



**Instituto Politécnico de Tomar**

**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Diogo Miguel Silva Luís**

# **ESTÁGIO AGIX | INNOVATIVE ENGINEERING**

Relatório de estágio

Orientado por:

Professora Doutora Ana Cristina Barata Pires Lopes, IPT

Relatório de Estágio apresentado ao  
Instituto Politécnico de Tomar para cumprimento  
dos requisitos necessários à obtenção do grau  
de Mestre em Engenharia Eletrotécnica -  
Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial

**Tomar/ Novembro/ 2019**



## Dedicatória

---

*Dedico este trabalho aos meus pais, namorada e irmão*



## Resumo

---

O presente relatório de estágio é desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Estágio do 2º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Especialidade em Controlo e Eletrónica Industrial, tendo como objetivo apresentar e descrever o trabalho realizado durante o estágio realizado na AGIX - Innovative Engineering, enquadrando as várias atividades desenvolvidas pela empresa, tais como produção de soluções de automação e robótica industrial e monitorização.

O estágio, com a duração de 9 meses, teve lugar na sede da empresa e nas instalações dos clientes onde foram prestados os serviços solicitados.

Durante o estágio surgiu a oportunidade de desenvolver um projeto de automação industrial, que consistiu na realização de um banco de ensaios para testar a abertura de cápsulas de café. Neste projeto, contribuí com a elaboração do esquema elétrico e programação do automatismo, bem como a elaboração de outras tarefas técnicas e de gestão do projeto, tais como encomendas e montagens.

Ainda no que diz respeito ao desenvolvimento de outros projetos, tive a oportunidade de participar ativamente em diversas fases do seu desenvolvimento, designadamente na parte mecânica e elétrica. Relativamente a esta última fui orientado para realizar as seguintes tarefas: eletrificações dos quadros elétricos; eletrificação dos mais variados componentes alusivos a cada projeto; e posteriormente participar nos respetivas validações e ensaios de cada projeto.

As empresas têm cada vez mais necessidade de monitorizar os dados de fabrico, surgindo a oportunidade de desenvolver projetos de monitorização industrial, os quais consistem na recolha de sinais com a utilização de métodos mais adequados a cada aplicação. Posteriormente à recolha de sinais, é realizado o tratamento dos sinais para a monitorização. Este último é feito com recurso a controladores lógicos programáveis (PLC - *Programmable Logic Controller*).

Ainda, durante o estágio também participei na montagem de um robô colaborativo da Universal Robots (UR) da série UR10. Este foi implementado para facilitar a colocação e remoção de um objeto dentro de um comando numérico computadorizado (CNC). Nesta

montagem, foi-me atribuído a tarefa que consistiu em efetuar a aquisição e interligação de sinais entre o robô e a CNC.

Para que pudesse realizar o serviço de montagem do robô colaborativo com qualidade e segurança houve necessidade de expandir os conhecimentos, efetuando formação com a duração de uma semana na sede da UR em Barcelona.

**Palavras Chave:** Projeto, Implementação, Banco de Ensaio, Eletrificação, Robô, Automação Industrial, Monitorização Industrial, Robótica Colaborativa.



## Abstract

---

This internship report is developed within the scope of the 2nd year Internship curricular unit of the Master in Electrotechnical Engineering - Specialty in Control and Industrial Electronics. Its main purpose consists in presenting and describing the work carried out during the internship at AGIX - Innovative Engineering, framing several activities developed by the company, such as production of automation and industrial robotics solutions, and monitoring.

The internship, which lasted 9 months, took place at the company's headquarters and at the client's premises, where the requested services were provided.

During the internship, there was an opportunity of developing an industrial automation project, which consisted of a test bench to test the coffee capsule opening. For that project, I contributed to the elaboration of the electrical scheme and automation programming, as well as the elaboration of other technical and project management tasks, such as orders and assemblies.

Still with regard to the development of other projects, I had the opportunity to actively participate in various stages of their development, namely in the mechanical and electrical part. Regarding the latter I was instructed to perform the following tasks: electrification of electrical panels; electrification of the most varied components integrating each project; and therefore, participate in the respective validation and test of each project.

Many companies experience an increasingly need to monitor manufacturing data. Due to this fact, the opportunity arises to develop industrial monitoring projects, which consist of collecting signals using the most appropriate methods for each application. Following the collection of signals, the signs are treated for monitoring. The latter is made using programmable logic controllers (PLC - Programmable Logic Controller). Additionally, during the internship I also participated in the assembly of a collaborative robot from Universal Robots (UR) of the UR10 series. This has been implemented to facilitate placement and removal of an object within a computer numerical command (CNC). In this assembly, I was assigned with the task of acquiring and connecting signals between the robot and the CNC.



In order to perform the assembly service of the collaborative robot with quality and safety, it was necessary to expand the knowledge, conducting a week-long training at the UR headquarters in Barcelona.

**Keywords:** Design, Implementation, Test Bench, Electrification, Robot, Industrial Automation, Industrial Monitoring, Collaborative Robotics.



## Agradecimentos

---

A elaboração da dissertação de estágio dita o fim de mais uma etapa. Etapa deveras importante, que apenas foi possível concretizar devido a várias pessoas e instituições que durante estes meses colaboraram e estiverem presentes para dar apoio necessário para ultrapassar as várias dificuldades deste ciclo. Assim sendo, quero expressar os meus maiores e sinceros agradecimentos a todos os que contribuírem para esta concretização.

Agradeço à empresa AGIX - Innovative Engineering, ao *Managing Partner* da empresa Engenheiro Alberto Gil e Sá pela possibilidade da realização deste estágio e por toda a orientação, colaboração, partilha de conhecimentos e ajuda, prontamente esclarecendo qualquer dúvida durante a duração do estágio. Agradeço à Engenheira Paula Martins que tratou de todo o processo de estágio entre as entidades de forma rápida e concisa, e pela sua colaboração na elaboração do Projeto – Banco de Ensaio.

Aos colaboradores da empresa, Engenheiro André Santos e Engenheiro João Costa, agradeço pelo ótimo ambiente, apoio, trabalho de equipa, e partilha de conhecimentos, que contribuiu para o meu crescimento técnico, profissional e pessoal.

À minha orientadora do Instituto Politécnico de Tomar (IPT) Engenheira Ana Lopes, agradeço a sua disponibilidade e prontidão que demonstrou para esclarecer quaisquer dúvidas que surgiam.

Agradeço aos meus pais, namorada, irmão, restante família e amigos que sempre me apoiaram e ajudaram a que esta concretização se tornasse possível.



# Índice

---

Dedicatória .....	IV
Resumo.....	VI
Abstract .....	IX
Agradecimentos.....	XII
Índice.....	XIV
Índice de Figuras .....	XVII
Lista de Símbolos .....	XXII
Lista de Abreviaturas .....	XXIV
1. Introdução.....	27
1.1. Motivação.....	27
1.2. Enquadramento.....	28
1.3. Objetivos .....	29
1.4. Contribuições .....	30
1.5. Organização do Relatório de Estágio .....	31
2. Empresa .....	33
2.1. AGIX   Innovative Engineering .....	33
2.2.1. Monitorização Industrial.....	33
2.2.1.1. Monitorização e otimização da produção .....	33
2.2.1.2. Plataforma AGIX Manufacturing.....	36
2.2.2. Automação e Robótica.....	37
2.2.2.1. Sistemas e equipamentos industriais por medida .....	37
2.2.2.2. Integração de Robótica Industrial.....	38
2.2.2.3. Robótica Colaborativa .....	39
2.2.3. Visão Artificial .....	40
2.2.4. Desenvolvimento Produto .....	40
3. Projeto – Banco de Ensaio.....	43
3.1. Objetivo do projeto .....	45
3.2. Projeto Mecânico .....	45
3.3. Projeto Elétrico .....	47
3.3.1. Montagens Elétricas.....	62
3.4. Projeto Automação .....	64

3.4.1. Programação Eixos .....	65
3.4.2. Programação PLC.....	67
3.4.3. Programação do HMI .....	73
4. Monitorização Industrial.....	82
4.1. Objetivo .....	82
4.2. Projeto AM10 .....	82
4.2.1 Montagens.....	83
4.2.2 Programação .....	84
4.3. Projeto AM11 .....	86
4.3.1 Montagens.....	86
4.3.2 Programação .....	88
4.4. Projeto AM13 .....	89
4.4.1 Montagens.....	90
4.4.2 Programação .....	95
5. Implementação de Projetos.....	98
5.1. Projeto – ROCKER.....	98
5.1.1. Objetivos .....	98
5.1.2. Descrição de atividade .....	102
5.2. Projeto – AG38 - BJHT .....	106
5.2.1. Objetivos .....	106
5.2.2. Descrição de atividade .....	110
5.3. Projeto – Máquina de Guardanapos.....	115
5.3.1. Objetivos .....	115
5.3.2. Descrição de atividade .....	116
6. Robótica Colaborativa .....	120
6.1. Projeto SP-1903.....	120
6.1.1. Objetivos.....	120
6.2.2. Descrição de atividade.....	121
6.2. Formação UR.....	122
7. Conclusão .....	125
8. Referências .....	128



## Índice de Figuras

---

Figura 1. Demonstração das diversas áreas de trabalho da empresa AGIX .....	33
Figura 2. Exemplo gráfico da plataforma AGIX <i>Manufacturing</i> - Ciclos .....	36
Figura 3. Exemplo gráfico da plataforma AGIX <i>Manufacturing</i> - Disposição dos equipamentos ..	36
Figura 4. Robô WR1500 de 5 eixos para a soldadura de alta precisão .....	37
Figura 5. Robôs indústrias da KUKA .....	39
Figura 6. Robôs colaborativas da UR.....	40
Figura 7. LIKE iT - Sistema de controlo de portões automáticos ao fim deste tempo todo aparece a primeira legenda.....	40
Figura 8. Desenvolvimento consistente de famílias de produtos para marca SIP inflight products de Scope, Lda.....	41
Figura 9. Design de equipamento para o ensino e simulação.....	41
Figura 10. Prototipagem para validação funcional e formal .....	41
Figura 11. Sistema de coordenadas dos eixos .....	44
Figura 12. Desenho 3D do banco de ensaio .....	44
Figura 13 Fixação do dinamómetro .....	45
Figura 14. Mesa de ensaio para colocar cápsulas.....	46
Figura 15. Elementos mecânicos - Banco de Ensaio.....	46
Figura 16. Elementos básicos do quadro elétrico.....	48
Figura 17. Elementos básicos informação detalhada dos componentes.....	48
Figura 18. Fonte de alimentação 24VDC 2.5A .....	49
Figura 19. Fonte de alimentação 24 VDC 5A .....	49
Figura 20. Switch Ethernet.....	50
Figura 21. Esquema de ligação interna de relé 4 contatos NO/NC .....	50
Figura 22. Esquema de ligação interna de relé 2 contatos NO/NC .....	50
Figura 23. Esquema elétrico realizado para segurança do circuito .....	51
Figura 24. Simatic Siemens S7-1200 CPU 1212C.....	51
Figura 25. Simatic Siemens S7-1200 CM 1223 .....	52
Figura 26. Simatic Siemens S7-1200 CM 1241 - Módulo RS232 .....	52
Figura 27. Indicador luminoso K50 PRO.....	52
Figura 28. Dinamómetro DF II Series.....	53
Figura 29. Eixo elétrico IAI TTA A2(S).....	53



Figura 30. Eixo elétrico IAI RCP6.....	54
Figura 31. Drive IAI PCON-CB .....	54
Figura 32. Página inicial do esquema.....	55
Figura 33. Normas de execução técnica.....	55
Figura 34. Tabela de conteúdos.....	56
Figura 35. Painel de quadro elétrico.....	56
Figura 36. Listagem de PLC .....	57
Figura 37. Tipologia de comunicações .....	57
Figura 38. Alimentação do quadro.....	58
Figura 39. Distribuição de corrente alternada .....	58
Figura 40. Distribuição de corrente contínua .....	59
Figura 41. Esquema de ligações elétricas dos eixos XY e Z.....	60
Figura 42. Esquema de ligação de sinais dos eixos XY e Z.....	60
Figura 43. Esquema ligação de entradas digitais .....	61
Figura 44. Esquema ligação de saídas digitais .....	61
Figura 45. Eletrificação dos equipamentos externos ao quadro elétrico .....	62
Figura 46. Eletrificação do quadro elétrico .....	63
Figura 47. Validação de eletrificações .....	63
Figura 48. Projeto de automação – resolução ecrã.....	64
Figura 49. Posições do eixo XY.....	65
Figura 50. Pesos sequência binária .....	66
Figura 51. Posições do eixo Z.....	66
Figura 52. Montagem e programação dos eixos.....	67
Figura 53. Estrutura de programação do PLC.....	71
Figura 54. Estrutura da programação tags e data types .....	73
Figura 55. Comunicação do PLC com HMI.....	73
Figura 56. HMI - Ecrã inicial .....	74
Figura 57. HMI - Ecrã com relatório de ensaio.....	75
Figura 58. HMI - Ecrã relatório de molde.....	76
Figura 59. HMI - Ecrã relatório global .....	77
Figura 60. HMI - Ecrã Setup.....	77
Figura 61. HMI - Ecrã de diagnóstico.....	78
Figura 62. Informação de exporte do ficheiro CSV .....	78
Figura 63. Pasta de destino dos logs .....	79
Figura 64. <i>Historical data</i> .....	79

Figura 65. Programação para exportar CSV através do LOG .....	80
Figura 66. Resultado final do banco de ensaio.....	80
Figura 67. Listagem de equipamentos e variáveis a monitorizar no projeto AM10 .....	83
Figura 68. Montagens elétricas do projeto AM10.....	84
Figura 69. Excerto de programa efetuado para ler variáveis a monitorizar do projeto AM10.....	85
Figura 70. Tabela de verificação variáveis a monitorizar do projeto AM10.....	85
Figura 71. Listagem de equipamentos e variáveis a monitorizar no projeto AM11 .....	86
Figura 72. Esquema elétrico de máquina a monitorizar do projeto AM11 .....	87
Figura 73. Montagens elétricas do projeto AM11.....	87
Figura 74. Programa efetuado para ler variáveis a monitorizar do projeto AM11.....	88
Figura 75. Tabela de verificação variáveis a monitorizar do projeto AM11.....	89
Figura 76. Listagem de equipamentos e variáveis a monitorizar no projeto AM13 .....	90
Figura 77. Layout de equipamentos AM13.....	90
Figura 78. Transformador de intensidade Carlo Gavazzi.....	91
Figura 79. Analisador de energia Carlo Gavazzi .....	91
Figura 80. Fonte de alimentação 24VDC 1A 60W .....	91
Figura 81. Suporte fixação para <i>encoder</i> .....	92
Figura 82. <i>Encoder</i> incremental .....	92
Figura 83. Roda de resolução para <i>encoder</i> .....	92
Figura 84. Esquema elétrico do projeto AM13 .....	93
Figura 85. Esquema elétrico de máquina a monitorizar.....	93
Figura 86. Montagens elétricas AM13.....	94
Figura 87. Ligação dos TI's AM13.....	94
Figura 88. Suporte de <i>encoder</i> instalado AM13.....	95
Figura 89. Programa efetuado para ler variáveis a monitorizar do projeto AM13.....	96
Figura 90. Tabela de verificação variáveis a monitorizar do projeto AM13.....	96
Figura 91. Projeto AG35-ROCKER.....	98
Figura 92. AG35-ROCKER - Corte do gito.....	99
Figura 93. AG35-ROCKER - Controlo gito com medição laser.....	100
Figura 94. AG35-ROCKER - Marcação <i>hot-stamping</i> .....	100
Figura 95. AG35-ROCKER - Limpeza <i>hot-stamping</i> .....	101
Figura 96. AG35-ROCKER - Sistema de Visão Artificial .....	101
Figura 97. AG35-ROCKER - Separação de peças.....	102
Figura 98. AG35-ROCKER - Montagens mecânicas e pneumáticas.....	103
Figura 99. AG35-ROCKER - Layout de equipamentos a eletrificar .....	103

Figura 100. AG35-ROCKER - Quadro elétrico.....	104
Figura 101. AG35-ROCKER - Ligação máquina de <i>hot-stamping</i> .....	104
Figura 102. AG35-ROCKER - Instalação final .....	105
Figura 103. Projeto AG38 - BJHT .....	106
Figura 104. AG38 - Peças sujeitas ao processo.....	107
Figura 105. AG38-BJHT - Módulo <i>overmold</i> .....	108
Figura 106. AG38-BJHT - Módulo <i>press-fit</i> .....	109
Figura 107. AG38-BJHT - Controlo de presença de inserto .....	109
Figura 108. AG38-BJHT - Tapete de saída de peças OK .....	110
Figura 109. AG38-BJHT - Quadro elétrico .....	111
Figura 110. AG38-BJHT - Quadro parcial módulo <i>press-fit</i> .....	111
Figura 111. AG38-BJHT - Quadro parcial módulo <i>overmold</i> .....	112
Figura 112. AG38-BJHT - Montagem de mãos presas robôs .....	112
Figura 113. AG38-BJHT - Validação de funcionamento das mãos presas .....	113
Figura 114. AG38-BJHT - Validação de alimentação de barcas I/O .....	113
Figura 115. AG38-BJHT - Instalação no cliente.....	114
Figura 116. Projeto AG12-MG .....	115
Figura 117. AG16-MG - Quadro elétrico.....	116
Figura 118. AG16-MG – Drives .....	116
Figura 119. AG16-MG - <i>Encoder</i> .....	117
Figura 120. AG16-MG – Eletrificações .....	117
Figura 121. AG16-MG - Rolo de papel .....	118
Figura 122. Integração robô UR10 - CNC .....	120
Figura 123. Interface de Segurança UR10 - DMG.....	121
Figura 124. Controlador UR10.....	121
Figura 125. Ligação de segurança robô - CNC.....	122
Figura 126. Formação UR.....	123



## Lista de Símbolos

---

VAC – Tensão e Corrente Alternada

DC – Corrente Contínua

V – Volt

A – AMPERE

mA – Milliampere

kW – kilowatt

kW/h – kilowatt por hora

kB – quilobyte

kg – quilograma

mm – milímetros

mm/s – milímetros por segundo



## Lista de Abreviaturas

---

- PLC – Programmable Logic Controller
- UR – Universal Robots
- CNC – Comando Numérico Computadorizado
- IPT – Instituto Politécnico de Tomar
- IOT – Internet das Coisas
- OEE – Eficácia Geral do Equipamento
- HMI – Interface Homem-Máquina
- TIA – Portal de Automação Totalmente Integrado
- FULL HD – Máxima Alta Definição
- FBD – Diagrama de Blocos Funcionais
- SCL – Linguagem de Controlo Estruturada
- CSV – Valores Separados por Virgulas
- TI – Transformador de intensidade
- SCADA – Sistema de supervisão e aquisição de dados
- NTC – Coeficiente de Temperatura Negativo
- PTC – Coeficiente de Temperatura Positivo
- TCP – Protocolo de Controle de Transmissão
- KPI – *Key Performance Indicator*
- ERP – Enterprise Resource Planning
- MES – Manufacturing Execution System
- ASI – AS-Interface
- PC – Personal Computer
- NO – Normalmente Aberto

NC – Normalmente Fechado

CPU – Unidade central de processamento

TTL – Time to Live

TAD – Técnica de Alimentação Dinâmica





# 1. Introdução

---

O presente documento tem como objetivo apresentar o trabalho desenvolvido durante o período de estágio realizado no âmbito da unidade curricular de Estágio do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Especialidade em Controlo e Eletrónica Industrial, com a duração de 9 meses na empresa AGIX - Innovative Engineering.

Neste capítulo é dada uma visão geral sobre o estágio, nomeadamente qual a motivação para a sua realização, qual o seu enquadramento, quais os principais objetivos para a sua realização, terminando com a organização do presente relatório de estágio.

## 1.1. Motivação

Perante a evolução na indústria, surge cada vez mais a necessidade de implementação de projetos de automação e robótica industrial com integração de sistemas de robótica industrial e sistemas e equipamentos industriais feitos à medida ou personalizados para responder às mais diversificadas necessidades e especificidades apresentadas pelos processos industriais.

Estamos no meio de uma transformação significativa no modo como se produzem produtos, designando-se essa transição por Indústria 4.0, também referida como a quarta revolução industrial[1].

A Indústria 4.0 oferece à indústria a capacidade de otimização rápida, permitindo eficiência sabendo em cada momento o que necessita de atenção e de alteração.

Na Indústria 4.0 surge o conceito de Internet das Coisas (IOT - *Internet of things*), esta permite a conexão dos equipamentos fabris a softwares, permitindo aos operadores trabalharem com as máquinas de modo remoto e autónomo. Com a Indústria 4.0, as empresas podem recolher os dados em tempo real de todo o processo de fabricação, para que as decisões sejam tomadas com rapidez e eficiência de forma a automatizar os processos, reduzindo o desperdício e aumentando a produtividade e a Eficácia Geral do Equipamento (OEE).

A importância do acompanhamento da produção desde o início ao fim garante que todas as matérias-primas e produtos acabados sigam os padrões regulamentados e que sejam de alta

qualidade. Se surgir um problema, a fonte pode ser descoberta em tempo real, reduzindo o desperdício de material e o risco de resultados de produção catastróficos[2].

A Indústria 4.0 é uma realidade que se faz cada vez mais presente e necessária para aumentar a eficiência nos processos produtivos de modo a competir no mercado.

A integração da monitorização ajuda a garantir um fluxo de informações para obter uma fabricação mais eficiente e eficaz. Isto, auxilia na gestão dos dados e proporciona uma melhoria na tomada de decisão, colaborando para que as empresas consigam adaptar as ordens de produção e tornar a organização mais flexível às necessidades. Assim, é possível aumentar a eficiência dos equipamentos e reduzir o tempo dos ciclos da produção de forma otimizada.

Além disso, a monitorização industrial auxilia na realização de ajustes de produção em tempo real, permite a manutenção de stocks de forma a executar previsões precisas de cada tarefa e de evitar gastos excessivos de recursos materiais e humanos.

Os avanços sem precedentes estão a redefinir a indústria, surgindo todos os dias a necessidade da criação de novas e variadas soluções, que de certa forma irão mudar a forma de como as empresas trabalham na atualidade. A empresa onde estagiei atua em diversas áreas que permitem dar resposta às novas necessidades das empresas do setor industrial.

Assim sendo, é uma motivação enorme poder integrar projetos com a maior diversidade de combinações de soluções possíveis para a elaboração dos equipamentos industriais e ainda mais poder terminar esta fase com um estágio tão enriquecedor, tanto a nível profissional como pessoal.

## **1.2. Enquadramento**

Para finalizar o Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Especialidade em Controlo e Eletrónica Industrial, foi dada a possibilidade de escolha entre a realização de projeto ou de estágio. A escolha recaiu sobre a vertente de estágio, uma vez que seria para mim uma grande oportunidade iniciar o contato com o mundo do trabalho que fosse ao encontro da formação efetuada durante todo o percurso académico.

As áreas de automação industrial, da robótica industrial e colaborativa e a monitorização industrial são áreas bastante importantes e em constante desenvolvimento. O estágio teve grande incidência nessas áreas, o que me permitiu não só conhecer as principais áreas de

intervenção da empresa, mas também adquirir experiência e ajudar no desenvolvimento de soluções nas áreas referidas.

A automação e robótica industrial são um processo em que um equipamento ou sistema é capaz de realizar uma atividade de forma autónoma. Ou seja, sem a necessidade de um ser humano a supervisionar o funcionamento do equipamento. Isso, é especialmente útil para os dias de hoje, onde há cada vez mais aplicações para obter processos mais eficientes e eficazes de produção. Indústrias como a indústria dos moldes, indústria automóvel e indústria alimentar estão cada vez mais a optar por desenvolver tecnologicamente os processos de automação e robótica industrial de forma a obter melhor resultados de produção.

### 1.3. Objetivos

A realização do estágio teve como principal objetivo a integração no mundo do trabalho, de forma a pôr em prática todos os conhecimentos adquiridos durante o percurso académico. A integração no mundo do trabalho, para além da aplicação de conhecimentos, possibilita desenvolver várias competências, tais como, desenvolver de sentido de responsabilidade, desenvolver capacidade de decisão, superar de desafios, planear e coordenar tarefas propostas durante a execução do estágio.

No início do estágio foi delineado que os principais objetivos:

- **Implementação de projetos** – Realização de um sistema de um equipamento por medida (banco de ensaio) e participação no desenvolvimento dos restantes projetos que a empresa tinha em construção.
- **Realização de projetos de monitorização** – Realizar tarefas de recolha de dados junto dos equipamentos através de montagem de equipamento, efetuando as eletrificações necessárias e programação.
- **Desenvolver conhecimentos de robótica colaborativa** – Formação de robótica colaborativa efetuada na UR de forma a garantir capacidades para atuar nesta área.

## 1.4. Contribuições

Durante a realização do estágio e perante os objetivos definidos foram desenvolvidos vários trabalhos nas diferentes áreas de trabalho da empresa, as quais são descritas brevemente de seguida:

- **Desenvolvimento de projetos** - Durante o estágio tive oportunidade de participar ativamente no desenvolvimento de vários projetos. Nos projetos contribuí essencialmente com execução da eletrificação dos quadros elétricos, montagem de sensores e respetivas eletrificações de componentes eletrónicos exteriores ao quadro eléctrico. Ainda na fase de desenvolvimento, participei em montagens mecânicas de alguns projetos, em particular fiz a ligação de sistemas de pneumáticos. Tive também a oportunidade de efetuar a montagem de garras de robôs, mãos presas e gabaritos tanto a nível mecânico como eléctrico. Numa fase mais avançada contribuí com validações de processo com o manuseamento de robôs da KUKA.

Após conclusão da fase de desenvolvimento participei ativamente nas fases de ensaio e posteriormente na instalação dos projetos no cliente.

Foi ainda proposto a realização de um banco de ensaio no qual, com acompanhamento da equipa, realizei o esquema do quadro eléctrico do equipamento e efetuei todo o processo de seleção e encomenda de material eléctrico necessário para o projeto. Com a colaboração do Eng. Alberto Gil e o Eng. André Santos realizei a programação dos eixos utilizados e respetiva programação do autómato e da interface homem-máquina (HMI - *Human Machine Interface*) necessária para o projeto. Realizei com o devido acompanhamento o processo de ensaio, de validação de processo e respetiva montagem no cliente.

- **Monitorização industrial** – Nesta área, com a supervisão do Eng. André Santos, foi-me conferida a tarefa de efetuar a leitura dos esquemas eléctricos dos equipamentos sujeitos a monitorização. Posteriormente à leitura e análise do esquema são efetuadas as montagens eléctricas do nosso módulo com o equipamento do cliente. Esta interligação dos equipamentos permite obter os sinais necessários

para poder monitorizar o equipamento e fazer posterior análise através da plataforma.

- **Robótica colaborativa** – Para ganhar competências nesta área foi proposto a realização de formação com a duração de 40 horas na área da robótica colaborativa. Esta consistiu em fazer formação *Core Training* e *Advanced Training* efetuada na Universal Robots em Barcelona – Espanha.

## 1.5. Organização do Relatório de Estágio

A dissertação de estágio apresentada divide-se em seis capítulos. O primeiro capítulo contém a Introdução, a Motivação, o Enquadramento e os Objetivos. Neste capítulo é o exposto o grande objetivo da realização deste estágio, e quais as principais áreas de intervenção durante a realização do estágio.

No segundo capítulo é efetuado a apresentação da empresa AGIX - Innovative Engineering, quais as áreas de trabalho efetuadas pela empresa.

O terceiro capítulo faz referência ao projeto elaborado e implementado durante a realização do estágio, neste capítulo é efetuada uma apresentação do projeto, desde o desenvolvimento da ideia, a produção mecânica, elétrica, programação e realização de testes.

O quarto capítulo diz respeito aos trabalhos realizados na área de monitorização industrial, neste capítulo, são referidos os diversos trabalhos efetuados e os diferentes dados de recolha de sinais e implementações específicas de cada cliente.

No quinto capítulo são apresentados os diferentes trabalhos efetuados em vários projetos destacando as fases de desenvolvimento em que participei, incluindo alguns trabalhos de montagem mecânica, a grande maioria das implementações elétricas a realização de testes, e a instalação do projeto no cliente.

No sexto capítulo apresentam-se os projetos desenvolvidos na área da robótica colaborativa.

Por fim, no sétimo capítulo são efetuadas algumas das principais conclusões, onde se reflete e são evidenciados os aspetos mais importantes durante a realização do estágio. Serão ainda abordadas condicionantes e dificuldades sentidas durante a realização estágio e efetuadas algumas sugestões de melhoria.



## 2. Empresa

---

### 2.1. AGIX | Innovative Engineering

A AGIX | Innovative Engineering é uma empresa especializada no desenvolvimento e produção de soluções de automação e robótica industrial.

Integra uma equipa experiente e qualificada nas áreas de design e engenharia industrial, o que permite desenvolver, produzir e instalar equipamentos e sistemas de controlo capazes de responder aos constantes desafios e necessidade de inovação no contexto da produção industrial. A empresa atua em várias vertentes, a monitorização industrial, automação e robótica, visão artificial e desenvolvimento de produto. A Figura 1 mostra as diversas áreas de atuação da empresa. [3]

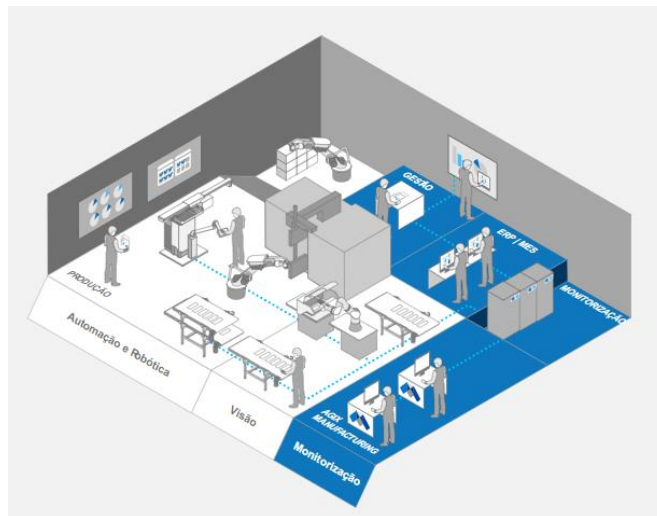


Figura 1. Demonstração das diversas áreas de trabalho da empresa AGIX

#### 2.2.1. Monitorização Industrial

##### 2.2.1.1. Monitorização e otimização da produção

A Monitorização e otimização da produção é uma das áreas de trabalho da empresa AGIX. Esta é efetuada através da ligação de autómato ou dispositivo específico com os



equipamentos produtivos de forma direta e automática, sem ser necessária a introdução de qualquer dado manual. Esta ligação permite a comunicação por sinais digitais e analógicos, para tal os vários dispositivos permitem a aquisição de vários dados tais como:

- Sinais Digitais: 5V, 24VAC/DC, 230V;
- Sinais Analógicos: 0-10V, 0-20mA, 4-20mA;
- Sinais de sondas de temperatura: Termopar, PTC, NTC;
- Sinais de *Encoder*: TTL, *Profinet*, Profibus
- Sinais de análise de energia: kW, Watt, Ampere; kW/h [3].

Para a aquisição é utilizada a comunicação por protocolos das Indústria 4.0 tais como:

- Ethernet: *Profinet*, Siemens S7, Modbus TCP;
- Série: Profibus, Modbus, RS232, RS422, RS485;
- Específicos: AS-I, IO-Link;
- Caso equipamento permita: Protocolo *MtConnect*[3].

A aquisição de sinais serve para posteriormente recorrer à análise e visualização em tempo real dos indicadores de desempenho – *Key Performance Indicator* (KPI) do sistema produtivo. Dependendo da aplicação os indicadores a serem recolhidos e analisados são:

- Ciclos de funcionamento por equipamento, ferramenta ou produto, este permite analisar a quantidade de ciclos efetuados por equipamento.
- Estado de funcionamento do equipamento, em paragem, modo manual, modo automático e em emergência.
- Consumo de material através da implementação de contadores [3].

Um dos dados que se torna relevante analisar em alguns casos é o consumo de energia. As empresas pagam contas de energia acima do que deveriam, por falta de monitorização e análise dos dados de energia. Economizar energia requer investimentos nas instalações e nas linhas de produção, e isso nem sempre é atrativo para as empresas.

Nesse contexto, as empresas precisam de possuir monitorização do consumo de energia. Somente com estudos e análises constantes, as empresas conseguem controlar o consumo de energia

Esta análise é naturalmente dependente de uma monitorização do consumo energético eficaz. Os dados de consumo energético podem ser cruzados com outros indicadores produtivos de modo a obter novos indicadores, assim sendo, torna-se exequível a obtenção do consumo de energia por peça produzida, e consumo de energia em períodos sem produção.

A monitorização permite a análise de desempenho do sistema produtivo através de relatórios de produção por período (mês, semana, dia, turno, intervalo de tempo), por equipamento (máquina, célula robótica) ou entidade (ferramenta, operário, produto). Os relatórios são definidos de acordo com cada sistema produtivo e com a análise pretendida.

A monitorização possibilita a gestão de receitas de produção de forma centralizada dos parâmetros de produção sendo possível obter a leitura de parâmetros dos equipamentos, a escrita de parâmetros nos equipamentos e a gestão de receitas tornando possível saber se é necessário armazenar, criar ou modificar algo. A gestão é efetuada de acordo com as necessidades e características de cada sistema produtivo.

Assim sendo, os sinais e parâmetros relevantes são registados de forma contínua, em bases de dados, independentemente dos indicadores e relatórios definidos. Desta forma, é possível alterar as metodologias de análise ao longo do tempo, sem que seja necessário alterar a parametrização de base da plataforma.

Após todo o trabalho de recolha de informação é possível efetuar a ligação e transmissão do sistema desenvolvido para a recolha com os sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) e *Manufacturing Execution System* (MES), para posterior análise e cruzamento de dados. A ponte de ligação entre a plataforma *AGIX Manufacturing* e os sistemas ERP e MES são desenvolvidos de acordo com as necessidades de cada instalação [3].

### 2.2.1.2. Plataforma AGIX Manufacturing

A plataforma *AGIX Manufacturing* é uma interface desenvolvida pela empresa para permitir a análise dos dados recolhidos de desempenho do sistema produtivo através de relatórios dinâmicos parametrizáveis. Através da Figura 2 pode-se visualizar um dos exemplos de dados recolhidos, neste caso o número de ciclos de funcionamento de um equipamento.

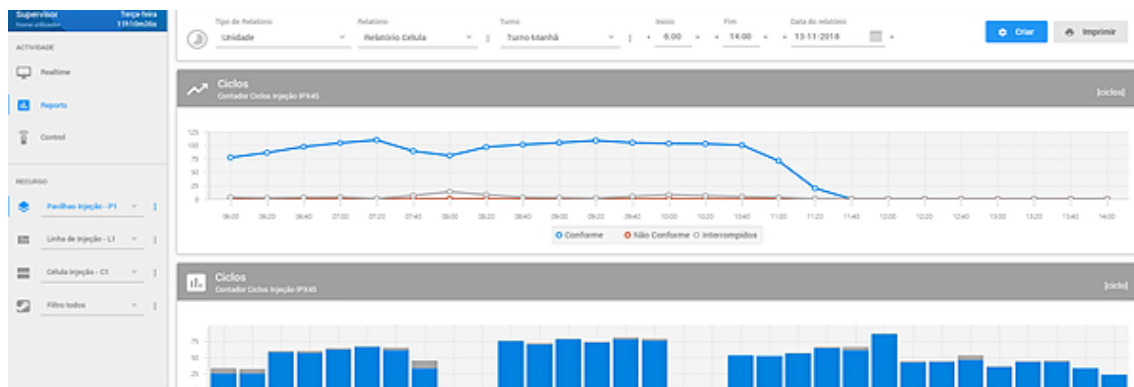


Figura 2. Exemplo gráfico da plataforma *AGIX Manufacturing* - Ciclos

O sistema produtivo pode ser reproduzido em modelo virtual que espelha o estado dos equipamentos e das variáveis mais relevantes dos processos envolvidos tais como, ciclos hora, tempo de injeção e temperatura de molde.

O modelo virtual permite acompanhar de forma rápida e intuitiva um grande número de equipamentos. A Figura 3 mostra um exemplo da disposição dos equipamentos de uma linha de injeção.

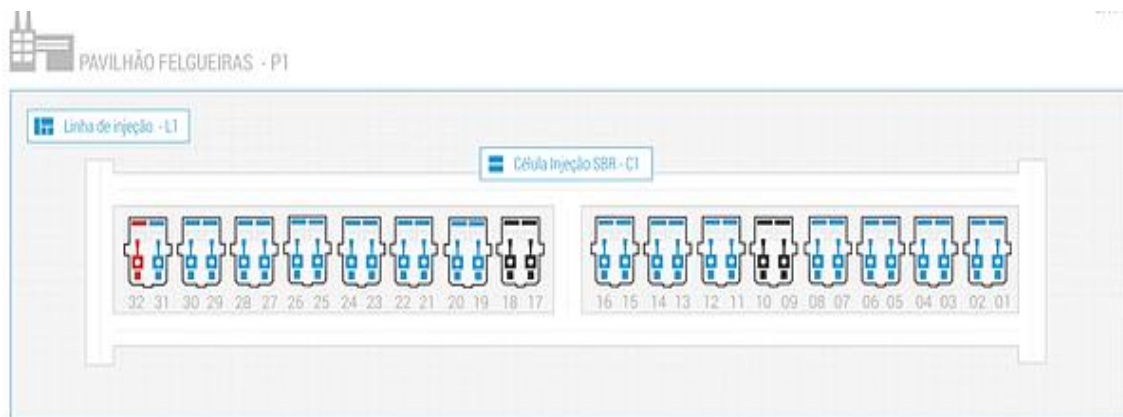


Figura 3. Exemplo gráfico da plataforma *AGIX Manufacturing* - Disposição dos equipamentos

Os sistemas produtivos estão em constante evolução, para acompanhar esta evolução é desenvolvida a ferramenta que permitem a edição rápida e intuitiva do modelo virtual de produção.

A edição é feita de forma centralizada e consistente, sem necessidade de interromper o funcionamento.

## **2.2.2. Automação e Robótica**

A AGIX atua desde a fase inicial de projeto e conceção até à instalação e funcionamento final das soluções integradas no sector da automação e robótica industrial. Neste sector a empresa encontra-se dividida em vários ramos, tais como a integração de sistemas e equipamentos por medida, na integração de robótica industrial e a robótica colaborativa.

### **2.2.2.1. Sistemas e equipamentos industriais por medida**

Os sistemas e equipamentos industriais por medida vão ao encontro das necessidades apresentadas pelos clientes. Para garantia do sucesso de projeto este é desenvolvido, produzido e implementado pela empresa. O projeto é desenvolvido internamente através do desenho industrial, a engenharia mecânica e eletrotécnica. A Figura 4 representa um exemplo de projeto.



Figura 4. Robô WR1500 de 5 eixos para a soldadura de alta precisão

**Neste sector a empresa tem como competências:**

- **Sistemas pneumáticos:** Dimensionamento e desenvolvimento de sistemas pneumáticos e de vácuo [3].
- **Sistemas de automação por PLC e PC:** Desenvolvimento de sistemas de automação e controlo com integração de PLC e *Personal Computer* (PC) [3].
- **Servo acionamentos de precisão:** Acionamentos servo de alta precisão, para aplicações como posicionamento, soldadura e marcação [3].
- **Sistemas mecânicos de precisão:** Desenvolvimento de sistemas mecânicos de precisão recorrente a fusos, guias e patins de esferas e polímeros especiais [3].
- **Sistemas maquinação e manipulação CNC por medida:** Integração de CNC para máquinas especiais [3].

A produção de componentes mecânicos especializados é assegurada internamente e externamente pela rede de parcerias com empresas externas. A integração elétrica, mecânica e o controlo de qualidade são assegurados internamente.

A AGIX assegura integralmente a implementação, manutenção e garantia de todos os projetos desenvolvidos.

#### **2.2.2.2. Integração de Robótica Industrial**

A empresa apresenta integração de robótica industrial. Tem a capacidade de combinar soluções desenvolvidas por medida com soluções de robótica standard[3]. Oferecendo soluções de robótica completa, com projeto de desenvolvimento, programação e integração a sua implementação e manutenção. A empresa é integradora oficial da KUKA que apresenta as mais diferentes soluções para as necessidades apresentadas nesta área. A Figura 5 mostra alguns robôs da KUKA disponíveis para integração



Figura 5. Robôs indústrias da KUKA

### 2.2.2.3. Robótica Colaborativa

Trabalhando em colaboração com os operadores humanos, os robôs colaborativos são seguros e aumentam a produtividade. Podendo ainda substituir os operadores humanos em trabalhos de esforço, sujos, perigosos e entediante, reduzindo o erro e os acidentes. A empresa desenvolve células de trabalho competitivas, que não obrigam a programação complexa, são facilmente parametrizáveis, são reconfiguráveis em novos layouts e seguros. Nesta área apresenta as seguintes soluções como integrador oficial da UR:

- Tarefas de manipulação repetitivas, delicadas e precisas, como processos laboratoriais e análises clínicas.
- Tarefas exaustivas como polimento e pintura.
- Posicionamento e movimentação de componentes numa linha de montagem.
- Posicionamento, embalagem e palatização.
- Inspeção de qualidade.
- Processos simultâneos de manipulação por um humano e processos de precisão como montagem de componentes de pequena dimensão, aparafusamento, colagens ou aperto de precisão.

A Figura 6 demonstra quatro robôs colaborativos da UR disponíveis para integração.

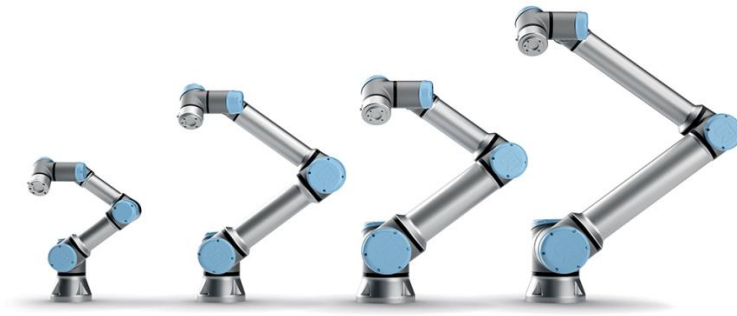


Figura 6. Robôs colaborativas da UR

### 2.2.3. Visão Artificial

Os sistemas de visão artificial são utilizados na inspeção e análise em sistemas isolados ou integrados numa célula robótica ou em sistemas e equipamentos industriais desenvolvidos por medida.

A visão artificial permite a inspeção e diagnóstico de produtos e componentes, deteção de erros em tempo real, relatórios de diagnóstico de peças e componentes.

As aplicações são variadas, podendo ser aplicadas em centros de inspeção dedicados à análise de componentes em ambiente controlado e em sistemas de visão integrados em sistemas produtivos.

### 2.2.4. Desenvolvimento Produto

Este departamento suporta o desenvolvimento total da solução desde o design industrial, projeto elétrico, eletrónica e industrialização. as Figuras 7-10 apresentam alguns dos projetos realizados que estão enquadrados com este sector.

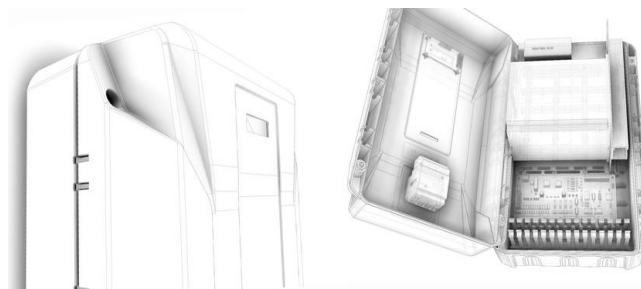


Figura 7. LIKE iT - Sistema de controlo de portões automáticos ao fim deste tempo todo aparece a primeira legenda.



Figura 8. Desenvolvimento consistente de famílias de produtos para marca SIP inflight products de Scope, Lda.



Figura 9. Design de equipamento para o ensino e simulação



Figura 10. Prototipagem para validação funcional e formal





### 3. Projeto – Banco de Ensaio

---

A necessidade de otimização de processo e garantia de qualidade é cada vez mais relevante para a atuação das empresas.

O banco de ensaio surge da necessidade de otimizar o processo de produção dos moldes de injeção de uma empresa da área da indústria de moldes e injeção de plásticos, no âmbito da abertura de tampas de cápsulas de café. O banco de ensaio consiste num equipamento que integra a utilização de uma bancada para colocação de 32 tampas das cápsulas de café, movida de forma automatizada pelo equipamento. Este serve para que a cada ensaio seja efetuado a abertura das 32 tampas e retirado o valor de abertura obtido através da leitura efetuada pelo dinamómetro. A cada hora de funcionamento do molde de injeção com 16 ou 32 cavidades as tampas das cápsulas de café são colocadas sobre o banco de ensaio e é efetuado o ensaio. Este permite que o ensaio seja efetuado com precisão, garantido qualidade na recolha de informação a reter após cada ensaio. Este ensaio para além de garantir a precisão e qualidade, permite através do cruzamento de dados saber as tendências de falhas do molde de injeção. Se houver valores demasiados elevados ou baixos pode indicar uma falha no molde ou numa cavidade em específico.

Sendo um projeto envolto em automação industrial surge a necessidade de recorrer ao desenvolvimento um equipamento industrial por medida.

A automação industrial permite aumentar a eficiência dos processos e maximizar a produção. Apostar em equipamentos por medida de automação industrial num mercado competitivo pode contribuir de diversas maneiras para o crescimento da empresa. Isso acontece porque o processo de automatização está adaptado às necessidades específicas de cada cliente, contribuindo desta forma para que as máquinas e equipamentos desenvolvidos à medida agilizem os processos de produção das empresas.

A partir do momento em que foi desenvolvida a ideia, efetuado o estudo de viabilidade e aprovado o projeto, recorreu-se à fase de projeto, desenvolvimento, produção e por último a sua instalação. Para este projeto recorreu-se à utilização de eixos que possibilitam a execução dos movimentos nos três eixos do sistema de coordenadas, como mostra a Figura 11.

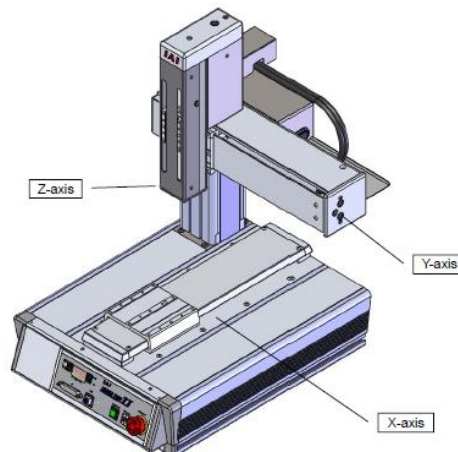


Figura 11. Sistema de coordenadas dos eixos

Para garantir o movimento no plano XY foi utilizado o equipamento que tem embebido os dois eixos e que é responsável por movimentar a mesa de ensaio nesse plano com as cápsulas em ensaio. Quanto à execução do movimento ao longo do eixo dos Z é utilizado um eixo vertical que executa o movimento de encaminhar o dinamómetro até à abertura das cápsulas. O dinamómetro é responsável pela leitura do valor de abertura das tampas da cápsula. O projeto integrou ainda uma fase de projeto mecânico, projeto elétrico, projeto de automação industrial com programação do autómato e programação da HMI para monitorizar os dados em tempo real. Processos que serão descritos passo a passo nas próximas subsecções. Devido ao acordo de confidencialidade que a empresa tem com o cliente, haverá vários aspetos técnicos relativos a este projeto que não podem ser referidos no relatório, tais como a marca das cápsulas de café. A Figura 12 exhibe o desenho 3D do banco de ensaio.

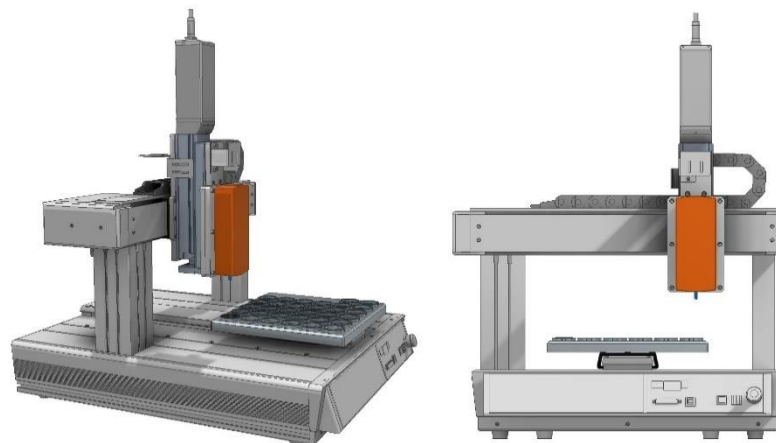


Figura 12. Desenho 3D do banco de ensaio

### 3.1. Objetivo do projeto

O projeto AG39 – BE32XXXX Banco de ensaio surgiu com a necessidade de garantir as seguintes funcionalidades e respetivos objetivos:

- Detecção de força de abertura de cápsula de café
- Ciclo automático para 16/32 cápsulas
- Análise de OK/NOK de cavidade por molde e por cavidade
- Aviso de proximidade a nível de força NOK
- Monitorização de tempo entre ensaios
- Exportação de dados e ficheiros EXCEL

### 3.2. Projeto Mecânico

Para projeto mecânico foi necessário a realização de peças por parte do departamento de mecânica de forma a garantir a possibilidade de utilizar os eixos pretendidos, tais como, a fixação do dinamómetro ao eixo Z, demonstrada na Figura 13 e mesa de ensaio para a colocação das cápsulas que é acoplada ao eixo XY como mostra a Figura 14.

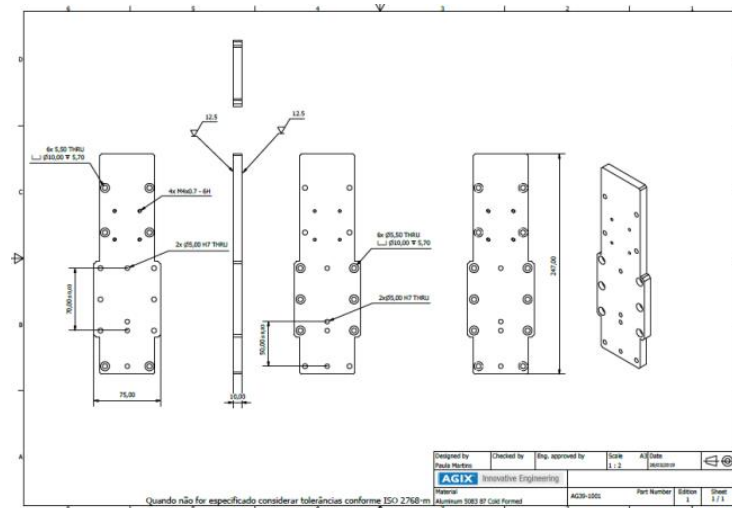


Figura 13 Fixação do dinamómetro

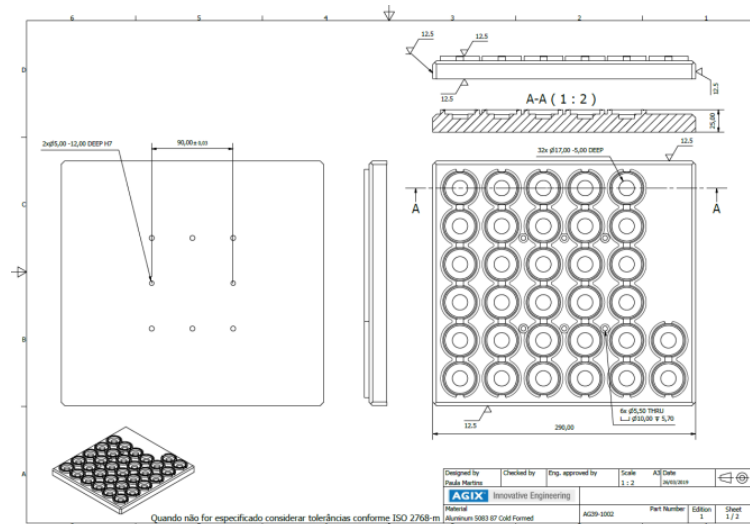


Figura 14. Mesa de ensaio para colocar cápsulas

Além das peças anteriormente referidas, foram desenhados, produzidos e instalados os seguintes elementos mecânicos indicados na Figura 15, que permitiram a implementação do projeto. Nesta fase a minha participação foi apenas na montagem dos elementos produzidos.

Elementos Mecânicos				
Grupo	ID	Tipo	Descrição	Qty.
Maquinação	AG39-1001	PEÇA MECÂNICA	Fixação Eixo Z ao Eixo XY	1
	AG39-1002	PEÇA MECÂNICA	Mesa de Teste	1
	AG39-1003	PEÇA MECÂNICA	Fixação Eixo Z	1
	AG39-1004	PEÇA MECÂNICA	Fixação Dinamometro	1
Corte e Quinagem	AG39-2001	PEÇA CHAPA	Fixação Calha passa cabos	1
	AG39-2002	PEÇA CHAPA	Guia para os cabos	1
Acessórios	CALHA	ACESSORIO IGUS	Calha Passa Cabos	1
	ELO DE CALHA	ACESSORIO IGUS	Elos Calha Passa Cabos	4
	PÉS	ACESSORIO ITEM	Adjustable Foot 8 PA	4
	PEGAS	ACESSORIO ELESA/GANTER	ridge Handle - Code: 37004 Ref.: M.443/110-CH-C31 (grey)	2
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Hexagon Socket Head Cap Screw	6
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Hexagon Socket Head Cap Screw	6
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Hexagon Socket Head Cap Screw	10
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Hexagon Socket Head Cap Screw	18
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Hexagon Socket Head Cap Screw	12
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Grooved pins - Full-length parallel grooved, with chamfer	8
Elementos de Ligação	PARAFUSO	FIXAÇÃO	Grooved pins - Full-length parallel grooved, with chamfer	2

Figura 15. Elementos mecânicos - Banco de Ensaio

### 3.3 Projeto Elétrico

Após realização do projeto mecânico, realizadas todas as validações e verificações foi possível concluir que o projeto era exequível. Através do desenho 3D e da simulação 3D, foi possível verificar que os eixos serviriam para que a mesa de ensaio se movimentasse e não houvesse colisão em qualquer sentido de movimento, tendo sido possível chegar às 32 posições que seriam necessárias efetuar durante o ensaio. O seguinte passo, levou à execução do projeto elétrico com a elaboração do esquema elétrico para o quadro elétrico do equipamento. Esta parte foi executada por mim com o apoio necessário por parte do orientador Eng. Alberto Gil. Para execução do projeto elétrico foi feito um levantamento do material necessário e em seguida passou-se à fase de desenvolvimento do projeto.

Para iniciar o projeto é necessário o preenchimento das tabelas apresentadas na Figura 16 e Figura 17, nas quais é permitido introduzir dados relevantes dos componentes, tais como, tensão de controlo (24V), tensão de alimentação (230V) do equipamento, bem como indicar o número de saídas e entradas digitais que são utilizadas para implementação da programação. Posteriormente, à inserção dos dados é possível retirar dados significativos para o projeto que são gerados de forma automática após preenchimento correto das tabelas. Após o devido preenchimento da tabela foi iniciado o processo de projeto elétrico que conseqüentemente levou a que houvesse alterações no preenchimento da tabela de dados de projeto, porque foram necessários acrescentar dados novos, como introdução de novos componentes bem como utilização de mais entradas e saídas digitais do que as definidas inicialmente.

Q.E. - Elementos base					
Grupo	ID	Tipo	M	C	Descrição
Quadro QE1	QE	QUADRO ELETRICO	8	2	RITTAL - ARMÁRIO 500x500x210 RAL7035
		QUADRO ELETRICO	8	2	RITTAL - RITTAL SZ FRAME - PASSA CABOS - 8POS
	PC	INTERRUPTOR	31	1	SIEMENS - INTERRUPTOR DE EMERGÊNCIA 3P Iu=16A 7.5KW
		DISJUNTOR	15	7	SIEMENS - DISJUNTOR MODULAR 6KA 1P 10A C
		DISJUNTOR	15	7	SIEMENS - DISJUNTOR MODULAR 6KA 1P 2A C
		DISJUNTOR	15	7	SIEMENS - DISJUNTOR MODULAR 6KA 1P+N 16A C
		DISJUNTOR	15	7	SIEMENS - AUXILIARY CURRENT SWITCH 1 NO+1 NC
	PLC	AUTOMATO	24	3	SIEMENS - SIMATIC S7-1212C 8DI 6DO
		AUTOMATO	24	3	SIEMENS - SIMATIC S7-1200 - SM 16DI/16DO 0,5A
		AUTOMATO	24	3	SIEMENS - SIPLUS S7-1200 CM1241 RS232
	HMI	HMI SIEMENS 3SU	34	7	SIEMENS - 3SU - HOLDER FOR 3 MODULES
		HMI SIEMENS 3SU	34	7	SIEMENS - 3SU - LED RED 24V AC/DC, SPRING, FRONT MOUNTING
		HMI SIEMENS 3SU	34	7	SIEMENS - 3SU - LED WHITE - SPRING - FRONT MOUNTING
		HMI SIEMENS 3SU	34	7	SIEMENS - 3SU - INDICATOR LIGHT, 22MM, ROUND, PLASTIC, CLEAR, SMOOTH LE
		HMI SIEMENS 3SU	34	7	SIEMENS - 3SU - PUSH BUTTON, 22MM, ROUND, PLASTIC, WHITE
		HMI SIEMENS 3SU	34	7	SIEMENS - 3SU - SIEMENS ACT - CONTACT 1NO, SPRING - DIRECT MOUNTING
	PS	FONTE ALIMENTAÇÃO	43	2	PHOENIX - TRIO-PS/1AC/24DC/ 2.5 FONTE ALIMENTAÇÃO MONF, 24 Vdc, 2.5A
		FONTE ALIMENTAÇÃO	43	2	PHOENIX - TRIO-PS/1AC/24DC/ 5 FONTE ALIMENTAÇÃO MONF, 24 Vdc, 5A
	SW	SWITCH	47	1	PHOENIX - INDUSTRIAL ETHERNET SWITCH - FL SWITCH SFNB 5TX
	FC	FIXAÇÃO	50	1	PHOENIX - QUADRO MONTAGEM - VS-SI-EB-EMV-1
		FICHA	51	2	PHOENIX - PLACA FRONTAL DE DADOS - VS-PP-SD-D-RJ456A-BUBU
		FICHA	51	2	PHOENIX - CONECTOR RJ45 - VS-GC-RJ456A-BUBU
	RL	RELÉ	55	3	PHOENIX - RIF-2-RPT-LDP-24DC/4X21
		RELÉ	55	3	PHOENIX - RIF-1-RPT-LDP-24DC/2X21
	IL	INDICADOR LUMINOSO	68	1	BANNER - K50 PRO INDICATOR
	EX	EIXO	61	4	IAI - EIXO IAI TTA-A25L-WA-40-40-PN-E-E-2-2-FZ
		EIXO	61	4	IAI - PC SOFTWARE ( USB CABLE + DUMMY PLUG)
		EIXO	61	4	IAI - EIXO IAI RCP6-TA6C-WA-42P-3-150-P3-R03-B
		EIXO	61	4	IAI - CONTROLADOR PCON-CB-42PWAI-PN-2-0-DN
		EIXO	61	4	IAI - CE-PCON-6

Figura 16. Elementos básicos do quadro elétrico

DI	DQ	AI	AQ	PNET	USS	P24V	P230V	P400V
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	6	0	0	0	0	9,6	0	0
16	16	0	0	0	0	12	0	0
0	0	0	0	0	0	1,1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0,48	0	0
0	0	0	0	0	0	0,48	0	0
0	1	0	0	0	0	0,48	0	0
0	0	0	0	0	0	0,48	0	0
0	0	0	0	0	0	60	207	0
0	0	0	0	0	0	120	115	0
0	0	0	0	0	0	4,4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1,45	14,95	0
0	0	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
0	0	0	0	0	0	2,78	0	0
10	9	0	0	0	0	168	667	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	100,8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	25	0	0	0	0	484,53	1004	0

Figura 17. Elementos básicos informação detalhada dos componentes

Para executar o projeto elétrico foi utilizado o software EPLAN ELECTRIC. Este oferece diferentes possibilidades de elaboração do projeto, documentação e gestão de projetos de automação [4].

Nesta fase, em concordância com os equipamentos que seriam utilizados, foi decidido a tensão de alimentação do sistema que se concluiu ser alimentação monofásica de 230V. Esta decisão teve em consideração as normas de eletrificação.

Em seguida, serão apresentadas e descritas as funções de alguns componentes chave utilizados para realização do projeto elétrico:

- **Fonte de alimentação monofásica TRIO-PS/1AC/24VDC/ 2.5A (Figura 18)** - A utilização da fonte de alimentação de 24VDC de 2.5A serviu para alimentação de controlo, como por exemplo alimentação de PLC e módulo de entrada e saídas digitais [5].



Figura 18. Fonte de alimentação 24VDC 2.5A

- **Fonte de alimentação monofásica TRIO-PS/1AC/24DC/ 5A (Figura 19)** - A utilização da fonte de alimentação de 24VDC de 5A serviu para alimentação dos eixos XY e do eixo Z. Esta foi devidamente monitorizada para saber se a alimentação 24VDC dos eixos está correta [5].



Figura 19. Fonte de alimentação 24 VDC 5A



- **Switch Industrial Ethernet FL SWITCH SFNB 5TX (Figura 20)** - *Switch* de 5 portas RJ45 alimentado a 24VDC. Este serve para ligação *Ethernet* entre o PLC o HMI e o servidor da empresa [5].



Figura 20. Switch Ethernet

- **Módulo de relé RIF-2-RPT-LDP-24DC/4X21 (Figura 21)** - Módulo de relé, composto por base de relé, relé de contato de potência e arco de retenção. Este tem à disposição 4 contatos NO/NC, com tensão de entrada 24 VDC [5].

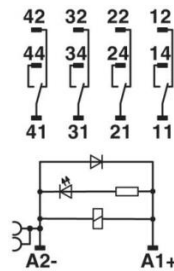


Figura 21. Esquema de ligação interna de relé 4 contatos NO/NC

- **Módulo de relé RIF-1-RPT-LDP-24DC/2X21 (Figura 22)** - Módulo de relé, composto por base de relé, relé de contato de potência e módulo de indicação e apoio de retenção. Este tem à disposição 2 contatos NO/NC, com tensão de entrada 24 VDC [5].

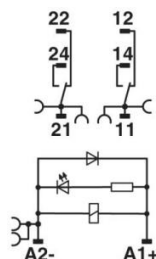


Figura 22. Esquema de ligação interna de relé 2 contatos NO/NC

Os relés de segurança têm como base fazer o rearme do sistema. Este é feito quando os eixos XY e o eixo Z não estão em emergência e é solicitado o rearme através do botão específico que alimenta a bobina do relé de segurança do eixo XY. As bobinas dos restantes relés só são ativos se o sinal de *enable* disponibilizado pelo eixo XY estiver correto, só depois deste relé acionar é que é alimentado o relé de segurança do eixo Z. Este tipo de equipamento requer um nível de segurança 1. Não se tratando de um equipamento que ponha em risco a integridade humana ou grande risco de acidente foi implementado um sistema de emergência Stop e de habilitação de circuitos de categoria de segurança 1 como se pode observar na Figura 23.

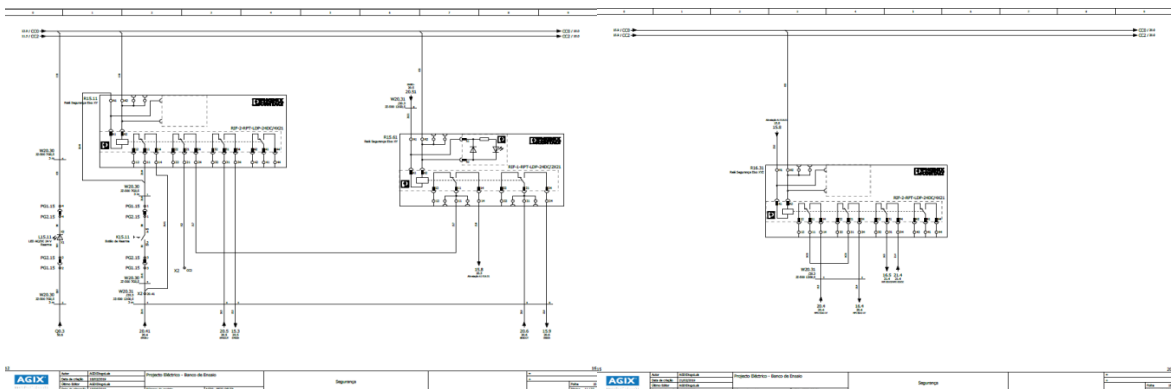


Figura 23. Esquema elétrico realizado para segurança do circuito

- **SIMATIC SIEMENS S7-1200 CPU 1212C (Figura 24)** - PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1212C 24VDC com 8 entradas digitais, 6 saídas digitais e 2 entradas analógicas de 0-10VDC. Este é fornecido de fonte de alimentação interna DC 20,4-28,8V DC, memória de programa e com memória interna de dados 75 kB. PLC que serviu essencialmente para fazer a programação do projeto em questão [6].



Figura 24. Simatic Siemens S7-1200 CPU 1212C

- **SIMATIC SIEMENS S7-1200 SM 1223 (Figura 25)** - Módulo de 16 entradas digitais e 16 saídas digitais de 24VDC a transístor 0.5 A. De forma a complementar o PLC e uma vez que foram necessárias entradas e saídas em grande número [6].



Figura 25. Simatic Siemens S7-1200 CM 1223

- **SIMATIC SIEMENS S7-1200 CM 1241 RS232 (Figura 26)** - Módulo de comunicação RS232 que interligado ao PLC e de acordo com as especificações e protocolo de comunicação RS232 permitiu a comunicação entre o PLC e o dinamómetro [6].

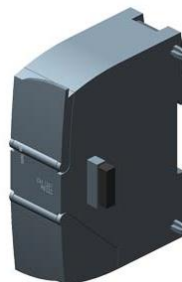


Figura 26. Simatic Siemens S7-1200 CM 1241 - Módulo RS232

- **BANNER - K50 PRO INDICATOR (Figura 27)** - Indicador luminoso RGB multicolorido programável de 50 mm, 24VDC, modelo sonoro e controlo de entrada intermitente opcional [7]. Este foi ligado e programado para indicar o estado de funcionamento do equipamento.



Figura 27. Indicador luminoso K50 PRO

- **Dinamómetro DF II Series (Figura 28)** - Medidor de força compacto e fácil de usar, projetado para aplicações económicas sem comprometer a funcionalidade. Este medidor de força digital é ideal para aplicações portáteis ou para bancos de ensaio [8].



Figura 28. Dinamómetro DF II Series

- **Eixo IAI TTA-A2SL-WA-40-40-PN-E-E-2-2-F2 (Figura 29)** - Robô de mesa de múltiplos eixos, com *encoder* absoluto sem bateria como padrão. Tensão de alimentação de 100-230 VAC 50/60 Hz. Equipado com servo motor AC tipo de 2 eixos: 2.9A/1.2A 230VAC. Alimentação de drive de motor e emergência de 24VDC. Ambos os eixos com capacidade de movimento de 400 mm e velocidade do eixo X: 1200 mm/s Y: 1200 mm/s e com capacidade de carga do eixo X: Até 30 kg Y: Até 20 kg [9].



Figura 29. Eixo elétrico IAI TTA A2(S)

- **Eixo IAI RCP6-TA6C-WA-42P-3-150-P3-R03-B (Figura 30)** - Atuador linear de parafuso esférico flexível, do tipo tabela, inteligente e económico, projetado para realizar as tarefas simples normalmente atribuídas a cilindros de ar, mas com maior flexibilidade e controle [10].

Eixo com motor em linha e com controlador PCON à parte, dispõe de um passo de fuso de 150mm e velocidade máxima até 980 mm/s [11].



Figura 30. Eixo elétrico IAI RCP6

- **Drive IAI PCON-CB-42PWAI-PN-2-0-DN (Figura 31)** - Controlador para o eixo elétrico RCP6 para o motor de motor do tipo 42P. Tem alimentação de 24VDC. Permite a ligação dos inputs e outputs ao PLC e comunicação entre drive e atuador [12].



Figura 31. Drive IAI PCON-CB

Para além dos componentes chave anteriormente identificados, foram necessários vários tipos de componentes e acessórios. Com a interligação de todos os componentes e equipamentos foi possível realizar e obter um esquema elétrico para o projeto em questão. Assim, foram efetuadas as ligações elétricas quer de alimentação de tensão, como tensão de controlo e respetivos sinais digitais.

O esquema elétrico é dividido de acordo com o tipo de ligação elétrica efetuada, assim sendo em seguida é apresentada a estrutura do projeto elétrico.

Todas as páginas do projeto são estruturadas da mesma forma. Com o cabeçalho onde é introduzido o número de coluna/iteração do esquema, o corpo onde é introduzido o conteúdo alusivo a cada página, todas as páginas que apresentam eletrificações estas são numeradas e etiquetadas de acordo com a página e o número de iteração/colunas. A

estrutura apresenta ainda o rodapé em que são inseridos dados do projetista, dados dos projeto e respetivos números de páginas e folha.

- Página de título:** Página que serve como página inicial ondes são introduzidos dados gerais do projeto tais como, o nome do cliente, a descrição do projeto, o número do desenho, tensão de alimentação, tensão de controlo, dados do projetista, entre outros como ilustra a Figura 32.



Figura 32. Página inicial do esquema

- Normas:** Nesta página são identificadas as normas de execução técnica do projeto, são descritas as normas de eletrificação onde é descrito as cores e secções dos condutores, a regulamentação de material utilizado e leitura do esquema com identificação das páginas e respetiva legenda. Na Figura 33 são visíveis os vários campos referidos anteriormente.

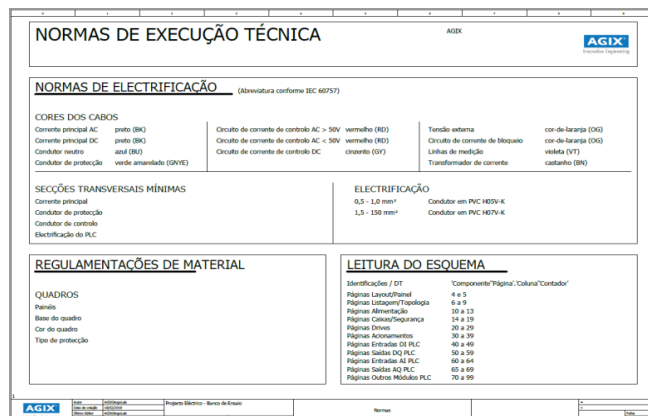


Figura 33. Normas de execução técnica

- **Tabela de conteúdos:** A página tabela de conteúdos serve para expor a estrutura do projeto, onde é referido a página do projeto, o título e descrição da página, a data de criação e respetivo editor, como mostra a Figura 34.

Tabela de conteúdos				
Página	Título de página	Descrição da página	Data	Editor
12	Tela / Apresentação	Página de título	15/03/2019	AGIX/Depaulo
13	Tela / Apresentação	Normal	15/03/2019	AGIX/Depaulo
14	Tabela de conteúdos	Tabela de conteúdos (1) - /12	15/03/2019	AGIX/Depaulo
15	Descrição do projeto	Panel QE	15/03/2019	AGIX/Depaulo
16	Descrição do projeto	Panel QE	15/03/2019	AGIX/Depaulo
17	Esquema unifilar	Legenda RLC	15/03/2019	AGIX/Depaulo
18	Esquema unifilar	Topologia de Conexões	15/03/2019	AGIX/Depaulo
19	Esquema unifilar	Alimentação do Quadro	15/03/2019	AGIX/Depaulo
20	Esquema unifilar	Alimentação AC	15/03/2019	AGIX/Depaulo
21	Esquema unifilar	Distribuição DC	15/03/2019	AGIX/Depaulo
22	Esquema unifilar	Separador	15/03/2019	AGIX/Depaulo
23	Esquema unifilar	Separador	15/03/2019	AGIX/Depaulo
24	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
25	Esquema unifilar	ESB2	15/03/2019	AGIX/Depaulo
26	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
27	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
28	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
29	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
30	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
31	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
32	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
33	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
34	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
35	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
36	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
37	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
38	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
39	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
40	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
41	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
42	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
43	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
44	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
45	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
46	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
47	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
48	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
49	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
50	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
51	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo
52	Esquema unifilar	ESB1 1V	15/03/2019	AGIX/Depaulo

Figura 34. Tabela de conteúdos

- **Panel QE:** O painel do quadro elétrico serve para introduzir a platine e dispostos os vários componentes alegóricos ao esquema elétricos através de um desenho 2D. Estes são dispostos sobre a calha din, de acordo com as calhas porta cabos e com respetivas medidas de referência para posterior montagem prática como demonstra a Figura 35. Nesta secção são ainda introduzido dados referentes a furos que são feitos para passagem e montagem de cabos/acessórios.

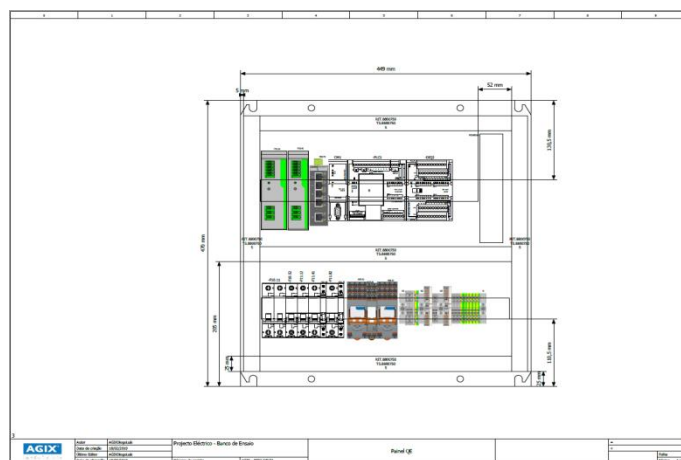


Figura 35. Painel de quadro elétrico

- Listagem PLC:** Todos os dados referentes aos sinais digitais do PLC, do módulo de entradas e saídas digitais são indicados com I0.X – as entradas e Q0.X as saídas com respetiva descrição breve de cada sinal. Este serve ainda para indicar todos os módulos que estão fisicamente ligados ao autómato que neste caso, está também ligado o módulo CM1241 de comunicações RS232 como se pode visualizar na Figura 36.

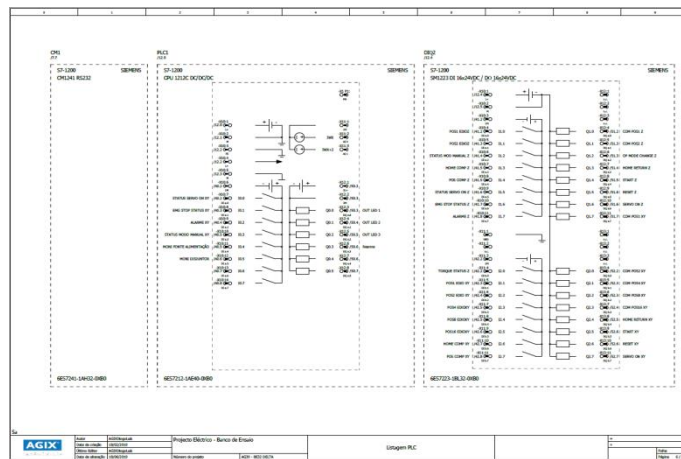


Figura 36. Listagem de PLC

- Topologia de Comunicações:** Página dedicada aos equipamentos respeitantes às comunicações. Neste caso é indicado a tipo de rede Ethernet que liga todos os componentes entre si através do *switch*. A Figura 37 é relativa às comunicações *Ethernet* e RS232.

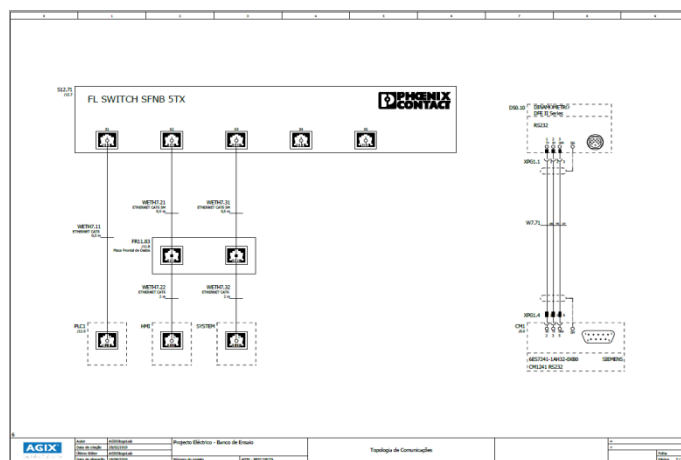


Figura 37. Tipologia de comunicações



- **Alimentação do Quadro:** Esquema elétrico com a respetiva alimentação do quadro, onde são projetados os disjuntores de entrada do quadro e interruptor de emergência para corte de energia total do quadro, tal como referido na Figura 38.

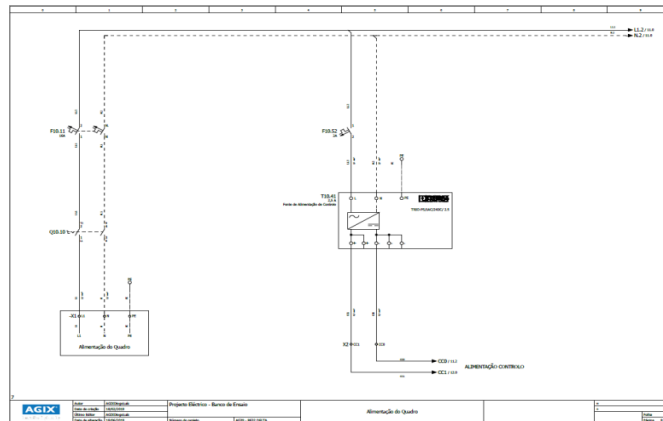


Figura 38. Alimentação do quadro

- **Distribuição AC:** Nesta página são dispostos os componentes que são alimentados com corrente alternada, em particular corrente alternada monofásica de 230V. Os componentes são ligados individualmente com um disjuntor de um polo, partilhando todos o mesmo neutro e terra. Na Figura 39 podemos ver três equipamentos ligados por corrente alternada. Na Figura 38, pode também observar-se uma fonte de alimentação que deveria estar na página da Figura 39, mas devido à otimização de páginas ficou determinado ficar com esta configuração.

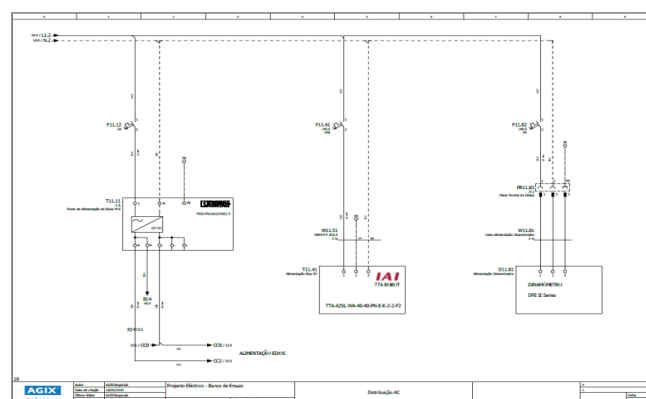


Figura 39. Distribuição de corrente alternada



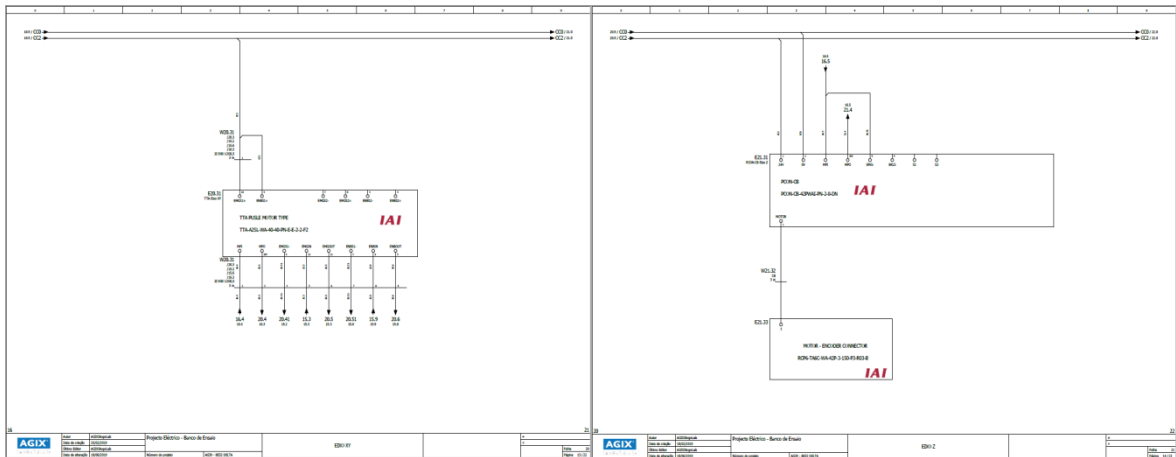


Figura 41. Esquema de ligações elétricas dos eixos XY e Z

- I/O EIXO XY e I/O EIXO Z:** As duas páginas apresentadas na Figura 42 são referentes aos sinais de entrada e saída digitais do eixo XY e do eixo Z. Estes sinais são disponibilizados através de um conector de alimentação com os sinais normalizados de entradas e saídas dos eixos. Estes sinais são ligados através de um flat cable às entradas e saídas do autômato e módulo de entradas e saídas digitais.

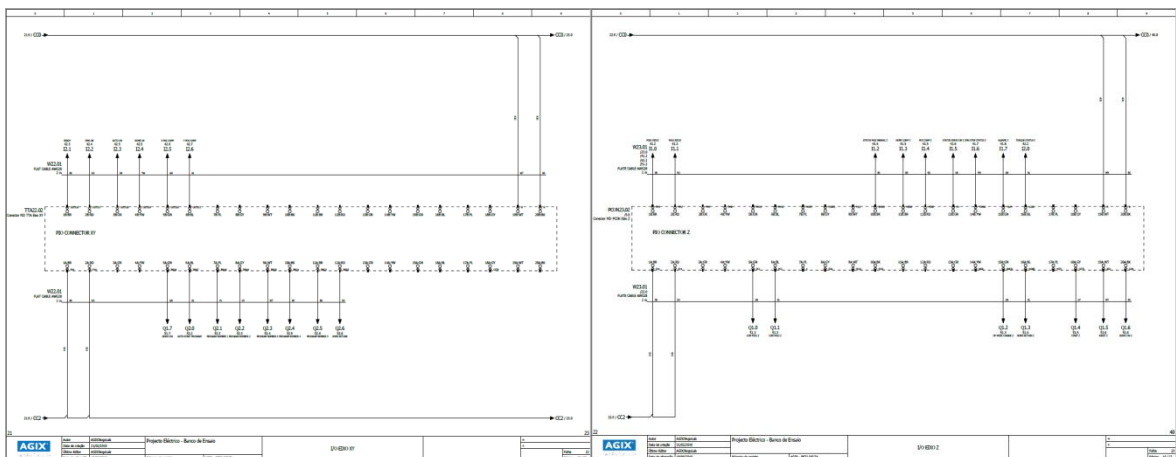


Figura 42. Esquema de ligação de sinais dos eixos XY e Z

- Entradas Digitais DI0 DI1 DI2:** As entradas digitais estão dispostas em três páginas como demonstra a Figura 43. O PLC dispõe de 8 entradas identificadas como I0.X. Neste caso o PLC tem apenas duas entradas ocupadas ficando as outras de reserva. Por outro lado e de forma, a tornar a

leitura facilitada a nível de eletrificação, o módulo de entradas foi dedicado aos sinais dos eixos XY e Z sendo identificados como I1.X e I2.X. Nesta página é ainda identificado com uma breve descrição a relação de cada sinal.

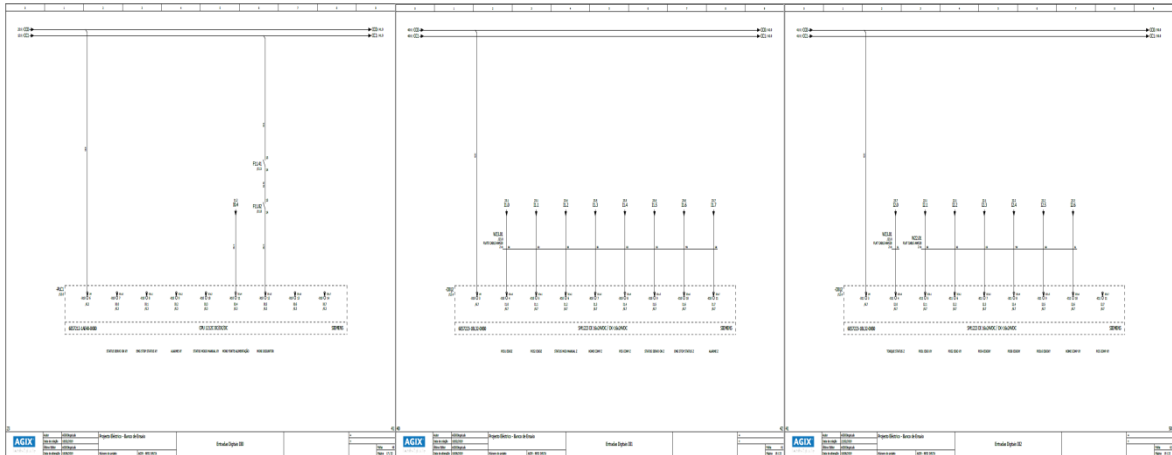


Figura 43. Esquema ligação de entradas digitais

- Saídas Digitais DQ0 DQ1 DQ2:** As saídas digitais estão dispostas em três páginas como demonstra a Figura 44 O PLC dispõe de 8 saídas identificadas como Q0.X, neste caso o PLC ficou com as saídas de sinais dedicados a sinalização do equipamento. Por outro lado e de forma, a tornar a leitura facilitada a nível de eletrificação, o módulo de saídas foi dedicado aos sinais dos eixos XY e Z sendo identificados como Q1.X e Q2.X.

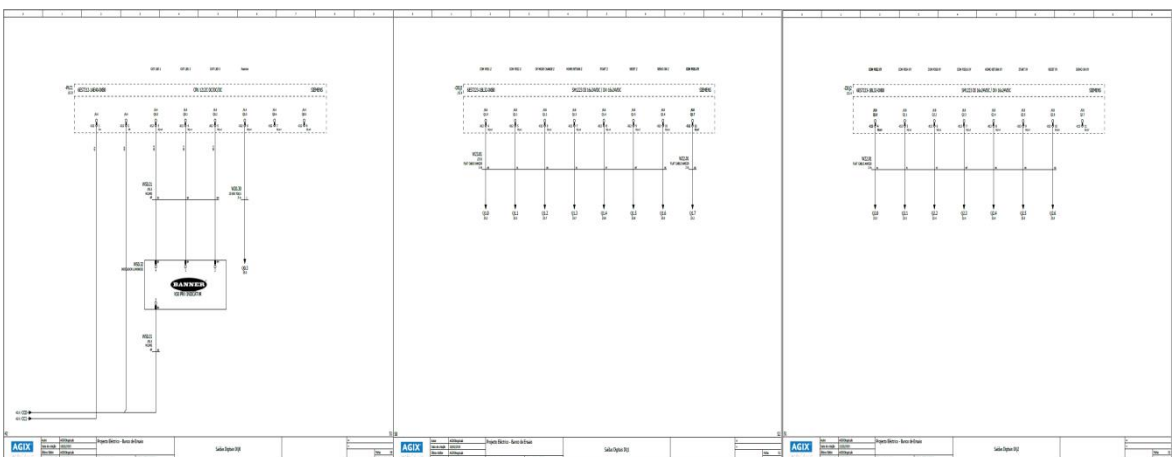


Figura 44. Esquema ligação de saídas digitais

### 3.3.1 Montagens Elétricas

Após a conclusão do esquema elétrico passei à seguinte fase com as montagens elétricas seguiu-se a fase da montagem elétrica. Ainda antes de iniciar a montagem, processei todo o processo de encomenda de material para o projeto e aí sim, depois de todo o material reunido passou-se à fase prática que incluiu: montagem do quadro elétrico, eletrificação dos componentes que estão no seu interior, e respetiva ligação dos equipamentos exteriores ao quadro elétrico como podemos ver na Figura 45. Grande parte das montagens e eletrificações foram efetuadas por um estagiário da empresa, sobe a minha orientação e com o meu auxílio.



Figura 45. Eletrificação dos equipamentos externos ao quadro elétrico

A montagem do quadro é feita com base no esquema elétrico desenvolvido, quando se passa à prática é necessário efetuar uma parte mais mecânica com a furação da platine, do quadro elétrico, efetuar o corte da calha din e da calha porta cabos, sendo posteriormente necessária fixação destes elementos dentro do quadro elétrico.

Toda a eletrificação é feita de acordo com o esquema elétrico e de acordo com as normas. Para facilitar a leitura do esquema e a eletrificação do quadro elétrico. Assim sendo, os equipamentos são devidamente identificados com uma etiqueta de designação do componente que corresponde devidamente ao especificado no esquema elétrico, também

todos os condutores/fios são identificados com porta etiquetas e respetiva descrição do fio como demonstra a Figura 46.

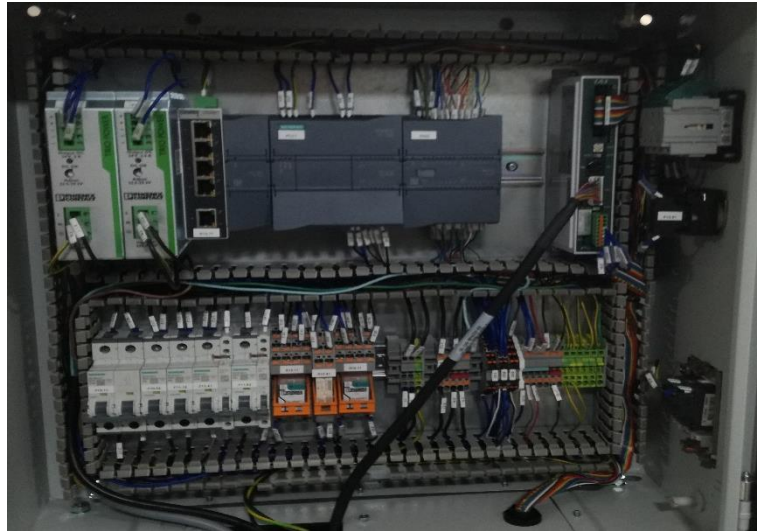


Figura 46. Eletrificação do quadro elétrico

Terminadas as eletrificações, foram efetuadas validações que permitiram verificar que todas as eletrificações estavam efetuadas corretamente e de acordo com esquema. Esta primeira validação foi efetuada com a utilização de um multímetro e sem qualquer energia no quadro. Após essa validação, foram ligados um a um os equipamentos para não correr o risco máximo de ocorrer um erro e danificar todos os equipamentos. Na Figura 47, podemos ver todos os equipamentos em tensão com indicação luminosa.

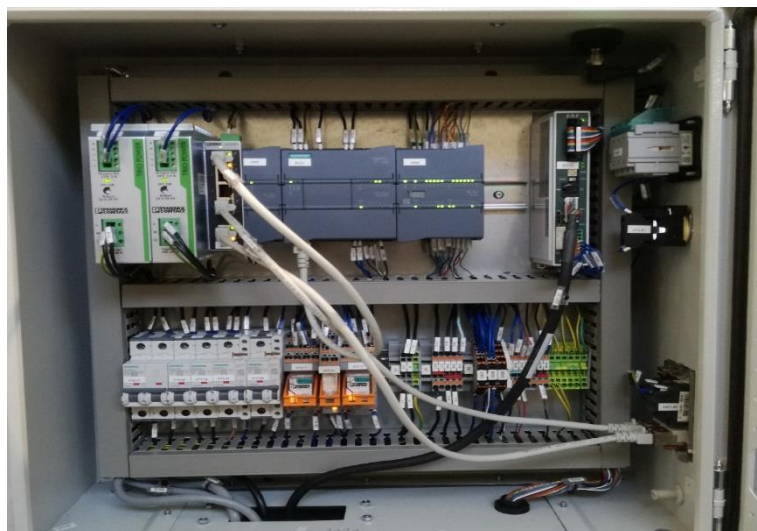


Figura 47. Validação de eletrificações

### 3.4. Projeto Automação

Enquanto as eletrificações estavam a ser efetuadas, dei inicio ao projeto de automação. Para efetuar a programação recorreu-se ao software de programação da SIEMENS Portal de Automação Totalmente Integrado (TIA - *Totally Integrated Automation*) O TIA Portal fornece acesso total a gama da siemens completa de serviços de automação digitalizada, desde planeamento digital e engenharia integrada até operação transparente [13].

Para interface do homem-máquina foi decidido utilizar o SIMATIC WinCC do TIA Portal que é um software para integração de aplicações HMI, desde soluções mais simples de operação com painéis básicos até aplicativos sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) em sistemas multiusuários baseados em PC [14]. Nesta aplicação foi utilizado o *WinCC Runtime Advanced V15* devido às necessidades do projeto. Como HMI foi utilizado um ecrã com resolução de Máxima Alta Definição (HD - *Full High Definition*), como exemplo na Figura 48.

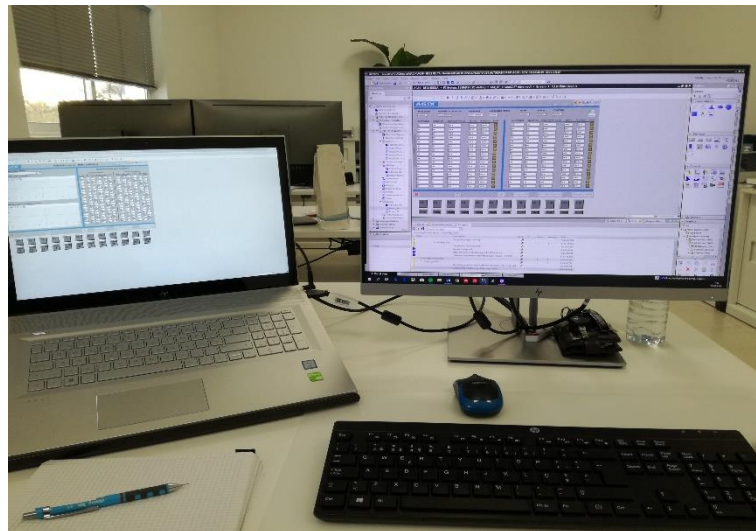


Figura 48. Projeto de automação – resolução ecrã

O projeto de automação está dividido em várias tarefas, nos seguintes tópicos irão ser indicadas e descritas as restantes tarefas que permitiram a execução do projeto de automação.

### 3.4.1. Programação Eixos

A programação dos eixos foi feita individualmente. Para programação do eixo XY foi utilizado o programada *PC Interface Software for XSEL*, Este software é usado para uma vasta linha de controladores programáveis da IAI. O software é totalmente programável e executa várias funções que este tem ao seu dispor.

O programa contém instruções que são seguidas durante a operação normal. No programa são gravadas as posições pretendidas com os seus parâmetros, possibilitando executar toda a programação e correr o programa de movimento através dele. Neste caso em particular, apenas foram escritas e gravadas no controlador as posições que iriam ser utilizadas. As 33 posições que foram gravadas no controlador são gravadas com os seguintes parâmetros, a posição do eixo X, posição do eixo Y, velocidade, aceleração e desaceleração do movimento. Devido ao número limitado de saídas apenas foram utilizadas as 33 posições como podemos visualizar na Figura 49.

Pos.	X	Y	Vel	Acc	Dec
1	0.000	90.000	200	0.50	0.50
2	90.000	90.000	200	0.50	0.50
3	90.000	90.000	200	0.50	0.50
4	134.000	90.000	200	0.50	0.50
5	174.000	90.000	200	0.50	0.50
6	218.000	90.000	200	0.50	0.50
7	0.000	134.000	200	0.50	0.50
8	90.000	134.000	200	0.50	0.50
9	90.000	134.000	200	0.50	0.50
10	134.000	134.000	200	0.50	0.50
11	174.000	134.000	200	0.50	0.50
12	218.000	134.000	200	0.50	0.50
13	0.000	182.000	200	0.50	0.50
14	90.000	182.000	200	0.50	0.50
15	90.000	182.000	200	0.50	0.50
16	134.000	182.000	200	0.50	0.50
17	174.000	182.000	200	0.50	0.50
18	218.000	182.000	200	0.50	0.50
19	0.000	228.000	200	0.50	0.50
20	90.000	228.000	200	0.50	0.50
21	90.000	228.000	200	0.50	0.50
22	134.000	228.000	200	0.50	0.50
23	174.000	228.000	200	0.50	0.50
24	218.000	228.000	200	0.50	0.50
25	0.000	274.000	200	0.50	0.50
26	90.000	274.000	200	0.50	0.50
27	90.000	274.000	200	0.50	0.50
28	134.000	274.000	200	0.50	0.50
29	174.000	274.000	200	0.50	0.50
30	218.000	274.000	200	0.50	0.50
31	174.000	320.000	200	0.50	0.50
32	218.000	320.000	200	0.50	0.50
33	0.000	400.000	100	0.50	0.50
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

Figura 49. Posições do eixo XY

O controlador dispõe de várias entradas para movimento de posição, neste caso foram acedidas 6 entradas do controlador que no nosso caso passaram a ser saídas atuadas pelo PLC.

Para além das posições o controlador dispõe de entradas e saídas, as quais são acedidas pelo PLC. As saídas do controlador do eixo fornecem a leitura do estado do equipamento enquanto as entradas são para poder determinar a posição, ligar o servo do controlador e



definir o modo de funcionamento automático ou manual. As saídas do controlador são ligadas às entradas do PLC e as entradas do controlador são provenientes das saídas do PLC.

As saídas correspondentes à atuação do servo do controlador e colocação do eixo em modo automático são efetuadas normalmente pelo PLC com atuação de uma determinada saída com o bit a 1 ou 0.

Para efetuar a movimentação das 33 posições são requeridas 6 saídas sobre as quais é efetuada uma sequência através do sistema de numeração binário.

Na numeração binária os dígitos vão tendo pesos da direita para a esquerda que são potências de 2, como mostra na Figura 50 [15].



Figura 50. Pesos sequência binária

Seguindo exatamente a mesma lógica, o eixo Z o drive do eixo foi programado com o programa de software PC Interface Software for RC/EC [16]. Para este apenas foram utilizados 3 posições para efetuar o movimento. Uma posição que é dado o nome de posição de repouso, uma posição para preparar ensaio e outra posição para o movimento do ensaio como demonstra a Figura 51. De resto toda a lógica é efetuada de forma igual ao eixo XY como explicado anteriormente.

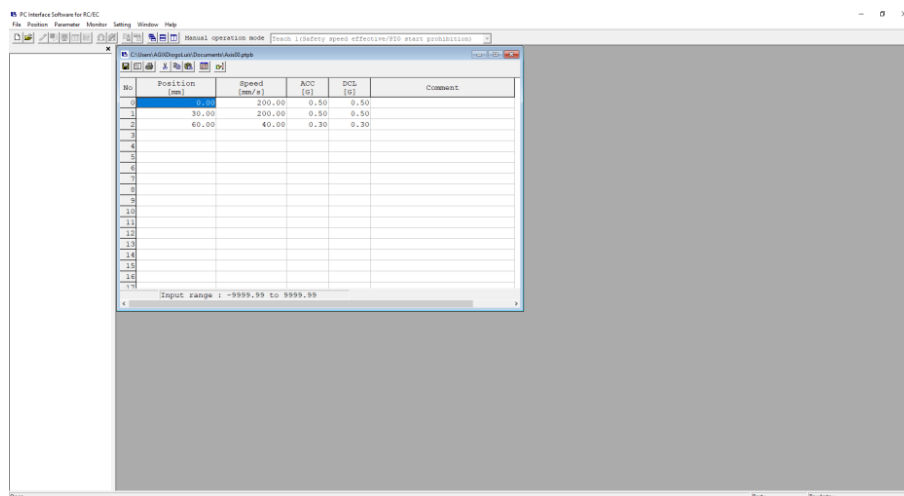


Figura 51. Posições do eixo Z

A seguinte Figura 52 demonstra o processo prático efetuado para realizar a programação dos dois eixos. Para comunicação com eixos são utilizados cabos USB de programação e são descarregados todas as configurações no controlador que posteriormente são acedidas pelo PLC.

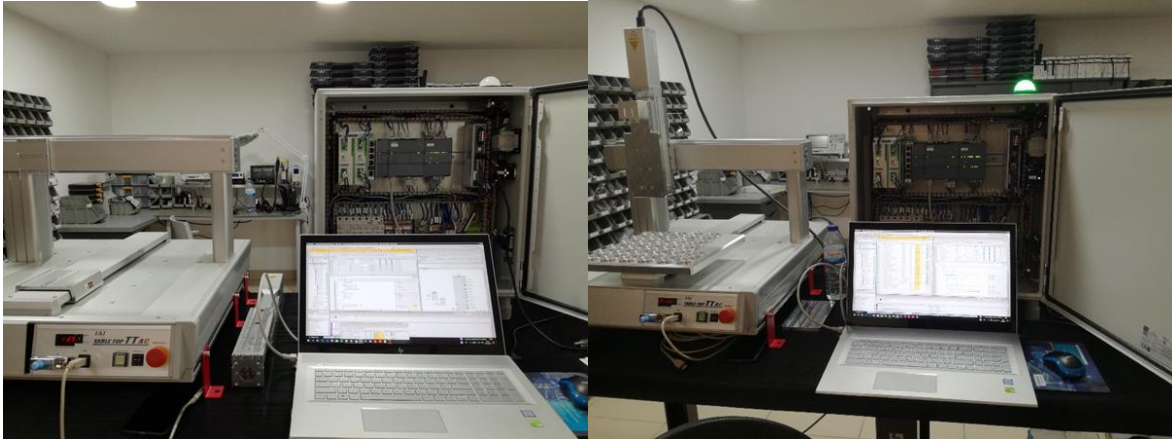


Figura 52. Montagem e programação dos eixos

### 3.4.2. Programação PLC

Para programação do PLC foi utilizado o TIA PORTAL. O programa foi estruturado desde início de forma a que a linguagem de programação fosse a mais adequada. Para tal, foi utilizada a programação através do diagrama de blocos funcionais (FBD-*Function Block Diagram*), a qual utiliza blocos gráficos para a realização dos programas. É descrito como uma linguagem gráfica para representar fluxos de sinais e dados através de blocos e a linguagem de controlo estruturada (SCL-*Structured Control Language*) que é uma linguagem de programação de alto nível que possibilita uma programação estruturada. Neste projeto por indicação do coordenador Eng. Alberto Gil fui aconselhado a não utilizar a linguagem de programação em LADDER, sendo pouco versátil, desatualizada, extensa e pouco clara para funções complexas. A programação foi efetuada por mim com acompanhamento do Eng. Alberto Gil e Eng. André Santos, que ajudaram sempre que surgisse alguma dúvida ou necessidade.

A programação seguiu um padrão de programação de modo a que todos os colaboradores da empresa desta área tenham capacidade de perceber os programas desenvolvidos, em

caso de resolução de um problema que eventualmente surja. Desta forma, o programa seguiu a seguinte estrutura.

### **Estrutura e respetiva descrição:**

#### **a) Blocos do programa:**

- **MAIN** – Função principal onde é efetuado a chamada dos blocos da várias funções e programas. Aqui é também efetuado o modo de comunicação do PLC com o dinamómetro por RS232. Este, é efetuado através do bloco RCV\_PTP e SEND\_PTP.
- **STARTUP** – SET de HMI\_DATA\_READ leitura do bloco de dados na *load memory* do PLC.
- **ALARMS** – Função para alarmes onde estão inseridos todos os alarmes de sistema, tais como alarme do eixo XY, alarme do eixo Z, alarme de falha de fonte de alimentação, entre outros.
- **CONVERSTIONS** – Função auxiliar para efetuar conversão da posição do eixo Z.
- **MODE** – Função que determina modo de operação, aqui são definidos os quatro modos de funcionamento do equipamento. O estado de emergência, modo paragem, modo manual e modo automático.
- **STAT\_MOLDS** – Função para cálculo de TMAX-TMED-NOK-WRN. Variáveis que são utilizadas para mostrar valor do tempo máximo e médio entre ensaio, o total de peças não OK e de peças com aviso.
- **PROG\_AUTO** – Programa do modo de funcionamento automático. Aqui é estruturado todo o programa em etapas para efetuar o modo automático.
- **PROG\_DRIVES** – Programa de controlo do drive do eixo XY e Z onde é efetuada a declaração dos blocos das funções do de movimento do eixo XY e do eixo Z.
- **PROG\_MANUAL** – Programa modo manual onde é efetuado código em SCL de forma a operar o equipamento em modo manual de forma isolada do programa.

**b) Bases de dados:**

- **HMI\_TEST\_CMD\_DB** – Base de dados de parâmetros usados para interface com HMI.
- **POSITION\_XY\_DB** – Base de dados com parâmetros alusivos à execução do eixo XY.
- **POSITION\_Z\_DB** – Base de dados com parâmetros alusivos à execução do eixo Z.
- **PROG\_AUTO\_DB** – Base de dados com parâmetros alusivos à execução do modo de funcionamento automático.
- **PROG\_DINAMOMETRO\_DB** – Base de dados com parâmetros alusivos à comunicação do dinamómetro e parâmetros relativos ao programa de execução de leitura de valores dados pelo dinamómetro.
- **PROG\_DRIVES\_DB** – Base de dados com parâmetros alusivos à execução do movimento dos eixos.
- **PROG\_MANUAL\_DB** – Base de dados com parâmetros alusivos à execução do equipamento em modo manual.

**c) Pastas criadas para estruturar programa:****i) Pasta *Drive*:**

- **MOVE\_XY** – Programa função em SCL onde é efetuado o processamento do movimento do eixo XY. Aqui são verificados os sinais dados pelo controlador do eixo, é definida a posição e efetuada a posição do movimento.
- **MOVE\_Z** – Programa função em SCL onde é efetuado o processamento do movimento do eixo Z. Aqui são verificados os sinais dados pelo controlador do eixo, é definida a posição e efetuada a posição do movimento.

**ii) Pasta HMI**

- **HMI\_TEST\_CMD** – Programa função em SCL auxiliar para executar comando através da HMI. Neste são efetuadas também funções de forma a processar dados que são utilizados para visualização na HMI.

**iii) Pasta *Parameters*:**

- **ANALISYS** – Base de dados com parâmetros para análise estatística que posteriormente é utilizada na HMI.
- **COUNTERS** – Base de dados com parâmetros para integrar contadores necessários para contagem total de ensaio e contagem de ensaio por molde.
- **PAR** – Base de dados com parâmetros gerais utilizados para auxiliar na programação.
- **STAT** – Base dados com parâmetros para guardar valor da estatística do valor lidos NOK (Não Ok), em WRN (Aviso) e diferença de tempo entre ensaio. São guardados os valores de ensaio de 8 moldes e guardados os valores de 168 ensaios no total.
- **TESTS** – Base dados com parâmetros com valores do ensaio selecionado na HMI, o teste atual e os testes que estão armazenados em *buffer*.

**iv) Pasta *Process*:**

- **PROG\_DINAMOMETRO** – Programa com função SLC onde é definido a comunicação com o dinamómetro. Para efetuar a leitura da medição efetuada pelo dinamómetro é necessário o envio de um carater do PLC para o dinamómetro neste caso o 'X'. Além do envio deste carater é necessário o envio do carater 'S' que permite saber o modo de funcionamento em que está o dinamómetro. Para limpar o valor efetuado no dinamómetro também é necessário o envio de o carater 'R'.

Na Figura 53 é possível verificar a estrutura anteriormente referida.

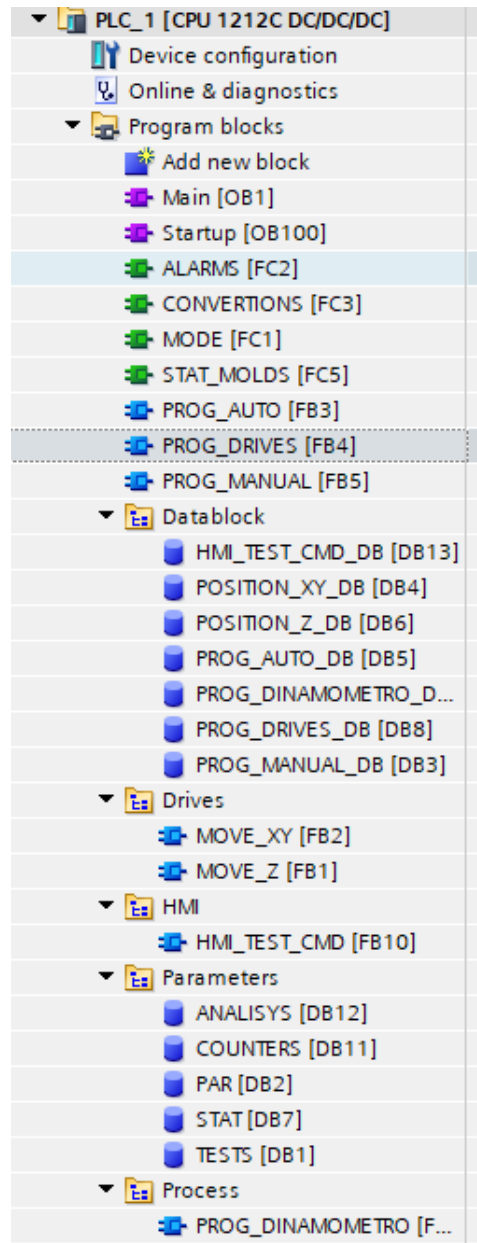


Figura 53. Estrutura de programação do PLC

#### d) Tabelas de *Tags* do PLC

Para execução do programa são necessárias *tags*, assim sendo foram criadas as diferentes tabelas de forma e que estejam agrupados os vários tipos de dados e da memória de endereço.

- **WORK [1000]**
- **ALARMS [MB1000-MB1024]**
- **INPUTS**

- **IO\_EIXO\_XY**
- **IO\_EIXO\_Z**
- **OUTPUTS**
- **WORK\_BITS [MB10-100]**
- **WORK\_BYTES [MB100-299]**
- **WORK\_DWORD [MB500-799]**
- **WORK\_WORD [MB300-499]**

**e) Tipos de dados do PLC**

Para possibilitar efetuar toda a análise e para que a memória retentiva do autômato fosse suficiente para processar toda a informação foram criados os seguintes diferentes tipos de dados.

- **ANALISYS\_CAVITY**
- **ANALISYS\_MOLD**
- **MOLD**
- **MOLDTEST**
- **STAT\_CAVITY**
- **STAT\_MOLD**
- **STAT\_TEST**

Na Figura 54 pode-se visualizar a imagem exemplificativa da estrutura criadas para a organização das *tags* e dos *data types* necessários para elaboração do programa.

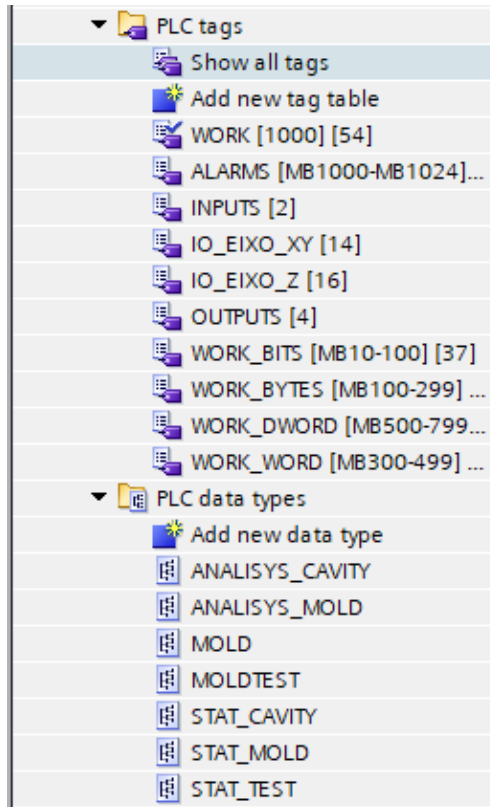


Figura 54. Estrutura da programação tags e data types

### 3.4.3. Programação do HMI

Como referido anteriormente para programação do HMI foi utilizado o SIMATIC WinCC do TIA. Nesta aplicação foi utilizado o *WinCC Runtime Advanced V15* devido às necessidades do projeto. Para interface gráfica foi utilizado um ecrã com resolução *Full HD*. No PLC encontra-se a base de processamento de toda a informação que irá ser visualizada e processada na consola, para tal estes estão ligados por Ethernet de forma a permitir o *run time* no PC. A seguinte Figura 55 demonstra esquematicamente a ligação efetuada.

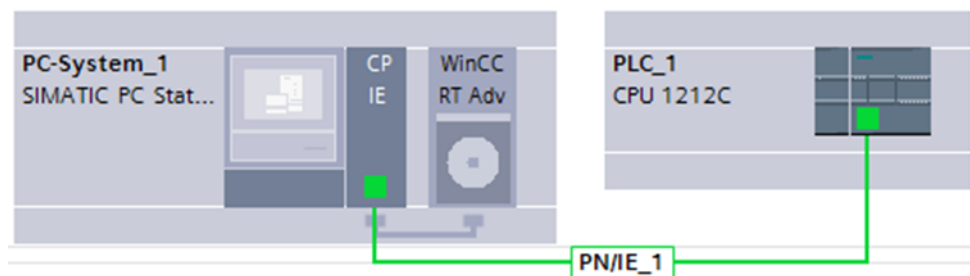


Figura 55. Comunicação do PLC com HMI



O HMI está dividido em vários ecrãs de operação devido às necessidades do projeto. Em seguida são demonstrados e efetuada uma breve descrição dos ecrãs criados para esta aplicação.

- **Ecrã Inicial** – Neste ecrã é possível efetuar o controlo do ensaio, iniciar o teste, selecionar o molde e operador. Para além de ações é possível visualizar os resultados relativos ao último ensaio realizado, tais como estado do ensaio, número de ensaio, número de peças OK/NOK/WRN, entre outros como se pode observar Figura 56. Para além das funções apresentadas, neste ecrã pode-se exportar o relatório do ensaio atual e exportar ficheiro com valores separados por virgulas (CSV). Neste ecrã é ainda possível navegar para todos os outros ecrãs disponibilizados ao operador.

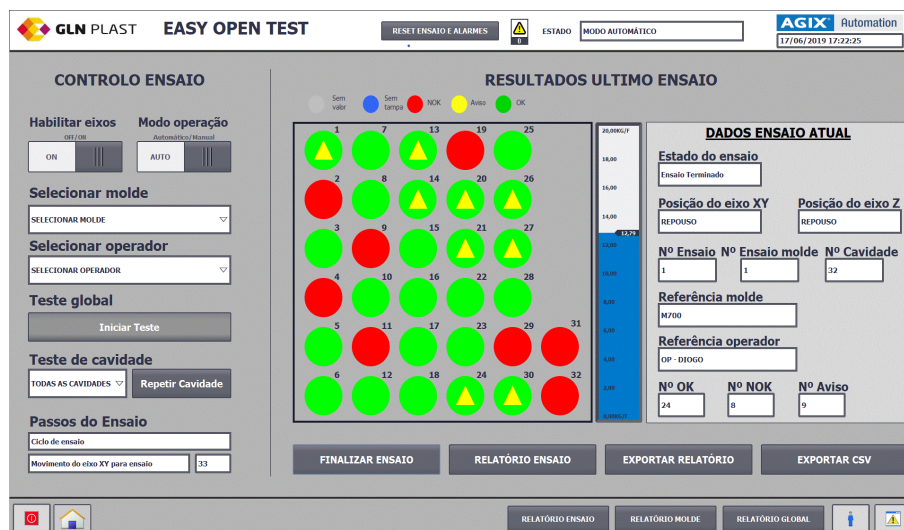


Figura 56. HMI - Ecrã inicial

- **Ecrã relatório de ensaio** – A criação deste ecrã tem como objetivo a visualização de um relatório de ensaio detalhado. Neste relatório é possível visualizar os resultados das 16 ou 32 cavidades consoante o molde selecionado. Os resultados apurados são; o status da cavidade, a força de abertura, o desvio de abertura e aviso de acordo com a força para abertura da tampa. Além dos parâmetros relativos à medição são visualizados parâmetros referentes ao ensaio, tais como número e data de ensaio, referência do operador e do molde, resultados totais como total de ok, nok e avisos, entre outros como demonstra a

Figura 57. Neste ecrã pode-se seleccionar até 25 ensaios anteriormente efetuados e fazer impressão dos mesmos.

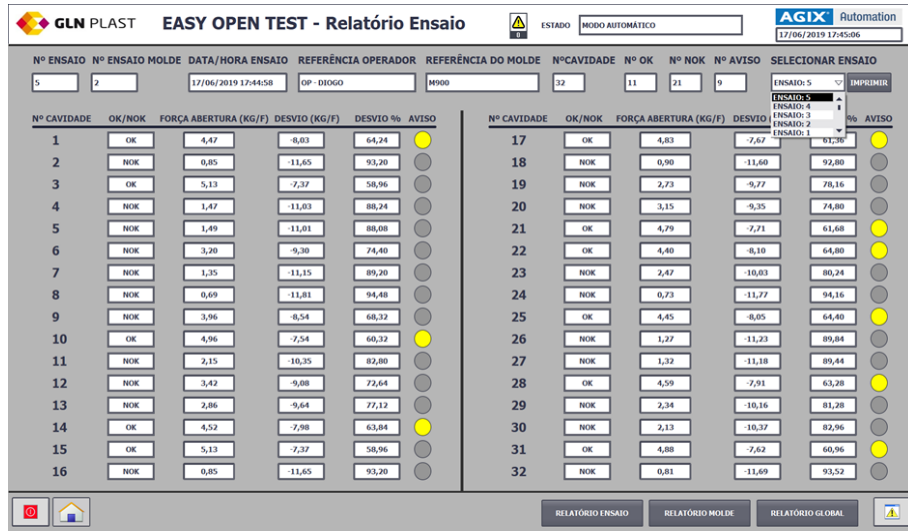


Figura 57. HMI - Ecrã com relatório de ensaio

- Ecrã relatório de molde** – Esta aplicação tem como objetivo analisar 7 moldes, assim sendo, foi criado um ecrã que tornasse possível visivelmente efetuar análise estatística. Os moldes em teste são de 16 e 32 cavidades assim sendo foram criados diferentes ecrãs para o efeito.
 

Para análise do molde é efetuado estatística relativa aos últimos 12 e 48 ensaios, nesta estatística o essencial é retirar os valores das cavidades que não estão ok e as em aviso para analisar as tendências das cavidades. Esta análise também pode ser efetuada graficamente mo demonstra na Figura 58.

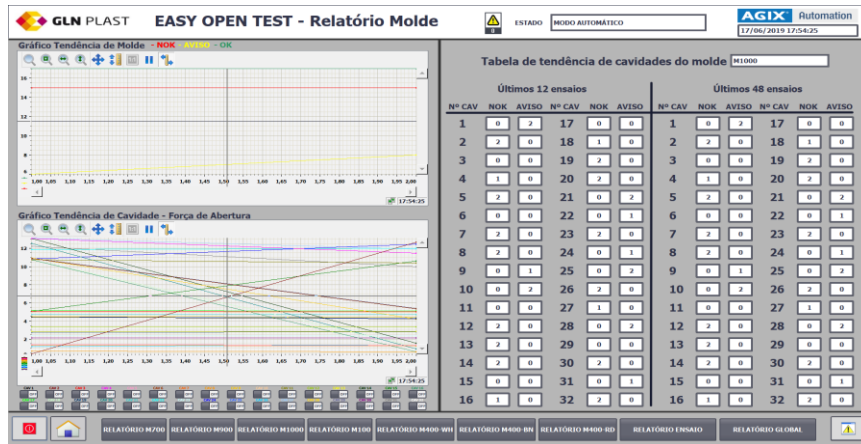


Figura 58. HMI - Ecrã relatório de molde

O gráfico de tendência do molde tem como objetivo visualizar graficamente a tendência do molde quanto ao total de cavidades ok, nok e aviso. O gráfico de tendência de cavidades é representado através da força de abertura das cápsulas. De forma a que graficamente a análise seja perceptível é possível ativar e desativar individualmente as cavidades.

- **Ecrã relatório global** – A análise global por molde também foi uma necessidade, para tal foi criado um ecrã onde é possível visualizar os resultados totais de nok, totais de avisos, tempo médio entre ensaio e tempo máximo entre ensaio relativamente ao último ensaio, últimos 12, 48 e 168 ensaios dos 7 moldes. Graficamente como se pode visualizar na Figura 59, é feito a análise dos totais de nok e de avisos relativos aos 7 moldes. A cada molde é associada uma cor distinta de forma a ficar perceptível graficamente.

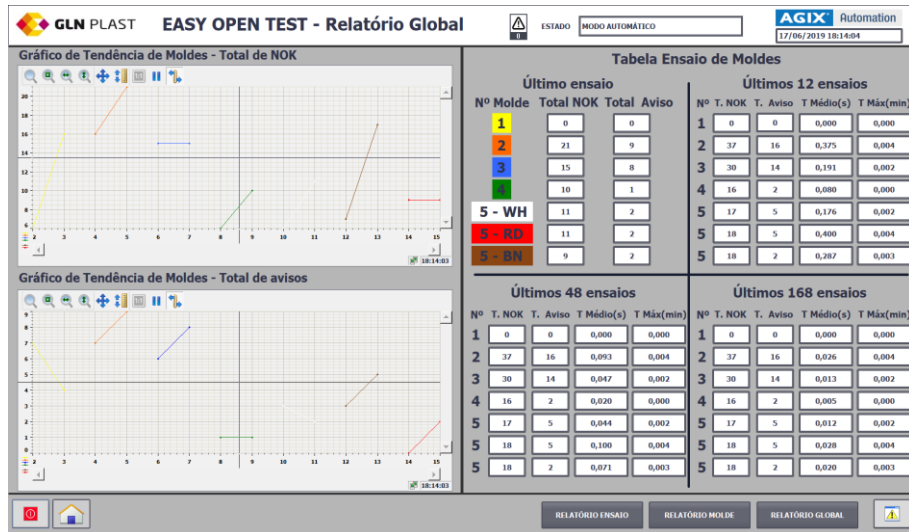


Figura 59. HMI - Ecrã relatório global

- Ecrã de Setup** – Para além do ensaio das 16/32 cavidades em modo automático é possível efetuar o movimento e ensaio das cavidades, mas sem guardar qualquer registo, apenas são visíveis os valores no dinamómetro. A criação deste ecrã deve-se também à necessidade de alterar os parâmetros de ensaio visíveis na Figura 60. Para entrar neste ecrã apenas usuários administradores são permitidos uma vez que é uma página protegida com acesso por *username* e *password*.

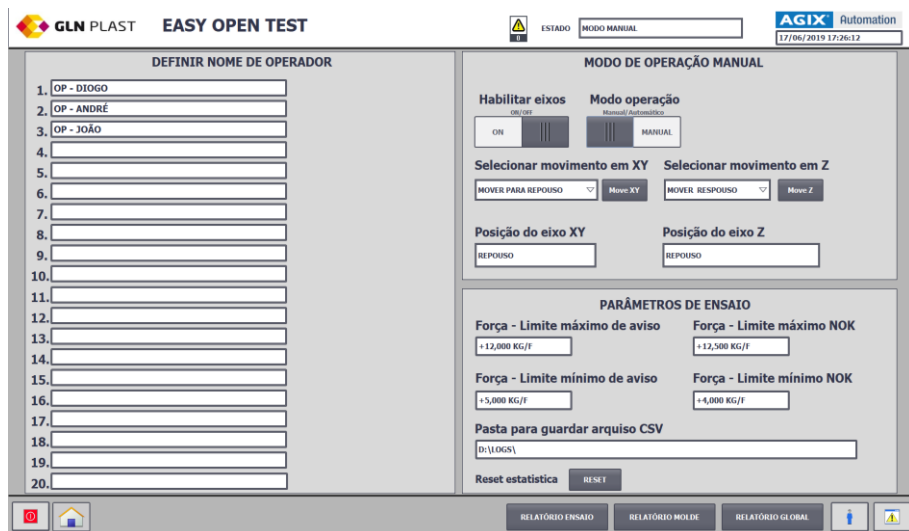


Figura 60. HMI - Ecrã Setup

- **Ecrã de diagnóstico** – Neste ecrã são mostrados os alarmes do sistema, tanto sejam erros, como informação relativa ao processo o que torna possível fazer um diagnóstico mais concreto como indica a Figura 61. Aqui é permitido ao utilizador fazer *reset* dos alarmes, do eixo Z e do eixo XY caso haja necessidade.

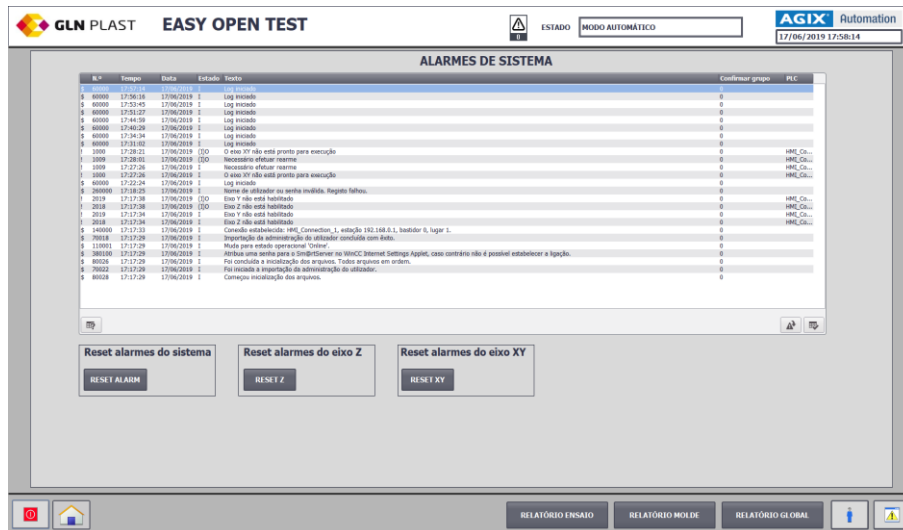


Figura 61. HMI - Ecrã de diagnóstico

Anteriormente foi referido a função de exportar o ficheiro CSV, quando este ficheiro é exportado é dada a informação através da caixa de diálogo que foi iniciado o log dos dados para o ficheiro como demonstra a Figura 62

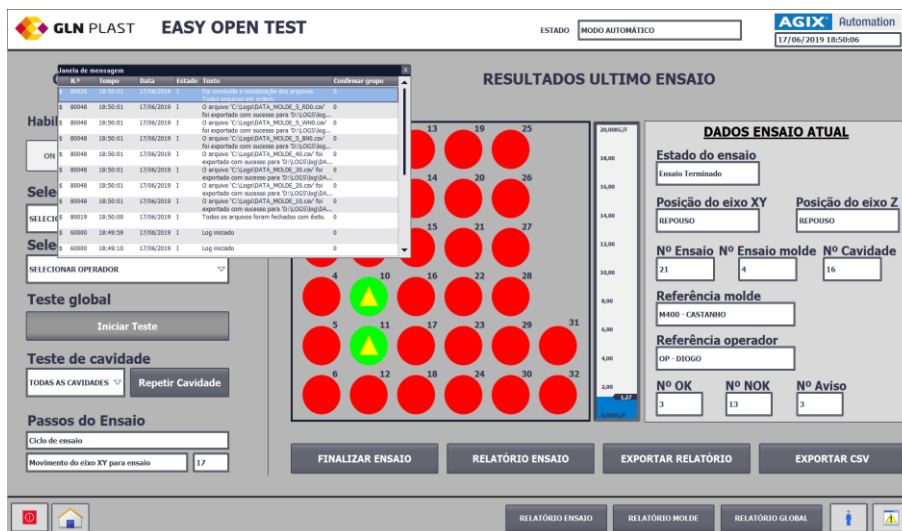


Figura 62. Informação de exporte do ficheiro CSV

Na página de *Setup* é definido qual a pasta de destino dos ficheiros. O ficheiro criado é um ficheiro em EXCEL, Figura 63, referente a cada molde. Este guarda a informação que é apresentada no relatório do ensaio.

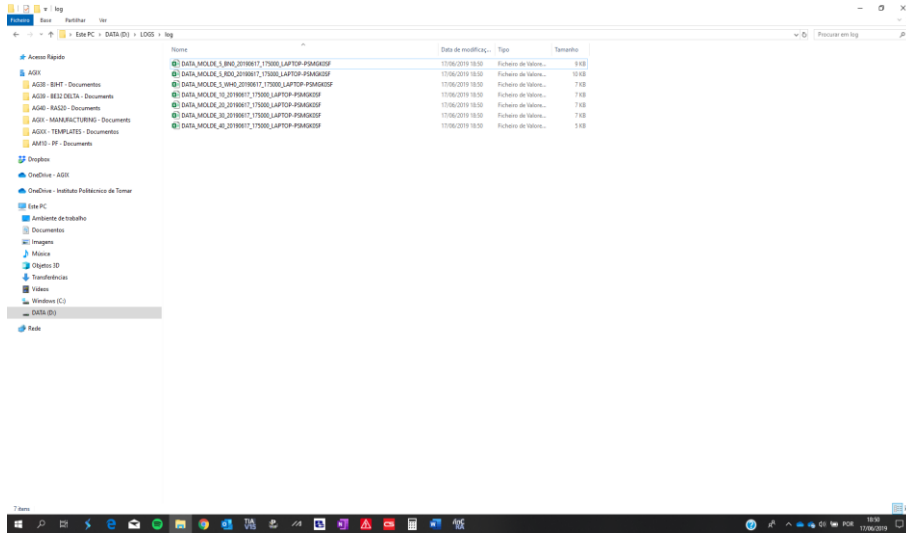


Figura 63. Pasta de destino dos logs

Para além do exportar manual é efetuado automaticamente a cada semana o exportar dos ficheiros diretamente para o servidor da empresa.

Para os logs serem efetuados é necessário através do *Historical Data* que é disponibilizado pelo programa efetuar a devida programação de forma a que os *data logs* sejam criados como podemos visualizar na Figura 64.

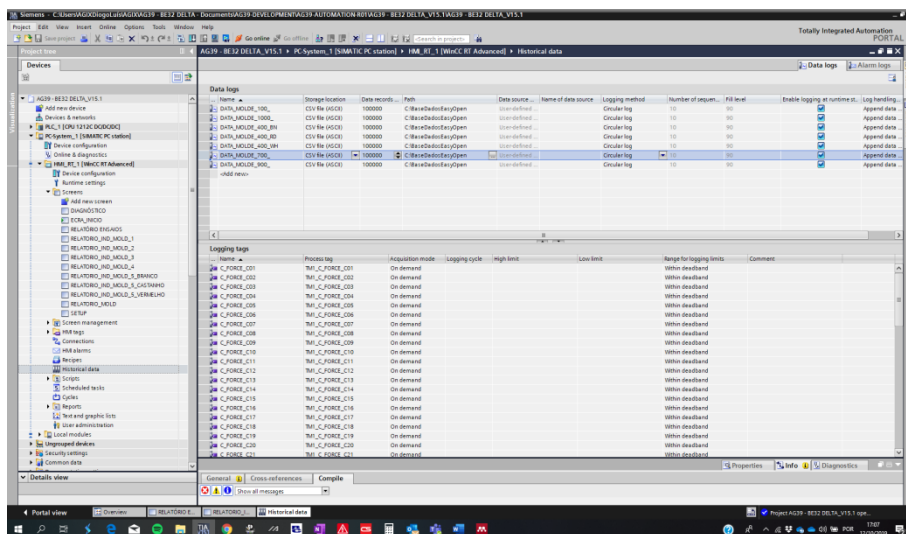


Figura 64. Historical data

Para além da programação efetuada no *historical data* para exportar dos ficheiros é necessário efetuar através de um evento que é definido na programação do HMI. Para tal, é necessário realizar a função de *ArchiveLogFile* que é disponibilizada pelo programa este tem como parâmetros o tipo de log, o log, a diretoria de destino e o modo. Estes parâmetros são definidos de acordo com a estrutura e com o que se pretende. Na Figura 65 podemos visualizar a sua implementação.

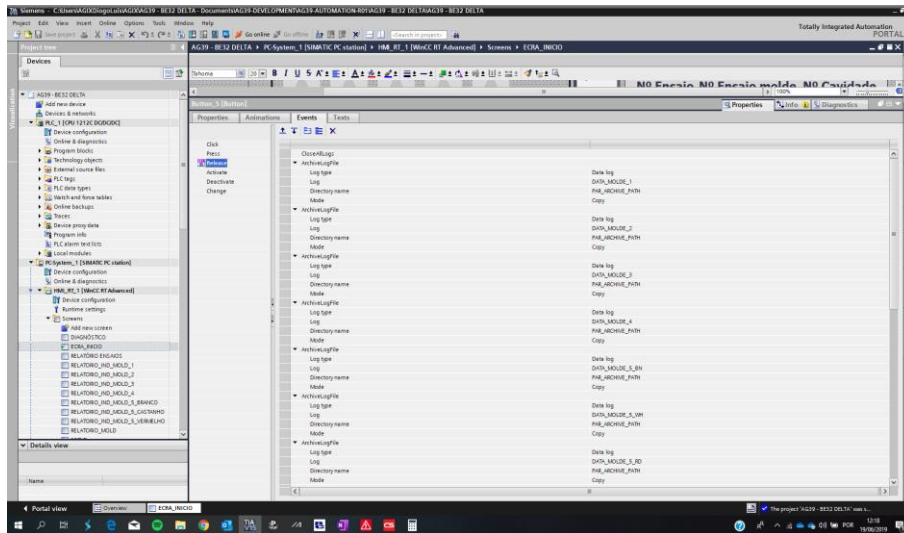


Figura 65. Programação para exportar CSV através do LOG

Após todas as montagens mecânicas e elétricas e toda a programação efetuada e todas as validações efetuamos tivemos como resultado final o que demonstra a Figura 66.



Figura 66. Resultado final do banco de ensaio





## 4. Monitorização Industrial

---

### 4.1. Objetivo

A monitorização industrial tem como objetivo analisar o sistema produtivo através de relatórios, possibilitando a gestão de receitas de produção em tempo real e a gestão de stocks, resultando na realização de previsões precisas de cada tarefa, sendo assim possível controlar gastos de recursos materiais e humanos.

Nesta área de trabalho da empresa AGIX, foi-me conferida a tarefa de efetuar a leitura dos esquemas elétricos dos equipamentos sujeitos a monitorização e efetuar a programação do PLC. Na fase inicial, com a supervisão do Eng. André Santos apenas efetuei a leitura e recolha dos sinais a serem monitorizados. Numa fase mais avançada ainda com algum acompanhamento efetuei a componente de programação do PLC.

Nos projetos de monitorização posteriormente à leitura e análise do esquema é efetuada a ligação de um PLC ou equipamento específico, como por exemplo um analisador de rede, com os equipamentos produtivos de cada cliente. A ligação dos equipamentos permite a comunicação do nosso PLC com equipamento do cliente, tornando possível obter a leitura de vários sinais digitais ou analógicos. A leitura destes dados no PLC é efetuada através de programação efetuada no software de programação TIA PORTAL.

Como base, a empresa AGIX com recurso ao TIA PORTAL desenvolveu previamente um programa devidamente estruturado de forma a poder ser aplicado em quase todas as aplicações com os devidos ajustes, dependendo do tipo de análise que o cliente pretende e de acordo com os sinais que os equipamentos disponibilizam.

### 4.2. Projeto AM10

O projeto AM10 teve como objetivo realizar a monitorização de 16 Injetoras equipamentos de moldagem por injeção. Neste projeto tive como tarefa efetuar as ligações elétricas e acompanhar a programação.

O cliente neste projeto teve como objetivo monitorizar os seguintes parâmetros:

- Emergência do robô;
- Emergência da injetora;
- Equipamento em modo de paragem;
- Equipamento em modo manual;
- Equipamento em modo automático/ciclo;
- Contar ciclos;
- Contar abertura de portas da injetora.

A Figura 67 refere-se a tabela de listagens dos equipamentos que foram ligados e quais as variáveis a monitorizar.

Listagem Equipamentos								
Grupo	ID IOT	ID CLIENTE	Tipo	Marca	Modelo	Esquema de ligação	Modelo AM-DAQ	IP
Injeção	M101	ML380.1	Injetora	Zhaifir	VE3800	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.116
	M102	ML300.1	Injetora	Zhaifir	VE3000	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.116
	M103	ML50.1	Injetora	Zhaifir	VE 800	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.117
	M104	ML50.2	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.118
	M105	ML50.1	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.119
	M106	ML230.1	Injetora	Zhaifir	VE2300	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.120
	M107	ML50.3	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.121
	M108	ML50.4	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.122
	M109	ML50.5	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.123
	M110	ML90.1	Injetora	Zhaifir	VE900	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.124
	M111	ML50.7	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.125
	M112	ML50.6	Injetora	Zhaifir	VE 800-2	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.126
	M113	MS.002.1	Injetora	Vida	MSZ 45	LM04	S7-1212DCDCDC	92.168.127
	M114	ML90.2	Injetora	Zhaifir	VE900	LM01	S7-1212DCDCDC	92.168.128
	M115	MS.003.1	Injetora	Meccanoplastica	MIPET-IGT	LM03	S7-1212DCDCDC	92.168.129

Variáveis a monitorizar			
Grupo	Estado / Subestado	Nome estado	Nome Sub-estado
Estados	STATUS_1_1		Emergência Injetora
	STATUS_1_2	Emergência	Emergência Robô
	STATUS_2_1	Paragem	Paragem
	STATUS_3_1	Manual	Manual
	STATUS_4_1	Ciclo	Ciclo

Grupo	Estado	Nome	Incremento
Contadores	COUNTER_1	Ciclos	1
	COUNTER_2	Abertura de portas	1

Figura 67. Listagem de equipamentos e variáveis a monitorizar no projeto AM10

## 4.2.1 Montagens

Após efetuar a leitura do esquema é necessário perceber quais os sinais a recolher para conseguir obter os parâmetros anteriormente mencionados. Neste momento já é possível iniciar as montagens elétricas. Aqui foram efetuadas as ligações necessárias entre o PLC e o equipamento. O PLC é colocado no quadro elétrico do equipamento e é efetuada a eletrificação através do fio laranja FIO H05V-K 0.5MM para diferenciar a ligação do equipamento externo. Todos os fios foram devidamente identificados nas duas extremidades

com etiqueta a indicar o nome da entrada do sinal no PLC. A Figura 68 demonstra um exemplo de eletrificação utilizado neste projeto.

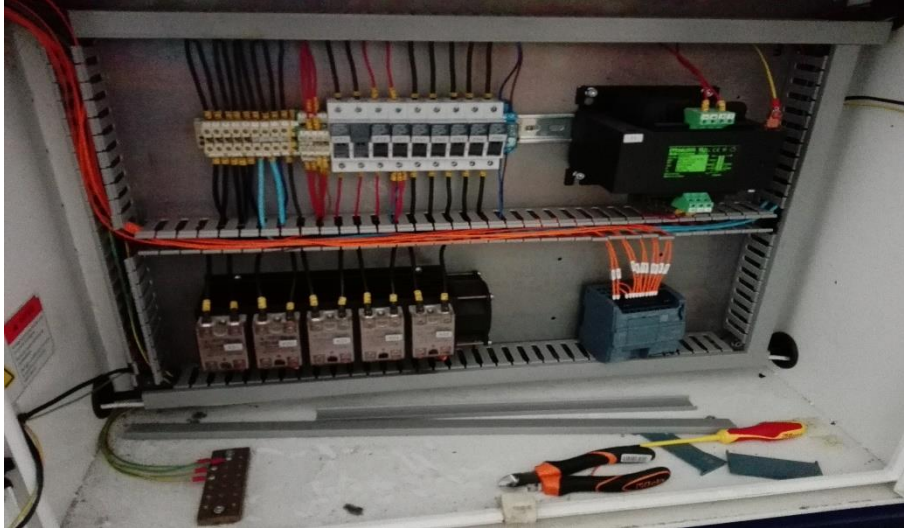


Figura 68. Montagens elétricas do projeto AM10

#### 4.2.2 Programação

Neste projeto devido às exigências do projeto e ao elevado número de parâmetros a monitorizar, foi utilizado o autómato da SIEMENS SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, DC/DC/DC com 8 entradas digitais e 6 saídas digitais de 24 VDC[17]. Neste tipo de aplicação em que só é necessária efetuar a leitura dos sinais apenas são utilizadas as entradas digitais. Na Figura 69 está representado um excerto de programa efetuado para obter a leitura das variáveis pretendidas.



Figura 69. Excerto de programa efetuado para ler variáveis a monitorizar do projeto AM10

Após efetuar a programação é descarregado o programa para o PLC e são verificados todos os sinais com o equipamento em marcha. Para facilitar esse processo procede-se ao preenchimento da tabela apresentada na Figura 70. Nessa tabela também é preenchido quem faz a instalação e verificação dos sinais.

Verificação Variáveis a monitorizar																		
			Verificação	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AG	AGAS	AS	AS
			Ligação	AS	AS	DL	AS	AS	DL	AG+DL	DL	AS	DL	AG+AS	AGAS	AS	AS	AS
			Data	30/6/2018	30/6/2018	30/6/2018	30/6/2018	31/6/2018	30/6/2018	30/6/2018	31/6/2018	31/6/2018	31/6/2018	31/6/2018	08/08/2018	5/1/2019	31/6/2018	02/12/2018
Grupo	Estado / Subestado	Nome estado	Nome Sub-estado	MI 01	MI 02	MI 03	MI 04	MI 05	MI 06	MI 07	MI 08	MI 09	MI 10	MI 11	MI 01	MI 13	MI 14	MI 15
Estados	STATUS_1.1	Emergência	Emergência Inizora	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	OK	OK
	STATUS_1.2	Emergência	Emergência Robô	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	OK	NA
	STATUS_2.1	Paragem	Paragem	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA
	STATUS_3.1	Manual	Manual	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
STATUS_4.1	Ciclo	Ciclo	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Grupos	Estado	Nome	Incremento															
	Contadores	COUNTER_1	Ciclos	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
COUNTER_2		Abertura de portas	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	X	OK	FALHA ELÉTRICA
Grupos	IP																	
	P.PLC			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK

Figura 70. Tabela de verificação variáveis a monitorizar do projeto AM10

### 4.3. Projeto AM11

O projeto AM11 teve como objetivo realizar a monitorização de 9 Injetoras. Neste projeto, já realizei com autonomia grande parte da leitura de esquemas para identificação dos sinais a recolher. Também durante a execução deste projeto, já tive a oportunidade de participar ativamente programação do PLC.

O cliente para este projeto teve como objetivo monitorizar os seguintes parâmetros:

- Emergência;
- Equipamento em modo manual;
- Equipamento em ciclo;
- Contar ciclos;

A Figura 71 refere-se a tabela de listagens dos equipamentos que foram ligados e quais as variáveis a monitorizar.

Listagem Equipamentos								
Grupo	ID IOT	ID CLIENTE	Tipo	Marca	Modelo	Esquema de ligação	Modelo AM-DAQ	IP
Injeção	P 1		Injetora	Demag	D400	LM03	S7-12 DCDCDC	0.0.0.51
	P 2		Injetora	Lien Yu		LM01	S7-12 DCDCDC	0.0.0.52
	P 3		Injetora	BM Sintesi	50/770	LM02	S7-12 DCDCDC	0.0.0.53
	P 4		Injetora	Haitian	SA 600	LM03	S7-12 DCDCDC	0.0.0.54
	P 5		Injetora	Arburg	470C	LM04	S7-12 DCDCDC	0.0.0.55
	P 6		Injetora	Arburg	420C	LM03	S7-12 DCDCDC	0.0.0.56
	P 7		Injetora	Arburg	370M	LM03	S7-12 DCDCDC	0.0.0.57
	P 8		Injetora	Arburg	320D	LM03	S7-12 DCDCDC	0.0.0.58
	P 9		Injetora	Haitian	MA9008	LM03	S7-12 DCDCDC	0.0.0.59
Variáveis a monitorizar								
Grupo	Estado / Subestado	Nome estado	Nome Sub-estado					
Estados	STATUS_1_1	Emergência	Emergência Injetora					
	STATUS_1_2		Emergência Robô					
	STATUS_2_1	Manual	Manual					
	STATUS_3_1	Ciclo	Ciclo					
Grupo	Estado	Nome	Incremento					
Contadores	COUNTER_1	Ciclos	1					

Figura 71. Listagem de equipamentos e variáveis a monitorizar no projeto AM11

#### 4.3.1 Montagens

Após a tarefa de leitura e análise de sinais a recolher procedeu-se as montagens elétricas. A Figura 72 é um exemplo de esquema elétrico de máquina que foi analisado e identificado para recolher os sinais necessários.

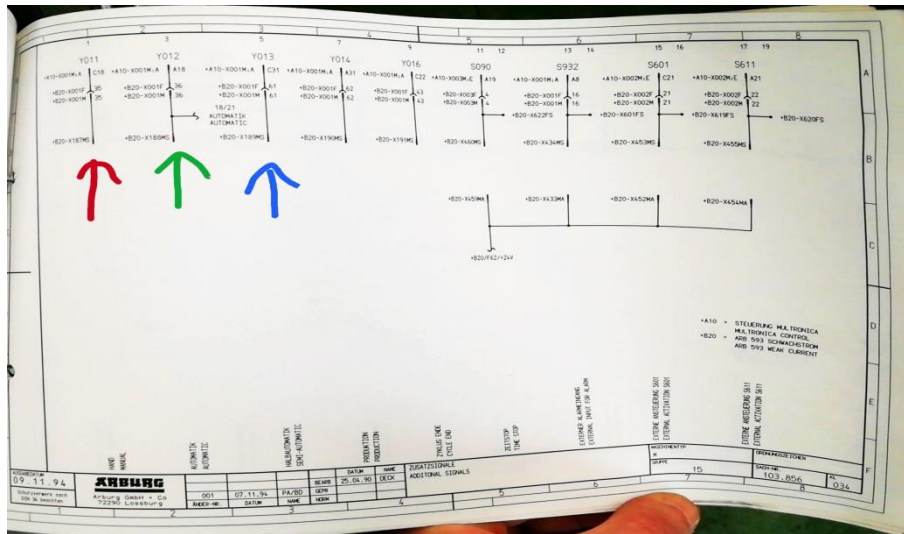


Figura 72. Esquema elétrico de máquina a monitorizar do projeto AM11

Para esta aplicação foram efetuadas as ligações necessárias entre o PLC e o equipamento do cliente. O PLC é devidamente colocado no quadro elétrico do equipamento e é efetuada a eletrificação através do fio laranja FIO H05V-K 0.5MM para diferenciar a ligação do equipamento externo. Todos os fios foram devidamente identificados nas duas extremidades com etiqueta a indicar o nome da entrada do sinal no PLC. Neste projeto surgiu a necessidade de instalar uma fonte de alimentação 24VDC numa das máquinas, uma vez que esta não disponibilizava alimentação 24VDC. A Figura 73 apresenta um exemplo de eletrificação realizada neste projeto.



Figura 73. Montagens elétricas do projeto AM11

### 4.3.2 Programação

Neste projeto devido às necessidades do número de entradas que iriam ser necessárias para efetuar a monitorização foi utilizado o autômato da SIEMENS SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, DC/DC/DC com 8 entradas digitais e 6 saídas digitais de 24 VDC[17]. Neste tipo de aplicação em que só é necessária a efetuar a leitura dos sinais apenas se utilizam entradas digitais. Na Figura 74 está representado um exemplo de programa utilizado para monitorizar as máquinas de injeção. Devido a diversidade de máquinas existentes os sinais também são diferenciados, surgindo a necessidade de conjugar sinais e ter diferentes programas do PLC.

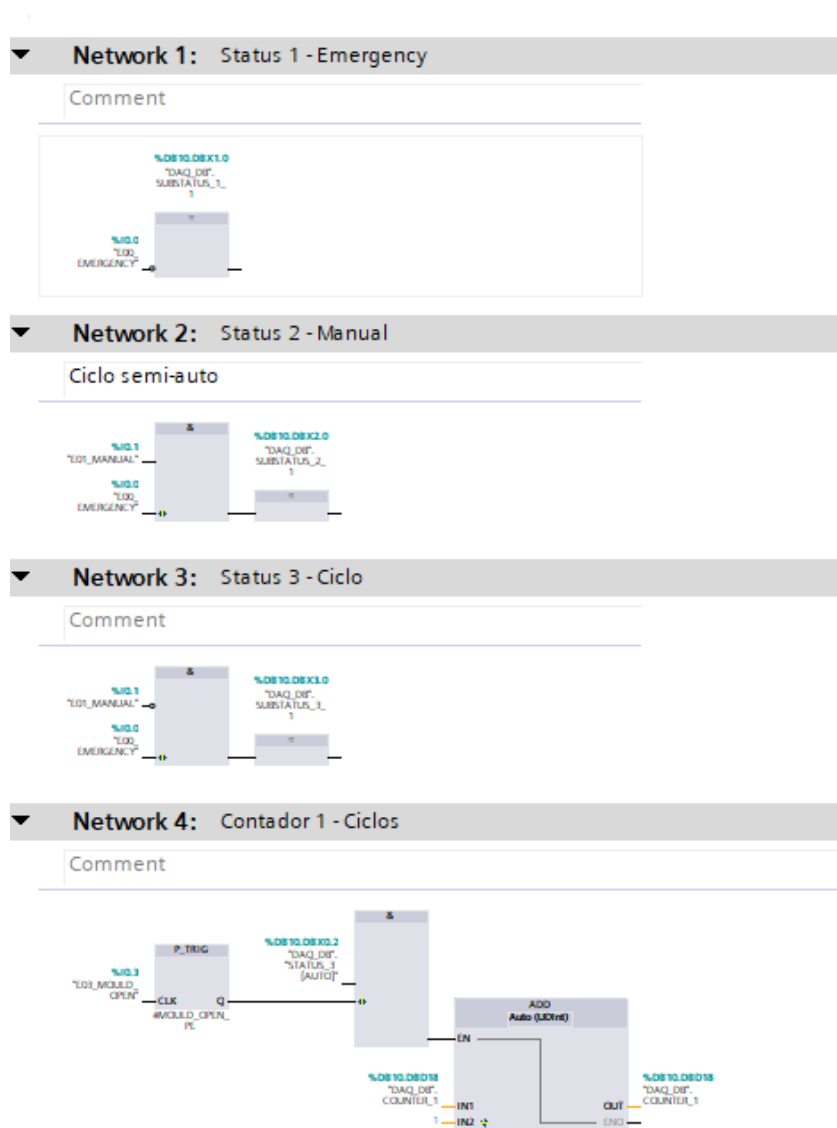


Figura 74. Programa efetuado para ler variáveis a monitorizar do projeto AM11

Depois de terminar a tarefa de programação o código foi executado no PLC e foram verificados todos os sinais com o equipamento em marcha. Para facilitar esse processo procedeu-se ao preenchimento da tabela apresentada na Figura 75 . Nesta tabela também é preenchido quem faz a instalação e verificação dos sinais.

Verificação Variáveis a monitorizar												
				Verificação	AS+DL	AS	AS	AS	AS+DL	AS	AS+DL	AS+DL
				Ligação	AS+DL	AS+DL	AS+DL	DL	AS+DL	AS+DL	AS+DL	AS+DL
				Data	13/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	13/03/2019	12/03/2019	13/03/2019	13/03/2019
Grupo	Estado / Subestad	Nome estado	Nome Sub-estado	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Estados	STATUS_1_1	Emergência	Emergência Injetora	OK	NA	OK	OK	OK	OK	OK		OK
	STATUS_2_1	Manual	Manual	OK	OK	OK	OK		OK	OK		OK
	STATUS_3_1	Ciclo		OK	OK	OK	OK		OK	OK		OK
Grupo	Estado	Nome	Incremento									
Contadores	COUNTER_1	Ciclos	1	OK	OK	OK	OK		OK	OK		OK
Grupo												
IP	IP PLC			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK
LIGAÇÃO REDE	IP PLC			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK

Figura 75. Tabela de verificação variáveis a monitorizar do projeto AM11

#### 4.4. Projeto AM13

O projeto AM13 teve como objetivo realizar a monitorização 10 equipamentos de extrusão. Este cliente teve como objetivo monitorizar os seguintes parâmetros:

- Paragem;
- Equipamento em modo aquecimento;
- Equipamento em ciclo;
- Contar metros extrudidos;
- Contar número de cortes;
- Contar energia – kW/h.

A Figura 76, demonstra a tabela de listagens dos equipamentos que foram ligados e quais as variáveis a monitorizar. A mesma tabela indica outros equipamentos, mas estes não foram ligados por decisão do cliente.



Listagem Equipamentos									
Grupo	ID IOT	ID CLIENTE	ID ATOUCH	Tipo	Marca	Modelo	Esquema de ligação	Modelo AM-DAQ	IP
Estrusão	M 1	P20	EXTRUSORA P01	Extrusora		P20	LM01	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.11
	M 2	BAT19030	EXTRUSORA P02	Extrusora	Battenfeld	BEX160	LM02	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.12
	M 3	P65	EXTRUSORA P03	Extrusora		P65	LM03	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.13
	M 4	CORMA	EXTRUSORA P04	Extrusora	Battenfeld	CORMA	LM04	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.14
	M 5	WEBER DS 11	EXTRUSORA P05	Extrusora		WEBER DS 11	LM05	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.15
	M 6	BAT19025	EXTRUSORA P06	Extrusora		BAT19025	LM06	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.16
	M 7	658	EXTRUSORA P07	Extrusora		658	LM07	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.17
	M 8	Roscas	MAQUINA P08	Extrusora		Roscas	LM08	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.18
	M 9	Furação	MAQUINA P09	Extrusora		Furação	LM09	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.19
	M 10	AMUT 3	EXTRUSORA P10	Extrusora		AMUT 3	LM10	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.20
	M 11	AMUT 1	EXTRUSORA P11	Extrusora		AMUT 1	LM11	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.21
	M 12	BAT 6522	EXTRUSORA P12	Extrusora	Battenfeld	BEX2-65-B/2P	LM12	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.22
	M 13	WEBER 60	EXTRUSORA P13	Extrusora	Weber	D860	LM13	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.23
	M 14	Moinhos	SECCAO_COMP_MISTURA P14	Extrusora	Glass-soft		LM14	S7-ETHDCDCDC	192.168.0.5.24

Variáveis a monitorizar						
Grupo	Estado / Subestado	Nome estado	ID ATOUCH	Nome Sub-estado		
Estados	STATUS_1_0	Offline	TAG_ESTADO	Offline		
	STATUS_1_1	Paragem	TAG_ESTADO	Paragem		
	STATUS_1_2	Aquecimento	TAG_ESTADO	Aquecimento		
	STATUS_1_3	Ciclo	TAG_ESTADO	Ciclo		
Grupo	Estado	Nome	Incremento	Tipo	Unidade e escala	
Contadores	COUNTER_1	Metros Extrudidos	TAG_CONTADOR_METROS	1	INTEGER	1=1metro
	COUNTER_2	Cortes	TAG_CONTADOR_CORTES	1	INTEGER	1=1corte
	COUNTER_3	KWh	TAG_CONTADOR_ENERGIA	1	INTEGER	1=1KWh - Kilowatt hora

Figura 76. Listagem de equipamentos e variáveis a monitorizar no projeto AM13

Para além da listagem dos equipamentos, a Figura 77 mostra o *layout* dos equipamentos a serem ligados para posterior monitorização.

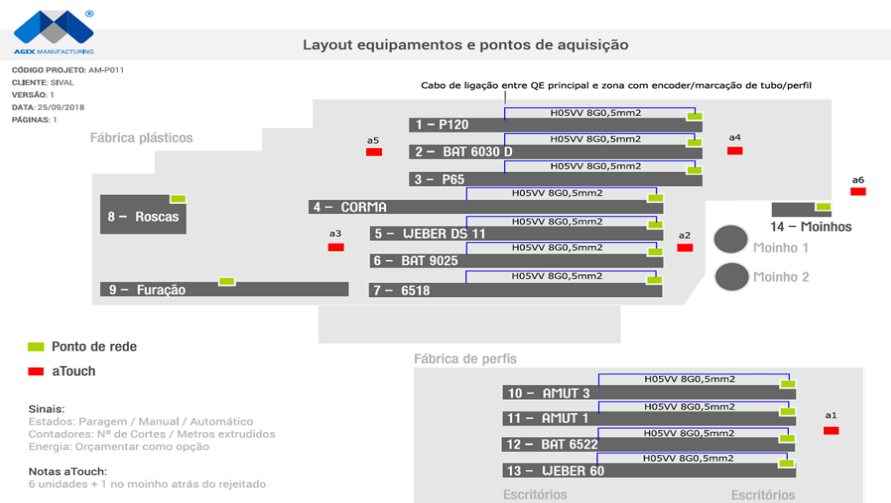


Figura 77. Layout de equipamentos AM13

### 4.4.1 Montagens

O projeto AM13 foi diferente em vários aspetos dos restantes projetos. Para a sua execução foram necessários mais equipamentos para além do PLC, pelo facto de ser necessário efetuar a medição de consumo de energia e efetuar a contagem de metros extrudidos.

Para a realização deste projeto foi necessária a instalação dos seguintes equipamentos:

- **Transformadores de intensidade (TI's) da Carlo Gavazzi** – Foram utilizados diferentes tipos de transformadores de intensidade de núcleo fechado do tipo CTD1X, CTD2X, CTD3X [18] de acordo com a corrente de alimentação das máquinas que foram monitorizadas. Na Figura 78 está um exemplo dos TI's utilizados neste projeto.



Figura 78. Transformador de intensidade Carlo Gavazzi

- **Analizador de energia trifásico EM330 DIN AV5 3 H O1 X da marca Carlo Gavazzi [19] (Figura 79).**



Figura 79. Analisador de energia Carlo Gavazzi

- **Fonte de alimentação 24VDC de 1A e 60W** – Devido ao fator idade dos equipamentos que foram monitorizados, muitos deles não disponibilizavam tensão de controlo de 24VDC, daí a necessidade da instalação de uma fonte para alimentar o PLC, o analisador de energia e o *encoder* para realizar a contagem dos metros extrudidos. A Figura 80 mostra a fonte de alimentação utilizada.



Figura 80. Fonte de alimentação 24VDC 1A 60W [5]

- **Encoder** – Algumas máquinas estavam já equipadas com *encoder* mas 8 máquinas necessitaram da instalação deste dispositivo. Para instalação deste *encoder* foi efetuado um suporte para a sua colocação como mostra a Figura 81.

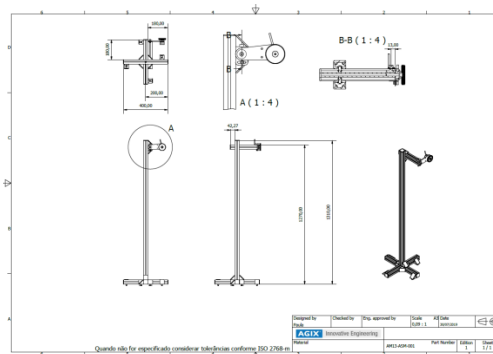


Figura 81. Suporte fixação para *encoder*

Para efetuar a medição foi utilizado o *encoder* incremental da AUTONICS E40S6-50-3-T-24 24VDC [20] com resolução de 50 pulsos por volta, este último pode ser visualizado na Figura 82.



Figura 82. *Encoder* incremental

Para complementar o uso do *encoder*, e efetuar a medição dos metros extrudidos, foi utilizada uma roda de resolução da iFm E60137 [21] como mostra a Figura 83. Esta tem como função obter converter a rotação do eixo em pulsos elétricos. Neste caso é utilizada uma roda com o perímetro de 200mm que equivale a efetuar 5 voltas por metro. Sendo assim com um *encoder* de resolução de 50 pulsos por volta, são necessários efetuar 5 vezes os 50 pulsos que corresponde assim a 250 pulsos por metro. Com este cálculo e recurso a esta roda é possível obter os metros extrudidos.



Figura 83. Roda de resolução para *encoder*

Como a complexidade deste projeto é mais elevada foi necessário elaborar o esquema elétrico (ver Figura 84) das montagens efetuadas para melhor leitura e interpretação da montagem por parte do cliente.

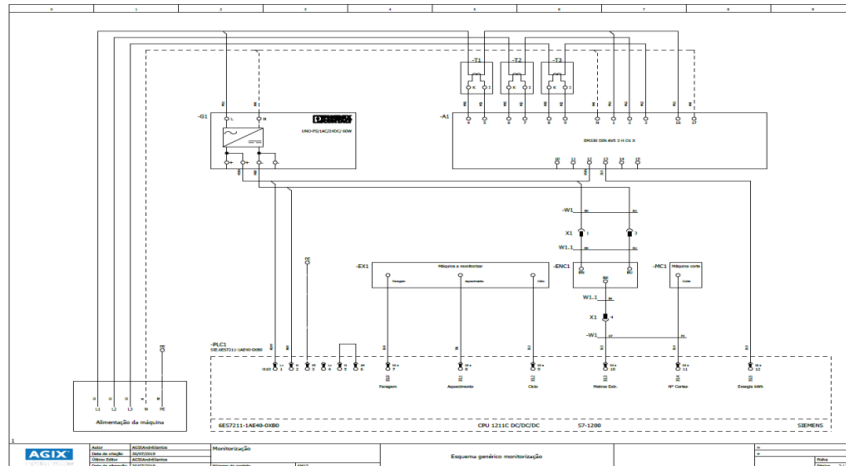


Figura 84. Esquema elétrico do projeto AM13

Este projeto para além da leitura de esquemas para identificação dos sinais, necessitou da análise individual dos equipamentos, uma vez que muitos deles já não tinham esquemas elétricos ou tratava-se de equipamentos completamente modificados pelo cliente que não estavam de acordo com os esquemas existentes. Para tal, esta recolha de sinais foi efetuada sempre por mim e pelo Eng. André. A Figura 85 é um dos exemplos de esquemas elétrico de máquina que tínhamos ao nosso dispor.

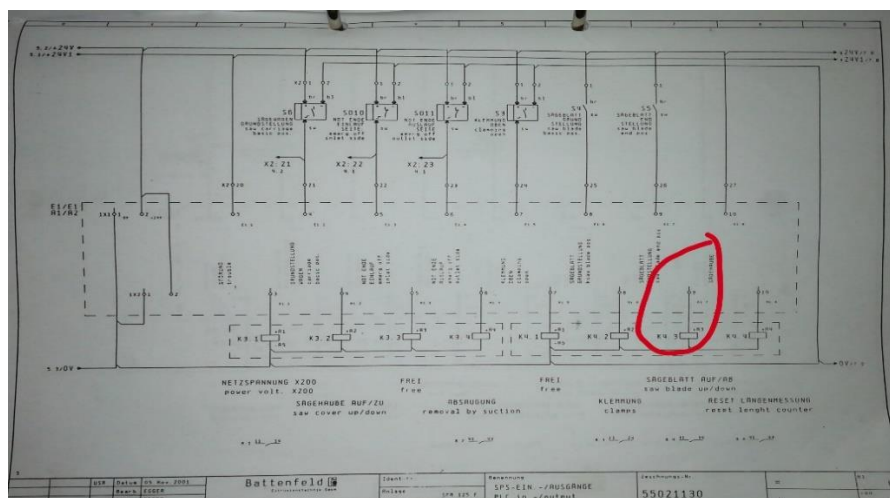


Figura 85. Esquema elétrico de máquina a monitorizar

Após análise, as montagens também foram efetuadas em conjunto, assim sendo foram efetuadas as ligações necessárias entre o PLC, o equipamento o analisador de energia e os respectivos TI's. Os equipamentos foram todos colocados no quadro elétrico do equipamento e foi efetuada a eletrificação através do fio laranja FIO H05V-K 0.5MM para diferenciar a ligação do equipamento externo. Para além das montagens efetuadas no quadro foi necessário a passagem de um cabo efetuado pelo cliente para que fosse possível comunicar entre o módulo de medição e de corte de tubo/perfis. Este cabo serviu para ligar dois sinais e enviar os 24 VDC para estes módulos para ligação dos *encoders*. Todos os condutores foram devidamente identificados nas duas extremidades com etiqueta a indicar o nome da entrada do sinal no PLC, no analisador de energia e nos TI's. Neste caso os TI's foram colocados pelo cliente, cabendo a nós apenas efetuar a ligação entre os TI's e o analisador de energia. As Figura 86-88 mostram as montagens práticas efetuadas durante este projeto.



Figura 86. Montagens elétricas AM13



Figura 87. Ligação dos TI's AM13



Figura 88. Suporte de *encoder* instalado AM13

#### 4.4.2 Programação

Neste projeto foi utilizado o autômato da SIEMENS SIMATIC S7-1200, CPU 1211C, DC/DC/DC com 6 entradas digitais e 4 saídas digitais de 24 VDC[17]. Neste tipo de aplicação em que só é necessária a efetuar a leitura dos sinais apenas é dado o uso das entradas digitais. A diversidade de máquinas existentes neste projeto levou a que fosse necessário efetuar programação distinta para quase todos os equipamentos. Na Figura 89 está representado um exemplo de programa utilizado para monitorizar as máquinas de extrusão.

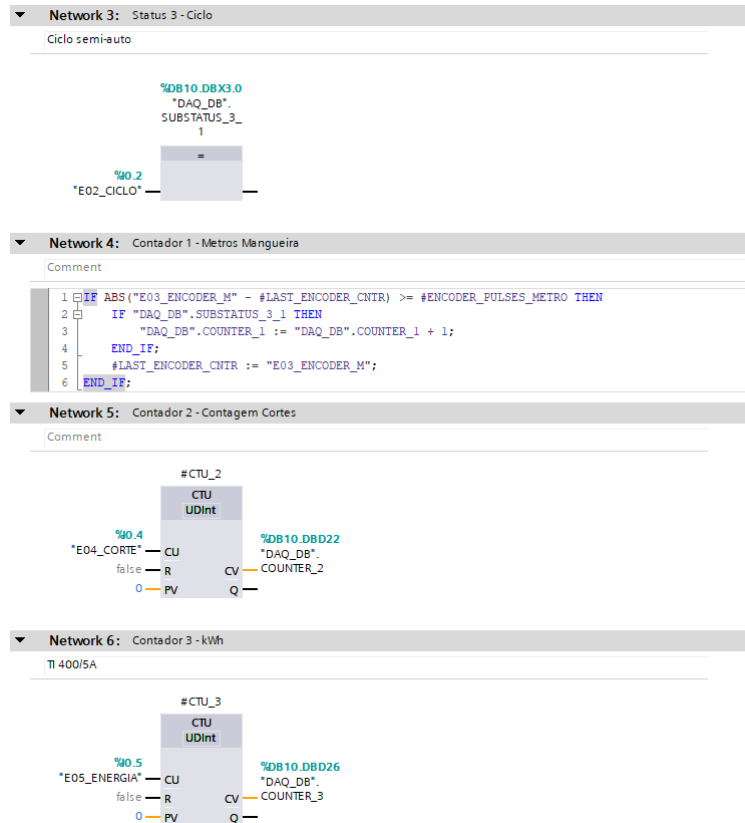


Figura 89. Programa efetuado para ler variáveis a monitorizar do projeto AM13

Para facilitar o processo de verificação de sinais após o programa estar em execução no PLC, procedeu-se ao preenchimento da tabela apresentada na Figura 90. Nesta tabela também é preenchido quem faz a instalação e verificação dos sinais.

Verificação Variáveis a monitorizar																	
				Verificação	AS	DL4S	AS		AS	AS	AS				ASDL	AS	AS
				Ligação	DL	DL4S	DL	DL	DL4S	DL4S					DL4S	AS	DL4S
				Data	30/04/2019	05/04/2019	08/05/2019	09/06/2019	21/05/2019	29/05/2019	29/05/2019				5/05/2019	15/05/2019	21/05/2019
Grupo	Estado / Subestad	Nome estado	Nome Sub-estado	MI 01	MI 02	MI 03	MI 04	MI 05	MI 06	MI 07	MI 08	MI 09	MI 10	MI 11	MI 12	MI 13	MI 14
Estados	STATUS_1.1	Paragem	Paragem	OK	OK	OK			OK	OK	OK			OK	OK	OK	
	STATUS_2.1	Aquecimento	Aquecimento	OK	OK	OK			OK	OK	OK			OK	OK	OK	
	STATUS_3.1	Ciclo	Ciclo	OK	OK	OK			OK	OK	OK			OK	OK	OK	
Contadores	COUNTER_1	Metros Mangueira	?		OK									OK			
	COUNTER_2	Cortes	?	OK	OK	OK			OK	OK				OK	OK	OK	
	COUNTER_3	kWh	?	OK	OK	OK			OK	OK				OK	OK	OK	
IP																	
	P	PLC		OK	OK	OK			OK	OK	OK			OK	OK	OK	

Figura 90. Tabela de verificação variáveis a monitorizar do projeto AM13





## 5. Implementação de Projetos

---

### 5.1. Projeto – ROCKER

O projeto AG35 – Rocker como mostra a Figura 91, é um sistema e equipamento industrial por medida efetuado com a finalidade de ser integrado com uma injetora do cliente. Neste projeto devido ao acordo de confidencialidade com o cliente, grande parte do conteúdo será omitido, como o exemplo da peça que é injetada.



Figura 91. Projeto AG35-ROCKER

#### 5.1.1. Objetivos

O objetivo da realização deste projeto surge da necessidade de elaborar um sistema industrial por medida com o objetivo de ser integrado com uma injetora. O grande objetivo deste projeto é ter um processo com *hot-stamping*, corte do gito e análise através de visão artificial.

O *hot stamping* é um método de impressão em relevo, no qual a fita utilizada é transferida para uma superfície com relevo a altas temperaturas. Apesar de parecer, a impressão *hot-stamping* não utiliza nenhum tipo de tinta para fazer a gravura, sendo apenas necessário

aquecer o material de contacto até uma certa temperatura para gravar o conteúdo. Quando a fita é pressionada pela chapa quente neste caso silicone, a fita desprende-se e adere á peça, ficando com revestimento de uma fina camada metálica. produzindo um efeito metálico [22].

Neste caso o equipamento de *hot stamping* foi adquirido já em funcionamento sendo posteriormente integrado com o nosso equipamento e reajustados às necessidades do projeto.

Após a injetora efetuar o processo de injeção as peças que resultam desse processo são colocadas no nosso sistema através do robô da injetora. Após esta colocação o processo terá as seguintes funcionalidades:

### **1. Corte de gito:**

O gito consiste na extensão do bico de injeção no molde. Nesta parte do processo é efetuado o corte do gito com recurso à utilização alicates de precisão. As peças são colocadas em ninhos PETG onde é efetuado o corte, a verificação do posição correta da peça através de sensores como mostra a Figura 92.

Se a verificação for aprovada é efetuado o corte e o sopro do gito. passando de seguida a transferência das peças para a próxima etapa.

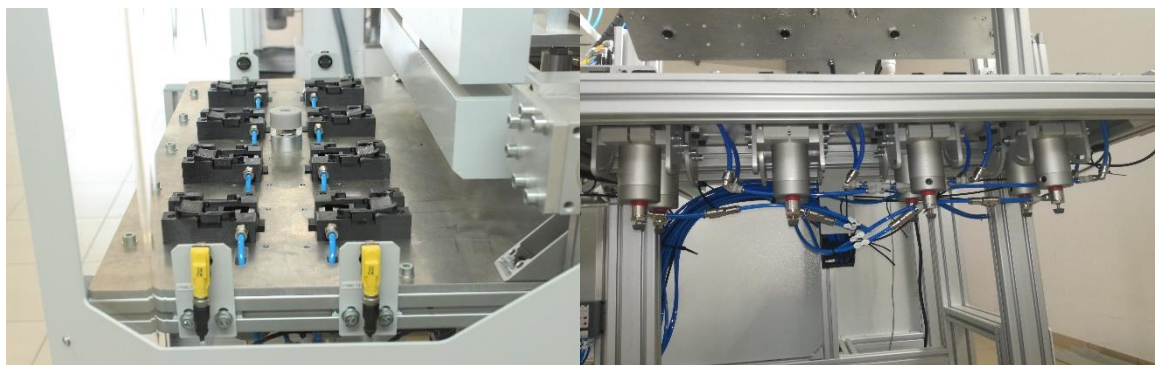


Figura 92. AG35-ROCKER - Corte do gito

### **2. Controlo corte de gito – Medição Laser:**

Nesta etapa é efetuada a verificação de posição das peças, garantindo o correto posicionamento para a medição. Após validação é apurada a medição do corte do gito. Esta medição é efetuada com o recurso a sensores laser como é visível na Figura 93.



Figura 93. AG35-ROCKER - Controlo gito com medição laser

### 3. Marcação *hot-stamping*:

A marcação *hot-stamping* ocorre de forma automática em conjunto com o restante processo. Nesta etapa para ocorrer a marcação é efetuada a verificação de existência de problemas na tensão da fita e se existe fita colocada (ver Figura 94) Para além desta validação é efetuado o reajuste de posicionamento dos ninhos e da fita com recurso a pneumáticos, que garantem de forma adequada a posição para ocorrer a marcação nas melhores condições possíveis.

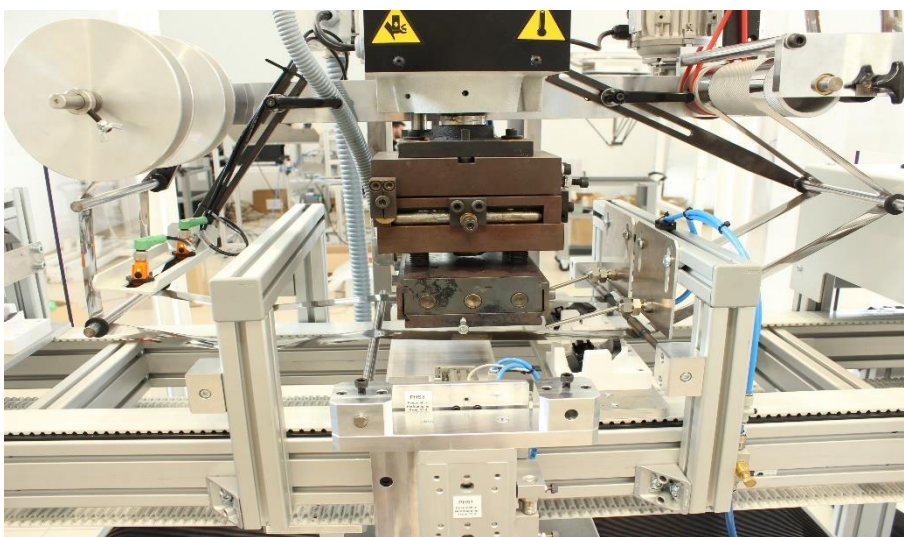


Figura 94. AG35-ROCKER - Marcação *hot-stamping*

#### 4. Limpeza *hot-stamping*;

Após o processo de *hot-stamping* nesta etapa é efetuado a escovagem por rotação, o sopro e a aspiração dos resíduos soprados/escovados através dos elementos visíveis na Figura 95.



Figura 95. AG35-ROCKER - Limpeza *hot-stamping*

#### 5. Controlo *hot-stamping* – Visão Artificial;

Para controlo do processo é utilizado um sistema de visão artificial. É utilizada uma câmara que efetua uma análise ampliada da impressão de *hot-stamping*, sem distorção ótica, com utilização de filtros antirreflexos, com uma iluminação em ambiente controlado através de isolamento ao exterior e com uso de uma painel de iluminação difusa como demonstra Figura 96. Esta permite analisar a forma e os defeitos de impressão efetuada no *hot-stamping*



Figura 96. AG35-ROCKER - Sistema de Visão Artificial

## 6. Separação de peças OK / NOK.

Após análise do sistema de visão artificial é efetuada a separação de peças conformes (OK) e peças não conformes (NOK). As peças não conformes são colocadas nos pneumáticos de rejeição que as encaminha para a caixa de rejeição. As peças conformes são colocadas sobre os tapetes. Sendo duas peças diferentes cada uma é colocada no seu tapete e depositada na caixa de peças OK como se pode ver na Figura 97.

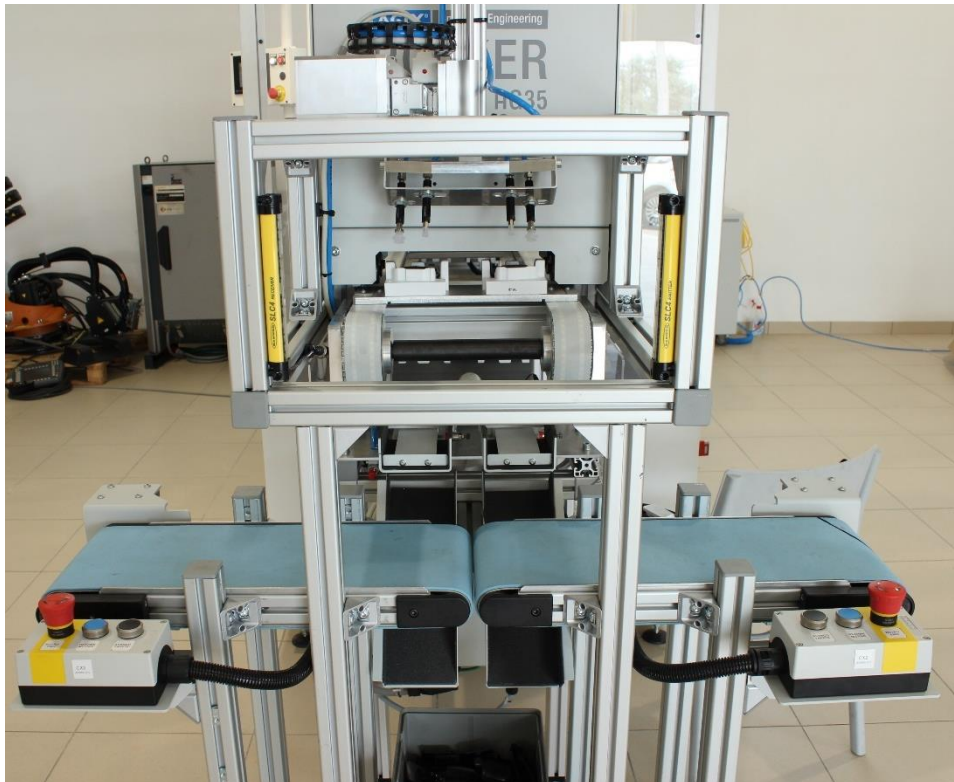


Figura 97. AG35-ROCKER - Separação de peças

### 5.1.2. Descrição de atividade

No projeto AG35-ROCKER a minha participação foi bastante ativa. Neste participei nas montagens mecânicas e pneumáticas, juntamente com o Eng. João Costa e com o seu auxílio efetuamos toda a montagem mecânica e pneumática do equipamento (ver Figura 98).



Figura 98. AG35-ROCKER - Montagens mecânicas e pneumáticas

No que toca à parte elétrica do projeto efetuei a maioria dos trabalhos de eletrificação. A Figura 99 indica os equipamentos que necessitam de ser eletrificados.

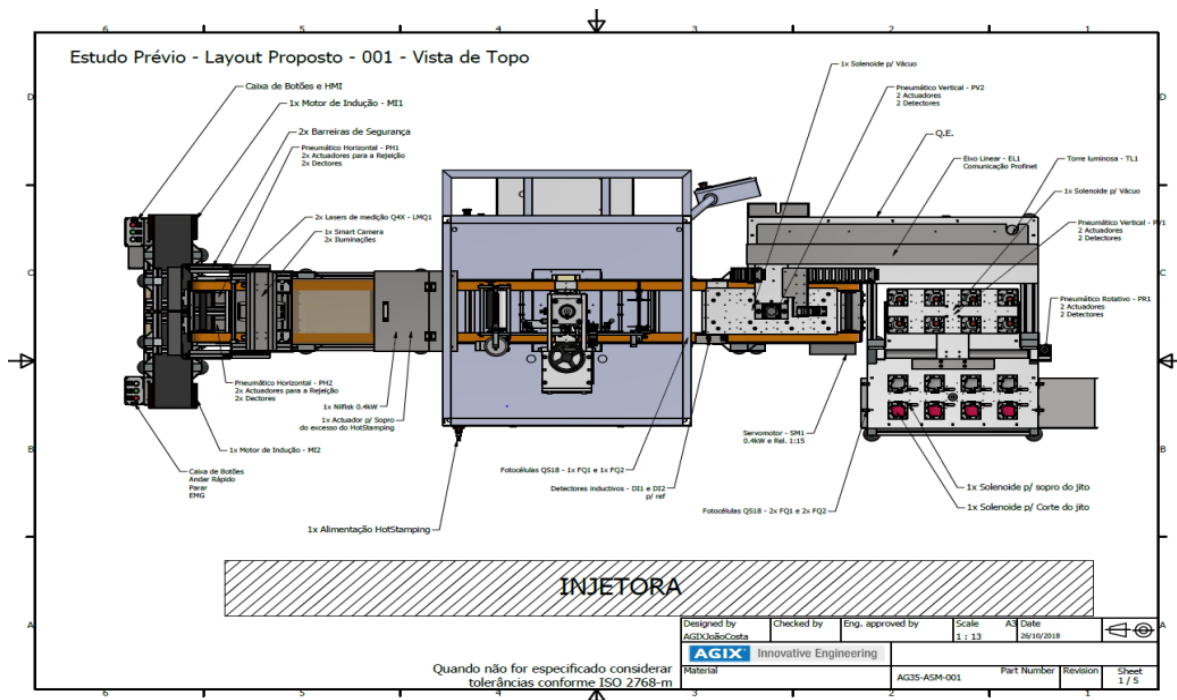


Figura 99. AG35-ROCKER - Layout de equipamentos a eletrificar

Neste projeto a parte do quadro elétrico, as eletrificação com os elementos exteriores foram executadas quase na totalidade por mim, sendo necessário a ligação dos equipamentos externos ao quadro elétrico. Neste tipo de ligação são ligadas alimentações e ligadas saídas

e entradas do nosso processo. Na Figura 100 podemos ver o início dessa eletrificação com a execução de duas fichas que iriam ligar equipamentos externos.

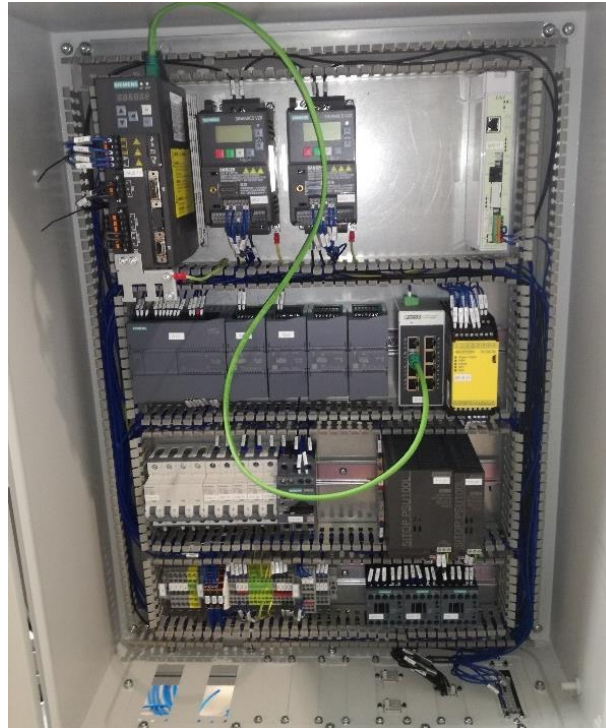


Figura 100. AG35-ROCKER - Quadro elétrico

Uma vez que a máquina de *hot-stamping* é um equipamento adquirido, foi necessário efetuar a interligação dos equipamentos. Esta ligação (ver Figura 101) foi efetuada por mim, permitindo efetuar o controlo total da máquina através do nosso equipamento.



Figura 101. AG35-ROCKER - Ligação máquina de *hot-stamping*

Após as montagens todas efetuadas participei nos ensaios, ensaios estes demorados devido ao processo de *hot-stamping* que demorou algum tempo até estar devidamente afinado e de acordo com o pretendido. Depois dos resultados serem o esperado ocorreu a instalação do equipamento no cliente, na qual também tive a oportunidade de integrar. Na Figura 102 pode-se ver o equipamento já instalado no cliente e devidamente integrado com a injetora.



Figura 102. AG35-ROCKER - Instalação final



## 5.2. Projeto – AG38 - BJHT

O projeto AG38 - BJHT como mostra a Figura 91, é um equipamento industrial por medida efetuado com a finalidade de ser integrado com a injetora do cliente. Este permitirá a colocação de insertos *overmold* (insertos inseridos antes da moldagem ocorrer) e *press-fit* (insertos colocados depois da moldagem). Neste projeto devido ao acordo de confidencialidade com o cliente, grande parte do conteúdo será omitido.

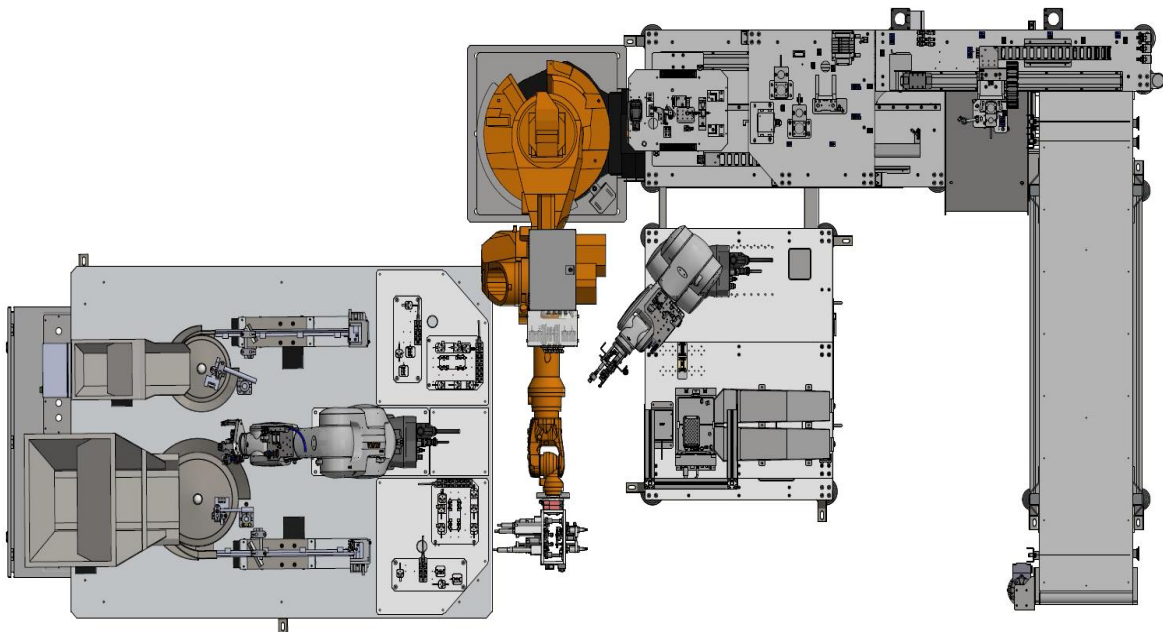


Figura 103. Projeto AG38 – BJHT

### 5.2.1. Objetivos

O objetivo da realização do projeto AG38-BJHT surge da necessidade de elaborar um sistema industrial por medida com o objetivo de ser integrado com uma injetora. O grande objetivo deste projeto é ter um processo que permite de forma automática a colocação de insertos *overmold* e *press-fit*.

Para o objetivo deste projeto ser cumprido foi necessário a aquisição de um sistema de alimentação feito á medida das necessidades do cliente para a inserção dos insertos *overmold*. O sistema utilizado, Técnica de Alimentação Dinâmica, (TAD) são alimentadores vibratórios que permitem regular a entrada de material e levar o inserto até

outro destino de um modo sincronizado. Para os insertos de *press-fit* foi utilizado um sistema de alimentação da Asyрил o modelo Asycube 240.

Este projeto requereu ainda a utilização de 2 robôs da KUKA da série KR AGILUS modelo KR 6 R700-2 que servem para alimentar os gabaritos com os insertos, e um robô KUKA KR 6 do cliente que faz a colocação dos insertos no molde e respectiva retirada da peça do molde através de uma mão de transferência de insertos.

Assim sendo, e aprofundando, o processo terá as seguintes funcionalidades:

### 1. Processamento de 2 peças distintas

Neste projeto são processadas 2 peças distintas (ver Figura 104) daí haver dois módulos de alimentação distintos. O módulo da TAD serve para alimentar as duas peças e faz *overmold* enquanto uma das peças necessita de *press-fit*, daí o módulo da Asyрил.

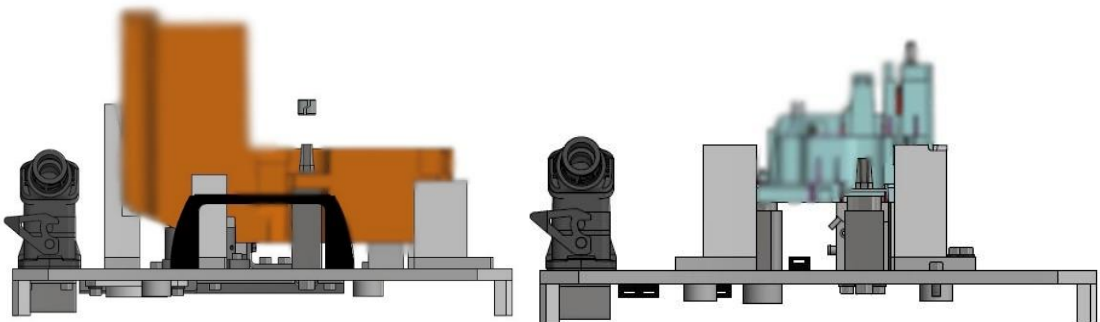


Figura 104. AG38 - Peças sujeitas ao processo

### 2. Inserção automática de insertos Overmold

Na inserção automática de insertos *overmold*, como referido anteriormente é utilizado um sistema de alimentação TAD, com dois alimentadores diferentes por serem dois tipos de insertos diferentes. Depois dos alimentadores colocarem o inserto no fim da linha cabe ao robô realizar o *pick-and-place* e colocar os insertos nos gabaritos. Foram desenvolvidos 4 gabaritos, 2 por peça para haver possibilidade de estar sempre uma pronta e outra em preparação.

Os gabaritos estão equipados com sensores da barreira para detetar o inserto do tipo rosca e sensores indutivos para detetar a presença de inserto do tipo parafuso. Em caso de falha o robô KR AGILUS repõe de forma automática um novo inserto de forma a

não parar o ciclo de funcionamento. Na Figura 105 podemos visualizar o módulo completo.

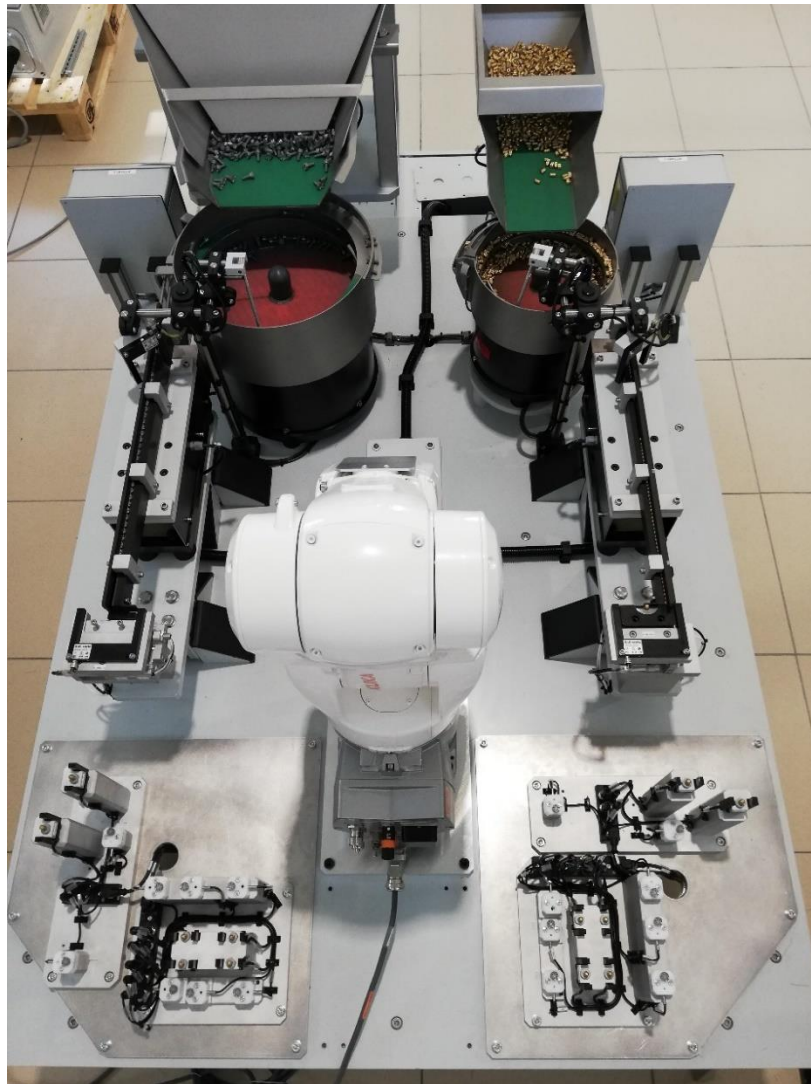


Figura 105. AG38-BJHT - Módulo *overmold*

### 3. Inserção automática de insertos *Press-fit*

A inserção automática de insertos *press-fit* ocorre após a peça sair do molde. Os insertos neste módulo são alimentados pelo sistema da Asyrl, para além deste equipamento o módulo está equipado com um dos robôs KR AGILUS e um sistema de visão artificial. A cada interação de pegar um inserto, o robô leva o inserto ao sistema de análise para verificar a sua posição e posteriormente coloca o inserto em gabaritos de forma a saber se é necessário efetuar a viragem do inserto ou não. Após a verificação e a peça estar colocada no gabarito de transferência (ver Figura 106) o robô

coloca os insertos na peça e de seguida é efetuado o *press-fit* com o recurso a eixos elétricos com controlo de força e posição.

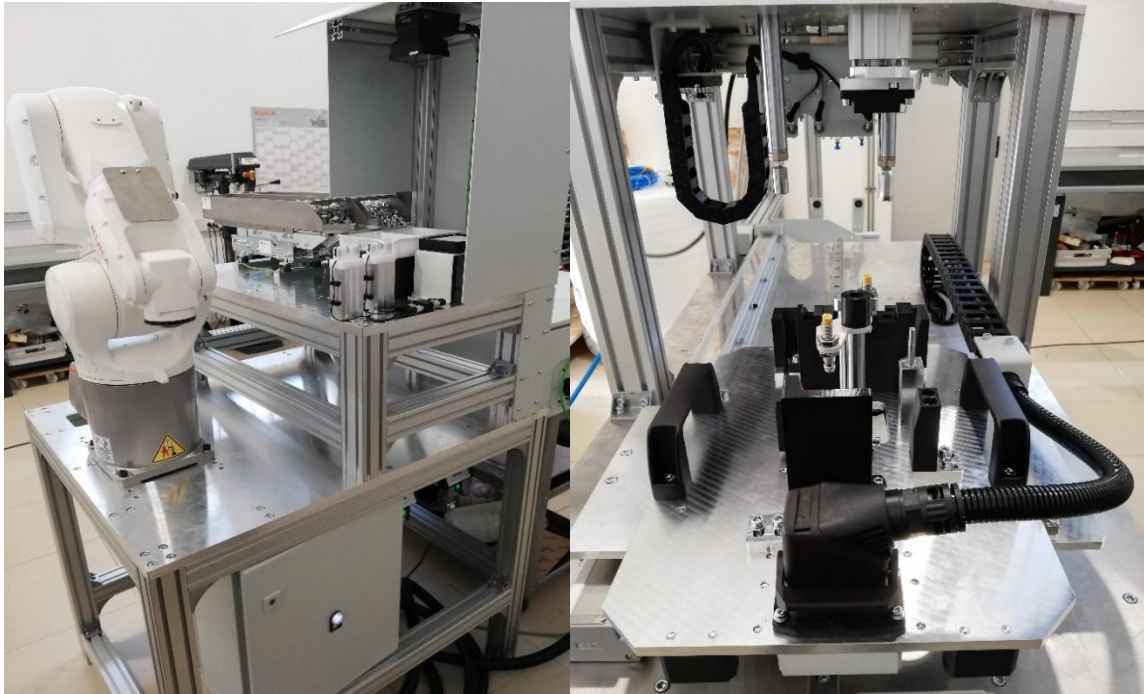


Figura 106. AG38-BJHT - Módulo *press-fit*

#### 4. Controlo de presença de inserto

Após a colocação da peça sobre o gabarito de transferência e efetuado o *press-fit* o gabarito é deslocado sobre um eixo até ao controlo de presença de inserto. Este controlo é efetuado com a utilização de sensores indutivos que detetam a presença dos insertos como demonstra a Figura 107.



Figura 107. AG38-BJHT - Controlo de presença de inserto

## 5. Separação de peças OK / NOK

Após o controlo de peça e de acordo com a conformidade da peça OK/NOK, estas são separadas. As NOK são rejeitadas e as peças OK são transferidas e colocadas sobre um tapete de saída como podemos ver na Figura 108.



Figura 108. AG38-BJHT - Tapete de saída de peças OK

### 5.2.2. Descrição de atividade

O projeto AG38-ROCKER é um projeto de alguma complexidade e de um grau de execução elevado. Para execução deste projeto foram necessários muitos recursos materiais. A nível elétrico este foi o projeto mais complexo e de maior dimensão, com a constituição de um quadro elétrico principal e dois quadro elétricos parciais. As montagens elétricas foram realizadas quase na totalidade por mim.

Na Figura 109 podemos visualizar a eletrificação do quadro elétrico onde saliento a montagem do SIMATIC ET200SP, CPU 1510SPF-1 da Siemens com respetivos módulos de entradas e saídas, módulos Io-Link e módulos de segurança. Foi necessária a instalação de vários módulos devido ao elevado número de sensores e atuadores utilizados neste projeto. De destacar ainda a utilização e montagem de 6 drives de eixos da SMC Corporation.



Figura 109. AG38-BJHT - Quadro elétrico

Na Figura 110 pode-se observar a eletrificação efetuada no quadro parcial do módulo *press-fit*. Serviu principalmente para alimentação dos controladores dos robôs e comunicação com o quadro principal.



Figura 110. AG38-BJHT - Quadro parcial módulo *press-fit*

Devido à necessidade de um elevado número de entradas e saídas do módulo de *overmold* foi necessário fazer um quadro parcial também para este módulo (ver Figura 111) , assim como a instalação do SIMATIC ET 200SP, módulo *Profinet* IM 155-6PN para comunicação com o PLC do quadro principal.

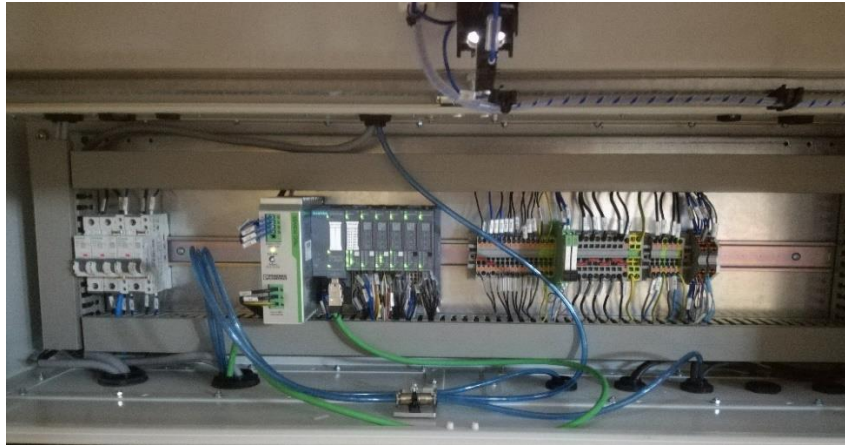


Figura 111. AG38-BJHT - Quadro parcial módulo *overmold*

Para além da eletrificação dos quadros, executei a eletrificação de quase todos os componentes deste projeto. Na Figura 112 podemos ver as mãos presas dos robôs, as montagens destas, tanto a nível mecânico, pneumático como elétrico foram executadas por mim.



Figura 112. AG38-BJHT - Montagem de mãos presas robôs

Na montagem das mãos presas surgiu a oportunidade de manusear os robôs com o objetivo de validar o funcionamento e posições de operação (ver Figura 113).

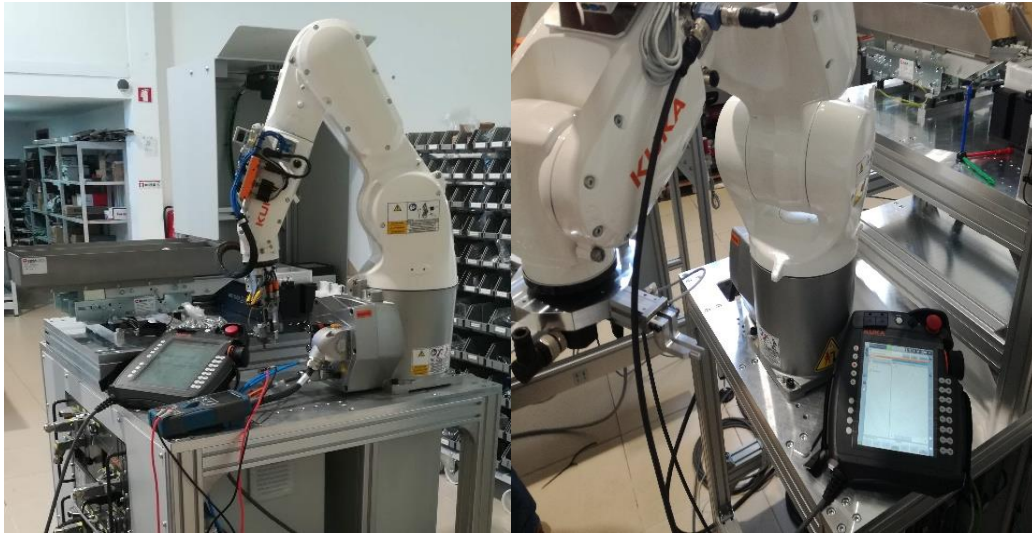


Figura 113. AG38-BJHT - Validação de funcionamento das mãos presas

O projeto, devido ao elevado número de sensores, necessitou da utilização de várias placas I/O, as quais após serem instaladas foram verificadas para validar o sinal e alimentação de todos os sensores. Para tal, recorri a um módulo de ensaios que permite alimentar os sensores e verificar os seus sinais como demonstra a Figura 114.



Figura 114. AG38-BJHT - Validação de alimentação de placas I/O

Após todas as montagens, eletrificações, validações e ensaios o projeto foi instalado no cliente (ver Figura 115). Este foi devidamente integrado com os sinais do robô da injetora para permitir uma operação com todos os processos devidamente sincronizados e em



segurança. Devido à questão crítica da segurança deste projeto, foi necessária a montagem de guardas e eletrificação da porta de segurança ao nosso equipamento para estar em concordância com a segurança necessária para o equipamento.

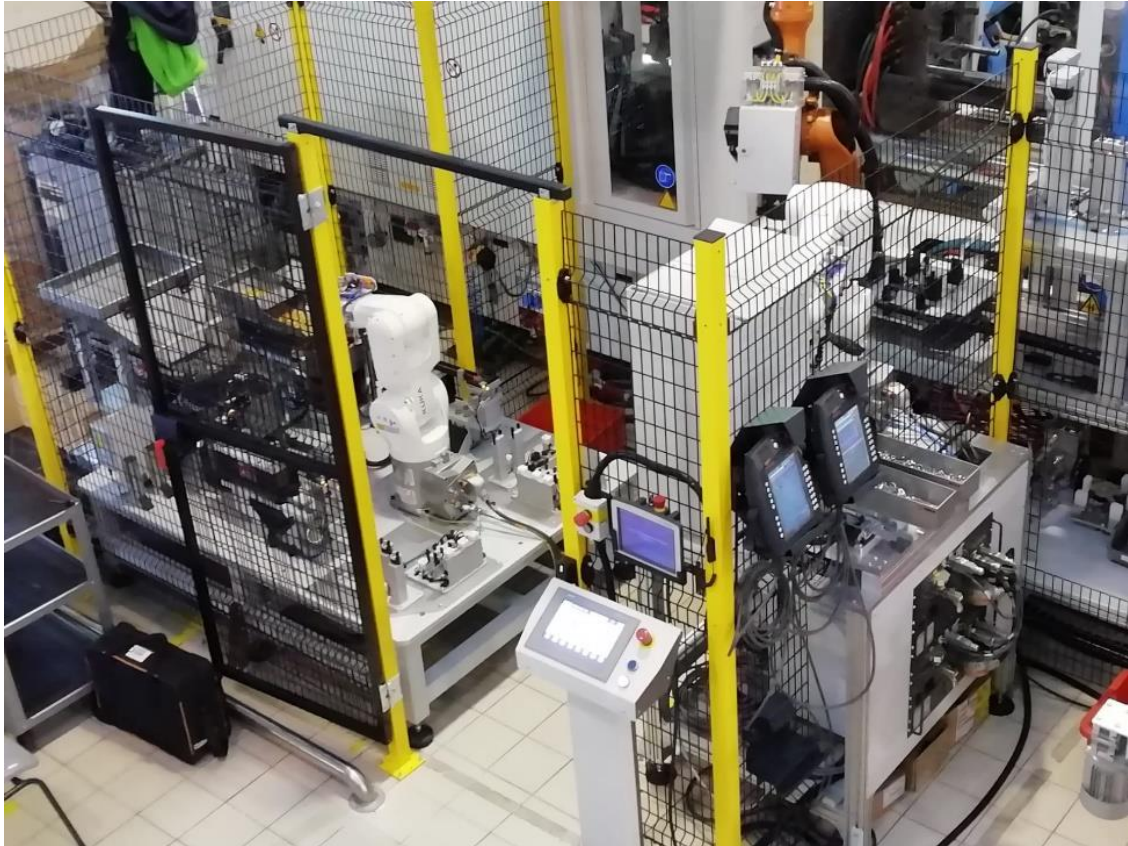


Figura 115. AG38-BJHT - Instalação no cliente

### 5.3. Projeto – Máquina de Guardanapos

O projeto AG16-MG, como mostra a Figura 116, é um projeto em que apenas é desenvolvido a componente de automação e onde são modificados alguns componentes mecânicos. A máquina dos guardanapos é um equipamento industrial adquirido pelo cliente com a finalidade de ser integrado com uma máquina embaladora do tipo *flow pack*.



Figura 116. Projeto AG12-MG

#### 5.3.1. Objetivos

O objetivo da realização do projeto AG16-MG, surge da necessidade de elaborar um projeto de automação que torne a sincronização da máquina dos guardanapos mais adequada e fluida, garantindo deste modo a qualidade do produto final. A operação desta máquina descreve-se da seguinte forma: 1) desenrolar um rolo de guardanapo; 2) fazer uma primeira dobra; 3) cortar em várias medidas; 4) fazer novamente uma dobra e 5) depositar o guardanapo na linha da *flow-pack* de forma sincronizada.

O principal objetivo deste projeto consistiu em adaptar mecanicamente a máquina para a colocação dos drives da Siemens V90, desenvolver um quadro elétrico e produzir um programa de para controlar o processo.

### 5.3.2. Descrição de atividade

Este projeto contribuiu com a minha participação para efetuar as eletrificações das 2 máquinas de guardanapos, executando a eletrificação dos 2 quadros elétricos e dos respectivos componentes alusivos a este projeto. A nível elétrico, este projeto integrou o PLC SIMATIC S7-1500T, CPU 1511T-1 PN e a utilização dos drives V90 da Siemens (ver Figura 118). Na Figura 117 podemos visualizar os dois quadros eletrificados pronto a serem montados no equipamento



Figura 117. AG16-MG - Quadro elétrico



Figura 118. AG16-MG – Drives

Neste projeto tive a oportunidade de fazer ensaios de validação e afinação do processo. Após estas verificações foi entregue o equipamento e instalado no cliente. Nesta instalação foi necessária a instalação do *encoder* RM3011 rotativo absoluto multivolta com eixo maciço. Este *encoder* é acoplado ao eixo da *flow-pack* (ver Figura 119), permitindo através dos pulsos sincronizar a máquina dos guardanapos com a *flow-pack*.



Figura 119. AG16-MG - Encoder

Com as eletrificações todas efetuadas (ver Figura 120) e tudo pronto no cliente foram efetuados novos ensaios de forma a validar a sincronização entre os dois equipamentos. Com a colação do rolo de papel como demonstra a Figura 121 foi possível testar a máquina na íntegra, obtendo o resultado pretendido, i.e., era obter guardanapos de acordo com as especificações do cliente.

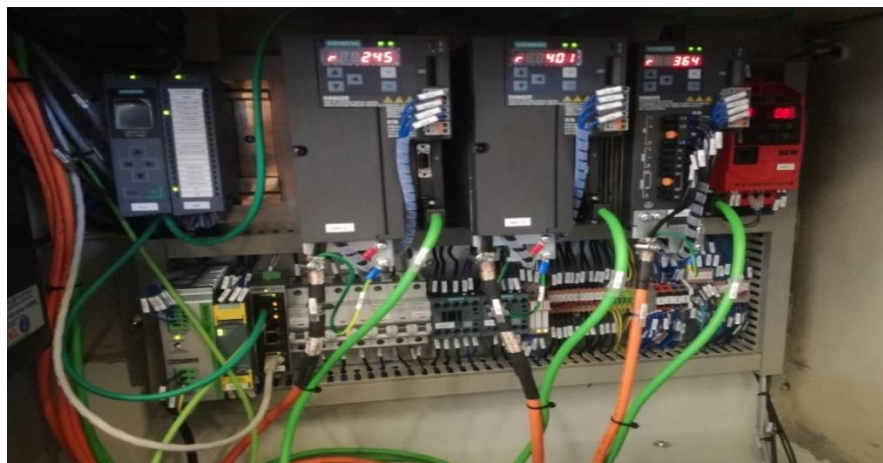


Figura 120. AG16-MG – Eletrificações



Figura 121. AG16-MG - Rolo de papel



## 6. Robótica Colaborativa

---

### 6.1. Projeto SP-1903

O projeto SP-1903 consistiu na integração de um robô colaborativo da série UR10 com uma CNC. A parte da programação do robô não foi da competência da AGIX, tendo sido este projeto uma parceria com a empresa EPL – Mecatrónica & Robótica, pelo facto de a AGIX ainda não ser nesta altura integradora oficial da UR. A parte de integração de sinais entre robô e CNC, e respetivas eletrificações foram executadas pela equipa da AGIX, na qual estou integrado.

#### 6.1.1. Objetivos

A realização da integração do robô colaborativo com a CNC tem como objetivo a colocação e retirada de peças depois de maquinadas pela CNC, devendo apenas ocorrer uma deslocação do robô à CNC (ver Figura 122). Este projeto utilizou ainda um sistema de visão para permitir ao robô ir buscar as peças à bancada de forma autónoma sem ser necessário emitir uma ordem exata de posicionamento. Neste projeto a empresa EPL, foi responsável por desenvolver o processo de programação do robô. A AGIX ficou responsável por fazer a comunicação do robô com a CNC, para tal, foi necessário instalar um PLC da OMRON CPU NX1P2 e elaborar uma interface de segurança para integrar os dois equipamentos.

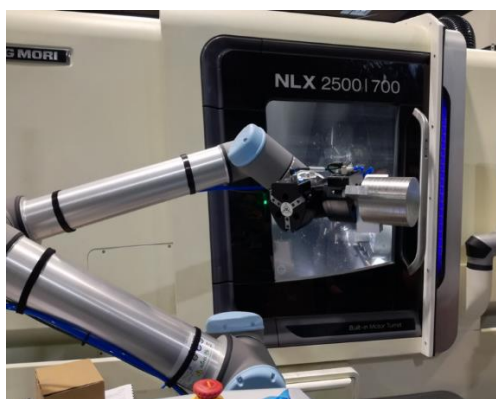


Figura 122. Integração robô UR10 - CNC

### 6.2.2. Descrição de atividade

O projeto contou com a minha participação para a elaboração do esquema de ligação entre o robô e a CNC e efetuar as respectivas ligações elétricas. Na Figura 123 podemos observar o esquema de interface de segurança entre o robô e a CNC.

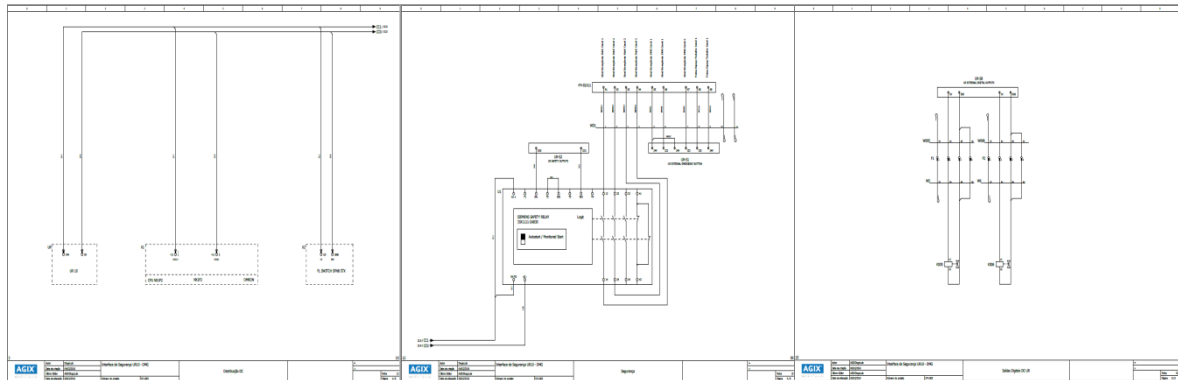


Figura 123. Interface de Segurança UR10 - DMG

Com base no esquema elétrico foram efetuadas as montagens e eletrificações no cliente que contaram com a minha colaboração. A Figura 124 mostra o controlador do robo UR10. Como este ainda tinha algum espaço e uma vez que foi utilizada a alimentação de 24VDC do controlador, optou-se por adaptar uma montagem em que fosse possível todos os equipamentos ficassem no mesmo quadro.

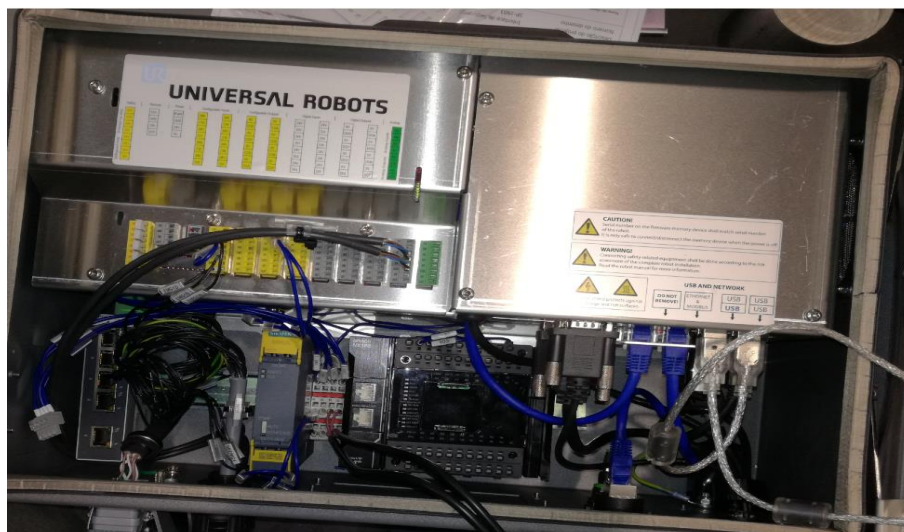


Figura 124. Controlador UR10



Além das eletrificações efetuadas no quadro do controlador foram ainda efetuadas eletrificações do robô com a CNC. Faz-se notar que a CNC já tinha as nosso dispor uma régua de bornes com os sinais que eram pretendidos para fazer a interface de segurança entre o robô e a CNC como mostra a Figura 125.

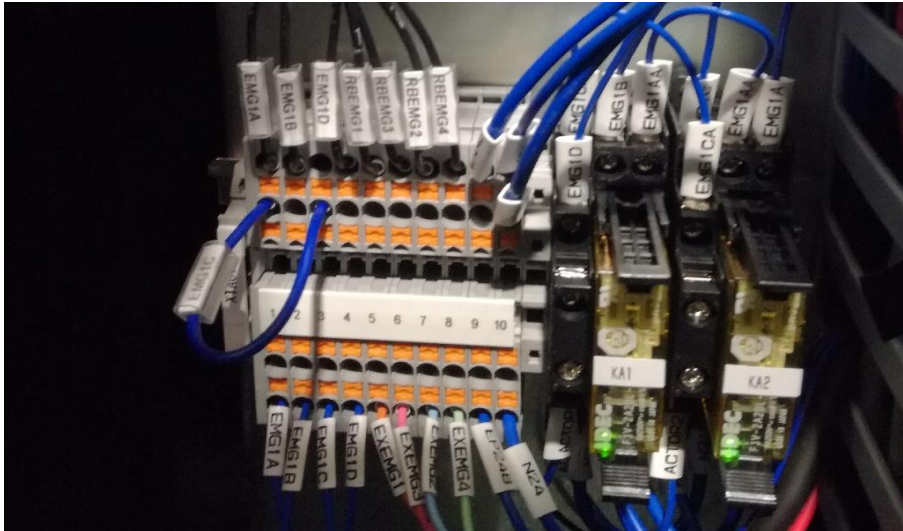


Figura 125. Ligação de segurança robô - CNC

## 6.2. Formação UR

A necessidade de a empresa desenvolver células de robótica colaborativa facilmente parametrizáveis, de modo competitivo, i.e., que não necessitem de programação complexa, motivou a necessidade de aprofundar os conhecimentos nesta área e tornar-se integrador oficial da UR, para obter as melhores vantagens e garantias na área da robótica colaborativa.

Assim sendo, foi-me dada a oportunidade de efetuar esta formação em conjunto com o Eng. Alberto e o Eng. André. A formação foi efetuada no escritório da UR em Barcelona e teve a duração de 40 horas. Esta formação foi dividida em duas partes e conferiu o nível de formação *Core Training* e *Advanced Training*. Durante esta formação foi utilizada como base de treino a programação do robô UR3e, o mais pequeno da gama de robôs UR como mostra a Figura 126.

Esta componente de formação teve como objetivo ampliar o conhecimento e entendimento sobre os robôs da UR e verificar a sua grande variedade de aplicações. Foi possível

aprender uma vasta gama de competências básicas e avançadas de programação do robô, incluindo manipular *scripts*, comunicação industrial e uso da interface.

Com esta formação a empresa garante a possibilidade de maximizar o potencial do uso da robótica colaborativa em aplicações complexas de automação que aumentam a qualidade da produção e aumentam a produtividade com requisitos mínimos de custo e mão-de-obra.

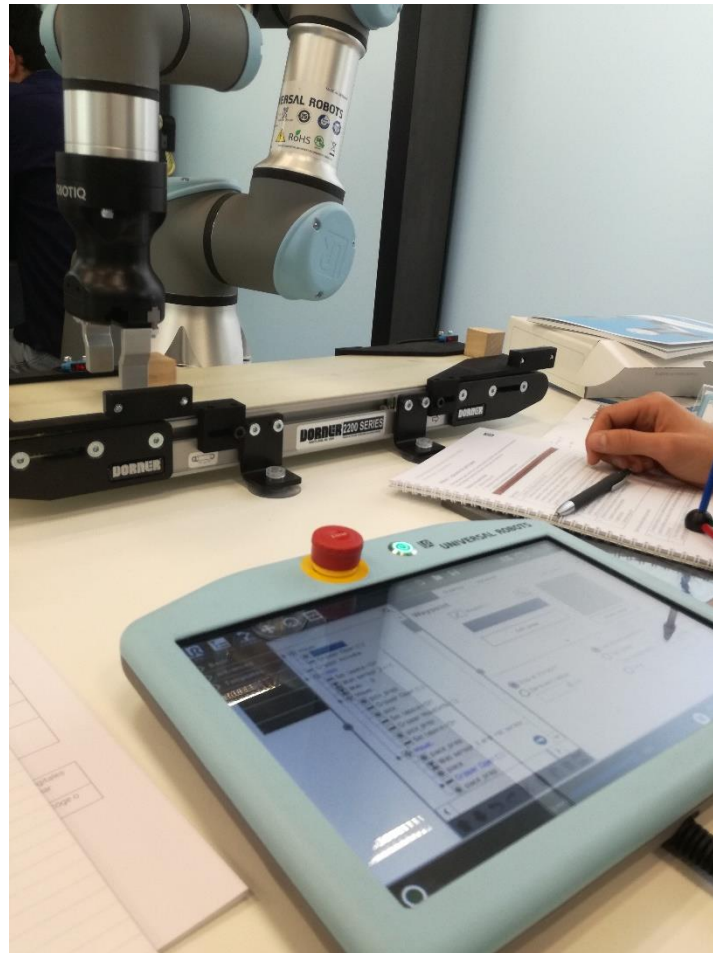


Figura 126. Formação UR



## 7. Conclusão

---

A empresa AGIX | Innovative Engineering encontra-se envolvida numa vasta área de aplicações de desenvolvimento e produção de soluções de automação e robótica industrial, integração de células robóticas e monitorização industrial como indicado no presente relatório.

A oportunidade de realizar estágio curricular na AGIX, foi deveras gratificante, e sem dúvida o primeiro grande contato prático com o mundo laboral e empresarial da área da engenharia industrial, tornando esta experiência verdadeiramente enriquecedora.

Graças á equipa experiente e qualificada nas áreas de design e engenharia industrial, a integração nesta foi de certo modo simplificada, foram-me dados conhecimentos teóricos e práticos que vieram complementar a minha formação académica e adquirir novos conhecimentos que permitiram alargar os horizontes.

A realização do estágio de mestrado permitiu aprofundar os conhecimentos sobre diversos elementos que integram a automação industrial. Em relação a esta, o estágio foi maioritariamente orientado para as montagens de projetos. Iniciar a fase de projeto de automação e robótica e fortificar os conhecimentos na área da monitorização de forma a poder trabalhar de forma autónoma.

Em relação aos projetos que foram realizados pela empresa durante o decorrer do estágio e os quais tive a oportunidade de participar, todos foram de imensa importância e de caráter de conhecimento elevado. Após algumas atividades realizadas com acompanhamento, começaram a ser concebidos trabalhos e desafios em que foi necessário tomar decisões, agir em conformidade e trabalhar em equipa.

Em suma, posso concluir que a diversidade das atividades realizadas permitiram adquirir novos conhecimentos ao longo do período de estágio, o que me leva a indicar que o balanço final deste é bastante positivo. Foi possível aprofundar e colocar em prática os conhecimentos já adquiridos na teoria, permitindo expandir as competências técnicas e práticas. Foi sem dúvida um estágio muito produtivo e gratificante por ter realizado projetos que tem como finalidade na sua aplicação.

A supervisão e acompanhamento por parte dos colaboradores da empresa foi sempre baseada no profissionalismo e ajuda, permitindo que o estágio se revelasse numa

enorme oportunidade e uma mais valia a nível profissional e pessoal. Na empresa é notório o grande espírito de equipa com relações interpessoais baseadas na confiança e respeito pelo outro. Todos estes aspetos indicados conduziram para o sucesso e para que todos os objetivos propostos para o estágio fossem cumpridos com satisfação.



## 8. Referências

---

- [1] “A Indústria 4.0 e a revolução digital.”
- [2] “What is Industry 4.0 and Why is it Important? - Trunovate.” [Online]. Available: <https://trunovate.com/blog/what-is-industry-4-0-and-why-its-important/>. [Accessed: 05-Oct-2019].
- [3] “AGIX | Innovative Engineering.” [Online]. Available: <http://www.agix.pt/>. [Accessed: 28-Sep-2019].
- [4] “EPLAN Electric P8.” [Online]. Available: <https://www.eplan.pt/pt/solucoes/engenharia-electrica/eplan-electric-p8/>. [Accessed: 28-Sep-2019].
- [5] “PHOENIX CONTACT | Produtos.” [Online]. Available: [https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pt?1dmy&urile=wcm%3Apath%3A/ptpt/web/main/products/entry\\_page/entry\\_page](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pt?1dmy&urile=wcm%3Apath%3A/ptpt/web/main/products/entry_page/entry_page). [Accessed: 28-Sep-2019].
- [6] Siemens AG, “S7-1200 Programmable controller S7-1200 Programmable controller Technical specifications Order numbers,” 2014.
- [7] P. Editor, “K50 Pro Indicator,” no. May, pp. 1–6, 2018.
- [8] D. F. S. Ii-r and D. F. S. Ii-r-nd, “DF II Series Digital Force Gauges User Manual,” no. July, pp. 1–84, 2017.
- [9] T. Robot, “IAI Corporation.”
- [10] “RCP6(S)-TA4(C/R) – EPL – Mecatrónica & Robótica.” [Online]. Available: <https://epl-si.com/produto/rcp6-ta4/>. [Accessed: 28-Sep-2019].
- [11] I. A. I. America, “ROBO Cylinder Table Type Instruction Manual Second edition.”
- [12] P. Con, “Power con.”
- [13] “tia-portal.” [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>. [Accessed: 03-Oct-2019].

- [14] “simatic-wincc-tia-portal.” [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/simatic-wincc-tia-portal.html>. [Accessed: 03-Oct-2019].
- [15] “Curso eletrônica digital - Lição 1 - Numeração binária.” [Online]. Available: <http://www.eletronicadigital.com/site/curso-eletronica-digital/7-licaol.html?start=3>. [Accessed: 12-Oct-2019].
- [16] “Introduction to X-SEL PC Software Tutorial - IAI America.” [Online]. Available: <https://www.intelligentactuator.com/x-sel-pc-interface-software-tutorial/>. [Accessed: 12-Oct-2019].
- [17] “6ES7212-1AE40-0XB0 - Suporte da indústria Siemens.” [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/72709?pdti=pi&dl=en&lc=en-WW>. [Accessed: 12-Oct-2019].
- [18] “Specifications are subject to change without notice CTD-1X DS ENG 100311.”
- [19] “EM330 3-phase energy analyser with 5A CT connection - Electrical Engineering.” [Online]. Available: <http://www.connectingindustry.com/electricalengineering/em330-3-phase-energy-analyser-with-5a-ct-connection.aspx>. [Accessed: 12-Oct-2019].
- [20] “TME - Componentes eletrônicos.” [Online]. Available: <https://www.tme.eu/pt/details/e40s6-50-3-t-24/codificadores/autonics/>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [21] “E60137 - roda de medição - ifm electronic.” [Online]. Available: <https://www.ifm.com/pt/pt/product/E60137>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [22] “O que é Hot Stamping? – Clube do Corel.” [Online]. Available: <http://clubedocorel.com/o-que-e-hot-stamping/>. [Accessed: 19-Oct-2019].