



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Gabriel Freitas

Estágio na Tagus Valley S.A.
Departamento LINE.IPT - Laboratório de
Inovação Industrial e Empresarial

Dissertação de Relatório de Estágio

Orientado por:

Professor Doutor Manuel Fernando Martins de Barros

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

Aos meus Pais, Irmã e Namorada

RESUMO

No âmbito da unidade curricular de Projeto do 2º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial, foi realizado um estágio curricular, com a duração de 1458 horas, aproximadamente 9 meses.

O estágio foi realizado no parque tecnológico do Vale do Tejo, TAGUSVALLEY - Abrantes, no departamento do LINE.IPT – Laboratório de Inovação Industrial e Empresarial. Este laboratório de inovação é inteiramente direcionado para as empresas, com o objetivo de desenvolver novos produtos, tecnologias e/ou melhoria/reconversão de produtos ou processos já existentes, diretamente aplicáveis na indústria.

O presente relatório tem como objetivo fundamental a descrição de todo o trabalho desenvolvido, durante o período de estágio, assim como uma exposição sucinta de todos os projetos em desenvolvimento. Estes enquadram-se em diferentes áreas da eletrónica tais como, programação de microcontroladores e microprocessadores, desenvolvimento de eletrónica e automação industrial.

Devido à complexidade de alguns projetos, foi necessário um período de pesquisa intensiva, adaptação e aquisição de conhecimentos, com vista a fundamentar a investigação de possíveis estratégias e soluções adequadas, postas à prova, num ciclo constante de melhoria. Esta metodologia de projeto, o trabalho em equipa, assim como o contacto com um vasto conjunto de projetos de I&D aplicados nas empresas foi uma experiência enriquecedora que contribuiu fortemente para uma maior aproximação e integração ao mundo do trabalho.

Palavras-chave: Projetos de I&D, Automação Industrial, Microcontroladores, Monitorização, Máquinas de Soldar, Desidratador.

ABSTRACT

Within the scope of the 2nd year Project course of the Master in Electrotechnical Engineering - Specialization in Control and Industrial Electronics, a curricular internship was held, lasting 1458 hours, approximately 9 months.

The internship was held in the technology park of Vale do Tejo, TAGUSVALLEY - Abrantes, in the department of LINE.IPT a laboratory of industrial and business innovation. This innovation laboratory is entirely aimed at companies, aiming to develop new products, technologies and/or improvement/reconversion of existing products or processes directly applicable in the industry.

This report has as main objective the description of all the work developed, during the internship period, as well as a succinct exposition of all the projects under development. These fall into different areas of electronics such as programming microcontrollers and microprocessors, electronics development and industrial automation.

Due to the complexity of some projects, a period of intensive research, adaptation and acquisition of knowledge was necessary, to support the investigation of possible strategies and adequate solutions, not yet tested, in a constant cycle of improvement.

This project methodology, teamwork, as well as the contact with a wide range of R&D projects applied in companies was an enriching experience that contributed strongly to a closer approximation and integration into the world of work.

Keywords: R&D Projects; Industrial Automation, Microcontrollers, Monitoring, Soldering Machines, Dehydrator.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a toda a minha família, namorada e amigos que sempre me apoiaram e ajudaram.

Ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Barros pelo apoio, disponibilidade e encorajamento prestado ao longo deste estágio.

Ao Professor Mestre Pedro Granchinho agradeço pelo convite e pela confiança depositada em mim ao dar-me esta oportunidade de experiência de trabalho e aprendizagem.

À empresa TAGUSVALLEY S.A., nomeadamente ao departamento LINE.IPT pelo acolhimento, oportunidade e experiências proporcionadas.

Aos colegas Hugo Magalhães, David Ferreira, Miguel Pereira e Bruno Silva pelo companheirismo, simpatia e apoio prestado ao longo deste desafio.

A todos vós um muito Obrigado.

Índice

RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
AGRADECIMENTOS	XI
Índice	XIII
Índice de Figuras	XVII
Índice de Tabelas	XXI
Lista de Abreviaturas/ Siglas	XXIII
Lista de Unidades	XXV
1 Introdução	1
1.1 Organização do documento	2
2 Empresa/Instituição Acolhedora.....	3
2.1 TAGUSVALLEY	3
2.2 O LINE.IPT	4
2.3 Gestão de projetos	8
2.4 Certificações	8
3 Projeto – Desidratador Industrial.....	9
3.1 Objetivo do Projeto.....	9
3.2 Análise do Desidratador	10
3.3 Desenvolvimento do Sistema de Controlo	11
3.3.1 Seleção de Sensores.....	11
3.3.2 Circuito elétrico e Programação	14
3.4 Ensaio inicial	15
3.5 Ensaio secundário	18
3.6 Desenvolvimento da PCB.....	21
3.7 Versão alternativa de controlo	22
4 Projeto – Code Weld	27
4.1 Objetivo do Projeto.....	27

4.1	Procedimentos Iniciais	28
4.2	Programação.....	31
4.2.1	Atmega 328p	31
4.2.2	PIC 32MX250F128B	32
4.2.3	Raspberry Pi 3 Model B	33
4.3	Circuitos Iniciais	33
4.3.1	Placa de aquisição	34
4.3.2	Placa do PIC	34
4.3.3	Placa Raspberry	34
4.3.4	UPS.....	34
4.4	Instalação e ensaio dos protótipos	35
4.4.1	“Cristo” Miller.....	36
4.4.2	Semiautomática Kemppi	37
4.4.3	Análise às máquinas de soldar	38
4.5	Circuitos Finais	39
4.5.1	Miller.....	40
4.5.2	Kemppi	42
4.5.3	Esab	42
4.5.4	Electro-Portugal	44
4.6	Programação Final.....	44
4.6.1	O dsPIC 33EV256GM002	44
4.6.2	Raspberry Pi	46
4.6.3	u24LCD.....	47
4.7	Replicação e Instalação dos dispositivos	50
5	Processo de produção PCB’s.....	53
5.1	Photoplotter	53
5.2	Fresadora CNC	55
5.3	Metalização	56
5.4	Lavagem de placas	58
5.5	Máscara	58
5.6	Revelação	59
5.7	Soldermask.....	61

5.8	Estanhagem.....	62
6	Outros Projetos	63
6.1	Máquina de corte de queijos.....	63
6.2	WALC	68
6.3	Centimfe	72
6.4	Aquatropolis	74
7	Conclusão	81
	Referências	83
	Anexos.....	85
	Anexo 1 - Desidratador Industrial	85
	Anexo 2 - dsPIC 33EV: Características básicas.....	89
	Anexo 3 - Raspberry Pi: Características básicas	91
	Anexo 4 - Excerto código em Python 3.....	93
	Anexo 5 - Sistema de visão da Halcon 13	95

Índice de Figuras

Figura 1 - TAGUSVALLEY	3
Figura 2 - Localização do LINE.IPT	5
Figura 3 - Máquina de corte laser	6
Figura 4 - Quinadora	6
Figura 5 - Torno CNC	7
Figura 6 - Impressora 3D.....	7
Figura 7 - Laboratório LINE.IPT	7
Figura 8 - Desidratador.....	9
Figura 9 - Circuito elétrico do Desidratador.....	10
Figura 10 - Esquema do circuito elétrico do Desidratador.....	11
Figura 11 - Sensor SHT15	12
Figura 12 - Esquema de ligação do sensor SHT15.....	12
Figura 13 - Sensor FS5 fluxo de ar.....	13
Figura 14 - Esquema de ligação do sensor FS5 (<i>datasheet</i>).....	13
Figura 15 - Layout do interface mikroC Pro	15
Figura 16 - Esquema do circuito.....	16
Figura 17 - Placa para o sensor SHT15	16
Figura 18 - Filtro <i>snubber</i> aplicado aos terminais do contactor	18
Figura 19 - Sensor do fluxo ar	18
Figura 20 - Fluxograma do processo de desidratação	19
Figura 21 - Módulo wireless de monitorização	20
Figura 22 - Placa final	21
Figura 23 - SmartGLCD 240x128.....	21
Figura 24 - Potência fornecida à carga variando o ângulo de disparo do dimmer	23
Figura 25 - Placa dimmer desenvolvida numa cadeira do Mestrado.....	23
Figura 26 - Circuito dimmer.....	24
Figura 27 - Versão final do controlador	25
Figura 28 - Viera Alves Metalomecânica.....	27
Figura 29 - Estrutura do projeto Code Weld	28

Figura 30 - "Cristo" do fabricante Miller	29
Figura 31 - "Cristo" do fabricante Esab	29
Figura 32 - Dupla “cabeça” das máquinas de soldar do tipo “Cristo”	30
Figura 33 - Semiautomática do fabricante Kemppi	30
Figura 34 - Semiautomática do fabricante Electro-Portugal	30
Figura 35 - Fluxograma da leitura RFID	32
Figura 36 - Esquema do circuito UPS	35
Figura 37 - Protótipo Code Weld	35
Figura 38 - Protótipo instalado na Miller	37
Figura 39 - Protótipo instalado na <i>Kemppi</i>	38
Figura 40 - Shunt de corrente da máquina Esab.....	39
Figura 41 - Teste dos circuitos para os novos métodos de monitorização	40
Figura 42 - Circuito final do “Cristo” Miller	41
Figura 43 - Circuito final da semiautomática Kemppi.....	42
Figura 44 - Circuito final do “Cristo” Esab.....	43
Figura 45 - Circuito final da semiautomática Electro-Portugal	44
Figura 46 - Fluxograma do dsPIC	45
Figura 47 - Fluxograma do Raspberry Pi	46
Figura 48 - Arranque do protótipo	47
Figura 49 - Menu inicial.....	48
Figura 50 - Seleção de menus	48
Figura 51 - Menu RFID.....	48
Figura 52 - Seleção da peça.....	49
Figura 53 - Seleção da tarefa.....	49
Figura 54 - Tempo da tarefa referente à peça selecionada	49
Figura 55 - Menu Running	50
Figura 56 - Encerramento do protótipo	50
Figura 57 - Protótipo Code Weld versão final	51
Figura 58 - Planta da fábrica VAM.....	51
Figura 59 - Miller	52
Figura 60 - Esab	52
Figura 61 - Kemppi	52

Figura 62 - Electro-Portugal	52
Figura 63 - Photoplotter.....	54
Figura 64 - Tanques de revelação dos fotolitos (câmara escura)	54
Figura 65 - Fotolito do circuito (em negativo)	55
Figura 66 - Fotolito dos PADS para a soldermask.....	55
Figura 67 - CNC de PCB's	55
Figura 68 - PCB perfurada (esquerda) e circuito fresado (direita)	56
Figura 69 - Máquina de Metalização	56
Figura 70 - Máquina de limpeza das PCB's com rolos abrasivos.....	58
Figura 71 - Laminadora com películas circuito (esquerda) e soldermask (direita)	59
Figura 72 - Insuladora	59
Figura 73 - Tanques de revelação e limpeza de PCB's.....	60
Figura 74 - Máquina de remoção do cobre (perclorato de ferro)	60
Figura 75 - PCB final	61
Figura 76 - Forno de SMD's	61
Figura 77 - PCB final com soldermask	62
Figura 78 - Máquina de estanhagem das PCB's	62
Figura 79 - Máquina de corte de queijos versão inicial.....	63
Figura 80 - Máquina de corte de queijos	65
Figura 81 - Máquina queijo	66
Figura 82 - Máquina de corte de queijo plataforma elevatória.....	67
Figura 83 - HMI da máquina de corte de queijo.....	67
Figura 84 - Primeira página do documento apresentado à empresa Amitrónica.....	69
Figura 85 - BeagleBone Black.....	70
Figura 86 - Demos da Texas Instruments.....	71
Figura 87 - Placa de desenvolvimento ARTIK 710	71
Figura 88 - Estrutura do projeto Centimfe.....	72
Figura 89 - Sonda de Corrente YHDC	73
Figura 90 - Display OLED 0.96"	73
Figura 91 - Robô anfíbio	77
Figura 92 - Peixe Robô.....	78
Figura 93 - Exemplo de um cenário possível	78

Figura 94 - Layout do interface Halcon 13	79
Figura 95 - Imagem original.....	80
Figura 96 - Imagem processada	80
Figura 97 - Pinout do microcontrolador dsPIC33EV256GM002	89
Figura 98 - Diagrama de blocos do microcontrolador dsPIC33EV	90
Figura 99 - Raspberry Pi 3 Model B	91
Figura 100 - Pinos GPIO do Raspberry Pi 3	92
Figura 101 - Logotipo do software Halcon 13	95
Figura 102 - Interface do Halcon 13 na calibração das imagens.....	96
Figura 103 - Placa para a calibração das câmaras/software	96
Figura 104 - Identificação de objetos (exemplo1)	97
Figura 105 - Captação com 4 câmaras	98
Figura 106 - Nuvem de pontos.....	98
Figura 107 - Identificação dos objetos	99

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Características do Sensor SHT15	12
Tabela 2 - Características do Sensor Fluxo de Ar FS5	13
Tabela 3 - Método de monitorização	39
Tabela 4 - Fases do processo de metalização	57
Tabela 5 - As Fases do Projeto WALC	68

Lista de Abreviaturas/ Siglas

AC - Alternating Current
ADC - Analog to Digital Converter
AP - Access Point
ARM - Advanced RISC Machine
CNC - Computer Numeric Control
DC - Direct Current
GPIO - General Purpose Input/Output
HDMI - High-Definition Multimedia Interface
HMI - Human Machine Interface
I/O - Input/Output
I2C - Inter-Integrated Circuit
IoT- Internet of Things
LCD - Liquid Crystal Display
OLED - Organic Light Emitting Diode
PCB - Printed Circuit Board
PWM - Pulse Width Modulation
RFID - Radio Frequency IDentification
RMS - Root Mean Square
ROV - Remotely operated underwater vehicle
SMD - Surface-Mount Device
SOC - System On Chip
SPI - Serial Peripheral Interface
TI - Transformador de Intensidade
UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UBC - Unidade de Controlo de Biomassa
UMA - Unidade de Monitorização Ambiental
UPS - Uninterruptible Power Supply
USB - Universal Serial Bus
UV - Ultra Violet
XBee - Módulo de comunicação wireless do fabricante Digi

Lista de Unidades

°C – grau Celsius

A – Ampere

Hz – Hertz

k – Quilo

mA – miliampere

mm – milímetro

V – Volt

W – Watt

1 Introdução

O presente relatório tem como objetivo apresentar o trabalho desenvolvido pelo aluno Gabriel Freitas durante o estágio curricular no departamento LINE.IPT - Laboratório de Inovação Industrial e Empresarial, gerido pelo TAGUSVALLEY – Tecnopolo do Vale do Tejo em Abrantes, no período 10 de Outubro a 07 de Julho de 2017.

O LINE.IPT surge da parceria entre o Instituto Politécnico de Tomar, a Câmara Municipal de Abrantes, a TAGUSVALLEY e a Nersant, como catalisador da inovação e desenvolvimento tecnológico da região, promovendo a competitividade no tecido empresarial. Sendo um centro de investigação inteiramente direcionado para as empresas, o objetivo do LINE.IPT é desenvolver novos produtos, tecnologias e processos e/ou melhoria/reconversão de produtos ou processos já existentes, diretamente aplicáveis na indústria.

Os trabalhos desenvolvidos durante o estágio incidiram maioritariamente nas áreas de programação de microcontroladores e microprocessadores, desenvolvimento de eletrónica e automação industrial.

Além de todo o processo de investigação adjacente a este trabalho, foram desenvolvidos, testados e implementados a grande maioria dos protótipos e circuitos criados neste departamento.

As minhas principais funções/tarefas foram: desenvolver programas para microcontroladores e microprocessadores enquadrados nos diversos projetos desenvolvidos ao longo do estágio; criar circuitos eletrónicos de forma a assegurar o bom funcionamento dos vários projetos; apoiar o processo de programação e de calibração dos dispositivos referentes à automação da máquina de queijos; produção de placas de circuito impresso; e por fim, elaboração do documento técnico destinado à apresentação do estudo efetuado sobre as tecnologias de comunicação sem fios existentes no mercado.

Segue-se uma lista dos trabalhos que contaram com a minha participação ordenado pela ordem de maior tempo de intervenção: Projeto “Code Weld”, Projeto “Desidratador Industrial”, Projeto “WALC, e ainda alguns dos projetos onde colaborei na forma de prestação de serviços: Projeto “Máquina corte de queijo”.

O meu trabalho mais relevante durante o estágio foi o Projeto “Code Weld” por ser o mais complexo e onde mais aprendi a nível de eletrónica e programação. Mas de certa forma, todos os trabalhos efetuados contribuíram para o meu crescimento profissional.

1.1 Organização do documento

Em termos de organização, o presente relatório começa por fazer no Capítulo 2 uma pequena descrição da instituição de acolhimento e nos capítulos seguintes apresenta o trabalho desenvolvido dividindo-o nos vários projetos constituintes, ou seja, cada capítulo descreve o meu envolvimento num determinado projeto ou atividade, nomeadamente, o Capítulo 3 é dedicado ao projeto do “Desidratador Industrial”; o Capítulo 4 ao “Projeto Code Weld” e o Capítulo 5 ao projeto “Processo de produção de PCB’s”.

Por fim, será apresentado um último capítulo onde estão descritas as várias intervenções realizadas noutros projetos.

Como algumas das informações contidas neste relatório dizem respeito a projetos ainda em curso ou em início de desenvolvimento, as mesmas são consideradas confidenciais, não podendo ser divulgadas na totalidade.

De referir que, em virtude de os projetos serem bastante abrangentes em termos de áreas de especialidade estes não são unicamente fruto do trabalho do autor do relatório, sendo desenvolvidos em conjunto por equipas multidisciplinares de acordo com as funções de cada uma.

2 Empresa/Instituição Acolhedora

2.1 TAGUSVALLEY

O TAGUSVALLEY - Tecnopolo do Vale do Tejo é um Parque de Ciência e Tecnologia, localiza-se nas antigas instalações da União Fabril do Azoto da CUF, em Alferrarede, no concelho de Abrantes, desde 7 de novembro de 2003. A sua gestão cabe ao município do mesmo, desde 7 de dezembro de 2004.

Este Parque resulta da aposta da Câmara Municipal de Abrantes (em 2000) em estimular o empreendedorismo e a competitividade na Região, tendo por base a Inovação e a Tecnologia, visando principalmente os sectores das Tecnologias da Informação e Comunicação, Energia, Metalomecânica e Agroalimentar. Teve como parceiros fundamentais para o arranque deste projeto, de promoção do Vale do Tejo, a Associação Empresarial da Região de Santarém (NERSANT) e o Instituto Politécnico de Tomar (IPT); conta também com o Instituto Politécnico de Santarém (IPS) e a Tejo Energia, como seus associados [1]. A Figura 1, mostra o edifício central do TAGUSVALLEY.



Figura 1 - TAGUSVALLEY

O TAGUSVALLEY divide-se em três departamentos. O INOV'POINT que visa apoiar os empreendedores no processo de desenvolvimento das suas ideias de negócio, disponibilizando meios e apoios que lhes permitam criar as suas empresas, através de um espaço incubador [2].

O INOV'LINEA, um Centro de Transferência de Tecnologia Alimentar que consiste numa estrutura de apoio à inovação, focado na aplicação de novas tecnologias, desenvolvimento de novos produtos e técnicas inovadoras no processamento e conservação de alimentos [3].

E por fim, o LINE.IPT – Laboratório de Inovação Industrial e Empresarial, que surge da parceria entre o Instituto Politécnico de Tomar, a Câmara Municipal de Abrantes, a TAGUSVALLEY e a Nersant.

Sendo um centro de investigação inteiramente direcionado para as empresas, o seu objetivo é desenvolver novos produtos, tecnologias e/ou melhoria/reconversão de produtos ou processos já existentes, diretamente aplicáveis na indústria. Assume-se como catalisador da inovação e desenvolvimento tecnológico, promovendo a competitividade e nível de formação e especialização dos quadros técnicos das empresas [4]. Procura fomentar:

- O desenvolvimento de competências nas áreas das Engenharias e Desenvolvimento de Produtos;
- A criação de empresas de base tecnológica;
- A promoção de redes de cooperação científica e tecnológica entre empresas e instituições de I&DT regionais, nacionais e internacionais;
- A incorporação de tecnologia e inovação pelas empresas.

2.2 O LINE.IPT

O LINE.IPT é composto por uma equipa multidisciplinar de 5 elementos, divididos por duas áreas de atuação, nomeadamente a eletrotecnia e a mecânica. O foco assenta sobretudo na investigação aplicada, procurando suprimir as necessidades e interesses das empresas e resolver problemas específicos. O LINE.IPT sendo um departamento do TAGUSVALLEY encontra-se situado no Parque Tecnológico do Vale do Tejo em Alferrarede/Abrantes (Figura 2).

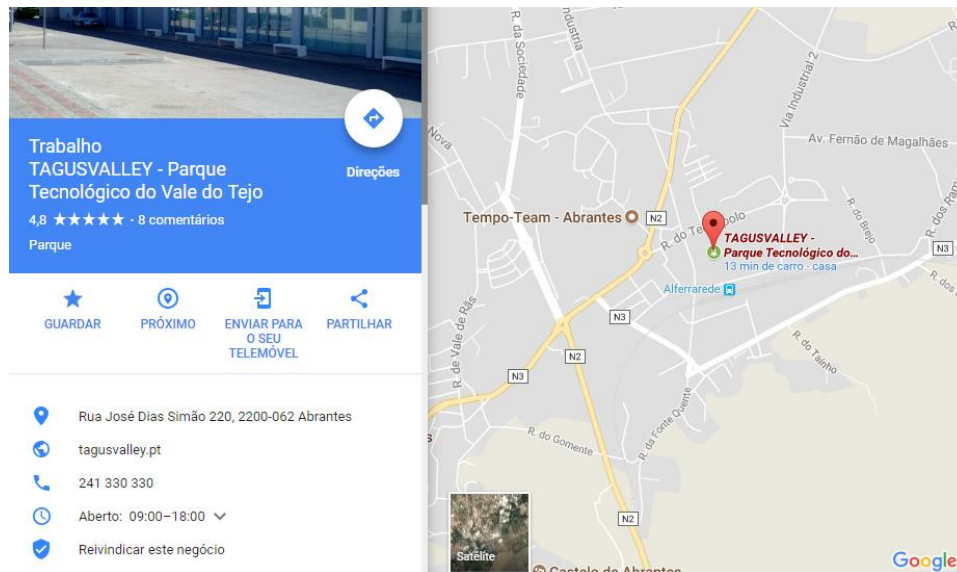


Figura 2 - Localização do LINE.IPT

As vertentes de atuação abrangem respetivamente as áreas de Desenvolvimento, na medida em que se procura desenvolver novos produtos e tecnologias nas áreas de Engenharia eletrotécnica e Engenharia mecânica; na componente de engenharia eletrotécnica desenvolvem-se sistemas de aquisição de dados em tempo real com comunicação de dados wireless e camada de apresentação em plataforma WEB (parceria SingleCode) para ambientes industriais. Sendo que, nestes sistemas a componente de sensorização, e aquisição de sinais é bastante forte, bem como a utilização de microprocessadores com sistemas operativos Linux.

Outra vertente de atuação diz respeito à soldadura, metalomecânica e monitorização de energia, os mais presentes para a utilização destes sistemas. Permitem resolver problemas de controlo de qualidade, rastreabilidade de produção, gestão de produção, otimização do processo produtivo entre outros.

Para além dos sistemas de aquisição de dados desenvolvem-se também projetos nas áreas de comunicação wireless (Wi-Fi, Bluetooth, etc.) com a criação de plataformas para as mais diversas aplicações (consolas, AP's, entre outros), automação industrial com o desenvolvimento de arquiteturas e sistemas de automação para máquinas industriais, visão artificial em que se desenvolvem *setups* de camaras 2D, 3D e iluminação *laser* bem como o desenvolvimento de algoritmos de visão com a plataforma Halcon da MvTech, robótica (ROV's), entre outros.

Na componente de Engenharia mecânica é frequente o desenvolvimento de estruturas mecânicas, máquinas industriais, modelação 3D, otimização de processos, mecanismos e peças para implementação nas mais diversas aplicações.

Na componente de Prestação de serviços, o objetivo é disponibilizar serviços personalizados às empresas, através da utilização de máquinas CNC em várias tarefas como por exemplo, corte de laser com a máquina Adira LE 1530 (Figura 3) que permite o corte de chapas de aço, inox e alumínio com as dimensões máximas de 3000mm por 1500mm; quinagem (Figura 4); maquinação/torno de 5 eixos e ferramenta motorizada (Figura 5); serigrafia; impressão 3D (Figura 6) e desenvolvimento de placas de circuito impresso. A Figura 7 dá-nos uma visão geral das instalações do LINE.IPT onde são desenvolvidos e projetados todos os projetos.



Figura 3 - Máquina de corte laser



Figura 4 - Quinadora

A parceria entre a TAGUSVALLEY e o Instituto Politécnico de Tomar garante um constante apoio de base científica e tecnológica através dos docentes das mais diversas áreas proporcionando assim uma melhor capacidade para a resolução de problemas e desenvolvimento científico e tecnológico.



Figura 5 - Torno CNC



Figura 6 - Impressora 3D

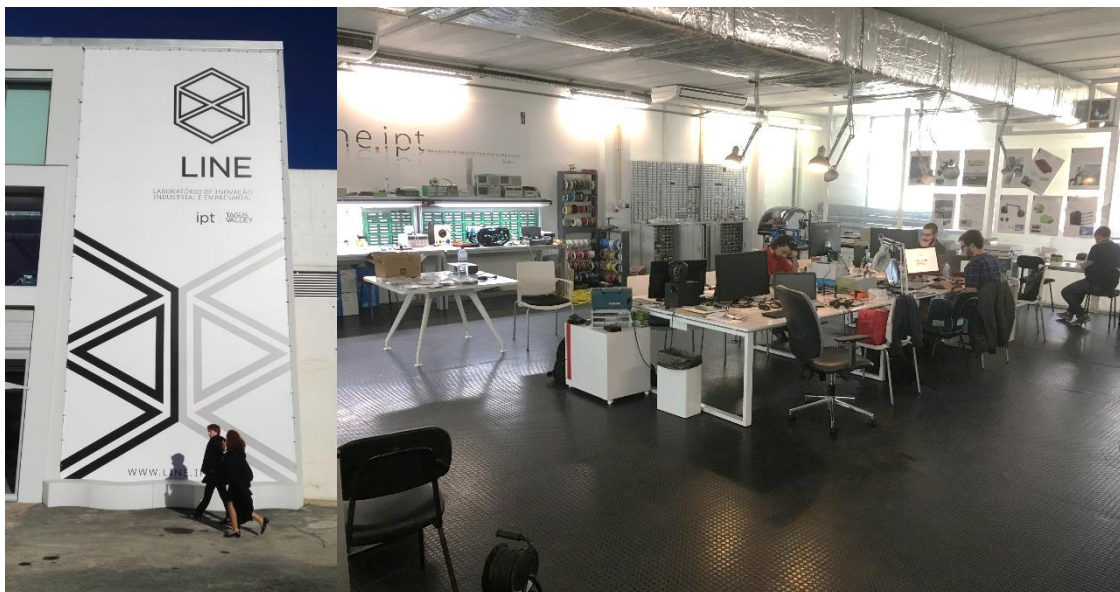


Figura 7 - Laboratório LINE.IPT

A Figura 7 ilustra o laboratório do LINE.IPT local onde são desenvolvidos todos os projetos.

2.3 Gestão de projetos

Até ao momento o LINE.IPT não utiliza uma ferramenta específica para a gestão dos vários projetos no qual está inserido. Contudo, está em progresso uma análise de vários métodos e sistemas de gestão de projetos afim de encontrar o que melhor se adequa às necessidades da empresa. Assim sendo, para colmatar esta lacuna, são realizadas reuniões semanais com a equipa de projetistas do departamento, onde se analisa a evolução dos projetos em curso, de forma a ajustar os prazos, gerir os recursos para os mesmos e, dessa maneira conseguir atingir os objetivos propostos.

Ao nível da contabilidade sistema financeiro é usado o método BSC - Balance Score Card, que permite estimar os orçamentos e avaliar a evolução dos mesmos, lucros, prejuízos, metas, número de propostas apresentadas, adjudicadas, não adjudicadas, etc.

2.4 Certificações

A TAGUSVALLEY possui as seguintes certificações, ordenadas por ordem cronológica, da mais antiga para a mais recente:

- 2011 – EU BIC Business Innovation Center (EBN);
- 2015 – Vales de Inovação
- 2015 – Vales de Empreendedorismo;
- 2015 – Vales I&D
- 2016 – Vales de Incubação
- 2017 – Vales de Indústria 4.0

Ser detentor destas certificações constitui uma mais valia pois, desta forma as empresas poderão ter acesso a uma participação nos projetos que pretendem desenvolver, mediante candidatura prévia. Desta forma, a TAGUSVALLEY, mais concretamente o LINE.IPT, beneficiaram de um aumento de clientes/projetos.

Além das certificações enunciadas anteriormente, a TAGUSVALLEY assegura também a Presidência TECPARQUES; a Comissão Executiva RIERC (Rede de Incubadoras da Região Centro) e o Conselho Fiscal BIC'S (Rede Nacional do Business Innovation Center).

3 Projeto – Desidratador Industrial

Neste capítulo é apresentado o projeto de um desumidificador industrial. Este projeto teve como objetivo implementar um circuito de controlo para um desumidificador industrial, utilizado pela INOV'LINEA, um departamento TAGUSVALLEY. Este desidratador serve para desidratar frutas e legumes. O grande objetivo foi desenvolver um sistema para o controlo de temperatura e humidade a ser implementado num desumidificador já existente.

3.1 Objetivo do Projeto

O projeto consistiu em criar um sistema de controlo, que comanda um desidratador industrial já existente, conforme é ilustrado na Figura 8. Esse desidratador foi disponibilizado ao INOV'LINEA por uma outra empresa, contudo o equipamento não possuía, inicialmente, o controlo de todos os parâmetros necessários. Com este equipamento pretende-se desidratar frutas e legumes de modo a testar novos produtos e aperfeiçoar o processo (e provavelmente economizar no mesmo). Os parâmetros requisitados para efetuar o controlo foram a temperatura, humidade e fluxo de ar.



Figura 8 - Desidratador

3.2 Análise do Desidratador

O desidratador foi cedido ao INOV'LINEA, e como tal o primeiro passo consistiu na análise do circuito elétrico do mesmo (Figura 9). O circuito encontra-se operacional e os equipamentos que foram identificados são dois contactores, uma resistência de aquecimento de 2000 W, um variador de velocidade, um motor trifásico, um relógio da OMRON, um controlador de temperatura, um termopar como sensor de temperatura, três lâmpadas como sinalizadores e um potenciômetro, para além das proteções através de fusíveis e disjuntor.

O controlador de temperatura utiliza um controlo ON/OFF cujo a temperatura é dada pelo termopar. Este está ligado ao contactor que alimenta a resistência de aquecimento.

Através de um potenciômetro, que esta ligado ao variador de velocidade, é possível regular o motor e, por sua vez, o fluxo de ar no desidratador. O motor trifásico também se encontra ligado a um contactor. Ambos os circuitos, contactor da temperatura e do motor, encontram-se conexos a um relógio onde é possível definir o tempo da operação na escala de horas. O circuito representado na Figura 9 segue o esquema da Figura 10.

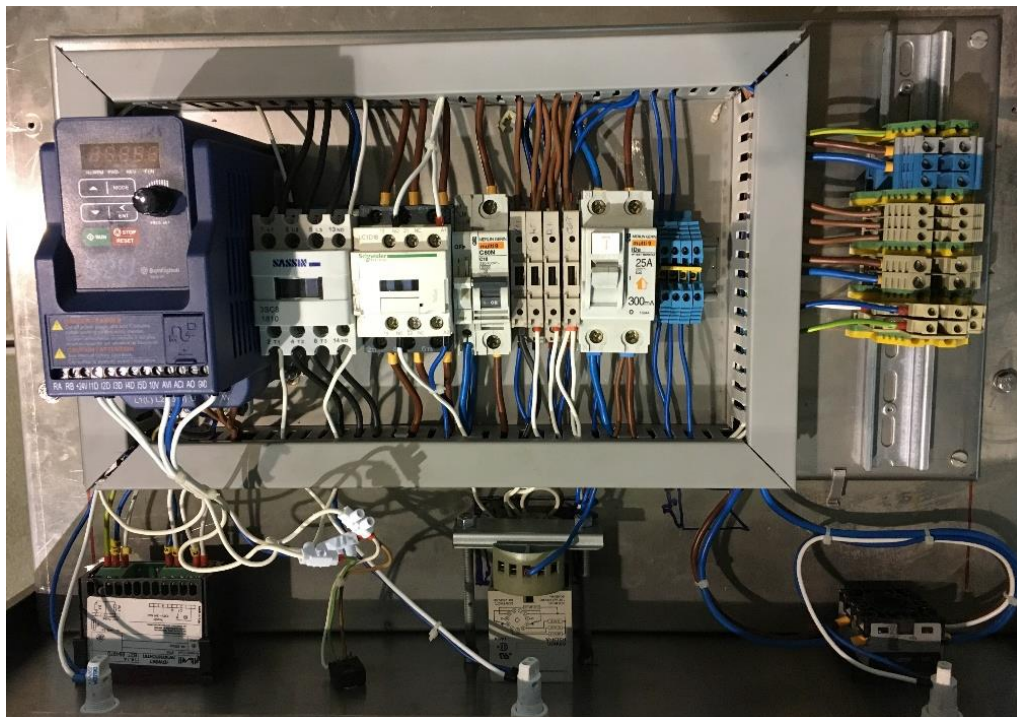


Figura 9 - Circuito elétrico do Desidratador

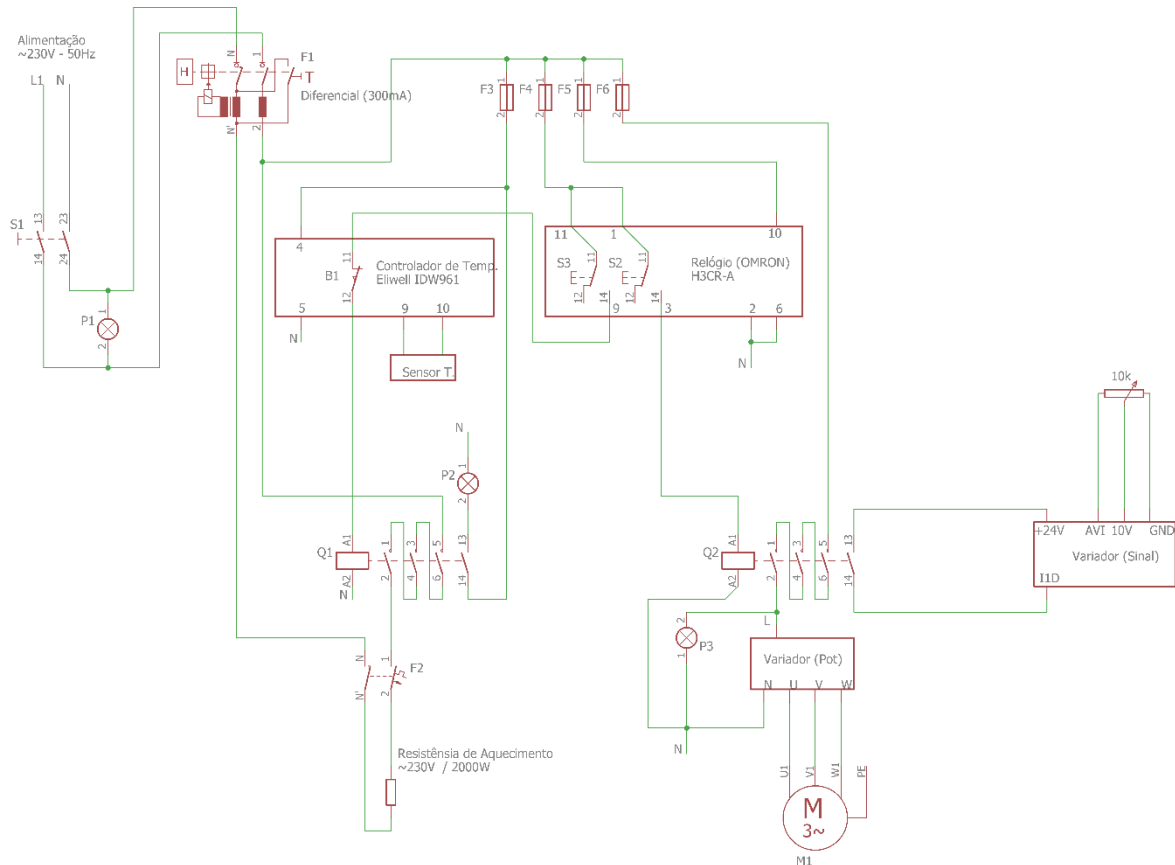


Figura 10 - Esquema do circuito elétrico do Desidratador

3.3 Desenvolvimento do Sistema de Controlo

3.3.1 Seleção de Sensores

A primeira etapa no desenvolvimento do sistema de controlo consistiu na seleção dos sensores para medição dos parâmetros requisitados: temperatura, humidade e fluxo de ar.

Uma vez que este projeto não teve qualquer financiamento, visto ter sido solicitado por um dos departamentos da TAGUSVALLEY, um dos critérios usados para seleção destes componentes foi a relação preço/qualidade, optando sempre por materiais mais acessíveis. Contudo, preferencialmente deveriam ser utilizados os recursos já existentes. Os sensores escolhidos foram o SHT15 (Figura 11) que integra a medição da temperatura e da humidade relativa, e o sensor FS5 (Figura 13) que mede o fluxo de ar.

Características do sensor SHT15:

Tabela 1 - Características do Sensor SHT15

Tensão de alimentação	2,4 ... 5,5 V
Gama de Medição	- 40 ... + 123.8 °C
Comunicação	2 fios, Data e Clock (semelhante a I ² C)

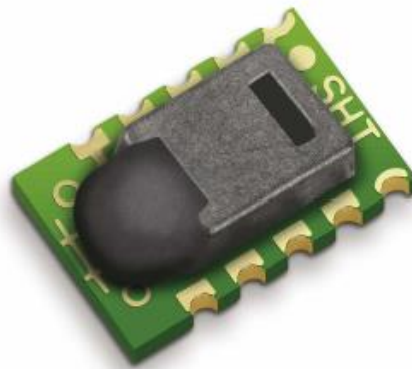


Figura 11 - Sensor SHT15

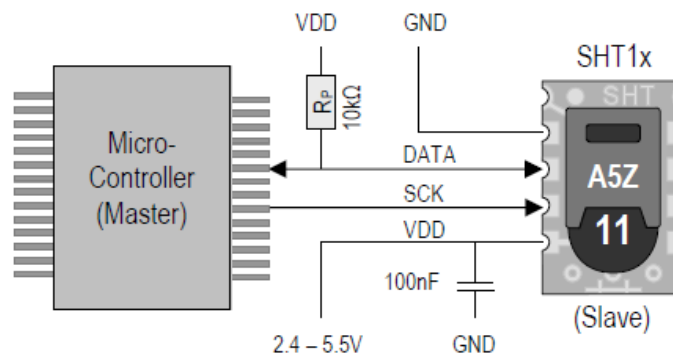


Figura 12 - Esquema de ligação do sensor SHT15

O sensor utiliza um protocolo de comunicação próprio. Porém, pode ser ligado ao bus do I²C, embora não seja possível utilizar o mesmo método de endereçamento. Este não provoca interferências com outros dispositivos ligados ao mesmo bus, mas obriga ao microcontrolador a alterar entre os protocolos de comunicação sempre que queira ler/escrever dados nos dispositivos ligados a esse bus. A Figura 12 representa o esquema de ligação do sensor ao microcontrolador [5].

Características do sensor FS5:

Tabela 2 - Características do Sensor Fluxo de Ar FS5

Princípio de medição	Dissipação térmica
Gama de medição	0 ... 100 m/s
Sensibilidade	0,01 m/s
Gama de temperatura de operação	-20 ... +150 °C



Figura 13 - Sensor FS5 fluxo de ar

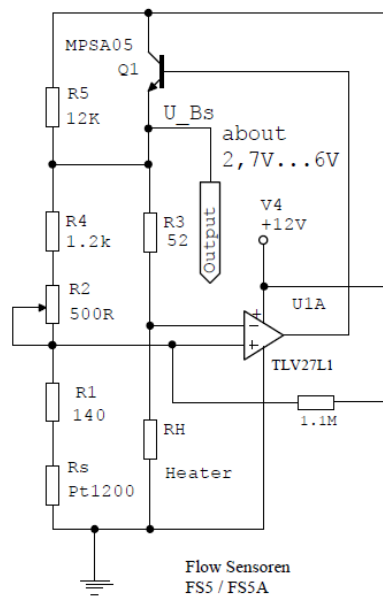


Figura 14 - Esquema de ligação do sensor FS5 (*datasheet*)

Neste sensor irá medir-se a tensão de output do circuito que varia com a incidência do fluxo de ar. Uma vantagem deste sensor, para além do seu custo, é não possuir quaisquer peças móveis e ter uma dimensão bastante reduzida. Uma desvantagem deste sensor, e respetivo circuito (Figura 14), é necessitar de uma calibração prévia [6]. Ou seja, projetar um fluxo de ar sobre o sensor à velocidade conhecida e medir a tensão de output.

Este procedimento deve efetuar-se repetidamente até que a velocidade máxima atingida seja a que se pretender medir (quanto mais medições forem realizadas melhor). Depois disto, será possível traçar um gráfico e com esses dados extrapolar uma equação matemática, pois o sensor não é linear. Esta desvantagem foi descoberta numa fase mais avançada do projeto, contudo não teve qualquer impacto no desenvolvimento do mesmo, devido ao facto de os dados da medição serem trabalhos numa escala analógica, ‘0’ – ‘1023’ (ADC 10 bits).

3.3.2 Circuito elétrico e Programação

Inicialmente o circuito foi desenvolvido numa *breadboard* de modo a ser possível implementar alterações sempre que se justificasse, com vista a aperfeiçoar o mesmo. Começou-se por implementar o circuito referente ao microcontrolador, aos sensores, e um display LCD 20x04 (20 caracteres por 4 linhas) para monitorização dos parâmetros.

Optou-se por utilizar o PIC 32MX250F128B pois já havia alguma familiarização por parte do LINE, visto ter sido usado num projeto anterior, e por se pretender utilizar em futuros projetos. Trata-se de um microcontrolador de 32 bit e com uma tensão de operação de 3,3V, vários protocolos de comunicação (UART, SPI, I2C), portas analógicas e digitais. Neste caso, a programação do microcontrolador é feita através do software de desenvolvimento, ‘mikroC Pro’ (Figura 15), da empresa Mikroelektronika. Comparado com o programa de desenvolvimento da Microchip MPLAB X IDE este oferece uma vasta gama de bibliotecas e funções, o que reduz bastante o tempo de desenvolvimento do programa. Para além disto, existe uma comunidade grande de usuários que constantemente partilham o seus programas de forma a auxiliar outros [7]. Contudo, foi um processo demorado e complexo, visto tratar-se de uma família de microcontroladores, até então, desconhecida para mim, o que levou a que fosse necessário algum tempo de adaptação e estudo do funcionamento do programa, para conhecer as suas funcionalidades, etc.

Após a superação deste primeiro obstáculo prosseguiu-se para os ensaios dos sensores.

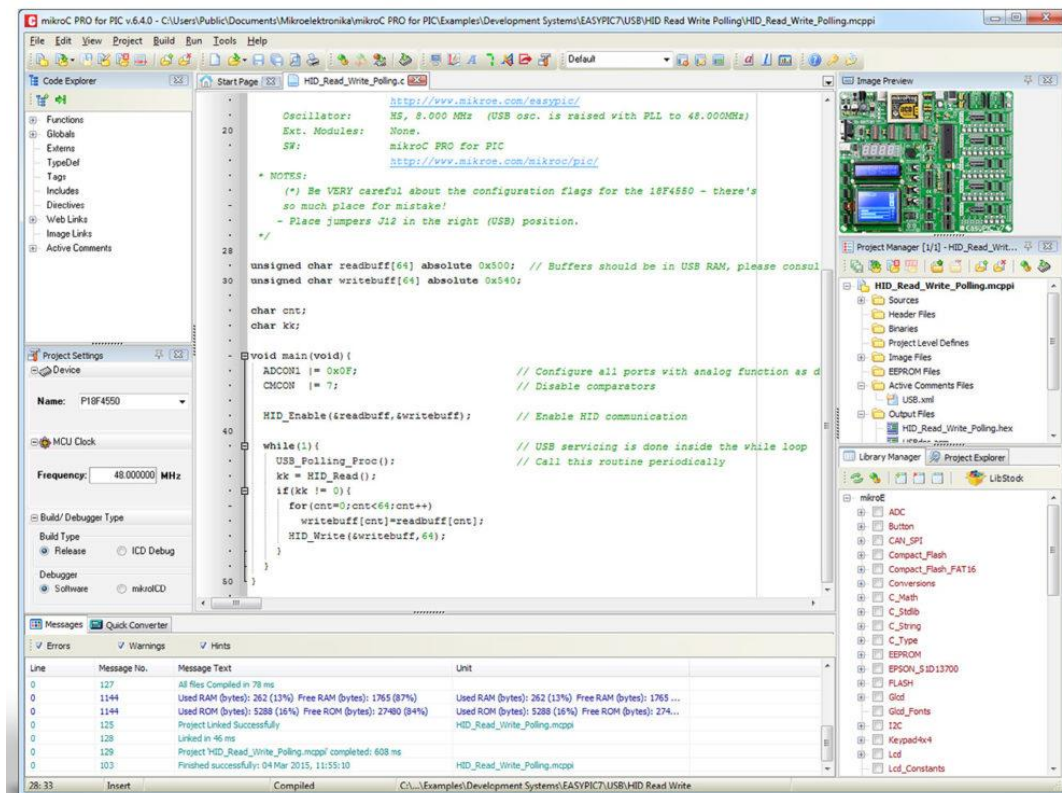


Figura 15 - Layout do interface mikroC Pro

3.4 Ensaio inicial

Com os circuitos a funcionar (Figura 16), mas ainda aplicados na *breadboard*, procedeu-se ao primeiro ensaio. Na primeira tentativa apenas foi ligado o sensor da temperatura e humidade (Figura 17), e o circuito que ativa o contactor que liga a resistência. Aconteceu que, após o equipamento atingir a temperatura programada inicialmente, o mesmo só voltava a ligar outras duas vezes, suspendendo de seguida o seu funcionamento.

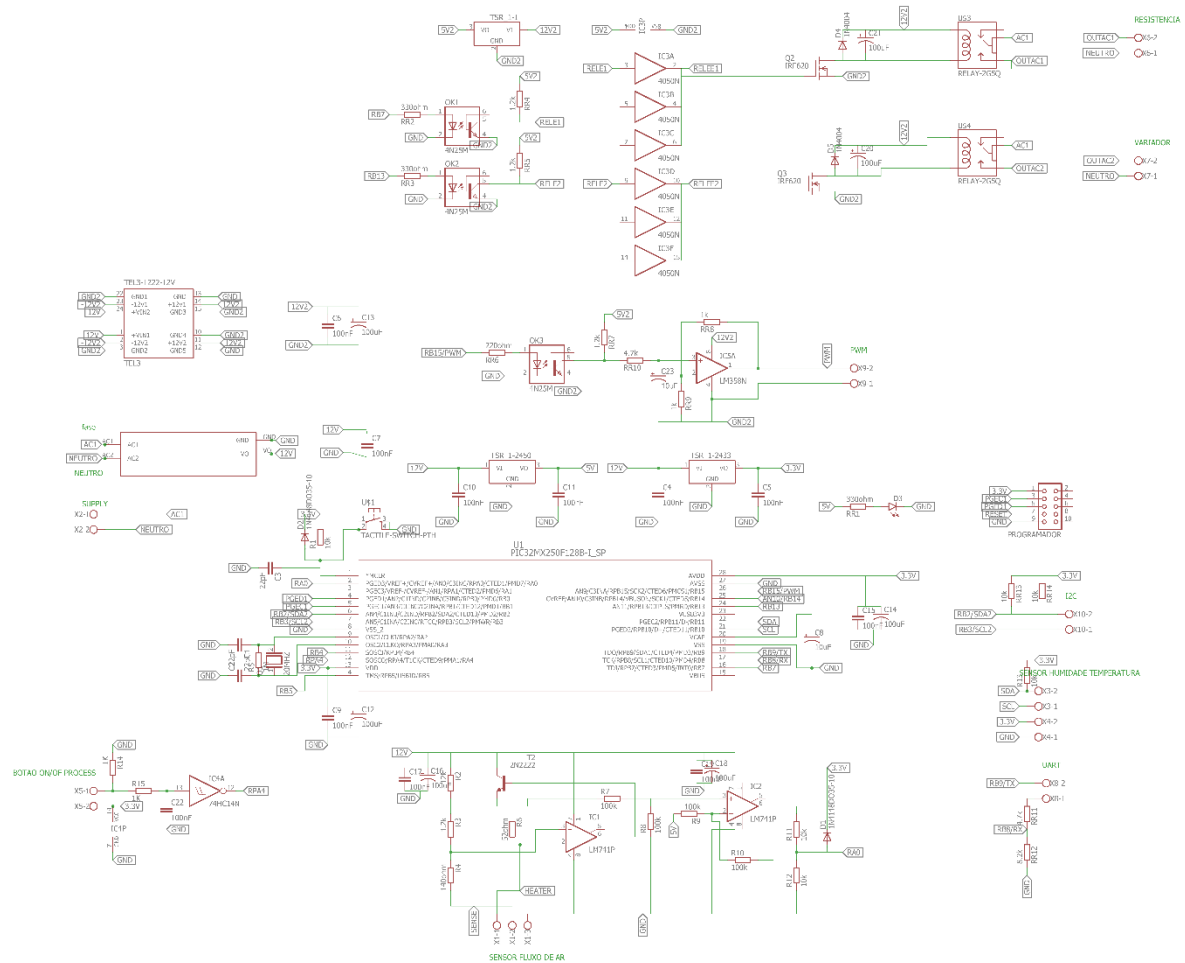


Figura 16 - Esquema do circuito

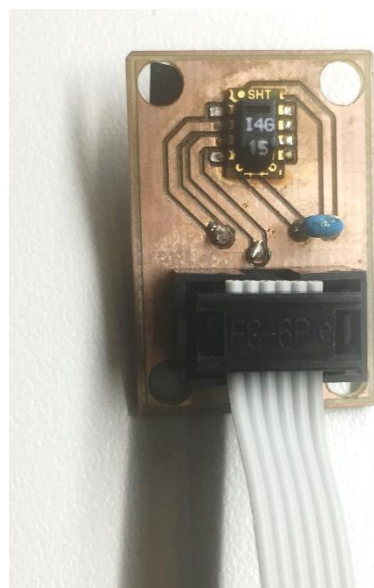


Figura 17 - Placa para o sensor SHT15

Ao verificar o circuito para tentar decifrar o problema, recebi uma descarga elétrica considerável (falta de sensibilidade na ponta dos dedos durante alguns dias e dores na zona dos rins). Com o sucedido constatei que, uma vez que o diferencial não disparou, o desumidificador não possuía qualquer ligação à terra. Trata-se de uma falha grave tendo em conta que o equipamento é totalmente em inox, o que poderá colocar a vida do utilizador em risco.

Uma análise mais detalhada ao incidente (choque elétrico) verificou-se que existia uma passagem elétrica do desidratador para o circuito de controlo, ainda que o *optocoupler* e o relé utilizados garantam isolamento galvânico.

Refizeram-se as ligações da *breadboard* de modo a tentar descobrir uma conexão errada, o mesmo não se verificou, pois os sintomas permaneciam iguais.

Numa segunda tentativa de solucionar o problema separou-se o circuito do microcontrolador da parte de comando (que ativa o contactor) em duas *breadboards*, testou-se novamente, mas sem sucesso. De seguida substituiu-se de forma desfasada o relé, o mosfet que comanda o relé e o *optocoupler* que ativa o mosfet. Mesmo assim o problema inicial permanecia.

Após algumas pesquisas e orientação de alguns professores, foi sugerido a aplicação de um filtro *snubber* em paralelo aos terminais do enrolamento do contactor (Figura 18), de modo a conduzir a corrente elétrica no momento em que o circuito é interrompido.

Sem auxílio de cálculos, mas sim por tentativa e erro, e limitado ao stock existente de valores de resistências de um 1W e condensadores com suporte de tensões até 400V, no departamento LINE, o problema ficou resolvido.

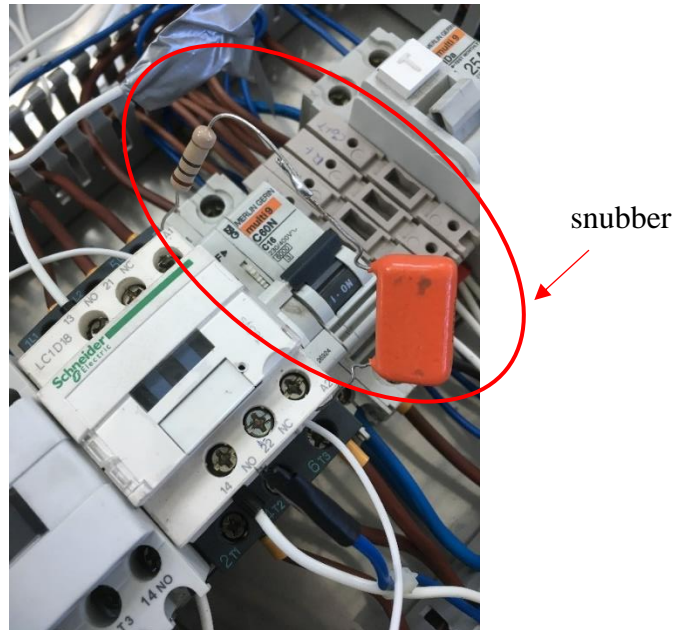


Figura 18 - Filtro *snubber* aplicado aos terminais do contactor

Ligou-se a parte do circuito referente ao medidor de fluxo e instalou-se o sensor (Figura 19) no desumidificador. Fizeram-se várias medições alterando a quantidade de fluxo de ar no variador de velocidade de modo a registar quais os valores máximos (na escala analógica) que atingia.

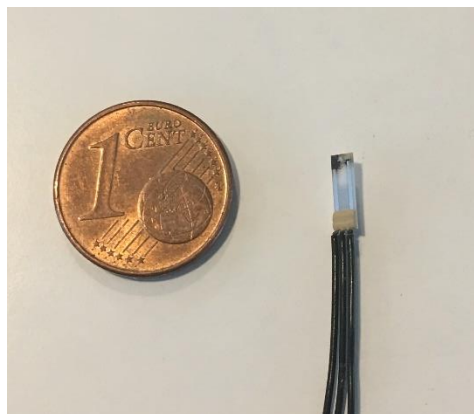


Figura 19 - Sensor do fluxo ar

3.5 Ensaio secundário

Foram ainda realizados vários ensaios com fruta, mais precisamente a maçã para simular o processo da Frubis, empresa que solicitou esta tarefa. A maçã foi laminada (sem ter em atenção a sua espessura), colocada nos tabuleiros com o desumidificador ainda em

frio e com a ventilação aproximadamente a 2/3 da velocidade máxima. Foi-nos indicado que a desidratação da maçã demora um total de seis horas, divididos em quatro intervalos de 90 minutos. No primeiro intervalo o set-point da temperatura é de 75°C e por cada intervalo seguinte são adicionados mais 2,5°C ao mesmo. Contudo, independentemente do valor definido na set-point, sempre que a humidade for superior a 5%, é necessário subir 2°C extra na temperatura como é ilustrado na Figura 20.

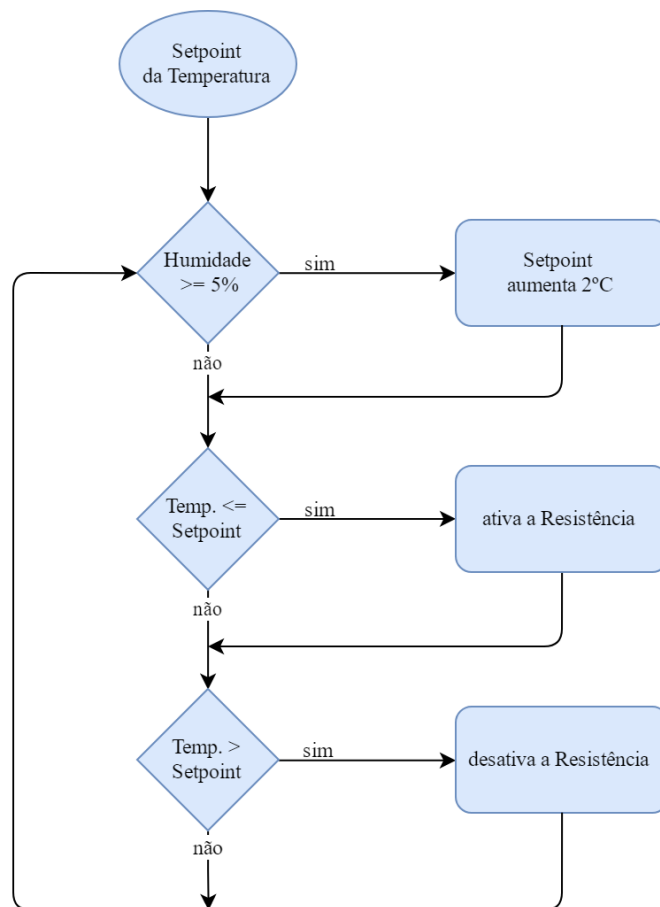


Figura 20 - Fluxograma do processo de desidratação

Os resultados dos vários ensaios foram bastante positivos e deliciosos, por esse motivo, procedeu-se à apresentação dos mesmos na empresa Fubris. O LINE aproveitou essa oportunidade para visitar as instalações da respetiva fábrica, com vista a efetuar algumas medições relativas ao fluxo de ar utilizado durante o processo da desidratação, uma vez que não tínhamos qualquer informação a esse respeito.

Para a visita da instalação fabril da Frubis, situada em Torres Vedras, foi desenvolvido um novo circuito. Esse circuito teve como objetivo verificar se os valores que estavam a ser devolvidos pelos sensores, eram próximos aos valores dos sensores devolvidos pela máquina da empresa, para que o processo INOV'LINEA fosse o mais semelhante possível ao da Frubis.

O novo circuito (Figura 21) assentou na mesma base do anterior no que diz respeito ao microcontrolador e aos sensores. Porém foi inserido um novo dispositivo designado *XBee*. Este teve como objetivo enviar a informação, via wireless, relativa aos sensores para um computador uma vez que todo o circuito tinha que permanecer dentro do desidratador. O microcontrolador envia os valores dos sensores via UART para o *XBee* e o mesmo reencaminha a mensagem via wireless para o outro *XBee*, que se encontra ligado ao computador. Os valores recolhidos foram bastante satisfatórios visto que eram quase idênticos aos que eram representados na interface do desidratador da Frubis.

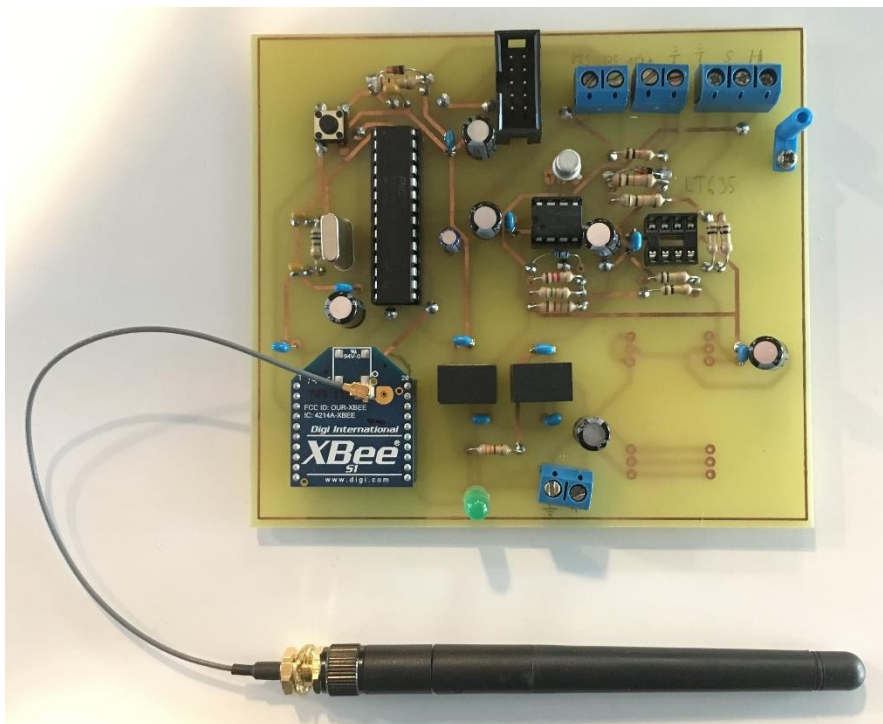


Figura 21 - Módulo wireless de monitorização

Em relação ao fluxo de ar, o valor medido na Frubis era um pouco mais alto (300 em analógico) que o valor medido no INOV'LINEA com o ventilador no máximo (273 em

analógico). Decidiu-se então que, posteriormente, o ventilador do desidratador iria trabalhar sempre na velocidade máxima.

3.6 Desenvolvimento da PCB

Com os valores dos sensores confirmados na visita à instalação fabril da Frubis procedeu-se ao fabrico da placa de circuito impresso (Figura 22), do circuito de controlo desenvolvido. Ao mesmo tempo que ocorria o desenvolvimento da placa iniciei a programação de um ecrã táctil que serviria de interface para o desidratador. O ecrã é da Mikroelektronika modelo *SmartGLCD 240x128* (Figura 23), onde seria possível definir o tempo total de operação, números e tempo de intervalos, set-point de temperatura de cada intervalo, ligar/desligar a resistência de aquecimento e ligar/desligar a ventilação.

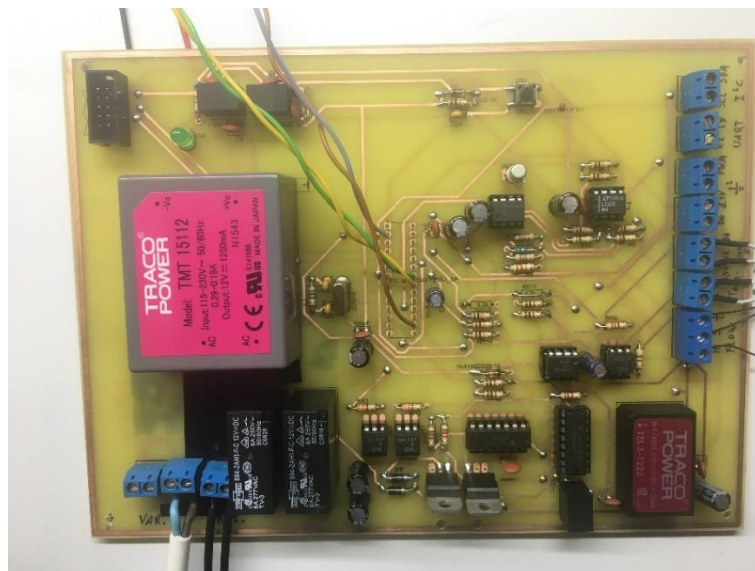


Figura 22 - Placa final



Figura 23 - SmartGLCD 240x128

A comunicação entre o microcontrolador e o display seria efetuada através do protocolo UART. No decorrer da programação a licença do programa de desenvolvimento do ecrã expirou e não possível finaliza-lo. Uma vez que a PCB já se encontrava finalizada não foi possível enquadrar outro display no circuito optando-se por ligar o *XBee* aos bornes de ligação, já que estes estavam disponíveis e usavam o mesmo protocolo de comunicação, de modo a enviar os valores monitorizados para o computador.

Implementou-se um contador no microcontrolador para incrementar a temperatura a cada 90 minutos. Tal não foi possível pois o microcontrolador reiniciava após algumas comutações do contactor, e tanto o contador como a temperatura voltavam ao valor inicial. Esta situação deu-nos a informação de que o filtro *snubber* não estava bem dimensionado. Perante isto, foi necessário a cada intervalo reprogramar o microcontrolador com a temperatura certa, o que obrigava a uma presença quase constante sempre que se pretendia desidratar produtos hortofrutícolas. Isto tornava - se bastante complicado pois estava a trabalhar noutros projetos e não havia possibilidade de alocar tempo para testar todos os ensaios.

3.7 Versão alternativa de controlo

Para colmatar a situação descrita anteriormente optou-se por repensar no processo de ativação da resistência. Após uma discussão sobre o assunto concluiu-se que o melhor sistema que se enquadrava na ativação da resistência seria a implementação de um circuito *dimmer*. Este circuito traz muitas vantagens, pois com ele é possível ligar/desligar a carga sempre que a corrente alternada cruza o zero, eliminando assim as descargas elétricas das cargas indutivas que ocorrem quando se interrompe a alimentação da mesma. Outro ponto a favor é que, com este circuito é possível aplicar controlo de forma a regular a potência que é fornecida à carga (Figura 24), de modo a otimizar o processo tendo uma temperatura mais constante no desidratador. A resistência passa a ser ativada diretamente através do circuito *dimmer*, excluindo o contactor.

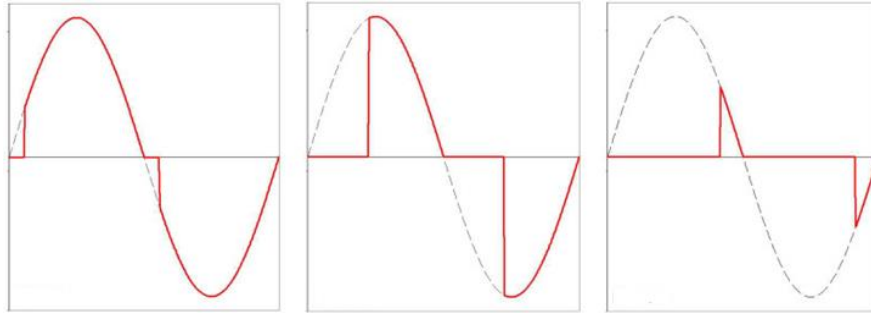


Figura 24 - Potência fornecida à carga variando o ângulo de disparo do dimmer

Uma vez que já tinha elaborado um circuito, e como era uma situação urgente, foi me pedido se poderia cede-lo durante algum tempo. Esse *dimmer* (Figura 25) baseou-se num circuito já desenvolvido na cadeira de Sensores e Atuadores Inteligentes do primeiro ano de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – especialização em controlo e eletrónica industrial no Instituto Politécnico de Tomar. O projeto apresentado para avaliação da cadeira foi uma chocadeira (incubadora de ovos) onde também era necessário realizar o controlo de temperatura e humidade. A fonte de calor era uma lâmpada incandescente de 40 W que era controlada pela placa de desenvolvimento *Arduino UNO* [8][9].

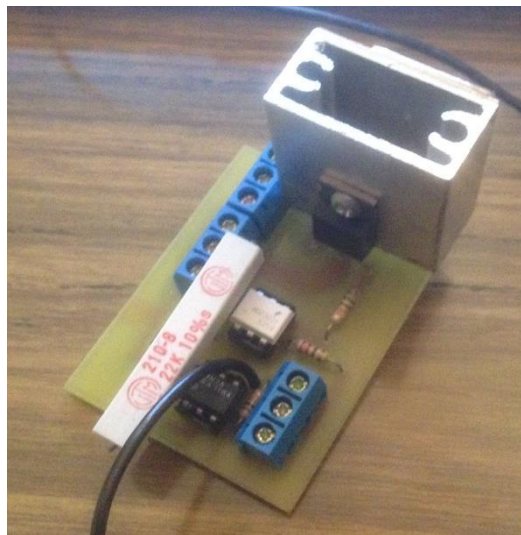


Figura 25 - Placa dimmer desenvolvida numa cadeira do Mestrado

O circuito *dimmer* (Figura 26) é constituído principalmente por dois *optocouplers* e um *triac*. O *optocoupler* tem como objetivo detetar o zero da corrente alternada desencadeando nesse momento uma interrupção externa no microcontrolador. Este, por sua vez, ativa a

saída digital no qual o segundo *optocoupler* está ligado. Este ao receber o impulso do microcontrolador também dará um impulso ao *triac* e o mesmo passará a conduzir a corrente elétrica até que a esta cruze com o zero. Ou seja, a cada semi-ciclo é necessário dar um impulso para que o *triac* conduza a corrente elétrica.

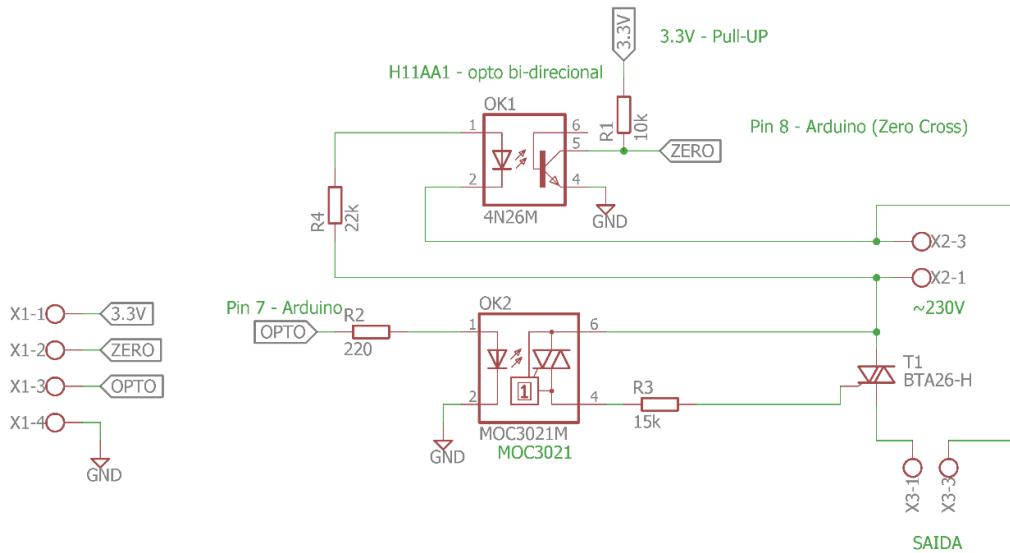


Figura 26 - Circuito dimmer

Devido ao fator tempo e ao material disponível, optou-se por utilizar a placa de desenvolvimento *Arduino DUE* podendo assim também aproveitar o código utilizado na incubadora. Acrescentou-se um *keypad* e o LCD 20x04 que já tinha sido utilizado nas versões anteriores e fizeram-se as ligações diretas com o *Arduino*, de modo a não ser necessário utilizar uma placa de circuito impresso à parte (Figura 27).

Com esta nova versão será possível introduzir a temperatura desejada sem necessidade de voltar a reprogramar o microcontrolador, como era no caso das versões anteriores. Como já foi referido, o controlo do fluxo de ar foi dispensado, sendo que a ventilação se encontra sempre ligada e a trabalhar na velocidade máxima. Deste modo também é dispensado a monitorização do fluxo.

A placa com o sensor de temperatura e humidade também se ligaram diretamente ao *Arduino* juntamente com o circuito *dimmer* [10].

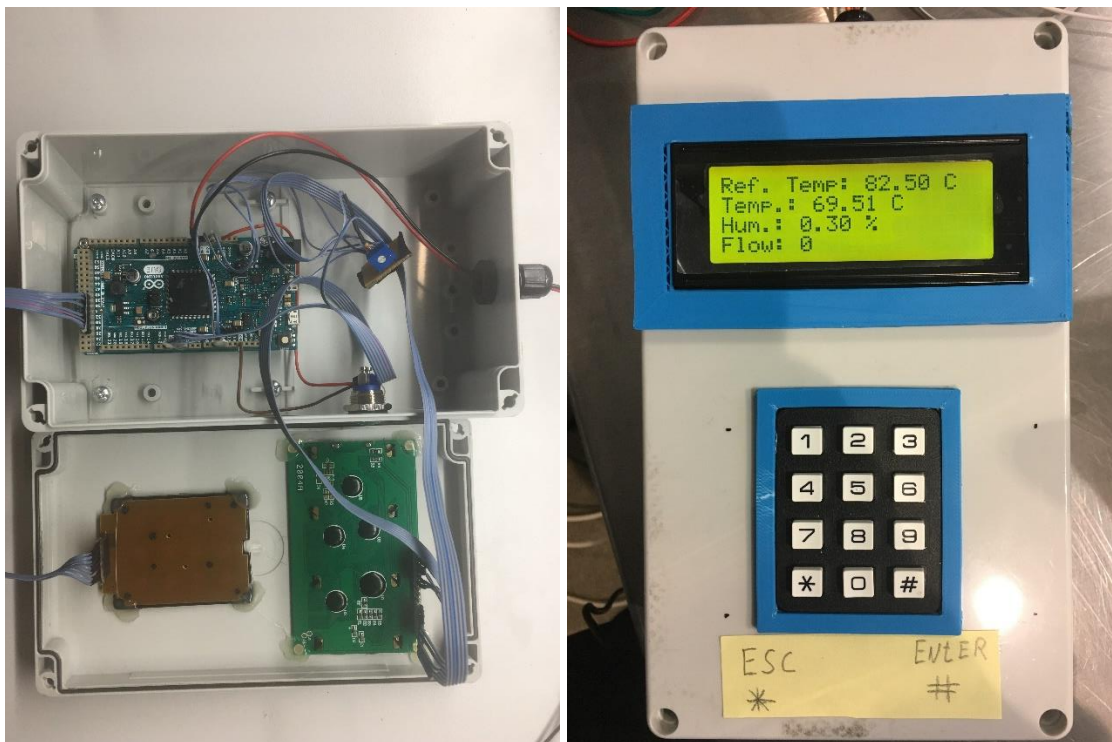


Figura 27 - Versão final do controlador

Ensaaiou-se esta nova versão e os resultados foram bastante positivos. Não foram detetadas quaisquer anomalias que pudessem por a solução em causa. Sendo que daqui em diante já não era necessária a presença constante durante o processo de desidratação de produtos hortofrutícolas, podendo assim focar-me mais nos outros projetos que ocorriam em simultâneo.

4 Projeto – Code Weld

Este projeto em parceria com a empresa SingleCode, desenvolvido ao longo do estágio, consistiu na elaboração de dispositivos para a monitorização de máquinas de soldaduras na empresa Viera Alves Metalomecânica, Lda, cujo objetivo era a recolha de dados de produção (parâmetros elétricos e operacionais) e, simultaneamente, o seu envio para um servidor central para posterior tratamento comercial e estatístico.

A empresa Viera Alves Metalomecânica, Lda (Figura 28) tem como principal atividade a produção de estruturas metálicas aplicáveis na indústria eólica, cimenteira, vitrocerâmica e similares. Situa-se na zona industrial de Alferrarede, no conselho de Abrantes.



Figura 28 - Viera Alves Metalomecânica

Estes dispositivos foram aplicados num total de 11 máquinas de 4 diferentes fabricantes: dois modelos diferentes de semiautomática que funcionam a corrente contínua, e dois modelos diferentes que soldam tanto a corrente contínua como em corrente alternada.

4.1 Objetivo do Projeto

O objetivo deste projeto consistiu em desenvolver um equipamento que monitorize os parâmetros respetivos à corrente, tensão e fio consumido pelas máquinas de soldadura. O

equipamento possibilita ainda uma interação com o operador, permitindo que este possa identificar e escolher a tarefa e a referência da peça que pretende operar. Todos os dados recolhidos são enviados para os servidores da SingleCode instalados remotamente (Figura 29). As ferramentas disponibilizadas por estes servidores permitem fazer um tratamento desses dados que permitirão à empresa Vieira Alves Metalomecânica fazer uma análise através da plataforma web da SingleCode.

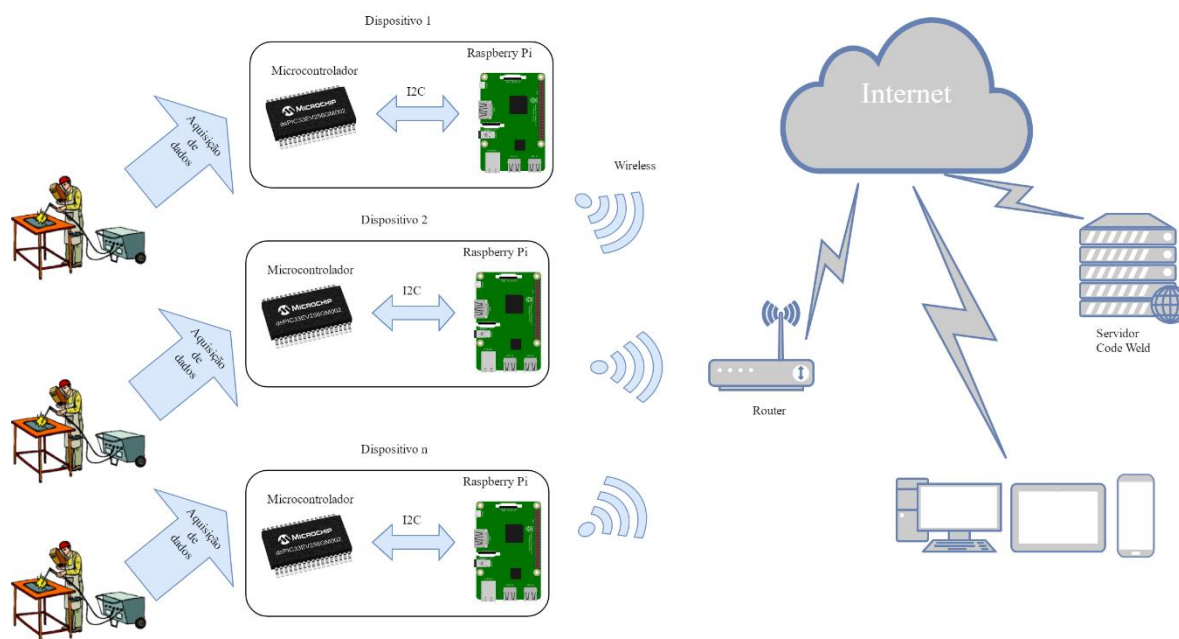


Figura 29 - Estrutura do projeto Code Weld

4.1 Procedimentos Iniciais

Iniciou-se este projeto com a visita ao local e às máquinas onde se iriam instalar os dispositivos. As 11 máquinas em curso são divididas em duas categorias. Uma categoria é designada por “cristo” (nome atribuído pela Vieira Alves Metalomecânica), uma vez que estão instaladas numa estrutura móvel semelhante a uma cruz como ilustra a Figura 30. A segunda categoria diz respeito às semiautomáticas.

A categoria “cristo” conta com 8 máquinas de dois fabricantes diferentes, 4 do fabricante *Miller* (ver máquinas em azul na figura seguinte) e as restantes 4 são do fabricante *Esab* (ver máquinas em amarelo na Figura 31). Esta categoria possui uma dupla ‘cabeça’ para soldar (Figura 32), uma vez que as soldaduras podem ser em corrente

contínua e/ou alternada. Estas máquinas tem a capacidade de soldar até uma corrente de 1200 A.



Figura 30 - "Cristo" do fabricante Miller



Figura 31 - "Cristo" do fabricante Esab



Figura 32 - Dupla “cabeça” das máquinas de soldar do tipo “Cristo”

A segunda categoria, representada pelas restantes 3 máquinas, são do tipo semiautomática. Também estas de dois fabricantes diferentes, duas do fabricante *Kemppi* (Figura 33) e uma do fabricante Electro-Portugal (Figura 34), ambas podem atingir uma corrente máxima de 800 A e soldam apenas em corrente contínua.



Figura 33 - Semiautomática do fabricante Kemppi

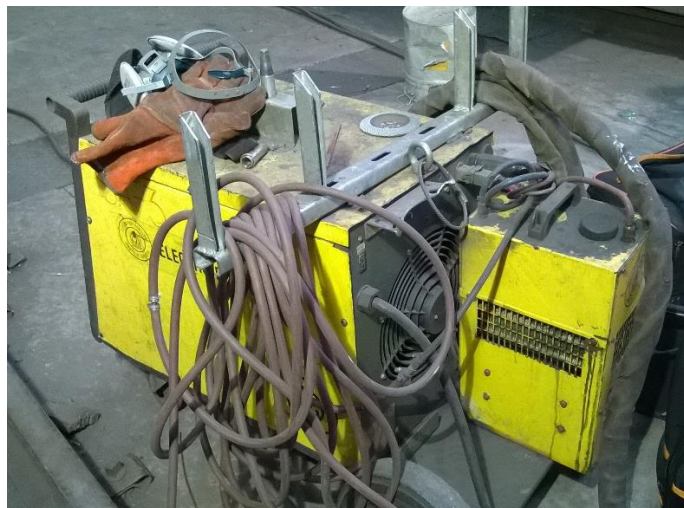


Figura 34 - Semiautomática do fabricante Electro-Portugal

Uma vez que o LINE já tinha desenvolvido um projeto semelhante para a Mitsubishi Fuso Truck Europe [11] (embora com objetivos, funcionalidades e máquinas diferentes),

tomou-se como ponto de partida alguns dos circuitos eletrônicos desenvolvidos para esse projeto. Pretendia-se utilizar o mesmo método para monitorizar todas as máquinas, ou seja, utilizar sondas para medir a corrente elétrica, amplificadores isolados para medir a tensão e ainda sondas para medir a corrente dos motores que injetam os fios necessários durante um processo de soldadura. Definiu-se também que inicialmente só seriam desenvolvidos dois protótipos, um para um “cristo” e outro para uma semiautomática respetivamente.

Examinaram-se as máquinas de modo a serem identificados possíveis locais para instalar as sondas e retirar o sinal da tensão.

4.2 Programação

O sistema Code Weld é constituído por dois microcontroladores, *PIC 32MX250F128B* e *Atmega 328p*, e um microprocessador *Raspberry Pi 3 Model B*. Neste subcapítulo são descritas as funções atribuídas a cada um deles.

4.2.1 Atmega 328p

Um dos requisitos de projeto solicitados pela VAM (Vieira Alves Metalomecânica) consistiu na identificação do operador perante as máquinas de soldadura. Como os operadores já possuíam um cartão RFID de modo a se identificarem ao início de cada turno, optou-se por utilizar o mesmo método nos dispositivos de monitorização, sendo que cada equipamento conta com um leitor RFID de 125k Hz (frequência de leitura). Estes leitores utilizam o protocolo *Wiegand* no envio do número do cartão para o microcontrolador. Escolheu-se o microcontrolador *Atmega 328p* do fabricante *Atmel* para esta função pois esta plataforma disponibiliza já bibliotecas que implementam o protocolo *Wiegand*. O microcontrolador ao receber o número do cartão envia-o por sua vez ao microprocessador *Raspberry* (RPI) via I²C.

O microcontrolador *Atmega* foi configurado em modo *Slave*, e sempre que encontra um número de cartão válido, ativa um pin de saída ligado ao microprocessador RPI, configurado como *Master*, que dá início a comunicação. O fluxograma que se segue (Figura 35) ilustra o seu funcionamento.

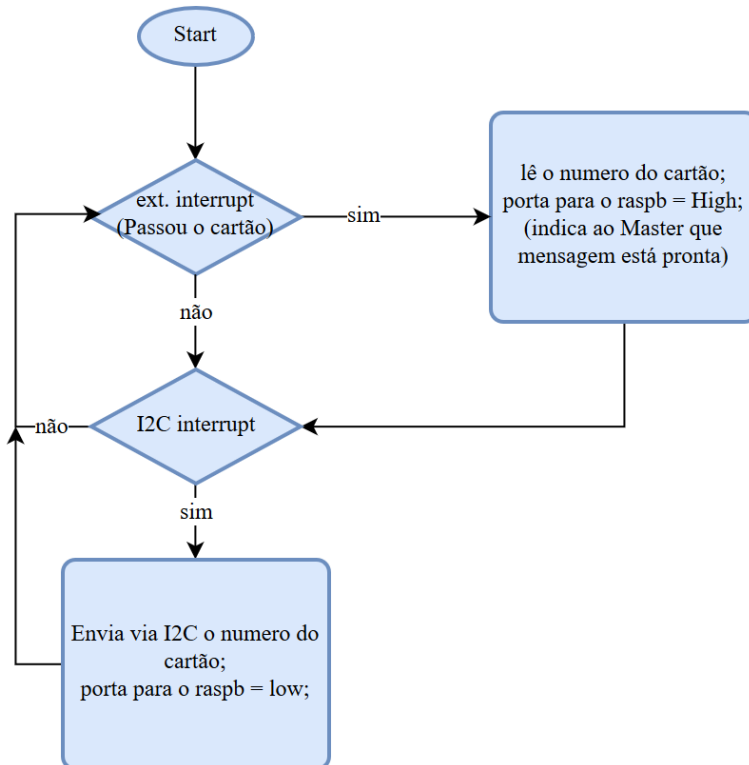


Figura 35 - Fluxograma da leitura RFID

4.2.2 PIC 32MX250F128B

Como unidade de medição/sensorização escolheu-se o microcontrolador *PIC 32MX250F128B* do fabricante Microchip. Trata-se de um microcontrolador de 32 bit que necessita de uma tenção de alimentação de 3,3V. Tem disponível vários protocolos de comunicação e suporta a ligação USB. Foi o microcontrolador de eleição para realizar as medições, visto já existir alguma familiarização por parte dos projetistas e ter mostrado um ótimo desempenho em projetos anteriores.

Este dispositivo teve como objetivo a leitura de portas analógicas, nomeadamente 6 nos modelos “cristo” e 3 nos modelos semiautomáticos, referente à corrente, tensão e fio consumido. Em cada segundo o microcontrolador executa 40 amostras de cada porta analógica, calcula a média, converte os valores medidos e envia-os através de UART para o microprocessador RPi. Para garantir a integridade dos dados enviados definiu-se a codificação do pacote a utilizar. Trata-se de um pacote com 8 campos, o primeiro campo diz respeito ao inicio da mensagem (*start byte* ‘A’), de seguida seguem 6 campos que dizem respeito aos dados, e por último, o campo que diz respeito ao fim da mensagem

(*stop byte* ‘Z’). Todos os campos são separados pelo caractere cardinal (‘#’), como mostra o exemplo:

A#I_AC#I_DC#V_AC#V_DC#Fio_AC#Fio_DC#Z

No caso das semiautomáticas, nos campos referentes à componente alternada (AC) são atribuídos os valores de zero (‘0.00’).

4.2.3 Raspberry Pi 3 Model B

O *Raspberry Pi* é um minicomputador paticamente do tamanho de um cartão de crédito que assenta num microprocessador *ARM*, neste caso, do fabricante Broadcom cujo o sistema operativo baseia-se em Linux. A versão 3 modelo B para além dos GPIO pins, portas USB, Ethernet, e HDMI inclui também um módulo Wi-Fi e Bluetooth, indispensável para este projeto. Neste minicomputador estão centradas todas as comunicações, ou seja, a receção dos valores monitorizados e o número do cartão RFID e o envio desses mesmos dados para o servidor. Em caso de problemas na comunicação, se o *Raspberry* não conseguir enviar os dados, estes serão guardados num ficheiro texto (.txt) e posteriormente reenviados. Este processo repete-se até que o envio dos dados seja efetuado com sucesso.

O *Raspberry* executa ainda uma rotina para interagir com operador fabril através de um LCD 20x04 e quatro botões (“ok”, “para cima”, “para baixo” e “cancelar”). Toda a vez que a alimentação da rede falte por mais de cinco minutos o *Raspberry* encerra em segurança. Para o desenvolvimento de todo o código utilizou-se a linguagem de programação *Python 3*.

4.3 Circuitos Iniciais

Este subcapítulo destina-se à descrição das placas e eletrónica desenvolvida para os dois protótipos, posteriormente instalados. Optou-se por dividir a eletrónica em várias placas/módulos funcionais para facilitar a manutenção do sistema evitando assim que a substituição de alguns componentes ou alterações ao circuito, não fosse necessário substituir na integra todo o sistema.

4.3.1 Placa de aquisição

Esta placa destina-se à alimentação de todas as outras placas, e tem como tarefa principal converter os sinais necessários para a monitorização pretendida de modo que o microcontrolador consiga interpretá-los. Foi desenhada para que a corrente elétrica seja medida através de sondas que devolvem uma tensão consoante a corrente que a percorre. As sondas utilizadas para medir a corrente contínua necessitam de uma alimentação diferencial comparativamente às sondas utilizadas para medir corrente alternada, que não necessitam de alimentação. As tensões são lidas através de amplificadores isolados. No caso da tensão alternada, após passagem pelo amplificador isolado, o sinal atravessa um conversor *RMS* de forma a ser possível monitorizar o valor eficaz. Relativamente ao fio consumido, este valor também é adquirido através de sondas que medem a corrente do motor do fio, conseguindo-se extrair a velocidade com que o mesmo está a injetar o fio na soldadura.

4.3.2 Placa do PIC

Esta placa centra-se no microcontrolador e componentes necessárias para que o mesmo opere nas condições determinadas. A alimentação é efetuada pela placa de aquisição, assim como os sinais respetivos de cada parâmetro a monitorizar. A placa do *PIC* também se encontra ligada à placa *Raspberry* tornando possível a comunicação entre ambos via UART. Apenas o protótipo da máquina do “cristo” possui esta placa.

4.3.3 Placa Raspberry

Esta placa, que é idêntica para todos protótipos, tem como objetivo canalizar as comunicações para o *Raspberry*. O microcontrolador *Atmega 328p* encontra-se também instalado na mesma placa, assim como o leitor RFID, o LCD 20x04 e os quatro botões.

4.3.4 UPS

Todos os protótipos contêm uma UPS para alimentar o *Raspberry Pi* de modo a dar tempo ao mesmo de encerrar em segurança sempre que a alimentação do protótipo falte mais do que um minuto. É crucial que o dispositivo faça o encerramento sempre em segurança para que os dados do cartão de memória, onde se encontra o sistema operativo e

o programa “code weld”, não sejam corrompidos. A UPS destina-se à alimentação exclusiva do Raspberry no caso de falha de energia elétrica. A Figura 36 ilustra o esquema da placa UPS.

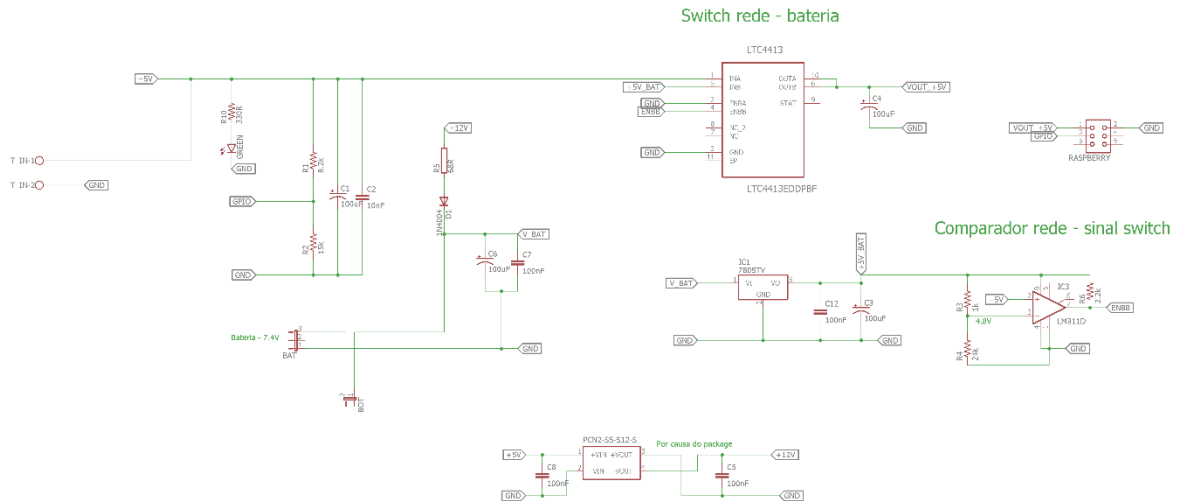


Figura 36 - Esquema do circuito UPS

4.4 Instalação e ensaio dos protótipos

Este subcapítulo visa descrever a ensaios e anomalias ocorridas nos protótipos, assim como a instalação dos mesmos, ilustrado na Figura 37.



Figura 37 - Protótipo Code Weld

4.4.1 “Cristo” Miller

Instalou-se o protótipo (Figura 38) e testaram-se os circuitos na máquina “cristo” do fabricante *Miller* (medições das correntes com sondas, tensões com amplificadores isolados e velocidade dos fios com sondas) e calibraram-se os valores monitorizados. Verificou-se que quando a máquina solda com os dois métodos (em corrente contínua e alternada) em simultâneo, o microcontrolador devolvia o valor da tensão alternada com quase o dobro tensão real. Descartou-se logo ao início a hipótese de ser um erro de conversão porque ao soldar somente em AC a tensão estava correta. Todos os restantes valores estavam sempre corretos.

Com auxílio de um multímetro identificou-se o problema. O ponto onde se referenciava a massa para a leitura da tensão (estrutura da máquina), não era o ponto mais indicado para o fazer pois possuía uma impedância entre a máquina AC e DC o que provocava um *offset* da tensão AC sempre que as duas trabalhavam ao mesmo tempo. Escolheu-se outro ponto de referencial de massa e o problema ficou resolvido.

No momento em que se procedia à instalação das sondas nos motores para medir as velocidades dos fios, verificou-se que os motores possuíam tacómetros. Perante esta evidência, foi desenvolvida uma placa auxiliar para efetuar a conversão da frequência dos impulsos do tacómetro em tensão linear.

A estratégia inicial consistia em medir a corrente do motor do fio, converter esse valor em velocidade e, com o tempo de soldadura, calcular o fio consumido. Após consultar o manual de instruções da *Miller*, constatou-se que é possível medir os pulsos do tacómetro diretamente no controlador e que o controlador possui, adicionalmente, *feedbacks* da tensão e da corrente.

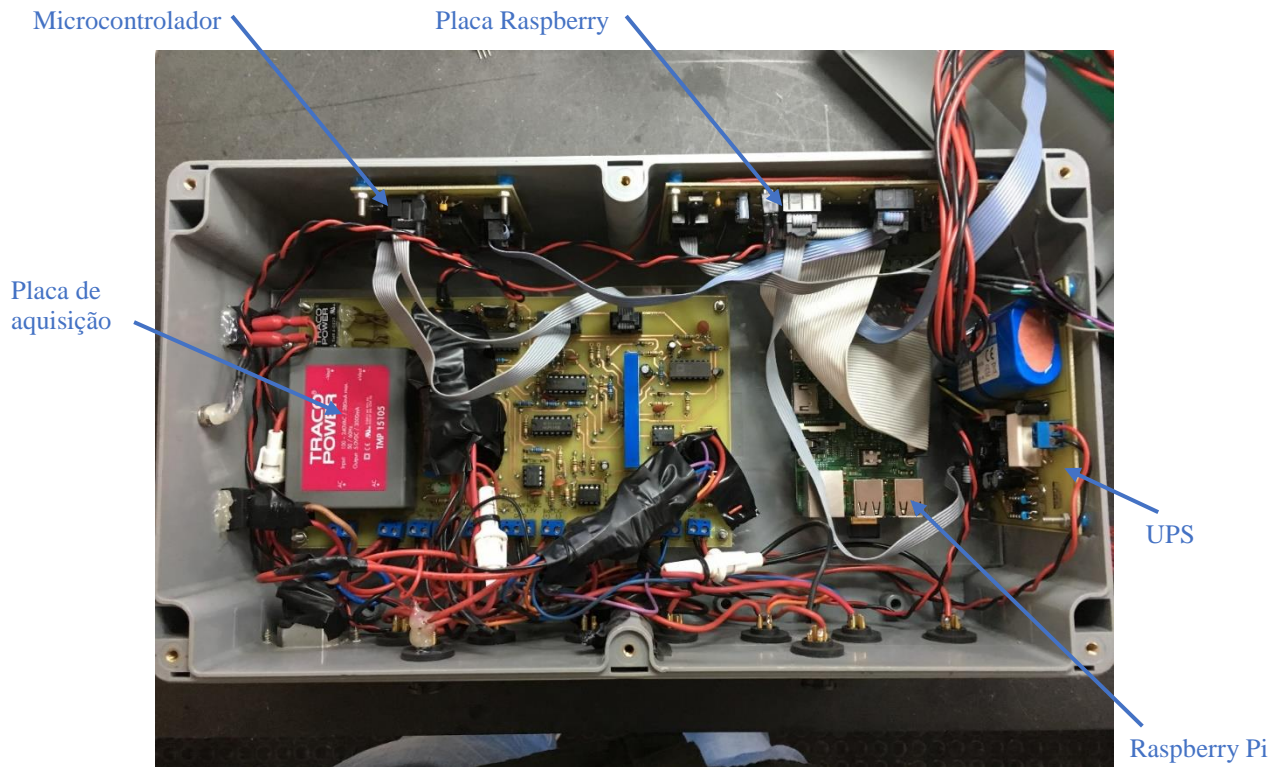


Figura 38 - Protótipo instalado na Miller

4.4.2 Semiautomática Kemppi

Instalou-se o segundo protótipo (Figura 39) na semiautomática *Kemppi*. Após a calibração da corrente e verificação que o sistema funcionava como pretendido prosseguiu-se para a calibração de tensão. Porém, constatou-se que quando a ficha relativa à tensão estava ligada ao protótipo e à máquina de soldar, os pacotes enviados pelo microcontrolador regressavam corrompidos ao *Raspberry*. Apesar de haver um amplificador isolado pelo meio, componente que garante um isolamento galvânico, o ruído da tensão provocava o bloqueio do microcontrolador sempre que a máquina iniciasse a soldadura. Em laboratório foram feitos vários ensaios para colmatar este obstáculo com auxílio de uma máquina de soldar emprestada por uma empresa encubada na TAGUSVALLEY, H.JDP. Testou-se a aplicação baseada em filtros passa-baixo e *snubbers* mas não houve melhorias. Com o *Arduino UNO* não existiram quaisquer problemas (talvez por possuir uma arquitetura diferente). Foram testadas e ensaiadas diferentes soluções com diferentes microcontroladores.

Optou-se por usar o microcontrolador da família *dsPIC 33EV256GM* também do fabricante Microchip. Este dispositivo é um microcontrolador de 16 bits desenhado para ambientes industriais. É alimentado a uma tensão de 5V e possui um conversor analógico

para digital (ADC) de 12 bits (gama de valores ‘0’ – ‘4095’), no qual é possível ter um aumento na precisão de monitorização. Definiu-se que este seria o microcontrolador a utilizar para replicação.

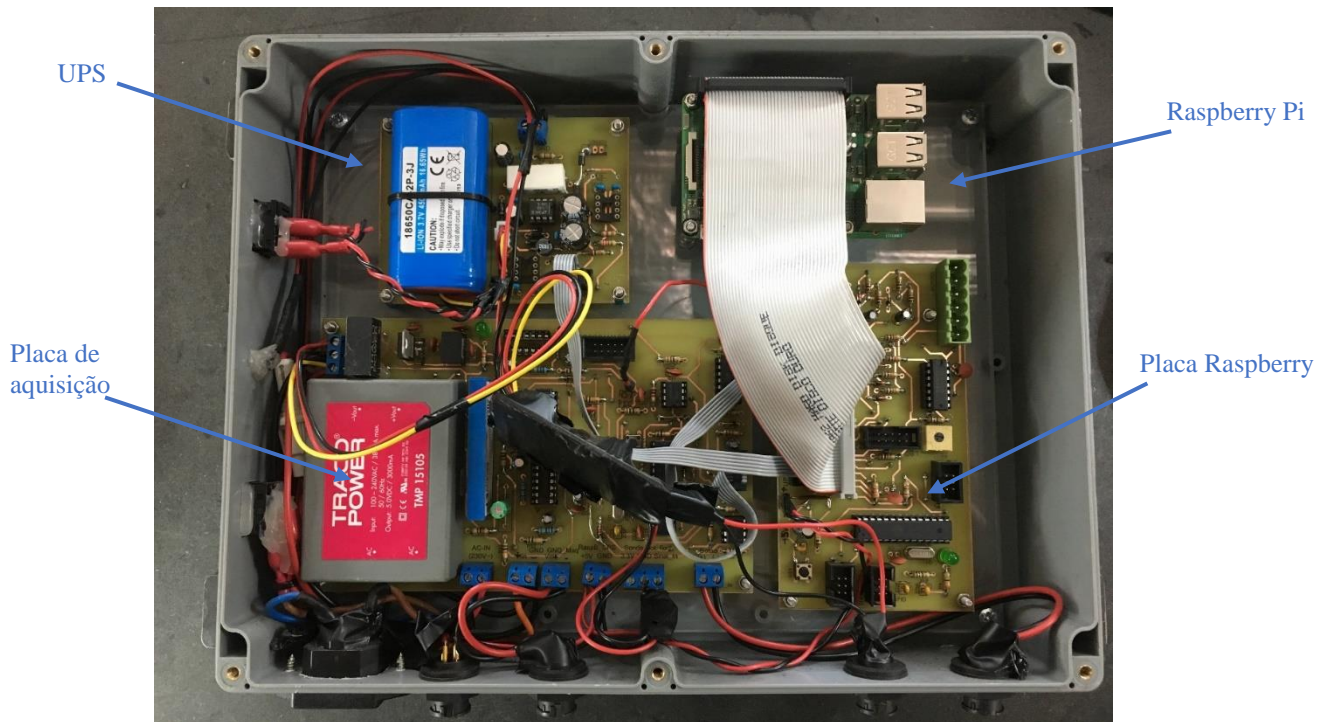


Figura 39 - Protótipo instalado na *Kemppi*

4.4.3 Análise às máquinas de soldar

Após os dois protótipos estarem a funcionar sem qualquer anomalia, fez-se uma análise mais profunda dos quatro tipos de máquinas de soldar envolvidas neste projeto. O objetivo era ler os sinais de feedback das máquinas sem ser necessário recorrer a sondas, uma vez que as mesmas são um dos componentes mais caros neste projeto. Como já foi descrito anteriormente, na *Miller* é possível ler os valores de *feedback* da corrente, tensão e do tacómetro. Na *Esab* identificou-se o *shunt* da corrente onde é possível retirar o valor ideal da corrente (Figura 40), a tensão é lida através de um amplificador isolado e o sinal da velocidade do fio pode ser retirado através de um *optocoupler*.

Nas máquinas semiautomáticas o processo permaneceu inalterado, exceto a forma de leitura da velocidade do fio. Na tabela que segue estão dispostos os métodos de monitorização utilizados para cada tipo de máquina.

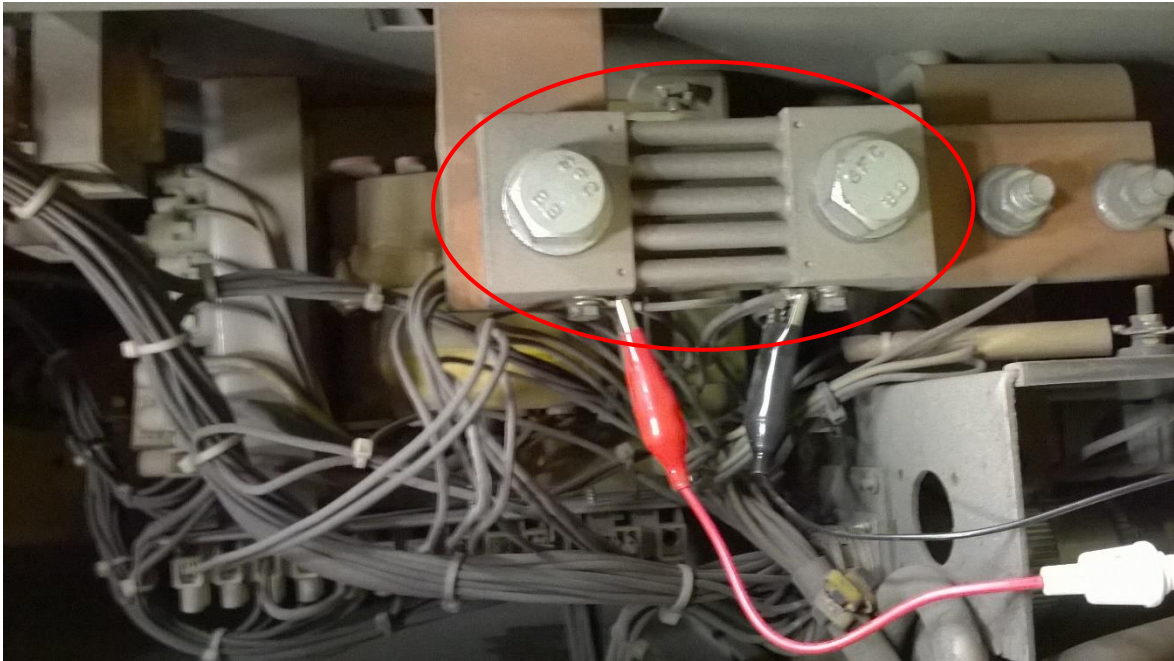


Figura 40 - Shunt de corrente da máquina Esab

Tabela 3 - Método de monitorização

Fabricante	Corrente	Tensão	Fio
Miller HDC 1500DX	Feedback 1 V/100A	Feedback 1 V/10V	Tacómetro 12 V duty cycle fixo; varia a frequência
Esab LAF 1250	Shunt 60mV/1200A	Leitura direta Amp. isolado	PWM no motor sem feedback
Kemppi Pro Mig 501	Sonda 4 V/800A	Leitura direta Amp isolado	Tacómetro 12V frequência fixa; varia o duty cycle
Electro Portugal Maxi 505	Sonda 4 V/800A	Leitura direta Amp. isolado	Varia a tensão do motor de 1V a 50V

4.5 Circuitos Finais

Foram desenvolvidos diferentes módulos (Figura 41) para se testar os circuitos nas restantes máquinas de soldadura. Estes novos circuitos foram projetados tendo em vista as alterações necessárias para os novos métodos, definidos para a monitorização. Uma vez que a placa global foi elaborada para efeitos de teste, as mensagens eram enviadas diretamente para o computador com auxílio do *XBee*.

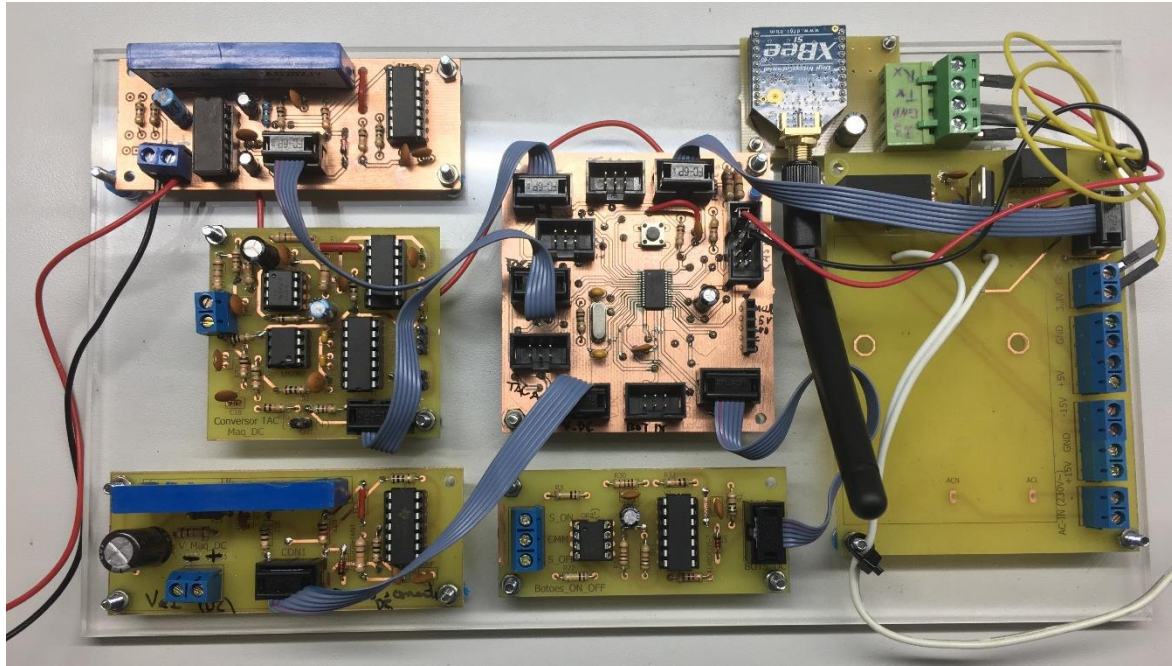


Figura 41 - Teste dos circuitos para os novos métodos de monitorização

Uma vez que a leitura dos parâmetros através da placa de teste foi bem-sucedida, procedeu-se ao desenvolvimento das placas finais.

Todas as placas finais sofreram alterações, não só devido ao facto de se terem alterado os métodos de monitorização, mas também para reduzir os custos no produto final e as dimensões das mesmas.

As placas da UPS, microcontrolador e *Raspberry Pi* permaneceram muito idênticas a nível do circuito eletrónico, as alterações mais significativas basearam-se na substituição dos circuitos integrados por componentes SMDs, reduzindo ainda mais as dimensões das placas. O microcontrolador *dsPIC 33EV* foi substituído pelo microcontrolador *PIC 32MX*.

Na placa do *Raspberry* alteraram-se as ligações para o novo display uLCD24 em substituição do LCD 20x04.

4.5.1 Miller

A placa de aquisição para a máquina de soldar *Miller* é constituída por circuitos eletrónicos para medir os *feedbacks* do controlador. Esses *feedbacks* são devolvidos em tensão DC (tanto para a máquina DC como para AC). Ou seja, são utilizados amplificadores isolados para medir a corrente e a tensão elétrica.

Relativamente aos pulsos do tacómetro do motor de fio, estes passam pelo *optocoupler*, *buffer*, *schmitt-trigger* e por ultimo o circuito integrado LM2907 que converte a frequência dos pulsos em tensão linear que pode ser lida pelo microcontrolador. O esquema do circuito eletrónico é apresentado na Figura 42.

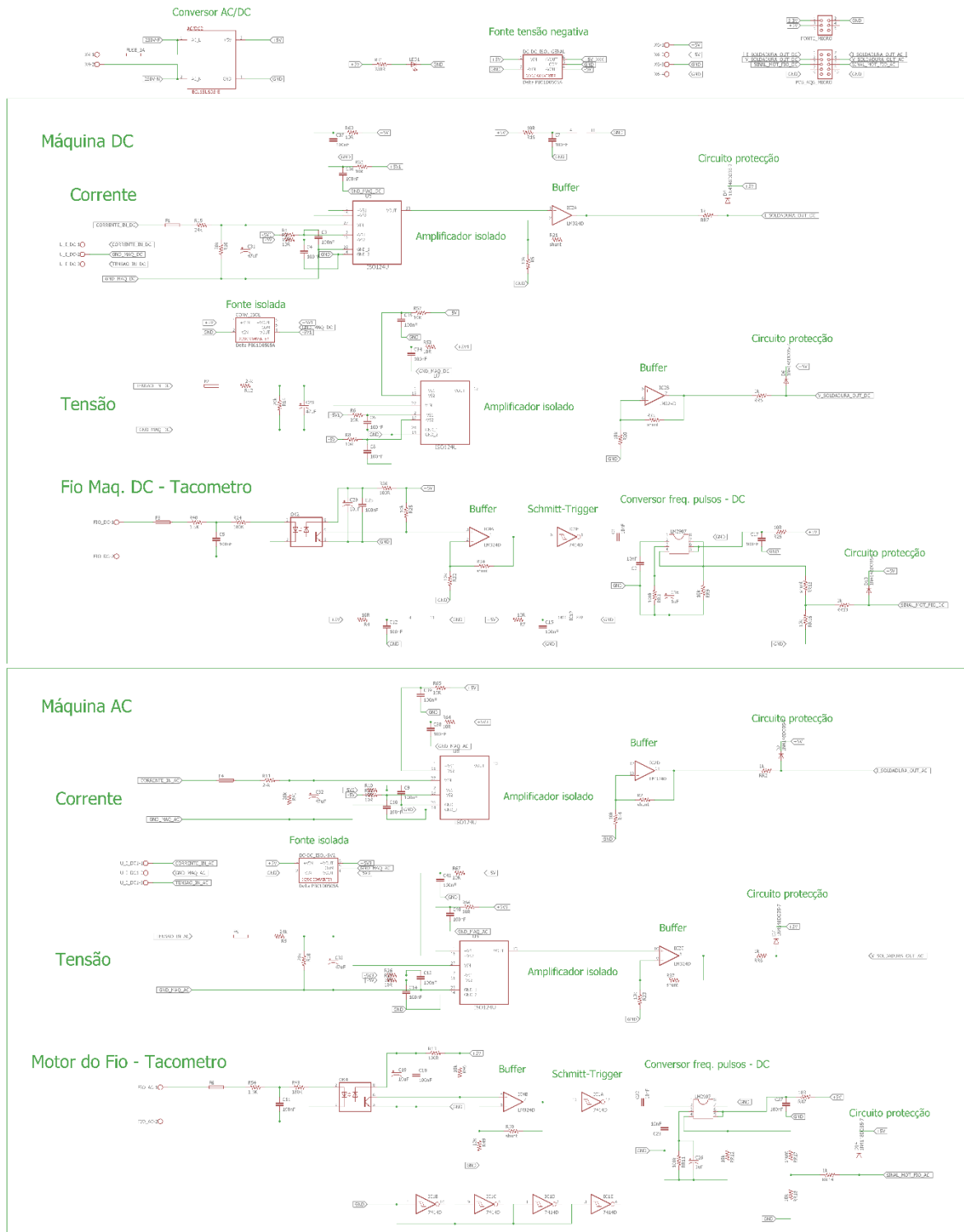


Figura 42 - Circuito final do “Cristo” Miller

4.5.2 Kemppe

A placa de aquisição para a semiautomática *Kemppi* conta com eletrônica para medir o *output* da sonda de corrente e um amplificador isolado para medir a tensão. Relativamente aos pulsos do tacómetro do motor do fio, estes passam pelo *optocoupler*, *buffer*, *schmitt-trigger* e por ultimo o circuito integrado LM2907 que converte a frequência dos pulsos em tensão linear.

O esquema do circuito eletrônico é apresentado na Figura 43.

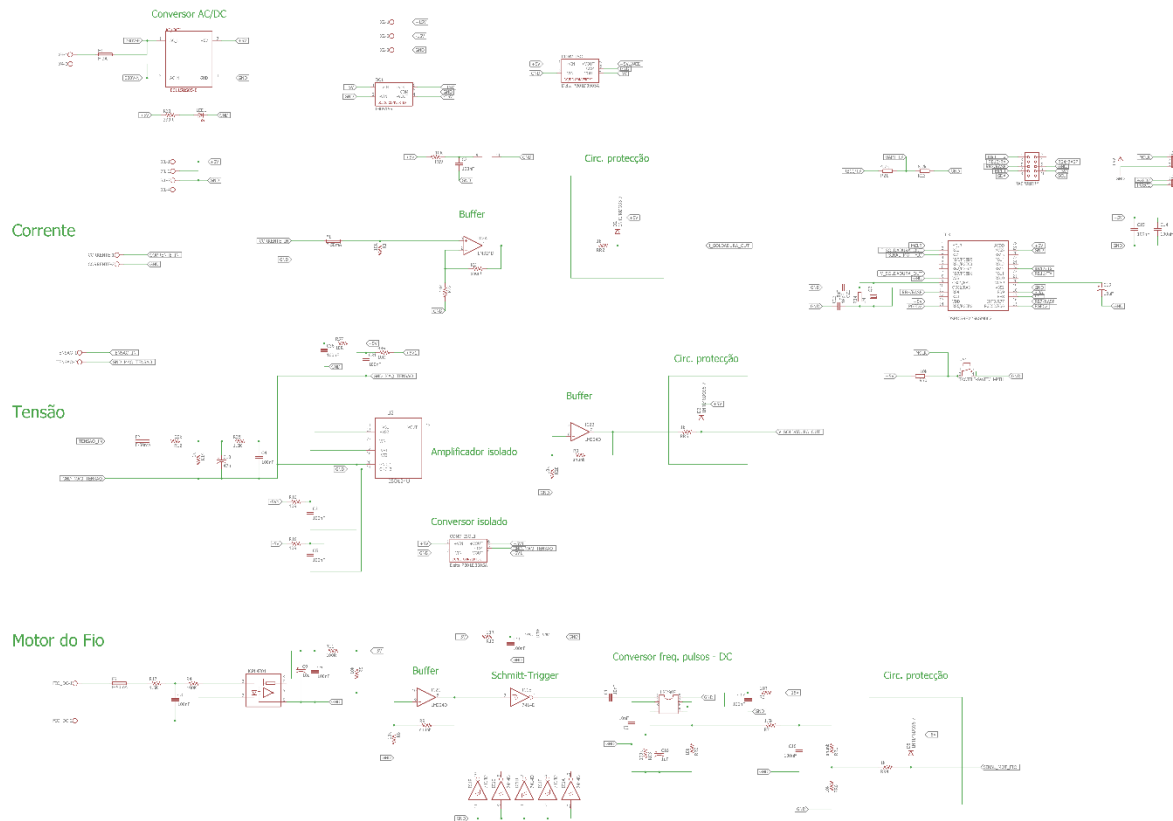


Figura 43 - Circuito final da semiautomática Kemppe

4.5.3 Esab

A eletrônica para a placa de aquisição da máquina *Esab* é composta por um circuito integrado *AMC 1200*, amplificador isolado específico para leitura de shuntes de corrente e um amplificador isolado para a leitura da tensão. No circuito da tensão para a máquina AC, para além do amplificador isolado, o sinal ainda percorre um conversor RMS que tem como *output* uma tensão linear.

Relativamente à tensão do motor do fio, os impulsos passam pelo *optocoupler*, *schmitt-trigger* e por último pelo conversor PWM, que os converte em tensão linear. A Figura 44 apresenta o esquema do circuito.

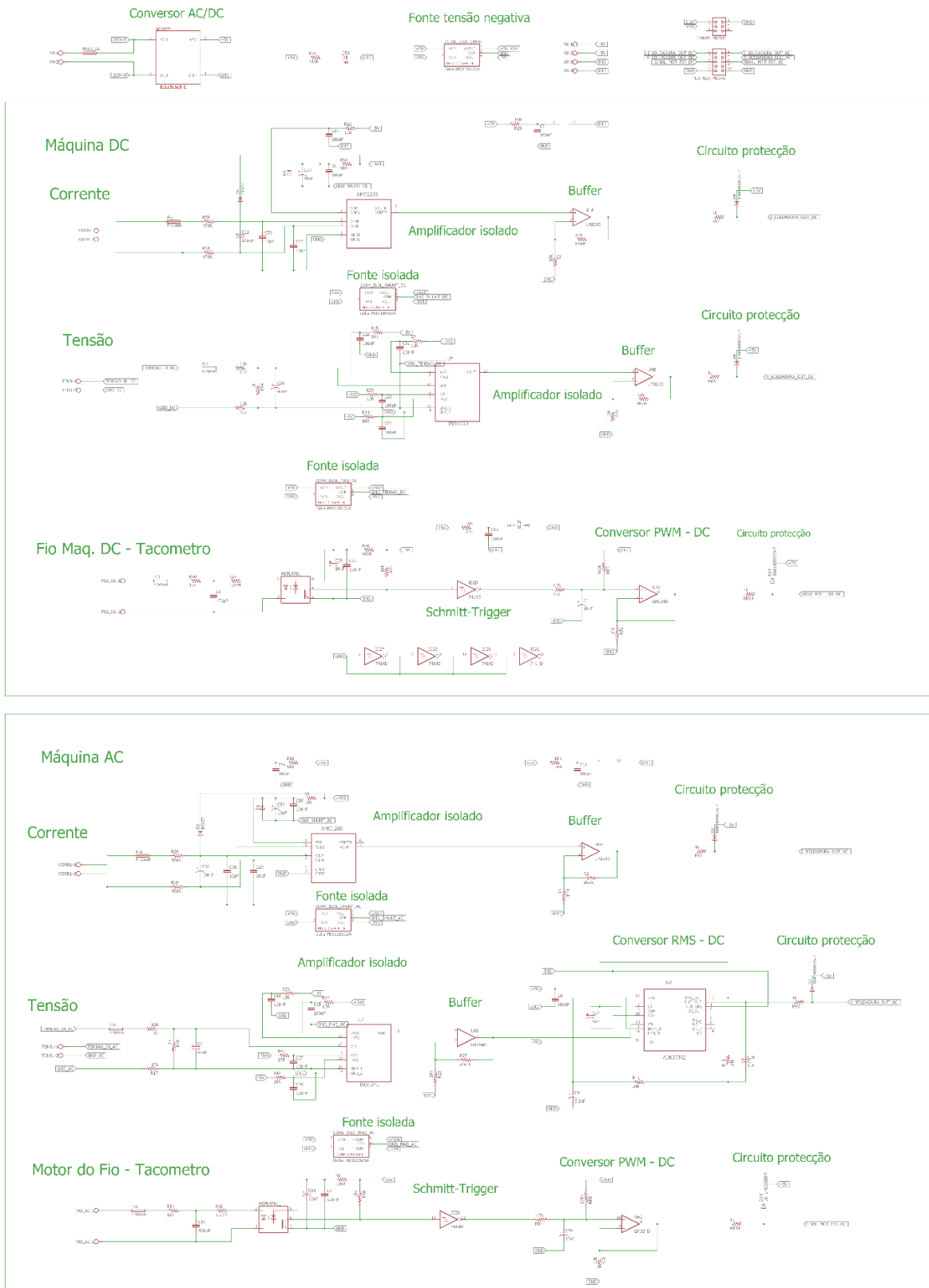


Figura 44 - Circuito final do "Cristo" Esab

4.5.4 Electro-Portugal

A eletrônica para a placa de aquisição da semiautomática *Electro-Portugal* tem ao dispor um circuito para medir o *output* da sonda de corrente, um amplificador isolado para a leitura da tensão e outro amplificador isolado para ler a tensão do motor do fio, proporcional à velocidade do mesmo.

A Figura 45 ilustra o esquema do circuito.

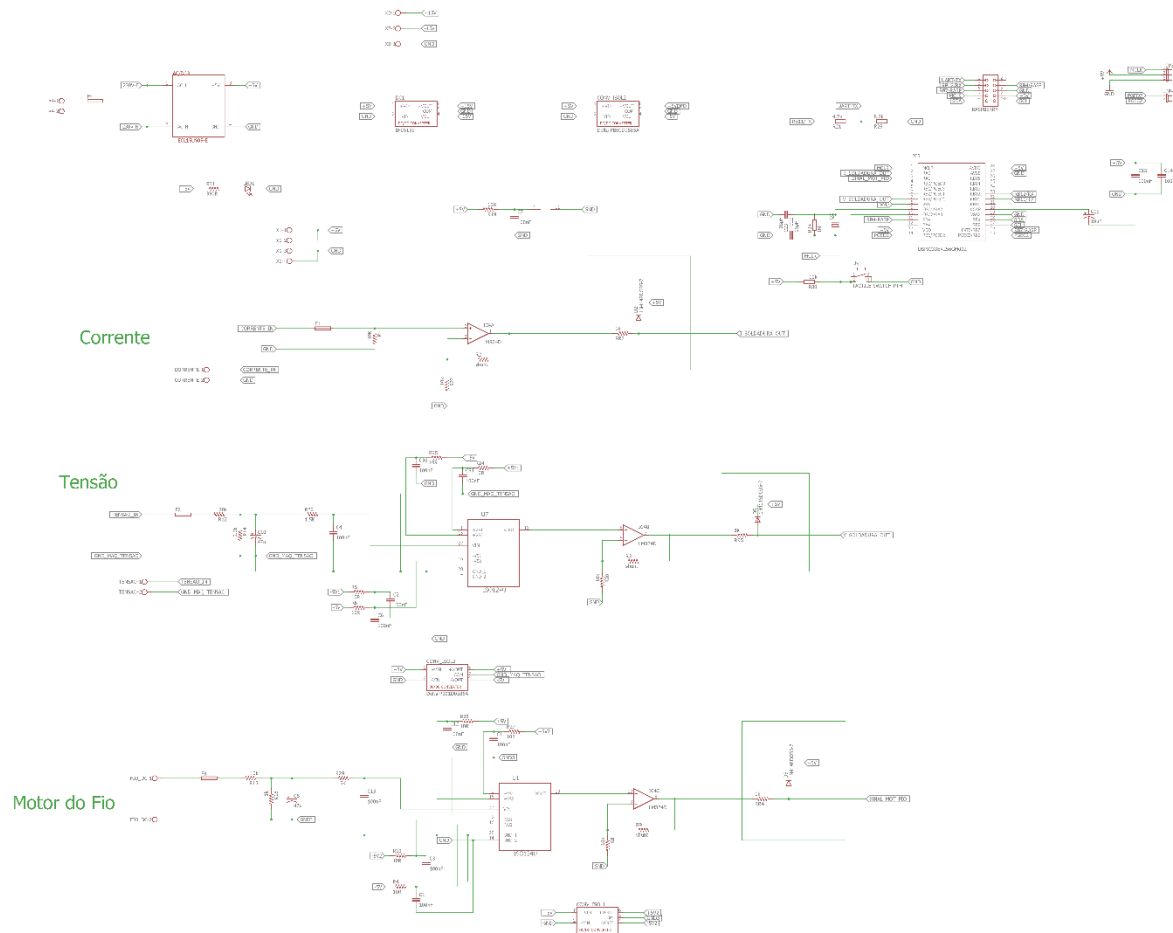


Figura 45 - Circuito final da semiautomática Electro-Portugal

4.6 Programação Final

Após algumas alterações executadas nas placas e solucionando os erros que se foram verificando também foi necessário alterar a programação de alguns dispositivos.

4.6.1 O dsPIC 33EV256GM002

A necessidade de alterar o microcontrolador para o *dsPIC* (desenhado para ambientes industriais) fez com que se tivesse de voltar a reprogramar o código. A programação do

dispositivo microcontrolador anteriormente usado foi desenvolvida através do software *mikroC Pro*, e esta alteração obrigou à reescrita do código no software MPLAB X por haver incompatibilidade com os microcontroladores.

De um modo geral o código é semelhante ao anterior, contudo a comunicação com o *Raspberry* passou a ser feita através do protocolo de comunicação I²C onde são enviados, os valores médios referentes à corrente, tensão e velocidade do fio (Figura 46). A conversão desses valores cabe ao *Raspberry*.

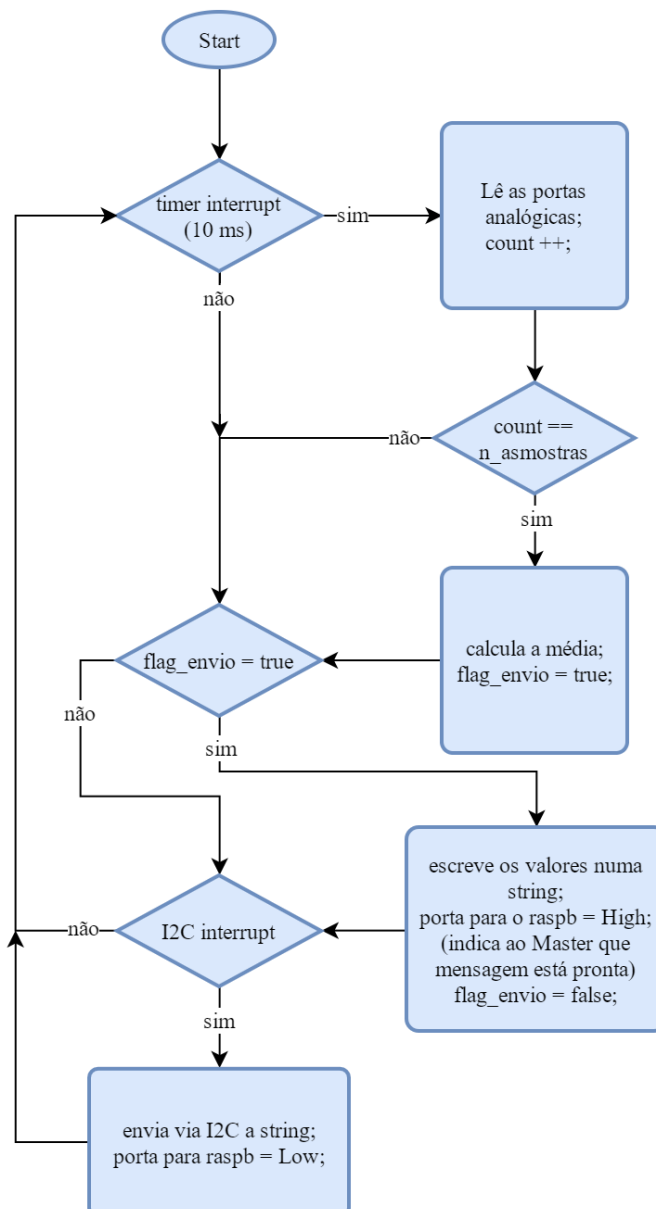


Figura 46 - Fluxograma do dsPIC

4.6.2 Raspberry Pi

Uma parte da alteração de código foi referente à comunicação entre este dispositivo e o servidor. Quando o operador passa o cartão no leitor RFID, o *Raspberry* envia o número do cartão para o servidor e espera pela resposta. Essa resposta contém o nome e número do operador, as referências das peças em curso, as tarefas e o tempo previsto para as terminar. O operador tem a liberdade de selecionar a referência e a tarefa mais conveniente. Após essa seleção é indicado quanto tempo tem para executar a tarefa.

Todos estes dados são apresentados num display novo da *4DSystems* para o qual também foi necessário desenvolver novas funções de raiz. O fabricante dispõe de bibliotecas, porém estas estão escritas numa linguagem de programação diferente da qual foi utilizada.

O fluxograma apresentado na Figura 47 traça a rotina relativamente às comunicações entre os microcontroladores, *Raspberry Pi* e servidor.

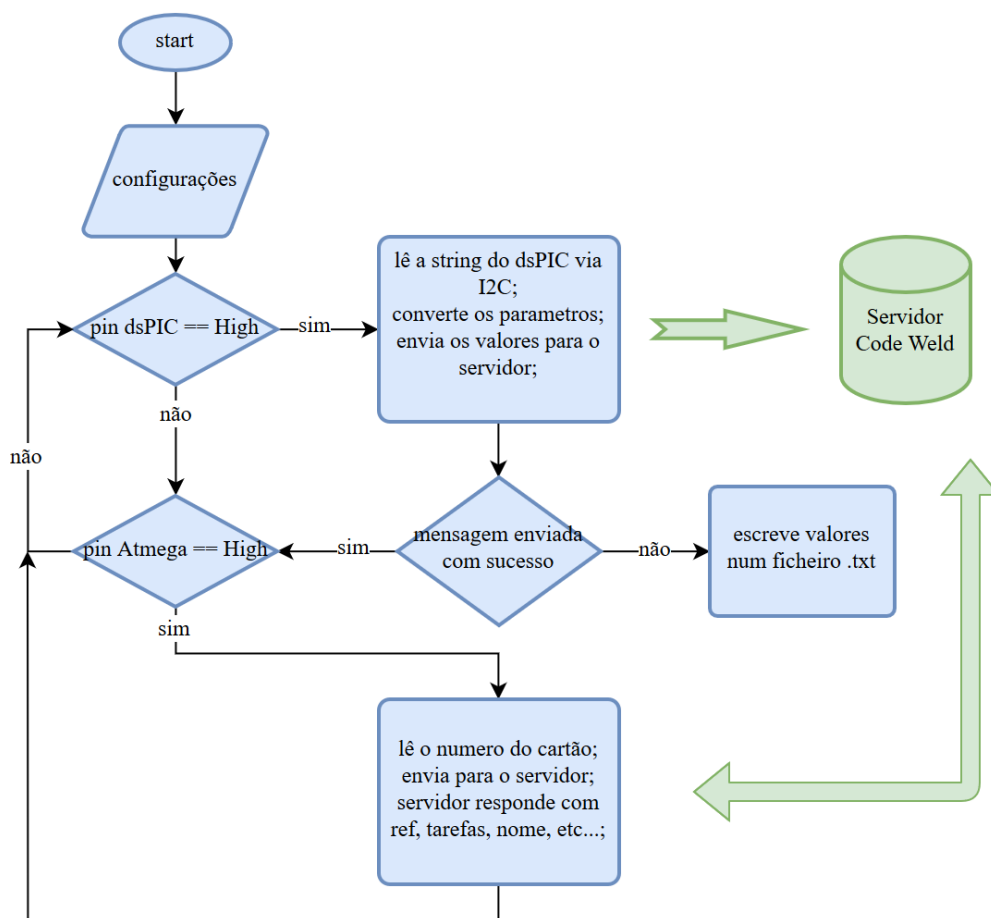


Figura 47 - Fluxograma do Raspberry Pi

4.6.3 u24LCD

Foi desenvolvido uma interface gráfica para o display u24LCD do fabricante *4DSystems*. Este display veio substituir o LCD 20x04 por ter uma resolução bastante superior e também para dar um aspeto mais atraente ao protótipo. Os displays deste fabricante têm a particularidade de funcionar como *Serial Slave*, ou seja, os comandos são enviados através do protocolo série.

Com a alimentação do protótipo o display arranca com o logotipo deste projeto, como ilustra a Figura 48.

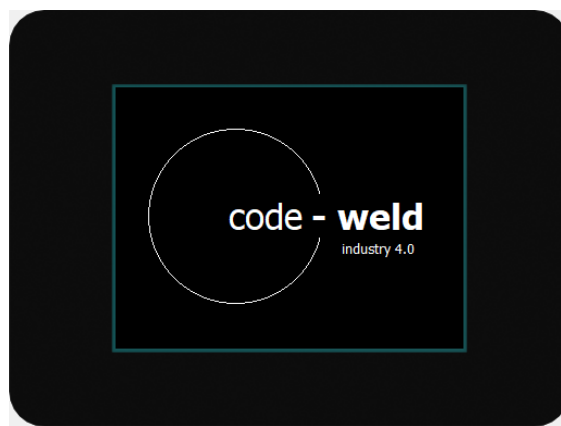


Figura 48 - Arranque do protótipo

Após o *Raspberry* iniciar e executar o programa “code-Weld”, o ecrã muda para o menu inicial de modo a indicar que o protótipo se encontra operacional (Figura 49). Nesse menu são listadas todas as opções que o operador à sua disposição:

- RFID – entrada do operador
- Ter_RFID – saída do operador
- Obra – seleção da referência da peça a operar
- Tarefa – seleção da tarefa
- Running – output dos valores monitorizados
- Shutdown – encerrar o protótipo

Através das setas (botões no tampo da caixa) é possível navegar entre os vários menus e seleccionar a opção pretendida (Figura 50).

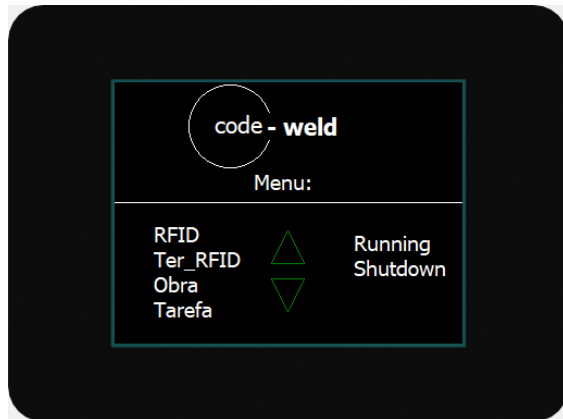


Figura 49 - Menu inicial

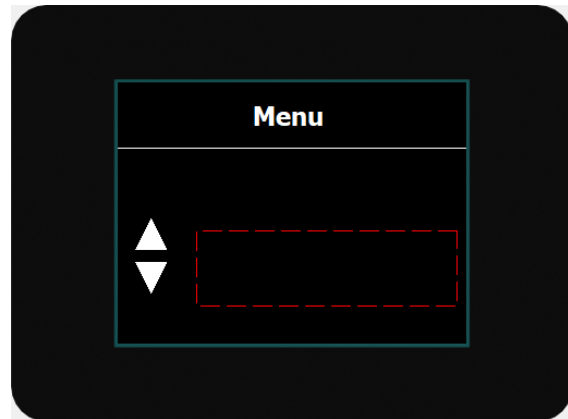


Figura 50 - Seleção de menus

O operador da máquina de soldar tem como primeira tarefa passar o cartão no leitor RFID em cada início de turno. Para tal, seleciona-se o menu “RFID” (Figura 51), passa-se o cartão no leitor e carrega-se “confirmar”.



Figura 51 - Menu RFID

Com a confirmação da identidade, o operador prossegue para o menu “Obra” (Figura 52) onde são-lhe apresentadas as referências das peças específicas para o tipo de máquina em que vai soldar.

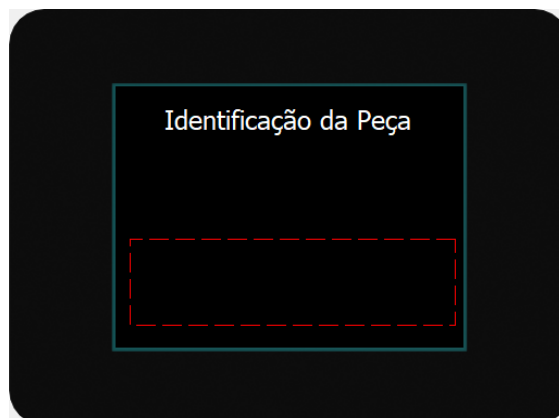


Figura 52 - Seleção da peça

Após a seleção da peça o operador tem de escolher a tarefa que pretende executar (Figura 53). As opções que lhe são apresentadas dizem respeito à peça em que esta operar. Com a confirmação da tarefa é apresentado ao operador, por cinco segundos, o tempo que tem para executar a peça seleccionada (Figura 54).



Figura 53 - Seleção da tarefa

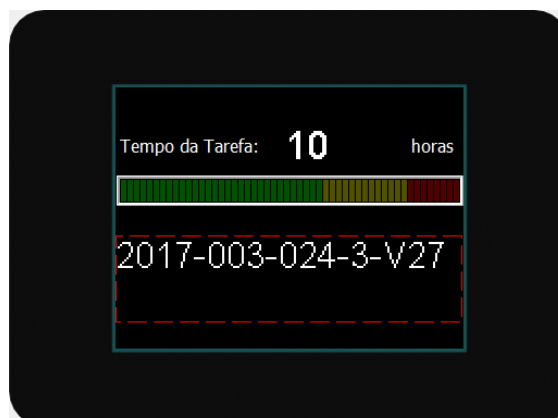


Figura 54 - Tempo da tarefa referente à peça seleccionada

No menu “Running” são devolvidos os valores, em tempo real, dos parâmetros que se estão a monitorizar (Figura 55). Este menu serve para *debugging* e não é utilizado pelos operadores, embora possam aceder-lhe sem qualquer obstrução.

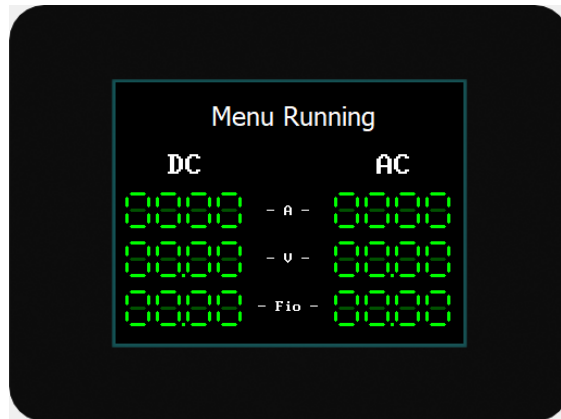


Figura 55 - Menu Running

Sempre que se pretende desligar o protótipo é necessário encerrar o *Raspberry Pi* em segurança para que os dados e o sistema operativo não sejam corrompidos. Para tal selecciona-se o menu “Shutdown” e pressiona-se o botão “OK” como ilustra a Figura 56.

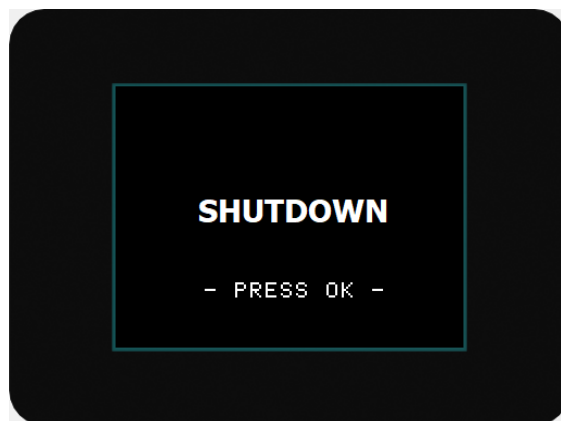


Figura 56 - Encerramento do protótipo

4.7 Replicação e Instalação dos dispositivos

Com os protótipos finalizados e operacionais procedeu-se à sua instalação. Esta foi uma tarefa exigente pois as instalações dos dispositivos teriam de ser programadas de forma a interferir o menos possível com o plano de produção das torres eólicas e para evitar danificar algum aparelho, uma vez que os sinais são lidos diretamente das máquinas.



Figura 57 - Protótipo Code Weld versão final

Para garantir a fiabilidade da comunicação wireless foram instalados três AP's (*Access Point*) ao longo da fábrica.

Inicialmente existia algum receio de que existissem algumas falhas na comunicação wireless, devido à poluição do meio envolvente, com radiação eletromagnética emitida pelas máquinas de soldar, e das estruturas metálicas repercutirem o sinal.

Pode-se afirmar que não existiu qualquer problema relacionado com a rede Wi-Fi e que as comunicações fluem como desejado.

A Figura 58 ilustra a planta da fábrica VAM, a localização dos AP's e as máquinas de soldar (pontos a vermelho).

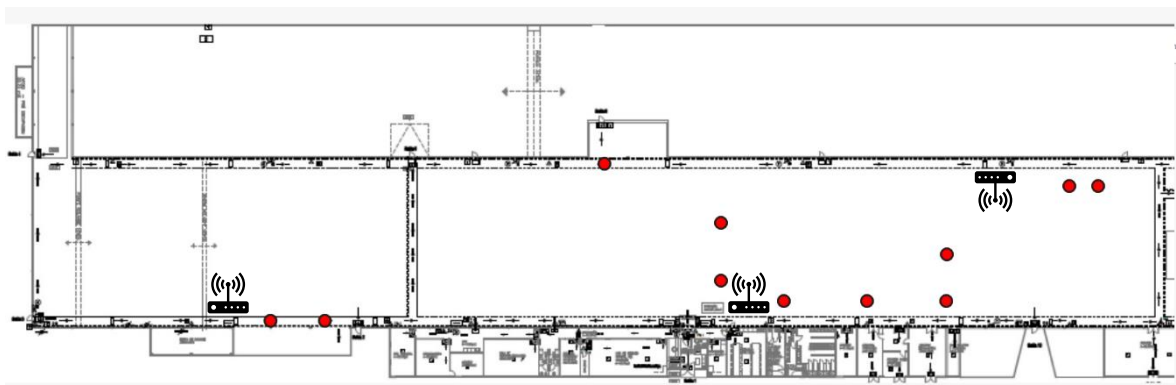


Figura 58 - Planta da fábrica VAM

Foram aplicadas nas 11 máquinas de soldar os dispositivos de monitorização: em 4 cristos *Miller* (Figura 59), em 4 cristos *Esab* (Figura 60), em 2 semiautomática *Kemppi* (Figura 61) e por ultimo um dispositivo na semiautomática *Electro-Portugal* (Figura 62).



Figura 59 - Miller



Figura 60 - Esab



Figura 61 - Kemppi



Figura 62 - Electro-Portugal

5 Processo de produção PCB's

Uma das funções realizadas no estágio consistiu na produção de placas de circuito impresso, também designadas por PCB's (*Printed Circuit Board*), sendo uma constante em todos os projetos que envolvem eletrónica.

Este capítulo relata todos os passos utilizados no LINE, desde a sua projeção até ao produto/placa final.

5.1 Photoplotter

Em primeiro lugar desenha-se o circuito num programa de desenho indicado para PCB's. O programa utilizado pelo LINE é o "EAGLE" da empresa "CadSoft Computer GmbH". Após a finalização do desenho prossegue-se à geração dos ficheiros *Gerber*. Neste ponto é crucial ter em atenção que o ficheiro referente ao *Top*, do circuito quando se trata de uma placa de dupla face seja gerado em *mirror*, para que o fotolito fique com a face colorida encostada à placa no processo de insolação.

Através do programa "Gerber2Bitmap", é necessário importar os ficheiros *Gerber* (ficheiros **.cmp** (*Top*) e **.sol** (*Bottom*)), e coloca-los na posição vertical (consoante o espaço). Este é modo mais rápido para esta ação visto que a revelação efetuada na *photoplotter* se faz de forma horizontal (da esquerda para a direita). Posteriormente deve-se exportar o ficheiro e guarda-lo como **.fpf**.

Seguidamente importa-se esse mesmo ficheiro para o programa "Runphoto" para gerar um "USB key file" (**.fp2**). Quando se pretende revelar as pistas opta-se pela opção negativo, no caso de se tratar da *soldermask* a impressão deve ser em positivo. Quando se coloca o fotolito na *photoplotter* (Figura 63) tem de se ter atenção que o lado onde se encontra a "tinta" deve ficar virado para a parte superior.

Todo o processo de impressão e revelação tem de ser concretizado numa câmara escura, com luz apropriada, de modo que as películas fotossensíveis não sejam danificadas através da luz UV (ultravioleta).

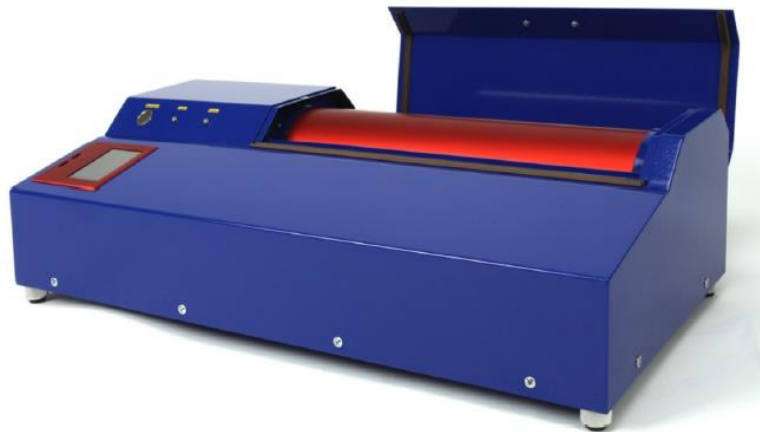


Figura 63 - Photoplotter

Após a *photoplotter* terminar o seu processo é necessário mergulhar o fotolito no revelador (Figura 64) (primeiro tanque) durante um mínimo de dois minutos; de seguida passar por água para retirar o revelador (segundo tanque); mergulhar no fixador (terceiro tanque) e por último voltar a lavar o fotolito (Figura 65 e Figura 66) com água para retirar o fixador. Só depois da execução deste último passo é que o fotolito passa a ser insensível à luz UV, permitindo que seja retirado da câmara escura.

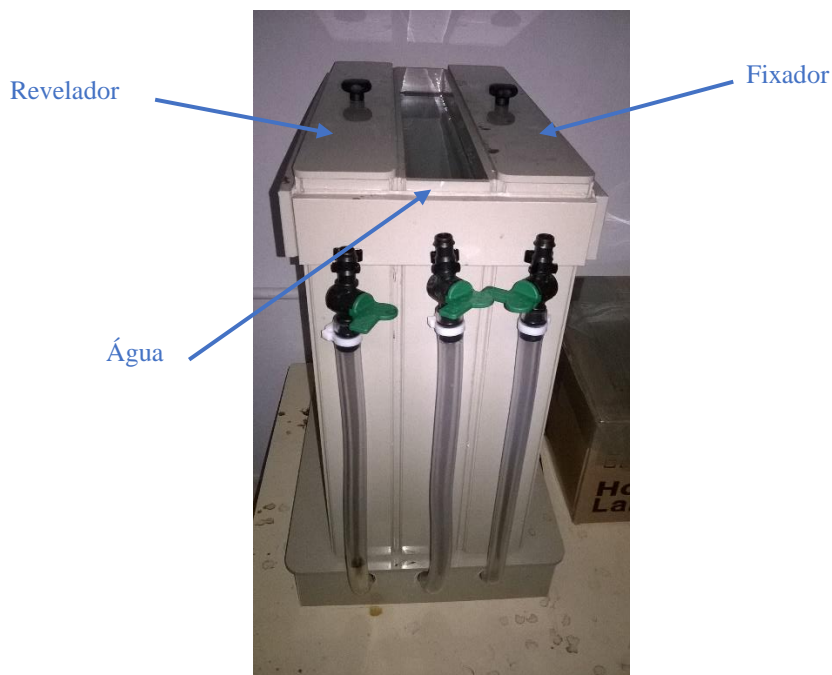


Figura 64 - Tanques de revelação dos fotolitos (câmara escura)

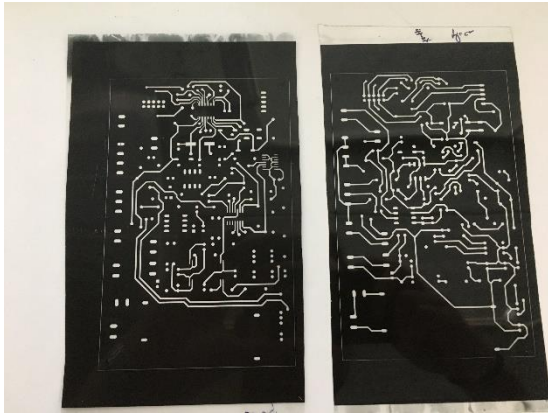


Figura 65 - Fitolito do circuito (em negativo)

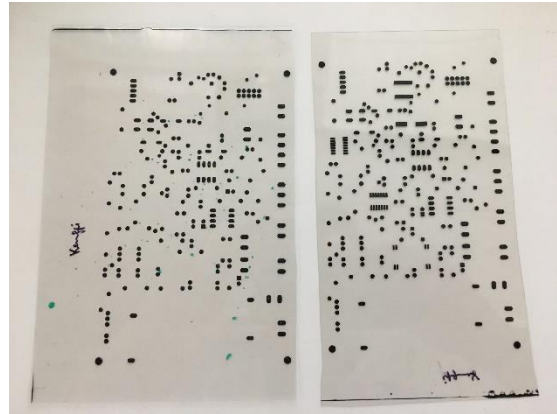


Figura 66 - Fitolito dos PADs para a soldermask

5.2 Fresadora CNC

Este é um processo que pode ocorrer em simultâneo ao procedimento efetuado pela *Photoplotter*, diminuindo o tempo total de produção da placa.

A furação é realizada numa fresadora CNC (Computer Numeric Control) da empresa LPKF, como se ilustra na Figura 67. Com esta máquina, para além da furação (Figura 68), também é possível elaborar imediatamente a placa final, sem passar por qualquer outro processo. Isto é possível porque, dá-se o desbaste do cobre que não é necessário para o circuito, mesmo quando se trata de placas de dupla face. Esta opção reduz substancialmente o tempo de produção, mas por outro lado as brocas sofrem um desgaste intenso o que aumenta o seu custo. Por isso, só se adota esta opção quando a placa em curso é muito pequena ou a necessidade da mesma é imediata.



Figura 67 - CNC de PCB's

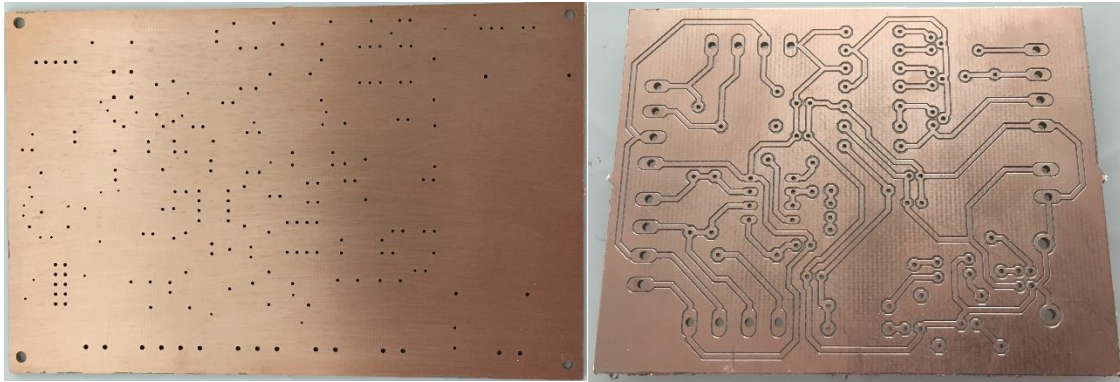


Figura 68 - PCB perfurada (esquerda) e circuito fresado (direita)

5.3 Metalização

Caso seja necessário, o passo seguinte é a metalização dos furos usando uma máquina própria para o efeito (Figura 69). Este passo está restrito apenas a placas de duas faces e cujo passo anterior tenha sido exclusivamente a perfuração; caso contrário, a metalização curto-circuita as pistas e a placa fica inutilizável. Sendo este um processo igualmente moroso, é recomendável que as placas em produção possuam várias vias (shunt de uma face para outra).



Figura 69 - Máquina de Metalização

Este processo divide-se em cinco fases diferentes que correspondem igualmente à numeração dos tanques. Em cada fase é necessário mergulhar a placa no respetivo tanque, deixando correr o processo indicado pela máquina.

O conteúdo dos tanques é o seguinte:

- Tanque 1: *Cleaner 110*
- Tanque 2: Banho de aspensão
- Tanque 3: *Cleaner 210*
- Tanque 4: *Activator 310*
- Tanque 5: *Copper Plater 400*

Tabela 4 - Fases do processo de metalização

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 2	Fase 4	Fase 5
- Mergulhar;	- Lavagem; - Secagem; - Lavagem com água destilada.	- Mergulhar	- Lavagem; - Secagem; - Lavagem com água destilada.	- Mergulhar; - Remover o excesso com uma espátula; - Secar.	- Ajustar a corrente consoante as dimensões da placa; - Mergulhar; - Lavar com água destilada; - Limpar com Máq. de rolos abrasivos.

Por cada 100 cm² de área é necessário 1 ampere de corrente.

O calculo da corrente é efetuado através da seguinte forma:

Uma placa com o tamanho A4: 200mm x 300mm = 60 000mm² = 600 cm²

Área da superfície = dupla face = 600 cm² x 2 = 1200 cm²

1200 cm² – 10% (até -20%) = aprox. 10 A

Corrente a ajustar = 10 A

Corrente máxima de ajuste =25 A

O manual de instruções recomenda a redução da corrente entre 10% a 15%. Isto assegura uma superfície mais uniforme.

5.4 Lavagem de placas

A limpeza das placas é um passo importante. Ao limpar as placas expurga-se os resíduos de cobre que possam ter ficado de procedimentos anteriores, de modo a evitar problemas relacionados com gorduras ou sujidade no restante processo. É feita através de uma máquina com rolos abrasivos (Figura 70) e logo que se verifique sujidade; principalmente após a metalização dos furos ou posteriormente à revelação (remoção do cobre). Este passo não se aplica a placas que já tenham a *soldermask* ou componentes.



Figura 70 - Máquina de limpeza das PCB's com rolos abrasivos

5.5 Máscara

Para fotossensibilizar a placa de cobre é fundamental laminá-la (Figura 71) com uma película fotossensível. Este passo é indicado tanto para o circuito como para a *soldermask* embora aplicando películas de características diferentes.

Após laminar a placa procede-se ao seu alinhamento com o fotolito e à consequente colocação na insuladora (Figura 72), para ser exposto à luz ultravioleta.

Um dos métodos usados para a confirmação de uma boa fotossensibilização é a observação da resposta da placa à radiação UV, pois esta reage com a parte da película que não seja protegida pelo fotolito.

O tempo de exposição da placa à radiação UV é de cerca de 40 segundos para o circuito, e cerca de 120 segundos para a *soldermask*.

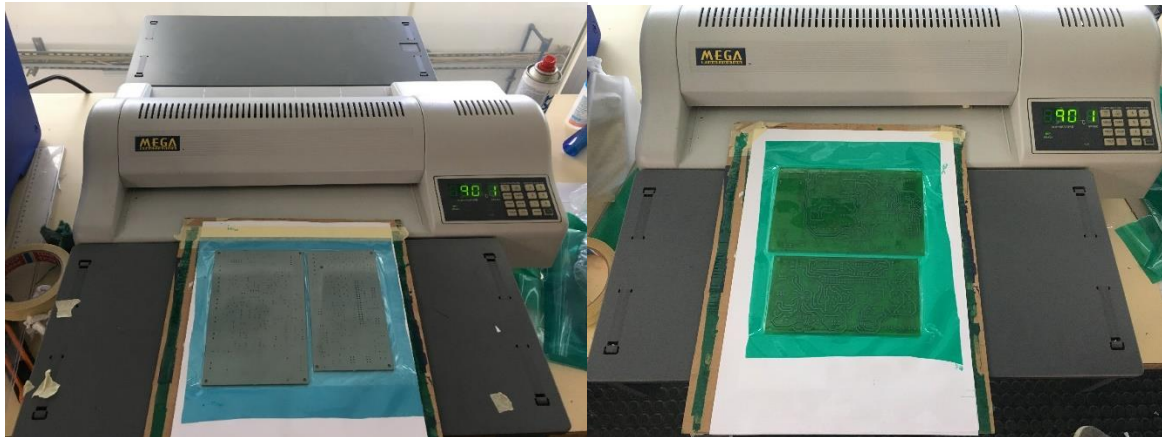


Figura 71 - Laminadora com películas circuito (esquerda) e soldermask (direita)



Figura 72 - Insuladora

5.6 Revelação

Com a placa fotossensibilizada, esta aplica-se no tanque com o revelador (Figura 73) durante o tempo mínimo de um minuto. O revelador retira toda a película que não foi queimada através da luz UV, deixando apenas a parte sensibilizada que se emprega no

circuito e na *soldermask*. De seguida retira-se o cobre usando percloroeto de ferro, deixando-o atuar até que todo o cobre nu seja removido (Figura 74). Com a placa terminada é necessário retirar a película fotossensibilizada, que protege o cobre do ácido.



Figura 73 - Tanques de revelação e limpeza de PCB's



Figura 74 - Máquina de remoção do cobre (percloroeto de ferro)

A Figura 75 ilustra a placa de circuito impresso após ter sido mergulhada no tanque da limpeza. Esta placa encontra-se finalizada.

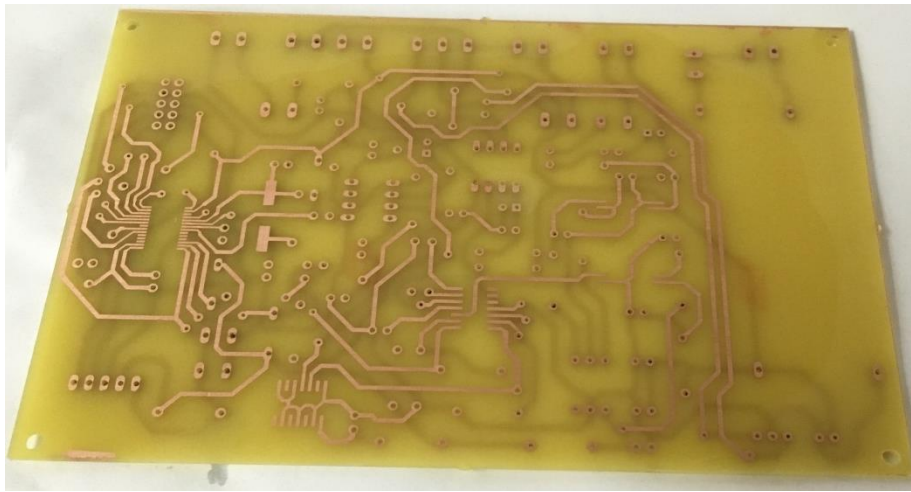


Figura 75 - PCB final

5.7 Soldermask

A *soldermask* é produzida usando os mesmos processos que a produção do circuito. Depois da remoção das partes não queimadas da *soldermask*, através do revelador, a mesma tem de ser “cozida”. Isto é um processo que pode ser realizado de duas formas. A primeira, usando um forno de SMDs ProtoFlow (Figura 76), da empresa LPKF, levando a *soldermask* a cozer durante cerca de uma hora, a 100 °C. Ou ainda, colocar dentro de uma insuladora durante 30 minutos. Ambas as soluções são corretas.

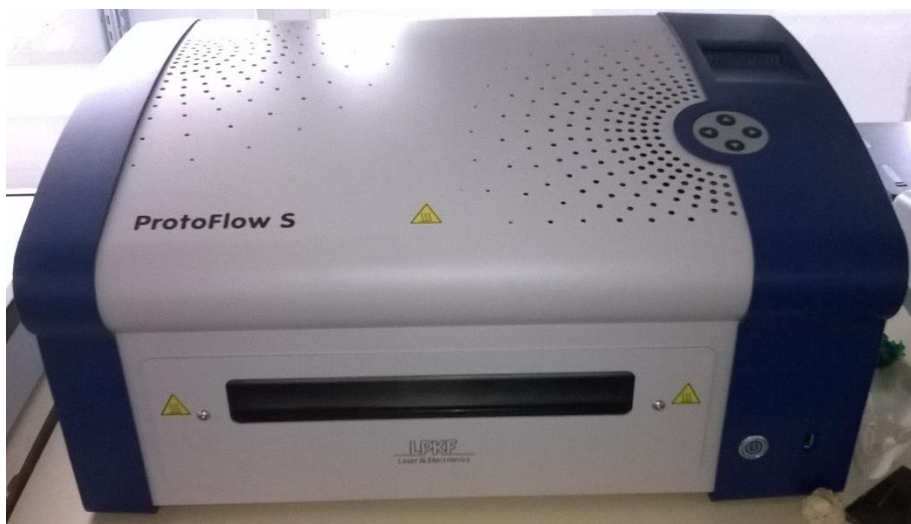


Figura 76 - Forno de SMD's

A Figura 77 representa uma placa de circuito impresso com *soldermask*, após a cozedura.

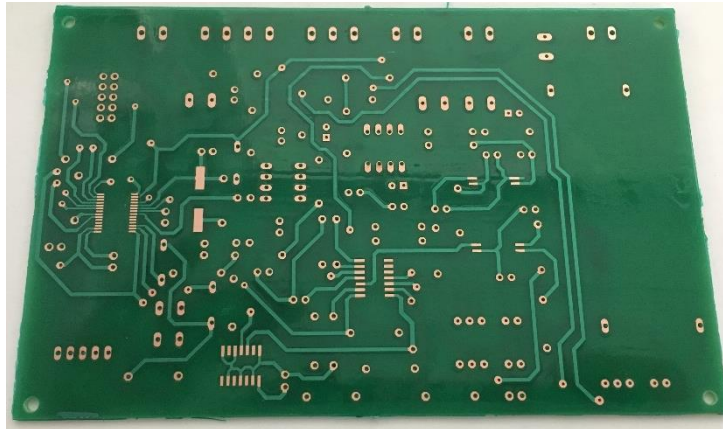


Figura 77 - PCB final com soldermask

5.8 Estanhagem

Este é o ultimo passo a ser executado posteriormente à *soldermask*, permitindo que apenas os *pads* fiquem estanhados. Se o estanho for aplicado sem a *soldermask* todo o cobre fica estanhado.

Antes da estanhagem em concreto, é necessário colocar o *flux*. Este pode ser aplicado com o auxílio de um pincel diretamente na placa, ou então, esta pode ser mergulhada num tabuleiro com *flux*, permitindo a dispersão do mesmo.

Este é um passo nem sempre necessário, mas ajuda a impedir a oxidação do cobre e facilita a soldadura efetuada, tanto através do ferro de soldar como através do uso do forno, dos componentes *SMDs*.

A Figura 78 ilustra a máquina utilizada para a estanhagem das PCB's.



Figura 78 - Máquina de estanhagem das PCB's

6 Outros Projetos

Neste capítulo serão descritos, de forma sucinta, alguns dos projetos onde colaborei na forma de prestação de serviços. Alguns deles ainda numa fase inicial, outros numa fase mais avançada.

6.1 Máquina de corte de queijos

A H.JDP é uma das empresas localizada nas instalações da TAGUSVALLEY, no edifício incubador da INOV'POINT. A sua área de atividade é o fabrico de diversas peças metálicas (serralharia), direcionadas para a indústria alimentar.

Ao LINE foi solicitado o desenvolvimento de todo o processo de automação (autómatos, sensores, pneumáticos etc.) a ser aplicado numa máquina de corte de queijo, que a empresa pretendia construir.

No início do estágio a máquina (Figura 79) já se encontrava nas instalações do cliente (em Mação), embora ainda não estivesse operacional devido ao facto da programação dos autómatos não ter sido realizada até ao momento, trabalho que iria competir ao LINE, como foi referido anteriormente.

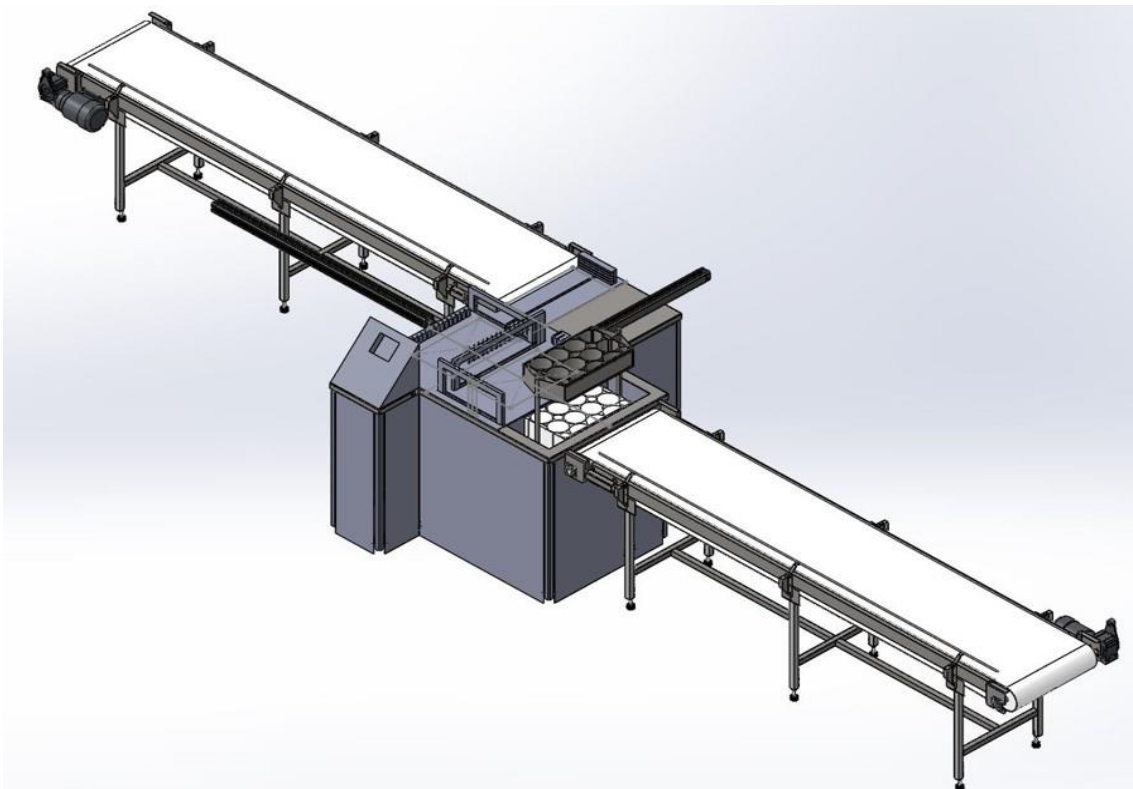


Figura 79 - Máquina de corte de queijos versão inicial

Durante o estágio foram feitas várias alterações e ajustes à máquina, tanto na secção de automação como de serralharia. Serão apenas descritas as modificações que competem ao LINE.

Para iniciar este projeto foi necessário acompanhar a programação do autómato e afinação da máquina, de modo a perceber o seu funcionamento e proceder à elaboração do código do autómato com maior precisão. Esta foi uma tarefa duradoura porque todo o código do autómato foi elaborado sem a possibilidade de o testar, pois o cliente exigia que a máquina permanecesse nas suas instalações mesmo não estando operacional. Esta situação alongou bastante a concretização do projeto devido às várias deslocações realizadas para cada ajuste.

A estrutura da máquina apresenta dois tapetes rolantes. Um no início, que serve para alimentar a máquina com blocos de queijo, e outro no fim do processo para escoar o produto cortado. Possui cinco cilindros pneumáticos direcionados para o corte do queijo e dois sensores capacitivos para detetar o queijo (Figura 80). Todos os cilindros pneumáticos utilizados são do tipo 5/2, isso indica que detém duas entradas/saídas de ar, mantendo o estado da posição mesmo que não seja alimentado com ar. O processo é comandado através de um autómato da Siemens modelo S7-1200 e um HMI também do mesmo fabricante, ambos utilizam o protocolo ProfiNet para comunicarem entre si.

A alimentação do equipamento é efetuada através do primeiro tapete rolante que leva o bloco de queijo até ao sensor capacitivo 1. Assim que o sensor deteta o queijo, o cilindro 1 avança, empurrando-o contra uma cassete com três fios de aço dispostos na horizontal (com um espaçamento de 33mm entre eles). É através dessa cassete, e com a pressão que o cilindro 1 exerce, que o fatiamento do bloco de queijo é realizado. Com o cilindro 1 esticado, o sensor capacitivo 2 deteta o bloco fatiado. Nesta altura, o cilindro 2 empurra o bloco de queijo para uma posição abaixo do molde e seguidamente recua. Com o queijo debaixo do molde e o cilindro 2 recuado ambos os cilindros, 4 e 5, descem cortando o bloco fatiado em pequenos queijinhos redondos. Após o último corte os dois cilindros voltam a subir e o cilindro 2 volta a empurrar os queijos para o segundo tapete rolante. O cilindro 3 é utilizado quando o aparelho tem como objetivo cortar o queijo em cubos. Nesta opção os passos até ao cilindro 3 são os descritos anteriormente. Com o cilindro 2 a empurrar o bloco fatiado até à frente do cilindro 3, o mesmo irá empurrar o bloco contra

uma segunda cassete, desta vez com os fios de aço na vertical, cortando assim os queijos em cubos.

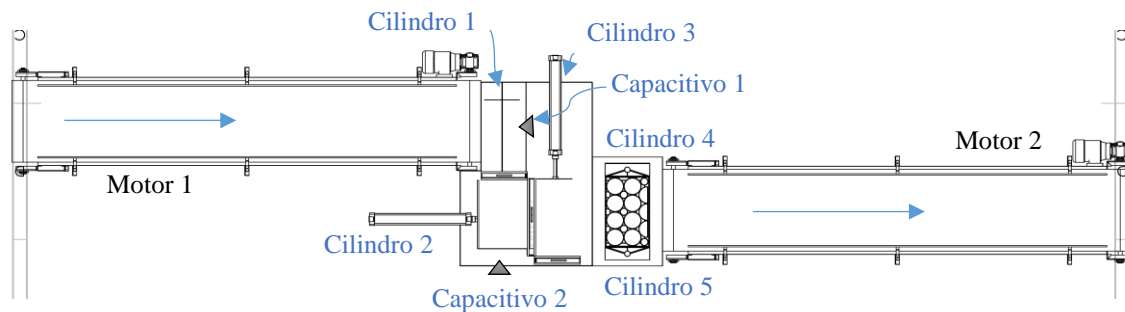


Figura 80 - Máquina de corte de queijos

Após os primeiros ensaios aferiu-se que no último passo, no corte com o molde, as fatias que ficavam por baixo, eram ligeiramente esmagadas com a pressão exercida através dos cilindros. Isto resultava num corte cónico das fatias que se encontravam numa posição mais abaixo. Posto isto, optou-se por interromper o ciclo e colocar manualmente fatia a fatia, depois de ser cortada pela cassete.

Com os cortes contínuos notou-se que os dois cilindros 4 e 5 não detinham força suficiente para cortar o bloco completo devido à sua espessura. Para solucionar este pequeno problema foi construída uma estrutura, colocada por cima do molde, para suportar um cilindro extra que auxiliará no momento do corte. Com esta alteração foi também necessário acrescentar duas barreiras de infravermelhos (Figura 81) antes e depois do molde, para interromper o processo sempre que, na etapa do corte, as mesmas detetassem uma presença, visando a segurança dos operadores.



Figura 81 - Máquina queijo

Na intervenção que se seguiu procurou resolver-se a situação descrita anteriormente, relativa à colocação manual de cada fatia de queijo, na etapa de corte com molde. Perante isto, instalou-se um cilindro elétrico antes da etapa do corte pelo molde. Para a sua instalação optou-se por cortar a base antes do molde e colocar-se o cilindro elétrico imediatamente abaixo formando uma plataforma elevatória (Figura 82).

Com esta modificação o processo ficou totalmente automatizado. Atualmente o cilindro 2 empurra o bolco fatiado para a plataforma e a mesma desce, possibilitando que só uma fatia de queijo fique ao nível da superfície do molde. Logo que a fatia se encontrar ao mesmo nível, o cilindro 2 empurra-a para ser cortada.

Posteriormente foi necessário operar uma reordenação do quadro elétrico de modo a incluir o controlador do cilindro elétrico. Esse controlador recebe os comandos a executar através do autómato, que usa o protocolo de comunicação ProfiNet para o envio das mensagens. Aproveitou-se também esta intervenção para a substituição da cabelagem de alguns equipamentos que estavam ligados através de fios, e que agora estão conectados através de cabos.



Figura 82 - Máquina de corte de queijo plataforma elevatória

A Figura 83 ilustra a interface da máquina onde é apresentado o menu principal. Este possibilita escolher vários modos de operação, como: automático, semiautomático, manual; ou apenas a ativação do tapete rolante que escoo o produto.



Figura 83 - HMI da maquina de corte de queijo

6.2 WALC

Atendendo à solicitação da empresa AMITRONICA, Lda. para o desenvolvimento de um novo produto, denominado WALC - Wireless Auto Learning Console. O LINE comprometeu-se com os seguintes objetivos para o desenvolvimento de um protótipo de uma consola para interligação de diferentes tecnologias de comunicação sem fios.

O desenvolvimento deste protótipo envolve a conceção, prototipagem e programação de *software/firmware* e foi dividido em três diferentes fases.

Fase I - Validação e definição de tecnologias a implementar

Fase II - Desenvolvimento de protótipo

Fase III - Construção e avaliação do protótipo

Tabela 5 - As Fases do Projeto WALC

Fases	Ações
Fase I	Investigação e definição de tecnologias de comunicação de dados sem fios a implementar; Validação do funcionamento em simultâneo das tecnologias de comunicação de dados sem fios definidos.
Fase II	Desenvolvimento de hardware para o protótipo da consola que integre a comunicação com as diferentes tecnologias de dados sem fios; Primeira abordagem de desenvolvimento de <i>firmware</i> para integração com protocolos de comunicação das tecnologias de dados sem fios definidas e interpretação de protocolos de comunicação para parametrização de funções; Prototipagem de interface com utilizador.
Fase III	Construção da primeira versão do protótipo para validação do conceito.

Na primeira fase foram estudados um conjunto de tecnologias de comunicação sem fios que poderiam vir a ser implementadas (Wi-Fi, Bluetooth, *LoRa*, *ZigBee*, entre outros). As tecnologias foram alvo de análise para aferir o comportamento aquando do funcionamento/implementação em simultâneo. Também foram alvo de estudo um conjunto de protocolos de comunicação (*Thread*, *OpenWrt*, *Ubuntu Core*, *Zerynth* entre outros) e

fabricantes que disponham dessas tecnologias. Foi elaborado um documento a apresentar toda a investigação realizada (Figura 84), indicando duas possíveis soluções. Uma referente à norma 802.15.4 e Bluetooth, outra referente à norma 802.11 e Bluetooth.

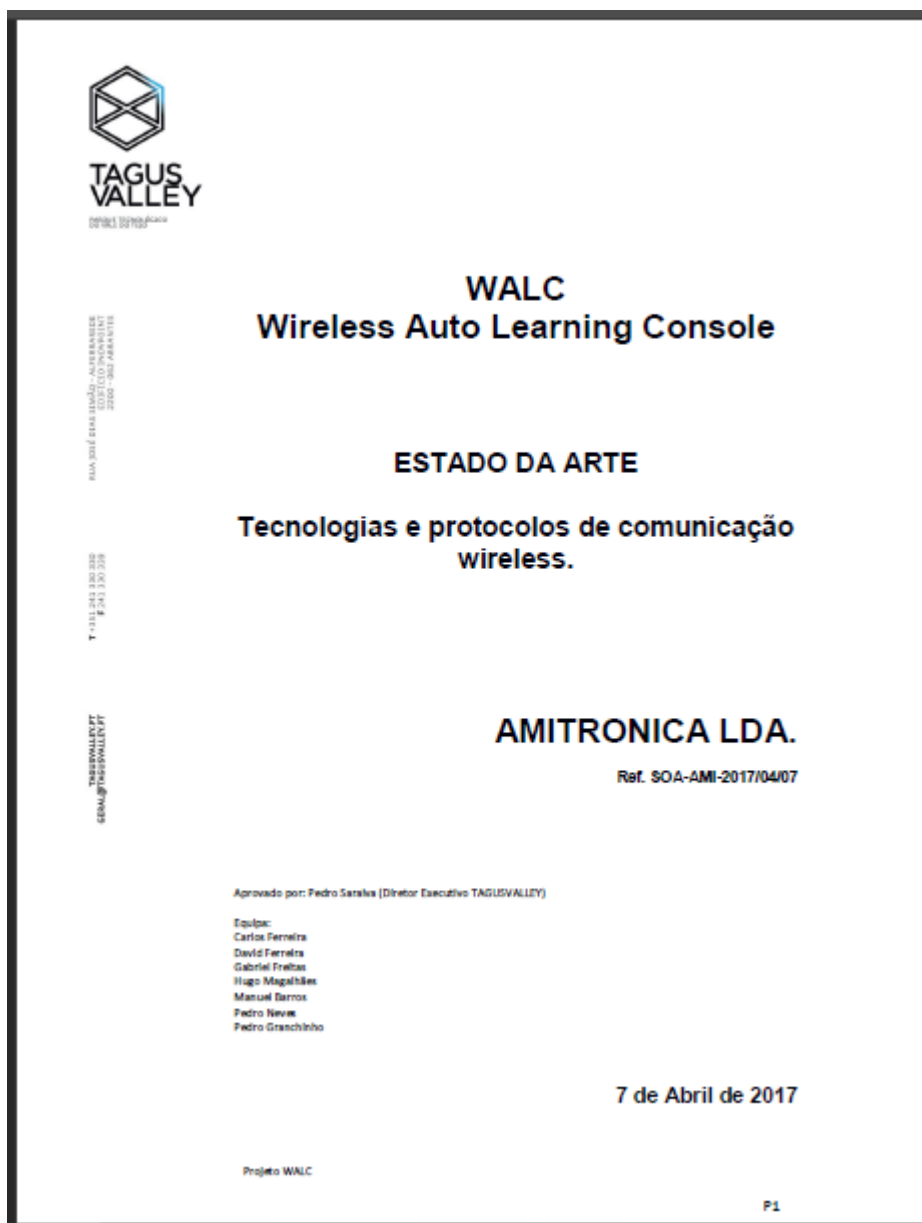


Figura 84 - Primeira página do documento apresentado à empresa Amitrónica

A primeira solução apresentada contempla a implementação de comunicação wireless Bluetooth e comunicação wireless assente na norma 802.15.4.

Para esta solução o fabricante NXP possuem famílias de microprocessadores e SOC's com as tecnologias acima mencionadas e para as mais diversas aplicações formando redes

Mesh, e podendo ser implementado o protocolo de comunicação *Thread* e sistemas operativos Linux (ex. Ubuntu Core).

Uma solução alternativa será o desenvolvimento de uma consola que faça uso da norma de comunicação wireless 802.11 e Bluetooth. Para esta solução tanto a Texas Instruments como a Cypress apresentam soluções competitivas.

A solução da Texas Instruments tem disponíveis módulos para se iniciar o desenvolvimento (Módulo para ligação direta a um sistema de desenvolvimento BeagleBone Black (Figura 85) que tem disponível um microprocessador Sitara AM335x ARM Cortex-A8), bem como demos já montadas (Figura 86) para se testar e avaliar o seu funcionamento (demos também com a rede *Mesh*).

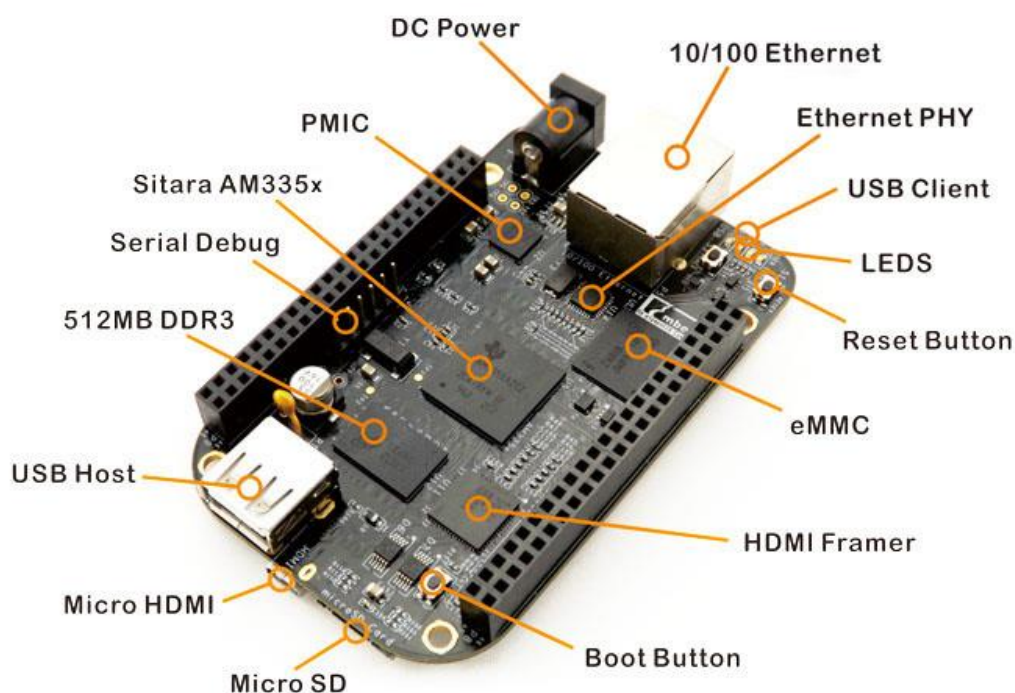


Figura 85 - BeagleBone Black

Todas estas placas permitem reduzir o tempo inicial de desenvolvimento de soluções, pois o *hardware* já se encontra desenvolvido, possibilitando o desenvolvimento paralelo dos circuitos enquanto se realiza o desenvolvimento/programação da arquitetura de funcionamento do protótipo



Figura 86 - Demos da Texas Instruments

Finalizado o relatório, surgiu um novo dispositivo no mercado que até à data era inexistente. Trata-se de um produto desenvolvido pelo fabricante coreano Samsung, designado por ARTIK (Figura 87) direcionado para o IoT (*Internet of Things*). Este, ainda que não constasse no relatório inicial, foi apresentado em reunião, além de outros equipamentos referentes a este projeto.

Deste encontro pode aferir-se que, tanto a solução inicialmente desenhada para os dispositivos da Texas Instruments como para os da ARTIK, são as que melhor se enquadram para a concretização deste projeto.

Ao LINE cabe prosseguir para a segunda fase do projeto, elaborando as duas soluções destacadas, testando-as em ambiente real.



Figura 87 - Placa de desenvolvimento ARTIK 710

A primeira abordagem de desenvolvimento do *software/firmware* terá o objetivo de gerir o fluxo de comunicações das diversas tecnologias e definir algumas tarefas autoconfiguráveis de atuação entre diferentes dispositivos (possibilidade de adicionar módulos intermédios para interface com o protótipo) com recurso à interface do utilizador que será desenvolvida para este protótipo.

6.3 Centimfe

É um projeto que se encontra ainda numa fase muito inicial, no qual ainda não se estabeleceu um protocolo com a empresa onde se pretende instalar estes dispositivos, contudo a empresa mostrou grande interesse nesta solução.

Em princípio o projeto deverá ser realizado em parceria com a empresa SingleCode e está previsto ser estruturado da seguinte forma: o LINE compromete-se a desenvolver os dispositivos de monitorização dos consumos elétricos, em que os dados serão enviados para a base de dados da SingleCode; a mesma trata essa informação e disponibiliza ao cliente. Em síntese, este projeto baseia-se numa estrutura semelhante ao projeto “Code Weld” (já descrito neste relatório), mas com algumas diferenças (Figura 88).

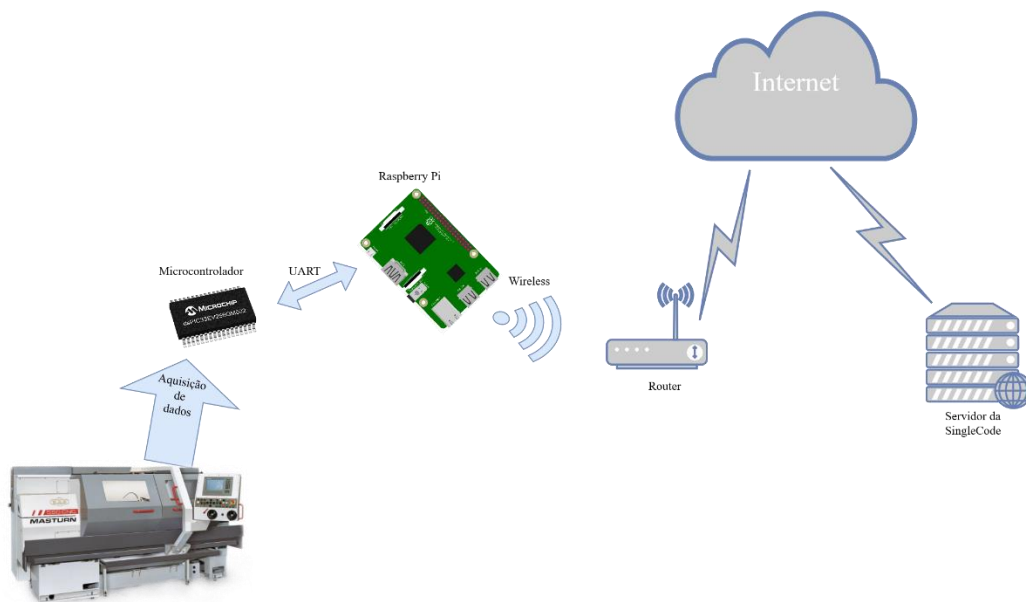


Figura 88 - Estrutura do projeto Centimfe

Os custos destes dispositivos serão assumidos por ambas as partes, LINE e SingleCode, de modo a que a empresa Centimfe pague apenas pelo serviço prestado e

aluguer dos dispositivos. Compromete ser um projeto escalável pois consta numa base não invasiva e não restrita a alguns equipamentos específicos a monitorizar.

O primeiro objetivo será desenvolver um protótipo em que se pretende monitorizar os consumos energéticos de máquinas CNC trifásicas (corrente e tensão). Tal como o projeto “Code Weld”, este visa utilizar métodos não invasivos para a recolha dos dados. A corrente será medida através de um TI (transformador de intensidade) do fabricante YHDC (Figura 89). Estas sondas conseguem medir até 100 amperes, o que corresponde a uma corrente no enrolamento secundário de 50 mA.

Relativamente à tensão, está será medida de forma direta, ou seja, através de amplificadores isolados (os mesmos garantem isolamento galvânico). Este protótipo conta com um microcontrolador da Microchip, um *dsPIC33EV256GM002*, um *Raspberry Pi 3 Model B* e um display OLED de 0.96” (128 por 64 pixels) que servirá para *debugging* (Figura 90), para além dos circuitos integrados e fontes de alimentação necessárias para a monitorização.



Figura 89 - Sonda de Corrente YHDC

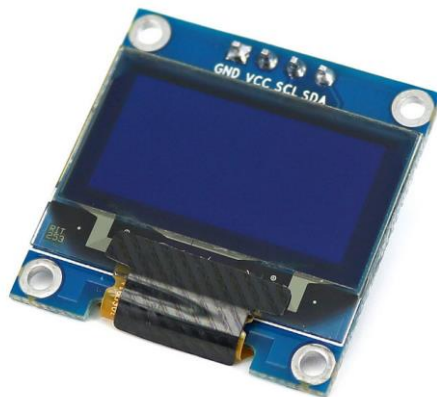


Figura 90 - Display OLED 0.96"

No decorrer do desenvolvimento dos circuitos eletrónicos para o protótipo iniciei a programação do microcontrolador. Foi feita a configuração para uma frequência de amostragem de 1 kHz para a medição das correntes e tensões das três fases, e configuração para o protocolo de comunicação UART. O microcontrolador calcula a média de cada um dos parâmetros após 1000 amostras e envia os dados via UART para o *Raspberry Pi*. O *Raspberry Pi* ao receber os valores, converte-os, imprime-os no display e encaminha-os

para o servidor. Este projeto também irá conter uma UPS para o *Raspberry Pi* de modo a dar tempo ao mesmo de encerrar em segurança sempre que a alimentação do protótipo falte mais do que um minuto. É crucial que o dispositivo faça o encerramento sempre em segurança para que os dados do cartão memória, onde se encontra o sistema operativo e o programa, não sejam corrompidos.

6.4 Aquatropolis

O projeto "Aquatropolis - Intelligent Management System for Sustainable Aquaculture" tem como objetivo criar uma solução tecnologicamente disruptiva e um modelo de negócio inovador que permitirá uma melhoria da gestão, controlo, operação otimizada, inteligente e automatizada de produções aquícolas multitróficas integradas em regime semi-intensivo, com especial enfoque na produção de peixes ósseos (Dourada e Robalo) e macroalgas.

O projeto é promovido em consórcio formado pela Compta, a ALGApplus, a Domática, o Instituto Politécnico de Leiria, o Instituto Politécnico de Tomar e o Tagus Valley [12]. Ao LINE compete desenvolver um sistema de Unidade de Monitorização Ambiental (UMA) e de Unidade de Controlo de Biomassa (UCB).

Unidade de Monitorização Ambiental

O objetivo desta unidade é desenvolver um dispositivo de monitorização ambiental disruptiva, e implementar um método inovador de análise da qualidade da água, através da aquisição de amostras de diferentes “Estações de Trabalho” para um sistema central de sensorização.

Objetivos Específicos:

- Projetar e desenvolver um produto de hardware, respondendo à capacidade de centralizar num só dispositivo toda a capacidade de sensorização;
- O dispositivo/equipamento resultante, deve ser projetado para funcionar com diferentes sondas multi-parâmetros que dialogarão entre si e com o sistema de controlo de produção implementado;
- Recolher os dados dos indicadores de qualidade de água de forma confiável e em tempo real;

- Este produto deve assentar sobre uma arquitetura de referência (a conceber no âmbito do projeto) e baseada em padrões abertos;
- Deve permitir a integração flexível, escalável, modular e adaptável à natureza das fases de produção, da espécie a produzir, dos parâmetros a controlar ou até à própria estrutura física do local de produção;
- O sistema deve permitir que toda a informação recolhida seja também armazenada localmente – de modo a dar resposta aos desafios das aquaculturas *offshore* e armazenada na *cloud*, onde outros módulos do sistema possam também disponibilizar dados e informação de suporte à decisão, quer ao produtor quer ao observatório;
- Os dados provenientes deste dispositivo permitirão a ativação de processos de alarme ou regras de atuação sobre equipamentos, como é o exemplo da ativação ou desativação de subsistemas de arejamento, oxigenação, renovação de água, sistemas de alimentação automáticos, etc;
- O sistema a desenvolver pretende ser centralizado e modular, podendo ser customizado conforme as necessidades da produção, oferecendo uma única unidade de instrumentação para monitorizar, em simultâneo, diversas “Estações de Trabalho”.

Âmbito Geral:

- Potenciar um modelo de criação de escalas de automação através da conceção de uma arquitetura de referência a utilizar para permitir a interoperabilidade entre diferentes sensores e atuadores;
- Desenvolver kits de sensores de multi-parâmetros que se possam adaptar para cada fase de produção e espécie;
- Desenvolver os conetores para a interligação da plataforma com múltiplas fontes de dados (Sistemas de medição de Biomassa; Sensores de Temperatura, Salinidade; Estações Meteorológicas; etc.) e com os atuadores (Sistemas de Alimentação, oxigenadores, etc.);

Unidade de Controlo da Biomassa

Esta unidade terá como função a execução automática das tarefas de contagem e monitorização do desenvolvimento da biomassa.

Objetivos Específicos:

- Desenvolver um sistema móvel robotizado e inovador para contagem e monitorização do desenvolvimento da biomassa;
- O processo de estimação da biomassa deverá ser realizado através da combinação de duas tecnologias (câmaras e sonar) - o sonar para detetar a localização do cardume e as câmaras para aferir as suas dimensões e estimar a biomassa total;
- A estratégia de controlo deve ser implementada por duas fases: a localização dos peixes e a estimação da biomassa;
- Todo o processamento de sinal será efetuado localmente através de algoritmos especificamente desenvolvidos para a aplicação;
- O sistema deve ter capacidade de aprendizagem e adaptabilidade à espécie/forma de cultura e ser suportado em algoritmos adaptativos para análise de previsões de crescimento e controlo de desvios da biomassa total;
- Pretende-se que a unidade UCB seja única por exploração, em vez de existir um sistema de estimação da biomassa por tanque/jaula, para permitir a monitorização em simultâneo de toda a produção aquícola da exploração (independentemente das espécies produzidas). Esta solução reduz substancialmente o investimento (diluindo-se com o crescimento da exploração) e os custos de manutenção.

Âmbito Geral:

- Desenvolver métodos para o controlo de biomassa, utilizando multisensores adaptáveis às diversas espécies e com inteligência que, em tempo real, possam fornecer informação relativamente ao desenvolvimento da biomassa em cada “Estação de Trabalho”.
- Potenciar um modelo de criação de escalas de automação através da conceção de uma arquitetura de referência para interoperabilidade entre diferentes sensores e atuadores;
- Desenvolver os conetores para a interligação da plataforma com múltiplas fontes de dados (Sistemas de medição de Biomassa; Sensores de Temperatura, Salinidade; Estações Meteorológicas; etc.) e com os atuadores (Sistemas de Alimentação, oxigenadores, etc.);

Este projeto encontra-se na fase inicial, tendo já sido discutidas algumas ideias sobre as várias possibilidades de monitorização, tanto da biomassa como das variáveis do meio ambiente envolvente. Duas das possibilidades discutidas remetem para a construção um robô anfíbio (Figura 91) e de um peixe robotizado (Figura 92).

A ideia base do robô anfíbio sugere que todo o equipamento, sensores para medir a qualidade da água e câmara de vídeo para monitorização da biomassa, seja centrado num só dispositivo. Através deste seria possível uma deslocação autónoma (controlo remoto) do equipamento para um determinado tanque, mergulhar e efetuar o varrimento do espaço envolvente fazendo medições nos vários pontos do mesmo. E por fim, deslocar-se para o próximo tanque. Com esta solução só será necessário adquirir um equipamento para um número variável de tanques.

Outra solução possível, seria desenvolver um peixe robotizado. Nesta variante os sensores, respetivos à medição da qualidade da água, encontram-se instalados no tanque e estão constantemente a enviar medições para o servidor. O robô tem incorporado uma câmara para a monitorização da biomassa. Por ter o formato de um peixe e seguir os mesmos movimentos para se deslocar dentro de água, espera-se que o impacto e o stress ao qual os peixes são submetidos, seja o mínimo possível [13].

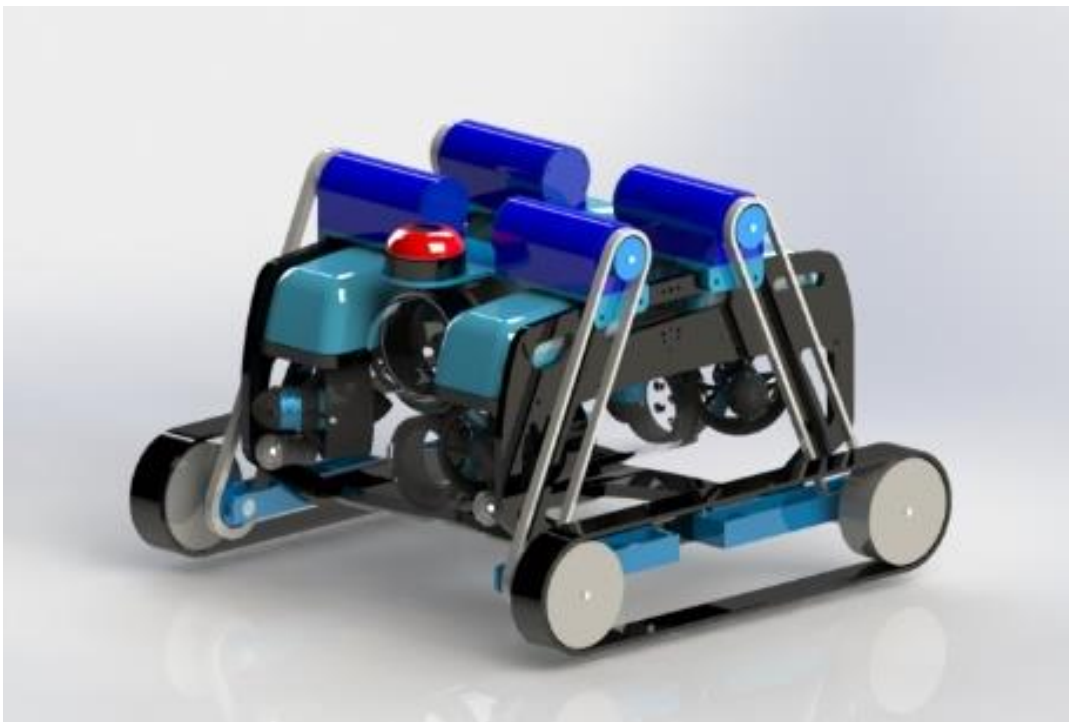


Figura 91 - Robô anfíbio

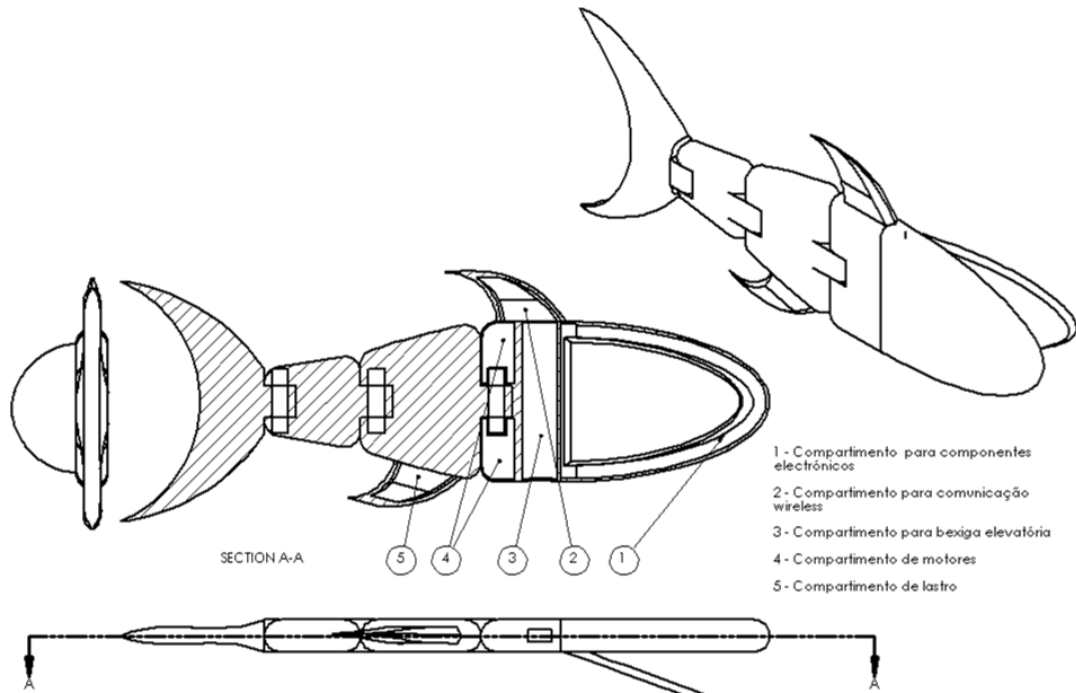


Figura 92 - Peixe Robô

A Figura 93 demonstra um cenário possível onde são apresentadas as duas soluções descritas anteriormente.



Figura 93 - Exemplo de um cenário possível

A monitorização e estimativa da biomassa é um ponto fulcral e constitui um dos requisitos mais inovadores do projeto, que consiste na captação e processamento de

imagens subaquáticas, adquiridas por vezes em condições difíceis. Sendo esta uma área de processamento complexa e exigindo esta a utilização de câmaras de vídeo especialmente adaptadas às difíceis condições de luz [14], a direção do LINE decidiu avançar, em primeiro lugar, para um curso formação avançada sobre visão artificial e análise de imagem a cabo da empresa INFAIMON, situada em Aveiro [15]. Neste curso foram abordados temas, tais como, a configuração e calibração de vários tipos de câmaras, a captação simples (2D) e a captação simples com auxílio de um *laser*, a captação dupla (3D) e a importância da luz na captação de imagens. Abordaram-se conteúdos do software “Halcon 13” (Figura 94), no qual será desenvolvido todo o código respetivo ao processamento de imagens, e foram realizadas experimentações práticas por parte do formando, permitindo-lhe uma primeira abordagem ao programa [16].

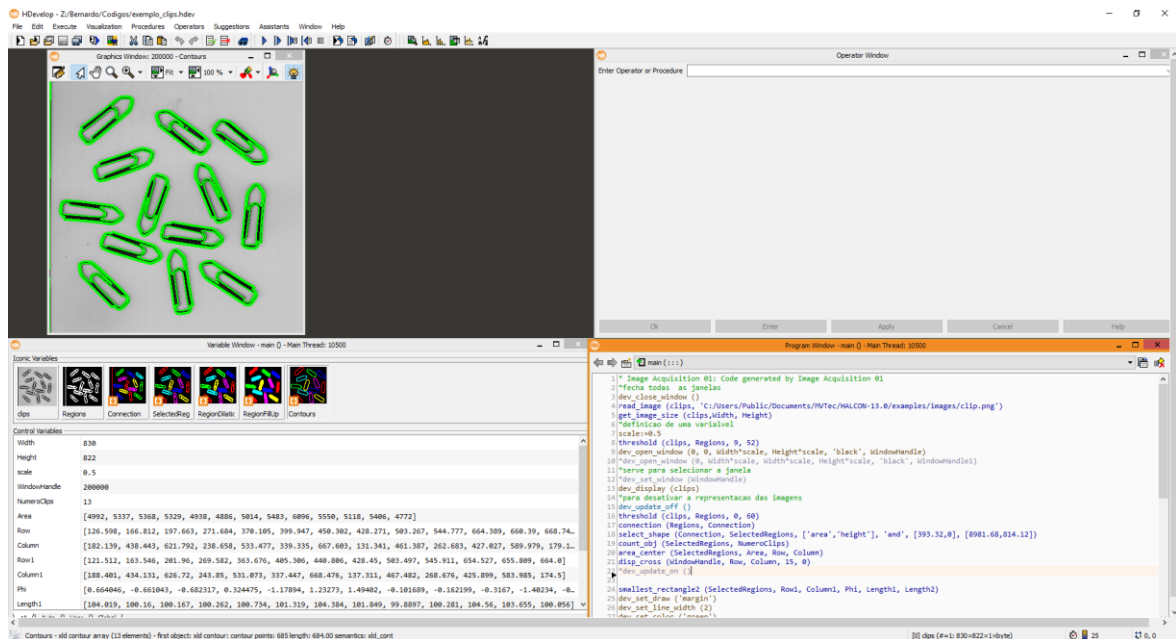


Figura 94 - Layout do interface Halcon 13

Um dos exercícios realizados na formação consistiu no destacamento de clips tal como ilustra as imagens (Figura 95 e Figura 96) seguintes.

Foi-nos fornecido uma fotografia em modo monocromático, em que se pretendia identificar os clips, destacando-os numa cor diferente. Esta ação é o ponto de partida para os passos seguintes, consoante os objetivos pretendidos.

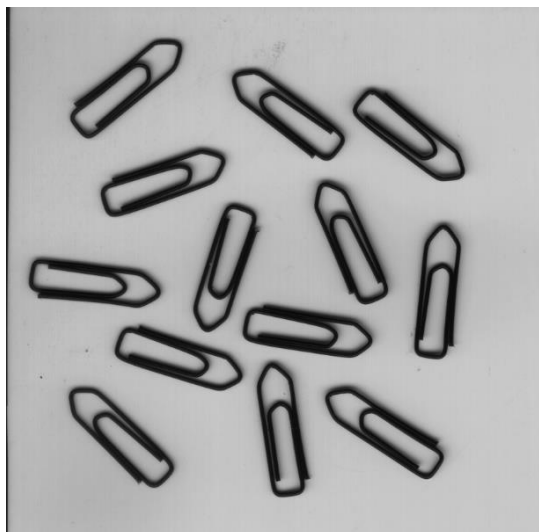


Figura 95 - Imagem original

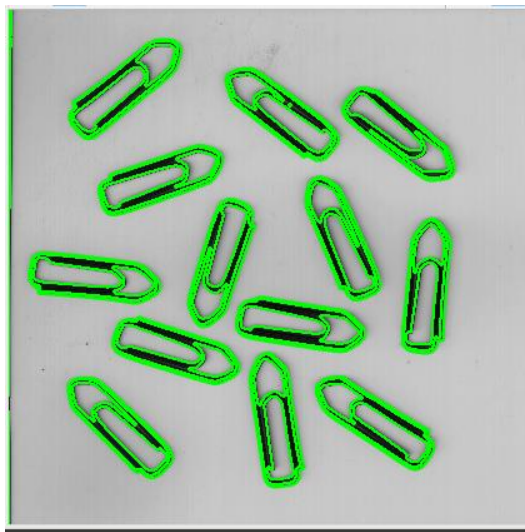


Figura 96 - Imagem processada

7 Conclusão

O estágio no LINE.IPT e a colaboração em projetos tais como, “Desidratador Industrial “e “Code Weld”, “WALC”, “Aquatropolis”, e outros projetos onde colaborei na forma de prestação de serviços, tais como a “Máquina de corte de Queijos”, permitiu a aquisição de conhecimentos em vastíssimas áreas da Engenharia Eletrotécnica, nomeadamente na área de programação de microcontroladores e microprocessadores, desenvolvimento de eletrónica e automação industrial, visão por computador, etc.

Este estágio proporcionou um grande crescimento profissional pois foi o primeiro contacto de trabalho real na área da Engenharia Eletrotécnica. O trabalho desenvolvido diariamente no LINE mostrou a grande complexidade que é lidar com empresas, nomeadamente na área de automação industrial, em que os produtos desenvolvidos exigem um elevado grau de robustez e fiabilidade.

Lidar com vários projetos simultaneamente também veio a revelar-se um enorme desafio, pois estão envolvidas áreas de aplicações distintas o que leva a um contacto paralelo com as diferentes tecnologias, nomeadamente eletrónica, microcontroladores, instrumentação e sensores, programação de software e interfaces, comunicação de dados entre dispositivos, entre muitos outros.

A intervenção nas várias áreas da Engenharia Eletrotécnica descritas anteriormente possibilitou a implementação de alguns conhecimentos adquiridos durante a minha formação académica, nomeadamente na área de programação de microcontroladores, onde colaborei com maior intensidade; na área da eletrónica, no desenvolvimento de circuitos, na produção de placas de circuito impresso; e por fim, no âmbito de automação industrial, nomeadamente na área da pneumática e na programação de autómatos.

Este estágio possibilitou ainda o contacto com uma nova linguagem de programação, “Python 3”, sendo sempre uma mais valia visto ser uma linguagem cada vez mais utilizada no ramo. Além disto promoveu o contacto com novos dispositivos, tais como Raspberry Pi, com o qual tinha já alguma curiosidade em trabalhar, mas que nunca tinha surgido a oportunidade, assim como na área do processamento de imagens.

O facto de existir uma equipa multidisciplinar constituiu numa mais valia ao longo deste percurso, pois vindo de uma formação académica que proporciona muito o trabalho

em equipa, possibilita uma maior partilha de ideias, organização e, de forma eficaz, corresponder aos objetivos de cada projeto.

Tive também oportunidade de trabalhar em parceria com outras entidades e empresas, tais como “SingleCode”, “H.JDP” e os parceiros envolvidos no projeto “Aquatropolis”. O trabalho em parcerias acrescenta uma complexidade devido ao cumprimento dos *deadlines*, ao sincronismo do trabalho e a definição das tarefas atribuídas a cada uma das entidades envolvidas ao longo das várias fases de um projeto, o que nem sempre decorre de feição devido a fatores externos, por vezes alheios ao LINE.

A formação realizada no âmbito do projeto “Aquatropolis”, veio acrescentar conhecimentos relativamente ao processamento de imagens, valências importantes para o desenvolvimento das fases futuras do projeto em questão, contribuindo com novas soluções tecnológicas e metodologias de trabalho.

Relativamente à gestão dos projetos, não sendo parte integrante das minhas funções dentro do departamento, pude perceber que é um trabalho exigente, pois cada empresa é distinta, sobretudo na receptividade de certos projetos e/ou na sua colaboração, o que implica uma preparação de abordagem diferenciada para cada uma delas. Desenvolver projetos não contempla apenas a parte técnica, mas também a sua “gestão”. Neste caso implica uma grande cooperação dentro da equipa de trabalho para que todas as partes colaborem em sincronia de modo a que o resultado final seja o desejado.

De um modo geral, considero que este estágio contribui de uma forma muito positiva para a minha formação como profissional, correspondendo às expectativas no que toca à possibilidade de aprendizagem e no contacto e intervenção no mundo profissional.

Devido ao grande volume de informação do trabalho desenvolvido, a tarefa de seleção da informação foi rigorosa, pelo que em muitos dos projetos apenas se apresentam os processos de desenvolvimento mais importantes, dando assim uma ideia de simplicidade que na maioria dos casos não corresponde à realidade.

Referências

- [1] “TAGUSVALLEY, Tecnopolo do Vale do Tejo”, online:
<http://tagusvalley.pt/pt/tagusvalley/apresentacao>
- [2] “INOV.POINT, Centro de Inovação e Desenvolvimento Empresarial”, online:
<http://tagusvalley.pt/pt/servicos/inov-point-inovacao-e-desenvolvimento-empresarial/>
- [3] “INOV’LINEA, Centro de Transferência de Tecnologia Alimentar”, online:
<http://tagusvalley.pt/pt/servicos/inovlinea-transferencia-de-tecnologia-alimentar/>
- [4] “LINE.IPT, Laboratório de Inovação Industrial e Empresarial”, online:
<http://tagusvalley.pt/pt/servicos/line-ipt-inovacao-industrial-e-empresarial/>
- [5] SHT15 - sensor de Temperatura e Humidade, datasheet, online:
<http://datasheet.octopart.com/SHT11-Sensirion-datasheet-5323722.pdf>
- [6] FS5 - sensor de Fluxo de Ar ,datasheet, online:
<http://www.farnell.com/datasheets/1674304.pdf>
- [7] Mikro C Pro - software de desenvolvimento de código para microcontroladores,
 online: <https://www.mikroe.com/mikroc/>
- [8] “Projeto Chicken First”, G. Freitas, H. Pereira, F. Rosa, M. Barros, poster session
 ArduinoDay March, 2016
- [9] “Projeto Chicken First”, G. Freitas, H. Pereira, F. Rosa, Sensores e Atuadores
 Inteligentes, Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - IPT, 2016
- [10] “Desidratador de Alimentos”, H. Magalhães, D. Ferreira, Francisco T. Ramos, J.
 Sousa; poster session ArduinoDay March, 2017
- [11] “Sistema de Aquisição de Dados da Soldadura”, LINE.IPT projeto CI&DT n.º
 01/14, Mitsubishi Fuso Truck Europe, 2015
- [12] “Aquatropolis - Intelligent Management System for Sustainable Aquacultures” –
 Compete 2020, online: http://www.poci-competite2020.pt/pesquisa/detalhe/Proj17888_Aquatropolis
- [13] “Robotic Vehicles For Fish Farming Applications - An Overview”, M. Barros, H.
 Magalhães, C. Ferreira, P. Granchinho, P. Neves; AquaImprove – “2nd Aquaculture
 Research Workshop, Porto, 20 march, 2017.

[14] “The Use of Computer Vision Technologies in Aquaculture – A Review.”
Computers and Electronics in Agriculture, Zion, Boaz, 2012.

[15] Curso da Visão Artificial, INFAIMON, online:

<http://www.infaimon.com/pt/formacao-2>

[16] Halcon 13 – software de desenvolvimento para a visão artificial, online:

<http://www.mvtec.com/products/halcon/version13/>

Anexos

Anexo 1 - Desidratador Industrial

Excerto de código desenvolvido para o *Arduino DUE*.

```

void loop() {

  // Menu e definições de parametros
  if (fase == 'B') {
    key = kpd.getKey();
    if (key == '*') {
      fase = 'I';
      key = 0;
    }
  }
  switch (fase) {
    case 'I': //inicialização
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(1, 0);
      lcd.print("Insira Parametros");
      Serial.println("Inserir parametros");
      key = 0;
      key2 = 0;
      key3 = 0;
      key4 = 0;
      delay(1000);
      flag1 = true;
      fase = 'A';
      break;

    case 'A': //Temperatura
      if (flag1) { //insercao do primeiro valor
        lcd.setCursor(1, 2);
        lcd.print("Ref Temp: ");
        key = kpd.getKey();
        if (key != '*' && key != '#' && key != NO_KEY) //primeiro numero
        {
          Serial.println(key);
          temperatura[0] = key;
          lcd.print(key);
          flag1 = false;
          flag2 = true;
        }
        if (key == '*') { //reset
          resetparametro(temperatura, 'A');
        }
      }
      if (flag2) { //inserção do segundo valor
        key2 = kpd.getKey();
        if (key2 != '*' && key2 != '#' && key2 != NO_KEY) { //segundo numero
          Serial.println(key2);
          temperatura[1] = key2;
          lcd.print(key2);
          lcd.print(".");
          flag2 = false;
          flag3 = true;
        }
        if (key2 == '*') { //reset
          resetparametro(temperatura, 'A');
        }
      }
      if (flag3) { //inserção do terceiro valor
        key3 = kpd.getKey();
        if (key3 != '*' && key3 != '#' && key3 != NO_KEY) { //segundo numero
          Serial.println(key3);
          temperatura[2] = key3;
          lcd.print(key3);
          flag3 = false;
          flag4 = true;
        }
      }
    }
  }
}

```

```

    }
    if (key3 == '*') { //reset
        resetparametro(temperatura, 'A');
    }
}
if (flag4) { //tecla cardinal "#" para confirmar valor inserido
    key4 = kpd.getKey();
    if (key4 != '*' && key4 != '#' && key4 != NO_KEY) {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(7, 0);
        lcd.print("ERRO !");
        lcd.setCursor(1, 2);
        lcd.print("Insira 3 numeros");
        delay(3000);
        resetparametro(temperatura, 'A');
        flag4 = false;
        flag1 = true;
    }
    if (key4 == '*') { //reset
        resetparametro(temperatura, 'A');
    }
    if (key4 == '#') { //Proximo parametro
        lcd.clear();
        key = 0;
        key2 = 0;
        key3 = 0;
        key4 = 0;
        //flag1=false;
        flag2 = false;
        flag3 = false;
        flag4 = false;
        fase = 'B';
        flag1 = true;
        setpoint = atof(temperatura); //concatenação dos valores inseridos
        setpoint = setpoint / 10; //deslocacao da virgula uma casa
        Serial.println(setpoint);
        ref_temp = setpoint;
        ref_temp_ant = ref_temp;
        ref_temp_hum = ref_temp + 2;
    }
}
break;

case 'B': // envia os parametros para o PIC e recebe os valores referentes e devolve os
no LCD

    if (millis() - lasttime >= 800)
        Temp = sht15.readTemperatureC();
        Hum = sht15.readHumidity();
        if (Hum < 0){
            Hum = 0;
        }
        imprime_ecra();
        lasttime == millis();
    }

    if (flag == true ) { // a flag é para poder ligar/desligar o processo de controle,
mas neste momento encontra-se sempre activo
        if(Hum > 5){
            ref_temp = ref_temp_hum;
        }
        else{
            ref_temp = ref_temp_ant;
        }
        if (Temp <= ref_temp) {
            estado = 1;
        }
        else if (Temp >= ref_temp ) {
            ;
            estado = 2;
            //flag5 = true; //o controlo da humidade só começa após a temperatura atingir
pela primeira vez a referencia
        }
    }
}

```

```
    }  
    else {  
        estado = 2;  
    }  
    break;// fase 'B'  
default:  
    fase = 'I';  
    break;  
}  
}
```


Anexo 2 - dsPIC 33EV: Características básicas

O microcontrolador *dsPIC 33EV256GM002* do fabricante Microchip, possui uma arquitetura de 16 bit e necessita de uma tenção de alimentação de 5V. Trata-se de um microcontrolador desenhado para ambientes industriais, resistente a temperaturas entre -40 até aos 150 °C, e conta ainda com um processamento que pode atingir os 70 MIPS. Incorpora uma memória do tipo Flash com uma capacidade de 256k bytes e uma RAM de 16k bytes. Disponibiliza vários protocolos de comunicação como UART, SPI e I²C acessíveis em vários periféricos. Possui um ADC de 10 e 12 bits acessível em onze pinos com capacidade para realizar uma leitura analógica em quatro pinos em simultâneo e 1 DAC de 7 bits, quatro portas PWM com uma resolução de 16 bits, 4 comparadores Timers 5 de 16 bits e 2 de 32 bits.

Para informações mais detalhadas acerca deste dispositivo, consulte o *datasheet* “dsPIC33EVXXXGM00X/10X FAMILY” disponível em:

<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/dsPIC33EV256GM002>

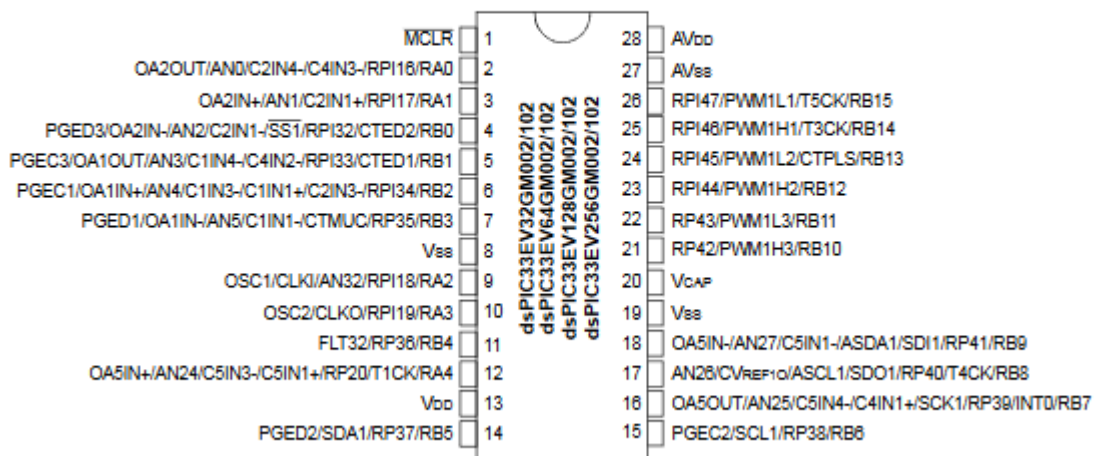


Figura 97 - Pinout do microcontrolador dsPIC33EV256GM002

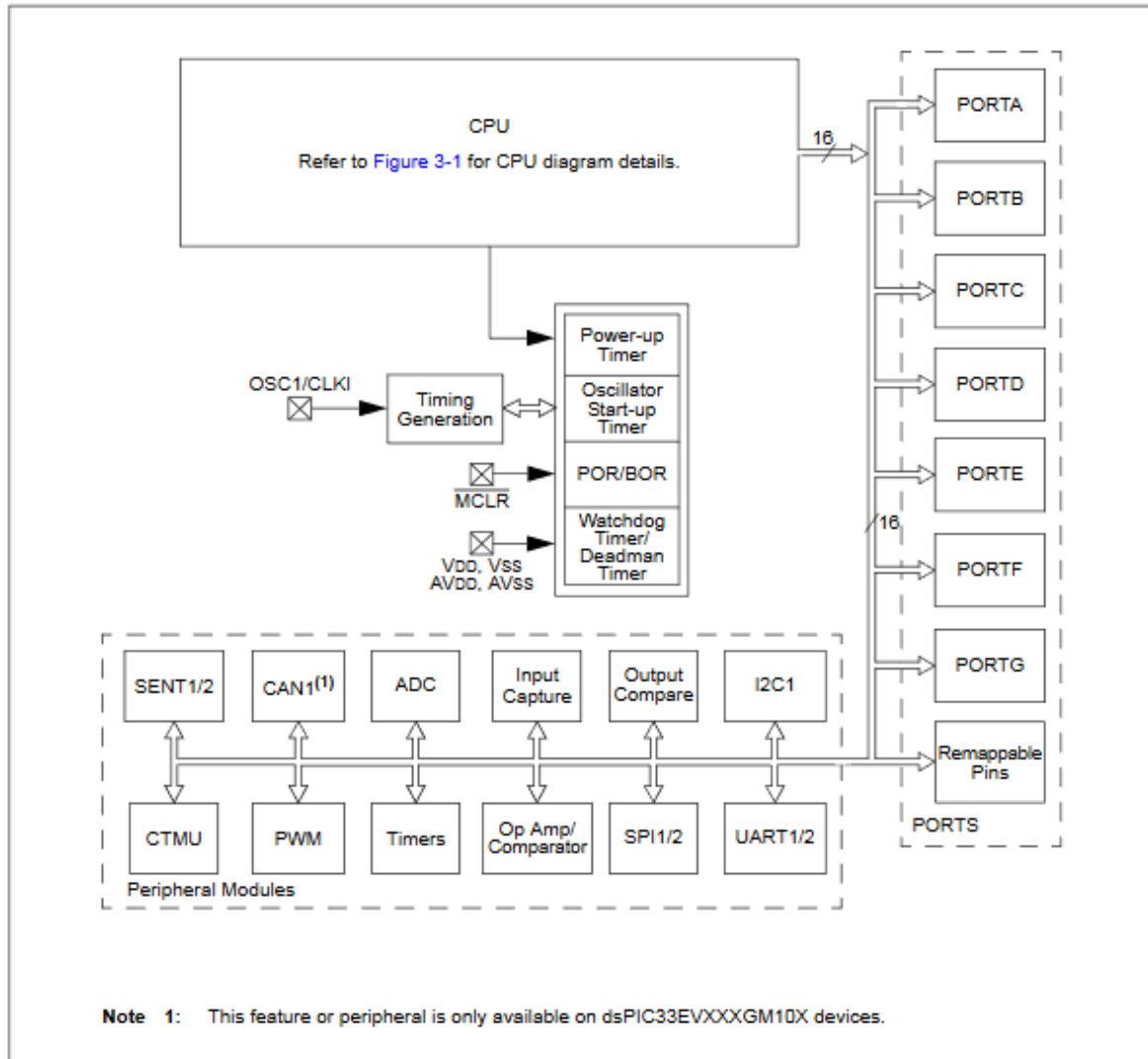


Figura 98 - Diagrama de blocos do microcontrolador dsPIC33EV

Anexo 3 - Raspberry Pi: Características básicas

O *Raspberry Pi* é um minicomputador do tamanho de um cartão de crédito que assenta num microprocessador ARM, neste caso, do fabricante Broadcom cujo o sistema operativo baseia-se em Linux. A versão 3 modelo B é constituída por um processador 1.2 GHz 64 bit quad-core ARMv8 GPU, 1 GB de RAM. Possui as tecnologias de comunicação wireless na norma 802.11n e Bluetooth 4.1 para além dos pinos GPIO, portas USB, Ethernet e HDMI. Tem disponível protocolos de comunicação tais como UART, I²C e SPI. Este dispositivo necessita de um cartão micro SD onde se armazena o sistema operativo.

Para informações mais detalhadas acerca deste dispositivo, consulte o *datasheet* “RPI-CM-DATASHEET-V1_0” disponível em:

https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/RPI-CM-DATASHEET-V1_0.pdf

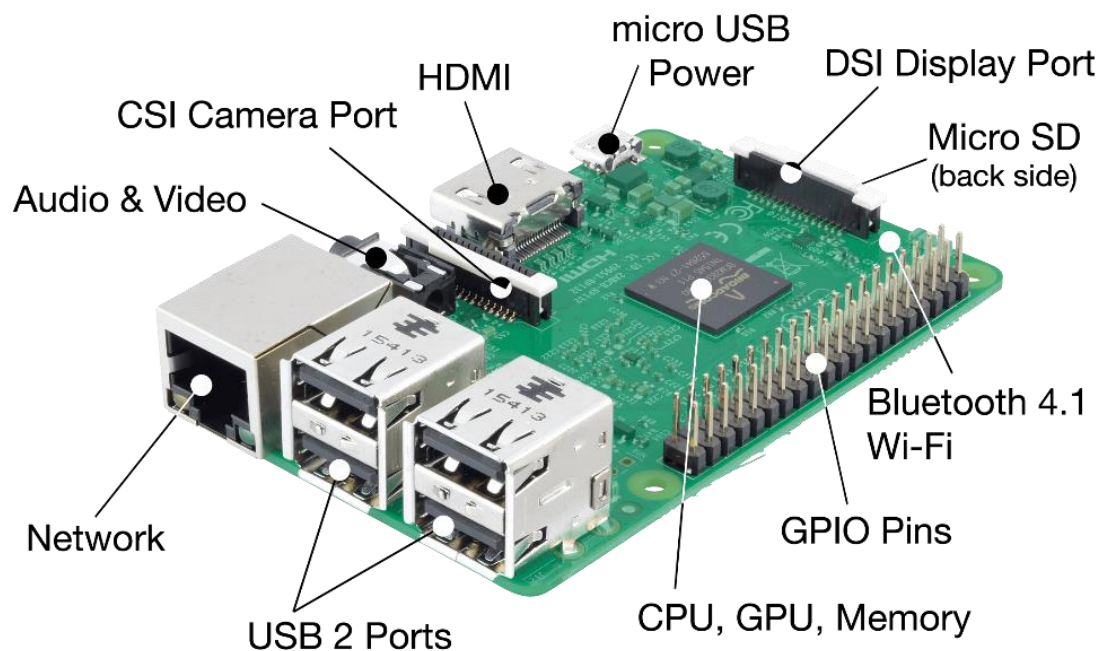


Figura 99 - Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi 3 GPIO Header

<i>Pin#</i>	<i>NAME</i>		<i>NAME</i>	<i>Pin#</i>
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I ² C ID EEPROM)		(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40

Figura 100 - Pinos GPIO do Raspberry Pi 3

Anexo 4 - Excerto código em Python 3

```

def startStream(self):#adquirir por I2C e enviar para web
    try:
        #print('A correr')
        buffer0 = ''
        buffer1 = ""
        buffer2 = []
        self.data = []
        flag_ERRO = False
        counter = 0
        #self.bufferok=False
        if(GPIO.input(16)==GPIO.HIGH):
            #if(True==True):
                #print('Entrou0')
                buffer0=chr(self.readNumberI2C(self.pic_address))
                #print(buffer0)
                if(buffer0=='A'):
                    buffer1 += buffer0
                    #print('entrou')
                    while(buffer0!='Z'):
                        buffer0=chr(self.readNumberI2C(self.pic_address))
                        buffer1 += buffer0
                        counter += 1
                        #print('counter: ',counter)
                        if(counter >= 65):
                            flag_ERRO=True
                            break
                    print('Buffer1: ',buffer1)
                    buffer2 = str(buffer1).split('#')
                    if(len(buffer2)>3 and buffer2[0]=="A" and flag_ERRO==False):
                        #convercao dos parametros medidos pelo PIC
                        ## Na Esab e necessario subtrair o offset do sinal na
corrente AC & DC
                        ## (exemplo: self.I_AC = (int(buffer2[1]) - offset ) *
self.conv_I_AC)

                        self.I_AC = int(buffer2[1]) * self.conv_I_AC
                        self.I_DC = int(buffer2[2]) * self.conv_I_DC
                        self.V_AC = int(buffer2[3]) * self.conv_V_AC
                        self.V_DC = int(buffer2[4]) * self.conv_V_DC
                        self.Fio_AC = int(buffer2[5]) * self.conv_Fio_AC
                        self.Fio_DC = int(buffer2[6]) * self.conv_Fio_DC

                        ##proteccao dos dados - ruido
                        self.proteccao()

                        ## arredonda para duas casas decimais
                        self.I_AC = round(self.I_AC,2)
                        self.I_DC = round(self.I_DC,2)
                        self.V_AC = round(self.V_AC,2)
                        self.V_DC = round(self.V_DC,2)
                        self.Fio_AC = round(self.Fio_AC,2)
                        self.Fio_DC = round(self.Fio_DC,2)

                        ##escreve num array como string
                        self.data.append('A')
                        self.data.append(str(self.I_AC))
                        self.data.append(str(self.I_DC))
                        self.data.append(str(self.V_AC))
                        self.data.append(str(self.V_DC))
                        self.data.append(str(self.Fio_AC))
                        self.data.append(str(self.Fio_DC))
                        #print('data: ',self.data)

                        self.send_to_server(self.Nmaquina,self.Tipomaquina,self.rfidchar,self.idtarefa,self.
data,self.cpu_temperature,self.cpu_usage,self.ram_percent_used,self.disk_percent_used,
self.date_and_time,self.battery,self.supply,self.idref_peca)
                        #self.writetofile(self.buffer2)#escreve para txt
                        if(self.menu_running==self.mrunn):# running
                            self.writetolcd()

    except (IndexError):
        print('Erro -> Start Stream - Index Error')

```

```
except (IOError):  
    #print('Erro -> Start Stream - I2C Error')  
    pass
```

Anexo 5 - Sistema de visão da Halcon 13

MVTec HALCON é o software padrão que abrange o trabalho em visão artificial com um ambiente de desenvolvimento integrado (HDevelop) usado em todo o mundo. A arquitetura flexível da HALCON facilita o rápido desenvolvimento de qualquer tipo de aplicação de visão por computador.

O HALCON oferece um excelente desempenho e um suporte abrangente de plataformas multi-core e conjuntos de instruções especiais, como AVX2 ou NEON, bem como aceleração GPU. Serve todas as indústrias (incluindo a *industrial internet of things*), com uma biblioteca usada em centenas de milhares de instalações em todas as áreas de imagem, como análise de bolhas (*blob analysis*), morfologia, correspondência, medição, identificação e visão 3D.

O software assegura o seu investimento, suportando uma ampla gama de sistemas operacionais e fornecendo interfaces para centenas de câmaras industriais e *frame grabbers*, em particular apoiando padrões como Genicam, GigE Vision e USB3 Vision.



Figura 101 - Logotipo do software Halcon 13

Calibração do Halcon:

A calibração do Halcon para o *setup* onde se pretende utilizar para a visão artificial é fundamental. É necessário proceder a uma calibração para que os resultados sejam fidedignos sempre que as condições (*setup*, câmaras, iluminação etc.) se alteram. O Halcon recomenda que sejam feitas o maior número de capturas para uma boa calibração. A calibração tem de ser feita com uma placa apropriada (Figura 103) e em posições e ângulos diferentes.

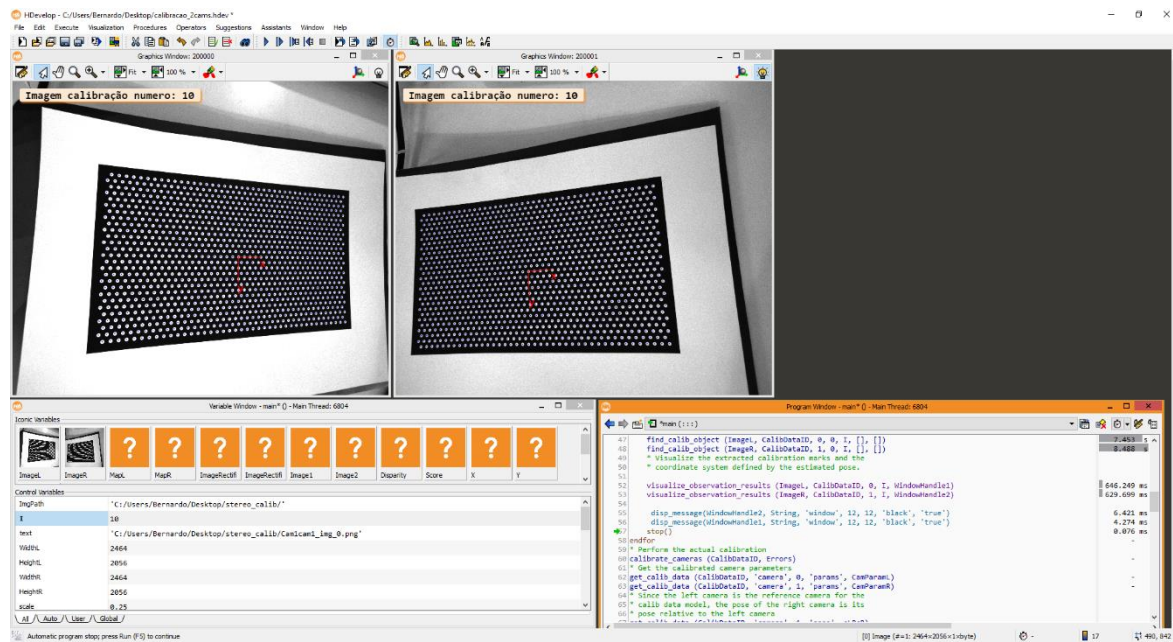


Figura 102 - Interface do Halcon 13 na calibração das imagens

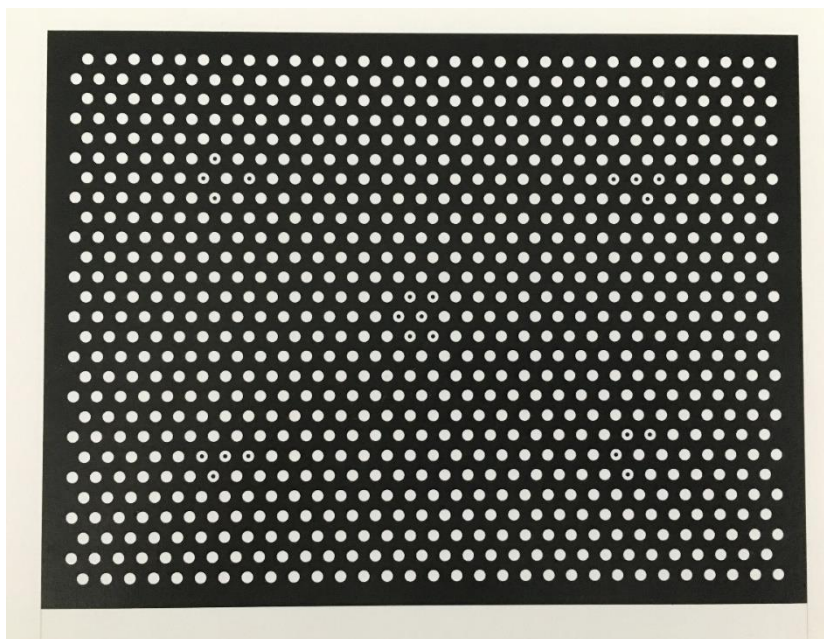


Figura 103 - Placa para a calibração das câmaras/software

Exemplo 1:

Neste exemplo é demonstrado uma das operações possíveis na visão artificial. Trata-se de uma captação por monoscopia onde o objetivo é deter interruptores e indicar se os mesmos encontram-se ligados ou desligados. Pode-se observar que os objetos em curso não necessitam de estar numa posição definida para que seja possível a sua identificação.

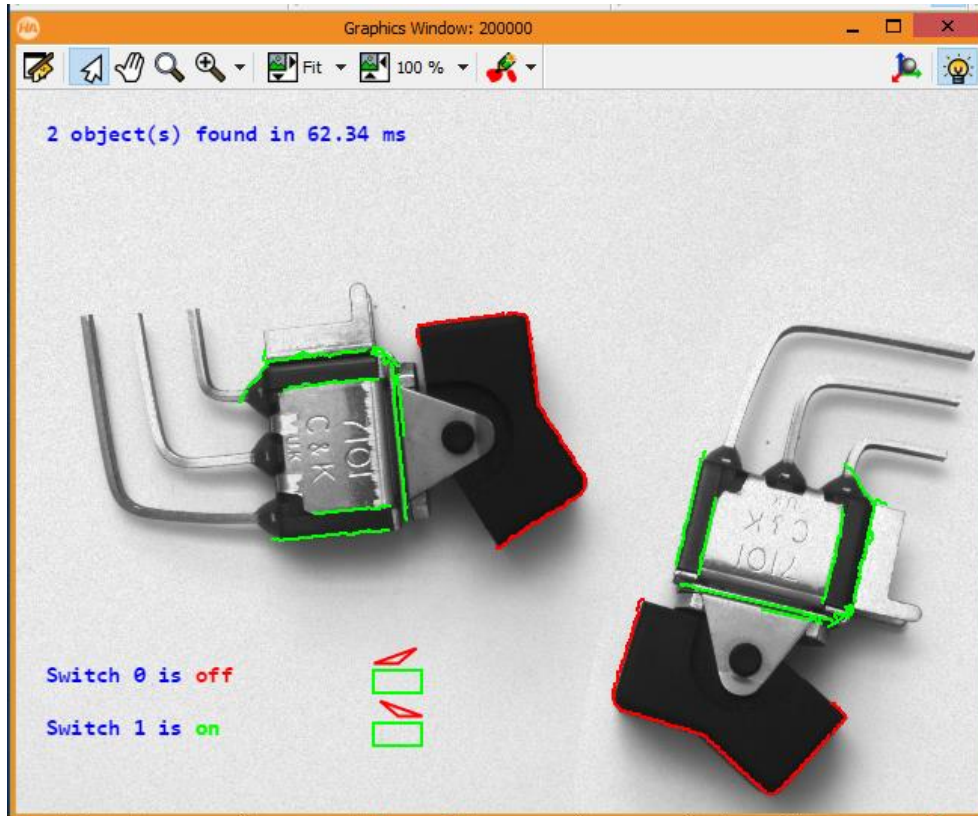


Figura 104 - Identificação de objetos (exemplo1)

Exemplo 2 - Pick & Place:

Este exemplo ilustra a visão por computador num sistema industrial de *Pick-and-Place*. São utilizadas quatro câmaras com posições e ângulos simétricos para capturar as imagens. O campo de visão de cada câmara necessita de sobrepor partes do campo de visão das outras câmaras de modo a que as quatro imagens tenham referências idênticas, o que facilita a construção de uma nova imagem, cujo o resultado é em 3D.

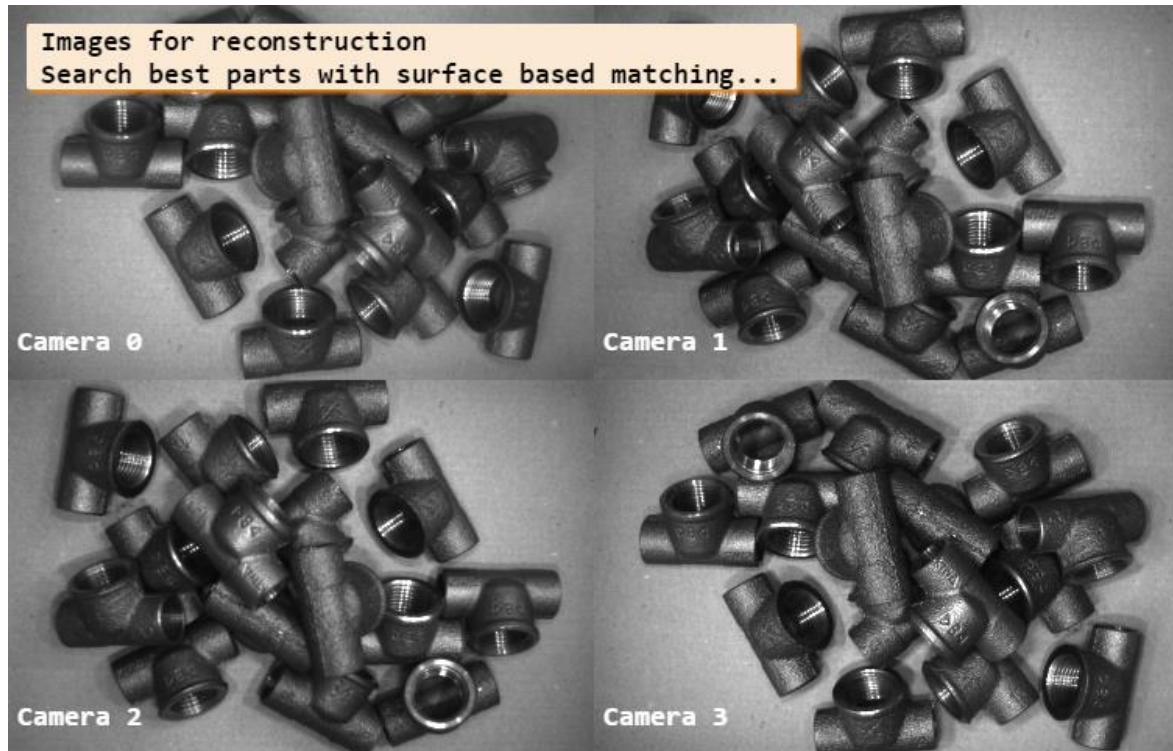


Figura 105 - Captação com 4 câmaras

Com informação de cada imagem das quatro câmaras cujo a captura é feita em simultâneo, é possível criar uma nuvem de pontos em 3D como é demonstrado na figura seguinte.

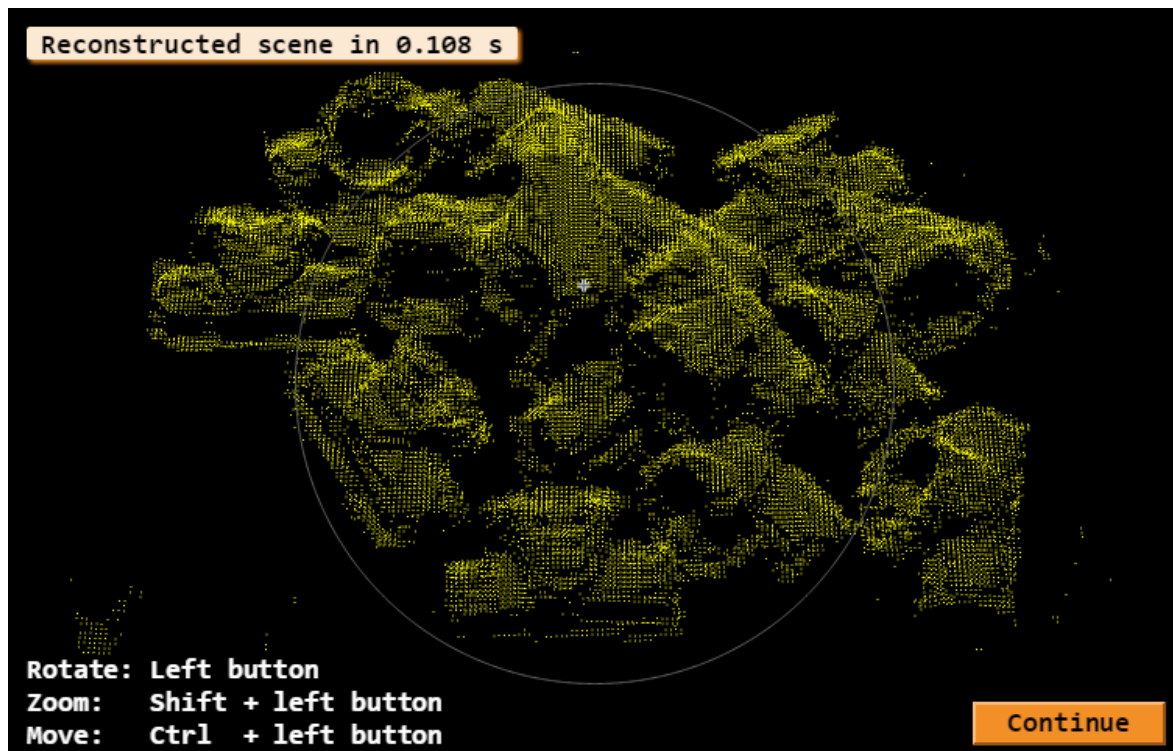


Figura 106 - Nuvem de pontos

Com a nuvem de pontos tridimensional contruída é possível identificar os objetos comparando-os com o objeto master (o objeto master é o objeto em curso cujo a sua forma tridimensional se encontra no sistema). É possível indicar a posição e orientação para que o atuador (por exemplo um braço robótico) pegue na peça e a coloque no local pretendido. Após o atuador terminar a sua tarefa é feita uma nova captura de imagens.

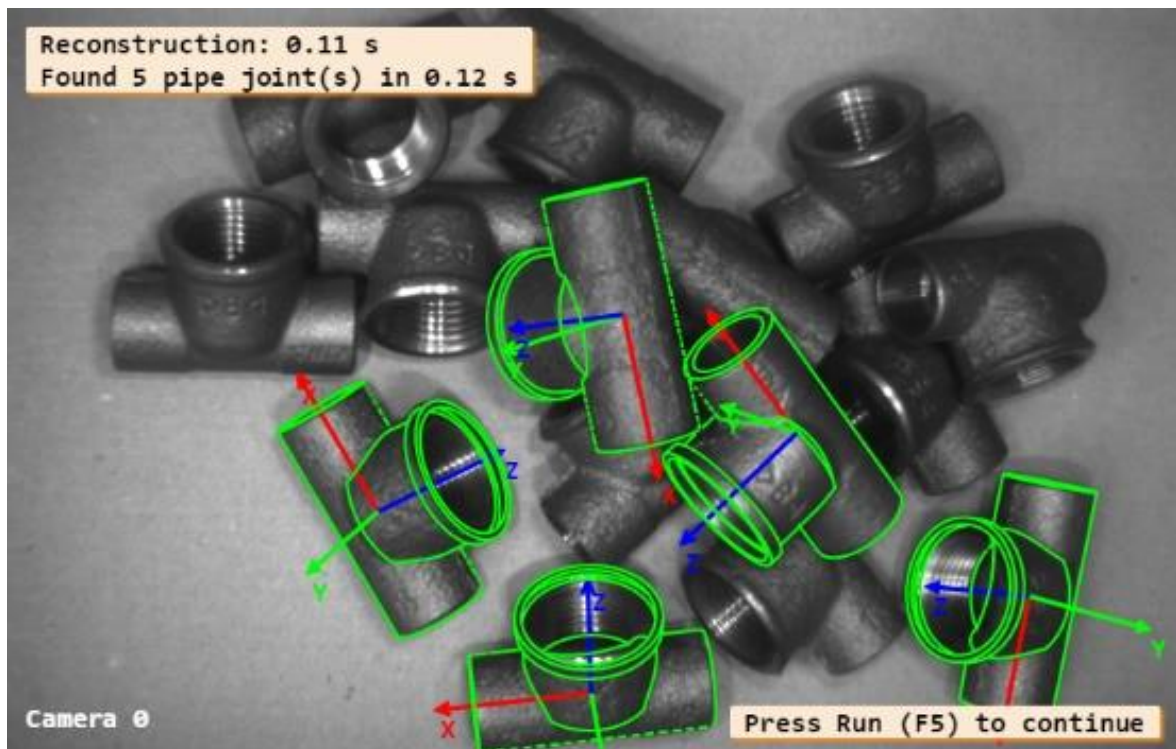


Figura 107 - Identificação dos objetos