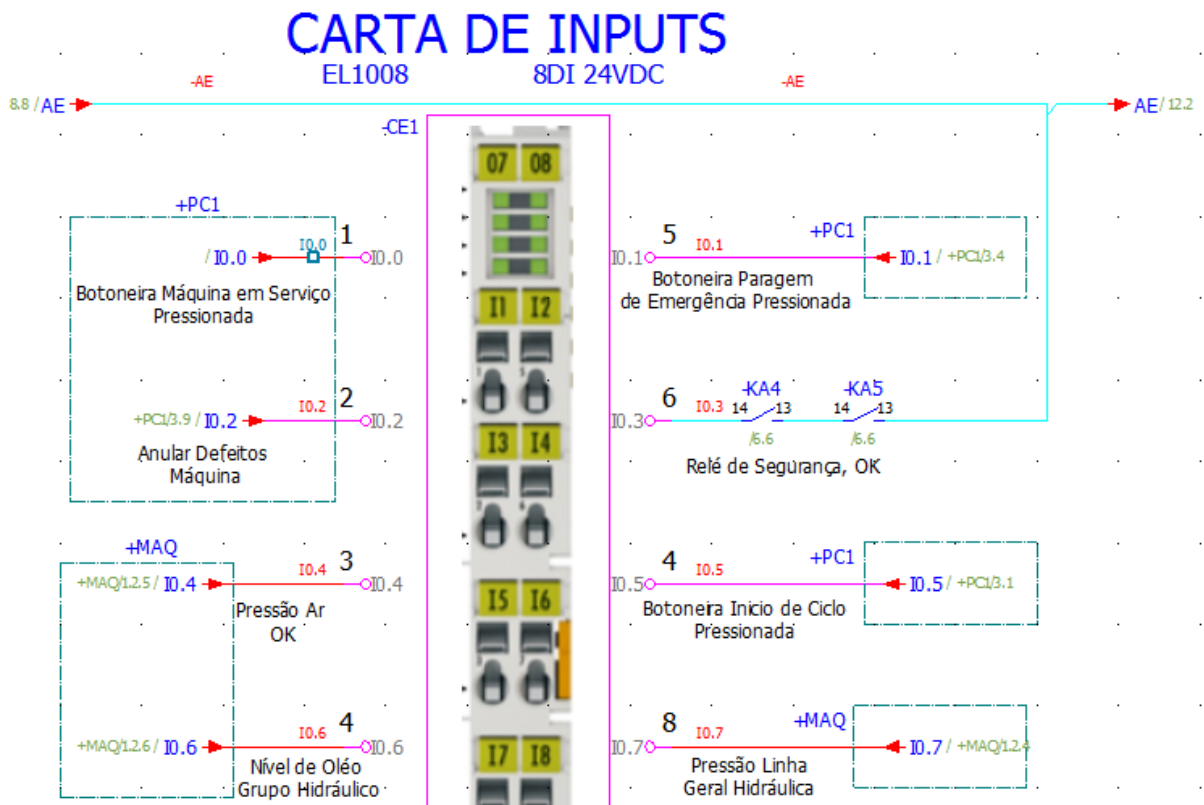


Figura 58 - Desenho de uma carta de entradas.

### Alimentações comuns para o exterior do quadro elétrico

No final de desenhados todos os circuitos é usual criar uma página onde estão representadas as alimentações a 24V que vão aos bornes dispostos no quadro elétrico geral e saem para o exterior, para alimentarem circuitos em caixas ou painéis de comando, balizas luminosas, postos de trabalho ou aparelhagem na máquina em si.

Na Figura 59, temos um exemplo de alimentações comuns que saem do quadro elétrico. Podemos ver a tensão de comando AAC a ir à régua de bornes X4, aos bornes 1,2,3 e 4 especificamente. E a partir daí seguir para ao painel de comando 1 e para a máquina.

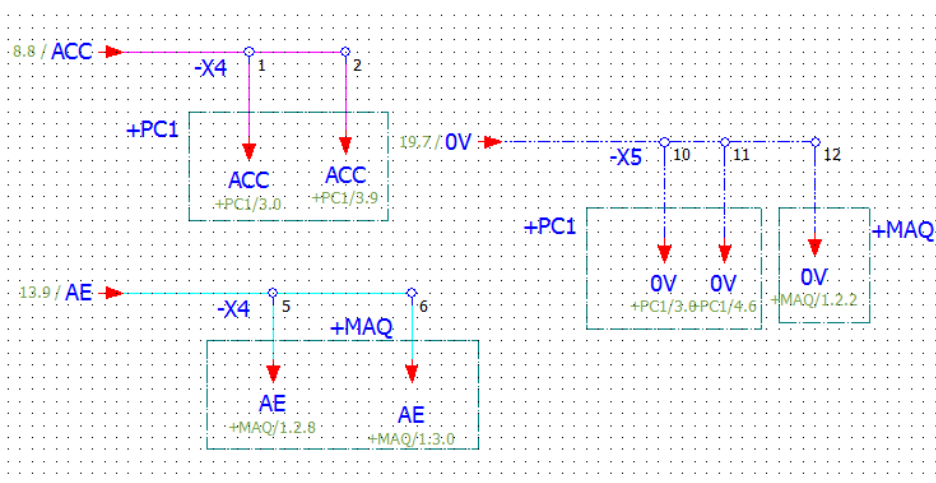


Figura 60 - Exemplo de alimentações a 24V que vão para o exterior do quadro elétrico.

## Diagrama de bornes

Também no final é usual dispor o diagrama de bornes no final de cada “Local de Montagem”, consoante as referências que foram sendo colocadas ao longo do circuito, como demonstrado na Figura 61. Isto é feito automaticamente pelo EPLAN após configuração.

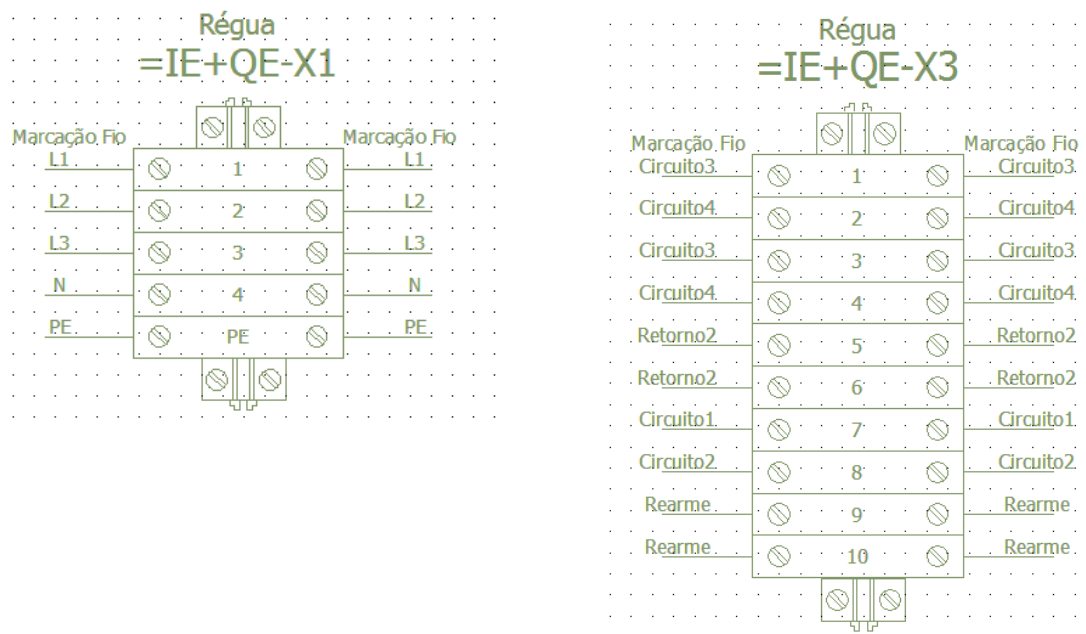


Figura 61 – Exemplo de diagrama de bornes da régua X2.

## Implantação do quadro elétrico

Finalmente, e para o caso de o local de montagem ser o quadro elétrico, projeta-se o quadro no seu interior e exterior, descrevendo as suas cotas a nível do armário, calhas e equipamentos e a sua disposição dentro do quadro. Desenhando tanto o interior como o exterior do quadro elétrico como na Figura 62 e Figura 63.

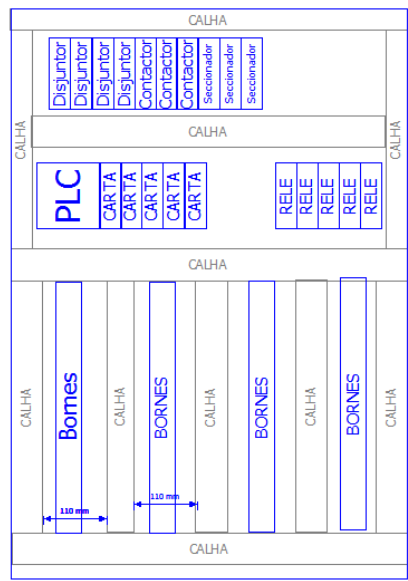


Figura 62 – Exemplo de desenho do interior de um quadro elétrico.



Figura 63 - Exemplo de desenho do exterior de um quadro elétrico.

No caso do local de montagem ser o painel de comando 1, por exemplo, deverá-se-á representar todas visões do painel de comando necessárias, bem como todas as suas cotas tanto para conhecimento das dimensões como para efetuar cortes de modo a introduzir botoneiras ou a própria consola. Isto vem demonstrado na figura abaixo, a Figura 64.

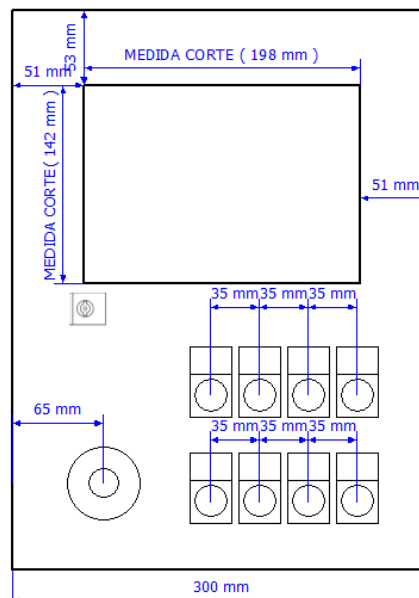


Figura 64 - Cotas do painel de comando 1 da obra.

### 4.3 Boas Práticas com o software LabView

Sendo o LabView um ambiente de desenvolvimento altamente conceituado para desenvolver aplicações sofisticadas de medição, controlo de sistemas e teste é natural a sua escolha no desenvolvimento de aplicações para as máquinas de ensaio e controlo desenvolvidas na SIRMAF.

Assim, e pelo facto de o aluno ter tido contato com esta programação gráfica antes do estágio, foram-lhe apresentadas oportunidades para que aplicasse o seu conhecimento, e o aprofundasse. Tal sucedeu ao abrigo das obras 06 e 07, já descritas, para as quais estudou a documentação das formações Core 1, Core 2 e Core 3 da National Instruments que lhe foram facultadas a fim de desempenhar as várias tarefas que lhe iam sendo solicitadas. Na realização dessas tarefas e sobre a orientação do Eng. Luís Costa, experiente programador de LabView na empresa em questão, o aluno aprendeu a estruturar, elaborar, e fazer o *debug* de aplicações em LabView.

Sendo o LabView uma linguagem de programação gráfica, as suas aplicações devem ser desenvolvidas com um desenho claro e de fácil leitura para simplificar o *debug* e possíveis alterações futuras, sem obrigar a um redesenho que custe tempo e dinheiro. Consome mais tempo ao programador a leitura e entendimento de código mal desenhado do que criar, com método, código legível e de fácil entendimento. Existem várias diretrizes importantes na conceção de uma aplicação. É necessário organizar o VI (*Virtual Instrument*) recolocando os objetos de modo a tornar o código o mais legível possível, criando e usando sub-VI's, e criando comentários em partes que sejam mais confusas. Este procedimento também irá possibilitar reduzir o espaço de ecrã do bloco diagrama ao mínimo para que não haja necessidade de *scroll*, ou em caso disso, seja apenas numa direção.

A nível de painel de comandos é aconselhável que o *design* e o nome dos controlos e indicadores tenham significado e sejam fáceis de interpretar; o mesmo se aplica a nível da designação de ícones de VI's. É de evitar algoritmos demasiado complexos, pelo menos sem uso de sub-VI's, e lógica desnecessária ou redundante. É também aconselhável o uso de máquinas de estado em vez de estruturas sequenciais com variáveis locais, para delimitar o fluxo dos dados. Por fim, aconselha-se sempre o uso de desenho baseado em eventos em vez de *pooling*.

Todos estes critérios reduzirão também a deterioração do ciclo de vida do código, resultante de alterações para cumprir objetivos de curto prazo, por vezes feitas sem a clara compreensão do conceito da aplicação. Pontualmente é necessário reformular o desenho de uma aplicação já criada sem alterar o seu comportamento externo. Este processo denominado de refatoração não altera por isso a *interface* do utilizador (painel frontal) e a forma como interage com o cliente, sendo as modificações que exige apenas visíveis para o programador, a nível do diagrama de blocos.

Outra questão que pode ser crucial na conceção de uma aplicação são os recursos de processamento, que o programador deve ter sempre em mente ao criar a aplicação. Especialmente na criação de estruturas de controlo, e tendo em conta que o LabView é um programa que executa de acordo com as regras de programação em fluxo de dados, deverá avaliar-se o tempo necessário de processamento entre iterações consoante as necessidades da aplicação e os recursos de *hardware* disponíveis. Esta avaliação poderá suscitar a necessidade de otimizar o código, um conceito diferente da refatoração, que tem como objetivo alterar a estrutura interna de um programa de modo a torná-lo mais fácil de ler, entender e manter. Poderão até ser conceitos incompatíveis em aplicações onde é necessário abdicar da legibilidade para melhorar a *performance*.

#### 4.4 Consolas Beijer - iX Developer

Durante o estágio o aluno foi estando em contato com equipamentos de diferentes fabricantes conceituados no mundo da automação. Relativamente a autómatos e consolas HMI as marcas com as quais esteve mais contato foram a Siemens e a Beckhoff. Assim, trabalhou com programas como o Simatic Step 7, o WinCC e principalmente, com o iX Developer na obra 02 em programação de consolas Beijer.

O programa iX Developer apresenta grandes potencialidades que exigiram ao aluno conhecimentos técnicos no domínio da programação de *software*, pelo facto de permitir a criação de *scripts* numa linguagem de programação de alto nível, orientada a objetos, o C# que possibilita um alto grau de funcionalidade. Através da criação de *scripts* muitas funcionalidades que podiam apenas ser realizadas diretamente pelo autómato podem, agora, ser realizadas pela consola. Exemplos dessas funcionalidades são a leitura do código de barras, bem como a gestão de *Kanbans*. É possível também criar *templates* através dos *scripts* possibilitando a alteração de nomes de páginas, botões, mensagens, cores, etc, diretamente nesses mesmos *scripts* consoante as especificações dadas pelo cliente de uma forma simples e automatizada. As consolas Beijer possíveis de já integrarem este tipo de programação conseguem também trocar informação entre vários autómatos, em rede, mesmo sendo de marcas diferentes, de uma forma simples e rápida sem necessidade de implementar código usando um servidor OSP (*Open Platform Communications*).

Todas estas vantajosas possibilidades levaram o aluno a aprofundar os seus conhecimentos sobre o programa e a linguagem de programação C# em ordem a realizar as tarefas que lhe iam sendo propostas, apreendendo as boas práticas e as metodologias da SIRMAF, estudando os manuais do *software*, e pesquisando na *internet* em fóruns e *websites* apoio na aprendizagem da linguagem. Esse conhecimento permite-lhe agora, tal como no desenho de esquemas com o EPLAN descrever linhas gerais para desenvolver uma aplicação iX Developer que satisfaça as exigências da indústria atual, no que toca à visualização industrial na *interface* entre operador e máquina.

## **Diretrizes para a criação de uma aplicação iX Developer**

### **4.4.1.1 Estrutura da aplicação**

No planeamento de uma aplicação deve-se ter em conta a estrutura de ecrãs que deverá estar em concordância com o processo e o programa implementado no PLC, e com a estrutura da obra (esta deverá ser decidida à priori na conceção do projeto elétrico) onde deverão estar enunciados o número de postos de trabalho e (ou) zona(s) de trabalho, sensores e detetores bem como a sua funcionalidade, e outro equipamento como: máquinas de controlo numérico, robôs, tapetes transportadores.

Recomenda-se, por norma, o uso de uma forma hierarquia de navegação entre ecrãs, tendo em conta a importância de visualizar numa primeira instância informação resumida e de fácil interpretação, em ecrãs de níveis hierarquicamente mais elevados e depois, se necessário, encontrar informação mais pormenorizada em ecrãs de níveis inferiores. Por exemplo, poderemos criar um ecrã de menu principal onde é possível visualizar o estado geral do processo e dos seus intervenientes principais (sensores, robôs, CNC's), e um ecrã denominado "Visualização" onde é possível aceder a particularidades desses elementos, como visualizar o estado duma CNC: se a porta está aberta ou fechada, se a máquina está em ciclo de maquinação ou não. Na Figura 65 encontra-se um exemplo de estrutura de ecrãs e o conteúdo dos mesmos vai ser discutido mais à frente. Também deverá ter-se em conta a importância de informação de alguns ecrãs no mesmo nível hierárquico em detrimento de outros. Por exemplo, o ecrã de alarmes poderá ser acedido através de um ecrã de "Menu principal" tal como o ecrã do modo automático ou do modo manual da máquina, mas pela sua importância também deverá ser possível acedê-lo através do ecrã modo automático, ou modo manual, no caso de surgir algum alarme, embora o contrário não se justifique. O ecrã de alarmes e de entradas e saídas do autómato deve ser possível de aceder de qualquer ecrã, pela sua importância.

Consoante as dimensões da obra, poderá considerar-se a criação de um ecrã sinóptico, para promover uma visualização global e fácil de todo o processo, quando existirem vários postos/zonas de trabalho e(ou) elementos.

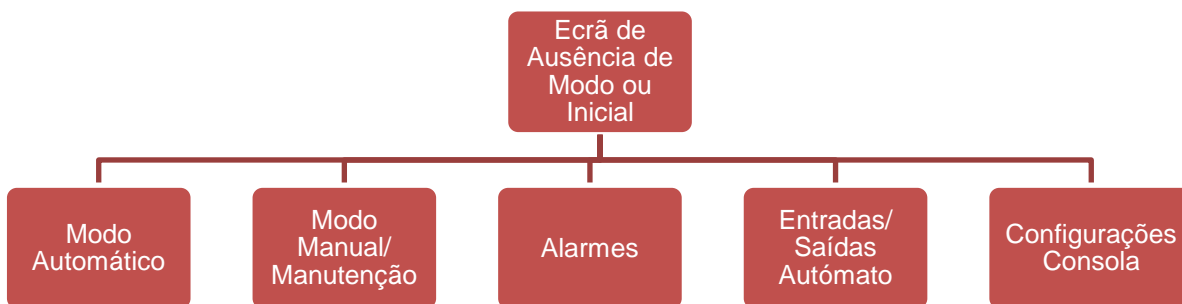


Figura 65 - Organograma duma possível hierarquia geral de ecrãs.

A partir de um ecrã do tipo de modo automático, poderão existir ramificações para N elementos, ou postos de trabalho, e as condições necessárias para estes entrarem em ciclo automático como ilustrado na Figura 66. No caso de a máquina ter só um ou dois postos de trabalho, e ser de resto totalmente automatizada poderá ficar com uma estrutura como na Figura 67. Uma estrutura idêntica poderá ser usada para o modo manual, embora para este modo não sejam necessárias condições iniciais.

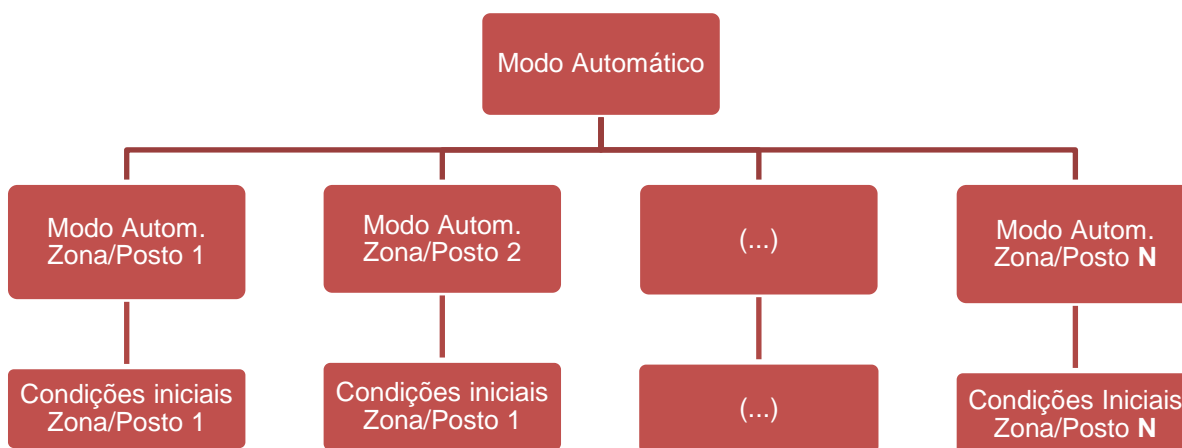


Figura 66 - Organograma duma possível hierarquia de ecrãs Modo Automático.

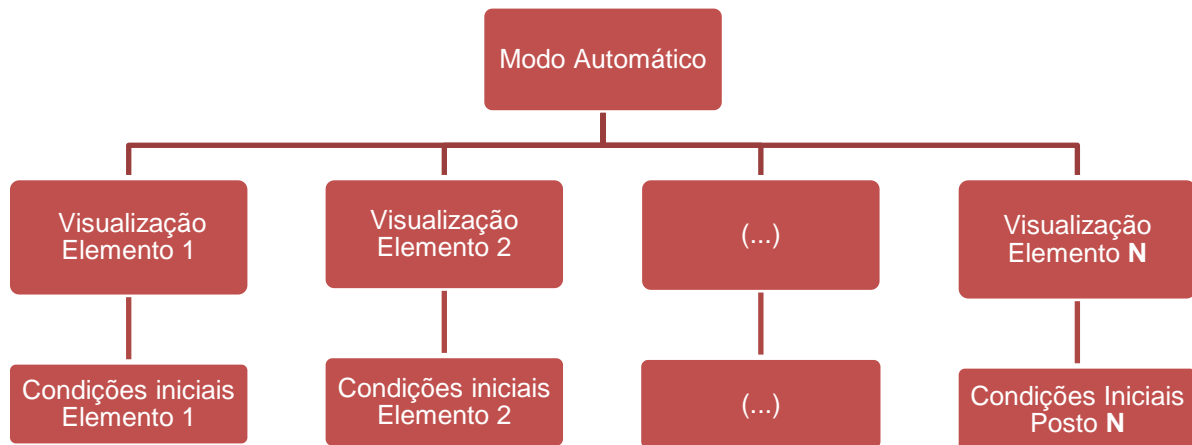


Figura 67 – Organograma duma possível hierarquia de ecrãs Modo Automático.

#### 4.4.1.2 Design da aplicação

Num passo seguinte, e já com uma ideia da estrutura é aconselhado que o programador tenha alguma ideia sobre o *design* que pretende, uma vez que isso irá facilitar a criação de funcionalidades. Se o programador já tiver em mente que o melhor será criar um menu de navegação que irá surgir em todas as páginas, sofrendo algumas alterações consoante a página onde se está, por razões de facilidade de acesso e de *design*, então ele poderá criar desde logo o menu em forma de *template* e um script *main* adequado, que altere esse mesmo menu.

A ideia do *design* na programação das consolas, deverá ter em conta a especificidade do cliente e se for caso disso, a identidade visual da empresa: as suas cores representativas e o seu logótipo, ou *slogan*; que poderão aparecer no cabeçalho ou rodapé no caso de existir um ou outro. Não sendo este um desejo do cliente, e se lhe for permitido, a empresa criadora do programa poderá preencher com o seu próprio logótipo e *slogan*. É preciso ter em conta que um *design* apelativo motiva o operador e facilita a interação entre este e o ambiente de trabalho de uma forma positiva, o que leva a um fluxo de trabalho mais eficiente e à redução dos tempos de paragem - considerados tempos “mortos” na indústria –, fatores que proporcionam uma maior rentabilidade.

Alguma inspiração no desenho dos ecrãs poderá ser retirada de produtos para o consumidor final tais como aplicações para computadores pessoais, telemóveis, leitores de MP3, etc. pois essa é a atual tendência da visualização industrial, em que o HMI passa a ser mais uma aplicação com um grafismo idêntico a tantas outras que usamos todos os dias. O objetivo é tornar as máquinas tão intuitivas de utilizar como hoje são os computadores pessoais e os telemóveis.

É recomendado o uso de *templates*, pois estes podem reduzir bastante o tempo de desenho e de *scripting*. Uma sugestão será criar *templates* uniformes de ecrãs de visualização e de objetos para poder reutilizar as vezes que forem necessárias. É recomendado também a composição de uma biblioteca de imagens bem estruturada e nomeada, com diversos ícones possíveis de serem usados mais tarde, uma vez que a procura de determinado ícone poderá consumir tempo precioso.

#### 4.4.1.3 Funcionalidades da aplicação

Quanto às funcionalidades estas devem ser sólidas e confiáveis, e a programação das mesmas deve ir ao encontro das dimensões do projeto e do processamento disponível por parte do *hardware* da consola. Programas muito pesados poderão atrasar o “refrescamento” das páginas. Por outro lado, a consola deve ser vista como um periférico do PLC que tem como principal objetivo ser a *interface* entre o operador e a máquina; as funcionalidades da consola estarão sempre dependentes da sua interação com o autómato. Se o projeto for pequeno é preferível criar *scripts* de pequenas dimensões à medida que são acrescentadas funcionalidades nos vários ecrãs. No caso de um projeto de grandes dimensões em que haja processamento disponível e funções mais complexas e em maior número, deverá criar-se um *script main* bem estruturado que fará a gestão de todas as funcionalidades da consola, e onde é possível fazer alterações ou o *debugging* o código.

Para além da navegação através de ícones e da modificação do *layout* através das propriedades dos objetos, ou do uso de mensagens *pop-ups* desencadeadas por eventos, como o início do ciclo automático quando se carrega numa botoneira, existem várias funções a ter em conta, algumas delas uma novidade em *software* de programação deste tipo:

- Sistema de segurança, com controlo de acessos de diferentes níveis;
- Registo de ações – auditoria do operário; essencial na indústria alimentar e farmacêutica;
- Gestão de Receitas;
- Alarmes com grupo de prioridades;
- Pacotes Multilingues;
- Suporte técnico remoto – para resolver problemas remotamente, via internet.

Na definição das *tags*, necessárias para a interação HMI e PLC que garante as funcionalidades, devem ser definidos *pull groups* dependendo da necessidade de leitura e escrita das *tags*. Todas as *tags* e os elementos associados devem ter nomes que facilitem a sua identificação e respetiva função.

### Exemplo de uma aplicação iX Developer

#### 4.4.1.4 A máquina e o processo.

Em ordem a dar a entender os conceitos descritos pelo aluno sobre a elaboração de programas tipo em consolas HMI, irá partir-se do exemplo demonstrativo usado anteriormente em 4.2, da célula flexível de produção que automatiza um processo de fresagem de peças cilíndricas em bruto.

O objetivo da máquina é o de introduzir peças em bruto automaticamente, através de um robô, em duas máquinas de controlo numérico, iniciando-se em seguida o processo de maquinação em cada uma dessas máquinas também de forma automatizada.

O processo é o seguinte: peças em bruto já em dimensões relativamente pequenas, após corte, seguem por um tapete rolante até ao posto de carga das máquinas de controlo numérico. Após ser detetada a saturação, o tapete para. Aí, são por sua vez agarradas pela pinça do robô que tem como função colocá-las em mordaças de amarre de peça já dentro das máquinas de controlo numérico. Em seguida, são feitos vários ciclos de maquinação com o auxílio do robô em cada máquina, consoante o processo de fresagem assim o exigir. Se for pretendido que a peça seja fresada no topo e por baixo por exemplo, então existirá um primeiro ciclo de maquinação para trabalhar o topo, e após a sua conclusão o robô rodará todas as peças 180° e voltará a colocá-las nos amarres de peça para que seja devastada a outra parte. Após todo o processo de maquinação estar concluído as peças são descarregadas nos contentores a granel.

#### 4.4.1.5 Programação da consola beijer.

A instalação possui um painel de comando como é visível na Figura 68, composto por uma consola beijer e um conjunto de botoneiras e sinalizadores.

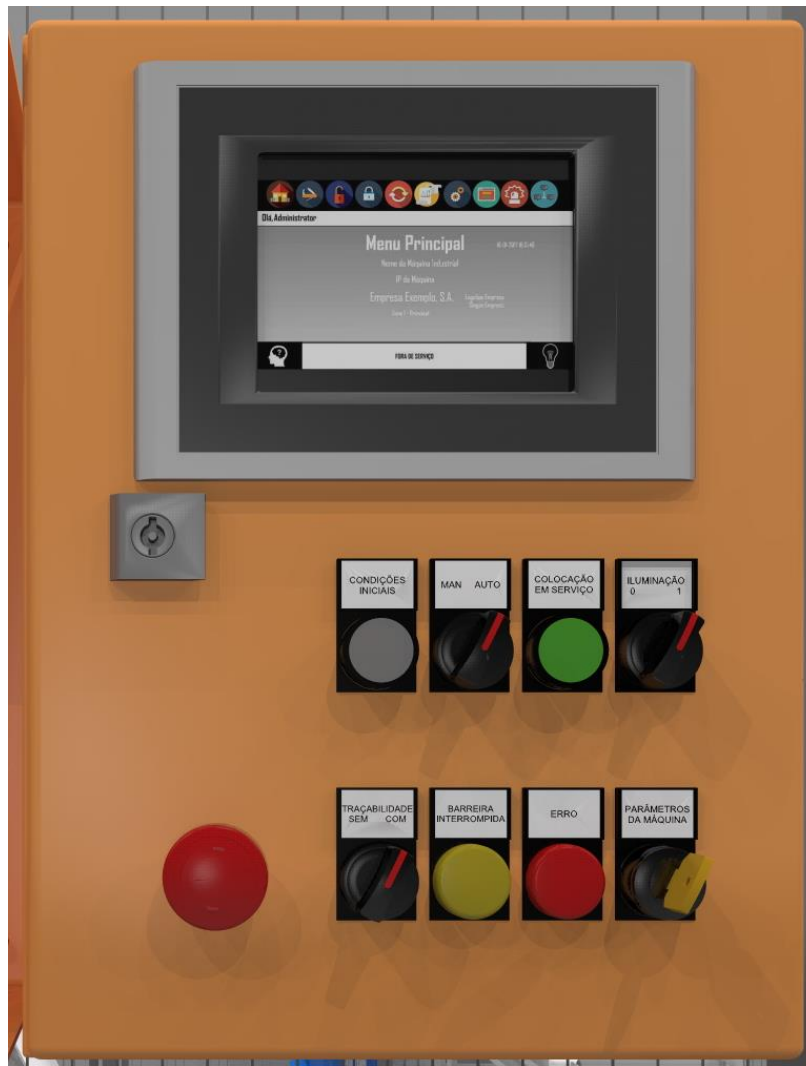


Figura 68 – Painel de comando da obra elaborada.

Na programação da consola optou-se por criar um ecrã inicial de ausência de modo que surge ao iniciar o terminal ou sempre que a instalação está fora de serviço. Neste ecrã poderá colocar-se o nome da empresa, a data e a hora, o IP da consola se esta estiver ligada em rede, e o nome da máquina ou obra. É usual também colocar-se um ecrã reduzido para apresentar mensagens sobre o estado da máquina. Assim no caso da instalação estar fora de serviço surgirá uma mensagem do tipo: “Fora de serviço” que desaparecerá assim que certas condições sejam validadas pelo autómato e transmitidas à consola tais como: disjuntor ok, botoneira de paragem de emergência no painel de comando desencravada; pressão geral ok; ou outras que digam respeito a defeitos na máquina. Também é usual colocar-se neste ecrã botões para efetuar o teste de lâmpadas e aceder à informação do fabricante (a chamada página *about*).

Na Figura 69 podemos ver um ecrã de ausência de modo, simples, em que a sua principal função é assinalar o facto da instalação estar fora de serviço. Tendo só dois botões: um para aceder às informações sobre o fabricante e outro para efetuar o teste de lâmpadas. Nestes casos o próximo ecrã

surge automaticamente após a instalação estar em serviço, com todas as condições necessárias validadas. Na Figura 70 encontra-se um outro exemplo de um ecrã de ausência de modo com um grau diferente de funcionalidade. Este, para além de servir como ecrã de ausência de modo, funciona como ecrã de menu principal a partir do qual é possível aceder a todo o tipo de funções e informações através de um menu de navegação. Assim, mesmo numa fase inicial em que a máquina poderá estar *offline* será possível aceder a informações sobre a produção por exemplo, estado da máquina em certas zonas etc.



Figura 69 – Exemplo de ecrã de ausência de modo.



Figura 70 – Exemplo de ecrã avançado de ausência de modo.

A estrutura de ecrãs criada para a obra sugerida é parecida com a demonstrada na Figura 65, assim através do primeiro ecrã já descrito é possível aceder ao modo manual, modo automático, alarmes, dados de produção, configurações; para além destes mais comuns também se colocou um botão para visualizar a rede industrial. Caso exista um sistema de segurança para controlo de acesso, duas formas são possíveis: não existe nenhum botão para *login* ou *logout* mas quando o utilizador tenta aceder a ecrãs restritos surge uma janela pop-up para fazer o *login*, se efetuado com sucesso aparece um botão para *logout*, este método usa-se quando há dois níveis de acesso apenas; outro método é simplesmente existir um botão para *login* e outro para *logout* no ecrã inicial ou no ecrã de ausência de modo. Este último método usa-se quando existem mais do que dois níveis de acesso, como por exemplo: administrador, superUtilizador, operário, empregado temporário, etc.



Figura 71 – Demonstração do *Log in* na aplicação.

No ecrã de modo automático é necessário que o utilizador possa visualizar o estado do processo, e dos seus elementos. Devem existir sinalizadores que representem o estado dos sensores estejam eles em robôs, tapetes rolantes ou outro tipo de máquinas. Também deve ser possível visualizar as condições necessárias para cada um destes entrar em funcionamento e no caso de existir um botão para inicializar o ciclo automático só deve ser possível atuí-lo se as condições necessárias estiverem validadas, por razões de segurança ou simplesmente por ser impossível eletricamente. Se a leitura de cartão Kanban for necessária para iniciar o ciclo, deve existir um botão para acesso fácil. Nestes ecrãs do modo automático, também deverá existir acesso ao modo manutenção/manual para tratar de parametrizações de forma rápida e eficaz. Na programação exemplo, implementou-se uma estrutura idêntica à Figura 67 para o modo automático, sendo assim possível inicializar o modo automático e ter uma visão do processo através dos seus elementos. Para uma visualização promenorizada do estado de cada um durante o ciclo automático, encontra-se um conjunto de botões que são acedidos pressionando o botão “modo automatico” no menu de navegação como demonstrado na Figura 72, que permitem acesso aos vários elementos. É possível depois navegar entre as várias páginas de

visualização através de um outro menu dinâmico que se altera consoante a página como se pode ver na Figura 73 ou Figura 75. Como numa obra deste tipo é expeável que exista uma rede industrial onde automáto, máquinas de controlo numérico e robô comuniquem, o ecrã demonstra a comunicação que é feita entre robô e PLC, demonstra ainda o estado da rede e denominando-se “Visualização Comunicação Robô”.



Figura 72 – Acesso aos vários elementos em modo automático da obra.



Figura 73 – Modo automático do Robô – visualização.

No caso do utilizador tentar entrar em modo automático, e um dos elementos da obra não tiver as suas condições validadas, deve ser possível visualizá-las. Para isso utiliza-se um ecrã *pop-up* como o da Figura 74, que deverá levar, por sua vez, para um ecrã do tipo da Figura 75. Assim o utilizador pode perceber que operações são necessárias naquele elemento em particular para iniciar o modo automático e efetuá-las.

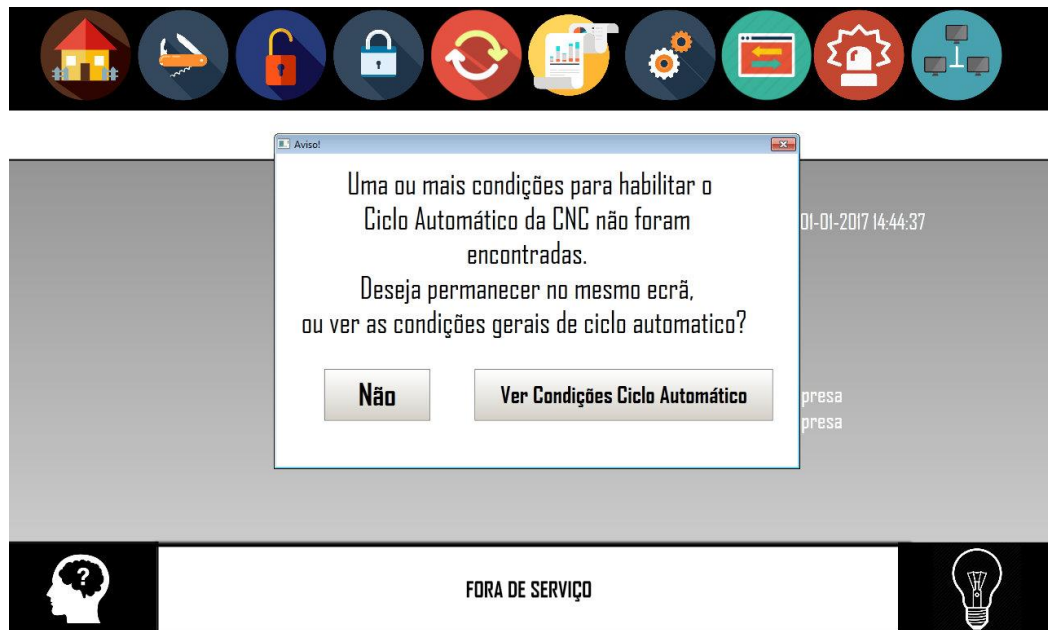


Figura 74 - Demonstração de um ecrã pop-up que avisa sobre a necessidade de validar condições iniciais do ciclo automático.

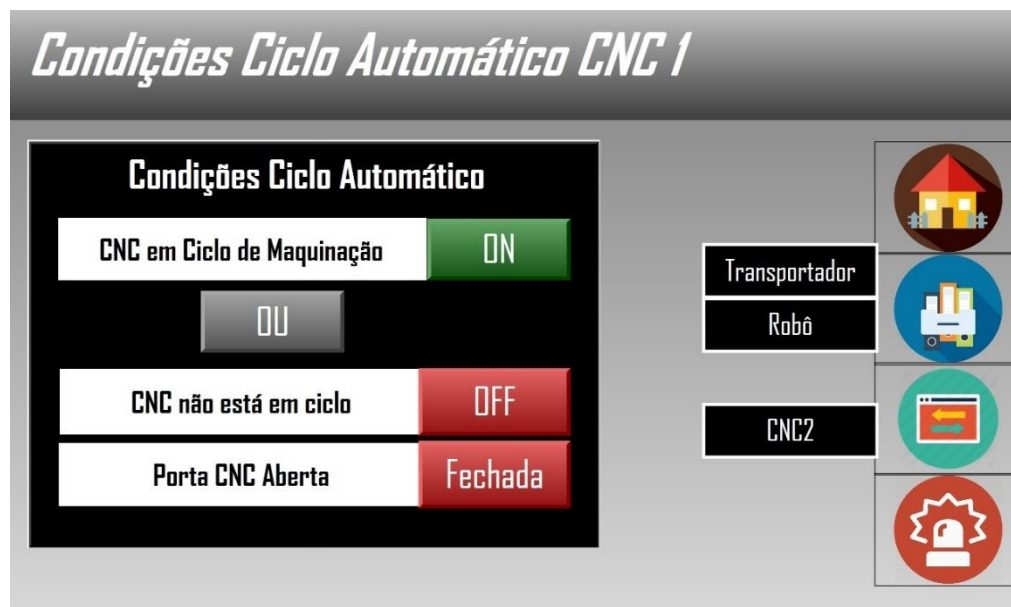


Figura 75 – Condições de início de ciclo automático para a CNC 1.

O ecrã de modo manual deverá possibilitar todo o tipo de testes necessários para fazer a manutenção à máquina e poderá ser de acesso restrito. Deve viabilizar movimentos da máquina; demonstrar o estado de detetores e sensores para verificar defeitos no equipamento ou ferramentas (máquinas, sensores, ferramentas de corte ou golpeamento); fazer parametrizações a nível de tempos, pressão, velocidade, posicionamento de eixos e outras grandezas relacionadas com a máquina; e referenciar *encoders* ou outros dispositivos.

Assim na Figura 76 pode-se ver um ecrã que permite verificar a abertura e o fecho da porta da CNC 1, o trancamento ou destrancamento dessa mesma porta, e o ligar do motor da bomba do grupo hidráulico necessário a essa CNC. À parte disto é possível testar os sensores que detetam estes movimentos na máquina inclusive um pressóstato com a função de detetar um mínimo de pressão hidráulica.

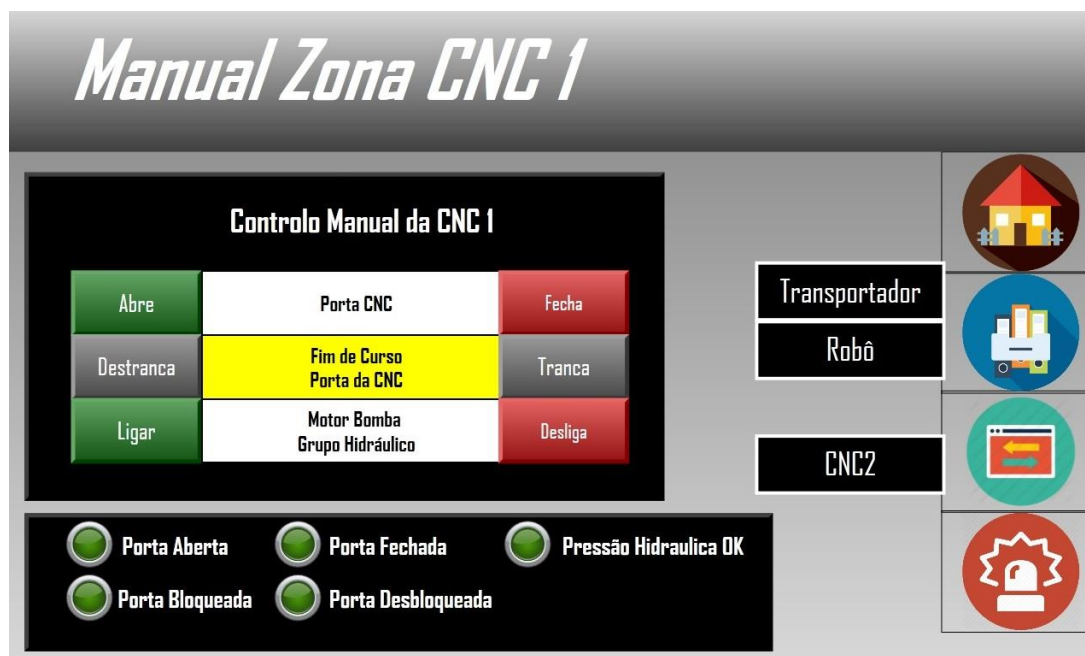


Figura 76 - Ecrã para controlo manual da zona da CNC.

Na Figura 77 referente aos dados de produção, deve ser possível aceder a: filas de espera do produto a fabricar (FIFO ou LIFO) com referência aos cartões de Kanban se for caso disso; contagem do produto fabricado com contagem de produto OK e NOK, referências de produção com receitas e possibilidade da sua gestão e finalmente o controlo de qualidade, que deve referenciar turnos e horas de trabalho, e tempos do ciclo automático.

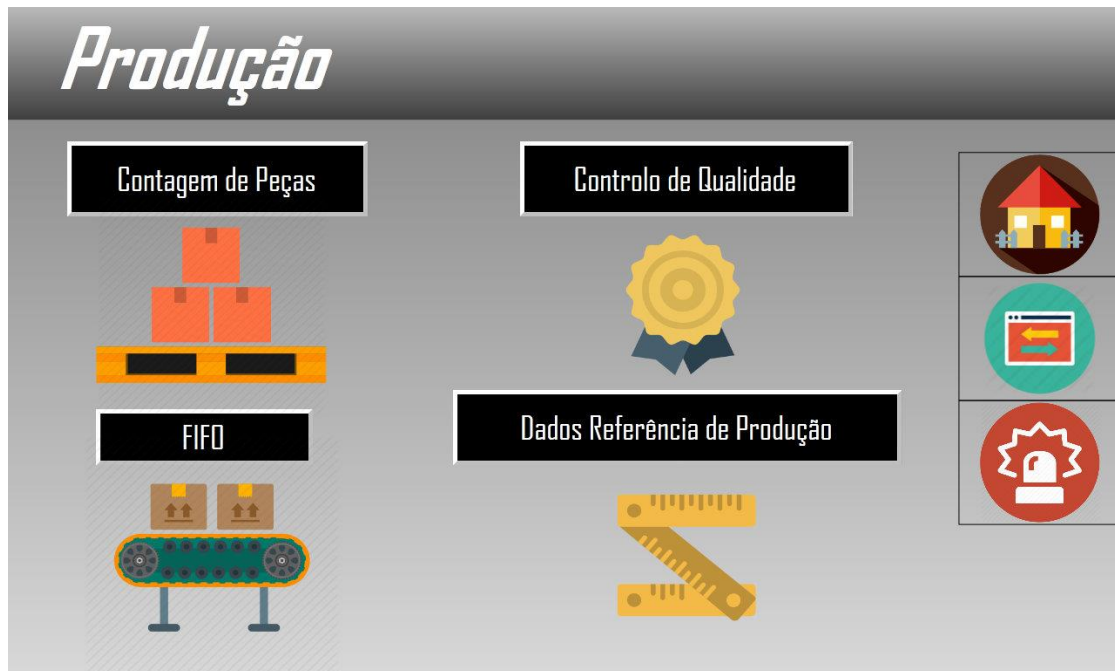


Figura 77 – Ecrã de acesso a dados da produção.

O ecrã dos alarmes é considerado um ecrã de grande importância pelo facto de sinalizar eventos para os quais é necessária atenção imediata. Tais eventos podem referenciar defeitos ou eventuais problemas na máquina que necessitem de ser resolvidos pelo que podem interromper a produção consoante a sua gravidade, assim é necessário que seja possível aceder à lista de alarmes a partir de qualquer ecrã para reconhecer o problema, resolvê-lo, e eliminar o aviso correspondente de forma eficaz.

Na Figura 78 podemos ver um ecrã tipo de alarmes, e um objeto no canto superior esquerdo que serve como aviso e aparecerá sempre que surja um alarme em qualquer ecrã que se esteja. Enquanto que no ecrã propriamente dito temos um aviso de que a pressão hidráulica está demasiado baixa para o normal funcionamento da máquina, numa situação real, o operador alertado sobre o problema iria corrigi-lo, para que lhe fosse permitido, depois, que validasse o alarme e o “limpasse” da lista de alarmes.

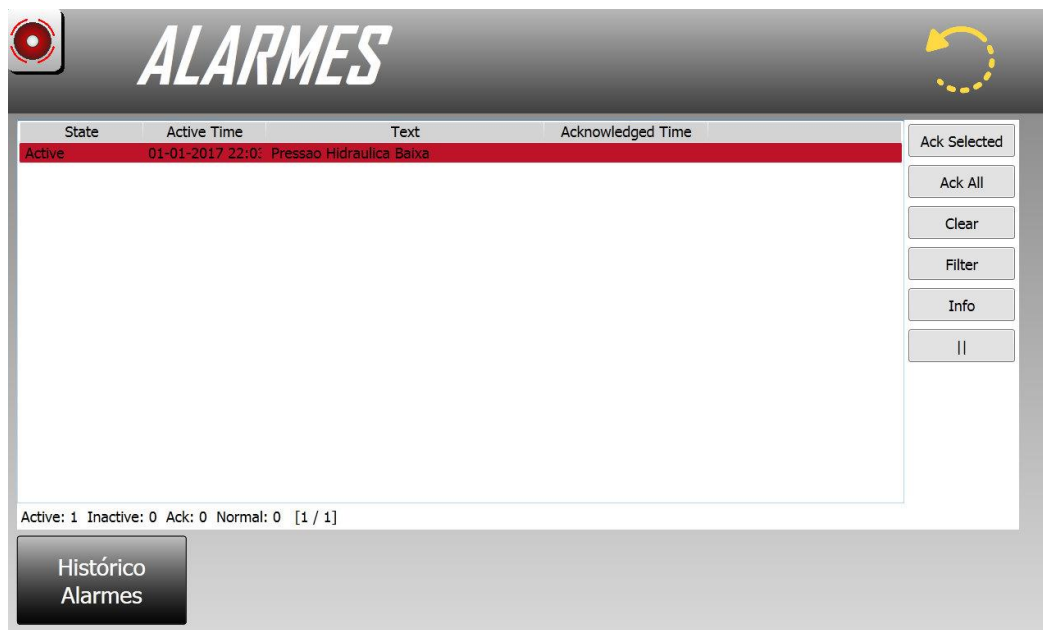


Figura 78 – Ecrã de Alarmes.

Na Figura 79 encontra-se o ecrã de histórico de alarmes que serve como registo dos problemas que foram ocorrendo na máquina e que acabaram por serem resolvidos. Através do mesmo é possível identificar defeitos crónicos que precisem duma manutenção ou resolução mais elaborada para serem tratados.



Figura 79 - Histórico de Alarmes

Na Figura 80, através do ecrã de entradas e saídas do PLC é possível visualizar a memória de *input/output* do PLC e o estado dos seus *bits* para perceber anomalias.



Figura 80 - Entradas Digitais do PLC

Por fim, no ecrã configurações (Figura 82) poderá existir acesso a várias itens, como ajustar o brilho do ecrã, alterar o idioma, teste de lâmpadas ou gestão de utilizadores. Também poderão existir configurações relacionadas com a comunicação da consola e gestão da mesma numa rede industrial que deverão ser de acesso restrito, ou de leitura de cartões Kanban por infra-vermelhos.

Na Figura 81 apresenta-se uma possível estrutura para a parte de configurações da consola enquanto que na Figura 82 apresenta-se um menu simples para acesso a configurações da consola, onde é possível mudar a língua para inglês ou francês (no ecrã está em francês), ajustar o brilho do ecrã, testar as balizas luminosas e aceder à auditoria do operário no caso do utilizador ser o administrador ou ter algum tipo de acesso superior. Nesse ecrã de auditoria, apresentado na Figura 83, é possível observar um registo de todas as ações pertinentes ao processo da máquina associadas a um utilizador. Este tipo de controlo e informação é importante na indústria alimentar e farmacêutica.

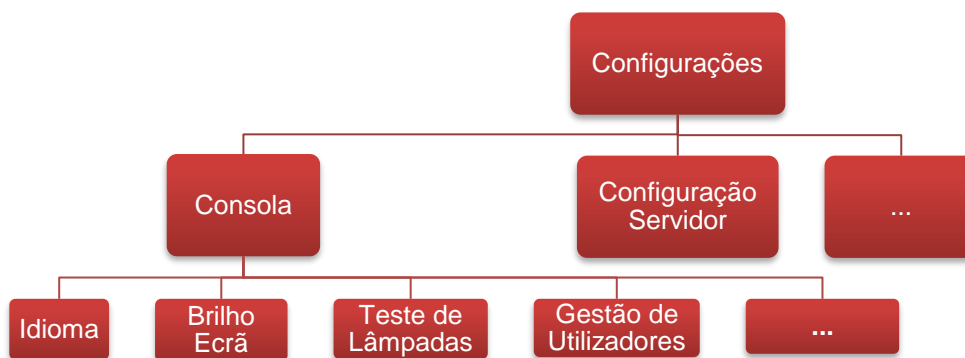


Figura 81 – Organograma duma possível hierarquia de ecrãs para a parte de configurações da consola.

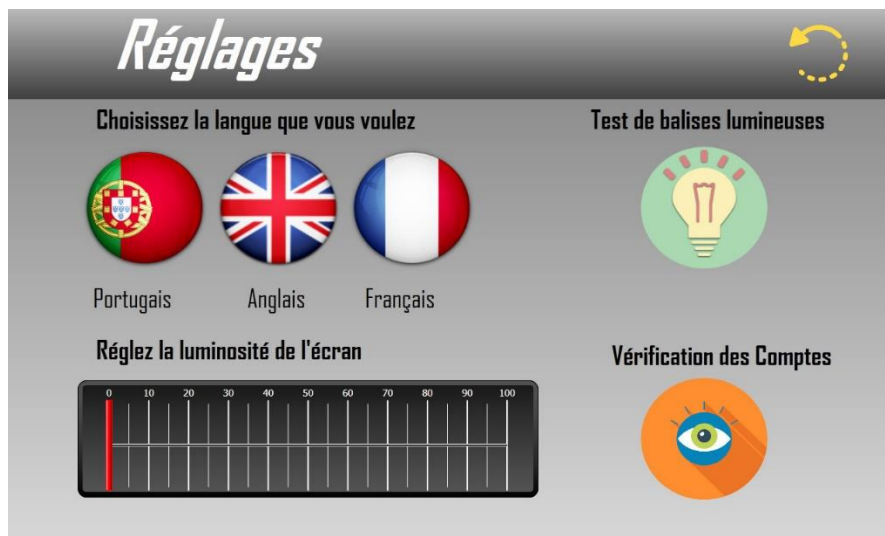


Figura 82 - Menu para configurações gerais da consola.

Message	Description	Value Before	Value After	Time Stamp	User Name
Show Screen AuditoriaOperario[Default]. when Picture4.MouseDown				01-01-2017 22	Administrato
Show Screen Configuracoes[Default]. when Button1.Click				01-01-2017 22	Administrato
Show Screen Alarmes[Default]. when Button6.Click				01-01-2017 22	Administrato
Show Screen MainMenu[Default]. when Button1.Click				01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		64	63	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		65	64	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		66	65	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		67	66	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		68	67	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		69	68	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		70	69	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		71	70	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		73	71	01-01-2017 22	Administrato
PressaoHidraulicaBaixa		74	73	01-01-2017 22	Administrato

Figura 83 – Lista de ações realizadas por “Administrador” bem como a data e a hora em que ocorreram.



## 5. Conclusões e aspetos relevantes

Uma vez finalizado o estágio curricular é chegado o momento de fazer uma análise do tempo passado na empresa SIRMAF, sublinhando os aspetos positivos em contraste com as dificuldades enfrentadas. O estagiário faz um resumo muito positivo desta experiência profissional que lhe permitiu o contato com uma das áreas mais exigentes e apelativas de engenharia eletrotécnica, a área de automação industrial. É inegável o crescimento que lhe foi proporcionado, tanto a nível profissional como a nível pessoal, num primeiro contato com o mercado de trabalho e com as suas exigências.

Considera que foi uma oportunidade privilegiada o facto de o estágio se ter realizado na empresa SIRMAF, sendo esta de renome com provas dadas tanto a nível de qualidade como de inovação nos mais diversos setores da atividade industrial. Sendo o seu serviço mais requisitado a projeção e conceção de máquinas especiais foi exigido ao estagiário a aplicação dos mais diversos conhecimentos de eletrotécnica tanto a nível de idealização dos circuitos elétricos para as diferentes máquinas, como a nível de programação ou montagem e testes, como para outras variadas e dispareas funções. Assim descreve-se o conteúdo do trabalho realizado como sendo de grande aptidão técnica carecendo de um conhecimento vasto e profundo em várias áreas íntimas da automação industrial, onde o trabalho de equipa, o rigor e a autoexigência são fundamentais.

Conclui-se por isso que os objetivos propostos foram atingidos, com o estagiário a integrar uma equipa de trabalho, e a lidar diária e ativamente com a realidade de uma empresa conceituada, contribuindo para o desenvolvimento do seu trabalho em diversas fases e através das mais diferentes tarefas alargando e flexibilizando assim os seus conhecimentos teóricos e práticos nas diversas áreas que abordam o tema dos sistemas industriais.

Em termos gerais o aluno aprendeu a trabalhar em equipa de uma forma organizada, e concentrada, a maior parte das vezes sobre a exigência de prazos apertados seguindo sempre a filosofia presente da SIRMAF, de trabalhar com rigor e dedicação em ordem a fornecer ao cliente produtos de verdadeira qualidade.

Durante a formação como eletricitista que decorreu nas oficinas da empresa em questão, o chefe dos eletricitistas, seu orientador na formação como eletricitista, ensinou ao estagiário várias diretrizes de orientação laboral à medida que este recebia formação e executava diferentes tarefas.

Na montagem de caixas de comando, painéis de comando, sensores/detetores, cablagem do quadro elétrico, etc. sempre se estabeleceu que a cablagem e os fios incorporados nessa mesma cablagem deveriam ter sempre um comprimento em excesso em ambos os extremos a fim de possibilitar manutenções futuras, e que o cruzamento de cabos ou fios deveria ser evitado ao máximo; nos cabos a formação de ângulos 90° seria sempre considerada um erro que exigia correção. Também para auxiliar nas manutenções previstas, todo o fio, cabo, componente do quadro, bornes, caixas ou painéis de comando e repartidores deveria ter uma marcação com um nome representativo, referenciado no projeto elétrico e que tornava clara a identificação dos vários elementos mencionados, especialmente de cabos e fios dentro do quadro elétrico geral das várias máquinas.

Referente ao quadro elétrico, este deve ser montado fora do armário e depois transportado por meio de equipamento especializado para o mesmo, uma vez que a sua montagem só é possível na horizontal. A cablagem deve ser feita começando com os fios de maior secção que assim, ficarão por baixo dos de menor secção, uma vez que são os mais robustos. Também aqui deve-se ter sempre em atenção o comprimento do fio, que deve ser em excesso. Em seguida, é relativamente indiferente que componentes se escolhem cablar em primeiro, mas deve-se sempre seguir o fio desde o componente do quadro até ao borne, se for o caso, e desde o borne até à próxima ligação a partir daí.

Em conclusão, a elaboração de projetos elétricos em EPLAN é importante, desde que seja acompanhada pelo correto e adequado conhecimento de como é efetuada na prática a eletrificação dos equipamentos. Esta sintonia é muito importante para o programador, de modo a produzir aplicações de automação industrial corretas, sem erros e incorreções. Quem programa deve conhecer as questões elétricas e quem projeta os esquemas deve de igual forma conhecer a realidade da eletrificação, bem como ser um bom executante da mesma.

## Referências bibliográficas

- [1] J. N. Pires, Automação Industrial, ETEP, 2007, pp. VII - IX; 1-4;7-10.
- [2] N. Ferreira, Sistemas de Automação e Controlo, 2008.
- [3] A. Francisco, Autómatos Programáveis, 2ª ed., ETEP, 2003.
- [4] D. Santos, EPLAN. Manual Interno, Guia para desenvolvimento de esquemas.
- [5] EPLAN, Eplan Electric p8, Manual do iniciante, EPLAN Software & Service GmbH & Co.Kg., 2006.
- [6] P. Oliveira, Curso de Automação Industrial, 2ª ed., ETEP, 2008.
- [7] J. C. Pinto, Técnicas de Automação, 1ª ed., ETEP, 2004.
- [8] A. Francisco, Motores Eléctricos, 5ª Edição Atualizada ed., ETEP, 2013.
- [9] J. M. T. d. Pina, Instalações Eléctricas.
- [10] P. N. S. Souza, APOSTILA DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS, INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA, 2009.
- [11] Wikipédia, “PNOZ (Relé de segurança),” Wikipédia, [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/PNOZ\\_\(Rel%C3%A9\\_de\\_seguran%C3%A7a\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/PNOZ_(Rel%C3%A9_de_seguran%C3%A7a)).
- [12] PILZ, “PNOZ\_X2\_GB.pdf,” [Online]. Available: [http://www.eltron.pl/uploads/manufacturer\\_catalogs/16/10344/10348/PNOZ\\_X2\\_GB.pdf](http://www.eltron.pl/uploads/manufacturer_catalogs/16/10344/10348/PNOZ_X2_GB.pdf).
- [13] Phoenix, Datasheet\_TRIO-PS/ 1AC/24DC/10, Phoenix.
- [14] Wikipedia, “Wikipedia Earthing\_system,” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Earthing\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Earthing_system).



## Anexo A – Declaração SIRMAF



### Declaração

A SIRMAF, Lda. com sede em Parque Industrial de Taveiro Lt. 19 e 40 3046-656 Taveiro, Coimbra, Contribuinte nº 502 229 446, declara para proteção dos seus clientes, e proteção de eventuais ações judiciais, que, ao aluno de Estágio João Pedro Quaresma Campos, não foi permitido descrever no seu relatório de Estágio de forma muito clara e evidente pormenores referentes às ações que desenvolveu enquanto estagiário da SIRMAF.

Assim,

- Todas as referências/peças cliente foram removidas
- Informação relativa ao cliente só disponível na empresa Sirmaf, não disponível em locais de acesso público (sites e afins) não foram utilizados (desenhos/esquemas).

A SIRMAF declara ainda que o aluno João Campos durante o estágio, integrou-se de forma adequada na empresa tendo mantido relações cordiais com colegas, chefias da empresa e demais recursos humanos, tendo desempenhado de forma apropriada as obras e ações técnicas em que a empresa solicitou a sua colaboração.

Durante o período de estágio, o aluno participou:

- Elaboração de esquemas eléctricos em EPLAN para diversas obras;
- Apoio ao programador em ensaios de máquinas;
- Dimensionamento, actualização e correcção de esquemas eléctricos;
- Actualização e correcção de esquemas pneumáticos;
- Programação de consolas em linguagem C#;
- Apoio na montagem e afinação de máquinas;

Parque Industrial de Taveiro • E. 19 e 40 • Apartado 40 • 3046-656 Taveiro • Portugal  
Tel: 234 580 401 • Fax: 234 580 429 • e-mail: geral@sirmaf.pt • www.sirmaf.pt



Figura 84 – Declaração SIRMAF (Frente).




O desempenho do João Campos durante o período de estágio, de forma geral foi bom, sempre abraçou as tarefas que lhe foram confiadas com entusiasmo e dedicação, procurando realizar um bom trabalho e satisfazer as expectativas dos seus superiores hierárquicos.

Apesar de integrado no Departamento de Engenharia, manteve contacto com as outras áreas funcionais da empresa, adquirindo desta forma um melhor conhecimento do funcionamento orgânico de uma indústria e da importância de cada uma das áreas dentro da organização.

Taveiro, 13 de Dezembro de 2016

 - Sec. Industrial da  
Reconstrução de Máquinas-Ferramentas, Lda.



Carine Azevedo

(Gestora da Qualidade)



Figura 85 – Declaração SIRMAF (Verso).

## Anexo B – Partes do Programa Ladder em Twin Cat 3

Neste anexo, serão demonstradas algumas partes do código *Ladder* elaborado para o funcionamento da máquina fictícia apresentada no capítulo 4. Tendo com isto o objetivo de, ainda que superficialmente, demonstrar mais um dos vários procedimentos necessários, neste caso a nível de programação, que levam à conceção de uma máquina industrial.

Na Figura 86 podemos ver o código relacionado com as condições necessárias para colocar a máquina em funcionamento. Para além das condições elétricas que deverão ser impostas também a nível de programação, afim de obter redundância de segurança (como o contato MES), deverão ser acrescentadas outras, essenciais para colocar a máquina em funcionamento que não estarão a nível elétrico, como a pressão pneumática, o defeito de detetores, e o defeito elétrico. Este último está relacionado com o disparo de aparelhagem de proteção, neste caso, o disjuntor do motor transportador e o disjuntor do motor da bomba do grupo hidráulico.

Na Figura 87 podemos ver a ativação do contato BFA se a máquina estiver “OK” e as várias condições mencionadas estiverem validadas, este contato já foi demonstrado antes na Figura 52 e é necessário para ligar eletricamente a máquina.

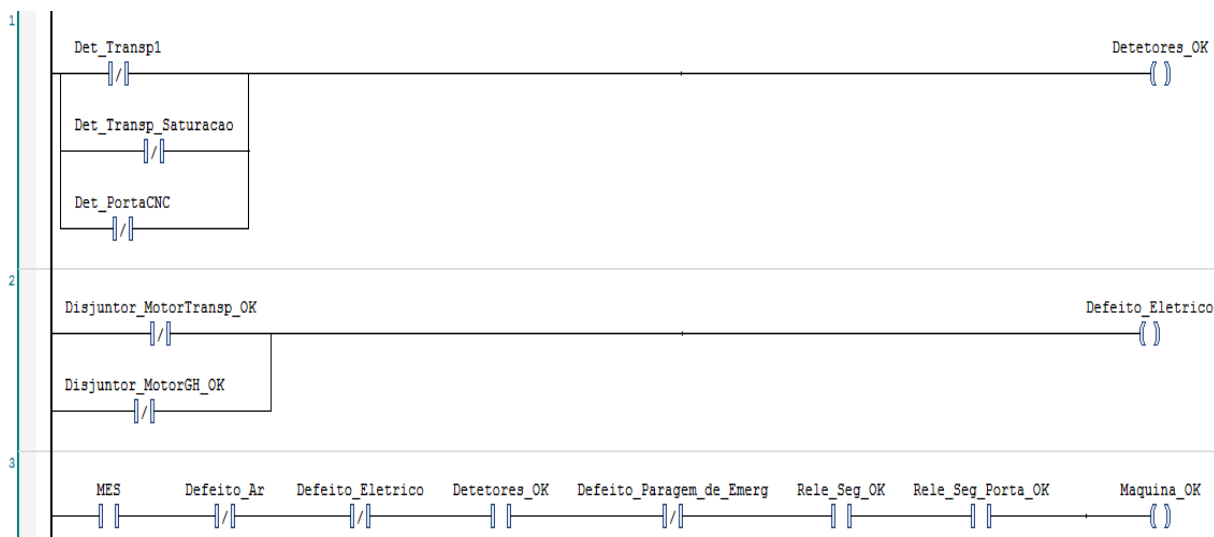


Figura 86 – Condições para colocar a máquina em serviço.



Figura 87 – Se a máquina estiver de facto OK o contato BFA é ativado.

Na Figura 88 podemos ver a lógica de contactos necessária para colocar o motor do transportador em funcionamento. Tal como tínhamos visto no capítulo 4.4, a nível da programação de consolas, existem dois modos possíveis para o funcionamento do transportador: o modo manual ou o modo automático. Também tínhamos visto no capítulo 4.2 que a configuração elétrica do motor do transportador permitia através dos seus contactores a marcha normal ou a inversão de marcha. Assim, na Figura 88 temos a lógica de contactos que a partir da ordem dada pelo operador de marcha normal ou inversão de marcha (que por si só deve ter outras condições), permite dar a ordem de ligar o motor transportador. Estando a ordem dada e consoante a mesma, são fechados o contactor K1 ou o contactor K2 que vimos na Figura 37 e que permitem a marcha normal ou a inversão de marcha do motor, respetivamente.

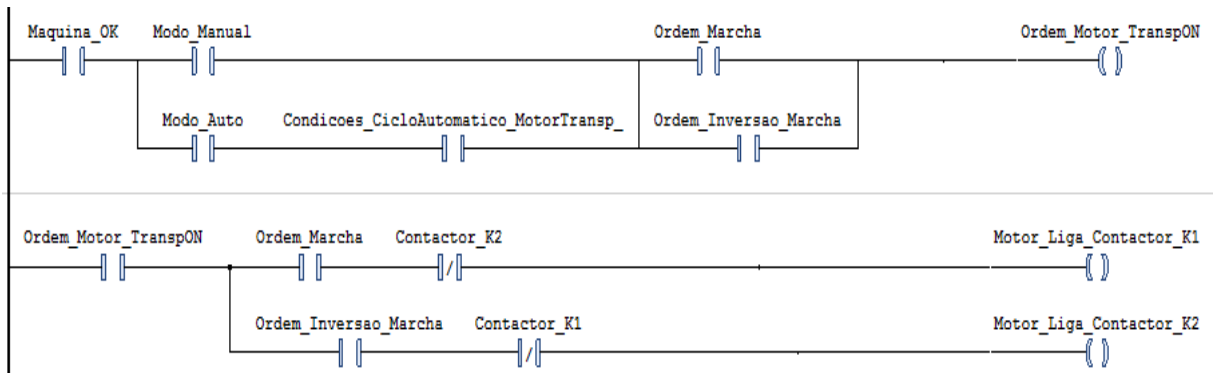


Figura 88 – Lógica de contatos para o funcionamento do motor do transportador.

Na Figura 89 está a lógica necessária para verificar a pressão hidráulica.

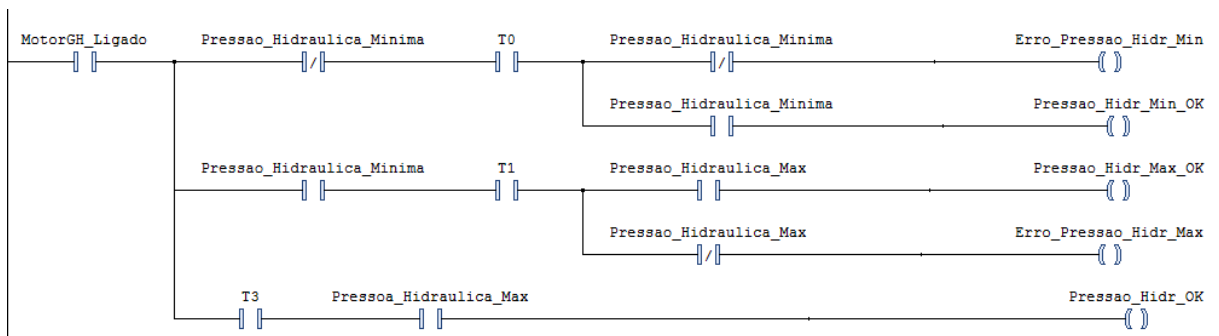


Figura 89 – Lógica para a verificar e validar a pressão hidráulica.

Na Figura 90 está representado em Ladder as condições necessárias para chamar o *Job master* do robô. Como neste caso em particular o robô é *motoman*, então se se verificar as condições o autómato irá por a correr um código *inform* denominado “*Job*”. Neste caso é um *Job* especial, daí o nome “*Master Job*” pois redireciona o fluxo de programação consoante as necessidades exigidas ao robô.

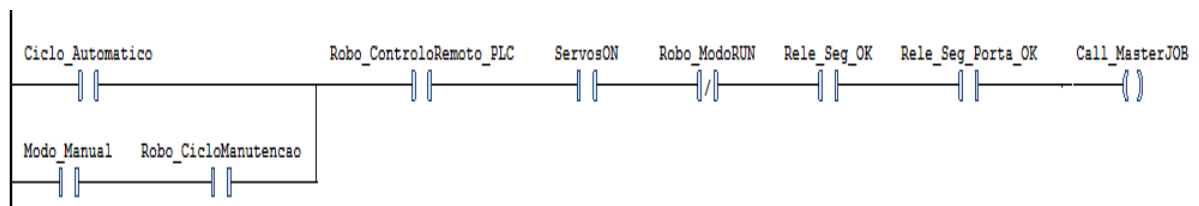


Figura 90 – Condições para chamar o *master job* do robô motoman.

## Anexo C – Código C#

Neste Anexo demonstra-se código elaborado para a programação da aplicação demonstrada no sub-capítulo 4.4, concretamente sobre o menu dinâmico que surge nas páginas relacionadas ao modo manual da máquina.

```
//Ajusta o submenu do manual
public void AjustarPagina (string pagina)
{
    switch (pagina)
    {
        //Paginas manual/manutencao
        case "CNC1":
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual1.Value = false;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual2.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual3.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual4.Value = true;
            break;
        case "CNC2":
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual1.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual2.Value = false;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual3.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual4.Value = true;
            break;
        case "TapeteTransportador":
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual1.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual2.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual3.Value = false;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual4.Value = true;
            break;
        case "Robo":
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual1.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual2.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual3.Value = true;
            Globals.Tags.VisibilidadeBotaoManual4.Value = false;
            break;
    }
}
```

Figura 91 – Parte do código para ajustar o menu conforme a página, nos ecrãs do modo manual como o da Figura 76 .

```
public partial class TemplateMenu
{
    void Button3_MouseEnter(System.Object sender, System.EventArgs e)
    {
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral1.Value = true;
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral2.Value = true;
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral3.Value = true;
        Globals.Tags.VisibilidadeIniciarCicloAuto.Value = true;
    }

    void Button4_MouseEnter(System.Object sender, System.EventArgs e)
    {
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral4.Value = true;
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral5.Value = true;
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral6.Value = true;
        Globals.Tags.VisibilidadeIniciarCicloAuto.Value = true;
    }

    void Button3_MouseLeave(System.Object sender, System.EventArgs e)
    {
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral1.Value = false;
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral2.Value = false;
        Globals.Tags.VisibilidadeBotaoGeral3.Value = false;
        Globals.Tags.VisibilidadeIniciarCicloAuto.Value = false;
    }
}
```

Figura 92 – Parte do código para ajustar o menu do ecrã da Figura 70.



## Anexo D – Esquemas Completos

Neste anexo, demonstra-se o desenho completo de alguns esquemas apresentados e de outros complementares que poderão dar a entender melhor o esquema elétrico da obra fictícia.

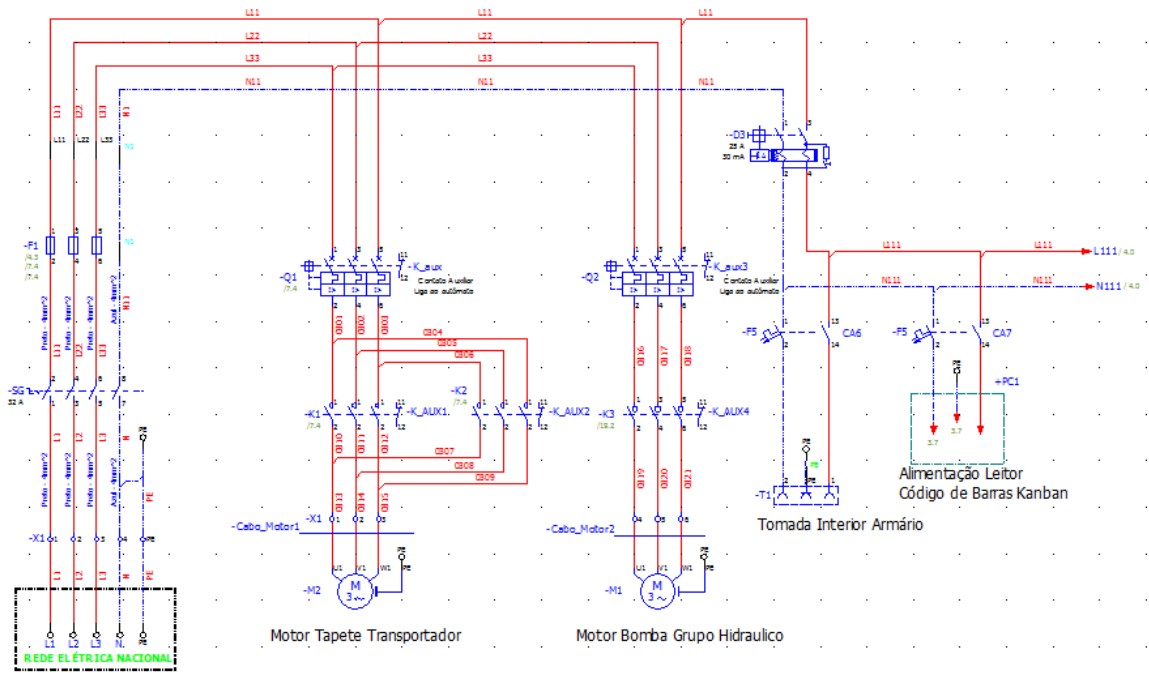


Figura 93 – Circuito de alimentação 400V.

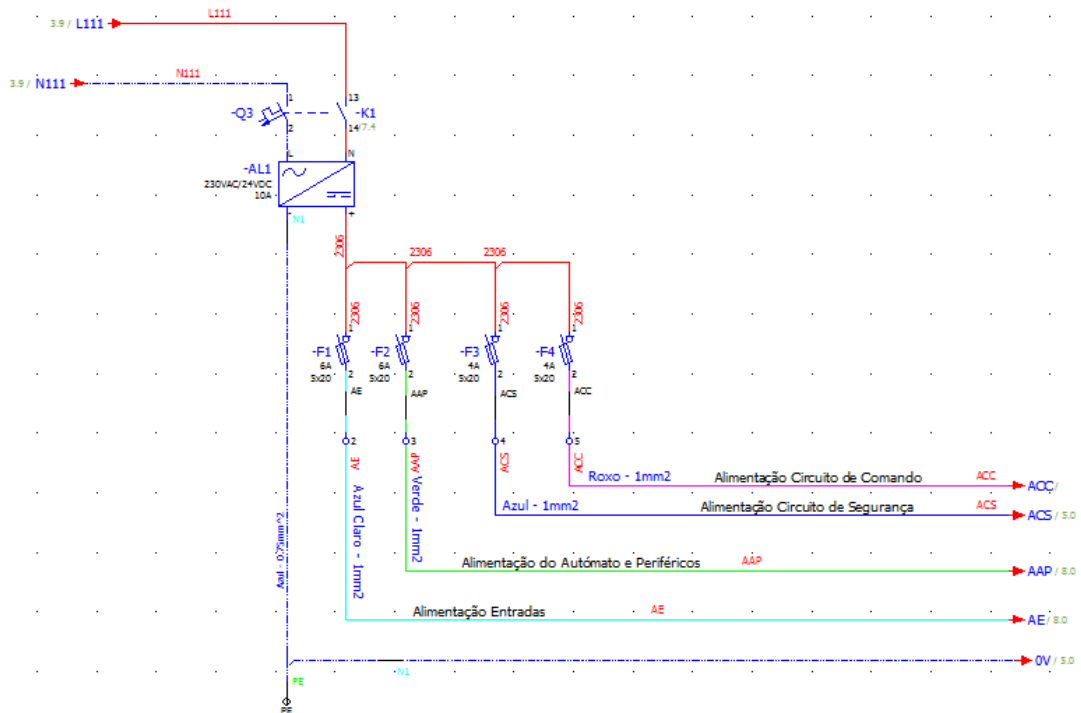


Figura 94 - Circuito de alimentação 24V.

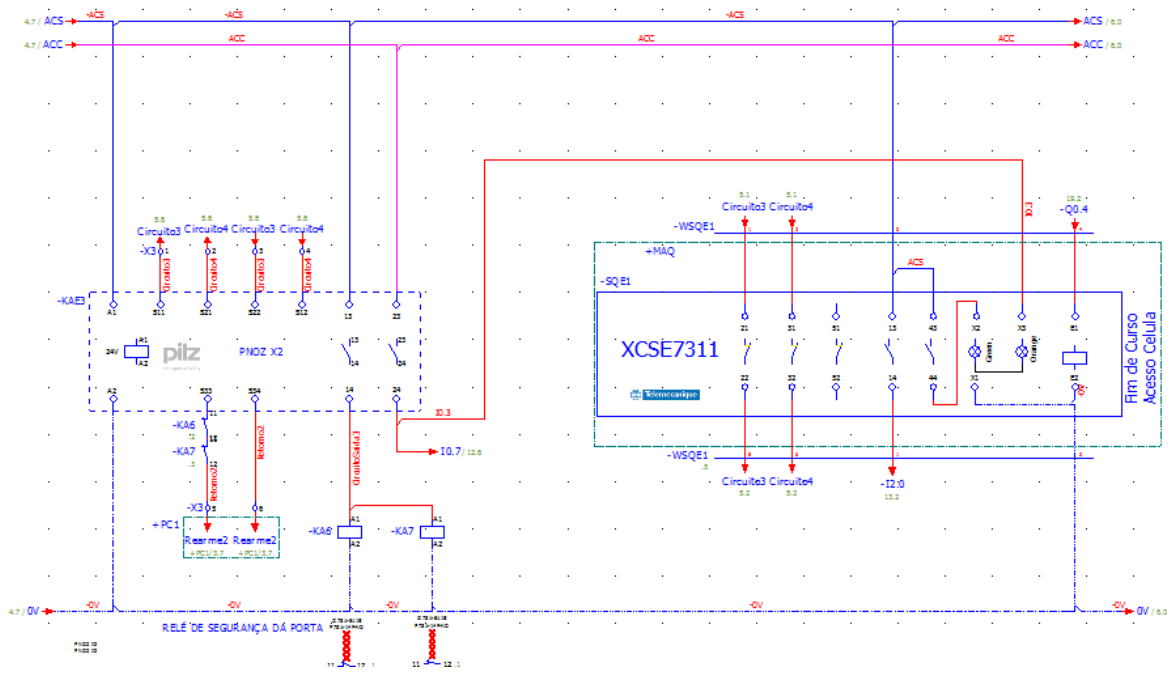


Figura 95 – Circuito de segurança porta de acesso.

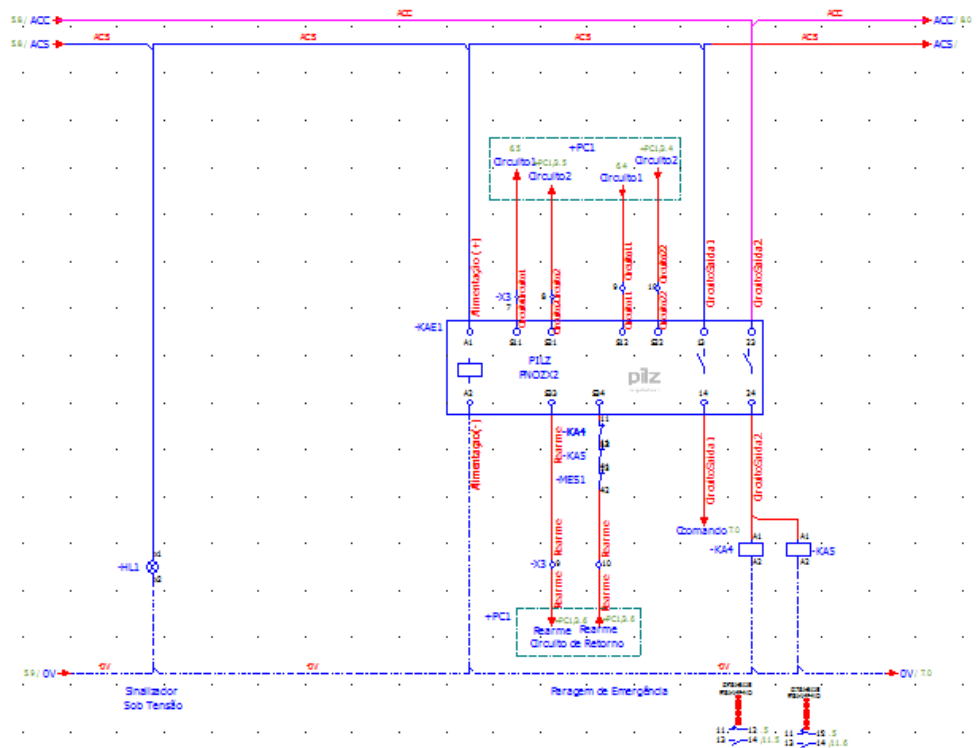


Figura 96 – Circuito de segurança.

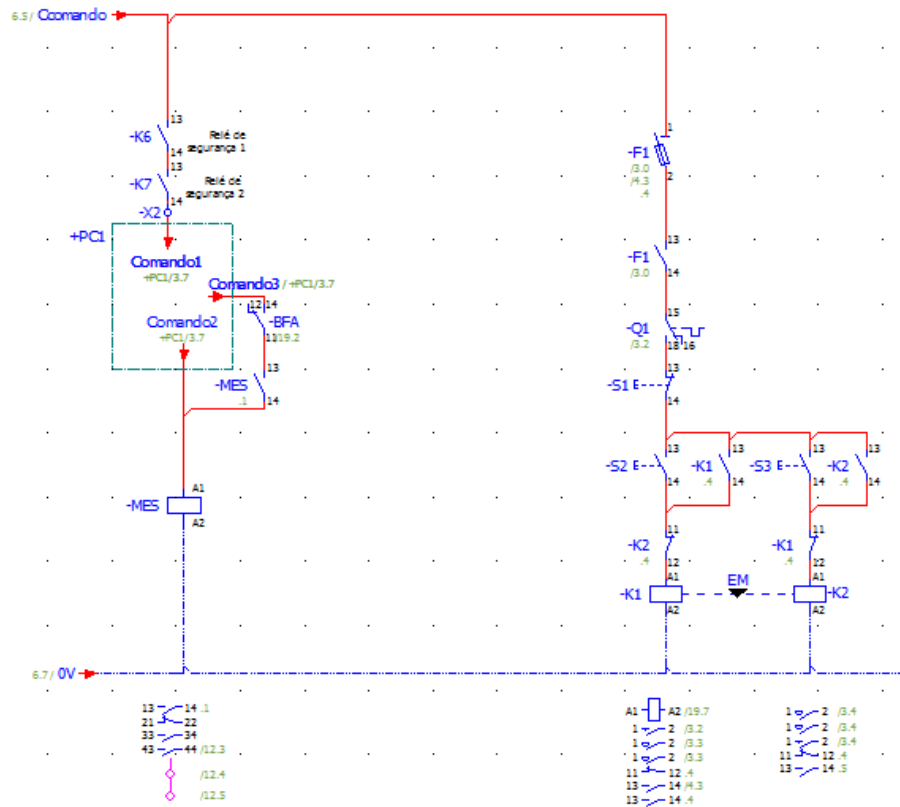


Figura 97 – Circuito de comando.

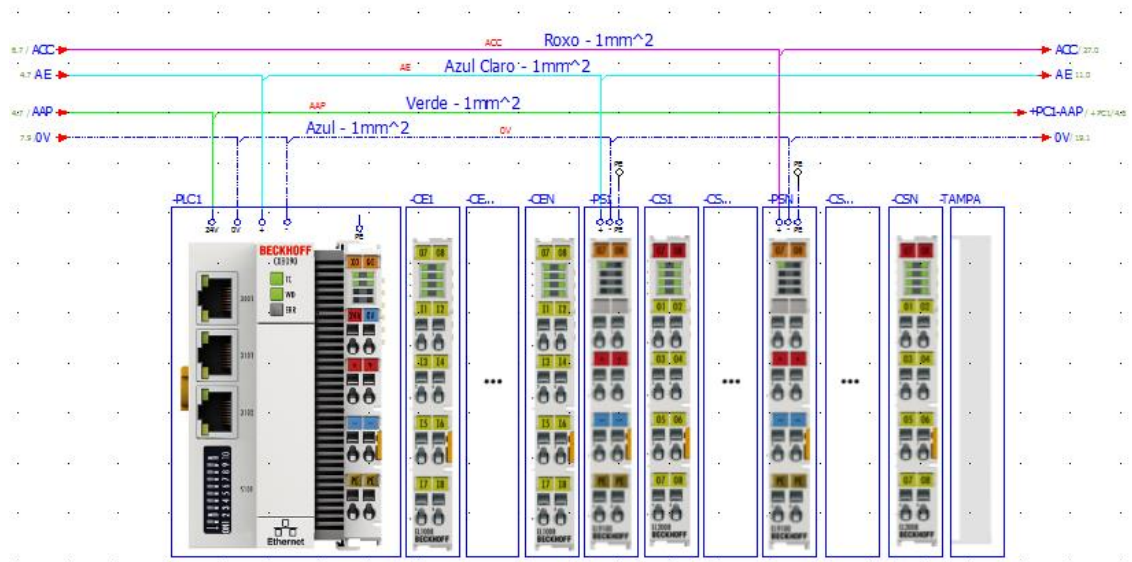


Figura 98 – Configuração do autômato e das cartas de entrada e saída.

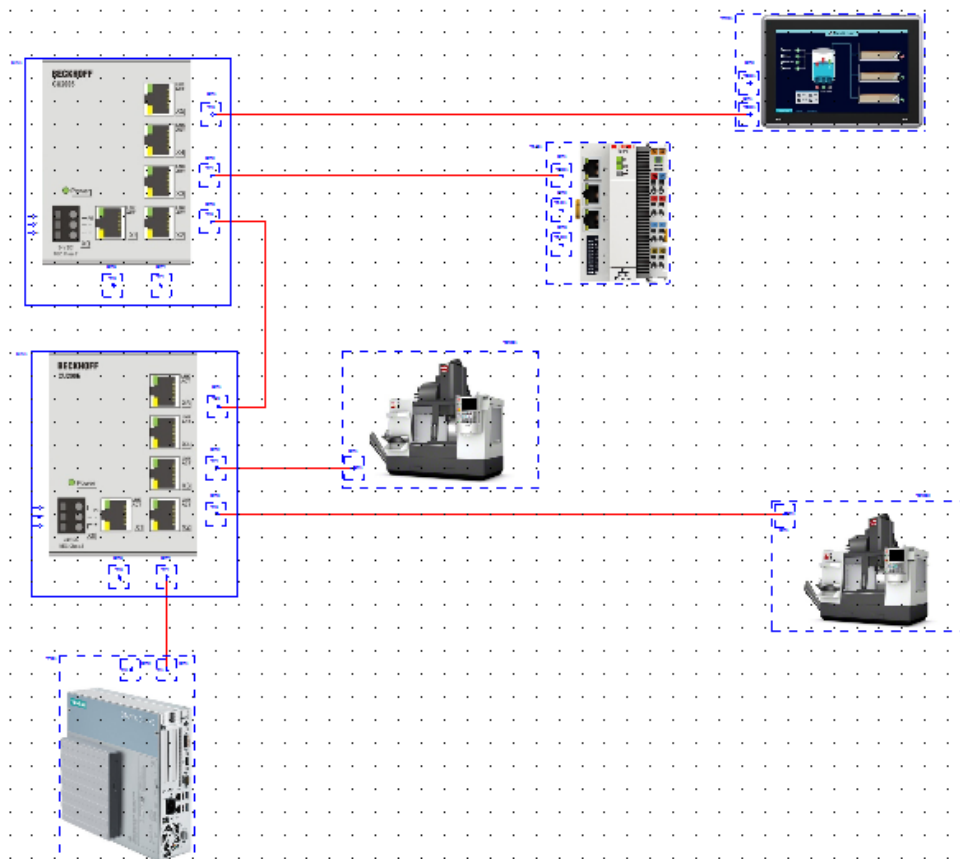


Figura 99 - Rede Industrial Ethernet.

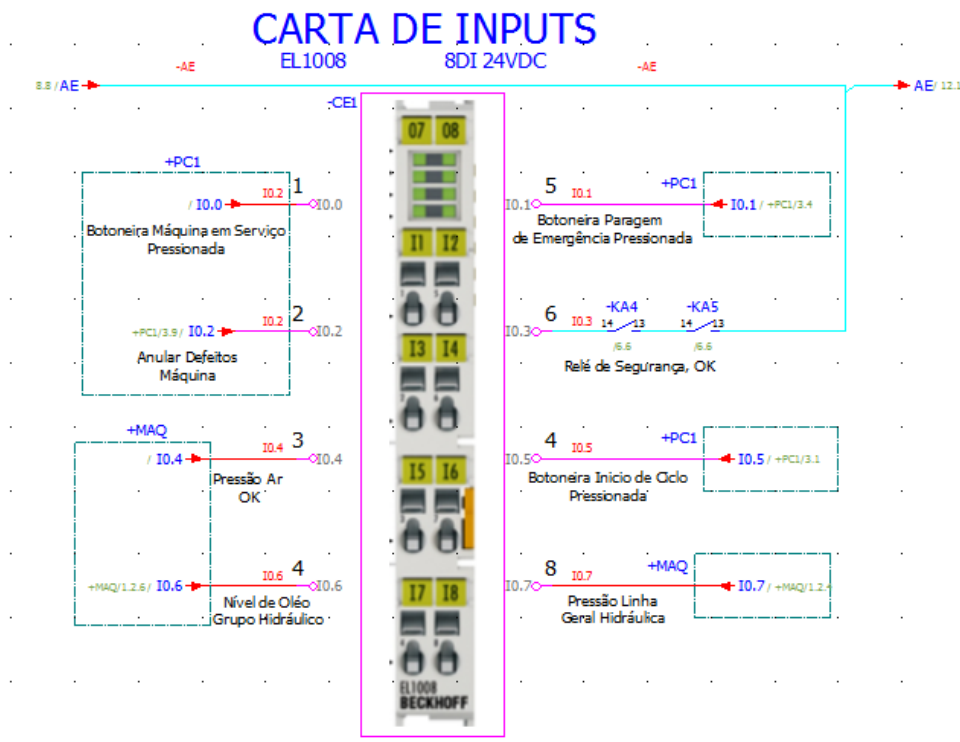


Figura 100 – Primeira Carta de Entradas.

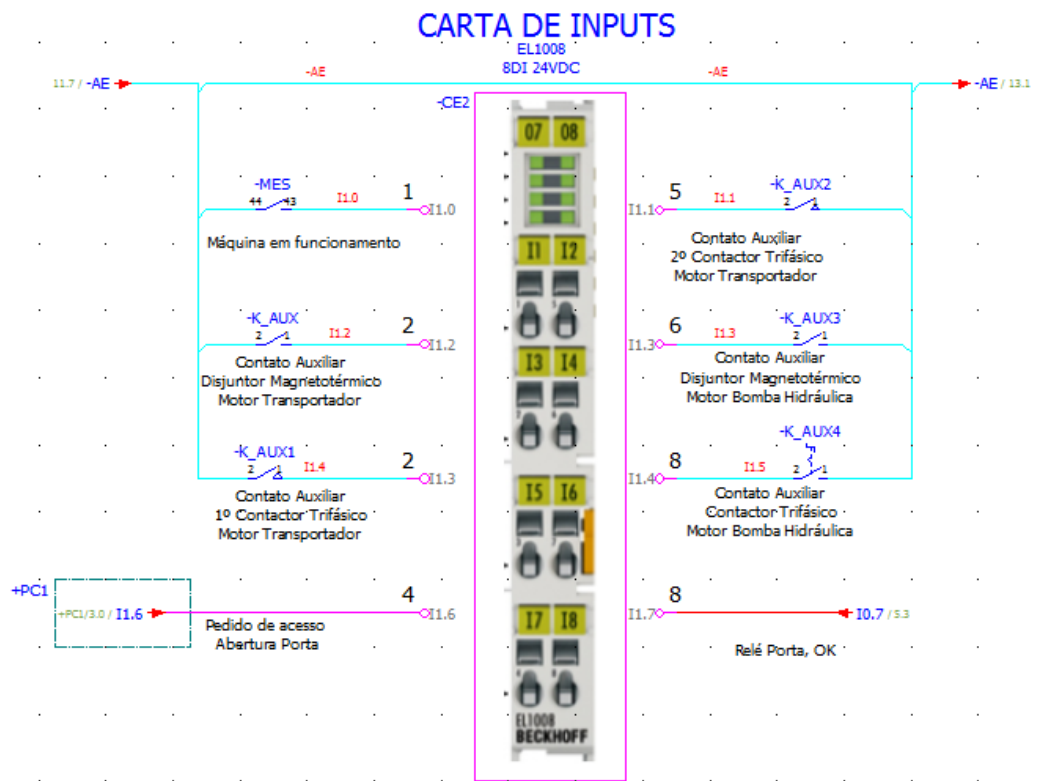


Figura 101 – Segunda carta de entradas.

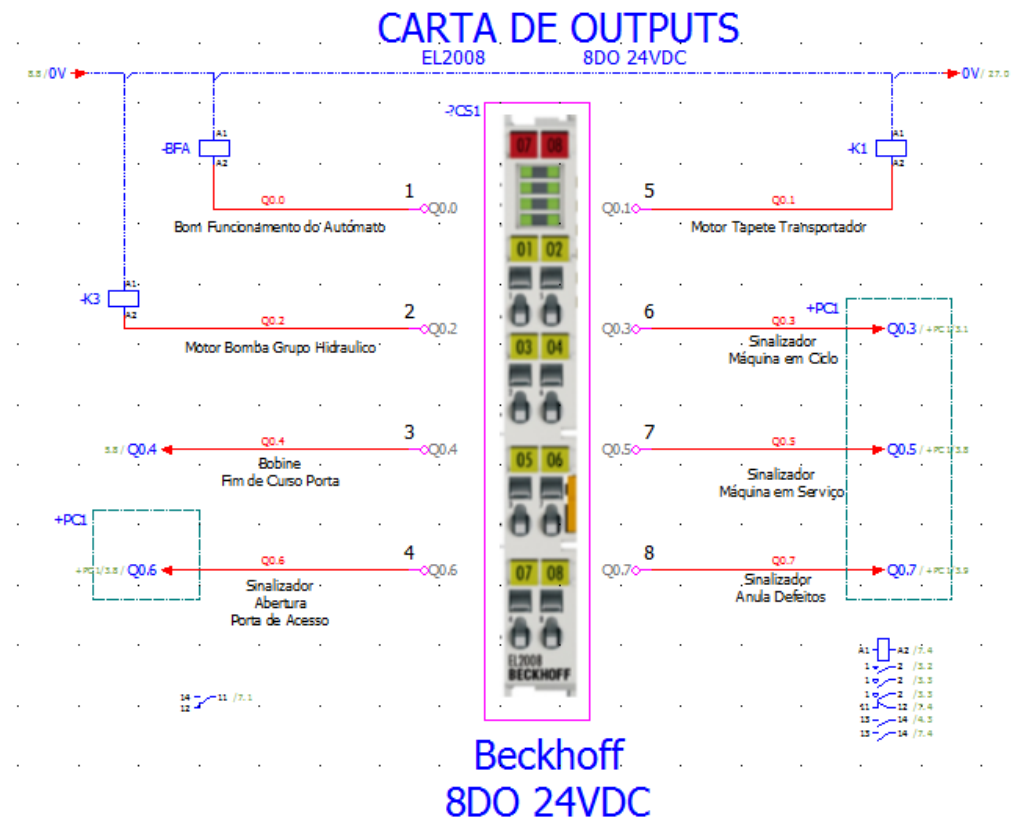


Figura 102 – Primeira carta de saídas.

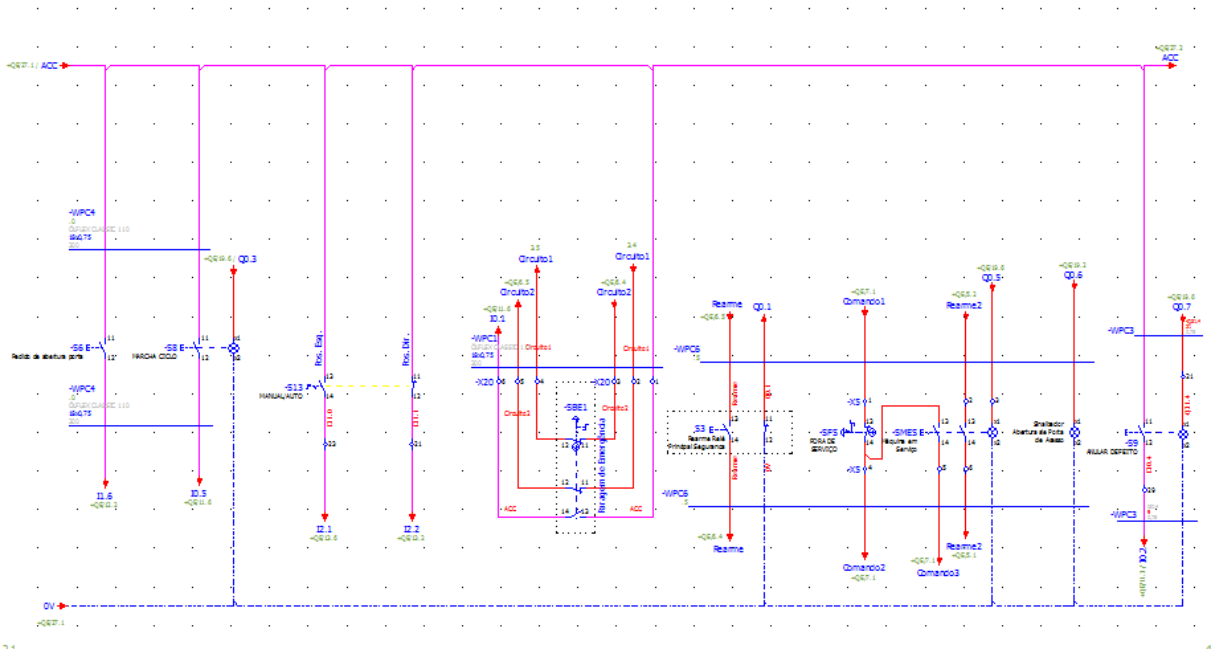


Figura 103 – Ligações do painel de comando.

## Anexo E – Código completo

Neste anexo, demonstra-se o código *ladder* completo elaborado para a obra fictícia.

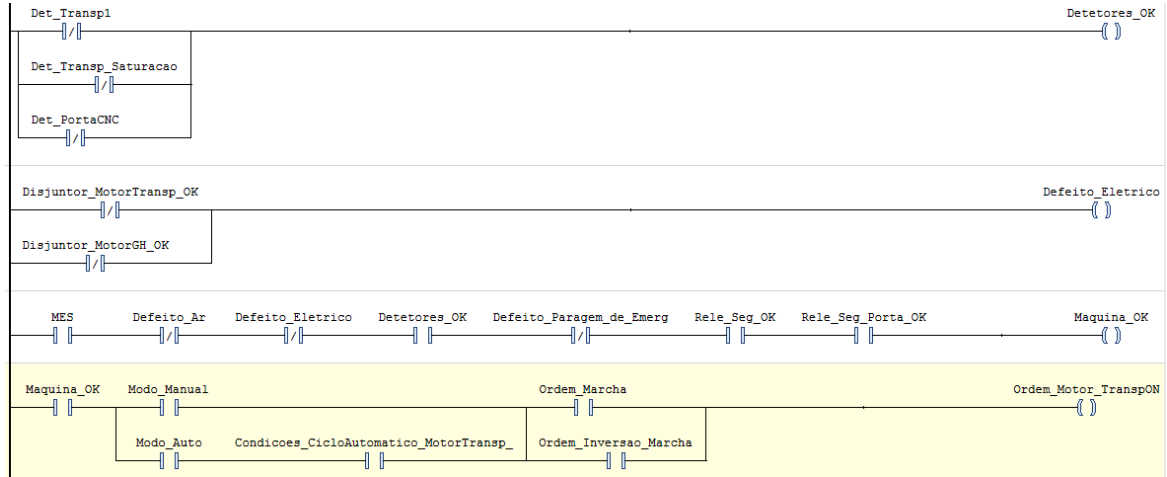


Figura 104 – Código *ladder* completo – parte 1.

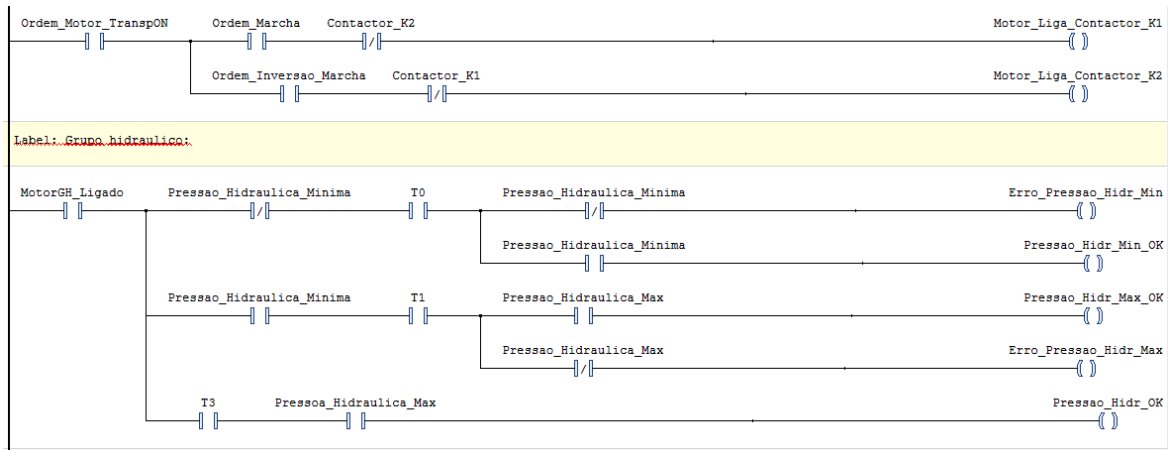


Figura 105 – Código *ladder* completo – parte 2.

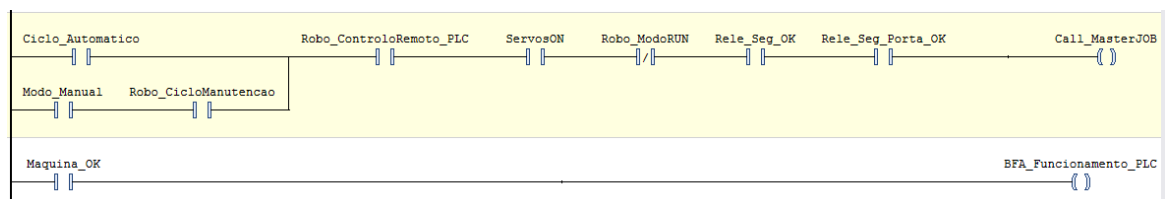


Figura 106 – Código *ladder* completo – parte 3.