



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

## **Gestão eficiente de recursos hídricos em edifícios de habitação**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na  
Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

## **Efficient management of water resources in residential buildings**

**Autor**

**Brandon Cunha Luz**

**Orientador**

**Gonçalo Jorge Vieira Nunes Brites**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar</b> <b>Professor da Universidade de Coimbra</b>
<b>Vogais</b>	<b>Professor Doutor Avelino Virgílio Fernandes Monteiro de Oliveira</b> <b>Professor do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra</b>
<b>Orientador</b>	<b>Professor Doutor Gonçalo Jorge Vieira Nunes Brites</b> <b>Professor da Universidade de Coimbra</b>

**Coimbra, setembro, 2018**

Yeah I'm a lucky man  
To count on both hands  
The ones I love  
Some folks just have one  
Yeah others they got none  
Stay with me  
Let's just breathe

Eddie Vedder (Pearl Jam), em Just Breathe, 2009.

## **Agradecimentos**

A dissertação que aqui se apresenta marca o término de um percurso académico, apenas possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Ao meu orientador, Professor Gonçalo Brites, pelo acompanhamento, desafio, sugestões e apoio precioso no decorrer deste trabalho. A sua disponibilidade e cooperação merecem a minha admiração.

Aos meus pais, dedico todo o meu sucesso académico. Sem o vosso sacrifício e apoio, nada disto seria possível.

À minha irmã, uma mulher lutadora, que vejo como exemplo a seguir. Obrigado por todos os conselhos e palavras de motivação.

À Carolina, por todas as razões, mas em especial pela sua companhia, incentivo e carinho.

Aos meus colegas e amigos, que percorreram este longo caminho ao meu lado, pelas palavras e gestos de amizade, pela confiança e por todos os momentos partilhados.

## Resumo

A água é um recurso indispensável a todos os seres vivos em geral, e a sua gestão adequada assume cada vez mais importância, principalmente devido ao crescimento populacional e melhoria das condições de vida. Agravada pelas alterações climáticas e pelo aumento da procura por este recurso, a escassez de água potável é não só considerada um dos principais desafios do século XXI, como o mais grave e urgente dos problemas ambientais.

Uma vez que o setor doméstico apresenta um grande potencial de redução dos consumos, é necessária a implementação de medidas capazes de melhorar a eficiência hídrica em edifícios de habitação, e desta forma, contribuir para a preservação dos recursos hídricos.

No presente trabalho pretende-se verificar a poupança de água obtida ao final de um ano através da aplicação de uma série de medidas (aplicação de equipamentos mais eficientes, recirculação de água nas tubagens e aproveitamento de água da chuva e águas cinzentas), aplicáveis a um edifício unifamiliar com 4 habitantes, em fase de projeto. Os consumos de água na habitação foram estimados a partir de dados reais de consumo dos futuros ocupantes da casa, obtidos através da instalação de sensores de caudal nas torneiras e equipamentos consumidores de água, sendo os mesmos posteriormente trabalhados de acordo com as medidas identificadas. A partir do estudo realizado, obteve-se, através da implementação das medidas, uma poupança de aproximadamente 59%, equivalente a 205316 litros de água potável por ano. O consumo de água potável da rede para os serviços de descarga de autoclismo, lavagem de pavimentos e lavagem de veículos foram completamente anulados, sendo que o serviço de máquina de lavar roupa ficou assegurado em 99,4%. Na cozinha, a utilização da máquina de lavar loiça mostrou ser vantajosa em comparação com a lavagem da mesma à mão, com uma redução do consumo de água de 19,7 L/(habitante.dia). Verificou-se também um aproveitamento de 12,64 litros de água por cada utilização do banho e uma redução de aproximadamente 84% do consumo de água para rega de jardim.

**Palavras-chave:** Água, Poupança de água, Consumos de água, Medidas de poupança de água, Edifícios de habitação.

## Abstract

Water is an indispensable resource for all living species in general, and its proper management is increasingly important, especially due to the growing population and the life style improvements. Worsened by climate change and the increasing demand for water, shortages of drinking water are not only considered one of the major challenges of the 21st century, but also the most serious and urgent of the environmental problems.

Since the domestic sector has a great potential to reduce consumption, it is necessary to implement measures capable of improving water efficiency in residential buildings, and thus contribute to the preservation of the water resources.

In the present work it is intended to assess the savings of water obtained at the end of one year through the application of a series of measures (application of more efficient equipment, recirculation of water in the pipes and use of rainwater and greywater), applicable to a single-family with 4 inhabitants, in the design phase. From the installation of flow sensors, real consumption data of the future occupants of the residential building were obtained, and the latter were subsequently worked according to the measures identified. The results show water savings up to 59%, the equivalent to 205316 liters per year, through the implementation of the measures. The consumption of drinking water for flushing, floor washing and vehicle washing services was completely annulled, and the washing machine service was guaranteed by 99.4%. In the kitchen, the use of the dishwasher showed to be advantageous compared to washing it by hand, with a water consumption reduction of 19.7 L/(inhabitant.day). There was also obtained the result of 12.64 liters of water savings, for each use of the bath, and a reduction of approximately 84% of the water consumption for garden watering.

**Keywords:** Water, Water savings, Water consumption, Water saving measures, Residential buildings.

---

## Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Estado da arte.....	10
2.1.	Caracterização dos consumos de recursos hídricos .....	10
2.2.	Eficiência hídrica .....	12
2.3.	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água .....	13
2.4.	Modelos de certificação e rotulagem .....	16
2.4.1.	Waterwise .....	16
2.4.2.	WELS (Water Efficiency Labelling and Standards) .....	16
2.4.3.	WaterSense .....	19
2.4.4.	ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais)...	20
2.5.	Medidas de poupança de água .....	22
2.5.1.	Aproveitamento de água da chuva.....	22
2.5.2.	Aproveitamento de águas cinzentas .....	28
2.5.3.	Recirculação de água nas tubagens .....	30
2.5.4.	Utilização de equipamentos mais eficientes.....	32
2.6.	Aplicabilidade das medidas .....	32
3.	Metodologia.....	34
3.1.	Obtenção dos dados .....	34
3.2.	Análise do projeto do edifício de habitação unifamiliar.....	34
3.3.	Tratamento dos dados recolhidos .....	35
3.4.	Utilização de equipamentos/dispositivos mais eficientes;.....	36
3.5.	Recirculação de água nas tubagens;.....	36
3.6.	Aproveitamento de água da chuva;.....	36
3.7.	Aproveitamento de águas cinzentas;.....	38
4.	Resultados.....	39
4.1.	Avaliação de consumos reais e análise a equipamentos mais eficientes .....	39
4.1.1.	Casa de banho .....	39
4.1.2.	Usos exteriores .....	41
4.1.3.	Cozinha.....	44
4.1.4.	Máquina de lavar roupa .....	45
4.1.5.	Repartição dos consumos de água .....	46
4.2.	Recirculação de água nas tubagens.....	47
4.3.	Aproveitamento de água da chuva.....	48
4.4.	Aproveitamento de águas cinzentas.....	51
4.5.	Poupança obtida através da aplicação das medidas .....	52
5.	Conclusões.....	54
5.1.	Considerações finais .....	54
5.2.	Trabalhos futuros .....	54
	Referências Bibliográficas.....	56

---

Anexo 1 (Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação hídrica normal).....	I
Anexo 2 (Equipamentos mais eficientes) .....	IV
Anexo 3 (Projeto do edifício de habitação unifamiliar) .....	VI
Apêndice 1 (Calibração dos sensores).....	IX
Apêndice 2 (Instalação dos sensores).....	XXIX
Apêndice 3 (Jardins dos edifícios de habitação 1 e 2).....	XXXII

## Índice de Figuras

Figura 1 - Procura por recursos hídricos em 2000 e 2050 (WWDR, 2015).....	1
Figura 2 - Evolução da população mundial, em milhares de milhões (United Nations: World Population Prospects 2017).....	2
Figura 3 - Previsão das alterações na temperatura e precipitação em Portugal, em 2100 (Santos <i>et al.</i> , (2002)).....	2
Figura 4 - Bacias hidrográficas luso-espanholas (Sanches, 2012). ....	3
Figura 5 - Barragem de Fagilde em outubro de 2017 (Pontos de Vista, 2017). ....	4
Figura 6 – Índice de seca (PDSI – Palmer Drought Severity Index) em Portugal Continental, fevereiro 2018 (Mendonça <i>et al.</i> , 2018). ....	5
Figura 7 - Total de recursos hídricos per capita, em m <sup>3</sup> (WWDR, 2015). ....	6
Figura 8 - Consumo médio de água potável per capita (l/(hab.dia)) no sector doméstico nos Países da União Europeia (adaptado de EUROSTAT, 2007). ....	6
Figura 9 - Evolução da percentagem de água segura em Portugal (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).....	7
Figura 10 - Distribuição geográfica da água segura por concelho, em 2016 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018). ....	8
Figura 11 - Ciclo urbano da água (Águas de Portugal, 2015). ....	9
Figura 12 - Relação Água-Energia (PNUEA,2012). ....	9
Figura 13 - Distribuição do consumo em volume (arco interior) e em valor económico (arco exterior) (adaptado de Almeida <i>et al.</i> , 2006). ....	10
Figura 14 - Distribuição dos consumos no setor urbano, incluindo perdas (adaptado de Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	11
Figura 15 - Distribuição média do consumo doméstico pelos diferentes usos (adaptado de Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	11
Figura 16 - Distribuição média do consumo doméstico pelos diferentes usos (adaptado de Marques <i>et al.</i> ,2014).....	11
Figura 17 – Ineficiência/Desperdício nacional no uso da água por setor (PNUEA, 2012). 13	
Figura 18 - Número de medidas por setor (PNUEA, 2012). ....	15
Figura 19 - Exemplo de etiqueta de classificação WELS (WELS, 2005).....	17
Figura 20 – Exemplo de taxa de consumo de água numa etiqueta WELS para autoclismos (Australian Government, 2017).....	18
Figura 21 - Exemplo de taxa de consumo de água numa etiqueta WELS para chuveiros ou torneiras (Australian Government, 2017).....	18
Figura 22 – Exemplo de parte inferior em etiquetas WELS para autoclismos, chuveiros ou torneiras (Australian Government, 2017).....	19



Figura 23 – Exemplo de parte inferior em etiquetas WELS para máquinas de lavar (Australian Government, 2017).....	19
Figura 24 - Rótulo WaterSense (WaterSense a), 2012).....	20
Figura 25 - Descrição do rótulo ANQIP (ANQIP a), 2017).....	21
Figura 26 - Rótulos de eficiência hídrica ANQIP (ANQIP c), 2015). ....	21
Figura 27 - Fortaleza dos Templários, Tomar, Portugal (Tomaz, 2009).....	23
Figura 28 - Filtro para água da chuva (3P Technik Filtersysteme GmbH, 2017). ....	23
Figura 29 - Esquema de funcionamento do sistema <i>first-flush</i> (G-Store, 2018). ....	24
Figura 30 - Exemplo de equipamento de bombagem de água da chuva (WISY, 2018). ....	24
Figura 31 - Sistema de aproveitamento de água da chuva com reservatório debaixo do solo (Neves <i>et al</i> , 2006). ....	25
Figura 32 - Sistema de aproveitamento de água da chuva com reservatório no sótão (Neves <i>et al</i> , 2006).....	25
Figura 33 - Custos do reservatório para diferentes materiais (Neves <i>et al</i> , 2006). ....	26
Figura 34 - Sistema de reutilização de águas cinzentas ECOPLAY (Tectonica-online products).....	29
Figura 35 - Sistema de reutilização de águas cinzentas ECODEPUR® BIOX ((Ecodepur b), 2017). ....	30
Figura 36 - Esquema representativo de um sistema de reutilização de águas cinzentas a nível central (Neves <i>et al.</i> , 2009). ....	30
Figura 37 - Esquema representativo e simplificado do sistema de recirculação de água nas tubagens.....	31
Figura 38 - Representação gráfica da variação horária dos consumos no autoclismo. ....	39
Figura 39 - Relação entre o número de descargas realizadas e o volume descarregado. ....	40
Figura 44 - Agulheta (Helitene, 2018).....	43
Figura 45 - Resultados obtidos na lavagem do veículo. ....	44
Figura 48 - Resultados obtidos a partir da experiência para a recirculação de água nas tubagens.....	47
Figura 52 - Ilustração da satisfação dos consumos segundo a capacidade do reservatório para efeitos de dimensionamento. ....	49
Figura 44 - Variação do volume de água precipitada, recolhida e consumos ocorridos, ao longo do ano. ....	51
Figura 45 - Simulação obtida sem restrições no volume do sistema de aproveitamento de águas cinzentas. ....	51
Figura 46 - Simulação obtida com restrição no volume do sistema de aproveitamento de águas cinzentas. ....	52

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificação WELS para torneiras (WELS, 2005). .....	17
Tabela 2 - Classificação WELS para chuveiros (WELS, 2005).....	17
Tabela 3 - Frequência de manutenção das componentes de um sistema de aproveitamento de água da chuva (ETA 0701).....	26
Tabela 4 - Dimensões sistema ECOPLAY (Tectonica-online products). .....	38
Tabela 5 - Dados estatísticos calculados para o autoclismo.....	39
Tabela 6 - Resultados obtidos para o banho do Ocupante A (Homem). .....	40
Tabela 7 - Resultados obtidos para o banho do Ocupante B (Mulher).....	41
Tabela 8 - Resultados obtidos relativamente aos consumos no lavatório da casa de banho. ....	41
Tabela 9 - Número de regas realizadas por ano.....	42
Tabela 10 - Resultados obtidos para o lava loiça da cozinha. ....	44
Tabela 11 - Resultados obtidos para a utilização da máquina de lavar roupa. ....	46
Tabela 12 - Repartição dos consumos para o edifício de habitação em estudo.....	46
Tabela 13 - Características da tubagem do local de realização da experiência. ....	47
Tabela 14 - Satisfação dos consumos, em percentagem, segundo o volume do reservatório de armazenamento (1). ....	49
Tabela 15 - Satisfação dos consumos, em percentagem, segundo o volume do reservatório de armazenamento (2). ....	49
Tabela 16 - Resultados obtidos para um reservatório de armazenamento de 10000 litros. 50	
Tabela 17 - Repartição dos consumos de água potável (L), com aplicação de medidas de poupança.....	53

## Siglas

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

AUD – Australian Dollar

EPA – Environmental Protection Agency

ETA – Especificação Técnica ANQIP

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA – Estados Unidos da América

FABAA – Federação das Associações de Agricultores do Baixo Alentejo

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

PDSI – Palmer Drought Severity Index

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

SIAM – Scenarios, Impacts and Adaptation Measures

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

USD – United States Dollar

WELS – Water Efficiency Labelling and Standards

WWDR – World Water Development Report

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez de água potável, recurso indispensável para a existência de vida na Terra, é considerada um dos principais desafios do século XXI. Embora uma larga percentagem da superfície terrestre seja coberta por água, cerca de 97,5% da mesma é água salgada. Para além disto, dos restantes 2,5% (água doce), 68,9% encontra-se sob a forma de gelo em calotes polares, regiões montanhosas e locais inacessíveis, e 29,9% é água subterrânea. Da restante percentagem sabe-se que parte está na biomassa e na atmosfera em forma de vapor, resultando que apenas 0.266% está diretamente acessível ao Homem (lagos, rios e reservatórios)(Alves, 2010).

*“De todos os problemas ambientais, a escassez quantitativa e qualitativa da água “potável” parece ser, incomparavelmente, o mais grave e urgente”* (Paraíso, 2013).

Prevê-se que a procura por este recurso continue a crescer no futuro, e a menos que seja atingido um equilíbrio entre a disponibilidade deste recurso e a sua procura, o mundo irá viver um grave problema de escassez de água. Esta procura é influenciada por diversos fatores, dos quais se destacam o crescimento populacional e o aumento dos consumos. Em 2050 prevê-se que a procura por água, no mundo, sofra um aumento de 55%, devido às crescentes necessidades nos setores de fabrico, produção de energia elétrica e consumos domésticos (Figura 1) (WWDR, 2015).

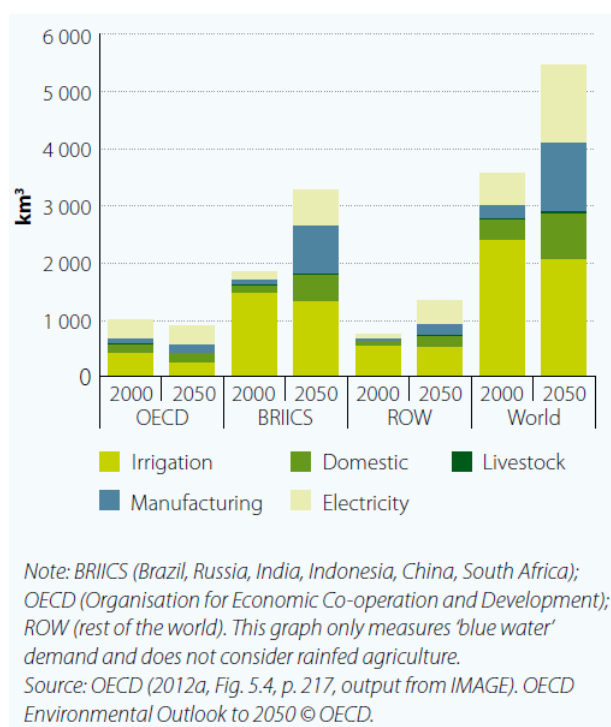


Figura 1 - Procura por recursos hídricos em 2000 e 2050 (WWDR, 2015).

Nos últimos anos têm vindo a ser debatidas diversas questões relativamente à exploração dos recursos e ao possível esgotamento dos mesmos face ao crescimento demográfico que se tem vindo a registar (Figura 2). Segundo a noção de desenvolvimento sustentável, devem ser satisfeitas as necessidades da geração atual, sem, no entanto, comprometer as gerações futuras de satisfazerem as suas. Neste sentido, sendo a água um recurso imprescindível para a satisfação das diversas necessidades da sociedade (energia, transportes, edifícios, agricultura e indústria), torna-se evidente que uma adequada gestão dos recursos hídricos assume grande relevância, de modo a não comprometer o futuro de próximas gerações.

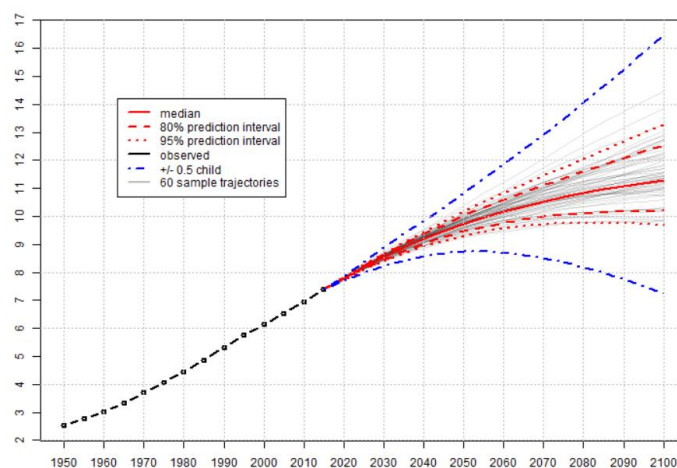


Figura 2 - Evolução da população mundial, em milhares de milhões (United Nations: World Population Prospects 2017).

As alterações climáticas, dado que interferem com o ciclo da água (evaporação, precipitação, escoamento), são associadas à crescente escassez deste recurso. Tendo já sido realizados alguns estudos abrangentes sobre a evolução do clima em Portugal no século XX, como por exemplo o SIAM e o SIAM II (Scenarios, Impacts and Adaptation Measures), foi possível, através dos mesmos, inferir algumas tendências nas quais se destacam o aumento da temperatura média anual, e variações em aspetos relacionados com o ciclo da água, como são os casos da nebulosidade, insolação e humidade relativa, prevendo-se reduções de precipitação no futuro (Figura 3).

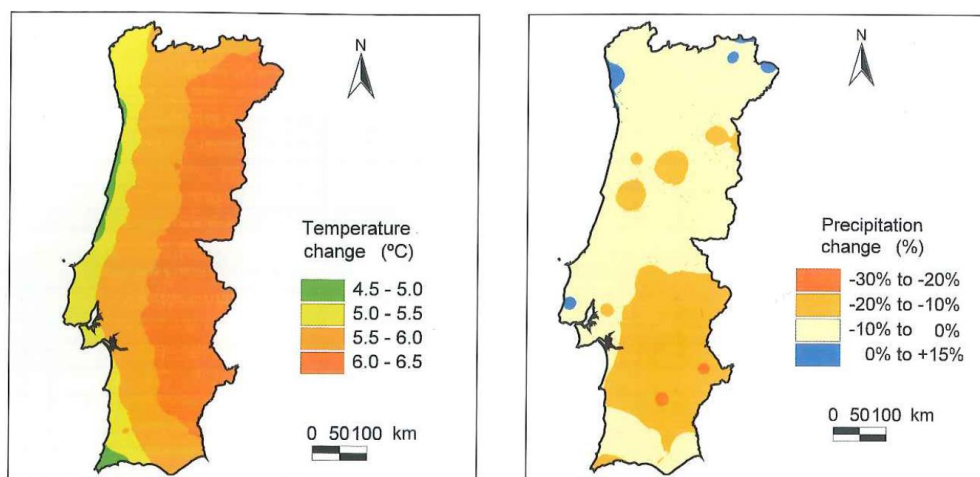


Figura 3 - Previsão das alterações na temperatura e precipitação em Portugal, em 2100 (Santos *et al.*, (2002)).

No caso da temperatura, para além do aumento da temperatura média, observou-se uma subida mais acentuada da temperatura mínima, comparativamente à temperatura máxima, o que resulta numa redução da amplitude térmica verificada no país.

De acordo com os projetos SIAM e SIAM II, o aumento na assimetria espacial e temporal das distribuições de recursos hídricos pode ter consequências dramáticas, pelo que não devem ser ignorados os impactos das alterações climáticas no planeamento e gestão destes mesmos recursos. Consequência da redução de recarga e do aumento da evapotranspiração, prevê-se um rebaixamento do nível freático e redução no escoamento de cursos de água, resultando por sua vez na degradação da qualidade da água e dos ecossistemas fluviais.

Dado que Portugal e Espanha partilham grandes bacias hidrográficas (Figura 4), o regime hidrológico nacional é também dependente das condições climáticas verificadas em Espanha (estão previstas alterações na temperatura e precipitação semelhantes às de Portugal). A redução do escoamento irá, portanto, verificar-se em ambos os lados da fronteira, mas a diminuição será mais acentuada em Portugal [(Santos *et al.*, (2002)) (Santos *et al.*, (2006))].



Figura 4 - Bacias hidrográficas luso-espanholas (Sanches, 2012).

Nos últimos anos, Portugal tem vindo a sentir alguns dos efeitos provocados pelas alterações climáticas, tendo-se vindo a verificar um aumento na frequência e severidade dos períodos de seca (Pires *et al.*, 2010).

Em 2017 o distrito de Viseu foi um dos mais afetados, uma vez que as populações aí residentes se viram obrigadas a enfrentar os incêndios que assolaram a região, seguidos de um período de seca severa. No combate a incêndios foram gastos mais de um milhão de metros cúbicos de água, o que fez com que o nível de água da barragem de Fagilde baixasse (Figura 5), chegando a colocar em causa o fornecimento de água às populações abastecidas pela mesma (RTP, 2017). Nesse sentido, uma das medidas aplicadas de modo a combater a escassez de água na cidade de Viseu foi o transporte de água da barragem da Agueira para a barragem de Fagilde através de camiões cisterna, o que resultou em elevados gastos por parte da autarquia (Lusa, 2017).



Figura 5 - Barragem de Fagilde em outubro de 2017 (Pontos de Vista, 2017).

Um outro caso vivido no mesmo período aconteceu no Alentejo, onde segundo o IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), citado por Roberto Dores em Diário de Notícias, de modo a atingir uma capacidade de armazenamento satisfatória, seria necessário que ocorresse precipitação duas vezes superior ao ocorrido num ano normal (Dores, R., 2018). Neste caso, embora o abastecimento para consumo doméstico não tenha sido colocado em causa, o setor agrícola viu-se obrigado a procurar alternativas capazes de enfrentar esta situação, chegando mesmo a ser sugerida a produção de diferentes culturas com menores necessidades de água. Em declarações ao Diário de Notícias, a FAABA (Federação das Associações de Agricultores do Baixo Alentejo) indica que, para além dos prejuízos causados aos agricultores, os danos causados pela seca na agricultura da região são irreparáveis (DN/Lusa, 2018).

A Figura 6 ilustra a situação vivida no início do ano de 2018 em Portugal continental, que no momento atravessava um período de seca.

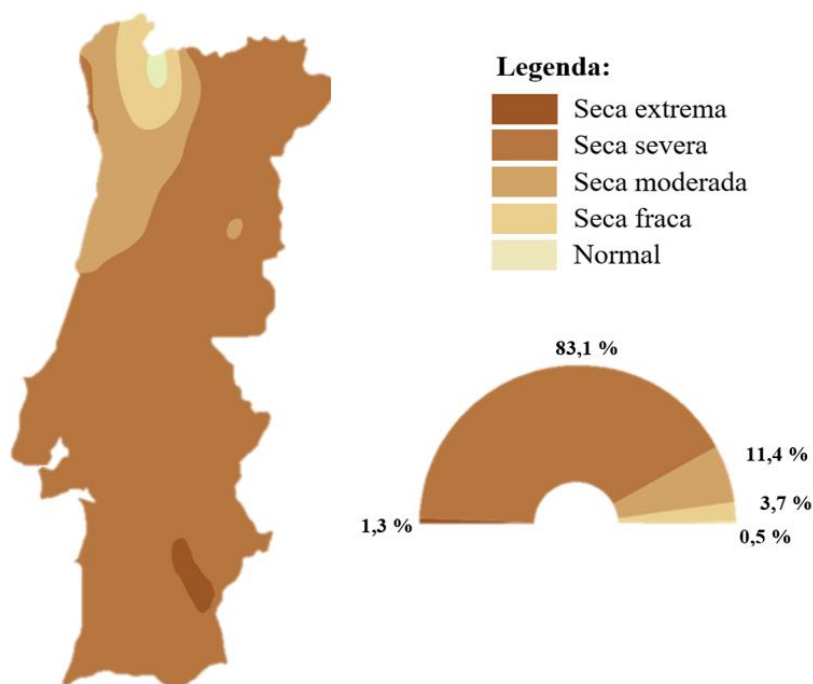


Figura 6 – Índice de seca (PDSI – Palmer Drought Severity Index) em Portugal Continental, fevereiro 2018 (Mendonça *et al.*, 2018).

No entanto, em diferentes partes do mundo, as realidades vividas relativamente aos recursos hídricos são diferentes. A distribuição e disponibilidade de recursos de água doce, através de precipitação e escoamento, podem ser erráticas, com diferentes países a receberem diferentes quantidades de água em qualquer ano. Pode haver uma variabilidade considerável entre climas áridos e húmidos e sobre estações secas e húmidas. No entanto, as médias anuais compostas mostram variações significativas na disponibilidade de água per capita entre os países.

Nesse sentido, a Figura 7 ilustra o total de recursos hídricos *per capita* no mundo, permitindo perceber quais os países em que se verifica maior escassez deste recurso. Percebe-se então que alguns dos países mais afetados são Arábia Saudita, Argélia, Líbia e Tunísia enquanto que Canadá, Chile, Peru e Noruega são alguns dos países com maior disponibilidade de recursos hídricos. No que diz respeito ao continente europeu, existem alguns países em situação vulnerável (Espanha, Alemanha e Reino Unido) e até mesmo sob stress hídrico (Polónia, Dinamarca e República Checa). Portugal encontra-se, segundo a escala adotada, imediatamente a seguir à situação de vulnerabilidade.



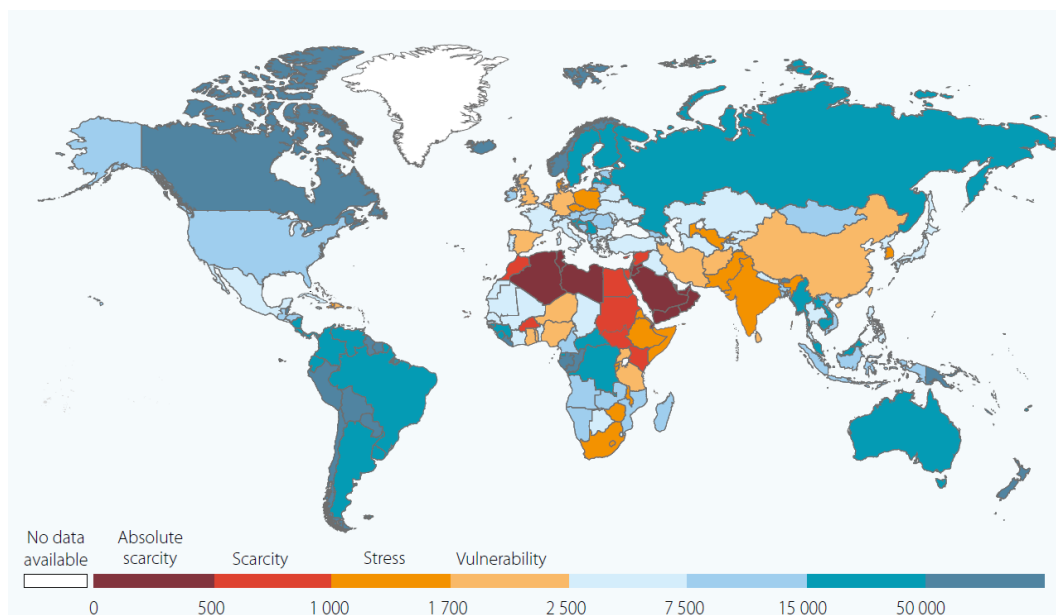


Figura 7 - Total de recursos hídricos per capita, em m<sup>3</sup> (WWDR, 2015).

No que diz respeito aos consumos domésticos, Portugal encontra-se entre os países mais consumidores de água a nível europeu, como se pode verificar a partir da consulta da Figura 8.

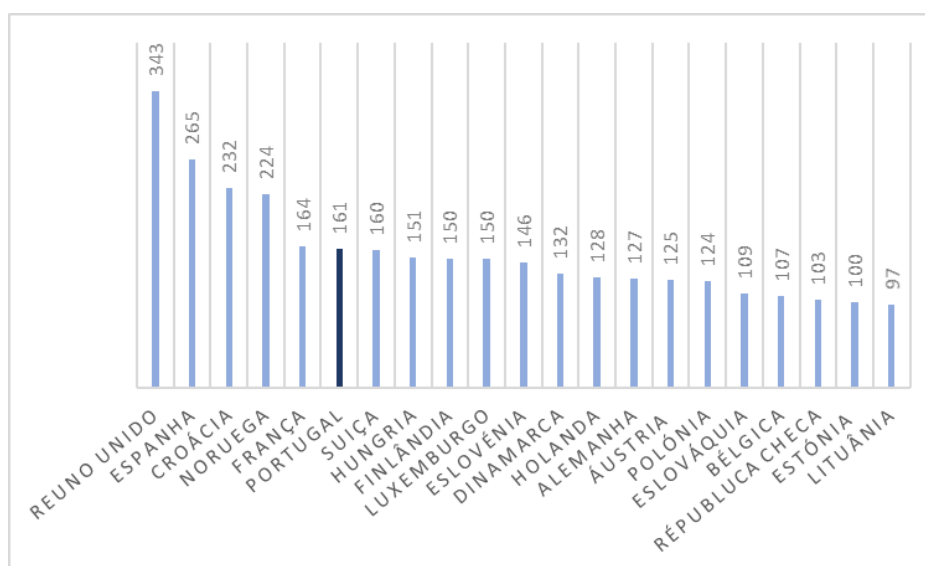


Figura 8 - Consumo médio de água potável per capita (L/(hab.dia)) no sector doméstico nos Países da União Europeia (adaptado de EUROSTAT, 2007).

Procedendo ao cálculo da média dos países analisados (média europeia), obtém-se o valor de aproximadamente 157 L/(hab.dia), pelo que se conclui que os consumos em Portugal (161 L/(hab.dia)) são superiores à média europeia.

Neste sentido torna-se pertinente a procura por soluções capazes de reduzir os consumos deste recurso aumentando a eficiência da sua utilização, embora o comportamento e modo de vida do consumidor assumam um papel muito relevante. Tal é possível demonstrar verificando que a quantidade de água utilizada por cada habitante na Cidade do Cabo, por

dia, (incluindo todas as atividades do setor doméstico) é a mesma que um habitante em Portugal utiliza num duche de 5 minutos (50 litros) (Mendonça *et al.*, 2018).

De modo a estabelecer um quadro de ação comunitária no domínio da política da água, foi criada a Diretiva-Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia), o principal instrumento da Política da União Europeia relativa à água. Esta foi posteriormente transposta para a ordem jurídica nacional, a 29 de dezembro de 2005, pela Lei da água (Lei n.º 58/2005), estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas (Lei n.º 58/2005) (Diretiva 2000/60/CE).

A lei da água pretende servir de instrumento de modo a (Lei n.º 58/2005):

- Evitar a degradação e proteger/melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e dependentes dos mesmos, no que respeita às suas necessidades de água;
- Promover uma utilização sustentável de água, baseada numa proteção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;
- Obter uma proteção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático;
- Assegurar a redução gradual, e evitar o agravamento, da poluição das águas subterrâneas;
- Mitigar os efeitos das inundações e das secas;
- Assegurar o fornecimento em quantidade suficiente de água de origem superficial e subterrânea de boa qualidade, conforme necessário para uma utilização sustentável, equilibrada e equitativa;
- Proteger as águas marinhas, incluindo as territoriais;
- Assegurar o cumprimento dos objetivos dos acordos internacionais pertinentes, incluindo os que se destinam à prevenção e eliminação da poluição no ambiente marinho.

Para além da quantidade de água disponível, um importante fator a ter em conta é a qualidade da mesma. Em Portugal, a qualidade da água para consumo humano tem vindo a melhorar, tendo sido alcançado o valor de 98,69% de água segura na torneira do consumidor (indicador de água controlada e de boa qualidade) em 2016. Tal é possível observar na Figura 9:

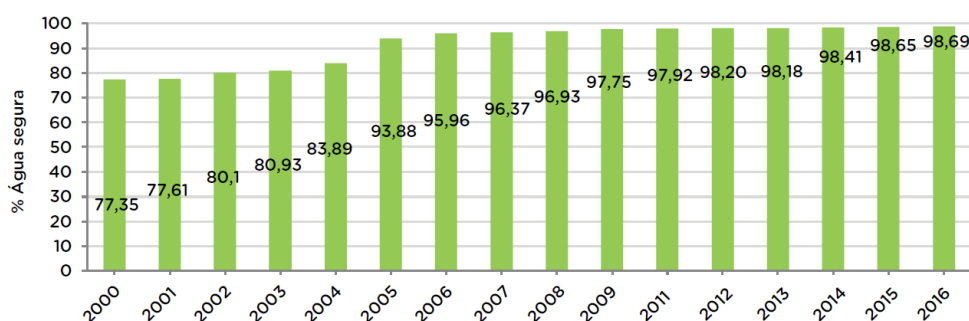


Figura 9 - Evolução da percentagem de água segura em Portugal (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

No que diz respeito a metas a atingir, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020 (PEAASAR 2020), estabelece o valor de 99% de água segura, para 2020 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

Segundo o Relatório do Estado do Ambiente, as maiores causas de incumprimentos ocorridos na torneira do consumidor, em 2016, deveram-se em 50% a problemas de qualidade de água na origem e em 20% a falhas associadas ao tratamento de água.

De forma a perceber como esta percentagem de água segura se distribui geograficamente por Portugal, é apresentada a seguinte figura (Figura 10):

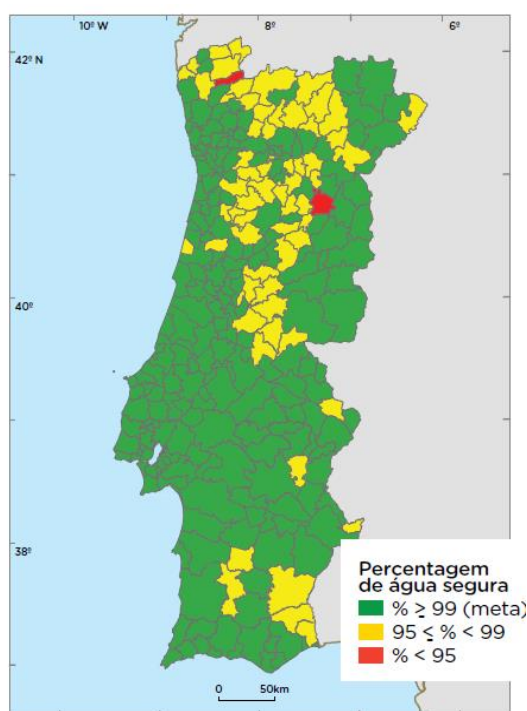


Figura 10 - Distribuição geográfica da água segura por concelho, em 2016 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

A partir da Figura 10, verifica-se que a maioria dos concelhos registam uma percentagem de água segura superior a 99%, existindo apenas dois concelhos a registar uma percentagem de água segura inferior a 95%, sendo estes Ponte da Barca e Trancoso com 94,42% e 90,46%, respetivamente.

Um outro fator a ter em conta é a energia, dado que existe uma relação indissociável entre água e a mesma. Segundo o WWDR (2014) a água doce e a energia são recursos fundamentais para o bem-estar e desenvolvimento socioeconómico da sociedade. A procura por água doce e energia irá continuar a aumentar significativamente nas próximas décadas, isto para satisfazer as necessidades das crescentes populações, economias em crescimento, mudança de estilos de vida e evolução dos consumos. Tal irá fazer com que as pressões sobre recursos naturais e ecossistemas limitados aumente significativamente (WWDR, 2014).

A relação existente entre estes dois recursos percebe-se a partir do facto que a água é necessária para a produção de energia, sendo que esta, por sua vez, é indispensável no ciclo urbano da água (Figura 11). (Teixeira, 2015)



Figura 11 - Ciclo urbano da água (Águas de Portugal, 2015).

Como é possível verificar a partir da Figura 11, o ciclo urbano da água compreende todo o percurso da água em meio urbano desde a captação, tratamento e distribuição, bem como a recolha e tratamento após esta ser utilizada.

A figura seguinte (Figura 12), retirada do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) ilustra, como referido anteriormente, a relação entre água e energia.

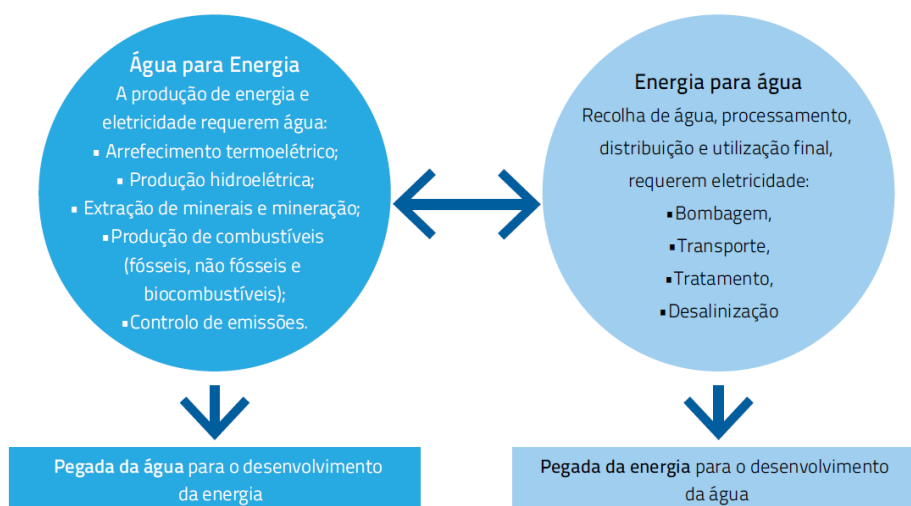


Figura 12 - Relação Água-Energia (PNUEA,2012).

Desta forma percebe-se que a minimização dos consumos de água irá resultar numa consequente redução dos consumos de energia, o que mais uma vez demonstra o efeito positivo que a aplicação de medidas de poupança de água pode ter.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1. Caracterização dos consumos de recursos hídricos

Com o objetivo de analisar a gestão dos recursos hídricos em edifícios de habitação, em Portugal, é conveniente, em primeiro lugar, caracterizar os consumos totais por setor.

O consumo da água encontra-se repartido por três diferentes setores (Agrícola, Urbano e Industrial), sendo o setor agrícola aquele cujo consumo é superior em termos de volume (Figura 13, arco interior). No entanto, quando se tem em conta o valor económico (custo efetivo médio da água tendo em conta o seu ciclo urbano, Figura 11), o setor urbano torna-se o mais relevante (Figura 13, arco exterior) (Almeida *et al.*, 2006).

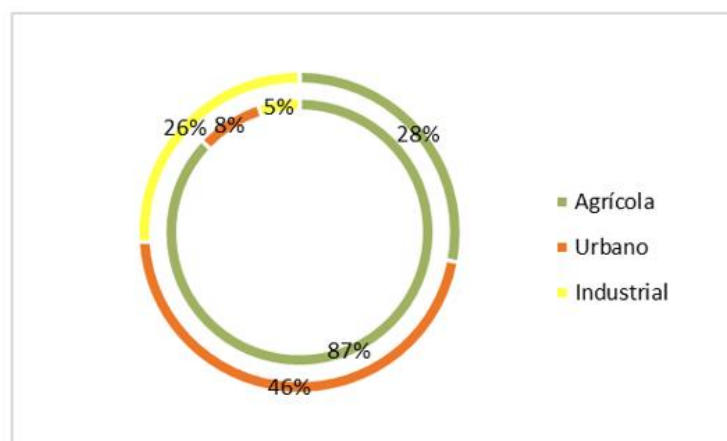


Figura 13 - Distribuição do consumo em volume (arco interior) e em valor económico (arco exterior) (adaptado de Almeida *et al.*, 2006).

Por sua vez, o setor urbano compreende ainda diferentes consumos. A partir da Figura 14 podemos observar que a maior percentagem dos consumos no setor urbano pertence aos consumos domésticos (45%), seguidos de uma elevada percentagem de perdas (40%), que deverão ocorrer ao longo de todo o ciclo urbano. Os consumos domésticos, que incluem todos os consumos relacionados com um edifício de habitação, devido à elevada percentagem que ocupam, apresentam, portanto, um potencial de redução significativo. (Almeida *et al.*, 2006)

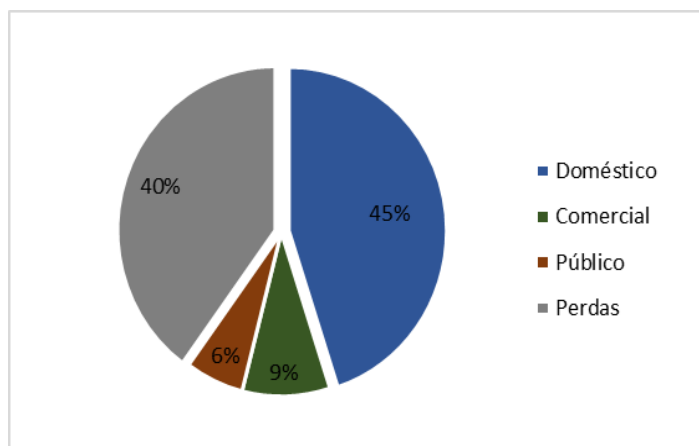


Figura 14 - Distribuição dos consumos no setor urbano, incluindo perdas (adaptado de Almeida *et al.*, 2006).

No entanto os consumos domésticos podem ainda distribuir-se por diferentes usos, sendo que os respetivos consumos podem tomar diferentes valores dependendo da fonte bibliográfica. Tal é possível verificar a partir das Figuras 15 e 16 onde é apresentada a distribuição média do consumo doméstico em Portugal, segundo Almeida *et al* (2006) e Marques *et al* (2014).

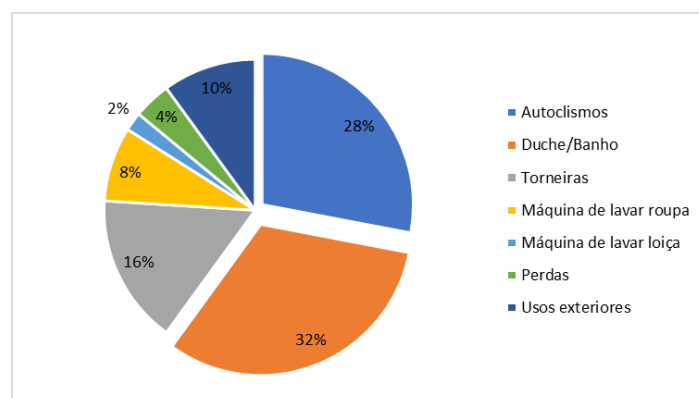


Figura 15 - Distribuição média do consumo doméstico pelos diferentes usos (adaptado de Almeida *et al.*, 2006).

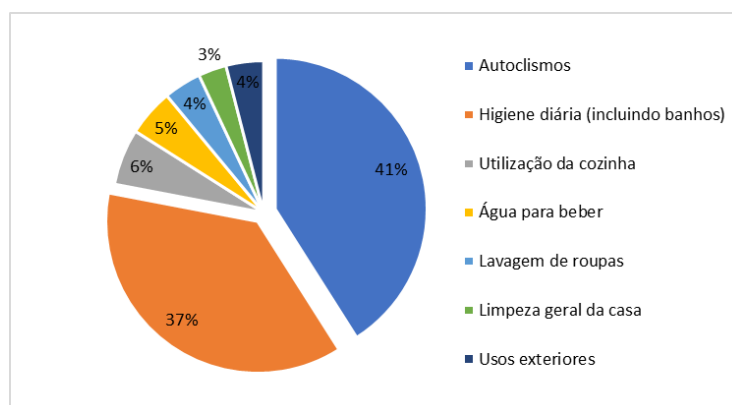


Figura 16 - Distribuição média do consumo doméstico pelos diferentes usos (adaptado de Marques *et al.*, 2014).

Embora a distribuição dos consumos difira segundo os diferentes autores apresentados, é possível perceber que a grande parte dos consumos se devem ao uso de autoclismos e da higiene pessoal.

Com o objetivo de redução dos consumos é então necessária a melhoria da eficiência hídrica.

## 2.2. Eficiência hídrica

A eficiência hídrica é um parâmetro que traduz a eficiência de utilização dos recursos hídricos, em termos teóricos. Dado que a água é utilizada para atender a determinadas necessidades (serviços), a eficiência de utilização da água permite verificar de que forma se encontra otimizado o sistema para atender a estas mesmas necessidades. A expressão utilizada pelo PNUEA para descrever este parâmetro é apresentada na seguinte equação: (PNUEA, 2012)

$$\text{Eficiência de utilização da água} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Procura efetiva}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

- Consumo útil – Consumo mínimo necessário de modo a satisfazer determinado serviço.
- Procura efetiva – Quantidade de água realmente consumida na realização do serviço considerado, incluindo as perdas na distribuição. Este pode ser igual ou superior ao consumo útil. No caso de tomar um valor igual ao consumo útil, a eficiência de utilização da água será 100%.

No entanto, esta expressão permite apenas verificar qual a eficiência global do sistema de abastecimento de água. Uma vez que este sistema pode ser decomposto em duas partes, sendo estas o sistema de distribuição, onde a eficiência irá depender essencialmente da magnitude das perdas, e os edifícios de habitação, pode ser feita uma distinção entre estes mesmos sistemas em termos de eficiência hídrica. Desta forma, é necessária a introdução de uma nova variável:

- Consumo efetivo – Quantidade de água realmente consumida, na realização do serviço, no edifício de habitação.

Posto isto, as expressões que descrevem a eficiência do sistema de distribuição e a eficiência de utilização da água na habitação são descritas nas equações (2) e (3), respetivamente. (Cardoso, 2010)

$$\text{Eficiência do sistema de distribuição} = \frac{\text{Consumo efetivo}}{\text{Procura efetiva}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

$$\text{Eficiência de utilização da água na habitação} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Consumo efetivo}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

Neste caso, dado que apenas serão analisados os consumos nos edifícios de habitação, isto é, excluindo o sistema de distribuição da água, a eficiência hídrica pode ser tratada como sendo a eficiência de utilização da água numa habitação. Como é possível observar pela equação (3), esta traduz uma relação entre a utilização necessária de água para satisfazer determinado serviço (consumo útil), e a quantidade de água realmente consumida na realização desse serviço no edifício de habitação (consumo efetivo).

Segundo o PNUEA, os valores de ineficiência global (quantidade de água consumida desnecessariamente, ao longo de todo o ciclo, em cada um dos setores) em cada setor são os apresentados na Figura 17, onde se mostra a evolução desde o ano 2000 a 2009, e são estabelecidas metas para o ano 2020, em Portugal. É possível observar que no setor agrícola a redução é menos significativa, no entanto, nos setores urbano e industrial, pretende-se uma redução em 50% para 2020, comparativamente ao ano 2000.

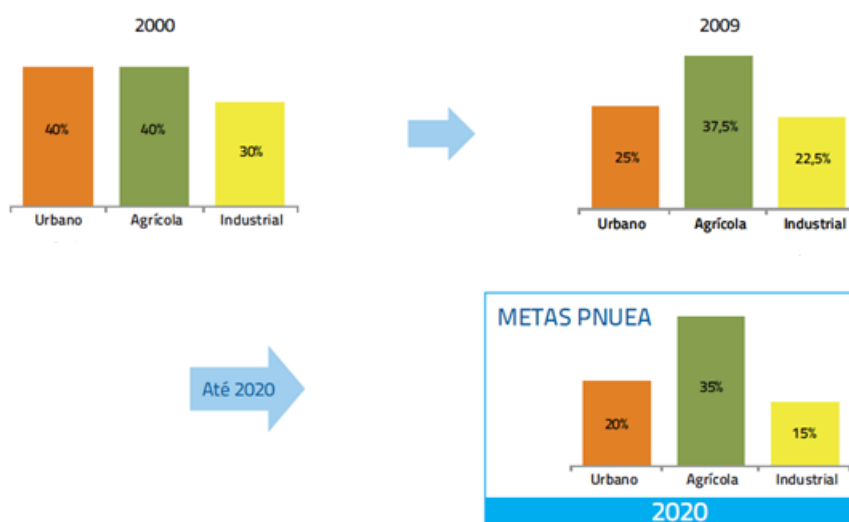


Figura 17 – Ineficiência/Desperdício nacional no uso da água por setor (PNUEA, 2012).

### 2.3. Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) é um instrumento de política nacional que visa a promoção do uso eficiente da água em Portugal. Desta forma, os principais objetivos do PNUEA são os seguintes:

- Melhorar a eficiência de utilização da água, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento do país, tendo como objetivos complementares a redução da poluição das massas de água e a redução do consumo de energia;
- Promover o Uso Eficiente da Água em Portugal, contribuindo para a minimização dos riscos decorrentes da carência de água em situação hídrica normal, potenciada durante os períodos de seca;
- Contribuir para a consolidação de uma nova cultura da água em Portugal que valorize de forma crescente este recurso, atribuindo-lhe a importância devida no desenvolvimento humano e económico e contribuindo para a preservação do meio natural, numa ótica de desenvolvimento sustentável.



---

São também apresentados objetivos (estratégicos e específicos) para cada um dos setores referidos (urbano, agrícola e industrial). Relativamente ao setor urbano o objetivo estratégico consiste na redução das perdas de água nos sistemas de abastecimento. Os objetivos específicos são os seguintes:

- Elevar significativamente o conhecimento dos gestores e operadores dos sistemas de abastecimento de água e dos utilizadores em geral;
- Promover a sensibilização, informação e formação dos principais intervenientes no uso da água, bem como na introdução nos programas e livros escolares de matéria específica;
- Conhecer o nível de ineficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água através do seu apetrechamento com equipamentos de medição e com sistema de transmissão e tratamento da informação, abrangendo todo o ciclo urbano da água;
- Garantir uma dinâmica de sucesso na implementação do uso eficiente da água, dirigindo os maiores esforços para os sistemas públicos (não domésticos), e para as maiores concentrações humanas onde os custos não são suportados diretamente pelos utilizadores da água (Ex: escolas; centros comerciais; estações de serviço; hospitais; repartições e serviços da administração pública; hotéis; instalações desportivas - ginásios, piscinas, estádios, etc.; aeroportos; terminais rodo e ferroviários; escritórios; restaurantes; lavandarias; etc.);
- Reduzir ao mínimo o uso da água potável em atividades que possam ter o mesmo desempenho com águas de qualidade alternativa e de outras origens que não a rede pública de água potável, promovendo a utilização de água da chuva e a eventual reutilização de águas residuais tratadas;
- Promover a utilização de equipamentos normalizados e certificados para o uso eficiente da água, incentivando a sua produção e comercialização;
- Instituir prémios e distinções oficiais para equipamentos, instalações e sistemas que demonstrem o seu valor acrescentado ao nível da eficiência e que prestigiem as entidades produtoras de equipamentos e gestoras de sistemas.

Segundo o PNUEA existem diversas razões que mostram o porquê de a melhoria da eficiência hídrica ser necessária:

**Imperativo ambiental** – A água é um recurso que deve ser protegido, conservado e gerido de modo a garantir a sustentabilidade dos ecossistemas, dos serviços que estes proporcionam à sociedade e de recursos diretamente associados;

**Necessidade estratégica** – Aumento da disponibilidade deste recurso no país é fundamental;

**Interesse económico** – Redução dos custos associados aos recursos hídricos;

**Imperativo ético** – Tratando-se de um recurso fundamental para a vida, deve ser gerido de forma adequada para não comprometer o futuro.

Posto isto, o PNUEA sugere um determinado conjunto de medidas aplicáveis nos diferentes setores (Figura 18).

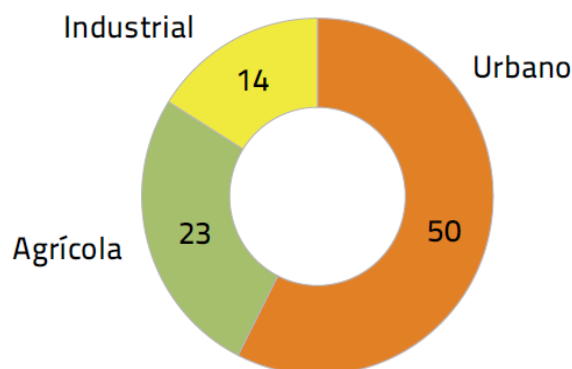


Figura 18 - Número de medidas por setor (PNUEA, 2012).

Dado que o setor urbano compreende também a distribuição de água, apenas parte das medidas indicadas para o setor urbano (Anexo 1), se inserem no setor doméstico, isto é, são aplicáveis nos edifícios de habitação.

Nesse sentido, as medidas que se inserem no setor doméstico, com vista à redução de consumos de água, são distinguidas pelas seguintes categorias (PNUEA, 2012):

- Sistemas prediais e instalações coletivas (medidas 6 a 8);
- Dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares (medidas 10 a 21, e 25);
  - Autoclismos;
  - Chuveiros;
  - Torneiras;
  - Máquinas de lavar loiça e roupa;
  - Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar.
- Usos exteriores (medidas 26 a 45)
  - Lavagem de pavimentos e veículos;
  - Rega de jardins e similares;
  - Piscinas, lagos e espelhos de água.

Com a finalidade de implementar as medidas indicadas, o PNUEA foi estruturado em áreas programáticas, sendo estas entendidas como um conjunto de ações, que correspondem à agregação de diferentes mecanismos direcionados para a implementação de um conjunto de medidas. As áreas programáticas estabelecidas são as seguintes:

- Medição dos consumos e reconversão de equipamentos de utilização da água;
- Sensibilização, informação e educação da população;
- Documentação, formação e apoio técnico;
- Regulamentação técnica, normalização, rotulagem e certificação.

Estas áreas programáticas, complementares entre si, visam a reconversão tecnológica e a adequação de comportamentos necessários para que se verifique melhoria na eficiência de utilização da água.

Dentro da área programática de regulamentação técnica, normalização, rotulagem e certificação, para o setor urbano, uma das ações indicadas consiste na implementação de um sistema de classificação da eficiência de utilização de água (Certificação) aplicável a dispositivos e equipamentos. (PNUEA, 2012)

Deste modo, são, de seguida, identificados e descritos alguns modelos de certificação e rotulagem implementados em determinados países.

## 2.4. Modelos de certificação e rotulagem

### 2.4.1. Waterwise

A Waterwise, fundada em 2005, é uma organização independente e sem fins lucrativos, que recebe financiamento de apoiantes, patrocínios e parceiros no setor da água, no Reino Unido. Esta organização ajuda comunidades, empresas e governos a perceber o valor da água e a utilizá-la de forma sustentável.

O papel da Waterwise é, portanto, inovar, desenvolver e testar novas ideias, e ajudar a demonstrar ações práticas de eficiência da água. Para que os utilizadores estejam cientes e possam comprar dispositivos eficientes em termos de água, existem, atualmente, dois tipos de rotulagem no Reino Unido, sendo estes o European Water Label e o Waterwise Checkmark, tendo vindo a ser registado um aumento no uso destes mesmo rótulos. Estes, no entanto, não são universais para todas as lojas e produtos (Waterwise a), 2017).

A estratégia consiste em estabelecer recomendações e ações importantes de modo a informar a escolha do consumidor relativamente a produtos eficientes, incluindo a inovação em produtos de suporte e medição inteligente (Waterwise b), 2017).

As “*Water Wise Cities*” são uma das áreas onde se insere esta estratégia, na qual se pretende melhorar a eficiência hídrica em setor urbano. Neste sentido são identificadas três mudanças de paradigma (Waterwise a), 2017):

- Os recursos são limitados, é necessário fazer mais com menos;
- O crescimento dos centros urbanos são tanto uma oportunidade a nível económico como uma ameaça às condições de habitabilidade;
- O planeamento das cidades é apoiado por um futuro incerto.

Este projeto, focando-se no uso da água em setor urbano, inclui (Waterwise a), 2017):

- Edifícios de habitação;
- Eficiência hídrica em novos projetos e modernização de equipamentos já ultrapassados.

A eficiência hídrica precisa de ser integrada na abordagem e hábitos dos intervenientes na construção de edifícios de habitação – tal pode ser suportado por normas e incentivos.

### 2.4.2. WELS (Water Efficiency Labelling and Standards)

O WELS é um programa implementado pelo governo australiano que pretende ter influência direta na escolha de equipamentos mais eficientes por parte dos consumidores e desta forma diminuir os consumos de água (WELS, 2005). A monitorização e aplicação dos requisitos de classificação e rotulagem são realizados por inspetores do WELS, que asseguram que todos os produtos registados e rotulados contêm a classificação e informação corretas (Australian Government, 2017). A abril de 2016 o programa WELS cobria os seguintes dispositivos:

- Chuveiros
- Torneiras
- Controladores de fluxo
- Sanitários
- Urinóis
- Máquinas de lavar roupa
- Máquinas de lavar loiça

A Figura 19 surge como exemplo de uma etiqueta WELS. (WELS, 2005)



Figura 19 - Exemplo de etiqueta de classificação WELS (WELS, 2005).

A etiqueta de classificação WELS fornece informações importantes sobre o produto analisado:

- **Classificação por estrelas**

Este tipo de classificação permite facilmente e rapidamente a comparação entre diferentes produtos dada a sua simplicidade. Quanto maior for o número de estrelas atribuído na etiqueta, melhor será a performance do produto, e vice-versa. (Australian Government, 2017)

As tabelas 1 e 2 demonstram de que forma é aplicado este método para o caso de torneiras e chuveiros: (WELS, 2005)

#### **Classificação WELS para torneiras**

Classificação	Fluxo (L/min)
0 Estrelas	> 16
1 Estrelas	>12<16
2 Estrelas	>9<12
3 Estrelas	>7.5<9
4 Estrelas	>6<7.5
5 Estrelas	>4.5<6
6 Estrelas	>4

Tabela 1 - Classificação WELS para torneiras (WELS, 2005).

#### **Classificação WELS para chuveiros**

Classificação	Fluxo (L/min)
0 Estrelas	>16
1 Estrelas	>12<16
2 Estrelas	>9<12
3 Estrelas	>7.5<9
4 Estrelas	N/A
5 Estrelas	N/A
6 Estrelas	N/A

Tabela 2 - Classificação WELS para chuveiros (WELS, 2005).

- **Taxa de consumo de água do equipamento**

A secção intermédia da etiqueta demonstra qual a quantidade de água usada pelo produto. Dado que as tarefas desempenhadas variam entre produtos, os detalhes sobre o consumo variam dependendo do tipo de produto: (Australian Government, 2017)

- Máquinas de lavar loiça - litros por lavagem, capacidade de carga da máquina;
- Chuveiros - litros por minuto;
- Torneiras - litros por minuto;
- Autoclismos - litros por descarga média, descarga completa e por meia descarga;
- Máquinas de lavar roupa - litros por lavagem, capacidade de carga da máquina.

As figuras seguintes exemplificam os detalhes indicados numa etiqueta WELS para o caso de autoclismos (Figura 20) e chuveiros ou torneiras (Figura 21).



Figura 20 – Exemplo de taxa de consumo de água numa etiqueta WELS para autoclismos (Australian Government, 2017).



Figura 21 - Exemplo de taxa de consumo de água numa etiqueta WELS para chuveiros ou torneiras (Australian Government, 2017).

A partir desta informação é possível comparar a quantidade de água que será usada a partir da utilização de diferentes equipamentos.

- **Registo e detalhes do produto**

Na parte inferior da etiqueta WELS são indicados o registo e as informações do produto que incluem:

- Empresa que registou o produto
- Número de licença do produto
- Normas que indicam como são testados os produtos

No caso das máquinas de lavar (roupa e loiça) as etiquetas incluem também o modelo e o ciclo utilizado no teste de eficiência hídrica. Nas figuras seguintes são apresentados dois

exemplos, sendo estes para produtos como autoclismos, chuveiros ou torneiras (Figura 22) e para máquinas de lavar (Figura 23). (Australian Government, 2017)

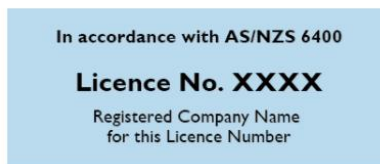


Figura 22 – Exemplo de parte inferior em etiquetas WELS para autoclismos, chuveiros ou torneiras (Australian Government, 2017).

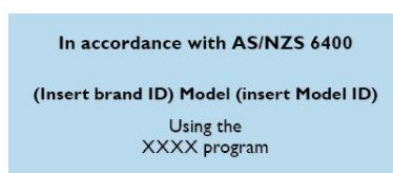


Figura 23 – Exemplo de parte inferior em etiquetas WELS para máquinas de lavar (Australian Government, 2017).

A informação indicada nesta secção da etiqueta WELS permite averiguar se o modelo e ciclo testados vão de encontro às necessidades do utilizador e verificar as informações sobre a classificação de eficiência hídrica do produto.

Desta forma, a descrição detalhada do produto nas etiquetas WELS permitem ajudar na escolha de um produto capaz de atender às necessidades do utilizador e com melhor eficiência hídrica, contribuindo para a poupança de água (Australian Government, 2017).

Na última revisão do programa WELS na Austrália, foram calculadas poupanças na ordem dos 70 milhões de m<sup>3</sup> de água/ano, 5,5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>/ano e 520000 AUD \$ (≈331000 €) de poupanças em faturas de serviços públicos (domésticos) por ano (Waterwise a), 2017).

### 2.4.3. WaterSense

O WaterSense, patrocinado pela “Environmental Protection Agency” (EPA) dos EUA, procura evitar o consumo desnecessário de água ao apoiar o mercado de produtos, serviços e práticas eficientes em termos hídricos. Este programa tem como visão que todos os americanos irão entender a importância da eficiência hídrica e tomar ações para reduzir os seus consumos nos seus edifícios de habitação, trabalho e exterior.

Os equipamentos rotulados pelo programa WaterSense são certificados de forma independente por terceiros e respeitam os parâmetros definidos pela EPA. Desde 2007 tem vindo a ser registado um aumento no número de equipamentos rotulados pelo WaterSense, tendo sido atingido no ano de 2016 um número superior a 21000 equipamentos rotulados (WaterSense a), 2012).

- Ao utilizar o rótulo WaterSense (Figura 247), é garantido que o produto (EPA, 2018):
- Tem o mesmo ou um melhor desempenho no serviço a realizar, comparativamente a modelos convencionais semelhantes;
  - São 20% mais eficientes, em termos de consumo de água, quando comparados com a maioria dos modelos da mesma categoria;
  - Permite poupança de água a nível nacional;
  - Fornece resultados mesuráveis sobre a poupança de água;
  - Alcança uma elevada eficiência hídrica através de várias soluções tecnológicas.

Existem também edifícios de habitação rotulados pela WaterSense. Estes edifícios são projetados tendo em conta a eficiência de utilização dos recursos hídricos, o que facilita a poupança de água, energia e dinheiro.

A WaterSense tem como missão transformar o mercado dos produtos e serviços utilizadores de água, bem como promover uma ética de eficiência hídrica a nível nacional (EUA), no sentido de preservar os recursos hídricos e reduzir os custos associados ao setor da água. (WaterSense b), 2017)



Figura 24 - Rótulo WaterSense (WaterSense a), 2012).

Desde 2006, o programa WaterSense permitiu obter poupanças na ordem dos 6,8 mil milhões de m<sup>3</sup> de água, 78 megatoneladas de CO<sub>2</sub> e 32600 milhões USD \$ (≈28165 milhões de euros), através da poupança de água e energia (associada à poupança de água) (Waterwise a), 2017).

#### **2.4.4. ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais)**

A ANQIP gere um sistema de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos, em Portugal, que se baseia em especificações técnicas (ETA – Especificação Técnica ANQIP):

- ETA 0802 – Regulamento do sistema voluntário ANQIP de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos;
- ETA 0803 – Rótulos de eficiência hídrica de produtos;
- ETA 0804 - Critérios para atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP em autoclismos e bacias de retrete;

- ETA 0806 - Critérios para atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP em chuveiros e sistemas de duche;
- ETA 0808 - Critérios para atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP em torneiras e fluxómetros.

Os seus principais objetivos consistem na promoção e garantia de qualidade nas instalações hidráulicas e sanitárias prediais, incluindo o aumento da eficiência hídrica dos produtos.

Na Figura 25 pode verificar-se a descrição detalhada do rótulo ANQIP.

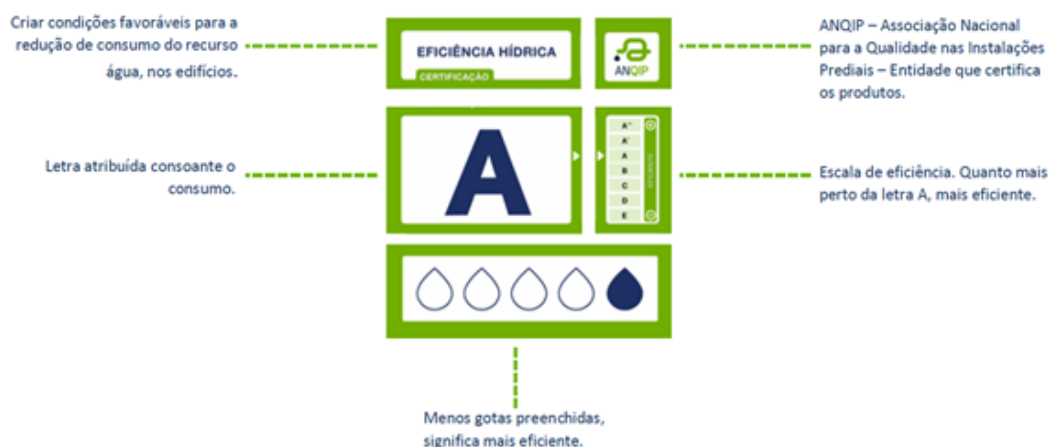


Figura 25 - Descrição do rótulo ANQIP (ANQIP a), 2017).

Nos rótulos de eficiência hídrica de produtos (Figuras 25 e 26) a eficiência considerada ideal corresponde à letra A, que tem em atenção não só os consumos, mas também aspetos de conforto, saúde e desempenho. A existência das classificações A+ e A++ (Figura 28) deve-se a aplicações especiais ou condicionadas [(ANQIP a), 2017];(ANQIP b), 2015)].

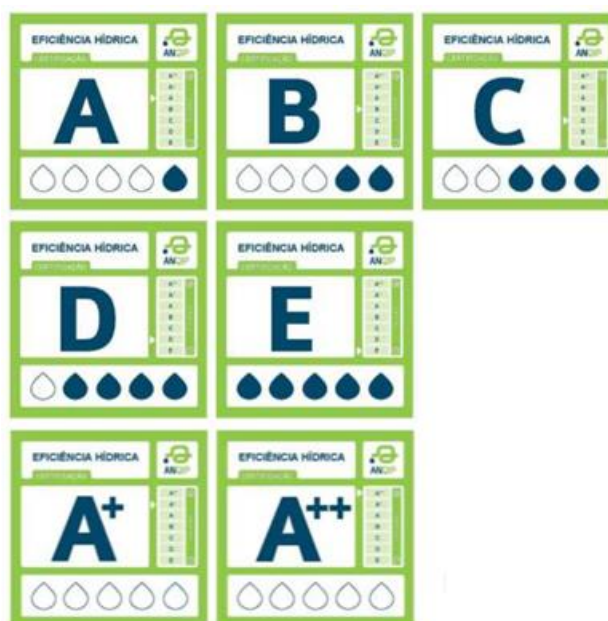


Figura 26 - Rótulos de eficiência hídrica ANQIP (ANQIP c), 2015).



Em 2017, a ANQIP contava com um catálogo de diversos produtos certificados em eficiência hídrica, como autoclismos, chuveiros, torneiras, entre outros, pertencentes a diversas marcas como por exemplo a Roca, Sanitana, Sanindusa, Valadares, etc (ANQIP a), 2017).

## 2.5. Medidas de poupança de água

### 2.5.1. Aproveitamento de água da chuva

Esta medida consiste no aproveitamento da água que, sob a forma de precipitação, está disponível ao consumidor, mas que é conduzida até à rede de drenagem pluvial sem que este a utilize. Com esta medida pretende-se utilizar esta água em diversas tarefas domésticas, evitando assim o consumo de água da rede de abastecimento.

Uma vez que a água da chuva é considerada não potável, não é possível a sua utilização para consumo humano sem tratamento. Como tal, encontra-se no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPPDADAR) o Artigo 86.º referente à utilização de água não potável:

#### *Artigo 86.º Utilização de água não potável*

*1 – A entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.*

*2 – As redes de água não potável e respetivos dispositivos de utilização devem ser sinalizados.*

Dado que parte dos consumos de água numa habitação incidem em utilizações onde não é necessária a utilização de água potável (autoclismos, usos exteriores, lavagem de roupa, etc), verifica-se o potencial da medida de aproveitamento de água da chuva, em termos de redução de consumo da mesma.

Esta medida é uma prática já utilizada desde a antiguidade, mas que se foi perdendo com a evolução da humanidade, tomando o seu lugar os sistemas de abastecimento público de água.

Segundo Tomaz (2010) numa das inscrições mais antigas do mundo, conhecida como Pedra Moabita, encontrada no Médio Oriente e datada de 850 a.C., o rei Meshá sugere a construção de um reservatório em cada casa, para aproveitamento da água de chuva. Existem ainda outros exemplos que mostram que se trata de uma prática antiga, como é o caso da Fortaleza de Masada, Israel (~ 150 a.C.) ou os sistemas sofisticados para armazenamento e aproveitamento de água de chuva, construídos pelos romanos, durante a era Romana (27 a.C. – 476 d.C.)

Um exemplo desta prática em Portugal é a Fortaleza dos Templários (Figura 27), localizada na cidade de Tomar, que em 1160 d.C. era abastecida com água da chuva.

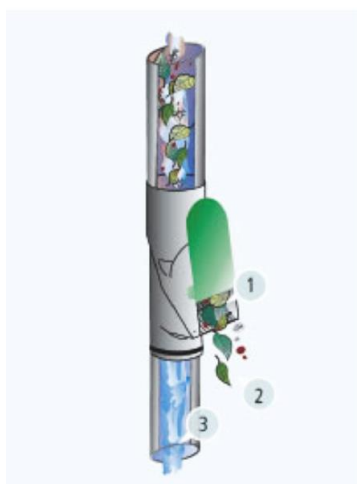


Figura 27 - Fortaleza dos Templários, Tomar, Portugal (Tomaz, 2009).

Um sistema de aproveitamento de água da chuva é constituído principalmente por uma superfície de captação, um sistema de transporte e um reservatório de armazenamento.

Através de um sistema eficaz de captação de água da chuva pretende-se garantir não só o máximo de eficiência na captação, como também uma qualidade de água aceitável, pelo que, neste sentido são adicionados outros componentes a este sistema, como por exemplo sistemas de filtragem e de rejeição de água para lavagem da superfície de captação, denominado por sistema *first-flush*. Para além destas componentes, e de forma a prevenir situações em que produtos potencialmente perigosos para a saúde humana possam ser arrastados para o reservatório de armazenamento juntamente com a água da chuva, este sistema deverá possuir também um dispositivo de corte, tornando possível a desconexão da ligação entre a superfície de captação e o reservatório de armazenamento (ETA 0701).

Um sistema de filtragem deverá ser capaz de remover materiais grosseiros, o que consiste num pré-tratamento da água. Um exemplo deste tipo de filtro é ilustrado na Figura 28, onde é também possível verificar o seu funcionamento (3P Technik Filtersysteme GmbH, 2017).



1. Sujeiras grossas são retiradas da água de chuva pelas guias
2. Folhagem e sujeira grossa são simplesmente ejetadas para fora
3. A água de chuva limpa continua para baixa no próprio tubo

Figura 28 - Filtro para água da chuva (3P Technik Filtersysteme GmbH, 2017).

Uma vez que, após um determinado período sem precipitação, a superfície de captação pode conter alguma sujidade, e esta ser arrastada pela água, o sistema *first-flush* permite rejeitar um volume inicial da precipitação ocorrida, permitindo desta forma a lavagem da superfície de captação e a eliminação da possível sujidade presente na mesma (Figura 29). Segundo (Neves *et al*, 2006), entende-se que um volume de água equivalente a 1 L/m<sup>2</sup> deverá ser suficiente para essa mesma lavagem.

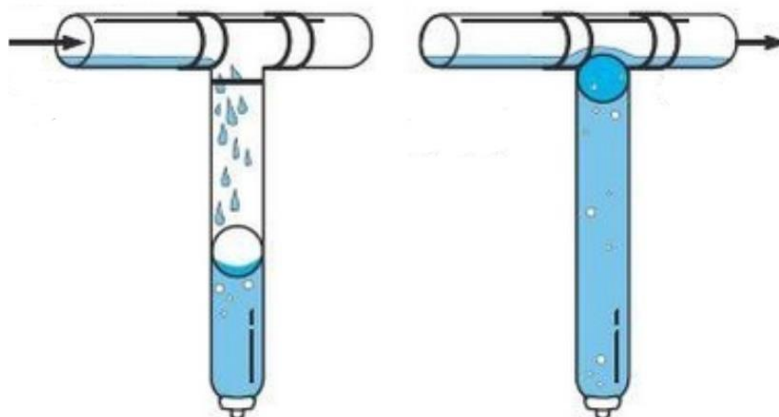


Figura 29 - Esquema de funcionamento do sistema *first-flush* (G-Store, 2018).

Percebe-se a partir da Figura 29 que o volume inicial poderá ser armazenado num reservatório cujo volume deverá ser estabelecido segundo a área da superfície de captação. Posteriormente, a entrada para o mesmo reservatório é encerrada, encaminhando a água recolhida para o reservatório de armazenamento.

Dependendo da localização do reservatório de armazenamento em relação ao local de utilização da água por parte do utilizador, poderá ainda ser necessária a implementação de um sistema de bombagem (Figura 30), como é possível verificar a partir das Figuras 31 e 32 (Neves *et al*, 2006). Caso seja necessária bombagem, a aspiração da água deverá ser feita a baixa velocidade e próximo (10-15 cm) do nível da água, de modo a prevenir a aspiração quer de resíduos flutuantes, quer de resíduos sedimentados no fundo do reservatório (ETA 0701).



Figura 30 - Exemplo de equipamento de bombagem de água da chuva (WISY, 2018).

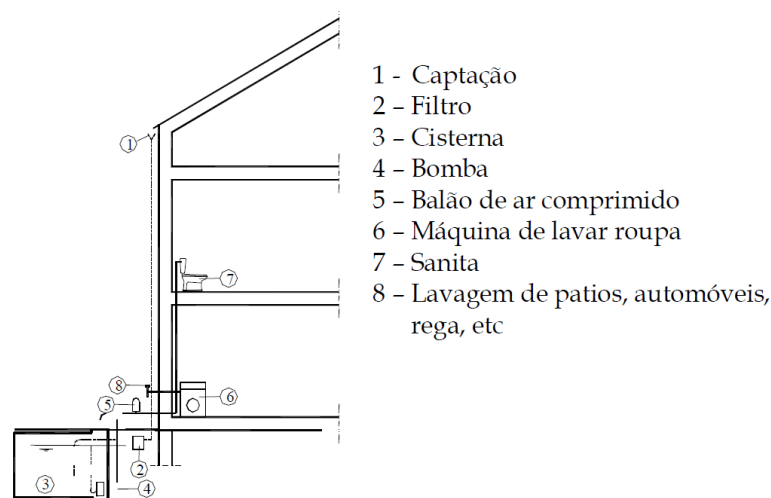


Figura 31 - Sistema de aproveitamento de água da chuva com reservatório debaixo do solo (Neves *et al*, 2006).

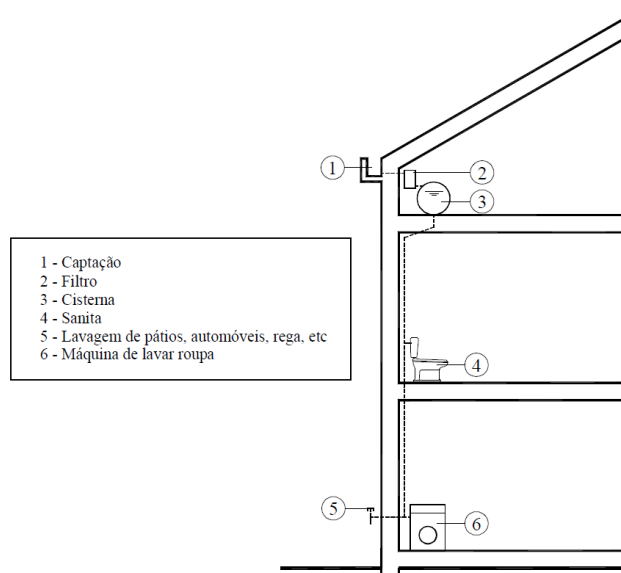


Figura 32 - Sistema de aproveitamento de água da chuva com reservatório no sótão (Neves *et al*, 2006).

Cada um destes sistemas tem as suas vantagens e desvantagens, dependendo da localização do reservatório de armazenamento. Por um lado, se o mesmo se localizar debaixo do solo, este terá proteção geotérmica e da luz, o que retardará o desenvolvimento de organismos. Por outro lado, se este for colocado no sótão será necessário ter em atenção que o mesmo tem de ficar abaixo do nível do sistema de transporte, e que o volume de armazenamento deverá ser inferior. No entanto, existe a vantagem de não ser necessário qualquer sistema de bombagem ou gastos de energia.

Para além do seu posicionamento, o reservatório merece especial atenção devido aos materiais de fabrico e os custos que terá, uma vez que esta é, geralmente, a componente mais dispendiosa do sistema. No entanto, trata-se de uma componente de longa duração, e com desvalorização reduzida ao longo do tempo. O dimensionamento do reservatório assume uma relação custo-benefício, isto é, um maior reservatório permitirá armazenar um volume superior de água (benefício), mas também representará um investimento superior

(custo), e vice-versa. A partir de um estudo realizado por Neves *et al.* (2006) é possível fazer uma análise dos custos do reservatório para diferentes materiais e diferentes capacidades de armazenamento (Figura 33).

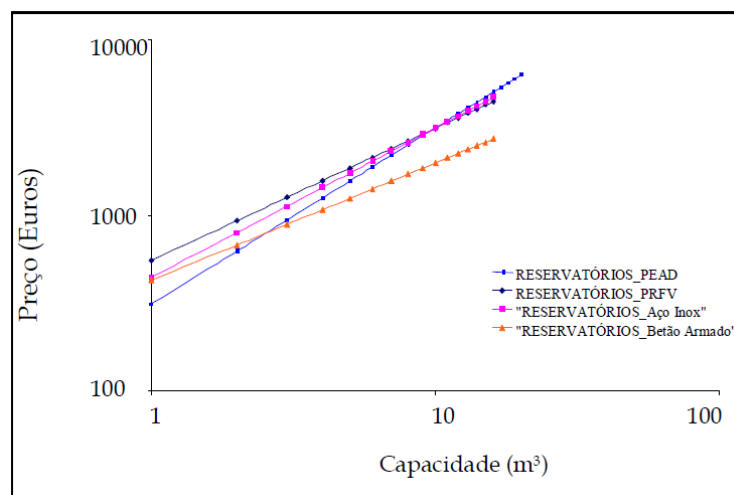


Figura 33 - Custos do reservatório para diferentes materiais (Neves *et al.*, 2006).

Foi então possível aferir que para reservatórios com menor capacidade de armazenamento (até cerca de 3 m<sup>3</sup>), o material a ser utilizado deverá ser PEAD (Polietileno de alta densidade), volume a partir do qual se torna mais rentável a utilização de betão armado como material de construção para o reservatório de armazenamento, em termos económicos.

Os reservatórios deverão também possuir um sistema de descarga por *overflow*, para situações em que seja atingida a capacidade máxima, bem como descarga de fundo.

No que diz respeito às águas “rejeitadas” (*overflow*, *first-flush* e do filtro), estas poderão ser encaminhadas para a rede de águas pluviais, desde que assegurado que não existe risco de contaminação (ETA 0701).

Embora devido a avarias ou mal funcionamento do sistema este necessite de intervenção, é também necessária a manutenção do mesmo. Uma vez que este sistema envolve diversas componentes, a frequência de manutenção deverá variar, como é possível verificar a partir da Tabela 3.

Componente	Frequência de manutenção
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio ( <i>first-flush</i> )	Inspeção semestral e limpeza anual (se automático) ou semestral (se manual)
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Reservatório de armazenamento	Inspeção anual e limpeza/higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Canalizações e acessórios	Inspeção anual
Unidades de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Sistema de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Órgãos de tratamento/desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual

Tabela 3 - Frequência de manutenção das componentes de um sistema de aproveitamento de água da chuva (ETA 0701).

As inspeções poderão ser realizadas pelos utilizadores, no entanto deve ser considerada a intervenção por técnicos especializados. No que às operações semestrais de manutenção diz respeito, estas deverão, preferencialmente, ser realizadas no início e no final da época das chuvas.

Em Portugal já têm vindo a ser implementados alguns projetos deste tipo de sistema. Um exemplo disso é a escola básica em Leça do Balio em Matosinhos, que utiliza a água recolhida para rega e descargas de autoclismos.

A Ecoágua, Lda (empresa especializada em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial), bem como a Ecodepur (Líder nacional na conceção e construção de Sistemas de Tratamento e Reutilização de Efluentes) contam já com inúmeras obras de referência relativamente a este tipo de sistema, em Portugal [(Ecoágua, 2017) (Ecodepur a), 2017)].

Podendo ser aplicado este tipo de sistema a projetos “coletivos”, este pode tornar-se mais interessante uma vez que as dimensões da superfície de captação *per capita* poderão ser superiores. Por exemplo, no caso de construção de reservatórios de volume apreciável sob os passeios da via pública, jardins ou parques de estacionamento, a superfície de captação seria consideravelmente superior (apesar de ser necessária a análise de cada caso, dado que os tratamentos necessários poderão diferir). A água recolhida poderia posteriormente ser utilizada para rega, lavagem de ruas, combate a incêndios, etc. Este seria um projeto com vantagens não só na poupança de água potável como também em termos económicos, controlo de cheias em meio urbano, questões de tratamento de águas residuais, que geralmente são prejudicadas com a forte precipitação, etc.

Em Portugal, de modo a garantir a qualidade dos sistemas de aproveitamento de água da chuva em edifícios, foi criada uma Especificação Técnica ANQIP, a ETA 0701:

*A presente Especificação Técnica ANQIP (ETA) estabelece critérios técnicos para a realização de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) das coberturas de edifícios, para fins não potáveis (ETA 0701).*

A ETA 0701, faz também algumas indicações/sugestões no que diz respeito a cada uma das componentes, ao seu funcionamento e utilização da água recolhida. Neste último caso, é, por exemplo, indicado que para a lavagem de roupa (sem tratamento da água da chuva), esta deve apenas ser considerada para temperaturas superiores a 55°C, sendo prevista a aplicação de um microfiltro (malha mínima de 100 µm), que deverá ter uma manutenção adequada.

Foi ainda criada uma outra Especificação Técnica, a ETA 0702, que permite certificar este tipo de sistemas, garantindo que os mesmos têm as condições necessárias quer a nível técnico, quer de saúde pública:

*A presente Especificação Técnica ANQIP (ETA) estabelece as condições para a Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), executados de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 (ETA 0702).*

Para obter esta certificação, é necessária a apreciação prévia do projeto e realização de vistorias à obra por parte da ANQIP, bem como assegurar a certificação dos instaladores.

Para além da aplicação deste tipo de sistema em edifícios, é claro o interesse que poderá existir por parte dos setores agrícola e industrial. Relativamente ao setor agrícola, o potencial é obvio, uma vez que a água recolhida poderá ser utilizada diretamente para rega,

---

no entanto, existe ainda uma larga margem para que ocorra um melhor aproveitamento. Na indústria a água poderá ser utilizada de inúmeras formas, desde processos industriais, refrigeração de equipamentos, serviços de limpeza, descargas de autoclismos, combate a incêndios, rega de zonas verdes, etc. A implementação deste tipo de sistema poderá evitar a ocorrência de cheias, e conseqüentemente os seus efeitos, em ambos os setores.

### 2.5.2. Aproveitamento de águas cinzentas

Após a sua utilização, os efluentes domésticos são distinguidos como águas cinzentas e águas negras. As águas cinzentas englobam os efluentes de cozinhas, lavandarias, e casas de banho (exceto sanitas, consideradas águas negras). Habitualmente, estes efluentes são encaminhados, e posteriormente tratados em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). No entanto, é possível promover a sua reutilização nos edifícios de habitação. Em ambos os casos é necessário o tratamento da água, no entanto, o grau de tratamento deve ter em conta qual o tipo de utilização que lhe será dado depois de tratada e o risco de exposição da população. Dado que o grau de tratamento necessário para as águas cinzentas pode ser simples, podendo mesmo estas serem utilizadas de forma direta, apresentam um potencial de reutilização *in situ* muito interessante. (Matos *et al*, 2014)

Embora as águas cinzentas englobem diferentes tipos de efluentes, no caso em estudo será analisada a reutilização da água de banho (duche ou banheira) para posterior aplicação em descargas de autoclismos, o que não coloca a eficiência ou qualidade do serviço em causa. Uma vez que o consumo de água para banho parece ser muito semelhante ao consumo em autoclismos (Figura 15 e Figura 16), o volume de armazenamento do sistema de aproveitamento de águas cinzentas a aplicar não necessitará de ser elevado e a aplicação do mesmo poderá assegurar o serviço de descarga dos autoclismos na sua totalidade. No entanto, em caso de ser necessária a realimentação do sistema com água da rede, esta poderá ocorrer de forma simples, através da abertura de uma torneira, com ligação ao reservatório de armazenamento do sistema ou diretamente ao reservatório de descarga do autoclismo (Neves *et al*, 2006).

A título de exemplo, a Figura 34 representa um sistema comercializado de reutilização de águas cinzentas, embutido na parede (Sistema ECOPLAY). Neste sistema, que utiliza a água do banho para descarga de autoclismos, a água recolhida é encaminhada para o tanque de limpeza. No tanque de limpeza, os materiais mais pesados (ex: areia) depositam-se, enquanto que a espuma, ou outro tipo de sujidade a flutuar na superfície, é removida por um dreno superior. Após a limpeza, a água é transferida para o tanque de armazenamento onde fica disponível para ser utilizada no reservatório do autoclismo. Este sistema possui também uma unidade de controlo que garante a limpeza e disponibilidade de água, sendo que nos períodos sem utilização, elimina os resíduos do tanque, substituindo a água armazenada por água da rede.

Este tipo de sistema pode ser encarado a nível individual, isto é, uma unidade em cada casa de banho, como é possível observar a partir da Figura 34. No entanto, pode também ser encarado a nível central (Figuras 35 e 36), através de uma única unidade para diversos pontos de consumo, o que permite mais variedade de escolha ao consumidor.



- A) Fornecimento de água da rede
- B) Água recolhida do banho
- C) Tanque de armazenamento
- D) Tanque de limpeza
- E) Unidade de controlo
- F) Reservatório do autoclismo
- G) Dreno para esgoto do excesso de fluxo
- H) Descarga da sanita e encaminhamento para esgoto

Figura 34 - Sistema de reutilização de águas cinzentas ECOPLAY (Tectonica-online products).

O ECODEPUR® BIOX (Figura 35), é um equipamento, da empresa portuguesa ECODEPUR, que se destina à recolha e tratamento de águas residuais cinzentas, permitindo a sua reutilização para usos secundários. Após a recolha das águas utilizadas em banhos e lavatórios, estas são sujeitas a diferentes tipos de tratamento:

- Gradagem – Retenção de sólidos grosseiros;
- Reator biológico SBR (Sequencing Batch Reactor) – Operação através do processo de lamas ativadas em regime de média carga;
- Filtração/Desinfecção – Adição de solução desinfetante (hipoclorito de sódio), para eliminar o potencial patogénico do efluente, tornando-o viável para a reutilização pretendida;
- Pressurização da água tratada para a rede secundária, que fica disponível a ser reutilizada.





Figura 35 - Sistema de reutilização de águas cinzentas ECODEPUR® BIOX ((Ecodepur b), 2017).

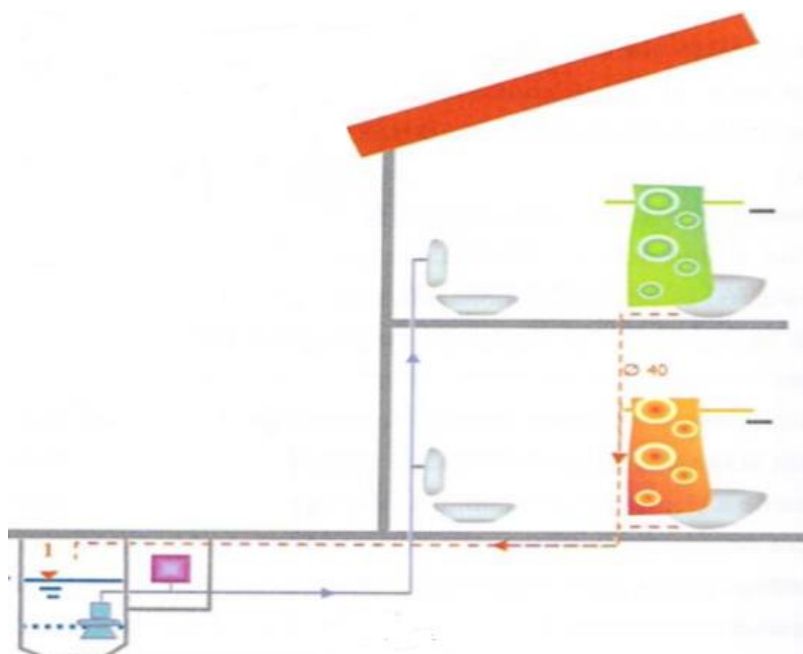


Figura 36 - Esquema representativo de um sistema de reutilização de águas cinzentas a nível central (Neves *et al.*, 2009).

### 2.5.3. Recirculação de água nas tubagens

A aplicação desta medida de poupança de água da rede pretende mitigar o desperdício de água sempre que o consumidor pretende utilizar água quente e desperdiça água até a mesma atingir a temperatura pretendida.

Neste sentido poderão existir ou serem desenvolvidas diversas formas de aproveitar este mesmo volume de água. O encaminhamento deste volume de água para um reservatório de armazenamento para uma posterior utilização diferente poderá ser simples de aplicar, no entanto, poderão levantar-se algumas questões:

- Custos devido ao reservatório e possíveis componentes adicionais necessários;
- Utilização de água potável para fins cuja qualidade da água não precisa ser tão exigente;
- Comodidade para o utilizador.

De forma a resolver a segunda questão indicada poderá surgir uma outra solução: o encaminhamento da água a utilizar para um reservatório, onde será misturada a água (fria) presente nas tubagens com a água quente, e após atingir a temperatura pretendida, ser utilizada. Embora a questão mencionada seja resolvida, uma vez que a finalidade da água utilizada será a mesma, poderão levantar-se novas questões relativamente ao funcionamento deste sistema, o que poderá agravar a questão da comodidade para o utilizador.

Desta forma surge a medida de recirculação de água nas tubagens (Figura 37).

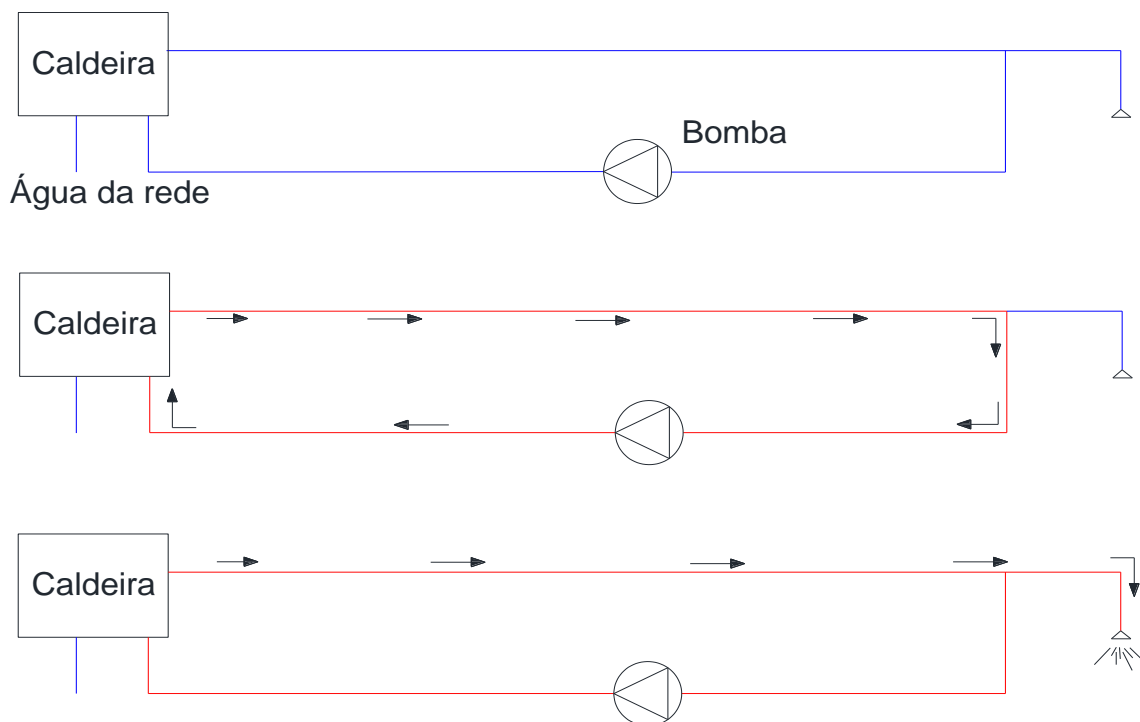


Figura 37 - Esquema representativo e simplificado do sistema de recirculação de água nas tubagens.

Funcionamento passo a passo, a partir da Figura 37:

1. A água encontra-se fria nas tubagens;
2. O utilizador pretende obter água quente na torneira e, portanto, coloca a bomba circuladora em funcionamento, ao carregar num botão;
3. A água é colocada em circulação num circuito fechado e vai aquecendo através da caldeira;
4. A água atinge a temperatura pretendida pelo utilizador, estando pronta a ser utilizada sem que hajam desperdícios de água. A bomba circuladora é desligada.

Esta solução pretende resolver todas as questões mencionadas, isto é:

- Os custos deverão ser inferiores, dado que serão necessários menos componentes, e o equipamento que apresenta custos mais elevados (reservatório) não é necessário;
- A finalidade da água utilizada será a mesma;
- Uma vez que o utilizador apenas deverá “carregar num botão” e esperar que a temperatura pretendida seja atingida, esta solução mostra-se muito cómoda.

### 2.5.4. Utilização de equipamentos mais eficientes

Relativamente aos equipamentos utilizados nos edifícios de habitação, existem uma série de equipamentos capazes de realizar igualmente as tarefas/serviços a que se destinam, reduzindo os consumos de água, sendo por essa razão designados de equipamentos mais eficientes (relativamente aos consumos de recursos hídricos).

Atualmente existe uma grande diversidade no que diz respeito a este tipo de equipamentos. Alguns desses exemplos são indicados na lista seguinte, estando também ilustrados no Anexo 2 (Equipamentos mais eficientes), exceto as máquinas de lavar e os equipamentos de rega (devido à diversidade do tipo de oferta):

- Autoclismos
  - Autoclismos de dupla descarga;
- Chuveiros
  - Torneiras termostáticas;
  - Chuveiros com sistema “Eco-Stop”;
  - Redutores de pressão;
- Máquinas de lavar
  - Equipamentos com menores consumos de água por lavagem;
- Torneiras
  - Arejadores;
  - Redutores de pressão;
- Usos exteriores
  - Utilização de equipamentos de rega mais eficientes.

Nem sempre estes equipamentos mais eficientes conseguem poupar água, pois isso depende das circunstâncias do seu uso. Por exemplo, se um utilizador quiser encher uma panela de água no lava-loiça, ter o arejador ou redutor de pressão instalado vai resultar no mesmo consumo, com o desconforto de demorar mais tempo a encher a panela.

## 2.6. Aplicabilidade das medidas

Com o objetivo de redução dos consumos de recursos hídricos em edifícios de habitação, as medidas a aplicar podem ser repartidas por 3 grupos diferentes, sendo estes:

### 1. Medidas comportamentais

Este tipo de medidas, embora exijam disciplina, ou mudança de alguns “maus” hábitos por parte dos ocupantes, são muito interessantes, uma vez que não exigem alterações nos equipamentos utilizados, não têm custos, e, normalmente, garantem sempre retorno. Exemplos deste tipo de medidas são também referidos no Anexo 1 (Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação hídrica normal). Eis alguns exemplos:

- Medida 10: Adequação da utilização de autoclismos (Ex: Evitar descargas desnecessárias);
- Medida 14: Adequação da utilização de chuveiros (Ex: Evitar banhos demasiado longos);

- Medida 16: Adequação da utilização de torneiras (Ex: Fechar a torneira quando se está a escovar os dentes).

## 2. Medidas relacionadas com a eficiência dos equipamentos

A partir deste tipo de medidas pretende-se promover o aumento da eficiência de um equipamento, sendo que, por norma, existem duas formas de o fazer:

- Substituição dos equipamentos por outros mais eficientes (Ex: Substituição de máquinas de lavar)
- Aplicação de dispositivos capazes de melhorar o desempenho dos equipamentos (Ex: Aplicar redutores de pressão)

Dado que este tipo de medidas pode por vezes significar algum investimento por parte do utilizador, estas podem, à primeira vista, não ser muito interessantes do ponto de vista económico, embora garantam algum retorno através da redução dos consumos de água.

## 3. Medidas de reutilização de água

Este tipo de medidas refere-se ao aproveitamento de água da chuva e águas cinzentas (águas de banho, lavatórios, etc.). Uma vez que estas águas se encontram facilmente acessíveis ao utilizador, através da implementação do devido sistema de aproveitamento das mesmas será possível garantir uma forte redução dos consumos de recursos hídricos. No entanto a aplicação destes sistemas poderá não só implicar um investimento significativo como um planeamento minucioso.

É possível perceber que apesar da existência de diversas medidas de poupança de água, a sua aplicabilidade difere segundo diversos critérios, para além dos económicos [(Pedroso, 2009);(Barroso, 2010)]:

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| ➤ Tipo de edifício | ➤ Fase do ciclo de vida |
| ○ Unifamiliar      | ○ Projeto               |
| ○ Multifamiliar    | ○ Operação              |
|                    | ○ Demolição             |

Em primeiro lugar torna-se óbvio que não existirá interesse na aplicação de medidas de poupança de água num edifício em fase de demolição. Em segundo lugar, dado que parte das medidas mencionadas anteriormente requerem a criação de infraestruturas no próprio edifício, a sua aplicabilidade será favorecida quando em fase de projeto (Pedroso, 2009).

No que diz respeito às medidas indicadas, não deverão existir diferenças na sua aplicabilidade entre edifícios unifamiliares ou multifamiliares, exceto relativamente ao aproveitamento de água da chuva. Neste caso, o aproveitamento *per capita* será mais significativo para um edifício unifamiliar, uma vez que a relação superfície de captação/número de habitantes ( $m^2/\text{habitante}$ ) será superior (Pedroso, 2009).

Prevê-se, portanto, que a situação mais favorável para a aplicação de medidas de poupança de água potável será a de um edifício unifamiliar em fase de projeto, razão pela qual será esta a situação a explorar, pretendendo-se verificar qual a redução total no consumo anual que será possível obter, a partir da aplicação de uma série de medidas

---

### 3. METODOLOGIA

De forma a perceber o procedimento até à obtenção dos resultados pretendidos, neste ponto é apresentada a metodologia seguida no estudo realizado.

#### 3.1. Obtenção dos dados

De forma a obter os dados dos consumos reais dos ocupantes do edifício em fase de projeto, serão utilizados sensores de caudal (com e sem sensor de temperatura), previamente testados e calibrados, como indicado no Apêndice 1.

Estes serão instalados em diferentes edifícios de habitação (1, 2 e 3), ocupados pelos futuros habitantes do edifício em estudo, tornando os resultados mais fiáveis, com a exceção do edifício de habitação 2:

Edifício de habitação 1: Habitado por dois adultos (Homem e Mulher), e uma criança de 2 anos; Recolha diária e contínua (24h);

Edifício de habitação 2: Realização de medições independentes do número de habitantes (Rega de jardim, lavagem de veículos e pavimentos, e máquina de lavar roupa);

Edifício de habitação 3: Habitado por 4 pessoas (3 adultos e uma criança de 2 anos); Utilização da cozinha e máquina de lavar roupa.

Aquando da recolha dos dados (Volume e Temperatura), para permitir uma análise mais pormenorizada dos mesmos, são também obtidos os seguintes detalhes:

- ✓ Data e hora;
- ✓ Utilizador;
- ✓ Equipamento utilizado.

De forma a ilustrar a forma como estes equipamentos foram instalados para medição dos diversos consumos em equipamentos, são apresentadas algumas imagens no Apêndice 2.

Uma vez que podem existir variações em alguns tipos de consumos, dependendo da fase do ano, é importante realçar que os dados obtidos foram recolhidos no período dos meses de julho e agosto.

#### 3.2. Análise do projeto do edifício de habitação unifamiliar

Dado que, uma vez obtidos os dados, se pretende aplicar os mesmos a um edifício unifamiliar em fase de projeto, será necessária a análise do projeto de arquitetura do edifício em questão. O projeto a analisar (facultado por Gonçalo Brites), corresponde a um projeto real de um edifício de habitação unifamiliar (Anexo 3), que albergará quatro habitantes.

O edifício de habitação compreenderá os seguintes espaços:

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Piso -1               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Garagem</li> <li>* 1 Casa de Banho</li> </ul> </li> <li>❖ Piso 1               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 3 Quartos</li> <li>* 2 Casas de banho</li> <li>* 1 Terraço</li> </ul> </li> <li>❖ Piso 2               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sótão</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Piso 0               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hall de entrada</li> <li>* Sala de estar/jantar</li> <li>* Cozinha</li> <li>* 1 Quarto</li> <li>* 1 Escritório</li> <li>* 1 Casa de banho</li> <li>* 1 Terraço</li> <li>* 1 Anexo técnico</li> </ul> </li> </ul> |
|--|---|

Posteriormente, dependendo dos cálculos necessários, será consultado o projeto de modo a obter as medidas que sejam necessárias.

### 3.3. Tratamento dos dados recolhidos

A recolha dos dados, relativamente aos consumos reais dos ocupantes em edifícios de habitação, permitirá a descrição pormenorizada dos mesmos, uma vez que estes são recolhidos de minuto em minuto. Desta forma os resultados obtidos deverão ser sintetizados e tratados de forma a extrair toda a informação relevante dos mesmos.

Para além dos dados básicos de estatística a calcular, será feita uma comparação dos resultados obtidos com os apresentados na bibliografia, de forma a verificar se os mesmos se aproximam, quer relativamente aos consumos totais *per capita*, quer relativamente à repartição dos mesmos pelos diferentes usos.

Para que tal seja possível será necessário assumir a frequência de utilização dos diversos equipamentos por parte de um utilizador, que poderão ter em conta não só o fator tempo, mas também o número de utilizadores:

- Utilização diária para um utilizador
  - ✚ Autoclismo
  - ✚ Banho
  - ✚ Casa de banho (torneira do lavatório e bidé)
  - ✚ Cozinha (torneira do lava loiça)
- Utilização diária para 4 utilizadores
  - ✚ Máquina de lavar roupa
  - ✚ Máquina de lavar loiça
- Utilização mensal
  - ✚ Lavagem de pavimentos
- Utilização de dois em dois meses
  - ✚ Lavagem do veículo
- Utilização de dois em dois dias para períodos quentes
  - ✚ Rega de jardim

Para além do referido, os dados deverão também ser trabalhados de forma a serem aplicados separadamente nas diferentes medidas indicadas.

### 3.4. Utilização de equipamentos/dispositivos mais eficientes

Em primeiro lugar deverão ser identificados alguns equipamentos tecnicamente e economicamente viáveis de serem testados. Pretender-se-á então verificar através da aplicação dos mesmos, a redução ocorrida nos consumos. Caso se verifique a redução nos consumos, os dados a utilizar na verificação das restantes medidas deverão ser os obtidos através da aplicação destes mesmos equipamentos mais eficientes.

### 3.5. Recirculação de água nas tubagens

Para obter os resultados pretendidos será necessária a realização de uma experiência. Esta consistirá na medição do volume de água desperdiçada através de medição com o sensor de caudal (com sensor de temperatura). O sistema instalado permitirá obter o volume de água desperdiçado até ser atingida uma determinada temperatura, uma vez que este indicará a variação da temperatura e o respetivo volume consumido. A partir desta experiência, e do conhecimento do comprimento da tubagem, será possível alcançar uma relação entre o volume de água desperdiçado, e o comprimento da tubagem. Desta forma, a partir da relação obtida será possível calcular o volume de água que seria desperdiçado na habitação em estudo, uma vez que a partir da consulta do projeto se obterá uma estimativa do comprimento da tubagem entre o ponto de aquecimento de água e os respetivos pontos de utilização da água quente.

### 3.6. Aproveitamento de água da chuva

De modo a garantir a fiabilidade do processo de cálculo, serão seguidos os critérios estabelecidos na especificação técnica ANQIP (ETA 0701):

Estudos de pluviosidade

Os estudos de pluviosidade deverão recorrer a dados de fontes oficiais e representativos da região em questão (períodos não inferiores a 10 anos).

- Neste caso, uma vez que se pretende fazer uma análise mais pormenorizada deste tipo de sistema, através da utilização de dados de precipitação horária, serão utilizados os dados disponíveis (15:00 h de dia 15 de outubro de 2001 até às 15:00 h de dia 30 de julho de 2008) no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

Sistema de desvio *first-flush*

É recomendável que o funcionamento deste dispositivo seja automático. O volume a ser desviado poderá ser determinado de duas formas:

- Com base no tempo – Volume correspondente aos primeiros 10 minutos de precipitação, podendo tomar valores mais baixos quando o intervalo entre precipitação for inferior a quatro dias (nunca inferior a 2 minutos);

- Com base na área de captação e altura de precipitação pré-estabelecida (0,5-8,5 mm):

$$V_d = P \times A \quad (4)$$

$V_d$  – Volume a desviar do sistema (litros)  
 $P$  – Altura de precipitação (mm) admitida para o *first-flush*  
 $A$  – Área de captação (m<sup>2</sup>)

- Para determinar o volume de desvio *first-flush* será utilizado o segundo método indicado, recorrendo à área de captação e altura de precipitação. Relativamente à altura de precipitação é assumido o valor de 1 mm (valor sugerido por Neves *et al.* (2006)).

Volume anual de água da chuva a aproveitar

É possível determinar este mesmo volume a partir da seguinte expressão:

$$V_a = C \times P \times A \times \eta_f \quad (5)$$

$V_a$  - Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)  
 $C$  - Coeficiente de *run off* da cobertura  
 $P$  - Precipitação média acumulada anual (mm)  
 $A$  - Área de captação (m<sup>2</sup>)  
 $\eta_f$  - Eficiência hidráulica da filtragem

O valor de  $C$  a utilizar num projeto deve ter em conta as retenções, absorções e desvios de águas, sendo recomendados os seguintes valores:

- Coberturas impermeáveis (telha, cimento, asfalto, etc.) – 0,8
- Coberturas planas com gravilha – 0,6
- Coberturas verdes extensivas (Plantação de árvores e arbustos) – 0,5
- Coberturas verdes intensivas (Plantação de flores e ervas) – 0,3

Relativamente ao valor de eficiência hidráulica da filtragem ( $\eta_f$ ), admitindo uma manutenção e limpeza regulares, este pode tomar o valor de 0,9.

- Uma vez que irão ser trabalhados dados de precipitação horária, o volume de água da chuva a aproveitar será também horário. Posto isto, é calculada a área de captação através da consulta do projeto do edifício, admitindo-se os seguintes valores para as restantes incógnitas:

- $\eta_f = 0.9$
- $C = 0.8$

Reservatório de armazenamento

É de referir que o volume total do reservatório ( $V_t$ ) poderá ser consideravelmente superior ao volume útil ( $V_u$  – Volume utilizado no edifício de habitação), no entanto, para efeitos de dimensionamento, não devem ser considerados períodos de armazenamento superiores a 30 dias, de forma a evitar o desenvolvimento de organismos:



- Moradias unifamiliares (Método Abreviado Alemão)

Em zonas com pluviosidades mínimas entre 500 e 800 mm por ano e para consumos domésticos pouco variáveis ao longo do ano, é recomendado um volume útil que, simultaneamente, satisfaça os seguintes indicadores:

- 25 a 50 litros por m<sup>2</sup> de telhado
- 800 a 1000 litros por habitante

Portanto, por exemplo, para uma família de quatro pessoas, e uma área de captação de 100 m<sup>2</sup>, a partir da aplicação do Método Abreviado Alemão, resulta que o volume útil ( $V_u$ ), será aproximadamente 4-5 m<sup>3</sup>.

- Para proceder ao dimensionamento do reservatório (localizado debaixo do solo) proceder-se-á a uma simulação dinâmica do nível de água aproveitada, de modo a maximizar o aproveitamento de água da chuva, sendo posteriormente o resultado obtido comparado com o obtido através da aplicação do método indicado (Método Abreviado Alemão). Para tal será necessária a estipulação dos consumos ocorridos relativamente a este sistema.

#### Obtenção dos resultados

Após o devido dimensionamento do sistema adequado ao edifício de habitação em estudo, será não só analisada a percentagem de satisfação dos consumos, como também a quantidade de água aproveitada face à disponibilizada pelo fenómeno de precipitação.

### 3.7. Aproveitamento de águas cinzentas

Neste tipo de sistema de reutilização de águas, serão implementados equipamentos semelhantes ao ilustrado na Figura 34 em cada casa de banho. Tal deve-se ao facto de já ser implementado um sistema centralizado de aproveitamento de água da chuva, simplificando desta forma a aplicação destes sistemas no edifício de habitação em questão.

No que ao dimensionamento de cada sistema implementado diz respeito, serão seguidas as dimensões indicadas pela empresa Tectonica-online, apresentadas na Tabela 4.

Posto isto, e de forma a perceber quais os benefícios obtidos através da aplicação destes equipamentos, será realizada uma simulação dinâmica através da compilação dos dados recolhidos para banhos e autoclismos.

<b>Capacidade total</b>	100 L
<b>Altura</b>	240 cm
<b>Largura</b>	85 cm
<b>Profundidade</b>	24 cm

Tabela 4 - Dimensões sistema ECOPLAY (Tectonica-online products).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Avaliação de consumos reais e análise a equipamentos mais eficientes

#### 4.1.1. Casa de banho

##### 4.1.1.1. Autoclismos

Neste equipamento os resultados foram obtidos a partir da instalação de um sensor de caudal no autoclismo do edifício de habitação 1, onde o mesmo foi utilizado por dois adultos (1 Homem e 1 Mulher).

Após recolha dos dados, durante 4 dias (Medição 1º dia a 4º dia) os mesmos foram trabalhados e sintetizados na Tabela 5:

	Medição 1º dia	Medição 2º dia	Medição 3º dia	Medição 4º dia
<b>Volume total diário (L)</b>	46,2	44,2	32,8	36,8
<b>Volume médio (L)</b>	40,0			
<b>Nº descargas</b>	19	17	12	12
<b>Nº médio de descargas</b>	15			
<b>Volume das descargas</b>				
<b>Volume máximo (L)</b>	5,3	6,3	4,7	5,6
<b>Volume mínimo (L)</b>	0,8	0,7	1,0	0,4
<b>Volume médio (L)</b>	2,43	2,60	2,73	3,07

Tabela 5 - Dados estatísticos calculados para o autoclismo.

De forma a perceber qual a variação horária existente nos consumos, estes são ilustrados na Figura 38.

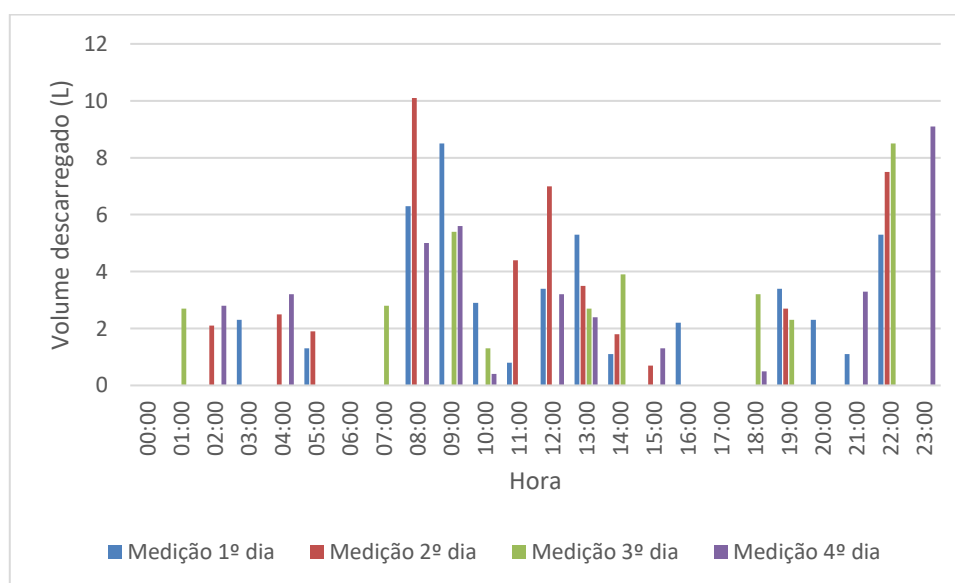


Figura 38 - Representação gráfica da variação horária dos consumos no autoclismo.

Percebe-se, portanto, que os consumos que assumem valores mais significativos ocorrem, normalmente, no período da manhã (8-9h), próximo da hora de almoço (12-13h) e ao fim do dia (22-23h).

Para perceber qual a relação existente entre o número de descargas e o volume descarregado no autoclismo, são novamente analisados os dados recolhidos, dos quais se retiram os dados apresentados na Figura 39.

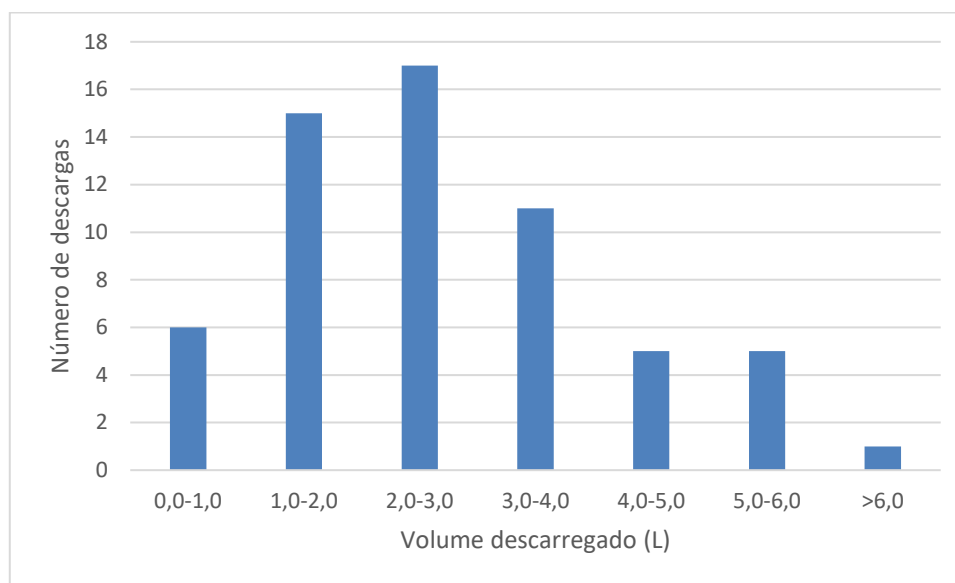


Figura 39 - Relação entre o número de descargas realizadas e o volume descarregado.

É então possível aferir que é realizado um maior número de descargas de baixo volume, sendo mais frequentes nos intervalos de 1,0-2,0 L e 2,0-3,0 L.

Dado que os resultados apresentados na Tabela 5 dizem respeito a dois adultos, depreende-se que o número médio de descargas de uma pessoa por dia será entre as 7 e as 8, e o volume médio descarregado por dia, por pessoa, é de 20 litros.

Segundo Pedroso (2009), uma pessoa, gasta por dia, cerca de 30 litros no autoclismo. Este valor é superior ao obtido, no entanto o mesmo é justificado porque, embora não seja implementado nenhum equipamento mais eficiente, assume-se que os resultados obtidos são otimizados. Tal deve-se ao facto de os resultados terem sido obtidos através de um autoclismo com interrupção de descarga, utilizado por utilizadores conscientes.

#### 4.1.1.2. Banho

Dado que a quantidade de água consumida durante o banho poderá diferir caso o utilizador seja do sexo masculino ou feminino, neste ponto, após a recolha e tratamento dos dados, os resultados obtidos são apresentados separadamente (Tabelas 6 e 7):

Ocupante A (Homem)				
	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4
<b>Volume total (L)</b>	35,3	23,1	28,4	29

Tabela 6 - Resultados obtidos para o banho do Ocupante A (Homem).

<b>Ocupante B (Mulher)</b>					
	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5
<b>Volume total (L)</b>	35,2	29	28,3	74,9	40,9

Tabela 7 - Resultados obtidos para o banho do Ocupante B (Mulher).

Uma vez que neste ponto apenas se pretende obter o consumo de um utilizador (independentemente do género), é calculado o consumo médio a partir das 9 medições realizadas, do qual se obtém o valor de 36 L. Assumindo que o utilizador apenas tomará um banho por dia, é então obtida a capitação de 36 L/(hab.dia).

O valor apresentado por Pedroso (2009), relativamente ao consumo de água ocorrido no banho é igual a 45 L/(hab.dia). Verifica-se, portanto, que não existe uma grande discrepância entre os valores, podendo a diferença entre os mesmos estar associada ao bom comportamento dos utilizadores ou à fase do ano em que ocorreram as medições (julho e agosto).

#### 4.1.1.3. Lavatório

Relativamente aos restantes equipamentos da casa de banho apenas é considerada a utilização do lavatório. Posto isto, foi realizada a medição dos consumos ocorridos durante quatro dias, de onde resultaram os resultados apresentados (Tabela 8):

<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>
39,45	57,56	49,19	32,42

Tabela 8 - Resultados obtidos relativamente aos consumos no lavatório da casa de banho (L).

Procedendo ao cálculo da média dos valores apresentados, é obtido o valor aproximado de 44,66 L/dia. Dado que os consumos apresentados dizem respeito ao consumo diário de duas pessoas, resulta que o consumo por pessoa será de 22,33 L/(hab.dia), valor relativamente próximo do indicado por Pedroso (2009), 16 L/(hab.dia).

#### 4.1.2. Usos exteriores

##### 4.1.2.1. Rega jardim

Para a obtenção de dados relativamente à rega de jardins, foram realizadas medições em dois jardins distintos (Apêndice 3), pretendendo-se verificar a diferença que existe em termos de consumos de água, dependendo do tipo de cultura aplicada no jardim.

Desta forma, os resultados obtidos nas medições realizadas foram os seguintes:

- ✧ Jardim 1 (Edifício de habitação 1):
  - Área total: 88 m<sup>2</sup>;
  - Árvores de pequeno porte, arbustos e algumas flores;
  - Método de rega: Mangueira
    - Medição 1:
      - Volume total consumido: 430,5 litros
      - Duração: 18 minutos

- Medição 2:
  - Volume total consumido: 462,0 litros
  - Duração: 24 minutos
- ◇ Jardim 2 (Edifício de habitação 2):
  - Área total: 68 m<sup>2</sup>;
  - Árvores de pequeno porte, plantas e relva;
  - Método de rega: Aspersores
    - Medição 1:
      - Volume total consumido: 1190,7 litros
      - Duração: 29 minutos
    - Medição 2:
      - Volume total consumido: 1197,7 litros
      - Duração: 28 minutos
  - Método de rega: Mangueira
    - Medição 3:
      - Volume total consumido: 1345,6 litros
      - Duração: 32 minutos

A partir dos dados obtidos é possível verificar que embora a área do jardim 1 seja superior, os consumos de água são consideravelmente inferiores, o que se deverá ao facto de as culturas aplicadas no jardim serem diferentes, nomeadamente a cultura de relva no jardim 2. Observando apenas os resultados obtidos para o jardim 2, é possível aferir que os aspersores são uma melhor alternativa de rega, uma vez que apresentam consumos inferiores comparativamente à mangueira, para além de que são mais cómodos de utilizar uma vez que não requerem a presença do utilizador. Estes poderão, portanto, ser considerados equipamentos mais eficientes, quando equiparados à utilização da mangueira.

Utilizando o edifício em análise como objeto de estudo neste ponto, será então considerada a aplicação de uma cultura semelhante ao jardim 1 à entrada da casa, e um semelhante ao jardim 2 nas traseiras. Desta forma, é calculada a média dos consumos obtidos nas medições 1 e 2 para ambos os jardins, sendo obtidos os valores de 446,3 litros e 1194,2 litros, respetivamente. A partir da soma dos valores obtidos, resultam 1640,5 litros por rega. De modo a obter o número de vezes em que é realizada a rega do jardim, por ano, é considerado um período de rega de dois em dois dias nos períodos quentes (maio a setembro), e analisados os dados de precipitação horária, de modo a que em casos de precipitação considerável a mesma não seja realizada.

Posto isto, foi obtido o seguinte número de regas para os diferentes anos (Figura 49):

Ano	Número de regas
2002	67,00
2003	69,00
2004	66,00
2005	70,00
2006	67,00
2007	65,00

Tabela 9 - Número de regas realizadas por ano.

Visto que os dados relativos aos anos 2001 e 2008 não se encontram completos, são apenas considerados os anos de 2002 a 2007 neste ponto. Assim, o número médio de regas realizadas corresponde a 67. Como visto anteriormente, em cada rega realizada são consumidos 1640,5 litros, logo serão consumidos anualmente em rega de jardim cerca de 109914 litros ( $67 \text{ regas} * 1640,5 \text{ litros/regas}$ ), que correspondem a 301,1 litros por dia.

Caso a rega do jardim fosse apenas realizada com recurso à mangueira, seriam consumidos 1791,9 litros por rega, o que resultaria num consumo anual de 120057 litros, o que indica que, através da utilização dos aspersores, deverá haver uma poupança anual de cerca de 10143 litros.

#### 4.1.2.2. Lavagem de pavimentos exteriores

No que diz respeito à lavagem de pavimentos, pretende-se obter a quantidade de água consumida por metro quadrado a partir do respetivo consumo de água, aquando da lavagem de pavimentos, e da área da superfície lavada. Tendo sido realizada esta experiência, obteve-se um consumo de 1177,5 litros, correspondente a 270 m<sup>2</sup> de área lavada. Posto isto, o resultado obtido corresponde a aproximadamente 4,4 L/m<sup>2</sup>.

A partir de consulta do projeto em análise verifica-se que os pavimentos dos terraços ocupam cerca de 40 m<sup>2</sup>. Considerando também a lavagem dos pavimentos de entrada do edifício e da garagem, poderá assumir-se uma área total a ser lavada igual a 100 m<sup>2</sup>, pelo que por cada lavagem deverão ser consumidos cerca de 440 litros de água.

Uma vez que se admite a lavagem de pavimentos como sendo mensal, e após os devidos cálculos, resulta que este consumo corresponde a 5280 L/ano.

#### 4.1.2.3. Lavagem de veículo

Relativamente à lavagem de veículo, é medido o volume de água consumido aquando da realização desta atividade. Como tal foram realizadas duas medições, diferindo no equipamento utilizado. Para a medição 1 foi utilizada uma mangueira normal, ao passo que na medição 2 foi utilizada uma agulheta, semelhante à indicada na Figura 40, em conjunto com a mangueira. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 41.



Figura 40 - Agulheta (Helitene, 2018).

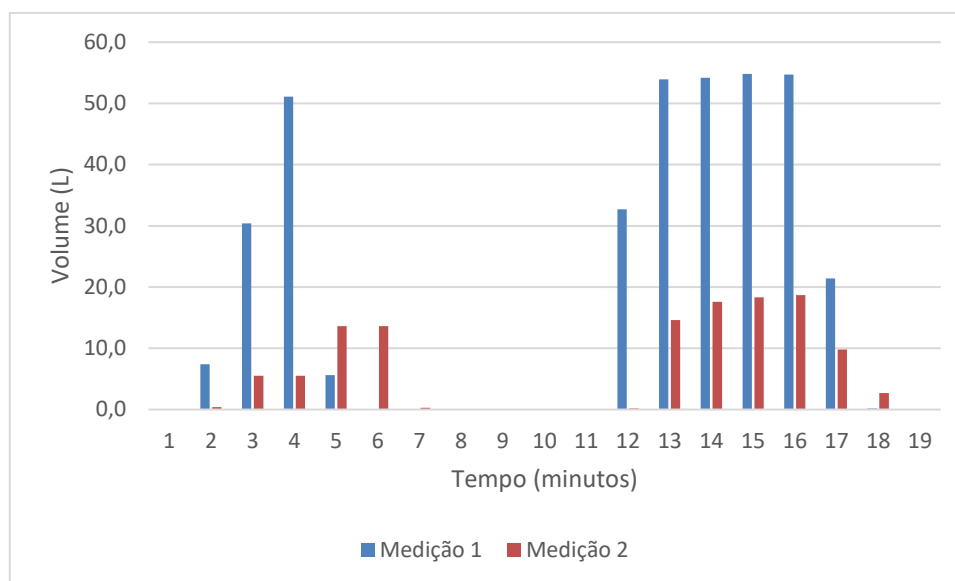


Figura 41 - Resultados obtidos na lavagem do veículo.

A partir da consulta da Figura 41 é possível verificar que os resultados diferem claramente, tendo sido consumidos, na medição 1 o total de 366,5 litros, enquanto que para a medição 2 foram consumidos apenas 120,8 litros, o que corresponde a um consumo cerca de 3 vezes inferior. A aplicação da agulheta permite uma drástica redução do consumo de água, pelo que este equipamento é considerado como mais eficiente.

### 4.1.3. Cozinha

#### 4.1.3.1. Lava loiça

A cozinha é por norma utilizada diariamente. Através da instalação de sensores de caudal, foram verificados os consumos durante todo o dia, em 4 dias distintos. Os resultados obtidos foram separados segundo a finalidade de utilização do equipamento, isto é, preparação de alimentos para as refeições, lavagem de loiça à mão, e ainda outros consumos (Tabela 10).

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Média
<b>Preparação de alimentos</b>	138,3	139,8	111,3	81,8	117,8
<b>Lavagem de loiça</b>	115,0	106,0	94,4	86,9	100,6
<b>Outros</b>	11,9	2,8	4,7	8,3	6,9
<b>Total</b>	265,2	248,6	210,5	177,0	225,3

Tabela 10 - Resultados obtidos para o lava loiça da cozinha (L).

Os resultados apresentados permitem concluir que os consumos associados à preparação de alimentos se aproximam dos consumos que ocorrem na lavagem da loiça. Em média, foram utilizados cerca de 118 litros de água por dia na preparação dos alimentos, enquanto que para a lavagem de loiça foram utilizados aproximadamente 100 litros. Relativamente aos consumos totais ocorridos no lava loiça, é obtido o valor de 225,3 litros por dia.

Dado que os valores apresentados dizem respeito a 4 pessoas, a cada habitante será associado o consumo total médio de 56,3 L/(hab.dia).

Uma vez que será possível verificar-se alguma discrepância entre os consumos ocorridos na lavagem de loiça à mão e na utilização da máquina de lavar loiça, será pertinente a realização desta análise, de forma a ser empregue o resultado mais favorável, isto é, aquele que apresente menores consumos de água associados ao serviço.

Posto isto pretender-se-á verificar se os consumos associados à utilização da máquina de lavar loiça são, ou não, inferiores ao consumo médio diário, associado à lavagem de loiça à mão, igual a 25,2 L/(hab.dia).

#### **4.1.3.1. Máquina de lavar loiça**

Após a devida instalação do sensor de caudal, procedeu-se à medição do volume de água utilizado pelo equipamento (Ariston LSE 730 T), sendo obtido o resultado de 21,96 litros. Uma vez que é assumida a utilização diária do equipamento, para lavagem de loiça de 4 pessoas, o resultado apresentado resulta em aproximadamente 5,5 L/(hab.dia).

Resulta, portanto, que o volume utilizado na lavagem de loiça, utilizando a máquina de lavar loiça (5,5 L/(hab.dia)), é inferior ao utilizado através da lavagem de loiça à mão (25,2 L/(hab.dia)).

Dado que se verifica vantajosa a utilização da máquina de lavar loiça em detrimento da lavagem de loiça à mão, devem, para a situação de otimização dos consumos, ser considerados para o lava loiça apenas os consumos registados para a preparação de alimentos e outros. Neste caso o consumo médio diário será igual a 124,7 L/dia (para 4 pessoas) que corresponderá a aproximadamente 31,2 L/(hab.dia),

Segundo Pedroso (2009) são utilizados 15 L/(hab.dia) na preparação de alimentos e 4 L/(hab.dia) na máquina de lavar loiça, o que mostra que existe alguma diferença entre os valores na preparação de alimentos, e que se poderá dever ao tipo de alimentos confeccionados ou comportamento por parte dos utilizadores. Relativamente à máquina de lavar loiça, os valores apresentados são muito próximos.

No que diz respeito à lavagem de loiça à mão e utilização da máquina de lavar loiça, segundo Stamminger (2007), são utilizados 103 litros e entre 15 a 22 litros, respetivamente, o que vai de encontro aos resultados que foram obtidos através das medições realizadas.

#### **4.1.4. Máquina de lavar roupa**

Para proceder ao registo dos consumos de água em máquinas de lavar roupa foram utilizados dois modelos diferentes: Zanussi Wasmachine ZWG 5165 (Medições 1 a 4) e Bosch Classixx 6 (Medições 5 a 10), não se tendo verificado discrepância entre os resultados dos dois modelos (Tabela 11). De forma a verificar as diferenças ocorridas em termos de consumo foram utilizados diferentes programas, em 10 medições efetuadas:

- 5 lavagens a 40°C
- 3 lavagens a frio
- 1 lavagem a 30°C
- 1 lavagem a 60°C

Assumindo que os programas utilizados na lavagem de roupa variam de forma idêntica à registada, é então possível empregar os resultados verificados (Tabela 11) ao edifício de habitação em fase de projeto analisado.



Volume total consumido (L)	
Medição 1 (40°C)	48,2
Medição 2 (30°C)	41,7
Medição 3 (40°C)	72,5
Medição 4 (40°C)	45,8
Medição 5 (frio)	65,6
Medição 6 (40°C)	72,9
Medição 7 (frio)	68,9
Medição 8 (60°C)	52,8
Medição 9 (frio)	65,9
Medição 10 (40°C)	42,8

Tabela 11 - Resultados obtidos para a utilização da máquina de lavar roupa.

Uma das conclusões possíveis de verificar a partir dos resultados observados é que o volume de água utilizada pode variar dentro do mesmo programa utilizado. Tal dever-se-á à variação de carga aplicada em cada lavagem. Será, portanto, admitido que a variação da carga utilizada na lavagem de roupa para o edifício sob análise será idêntica. De referir que, para a mesma temperatura, são também utilizados programas diferentes dependendo do tipo de tecido da roupa.

Partindo destes mesmos pressupostos pode então concluir-se que por cada utilização da máquina de lavar roupa, serão consumidos em média 57,7 L, no edifício de habitação a analisar.

Segundo Stamminger (2007), para quatro pessoas, são realizadas 6,4 lavagens por semana, sendo que neste caso é assumida uma utilização diária.

É então obtido o valor aproximado de 14,4 L/(hab.dia) relativamente à utilização da máquina de lavar roupa, valor relativamente próximo ao indicado por Pedroso (2009) de 10 L/(hab.dia).

#### 4.1.5. Repartição dos consumos de água

Após verificação dos resultados apresentados anteriormente, é possível proceder à repartição dos consumos (sem aplicação de medidas de poupança de água), sendo obtidos os resultados apresentados na Tabela 12:

Tipo de consumo	Consumo total anual (L)	Percentagem
Autoclismo	29200	8,5%
Banho	52560	15,2%
Lavatório	32558	9,4%
Rega jardim	120057	34,8%
Lavagem de pavimentos	5280	1,5%
Lavagem de veículo	2199	0,6%
Lava loiça	82235	23,8%
Máquina de lavar loiça	0	0%
Máquina de lavar roupa	21061	6,1%
<b>Total</b>	<b>345149</b>	<b>100%</b>

Tabela 12 - Repartição dos consumos para o edifício de habitação em estudo.

A partir dos resultados apresentados, onde é assumida a ocupação da casa em permanência, é, portanto, possível verificar que grande parte dos consumos ocorridos no edifício se devem à rega do jardim, seguindo-se o banho e o lava-loiça.

## 4.2. Recirculação de água nas tubagens

De modo a perceber o volume de água aproveitado, a partir da implementação desta medida, foi realizada a experiência indicada no ponto 3.5, da qual foram obtidos os resultados ilustrados na Figura 42.

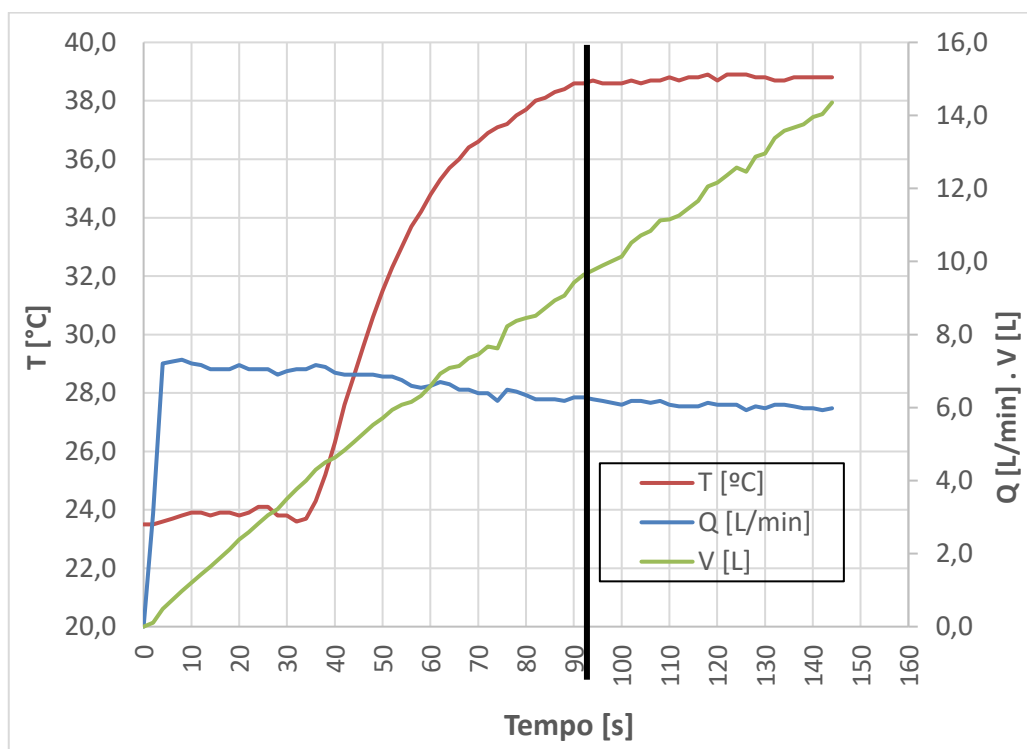


Figura 42 - Resultados obtidos a partir da experiência para a recirculação de água nas tubagens.

A partir da Figura 42 é possível verificar que até ser atingida a temperatura desejada decorreram aproximadamente 90 segundos, tendo sido nesse período de tempo desperdiçados cerca de 10 litros de água. A partir de verificação *in situ* estima-se que os dados relativamente à tubagem do local de medição sejam os apresentados na Tabela 13:

Material	L (m)	Di (m)	V (L)
Inox	1,5	0,014	0,23
Galvanizado	10	0,02	3,14
PEX	8	0,01	0,63
<b>Total</b>	<b>19,5</b>		<b>4,00</b>

Tabela 13 - Características da tubagem do local de realização da experiência.

A tubagem apresenta 3 secções diferentes: uma de inox (ao sair do cilindro), outra de tubo galvanizado (dentro da parede até à caixa de distribuição) e finalmente tubo PEX até à torneira (incluído o tubo do chuveiro no comprimento do tubo PEX).

A partir da verificação da Figura 48 percebe-se que até existir variação da temperatura são gastos cerca de 4 litros (volume correspondente ao da tubagem, indicado na Tabela 13).

Uma vez que se torna complexo (pouco exato) assumir a periodicidade de utilização de cada uma das casas de banho, assume-se a utilização diária de casa de banho por cada habitante, sendo utilizado o valor médio do comprimento das tubagens para todas as casas de banho do edifício de habitação para efeitos de cálculo do volume desperdiçado. O edifício de habitação será composto por 4 casas de banho, sendo que, a partir da consulta do projeto, se estima que os respetivos comprimentos de tubagem sejam, aproximadamente, os seguintes:

- Casa de banho 1 - 21,3 m
- Casa de banho 2 - 23.8 m
- Casa de banho 3 - 24.8 m
- Casa de banho 4 - 13.5 m

O valor médio obtido para o comprimento da tubagem é igual a 20,85 m. Uma vez que são admitidas as mesmas características indicadas anteriormente para a tubagem, conjugando este resultado ao obtido anteriormente, prevê-se o desperdício aproximado de 12,64 litros por cada utilização. Uma vez que haverá utilização diária por parte dos 4 habitantes do edifício, a partir da aplicação da medida em estudo, serão poupados cerca de 50,56 L/dia, que representarão uma poupança de 18454,4 litros ao fim de um ano.

### 4.3. Aproveitamento de água da chuva

De modo a proceder à simulação horária no nível do reservatório, são não só necessários os dados de precipitação (indicados no ponto 3.6) de forma a possibilitar o cálculo do volume captado e de *first-flush* como também os dados relativos aos consumos do volume de água aproveitado. Desta forma foram estabelecidas as seguintes condições:

- Máquina de lavar roupa: Utilização diária (18h-20h); 57,7 litros/lavagem
- Rega do Jardim: Rega de dois em dois dias no período de início de maio a final de setembro (adaptado segundo os dados de precipitação; 20h-22h); 1640,5 litros/rega
- Lavagem do veículo: Lavagem de dois em dois meses (14h-16h); 120,8 litros/lavagem
- Lavagem de pavimentos: Lavagem mensal (10h-12h); 440 litros/lavagem

Uma vez que os dados de precipitação relativos aos anos de 2001 e 2008 não se encontram completos, os mesmos não foram considerados para o efeito.

Após tratamento dos dados como indicado e simulação horária do nível de água no reservatório de armazenamento do sistema, os resultados obtidos relativamente à satisfação dos consumos são os indicados de seguida nas Tabelas 14 e 15:

**Capacidade do reservatório de armazenamento**

Ano	1000 L	2000 L	3000 L	4000 L	5000 L	6000 L	7000 L	8000 L
2002	21,33	25,92	28,61	30,26	31,72	32,88	33,61	34,34
2003	16,42	18,92	20,35	21,76	22,71	23,41	24,12	24,82
2004	16,72	22,17	25,09	27,62	29,80	31,26	32,20	32,93
2005	12,24	16,29	18,44	20,37	21,06	21,76	22,46	23,15
2006	15,42	19,25	22,14	24,57	26,73	28,90	30,57	32,02
2007	15,90	21,62	25,68	28,33	30,57	32,81	34,64	36,13

Tabela 14 - Satisfação dos consumos, em percentagem, segundo o volume do reservatório de armazenamento (1).

**Capacidade do reservatório de armazenamento**

Ano	9000 L	10000 L	11000 L	12000 L	13000 L	14000 L	15000 L
2002	35,06	35,79	36,52	37,25	38,06	38,79	39,52
2003	25,53	26,23	26,94	27,64	28,35	29,05	29,76
2004	33,66	34,39	35,12	35,85	36,58	37,31	38,04
2005	23,85	24,55	25,24	25,94	26,64	27,33	28,03
2006	33,28	34,00	34,72	35,44	36,17	36,89	37,61
2007	37,62	38,83	39,57	40,32	41,06	41,81	42,56

Tabela 15 - Satisfação dos consumos, em percentagem, segundo o volume do reservatório de armazenamento (2).

Através dos resultados apresentados nas Tabelas 14 e 15, foi criado o gráfico da Figura 43, de forma a ilustrar a evolução da satisfação dos consumos, segundo a capacidade de armazenamento do reservatório.

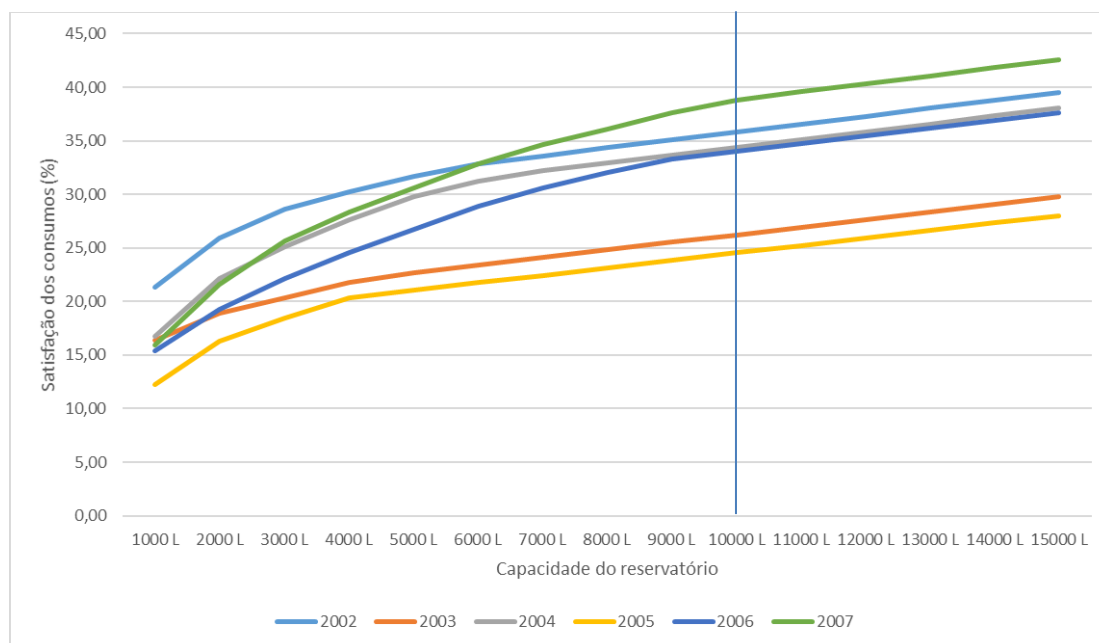


Figura 43 - Ilustração da satisfação dos consumos segundo a capacidade do reservatório para efeitos de dimensionamento.

É possível verificar, a partir da Figura 52, que a satisfação dos consumos aumenta com o aumento do volume do reservatório, no entanto a partir dos 10000 litros de capacidade do reservatório verifica-se que a evolução é menor em todas as séries consideradas.

Dado que a área de captação é igual a 261,53 m<sup>2</sup> e o edifício de habitação terá 4 habitantes, segundo o Método Abreviado Alemão a capacidade do reservatório deverá ficar entre 6538,25 litros (25 L/m<sup>2</sup>) e 13076,50 litros (50 L/m<sup>2</sup>), o que vai de encontro ao obtido através da simulação realizada.

Como tal, será assumida a capacidade de 10000 litros para efeitos de dimensionamento no edifício em questão.

Posto isto, os resultados obtidos relativamente à implementação do sistema com um reservatório de armazenamento de 10000 litros são os seguintes (Tabela 16):

<b>Reservatório de armazenamento de 10000 l</b>			
<b>Ano</b>	<b>Consumos totais (L)</b>	<b>Consumos satisfeitos (L)</b>	<b>% Consumos satisfeitos</b>
<b>2002</b>	136978,80	49022,15	35,79
<b>2003</b>	141900,60	37225,51	26,23
<b>2004</b>	137036,80	47127,02	34,39
<b>2005</b>	143541,10	35233,09	24,55
<b>2006</b>	138619,60	47133,66	34,00
<b>2007</b>	134069,20	52053,94	38,83

Tabela 16 - Resultados obtidos para um reservatório de armazenamento de 10000 litros.

Uma vez que existem variações nos resultados obtidos, de forma a estimar o volume aproveitado anualmente, através da implementação do sistema, serão considerados os valores médios dos indicados na Tabela 16. Resulta, portanto, que a percentagem dos consumos satisfeitos é igual a 32,30% de um total de 138691,02 litros/ano, o que corresponde ao aproveitamento de 44793,89 litros/ano.

No que diz respeito à precipitação, verificou-se que em média chovem, em Coimbra, 742,13 mm, que equivalem a 194090,13 litros de água por ano (para uma área de captação de 261,5 m<sup>2</sup>), o que indica que face ao aproveitamento verificado anteriormente, são aproveitados 23,08% do volume de água precipitada. Relativamente à variação média do nível de água no reservatório, ao longo de um ano, foi possível verificar que nos meses de inverno é recolhido um volume superior de água da chuva, uma vez que a ocorrência de precipitação é mais frequente, comparativamente aos meses de verão. Por sua vez, os consumos são superiores nos meses de verão devido à rega dos jardins (Figura 44).

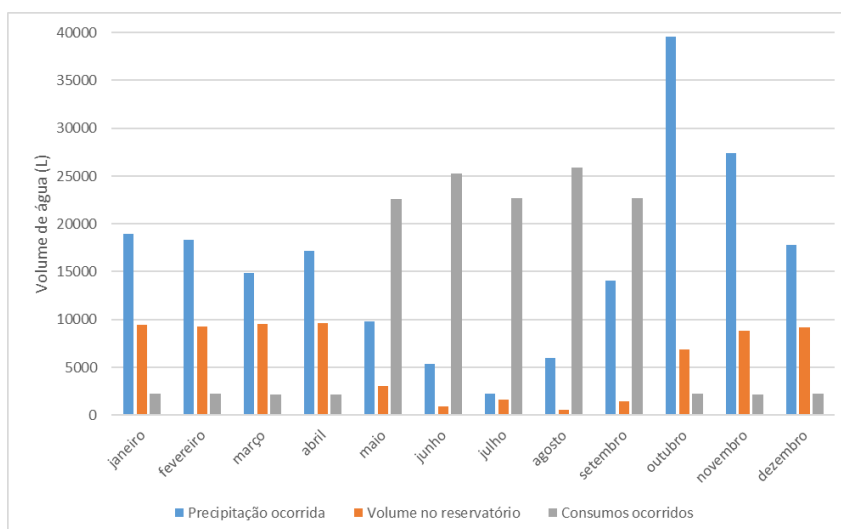


Figura 44 - Variação da precipitação ocorrida, volume no reservatório e consumos ocorridos, ao longo do ano.

### 4.4. Aproveitamento de águas cinzentas

Tal como indicado no ponto 3.7, após a recolha e tratamento dos dados do autoclismo e do banho de 4 dias, e conjugando os mesmos com os dados obtidos para a recirculação de água nas tubagens, é realizada uma simulação dinâmica de hora a hora, de forma a perceber qual o aproveitamento obtido. Sendo o sistema de aproveitamento de águas cinzentas o foco deste ponto, as entradas dirão respeito às águas do banho, as saídas, ao autoclismo, e a variação representará o volume acumulado no reservatório de armazenamento do sistema. O volume de água armazenado no sistema de um dia corresponderá ao volume acumulado inicial do dia seguinte, tornando esta uma simulação contínua de 4 dias. Os resultados obtidos, sem restrição do volume do reservatório são apresentados na Figura 45:

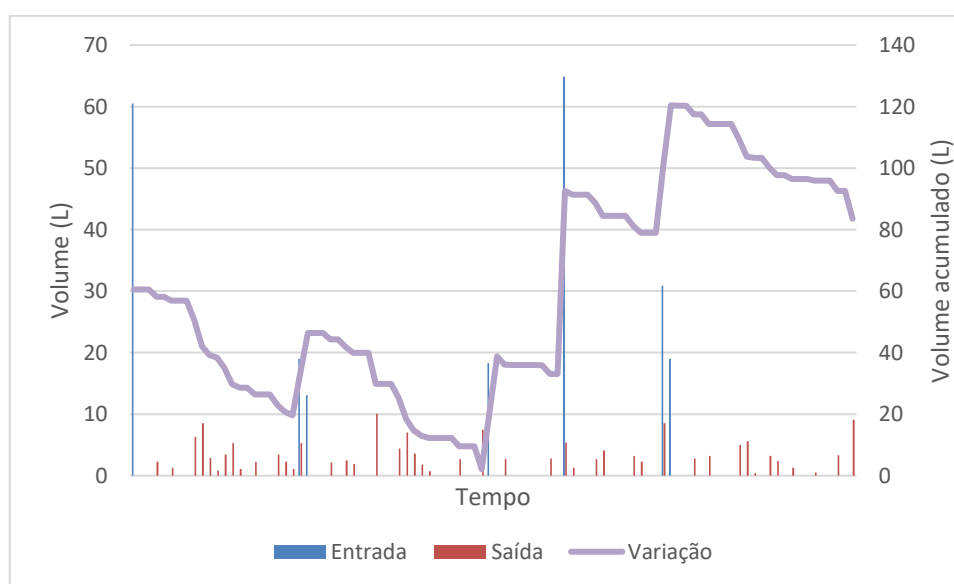


Figura 45 - Simulação obtida para 4 dias, sem restrições no volume do sistema de aproveitamento de águas cinzentas.

A partir da Figura 45 é então possível perceber que o volume de água a aproveitar supera o volume de água aproveitado pelo que existirá uma parte do volume que será rejeitado. Uma vez que o sistema de aproveitamento de águas cinzentas tem uma capacidade total de 100 litros (Tabela 4), é necessário inserir a restrição de volume máximo na simulação realizada (Figura 46).

Após a inclusão da restrição de volume no sistema, verifica-se que o serviço de descarga de autoclismos é assegurado na sua totalidade.

Assumindo a total satisfação do serviço de descarga de autoclismos, e uma vez que o resultado obtido para a utilização dos mesmos foi de 20 litros/(hab.dia), para o edifício em questão, é prevista uma poupança anual de 29200 litros.

Nesta análise não foi tido em conta o facto de os habitantes se ausentarem do edifício de habitação durante o dia, no entanto, não existe qualquer problema associado, uma vez que tal resultaria apenas na melhoria dos resultados obtidos.

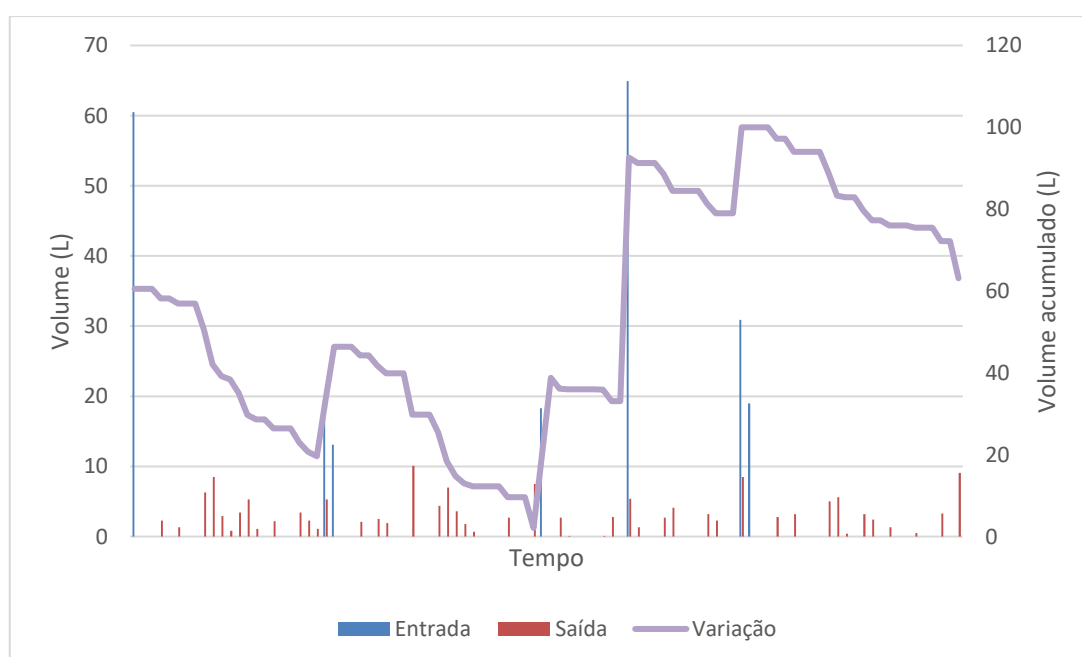


Figura 46 - Simulação obtida para 4 dias, com restrição no volume do sistema de aproveitamento de águas cinzentas.

#### 4.5. Poupança obtida através da aplicação das medidas

Tendo sido, em primeiro lugar, caracterizada a situação sem aplicação de medidas de poupança (ponto 4.1.5), pretende-se, então, obter uma nova repartição dos consumos de água após implementação das medidas indicadas (Tabela 17):

<b>Tipo de consumo</b>	<b>Consumo total anual (L)</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Autoclismo</b>	0	0,0%
<b>Banho</b>	34164,0	24,4%
<b>Lavatório</b>	32558,0	23,3%
<b>Rega jardim</b>	19412,6	13,9%
<b>Lavagem de pavimentos</b>	0	0,0%
<b>Lavagem de veículo</b>	0	0,0%
<b>Lava loiça</b>	45552,0	32,6%
<b>Máquina de lavar loiça</b>	8030,0	5,7%
<b>Máquina de lavar roupa</b>	116,8	0,1%
<b>Total</b>	<b>139833</b>	<b>100%</b>

Tabela 17 - Repartição dos consumos de água potável (L), com aplicação de medidas de poupança

Verifica-se, após implementação das medidas analisadas, e continuando a assumir ocupação do edifício de habitação em permanência, que os serviços de autoclismo, lavagem de pavimentos e lavagem de veículo são completamente assegurados, sendo também o serviço da máquina de lavar roupa assegurado na sua quase totalidade. O consumo total de água potável passa desta forma a ser igual a 139833 litros/ano, para o edifício em questão.

A partir dos resultados apresentados, é, portanto, possível prever que, após a aplicação das medidas indicadas, e para a edifício analisado, deverão ser poupados, por ano, 205316 (59%) litros de água potável.



---

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1. Considerações finais

A água é um recurso que deve ser utilizado de forma adequada pelo Homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e das gerações futuras, uma vez que a sua utilização inconsciente resulta em desperdício. Desta forma, a população deverá procurar soluções capazes de diminuir os consumos de água potável, sem, no entanto, comprometer a qualidade do serviço em questão.

Após a realização do estudo, foi possível verificar que existe uma série de medidas capazes de reduzir os consumos de água potável em edifícios de habitação, sendo a sua aplicabilidade favorecida por edifícios unifamiliares ainda em fase de projeto. Tendo sido obtidos dados reais relativamente aos consumos ocorridos em edifícios de habitação, foi possível aferir que a maior quantidade de água é utilizada para rega do jardim e na cozinha para lavagem de loiça e preparação de alimentos para as refeições, seguindo-se da água utilizada em banhos. Após a implementação das medidas identificadas a um edifício de habitação com 4 habitantes, em fase de projeto, e localizado em Coimbra, verificaram-se os seguintes resultados:

- Anulação dos consumos de água potável (da rede) para descarga de autoclismos, lavagem de pavimentos e lavagem de veículos;
- Vantagem na utilização da máquina de lavar loiça (5,5 L/(hab.dia)), em relação à lavagem de loiça à mão (25,2 L/(hab.dia));
- Assegurado, na sua quase totalidade (99,4%), o serviço de máquina de lavar roupa;
- Redução drástica do consumo de água potável para rega de jardim ( $\approx 84\%$ );
- Aproveitamento de 12,64 litros por cada utilização do banho.

Previamente à aplicação destas medidas o consumo anual seria igual a 345149 litros/ano, passando a ser, após aplicação das medidas analisadas igual a 139833 litros/ano, para o edifício em questão e para as condições estipuladas. Estes resultados apresentam, portanto, no total, uma redução de 59% dos consumos de água potável.

Para além dos resultados obtidos na aplicação destas medidas, poderão ser obtidos melhores resultados, através da aplicação de medidas comportamentais (Ex: melhor gestão na preparação de alimentos) ou aplicação de equipamentos mais eficientes que não tenham sido verificados, como por exemplo, a implementação do sistema de rega gota a gota.

### 5.2. Trabalhos futuros

Tratando-se de uma área que envolve inúmeros fatores e que pode ser abordada de diversas formas, o estudo sobre os consumos de água em edifícios precisa de ser mais trabalhado.

Recomenda-se, portanto, que futuramente se crie um sistema capaz de recolher e analisar automaticamente os dados relativos a uma rede de sensores de caudal, de forma a tornar possível a caracterização detalhada dos consumos ocorridos nos edifícios de habitação para todo o ano. A partir da implementação de um sistema deste tipo pretender-se-ia tornar possível a obtenção de todo o tipo dados relativamente aos consumos de água e segundo diferentes fatores, que poderiam servir de base para um estudo de novas medidas de poupança. O sistema deve ter capacidade de produzir relatórios periódicos de consumo de água, bem como enviar mensagens de alerta aos ocupantes sempre que um qualquer ponto de consumo de água apresente valores acima da média.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3P Technik Filtersysteme GmbH. (2017). Separador de Folha 3P cinza. Acedido em 10 de junho de 2018, em: <http://www.agua-de-chuva.com/51-2-Separador-de-folhas.html>.

Agência Portuguesa do Ambiente (2018). “Relatório do Estado do Ambiente Portugal 2017”. Acedido em 5 de março de 2018 em: <https://rea.apambiente.pt/content/%C3%A1gua-para-consumo-humano>.

Águas de Portugal. (2015). Acedido em 25 de março de 2018, em: <http://www.adp.pt/pt/atividade/o-que-fazemos/o-ciclo-urbano-da-agua/?id=28>.

AKI. (2018). Tudo para Bricolage, Casa e Jardim - AKI, é fácil fazer! Acedido em 21 de julho de 2018, em: <https://www.aki.pt/Conjunto-Chuveiro-Eco-P48699.aspx>

Almeida, M. C., Vieira, P. & Ribeiro, R. (2006). “Uso Eficiente da Água no Setor Urbano”. Guia Técnico 08. IRAR/INAG/LNEC.

Alves, R. V. R. (2010). “Uso eficiente da água em edifícios: Tecnologia, Certificação, Incentivos Económicos”. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

(ANQIP a)) ANQIP (2017). “Eficiência Hídrica: Catálogo Produtos Certificados”.

(ANQIP b)) ETA (2015). “Regulamento do sistema voluntário ANQIP de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos”.

(ANQIP c)) ETA (2015). “Rótulos de eficiência hídrica de produtos. Características e condições de utilização”.

Australian Government. (2017). Water Rating. Acedido em 20 de março de 2018, em: <http://www.waterrating.gov.au/>.

Barroso, L. P. M. (2010). “Construção sustentável - Soluções comparativas para o uso eficiente da água nos edifícios de habitação”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Cardoso, T. O. (2010). “O uso eficiente da água nos edifícios de habitação”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro de 2000. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia. DN/Lusa. (2018, março 7). “Agricultores do Baixo Alentejo reclamam medidas excepcionais e imediatas”. Diário de Notícias. Acedido em 23 de março de 2018, em:

---

<https://www.dn.pt/portugal/interior/seca-agricultores-do-baixo-alentejo-reclamam-medidas-excepcionais-e-imediatas-9167622.html>.

Dores, R. (2018, janeiro 21). “Alentejo ainda precisa do dobro da chuva para sair da seca severa”. Diário de Notícias. Acedido em 23 de março de 2018, em: <https://www.dn.pt/sociedade/interior/alentejo-ainda-precisa-do-dobro-da-chuva-para-sair-da-seca-severa-9062792.html>.

Ecoágua, Ida. (2017). Acedido em 10 de junho de 2018, em: <http://www.ecoagua.pt/obras.php.html> /.

Ecocasa. Acedido em 21 de julho de 2018, em: <https://www.ecocasa.pt/index.php>.

(Ecodepur a)) Ecodepur. (2017). Tecnologias de Proteção Ambiental. Acedido em 10 de junho de 2018, em: <http://www.ecodepur.pt/pt/5/portfolio>.

(Ecodepur b)) Ecodepur. (2017). Reciclador de Águas Cinzentas ECODEPUR® BIOX. Acedido em 10 de junho de 2018, em: <http://www.ecodepur.pt/pt/214/reciclador-de-aguas-cinzentas-ecodepur-biox>.

EPA. (2018). Watersense. Acedido em 20 de março de 2018, em: <https://www.epa.gov/watersense/watersense-label>.

ETA 0701. (2009). “Especificação técnica ANQIP: Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)”.

ETA 0702. (2012). “Especificação técnica ANQIP: Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais”.

EUROSTAT (2007). “Consumers in Europe: Facts and figures on services of general interest”.

G-Store. (2018). Rain harvesting first flush diverter 90mm. Acedido em 10 de junho de 2018, em: <https://www.gstore.com.au/rain-harvesting-first-flush-diverter-90mm.html>.

Helitene. (2018). Acedido em 10 de agosto de 2018, em: <http://www.helitene.pt/prod/tubos-e-acessorios-para-jardim/agulheta/>

Hidraulicart. (2016). Acedido em 21 de julho de 2018, em: <http://www.hidraulicart.pt/loja-online/valvulas-redutoras-pessao/valvula-redutora-de-pess-o-callefi/>

IsOk! é obra! Acedido em 21 de julho de 2018, em: <https://www.isok.pt/sanitarios/torneiras/monocomandos/?pid=6869>

Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro. Diário da república n.º 249 - I Série – A. Assembleia da República.

---

Lusa. (2017, dezembro 14). “Câmara de Viseu suspende na sexta-feira operação de transporte de água”. Público. Acedido em 23 de março de 2018, em: <https://www.publico.pt/2017/12/14/sociedade/noticia/camara-de-viseu-suspende-na-sextafeira-operacao-de-transporte-de-agua-1795989>.

Marques, J. A. S. & Sousa, J. J. O. (2014) “Hidráulica Urbana: Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais”. 3ª edição, Imprensa da Universidade de Coimbra.

Matos, C., Pereira, S., Amorim, E. V., Bentes, I. & Briga-Sá, A. (2014). “Wastewater and greywater reuse on irrigation in centralized and decentralized systems - An integrated approach on water quality, energy consumption and CO2 emissions”. *Science of Total Environment*, 493: 463-471.

Mendonça, C. & Silva, C. C. (2018, março 22). “Num mundo cada vez mais árido, a água vai perdendo terreno”. Público. Acedido em 23 de março de 2018, em: <https://www.publico.pt/2018/03/22/infografia/num-mundo-cada-vez-mais-arido-a-agua-vai-perdendo-terreno-258>.

Neves, M. V. & Martins, D. S. (2009). “Uso eficiente da água nos edifícios. Aspectos técnicos, certificação ambiental e incentivos económicos”. 4.ª Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Neves, M., Bertolo, E., & Rossa, S. (2006). “Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos – Water reuse in buildings”. 1.ª Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Paraíso, F. (2013). “Uso Sustentável da Água: Certificação Hídrica em Edifícios”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.

Pedroso, V. M. R. (2009). “Medidas para uso mais eficiente da água nos edifícios”. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Pires, V. C., Silva, A., & Mendes, L. (2010). “Riscos de secas em Portugal Continental”. Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Universidade de Coimbra.

(PNUEA) Agência Portuguesa do Ambiente (2012). “Programa Nacional para o Uso Eficiente da água”.

Pontos de Vista. (2017, outubro 26). “Viseu: Barragem de Fagilde vai ter reforço de água devido à seca”. Pontos de Vista. Acedido em 23 de março de 2018, em: <http://pontosdevista.pt/2017/10/26/viseu-barragem-fagilde-vai-ter-reforco-agua-devido-seca/>.

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

---

RTP. (2017, novembro 17). “Distrito de Viseu é o mais afetado pela seca”. Repórter Ana Felício, RTP. Viseu: Barragem de Fagilde. Acedido em 23 de março de 2018, em: [https://www.rtp.pt/noticias/pais/distrito-de-viseu-e-o-mais-afetado-pela-seca\\_v1041250](https://www.rtp.pt/noticias/pais/distrito-de-viseu-e-o-mais-afetado-pela-seca_v1041250).

Sanches, J. F. T. S. (2012). “O regime jurídico e a gestão das bacias internacionais partilhadas por Portugal e Espanha. A Convenção de Albufeira e as suas implicações”. Curso de pós-graduação de atualização em Direito da água. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa.

Santos, F. D., Forbes, K. & Moita R. (2002). “Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures SIAM Project”. 1.ª edição. Gradiva, Lisboa.

Santos, F.D. & Miranda, P. (2006). "Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II". Gradiva, Lisboa.

Stamminger, R. (2007). “Lot 14: Domestic Washing Machines and Dishwashers. Economic and Market Analysis”. Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs. Energy. SustentArqui. Acedido em 21 de julho de 2018, em: <https://sustentarqui.com.br/produtos/arejador-para-torneira/>

Tectonica-online products. “Bath and Shower Water Recycling System”. Acedido em 31 de março de 2018, em: [http://www.tectonica-online.com/products/1597/recycling\\_system\\_water\\_shower\\_bath\\_ecoplay/](http://www.tectonica-online.com/products/1597/recycling_system_water_shower_bath_ecoplay/).

Teixeira, R. M. M. (2015). “Uso Sustentável da Água: Avaliação de Benefícios adotando Eficiência Hídrica em Edifícios”. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.

Tomaz, P. (2009). “Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis”.

Tomaz, P. (2010). Volume 1. “Aproveitamento de água de chuva”.

United Nations. World Population Prospects 2017. Acedido em: 20 de abril de 2018, em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/>.

(WaterSense a)) EPA (2012). “WaterSense at Work: Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities”.

(WaterSense b)) EPA (2017). “2016 WaterSense Accomplishments”.

(Waterwise a)) Waterwise (2017). “Water Efficiency Strategy for the UK”.

(Waterwise b)) Waterwise (2017). “Water Efficiency Strategy for the UK: A Summary”. (WELS) Government of Western Australia Department of Commerce (2005). “Technical note: Water Efficiency Labelling and Standards”.

WISY. (2018). Aspri plus rainwater pump. Acedido em 10 de junho de 2018, em: <https://wisy.de/en/products/pumps-and-drivers/aspri-plus>.

(WWDR (2014)) UNESCO (2014). “The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy”. The United Nations World Water Assessment Programme (WWAP).

(WWDR (2015)) UNESCO (2015). “The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a sustainable world”. The United Nations World Water Assessment Programme (WWAP).

## ANEXO 1 (MEDIDAS APLICÁVEIS AO SETOR URBANO EM SITUAÇÃO HÍDRICA NORMAL)

SETOR URBANO		
N°	Designação da medida	Descrição sumária da medida
<b>Sistemas públicos</b>		
<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
<b>Sistemas prediais e instalações coletivas</b>		
<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
<b>Dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
<b>Autoclismos</b>		
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
<b>Chuveiros</b>		
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

Figura A. 1 - Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação hídrica normal (1).



<b>SETOR URBANO</b>		
<b>N °</b>	<b>Designação da medida</b>	<b>Descrição sumária da medida</b>
<b>Torneiras</b>		
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
<b>Máquinas de lavar roupa</b>		
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
<b>Máquinas de lavar louça</b>		
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
<b>Urinóis</b>		
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
<b>Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar</b>		
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
<b>Usos exteriores</b>		
<b>Lavagem de pavimentos</b>		
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
<b>Lavagem de veículos</b>		
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

Figura A. 2 - Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação hídrica normal (2).

<b>SETOR URBANO</b>		
<b>N°</b>	<b>Designação da medida</b>	<b>Descrição sumária da medida</b>
<b>Jardins e similares</b>		
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
<b>Piscinas, lagos e espelhos de água</b>		
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
<b>Campos desportivos e outros espaços verdes de recreio</b>		
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

Figura A. 3 - Medidas aplicáveis ao setor urbano em situação hídrica normal (3).

## ANEXO 2 (EQUIPAMENTOS MAIS EFICIENTES)



Figura A. 4 - Autoclismo de dupla descarga (Ecocasa).

Existência de dois reservatórios de volumes diferentes, possibilitando a utilização de um menor volume de descarga quando não é necessária a utilização de um volume superior.



Figura A. 5 - Torneira termostática (IsOk!).

Este equipamento permite que a temperatura da água a utilizar no banho se mantenha exatamente a mesma ao longo do mesmo, prevenindo gastos associados a variações de temperatura.



Figura A. 6 - Chuveiro com sistema "Eco-Stop" (AKI, 2018).  
Este sistema permite a interrupção do fluxo de água facilmente, podendo o banho ser retomado com a água à mesma temperatura e com o mesmo caudal.



Figura A. 7 - Redutor de pressão (Hidraulicart, 2016).  
A partir da redução da pressão, haverá a redução do caudal, o que poderá resultar na redução dos consumos, dependendo do tempo de utilização dos respetivos equipamentos.



Figura A. 8 - Arejador (SustentArqui).  
Através da aplicação deste equipamento, irá haver uma mistura de água e ar, o que irá diminuir o caudal de água embora mantendo a mesma sensação, resultando, previsivelmente, numa redução do consumo de água.

# ANEXO 3 (PROJETO DO EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR)

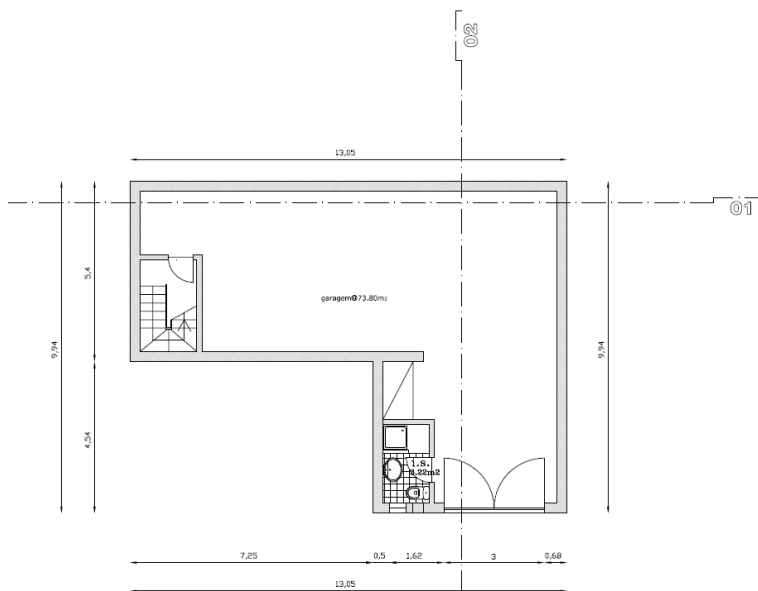


Figura A. 9 - Planta do piso -1 do edifício de habitação em fase de projeto.

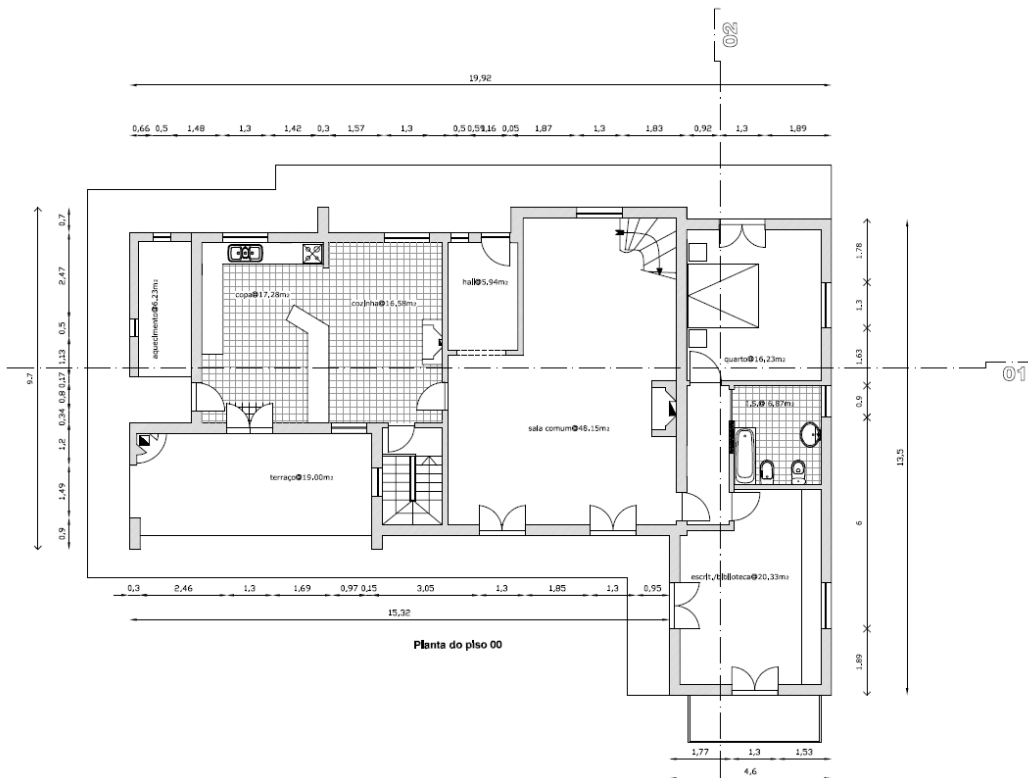


Figura A. 10 - Planta do piso 0 do edifício de habitação em fase de projeto.

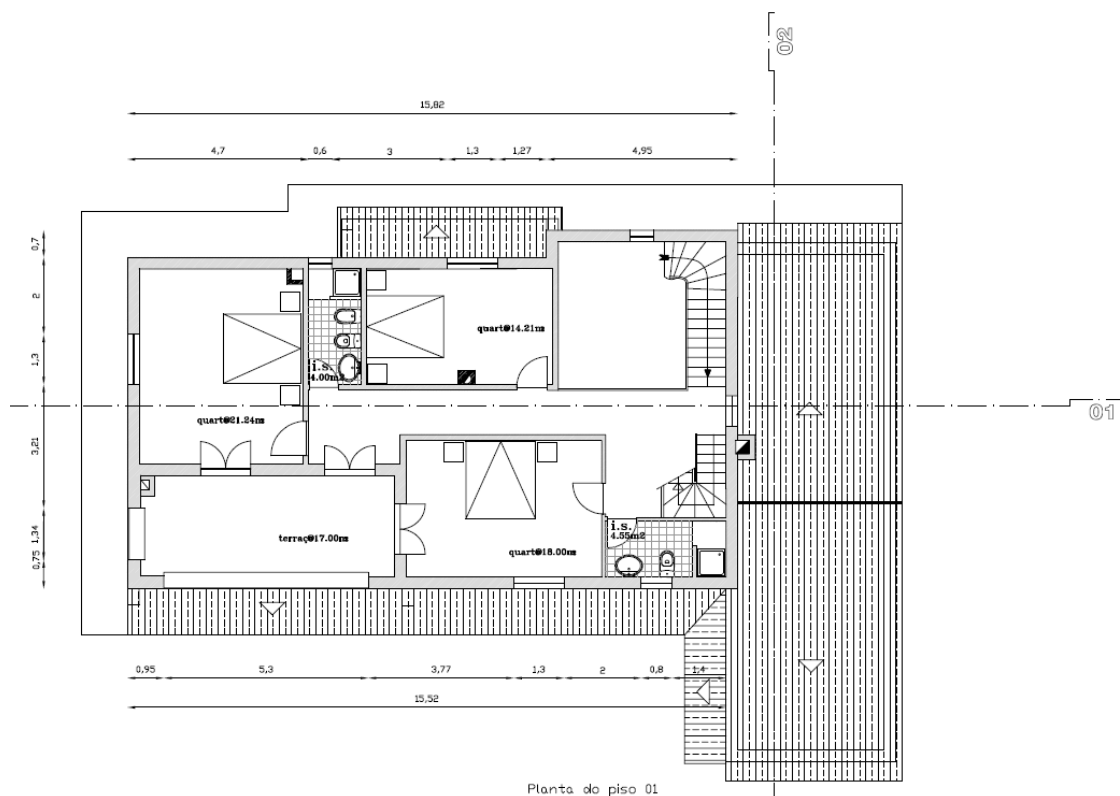


Figura A. 11 - Planta do piso 1 do edifício de habitação em fase de projeto.

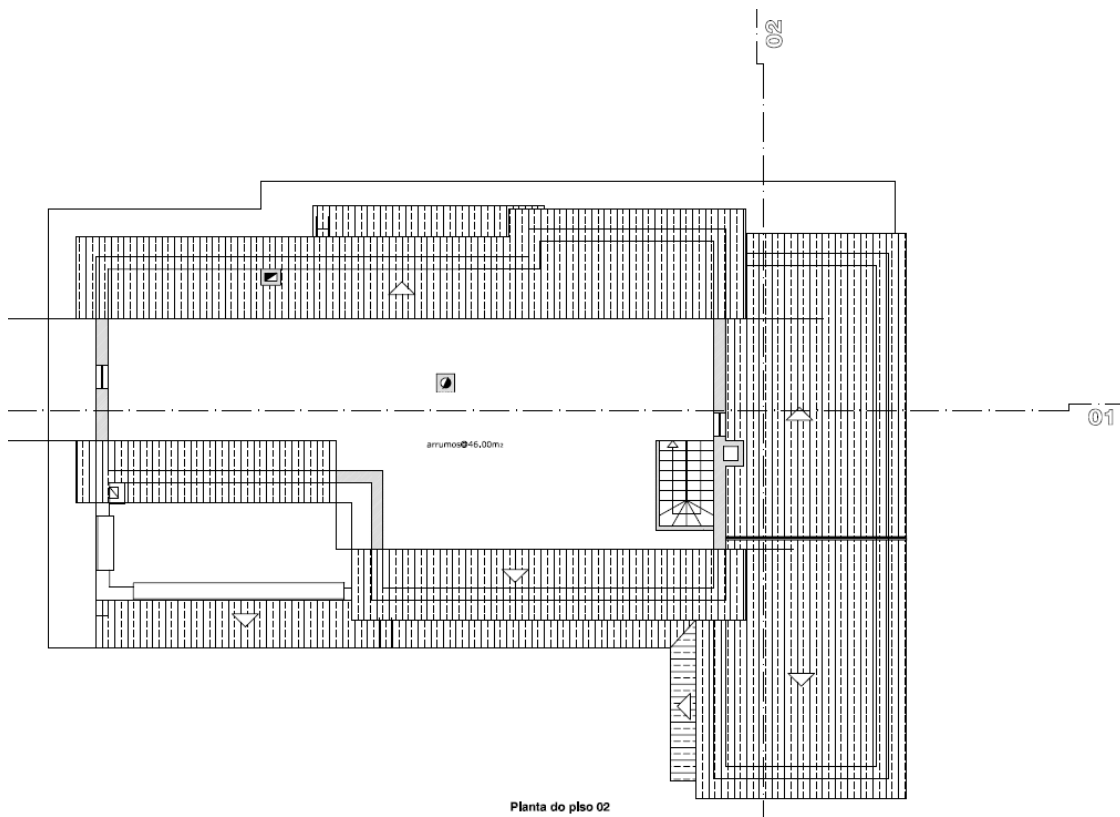


Figura A. 12 - Planta do piso 2 do edifício de habitação em fase de projeto.

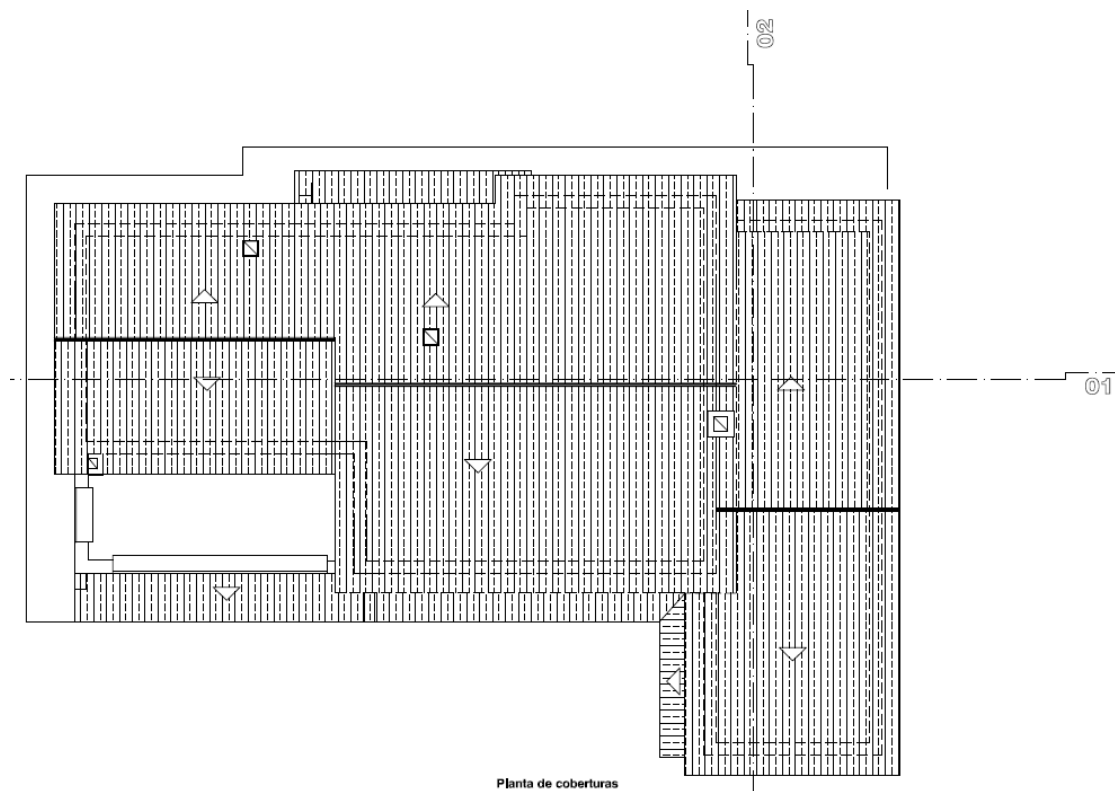


Figura A. 13 - Planta de coberturas do edifício de habitação em fase de projeto.

## APÊNDICE 1 (CALIBRAÇÃO DOS SENSORES)

Os sensores de caudal serão utilizados para obter dados reais de consumos de água em condições normais de utilização doméstica. Cada sensor consiste num tubo em latão, com rosca de ½” em cada extremidade, equipado com uma pequena turbina no seu interior, que ao ser atravessada pelo caudal de água, quando há consumo, emite um sinal em frequência que varia linearmente em função do caudal. Alguns dos sensores de caudal adquiridos medem também a temperatura da água através de um termistor colocado a jusante da turbina.

A Figura AP.1 mostra imagens dos dois tipos de sensores de caudal, seguindo-se as respetivas características na Tabela AP. 1.

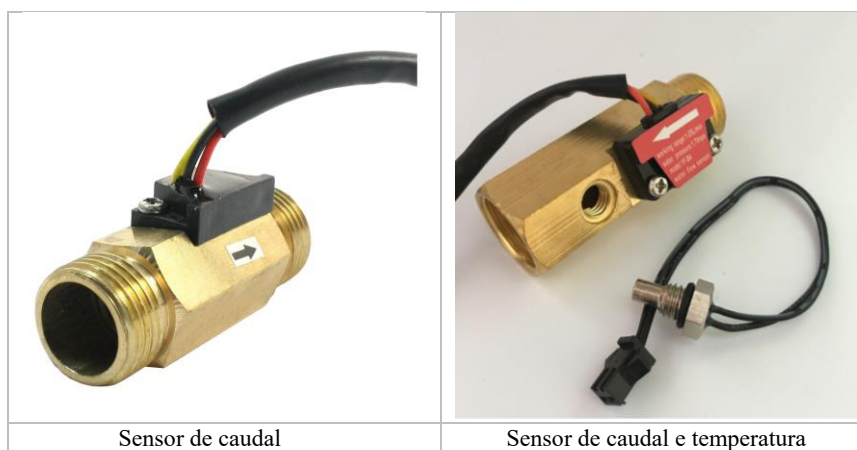


Figura AP. 1 - Sensores de caudal.

Características	Sensor de caudal	Sensor de caudal e temperatura
<b>Modelo</b>	SEN-HZ43WB	HIHUILAI YF-B4
<b>Material</b>	Latão	Latão
<b>Conexões</b>	Macho-G1/2" Macho-G1/2"	Fêmea G1/2" Macho-G1/2"
<b>Posição de montagem</b>	Horizontal	Horizontal
<b>Taxa de fluxo</b>	1 ~ 30 L/min	1 ~ 30 L/min
<b>Pressão máxima</b>	1.75 MPa	1.75 MPa
<b>Tensão</b>	3 ~ 18V (DC)	3 ~ 24 V (DC)
<b>Corrente (máx)</b>	15 mA	15 mA
<b>Resistência de isolamento</b>	100 MΩ	100 MΩ
<b>Precisão (sem calibração)</b>	+ - 10% (≈2-3% após calibração)	+ - 10% (≈2-3% após calibração)
<b>Tensão recomendada</b>	5 V	5 V
<b>Sensor de temperatura NTC:</b>		
<b>Resistência</b>	---	50 KΩ
<b>Valor B</b>	---	3950 K
<b>Gama temperatura</b>	---	-40°C / 150°C

Tabela AP. 1 – Características dos sensores de caudal.



Para garantir a exatidão e rigor nas medições foram realizados alguns testes de verificação e calibração dos sensores no Laboratório de Climatização, através da montagem de um circuito simples (Figura AP. 2) onde foram utilizados os seguintes materiais:

- 4 acessórios para ligação de tubo multicamada ( $D_{int}=25$  mm);
- Tubo multicamada rígidos (10cm e 20cm de comprimento,  $D_{int}=25$  mm)
- Fita de película fina de Teflon (PTFE)
- 2 mangueiras flexíveis ( $D_{int} = 1$  cm)

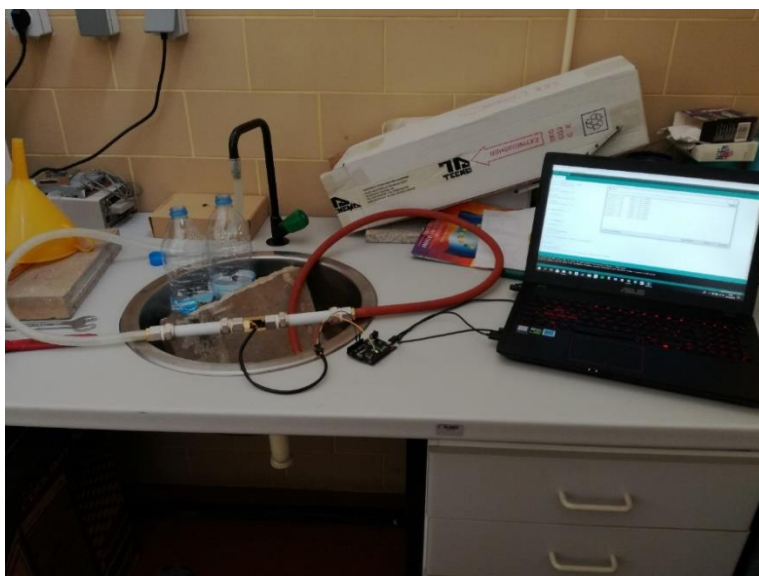


Figura AP. 2 - Circuito para calibração dos sensores de caudal.

### • Metodologia para verificação e calibração do sensor de caudal (sem sensor de temperatura)

O sensor de caudal foi colocado na tubagem do circuito de teste, em posição horizontal, como mostra a Figura AP.2. Para verificar o efeito de estabilização do perfil de velocidade na proximidade do sensor foram utilizados no teste pequenos comprimentos de tubo rígido colocados antes e depois do sensor. O programa para determinar o caudal foi carregado na memória do Arduino, e os resultados são obtidos no monitor de dados da porta série do Arduino IDE, versão 1.8.5. As ligações do sensor de caudal à placa Arduino estão esquematizadas na Figura AP. 3:

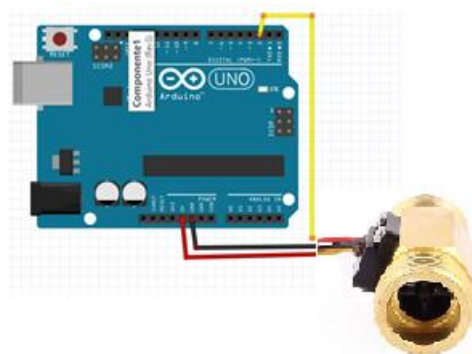


Figura AP. 3 - Ligações entre sensor de caudal (sem sensor de temperatura) e placa Arduino.

A instalação do sensor de caudal, e a aplicação do programa carregado (Figura AP. 4) permitem que seja feita a contagem dos pulsos e a sua conversão para Hz. Da mesma forma, o programa faz a conversão do valor da frequência que é obtido para caudal em L/min através da expressão (AP.1):

$$\text{Caudal Arduino} = (\text{Frequência} \times \text{fator } K) + \text{fator } C \quad (\text{AP.1})$$

```

const int sensorPin = 2;
const int measureInterval = 2500;
volatile int pulseConter;

// Fatores de calibração do sensor de caudal
const float factorK = 0.1026;
const float factorC = 0.3855;

float frequency;
float flow_Lmin;

void ISRCountPulse()
{
  pulseConter++;
}

float GetFrequency()
{
  pulseConter = 0;

  interrupts();
  delay(measureInterval);
  noInterrupts();

  return (float)pulseConter * 1000 / measureInterval;
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);
}

void loop()
{
  // Obter a frequência em Hz
  frequency = GetFrequency();

  // Calcular o caudal em L/min
  flow_Lmin = (frequency * factorK + factorC);

  if ( frequency < 11.0 ) {
    flow_Lmin = 0.0;
  }

  // Imprimir os resultados obtidos da frequência e do caudal
  Serial.print("Frequencia: ");
  Serial.print(frequency, 0);
  Serial.print(" (Hz)\tCaudal: ");
  Serial.print(flow_Lmin, 3);
  Serial.println(" (L/min)");
}

```

Figura AP. 4 - Código para calibração do sensor de caudal.

O código utilizado foi inicialmente retirado de <https://www.luisllamas.es/caudal-consumo-de-agua-con-arduino-y-caudalimetro/>, tendo posteriormente sido efetuadas algumas alterações no mesmo.

O programa terá, portanto, um funcionamento que pode ser ilustrado através do seguinte esquema (Figura AP. 5):

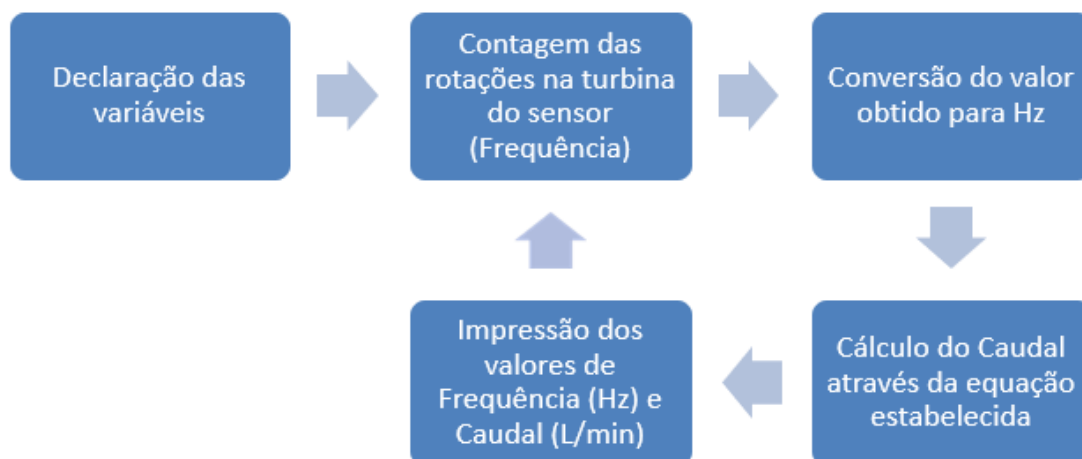


Figura AP. 5 - Esquema de funcionamento do código do programa (Frequência e Caudal).

Parte integrante do código são os interrupts. Esta função permite que o programa seja “interrompido” para proceder à contagem dos pulsos no sensor de caudal (necessário para obtenção da frequência), permitindo que as restantes tarefas ocorram em segundo plano.

Dado que o intervalo de medição do caudalímetro utilizado vai desde 1,5 a 30 L/min de caudal, e de modo a obter uma melhor aproximação para a calibração do equipamento, os resultados obtidos que apresentem caudais inferiores a 1,5 L/min deverão ser excluídos. Deste modo, caso os caudais sejam inferiores a 1,5 L/min (frequência igual a 11 Hz) o programa assume o mesmo como sendo igual a 0 L/min, através da implementação da seguinte condição:

```

if (frequency < 11.0) {
  flow_Lmin = 0.0;
}
  
```

A experiência a realizar para calibrar este equipamento é a seguinte:

1. Encher um volume conhecido de água (garrafas de 1,5 L) utilizando o circuito da Figura AP.2 e medição do respetivo tempo que demora a ser realizada a ação;
2. Cálculo do caudal (L/min), visto ser conhecido o volume (1,5 L) e obtido o tempo no passo anterior (min);
3. Verificação da frequência indicada pelo programa Arduino.

De forma a perceber qual o efeito da utilização de tubos rígidos, uma vez que estes teoricamente permitirão estabilizar o caudal à entrada e saída do caudalímetro, são feitos três testes diferentes:

- Teste 1: sem tubos;
- Teste 2: com tubos de 10 cm;
- Teste 3: com tubos de 20 cm.

A experiência foi realizada 12 vezes para diferentes caudais, em cada um dos testes indicados. Para os primeiros 2 passos, foram realizadas 2 medições em cada experiência, calculando-se de seguida a média das duas medições. Através deste procedimento foram obtidos os seguintes resultados apresentados:

- **Teste 1**

Experiência	Tempo (s)	Tempo (min)	Caudal (L/min)	Caudal médio (L/min)	Frequência (Hz)
0	0	0	0	0	0
1	61,76	1,02933	1,45725	1,48506	0
	59,49	0,99150	1,51286		
2	45,07	0,75117	1,99689	2,00764	14
	44,59	0,74317	2,01839		
3	34,49	0,57483	2,60945	2,68679	21
	32,56	0,54267	2,76413		
4	26,99	0,44983	3,33457	3,33890	26
	26,92	0,44867	3,34324		
5	21,86	0,36433	4,11711	4,08558	34
	22,2	0,37000	4,05405		
6	17,7	0,29500	5,08475	5,10356	46
	17,57	0,29283	5,12237		
7	14,01	0,23350	6,42398	6,36105	58
	14,29	0,23817	6,29811		
8	12,95	0,21583	6,94981	6,96598	64
	12,89	0,21483	6,98216		
9	11,33	0,18883	7,94351	7,82120	70
	11,69	0,19483	7,69889		
10	10,89	0,18150	8,26446	8,37751	76
	10,6	0,17667	8,49057		
11	9,29	0,15483	9,68784	9,74054	90
	9,19	0,15317	9,79325		
12	8,03	0,13383	11,20797	11,10070	104
	8,32	0,13867	10,81731		

Tabela AP. 2 - Resultados obtidos na realização do teste 1.

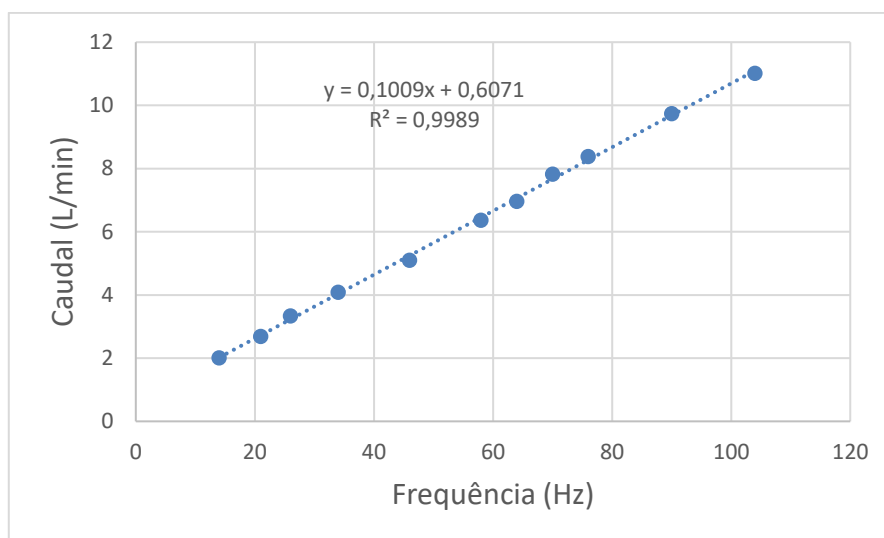


Figura AP. 6 - Representação gráfica dos resultados obtidos na realização do teste 1.

- **Teste 2**

Experiência	Tempo (s)	Tempo (min)	Caudal (L/min)	Caudal médio (L/min)	Frequência (Hz)
1	61,76	1,02933	1,45725	1,48506	0
	59,49	0,99150	1,51286		
2	43,37	0,72283	2,07517	2,09268	16
	42,65	0,71083	2,11020		
3	32,59	0,54317	2,76158	2,65522	22
	35,31	0,58850	2,54885		
4	24,21	0,40350	3,71747	3,74237	32
	23,89	0,39817	3,76727		
5	17,62	0,29367	5,10783	5,16867	47
	17,21	0,28683	5,22952		
6	15,32	0,25533	5,87467	5,89397	54
	15,22	0,25367	5,91327		
7	14,14	0,23567	6,36492	6,43626	59
	13,83	0,23050	6,50759		
8	11,64	0,19400	7,73196	7,66345	72
	11,85	0,19750	7,59494		
9	10,85	0,18083	8,29493	8,24210	77
	10,99	0,18317	8,18926		
10	9,82	0,16367	9,16497	9,15101	87
	9,85	0,16417	9,13706		
11	8,89	0,14817	10,12373	10,16391	95
	8,82	0,14700	10,20408		
12	7,38	0,12300	12,19512	12,16225	113
	7,42	0,12367	12,12938		

Tabela AP. 3 - Resultados obtidos na realização do teste 2.

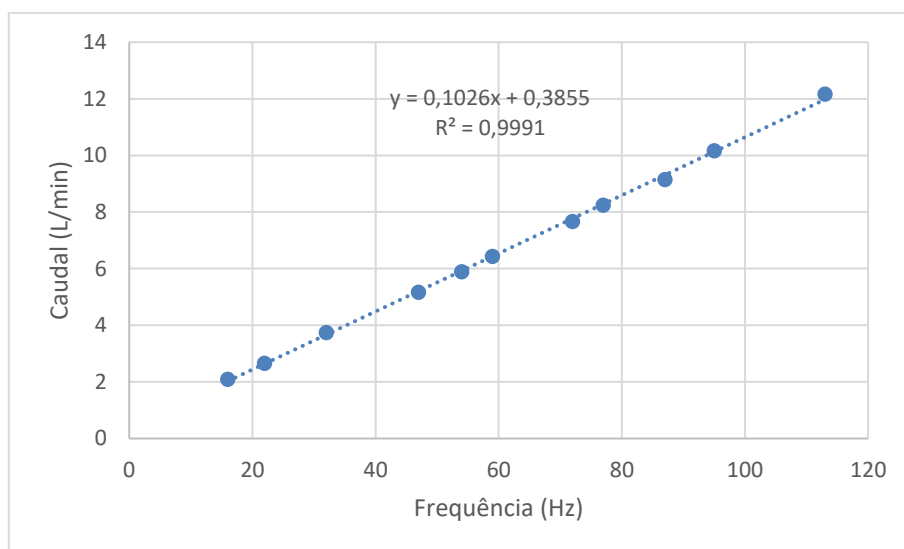


Figura AP. 7 - Representação gráfica dos resultados obtidos na realização do teste 2.

- **Teste 3**

Experiência	Tempo (s)	Tempo (min)	Caudal (L/min)	Caudal médio (L/min)	Frequência (Hz)
1	61,76	1,02933	1,45725	1,48506	0
	59,49	0,99150	1,51286		
2	51,65	0,86083	1,74250	1,72970	13
	52,42	0,87367	1,71690		
3	32,57	0,54283	2,76328	2,81750	23
	31,34	0,52233	2,87173		
4	24,17	0,40283	3,72362	3,64894	32
	25,18	0,41967	3,57427		
5	19,62	0,32700	4,58716	4,50379	41
	20,36	0,33933	4,42043		
6	17,06	0,28433	5,27550	5,27705	47
	17,05	0,28417	5,27859		
7	13,81	0,23017	6,51702	6,47970	60
	13,97	0,23283	6,44238		
8	12,22	0,20367	7,36498	7,28826	66
	12,48	0,20800	7,21154		
9	11,34	0,18900	7,93651	7,88130	74
	11,5	0,19167	7,82609		
10	10,66	0,17767	8,44278	8,52349	80
	10,46	0,17433	8,60421		
11	9,36	0,15600	9,61538	9,58476	88
	9,42	0,15700	9,55414		
12	8,12	0,13533	11,08374	11,12500	104
	8,06	0,13433	11,16625		

Tabela AP. 4 - Resultados obtidos na realização do teste 3.

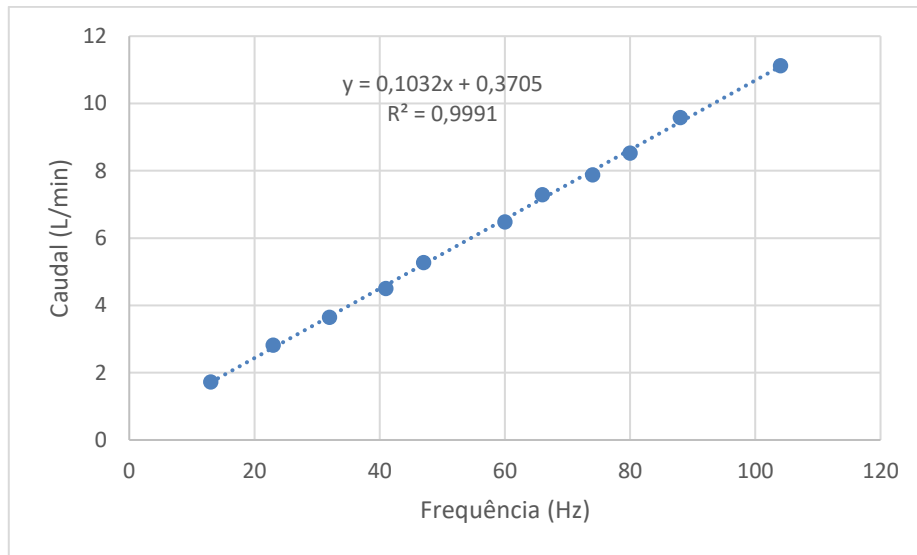


Figura AP. 8 - Representação gráfica dos resultados obtidos na realização do teste 3.

Tendo sido obtidas as linhas de tendência ( $y = \text{fator K} * x + \text{fator C}$ ) correspondentes a cada teste, é possível verificar quais os valores devolvidos pelo código (Caudal Arduino), após a implementação das mesmas. O “Caudal Arduino”, poderá ser obtido através da aplicação da expressão de cálculo aplicada no programa (expressão AP.1).

De seguida, é calculado o erro relativo entre o caudal medido experimentalmente e o caudal devolvido pelo programa Arduino utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Erro relativo (\%)} = \frac{\text{Caudal médio} - \text{Caudal Arduino}}{\text{Caudal médio}} \times 100 \quad (\text{AP.2})$$

De modo a ilustrar as variações do erro relativo em cada um dos testes realizados, é apresentado o gráfico seguinte onde são utilizados os valores do erro relativo, em valor absoluto.

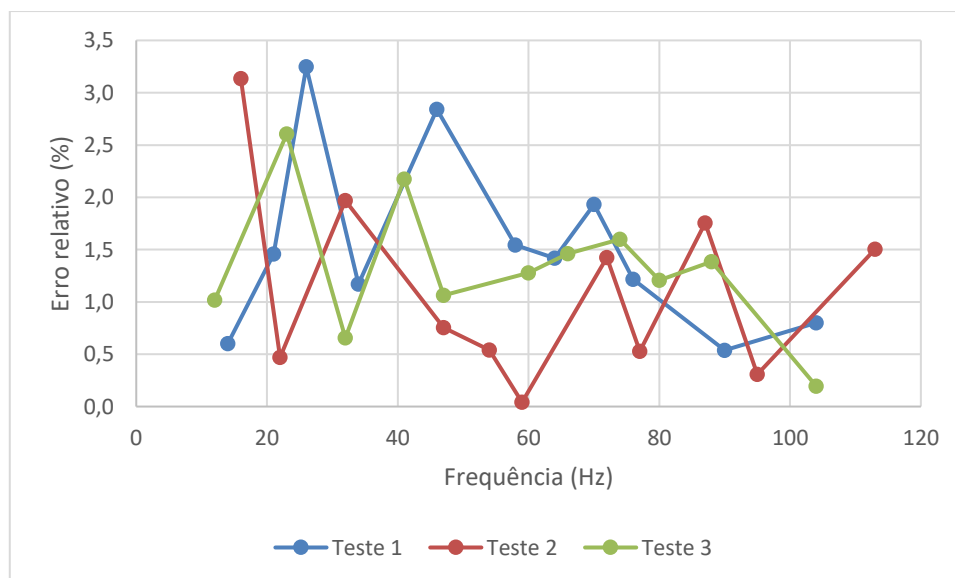


Figura AP. 9 - Erro relativo para os três testes realizados.

A partir do gráfico apresentado é possível verificar que não existem grandes variações no erro relativo para os diferentes testes realizados, pelo que se conclui que a aplicação do caudalímetro poderá ser feita em qualquer uma das condições dos testes, sem que existam grandes diferenças nos valores obtidos. Desta forma, os fatores de calibração escolhidos para serem aplicados são os obtidos no Teste 2:

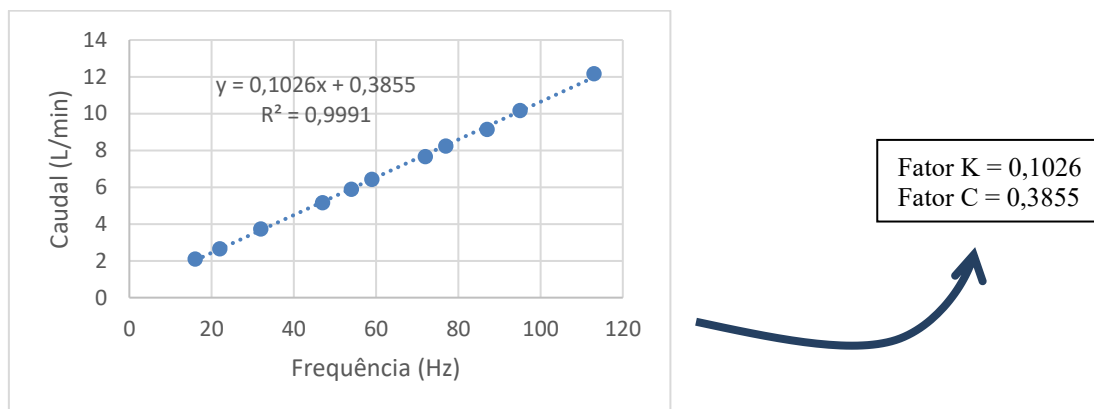


Figura AP. 10 - Fatores de calibração obtidos para os sensores de caudal.

Posteriormente, visto o sensor já se encontrar calibrado, o código do programa é novamente alterado. A partir desta alteração pretende-se que o código devolva o volume consumido num determinado intervalo de tempo (1 minuto). De forma a introduzir a variável tempo no código, é acrescentado um SimpleTimer (obtido a partir de <https://github.com/jfturcot/SimpleTimer>), resultando o código apresentado na Figura AP. 12. Este foi obtido a partir de <https://playground.arduino.cc/Code/SimpleTimer>. No que diz respeito ao funcionamento do referido programa, este é ilustrado no esquema da Figura AP.11:

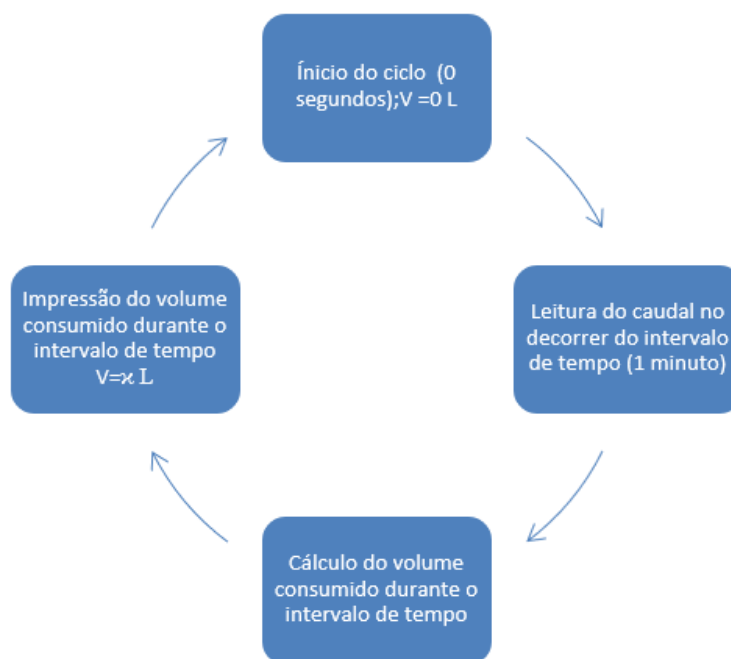


Figura AP. 11 - Esquema de funcionamento do código do programa (Tempo e Volume).



```

#include <SimpleTimer.h>
SimpleTimer timer;

const int sensorPin = 2;
const int measureInterval = 2500;
volatile int pulseCenter;

// Fatores de calibração do sensor de caudal
const float factorK = 0.1026;
const float factorC = 0.3855;

float frequency = 0.0;
float flow_Lmin = 0.0;
float volume_lmin = 0.0;

// Impressão do tempo no monitor série
void DigitalClockDisplay() {
  int h,m,s;
  s = millis() / 1000;
  m = s / 60;
  h = s / 3600;
  s = s - m * 60;
  m = m - h * 60;
  Serial.print(h);
  printDigits(m);
  printDigits(s);
  Serial.println();
}

void printDigits(int digits) {
  Serial.print(":");
  if(digits < 10)
    Serial.print('0');
  Serial.print(digits);
}

// Função a ser repetida a cada minuto
void RepeatTask() {
  Serial.print("Volume consumido por minuto: ");
  Serial.print(volume_lmin);
  Serial.println(" (L) ");

  // Repor o valor a zero no início de cada minuto
  volume_lmin = 0.0;
}

void ISRCountPulse()
{
  pulseCenter++;
}

float GetFrequency()
{
  pulseCenter = 0;

  interrupts();
  delay(measureInterval);
  noInterrupts();

  frequency = (float)pulseCenter * 1000.0 / measureInterval;
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);

  // Ações relacionadas com o tempo
  timer.setInterval(10000, RepeatTask);
  timer.setInterval(1000, DigitalClockDisplay);
}

void loop(){

  GetFrequency();

  // Calcular caudal em L/min
  if ( frequency > 11.0 ) {
    flow_Lmin = (frequency * factorK + factorC);
  }
  else {
    flow_Lmin = 0.0;
  }

  // calcular Volume em L
  volume_lmin = volume_lmin + flow_Lmin * measureInterval / 1000 / 60 ;

  // Executar o "timer"
  timer.run();
}

```

Figura AP. 12 - Código do programa para obtenção de tempo e volume consumido ao fim de 1 minuto.

- **Metodologia para verificação e calibração do sensor de caudal com sensor de temperatura**

Uma vez que serão também utilizados sensores de caudal com sensor de temperatura, é necessário testar os mesmos de modo a verificar se os resultados obtidos são corretos. As ligações necessárias são apresentadas na Figura AP. 13.

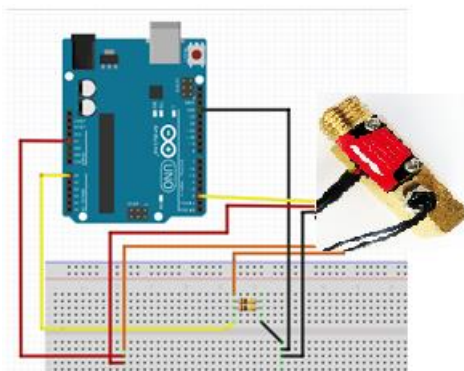


Figura AP. 13 - Ligações entre sensor de caudal (com sensor de temperatura) e placa Arduino.

Para proceder à leitura da temperatura através do sensor de temperatura NTC é necessária a instalação de uma resistência igual à do sensor (50 k $\Omega$ ). Neste caso, de modo a obter esta resistência foram instaladas duas resistências de 100 k $\Omega$  em paralelo, como é possível observar a partir da Figura AP. 13.

Este tipo de sensor tem um coeficiente de temperatura negativo, pelo que a resistência diminui com o aumento da temperatura. Para determinar a temperatura é utilizado o método Steinhart-Hart (Equação AP.3), que é implementado pela biblioteca Thermistor.h.

$$T = \frac{1}{A+B \ln(R)+C (\ln(R))^3} \quad (\text{AP.3})$$

Após a obtenção do valor da temperatura através do sensor, o mesmo é impresso no monitor de série (de segundo em segundo), permitindo ao utilizador a verificação da mesma. Tal é possível através da implementação das seguintes linhas de código, adaptadas de <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-como-utilizar-o-termistor-ntc-com-arduino> (Figura AP.14).

```
#include <Thermistor.h>

Thermistor temp(0);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float temperature = temp.getTemp();
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.println(" °C");
  delay(1000);
}
```

Figura AP. 14 - Código para obtenção da temperatura.

Para verificar se os valores obtidos são os corretos é necessária a realização de uma outra experiência. Esta consiste na medição da temperatura, utilizando termómetros de mercúrio com diferentes amplitudes, e verificação dos valores devolvidos pelo programa Arduino. De modo a fazer variar a temperatura da água é utilizado um jarro elétrico. As Figuras AP.15 e AP. 16 ilustram a experiência realizada:

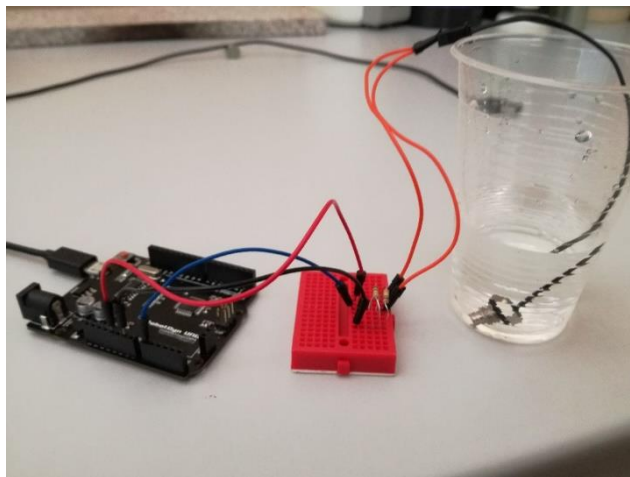


Figura AP. 15 - Calibração do sensor de temperatura (1).

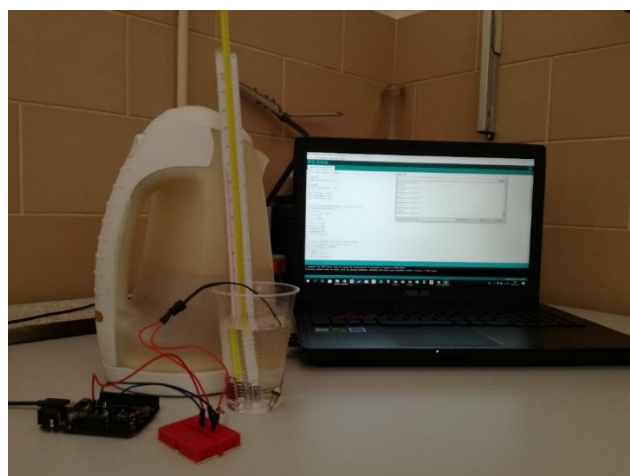


Figura AP. 16 - Calibração do sensor de temperatura (2).

A partir da realização da experiência, os resultados obtidos foram os apresentados na Tabela AP.5 onde T (Arduino) representa a temperatura lida pelo sensor e devolvida pelo programa, e T (medido) a temperatura medida com os termómetros de mercúrio.

T (Arduino) (°C)	T (medido) (°C)	$\Delta T$ (°C)
21,40	21,8	0,40
28,80	28,9	0,10
32,24	32,4	0,16
36,05	36,0	0,05
39,03	39,0	0,03
43,18	43,0	0,18
47,08	47,0	0,08
50,55	50,5	0,05
55,67	55,5	0,17
62,83	62,5	0,33
64,33	64,0	0,33
72,25	72,0	0,25

Tabela AP. 5 - Resultados obtidos na calibração do sensor de temperatura.

A partir da Tabela AP.5 é possível verificar que a temperatura devolvida pelo programa é muito próxima da temperatura verificada experimentalmente, pelo que se verifica que o sensor se encontra calibrado.

### • Transmissão/receção de dados

Devido às possíveis condições de humidade nos locais de medição, e ao facto de o dispositivo de receção dos dados (computador) não poder ser sujeito às mesmas, é necessário encontrar uma solução para que o este seja capaz de receber os dados à distância.

Tal é possível através da aplicação de módulos transmissores e recetores por ondas rádio, que são testados de modo a verificar a sua viabilidade. As ligações estabelecidas, quer para a transmissão, quer para a receção dos dados, são apresentadas nas Figuras AP. 17 e AP.18:

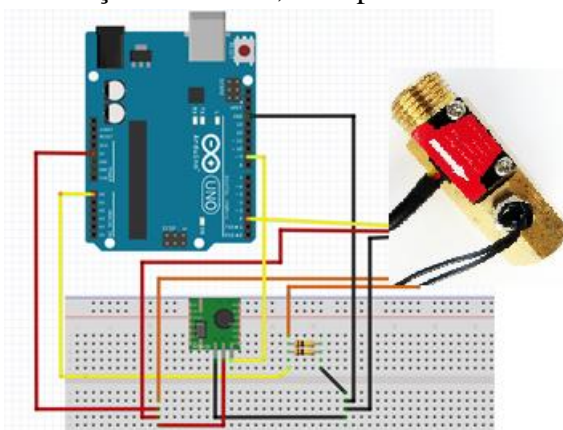


Figura AP. 17 - Ligações estabelecidas para a transmissão dos dados.

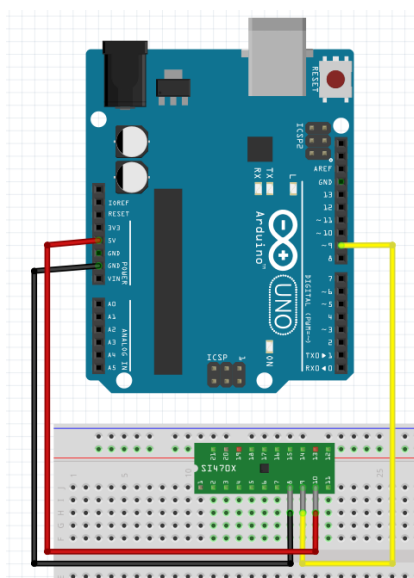


Figura AP. 18 - Ligações estabelecidas para a receção dos dados.

Após colocação do sistema em funcionamento (Figura AP. 19) verificou-se que a transmissão/receção dos dados seria fiável e capaz de solucionar a questão identificada anteriormente.

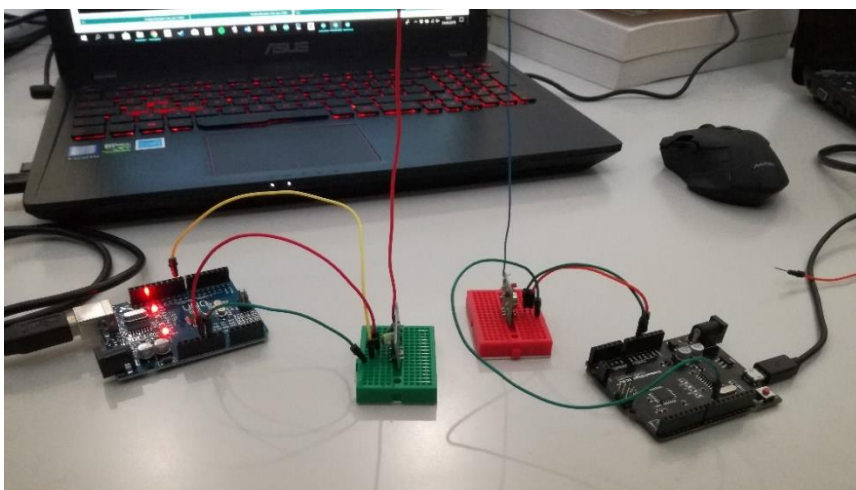


Figura AP. 19 - Teste de verificação dos transmissores e dos recetores.

No entanto, uma vez que o transmissor de dados se encontra próximo do sensor, este ainda se encontra sujeito às condições identificadas, sendo, portanto necessário encontrar uma forma de o isolar das mesmas. Foi então utilizada uma caixa estanque, onde foi montado o sistema de leitura e transmissão dos dados, como se pode verificar nas Figuras AP. 20, AP. 21 e AP. 22:

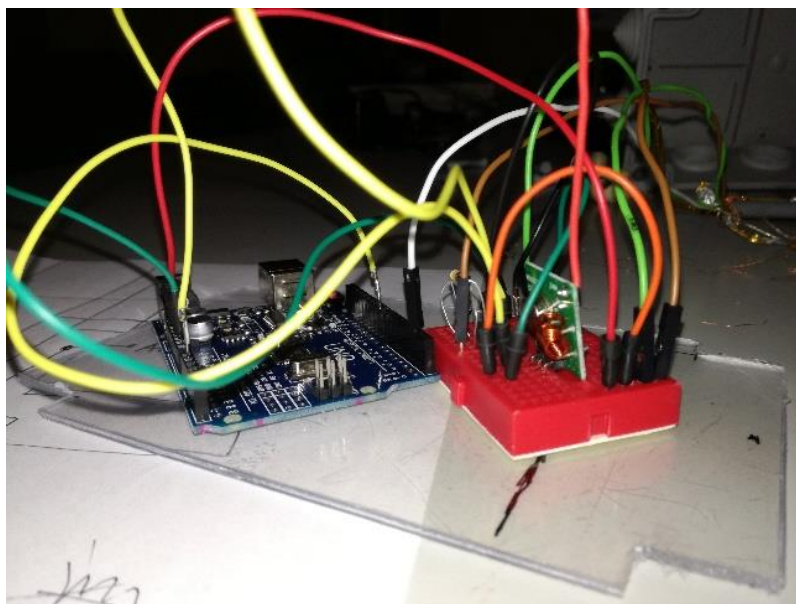


Figura AP. 20 - Montagem do sistema de leitura e transmissão dos dados na caixa estanque (1).

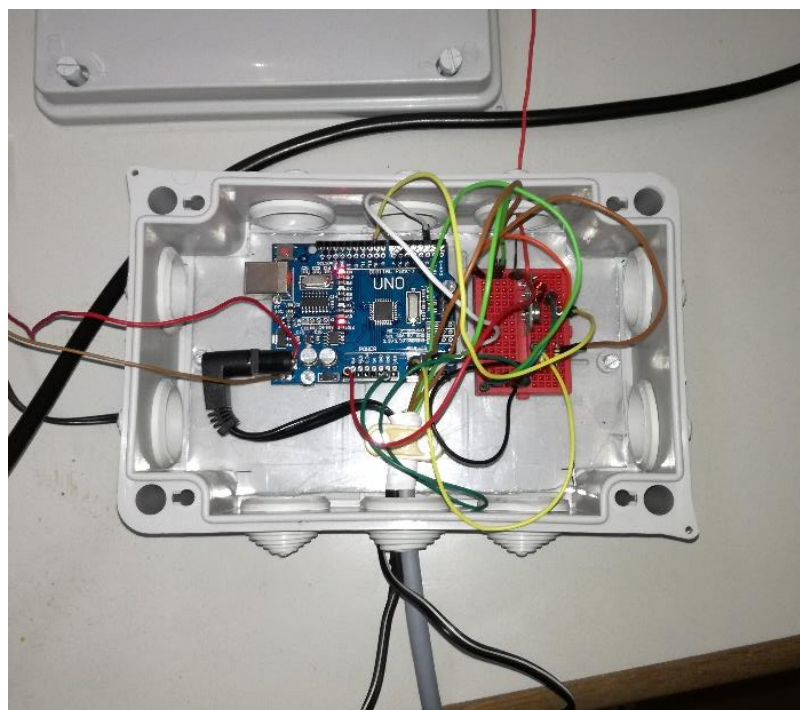


Figura AP. 21 - Montagem do sistema de leitura e transmissão dos dados na caixa estanque (2).





Figura AP. 22 - Montagem do sistema de leitura e transmissão dos dados na caixa estanque (3).

Para obter o “produto” final foi necessário fixar todas as componentes numa placa de acrílico (dimensionada segundo as dimensões da caixa estanque), sendo esta, de seguida, fixada à caixa estanque, permitindo a estabilidade e segurança de todo o sistema.

É possível verificar, a partir da Figura AP. 22, que existem duas ligações ao exterior. Estas correspondem a um fio de ligação (criado a partir de um fio já existente, no qual foram soldados os conectores de ligação) entre o sensor e o sistema de leitura, e uma ligação da placa de Arduino à corrente, com transformador de tensão ajustável.

Seguem-se, nas Figuras AP. 23 e AP. 24, os programas de transmissão e receção dos dados, uma vez que a este ponto já existiram mais desenvolvimentos.

```

#include <Thermistor.h>
#include <SimpleTimer.h>
#include <VirtualWire.h>

Thermistor temp(0);

SimpleTimer timer;

const int sensorPin = 2;
const int measureInterval = 2000;
volatile int pulseConter;

// Fatores de calibração do sensor de caudal
const float factorK = 0.1026;
const float factorC = 0.3855;

float frequency = 0.0;
float flow_lmin = 0.0;
float volume_lmin = 0.0;
float temperature;

const int dataPin = 9;

char buffer[6];
char msg[25];
String mensagem;

// Função a ser repetida a cada minuto
void RepeatTask() {

  // Impressão dos resultados
  String temperat = dtostrf(temperature, 5, 1, buffer);
  mensagem = "T:" + temperat + ";";
  String volum = dtostrf(volume_lmin, 5, 1, buffer);
  mensagem += "V:" + volum;

  mensagem.toCharArray(msg, 16);

  interrupts();
  vw_send((uint8_t *)msg, strlen(msg));
  vw_wait_tx();
  noInterrupts();

  // Repor a zero no inicio de cada minuto
  volume_lmin = 0.0;

}

void ISRCountPulse()
{
  pulseConter++;
}

float GetFrequency()
{
  pulseConter = 0;

  interrupts();
  delay(measureInterval);
  noInterrupts();

  frequency = (float)pulseConter * 1000.0 / measureInterval;
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);
  vw_setup(2000);
  vw_set_tx_pin(dataPin);

  // Ações relacionadas com o tempo
  timer.setInterval(60000, RepeatTask);
}

void loop(){

  GetFrequency();

  // Calcular o volume no sensor
  if ( frequency > 11.0 ) {
    flow_lmin = (frequency * factorK + factorC);
  }
  else {
    flow_lmin = 0.0;
  }

  // Calcular Volume (L)
  volume_lmin = volume_lmin + flow_lmin * measureInterval / 1000 / 60 ;

  // Ler Temperatura no sensor
  temperature = temp.getTemp();

  // Executar o "timer"
  timer.run();
}

```

Figura AP. 23 - Código do programa para transmissão dos dados (Volume e Temperatura).



```

#include <VirtualWire.h>

const int dataPin = 9;
const int ledPin = 13;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  vw_setup(2000);
  vw_set_rx_pin(dataPin);
  vw_rx_start();
}

void loop()
{
  uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
  uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;

  if (vw_get_message(buf, &buflen)
  {
    digitalWrite(ledPin, true);
    Serial.print("");
    for (int i = 0; i < buflen; i++){
      Serial.print((char)buf[i]);
    }
    Serial.println("");
    digitalWrite(ledPin, false);
  }
}

```

Figura AP. 24 - Código do programa para receção dos dados (Volume e Temperatura).

De forma a perceber melhor o funcionamento deste programa segue-se a Figura AP. 25, um esquema capaz de ilustrar todo o processo:

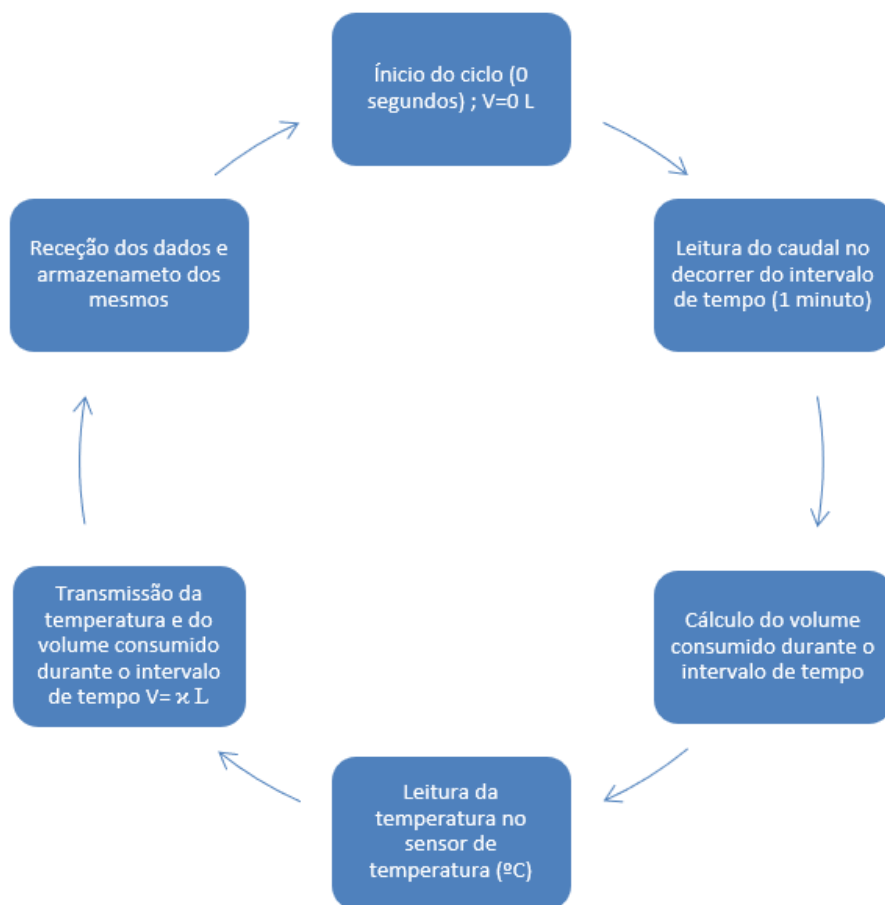


Figura AP. 25 - Esquema de funcionamento da leitura e transmissão dos dados.

Uma vez que, simplesmente através da receção de dados não é inserido o momento no qual os mesmos foram recebidos, é utilizado um programa (YAT “Yet Another Terminal”) capaz de colocar um “time stamp” aquando da receção dos mesmos. Desta forma, para além da receção dos dados é possível saber o momento em que estes foram recebidos (Ex: “[2018-07-21 15:41:10] Dados: T: 24.1; V: 0.0”).

Visto que através deste sistema apenas seria possível a leitura de um sensor (com ou sem temperatura) de cada vez, e dado que existem equipamentos nos quais é necessária a instalação de dois sensores (água quente e água fria) foi criada um “equipamento” semelhante ao anterior, mas desta vez com a capacidade de leitura de dois sensores (com ou sem temperatura). Como tal foi necessário fazer algumas alterações nas ligações (Figura AP. 26) da leitura e transmissão de dados (a receção de dados mantém-se igual à anterior):

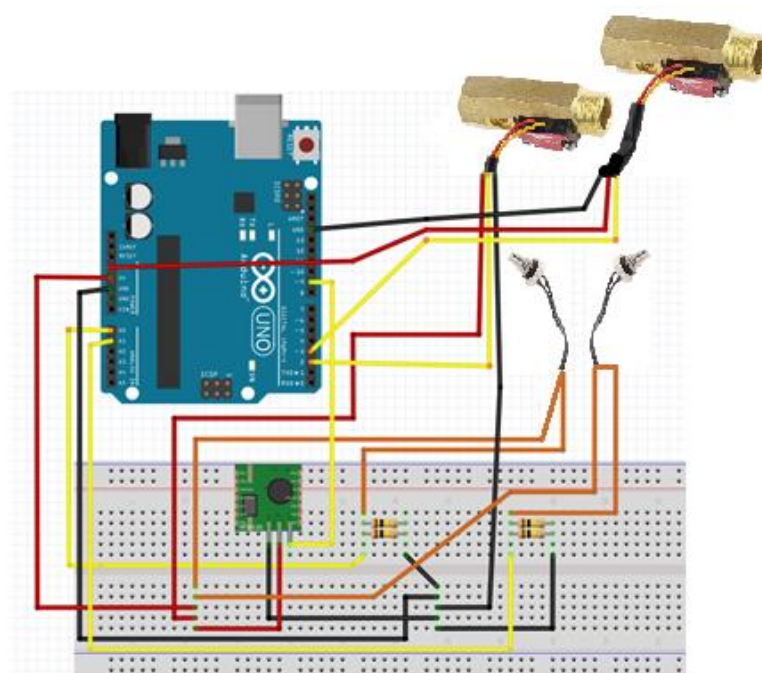


Figura AP. 26 - Ligações estabelecidas para transmissão de dados relativos a dois sensores de caudal (com ou sem sensores de temperatura).

No que diz respeito ao funcionamento do programa, este procede-se da mesma forma que o anterior, diferindo apenas no facto de que agora existe capacidade para leitura de dois sensores de caudal (com ou sem temperatura) ao mesmo tempo.

Foi necessário efetuar novamente algumas alterações ao código para que tal fosse possível, tal como seria de prever (Figura AP. 27).

De forma a fazer a distinção entre os sensores são atribuídos números aos mesmos (Sensor 1 e Sensor 2). Para se fazer a correspondência das variáveis aos respetivos sensores é utilizado um sistema semelhante no qual é atribuído o número do sensor, como é possível perceber a partir do exemplo seguinte:

“[2018-07-1314:04:21] T1: 24.1; V1: 0.0; T2: 24.5; V2: 0.0”

```

#include <Thermistor.h>
#include <SimpleTimer.h>
#include <VirtualWire.h>

Thermistor temp(0);
Thermistor temp2(1);

SimpleTimer timer;

float tempor;

const int sensorPin1 = 2;
const int sensorPin2 = 3;
const int measureInterval = 2000;

// Fatores de calibração dos sensores de caudal
const float factorK = 0.1026;
const float factorC = 0.3855;

float frequency1;
float frequency2;
float flow_lmin1;
float flow_lmin2;
float volume_lmin1;
float volume_lmin2;

float temperature, temperature2;
String temperat, temperat2, volum, volum2;

volatile int pulseCounter1;
volatile int pulseCounter2;

const int dataPin = 9;
char buffer[6];
char msg[25];
char msg2[25];
String mensagem;
String mensagem2;

// Função a ser repetida a cada minuto
void RepeatTask() {

    // Impressão dos resultados
    temperat = dtostrf(temperature, 5, 1, buffer);
    mensagem = "T1:" + temperat + " ";

    volum = dtostrf(volume_lmin1, 5, 1, buffer);
    mensagem += "V1:" + volum + " ";

    temperat2 = dtostrf(temperature2, 5, 1, buffer);
    mensagem += "T2:" + temperat2 + " ";

    volum2 = dtostrf(volume_lmin2, 5, 1, buffer);
    mensagem += "V2:" + volum2 ;

    mensagem.toCharArray(msg, 40);

    interrupts();
    vw_send((uint8_t *)msg, strlen(msg));
    vw_wait_tx();
    noInterrupts();

    // Repor a zero no inicio de cada minuto
    volume_lmin1 = 0.0;
    volume_lmin2 = 0.0;

}

void ISRCountPulse1()
{
    pulseCounter1++;
}

void ISRCountPulse2()
{
    pulseCounter2++;
}

float GetFrequency()
{
    pulseCounter1 = 0;
    pulseCounter2 = 0;

    interrupts();
    delay(measureInterval);
    noInterrupts();

    frequency1 = (float)pulseCounter1 * 1000.0 / measureInterval;
    frequency2 = (float)pulseCounter2 * 1000.0 / measureInterval;
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin1), ISRCountPulse1, RISING);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin2), ISRCountPulse2, RISING);
    vw_setup(2000);
    vw_set_tx_pin(dataPin);

    // Após relacionadas com o tempo
    timer.setInterval(60000, RepeatTask);
}

void loop(){

    GetFrequency();

    // Calcular O volume no sensor 1
    if ( frequency1 > 11.0 ) {
        flow_lmin1 = (frequency1 * factorK + factorC); }
    else {
        flow_lmin1 = 0.0;}

    // Calcular Volume V1
    volume_lmin1 = volume_lmin1 + flow_lmin1 * measureInterval / 1000 / 60 ;

    // Calcular o volume no sensor 2
    if ( frequency2 > 11.0 ) {
        flow_lmin2 = (frequency2 * factorK + factorC); }
    else {
        flow_lmin2 = 0.0;}

    // Calcular Volume V2
    volume_lmin2 = volume_lmin2 + flow_lmin2 * measureInterval / 1000 / 60 ;

    // Ler Temperatura no sensor 1
    temperature = temp.getTemp();
    // Ler Temperatura no sensor 2
    temperature2 = temp2.getTemp();

    // Executar o "timer"
    timer.run();
}
}

```

Figura AP. 27 -Código do programa para transmissão de dados relativos a dois sensores de caudal (com ou sem sensores de temperatura).

## APÊNDICE 2 (INSTALAÇÃO DOS SENSORES)



Figura AP. 28 - Instalação do sensor de caudal para a máquina de lavar roupa (edifício de habitação 3).



Figura AP. 29 - Instalação do sensor de caudal para a rega do jardim (edifício de habitação 1).



Figura AP. 30 - Instalação do sensor de caudal para o lava loiça (edifício de habitação 3).





Figura AP. 31 - Instalação do sensor de caudal para a máquina de lavar roupa, rega de jardim, lavagem de veículo e lavagem de pavimentos (edifício de habitação 2).



Figura AP. 32 - Instalação do sensor de caudal para o lavatório (edifício de habitação 1).



Figura AP. 33 - Instalação do sensor de caudal para o banho (edifício de habitação 1).



Figura AP. 34 - Instalação do sensor de caudal para o autoclismo (edifício de habitação 1).

### APÊNDICE 3 (JARDINS DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO 1 E 2)

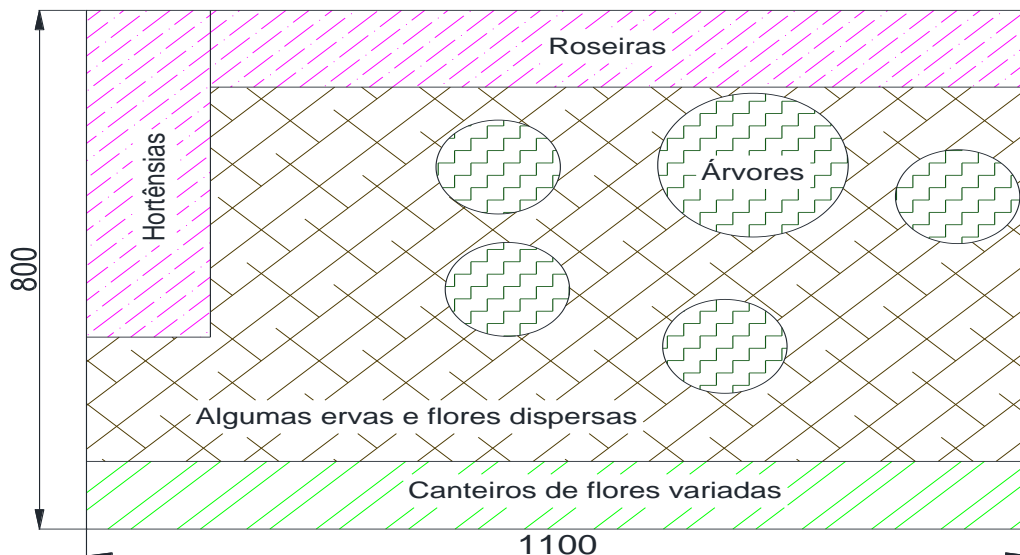


Figura AP. 35 - Esquema representativo do jardim do edifício de habitação 1.

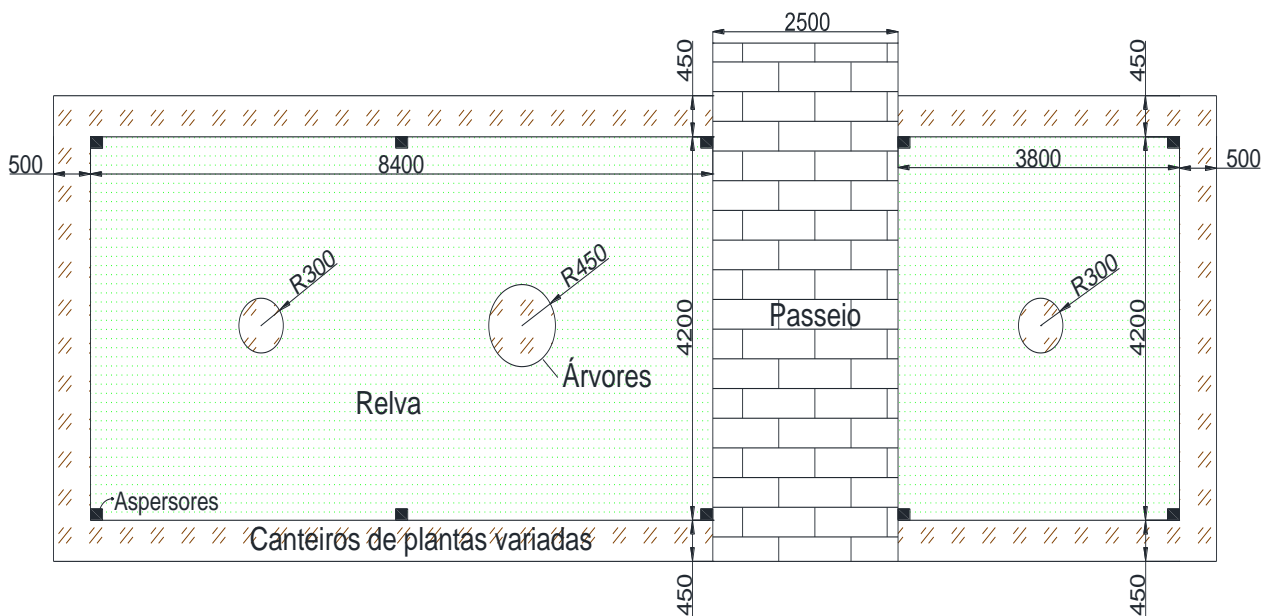


Figura AP. 36 - Esquema representativo do jardim do edifício de habitação 2.