



Desenvolvimento de sistema de monitorização de consumos de água descentralizado

LUÍS PEDRO ALMEIDA DA SILVEIRA KUSKI

outubro de 2018

Desenvolvimento de sistema de monitorização de consumos de água descentralizado

Luís Pedro Almeida da Silveira Kuski

Dissertação submetida para a obtenção do grau de
Mestre em Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

outubro de 2018

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do
Mestrado em Energias Sustentáveis

Candidato: Luís Pedro Kuski, Nº 1120550, 1120550@isep.ipp.pt

Empresa: CIETI – Laboris, ISEP.



Orientação Científica: Prof. Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras,
mcf@isep.ipp.pt

Mestrado em Energias Sustentáveis
Departamento de Engenharia Mecânica



outubro de 2018

“Let the future tell the truth and evaluate each one according to his work and accomplishments. The present is theirs; The future, for which I have really worked, is mine”

Nikola Tesla

Agradecimentos

Desde do início deste projeto antevi que pela frente teria muitos obstáculos, dias bons e dias maus, mas é com orgulho e gratidão, que hoje, ao ver todo o tempo e trabalho investido, que vejo chegar ao fim mais uma fase do meu percurso académico. E assim, com muita gratidão, procuro palavras que melhor descrevam todo o apoio que tive ao longo desta jornada.

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), e a todos os seus docentes e funcionários. Foi esta a casa que me acolheu ao longo de todo o meu trajeto académico, e será sempre a minha segunda casa.

Gostaria de agradecer também a todas as pessoas envolvidas no núcleo de investigação Laboris, por todo o apoio dado ao longo destes três anos de ligação.

Um profundo agradecimento para com o meu orientador, Prof. Carlos Felgueiras, que graças aos seus extensivos conhecimentos e dura disciplina, fez questão de me motivar e criticar permitindo o meu crescimento todos os dias enquanto não apenas a nível científico, mas também pessoal.

Um grande agradecimento para a Prof. Nídia Caetano que durante este projeto me orientou para que obtivesse sempre o melhor trabalho. Agradeço também a forma como acompanhou todo o percurso desde que entrei no mestrado, apoiando em todos os momentos.

Agradeço aos meus amigos João Tavares, João Santos, João Nunes e Pedro Bessa, com os quais percorri estes últimos dois anos do meu percurso académico.

Um profundo agradecimento aos meus amigos e colegas, que se mantiveram ao meu lado e me apoiaram sempre, com especial agradecimento a João Vieira, João Antunes, Eduardo Maia, Fábio Sá, Rui de Oliveira, amigos que fazem parte deste trabalho, e que investiram em mim e no projeto.

Agradecimento aos meus amigos Pedro Silva, Guilherme Machado, André Morais, Luis Faria, Fábio Canedo, Joel Moura e Vasco Carvalho, por sempre me lembrarem das minhas origens e humildade.

Queria agradecer ao Pedro Moura, com quem partilhei laboratório, manhãs, tardes, problemas, soluções e muito mais. Por todos os momentos de trabalho e amizade proporcionados neste longo caminho, não apenas neste projeto, mas ao longo dos seis anos que nos conhecemos.

Um grande agradecimento à minha família, pais, irmã e avó, que me permitiram levar este percurso, e me apoiaram em todas as etapas, e agradeço também aos meus avós por me transmitirem os valores de integridade e esforço que me permitem hoje ser a pessoa que sou.

Finalmente, gostaria de agradecer à minha namorada Maria João Pires por todo o apoio incondicional dado todos os dias e pela ajuda dada a ultrapassar todas estas etapas. A sua força e integridade ajuda-me a crescer todos os dias, e a ser uma pessoa mais forte.

A todos um grande *obrigado*.

Resumo

É imprescindível entender a natureza frágil da água. Trata-se de um bem essencial, que é considerado como adquirido e inesgotável pela grande maioria da população. No entanto esta noção não podia estar mais longe da verdade. A cada dia que passa este recurso torna-se mais escasso, assistindo-se à falta de água em locais nunca esperados. Torna-se assim necessário tomar medidas corretivas, dado que as futuras gerações estão em risco.

Nas últimas décadas, foram aparecendo tecnologias que permitem poupar água em diversas utilizações. A política em vigor sugere a utilização destas tecnologias associadas à sensibilização da população. No entanto, uma das limitações das novas tecnologias consiste na falta de informação acerca dos consumos, o que constitui um entrave à implementação medidas corretivas. É essencial que a comunidade, enquanto indivíduos consumidores de água, saiba exatamente os consumos das suas ações do quotidiano, de modo a poder gerir melhor este recurso.

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver uma solução de medição de consumos de água descentralizada que permite a cada utilizador conhecer os seus consumos detalhados, para através desta informação permitir uma gestão racional.

Palavras-Chave

Água, Edifícios, Monitorização de consumos, Gestão de recursos, Sustentabilidade.

Abstract

It's imperative to understand the delicate nature of water. It is an essential resource, which a massive amount of people manages poorly. Many think this indispensable good is inexhaustible. However, this notion couldn't be further from the truth. Everyday this resource become scarcer, lacking in places never expected. It's necessary to take corrective measures as the future generations are at risk.

In recent decades, following the development of state-of-the art technology and innovations models, technologies that save water in different areas of utilization have emerged. The current policy suggests the use of these two segments joint, and public awareness. However, one limitation is identified in these new technologies, which is the lack of information, preventing the users implements corrective measures on their own consumptions. It's essential that consumers know exactly how much water they are consuming in every action to better manage this resource.

The objective of the present dissertation is to develop a decentralized water consumptions monitorization systems that allows each consumer to know their detailed water consumption. Only comprehending their own consumptions would be possible to take corrective actions.

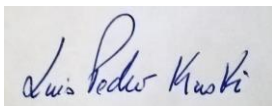
Keywords

Buildings, Monitoring of Consumptions, Resources management, Sustainability, Water.

Declaração

Luís Pedro Kuski declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas, com identificação da fonte.

29 de setembro de 2018

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Luís Pedro Kuski".

Índice

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
DECLARAÇÃO	XIII
ÍNDICE	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABELAS	XXIII
NOMENCLATURA	XXV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO	2
1.3. OBJETIVOS PROPOSTOS	3
1.4. CALENDARIZAÇÃO	3
1.5. CIETI – LABORIS	7
1.6. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	7
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	9
2.1. ENQUADRAMENTO DA SUSTENTABILIDADE	9
2.2. O CRESCIMENTO POPULACIONAL	11
2.3. SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS	13
3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS	19
3.1. TRANSFORMADOR	19
3.2. RETIFICAÇÃO	20
3.3. REGULAÇÃO	20
3.4. CIRCUITO INTEGRADO	20
3.5. GRANDEZAS ANALÓGICAS E DIGITAIS	21
3.6. DIFERENÇA ENTRE MICROCONTROLADOR E PLACA MICROCONTROLADORA	21
3.7. PORTAS DE INTERRUPTÃO DE UM MICROCONTROLADOR	22
3.8. SENSORES, ATUADORES E IOT	22
3.9. ELECTROVÁLVULA	23
3.10. SENSOR HALL	23
3.11. PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO	24

3.12.	SISTEMAS DE MEDIÇÃO CENTRALIZADOS E DESCENTRALIZADOS.....	25
4.	ESTADO DE ARTE.....	26
4.1.	SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA EXISTENTES NO MERCADO	26
4.1.1.	<i>FLUID LABS, Lda</i>	26
4.1.2.	<i>Flo Technologies Inc</i>	27
4.2.	TRABALHOS CIENTÍFICOS	28
4.2.1.	<i>DAIAD</i>	28
4.2.2.	<i>A self-powered wireless device for monitoring water usage in hotel showers</i>	29
4.2.3.	<i>Domestic water consumptions monitoring and behaviour intervention by employing the internet of things technologies</i>	30
4.3.	MODELO DE OPERAÇÕES DE SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO	30
5.	SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA DESCENTRALIZADO.....	33
5.1.	REQUISITOS DO SISTEMA	33
5.2.	PROPOSTA DE SOLUÇÃO	34
5.3.	ESTUDO DOS MATERIAIS NECESSÁRIOS.....	37
5.3.1.	<i>Placa microcontroladora</i>	38
5.3.2.	<i>Sensor de caudal</i>	39
5.3.3.	<i>Módulo Wi-Fi</i>	40
5.3.4.	<i>Electroválvula</i>	41
5.3.5.	<i>Placa de conversão USB/TTL</i>	42
5.3.6.	<i>Materiais de canalização</i>	43
5.4.	IMPLEMENTAÇÃO	44
5.4.1.	<i>Hardware</i>	44
5.4.1.1.	<i>Caixa A</i>	44
5.4.1.2.	<i>Caixa B</i>	46
5.4.1.3.	<i>Caixa C</i>	53
5.4.2.	<i>Interface gráfico do utilizador</i>	55
5.4.2.1.	<i>Área principal</i>	55
5.4.2.2.	<i>Separador – Consumos gerais</i>	58
5.4.2.3.	<i>Separador – Consumos mensais</i>	59
5.4.2.4.	<i>Separador – Operações</i>	60
5.5.	VALIDAÇÃO	61
5.5.1.	<i>Caixa A –Montagem e testes à alimentação</i>	61
5.5.2.	<i>Caixa B – Montagem e testes</i>	63
5.5.3.	<i>Testes ao sistema através da interface gráfica do utilizador</i>	67
5.6.	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO FINAL	68
5.6.1.	<i>Canalização</i>	69
5.6.2.	<i>Placas de circuito impresso</i>	70
5.6.3.	<i>Assembly</i>	73
5.7.	ANÁLISE DOS DADOS	73

5.8.	ANÁLISE FINANCEIRA	75
6.	CONCLUSÃO.....	79
6.1.	RESUMO DO TRABALHO	79
6.2.	OBJETIVOS REALIZADOS	81
6.3.	LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO	85
	REFERÊNCIAS	87
	ANEXO A. MEDIDAS APLICÁVEIS AO SETOR URBANO EM SITUAÇÃO HÍDRICA NORMAL (PNUEA) [16].....	91
	ANEXO B. MEDIDAS APLICÁVEIS AO SETOR URBANO EM SITUAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA (PNUEA) [16]	95
	ANEXO C. ITDUINO NANO 3.0 (COMPATÍVEL ARDUINO).....	97
	ANEXO D. SENSOR DE CAUDAL	99
	ANEXO E. MÓDULO SERIE WI-FI ESP8266.....	101
	ANEXO F. VÁLVULA SOLENOIDE.....	103
	ANEXO G. CONVERSOR USB TTL	105
	ANEXO H. UNIÃO REDUTORA ROSCADA FÊMEA-FÊMEA DE TAMANHOS ¼” – ½”	107
	ANEXO I. CASQUILHO DE INOX FÊMEA DE TAMANHOS ¼” E 18MM DE DIÂMETRO.....	109
	ANEXO J. CASQUILHO DE INOX FÊMEA DE TAMANHOS ½” E 18MM DE DIÂMETRO	111
	ANEXO K. CÓDIGO FONTE DO PROGRAMA DA CAIXA B.	113

Índice de Figuras

Figura 1 - Triângulo básico da sustentabilidade [2].	10
Figura 2 – Previsão do crescimento populacional mundial [2](Adaptado).	12
Figura 3 – Taxa anual de crescimento populacional mundial [6] [7].	12
Figura 4 – Distribuição do total de água no planeta [8] (Adaptado).	13
Figura 5 – Distribuição dos consumos e desperdícios pelas principais utilizações de água globalmente [9] (Adaptado).	14
Figura 6 – Água desperdiçada por setor em 2002 e objetivos para 2020 [16].	16
Figura 7 - Representação esquemática de um transformador. [17]	19
Figura 8 - Retificação de onda completa através da ponte de Graetz [18].	20
Figura 9 – Circuito integrado [19].	21
Figura 10 – Diferença entre sinal digital e analógico [20].	21
Figura 11 - Exemplos de aplicação de sensores. [22].	22
Figura 12 - Componentes de uma electroválvula. [23]	23
Figura 13 – Ilustração do sensor de Hall em contacto com um íman. [25]	24
Figura 14 - Sistema Fluid disponibilizado pela FLUID LABS, Lda [28].	27
Figura 15 - Representação do sistema Flo desenvolvido pela Flo Technologies Inc [28]. ...	27
Figura 16 - Instalação do sistema Flo numa habitação [28].	28
Figura 17 – Arquitetura proposta pelo DAIAD [29].	28
Figura 18 – <i>Dataflow</i> entre o Hydrosense e o sistema de gestão do hotel [30].	29

Figura 19 - Arquitetura do sistema. [31]	30
Figura 20 - Modelo de operações de sistemas de monitorização.	31
Figura 21 - Diagrama de blocos da solução proposta.	34
Figura 22 - Representação da instalação das várias Caixa B numa habitação T1.....	35
Figura 23 - Diagrama de comunicação entre o utilizador e o sistema numa utilização de água.	36
Figura 24 - Diagrama de comunicação entre o utilizador e o software.....	36
Figura 25 - Diagrama de comunicação entre o utilizador e o sistema no caso de desligar a electroválvula (A) e ligar a electroválvula (B), de determinada caixa B.....	37
Figura 26 - Circuito de alimentação do sistema.	45
Figura 27 - Diagrama de blocos da Caixa B.	46
Figura 28 – Ilustração dos componentes do sensor de caudal.....	47
Figura 29 - Esquema de ligação entre o sensor de caudal e o microcontrolador.	47
Figura 30 - Fluxograma do software de leitura do sensor de caudal.....	48
Figura 31 - Representação das dimensões do sensor de caudal.	49
Figura 32 – Ilustração dos componentes constituintes da electroválvula.	50
Figura 33 - Esquema de ligação da electroválvula.....	50
Figura 34 - <i>Pinout</i> do ESP-01v [38](Adaptado).	51
Figura 35 - Esquema de ligação do módulo ESP-01 à placa microcontroladora.	52
Figura 36 - <i>Pinout</i> do Arduino Nano [39].....	53
Figura 37 - Diagrama de blocos da Caixa C.	53
Figura 38 - <i>Pinout</i> do Conversor TTL/USB.....	54

Figura 39 - Esquema elétrico da Caixa C.	55
Figura 40 - Área principal do programa.	56
Figura 41 - Zona superior da área principal	56
Figura 42 - Zona inferior da área principal.....	57
Figura 43 - Separador <i>General Consumptions</i>	58
Figura 44 - Seperador <i>Monthly Consumptions</i>	59
Figura 45 - Separador <i>Operations</i>	60
Figura 46 - Representação da Caixa A.	61
Figura 47 - Circuito de alimentação.	62
Figura 48 – Alimentação da electroválvula e do microcontrolador.	62
Figura 49 - Tensão (A) e corrente (B) de saída de alimentação da electroválvula, respetivamente.....	63
Figura 50 - Tensão (A) e corrente (B) de saída da alimentação ao microcontrolador, respetivamente.....	63
Figura 51 - Circuito de ligação do sensor de caudal ao microcontrolador.	63
Figura 52 - Representação dos resultados dos testes ao sensor de caudal.....	64
Figura 53 – Ilustração do teste à calibração do sensor de caudal.	64
Figura 54 - Resultado dos testes de calibração do sensor de caudal.	65
Figura 55 - Circuito de funcionamento da electroválvula.	65
Figura 56 - Circuito de funcionamento do módulo Wi-Fi.....	66
Figura 57 - Circuito da ligação entre a Caixa A e a Caixa B.	66
Figura 58 - Representação da porta USB conectada ao <i>hardware</i>	67

Figura 59 - Área principal do interface gráfico do utilizador após o primeiro teste.	67
Figura 60 - Demonstração do teste ao interface gráfico do utilizador no Separador <i>General Consumptions</i>	68
Figura 61 - Representação do teste no separador <i>Monthly Consumptions</i>	68
Figura 62 - Ligação entre o sensor de caudal e a electroválvula.	69
Figura 63 - Solução instalada num sistema de tubagens.	69
Figura 64 - Esquema do circuito da Caixa A desenhado em Eagle.	70
Figura 65 - <i>Top Layer (A)</i> e <i>bottom layer (B)</i> da Caixa A.	71
Figura 66 - Esquema do circuito da Caixa B desenhado em Eagle.	71
Figura 67 - <i>Top layer (A)</i> e <i>bottom layer (B)</i> do circuito da Caixa B.	72
Figura 68 - Esquema do circuito da Caixa C desenhado em EagleCAD.	72
Figura 69 - <i>Toplayer (A)</i> e <i>bottom layer (B)</i> do circuito da Caixa C.	73
Figura 70 - Consumos de água por mês durante 2018 (em litros).	75

Índice de tabelas

Tabela 1 - Calendarização do plano de trabalhos.....	3
Tabela 2 – Plano de incrementos para a Fase 1 do projeto.....	4
Tabela 3 – Plano de incrementos para a Fase 2 do projeto.....	4
Tabela 4 – Plano de incrementos para a Fase 3 do Projeto.	4
Tabela 5 – Plano de incrementos para a Fase 4 do projeto.....	5
Tabela 6 – Plano de incrementos para a Fase 5 do projeto.....	5
Tabela 7 – Plano de incrementos para a Fase 6 do projeto.....	6
Tabela 8 – Plano de incrementos para a Fase 7 do projeto.....	6
Tabela 9 - Plano de incrementos para a Fase 8 do projeto.	7
Tabela 10 - Comparação entre placas controladoras da Arduino.....	38
Tabela 11 - Comparação de preços de placas microcontroladoras.....	39
Tabela 12 - Comparação entre sensor de caudal e contador de água.	39
Tabela 13 – Comparação de modelos de emissores Wi-Fi no mercado nacional.	40
Tabela 14 – Comparação de preços para o modelo Wi-Fi ESP8266.....	41
Tabela 15 – Comparação entre válvulas mono-estáveis e válvulas bi-estáveis.	41
Tabela 16 – Comparação de preços para a electroválvula desejada.....	42
Tabela 17 - Comparação de preço do conversor USB/TTL.	42
Tabela 18 - Comparação de preços para a união roscada selecionada.	43
Tabela 19 - Comparação de preços para o casquilho selecionado.	43
Tabela 20 - Exemplo de consumos variados no separador <i>General Consumptions</i>	74

Tabela 21 – Exemplo de consumos mensais durante um ano em Excel.....	74
Tabela 22 – Custo da Caixa A.....	76
Tabela 23 - Cálculo dos custos da Caixa B.....	76
Tabela 24 - Cálculo do custo da caixa C.....	76
Tabela 25 - Cálculo dos custos para habitação T1.....	77
Tabela 26 – Conjunto de ferramentas utilizadas.....	80
Tabela 27 – Estado de desenvolvimento dos objetivos inicialmente propostos.....	81
Tabela 28 – Incrementos alcançados durante a Fase 1.....	81
Tabela 29 - Incrementos alcançados durante a Fase 2.....	82
Tabela 30 - Incrementos alcançados durante a Fase 3.....	82
Tabela 31 - Incrementos alcançados durante a Fase 4.....	82
Tabela 32 - Incrementos alcançados durante a Fase 5.....	83
Tabela 33 - Incrementos alcançados durante a Fase 6.....	84
Tabela 34 - Incrementos alcançados durante a Fase 7.....	84
Tabela 35 - Incrementos alcançados durante a Fase 8.....	84

Nomenclatura

3D	–	Três dimensões
APA	–	Agência Portuguesa do Ambiente
AC	–	Alternative Current
CAD	–	Computer Aided Design
DC	–	Direct Current
CIETI	–	Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial
COP21	–	21ª Sessão da Conferência das Partes
DEM	–	Departamento de Engenharia Mecânica
DPEST	–	Dissertação/Projeto/Estágio
FP7	–	European Union's Research and Innovation Funding Programme for 2007-2013
GUI	–	Graphic User Interface
ID	–	IDentifier
IDE	–	Integrated Development Environment
ISEP	–	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LABORIS	–	Laboratório de Investigação em Sistema de Testes
MES	–	Mestrado em Energias Sustentáveis
NUTS	–	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos
ONU	–	Organização das Nações Unidas

- PCB – Printed Circuit Board
- PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água
- T1 – Tipologia do Tipo 1
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change
- WFD – Water Framework Directive

1. Introdução

Neste capítulo será apresentado uma breve introdução ao projeto em estudo, bem como o seu enquadramento no Mestrado de Energias Sustentáveis. São demonstrados alguns aspetos envolventes ao projeto, como o seu planeamento, calendarização de atividades, organização de relatório e objetivos propostos. Por fim, dá-se a conhecer o centro de investigação que acolheu o projeto.

1.1. Enquadramento

No âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio (DPEST), do último ano do Mestrado em Energias Sustentáveis (MES), curso sediado ao Departamento de Mecânica (DEM), do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), é objetivo que os alunos utilizem os conteúdos adquiridos ao longo do mestrado, e também, da licenciatura, numa experiência profissional, seja em ambiente empresarial ou em laboratório. Considera-se que se trata da última preparação do estudante antes da conclusão dos estudos e posterior ingresso no mercado de trabalho, sendo por isso mesmo esperado que demonstre capacidade para executar tarefas relativamente complexas.

A água é um recurso indispensável à vida. Contudo, a seca vivida em muitos locais do planeta, aliada à ambição de procurar soluções que impulsionem um melhor consumo deste

recurso levou ao desenvolvimento deste projeto. O trabalho foi realizado no Laboratório de Investigação de Sistemas e Teste (LABORIS).

1.2. Apresentação do projeto

O projeto surge na necessidade de abordar a água como um recurso limitado, e de sensibilizar os utilizadores da necessidade efetuar uma melhor gestão deste recurso. São muitas as entidades que procuram espalhar a mensagem da importância da água, e com grandes secas a ser vividas em zonas do mundo, onde até à pouco tempo era impensável, a mensagem precisa de ser transmitida com mais eficácia.

Naturalmente, cientistas e empreendedores avançam todos os dias com desenvolvimento de sistemas que poupam água nas mais diversas utilizações, no entanto, muitas falham no princípio básico de não permitir aos consumidores efetuarem a sua própria poupança. Este problema muito se deve ao facto de os consumidores não terem informação a cerca dos seus consumos detalhados com exceção do valor mensal que pagam.

Este projeto procura desenvolver um sistema que permita aos utilizadores obterem a informação detalhada dos seus consumos, para assim, poderem tomar ações de poupança. Existem já soluções muito próximas deste modelo, diferindo no facto de serem centralizadas, e, assim sendo, não fornecem informação suficientemente detalhada, nem esta é totalmente assertiva. A descentralização permite recolher dados claros e assertivos. No entanto um sistema descentralizado irá ser mais dispendioso em comparação com um sistema centralizado.

Também importante relacionado com a presente solução é a incorporação do conceito de *Internet of Things* (IoT), isto é, a capacidade de que vários sistemas comuniquem através de ligação *wireless*, dispensando a necessidade de ter fios para comunicação. Outra vantagem associada ao IoT é a possibilidade de que a informação esteja disponível em *real-time*. Soluções descentralizadas que utilizam IoT são cada vez mais utilizadas em projetos de engenharia, e de sustentabilidade.

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema descentralizado de medição de consumos que inclui *hardware* e *software*. Será também desenvolvida uma interface gráfico do utilizador, ou *graphic user interface* (GUI) que permite o acesso do consumidor aos seus diversos consumos de água nas diferentes utilizações diárias.

1.3. Objetivos propostos

Foram utilizadas metodologias SCRUM no desenvolvimento do plano de trabalhos, de modo a possibilitar a divisão do trabalho de forma eficiente ao longo do período do projeto, proporcionando a possibilidade de atingir metas mais curtas.

Foram definidos oito objetivos, correspondentes a oito fases de projeto. Os objetivos propostos são os que se apresentam de seguida:

- Contextualizar o problema;
- Definição do estado de arte;
- Definição da proposta de solução;
- Estudar os requisitos do projeto;
- Implementação da proposta de solução;
- Validar a proposta de solução;
- Realizar um estudo económico da solução proposta;
- Desenvolver o protótipo final da solução.

1.4. Calendarização

A calendarização é uma parte importante de um projeto, pois define o plano de trabalhos e datas importantes, que permitem alcançar os objetivos propostos. É uma tarefa determinante para que um projeto seja bem-sucedido.

Durante o mês de outubro de 2017 foram definidos os objetivos, acima mencionados, e delineado o plano de trabalhos. O projeto foi dividido em oito fases, cada uma composta por vários incrementos (*sprints*), totalizando 43. Na Tabela 1 está presente o plano de trabalhos definido.

Tabela 1 - Calendarização do plano de trabalhos.

Fases	Início	Dias	Fim	Status	Principal Intenção / Objetivo
1	2017-11-01	30	2017-11-30	Planned	Contextualização
2	2017-12-01	30	2017-12-30	Planned	Estado de arte
3	2017-12-31	45	2018-02-13	Planned	Definição da proposta de solução
4	2018-02-14	45	2018-03-30	Planned	Estudo dos requisitos do projeto
5	2018-03-31	90	2018-06-28	Planned	Implementação
6	2018-06-29	60	2018-08-27	Planned	Validação
7	2018-08-28	10	2018-09-06	Planned	Estudo económico
8	2018-09-07	30	2018-10-06	Planned	Desenvolvimento de protótipo final

A Fase 1 do projeto, compreende a análise e investigação necessária para contextualizar o tema de estudo, e a definição do problema. Foi dividida por quatro incrementos e têm uma duração planeada de um mês. Na Tabela 2 é apresentado o plano de incrementos relativo à Fase 1 do projeto.

Tabela 2 – Plano de incrementos para a Fase 1 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
1	2017-11-01	5	2017-11-05	Planned	Estudo do tema: Sustentabilidade (Contexto histórico)	1
2	2017-11-06	5	2017-11-10	Planned	Estudo do tema: Relação do crescimento populacional e o desenvolvimento sustentável	1
3	2017-11-11	10	2017-11-20	Planned	Estudo: Água no plano do desenvolvimento sustentável	1
4	2017-11-21	10	2017-11-30	Planned	Estudo: Análise dos consumos de água (Contexto atual)	1

A Fase 2 abrange o desenvolvimento do estado de arte, isto é, um estudo de soluções já existentes que procuram solucionar o problema definido. Na Tabela 3 é apresentado o plano de incrementos relativos à Fase 2 do projeto.

Tabela 3 – Plano de incrementos para a Fase 2 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
5	2017-12-01	15	2017-12-15	Planned	Estudo: Sistemas de monitorização existentes no mercado	2
6	2017-12-16	15	2017-12-30	Planned	Estudo: Trabalhos e publicações científicas relativas ao tema	2

A Fase 3 inclui o desenvolvimento da proposta de solução e a definição dos seus requisitos, como representado na Tabela 4. Esta fase terá começo no final do mês de dezembro, e a sua entrega está prevista para meados de fevereiro.

Tabela 4 – Plano de incrementos para a Fase 3 do Projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
7	2017-12-31	25	2018-01-24	Planned	Dimensionamento da proposta de solução	3
8	2018-01-25	10	2018-01-03	Planned	Definição dos requisitos de hardware	3
9	2018-02-04	10	2018-02-13	Planned	Definição dos requisitos interface gráfico do utilizador	3

Na Fase 4 procura-se dar resposta aos requisitos definidos na fase anterior. Os incrementos relativos à estruturação do diagrama de blocos, e a definição dos diagramas de comunicação

do interface gráfico do utilizador, têm maior duração, comparativamente aos restantes, dada a sua relevância para o projeto. Na Tabela 5 é apresentado o plano de incrementos relativos à Fase 4 do projeto.

Tabela 5 – Plano de incrementos para a Fase 4 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
10	2018-02-14	10	2018-02-23	Planned	Estruturação do diagrama de blocos do sistema	4
11	2018-02-24	5	2018-02-28	Planned	Estruturação da Caixa A (requisitos de alimentação)	4
12	2018-03-01	5	2018-03-05	Planned	Estruturação da Caixa B (requisitos de hardware)	4
13	2018-03-06	5	2018-03-10	Planned	Estruturação da Caixa C (requisitos de hardware/comunicação)	4
14	2018-03-11	5	2018-03-15	Planned	Definição da linguagem de programação para o GUI	4
15	2018-03-16	15	2018-03-30	Planned	Definição dos diagramas de comunicação do GUI	4

A Fase 5 compreende os incrementos necessários para o desenvolvimento e implementação da proposta de solução, como representado na Tabela 6. Está prevista uma duração de 90 dias para o cumprimento de todos os incrementos da Fase 5, com destaque para o desenvolvimento da interface gráfico do utilizador.

Tabela 6 – Plano de incrementos para a Fase 5 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
16	2018-03-31	15	2018-04-14	Planned	Desenvolvimento do circuito de alimentação	5
17	2018-04-15	3	2018-04-17	Planned	Desenvolvimento do circuito do sensor de caudal	5
18	2018-04-18	2	2018-04-19	Planned	Software do sensor de caudal	5
19	2018-04-20	5	2018-04-24	Planned	Desenvolvimento do circuito da electroválvula	5
20	2018-04-25	4	2018-04-28	Planned	Software da electroválvula	5
21	2018-04-29	6	2018-05-04	Planned	Desenvolvimento do circuito do modulo Wi-Fi	5
22	2018-05-05	5	2018-05-09	Planned	Software do módulo Wi-Fi	5
23	2018-05-10	5	2018-05-14	Planned	Desenvolvimento do circuito de comunicação	5
24	2018-05-15	10	2018-05-24	Planned	Programação modulo de comunicação	5
25	2018-05-25	35	2018-06-28	Planned	Desenvolvimento do interface gráfico do utilizador	5

A Fase 6 compreende a validação da solução proposta. Nesta fase serão conduzidos testes de modo a verificar o funcionamento das várias partes do sistema, e terá a duração de dois

meses, com entrega prevista para o final do mês de agosto. Na Tabela 7 estão representados os incrementos relativos à Fase 6 do projeto.

Tabela 7 – Plano de incrementos para a Fase 6 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
26	2018-06-29	10	2018-07-08	Planned	Testes à Caixa A (alimentação)	6
27	2018-07-09	3	2018-07-11	Planned	Testes ao circuito do sensor de caudal	6
28	2018-07-12	10	2018-07-21	Planned	Testes ao circuito da electroválvula	6
29	2018-07-22	10	2018-07-31	Planned	Testes ao circuito Wi-Fi	6
30	2018-08-01	7	2018-08-07	Planned	Testes à Caixa B	6
31	2018-07-08	8	2018-08-15	Planned	Teste ao circuito de comunicação	6
32	2018-08-16	5	2018-08-20	Planned	Testes à caixa C	6
33	2018-08-21	5	2018-05-25	Planned	Teste ao sistema completo	6
34	2018-08-26	2	2018-08-27	Planned	Análise dos dados em Excel	6

Na Fase 7 é realizado um estudo económico da solução proposta. É uma fase mais curta, com a duração de apenas 10 dias, a começar no final do mês de agosto e entrega no início do mês de setembro. Na Tabela 8 é apresentado o plano de incrementos relativos à Fase 7 do projeto.

Tabela 8 – Plano de incrementos para a Fase 7 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
35	2018-08-28	5	2018-09-01	Planned	Estudo acerca dos custos das PCB's e dos componentes das caixas do sistema	7
36	2018-09-02	3	2018-09-04	Planned	Estudo acerca dos custos do material de canalização	7
37	2018-09-05	2	2018-09-06	Planned	Estudo acerca dos custos do <i>boxing</i> das caixas do sistema	7

Na Fase 8 são utilizadas ferramentas para o desenvolvimento, e simulação, da solução em ambiente tridimensional (3D). Os incrementos relativos ao desenvolvimento das placas de circuito impresso têm a duração total de 15 dias, e os incrementos relativos ao desenvolvimento das várias caixas do sistema em ambiente 3D também têm a duração total de 15 dias. Na Tabela 9 está representado o plano de incrementos relativos à Fase 8 do projeto.

Tabela 9 - Plano de incrementos para a Fase 8 do projeto.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
38	2018-09-07	5	2018-09-11	Planned	Desenvolvimento da placa de circuito impresso da Caixa A	8
39	2018-09-12	5	2018-09-16	Planned	Desenvolvimento da placa de circuito impresso da Caixa B	8
40	2018-09-17	5	2018-09-21	Planned	Desenvolvimento da placa de circuito impresso da caixa C	8
41	2018-09-22	5	2018-06-26	Planned	Desenvolvimento da Caixa A em modelo CAD	8
42	2018-09-27	5	2018-10-01	Planned	Desenvolvimento da Caixa B em modelo CAD	8
43	2018-10-02	5	2018-10-06	Planned	Desenvolvimento da Caixa C em modelo CAD	8

1.5. CIETI – Laboris

O Laboris, onde este projeto foi desenvolvido, tem como responsável o Prof. Gustavo Alves. Este núcleo integra-se num grupo mais alargado denominado Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI), investe na resolução, com alta tecnologia, de problemas da educação e da indústria. Para além de promover o desenvolvimento de meios de apoio à *educação em engenharia* e em particular ao desenvolvimento de *laboratórios remotos*. Conta também com outras áreas de investigação que incluem o *teste e depuração de sistemas eletrónicos*, acompanha ainda a evolução de sistemas programáveis e estuda a sua aplicação a problemas concretos de engenharia.

1.6. Organização do relatório

A presente dissertação é constituída por seis capítulos estruturados e que dão forma ao trabalho, e que são descritos seguidamente.

O capítulo 1 diz respeito à introdução, e onde se apresenta o âmbito do projeto e as linhas gerais da ideia, incluído a identificação do problema e apresentação da proposta de solução. Também se procura desenvolver a envolvente ao projeto.

No capítulo 2 encontra-se a contextualização, e é onde se fundamenta o problema estudado.

De seguida é apresentado o capítulo 3, referente aos conceitos fundamentais, em que o objetivo é descrever e fundamentar alguns conceitos de maior importância e cuja leitura será importante para o melhor entendimento do trabalho realizado.

No capítulo 4 está apresentado o estado de arte, onde se podem encontrar produtos, artigos ou patentes que referem trabalhos relacionados com o presente trabalho.

O capítulo 5 apresenta a proposta de solução, e é onde se encontra todo o trabalho desenvolvido na implementação do projeto, a validação, uma proposta de análise de dados e também o estudo económico do sistema.

No capítulo 6 encontra-se a conclusão composta por um resumo, exposição dos objetivos alcançados e as limitações encontradas ao longo do trabalho.

No final encontra-se as referências bibliográficas, nas quais este projeto se apoiou, bem como alguns anexos de elementos intrínsecos projeto.

2. Contextualização

Neste capítulo será apresentado o conteúdo que enquadra o projeto e a sua envolvente de modo a estabelecer uma linha de pensamento clara que permita entender melhor o problema definido e a solução proposta.

2.1. Enquadramento da sustentabilidade

O trabalho desenvolvido enquadra-se na área da sustentabilidade e utilização racional de recursos. A definição de sustentabilidade não é consensual entre a comunidade científica, no entanto, a mais conhecida e difundida encontra-se no Relatório de Brundtland, *Our Common Future*, onde desenvolvimento sustentável é definido como a necessidade de ir ao encontro das necessidades da presente geração sem comprometer a capacidade das gerações futuras de ir ao encontro das suas necessidades [1]. Apesar de servir como modelo base para a noção de sustentabilidade, é possível ter outras definições mais restritas. Uma seria, por exemplo, a de procurar utilizar um determinado recurso apenas na medida do estritamente necessário para conseguir viver de modo saudável e com conforto.

O modelo mais aceite de sustentabilidade inclui três indicadores, ou pilares: o indicador ambiental, o indicador económico e o indicador social, formando o triângulo básico da sustentabilidade, sendo que tem como objetivo a preservação da biodiversidade e

ecossistemas bem como a melhoria contínua da qualidade de vida de toda a população do planeta [2]. Na Figura 1 está ilustrado o modelo dos três pilares da sustentabilidade.



Figura 1 - Triângulo básico da sustentabilidade [2].

Mais recentemente foi proposto um novo modelo que adiciona um quarto pilar, o *indicador ético*. Este pilar apoia-se na necessidade de incluir a igualdade de direitos e oportunidades na procura por um desenvolvimento sustentável [3].

As questões e preocupações ambientais começaram a surgir desde o início do século XX, resultante do exponencial crescimento da indústria, principalmente nos países ocidentais. Os avanços tecnológicos permitiram observar que as condições climáticas, geográficas e demográficas, entre outras, estavam a deteriorar-se uma velocidade fora do normal, sobretudo desde a revolução industrial do século XVIII [4].

O crescente aumento da população mundial e os ideais pacifistas, e pró-ambientais, resultantes do clima de guerra fria levaram ao aparecimento das primeiras manifestações a favor do desenvolvimento sustentável, onde se procurava maior respeito pelo meio ambiente. Os alertas da população eventualmente chegaram às comunidades científicas e governos mundiais que iniciaram conversações, conferências e protocolos que vêm acontecendo nos últimos 50 anos [4].

Em 1968 foi constituído o Clube de Roma composto por cientistas, industriais e políticos que propuseram o objetivo de discutir e analisar os limites do crescimento económico

atendendo ao uso crescente dos recursos naturais. Também neste ano realizou-se em Paris, a Conferência de Biosfera [4].

As iniciativas de 1968 não tiveram a força esperada, e em 1972 surge a Conferência de Estocolmo das Nações Unidas sobre o meio ambiente Humano, que foi a primeira grande reunião de líderes mundiais com o objetivo de discutir a degradação do meio ambiente [4].

No ano de 1983, a Organização das Nações Unidas (ONU), sob a presidência de Gro Harlem Brundtland, cria a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Esta comissão apresentou o Relatório de Brundtland em 1987, que foi o primeiro documento com objetivos e metas a cumprir pelas várias comunidades mundiais, com um objetivo de desenvolvimento sustentável. Este relatório propôs, entre outras premissas, o uso racional de energia e matéria, controle de poluição e controle do crescimento populacional [4].

Em 1992, aconteceu no Rio de Janeiro, Brasil, a Cimeira da Terra, onde se destaca a criação da Agenda 21. Este documento foi aprovado, e assinado, por 179 países e consiste na ideia de pensar globalmente e agir localmente, isto é, definir estratégias, objetivos e metas diferentes para cada país, mas também para regiões específicas dentro de cada um destes (NUTS), de modo a adequar as metas e orçamentos destinados às realidades locais (Agenda 21 local) [4].

Posteriormente, em 1997, foi assinado o tratado de Quioto, no Japão, numa conferência que visava a poluição atmosférica [4].

Mais recentemente, em 2015, surgiu a 21ª Conferência das Partes (COP21), em Paris, com a adesão de todos os 195 países que pertencem a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC), com Portugal a assinar a 22 de abril de 2016 e ratificar a 5 de outubro de 2016 [4].

2.2. O crescimento populacional

Os avanços tecnológicos, sobretudo na medicina, permitem ao ser humano da atualidade viver até idades cada vez maiores. Assim, com a população mundial a crescer exponencialmente, o planeta deixou de conseguir suportar, de forma sustentável, os recursos que são consumidos. Na Figura 2 é apresentada a previsão de crescimento da população mundial para os próximos anos [2].

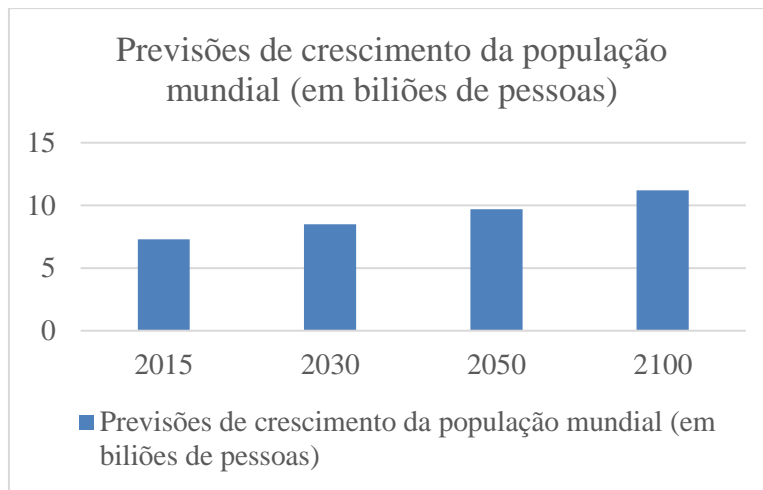


Figura 2 – Previsão do crescimento populacional mundial [2](Adaptado).

O número de cidadãos no mundo não para de crescer. No entanto, não cresce de forma proporcional por todo o globo. Na grande maioria dos países ocidentais, sobretudo Europa, a taxa de crescimento têm vindo a descer consideravelmente, enquanto na Ásia, sobretudo China, Índia e Bangladesh, este número continua a aumentar. Esta diferença resulta da forte industrialização e desenvolvimento dos países ocidentais, onde cada vez mais a carreira profissional é prioritária relativamente à constituição de família, ao contrário do que se verifica em países menos desenvolvidos. Nos últimos anos, os governos de países menos desenvolvidos têm vindo a implementar políticas que procuram a redução da taxa de crescimento populacional. Estas medidas provocaram uma descida na taxa de crescimento populacional mundial que pode ser verificada na Figura 3 [5].

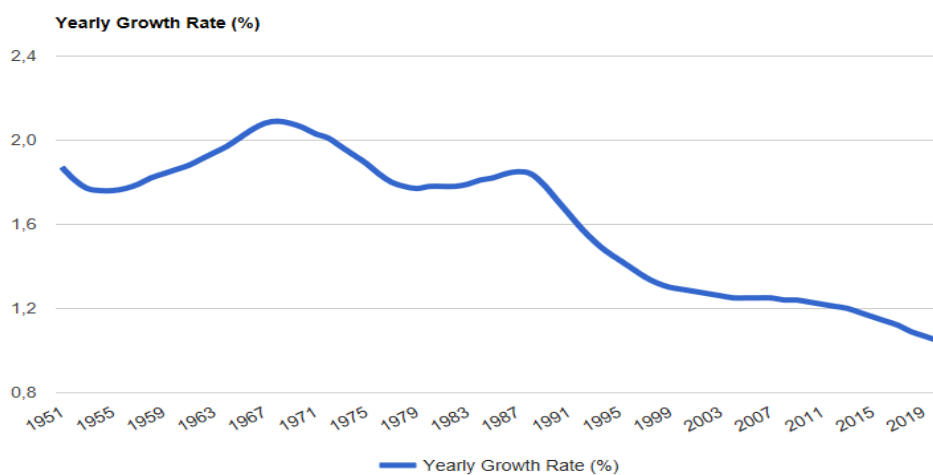


Figura 3 – Taxa anual de crescimento populacional mundial [6] [7].

O crescimento populacional tem um enorme peso no desenvolvimento sustentável, pois o planeta é um sistema com recursos limitados. Apesar do ritmo de crescimento ter reduzido bastante, é necessário continuar os esforços e procurar que se faça uma melhor gestão dos recursos do planeta, pois neste momento, o desgaste imposto é elevado, o que prejudicará as futuras gerações de habitantes do planeta Terra.

2.3. Sustentabilidade dos recursos hídricos

A água é um recurso básico à vida, declarado pelas Nações Unidas como direito da humanidade, em 2010 [7]. No entanto, é um recurso finito. Desde as primeiras discussões acerca da sustentabilidade que a água é um tema de destaque.

Do total de água existente no planeta apenas 0,3% é água doce e de fácil acesso (rios ou lagos). Na Figura 4 está representada a distribuição de água existente no planeta [8].

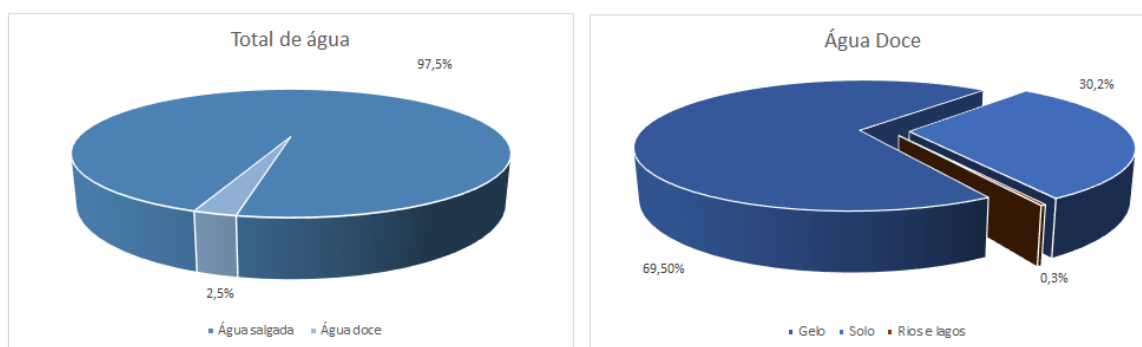
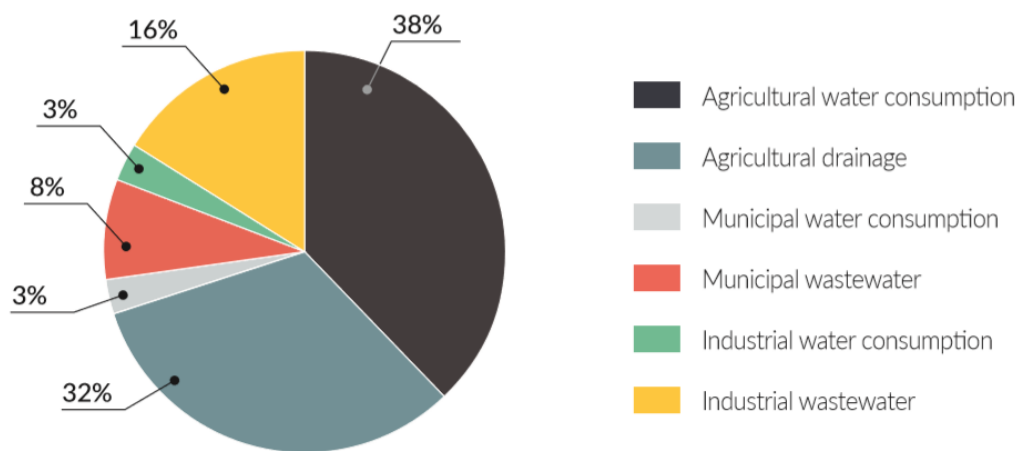


Figura 4 – Distribuição do total de água no planeta [8] (Adaptado).

A água é utilizada para diversos usos sendo se pode dividir em 3 grandes grupos: uso doméstico, industrial e agrícola. O uso descontrolado e desmedido pode ser encontrado em qualquer destes grupos, e observa-se que a maioria da população não está informada da quantidade de água necessária para produzir bens utilizados no dia a dia. Por exemplo, são necessários cerca de 17 000 litros de água para obter apenas um quilograma de carne vaca [8].

A distribuição do uso da água pelos respectivos setores varia de acordo com diferentes fatores como industrialização do país, existência e quantidade de recursos hídricos bem como as políticas na matéria. Enquanto, em média, 70% da quantidade de água consumida em todo mundo é utilizada na agricultura, por exemplo, a Bélgica, país que importa muitos dos bens alimentares consumidos, utiliza 80% da quantidade de água disponível na indústria. Na

Figura 5 está apresentada a distribuição da utilização de água, a nível mundial, pelos vários setores [8].



Source: Based on data from AQUASTAT (n.d.a.); Mateo-Sagasta et al. (2015); and Shiklomanov (1999).

Contributed by Sara Marjani Zadeh (FAO).

Figura 5 – Distribuição dos consumos e desperdícios pelas principais utilizações de água globalmente [9] (Adaptado).

Verifica-se que 56% do total de água consumida é desperdiçada, o que representa um enorme erro no que constitui práticas para um uso eficiente de água. Também é possível verificar que, com exceção da agricultura, o desperdício de água é largamente superior ao consumo [9].

Outro problema relacionado com desperdício de água é o do crescimento da população mundial. A água é um recurso cuja procura é proporcional ao crescimento populacional. Todos os dias a população cresce, e com previsões de atingir nove milhões em 2050, a quantidade de água que será consumida será muito superior à quantidade consumida atualmente, permitindo concluir que o crescimento populacional é um fator de risco relativamente à disponibilidade de água [10].

Verifica-se que em países situados no norte do globo, afastados dos polos, a quantidade de água disponível é suficiente para satisfazer as populações. No entanto, muitas regiões do planeta, especialmente situadas na linha do equador e trópicos, sofrem de secas praticamente durante todo o ano, havendo períodos onde se vive seca extrema [11]. Devido às alterações climáticas, este fenómeno começa a ser verificado em cada vez mais regiões do mundo,

como por exemplo Portugal, onde o verão de 2017 foi dos mais secos, e em vários locais viveu-se períodos de seca extrema, chegando mesmo a ser impostas leis de proibição de consumo de água para certos usos em várias localidades [12].

Um caso de estudo interessante para este tema é a política de Israel relativamente à água. Sendo um país situado numa das zonas mais secas do mundo, seria de esperar que a ausência deste recurso fosse o dia-a-dia das suas populações. Contudo, o cenário é exatamente o oposto. Israel é atualmente uma *superpotência da água*, pois desde a sua criação, em 1947, considerou a água uma das suas principais preocupações. Quando se trata de água, este país está na vanguarda em todos os sentidos, desde centrais de dessalinização com tecnologia de ponta e barata, à reutilização e tratamento de 100% de toda a água consumida, incluindo resíduos. Este país também se destaca na definição do próprio recurso. Em Israel a água é paga na sua totalidade pelo consumidor, que assim paga todo um conjunto de taxas (manutenção, acesso, etc), ao passo que noutros países é paga maioritariamente pelo contribuinte. Esta política provoca uma subida significativa no preço da água. Muitos países consideram esta política um desrespeito da condição humana. No entanto, verifica-se que os cidadãos acabam por gerir melhor a sua utilização de água [13].

Na Europa, a preocupação com a sustentabilidade dos recursos hídricos surgiu na década de 80, com a publicação das primeiras medidas procuravam assegurar a qualidade da água em todos os estados-membro. Assim começou uma procura constante, que dura até aos dias de hoje, na procura de qualidade e quantidade de água em toda a Europa.

Em 2000, a Comissão Europeia introduziu a Water Framework Directive (WFD), diretiva que foi alterada em 2008, e que trouxe um conjunto de resoluções, estratégias e metas para os países membros da União Europeia trabalharem no caminho da gestão eficiente de água [14].

Uma estratégia introduzida pela União Europeia, e que começa a ser verificada em vários países da Europa é aplicação do custo real da água. Tal como se verifica em Israel, e em países como a Alemanha, que foi pioneira na Europa, o custo da água compõe todo um conjunto de taxas, nomeadamente taxa de manutenção, taxa de acesso e taxa de transporte. Aplicando esta estratégia, o preço da água sobe substancialmente. Contudo, esta política serve de incentivo à poupança de água, pois em países cujo o preço da água é mais baixo, como Portugal, as pessoas não são incentivadas a poupar água. [14].

Mais recentemente, em 2012, a Comissão Europeia lançou o programa Blueprint of Safeguard Europe's Water Resources. O objetivo deste programa, que passa por assegurar a implementação da WFD, também acrescentou novas estratégias, nomeadamente para consumos domésticos [15].

Estas diretivas propostas pela Comissão Europeia definem o problema, sugerem estratégias e estabelecem as metas, cabendo a cada país definir que estratégias e metas adotar, atendendo à sua situação específica.

Em Portugal, a entidade responsável por responder às diretivas europeias, no diz respeito ao meio ambiente, é a Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Em 2000, a APA iniciou um estudo que resultou num relatório, e posteriormente num programa estratégico, que procura responder às diretivas europeias para gestão de água. Assim nasceu o Plano Nacional para o Uso Eficiente de água (PNUEA), entretanto, atualizado em 2012. Este programa utilizou o estudo realizado entre 2000 e 2005 para criar um conjunto de estratégias e metas a cumprir até 2020. O principal objetivo consiste na redução da água desperdiçada nos três principais setores de utilização. Na Figura 6 verifica-se uma comparação entre a situação em 2002 e os objetivos para 2020 [16].

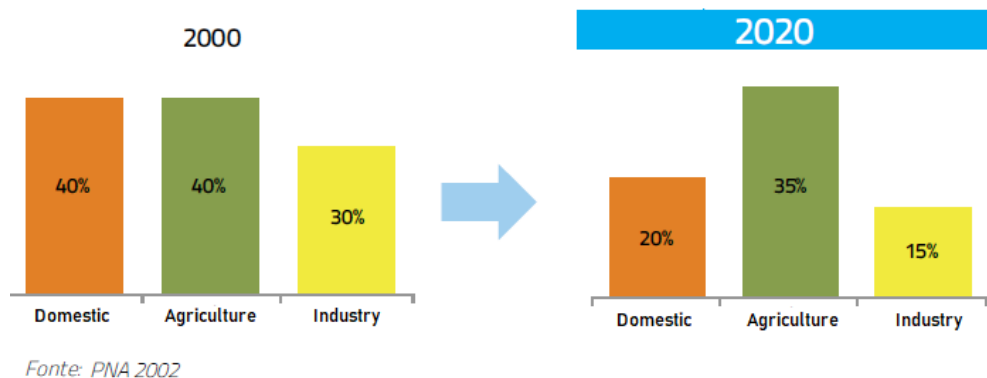


Figura 6 – Água desperdiçada por setor em 2002 e objetivos para 2020 [16].

O PNUEA tem por objetivo procurar atingir uma maior eficiência na utilização de recursos hídricos com base na adequação tecnologia, ou seja, a utilização e/ou substituição de tecnologias menos eficientes por melhores soluções, e adequação dos comportamentos, ou seja, procurar melhores hábitos na utilização de água. Nos Anexos A e B apresentam-se as medidas propostas pelo PNUEA para o ambiente urbano em situação hídrica normal, e em situação hídrica de escassez de água, respetivamente [16].

No setor agrícola e industrial, os empreendedores estão limitados ao aparecimento de novas tecnologias que proporcionem redução dos consumos de água. No setor doméstico os consumidores podem gerir de forma mais eficiente este recurso através da adoção de boas práticas de consumo de água, e também com apoio de tecnologias inovadoras.

Um dos principais problemas associados à gestão pouco eficiente da utilização de água é a ausência de informação acerca das utilizações dos consumidores por ação. Por norma, os utilizadores apenas sabem a quantidade total de água consumida durante o mês, informação que serve apenas para faturação. De modo a otimizar os consumos de água, é necessário que os utilizadores possam saber e estudar os seus consumos.

Nos últimos anos têm surgido várias em empresas que apresentam soluções que monitorizam os consumos a nível doméstico. No entanto, estas soluções são, tanto quanto foi possível encontrar, centralizadas, isto é, sistemas que monitorização apenas o consumo total, utilizando tecnologias que procuram prever consumos mais específicos. Soluções centralizadas não oferecem a mesma quantidade e qualidade de informação que um sistema descentralizado oferece. Existe a necessidade de uma solução que permita medir todos os consumos nas diversas utilizações.

O presente trabalho propõe uma solução descentralizada que permita recolher informação suficientemente detalhada, para permitir ao consumidor conhecer os seus consumos e poupar água no quotidiano.

3. Conceitos Fundamentais

Ao longo deste capítulo irá serão utilizados alguns conceitos importantes para a interpretação do projeto realizado.

3.1. Transformador

O transformador é um componente elétrico responsável por transformar a corrente alternada, distribuída na rede elétrica, utilizada pelos mais diversos equipamentos que utilizamos. Este processo é conseguido através da passagem da corrente por dois enrolamentos de cobre. A tensão alternada entra no primeiro enrolamento (V_p), tipicamente a 230 V, e sai do segundo enrolamento (V_s), com a tensão desejada dependendo do número de espiras do enrolamento. Na Figura 7 está representado um esquema do transformador [17].

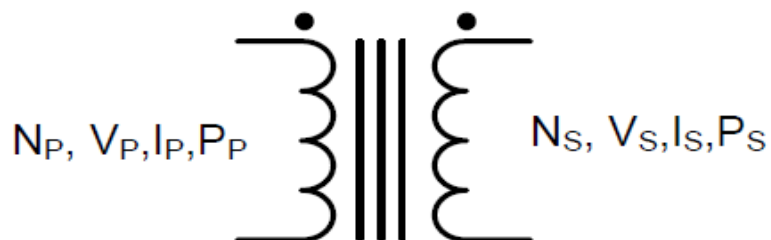


Figura 7 - Representação esquemática de um transformador. [17]

3.2. Retificação

Retificação é um processo de conversão onde se converte a corrente alternada (AC) em corrente unidirecional (DC) ¹. Este processo é conseguido através da utilização de díodos como retificadores (a série 1N4001 até 1N4007 é mais utilizada). A retificação pode variar de acordo com o número de díodos utilizados, podendo ser de meia onda ou de onda completa. A ponte de *Graetz* é um esquema de retificação de onda completa, onde a alternância positiva passa sem alteração, enquanto a negativa é invertida, resultando no aparecimento apenas das alternâncias positivas à saída, com o dobro da frequência. Na Figura 8 está representada a retificação de onda completa através da ponte de Graetz [18].

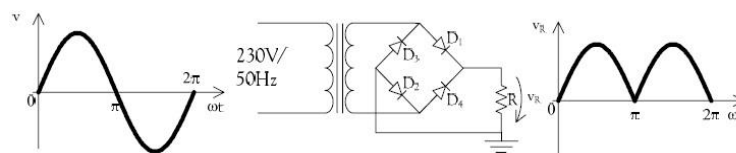


Figura 8 - Retificação de onda completa através da ponte de Graetz [18].

3.3. Regulação

A regulação da tensão tem como objetivo estabelecer uma tensão fixa à saída do circuito e é conseguida através de um circuito integrado denominado de regulador de tensão. Este componente, necessita sempre de uma tensão de entrada superior à pretendida de modo a cumprir o objetivo. A série de reguladores de tensão mais conhecida é 78XX, onde se destacam os reguladores 7805 e 7812, que regulam a tensão para 5 V e 12 V respetivamente [18] [19].

3.4. Circuito Integrado

Um circuito integrado, é um pequeno componente que possui no seu interior diversos componentes, de tamanho muito reduzido, gravados em placas de silício, como díodos,

¹ O acrónimo AC simboliza corrente alternada (CA). O acrónimo DC, que se traduz corrente unidirecional, não possui o mesmo significado que CC, que simboliza corrente contínua.

transístores, resistências e condensadores. Esta tecnologia permitiu um grande avanço na área de eletrônica, onde hoje é possível encontrar circuitos bastante complexos com as mais diversas funcionalidades e tamanho minúsculos. Na Figura 9 está ilustrado um circuito integrado [18].

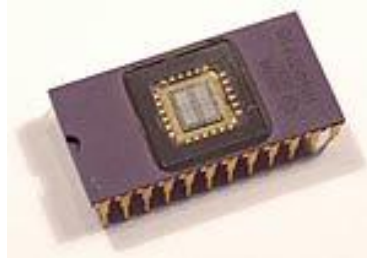


Figura 9 – Circuito integrado [19].

3.5. Grandezas analógicas e digitais

Sinais analógicos representam grandezas que podem assumir qualquer valor dentro de um intervalo definido. Sinais digitais representam grandezas que assumem apenas um finito conjunto de valores definido pelos seus limites. Existem também sinais quasi digitais que são grandezas com variação contínua, como por exemplo, o *duty-cycle*. [17]. Na Figura 10 está ilustrada a diferença entre o sinal digital e o sinal analógico.

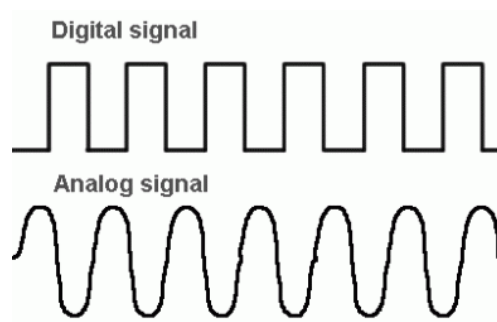


Figura 10 – Diferença entre sinal digital e analógico [20].

3.6. Diferença entre microcontrolador e placa microcontroladora

Um microcontrolador é um circuito mínimo baseado em microprocessadores que permite utilização direta. Uma placa microcontroladora é um circuito que inclui um microcontrolador bem como componentes suplementares para facilitar o seu uso. Uma placa microcontroladora possui sempre um microcontrolador, por exemplo, um Arduino Uno,

placa controladora da empresa italiana Arduino utiliza um microcontrolador da Atmel, ATmega 328p [19].

3.7. Portas de interrupção de um microcontrolador

Portas de interrupção são portas, de saída digitais, de um microcontrolador que possuem características especiais relativamente às restantes, pois são capazes de interromper qualquer ação a ser executada pelo microcontrolador para este realizar outra ação específica mais importante [21].

3.8. Sensores, Atuadores e IoT

O sensor é um dispositivo eletrónico que permite a medição ou leitura de informação ou propriedades em estudo, e transmite essa informação através de um sinal elétrico correspondente. São utilizados para medir caudais, temperatura, luminosidade, qualidade do ar e movimento [22]. Na Figura 11 estão representadas algumas aplicações de sensores.

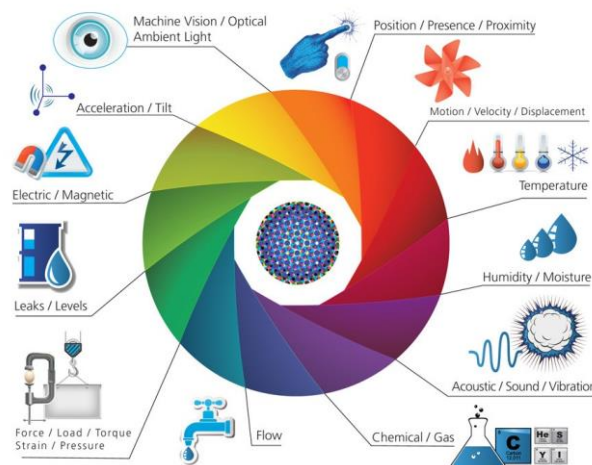


Figura 11 - Exemplos de aplicação de sensores. [22]

Um atuador é um dispositivo programado para provocar uma ação quando necessário. Um exemplo bastante utilizado é a electroválvula, utilizada em sistemas de rega, que é ativada através de uma corrente elétrica fornecida pelo programador lógico de modo a permitir a passagem de água. São dispositivos que desempenham o seu papel de forma mais assertiva quando utilizados com sensores no sistema [22].

Nos últimos anos sensores e atuadores têm sido cada vez mais utilizados nas mais diversas áreas, e juntamente a utilização da internet e da comunicação Wi-Fi permitiu o aparecimento da IoT [22].

3.9. Electroválvula

A electroválvula é dispositivo capaz de permitir, ou não, a passagem de um fluido no seu interior, eletricamente. Ao contrário da válvula manual que necessita de uma ação mecânica por parte do utilizador, a electroválvula pode ser programada através de um programador lógico para poder ser utilizada à distância. Electroválvulas são utilizadas tanto em ambiente doméstico, por exemplo em sistemas de rega, como em ambiente industrial [23]. Na Figura 12 estão ilustrados os componentes da electroválvula.

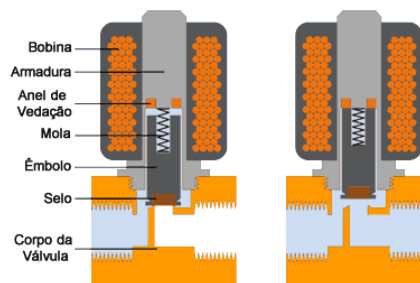


Figura 12 - Componentes de uma electroválvula. [23]

Uma das características mais importantes da electroválvula é o seu estado de repouso, que pode ser normalmente aberto ou normalmente fechado. Uma electroválvula com estado de repouso normalmente aberto permite a passagem de água exceto quando não alimentada. No caso do estado de repouso da válvula ser normalmente fechado, a electroválvula só permite a passagem de água quando excitada.

Outra característica importante de uma electroválvula é o modo de ação, que pode ser *mono-estável*, ou *bi-estável*. As electroválvulas *mono-estáveis*, para alterar o seu estado, necessitam de ser alimentadas durante todo o período. As electroválvulas *bi-estáveis*, para alterar o seu estado, necessitam apenas de um sinal elétrico. [23].

3.10. Sensor Hall

O sensor de Hall envia um sinal elétrico quando o íman é movimentado sobre o próprio sensor, sendo o sinal possível de ser recebido e interpretado posteriormente. Um exemplo de utilização do sensor de Hall pode ser observado em sensores de caudal, onde no interior do

sensor se encontra uma espiral, que se movimentava quando a água passa no seu interior. A espiral contém uma zona polarizada que quando roda, sujeita a força da água, faz a zona polarizada passar pelo sensor de Hall em cada volta completa. Por sua vez, o sensor de Hall envia um sinal elétrico sempre que se verifica uma volta completa da espiral. Este sensor utiliza o efeito de Hall introduzido por E. H. Hall em 1879 [24]. Na Figura 13 está ilustrado o sensor de Hall em contacto com um íman.

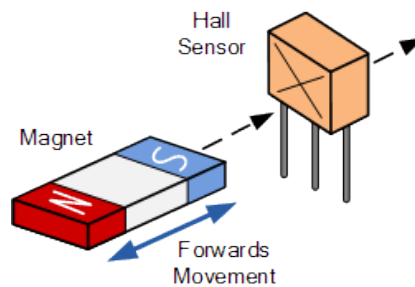


Figura 13 – Ilustração do sensor de Hall em contacto com um íman. [25]

3.11. Placas de circuito impresso

Placa de circuito impresso (*printed circuit board* - PCB) é uma placa onde se encontram soldados os componentes de um circuito e onde não existem fios entre os componentes, pois estes estão conectados por pistas impressas na placa. A passagem de *breadboard* para placa de circuito impresso é muito importante quando se implementa o circuito em ambiente real [26].

Para realizar uma placa de circuito impresso é necessário passar por várias fases, sendo que primeiro, é fundamental desenhar o circuito num software de *Computer Assisted Design* (CAD) com funções para desenho de circuitos, por exemplo o *Eagle*. Através deste software poderá desenhar-se o circuito, bem como estruturá-lo com os componentes necessários e analisar a melhor forma de ligação dos mesmos [26].

Após conclusão do desenho em CAD, imprime-se o esquema (de preferência em folha vegetal) e seguem-se os seguintes processos [26]:

- Prensa – Gravação do circuito presente na folha vegetal impressa na placa limpa através de uma prensa;
- Mergulho – Processo de mergulho da placa em ácido de cobre de modo a provocar uma reação química que irá realçar as pistas gravadas na placa;
- Furação – Processo de furação dos furos necessários para os componentes;

- Limpeza – É necessário limpar a placa (de preferência com álcool) antes de colocar os componentes, de modo a retirar a sujidade resultantes de processos anteriores;
- Soldadura – Colocação dos componentes no seu local final e fixação com solda dos mesmos na placa.

3.12. Sistemas de medição centralizados e descentralizados

Sistema de medição centralizado é uma solução onde se procura apenas através de um instrumento medir uma variável em vários locais. A grande vantagem associada a este tipo de sistemas é a vertente económica, pois tendem a ser consideravelmente mais baratos devido a consistirem em apenas um instrumento de medição. Na maioria dos sistemas centralizados verifica-se que a quantidade de dados medidos é reduzida.

Um sistema de medição descentralizado é um sistema onde vários instrumentos estão distribuídos pelos diversos locais de medição e ligados a um banco de informação central. A grande vantagem deste sistema fixa-se na possibilidade de observar os consumos de todos os locais de medição individualmente, algo que não é possível num sistema de medição centralizado. A desvantagem normalmente associada a sistemas descentralizados é o seu custo, pois como obriga à utilização de um instrumento por local de medição, arrecada maior custo em materiais e componentes. A existência de medições em vários locais oferece informação em maior quantidade e mais assertiva.

4. Estado de arte

Este capítulo é composto por uma análise a sistemas com funções semelhantes, encontrados no mercado, em patentes e publicações científicas.

4.1. Sistemas de monitorização de consumos de água existentes no mercado

A medição de água no sentido de apoiar uma melhor gestão deste recurso é um conceito relativamente recente. No entanto, já existem alguns protótipos e *start-ups* a trabalhar nesta solução.

4.1.1. FLUID LABS, Lda

O Fluid é um produto desenvolvido pela empresa FLUID LABS, Lda. Esta solução é um sistema centralizado de monitorização inovador e cuja entrada no mercado estará para breve, de acordo com a empresa. A grande inovação deste sistema é a sua fácil instalação, pois não precisa de ser inserido na tubagem. Este sistema utiliza sensores ultrassom para medir a passagem da água, e por isso, pode ser colocado simplesmente sobre a tubagem existente, facilitando a instalação. Conectado a uma aplicação android, possui uma interface de fácil utilização. Esta solução permite a definição de objetivos relativos aos consumos, e também deteta fugas de água. Uma desvantagem centra-se na impossibilidade de distinguir com

sucesso consumos semelhantes, por exemplo, distinguir a utilização de duas torneiras em locais diferentes. Esta limitação é derivada à solução ser um sistema centralizado. A empresa ainda não divulgou o preço de venda [27]. Na Figura 14 está representado o Fluid.



Figura 14 - Sistema Fluid disponibilizado pela FLUID LABS, Lda [28].

4.1.2. Flo Technologies Inc

Flo é um produto disponibilizado pela empresa Flo Technologies, Inc, sediada nos Estados Unidos. Este sistema instala-se na tubagem principal à entrada do edifício, sendo um sistema centralizado de medição. A sua instalação é mais complexa pois o sistema tem que ser inserido diretamente na tubagem existente [28]. Na Figura 15 está representado o sistema Flo.



Figura 15 - Representação do sistema Flo desenvolvido pela Flo Technologies Inc [28].

O sistema é capaz de fornecer dados dos consumos, e também detetar fugas no interior do edifício. Um vantagem desta solução é a capacidade de comparar consumos, permitindo criar padrões de utilização, e assim identificar os consumos e utilizadores. O produto está à venda nos Estados Unidos por cerca de 500 *dollars* (aproximadamente 400 euros) [28]. Na Figura 16 está ilustrada a instalação do sistema Flo numa habitação.



Figura 16 - Instalação do sistema Flo numa habitação [28].

4.2. Trabalhos científicos

A comunidade científica tem trabalhado e apresentado excelentes propostas dentro da área da sustentabilidade dos recursos hídricos, sobretudo na qualidade água, mas também na procura por uma melhor gestão, monitorização e maior eficiência.

4.2.1. DAIAD

O DAIAD é um projeto de investigação europeu (*European Union's Research and Innovation Funding Programme for 2007-2013 - FP7*) que procura melhorar a gestão de água através de um sistema de monitorização. O objetivo é que a monitorização sensibilize os utilizadores a adequar os seus consumos através de um sistema de baixo custo e com a capacidade de armazenar grandes quantidades de informação [29]. Na Figura 17 está representada a arquitetura de do projeto proposto.

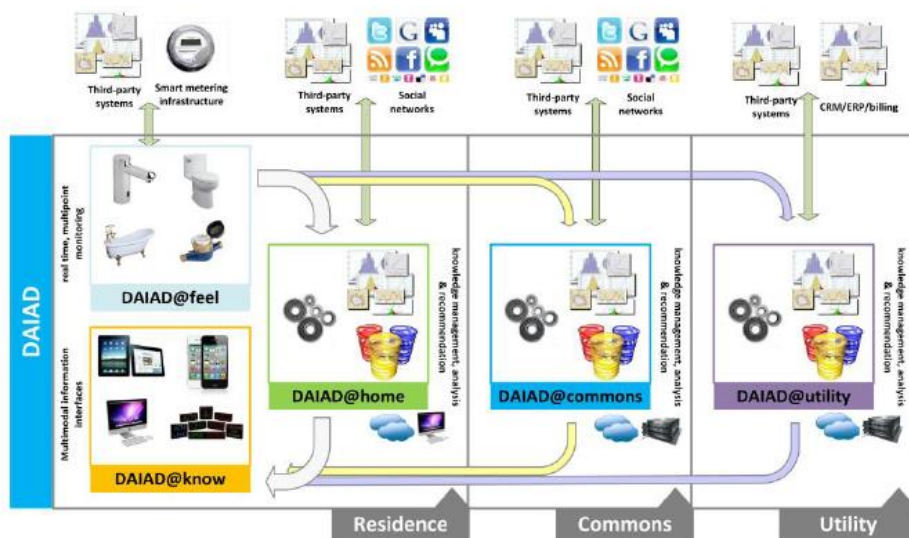


Figura 17 – Arquitetura proposta pelo DAIAD [29].

É possível verificar que este projeto compõe vários sistemas para as diferentes utilizações como a nível doméstico, (DAIAD@home) para utilizações publicas (DAIAD@commons) e para indústrias e serviços especializados (DAIAD@utility). Os utilizadores podem visualizar em tempo real aos seus consumos através do DAIAD@know [29].

4.2.2. A self-powered wireless device for monitoring water usage in hotel showers

Este projeto foi desenvolvido na Universidade de Tusla, nos Estados Unidos, numa ligação entre os departamentos de eletrónica e computação, química e de economia. No artigo publicado em 2015 é apresentado o Hydrosense, um sistema que procura a redução de consumos de água em hotéis. O artigo apresenta um estudo realizado, que indica que grandes quantidades de água são desperdiçadas pelos utilizadores de hotéis, e que estes estabelecimentos não utilizam nenhuma tecnologia capaz de monitorizar e identificar os seus consumidores, não podendo assim contabilizar na faturação dos mesmos [30].

O Hydrosense é um sistema capaz de monitorizar os consumos de água nos chuveiros de quartos de hotel. É também um sistema barato, de dimensões reduzidas, com comunicação sem fios e capaz de se autoalimentar. Na Figura 18 está representado o *dataflow* entre o Hydrosense e o sistema de gestão de um hotel [30].

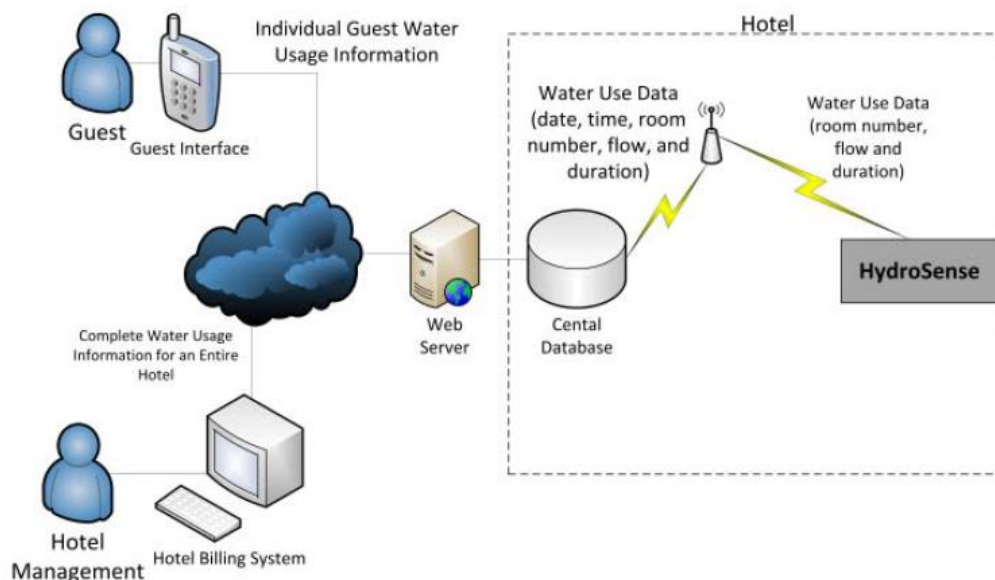


Figura 18 – *Dataflow* entre o Hydrosense e o sistema de gestão do hotel [30].

4.2.3. Domestic water consumptions monitoring and behaviour intervention by employing the internet of things technologies

Este projeto foi desenvolvido pela ISS-EWATUS, um projeto de investigação europeu (FP7), e apresenta a implementação de um sistema de monitorização para consumos de água domésticos. Neste sistema, sensores medem a quantidade de água utilizada, e esta informação é enviada via Wi-Fi para uma base de dados. O objetivo deste sistema é sensibilizar ativamente os utilizadores a pouparem água em todas as suas ações do dia a dia. Na Figura 19 está representada a arquitetura do sistema. [31].

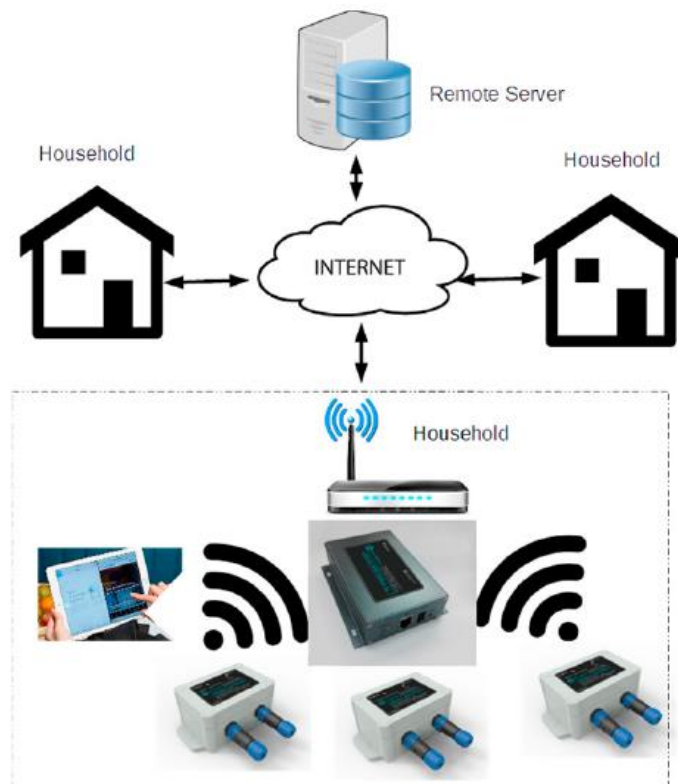


Figura 19 - Arquitetura do sistema. [31]

Verifica-se que toda informação das várias habitações é guardada num servidor remoto comum, sendo assim possível analisar os dados de várias habitações e vários consumidores.

4.3. Modelo de operações de sistemas de monitorização

Um sistema de monitorização pode possuir vários níveis de operações, de acordo com as suas capacidades, como representado Figura 20. As operações básicas são as mais simples, e necessárias, responsáveis pela obtenção de dados, verificação de anomalias nos dados e controlo do sistema. Na segunda camada encontram-se as operações compostas. Este é um

nível superior onde se encontram operações como análise dos dados em tempo real, análise passo-a-passo e paragem do sistema por condição. Podemos encontrar ainda um nível mais alto onde se encontram operações onde o sistema autonomamente recolhe a informação, cria padrões de utilização e alerta o utilizador em caso de desvios.

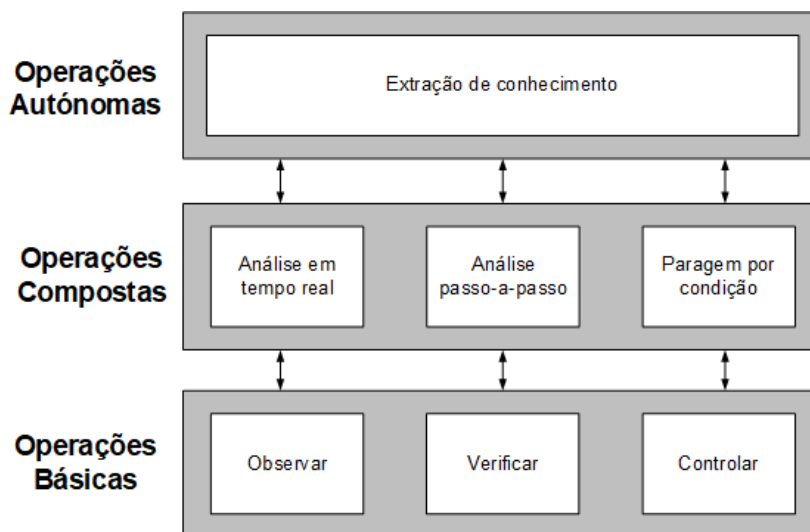


Figura 20 - Modelo de operações de sistemas de monitorização.

De facto, já existem um conjunto de soluções que procuram resolver o problema definido neste trabalho. Consta-se que a nível de mercado, isto é, soluções que já estão disponíveis para utilização, estas são limitadas devido à centralização dos sistemas. Esta limitação não permite recolher dados suficientes. As soluções apresentadas são capazes de realizar operações básicas, com exceção de operação controlo, pois, os sistemas não incluem mecanismos de abertura/fecho de passagem de água. Estas soluções também são capazes de realizar algumas operações compostas, com exceção da operação de paragem por condição.

Em trabalhos científicos já vem sido estudados alguns sistemas de monitorização descentralizados, tanto para habitações, como hotéis e estalagens. São sistemas que conseguem realizar operações básicas, exceto a operação de controlo, pois, os sistemas não incluem mecanismos de abertura/fecho de passagem de água. Estas soluções também são capazes de realizar algumas operações compostas, com exceção da operação de paragem por condição.

Reconhece-se que tanto no mercado, como em trabalhos científicos, existem soluções que apresentam capacidade para realizar algumas operações básicas, e compostas. O presente trabalho procura uma alternativa capaz de realizar todas as operações básicas e todas as

operações compostas, de modo a compreender um sistema que permita o máximo de funcionalidades. No futuro poderão aparecer soluções que apresentem capacidade para realizar operações autónomas, o que representará um grande avanço a nível das tecnologias de gestão de recursos.

5. Sistema de monitorização de consumos de água descentralizado

Este capítulo contempla todo o trabalho prático realizado para o projeto desde a análise aos requisitos propostos, o estudo dos materiais necessários, o desenvolvimento do sistema e testes ao funcionamento do sistema. Será também demonstrado exemplos de análises aos dados obtidos e um estudo económico da solução.

5.1. Requisitos do sistema

De modo a poder responder diretamente ao problema definido foram elaborados um conjunto de requisitos que o sistema a desenvolver necessita de responder. Estes requisitos dividem-se em requisitos de *hardware*, onde estão definidas as necessidades relativas a sensores, atuadores e controladores necessários, e requisitos de *software*, onde estão definidas as necessidades que o interface gráfico do utilizador deve responder. Os requisitos de hardware são os seguintes:

- Quantificar a quantidade de água que é consumida em cada saída de água;
- Quantificar a quantidade de água que entra no circuito da casa;

- Identificar a data das utilizações;
- Capacidade de abrir e fechar a passagem de água em determinado local;
- Ter o menor custo possível;
- Possuir dimensões reduzidas.

Os requisitos da interface gráfica do utilizador são os seguintes:

- Aplicação simples de fácil utilização que esteja presente no seu computador pessoal;
- O utilizador/ator deve ter acesso a informação relativa aos consumos mensais de cada saída de água;
- O utilizador/ator deve ter acesso a informação relativa a quantidade total de água consumida na habitação/edifício;
- O utilizador/ator deve ter possibilidade de ligar/desligar a passagem de água em determinada saída.

5.2. Proposta de solução

Com base no problema identificado, e nos requisitos de *hardware* e *software* propostos anteriormente, propõe-se o desenvolvimento de um sistema de monitorização de consumos descentralizado. Na Figura 21 está representado o diagrama de blocos da solução proposta.

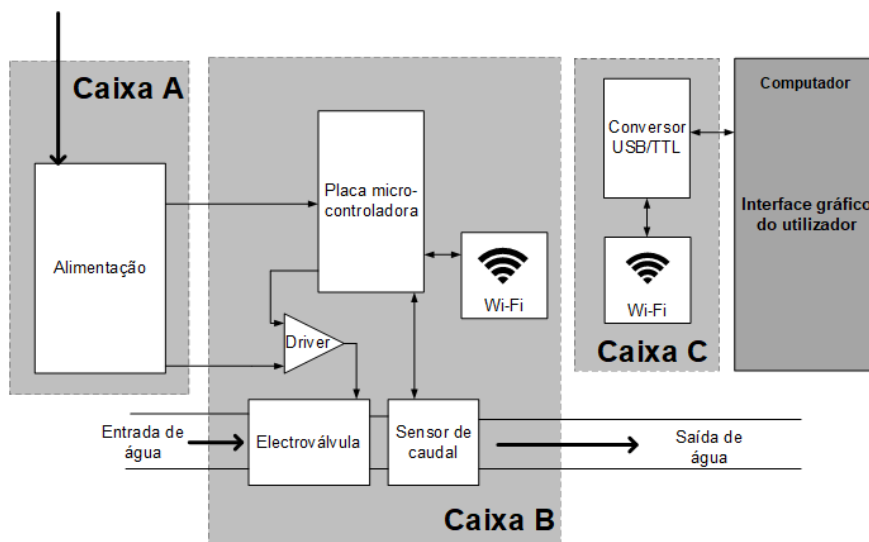


Figura 21 - Diagrama de blocos da solução proposta.

O sistema é composto por sensores e atuadores que interagem diretamente com água recolhendo informação, e enviando através de comunicação Wi-Fi, para um recetor que está conectado à porta USB do computador.

É objetivo que o sistema seja instalado diretamente na tubagem, à entrada do circuito de tubagens, e em cada saída de água da habitação/edifício. Considera-se uma saída de água qualquer meio de consumo de água de uma habitação, ou edifício, sendo muito comuns as seguintes:

- Torneiras;
- Chuveiros;
- Sanitas;
- Máquinas de lavar roupa;
- Máquinas de lavar louça.

Este sistema pode ser instalado em qualquer edificado, desde habitações a edifícios de serviços. Na Figura 22 está representada um exemplo de instalação da solução numa habitação de tipologia Tipo 1 (T1).

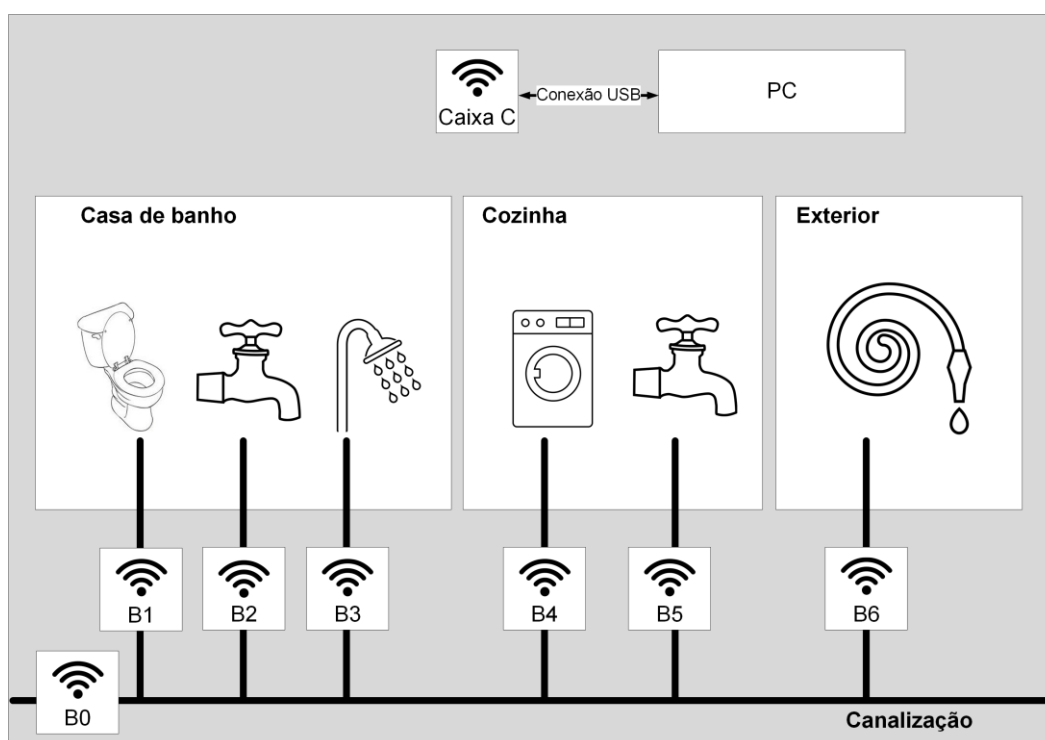


Figura 22 - Representação da instalação das várias Caixa B numa habitação T1.

A descentralização da solução proposta implica a necessidade de o sistema medir em todas as saídas de água. Como se verifica na Figura 22, a habitação T1, possui cinco saídas de água no seu interior (Caixas B1 a B5) e uma saída de água no exterior (Caixa B6). A Caixa B0 é instalada à entrada do circuito de água da habitação e serve para medir toda a água que entra no circuito. Sabendo os consumos individuais por saída (Caixas B1 a B6), e

comparando com o consumo total medido na Caixa B0, será possível identificar se está a haver uma fuga. Se os valores não coincidirem, dentro de uma margem de erro, indica que existe uma fuga de água dentro do circuito da habitação, ou que existe algum problema técnico relativo a uma, ou várias Caixas B.

A interface gráfica do utilizador interage com as Caixas B através da Caixa C, sendo esta responsável pela comunicação. Na Figura 23 está representado o fluxo de informação após uma intervenção do utilizador, neste caso, o consumo de água numa determinada saída de água.

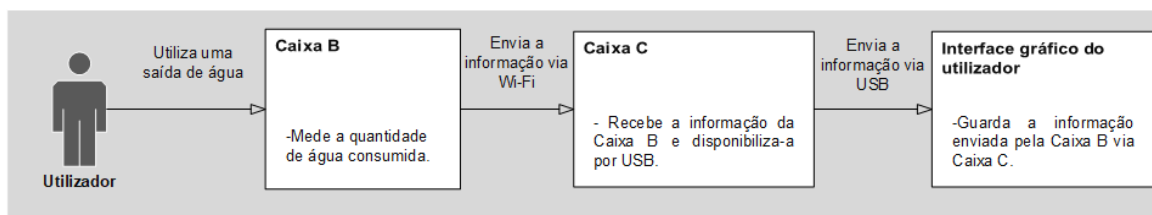


Figura 23 - Diagrama de comunicação entre o utilizador e o sistema numa utilização de água.

A informação relativa aos consumos é apresentada no interface gráfico do utilizador, como representado no diagrama de comunicação presente na Figura 24.

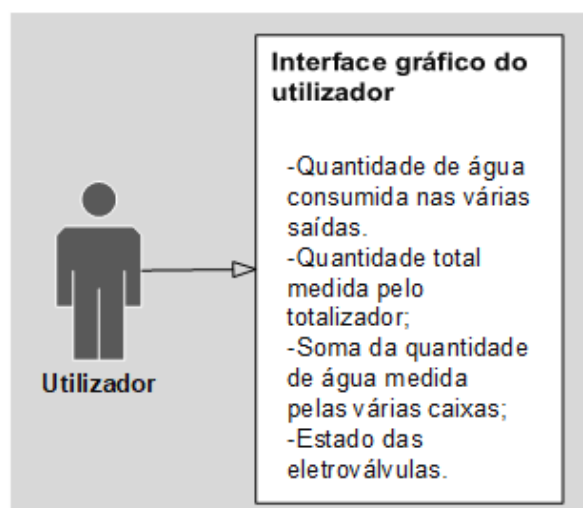


Figura 24 - Diagrama de comunicação entre o utilizador e o software.

Caso se verifique que a quantidade total de água consumida não coincide com a quantidade de água medida pela Caixa B0, é necessário que o utilizador feche a passagem de água numa, ou várias saída(s) de água, de modo a verificar a existência de fugas de água ou problemas no sistema. Na Figura 25 está representada a interação do utilizador com o sistema, através

do interface gráfico do utilizador, no sentido de desligar/ligar a electroválvula, de modo a permitir manutenção, ora da canalização no caso de fuga, ora de uma das Caixas B no caso de haver problemas técnicos.

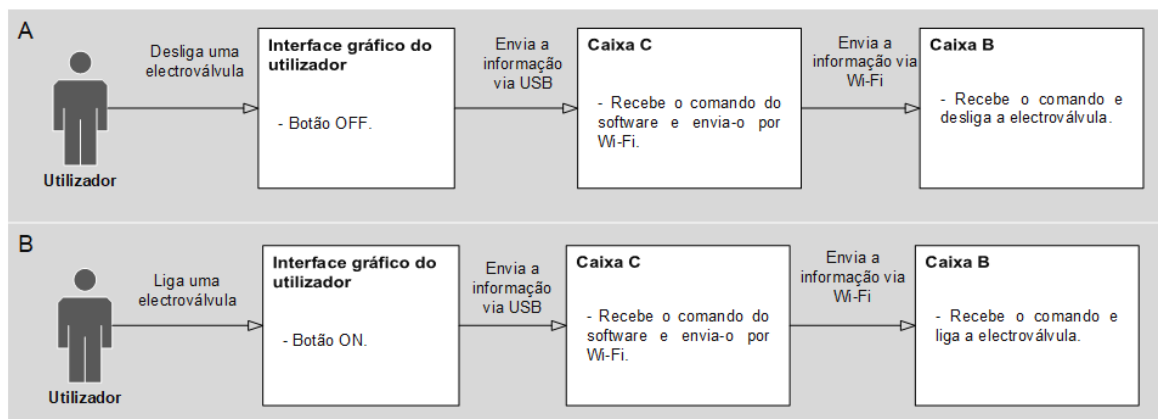


Figura 25 - Diagrama de comunicação entre o utilizador e o sistema no caso de desligar a electroválvula (A) e ligar a electroválvula (B), de determinada caixa B.

5.3. Estudo dos materiais necessários

Identificados os componentes necessários para o desenvolvimento do sistema é preciso realizar uma pesquisa de mercado, de modo a encontrar as soluções que vão de encontro às necessidades tanto a nível de tecnologia, como financeiramente. Antes de iniciar o estudo dos materiais necessários no mercado, procurou-se determinar quais os requisitos diferenciadores na escolha entre os vários componentes. Os requisitos identificados são os seguintes:

- **Fiabilidade** – é importante adquirir material de lojas fidedignas, de modo a não desperdiçar tempo ou recursos financeiros. Este requisito leva a uma preferência que por fornecedores originais. Plataformas online estrangeiras devem ser evitadas.
- **Facilidade de obtenção e menor tempo de espera** – considerou-se importante que a escolha de determinado componente também fosse definida pela rapidez e facilidade de obtenção. É mais fácil, e rápido, adquirir um componente de uma loja física em território nacional, ou numa loja online nacional, relativamente a encomendar do estrangeiro;
- **Preço** – é sempre considerado a loja onde o componente seja menos dispendioso (dependendo da loja, o preço pode acrescer devido às despesas de envio);
- **Existência de material de apoio** – é determinante na escolha entre materiais, saber se estes possuem informação disponível como *datasheets* ou descrições técnicas.

5.3.1. Placa microcontroladora

Existem várias placas controladoras com vários microcontroladores diferentes no mercado, no entanto, as placas microcontroladoras Arduino destacam-se devido às seguintes vantagens:

- Baixo custo;
- Boa qualidade;
- Diversos produtos e aplicações;
- Muito disponível em território nacional;
- Elevada quantidade de informação, tanto de esquemas de circuitos como de código fonte e bibliotecas, pode ser encontrado facilmente na internet;
- Experiência de trabalho com esta placa.

A Arduino possui várias placas microcontroladores à venda, sendo que existem algumas mais básicos que podem ser utilizados nas mais diversas áreas e outras placas mais complexas para projetos mais específicos. O microcontrolador normalmente utilizado é disponibilizado pela empresa Atmel. Na Tabela 10, é possível comparar algumas características das placas mais conhecidas.

Tabela 10 - Comparação entre placas controladoras da Arduino.

Placa controladora	Microcontrolador	Portas Digitais	Tamanho (mm)	Ordem de decisão
Arduino UNO	ATmega328p	14	68.6 X 53.4	3
Arduino Mega 2560	ATmega2560	54	101.52 X 53.3	4
Arduino NANO	ATmega328p	22	18 X 45	1
Arduino MINI 05	ATmega328p	14	30 X 18	2

Havendo outras características importantes, estas foram aquelas que destacamos na escolha da placa controladora. Decidiu-se escolher o Arduino Nano, pois assemelha-se bastante ao Arduino UNO, apenas diferindo no *jack* de comunicação com o computador em que no Arduino UNO é USB Tipo B e no caso do Arduino Nano é USB mini Tipo B. Uma grande vantagem é que são placas largamente usada para todo o tipo de projetos, com o benefício adicional de ter um tamanho bastante mais reduzido, o que para este projeto é ideal.

De seguida, analisou-se o preço nas principais lojas de eletrónica onde esta placa estava disponível. A comparação dos preços pode ser vista na Tabela 11.

Tabela 11 - Comparação de preços de placas microcontroladoras.

Placa controladora	Loja	Preço	Ordem de decisão
Arduino Nano	Botnroll [32]	12.90 € [A]	2
Arduino Nano	PTRobotics [33]	26.51 € [B]	5
ITeduino Nano	Botnroll [32]	12.90 € [A]	1
ITeduino Nano	PTRobotics [33]	14.34€ [B]	4
ITeduino Nano	Boxeletrónica [34]	10,82 € [B]	3

[A] beneficia de desconto na altura de visualização. [B] Acrescem custos de envio.

Atendendo às características presentes na tabela 2 e aos preços mostrados na Tabela 11, decidiu-se pela compra da versão compatível Arduino Nano (desenvolvido pela ITeduino) na loja Botnroll. No Anexo C encontram-se alguns aspetos técnicos da placa microcontrolador escolhida.

5.3.2. Sensor de caudal

É necessário medir a quantidade de água que passa na tubagem. Existem dois dispositivos que podem realizar esta tarefa: caudalímetro ou sensor de caudal, e contador de água convencional. Na Tabela 12 é possível comparar características entre o sensor de caudal e o contador de água tradicional.

Tabela 12 - Comparação entre sensor de caudal e contador de água.

Componente	Vantagens	Desvantagens	Ordem de decisão
Sensor de caudal	Tamanho reduzido; Requisitos de alimentação; Fácil montagem.	Menos resistente.	1
Contador de água	Mais resistente; Fácil montagem.	Tamanho grande; Requisitos de alimentação; Mais dispendioso.	2

Optou-se pela escolha do sensor de caudal, pois oferecia a melhor relação entre vantagens e desvantagens, em comparação com contador de água convencional. Relativamente ao mercado, existem vários sensores de caudal que se adequam ao microcontrolador utilizado. Atualmente, no mercado nacional, os sensores de caudal encontrados são fornecidos pela

empresa americana Seeed Studio. Esta empresa apresenta duas séries de sensores de caudal que se diferenciam por serem de latão ou de plástico, sendo que apenas os de plástico são vendidos no mercado nacional. Devido a ser muito comum encontrar tubagens com tamanhos $\frac{3}{4}$ ", optou-se por um sensor de caudal com as extremidades roscadas deste tamanho, pois vai facilitar a montagem, e também a instalação. Este sensor de caudal não está disponível na maioria das lojas em Portugal, ao contrário do sensor de $\frac{1}{2}$ " que é mais comum. Apenas a empresa Botnroll [32] vende o sensor de caudal com tamanho $\frac{3}{4}$ ", pelo preço de 19,20 €. No Anexo D encontram-se alguns aspetos técnicos do sensor de caudal escolhido.

5.3.3. Módulo Wi-Fi

Havendo a necessidade de haver comunicação entre o microcontrolador, presente na Caixa B, e a Caixa C, é importante definir um processo de comunicação entre ambos. A escolha por comunicação através de ligação Wi-Fi baseia-se nas seguintes vantagens:

- Componentes baratos;
- Ligação segura;
- Facilidade de programar.

Na Tabela 13 é possível encontrar vários módulos Wi-Fi encontrados no mercado nacional.

Tabela 13 – Comparação de modelos de emissores Wi-Fi no mercado nacional.

Modelo	Vantagens	Desvantagens	Ordem de decisão
Wi-Fi – ESP-01	Microcontrolador ESP8266;		1
ESP8266 c/formato XBee	Microcontrolador ESP8266.	Formato Xbee.	2
Wi-Fi Shield ESP266	Microcontrolador ESP8266.	Formato Shield.	3

Atendendo a que todos os módulos Wi-Fi, previamente selecionados, utilizam o microcontrolador ESP8266, desejado pela facilidade de utilização, a decisão pelo Modulo Wi-Fi – ESP8266 em deterioramento dos outros módulos com formato *Xbee* e *Shield* deve-se ao tamanho mais reduzido do primeiro. Na Tabela 14 estão apresentados os preços do modelo escolhido em mercado nacional.

Tabela 14 – Comparação de preços para o modelo Wi-Fi ESP8266

Loja	Preço	Ordem de decisão
Botnroll [32]	7,90 € [A]	1
Boxeletrónica [34]	7,10 € [B]	2
Ptrobotics [33]	9,23 € [B]	3

[A] beneficia de desconto na altura de visualização. [B] Acrescem custos de envio.

Preferiu-se adquirir o modelo Wi-Fi ESP-01, na loja Botnroll pelo preço de 7,90. Apesar de a Boxeletrónica apresentar um preço inferior pelo módulo Wi-Fi selecionado, ao preço apresentado acresce valores relativos aos portes de envio, o que pesou na escolha do fornecedor. No Anexo E encontram-se alguns aspetos técnicos do módulo Wi-Fi escolhido.

5.3.4. Electroválvula

A electroválvula é responsável por permitir, ou não, a passagem da água pela tubagem. Existem dois tipos de electroválvulas: mono-estáveis e bi-estáveis. Na Tabela 15 é possível comparar vantagens e desvantagens de algumas válvulas no mercado.

Tabela 15 – Comparação entre válvulas mono-estáveis e válvulas bi-estáveis.

Modo de funcionamento	Vantagens	Desvantagens	Ordem de decisão
Mono-estável	Mais pequena e mais barata	Consome mais energia	1
Bi-estável	Consome menos energia	Maior tamanho e mais cara	2

Optou-se por adquirir uma electroválvula mono-estável. O objetivo desta electroválvula é permitir ao utilizador impedir a passagem da água em caso de uma fuga ou problemas técnicos em alguma Caixa B. Sabe-se que a electroválvula mono-estável consome mais energia que uma electroválvula bi-estável, pois quando atuada está constantemente a consumir. Contudo, como a electroválvula apenas será utilizada ocasionalmente, em caso de irregularidades, e atendendo que o modelo mono-estável possui um tamanho mais reduzido foi a opção que reunia melhor relação entre vantagens e desvantagens. Na Tabela 16 encontra-se a comparação de preços entre electroválvulas mono-estáveis.

Tabela 16 – Comparação de preços para a electroválvula desejada.

Loja	Características	Preço	Ordem de decisão
Botnroll [32]	12 V, rosca 1/2", normalmente fechada	11,50 €	2
Boxeletrónica [34]	12 V, rosca 3/4", normalmente fechada	11,05 € [B]	3
Ebay [35]	12 V, rosca 1/2", normalmente aberta	13,34 € [B]	1
Ptrobotics [33]	12 V, rosca 3/4", normalmente fechada	11,81 € [B]	4

[B] Acrescem custos de envio.

Como é possível verificar na Tabela 16, não existem electroválvulas normalmente abertas no mercado nacional, e por isso, é necessário encomendar da plataforma eBay. No anexo F encontram-se alguns aspetos técnicos da válvula solenoide escolhida.

5.3.5. Placa de conversão USB/TTL

Um conversor USB/TTL é uma placa capaz de receber dados de uma placa controladora, por exemplo Arduino, e converter a informação para se enviada por cabo USB e lida numa porta USB do computador. Na tabela 17 está representada uma tabela onde se comparam vários conversores USB/TTL disponíveis no mercado. É importante tenha capacidade para funcionar com 3.3V de modo a poder conectar-se com um modulo Wi-fi ESP-01.

Tabela 17 - Comparação de preço do conversor USB/TTL.

Material	Loja	Preço	Ordem de decisão
Conversor FTDI 3.3V/5V	Botnroll [32]	13.95 €	1
Conversor FTDI UART 3.3V/5V	Botnroll [32]	9.50 € [C]	2

[C] Sem stock no momento da visualização.

Foi escolhido o conversor FTDI 3.3V/5V com o custo de 13,95€, na loja Botn'roll. No Anexo G encontram-se alguns aspetos técnicos do conversor USB/TTL escolhido.

5.3.6. Materiais de canalização

São necessários materiais de canalização, como uniões roscadas, para poder ligar o sensor de caudal à electroválvula, bem como para poder instalar os componentes diretamente na tubagem.

Atendendo a que o sensor de caudal escolhido tem ambas as saídas macho de tamanho $\frac{3}{4}$ ", e que a electroválvula selecionada tem ambas as saídas macho de tamanho $\frac{1}{2}$ ", são necessárias as seguintes peças:

- União roscada redutora fêmea-fêmea de tamanho $\frac{3}{4}$ " de uma lado e tamanho $\frac{1}{2}$ " do outro;
- Casquilho de inox fêmea de tamanho $\frac{3}{4}$ " de um lado e tamanho de 18 milímetros de diâmetro do outro;
- Casquilho de inox fêmea de tamanho $\frac{1}{2}$ " de um lado e tamanho de 18 milímetros de diâmetro do outro.

Foram estudados os preços das peças selecionadas nas principais superfícies comerciais que vendem material de canalização, como Leroy Merlin e Aki.

Na Tabela 18 estão apresentadas algumas soluções de mercado para a escolha da união roscada redutora fêmea-fêmea de tamanhos $\frac{3}{4}$ " e $\frac{1}{2}$ ".

Tabela 18 - Comparação de preços para a união roscada selecionada.

Material	Loja	Preço	Ordem de decisão
União roscada, f-f-, $\frac{3}{4}$ " - $\frac{1}{2}$ "	Leroy Merlin [36]	1.99€	1
União roscada, f-f-, $\frac{3}{4}$ " - $\frac{1}{2}$ "	Aki [37]	1.69 €	2

O casquilho de inox fêmea de tamanhos $\frac{3}{4}$ " e 18 milímetros de diâmetro apenas está disponível na loja Leroy Merlin [36] com o preço de 2.89€, pelo que foi a solução adotada.

Na Tabela 19 apresentam-se algumas soluções de mercado para a escolha do casquilho de inox fêmea de tamanho $\frac{3}{4}$ " de uma lado e 18 milímetros de diâmetro do outro.

Tabela 19 - Comparação de preços para o casquilho selecionado.

Material	Loja	Preço	Ordem de decisão
Casquilho, inox, fêmea, $\frac{1}{2}$ " – 18mm	Leroy Merlin [36]	1,99€	1
Casquilho, inox, fêmea, $\frac{1}{2}$ " – 18mm	Aki [37]	3.99 €	2

Atendendo à proximidade da loja, os preços praticados e possuir todos os materiais necessários, foi seleccionada a loja Leroy Merlin [36]. Nos Anexos H, I e J são apresentadas algumas informações técnicas acerca das peças seleccionadas.

5.4. Implementação

Neste subcapítulo será apresentado o trabalho realizado no desenvolvimento da proposta de solução. Está dividido em duas secções: *hardware*, onde é demonstrada a montagem das várias caixas e programação da placa microcontroladora, e *software*, onde é desenvolvido a interface gráfica do utilizador.

5.4.1. Hardware

Na presente secção será apresentado o desenvolvimento das Caixas A, B e C. Contém descrição dos componentes utilizados, a montagem eléctrica das várias caixas e fluxogramas relativo ao seu funcionamento.

5.4.1.1. Caixa A

A Caixa A é responsável por alimentar a Caixa B, ou seja, para cada Caixa B é necessário uma Caixa A. Em casos de proximidade entre várias Caixas B é possível que partilhem a mesma Caixa A.

A alimentação é uma das partes mais importantes de um projeto pois fornece a energia necessária ao sistema. No entanto, num projeto desenhado para estar em contacto com água existem requisitos de segurança a abordar. De modo a reduzir o risco de acidentes, não deve haver proximidade entre a entrada de energia vinda da rede a 230 V e o sistema. Por esta razão foi desenvolvida a Caixa A. Esta caixa deverá ser instalada no interior da parede, recebendo os 230 V da rede eléctrica, e à saída as tensões baixas suficientes para a alimentação do sistema garantem a segurança do utilizador.

Através da análise dos requisitos do sistema, entende-se que a Caixa A irá alimentar apenas a placa microcontroladora e a electroválvula, pois o sensor de caudal e o modulo Wi-Fi são alimentados pela placa microcontroladora. Relativamente às necessidades de alimentação, a placa microcontroladora necessita de uma tensão entre 5 V DC e 12 V DC, enquanto a electroválvula necessita de tensão entre superior a 12 V DC. Devido ao risco de danificar a placa microcontroladora, alimentando com tensão ligeiramente superior a 12 V, e visto que,

a electroválvula necessita de tensões próximas dos 12 V para o seu correto funcionamento, é necessário haver alimentações separadas dentro da Caixa A.

Nas equações seguintes estão demonstrados os cálculos efetuados para saber a tensão necessária à saída do transformador (V_s), de modo a garantir 9 V DC de alimentação à placa microcontroladora

$$V_s = \frac{V_{out} + \Delta V_{reg} + V_{ripple} + 2V_d}{\sqrt{2}} * 1,1 (=) \quad (1)$$

$$V_s = \frac{9 + 3 + 2 + 2 * 1,1}{\sqrt{2}} * 1,1 (=) \quad (2)$$

$$V_s = 15 V \quad (3)$$

Sabendo que a tensão à saída do transformador é 15 V AC, calcula-se a tensão que a que será alimentada a electroválvula:

$$V_{electroválvula} = \frac{15}{1,1} * \sqrt{2} - 2V_d (=) \quad (4)$$

$$V_{electroválvula} = 17 V \quad (5)$$

Na Figura 26 está representado o circuito da alimentação.

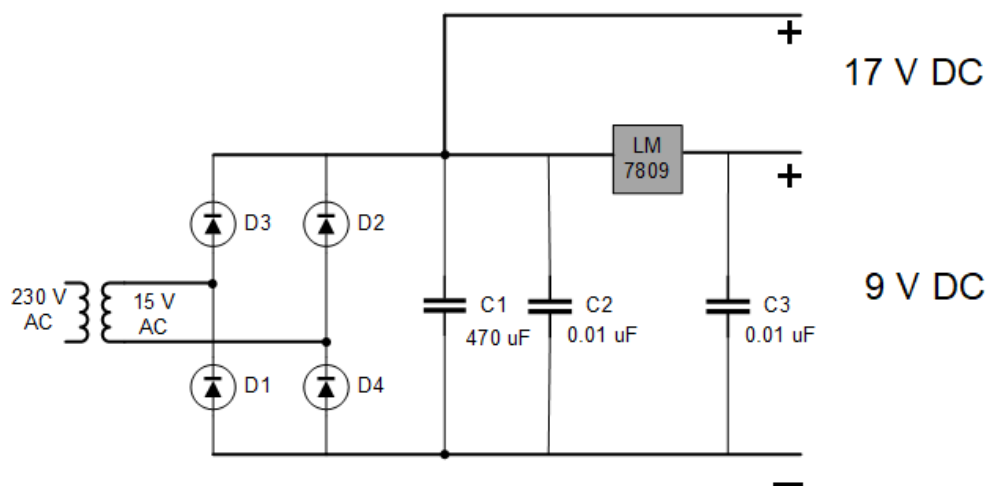


Figura 26 - Circuito de alimentação do sistema.

A corrente alternada a 230 V é reduzida para 15 V através do transformador. À saída do transformador uma ponte de quatro díodos, ou ponte de *Graetz*, irá retificar a corrente de

modo a converter a corrente alternada para continua. De seguida, o condensador C1 irá eliminar o ruído de modo a deixar o sinal mais nítido, e neste ponto, a corrente elétrica está a 17 V DC, que cumpre as necessidades de energia da electroválvula. No entanto, para poder fornecer energia à placa microcontroladora, a tensão tem de ser reduzida através de um regulador de tensão que reduz a corrente de 17 V para 9 V cumprindo assim os requisitos da placa. Assim, este circuito possui duas saídas, uma com a tensão a 17 V, para alimentar a electroválvula, e uma segunda, com tensão a 9V para alimentar a placa microcontroladora.

5.4.1.2. Caixa B

A Caixa B é composta por um sensor de caudal, uma válvula solenoide, um microcontrolador e um emissor Wi-Fi. Na figura 27 está representado o diagrama de blocos específico da Caixa B.

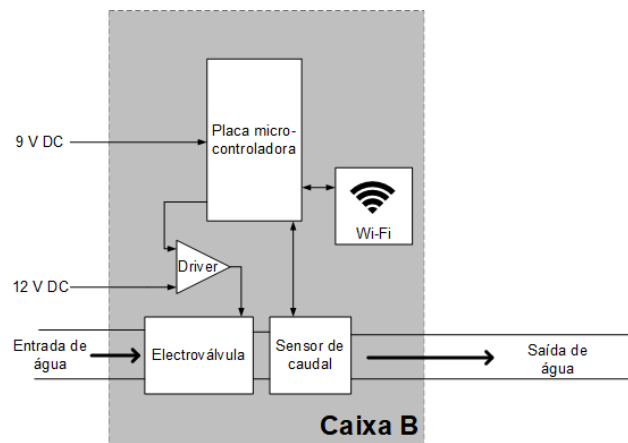


Figura 27 - Diagrama de blocos da Caixa B.

De seguida irá ser demonstrado o trabalho realizado em cada componente para que cumpra os requisitos identificados.

Sensor de caudal

O sensor de caudal é o componente responsável por medir a quantidade de água que passa na tubagem, permitindo assim saber a quantidade de água consumida em cada utilização. Este sensor funciona através do efeito de Hall, referido anteriormente na página 50, que utiliza fluxo magnético para determinar a quantidade de fluido que está a passar no interior sensor. Na Figura 28 são mostrados os componentes do sensor de caudal.

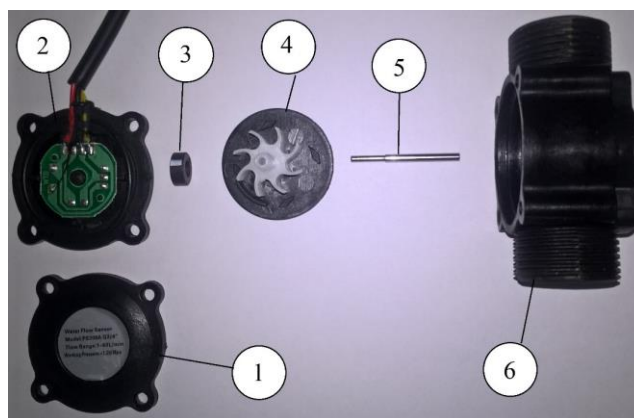


Figura 28 – Ilustração dos componentes do sensor de caudal.

Quando a água passa na tubagem faz rodar a borboleta (4) existente no interior do corpo do sensor (6). A borboleta (4) está ligada a um eixo (5), que por sua vez, está unido a um íman (3). Assim, sempre que a borboleta (4) roda, resultante da passagem de um fluido, o íman (3) vai rodar também. O íman (3) ao efetuar uma volta completa ativa o sensor de efeito hall (2), e este envia um impulso elétrico pela saída de sinal, que depois pode ser recebido através de uma porta digital.

O sensor possui três conexões de saída sendo estes: amarelo, preto e vermelho, relativos ao sinal, massa e tensão respetivamente. As necessidades de alimentação do sensor são entre 5 V a 24 V, sendo este alimentado pelo microcontrolador. Na Figura 29 está representado o esquema de ligação do sensor à placa microcontroladora.

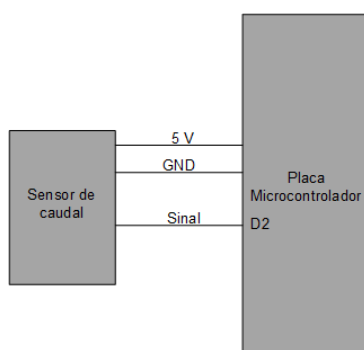


Figura 29 - Esquema de ligação entre o sensor de caudal e o microcontrolador.

O sensor envia sinais digitais, e por isso, liga-se a uma porta digital da placa microcontroladora. No entanto, a porta que recebe o sinal necessita ter capacidade de interrupção. Como referido anteriormente na página 22, estas portas podem interromper as restantes funções que a placa microcontroladora está a realizar para efetuar uma função mais

importante, neste caso, relativa ao sensor de caudal. Este requisito implica a ligação a porta 2, ou 3, do Arduino, pois são estas as portas com capacidade de interrupção.

Relativamente ao software de funcionamento do sensor, este é programado na placa microcontroladora, que é o responsável, por alimentar o sensor e executar as funções necessárias para receber o sinal enviado pelo sensor de efeito hall, e converter para caudal.

Após dar início ao programa, este imediatamente coloca a porta digital identificada, que está ligada ao sensor de caudal, em modo *rising*, modo resultante da capacidade de interrupção que permite à porta ter prioridade relativamente a outras funções. De seguida inicia-se um *loop*, onde a cada segundo, a placa microcontroladora recebe a frequência enviada pelo sensor de efeito hall e converte-a em caudal através da Equação 2.

$$Flow = \frac{Pulse\ Frequency}{450} \quad \left[\frac{Litres}{Second} \right] \quad (6)$$

Na Figura 30 é apresentado o fluxograma relativo ao software de leitura do sensor de caudal.

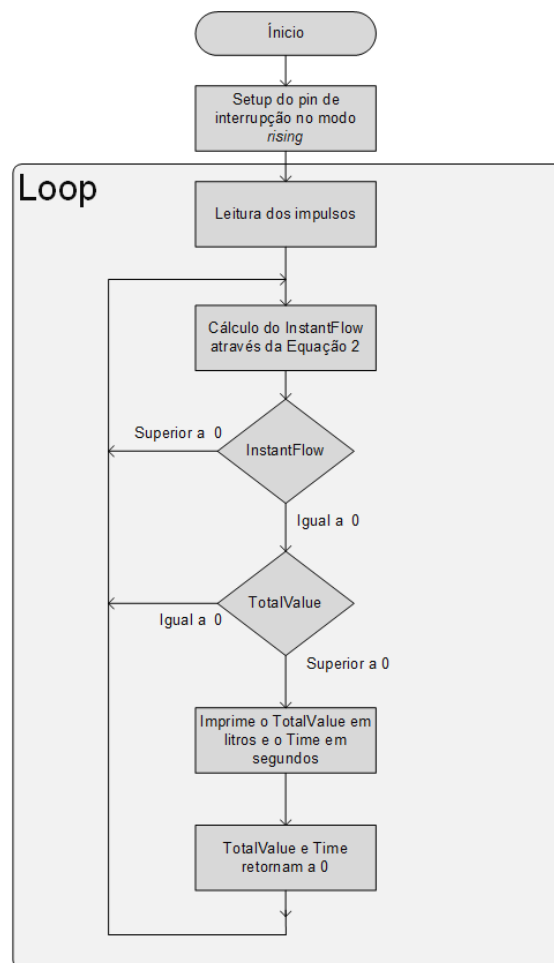


Figura 30 - Fluxograma do software de leitura do sensor de caudal.

Sempre que existe a passagem de um fluido no sensor, o programa soma a quantidade em litros que passa no seu interior, ao mesmo tempo que conta os segundos que dura a interação. Quando deixa de haver fluxo no interior do sensor, ou seja:

$$instantflow = 0 \quad (7)$$

e,

$$TotalValue > 0 \quad (8)$$

o programa imprime a quantidade total de fluido que passou no seu interior e o tempo de duração da interação. Após a última ação, o *TotalValue* retorna a 0 até que uma nova interação comece.

Visto que o sensor necessita de que o fluido passe pelo seu interior para poder medir a quantidade de água, este sensor necessita de se conectar diretamente na tubagem. Para tal, este sensor possui conexões roscadas de 3/4" polegadas em cada extremidade. Na Figura 31 está representado o sensor bem como as suas dimensões. É importante que este seja de pequenas dimensões atendendo à necessidade de ocupar o menor espaço possível.

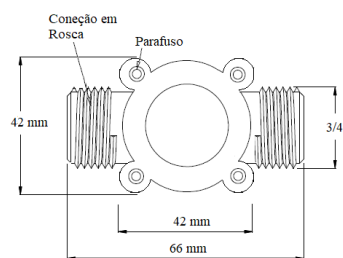


Figura 31 - Representação das dimensões do sensor de caudal.

Electroválvula

A electroválvula serve para permitir ou bloquear a passagem de água na tubagem. Como referido anteriormente, o seu estado de repouso é normalmente aberta, ou seja, no seu estado natural permite a passagem de água.

A electroválvula funciona com tensão contínua de cerca de 12 V. No seu estado de repouso, ou seja, aberta, ao receber corrente, a solenoide (5) é polarizada movimentando-se para baixo onde uma mola (3) pressiona uma membrana (2) que bloqueia a passagem de água. Na Figura 32 estão ilustrados os componentes constituintes da electroválvula.

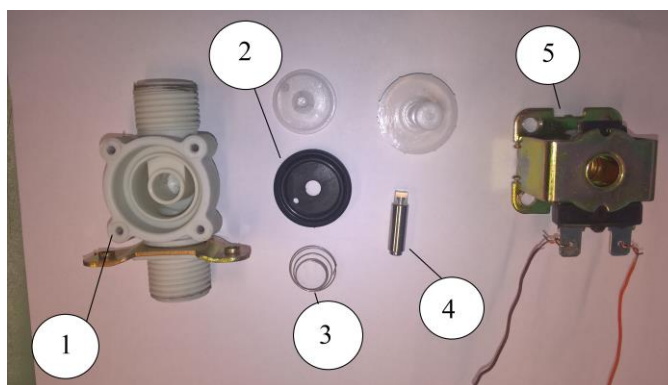


Figura 32 – Ilustração dos componentes constituintes da electroválvula.

A electroválvula possui dois fios a que se destina ligação ao circuito. Estes fios podem ser conectados diretamente à alimentação de 12 V para fechar/abrir a válvula. No entanto, para ser possível controlar a passagem da água através de interface gráfico do utilizador é necessário ligar a electroválvula à placa microcontroladora. Na Figura 33 está representado o esquema de ligação da válvula solenoide.

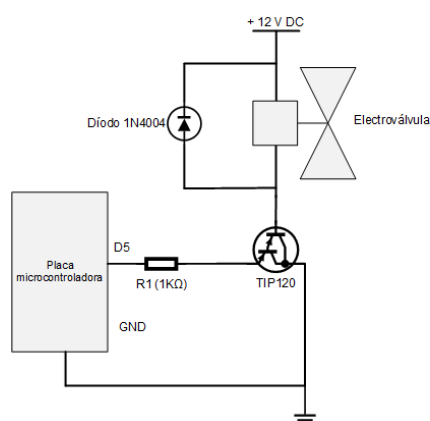


Figura 33 - Esquema de ligação da electroválvula.

É utilizado um transístor do tipo *darlington* para atuar como interruptor no circuito. O emissor do transístor está conectado à massa (GND) da placa microcontroladora e da alimentação. O coletor está conectado à alimentação e à electroválvula. A base do transístor liga-se a qualquer porta digital do microcontrolador. Quando é necessário mudar o estado da electroválvula, é enviado um sinal que chega à base e ativa a passagem de corrente no circuito mudando o estado da electroválvula. Enquanto houver corrente a passar no circuito a electroválvula mantém o seu estado.

O sinal é enviado através da função *digitalwrite₂* a partir da placa microcontroladora.

Utilizando esta função para uma determinada porta é possível colocar a porta em estado *high* ou *low*. O extrato do código, programado na placa microcontrolador, referente à mudança do estado de repouso da válvula, de aberta para fechada, é o seguinte:

```
digitalWrite(10, HIGH); //Envia corrente  
desligando a electroválvula
```

O extrato do código, programado na placa microcontroladora, referente à reposição do estado de repouso da electroválvula, de fechada para aberta, é o seguinte:

```
digitalWrite(10, LOW); //Deixa de enviar  
corrente desligando a electroválvula
```

Modulo Wi-Fi

O modulo Wi-Fi é responsável por comunicar com a Caixa C. Utilizou-se o modelo ESP-01 com modulo ESP8266. Este modelo é mais limitado, no entanto, é reduzido em tamanho. Na Figura 34 está ilustrado o *pinout* do módulo ESP-01.

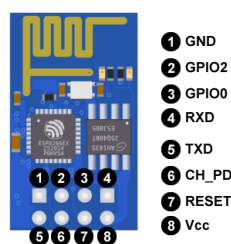


Figura 34 - Pinout do ESP-01v [38](Adaptado).

O ESP-01 possui as seguintes saídas:

- Vcc, GND e CH_PD são responsáveis pela alimentação do módulo;
- RXD e TXD são responsáveis pela comunicação entre o módulo Wi-Fi e a placa microcontroladora;
- RST é utilizado conectado a um botão, para possibilitar o *reset* do módulo Wi-Fi;
- GPIO0 e GPIO2 são responsáveis pelo controlo de inputs e outputs, pois o módulo ESP-01 pode ser utilizado como placa microcontroladora.

Dado que neste projeto já é utilizado uma placa microcontroladora, não é necessário o controlo de inputs e outputs pelo módulo ESP-01, por isso não são utilizadas as saídas GPIO0 e GPIO2. A saída RST também não é utilizada, já que é possível fazer *reset* a partir da placa microcontroladora.

As saídas TX e RX conectam-se às respectivas portas na placa microcontroladora. São fundamentais para o envio e recepção de informação. Relativamente à alimentação, o ESP-01, tal como todos os módulos com circuito integrado ESP8266, necessita de 3,3V DC para funcionar. A placa microcontroladora tem capacidade de fornecer os 3,3V ao módulo Wi-Fi. No entanto, a corrente fornecida nesta configuração não é suficiente para o funcionamento do módulo. Por esta razão é necessário que a placa microcontroladora forneça 5V para que a corrente seja suficiente. Todavia, o módulo ESP-01 não funciona com 5V, e pode danificar-se nesta configuração. Para ser possível alimentar corretamente o módulo Wi-Fi utiliza-se a alimentação de 5 V fornecida pela placa microcontroladora ligada a um regulador de tensão, que reduz dos 5 V para 3.3 V, como representado na Figura 35. Nesta configuração a corrente não é limitada, sendo suficiente para o correto funcionamento do módulo Wi-Fi.

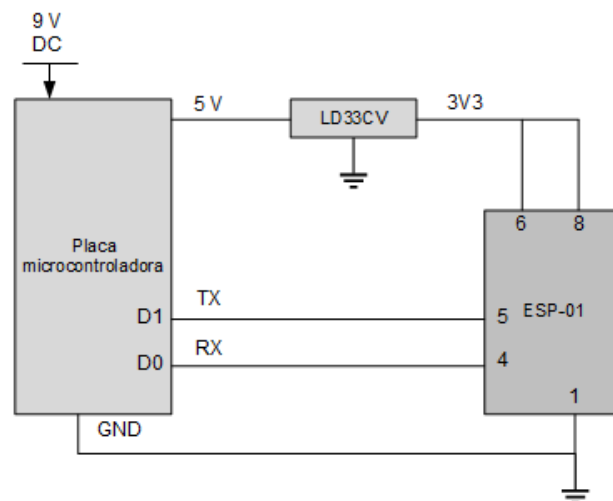


Figura 35 - Esquema de ligação do módulo ESP-01 à placa microcontroladora.

Placa Microcontroladora

Como placa microcontroladora é utilizado o Arduino nano. Este microcontrolador é ideal para este projeto devido à sua dimensão reduzida dado que garante praticamente todas as funcionalidades que o Arduino Uno. Na Figura 36 está ilustrado o *pinout* do Arduino Nano.

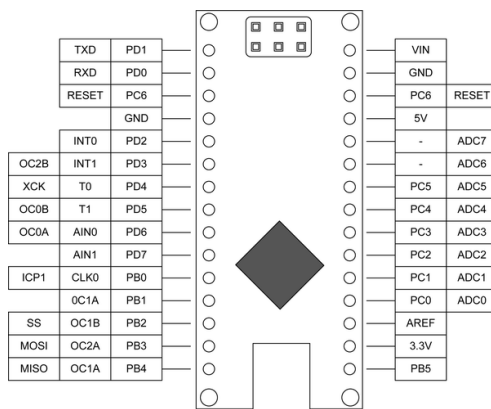


Figura 36 - Pinout do Arduino Nano [39].

A programação da placa microcontroladora utilizada, tal como outras placas Arduino, é executada através de ligação USB com o computador. Ao contrário do Arduino Uno que possui um *jack* para cabo USB Tipo B, o Arduino Nano possui um *jack* para cabo USB Tipo mini B. Para poder programar a placa microcontroladora é necessário atualizar as drives do computador e o IDE do Arduino, pois sem estas atualizações o IDE não reconhece a porta USB ligada ao Arduino Nano.

5.4.1.3. Caixa C

A Caixa C é responsável pela comunicação entre a Caixa B e a interface gráfica do utilizador. Nesta caixa é utilizado o módulo ESP-01 como microcontrolador para programar a comunicação via Wi-Fi com a Caixa B. O conversor USB/TTL transmite a informação recebida pelo módulo Wi-Fi para o computador através da porta USB. Na Figura 37 está representado o diagrama de blocos da Caixa C.

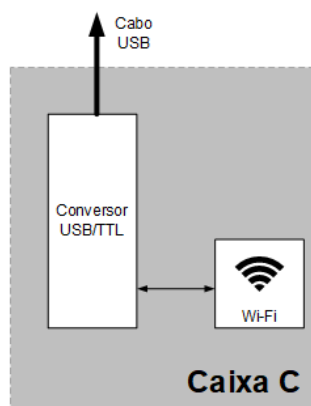


Figura 37 - Diagrama de blocos da Caixa C.

Modulo Wi-fi e Conversor TTL/USB

No caso da Caixa C, o modulo Wi-fi ESP-01 é utilizado como microcontrolador. Para tal é necessário instalar drives e atualizações específicas no IDE do Arduino, pois, originalmente, este apenas está preparado para programar placas microcontroladoras Arduino.

Na Figura 38 está representado o *pinout* do conversor USB/TTL



Figura 38 - Pinout do Conversor TTL/USB.

O conversor USB/TTL possui as seguintes seis saídas:

- Vcc e GND são as saídas responsáveis pela alimentação do módulo Wi-Fi;
- TXD e RXD são responsáveis pela comunicação com o módulo Wi-Fi;
- CTS (*Clear to send*) é responsável por garantir se pode haver comunicação;
- DTR (*Data terminal ready*) permite fazer *reset* sempre que um novo programa é carregado, sem a necessidade de um botão.

Nesta configuração o conversor recebe energia pelo computador e alimenta o módulo ESP-01. É importante garantir que o conversor fornece 3,3V. O conversor utilizado possui um interruptor na placa onde é possível escolher a tensão a alimentar 3,3V ou 5V. As saídas CTS e DTR não são utilizadas na ligação entre o conversor e o módulo Wi-Fi na configuração estudada. O conversor liga-se ao computador através de um cabo USB macho-macho. Na Figura 39 está representado o esquema de ligação entre o conversor TTL-USB e o modulo Wi-Fi ESP-01.

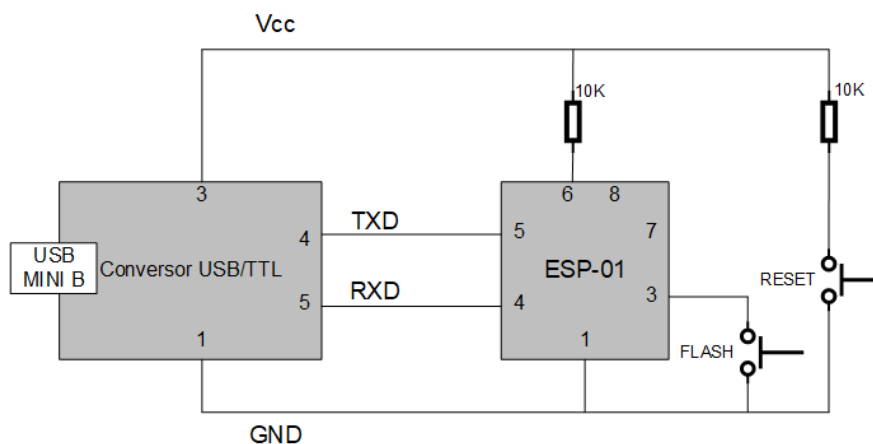


Figura 39 - Esquema elétrico da Caixa C.

As saídas TXD e RXD do conversor USB/TTL comunicação diretamente com as respectivas saídas no módulo Wi-Fi. É adicionado um botão flash que se conecta à saída GPIO0 do módulo Wi-Fi e à massa do circuito. O botão *flash* é pressionado quando o código é transmitido para a módulo. É também adicionado um botão, que permite o *reset* físico do sistema, ligado à alimentação do circuito.

5.4.2. Interface gráfico do utilizador

O interface gráfico do utilizador foi desenvolvido para atuar num exemplo tipo, especificado anteriormente, que é a habitação T1 com 6 saídas de água. É dividido em duas zonas: a área principal e a área de separadores. A área principal é onde se encontra a informação relativa a consumos atuais, bem como o botão de ligação ao *hardware*. A área de separadores é subdivida em 3 separadores: Consumos gerais, Consumos mensais e Operações.

5.4.2.1. Área principal

A área principal é uma zona do programa que está sempre visível enquanto este estiver aberto. Na Figura 40 está representado o interface gráfico do utilizador com destaque para a área principal.

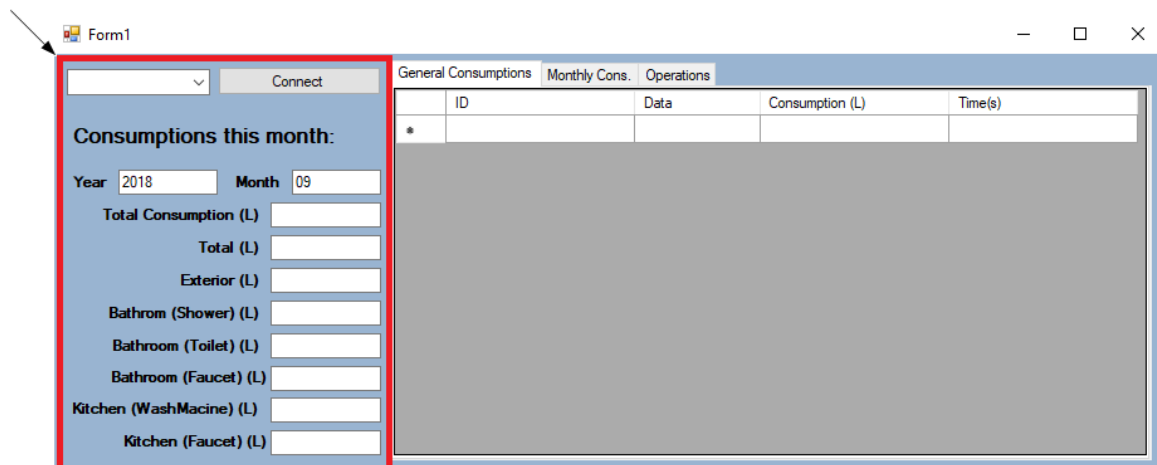


Figura 40 - Área principal do programa.

A área principal divide-se em duas partes: a parte superior que é responsável pela ligação do interface gráfico do utilizador ao *hardware* e a parte inferior, onde são apresentados os consumos atuais, associados ao presente mês e ano, para cada saída de água da habitação. Na Figura 41 está destacada a parte superior da área principal responsável pela ligação ao hardware.

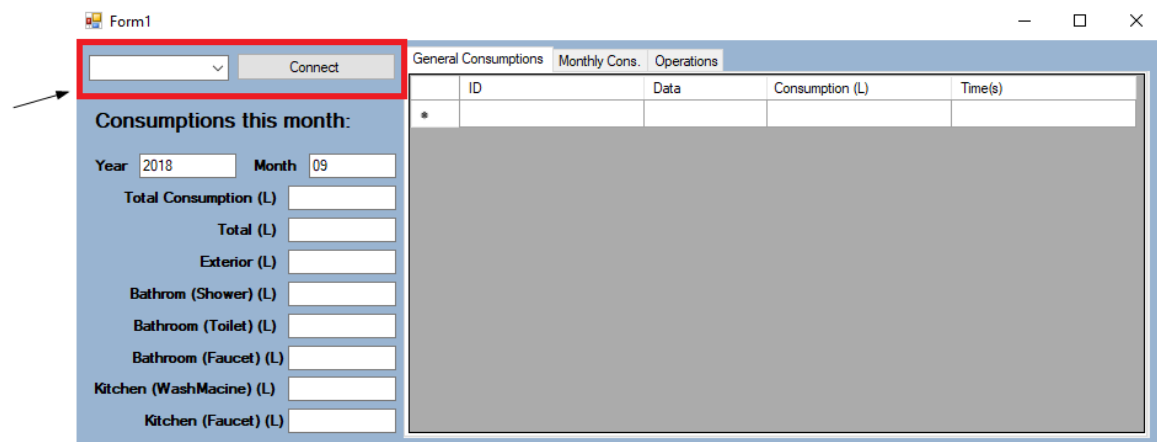


Figura 41 - Zona superior da área principal

Ao iniciar o programa, pela primeira vez ou depois de uma manutenção de hardware, clicando na seta presente na caixa de lista, esta irá apresentar as opções de portas USB disponíveis. Após seleccionar a porta USB que está ligada à Caixa C, clica-se em *connect* e o interface gráfico do utilizador liga-se ao *hardware* do sistema. Quando o sistema está conectado, o botão muda de estado e passa a apresentar *disconnect*, onde se clica para desligar a ligação entre o interface gráfico do utilizador e o hardware.

A zona inferior da área principal, *Consumptions this month*, é responsável por mostrar os consumos que são medidos nas várias caixas do sistema e associá-los a um mês e ano, como está apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Zona inferior da área principal.

As linhas numeradas de um a nove representam as informações seguintes:

- Em (1) apresenta-se a data atual dividida em duas caixas: *Year* e *month*. O software apresenta a data correta através de uma função que permite obter a data através da própria máquina.
- Em (2) está apresentado o *Total Consumption*. Esta caixa de texto apresenta o valor do consumo da caixa B0, que é a caixa totalizadora, ou seja, vai apresentar a quantidade de água que entrou dentro do circuito da habitação.
- Em (3) está apresentado o *Total*. Esta caixa de texto apresenta a soma dos consumos das caixas B1 até B6, ou seja, a soma dos consumos medidos nas saídas de água da habitação.
- O utilizador é capaz de detetar uma fuga de água dentro do circuito da habitação, ou problemas técnicos nos dispositivos do sistema, quando o valor do *Total Consumption* é superior ao valor *Total*.
- Em (4) está apresentado o *Exterior* que representa o consumo medido na Caixa B instalada na saída de água exterior da habitação.
- Em (5) está apresentado a *Bathroom (Shower)* que representa o consumo medido na Caixa B instalado no chuveiro da casa de banho.
- Em (6) está apresentado a *Bathroom (toilet)* que representa o consumo medido na Caixa B instalada na sanita da casa de banho.

- Em (7) está apresentado a *Bathroom (faucet)* que representa o consumo medido na Caixa B instalada na torneira da banca da casa de banho.
- Em 8 está apresentado a *Kitchen (WashMachine)* que representa o consumo medido na Caixa B, instalada na cozinha da habitação, relativa a máquina de lavar.
- Em 9 está apresentada a *Kitchen (faucet)* que representa o consumo medido na Caixa B instalada na torneira da banca da cozinha.

Quando começa um novo mês, a área principal é automaticamente atualizada, guardando os dados do mês que terminou no separador *Monthly Consumptions* da zona de separadores. Após guardar os valores, as caixas de consumos são limpas e o *Year* e *Month* são atualizadas.

5.4.2.2. Separador – Consumos gerais

O primeiro separador visível na interface gráfica do utilizador é denominado de *General Consumptions* e é responsável por mostrar ao utilizador todos os consumos realizados na habitação numa tabela dinâmica. Esta tabela é atualizada em tempo real, consoante a utilização de água. Na Figura 43 está apresentada o separador *General Consumptions*.

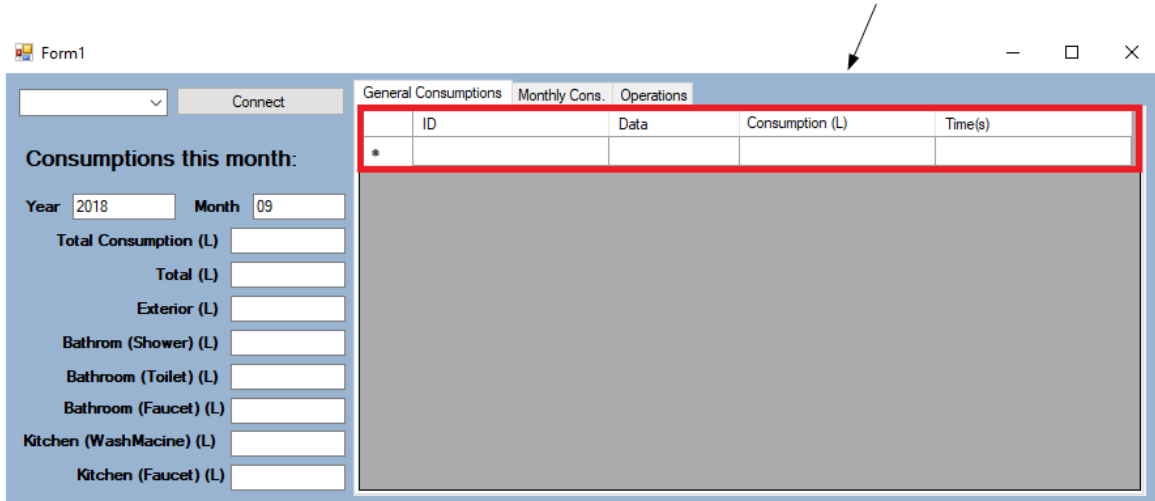


Figura 43 - Separador *General Consumptions*.

O separador apresenta uma tabela com as colunas seguintes:

- ID – representa a identificação específica que cada Caixa B possui (Total Consumptions, Exterior, Bathroom (Shower) Bathroom (Toilet), Bathroom Faucet, Kitchen (WashMachine), Kitchen (Faucet));
- Data – Apresenta a data do consumo no formato: DD-MM-YYYY;

- *Consumption (L)* – Apresenta o consumo de água, em litros, específico a uma utilização;
- *Time (s)* – Apresenta o tempo, em segundos, que durou determinada utilização.

5.4.2.3. Separador – Consumos mensais

O segundo separador é denominado *Monthly Consumptions* e agrega a informação dos consumos, totais e por saída de água, relativa a cada mês e ano. Na Figura 44 apresenta-se o separador *Monthly Consumptions*.

	Year	Month	Total (L)	Exterior (L)	Bathroom (Shower) (L)	Bathroom (Toilet) (L)
*						

Figura 44 - Separador *Monthly Consumptions*.

A tabela *Monthly Consumptions* tabela é composta por 9 colunas:

- *Year*;
- *Month*;
- *Total (L)* – Consumo total da habitação num determinado mês e ano;
- *Exterior (L)* – Consumo medido pela caixa B relativa ao Exterior num determinado mês e ano;
- *Bathroom (Shower) (L)* – Consumo medido pela Caixa B instalada no chuveiro da casa de banho num determinado mês;
- *Bathroom (Toilet) (L)* – Consumo medido pela Caixa B instalada na sanita da casa de banho num determinado mês;
- *Bathroom (Faucet) (L)* – Consumo medido pela Caixa B instalada na torneira da banca da casa de banho num determinado mês;

- *Kitchen (WashMachine) (L)* – Consumo medido pela Caixa B instalada na máquina da lavar, presente na cozinha, num determinado mês;
- *Kitchen (Faucet) (L)* – Consumo medido pela Caixa B instalada na torneira da cozinha num determinado mês.

Esta tabela permite ao utilizador comparar os consumos entre as várias saídas de água entre vários meses, permitindo a identificação de hábitos de consumo da habitação e dos seus utilizadores.

5.4.2.4. Separador – Operações

O separador *Operations*, ou *Valves control center*, serve para ligar e/ou desligar qualquer válvula à distância. Na Figura 45 está representado o separador *Operations*.



Figura 45 - Separador *Operations*.

Dentro do separador *Operations* encontram-se as saídas de água relativas Caixas B1 até B6, seguidas do botão *ON* e *OFF*. O estado de repouso da válvula normalmente aberto, logo numa situação normal, a predefinição do sistema é *ON*. No caso de haver uma fuga de água ou houver necessidade de fazer manutenção em determinada caixa, o utilizador clica no botão *OFF* na caixa B específica que deseja desligar e o software envia o sinal para o controlador, que por sua vez, irá fornecer corrente ao transístor, permitindo a alimentação da electroválvula. Ao ser alimentada a electroválvula muda de estado, não permitindo a passagem de água. Para voltar a permitir a passagem de água o utilizador clica na caixa *ON*

e o programa enviará informação ao controlador, que por sua vez, deixa de alimentar corrente ao transístor, interrompendo a alimentação da electroválvula.

5.5. Validação

Neste subcapítulo será apresentada a montagem dos vários circuitos constituintes do sistema, bem como testes ao funcionamento componentes, testes ao funcionamento das caixas, e por fim, testes ao sistema completo.

5.5.1. Caixa A –Montagem e testes à alimentação

Como foi referido anteriormente, a caixa de alimentação é responsável por fornecer energia ao sistema. As necessidades de alimentação do sistema exigem tensão de 9V para alimentar a placa controladora, e tensão de 12 V para alimentar a electroválvula. Na Figura 46 é possível verificar a Caixa A montada.



Figura 46 - Representação da Caixa A.

A Caixa A possui 4 conexões de saída no topo, que posteriormente se ligam à Caixa B, e à sua direita, um cabo que liga diretamente a uma tomada fornecendo 230 V AC à Caixa A. Na Figura 47 é possível ver o inteiro da caixa onde se encontra o circuito de alimentação.

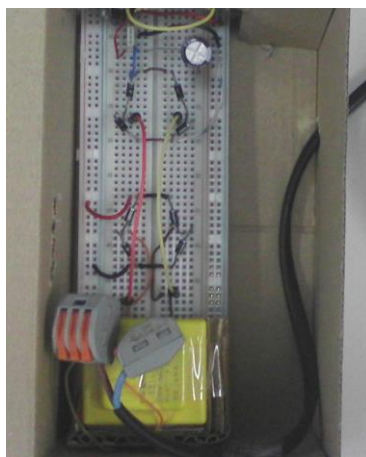


Figura 47 - Circuito de alimentação.

O cabo que liga à tomada fornece 230 V AC ao transformador. O transformador reduz a tensão para 12 V AC que são direcionados para a ponte de *Graetz* onde a corrente é retificada. Após a retificação é possível ver dois fios (vermelho e preto) que desviam para a esquerda, onde a tensão está a 12 V DC, e onde se vai alimentar a electroválvula. O restante circuito prossegue com condensadores e um regulador de tensão, permitindo uma saída de 9 V DC, suficientes para alimentar a placa microcontroladora. Na Figura 48 estão representadas as saídas de alimentação da electroválvula, à esquerda, e da placa microcontroladora, à direita.

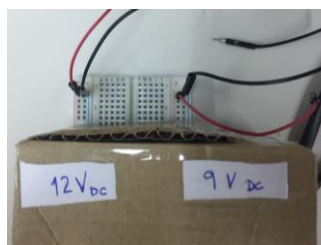


Figura 48 – Alimentação da electroválvula e do microcontrolador.

De seguida prosseguiu-se com testes à alimentação. Nestes testes o cabo de alimentação foi ligado à tomada e através de um multímetro foi medida a tensão e corrente nas saídas à esquerda (alimentação da electroválvula) e nas saídas à direita (alimentação do microcontrolador). Na Figura 49 estão representadas a tensão e corrente de saída da alimentação da electroválvula.

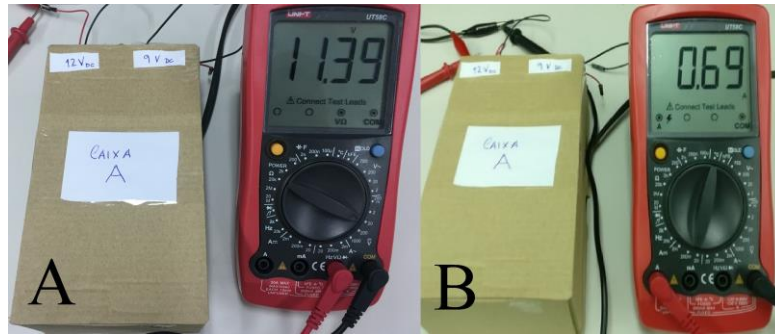


Figura 49 - Tensão (A) e corrente (B) de saída de alimentação da electroválvula, respetivamente.

Na Figura 50 estão representadas a tensão e corrente de alimentação da placa microcontroladora.

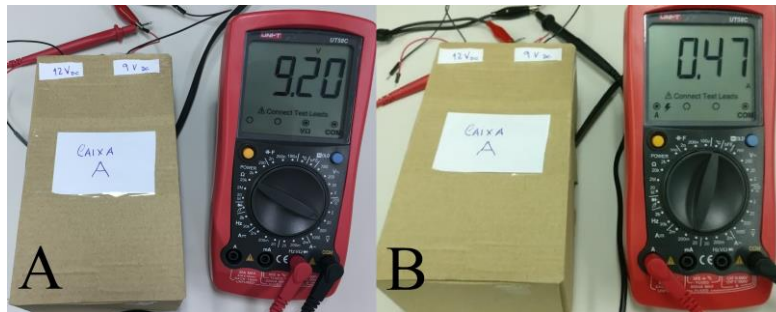


Figura 50 - Tensão (A) e corrente (B) de saída da alimentação ao microcontrolador, respetivamente.

5.5.2. Caixa B – Montagem e testes

A caixa B é composta pelo sensor de caudal, a electroválvula e o módulo Wi-fi. Começou-se com a montagem do circuito de ligação entre o sensor de caudal e a placa microcontroladora, representado na Figura 51.

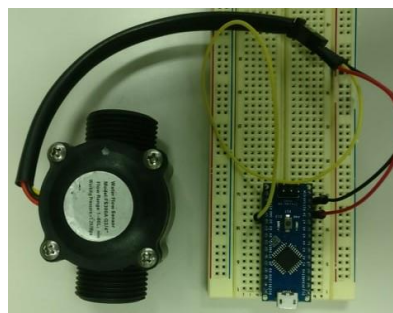


Figura 51 - Circuito de ligação do sensor de caudal ao microcontrolador.

De seguida, realizou-se testes ao funcionamento do sensor de caudal. Para a realização da simulação envia-se massas de ar para o sensor de caudal, simulando a passagem de um

fluido. No software de programação do Arduino, ou *Integrated Development Environment* (IDE), selecionou-se a opção *Monitor Series* para verificar os resultados. Na Figura 52 está representado o resultado do teste ao funcionamento do sensor de caudal.



Figura 52 - Representação dos resultados dos testes ao sensor de caudal.

O sensor de caudal após calcular a quantidade de água total que foi utilizada em cada utilização imprime a informação, juntamente com o ID da caixa a ser utilizada (neste caso *BathroomShower*), e o tempo que durou a utilização.

De modo a saber se o sensor de caudal está calibrado, era necessário saber a quantidade de fluido a passar pelo interior e comparar com a medição feita pelo próprio sensor. Realizou-se um teste, onde o sensor de caudal foi instalado numa torneira e encheu-se uma garrafa de água com capacidade para 1,5 litros, como ilustrado na Figura 53.



Figura 53 – Ilustração do teste à calibração do sensor de caudal.

Ao abrir a torneira, a água passa pelo interior do sensor de caudal até chegar à garrafa. Na Figura 54 são apresentados os resultados do teste à calibração do sensor de caudal.

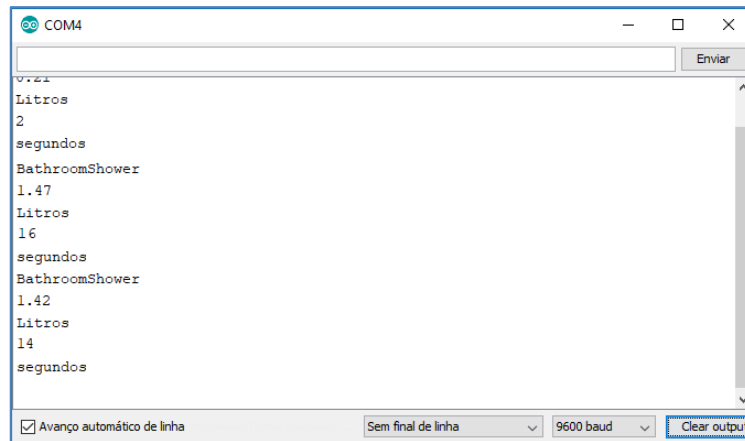


Figura 54 - Resultado dos testes de calibração do sensor de caudal.

Encheram-se duas garradas de 1,5 litros, ou seja, realizaram-se dois testes. No primeiro teste, o sensor de caudal contabilizou 1,47 litros em 16 segundos, enquanto no segundo, o sensor de caudal contabilizou 1,42 litros em 14 segundos. Verifica-se que o sensor não está corretamente calibrado. **No entanto, a calibração pode ser feita no código de programação.**

Prossegue-se com a montagem do circuito da electroválvula. Como referido anteriormente, a electroválvula necessita de uma alimentação à parte do microcontrolador pois necessita de tensão próxima dos 12 V para alterar o seu estado. Quando o microcontrolador envia uma corrente para o transístor, este irá permitir a alimentação da electroválvula, que chega da Caixa A, permitindo a mudança de estado. Na Figura 55 está representado a montagem do circuito da electroválvula.

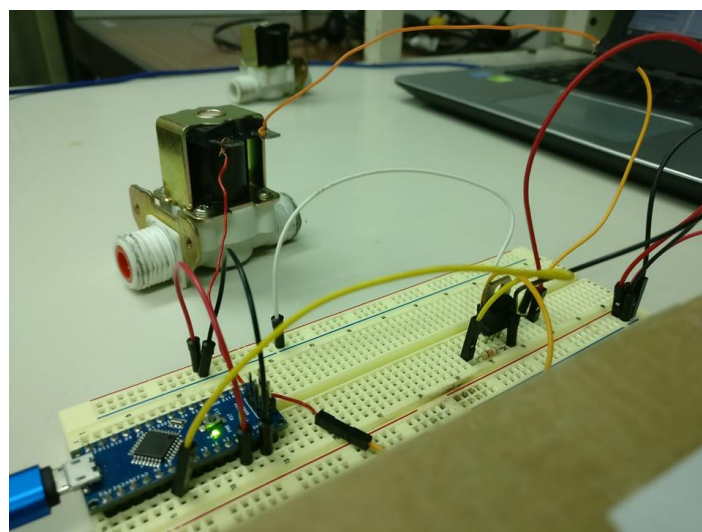


Figura 55 - Circuito de funcionamento da electroválvula.

De seguida, realizou-se a montagem do circuito do módulo Wi-Fi. Do módulo funcionar a 3,3 V DC e ter necessidade de corrente elevada, utilizou-se um regulador de tensão, LD33CV, de modo a reduzir a tensão de 5 V DC fornecida pela placa microcontroladora, sem limitar a corrente. Na Figura 56 está representada a montagem do circuito e o módulo em funcionamento respetivamente.

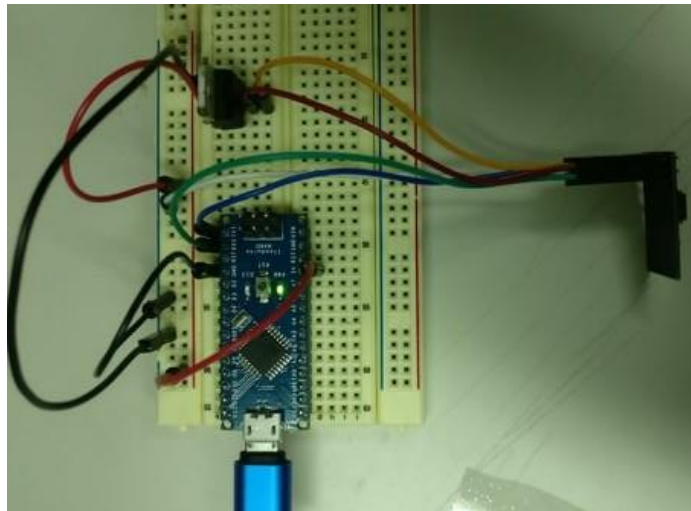


Figura 56 - Circuito de funcionamento do módulo Wi-Fi.

Por fim, realizou-se a montagem ao sistema completo. Na Figura 57 está representado o circuito com todos os componentes da Caixa B, no centro e à esquerda, e a respetiva alimentação, Caixa A, à direita.

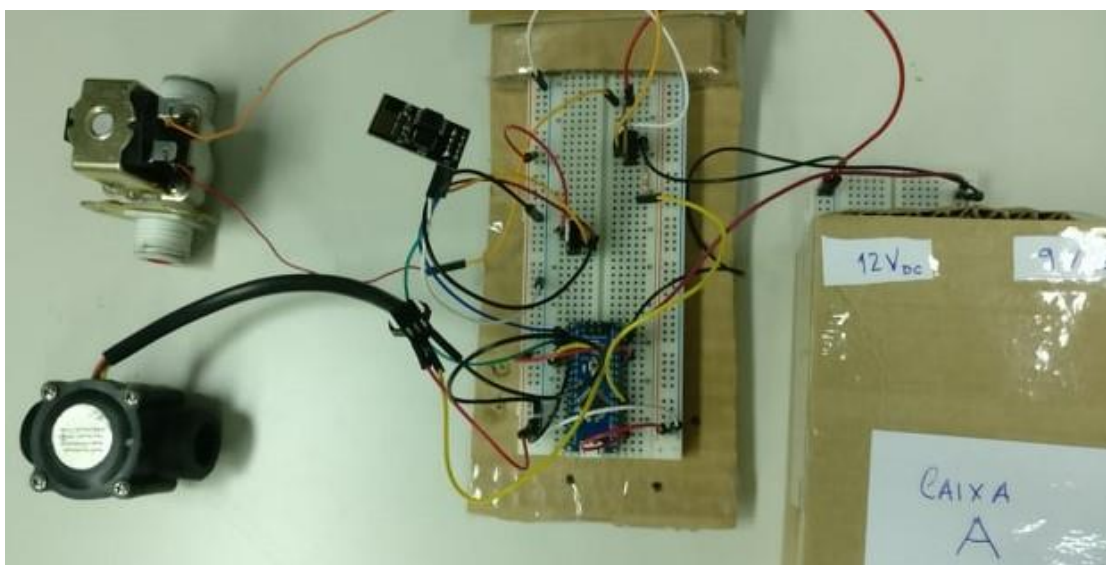


Figura 57 - Circuito da ligação entre a Caixa A e a Caixa B.

5.5.3. Testes ao sistema através da interface gráfica do utilizador

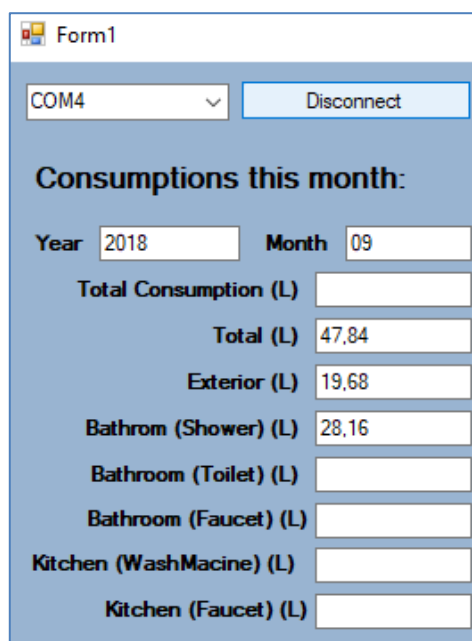
Para testar a interface gráfica do utilizador, ligou-se a placa microcontroladora à porta USB do computador. A interface gráfica do utilizador irá apresentar os valores que são enviados para a porta USB pela Caixa B, tal como seria feito se a Caixa C estive-se ligada.

Ao iniciar o programa, selecciona-se a porta USB e clica-se no botão *Connect* de modo a iniciar a ligação entre o GUI e a Caixa B, como demonstrado na Figura 58.



Figura 58 - Representação da porta USB conectada ao *hardware*.

Seguidamente, enviando massas de ar pelo interior do sensor de caudal será possível testar o funcionamento da interface gráfica do utilizador. Na Figura 59 está apresentada a área principal do interface gráfico do utilizador após o primeiro teste.

A imagem mostra uma janela de software intitulada 'Form1'. No topo, há uma caixa de seleção com 'COM4' e um botão 'Disconnect'. Abaixo, o título 'Consumptions this month:' é seguido por campos para 'Year' (2018) e 'Month' (09). Uma lista de consumos de água em litros (L) é apresentada em uma tabela. Os dados são os seguintes:

Category	Consumption (L)
Total Consumption (L)	
Total (L)	47,84
Exterior (L)	19,68
Bathroom (Shower) (L)	28,16
Bathroom (Toilet) (L)	
Bathroom (Faucet) (L)	
Kitchen (WashMACHINE) (L)	
Kitchen (Faucet) (L)	

Figura 59 - Área principal do interface gráfico do utilizador após o primeiro teste.

Neste teste foram utilizadas as Caixas B relativas ao chuveiro da casa de banho, *Bathroom (Shower)*, e a saída Exterior. Verifica-se que o teste, realizado no mês de setembro de 2018, contou 19,68 litros na saída Exterior, e 28,16 litros na saída do chuveiro da casa de banho, *Bathroom (Shower)*, totalizando 47,84 litros. Os dados de todas as utilizações que contemplam o teste são guardadas no separador *General Consumptions*, como apresentado

na Figura 60.

General Consumptions		Monthly Cons.	Operations		
ID	Data	Consumption (L)	Time(s)		
Exterior	2018-09-20	1.90	2		
Exterior	2018-09-20	0.95	2		
Exterior	2018-09-20	16.83	24		
BathroomShower	2018-09-20	1.62	2		
BathroomShower	2018-09-20	26.54	34		
*					

Figura 60 - Demonstração do teste ao interface gráfico do utilizador no Separador *General Consumptions*.

Após mudar o mês, neste caso de setembro para outubro, o programa automaticamente grava os dados relativos a setembro de 2018, que estavam presentes zona *Consumptions this month* da área principal, para o separador *Monthly Consumptions*, como demonstrado na Figura 61.

General Consumptions		Monthly Cons.	Operations			
Year	Month	Total (L)	Exterior (L)	Bathroom (Shower) (L)	Bathroom (Toilet) (L)	
2018	9	47,84	19,68	28,16	0	
*						

Figura 61 - Representação do teste no separador *Monthly Consumptions*.

5.6. Desenvolvimento do protótipo final

Ao longo desta secção irá ser estudada a passagem do sistema de monitorização de consumos descentralizados para um protótipo funcional preparado para o mercado. No caso da solução

apresentada são propostas três fases: instalação das peças de canalização, desenho das placas de circuito impresso (PCB) e desenho, e montagem, das caixas que irão conter sistema.

5.6.1. Canalização

Como foi referido anteriormente, nos testes ao sistema, para realizar a instalação do mesmo na tubagem são necessárias peças de canalização.

É necessário unir o sensor de caudal à electroválvula. Sabendo que o caudalímetro possui conexões roscadas macho-macho de tamanho $\frac{3}{4}$ " e a electroválvula possui conexões roscadas macho-macho de tamanho $\frac{1}{2}$ ", é necessária uma união redutora roscada fêmea-fêmea com tamanho $\frac{3}{4}$ " numa das extremidades e $\frac{1}{2}$ " na outra extremidade. Na Figura 62 está representada a peça utilizada para conectar o sensor de caudal e a electroválvula.



Figura 62 –Ligação entre o sensor de caudal e a electroválvula.

De seguida instala-se os casquilho de inox de tamanho $\frac{3}{4}$ " no sensor de caudal, e de tamanho $\frac{1}{2}$ " na electroválvula. Através dos casquilhos a instalação da solução num sistema de tubagens poderá ser feito muito rapidamente. Na Figura 63 está apresentado a solução montada num sistema de tubagens.

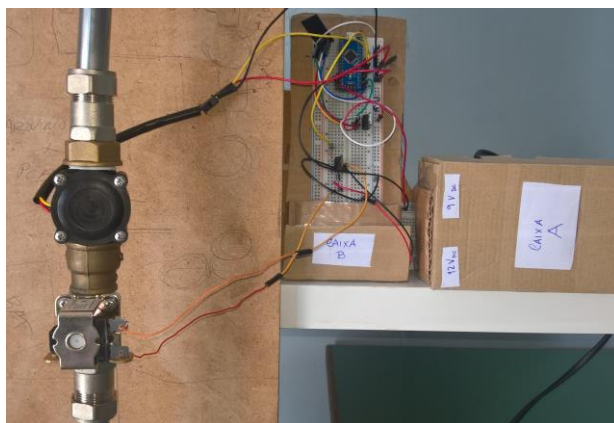


Figura 63 - Solução instalada num sistema de tubagens.

5.6.2. Placas de circuito impresso

Placas de circuito impresso (PCB) são placas com circuitos complexos concebidas de modo a diminuir o espaço ocupado pelo circuito, proteger o sistema de fatores ambientais e ter todo o circuito montado de forma resistente.

Passar o circuito da *breadboard* para uma PCB é um processo que necessita de um software específico. Para este projeto foi utilizado o *Eagle*, um software disponibilizado pela Autodesk Inc.

Inicialmente, desenha-se o esquema do circuito. Este software permite a seleção do modelo dos componentes específicos a ser utilizados, ao contrário dos programas de desenho de circuitos elétricos convencionais. Após o desenho do esquema converte-se para formato *board*.

De seguida serão demonstrados os esquemas e as *boards* dos circuitos da Caixa A, Caixa B e Caixa C.

Caixa A

Ao desenhar o esquema do circuito de alimentação, utilizou-se o esquema previamente estudado e testado. Adicionando um conector de parafuso (X2-1 e X2-2) para ir ligar a alimentação da rede ao transformador e um conector *molex* (5566-4) para, posteriormente, alimentar a Caixa B. Na Figura 64 está representado o esquema do circuito da caixa A.

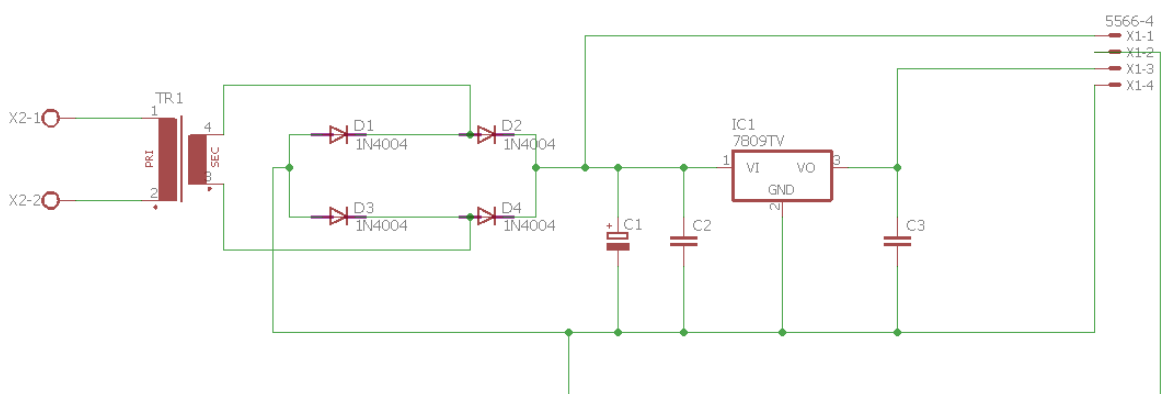


Figura 64 - Esquema do circuito da Caixa A desenhado em Eagle.

De seguida, converteu-se o esquema na *board* representada na Figura 65, onde A exhibe a *top layer* e B exhibe a *bottom layer*,

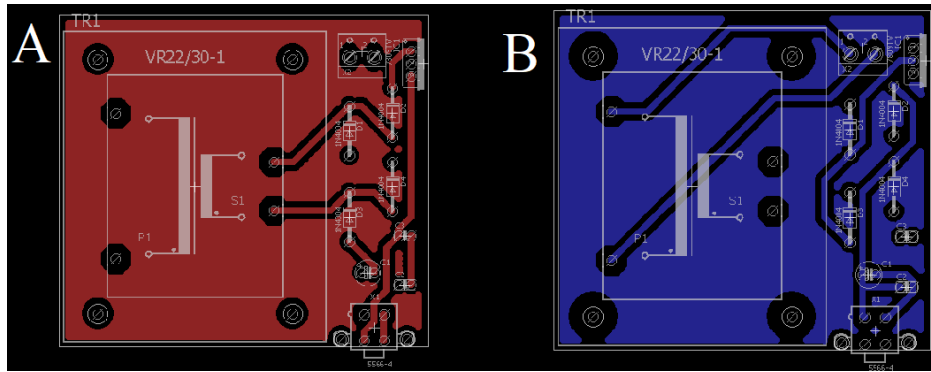


Figura 65 - Top Layer (A) e bottom layer (B) da Caixa A.

Caixa B

A Caixa B é onde se encontram o microcontrolador, o modulo Wi-Fi, a electroválvula e o sensor de caudal. O circuito que liga estes componentes é desenhado na placa contemplando conetores para ligar todos os componentes, sendo que o microcontrolador e o modulo Wi-Fi se têm ligações macho, e a electroválvula e sensor de caudal têm ligações fêmea. Na Figura 66 está representado o esquema do circuito da Caixa B, desenhado no Eagle.

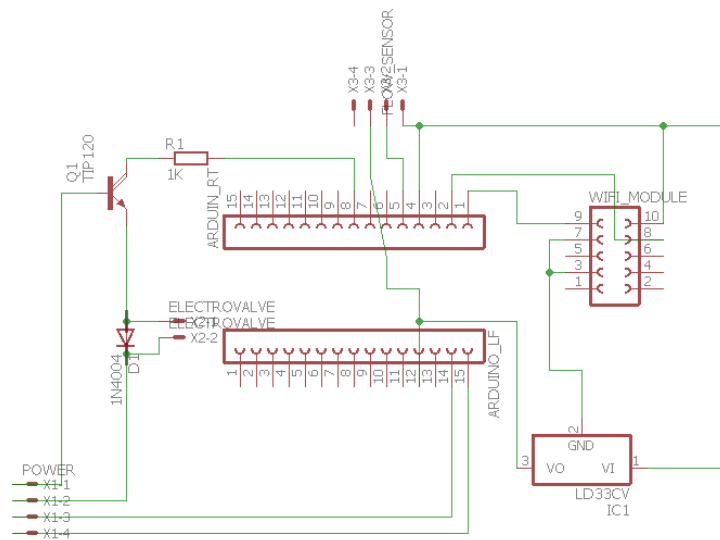


Figura 66 - Esquema do circuito da Caixa B desenhado em Eagle.

Como é possível verificar, foram utilizados conetores *molex* para conectar ao sensor de caudal e electroválvula. Também foi utilizado um conector *molex* para receber a ligação de alimentação. Para ligar a placa ao microcontrolador e ao módulo Wi-Fi, foram utilizados conetores *header fêmea*, de 30 pins e 10 pins, respetivamente. Na Figura 67 estão representadas a *top layer*, em A e a *bottom layer*, em B.

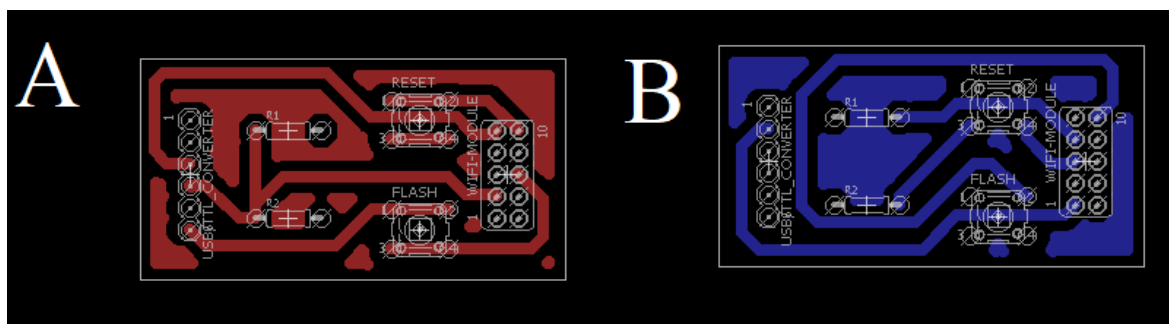


Figura 69 – Toplayer (A) e bottom layer (B) do circuito da Caixa C.

5.6.3. Assembly

O último passo necessário para obter um protótipo final pronto a instalar é o desenho e estruturação das caixas que vão receber os circuitos. Estas caixas necessitam de ser estudados ao pormenor de modo a proteger as PCB, e restantes componentes, do ambiente envolvente.

Para o estudo e desenho das caixas utiliza-se um software de desenho CAD em 3D, neste caso, o AutoCAD Inventor, tecnologia desenvolvida pela Autodesk Inc. Neste programa será possível desenhar as caixas, bem como o seu interior. Através software será possível, em ambiente 3D, colocar o sistema na melhor posição possível, procurar forma de o fixar na caixa, também estudar a forma como os fio irão ser condicionados no seu interior.

Uma característica interessante de alguns softwares de modulação 3D, inclusive o AutoCAD Inventor é a possibilidade de ler ficheiros do Eagle (.emp e .emn). Assim, é possível importar diretamente a PCB para o ambiente 3D, poupando tempo que seria desperdiçado na modulação da PCB no próprio AutoCAD.

5.7. Análise dos dados

A partir dos dados adquiridos pelo sistema e guardados no programa é possível, com auxílio do Microsoft Excel, analisar os dados de modo a tirar conclusões que possam levar a uma melhor utilização de água.

Uma possível análise de dados, retirada a partir do separador *General Consumptions*, consiste na identificação de padrões de utilização. Na Tabela 20 está representado separador *General Consumptions* com exemplos de vários consumos de água.

Tabela 20 - Exemplo de consumos variados no separador *General Consumptions*.

ID	Date	Consumption (L)	Time (s)
BathroomShower	20/09/2018	37,20	186
BathroomShower	20/09/2018	53,00	265
BathroomShower	20/09/2018	33,00	165
BathroomToilet	20/09/2018	10,00	5
BathroomFaucet	20/09/2018	5,25	35
KitchenFaucet	20/09/2018	8,67	65
KitchenFaucet	20/09/2018	6,53	49
BathroomFaucet	20/09/2018	5,40	36
BathroomFaucet	20/09/2018	2,25	15

O utilizador do sistema através da data das utilizações e conhecendo os consumidores da habitação, pode identificar um padrão de utilização de um determinado consumidor.

Outra possível utilização consiste na análise dos consumos mensais durante um ano. Na Tabela 21 está representada um exemplo de consumos mensais durante o ano de 2018 numa habitação T1.

Tabela 21 – Exemplo de consumos mensais durante um ano em Excel.

Monthly Consumptions								
Year	Month	Total	Exterior	Bathroom (Shower)	Bathroom (Toilet)	Bathroom (Faucet)	Kitchen (WashMachine)	Kitchen (Faucet)
2018	1	13969	2065	6318	1739	968	785	2094
2018	2	12846	608	6200	1800	1203	785	2250
2018	3	13136,25	1235	6123	1861	806	785	2326
2018	4	14145,5	1468	6452	1922	1036	865	2403
2018	5	14459,75	1954	5923	1983	1136	985	2479
2018	6	14313,5	2008	6217	1706	1265	985	2133
2018	7	14719	3065	5134	2000	1035	985	2500
2018	8	15025,5	3289	5032	2166	966	865	2708
2018	9	13703,5	2966	4922	1658	1100	985	2073
2018	10	11729,75	369	5562	1795	895	865	2244
2018	11	13471	652	6584	1688	1652	785	2110
2018	12	13498,25	233	7230	1697	1352	865	2121

Através da Tabela 21 é possível comparar os consumos das saídas, e o total, em cada mês durante o ano de 2018 e procurar perceber a razão pela qual eles são variam de modo a encontrar soluções para poupar água. Na Figura 70 está apresentado um gráfico relativo aos consumos nas saídas durante o ano de 2018.

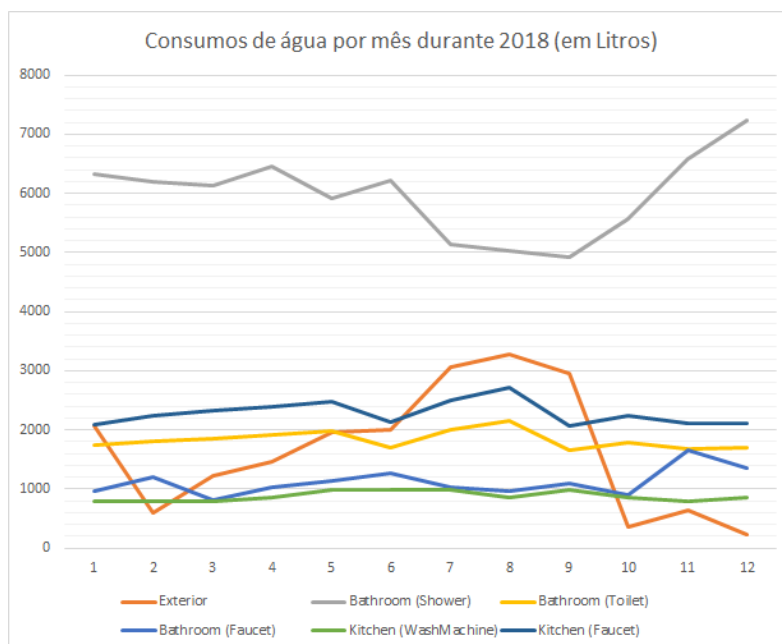


Figura 70 - Consumos de água por mês durante 2018 (em litros).

5.8. Análise financeira

Os sistemas descentralizados são, tipicamente, mais dispendiosos pois são constituídos por mais materiais, suficientes para garantir a descentralização. Contudo, ao longo do desenvolvimento da presente solução foram tomadas decisões que procuraram obter um sistema descentralizado com o menor custo possível.

Na análise financeira ao sistema desenvolvido foram apenas analisados os custos dos componentes de maior relevo para o projeto. Foi também contabilizado o custo associado ao desenvolvimento das placas de circuito impresso através de estimativas e orçamentos em empresas da área. Estas empresas incluem num preço único, por PCB, os componentes, a placa e o todo o processo relativo à sua montagem. Não foram contabilizados, neste exercício, os custos das caixas que irão conter o sistema.

Na Tabela 22 está representado o cálculo dos custos da Caixa, que contempla apenas a PCB.

Tabela 22 – Custo da Caixa A

Caixa A		
Peças/Componentes	Qtd	Preço
PCB de alimentação	1	25.00 – 35.00 €
Total		25.00 – 35.00 €

Na Tabela 23 está representado o cálculo dos custos da Caixa B, que inclui todos os componentes utilizados, a PCB e as peças de canalização.

Tabela 23 - Cálculo dos custos da Caixa B.

Caixa B		
Peças/Componentes	Qtd	Preço
Sensor de caudal	1	19.20 €
Electroválvula	1	13.34 €
Modulo Wi-Fi	1	7.90 €
Microcontrolador	1	12.90 €
PCB Caixa B	1	20.00 € - 30.00 €
União 3/4" – 1/2"	1	1.99 €
Casquilho 3/4"	1	2.89 €
Casquilho 1/2"	1	1.99 €
Total	8	80.21 € - 90.21 €

Na Tabela 24 está representado o cálculo dos custos da Caixa C, que inclui todos os componentes utilizados e a PCB.

Tabela 24 - Cálculo do custo da caixa C.

Caixa C		
Peças/Componentes	Qtd	Preço
Conversor USB TTL	1	13.95 €
Modulo Wi-fi	1	7.90 €
PCB Caixa C	1	10.00 € - 20.00€
Total	3	31.85 € - 31.85 €

Calculados os custos de cada caixa, analisamos o custo para o exemplo estudado, a habitação T1 com saídas de água. São necessárias sete Caixas A, sete Caixas B e uma Caixa C. Na Tabela 25 está representado o custo total do sistema para a habitação T1 estudada.

Tabela 25 - Cálculo dos custos para habitação T1.

Caixas	Qtd	Preço
Caixa A	7	25.00 - 35.00 €
Caixa B	7	80.21 € - 90.21 €
Caixa C	1	31.85 € - 41.85 €
Total		768.32 € - 798.32 €

Como se verifica na Tabela 25, o preço está compreendido entre 768.32 € e 798.32 €. Num ambiente de mercado este preço iria subir de modo a conjugar mão-de-obra, as caixas e a margem lucro. Também um ambiente de mercado a existência de fornecedores internacionais e a capacidade de fornecer em grandes quantidades podia, eventualmente, reduzir o preço.

Confirma-se que a solução fica mais dispendiosa que as soluções existentes no mercado. No entanto, a quantidade de informação que um sistema descentralizado, como a solução proposta, será uma vantagem relativamente a sistemas centralizados.

6. Conclusão

Neste capítulo será elaborada uma reflexão acerca de todo o trabalho, incluído os objetivos alcançados, objetivos não conseguidos, limitações e trabalho futuro.

6.1. Resumo do trabalho

Ao longo da presente dissertação foi possível compreender o problema associado ao consumo desmedido de recursos, especificamente água, e a necessidade de tomar ações corretivas. A falta de informação impede os utilizadores de gerir os seus consumos de modo eficaz.

As soluções já existentes no mercado apresentam limitações, devido à centralização de obtenção de dados, não permitindo obter a mesma quantidade de dados que uma solução descentralizada oferece.

O sistema descentralizado de medição de consumos de água, desenvolvido na presente dissertação, figura-se como uma solução capaz de informar os utilizadores acerca dos seus consumos detalhados, bem como organizá-los por períodos de tempo. Os dados obtidos pelo sistema fornecem um conjunto de informação que permite identificar, compreender e comparar consumos, facilitando a implementação de medidas corretivas. A solução apresentada é capaz de realizar operações básicas, e operações compostas, sendo que não

realiza operações autónomas.

Os custos associados à implementação do sistema descentralizado são mais elevados comparativamente aos custos de sistemas centralizados. No entanto, o sistema descentralizado oferece mais dados e mais assertivos, sendo esta uma vantagem incontornável.

Os objetivos foram ambiciosos, dado o período de tempo disponível para a realização do projeto. Existiram também limitações ao nível financeiro e de gestão de projetos, que, em certas ocasiões, limitaram a escolha dos componentes, e eventualmente atrasaram o desenvolvimento das tarefas. No entanto, foi possível testar o sistema e o software através da uma ligação direta entre o microcontrolador e computador via USB. Os resultados dos testes provaram que a solução, até aqui desenvolvida, é capaz de cumprir a maioria dos seus objetivos.

Esta dissertação compreende um nível altamente multidisciplinar onde foi necessário aplicar conceitos de diversas áreas da engenharia como eletrónica, informática, gestão de projetos e análise de financeira. Foram também utilizadas diversas ferramentas, demonstradas na Tabela 26.

Tabela 26 – Conjunto de ferramentas utilizadas.

Ferramenta	Utilização
Microsoft Excel	Gestão do projeto
	Calendarização
	Análise dos dados
	Análise financeira
Microsoft Visio	Diagramas
	Esquemas elétricos
IDE Arduino	Programação da placa microcontroladora
VisualStudio	Programação do interface gráfico do utilizador
EagleCAD	Desenho das placas de circuito impresso

Relacionado com o presente trabalho foi publicado o artigo *Water consumptions monitoring system for public bathing facilities* na conferência *Proceeding of ICEER 2018*, Praga, e no *Energy Procedia (in press)*.

Finalmente, foi um projeto fantástico e ambicioso, que se revelou um enorme desafio e um

enorme meio de aprendizagem neste culminar do percurso acadêmico.

6.2. Objetivos realizados

Analisado a lista de objetivos previamente definida, conclui-se que dos oito objetivos iniciais, foram concluídos cinco. A implementação e validação são dois objetivos que foram parcialmente atingidos, apenas faltando o trabalho relativo programação do módulo Wi-Fi presente na Caixa B e o desenvolvimento da Caixa C. Na Tabela 27 estão representados os objetivos e respectivo estado de desenvolvimento.

Tabela 27 – Estado de desenvolvimento dos objetivos inicialmente propostos.

Principal Intenção / Objetivo	Status
Contextualização	Released
Estado de arte	Released
Definição da proposta de solução	Released
Estudo dos requisitos do projeto	Released
Implementação	Ongoing
Validação	Ongoing
Estudo económico	Released
Desenvolvimento de protótipo final	Ongoing

Os oito objetivos são compostos por 43 incrementos, dos quais 35 foram atingidos, cinco incrementos não foram atingidos e foram atrasados, por opção, para desenvolvimento de outras tarefas, e três incrementos foram planeados, mas não desenvolvidos.

Durante a Fase 1, todos os incrementos foram completados dentro dos prazos definidos, como representado na Tabela 28.

Tabela 28 – Incrementos alcançados durante a Fase 1.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
1	2017-11-01	5	2017-11-05	Released	Estudo do tema: Sustentabilidade (Contexto histórico)	1
2	2017-11-06	5	2017-11-10	Released	Estudo do tema: Relação do crescimento populacional e o desenvolvimento sustentável	1
3	2017-11-11	10	2017-11-20	Released	Estudo: Água no plano do desenvolvimento sustentável	1
4	2017-11-21	10	2017-11-30	Released	Estudo: Análise dos consumos de água (Contexto atual)	1

Na Fase 2 do projeto foi realizada uma pesquisa acerca de sistemas semelhantes, tanto no mercado, como em publicações científicas. Este estudo implicou uma exausta pesquisa em

diversas bases de dados. As datas previstas foram cumpridas, como representado na Tabela 29.

Tabela 29 - Incrementos alcançados durante a Fase 2.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
5	2017-12-01	15	2017-12-15	Released	Estudo: Sistemas de monitorização existentes no mercado	2
6	2017-12-16	15	2017-12-30	Released	Estudo: Trabalhos e publicações científicas relativas ao tema	2

A Fase 3 serviu para o dimensionamento da proposta de solução e definição dos requisitos da mesma. Como se verifica na Tabela 30, os prazos foram cumpridos dentro dos prazos definidos.

Tabela 30 - Incrementos alcançados durante a Fase 3.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
7	2017-12-31	25	2018-01-24	Released	Dimensionamento da proposta de solução	3
8	2018-01-25	10	2018-01-03	Released	Definição dos requisitos de hardware	3
9	2018-02-04	10	2018-02-13	Released	Definição dos requisitos do software	3

Durante a Fase 4, procurou-se responder aos requisitos definidos na Fase 3. Através da Tabela 31 é possível verificar que todos os incrementos foram alcançados.

Tabela 31 - Incrementos alcançados durante a Fase 4.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
10	2018-02-14	10	2018-02-23	Released	Estruturação do diagrama de blocos do sistema	4
11	2018-02-24	5	2018-02-28	Released	Estruturação da Caixa A (requisitos de alimentação)	4
12	2018-03-01	5	2018-03-05	Released	Estruturação da Caixa B (requisitos de hardware)	4
13	2018-03-06	5	2018-03-10	Released	Estruturação da Caixa C (requisitos de hardware/comunicação)	4
14	2018-03-11	5	2018-03-15	Released	Definição da linguagem de programação para o software	4
15	2018-03-16	15	2018-03-30	Released	Definição do diagrama de classes do software	4

Na Fase 5 teve início no final do mês de março e é relativa ao desenvolvimento e implementação da solução proposta. Não foram cumpridos todos incrementos desta fase, pois houveram limitações ao longo da mesma, como por exemplo, o período de espera para adquirir a peça foi, em alguns casos, mais longo do que se esperava. Também a inexperiência em competência de programação relativas à comunicação por Wi-Fi levou à necessidade de que o Incremento 22 e Incremento 24 tivessem um maior período de trabalho. Estes incrementos acabaram por ser deixados em estado *Ongoing*, ou seja, em desenvolvimento, devido à necessidade de continuar o plano de trabalhos. Na Tabela 32 estão representado os incrementos alcançados, e não alcançados, da Fase 5.

Tabela 32 - Incrementos alcançados durante a Fase 5.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
16	2018-03-31	15	2018-04-14	Released	Desenvolvimento do circuito de alimentação	5
17	2018-04-15	3	2018-04-17	Released	Desenvolvimento do circuito do sensor de caudal	5
18	2018-04-18	2	2018-04-19	Released	Programação do sensor de caudal	5
19	2018-04-20	5	2018-04-24	Released	Desenvolvimento do circuito da válvula	5
20	2018-04-25	4	2018-04-28	Released	Programação da electroválvula	5
21	2018-04-29	6	2018-05-04	Released	Desenvolvimento do circuito do modulo Wi-Fi	5
22	2018-05-05	5	2018-05-09	Ongoing	Programação do modulo Wi-Fi	5
23	2018-05-10	5	2018-05-14	Released	Desenvolvimento do circuito de comunicação	5
24	2018-05-15	10	2018-05-24	Ongoing	Programação modulo de comunicação	5
25	2018-05-25	35	2018-06-28	Released	Desenvolvimento do software	5

A Fase 6 relativa aos testes ao funcionamento das várias partes do sistema, bem como a elaboração de possível análises aos dados obtidos, teve início no final do mês de junho, durando até ao final de agosto. Como os incrementos relativos à programação da comunicação entre o módulo Wi-Fi da Caixa B e a Caixa C não chegaram a ser entregues, durante a Fase 5, não foi possível realizar todos os testes planeados para a Fase 6, como se verifica na Tabela 33. Os restantes incrementos foram desenvolvidos com sucesso, inclusive, foi possível testar o sistema com o interface gráfico do utilizador através da ligação direta, via USB, entre a Caixa B e o computador, sendo que os resultados deveriam ser coincidentes com os testes planeados com a comunicação via Wi-Fi entre a Caixa B e a Caixa C.

Tabela 33 - Incrementos alcançados durante a Fase 6.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
26	2018-06-29	10	2018-07-08	Released	Testes à Caixa A (alimentação)	6
27	2018-07-09	3	2018-07-11	Released	Testes ao circuito do sensor de caudal	6
28	2018-07-12	10	2018-07-21	Released	Testes ao circuito da válvula	6
29	2018-07-22	10	2018-07-31	Ongoing	Testes ao circuito Wi-Fi	6
30	2018-08-01	7	2018-08-07	Ongoing	Testes à Caixa B	6
31	2018-07-08	8	2018-08-15	Ongoing	Teste ao circuito de comunicação	6
32	2018-08-16	5	2018-08-20	Ongoing	Testes à caixa C	6
33	2018-08-21	5	2018-05-25	Released	Teste ao sistema	6
34	2018-08-26	2	2018-08-27	Released	Estudo: Análise dos dados em Excel	6

Na Fase 7 foi realizada uma análise aos custos associados à implementação da solução proposta. Esta fase teve início no final do mês de agosto, e foi concluída no início do mês de setembro, com todos os incrementos cumpridos, como se verifica na Tabela 34.

Tabela 34 - Incrementos alcançados durante a Fase 7.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
35	2018-08-28	5	2018-09-01	Released	Estudo acerca dos custos das caixas do sistema (placas de circuito impresso)	7
36	2018-09-02	3	2018-09-04	Released	Estudo acerca dos custos do material de canalização	7
37	2018-09-05	2	2018-09-06	Released	Estudo acerca dos custos do <i>boxing</i> das caixas do sistema	7

A Fase 8 relativa ao desenvolvimento das PCB e das caixas que irão receber o sistema. Apenas os incrementos relativos ao desenvolvimentos das PCB foram cumpridos, sendo que os restantes estavam planeados, mas não foram iniciados, como representado na Tabela 35.

Tabela 35 - Incrementos alcançados durante a Fase 8.

Sprint	Início	Dias	Fim	Status	Intenção do Sprint	Fase
38	2018-09-07	5	2018-09-11	Released	Desenvolvimento da placa de circuito impresso da Caixa A	8
39	2018-09-12	5	2018-09-16	Released	Desenvolvimento da placa de circuito impresso da Caixa B	8
40	2018-09-17	5	2018-09-21	Released	Desenvolvimento da placa de circuito impresso da caixa C	8

41	2018-09-22	5	2018-06-26	Planned	Desenvolvimento da Caixa A em modelo CAD	8
42	2018-09-27	5	2018-10-01	Planned	Desenvolvimento da Caixa B em modelo CAD	8
43	2018-10-02	5	2018-10-06	Planned	Desenvolvimento da Caixa C em modelo CAD	8

Verifica-se que algumas limitações acabaram por atrasar o normal desenvolvimento do sistema. Em todos os incrementos onde se sentiu dificuldade no seu desenvolvimento foi tomada a decisão de parar, e seguir em frente, com a possibilidade de num futuro próximo, sejam retomados.

6.3. Limitações e trabalho futuro

Uma das limitações do trabalho é a necessidade de que o utilizador tenha uma porta USB do seu computador sempre ocupada com a Caixa C, bem como o computador sempre ligado. Uma solução seria, por exemplo, o desenvolvimento uma base de dados num servidor online, que receberia a informação diretamente da Caixa B, deixando a Caixa C obsoleta.

A escolha pelo método de comunicação desenvolvido, comunicação Wi-Fi entre a Caixa B e Caixa C, e ligação USB entre a Caixa C e o computador, foi escolhido devido à quantidade de conteúdo novo que teria de ser aprendido num curto espaço de tempo. Daí, optou-se por um método onde os objetivos eram mais reais, mas garantiam o cumprimentos dos requisitos propostos inicialmente.

Futuramente, a implementação de um servidor online com base de dados deve ser executada juntamente com a adição de outras funcionalidades que permitam ao sistema realizar operações autónomas. Um funcionalidade seria, por exemplo, a comparação automática entre a soma dos consumos das várias Caixas B e a Caixa B totalizadora, juntamente com o envio de um alerta para o utilizador, caso resultado desta comparação seja superior a um determinado valor.

Referências

- [1] Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, “Our Common Future,” 1987.
- [2] J. M. Sousa, “História e Conceitos - Edificações Sustentáveis,” ISEP, 2016.
- [3] E. S. Jarkko Suhonen, “TechTrends,” *The Four Pillar Model – Analysing The Sustainability Of Online Doctoral Programmes*, pp. 81-88, July/August 2014.
- [4] M. Carvalho, “Desenvolvimento Sustentável - Ambiente, Sustentabilidade e Recursos Naturais - ISEP,” 2016.
- [5] Economic and Social Affairs United Nations, “World Population Prospects - Key Findings and advanced tables 2017 REVISION,” New York, 2017.
- [6] Worldometers, “Worldometers,” [Online]. Available: <http://www.worldometers.info/world-population/>. [Acedido em 07 11 2017].
- [7] United Nations, “Resolução A/RES/64/292 - O Direito à água e Saneamento,” 2010.
- [8] M. Carvalho, “Água - Ambiente, Sustentabilidade e Recursos Naturais - ISEP,” 2016.
- [9] United Nations, “Facts and Figures - Wastewater The Untapped Resource,” United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2017.
- [10] C. Arsenault, “Global population growth threatens to outstrip fresh water supply: study - TRFN,” *Reuters*, 2015.
- [11] G. B. e. R. C. P. Nuno Serra Fernandes, “TSF - Rádio Notícias,” 03 10 2017. [Online]. Available: <https://www.tsf.pt/sociedade/ambiente/interior/governo-alerta-para->

situacao-critica-de-falta-de-agua-8817184.html. [Acedido em 12 11 2017].

- [12] Jornal Económico, “Acesso ao consumo de água vai ser restringido em Portugal,” 30 10 2017. [Online]. Available: <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/acesso-ao-consumo-de-agua-vai-ser-restringido-em-portugal-227008>. [Acedido em 12 11 2017].
- [13] Uprager, “Uprager,” Youtube, 17 10 2016. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=2TNKkBrm7qs>. [Acedido em 21 11 2017].
- [14] European Commission, “Water Framework Directive,” 2010.
- [15] European Commission, “A Water Blueprint for Europe,” 2012.
- [16] Agência Portuguesa do Ambiente, “Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água,” 2012.
- [17] C. Felgueiras, “DEE - SEE - Eletrónica,” 2013 - 2014.
- [18] M. Gericota, “Eletrónica, SELEC, DEM, ISEP,” 2012-2013.
- [19] L. Figueredo, “Introdução aos microcontroladores, Sistemas Digitais, Licenciatura em Engenharia de Sistemas, ISEP,” 2010-2011.
- [20] Polytechnical Hub, “Difference between analog communication and digital communication,” 17 04 2017. [Online]. Available: <http://www.polytechnichub.com/difference-analog-communication-digital-communication/>. [Acedido em 02 03 2018].
- [21] Arduino, “attachInterrupt,” 08 01 2018. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/pt/language/functions/external-interrupts/attachinterrupt/>. [Acedido em 03 03 2018].
- [22] Postscapes, “IoT Sensors and Actuators,” [Online]. Available: <https://www.postscapes.com/trackers/video/the-internet-of-things-and-sensors-and-actuators/>. [Acedido em 02 03 2018].

- [23] C. B. Silveira, “Como Funciona a Válvula Solenóide e Quais São os Tipos Existentes?,” Citisystems, [Online]. Available: <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenóide/>. [Acedido em 03 03 2018].
- [24] D. B. Pengra, R. J. Stoltenberg, V. Dyck e O. Vilches, “The Hall Effect,” 09 06 2015.
- [25] Eletronics-Tutorials, “Hall Effect Sensor,” [Online]. Available: <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html>. [Acedido em 03 04 2018].
- [26] L. Kuski e P. Moura, “Sistema de gestão de água quente para instalações sanitárias de utilização pública,” 2016.
- [27] Fluid Labs, Inc., “Fluid,” 2017. [Online]. Available: <http://www.fluidwatermeter.com/>. [Acedido em 03 12 2017].
- [28] Flo Technologies, Inc., “Flo,” 2018. [Online]. Available: <https://meetflo.com/>. [Acedido em 05 12 2017].
- [29] S. Athanasioual, T. Staakeb, T. Stiefmeierc, C. Sartoriusd, J. Tompkinse e E. Lytrasf, “DAIAD: Open Water Monitoring,” em *16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA*, Bari, Italy, 2014.
- [30] P. J. Hawrylak, W. Nichols, X. Li, T. Johannes, R. DeCook, K. Mongold, C. Cornell, L. A. Flint e A. Singh, “HydroSense: A Self-Powered Wireless Device for,” em *IEEE 2015 Global Humanitarian Technology Conference*, Seattle, Washington, United States, 2015.
- [31] L. Yanga, S.-H. Yangb, E. Magierac, W. Froelichc, T. Jachc e C. Laspidou, “Domestic water consumption monitoring and behaviour intervention by employing the internet of things technologies,” em *8th International Conference on Advances in Information Technology*, Macau, China, 2016.
- [32] Botnroll, “Botnroll,” [Online]. Available: <http://www.botnroll.com/>.

- [33] Ptrobotics, “Ptrobotics,” [Online]. Available: <https://www.ptrobotics.com/>.
- [34] Boxeletrónica, “Boxeletrónica,” [Online]. Available: <https://www.boxelectronica.com/pt/>.
- [35] Ebay, “Ebay,” [Online]. Available: <https://www.ebay.com/>. [Acedido em 05 03 2018].
- [36] BCM - Bricolage S.A., “Leroy Merlin,” [Online]. Available: <https://www.leroymerlin.pt/Site/Home.aspx>. [Acedido em 05 03 2018].
- [37] Aki, “Aki,” [Online]. Available: <https://www.aki.pt/>. [Acedido em 05 03 2018].
- [38] Viewdress, “ESP Wifi Module Pin Diagram,” [Online]. Available: <http://www.viewdress.com/esp-wifi-module-pin-diagram.html>. [Acedido em 04 03 2018].
- [39] J. M. Hughes, Arduino: a technical reference: a handbook for technicians, engineers, and makers, O'Reilly Media, Inc, 2016.

Anexo A. Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação hídrica normal (PNUEA) [16]

SETOR URBANO		
Nº	Designação da medida	Descrição sumária da medida
Sistemas públicos		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Medida 01:	Optimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água	- Redução do consumo de água, através da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes
Medida 02:	Redução de pressão no sistema público de abastecimento	- Controle de pressões no sistema de distribuição pública, mantendo-as dentro dos limites convenientes
Medida 03:	Utilização de sistema tarifário adequado	- Estabelecimento de tarifas e escalões que permitam a aplicação de custos reais
Medida 04:	Utilização de águas residuais urbanas tratadas	- Uso da água residual tratada das ETAR's em usos adequados
<i>Redução de perdas de água</i>		
Medida 05:	Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento	- Redução do volume de água perdida na rede pública

Sistemas prediais e instalações coletivas		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Medida 06:	Redução de pressão no sistema predial de abastecimento	- Controle de pressões no sistema de distribuição predial, mantendo-as dentro dos limites convenientes
Medida 07:	Isolamento térmico do sistema de distribuição de água quente	- Reduzir o desperdício de água do banho, até que a temperatura ideal seja atingida
Medida 08:	Reutilização ou uso de água de qualidade inferior	- Utilização da água usada nos sistemas prediais, para fins adequados
<i>Redução de perdas de água</i>		
Medida 09:	Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento	- Redução do volume de água perdida na rede predial

Dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Autoclismos		
Medida 10:	Adequação da utilização de autoclismos	- Alteração de hábitos de uso do autoclismo para descargas mínimas
Medida 11:	Substituição ou adaptação de autoclismos	- Substituição de autoclismos por outros de menor consumo
Medida 12:	Utilização de bacias de retrete sem uso de água	- Substituição das retretes por outras que funcionem sem recurso a água
Medida 13:	Utilização de bacias de retrete por vácuo	- Substituição das retretes por outras que funcionem a vácuo
Chuveiros		
Medida 14:	Adequação da utilização de chuveiros	- Alteração de hábitos no duche e banho reduzindo o tempo de água corrente
Medida 15:	Substituição ou adoção de chuveiros	- Substituição de chuveiros por outros de menor gasto de água

SETOR URBANO

N°	Designação da medida	Descrição sumária da medida
Torneiras		
Medida 16:	Adequação da utilização de torneiras	- Alteração de hábitos da população de forma a evitar desperdícios de água
Medida 17:	Substituição ou adaptação de torneiras	- Substituição de torneiras por outras de menor gasto de água
Máquinas de lavar roupa		
Medida 18:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 19:	Substituição de máquinas de lavar roupa	- Substituição das máquinas por outras de menor gasto de água
Máquinas de lavar louça		
Medida 20:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 21:	Substituição de máquinas de lavar louça	- Substituição das máquinas por outras de menor gasto de água

Urinóis		
Medida 22:	Adequação da utilização de urinóis	- Garantir a regulação do volume em função do número de descargas
Medida 23:	Adaptação da utilização de urinóis	- Melhoria do funcionamento através da instalação de sistemas de controlo automático
Medida 24:	Substituição de urinóis	- Substituição de dispositivos convencionais por outros mais eficientes
Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar		
Medida 25:	Redução de perdas e consumos em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar	- Redução de consumos e perdas em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar

Usos exteriores		
Lavagem de pavimentos		
Medida 26:	Adequação de procedimentos na lavagem de pavimentos	- Alteração dos hábitos dos utilizadores de modo a reduzir a quantidade de água
Medida 27:	Utilização de limpeza a seco de pavimentos	- Substituição de água por métodos de limpeza a seco
Medida 28:	Utilização de água residual tratada na lavagem de pavimentos	- Substituição de água por água residual devidamente tratada
Lavagem de veículos		
Medida 30:	Adequação de procedimentos na lavagem de veículos	- Alteração de hábitos na forma de efetuar lavagens de veículos
Medida 31:	Utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão na lavagem de veículos	- Substituição de dispositivos convencionais por outros que funcionem a pressão
Medida 32:	Recirculação de água nas estações de lavagem de veículos	- Utilização da água reciclada após tratamento adequado

Piscinas, lagos e espelhos de água		
Medida 41:	Adequação de procedimentos em piscinas	- Alteração de comportamentos na lavagem de filtros e perdas por transbordo
Medida 42:	Recirculação da água em piscinas, lagos e espelhos de água	- Recirculação da água usada com um tratamento adequado
Medida 43:	Redução de perdas em piscinas, lagos e espelhos de água	- Realização periódica de ensaios de estanquidade e deteção de fugas
Medida 44:	Redução de perdas por evaporação em piscinas	- Instalação de uma cobertura na piscina quando não em uso
Medida 45:	Utilização de água da chuva em lagos e espelhos de água	- Utilização de água da chuva para suprir necessidades de reposição de água
Campos desportivos e outros espaços verdes de recreio		
Medida 47:	Adequação da gestão da rega, do solo e das espécies plantadas em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Efetuar a rega de acordo com as necessidades da espécie vegetal semeada e com o tipo de solo existente
Medida 48:	Utilização de água da chuva em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Utilização de água da chuva para suprir necessidades de rega
Medida 49:	Utilização de água residual tratada em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Utilização de água residual tratada para suprir necessidades de rega

SETOR URBANO		
N°	Designação da medida	Descrição sumária da medida
Jardins e similares		
Medida 34:	Adequação da gestão da rega em jardins e similares	- Alteração de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega
Medida 35:	Adequação da gestão do solo em jardins e similares	- Alteração das características do terreno para maior e melhor infiltração e armazenamento de água
Medida 36:	Adequação da gestão das espécies plantadas em jardins e similares	- Alteração das espécies plantadas para redução de água da rega
Medida 37:	Substituição ou adaptação de tecnologias em jardins e similares	- Substituição de sistemas de rega por outros de menor consumo
Medida 38:	Utilização de água da chuva em jardins e similares	- Alimentação de sistemas de rega por água da chuva
Medida 39:	Utilização de água residual tratada em jardins e similares	- Alimentação de sistemas de rega por água residual tratada

Anexo B. Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação de escassez hídrica (PNUEA) [16]

Quadro 5 - Medidas aplicáveis em situação de escassez hídrica (seca).

SETOR URBANO		
N°	Designação da medida	Descrição sumária da medida
Medida 02:	Redução de pressão no sistema público de abastecimento	- Controle de pressões no sistema de distribuição pública, mantendo-os dentro dos limites convenientes
Medida 03:	Utilização de sistema tarifário adequado	- Estabelecimento de tarifas e escalões que permitam a aplicação de custos reais
Medida 06:	Redução de pressão no sistema predial de abastecimento	- Controle de pressões no sistema de distribuição predial, mantendo-as dentro dos limites convenientes
Medida 10:	Adequação da utilização de autoclismos	- Alteração de hábitos de uso do autoclismo para descargas mínimas
Medida 14:	Adequação da utilização de chuveiros	- Alteração de hábitos no duche e banho reduzindo o tempo de água corrente
Medida 16:	Adequação da utilização de torneiras	- Alteração de hábitos da população de forma a evitar desperdícios de água
Medida 18:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 20:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 22:	Adequação da utilização de urinóis	- Garantir a regulação do volume em função do número de descargas
Medida 20:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 22:	Adequação da utilização de urinóis	- Garantir a regulação do volume em função do número de descargas
Medida 26:	Adequação de procedimentos na lavagem de pavimentos	- Alteração dos hábitos dos utilizadores de modo a reduzir a quantidade de água
Medida 27:	Utilização de limpeza a seco de pavimentos	- Substituição de água por métodos de limpeza a seco
Medida 29:	Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento na lavagem de pavimentos	- Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo
Medida 30:	Adequação de procedimentos na lavagem de veículos	- Alteração de hábitos na forma de efetuar lavagens de veículos
Medida 33:	Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento na lavagem de veículos	- Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo
Medida 34:	Adequação da gestão da rega em jardins e similares	- Alteração de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega
Medida 40:	Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento em jardins e similares	- Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo
Medida 41:	Adequação de procedimentos em piscinas	- Alteração de comportamentos na lavagem de filtros e perdas por transbordo
Medida 46:	Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento em piscinas, lagos e espelhos de água	- Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo
Medida 47:	Adequação da gestão da rega, do solo e das espécies plantadas em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Efetuar a rega de acordo com as necessidades da espécie vegetal semeada e com o tipo de solo existente
Medida 50:	Limitação ou proibição total de rega de campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes com água potável	- Utilização de água proveniente de outras fontes para lavagens

Anexo C. ITduino Nano 3.0 (Compatível Arduino)



Arduino Nano 3.0

12,90 €

preço com IVA incluído

-7,00 €

~~19,90 €~~

It has everything that Diecimila/Duemilanove has (electrically) with more analog input pins and onboard +5V AREF jumper. Physically, it is missing power jack. The Nano is automatically sense and switch to the higher potential source of power so there is no need for the power jumper. Nano's got the breadboard-ability of the Boarduino and the Mini+USB with smaller footprint than either, so users have more breadspace. It's got a pin layout that works well with the Mini or the Basic Stamp (TX, RX, ATN, GND on one top, power and ground on the other). This new version 3.0 comes with ATMEGA328 which offer more programming and data memory space. It is two layers. That make it easier to hack and more affordable. You end up paying less with Nano than Mini and USB combined!

Anexo D. Sensor de caudal



Sensor caudal de água 3/4"

19,20 €

preço com IVA incluído

Description

Water flow sensor consists of a plastic valve body, a water rotor, and a hall-effect sensor. When water flows through the rotor, rotor rolls. Its speed changes with different rate of flow. The hall-effect sensor outputs the corresponding pulse signal. This one is suitable to detect flow in water dispenser or coffee machine.

We have a comprehensive line of water flow sensors in different diameters. Check them out to find the one that meets your need most.

SPECIFICATIONS

- Mini. Working Voltage: DC 4.5V
- Max. Working Current: 15mA (DC 5V)
- Working Voltage: DC 5V~24V
- Flow Rate Range: 0~60L/min
- Load Capacity: $\leq 10\text{mA}$ (DC 5V)
- Operating Temperature: $\leq 80^\circ\text{C}$
- Liquid Temperature: $\leq 120^\circ\text{C}$
- Operating Humidity: 35% ~ 90%RH
- Water Pressure: $\leq 2.0\text{MPa}$
- Storage Temperature: $-25 \sim + 80^\circ\text{C}$
- Storage Humidity: 25% ~ 95%RH

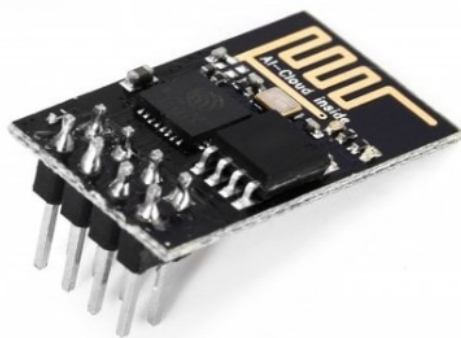
FEATURES

- Compact, Easy to Install
- High Sealing Performance
- High Quality Hall Effect Sensor
- RoHS Compliant

Anexo E. Módulo Serie Wi-Fi ESP8266



**ARDUINO
COMPATIBLE**



Módulo Serie Wifi ESP8266

7,90 €

preço com IVA incluído

-1,00 €

~~8,90 €~~

ESP8266 offers a complete and self-contained Wi-Fi networking solution, allowing it to either host the application or to offload all Wi-Fi networking functions from another application processor.

When ESP8266 hosts the application, and when it is the only application processor in the device, it is able to boot up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications, and to minimize the memory requirements.

Alternately, serving as a Wi-Fi adapter, wireless internet access can be added to any microcontroller-based design with simple connectivity through UART interface or the CPU AHB bridge interface.

ESP8266 on-board processing and storage capabilities allow it to be integrated with the sensors and other application specific devices through its GPIOs with minimal development up-front and minimal loading during runtime. With its high degree of on-chip integration, which includes the antenna switch balun, power management converters, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

Sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

Anexo F. Válvula solenoide



Price: **US \$15.99**
Approximately EUR 13.34

Item specifics

Condition: New: A brand-new, unused, unopened, undamaged item in its original packaging (where packaging is ... [Read more](#))
Media: Water, Low Viscosity Fluids
Voltage: 12-Volt DC (24VDC also available)
Valve Type: 2-Way, Normally Open
Brand: EHCOTECH
MPN: DDT-OS-12VDC

Inlet / Outlet Port Size: 1/2" Parallel Pipe Thread
Valve Body: Nylon
Valve Seal: NBR rubber
Operation Type: Diaphragm Valve
Pressure Range: 3-90 psi

Anexo G. Conversor USB TTL



Conversor FTDI 3.3V/5V

13,95 €

preço com IVA incluído

O pinout é compatível com os cabos de programação originais da Arduino ou clones Arduino que trabalhem a 3,3V. Pode no entanto ser usada para aplicações genéricas como conversor USB série TTL. A maior diferença deste conversor em relação aos demais conversores é que este disponibiliza o sinal DTR em vez do RTS do cabo FTDI.

O pino DTR permite ao Arduino, que irá receber a nova programação, fazer auto-reset logo que termine a descarga do programa. Esta é realmente uma funcionalidade espectacular, pois evita termos que pressionar o botão de reset sempre descarregamos uma nova aplicação para o Arduino. Este conversor fará o reset automático em qualquer placa Arduino que disponibilize o pino de reset no conector de 6 pinos.

Os pinos marcados com BLK e GRN correspondem os fios coloridos do cabo FTDI. O fio preto do cabo FTDI é o GND e o verde é o DTR.

Existem prós e contras entre o cabo FTDI e este conversor FTDI. Este conversor tem LEDs TX e RX que permitem visualizar se existe comunicação ao nível da porta série, no entanto necessitamos de adquirir separadamente um cabo Mini-USB. O cabo FTDI está vulcanizado, logo mais protegido, no entanto é grande demais para ser integrado numa nova aplicação. Este conversor usa o sinal DTR para fazer o auto reset do Arduino após a programação, enquanto que o cabo FTDI usa o sinal RTS.

Anexo H. União redutora roscada fêmea-fêmea de tamanhos 3/4" – 1/2"



União rosca fêmea-fêmea
3/4"-1/2"
Ref.15762614

1,99 €

Características

União da ponteira de saída	> Fêmea / fêmea
Tipo de produto	> Para apertar
Número de peças	> 1

Anexo I. Casquilho de inox fêmea de tamanhos 3/4" e 18mm de diâmetro



Casquilho fêmea inox
SB D18MM 3/4"

Ref. 12297824

€
2,89

Características

Material principal	> Latão niquelado
Material da conexão	> Latão
Tipo de produto	> Bicónico

Anexo J. Casquilho de inox fêmea de tamanhos 1/2" e 18mm de diâmetro



Casquilho fêmea inox
SB D18MM / 1/2"
Ref.12297600

1,99 €

Características

Material principal	> Latão niquelado
Material da conexão	> Latão
Tipo de produto	> Bicónico

Anexo K. Código fonte do programa da Caixa B.

```
//Declaração das variáveis inerentes aos
Caudalímetros

float flow_frequency;
float instantflow;
unsigned char flowsensor = 2
unsigned long currentTime;
unsigned long cloopTime;
int flag=0, flag2=0;
float totalValue=0;
int tempo=0;
float data[2];

//Declaração das variáveis inerentes à
válvula

const int buttonPin = 2;
int buttonState = 0 ;
const int ledPin = 10;

//Funções de interrupção para cada
Caudalímetro

void flow (){
    flow_frequency++;
}

void setup(void){
    Serial.begin(9600);
    pinMode (flowsensor, INPUT);
    digitalWrite (flowsensor, HIGH);
    attachInterrupt (0, flow, CHANGE); // Setup
Pin Interrupção
    sei(); // possibilitar interrupções
    currentTime = millis();
    cloopTime = currentTime;
    pinMode(10, OUTPUT);
}

void loop (){

    if(Serial.available() > 0)
    {
        buttonState=Serial.read();
        if (buttonState == 1) {
```

```

        digitalWrite(10, HIGH);
    }
    else if(buttonState==0){
        digitalWrite(10, LOW);
    }
}
currentTime = millis();
if(currentTime >= (cloopTime + 1000)){
    cloopTime = currentTime;
    instantflow = (flow_frequency / 450);
    flow_frequency = 0;
    if (instantflow > 0){
        totalValue=totalValue+instantflow;
        data[0]=totalValue;
        flag2=1;
        tempo++;
        data[1]=tempo;
    }
    else if(instantflow==0){flag=1;}

    if(flag==1 && flag2==1){
        if(tempo>0){
            Serial.println("Exterior");
            Serial.println(totalValue,2);
            Serial.println(tempo);
            flag2=0;
            flag=0;
            totalValue=0;
            tempo=0;
        }
    }
}
}
}

```