



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Uso Sustentável da Água: Avaliação de Benefícios adotando Eficiência Hídrica em Edifícios

Dissertação a apresentar para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente

Autor

Ricardo Miguel Monteiro Teixeira

Orientadores

Maria Rita Fernandes de Carvalho

Pedro Manuel P.V. Lopes Tavares

Coimbra, Julho, 2015

AGRADECIMENTOS

No terminar de uma etapa marcante como esta não poderia deixar de expressar o meu sincero agradecimento a todos os que contribuíram de alguma forma para o culminar desta dissertação.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Professora Doutora Maria Rita F. Carvalho pela sua orientação, apoio e motivação constante ao longo deste trabalho, com a qual tive a oportunidade de desenvolver este projeto e por quem sempre tive um enorme respeito e admiração.

Agradeço de igual modo, ao meu orientador Professor Doutor Pedro Tavares, que participou em todo o processo de desenvolvimento e análise de dados, pela disponibilidade, amizade e partilha de conhecimento, contribuindo para a minha formação académica.

Ao Agrupamento de Escolas Martim de Freitas, no nome do seu diretor Dr. Alberto Barreira pela colaboração neste projeto de investigação, pela disponibilidade e a forma como fui recebido. E ao *Bluegym Fit*, no nome do diretor Gonçalo Clérigo pela disponibilidade e interesse imediato em proceder a este trabalho nas instalações com o intuito de ver as medidas serem aplicadas o mais breve possível.

À minha família e em especial aos meus pais, irmãs e sobrinhas que sempre tiveram uma palavra de conforto e motivação na tomada de decisões, levando-me a nunca desistir e ambicionar ir mais longe a nível académico, profissional e pessoal. Sem eles este trabalho não teria sido possível.

Por último, agradeço a todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo do meu percurso académico em Coimbra, João Apolinário, Flávia Castanheira, Tânia Moreira, Vanessa Ascensão e Vera Loureiro. E aos meus amigos de longa data André Tiago, Diogo Medalha e Pedro Rebelo pela sua compreensão, palavras de apoio e incentivo. Um especial agradecimento à engenheira, e acima de tudo amiga, Joana Riachos pela paciência, apoio e motivação demonstrados.

Dedico todo o meu trabalho ao meu Avô pelo conhecimento, os princípios éticos e valores morais transmitidos. Pela saudade que deixou e admiração que sempre terei por ele.

RESUMO

O aumento da população a par do crescimento das cidades, o clima de cada região e as alterações climáticas, traduzindo-se num aumento da intensidade e frequência de cheias e secas, levam a que o uso eficiente da água e a sua conservação em diferentes setores de atividade, como a agricultura, a indústria e o abastecimento urbano, consistam presentemente, num elevado desafio a nível mundial.

Em Portugal, a necessidade de uma gestão sustentável da água foi já confirmada como prioridade nacional através do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) que tem como principal objetivo a promoção do uso eficiente da água, incentivando o desenvolvimento de uma nova cultura da água, contribuindo para a preservação do meio natural, numa ótica de desenvolvimento sustentável. Entre as ações propostas neste programa a nível dos edifícios, destacam-se a implementação de um sistema de rotulagem de produtos e de um sistema de classificação da eficiência de utilização da água (certificação). A certificação é aplicável a dispositivos e equipamentos, encaminhando à elaboração de um regulamento de certificação hídrica de edifícios que permita, num futuro próximo, uma certificação da eficiência hídrica dos edifícios.

O presente trabalho vem no seguimento de um outro que discutiu uma metodologia de classificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos, no sentido de informar os consumidores das características técnicas dos dispositivos. Pretende assim efetuar análises custo-benefício para diferentes tipos de edifícios, nomeadamente coletivos, ao impacto global da aplicação de equipamentos certificados quer em termos de poupança de água, quer em termos económicos. Ao nível da redução no consumo de água, para o caso de estudo ginásio *BlueGym Fit* obteve-se uma redução no consumo de água de 63,9% e de 56,5% na sua fatura mensal com um período de retorno de investimento de 6 meses.

Palavras-Chave: Eficiência Hídrica, Sustentabilidade, Certificação Hídrica de Equipamentos e Edifícios.

ABSTRACT

The increase in population along with the growth of the cities, the weather of each region and the climate change, leading to an increase of frequency intensity of floods and droughts, make authorities to require an efficient use of the water and their preservation in many different activities sectors, as agriculture, industry and the urban supply, currently consists, a high challenge worldwide.

In Portugal, the necessity of sustainable water management has been confirmed as for example by the national priority through the Efficient Water Use National Program (PNUEA). The main objective of this program is the promotion of efficient water use, encouraging the development of a new water culture, contributing to the preservation of the natural environment, in the sustainable development. Among the various actions proposed in this program for the buildings, stands out among others and together with the implementation of a product labeling system, the implementation of a water efficiency use classification system (certificate) applicable to devices and equipment's to reach a water certification regulation of buildings to allow, in the near future, a certification of the water efficiency of buildings.

This work follows on from another that discussed a classification and labeling of the water efficiency of products methodology, to inform consumers about the technical characteristics of the devices. In this way, it seeks to make cost-benefit analyzes for different types of buildings, particularly the collective ones, to the global impact of the application of certified equipment, either in terms of water savings and in economic terms. At the level of reduction in water consumption, this study case conducted in the gym *BlueGym Fit*, yielded a reduction in water consumption of 63.9% and 56.5% in their monthly bill with a 6 months investment payback period.

Key words: Water Efficiency, Sustainability, Water Certification for buildings and Equipment's.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO	1
1.2 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA: SENSIBILIZAÇÃO DA POPULAÇÃO	4
1.3 OBJETIVOS	6
1.4 METODOLOGIA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2. ESTADO DA ARTE	9
2.1 EFICIÊNCIA HÍDRICA.....	9
2.2 NEXUS ÁGUA – ENERGIA.....	9
2.3 SITUAÇÃO NA EUROPA.....	14
2.4 LEGISLAÇÃO: INSTRUMENTOS POLÍTICOS EUROPEUS E NACIONAIS	15
2.5 PNEUA - PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA.....	17
2.6 NOVAS TECNOLOGIAS/EQUIPAMENTOS SUSTENTÁVEIS: POUPANÇA ÁGUA E ENERGIA ...	19
2.6.1 Torneiras de eficiência hídrica e energética	19
2.6.2 Sanitas de lavatório integrado	20
2.6.3 Mictórios com lavatório integrado: reutilização da água	20
2.6.4 Sanitas de funcionamento por vácuo	21
2.6.5 Mictórios sem uso de água	21
2.7 AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS	23
2.7.1 Considerações iniciais	23
2.7.2 Sistema BREEAM.....	24
2.7.3 Sistema LEED	24
2.7.4 Sistema LiderA	25
2.7.5 Considerações Finais	26
2.8 CERTIFICAÇÃO E ROTULAGEM DE DISPOSITIVOS E EQUIPAMENTOS	27
2.8.1 Considerações iniciais	27
2.8.2 Programa Waterwise.....	28
2.8.3 Programa WaterSense.....	29
2.8.4 Programa WELS.....	29
2.8.5 Programa ANQIP	30
2.8.6 Princípio 5R's: reutilização de águas cinzentas e aproveitamento de águas pluviais	30
2.9 DISPOSITIVOS EM INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS, COLETIVAS E SIMILARES.....	33
2.9.1 Considerações iniciais	33
2.9.2 Autoclismos	34
2.9.3 Chuveiros e sistemas de duche	36

2.9.4 Torneiras e fluxómetros.....	37
2.9.5 Economizadores ou redutores de caudal	39
2.9.6 Tecnologias de medição Inteligente do consumo de água	40
3. METODOLOGIA E CASOS DE ESTUDO	42
3.1 NOTA INTRODUTÓRIA	42
3.2 METODOLOGIA	42
3.3 CASOS DE ESTUDO RELEVANTES	52
3.4 CASO DE ESTUDO: GINÁSIO BLUEGYM FIT	63
3.4.1 Justificação e apresentação do caso de estudo.....	63
3.4.2 Análise de resultados	64
3.5 CASO DE ESTUDO: ESTABELECIMENTO DE ENSINO ESCOLA BÁSICA DO 2º E 3º CICLOS MARTIM DE FREITAS	73
3.5.1 Justificação e apresentação do caso de estudo.....	73
3.5.2 Análise de resultados	75
4. CONCLUSÕES	81
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
4.2 CASOS DE ESTUDO FUTUROS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Cenário stress hídrico em 2025 (Adeyeye, 2014).....	4
Figura 1.2 - Projeto “Poor Little Fish” (Yanlu@, 2015).	5
Figura 2.1 – A interdependência do Nexus Água – Energia (APA, 2012).....	10
Figura 2.2 – Ineficiência nacional no uso da água por setor (adaptado de APA, 2012). ..	17
Figura 2.3 – Sistema de abertura de torneira frontal (Roca@, 2015).	20
Figura 2.4 – Sistema integrado lavatório – sanita (Roca@, 2015).....	20
Figura 2.5- Sistema integrado lavatório – mictório (Greensavers@, 2013).....	20
Figura 2.6 – Exemplo de mictórios sem uso de água (uridan@, 2015).	21
Figura 2.7 – Sistema de funcionamento do mictório (URIMAT@, 2015).	22
Figura 2.8 – Sistema de Certificação Integrado (Adaptado de APA, 2012).	23
Figura 2.9 – Atribuição de certificados mediante classificação (LEED@, 2015).	25
Figura 2.10 - Ponderação para as 22 áreas do Sistema LiderA (LiderA@, 2015)	26
Figura 2.11 – Rótulos de Certificação e Etiquetagem Hídrica (ANQIP@, 2015).	30
Figura 2.12 – Princípio 5R’s no uso eficiente da água (Adaptado: Adeyeye, 2014).....	31
Figura 3.1 – Intervenções do programa AUDITAQUA (ANQIP@, 2015).	43
Figura 3.2 – Auditoria da ANQIP a um edifício (eficienciahidrica@, 2012).	46
Figura 3.3 – Caudalímetro (eficienciahidrica@, 2012).....	46
Figura 3.4 – Torneira temporizada de alimentação exterior (TIBA@, 2015).....	48
Figura 3.5 – Equipamentos para auditoria de consumo de água.	50
Figura 3.6 - Zmar Eco-campo Resort & Spa.....	58
Figura 3.7 – Comparação de consumos de água e faturas (c/IVA) relativas aos meses de setembro de 2010 e 2011 (AllAqua@, 2011b).	62
Figura 3.8 – Sistema de duche (à esquerda) e torneira com temporizador (à direita).	64
Figura 3.9 – Autoclismos de descarga completa (à esquerda) e torneira de mictório (à direita).....	64
Figura 3.10 – Número de entradas diárias no ginásio por género.	65
Figura 3.11 – Consumos de água diário no ginásio <i>BlueGym Fit</i>	65
Figura 3.12 – Histórico de faturação (€) do consumo de água no <i>BluegymFit</i>	66
Figura 3.13 – Distribuição dos consumos médios no ginásio por tipo de dispositivo.....	68
Figura 3.14 – Distribuição dos consumos médios no ginásio por tipo de dispositivo.....	70
Figura 3.15 – Escola Básica do 2º e 3ºciclos Martim de Freitas, Coimbra.	74
Figura 3.16 – Chuveiro de serviço (à esquerda) e de balneário (à direita).....	76
Figura 3.17 – Autoclismo de dupla descarga (à esquerda) e de descarga completa (à direita).....	76
Figura 3.18 – Fluxómetro de mictório (à esquerda e centro) e de autoclismo (à direita). ..	76
Figura 3.19 – Torneira de lavatório (à esquerda), torneira de lavatório com temporizador (ao centro) e torneira de bica alta (à direita).....	76

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 – Esquema da metodologia de tarefas gerais.....	7
Quadro 2.1 – Valores de consumos médios em edifícios (adaptado de Ferreira, 2011).	14
Quadro 2.2 – Iniciativas para o setor da água a serem atingidas em Portugal (APA@, 2014)	16
Quadro 2.3 – Medidas para a redução de consumo de água em autoclismos.....	19
Quadro 2.4 – Medidas para a redução de consumo de água em chuveiros.	19
Quadro 2.5 – Medidas para a redução de consumo de água em torneiras.....	19
Quadro 2.6 – Medidas para a redução de consumo de água em urinóis.....	19
Quadro 2.7 – Síntese de diferentes metodologias de certificação hídrica de edifícios.	27
Quadro 2.8 – Síntese de diferentes metodologias de certificação hídrica de dispositivos.	28
Quadro 2.9 - Categorias classificativas de Eficiências Hídricas de autoclismos para efeitos de rotulagem (adaptado de ETA 0804).	35
Quadro 2.10 – Condições para atribuição de categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de chuveiros e sistemas de duche (adaptado de ETA 0806).	37
Quadro 2.11- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório (adaptado de ETA 0808).	38
Quadro 2.12 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha (adaptado de ETA 0808).	38
Quadro 2.13 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a Fluxómetros de mictórios (adaptado de ETA 0808).	39
Quadro 3.1 – Configuração das intervenções em função da idade e tipo de edifício do programa AUDITAQUA® (ANQIP@, 2015).	44
Quadro 3.2 – Tabela de preços de dispositivos certificados (TIBA@ e ecofree@, 2015).....	48
Quadro 3.3 – Pesagem dos baldes vazios utilizados nas medições.	50
Quadro 3.4 - Consumos de água numa habitação equipada com dispositivos convencionais (Paraíso, 2013).....	53
Quadro 3.5 - Consumos de água numa habitação equipada com dispositivos eficientes de categoria A (Paraíso, 2013)	54
Quadro 3.6 – Custos de água e energia numa habitação equipada com dispositivos convencionais (Afonso e Rodrigues, 2011b).....	54
Quadro 3.7 - Custos de água e energia numa habitação equipada com dispositivos eficientes de categoria A (Afonso e Rodrigues, 2011b).	55
Quadro 3.8 – Custos energéticos associados ao consumo de AQS numa casa equipada com dispositivos convencionais (Afonso e Rodrigues, 2011b).....	55
Quadro 3.9 - Custos energéticos associados ao consumo de AQS numa casa equipada com dispositivos eficientes de categoria A (Afonso e Rodrigues, 2011b).....	55
Quadro 3.10 – Auditoria de eficiência hídrica a edifícios de serviços e lazer (Afonso, 2012).57	
Quadro 3.11 – Auditoria de eficiência hídrica em centros desportivos (Afonso, 2012).	57

Quadro 3.12 – Auditoria de eficiência hídrica em escolas (Afonso, 2012).....	57
Quadro 3.13 – Consumos de Água no Zmar (Rito, 2013).....	58
Quadro 3.14 – Atribuição de classificação hídrica aos dispositivos convencionais.	66
Quadro 3.15 – Consumo total de água diário com dispositivos convencionais.	67
Quadro 3.16 – Intervalo e valor médio da redução de caudal com dispositivos eficientes.....	68
Quadro 3.17 - Intervalo e valor médio de caudal com aplicação de dispositivos eficientes.	69
Quadro 3.18 – Consumo total de água diário com dispositivos eficientes.....	69
Quadro 3.19 – Faturação de água para um consumo mensal médio de 29,4 m ³	70
Quadro 3.20 – Faturação de água para um consumo mensal médio de 10,62 m ³	71
Quadro 3.21 – Custo total dos dispositivos a serem substituídos no edifício.	71
Quadro 3.22 – Custos e consumo energéticos associados ao consumo de AQS no ginásio equipado com dispositivos convencionais.....	72
Quadro 3.23 – Custos e consumos energéticos associados ao consumo de AQS no ginásio equipado com dispositivos eficientes.	72
Quadro 3.24 – Resumo do número e caudal dos dispositivos convencionais por edifício e taxa de redução média de consumo por substituição por dispositivo eficiente.....	77
Quadro 3.25 – Contribuição dos dispositivos convencionais para o consumo total de água. ...	78
Quadro 3.26 – Contribuição dos dispositivos eficientes para o consumo total de água.....	79
Quadro 3.27 – Investimento na substituição de dispositivos.....	79
Quadro 3.28 – Investimento na substituição de dispositivos convencionais por edifício.	79

ACRÓNIMOS E SIGLAS

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
APA – Agência Portuguesa do Ambiente
AQS – Águas quentes sanitárias
BREEAM – BRE *Environmental Assessment Method*
CCV – Compromisso para o Crescimento Verde
DQA – Diretiva-Quadro da Água
ETA – Especificações Técnicas ANQIP
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
GEE – Gases efeito de estufa
IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado
LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*
LiderA – Liderar pelo Ambiente para a Construção Sustentável
OMS – Organização Mundial de Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PEEASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PGRH – Plano de Gestão de Região Hidrográfica
PIB – Produto Interno Bruto
POSEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos
PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios
REH – Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
UE – União Europeia
USGBC – United States Green Building Council
WELS – Water Efficiency Labelling and Standards Schemes
WWF – World Wide Fund for Nature

1.INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Motivação

Na atualidade, face à crescente preocupação mundial em relação às alterações climáticas, ao uso de recursos naturais e à forma como estes têm sido explorados, a gestão de recursos existentes adquiriu uma relevância significativa. Esta situação resulta da consciencialização do impacto que as atividades do homem têm sobre estes, nomeadamente em relação aos recursos hídricos. Presentemente, a água disponível no mundo subsiste na quantidade suficiente para suprir as necessidades da população. No entanto, a sua disponibilidade não é a principal preocupação imediata, mas sim a forma como atualmente tem sido gerida (WWDR, 2015a). Em resumo, torna-se perceptível que através de uma alteração dos padrões de vida atuais poder-se-á obter uma gestão da água competente, com especial atenção em locais onde os recursos hídricos são vulneráveis ou escassos e onde a sua utilização, distribuição, preço e consumo são indevidamente regulados ou geridos.

A água é um recurso natural estruturante e estratégico que deve ser respeitado. Assume particular importância na satisfação das necessidades da sociedade atual (energia, transportes, usos domésticos, agrícolas e industriais) e numa perspetiva de desenvolvimento socioeconómico (crescimento populacional e desenvolvimento industrial). É claramente a base da civilização e é essencial para o desenvolvimento sustentável. A sua procura é largamente influenciada pelas tendências demográficas, políticas de segurança alimentar e energética e sobretudo por processos de desenvolvimento económico, como a globalização do comércio e mudanças nos padrões de consumo e estilos de vida que vão, despertando o mundo para o preocupante impacto do crescimento da população (WWDR, 2015a).

De acordo com WWDR (2015a) a taxa de procura de água já ultrapassa o dobro da taxa de crescimento da população. Assim, se o consumo *per capita* permanecer inalterado, o planeta irá assistir a uma procura de água superior à sua disponibilidade num futuro próximo. Segundo as previsões da Organização das Nações Unidas (ONU), o crescimento populacional a nível mundial entre 2010 e 2050, a um ritmo de crescimento de cerca de 80 milhões de pessoas por ano, será de aproximadamente 2 mil milhões. Existe assim, a previsão de atingir-se uma população mundial de 9,1 mil milhões em 2050 (WWDR, 2015a). De acordo com a Comissão Europeia (2013) através do programa Horizonte 2020, em 2050 será necessário o equivalente a mais de dois planetas para sustentar as tendências atuais, caso a exploração dos recursos prossiga no ritmo atual. Segundo Paraíso (2013) a escassez quantitativa e qualitativa da água é provavelmente, de entre todos os problemas ambientais, o mais preocupante. É do conhecimento geral que o uso desmedido de um recurso, mesmo que renovável, favorece o desperdício e a ineficiência comprometendo as práticas de gerações atuais e futuras. Dessa

forma, as pressões crescentes sobre os recursos hídricos, num cenário de progressiva escassez de água, torna imperativo a procura e a criação de medidas e soluções sustentáveis de menor impacto e a emancipação de custos desnecessários à sua utilização, não comprometendo as necessidades e a saúde pública da população, através de uma utilização eficiente (Vieira, 2003). Neste sentido, é fundamental reconsiderar os padrões de produção e consumo nos diversos setores da atividade humana e, entre estes, os recursos hídricos. É neste quadro de desenvolvimento sustentável que todos os sectores da sociedade se deveriam centrar, particularmente o sector da construção.

Em Portugal, estima-se que o sector da construção, edifícios residenciais e de serviços, sejam responsáveis pelo consumo de cerca de 30% da energia total e mais de 60% do total de eletricidade consumida no país, constatando-se ainda que cerca de 50% do consumo de energia em edifícios residenciais é devido ao aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS) (Adeyeye, 2014). Este sector é ainda responsável por cerca de 6,7% do total de consumo de água potável, pela produção de 420 milhões de metros cúbicos de águas residuais e de 7,5 milhões de toneladas de resíduos (Oliveira, 2014). Na verdade, é por esta razão que é crucial a conservação de água em edifícios, através de uma utilização mais eficiente da água o que leva a uma redução no seu consumo e dos efluentes rejeitados, aumentando a poupança de energia nos edifícios e nas redes públicas, contribuindo, assim, para a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Note-se, no entanto, que de acordo com Adeyeye (2014), o maior número de medidas de desenvolvimento sustentável em edifícios recai com maior prioridade sobre a eficiência energética comparativamente à eficiência hídrica. De entre os motivos que levam a esta opção refira-se o facto de os custos com a energia serem mais elevados em comparação com os custos relacionados com a água e os incentivos e diretivas legislativas para a promoção de eficiência energética nos edifícios serem em maior número. Em suma, existe a necessidade de serem adotadas medidas políticas em edifícios habitacionais, coletivos e similares, enveredando pelo caminho do uso inteligente de tecnologias com o objetivo de assegurar um consumo de água eficiente e sustentável constituindo uma das principais linhas orientadoras da política de gestão de água em Portugal.

Acresce que a exploração de fontes de água subterrâneas fornece água potável para cerca de 50% da população mundial e é responsável por 43% de toda a água utilizada para irrigação. Como tal pode-se prever que parte dos aquíferos mundiais está a ser sobre explorado, tendo como principais consequências o aluimento de terras e intrusão salina (WWDR, 2015c). Até 2050 estima-se que o fornecimento de água para a população alcance os 55% em consonância com a crescente procura para agricultura, desenvolvimento industrial, produção de energia termoelétrica e uso doméstico decorrente da crescente urbanização em países em desenvolvimento (WWDR, 2015a).

O setor da agricultura representa cerca de 70% da captação total de água doce no mundo, o qual nos países menos desenvolvidos corresponde a mais de 90%, com os sectores industriais e domésticos a corresponderem aos restantes 20% e 10%, respetivamente (WWDR, 2015a). Assim, as irrigações de culturas intensivas, extrações de água excessivas, a libertação descontrolada de pesticidas e produtos químicos em cursos de água e a ausência de tratamento de água residuais contribuem significativamente para uma pressão crescente sobre os recursos hídricos agravando ainda mais a sua escassez (Unesco@, 2015). Segundo Unesco@ (2015) entre 2000 e 2050, prevê-se um aumento na procura global de água na ordem dos 400% por parte da indústria onde a maior parte desse aumento ocorre em economias emergentes e em países em desenvolvimento. Nestes países a prioridade do sector industrial, consiste na maximização da sua produção em detrimento da eficiência e conservação de água (WWDR, 2015c).

De acordo com o Departamento de Assuntos Económicos e Sociais das Nações Unidas, a escassez de água é caracteristicamente estimada com base na relação *população / água*. Uma área sofre "stress hídrico" quando o abastecimento de água é inferior a $1700 \text{ m}^3/\text{pessoa/ano}$. Uma região com uma procura de cerca de $1000 \text{ m}^3/\text{pessoa/ano}$ é considerada estar em "escassez de água" e se este valor estiver abaixo dos $500 \text{ m}^3/\text{pessoa/ano}$ a região encontra-se a enfrentar "escassez absoluta" (Adeyeye, 2014). Na verdade, cerca de um quinto da população mundial (1,2 mil milhões de pessoas) encontra-se em áreas consideradas com "escassez física de água" enquanto aproximadamente um quarto (1,6 mil milhões de pessoas) enfrenta "escassez de água económico". O acesso à água é portanto afetado diretamente pela governação danosa dos recursos hídricos e pela carência de infraestruturas para o transporte de água. De acordo com a UNESCO a previsão de escassez de água para as próximas décadas aumentou cerca de 20% motivado pelas mudanças climáticas e cerca de 1,1 mil milhões de pessoas em todo o mundo já não têm acesso suficiente a água potável segura (Adeyeye, 2014).

As alterações climáticas têm como consequência o agravamento dos riscos associados às variações na distribuição temporal e espacial e ainda da disponibilidade de água afetando a equidade na sua distribuição. A variabilidade e imprevisibilidade geográfica crescente dos padrões de precipitação, o aumento significativo na frequência e intensidade de desastres naturais, relacionados com eventos hidrológicos críticos (como por exemplo a subida significativa do nível médio do mar e fenómeno de cheias) e o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm como consequência efeitos diretos e indiretos sobre o ciclo hidrológico. Esses efeitos resultam em alterações na reposição dos recursos hídricos, no escoamento superficial, na recarga de aquíferos e na qualidade da água (WWDR, 2015a). A intrusão salina, em aquíferos costeiros, ocorre de acordo com a subida do nível médio do mar tornando a água potável para consumo humano e agricultura difícil, inacessível ou inutilizável para captação com implicações nos ecossistemas e biodiversidade. (WWDR, 2015d).

É ainda relevante referir que o stress hídrico mede a quantidade de pressão sobre os recursos hídricos e ecossistemas aquáticos pelos utilizadores desses recursos (agricultura, indústria, energia e setor urbano). Quanto maior o volume de água captada, utilizada e descarregada num rio, maior será o fluxo do rio esgotado e/ou degradado para os utilizadores a jusante comportando assim um stress hídrico mais elevado (WWDR, 2015b). Na Figura 1.1 é possível observar-se o cenário de stress hídrico projetado para 2025 de acordo com o Conselho Mundial da Água.

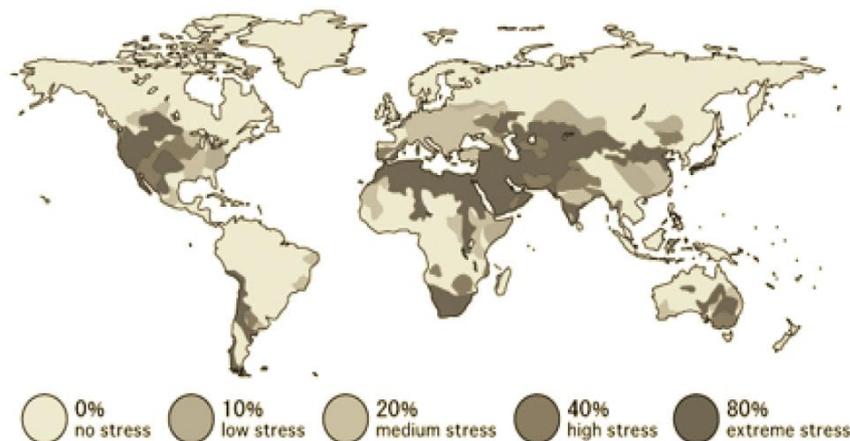


Figura 1.1 - Cenário stress hídrico em 2025 (Adeyeye, 2014).

De acordo com a Figura 1.1 prevê-se que as regiões do mediterrâneo se encontrem em stress hídrico extremo (80%) estimando-se que grande parte da península ibérica (Portugal e Espanha) esteja em situação de stress hídrico elevado (40%). O continente mais afetado pelo stress hídrico é visivelmente o Africano (Argélia, Líbia, Egipto e República Sul Africana) com grande parte da sua área a sofrer de stress hídrico extremo. No continente americano, o México e os Estados Unidos apresentam também níveis de stress hídrico elevado onde grande parte da sua área irá assistir a uma pressão extrema (80%) sobre os recursos hídricos. No continente asiático, a Arábia Saudita, Irão e Índia por exemplo, também se encontraram em área de stress hídrico extremo. Isto deve-se sobretudo ao elevado crescimento populacional nestas regiões e às mudanças climáticas, verificando-se cada vez mais uma procura de água superior à sua disponibilidade. É assim importante a procura pela utilização eficiente dos recursos hídricos em todos os setores de modo a minimizar a tendência crescente de stress hídrico em todo o mundo.

1.2 A importância da Água: Sensibilização da População

Na preservação pela sustentabilidade do meio ambiente, é fundamental que a população consiga de uma forma consciente, reduzir os consumos excessivos de um recurso tão importante como a água, sem receio que esta redução seja prejudicial para a sua saúde ou tenha como consequência a perda de conforto na sua utilização. Associado a este facto, têm-se desenvolvido tecnologias e estratégias de sensibilização com vista a fomentar a promoção de eficiência hídrica por parte da população. Compreender como os consumidores gerem a sua utilização de

água é essencial para a implementação e criação de políticas, programas e estratégias, através de tecnologias de medição inteligente do consumo de água em edifícios.

De acordo com PENSAAR 2020 (2014) um aumento da consciencialização da sociedade para o uso eficiente da água através de políticas estratégicas tem como consequência o decréscimo e simultaneamente a estabilização das capitações devido à alteração do comportamento no uso da água. Na verdade, os consumidores até podem encontrar-se conhecedores da importância pela conservação da água, mas muitas das vezes demonstram-se desmotivados em responder às medidas de adoção estratégica de uso eficiente da água e isto deve-se sobretudo a variáveis socioeconómicas (idade, orçamento familiar, responsabilidade pessoal e confiança institucional) (Adeyeye, 2014). Assim, para assegurar um uso do recurso da água de forma eficiente por parte do consumidor existe a necessidade de ser reavaliado o valor económico da água sendo este ajustado para um custo ambientalmente adequado. O aumento da tarifa da água poderá induzir na redução de consumos conduzindo, paralelamente, a efeitos negativos na sustentabilidade financeira das entidades gestoras, sendo por isso importante otimizar a gestão da água com os seus custos (PENSAAR 2020, 2014). Por outro lado, os estudos demonstram que a resposta do consumidor ao aumento do custo da água diverge, com alguns destes dispostos a pagar mais pela sustentabilidade e preservação do recurso, enquanto outros olham para esta medida com hostilidade (Adeyeye, 2014). Assim um aumento na tarifa da água torna-se mais eficaz em arrecadar maiores receitas do que a limitar a sua procura ao contrário da energia sendo o seu preço um instrumento de gestão mais eficiente (WWDR, 2014).

No seguimento da criação de medidas de sensibilização o designer Yan Lu (Yanlu@, 2015), serve-se de um peixe-dourado para dar a entender os efeitos do desperdício da água através do seu projeto “*Poor Little Fish*”. Este projeto consiste num tradicional aquário no qual o nível de água vai descendo enquanto esta é consumida, colocando o bem-estar do peixe-dourado em risco devido à diminuição deste recurso. Uma vez concluída a atividade de consumo o aquário é recarregado (Figura 1.2). Assim, este projeto procura persuadir a utilização desmensurada da água alertando para as consequências das atitudes pouco sustentáveis dos consumidores.



Figura 1.2 - Projeto “*Poor Little Fish*” (Yanlu@, 2015).

1.3 Objetivos

Esta dissertação vem na sequência de uma tese que discutiu, uma metodologia de classificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos que permite o desenvolvimento e implementação de sistemas de certificação e rotulagem da eficiência hídrica em edifícios no sentido de disponibilizar aos consumidores o conhecimento da sua eficiência hídrica. Assim neste contexto, pretende-se como objetivo principal estender as análises custo-benefício da aplicação de medidas de eficiência hídrica, nomeadamente a substituição de equipamentos e dispositivos convencionais por dispositivos eficientes certificados, em edifícios de uso coletivo e similares, confirmando uma metodologia e elaborando o procedimento para a análise económica.

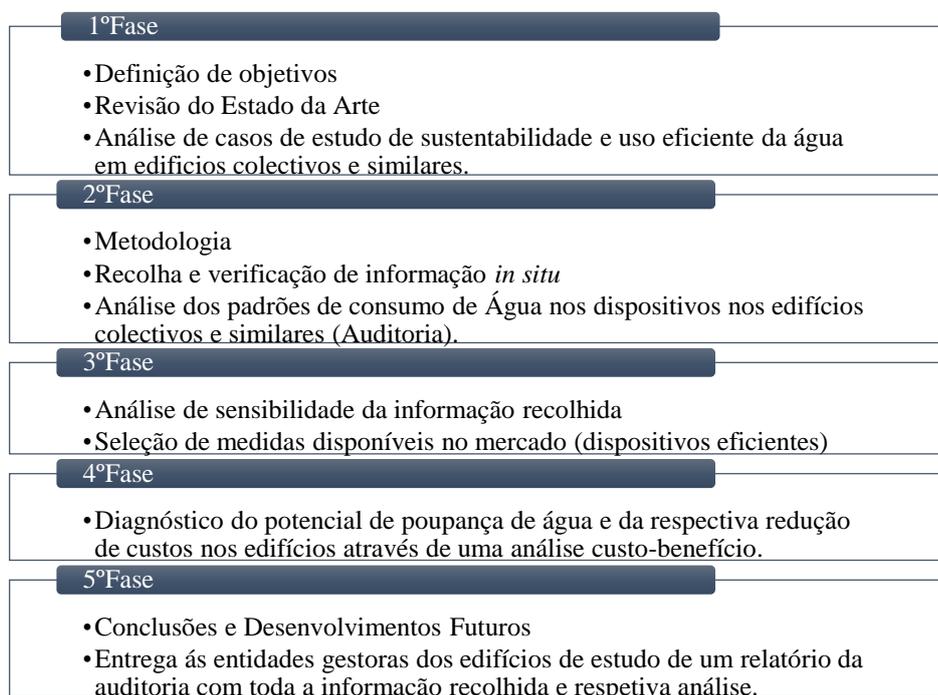
O comportamento do utilizador não será forçosamente alterado, baseando-se esta análise na comparação dos padrões de consumo de cada dispositivo, sendo assim importante reconhecer um cenário base (“*business as usual*”) por comparação com um cenário alternativo empregando uma estratégia de análise quantitativa do desempenho das medidas aplicadas. Através da exposição de um conjunto de casos de estudo pretende-se contribuir para a sensibilização da população para a importância de práticas sustentáveis em relação ao uso eficiente da água no ciclo urbano bem como das interligações com a energia e consequentes emissões de CO_2 . A poupança de água num conjunto de edifícios coletivos terá assim um efeito demonstrativo dos benefícios (a nível ambiental, económico e social) obtidos pela substituição dos dispositivos, a disseminação de boas práticas na utilização eficiente da água por todos os agentes (domésticos, empresariais ou públicos) tendo como consequência o aumento de potencial na replicação deste projeto em outros edifícios coletivos. De acordo com o objetivo principal, são definidos os objetivos específicos desta dissertação:

- ✓ Identificar os principais desafios no setor da água e a importância do seu uso sustentável;
- ✓ Analisar a interdependência do setor da água e do setor energético no ciclo urbano;
- ✓ Comentar o contributo de medidas de eficiência hídrica a nível da rede predial na diminuição do consumo de água e energia e na produção de águas residuais e CO_2 , e respetivos custos associados identificando o princípio 5R's;
- ✓ Caracterizar as principais políticas de certificação e rotulagem de eficiência hídrica e entidades responsáveis;
- ✓ Sintetizar as medidas de eficiência hídrica existentes (por exemplo dispositivos eficientes, sistemas de reutilização de águas cinzentas e águas pluviais);
- ✓ Debater as metodologias nacionais para avaliação de consumo de água em edifícios existentes propondo a combinação mais indicada de diretrizes para a realização de auditorias em instalações prediais coletivas;
- ✓ Avaliar o impacto da substituição de equipamentos e dispositivos convencionais por eficientes, no consumo e custo de água ao nível do edifício, em termos de viabilidade económica e período de amortização através de casos de estudo.

1.4 Metodologia e Estrutura da Dissertação

Esta dissertação decompõe-se em diferentes fases de execução baseada numa extensa pesquisa bibliográfica de livros, dissertações, revistas científicas e técnicas, catálogos de produtos, artigos científicos entre outros, reforçando a fiabilidade e credibilidade de toda a informação disponibilizada. O Quadro 1.1 ilustra a metodologia adotada para a elaboração deste trabalho, encontrando-se estruturado da seguinte forma:

Quadro 1.1 – Esquema da metodologia de tarefas gerais.



A presente dissertação encontra-se organizada ao longo de quatro capítulos que representam, de forma genérica, as etapas do trabalho desenvolvido. O presente e primeiro capítulo é a *Introdução*, composto pelo enquadramento e motivação para o desenvolvimento do tema (contextualização do problema em investigação), seguida da importância da sensibilização da população, da definição dos principais objetivos a serem alcançados e ainda da descrição da metodologia e da estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, designado *Estado da Arte*, é realizada uma revisão bibliográfica onde é descrita a situação atual na Europa, e nomeadamente em Portugal, quanto à eficiência hídrica. São descritas as necessidades de água nos diferentes sectores, em particular no sector urbano, contextualizando a conexão entre a água e a energia e a importância do seu conhecimento para a tomada de políticas integradas numa perspetiva sustentável. Surge neste capítulo o enquadramento legislativo a vigorar através de instrumentos políticos e programas, nomeadamente a Diretiva-Quadro da Água (DQA) e o Programa Nacional para o Uso Eficiente

da Água (PNEUA). No seguimento da revisão bibliográfica são mencionados novas tecnologias e equipamentos que têm vindo a ser desenvolvidos com o objetivo de reduzir o consumo de água e energia em edifícios habitacionais, coletivos ou similares. Posteriormente são identificados os principais sistemas para avaliação e certificação de sustentabilidade em edifícios (BREEAM, LEED e LiderA) e os principais programas para a certificação e rotulagem de dispositivos e equipamentos de eficiência hídrica (*Waterwise*, *Watersense*, WELS e ANQIP). No que diz respeito ao consumo de água ao nível urbano é identificado e descrito o princípio 5R's e as medidas tecnológicas promissoras para um uso sustentável da água, como por exemplo o aproveitamento de águas pluviais, a reutilização de águas cinzentas e novas fontes de água potável. Por fim, neste capítulo são enunciados os dispositivos e equipamentos eficientes com certificação hídrica aplicada pela ANQIP, com o objetivo de definir e analisar as soluções disponíveis no mercado para a redução do consumo de água, onde é realizada a descrição da metodologia de certificação segundo especificações técnicas (ETA).

No terceiro capítulo, intitulado *Casos de Estudo* serão analisados casos de estudo já realizados pela ANQIP e outras entidades, relativamente ao impacto da substituição de equipamentos convencionais por dispositivos eficientes, a nível de consumo e faturação de água. São ainda apresentadas metodologias de diagnóstico do uso de água nos edifícios, com o objetivo de avaliar o potencial de redução no consumo de água e custos associados, e identificadas as diretrizes seguidas na abordagem aos casos de estudo. Seguidamente são expostos os casos de estudo do ginásio *Bluegym Fit* e do estabelecimento de ensino Martim de Freitas. Nestes são descritos os edifícios através de um levantamento e caracterização ao nível da sua localização, utilização e a quantificação de dispositivos hídricos presentes (autoclismos de bacia de retrete, chuveiros e sistemas de duche, fluxómetros de mictório, torneiras de lavatório e de cozinha). É exposto o resultado dos consumos de água nos dispositivos, após auditoria e realizada uma análise. É apresentada uma proposta de melhoria às instalações, através da substituição de dispositivos convencionais por dispositivos eficientes, procurando economias significativas nos custos inerentes ao seu uso, a nível ambiental, económico e social.

Por fim, no quarto capítulo, *Conclusões*, é elaborada uma síntese da presente dissertação, onde são expostas as considerações finais mais relevantes, assim como, uma perspetiva de trabalhos futuros a serem desenvolvidos e as contribuições que estes poderão proporcionar.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Eficiência Hídrica

Nos últimos anos a sociedade tem vindo a alterar significativamente os seus padrões de consumo e níveis de vida o que levou a água a ser considerada uma prioridade nas políticas internacionais, europeias e nacionais voltadas para o aumento da eficiência hídrica. Esta, de um modo geral, descreve-se como sendo a otimização do consumo de água (eficiência de utilização), assegurando que com o uso do volume mínimo possível (consumo útil) se consiga proceder eficazmente à função na qual é utilizada (APA@, 2012).

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

$$\text{Desperdício(\%)} = 100 - \text{Eficiência(\%)} \quad (2)$$

A importância da eficiência hídrica é de interesse económico ao nível das entidades gestoras e consumidores. Estima-se que na Europa cerca de 20 a 40% da água é desperdiçada e o seu uso eficiente, através de melhorias tecnológicas, pode ser otimizado (Adeyeye, 2014). Assim, com vista à aplicação de melhorias tecnológicas para potenciar a eficiência na utilização de recursos (água e energia) é descrita, na secção seguinte, a interdependência entre a água e a energia em todo o ciclo urbano da água com efeito demonstrativo para a situação em Portugal.

2.2 Nexus Água – Energia

A energia está rigorosamente interligada com a água tratando-se de elementos básicos para a vida, para o desenvolvimento socioeconómico sustentável, para o bem-estar da população e para o progresso tecnológico. Independentemente do nível de desenvolvimento da população as necessidades de água e energia crescem exponencialmente gerando uma maior pressão sobre os recursos hídricos, uma vez que quase todas as formas de energia carecem de uma determinada quantidade de água como parte do seu processo de produção (WWDR, 2015d). Torna-se imperativo a consciencialização que esta sinergia compreende o facto de a água ser necessária para a produção de energia e esta, por sua vez, indispensável na extração, tratamento e distribuição de água, tal como na sua recolha e tratamento após a sua utilização, existindo assim uma necessidade crescente na adoção de uma abordagem integrada para a preservação da sustentabilidade destes recursos.

Coordenando políticas de água e energia, de forma sustentável, prevê-se minorar os riscos associados à sua interdependência uma vez que as decisões tomadas para benefício de um dos domínios tem consequências, positivas ou negativas, direta ou indiretamente, em outro domínio. Assim, a resposta ao aumento da procura por energia poderá surgir à custa da

sustentabilidade dos recursos hídricos, como por exemplo na exploração de fontes não convencionais de gás e petróleo (por exemplo o gás de xisto), produção de biocombustíveis e dessalinização entre outros, devido à sua enorme necessidade de água para o seu processo de produção. Por outro lado, a tentativa de mitigar as mudanças climáticas através de tecnologias inovadoras como a captura e armazenamento de carbono são também por si só dependentes de elevados volumes de água.

A interdependência do Nexus Água – Energia é desta forma resumida na Figura 2.1, existindo a necessidade à partida de distinguir os recursos hídricos dos serviços de água e a forma como são geridos. A gestão de recursos hídricos envolve o ciclo da água, no seu ambiente natural (rios, lagos, aquíferos entre outros) em termos de quantidade e qualidade enquanto a gestão de serviço de água cabe ao desenvolvimento e gestão de infraestruturas para captar, tratar, transportar e fornecer a água ao utilizador final, não antes de por fim recolher as águas residuais e encaminhá-las para tratamento e posterior descarga ou reutilização segura. Considera-se assim que a energia é principalmente necessária para o fornecimento de serviços de água. (WWDR, 2014).

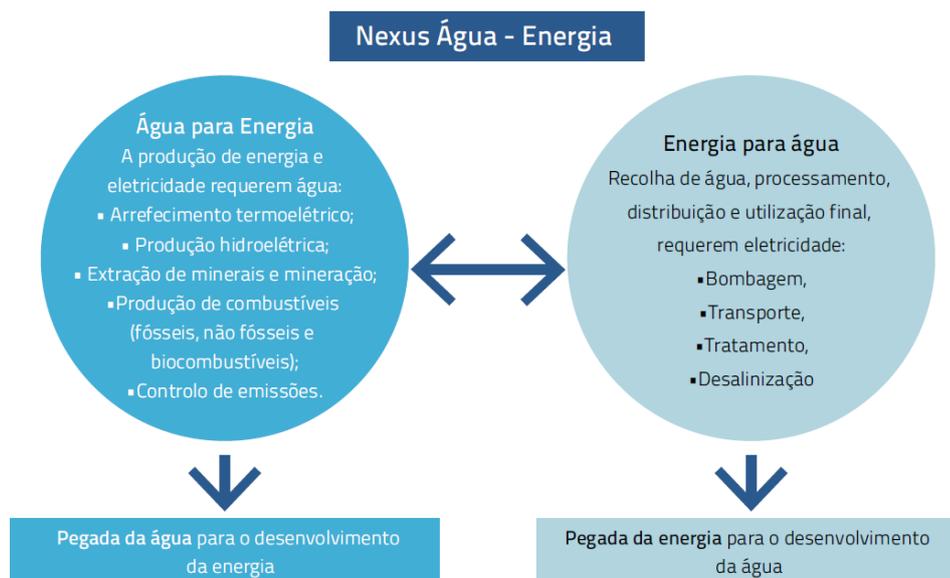


Figura 2.1 – A interdependência do Nexus Água – Energia (APA, 2012).

De acordo com o PNUEA, 6 a 18% da procura energética das cidades é consumida no transporte e tratamento de água. O rebaixamento nos níveis dos aquíferos provoca um aumento dos consumos energéticos associados ao bombeamento de água (captação) (WWDR, 2014). Estes são dois dos muitos exemplos que é possível encontrar da interdependência da disponibilidade dos recursos água e energia e dos seus respetivos custos associados, refletindo-se diretamente no desenvolvimento da estrutura socioeconómica do país. O programa Horizonte 2020 (Comissão Europeia, 2013) cita que o aumento do uso eficiente da água tem como consequência não só a redução dos volumes de captação desta como também corresponde a uma redução em mais de 50% da procura de energia no abastecimento, tratamento e transporte de água.

Em termos globais, cerca de 90% da geração de energia é utilizadora de uma enorme quantidade de água no seu processo de produção (WWDR, 2014). Até 2035 prevê-se um aumento em cerca de um terço na procura de energia, da qual 75% corresponderá a combustíveis fósseis, com a procura de energia elétrica a aumentar em 70% com efeito combinado do crescimento populacional e a melhoria na sua qualidade de vida. Na Europa, 43% das captações totais de água doce deve-se à geração de energia termoelétrica e de energia hidroelétrica onde representam, respetivamente, 80% e 15% da produção mundial (WWDR, 2015a). Sabe-se ainda, que 90% da energia produzida é termoelétrica onde um incremento de 70% na sua geração traduz-se em um aumento de 20% na captação mundial de água (WWDR, 2015c). Atualmente, as captações de água doce, para produção de energia, são estimadas em 15% do seu total global e é esperado que esse valor cresça em cerca de 20% até 2035 (WWDR, 2015a).

O ciclo urbano da água é seriamente sujeito a um uso intensivo de energia. O consumo de energia associado ao uso de água neste ciclo pode encontrar-se dividido em cinco etapas: captação, tratamento e distribuição de água e drenagem e tratamento de águas residuais sendo os processos de tratamento de água para abastecimento e de águas residuais as etapas com o dispêndio mais elevado de energia. Em cada uma dessas etapas a quantidade de energia irá variar como consequência das condições específicas do local de captação, distância da origem ao local de procura, a qualidade da água e/ou padrão de contaminação (com origem na tecnologia utilizada para tratamento) e, no caso das águas subterrâneas, a profundidade a que são captadas (WWDR, 2014). Estima-se que a energia elétrica seja responsável por cerca de 5% a 30% do custo operacional total dessas mesmas etapas (WWDR, 2015a)

Enquanto isso, o consumo de água potável é repartido em três sectores essenciais: o residencial, o industrial e o comercial (Rodrigues *et al*, 2012). Relativamente ao sector residencial, o consumo de água encontra-se associado a diversas atividades, tais como: higiene pessoal (duche, banheira, lavatório e bidé), descargas de autoclismo, máquinas de lavar roupa e de lavar louça, irrigação e piscinas. O dispêndio de energia para a realização de algumas dessas atividades é significativo podendo estar associada por exemplo à produção de águas quentes sanitárias (AQS), a sistemas de circulação de água em piscinas e pressurização em sistemas de climatização.

As AQS compreendem a água potável utilizada em banhos, limpeza e cozinhar alimentos entre outros fins específicos, através de dispositivos apropriados, como por exemplo, chuveiros e torneiras, aquecidas através de fontes de energia convencionais ou renováveis, não excedendo uma temperatura de 35°C. Na Europa, as AQS tem associadas cerca de 25% do consumo de energia num edifício enquanto que em Portugal esse valor representa 22% (Adeyeye, 2014). Neste sentido, o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), que veio substituir o Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), incorpora atualmente a eficiência hídrica como viável contributo para a eficiência

energética, nomeadamente com aplicação de chuveiros e sistemas de duche certificados com a categoria “A” ou superior (Afonso, 2014a).

Nas últimas décadas, o crescimento urbano obrigou a um elevado consumo de água e energia contribuindo para o aumento de GEE e o risco de stress hídrico. Em termos mundiais, os edifícios são responsáveis por cerca 40% do consumo total anual de energia (a maior parcela corresponde a iluminação, aquecimento e sistemas de refrigeração e ar condicionado), sendo que na Europa, considerando o ciclo de vida do edifício (construção, utilização e demolição), estes sejam responsáveis por 50% da procura de energia contribuindo com 50% das emissões de CO_2 para atmosfera. A fase de utilização do edifício representa 80 a 90% do total de energia consumido durante o seu ciclo de vida, sendo por isso necessário a implementação de medidas de eficiência durante esta fase de forma a reduzir os consumos de água, energia e uma consequente redução nas emissões de CO_2 (Afonso e Rodrigues, 2011b). Neste contexto, de acordo com Adeyeye (2014), em resposta ao Protocolo de Quioto, surgiu a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu sobre o Desempenho Energético em Edifícios tendo como objetivo a criação de uma estimativa de economia na ordem dos 28% no sector da construção, podendo vir a ter uma redução na procura de energia total final na Europa em cerca de 11%.

Ainda que as emissões de CO_2 no sector da habitação sejam normalmente relacionadas com o volume de AQS consumidas, é indispensável ter em consideração que o género de energia utilizada para o seu aquecimento poderá diferir, tal como a sua eficiência, levando garantidamente a diferentes valores de emissões de CO_2 . Desta forma, habitações com exatamente o mesmo consumo de AQS, mas utilizando diferentes tipos de energia, representaram valores distintos de CO_2 (Rodrigues *et al*, 2012). Em Portugal, as fontes de energia mais comumente utilizadas para o aquecimento de águas e edifícios, são os combustíveis fósseis (gás natural, butano e propano), a eletricidade e a energia solar.

Segundo WWDR (2014), um estudo efetuado no Reino Unido para a quantificação das emissões de CO_2 associadas ao consumo de água demonstrou que cerca de 89% dessas emissões eram relativas à utilização de água na habitação e que os restantes 11% correspondiam à captação, tratamento, distribuição e tratamento de águas de abastecimento e águas residuais. Sabe-se ainda através deste estudo que, em média, são emitidas 6,2 $MtCO_2$ por litro de água consumo por edifício, o equivalente a 2,2 kg de CO_2 por dia e que 77% das emissões estão diretamente associadas ao uso de água para aquecimento do edifício e os remanescentes 23% resultam do aquecimento de AQS.

Assim, com vista a minorar o consumo energético e a escassez de água nas cidades, numa primeira fase, a implementação de medidas de conservação de água, como por exemplo a adoção de dispositivos eficientes no uso de água (torneiras, chuveiros e redutores de caudal) irá refletir-se numa redução direta do consumo nos edifícios. Numa segunda fase, poderá passar

pelo abastecimento de água nas cidades através de fontes adicionais, aproveitamento de águas pluviais e tratamento e reutilização de águas cinzentas, sendo que no entanto estas aplicações resultam num aumento na procura de energia. A terceira fase consiste na aplicação de tratamentos avançados de água, tais como, sistemas de reciclagem de água por osmose inversa e dessalinização, no entanto, apesar de se tratarem de opções credíveis para consumo de água humano, são tecnologias que carecem de uma enorme quantidade de energia. No caso da tecnologia de dessalinização esse consumo energético surge em função da temperatura e salinidade da água, sendo o seu custo cerca de dez vezes superior a uma captação de água doce típica, e cerca do dobro do tratamento de água residual para reutilização, dependendo da tecnologia utilizada no seu tratamento. Este custo elevado pode ser contrariado com a adoção de tecnologias eficientes para captação de água subterrânea e de fontes renováveis de energia, como por exemplo, a energia eólica e solar fotovoltaica, uma vez que, de entre as fontes de energia renováveis, são as mais sustentáveis em termos de água no seu processo de produção. Por outro lado, estes serviços de energia, por serem compostos por um fornecimento intermitente, precisam de ser compensadas por outras fontes de energia à exceção da energia geotérmica (WWDR, 2014).

A nível europeu ocorre um crescente aumento de políticas que promovem a eficiência energética e hídrica, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, particularmente em relação às energias renováveis, como por exemplo, sistemas de filtragem de águas residuais e o aproveitamento do potencial de algas, presentes no efluente, para a geração de energia. A reciclagem e reutilização de água nos edifícios tem como vantagem adicional a redução direta do volume de água residual a ser encaminhado para a ETAR, resultando em economias substanciais nos custos de funcionamento desta. A energia química presente nas águas residuais (biogás), quando aproveitada, pode substituir os combustíveis fósseis, utilizados para cozinhar, aquecimento doméstico, nos veículos ou até mesmo para operar a própria estação de tratamento, reduzindo ainda a quantidade de lamas a ser descartada tendo como consequência direta a redução de custos das estações de tratamento tanto em termos de custo energético como de transporte e encaminhamento dessas mesmas lamas (WWDR, 2014).

Assim, a título conclusivo pode afirmar-se que a redução no consumo de água em edifícios a partir da aplicação de medidas de eficiência hídrica, como a aplicação de dispositivos eficientes, implica uma redução do volume de água captado, tratado e transportado bem como uma redução no volume de água residual a ser tratada. Irá também conduzir a um significativo aumento de eficiência energética reduzindo consequentemente todos os custos energéticos associados em cada uma das fases do ciclo urbano da água contribuindo paralelamente para a redução de GEE, designadamente as emissões de CO_2 .

2.3 Situação na Europa

No Mundo, de entre os seis países com uma Pegada Hídrica mais elevada, são encontrados quatro países correspondentes à região mediterrânica: Portugal, Espanha, Itália e Grécia. O clima mediterrânico tem características únicas que surgem em apenas 3% da superfície terrestre (WWF@, 2015). Existem assim, desafios climáticos específicos pelo facto de o clima Mediterrânico identificar-se com verões quentes e por períodos relativamente longos de seca e invernos caracteristicamente frios e húmidos (Adeyeye, 2014). A elevada variabilidade de precipitação típica deste clima origina a ocorrência de frequentes e intensos períodos de seca enquanto o período da estação quente tem como consequência uma redução na disponibilidade de água, agravada pela procura crescente (WWF@, 2015).

A Pegada Hídrica (ou Pegada da Água) é definida pela WWF@ (2015) como sendo um indicador que expressa o volume total de água utilizada por um determinado país para produzir bens e serviços consumidos pela sua população, seja esta de origem interna (produção de bens e serviços em território nacional) ou de origem externa (consumo de bens e/ou serviços importados). Entre 151 países, Portugal ocupa o sexto lugar no ranking mundial de pegada hídrica com um consumo de $2.260 m^3 / pessoa / ano$ dos quais 80% corresponde ao consumo de bens agrícolas e cerca de 54% dessa pegada hídrica é de origem externa (WWF@, 2015).

A Organização Mundial de Saúde sugere que cerca de $7,5 l/hab. dia$ seja a capitação diária de água suficiente para atender aos requisitos da maioria da população (UN WATER@, 2015) no entanto, $20 l/hab. dia$ é a quantidade de água estimada para acesso “básico” (ingestão e higiene pessoal) (WWDR, 2015a). De acordo com o PENSAAR 2020 (2014) estima-se que em Portugal as capitações diárias de água variem entre os $151 l/hab. dia$ e os $200 l/hab. dia$. No Quadro 2.1 são apresentados os consumos médios praticados em diferentes tipologias de edifícios coletivos a nível nacional descrevendo o valor médio e o valor de referência em litros praticado por utilizador ao longo de um dia.

Quadro 2.1 – Valores de consumos médios em edifícios (adaptado de Ferreira, 2011).

Tipos de Edifícios	Valor Médio Praticado (l/utilizador/dia)	Valor de Referência (l/utilizador/dia)
Espaços Culturais	0,85	7,4
Escolas	27,07	30,3
Edifícios de Serviços	21,06	43,2
Pavilhão	4,12	0,1
Piscina	94,42	44,2
Estádio	27,88	-

As mudanças climáticas nos países do Mediterrâneo, como Portugal e Espanha podem, a curto e a médio prazo, afetar significativamente a disponibilidade de água, devido ao elevado risco de stress hídrico. Assim, devem ser desenvolvidas políticas para o uso eficiente da água em todos os setores, abrangendo nomeadamente o setor da construção, onde os principais desafios

passam por aumentar a eficiência na utilização dos recursos, reduzindo o desperdício e influenciando os padrões de consumo da população e a sua escolha por tecnologias adequadas às suas necessidades. Neste contexto, a WWDR (2015c) cita que, até 2020, a captação de água deva situar-se abaixo de 20% dos recursos hídricos renováveis disponíveis, meta exigida pelo roteiro da União Europeia (EU) para uma Europa eficiente na utilização de recursos.

Em Portugal, a necessidade de uso eficiente da água já foi reconhecida como uma prioridade nacional a partir da publicação do Programa Nacional para Uso Eficiente da Água (PNUEA). Nem toda a água captada é aproveitada existindo uma parcela significativa relacionada com perdas e com uma utilização ineficiente nos diversos setores. Estas foram estimadas em cerca de $3100 \times 10^6 m^3/ano$, representando aproximadamente cerca de 40% das necessidades totais de água do país. Em termos económicos representam um valor próximo de $728 \times 10^6 \text{€}/ano$, o equivalente a 0,64% do Produto Interno Bruto (PIB) Português, dos quais cerca de metade corresponde ao ciclo urbano da água resultante das perdas no transporte (redes públicas) e de ineficiência no seu consumo final (edifícios). A aplicação desta medida conduzirá também a uma redução no consumo de água em $83 m^3/ano$ por fogo (família média composta por 2,7 pessoas), significando uma redução a nível nacional de $390 \times 10^6 m^3/ano$ no ciclo urbano (Adeyeye, 2014).

2.4 Legislação: Instrumentos políticos europeus e nacionais

Na UE, o principal instrumento político de ações comunitárias no recurso da água, é a diretiva 2000/60/CE do Conselho e Parlamento Europeu, 23 de Outubro de 2000, também denominada Diretiva-Quadro da Água. Portugal viu esta diretiva ser transposta em 29 de Dezembro de 2005 através da Lei nº58/2005, também conhecida como a “Lei da Água”. A DQA, segundo WWDR (2015a), apresenta, através de um quadro de ações comunitárias, uma visão moderna na gestão sustentável integrada (coordenação entre os setores agrícola, transportes, energia e desenvolvimento regional) na proteção das águas de superfície (interiores, estuarinas e costeiras) e das águas subterrâneas. Esta prevê critérios na determinação de instrumentos económicos (tarifa e alocação da água) e a introdução do conceito do “poluidor-pagador”.

De acordo com a Comissão Europeia (2013), através do programa “Horizonte 2020”, o objetivo inicial da DQA de alcançar um bom estado da água até 2015, será apenas atingido em cerca de metade das águas europeias. Assim o alcance deste objetivo será adiado até 2027 acompanhada pela tomada de novas medidas adicionais no armazenamento e distribuição de água e na eficiência da sua utilização (medição inteligente, dispositivos eficientes, reutilização de água cinzentas e aproveitamento de águas pluviais) com o objetivo de potenciar a poupança no uso da água.

No território nacional, as políticas hídricas, enquadradas pela DQA e pela Lei da Água, são executadas através dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) e por programas específicos complementares como o “PENSAAR 2020 – Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de águas e saneamento de águas residuais 2014-2020” e com o PNEUA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água 2012-2020. Enquanto isso, o POSEUR – Programa Operacional: Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos – visa dar resposta às necessidades reconhecidas no Ciclo Urbano da Água, nomeadamente o abastecimento de água e saneamento de águas residuais, e na melhoria da qualidade das massas de água, no seguimento do enquadramento de medidas PENSAAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2020 (POSEUR@, 2014). A Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Autoridade Nacional da Água, exerce, entre outras, as seguintes funções no setor dos recursos hídricos (APA@, 2015):

- ✓ Propor, desenvolver e acompanhar o cumprimento da *política nacional dos recursos hídricos*, de forma a assegurar a sua gestão sustentável;
- ✓ Assegurar a *proteção, o planeamento e o ordenamento* dos recursos hídricos;
- ✓ Promover o uso eficiente da água e o *ordenamento dos usos* das águas;
- ✓ Aplicar o *regime económico e financeiro* dos recursos hídricos;
- ✓ Estabelecer e implementar programas de *monitorização* dos recursos hídricos;
- ✓ Gerir *situações de seca e de cheia*, coordenar a adoção de *medidas excecionais em situações extremas* de seca ou de cheias.

Portugal, com o objetivo de ser orientado para um futuro sustentável, foi criado o plano estratégico “Compromisso para o Crescimento Verde” (CCV). Neste é possível encontrar as iniciativas a serem atingidas para o setor da água, os critérios de sucesso e o seu enquadramento legislativo (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Iniciativas para o setor da água a serem atingidas em Portugal (APA@, 2014)

Iniciativas	Critério de sucesso	Enquadramento Legislativo
• Promover a redução das perdas de água nos sistemas urbanos de adução e distribuição	• Reduzir as perdas físicas para valores inferiores a 25%, até 2020 e 20% até 2030	• Medidas e metas do PNEUA e PENSAAR 2020
• Reduzir pressões sobre as massas de água, identificando as que condicionam o seu estado ecológico	• Aumentar para 72% as massas de água com qualidade igual ou superior a “bom” até 2020 e 100% até 2030	• Diretiva-Quadro da Água. Lei da Água e POSEUR 2022/2023
• Aumentar a taxa de reutilização de água	• Taxa de água reutilizada	• PNEUA
• Aumentar a eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água e saneamento.	• Redução de custos operacionais em 23% até 2020 e em 32% até 2030.	• PENSAAR 2020 e PNEUA
• Criar instrumentos de promoção da eficiência hídrica	Número de certificados emitidos e de produtos rotulados	• PNEUA

2.5 PNEUA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

Em Portugal, uma nova política governamental surgiu com o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005, de 30 de Junho, procurando garantir uma melhor gestão, centrado na otimização do uso eficiente da água, sem colocar em causa a qualidade de vida, as necessidades vitais e o desenvolvimento socioeconómico das comunidades. Este plano consiste num instrumento integrante de políticas visando a aplicação de uma nova cultura de água num país onde a variabilidade climática gera frequentes situações de stress hídrico. Este programa tem como finalidade reduzir os riscos decorrentes de escassez de água, potenciada durante os períodos de seca, tornar o país menos vulnerável à variabilidade climática e melhorar as condições ambientais nos meios hídricos. Pretende assim atingir estes objetivos através, por exemplo, da adequação/reconversão tecnológica de equipamentos, da sensibilização, informação e educação, apoio técnico e regulamentações técnicas, da normalização e rotulagem e certificação. Voltar as costas a uma cultura de desperdício e de indiferença investindo na criação de uma atitude e consciência nacional duradoura pela preservação da água.

Segundo o PNUEA (APA, 2012), no início do século XXI, Portugal começou com uma procura anual de água estimada em cerca de 7.500 milhões de metros cúbicos no conjunto dos três sectores, apresentando um desperdício no uso de água de 40% no sector urbano, 40% no sector agrícola e 30% no industrial. Sabe-se que é no sector agrícola que em termos de volume ocorre o maior consumo de água (> 80%). No entanto, no que diz respeito em termos de ineficiências nos diferentes sectores, é no sector urbano onde existe uma maior representatividade de oportunidades para uma melhoria significativa do consumo de água e redução de custos associados ao abastecimento. Assim, numa fase inicial, as metas estipuladas a serem atingidas pelo PNUEA até 2020 para combater o desperdício de água em cada setor encontram-se identificadas na Figura 2.2 (APA, 2012).

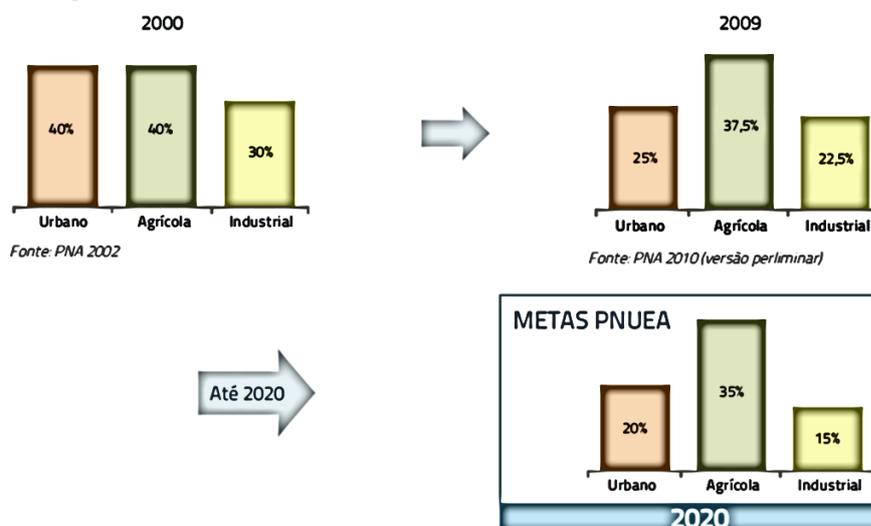


Figura 2.2 – Ineficiência nacional no uso da água por setor (adaptado de APA, 2012).

Nem toda a água captada é utilizada e sabe-se que a existência de perdas associadas ao sistema (captação de água, distribuição e utilização final) e ao uso ineficiente da água não perspectiva uma redução no consumo de água no futuro. Uma diminuição do volume de água utilizado para consumo humano irá originar, como vantagem adicional, uma redução do volume de águas residuais, domésticas e industriais rejeitadas para os meios hídricos, a redução nos consumos de energia e como consequência uma diminuição de encargos financeiros associados ao seu tratamento. De acordo com Rodrigues *et al* (2012), espera-se que até 2015, em Portugal, haja uma redução de 50% do valor das perdas na rede de abastecimento e consequentemente das emissões de CO_2 relativas ao consumo de energia associado.

Assim, de acordo com Paraíso (2013), destaca-se principalmente a racionalização dos recursos hídricos nos edifícios que poderá ser obtida a partir da implementação de medidas para a promoção do uso eficiente da água. No PNEUA, os objetivos estratégicos propostos para o sector urbano passam por:

- ✓ Promover a sensibilização e informação dos principais intervenientes no uso da água;
- ✓ Conhecer o nível de ineficiência dos sistemas públicos através de equipamentos de medição e de tratamento de dados;
- ✓ Assegurar uma dinâmica de sucesso na implementação do uso eficiente da água, orientando os maiores esforços para os sistemas públicos, onde os custos não são diretamente suportados pelos utilizadores da água;
- ✓ Restringir a valores mínimos a utilização da água potável em atividades que possam ter o mesmo desempenho com águas de qualidade alternativa e outras origens que não a rede pública;
- ✓ Promover a utilização de equipamentos normalizados e certificados para o uso eficiente da água, incentivando a sua produção e comercialização.

De entre as medidas propostas no PNEUA destaca-se a “Regulamentação Técnica, Normalização, Rotulagem e Certificação” a qual determina a obrigatoriedade de uso de dispositivos eficientes em novas construções ou reabilitação de estruturas existentes onde são descritas as seguintes ações a serem executadas para o setor urbano:

- ✓ Elaboração e atualização de legislação aplicável a dispositivos e equipamentos;
- ✓ Implementação de um sistema de classificação da eficiência de utilização de água (Certificação e Rotulagem) aplicável a dispositivos e equipamentos;
- ✓ Elaboração do regulamento de certificação hídrica de edifícios;
- ✓ Integração da certificação hídrica de edifícios com o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior.

As medidas definidas pelo PNEUA para a redução de consumos de água a partir dos dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares encontram-se identificadas nos Quadro 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6 adaptados de APA (2012).

Quadro 2.3 – Medidas para a redução de consumo de água em autoclismos.

Autoclismos	
Medida 10	-Alteração de hábitos de uso do autoclismo para descargas mínimas
Medida 11	-Substituição de autoclismos por outros de menor consumo
Medida 12	-Substituição das retretes por outras que funcionem sem recurso a água
Medida 13	Substituição das retretes por outras que funcionem a vácuo

Quadro 2.4 – Medidas para a redução de consumo de água em chuveiros.

Chuveiros	
Medida 14	-Alteração de hábitos no duche e banho reduzindo o tempo de água corrente
Medida 15	-Substituição de chuveiros por outros de menor consumo de água

Quadro 2.5 – Medidas para a redução de consumo de água em torneiras.

Torneiras	
Medida 16	-Alteração de hábitos da população de forma a evitar desperdícios;
Medida 17	-Substituição de torneiras por outras de menor consumo de água.

Quadro 2.6 – Medidas para a redução de consumo de água em urinóis.

Mictórios	
Medida 22	-Garantir a regulação do volume em função do número de descargas;
Medida 23	-Melhoria do funcionamento através da instalação de sistemas de controlo automático;
Medida 24	-Substituição de dispositivos convencionais por outros mais eficientes.

2.6 Novas Tecnologias/Equipamentos Sustentáveis: Poupança Água e Energia

O compromisso para com a proteção do meio ambiente levou à ocorrência de inúmeros desenvolvimentos tecnológicos com o fim da poupança de água e energia. Segundo ROCA@ (2015) várias tecnologias sustentáveis têm vindo a ser desenvolvidas e colocadas no mercado como resposta ao aumento de preocupação pelo meio ambiente.

2.6.1 Torneiras de eficiência hídrica e energética

O primeiro sistema apresentado para poupança de água consiste num novo tipo de abertura de torneira. A abertura do manípulo para o lado direito encontra-se bloqueado, assim a abertura frontal proporciona a saída de água fria. Ao girar o mesmo manípulo para a esquerda, surge gradualmente água quente (Figura 2.3). Deste modo, a obrigatoriedade da abertura deste dispositivo sempre na posição relativa à água fria, evita que os dispositivos para aquecimento de águas sejam ativados desnecessariamente, obtendo assim uma redução significativa não só a nível de consumo de água mas também de energia.



Figura 2.3 – Sistema de abertura de torneira frontal (Roca@, 2015).

2.6.2 Sanitas de lavatório integrado

Com um design moderno, o segundo sistema apresentado consiste num lavatório e numa sanita integrados numa única peça. Este sistema permite assim a reutilização da água do lavatório para enchimento do depósito do tanque, após processo de filtragem, para futuras descargas (Figura 2.4). Este equipamento já se encontra atualmente certificado e presente no catálogo de produtos de promoção de eficiência hídrica da ANQIP.



Figura 2.4 – Sistema integrado lavatório – sanita (Roca@, 2015)

2.6.3 Mictórios com lavatório integrado: reutilização da água

De acordo com a Greensavers@ (2013) surge a notícia de uma tecnologia idêntica, desenvolvida pelo designer lituano Kaspars Jursons, ao sistema integrado de sanita com lavatório. Trata-se de um mictório com lavatório incorporado (Figura 2.5) de funcionamento semelhante, sendo a torneira ativada através de um sensor após a utilização do urinol.



Figura 2.5- Sistema integrado lavatório – mictório (Greensavers@, 2013).

Segundo palavras de Jursons este sistema integrado leva a uma poupança significativa do consumo de água e apresenta um custo de 460€ por unidade. O facto de estar a lavar as mãos no lavatório e esta água ser a mesma utilizada para descarga de limpeza do urinol tem como consequência que não tenha de ser utilizado água duas vezes, como quando se utiliza o urinol e se lavam as mãos em separado.

2.6.4 Sanitas de funcionamento por vácuo

A tecnologia de saneamento por vácuo, segundo a empresa alemã RoeVac@ (2015), consiste em sanitas com sistema de vácuo central, normalmente localizado na cave do edifício, composto por bombas de vácuo, tanque recetor e bombas de transferência de forma a encaminhar as águas residuais ao coletor público. Com um consumo de apenas um litro de água por descarga, em comparação com sanitas convencionais que utilizam entre 6 a 10 *litros*, economiza elevados volumes de água. Em substituição desse volume economizado são utilizados aproximadamente 60 *litros* de ar, também sugados pelo sistema, de forma a auxiliar o transporte das águas residuais através da rede de tubagem até à estação central de vácuo. De acordo com RoeVac@ (2015), o Aeroporto Francisco Sá Carneiro no Porto encontra-se equipado com 300 sanitas com este tipo de funcionamento. Este tipo de tecnologia encontra-se também presente em navios.

2.6.5 Mictórios sem uso de água

No presente, empresas como a URIMAT e a URIDAN têm vindo a desenvolver tecnologias inovadoras de eficiência hídrica participando ativamente na redução no consumo de água em edifícios. Foram criados mictórios de modo a que a sua utilização não necessitasse de descarga de água face aos seus homólogos convencionais. Estes funcionam sem uso de água e eletricidade (não necessita de torneiras temporizadas ou eletrónicas) reduzindo desta forma os custos de instalação, funcionamento e manutenção, amortizando o investimento na sua aplicação. Os mictórios sem uso de água (Figura 2.6), devido ao seu design simples, renunciam a reentrâncias e saliências de forma a evitar a formação de sedimentos e depósitos de resíduos fisiológicos evitando assim odores desagradáveis. De uma forma geral o mau odor associado aos urinóis é causado pela mistura da urina com a água, logo se não existe presença de água este sistema será inodoro, no entanto, como qualquer dispositivo convencional, o seu processo de limpeza deve ser diário.



Figura 2.6 – Exemplo de mictórios sem uso de água (uridan@, 2015).

Uma descrição genérica de funcionamento deste género de dispositivo, de acordo com a uridan@ (2015) e a URIMAT@ (2015), passa pelo seguinte: o coletor (Figura 2.7) recolhe e encaminha diretamente o fluido (urina), sem descarga convencional de água, para a rede de saneamento. Dentro do coletor encontra-se uma pedra de desinfecção microbiológica (no caso

dos mictórios *Urimat*) que reduz os depósitos de sedimentos e incrustações causadas por substâncias orgânicas e resíduos de urina tanto no coletor como na rede de drenagem. Assim que deixe de correr mais fluido pela membrana presente no coletor esta fecha-se hermeticamente, ou seja este fica selado evitando que odores provenientes da rede sejam libertados para o exterior do mictório. No caso de mictórios *uridan* em vez de uma membrana, o seu coletor é preenchido com um líquido biodegradável (óleo vegetal refinado) que flutua à superfície, criando uma barreira à libertação de odores mas permitindo a passagem de urina uma vez que este é menos denso que a água. Este líquido de bloqueio tem uma duração compreendida entre as 5.000 e as 15.000 utilizações, dependendo do modelo do mictório, até ser necessária a sua substituição (uma a duas vezes por ano em média).



Figura 2.7 – Sistema de funcionamento do mictório (URIMAT@, 2015).

As vantagens da utilização destes mictórios (URIMAT@, 2015) são as seguintes:

- ✓ Material de policarbonato 100% reciclável (produção neutra em termos de CO_2);
- ✓ Não utiliza água (poupança entre 65.000 a 100.000 *litros/ano* por mictório o equivalente a uma redução de emissões de 17,5 $kgCO_2$);
- ✓ Não necessita de dispositivos de descarga (Fluxómetros);
- ✓ Ausência de odores;
- ✓ Sem custos de manutenção;
- ✓ Resistente à alta e baixa pressão;
- ✓ Facilidade de instalação;
- ✓ Poupança na fatura de água.

Estes dispositivos eficientes poderão ser utilizados em qualquer edifício coletivo ou similar. De entre alguns exemplos de entidades ou locais onde foram aplicados mictórios da *Urimat* são de referir (URIMAT@, 2015): os restaurantes McDonald, nomeadamente na Suíça onde nos seus 137 restaurantes encontram-se instalados cerca de 270 mictórios sem uso de água; a fábrica da Airbus em Getafe equipada com 42 mictórios permitindo uma poupança de 2500 m^3 de água por ano, resultando numa redução entre os 3 e 6 litros de água em cada utilização, em comparação com os urinóis convencionais; o festival Rock in Rio, em que durante os 5 dias estima-se uma poupança de 1.000.000 *litros* de água; a Rede Expresso, na Gare de Sete-Rios,

instalou 5 mictórios tendo como consequência uma redução no consumo de água na ordem dos $6000m^3$ por ano e de emissões de CO_2 em 1,05 toneladas por ano e o Dolce Vita Tejo, situado na Amadora, equipado com 18 dispositivos poupa cerca de $10.800m^3$ de água por ano e de emissões de CO_2 na ordem das 1.89 toneladas por ano. Pode concluir-se que este tipo de dispositivo eficiente apresenta um elevado potencial no aumento de eficiência hídrica em edifícios podendo num futuro próximo ser incorporado pela ANQIP no seu catálogo de produtos certificados após criação de especificações técnicas específicas para a sua aplicação.

2.7 Avaliação e Certificação Ambiental de Edifícios

2.7.1 Considerações iniciais

Atualmente a relevância dada à identificação e avaliação dos impactos causados no ambiente pelo sector da construção é cada vez maior. Nesse contexto são imprescindíveis instrumentos de apoio e avaliação das práticas de construção sustentáveis existentes procurando um sistema que permita a sua certificação com base em diretrizes ecológicas e de condições de conforto. Reconhecida a relação de interdependência entre a água e energia, principalmente no ciclo urbano da água e os esforços na preservação destes dois recursos em edifícios, o objetivo corresponde à elaboração de um regulamento de certificação hídrica de edifícios. Esta necessidade desponta com a intenção de se progredir por uma via de certificação de eficiência hídrica de edifícios, similar à já existente para o setor energético, de modo a convergir-se para uma certificação integrada nos edifícios do ponto de vista hídrico e energético (Figura 2.8).

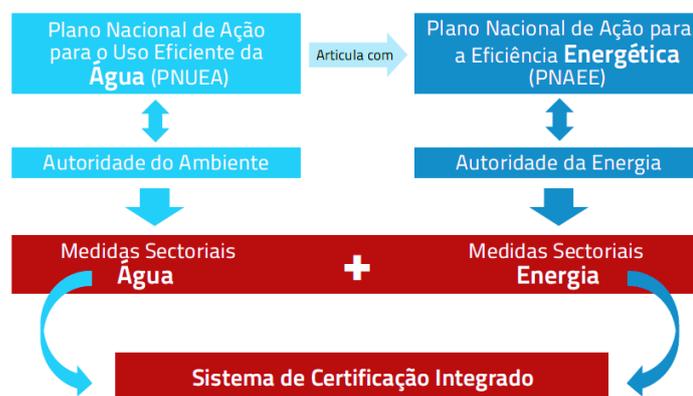


Figura 2.8 – Sistema de Certificação Integrado (Adaptado de APA, 2012).

Em diversos países, incluindo Portugal, têm vindo a desenvolver-se sistemas de avaliação e certificação de sustentabilidade em edifícios com orientações para o aumento de eficiência e desempenho ambiental. A nível internacional destacam-se os sistemas BREEAM e LEED e a nível nacional o sistema LiderA. Desta forma em seguida são descritos estes sistemas relativamente aos seus objetivos.

2.7.2 Sistema BREEAM

Lançado no Reino Unido pelo *Building Research Establishment Ltd* (BRE) o sistema BRE *Environmental Assessment Method* (BREEAM) permite avaliar o desempenho ambiental (projeto, construção e operação) de diversas tipologias de edifícios. Determina critérios e padrões de desempenho no sentido de aprimorar práticas de construção sustentável possibilitando que construtores, engenheiros entre outros, demonstrem o desempenho ambiental dos seus edifícios aos seus clientes e partes interessadas por via da certificação. A certificação emprega um sistema de pontuação de simples interpretação suportado por evidências científicas. O sistema BREEAM permite a identificação no mercado de edifícios de baixo impacto ambiental, garante que soluções ambientais reconhecidas cientificamente sejam incorporadas no edifício, auxilia na redução de custos operacionais e demonstra o progresso de uma entidade no alcance de objetivos ambientais (BREEAM@, 2015).

Assim, de acordo com BREEAM@ (2015), para se proceder à certificação do edifício é necessário ocorrer uma atribuição de créditos, que varia consoante os requisitos do edifício, entre as diferentes categorias, tendo em conta as respetivas ponderações ambientais: Processos de gestão (12%), Saúde e bem-estar (15%), Energia (15%), Transporte (9%), Consumo e eficiência no uso de água (7%), Materiais (13.5%), Resíduos (8.5%), Utilização do solo e ecologia (10%) e Poluição (Ar exterior e água) (10%). Ao número total de créditos obtido em cada categoria é multiplicado o fator de ponderação ambiental respetivo. Uma vez conhecida a pontuação de desempenho geral do edifício através do somatório dos créditos mencionados anteriormente, além da atribuição de uma classificação por estrelas (1 a 5 estrelas), esta traduz-se numa classificação na seguinte escala: Reprovado (< 30%), Aprovado (30 a 44%), Bom (45 a 54%), Muito Bom (55 a 69%), Excelente (70 a 84%), Excepcional (> 85%).

2.7.3 Sistema LEED

Nos EUA, promovido pelo *United States Green Building Council* (USGBC), surge o sistema de avaliação e certificação ambiental de edifícios designado *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Esta certificação, de carácter voluntário, tem como principal objetivo a disseminação de conceitos ambientais sustentáveis garantindo que o edifício é projetado e construído empregando estratégias de aprimoramento do seu comportamento em distintas categorias ambientais. Atualmente a norma LEED inclui diversas variantes de acordo com a tipologia do edifício: Nova Construção e Grande Reabilitação, Manutenção e Operação, Moradias, Interiores comerciais entre outras. Este sistema permite avaliar o desempenho dos edifícios de acordo com determinadas categorias, sendo relativo o peso atribuído a cada uma vez que este irá variar consoante as especificidades de cada tipologia de edifício. De seguida, a título de exemplo, para a tipologia de edifício “Nova construção e Grande reabilitação” destaca-se a seguinte distribuição de pontos pelas diferentes categorias (LEED@, 2015):

- ✓ Processo integrado de Design e Construção (1/110 pontos);
- ✓ Localização e Transportes (16/110 pontos);
- ✓ Espaços sustentáveis (10/110 pontos);
- ✓ Eficiência no consumo de água (11/110 pontos). Eficiência no consumo de água no interior do edifício e nas áreas de jardim associadas;
- ✓ Energia e Atmosfera (33/110 pontos);
- ✓ Materiais e Recursos (13/110 pontos);
- ✓ Qualidade ambiental interior (16/110 pontos);
- ✓ Prioridade Regional (4/110 pontos);
- ✓ Inovação (6/110 pontos). Premeia aqueles projetos que utilizam tecnologias e estratégias inovadoras para melhorar o rendimento do edifício além do que é exigido.

O cumprimento de todos os pré-requisitos e a aquisição de um número mínimo de pontos nas diferentes categorias, perfazendo um total de 100+10 pontos possíveis, permite a atribuição da certificação e dos diferentes níveis de excelência mediante a seguinte classificação (Figura 2.9):

- ✓ Certificação: 40 a 49 pontos.
- ✓ Silver: 50 a 59 pontos;
- ✓ Gold: 60 a 79 pontos;
- ✓ Platinum: 80 ou mais pontos.



Figura 2.9 – Atribuição de certificados mediante classificação (LEED®, 2015).

2.7.4 Sistema LiderA

O sistema voluntário LiderA (Liderar pelo Ambiente para a construção sustentável) é um projeto estabelecido em Portugal que consiste na certificação de sustentabilidade da construção. Destina-se a apoiar o desenvolvimento de planos e projetos que procurem a sustentabilidade, avaliar o seu desempenho na fase de projeto, construção, operação e manutenção, suporta a gestão na fase de construção e operação, atribui a certificação através de verificação por uma avaliação independente e serve de instrumento de mercado na distinção entre empreendimentos. Na determinação da classe de sustentabilidade do edifício é adotada uma lista de seis princípios distintos (adaptado à tipologia do edifício) de bom desempenho, onde cada um possui um conjunto de 22 áreas e 43 critérios, que podem ser ou não de carácter obrigatório. A classificação final é obtida através da ponderação das 22 áreas sendo a área de maior peso a Eficiência nos Consumos (17%), seguida da Água (8%) e do Solo (7%) (Figura 2.10).

O grau de sustentabilidade do edifício é mensurável em classes de desempenho, face ao valor de referência (classe E), para cada um dos critérios: G (desempenho pior que o valor de referência), E (valor de desempenho igual ao valor de referência), D (melhoria de 12,5%), C (25%), B (37,5%), A (50%), A+ (75%) e A++ (90%). A classe A+++ indica que o desempenho do edifício é neutro ou regenerativo (por exemplo, produz mais energia do que carece). Se o desempenho do edifício atingir uma avaliação final de classe C ou superior serão certificados com um bom nível de sustentabilidade (LiderA@, 2015).

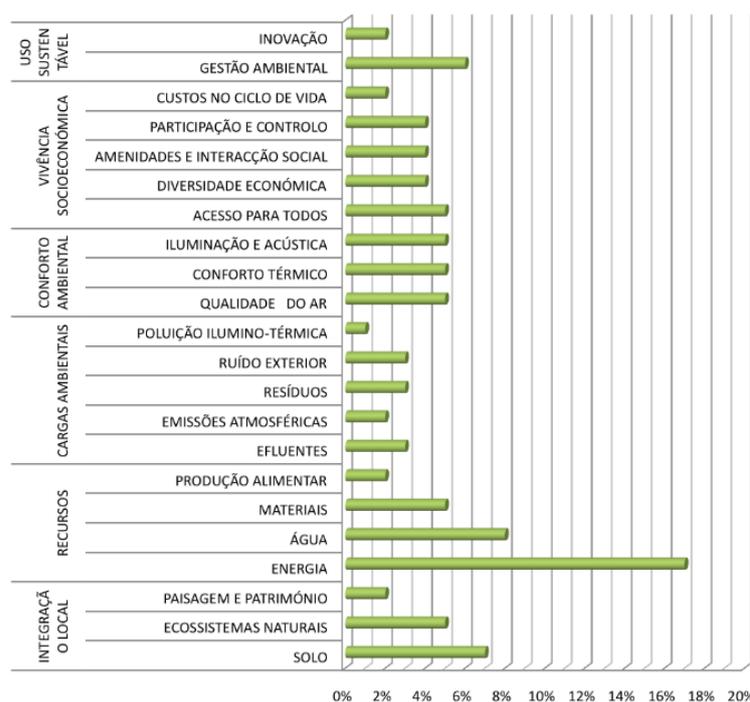


Figura 2.10 - Ponderação para as 22 áreas do Sistema LiderA (LiderA@, 2015)

2.7.5 Considerações Finais

Os sistemas de avaliação apresentados anteriormente (Quadro 2.7) apresentam inúmeras semelhanças no que diz respeito à avaliação da sustentabilidade em edifícios. Diferenciam-se entre si, essencialmente, na relevância concedida às suas categorias e subdivisões. Na avaliação da sustentabilidade hídrica verifica-se que de momento, tendo em conta as mais recentes atualizações, o sistema LEED é que apresenta a maior importância, conferida através de uma ponderação de 10% na classificação final seguido do sistema LiderA com 8% e por último com 7% o sistema BREEAM. Por último é relevante referir que da análise destes sistemas de certificação sustentável, no LEED e BREEAM surge a informação relativa à adoção de reutilização de águas cinzentas e aproveitamento de águas pluviais para melhorar a eficiência hídrica no edifício tendo em conta a redução no consumo de água. Por outro lado, o sistema LiderA apenas refere a utilização de água da chuva como medida a aplicar em edifícios podendo

concluir-se a existência da necessidade de uma revisão no sistema nacional de certificação sustentável de edifícios de modo a aumentar a ponderação dada à categoria da água bem como às tecnologias que podem ser utilizadas, nomeadamente a reutilização de águas cinzentas.

Quadro 2.7 – Síntese de diferentes metodologias de certificação hídrica de edifícios.

	LEED <ul style="list-style-type: none">• País: EUA• Tipo de avaliação: Prata, Ouro e Platina• Certificação: Sustentabilidade da construção
	LiderA <ul style="list-style-type: none">• País: Portugal• Tipo de avaliação: A a G• Certificação: Sustentabilidade da construção
	BREEAM <ul style="list-style-type: none">• País: Reino Unido• Tipo de avaliação: 1 a 5 estrelas• Certificação: Sustentabilidade da construção

2.8 Certificação e Rotulagem de Dispositivos e Equipamentos

2.8.1 Considerações iniciais

De entre as diversas medidas aplicáveis ao uso urbano pelo PNEUA destacam-se as medidas de redução de consumos de água através da otimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água a partir da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes. A substituição de equipamentos convencionais por equipamentos eficientes exhibe uma oportunidade para uma melhoria significativa na redução do consumo de água, com impactos ambientais, sociais e económicos positivos. Entende-se por dispositivos de uso de água os equipamentos referentes a autoclismos, chuveiros, torneiras (presentes em lavatórios, bidés, banheiras e lava-louças), urinóis, máquinas de lavar louça e roupa e sistemas de aquecimento e refrigeração de ar. Encontram-se em todo o tipo de instalações residenciais, coletivas e similares das quais as instalações de uso coletivo são as que apresentam uma mais elevada ineficiência no uso da água. Assim de acordo com essas medidas pretende-se rotular e certificar dispositivos de utilização prediais (sistemas de chuveiros, torneiras, autoclismos, fluxómetros e redutores de caudal) através da normalização de especificações técnicas.

A certificação e rotulagem de eficiência hídrica de dispositivos e equipamentos é acompanhada de benefícios no sentido de disponibilizar informação (características técnicas e consumo de água efetivo) para os consumidores e fabricantes, influenciando na sua decisão no momento de aquisição, constituindo um mecanismo fundamental na divulgação de tecnologias eficientes para o uso sustentável da água. Deste modo, de seguida são expostos de forma sucinta modelos

de certificação e rotulagem implementadas em diversos países (Quadro 2.8), nomeadamente o caso de Portugal.

Quadro 2.8 – Síntese de diferentes metodologias de certificação hídrica de dispositivos.

					
Metodologia	Waterwise	WaterSense	WELS	Nordic Swan eco-label	ANQIP
País	Reino Unido	EUA	Austrália	Países Nórdicos	Portugal
Tipo de Aval. Certificação	In/Out Dispositivos	In/Out Dispositivos e Edifícios	1 a 6 Dispositivos	In/Out Dispositivos	A++ a E Dispositivos

Este caso assemelha-se aos modelos aplicados em países como Austrália e Irlanda, como se irá ver mais à frente, uma vez que estabelecem uma classificação variável mediante a eficiência do dispositivo, contrastando com os modelos noutros países nos quais não existe uma gradação de eficiência mas sim uma atribuição de rótulo quando estes se situam abaixo de um determinado consumo.

2.8.2 Programa Waterwise

Na Europa, a organização não-governamental “*Waterwise*” foi estabelecida com a finalidade de diminuir o consumo de água no Reino Unido através da promoção de eficiência hídrica. A certificação é atribuída anualmente a qualquer equipamento (não existem categorias designadas) que demonstre ganhos significativos em termos de uso eficiente da água reduzindo o seu desperdício. Esta entidade é responsável ainda por políticas de água, eventos, campanhas publicitárias e no desenvolvimento de equipamentos eficientes.

Os objetivos deste programa são (Waterwise@, 2015):

- ✓ Defender a eficiência na indústria da água;
- ✓ Formar um quadro normativo para a eficiência da água;
- ✓ Construir uma base de evidências para uso eficiente da água através de projetos-piloto;
- ✓ Investigação;
- ✓ Assegurar a eficiência da água em setores distintos;
- ✓ Persuadir as políticas governamentais no âmbito da eficiência hídrica;
- ✓ Compreender e alterar a perceção dos consumidores sobre a eficiência da água e incentivar o seu uso inteligente;
- ✓ Promover os benefícios sociais e encarar as barreiras para a eficiência hídrica.

2.8.3 Programa WaterSense

O WaterSense é um programa voluntário de especificações técnicas promovido pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) nos Estados Unidos da América para a promoção de produtos, serviços e edifícios eficientes no uso sustentável da água. Possibilita à população uma escolha simplificada por dispositivos eficientes (autoclismos, fluxómetros, torneiras, chuveiros e sistemas de rega), em detrimento de outros, diferenciando a sua qualidade e eficiência através de um rótulo de identificação. Os produtos mencionados anteriormente apenas serão rotulados caso a sua eficiência seja superior ou igual a 20% comparativamente aos convencionais de categoria similar. Este programa reúne assim um número considerável de objetivos (WaterSense@, 2015):

- ✓ Promover o valor da eficiência da água;
- ✓ Fornecer aos consumidores formas simples de poupar água, através da informação disponibilizada nos produtos através de etiquetas e rótulos;
- ✓ Incentivar a inovação na indústria;
- ✓ Diminuir o uso da água e reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e infraestruturas.

2.8.4 Programa WELS

Na Austrália, o programa “Water Efficiency Labelling and Standards Schemes” (WELS), foi fundado com o objetivo, a par do governo australiano, de enfrentar a escassez de água no país. Este é um sistema de rotulagem de eficiência hídrica de carácter obrigatório que promove a conservação de água através da disponibilização de informação sobre a eficiência hídrica de equipamentos (máquinas de lavar roupa e loiça, chuveiros, urinóis, torneiras e fluxómetros), permitindo ao consumidor equiparar produtos similares e optar pelo mais eficiente, no ato de compra. O rótulo ecológico WELS indica a classificação do produto (através de estrelas entre 0 e 6) e o consumo do dispositivo de acordo com ensaios técnicos (Norma WELS, AS/NZS 6400:2005) permitindo uma rápida comparação entre produtos. Os objetivos deste programa passam por (WELS@, 2015):

- ✓ Conservar a água, reduzindo ainda mais o consumo de água através de uma maior conscientização e uso de equipamentos eficientes;
- ✓ Proporcionar as informações necessárias de desempenho dos produtos ao consumidor permitindo-lhe a comparação entre modelos similares nos locais de venda de forma à tomada de decisão consciente para o uso sustentável da água;
- ✓ Diferenciar os equipamentos menos eficiente dos mais eficientes;
- ✓ Incentivar os fornecedores a oferecer equipamentos mais eficientes;
- ✓ Estimular a introdução de tecnologias eficientes de baixo custo;
- ✓ Promover a adoção de tecnologias mais eficientes e eficazes de uso da água.

2.8.5 Programa ANQIP

A promoção da utilização de equipamentos eficientes hidricamente em Portugal bem como a sua rotulagem e certificação é da responsabilidade da ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Esta entidade criou um sistema de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos, através da elaboração de especificações técnicas (ETA) para diferentes produtos, com o objetivo de disponibilizar aos consumidores a informação sobre as características técnicas, em termos de eficiência hídrica e energética, dos dispositivos que utilizam ou venham adquirir (Adeyeye, 2014). A associação optou por uma classificação de rotulagem dividida em sete classes de eficiência hídrica, variando entre A++ e E (Figura 2.11). No seu rótulo encontram-se indicações informativas relativas a eventuais exigências de performance, comodidade na utilização ou saúde pública ao ser utilizado o equipamento.

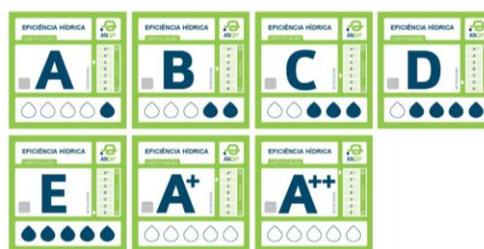


Figura 2.11 – Rótulos de Certificação e Etiquetagem Hídrica (ANQIP@, 2015).

Em Portugal de acordo com Adeyeye (2014), a ANQIP defende as seguintes iniciativas de eficiência de água através da:

- ✓ Incorporação de requisitos para a eficiência da água nos regulamentos técnicos de habitação;
- ✓ Sensibilização e informação dos cidadãos sobre a importância do uso eficiente da água;
- ✓ Implementação de medidas eficazes para o uso eficiente da água nos edifícios (por exemplo a realização de auditorias de água e a utilização de dispositivos eficientes).

Foi comprovado, através de um estudo da comissão da UE, que a introdução de melhorias tecnológicas (equipamentos economizadores) pode melhorar a eficiência na utilização da água em cerca de 40% e que, com aproveitamento da água da chuva e da reutilização de águas cinzentas, estima-se que esse valor atinga os 80% (Bibiano, 2013). Estes sistemas no entanto não devem ser generalizados livremente podendo levantar questões de conforto, desempenho da rede de drenagem e até mesmo de saúde pública (Adeyeye, 2014).

2.8.6 Princípio 5R's: reutilização de águas cinzentas e aproveitamento de águas pluviais

A ANQIP, apoiando-se em fundamentos de sustentabilidade, e assegurando as medidas propostas no PNUEA para o sector da construção, procurou estruturar as intervenções a serem aplicadas para o uso eficiente da água no ciclo urbano. Assim, determinou um princípio

orientador reconhecido como o princípio dos 5R's (Figura 2.12) análogo ao princípio dos 3R's aplicado aos resíduos (Afonso, 2014b).



Figura 2.12 – Princípio 5R's no uso eficiente da água (Adaptado: Adeyeye, 2014).

No princípio dos 5R's, o primeiro R refere-se à redução de consumos. Este inclui a adoção de produtos e dispositivos eficientes, certificados e rotulados em termos de eficiência hídrica pela ANQIP, sem colocar em causa outras medidas de carácter não técnico de natureza económica e social. O segundo R envolve intervenções ao nível da monitorização de perdas nas redes ou a instalação de circuitos de retorno de águas quentes sanitárias (AQS) de forma a reduzir perdas e desperdícios de água. Relativamente ao terceiro e ao quarto R surge, respetivamente, a reutilização e a reciclagem de águas residuais (cinzentas).

As águas cinzentas são geralmente proveniente de duches, lavatórios e de cozinhas e a sua quantidade irá variar dependendo dos hábitos de higiene e padrões de consumo. Em determinadas condições poderão ser ainda consideradas as descargas de máquinas de lavar roupa e louça. Após tratamento (tratamento biológico, tecnologia de membrana ou combinado), as águas residuais podem ser reintroduzidas no início do circuito da rede existindo a possibilidade da sua utilização em algumas aplicações, como por exemplo, a irrigação de jardins e a lavagem de pavimentos ou mesmo infiltração no solo e descarga direta nos cursos de água (Adeyeye, 2014). Ainda, segundo Adeyeye, (2014), de modo a evitar riscos para a saúde pública, consequentes de falhas no projeto, operação e manutenção destes sistemas, foi desenvolvida pela ANQIP a Especificação Técnica 0905. Esta estabelece recomendações técnicas para a reutilização e reciclagem de águas residuais exigindo um plano de segurança em termos de saúde pública assegurando que os recursos, tecnologias disponíveis e o contexto de cada país é tido em conta, segundo orientações da OMS. Oliveira (2014) refere que a implantação de um sistema de reutilização de águas residuais cinzentas requer a instalação de

uma rede própria, o que representará a duplicação da rede e, conseqüentemente, do custo de investimento, tornando assim a adoção desta medida um fator limitante e/ou eliminatório.

Por outro lado sabe-se que o consumo médio de água pode ser estimado em aproximadamente $100\text{ l}/(\text{hab. dia})$ e a produção de águas cinzentas em cerca de $70\text{ l}/(\text{hab. dia})$ tendo um potencial de cerca de $48\text{ l}/(\text{hab. dia})$ dos quais $23\text{ a }35\text{ l}/(\text{hab. dia})$ podem ser utilizados para fins já anteriormente mencionados. Relativamente ao consumo de energia para o tratamento deste tipo de águas, este é considerado “neutro” uma vez que a energia poupada no ciclo urbano da água corresponde à mesma utilizada para tratamento, cerca de $1,8\text{ kWh}/\text{m}^3$. As águas cinzentas provenientes de chuveiros e sistemas de duche apresentam normalmente temperaturas superiores a 30°C , sendo que, o aproveitamento desta energia térmica para pré-aquecimento de AQS poderá permitir uma redução de cerca de $3\text{ kWh}/\text{m}^3$ (Afonso, 2014a).

Por último, o quinto R corresponde ao recurso a fontes alternativas de água, tais como, o aproveitamento de águas pluviais, de águas freáticas e águas salgadas (Afonso, 2014b). Para o aproveitamento da água da chuva em edifícios já se encontra atualmente desenvolvida a especificação técnica ETA 0701 (parâmetros físicos e microbiológicos nos tanques, como por exemplo o período máximo de armazenamento corresponder a 3 meses) que implica a intervenção da ANQIP na análise prévia destes projetos de modo a certificar as instalações (especificação técnica ETA 0702) por razões de qualidade técnica e de saúde pública (Afonso e Rodrigues, 2011a). A promoção desta medida, pode ter um impacto significativamente positivo na diminuição do stress hídrico bem como na redução dos picos de cheia durante o período de forte precipitação (Afonso e Rodrigues, 2011a). No entanto, de acordo com Adeyeye (2014), a execução desta medida no mediterrâneo, poderá tornar-se complicada devido a algumas especificidades regionais, uma vez que, no verão a estação quente e seca são coincidentes. Pode assim concluir-se que o clima mediterrânico não é o mais apropriado para aplicação da medida de colheita de água da chuva, no entanto esta deve ser considerada no contexto dos 5R na eficiência de água em edifícios.

As medidas de eficiência hídrica nos edifícios mencionadas anteriormente no Princípio 5R's traduzem-se num potencial de redução de consumos de água na ordem dos $2,24 \times 10^6\text{ m}^3/\text{ano}$ e de energia em $11,6 \times 10^6\text{ kWh}/\text{ano}$ (consumo energético para aquecimento de AQS). Deve ser levada em conta ainda a redução de consumos energéticos nas redes de abastecimento de água e drenagem e tratamento de água residuais (redução de caudais de captação, no tratamento de água potável e residual e nas bombagens) estimado em $4,4 \times 10^6\text{ kWh}/\text{ano}$, perfazendo um total na redução do consumo energético em cerca de $16 \times 10^6\text{ kWh}/\text{ano}$. Esta redução no consumo energético no ciclo urbano da água tem como consequência uma redução de emissões de gases de efeito de estufa correspondente a $4500\text{ toneladasCO}_2/\text{ano}$ (Afonso, 2014a).

2.9 Dispositivos em Instalações Residenciais, Coletivas e Similares

2.9.1 Considerações iniciais

Esta secção engloba a informação relativa aos equipamentos prediais consumidores de água, como é o caso dos autoclismos, chuveiros e sistemas de duche, torneiras e fluxómetros e economizadores ou redutores de caudal. Tomando por base informações diversas relativas ao consumo de água por utilização destes equipamentos, e cruzando com a informação disponibilizada pela ANQIP que procura fornecer indicações sobre quais os critérios para atribuição da classificação de eficiência hídrica a equipamentos, através de especificações técnicas (ETA) desenvolvidas, apresenta-se de seguida uma síntese relativa a estes dispositivos.

A aplicação de medidas de eficiência no uso da água em instalações residenciais, coletivas e similares, contribui significativamente para a redução do seu consumo centrando-se na sensibilização do utente para o uso adequado da água, a promoção de dispositivos e equipamentos eficientes e na redução de perdas e desperdícios de água. Estes equipamentos foram classificados em duas categorias conforme a sua eficiência na utilização da água, os chamados “equipamentos convencionais” e os “equipamentos eficientes”, podendo a utilização destes últimos proporcionar uma poupança, de acordo com a ANQIP, de cerca de 50% no uso de água (Barroso, 2010). Esta poupança pode assim ajudar a otimizar a eficiência no uso da água, preservando a água, e a rentabilidade da sua aplicação na redução de custos associados ao consumo de água da rede e energia (Adeyeye, 2014).

Os consumos no interior das habitações (Figura 2.13) são tendencialmente proporcionais ao número de elementos do agregado familiar, sendo a água utilizada para a preparação de alimentos e ingestão, higiene pessoal (banhos, duchas lavagens de mãos, lavagem de dentes entre outros), descargas de autoclismo, limpeza da habitação e lavagem de roupa e de louça. (Paraíso, 2013).

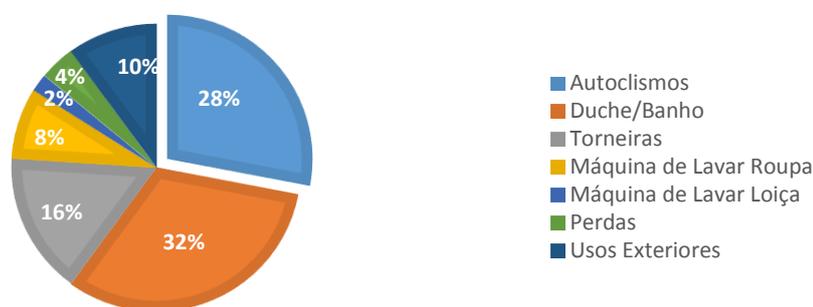


Figura 2.13 – Estrutura do consumo doméstico (adaptado de Almeida *et al.*, 2006).

De seguida é realizado uma análise em pormenor ao consumo de água por tipo de dispositivo na habitação, excluindo máquinas de lavar roupa e louça uma vez que são dispositivos que atualmente utilizam volumes reduzidos de água.

2.9.2 Autoclismos

Em Portugal, os autoclismos convencionais de bacias de retrete representam um dos maiores consumos de água no ciclo predial na medida em que corresponde a cerca de 28% do consumo total de uma habitação (Paraíso, 2013). Desse consumo, estima-se que cerca de 70% das utilizações do autoclismo não necessite desse volume de água descarregado, uma vez que não se verifica a presença de matéria fecal (Barroso, 2010). Esta elevada percentagem de consumo deve-se conjuntamente à utilização indevida destes dispositivos, não sendo apenas utilizado em descargas associadas às necessidades fisiológicas, mas também a descargas de resíduos sólidos na bacia de retrete, e à existência de perdas e fugas relacionadas com deficiências do equipamento aumentando consideravelmente o consumo deste recurso.

O consumo médio diário associado às descargas de autoclismos de uma habitação, com uma frequência média diária de utilização de 4 descargas por habitante, é de aproximadamente 124 *litros* por dia por fogo, para um volume médio por descarga de 10 *litros* (Paraíso, 2013). Deste modo, o consumo médio anual por fogo associado à utilização destes dispositivos estima-se em 45 m^3/ano . A redução do consumo associado ao autoclismo e a adequação do seu uso podem ser conseguidas através das seguintes formas (Barroso, 2010):

- ✓ Alteração do comportamento dos utilizadores levando à redução de descargas desnecessárias de autoclismo;
- ✓ Adoção de um procedimento de deteção e reparação de fugas no autoclismo;
- ✓ Evitar deitar resíduos sólidos na sanita, o que evita a descarga;
- ✓ Redução do volume de armazenamento do autoclismo;
- ✓ Substituição dos equipamentos convencionais por dispositivos eficientes.

Assim, a substituição de equipamentos convencionais (descarga única) por autoclismos eficientes (dupla descarga), optando por modelos com descargas de volumes inferiores, permitirá uma poupança bastante significativa no consumo de água (Figura 2.14) e consequentemente na sua fatura, sendo um baixo investimento, uma vez, que poderá ser amortizado a curto/médio prazo. A ANQIP, através da ETA 0804 e respeitando a Norma Europeia prEN 14055:2007, estabelece critérios para os autoclismos e a sua respetiva certificação inserindo-se nesta categoria os seguintes dispositivos:

- ✓ Autoclismos de descarga simples, do tipo gravítico;
- ✓ Autoclismos de dupla descarga (*dual Flush*), do tipo gravítico;
- ✓ Autoclismos de dupla ação (com interrupção de descarga), do tipo gravítico.

ou ainda:

- ✓ Autoclismos com tanque sob pressão;
- ✓ Autoclismos electro-hidráulicos;
- ✓ Outros sistemas de descarga, baseados no conceito de autoclismo.

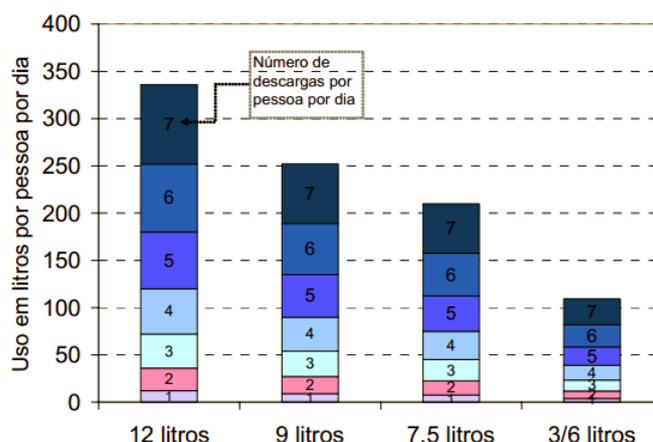


Figura 2.14 - Consumo de água para descarga de autoclismo variável com o volume do autoclismo e o número de utilizações (adaptado de Almeida et al., 2006)

No Quadro 2.9 são apresentadas as categorias de eficiência hídrica de autoclismos utilizadas pela ANQIP através da ETA 0804 na certificação e rotulagem deste tipo de equipamentos.

Quadro 2.9 - Categorias classificativas de Eficiências Hídricas de autoclismos para efeitos de rotulagem (adaptado de ETA 0804).

Volume Nominal	Tipo de Descarga	Categoria de Eficiência Hídrica	Tolerância (descarga completa)	Tolerância (Volume min descarga)
4,0	Dupla descarga	A++	4,0 - 4,5	2,0 - 3,0
5,0	Dupla descarga	A+	4,5 - 5,5	3,0 - 4,0
6,0	Dupla descarga	A	6,0 - 6,5	3,0 - 4,0
7,0	Dupla descarga	B	7,0 - 7,5	3,0 - 4,0
9,0	Dupla descarga	C	8,5 - 9,0	3,0 - 4,5
4,0	C/interrup. De desc.	A+	4,0 - 4,5	-
5,0	C/interrup. De desc.	A	4,5 - 5,5	-
6,0	C/interrup. De desc.	B	6,0 - 6,5	-
7,0	C/interrup. De desc.	C	7,0 - 7,5	-
9,0	C/interrup. De desc.	D	8,5 - 9,0	-
4,0	Completa	A	4,0 - 4,5	-
5,0	Completa	B	4,5 - 5,5	-
6,0	Completa	C	6,0 - 6,5	-
7,0	Completa	D	7,0 - 7,5	-
9,0	Completa	E	8,5 - 9,0	-

De acordo com a ANQIP@ (2015) observa-se que valores mínimos de volumes ou caudais admissíveis nas instalações estão limitados por razões de desempenho, conforto ou mesmo saúde pública. No caso particular dos autoclismos, a adoção de modelos de 4 *litros* tem-se revelado como um fator de problemas a nível do arrastamento de sólidos nas redes públicas e prediais, exigindo-se, para a sua adoção uma alteração dos critérios habituais de dimensionamento das redes. Deste modo, todos os autoclismos com volume nominal igual a 4 *litros* ou com certificação A + e A + + deverão ter associado no rótulo a informação “Válido apenas quando a bacia de retrete e o dimensionamento da rede forem adequados a estes

volumes de descarga” assegurando assim as condições necessárias de descarga. De acordo com as categorias presentes no Quadro 2.9, a solução a ser adotada em novos edifícios e reabilitações deverá ser autoclismos de dupla de descarga com uma eficiência A com um volume máximo de descarga completa compreendido entre os 6,0 e os 6,5 *litros* enquanto o volume mínimo de descarga se situa entre os 3,0 e os 4,0 *litros* de água por descarga. Em zonas públicas, no entanto, recomenda-se, por motivos de higiene, a utilização de autoclismos de volume superior ou igual a 7 litros (categoria de eficiência hídrica B ou superior dependendo do modelo).

2.9.3 Chuveiros e sistemas de duche

Os chuveiros e sistemas de duche são atualmente o equipamento que mais água consome num fogo em Portugal, com uma percentagem de consumo médio diário acima dos 30% (Adeyeye, 2014). Este elevado consumo de água em banhos e duches deve-se a vários fatores, dos quais se destacam o caudal do chuveiro que depende da pressão da rede, a duração do duche e o número de duches por dia do agregado familiar (Paraíso, 2013). No entanto, a frequência e a duração do duche encontram-se relacionados com aspetos comportamentais, podendo um duche demorar em média entre 5 a 15 *minutos* (Almeida *et al.*, 2006). Deste modo, surge a necessidade de reduzir o volume total de água consumido por utilização sem originar, contudo, perdas de conforto e bem-estar por parte do utilizador. Nesse sentido, a solução passa substituir ou adaptar os chuveiros convencionais por modelos mais eficientes (certificados pela ANQIP), sendo o método mais eficaz de poupar água na utilização associada a este dispositivo bem como na redução do consumo energético para aquecimento de AQS (Adeyeye, 2014). É de notar que, de acordo com o PNUEA, dever-se-á ter em atenção que a redução do caudal de água poderá provocar o não acionamento do dispositivo de aquecimento (por exemplo: esquentador) tendo como consequência o não aquecimento da água. No entanto, os modelos mais eficientes de chuveiros conseguem alcançar consumos menores sem ocorrer perda de pressão, uma vez que recorrem a processos de mistura de ar no fluxo de água ou a processos em que são criadas gotas de água mais finas, não sendo notada pelo utilizador a variação de caudal (Barroso, 2010).

A norma NP EN 1112:2011 descreve os requisitos necessários a serem cumpridos relativamente aos caudais de chuveiro, os quais variam entre um caudal mínimo de 7,2 *l/min* e 38 *l/min*, ambos a uma pressão de 300 *kPa*. A pressão mencionada corresponde à pressão média em Portugal, sendo esta adotada, em diversos ensaios laboratoriais (ETA 0807). Relativamente às banheiras, chegou-se à conclusão que as torneiras não deveriam ser classificadas, dado que o consumo de água quente depende do volume da banheira que se pretende encher e não do caudal do dispositivo (Afonso *et al.*, 2010 in Paraíso 2013).

Tal como acontece nos autoclismos, a ANQIP possui especificações técnicas para os chuveiros, a ETA 0806 para atribuição de categorias de eficiência hídrica, como se pode observar no Quadro 2.10. Os dispositivos alvo, sujeito a ensaios laboratoriais são os seguintes:

- ✓ Cabeças de duche (chuveiros), isoladamente;
- ✓ Torneiras de duche equipadas com bicha e cabeça de duche amovível ou fixa (sistemas de duche).

De acordo com o Quadro 2.10 e segundo a ANQIP, considera-se que a utilização ideal de chuveiros e sistemas de duche, correspondendo à categoria A, aquela que tem um consumo de água entre 5,0 e 7,2 *l/minuto*.

Quadro 2.10 – Condições para atribuição de categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de chuveiros e sistemas de duche (adaptado de ETA 0806).

Caudal (Q) (l/min)	Chuveiro	Sistemas de duche	Sistema de duche com torneira termostática ou eco-stop	Sistema de duche com torneira termostática e eco-stop
$Q \leq 5$	A+	A+	A++ (1)	A++ (1)
$5,0 < Q \leq 7,2$	A	A	A+	A++
$7,2 < Q \leq 9,0$	B	B	A	A+
$9,0 < Q \leq 15,0$	C	C	B	A
$15,0 < Q \leq 30,0$	D	D	C	B
$30,0 < Q$	E	E	D	C

Nota (1): Não se considera de interesse a utilização de eco-stop nestes casos.

Nota-se que para pequenos caudais (5,0 *l/minuto* ou menos) pode ocorrer risco de queimadura com alguma facilidade, pelo que se recomenda para as categorias A e A+ a utilização de torneiras termostáticas e essa informação deverá ser indicada no rótulo.

Concluindo, o impacto da redução do caudal de água utilizado, como consequência da aplicação de medidas para o uso eficiente da água (certificação), é também considerável na redução do consumo de energia para aquecimento, na medida em que a utilização de chuveiros se encontra associada à utilização de água quente.

2.9.4 Torneiras e fluxómetros

As torneiras são os dispositivos mais comuns (lavatórios, bidé, banheira, lava-louça), utilizados no dia-a-dia, quer em habitações quer em instalações coletivas, existindo no mínimo 3 a 5 torneiras distribuídas pela cozinha e casas de banho (Paraíso, 2013). As atividades servidas por este equipamento passam não só pela lavagem de mãos, no caso de torneiras de lavatório, como também pela lavagem de alimentos ou de louça, no caso de torneiras de cozinha.

Segundo Adeyeye (2014), em Portugal, o consumo deste tipo de dispositivo corresponde a 16% de consumo de água, dependendo de vários fatores como o caudal, a duração da utilização e o número de utilizações por dia do agregado familiar. Novamente, a frequência e a duração de utilização deste tipo de dispositivos encontra-se associada a aspetos comportamentais, uma vez que a duração de utilização pode variar entre poucos segundos e vários minutos (Barroso, 2010). A ocorrência de fugas, por outro lado, pode aumentar significativamente o consumo de água.

De momento, já é possível encontrar torneiras que permitem uma utilização confortável com caudais mais reduzidos ou, em certos casos, modelos de torneiras pulverizadoras ou adaptadas com arejadores (Paraíso, 2013).

Outro tipo de dispositivos mais frequente em instalações de uso coletivo, são os mictórios, equipados por fluxómetros, podendo atingir até cerca de 20% do consumo total de água do edifício (Alves, 2010). Os modelos convencionais podem ser de fluxómetro, ou seja, por ação do utilizar é descarregado um determinado volume de água, ou de fluxo contínuo quando um pequeno caudal é descarregado continuamente. De acordo com a ETA 0808 consideram-se os seguintes dispositivos para atribuição da classificação de eficiência hídrica em torneiras e nas válvulas de descarga de mictório:

- ✓ Torneiras de lavatório;
- ✓ Torneiras de cozinha;
- ✓ Fluxómetros de mictórios.

De acordo com Paraíso (2013), o sistema de certificação e rotulagem não faz referência às torneiras temporizadas ou acionadas por sensor. A vantagem deste género de dispositivo parte de uma perspetiva de segurança e não eficiência hídrica. Nos Quadros 2.11, 2.12 e 2.13 apresentam-se as condições para a atribuição de categorias de eficiência hídrica propostas neste modelo para as torneiras de lavatório, torneiras de cozinha e fluxómetros de mictórios, respetivamente.

Quadro 2.11- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório (adaptado de ETA 0808).

Caudal (Q) (l/min)	Torneiras de lavatório	Torneiras de lavatório com eco-stop ou arejador	Torneiras de lavatório com eco-stop e arejador
$Q \leq 2,0$	A+	A++ (1)	A++ (1)
$2,0 < Q \leq 4,0$	A	A+	A++
$4,0 < Q \leq 6,0$	B	A	A+
$6,0 < Q \leq 9,0$	C	B	A
$9,0 < Q \leq 12,0$	D	C	B
$12,0 < Q$	E	D	C

Nota (1) - Não se considera de interesse a utilização de eco-stop nestes casos.

Quadro 2.12 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha (adaptado de ETA 0808).

Caudal (Q) (l/min)	Torneiras de cozinha	Torneiras de lavatório com eco-stop ou arejador	Torneiras de lavatório com eco-stop e arejador
$Q \leq 4,0$	A+	A++ (1)	A++ (1)
$4,0 < Q \leq 6,0$	A	A+	A++
$6,0 < Q \leq 9,0$	B	A	A+
$9,0 < Q \leq 12,0$	C	B	A
$12,0 < Q \leq 15,0$	D	C	B
$15,0 < Q$	E	D	C

Nota (1) - Não se considera de interesse a utilização de eco-stop nestes casos.

De acordo com o Quadro 2.11 as torneiras de lavatório com um consumo de água entre 2,0 e 4,0 *l/minuto*, categoria A, são consideradas como utilização ideal. No que diz respeito às torneiras de cozinha, Quadro 2.12, o modelo proposto considera que a utilização corresponde a um consumo de água entre 4,0 e 6,0 *l/minuto*, categoria A. Para os dois tipos de torneiras, nas categorias A + e A + +, aconselha-se a utilização de torneiras com arejador (ANQIP@, 2015).

Quadro 2.13 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a Fluxómetros de mictórios (adaptado de ETA 0808).

Volume de Descarga (V) (litros)	Categorias de Eficiência Hídrica
$V \leq 1,0$	A++
$1,0 < V \leq 2,0$	A+
$2,0 < V \leq 4,0$	A
$4,0 < V \leq 6,0$	B
$6,0 < V \leq 8,0$	C
$8,0 < V \leq 10,0$	D
$10,0 < V$	E

Nos fluxómetros de mictórios considera-se, como fator condicionante, o volume de água de descarga ser suficiente para lavar as paredes do mictório restabelecendo o fecho hídrico e assegurando assim as condições de higiene do ambiente. O modelo proposto considera que a utilização ideal, categoria A, corresponde a uma descarga compreendida entre 2,0 e 4,0 *litros*. Como acontece nos autoclismos, sugere-se que sejam colocadas recomendações nos rótulos no caso das categorias A + e A + +, de modo a garantir a performance em termos de limpeza (Paraíso, 2013).

De forma semelhante ao que acontece com os chuveiros, o uso de torneiras encontra-se associado à utilização de água quente, onde uma redução de caudal implicaria uma redução significativa do consumo de energia. Relativamente ao consumo de água da torneira, este poderia ainda ser reduzido com a deteção e respetiva reparação de fugas ou avarias nestes dispositivos. Existem no mercado acessórios que se adicionados às torneiras permitem limitar o caudal de água, como por exemplo redutores de caudal. Como principal vantagem têm o facto de serem possíveis adaptar a uma grande variedade de torneiras existentes no mercado, sem que seja necessário substituí-las.

2.9.5 Economizadores ou redutores de caudal

No PNUEA, os redutores de caudal são apresentados como uma das soluções para reduzir os consumos de água em meio urbano, designadamente na medida relativa à substituição e adaptação de torneiras. De acordo com a AllAqua@ (2015) os economizadores ou redutores de caudal são peças que se aplicam em torneiras e chuveiros, permitindo reduzir o fluxo de água em cerca de 50% face aos filtros de rede comuns. O princípio de funcionamento deste dispositivo que permite a redução dos consumos de água consiste na mistura de oxigénio com

a água, originando microbolhas que aumentam o volume e reduzem proporcionalmente o fluxo de água (ANQIP@, 2015). Permite ainda manter o conforto de utilização, uma vez que proporcionam a sensação de utilização do mesmo volume de água, quando na verdade a poupança de água e energia poderá variar entre os 40 e 60%, dependendo do modelo instalado (Oliveira, 2014).

De maneira a escolher um redutor de caudal, sabendo a pressão na habitação (informação da entidade gestora ou por medição), o consumidor, através dos gráficos de certificação (curvas pressão/caudal elaboradas por ensaios laboratoriais e disponíveis no site da ANQIP) deve procurar o economizador que fornece os caudais mínimos de conforto que são de um modo geral:

- ✓ Torneiras de lavatório – 3 a 4 l/min;
- ✓ Torneiras de cozinha – 5 a 6 l/min;
- ✓ Chuveiros – 6 a 7,2 l/min.

Este tipo de equipamento, de forma similar aos chuveiros e torneiras, tem também a vantagem de reduzir os custos e consumo de energia (gás, eletricidade, gasóleo, entre outros) associado ao aquecimento da água e conseqüente redução de GEE, como é o caso do CO_2 .

2.9.6 Tecnologias de medição Inteligente do consumo de água

Frequentemente, o conhecimento da poupança de água atingida através da aplicação de dispositivos eficientes de água não é o suficiente para incentivar os consumidores a investirem na atualização dos seus dispositivos devido à falta de uma informação em tempo real e da desagregação dos respetivos consumos. Com isto, e de acordo com Adeyeye (2014), a tecnologia de medição inteligente de água surge como fator chave na monitorização dos consumos, permitindo um número considerável de benefícios com a sua adoção em edifícios residenciais, coletivos e similares. Os dados recolhidos provenientes destas medições possibilitam aos gestores e utilizadores residenciais analisar e determinar a eficácia de estratégias e medidas adotadas, a informação relativa de onde, quando e como a água é utilizada e a informação detalhada de padrões de consumo no edifício, podendo estimar o período de retorno do seu investimento nas medidas de eficiência hídrica. Permite assim uma análise custo-benefício e respetiva economia de água, orientando no sentido da otimização do planeamento e gestão de infraestruturas e da gestão na procura de água, originando menores custos para os gestores do ciclo de água no setor urbano e proprietários dos edifícios. As vantagens associadas à utilização de tecnologias de medição e gestão inteligente correspondem a:

- ✓ Melhorar a compreensão do padrão de consumo comercial e residencial, variabilidade espacial e temporal em tempo real permitindo um conhecimento fiável das quantidades de água necessária para abastecimento e armazenamento, excesso de oferta e volumes

de descarga de águas residuais a fim de projetar novas medidas estratégicas para o uso eficiente da água;

- ✓ Aumentar a percepção do consumo desagregado de água em edifícios residenciais, coletivos e similares;
- ✓ Identificar fugas nos edifícios e na rede de distribuição;
- ✓ Procurar a mudança de comportamento nos consumidores através de displays residenciais aumentando a sua conscientização para o uso eficiente da água.

Conhecendo os padrões de consumo nos edifícios e, conseqüentemente, das horas de ponta na procura da água, pode resultar na redução de pressão existente sobre as infraestruturas da rede de distribuição, correspondendo ao seguinte acréscimo de benefícios:

- ✓ Minorar a necessidade de substituição de bombas e infraestruturas da rede por outras de maior potência e dimensões, respetivamente, gerando uma elevada economia financeira;
- ✓ Bombas de menor potência, funcionando por um período de tempo mais longo, terão como consequência uma maior economia nos custos energéticos.

Algumas das barreiras a serem ultrapassadas para alcançar uma difusão mais rápida dos sistemas de medição de água inteligentes são:

- ✓ Elevado custo dos contadores inteligentes;
- ✓ Escassa compreensão dos benefícios de dados de medição inteligente;
- ✓ O monopólio das empresas de abastecimento de água (menos inclinados à satisfação do cliente em detrimento do seu desempenho e lucro empresarial).

3. METODOLOGIA E CASOS DE ESTUDO

3.1 Nota Introdutória

No sector da água, um dos principais fatores na dificuldade de adoção de soluções inovadoras promissoras, com vista ao aumento da eficiência deste recurso, parte da falta de demonstração em escala real da viabilidade das suas aplicações. Por outro lado, muitas dessas soluções sustentáveis (produtos, serviços, tecnologias entre outros) nem sequer chegam ao mercado devido ao ceticismo presente nos desafios de pré comercialização. Assim, segundo o documento Horizonte 2020 (Comissão Europeia, 2013) existe a urgente necessidade na tomada de medidas de modo acelerar a comercialização destas medidas de eficiência hídrica com o intuito de estimular o crescimento económico sustentável e a preservação dos recursos como é o caso da água. De forma a demonstrar a viabilidade económica e ambiental destas medidas, diversos estudos de caso têm vindo a ser realizados pela ANQIP e outras entidades nos últimos anos. Deste modo a apresentação e análise dos casos de estudo propostos nesta dissertação resulta da escassa demonstração de benefícios na aplicação de medidas de eficiência hídrica em edifícios coletivos ou similares (hotéis, hospitais, estabelecimentos de ensino e prisionais, parques de campismo entre outros) responsáveis por elevados consumos de água. Relativamente ao caso de estudo do ginásio *BlueGym Fit* existe uma informação bem detalhada como consumos por dispositivo, número de utilizadores, análise ao contador de água (fugas) e inquéritos dos quais é possível estimar o período de utilização por dispositivo bem como o número de utilizações diário. A análise deste caso de estudo será apresentado na secção 3.4.

3.2 Metodologia

A AUDITAQUA® é um programa de auditorias de eficiência hídrica que tem como principal finalidade a redução de consumos de água em diversas tipologias de edifícios (ANQIP®, 2015). Desenvolvido pela ANQIP, este programa é composto pela execução de oito ações de intervenção em edifícios (Figura 3.1) das quais, três destas, correspondem a estudos de carácter complementar. De seguida encontram-se resumidas as ações desta metodologia:

- 1. Diagnóstico do edifício e quantificação dos consumos** através de uma vistoria e/ou análise do projeto, para levantamento e caracterização das instalações e dos seus dispositivos.
- 2. Inspeção das instalações e deteção de fugas**, através da verificação do estado de conservação e de funcionamento, dos dispositivos e sistemas consumidores de água.
- 3. Proposta de dispositivos, soluções eficientes e plano de gestão de água no edifício.** As medidas a implementar têm como base uma análise técnico-económica de acordo com o potencial de redução de consumos, considerando aspetos de conforto nas utilizações, de saúde pública e de bom funcionamento das redes prediais.

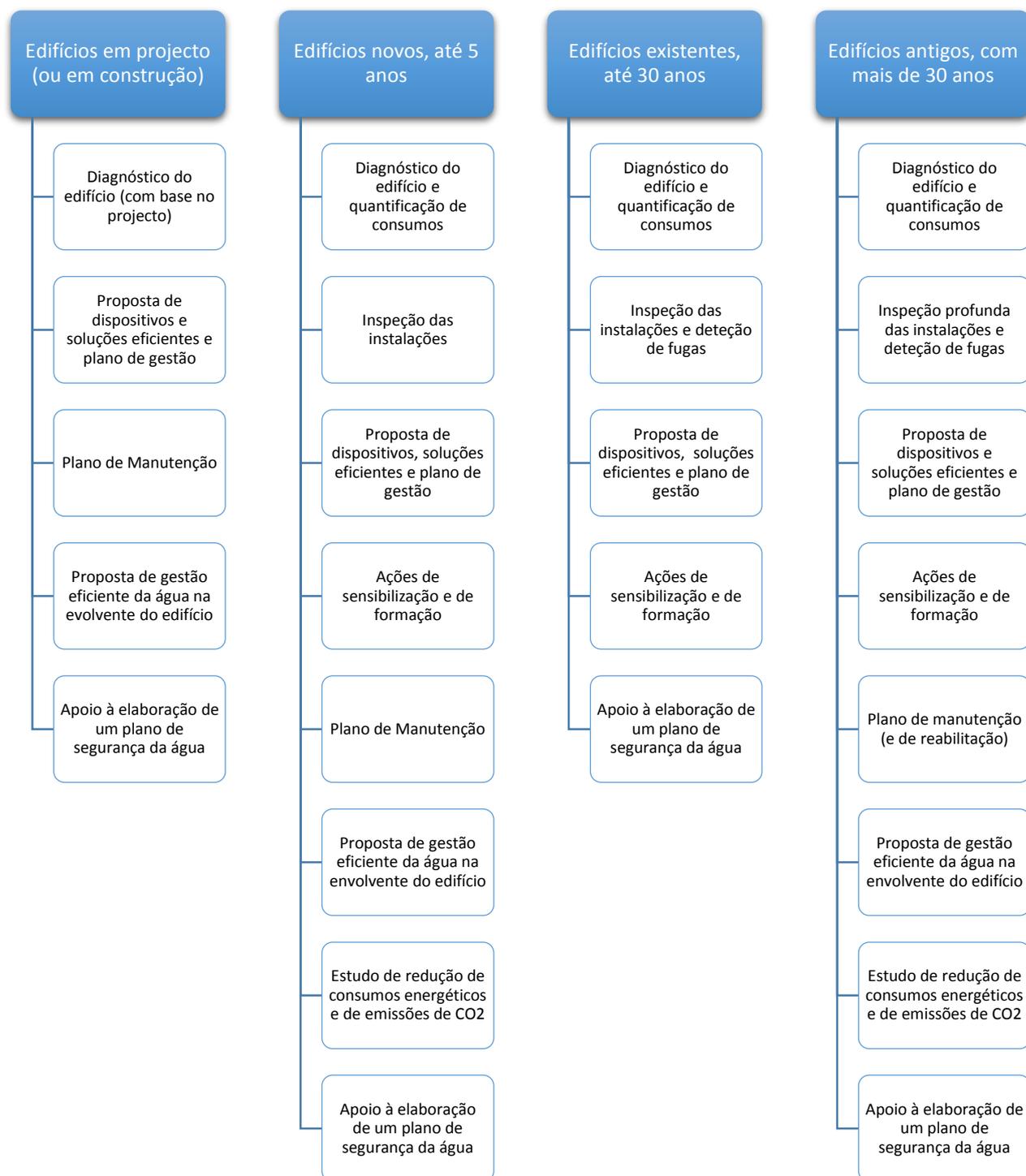
4. **Ações de sensibilização e de formação** para os utentes e responsáveis pelo edifício. Em edifícios de uso coletivo, a sensibilização é feita, prioritariamente, por folhetos, autocolantes e outros suportes adequados ao tipo de edifício.
5. **Plano de manutenção** periódica preventiva das instalações, incluindo recomendações para manter no futuro os níveis de eficiência hídrica alcançados com a auditoria.
6. **Apoio à elaboração de um plano de segurança de água (PSA)** quando tal for pretendido pelo responsável pela instalação ou nas situações em que deva ser considerada a sua obrigatoriedade.
7. **Redução de consumos energéticos e de emissão de CO₂** resultantes da implementação das medidas de eficiência hídrica podem ser estudadas, se pretendido, no âmbito de um estudo complementar.
8. **Redução de consumos de água na envolvente do edifício, incluindo zonas verdes.**



Figura 3.1 – Intervenções do programa AUDITAQUA (ANQIP®, 2015).

Este programa pode ser aplicado em qualquer tipologia de edifício nomeadamente a edifícios residenciais, comerciais, hoteleiros, de ensino, industriais, públicos e de serviços e edifícios desportivos. Onde os dispositivos para aumento da eficiência hídrica propostos corresponderão sempre a produtos previamente ensaiados e certificados pela ANQIP. A configuração das intervenções em função da idade e tipologia do edifício sugeridas por este programa são as expostas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Configuração das intervenções em função da idade e tipo de edifício do programa AUDITAQUA® (ANQIP@, 2015).



O “Guia de Boas Práticas: Uso Sustentável da Água” da CIRA (2012) refere a existência de diversas metodologias para auditar o consumo de água num edifício, tais como:

- ✓ **Faturação da conta da água:** Na fatura da água é possível ter acesso à informação do volume consumido e ao respetivo período de dias de faturação (Nota: este valores

podem ser estimativas e não o efetivamente gasto). Sabendo o número de utentes no edifício é possível conhecer-se o consumo de água por utente expresso em *litros/hab.dia*.

- ✓ **Leitura do contador de água:** A leitura do contador de água possibilita saber a quantidade total de água utilizada no edifício. Executar o registo da informação do contador através da monitorização do consumo num intervalo de tempo mínimo (semanal, quinzenal, mensal) e, posteriormente, efetuar a diferença entre valores e dividir pelo número de dias entre registos irá levar ao volume de água consumida por dia (m^3/dia). Procedendo da mesma forma que na metodologia anterior irá obter-se a informação relativa ao consumo expresso em *litros/hab.dia*. A leitura dos registos de consumo poderá levar à deteção de valores anormais revelando a possível presença de fugas. Esta presença pode ser verificada com a leitura do contador ao fim da noite e no início da manhã, se a contagem se alterou e não ocorreram consumos conhecidos é porque existem de facto fugas.
- ✓ **Estimativa do consumo de água (Auditoria de eficiência hídrica):** O consumo de água, para um determinado período de tempo, pode ser estimado através de uma auditoria de eficiência hídrica admitindo o número de vezes ou o período de tempo que cada dispositivo foi utilizado. A auditoria avalia o consumo, caudal ou valor por descarga nos diferentes dispositivos permitindo escolher as ações que melhor se adaptam de forma a melhorar a sua eficiência hídrica.

A seguinte metodologia possibilita obter a informação do consumo por tipo de dispositivo, e assegurando as classificações atribuídas pela ANQIP em termos de eficiência, seleccionar os dispositivos que devem ser alterados ou substituídos devido á sua classificação em termos de eficiência hídrica. Resumidamente uma auditoria passa por (Figura 3.2):

- ✓ Verificação do estado de conservação das instalações e equipamentos para a deteção de fugas;
- ✓ Levantamento e caracterização dos dispositivos (tipologia e consumo);
- ✓ Quantificação dos consumos de água no edifício;
- ✓ Identificação de medidas de eficiência hídrica aplicáveis através de uma análise custo benefício (viabilidade técnica e económica);
- ✓ Considerando as medidas viáveis e estimadas as eficiências potenciais estabelecer as intervenções a que o edifício deve ser sujeito (por exemplo substituição de dispositivos ou aplicação de redutores de caudal);
- ✓ Estabelecimento de um programa de gestão de uso eficiente da água para o edifício em estudo (monitorização e sensibilização dos usuários).



Figura 3.2 – Auditoria da ANQIP a um edifício (eficienciahidrica@, 2012).

Assim, para calcular o consumo de água por tipo de dispositivo, através do caudal ou volume de descarga, terá de ser aplicada a seguinte metodologia (CIRA, 2012):

- Torneiras e Chuveiros

- ✓ Abertura do dispositivo durante cerca de 20 segundos recolhendo a água num recipiente;
- ✓ Caso as torneiras/chuveiros sejam compostos por temporizador, deve proceder-se ao registo de tempo de funcionamento destes dispositivos após o seu acionamento;
- ✓ De forma a obter-se o valor do caudal em *litros/minuto*, mede-se o volume de água recolhido e multiplica-se por 3. De outra forma, poderá optar-se pela utilização de um equipamento específico para a determinação de caudal - caudalímetro (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Caudalímetro (eficienciahidrica@, 2012).

- Autoclismos

- ✓ Após fechada a torneira de segurança do autoclismo, procede-se abertura da tampa do reservatório e à respetiva marcação do nível de água no seu interior;
- ✓ Com o reservatório vazio, após descarga do autoclismo, utilizando um recipiente de volume conhecido, volta-se a encher o reservatório até perfazer o volume marcado inicialmente, registando o volume de água utilizado. Se não existir a possibilidade de efetuar essa medição poderá optar-se pela consulta da ficha técnica do dispositivo onde é mencionado o volume de água consumida por descarga;
- ✓ Para verificar a ocorrência de fugas no autoclismo, um procedimento simples passa por deitar pó de talco nas paredes da sanita e se este desaparecer é sinal da existência de

fuga de água. Outro modo de deteção é através da adição de umas gotas de corante na água do reservatório e observar se existe o aparecimento de coloração nas paredes da sanita.

- Máquinas de lava-louça e roupa

- ✓ Através da consulta da ficha técnica destes produtos obtém-se a informação relativa à quantidade de água consumida por ciclo de utilização.

O “Guia de Boas Práticas: Uso Sustentável da Água” não apresenta no entanto uma metodologia para avaliação de consumos de água em fluxómetros, dispositivos encontrados regularmente em mictórios. No entanto, Gonçalves (2014) apresenta um procedimento para avaliação dos volumes e tempos de descarga nos fluxómetros através do isolamento da saída de água da bacia de mictório com a utilização de XPS com silicone de forma a tornar estanque a bacia. Este procedimento consiste em:

- ✓ Colocar o isolante à pressão no ralo da bacia de mictório de forma a ocupar toda a sua abertura;
- ✓ Aguardar cerca de trinta minutos até o isolante secar e a bacia se encontre estanque;
- ✓ Acionar o dispositivo de descarga (fluxómetro) e com o auxílio de um cronómetro determinar o tempo de descarga;
- ✓ Estabilizado o volume de água dentro da bacia de mictório, marca-se o nível a que esta se encontrar com uma caneta de acetado (semelhante ao procedimento para autoclismo);
- ✓ Retira-se a água da bacia com o auxílio de um recipiente e papel absorvente;
- ✓ De seguida, com um recipiente de volume conhecido volta-se a proceder ao enchimento da bacia de mictório, até à marca previamente identificada, estimando assim o volume de água por descarga do fluxómetro.

Após realizadas as medições de consumos de água nos diferentes dispositivos, utilizando as metodologias anteriores, determina-se o número de vezes e/ou o tempo (minutos) por dia que cada dispositivo é utilizado. Multiplicando o caudal das torneiras e chuveiros pelos respetivos períodos e número de utilizações diárias e o volume de água utilizado por eletrodomésticos e por descarga de autoclismo pelo número de utilizações diárias, obtém-se o consumo de água diário no edifício. Tomadas as medidas de aumento de eficiência hídrica, como por exemplo a substituição dos dispositivos convencionais por equipamentos eficientes certificados pela ANQIP, deve-se repetir a auditoria ao uso de água no edifício com o intuito de avaliar a redução de consumo com aplicação destas medidas. De forma a ser avaliado o potencial de poupança na substituição dos dispositivos convencionais por dispositivos eficientes e certificados hidricamente, foi necessário recorrer ao *Catálogo de Produtos Certificados 2015* da ANQIP o qual apresenta diversos dispositivos existentes no mercado nacional com elevada eficiência

hídrica (torneiras, fluxómetros, sistemas de duche, chuveiros, redutores de caudal e autoclismos). Após consulta optou-se pelos dispositivos referidos no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Tabela de preços de dispositivos certificados (TIBA@ e ecofree@, 2015).

	Torneira Temporizada Compact, marca ERIX <ul style="list-style-type: none">•Referência: ET010•Consumo: 5l/min•Temporização: 6 segundos•Preço: 34,47€	
	Torneira Temporizada Bica Alta, marca ERIX <ul style="list-style-type: none">•Referência: ET015•Consumo: 5l/min•Temporização: 6 segundos•Preço: 64,12€	
	Fluxómetro Temporizado, marca ERIX <ul style="list-style-type: none">•Referência: ET029•Consumo: 1l/min•Temporização: 6 segundos•Preço: 30,44€	
	Autoclismo de Dupla Descarga, marca OLI <ul style="list-style-type: none">•Referência: 2010•Consumo: 3/6 - 3/9 litros•Preço: 30,09€	
	Economizador de chuveiro fixo, marca ecofree <ul style="list-style-type: none">•Referência: SHO22•Consumo: 5,7 l/min•Preço: 18,93€	

Para se proceder posteriormente à análise económica do investimento foi solicitada às empresas Tiba e ecofree, através de contacto eletrónico com a sua área comercial, a informação relativo ao preço de venda ao público (com IVA) dos dispositivos certificados pela ANQIP. Tomou-se em consideração apenas o uso de dispositivos de categoria de certificação “A” ou superior de forma a tornar o potencial de redução nos consumos de água mais expressivo. Adicionalmente, de forma a reduzir o tempo de utilização dos sistemas de duche, foi considerada a adoção de torneiras temporizadas de alimentação exterior (Figura 3.4) com um período de funcionamento de 30 segundos e um custo de 51,56 €.



Figura 3.4 – Torneira temporizada de alimentação exterior (TIBA@, 2015).

Em suma, de entre inúmeras variáveis sabe-se que cada edifício é apenas comparável a si próprio, antes e após aplicação de medidas de eficiência hídrica, realizando a comparação entre

dois cenários (o cenário base onde não é tomada qualquer medida e o cenário previsível após aplicação de medidas). De entre os edifícios coletivos, em termos de consumo de água, é possível diferenciar os edifícios que sofrem de sazonalidade nos seus consumos, ou seja, que ao longo do ano o fluxo de pessoas varia consoante a estação do ano. Assim, sabe-se que medidas de eficiência hídrica aplicadas a, por exemplo hotéis e parques de campismo, fará com que a sua análise de redução de consumos seja possível comparativamente ao período homólogo anterior (mesmo mês, no ano antecedente). Por outro lado, em edifícios coletivos como ginásios e estabelecimentos de ensino, por exemplo, em que o número de utilizadores não varia significativamente ao longo do ano (exceto no período de interrupções letivas no caso de escolas) as medidas aplicadas poderão ser analisadas no período seguinte à sua implementação não sendo considerado o fator de sazonalidade nestes casos.

Para a análise e auditoria ao uso de água do caso de estudo desta dissertação a metodologia utilizada vai de encontro ao que já foi identificado anteriormente adaptada aos objetivos desta dissertação. Seguidamente será exposta a abordagem utilizada, as considerações tomadas para avaliação de consumo de água nos dispositivos e equipamentos e as diferenças relativamente às metodologias utilizadas por outros autores. Uma vez que os edifícios analisados nos casos de estudo se encontram com uma idade de construção compreendida entre os 5 e os 30 anos, de acordo com a ANQIP as configurações das intervenções nestes serão em função da sua idade e correspondem às seguintes etapas metodológicas adaptadas a este estudo:

- Levantamento de dados e informações relativas ao edifício nomeadamente a idade dos edifícios, número de utentes e funcionários e faturação do consumo de água;
- Diagnóstico do edifício, inspeção das instalações e deteção de fugas (primeira visita ao edifício);
- Medição de consumos unitários de cada dispositivo existente no edifício, determinando volumes de descarga, caudal e número e períodos de utilização (segunda visita ao edifício);
- Atribuição de classificação de eficiência hídrica a cada dispositivo de acordo com o seu consumo e especificações técnicas da ANQIP;
- Proposta de medidas de eficiência hídrica nomeadamente aplicação de dispositivos eficientes certificados pela ANQIP;
- Análise da redução de consumos com aplicação das medidas propostas;
- Análise económica e retorno financeiro.

Com o intuito de se caracterizar os consumos de água no ginásio *BlueGym Fit* estabeleceram-se uma série de etapas metodológicas que consistiram em complementar a metodologia mencionada anteriormente. Determinaram-se as seguintes prioridades adicionais:

- ✓ Monitorização de consumos diários durante o período mínimo de uma semana através da **leitura do contador para deteção de fugas**;

- ✓ **Inquérito aos utentes** de forma a estimar um valor médio do número e período de utilização diária por dispositivo podendo assim desagregar-se os consumos por dispositivo.

Numa primeira fase recolheram-se dados como por exemplo a localização, tipologia e idade dos edifícios bem como o número de utilizadores. De seguida, na primeira visita às instalações foi realizado o levantamento do número e tipologia de dispositivos e equipamentos de uso de água convencionais efetuando-se o seu registo fotográfico. Nesta fase foram tomadas notas de forma a estudar-se a metodologia que melhor se aplicava ao caso de estudo para a medição de consumos nos dispositivos. Na segunda visita aos edifícios, com o intuito de se proceder à medição de consumos de água nos diversos dispositivos foi necessário considerar o seguinte material (Figura 3.5):

- ✓ Balança científica;
- ✓ Balde de peso e volume conhecidos;
- ✓ Cronómetro, através de uma aplicação de um smartphone.

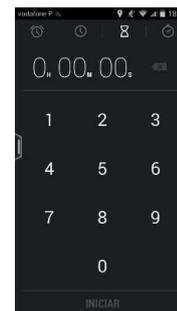
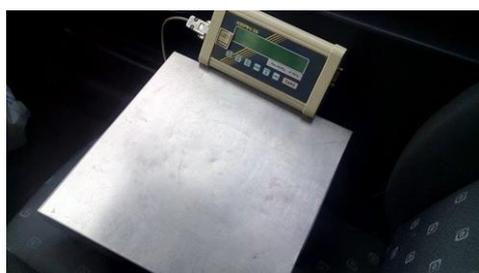


Figura 3.5 – Equipamentos para auditoria de consumo de água.

Para a medição de caudal debitado nos dispositivos, foram utilizados três baldes comuns de peso apresentado no Quadro 3.3 (tara) procedendo-se à determinação do caudal mássico, considerado mais rigoroso, em l/min . Foram considerados três baldes que variavam apenas na altura de forma a ser mais fácil a sua utilização consoante a medição a realizar em chuveiros ou torneiras de lavatório.

Quadro 3.3 – Pesagem dos baldes vazios utilizados nas medições.

Peso dos Baldes	
Vazios (g)	
1	224,5
2	161
3	150

Posteriormente a ter-se efetuado a tara destes recipientes vazios para se proceder ao cálculo do caudal de água debitado por um determinado dispositivo (torneiras, chuveiros e fluxómetros) fez-se o seguinte:

- ✓ Nas medições realizadas, o acionamento dos dispositivos correspondeu sempre ao caudal máximo debitado ou de descarga procedendo-se à abertura total do dispositivo, de forma a obter-se o caudal máximo (por exemplo abertura na posição de caudal máximo nas torneiras e chuveiros). É de referir que, para cada dispositivo, foram realizadas três medições e utilizada a média de valores para efeito de cálculo;
- ✓ As medições foram feitas com volumes retirados durante 10 segundos (tempo controlado por cronómetro) com auxílio de um recipiente;
- ✓ Para o caso de torneiras temporizadas (s) foi cronometrado o período de tempo em que o caudal foi debitado por descarga. Considerou-se uma utilização por descarga uma vez que o volume de água gasto é sempre o mesmo independentemente do tempo de uso;
- ✓ Após o período de aquisição do volume, é realizada a pesagem do recipiente com água e registado esse valor;
- ✓ Para se obter o peso da água (g) é realizada a diferença entre o peso do recipiente com água e o peso do recipiente vazio (tara);
- ✓ Por fim é realizado o cálculo do caudal dos dispositivos através do caudal mássico.

$$Q_m = \frac{m_{\text{água}}}{\rho \times \Delta t} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (3)$$

Onde:

Q_m : caudal mássico (m^3/s);

$m_{\text{água}}$: massa de água (kg);

Δt : intervalo de tempo da medição (s);

ρ : massa específica da água (kg/m^3).

Após este procedimento de cálculo sabe-se o caudal de água debitado por dispositivo (l/min) existindo assim condições para a atribuição de classe de eficiência hídrica ao dispositivo através da consulta das tabelas das especificações técnicas da ANQIP.

Nas instalações sanitárias e balneários a metodologia utilizada para avaliar o caudal das torneiras de lavatório (l/min) é idêntica à utilizada em chuveiros. Figueiredo (2013) considerou, na sua metodologia, um tempo de utilização médio nas torneiras de abertura manual de cerca de 13 segundos por utilização. Este período de funcionamento foi estimado através de uma experiência que consistiu em cronometrar o tempo de utilização deste dispositivo por parte de uma amostragem da população do seu caso de estudo. Pelo contrário, a ANQIP sugere, através do seu guia, um período de 20 segundos por medição de forma a simplificar os cálculos. Contrariamente às metodologias adotadas por outros autores, como por exemplo Gonçalves (2014) e os mencionados anteriormente, optou-se por cronometrar as medições no consumo dos dispositivos com um tempo de medição pré estabelecido de 10 segundos em vez de se cronometrar o enchimento total do recipiente. O objetivo desta adaptação passa por minimizar

os desperdícios de água durante os ensaios. À água proveniente dos ensaios recomenda-se que seja utilizada para rega de espaços ajardinados ou limpeza de pavimentos se possível.

A metodologia utilizada para determinação dos volumes unitários de descarga (*l/descarga*) em autoclismos poderia ter sido a sugerida pelo “Guia de Boas Práticas: Uso Sustentável da Água” na secção 3.2. No entanto, para determinar o consumo de água poderá recorrer-se à consulta da ficha técnica do equipamento. Por outro lado, para os autoclismos onde não é possível obter informação técnica sugere-se considerar um volume de nove litros por descarga correspondente a uma classe de eficiência “E”.

Para os fluxómetros de autoclismo, não existindo informação técnica, nem a possibilidade de se estimar o volume de descarga, será admitido de igual modo um volume de descarga unitário da ordem dos nove litros correspondente à classe de eficiência “E” de acordo com a ETA da ANQIP para autoclismos. Assim, para estes autoclismos e fluxómetros de autoclismos, para efeitos de cálculo, foi considerado um volume unitário de descarga de nove litros. Através desta metodologia torna-se a auditoria menos evasiva não sendo necessário recorrer à abertura do autoclismo para medição do volume de descarga.

Os fluxómetros de mictório são dispositivos de difícil medição de consumo. Isto deve-se necessariamente às características físicas da bacia de mictório e dado o modo como funcionam. Inicialmente, de forma a tornar a auditoria o menos evasiva possível, pensou-se em recorrer à ficha técnica dos fluxómetros. No entanto, uma vez que se tratam de dispositivos antigos e que já não se encontram no mercado, não foi possível encontrar essas mesmas fichas com informação relativa aos volumes de descarga. Outra solução possível seria utilizar a metodologia referida na secção 3.2 da autoria de Gonçalves (2014).

Para os mictórios em que não foi possível realizar medições de consumo ou apresentem volumes de descarga baixos devido à baixa pressão na rede será considerado o volume de descarga unitário mais elevado, ou seja o cenário mais desfavorável no conjunto dos edifícios analisados. Assim, após auditoria de eficiência hídrica foi considerado um volume de descarga unitário para estes fluxómetros de cerca de seis litros por descarga correspondendo à classe de certificação “B”, o mesmo volume admitido por Figueiredo (2013).

3.3 Casos de estudo relevantes

A ANQIP tem vindo a desenvolver metodologias no âmbito de auditorias de eficiência hídrica tendo já realizado inúmeras auditorias a edifícios públicos e privados, tais como hospitais, centro comerciais, estabelecimentos escolares, piscinas. De acordo com Paraíso (2013), de forma a avaliar o impacto na utilização de dispositivos eficientes em edifícios na redução do consumo de água da rede, aumentando assim a eficiência energética e reduzindo as emissões de GEE, foi levado a cabo um estudo em Portugal pela ANQIP, no município de Aveiro

(73 mil habitantes). Este estudo consistiu na análise comparativa de uma habitação equipada com dispositivos convencionais (sem eficiência) com uma equipada com produtos eficientes (certificação de categoria A), admitindo uma ocupação média na habitação de 2,7 pessoa por fogo, o número de utilizações dos dispositivos por pessoa, uma tarifa de água de 1,1€/m³ e um custo de energia elétrica idêntica ao do gás natural de 0,12 €/kWh. Os resultados são apresentados no Quadro 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7. Relativamente às máquinas de lavar roupa e louça foram considerados os valores identificados pelo fabricante em termos de consumo sendo estes, respetivamente, 1,20 kWh e 1,05 kWh por lavagem. Teve-se ainda em consideração que para aquecer cerca de 1m³ de água a uma temperatura de 37°C são necessários 30kWh de energia correspondendo assim a um custo de 0,0036 €/l de energia elétrica ou gás natural (Afonso e Rodrigues, 2011b).

Quadro 3.4 - Consumos de água numa habitação equipada com dispositivos convencionais
(Paraíso, 2013)

Produto	Consumo (l/s)	Tempo de utilização diário acumulado (1 pessoa) min	Valor total (2,7 pessoas) min	Total diário (l/dia)	Total mensal m ³ /mês	Total anual m ³ /ano
Chuveiro	0,15	5	13,5	121,5	3,6	44,3
Torneira de Lavatório	0,10	4	10,8	64,8	1,9	23,6
Torneira de Cozinha	0,20	-	5	60,0	1,8	21,9
Produto	l por utilização ou por descarga	Nº utilizações diárias ou de descargas (por pessoa)	Nº utilizações ou descargas totais (2,7 pessoas)			
Autoclismo	9	6	16,2	145,8	4,4	53,2
Máquina de lavar roupa	90	-	1	90,0	2,7	32,9
Máquina de lavar louça	22	-	1	22,0	0,7	8,0
Totais				504,1	15,1	184,0

Do estudo dos Quadros 3.4 e 3.5 conclui-se que a economia total de água seria de aproximadamente 52%, o correspondente a 244 l/dia ou a 89 m³/ano. Da análise do Quadro 3.6 nota-se que existe uma atualização dos consumos totais de água diários nos dispositivos eficientes relativamente ao Quadro 3.3 sendo assim relevante calcular novamente a redução no consumo de água e apresentar a respetiva redução de custos. Assim da observação dos Quadro 3.6 e 3.7 conclui-se que para este caso a economia total de água é cerca de 45%, o correspondente a 227,5 l/dia ou a 83 m³/ano, considerando apenas a redução do consumo

de água e de 50% caso se considere o custo de água e energia, com reduções de 309€/ano por família em Portugal.

Quadro 3.5 - Consumos de água numa habitação equipada com dispositivos eficientes de categoria A (Paraíso, 2013)

Produto	Consumo (l/s)	Tempo de utilização diário acumulado (1 pessoa) min	Valor total (2,7 pessoas) min	Total diário l/dia	Total mensal m ³ /mês	Total anual m ³ /ano
Chuveiro	0,08	5	13,5	64,8	1,9	23,6
Torneira de Lavatório	0,03	4	10,8	19,4	0,6	7,1
Torneira de Cozinha	0,06	-	5	18,0	0,5	6,6
Produto	l por utilização ou por descarga	Nº utilizações diárias ou de descargas (por pessoa)	Nº utilizações ou descargas totais (2,7 pessoas)			
Autoclismo	6	6	16,2	97,2	2,9	35,5
Máquina de lavar roupa	45	-	1	45,0	1,3	16,4
Máquina de lavar louça	16	-	1	16,0	0,5	5,8
Totais				260,4	7,8	95,1

Quadro 3.6 – Custos de água e energia numa habitação equipada com dispositivos convencionais (Afonso e Rodrigues, 2011b).

Produto	Total diário (l/dia)	Custo da água (0,0011 €/l)	Custo da energia (0,0036 €/l)	Custo total (€/dia) Água+ Energia	Custo total (€/mês) Água + Energia	Custo total (€/ano) Água + Energia
Chuveiro	121,5	0,134	0,437	0,571	17,13	208,42
Torneira de Lavatório	64,8	0,071	0,233	0,304	9,12	110,96
Torneira de Cozinha	60,0	0,066	0,216	0,282	8,46	102,93
Produto	Total diário (l/dia)	Custo da Água (0,0011€/l)	Custo da Energia (€/por ciclo)			
Autoclismo	145,8	0,160	-	0,160	4,80	58,40
Máquina de lavar roupa	90,0	0,099	0,140	0,239	7,17	87,24
Máquina de lavar louça	22,0	0,024	0,130	0,154	4,62	56,21
Totais	504,1	0,772	1,156	1,71	37,93	624,16

Quadro 3.7 - Custos de água e energia numa habitação equipada com dispositivos eficientes de categoria A (Afonso e Rodrigues, 2011b).

Produto	Total diário (l/dia)	Custo da água (0,0011 €/l)	Custo da energia (0,0036 €/l)	Custo total (€/dia) Água+ Energia	Custo total (€/mês) Água + Energia	Custo total (€/ano) Água + Energia
Chuveiro	81,0	0,089	0,292	0,381	11,43	139,07
Torneira de Lavatório	19,4	0,021	0,070	0,091	2,73	33,22
Torneira de Cozinha	18,0	0,020	0,065	0,085	2,55	31,03
Produto	Total diário (l/dia)	Custo da Água (0,0011€/l)	Custo da Energia (€/por ciclo)			
Autoclismo	97,2	0,107	-	0,107	3,21	39,06
Máquina de lavar roupa	45,0	0,050	0,071	0,121	3,63	44,17
Máquina de lavar louça	16,0	0,018	0,060	0,078	2,34	28,47
Totais	276,6	0,305	0,558	0,843	25,89	315,02

Uma vez que cabe aos chuveiros aproximadamente 30% do consumo de água em edifício residenciais (AQS), nos Quadros 3.8 e 3.9 é possível comparar as economias em termos de custo energético com a implementação de chuveiros e sistemas de duche eficientes.

Quadro 3.8 – Custos energéticos associados ao consumo de AQS numa casa equipada com dispositivos convencionais (Afonso e Rodrigues, 2011b).

Produto Convencional	Consumo Total (l/dia)	Consumo de Energia (0,03 kWh/l)	Custo da energia (0,0036 €/l)	Custo total de Energia (€/mês)	Consumo de energia (kWh/ano)	Custo de energia (€/ano)
Chuveiro	121,5	3,645	0,437	13,11	1330,64	159,51
Por Pessoa	45,0	1,350	0,162	4,86	492,83	59,13

Quadro 3.9 - Custos energéticos associados ao consumo de AQS numa casa equipada com dispositivos eficientes de categoria A (Afonso e Rodrigues, 2011b).

Produto Convencional	Consumo Total (l/dia)	Consumo de Energia (0,03 kWh/l)	Custo da energia (0,0036 €/l)	Custo total de Energia (€/mês)	Consumo de energia (kWh/ano)	Custo de energia (€/ano)
Chuveiro	81,0	2,43	0,292	8,75	886,0	106,43
Por Pessoa	30,0	0,90	0,108	3,24	328,15	39,42

Da análise dos Quadros 3.8 e 3.9 é possível verificar uma poupança de 33% por pessoa, correspondendo esse valor a 15 l/dia, ou a 5,5 m³/ano, tendo como consequência uma redução de aproximadamente 165 kWh/ano por pessoa em AQS apenas com alteração dos chuveiros. Se estas medidas forem aplicadas a toda a população do município, ao nível das habitações particulares, a economia de energia na sua aplicação seria de 12 × 10⁶ kWh/ano.

Segundo Afonso e Rodrigues (2011b), com este estudo é estimada, tendo em consideração o consumo de energia por metro cúbico, uma redução da ordem dos 2,6 × 10⁶ kWh/ano no abastecimento de água e de 1,8 × 10⁶ kWh/ano no sistema de drenagem e tratamento de águas residuais, representando no seu conjunto uma economia total de 4,4 × 10⁶ kWh/ano. Levando em consideração as poupanças potenciais no aquecimento de AQS em edifícios, através da aplicação de chuveiros eficientes, no valor de 12 × 10⁶ kWh/ano já referido anteriormente, é assim atingida uma redução total de energia no município de Aveiro de 16,4 × 10⁶ kWh/ano.

De acordo com Adeyeye (2014) os sistemas públicos nacionais utilizam energia elétrica nos seus processos, esta por sua vez é produzida a partir de uma combinação de tecnologias: hidroelétrica, carvão, eólica, gás (natural, propano e butano) e também parte dessa energia é importada de outros países. Considerando as emissões ponderadas de CO₂ em 369,23 g/kWh de eletricidade, conclui-se que com as reduções no consumo de energia em sistemas públicos através da aplicação de medidas de eficiência hídrica em edifícios, ocorre uma redução de emissões de CO₂ estimada em 1625 toneladas/ano para o município de Aveiro. Por outro lado, no sector residencial, admitindo que a fonte de energia utilizada na habitação para aquecimento de AQS é o GPL (gás propano ou butano) considera-se um valor de emissões correspondente a 248 gCO₂/kWh e levando em consideração as poupanças no aquecimento de AQS, a redução das emissões de CO₂ aproximar-se-á das 3000 toneladas/ano. Em suma, conclui-se que através da aplicação das medidas de eficiência no uso de água no município de Aveiro (70.000 habitantes) obter-se-á uma redução total nas emissões de CO₂ de aproximadamente 4625 toneladas/ano, ou seja, cerca 66 kgCO₂ habitante por ano.

Estudos realizados pela ANQIP, auditorias realizadas no âmbito no “Projeto Eficiência Hídrica” da CIRIA, encontram-se resumidos nos Quadros 3.10, 3.11 e 3.12 onde são apresentados, após auditoria, a redução mensal no consumo de água, o valor referente à economia na fatura desse consumo e período de amortização do investimento. Das auditorias de eficiência hídrica realizadas em escolas, centros desportivos e edifícios de serviços e lazer conclui-se que o período de retorno do investimento em equipamentos de eficiência hídrica encontra-se compreendido entre um e dois anos. Segundo Adeyeye (2014) um projeto levado a cabo pela ANQIP na região centro promoveu auditorias ao consumo de água a 20 edifícios públicos de diversas tipologias. Foi possível alcançar uma redução no consumo de água em aproximadamente 30% o que corresponde a 20.000 m³/ano e a um período de retorno sobre o investimento no máximo de dois anos.

Quadro 3.10 – Auditoria de eficiência hídrica a edifícios de serviços e lazer (Afonso, 2012).

Edifícios de Serviços e Lazer	Redução Mensal (%)	Valor Mensal (€)	Período de retorno médio (Meses)
Paços do Concelho Ílhavo	36,6	64,3	6,1
Paços do Concelho Murtosa	54,7	34,4	24,7
Paços do Concelho Ovar	38,4	30,2	24,7
Centro Artes e Espetáculo de Sever do Vouga	34,4	26,3	11
Mercado Manuel Firmino (Aveiro)	25	48,8	6
Reitoria da Universidade de Aveiro	23,7	14,5	60,1
Cineteatro Estarreja	22,6	39,3	21,4
Centro Cultural e de Congressos de Aveiro	37,7	59,7	36,4
Museu Marítimo de Ílhavo	12,9	2,87	126
Média	31,8	-	35,2
Total	-	320,37	-

Quadro 3.11 – Auditoria de eficiência hídrica em centros desportivos (Afonso, 2012).

Centros Desportivos	Redução Mensal (%)	Valor Mensal (€)	Período de Retorno médio (Meses)
Piscina Municipal de Ílhavo	14,2	98,3	27,4
Piscina Municipal de Estarreja	24,1	71,8	9,6
Pavilhão Municipal de Estarreja	52,1	15,8	25,4
Piscina Municipal de Sever do Vouga	15	22,2	21,2
Piscina Municipal de Ovar	49,6	299,7	18,4
Piscina Municipal da Murtosa	9,8	32	18,5
Piscina Municipal de Águeda	27,4	186,2	20,9
Estádio Municipal de Águeda	23	59,9	10,2
Piscina Municipal de Albergaria-a-Velha	16,4	62	22,3
Piscina Municipal Da Branca	21,6	100,8	8,8
Piscina Municipal de S. João de Loure	23,1	36,5	19,3
Piscina Municipal de Vagos	16,1	79,2	27
Pavilhão Municipal de Vagos	36,1	181,5	12,3
Piscina Municipal Oliveira do Bairro	41,3	544,2	21,6
Pavilhão Municipal Oliveira do Bairro	31,6	31	14,4
Média	26,8	-	18,5
Total	-	1821,1	-

Quadro 3.12 – Auditoria de eficiência hídrica em escolas (Afonso, 2012).

Escolas	Redução Mensal (%)	Valor Mensal (€)	Período de Retorno médio (Meses)
Escola de Santiago	38,4	48,4	14,8
Centro Escolar Integrado Fernando Caldeira (Águeda)	37,4	31,3	20,3
Reitoria da Universidade de Aveiro	23,7	14,5	60
Média	33,2	-	31,7
Total	-	94,2	-

Pode-se observar que na maioria dos casos apresentados nos quadros anteriores a redução do consumo de água leva a uma elevada economia na sua fatura mensal. Por vezes, a redução no consumo de água, apesar de consideravelmente elevada, poderá não se refletir numa poupança

monetária assim tão expressiva tendo como consequência períodos de retorno mais longos. Isto deve-se essencialmente ao custo de determinados equipamentos e dispositivos eficientes serem elevados, como é o caso por exemplo das torneiras termostáticas. Este facto poderá desmotivar o utilizador ou a entidade responsável no investimento destas tecnologias eficientes para reduzir o consumo de água no edifício. É por isso de máxima importância apelar à conservação pelos meios hídricos e para a sustentabilidade dos edifícios mesmo que estes investimentos não acarretem necessariamente mais vantagens económicas do que ambientais. É ainda importante reter que cada edifício apenas é comparável consigo mesmo, antes e após a aplicação de medidas de eficiência hídrica, uma vez que os consumos dependem da tipologia do edifício e dos hábitos de consumo da população.

Existem outros estudos de exemplos de sucesso em termos de eficiência hídrica como o caso do empreendimento turístico Zmar Eco-Campo Resort & Spa na Herdade A-de-Mateus no litoral alentejano, junto ao Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (Figura 3.6) do campus da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) localizada no Monte da Caparica, no concelho de Almada e o estabelecimento prisional e hotel estudados pela All Aqua.

O Zmar Eco-Campo Resort & Spa é o único parque de campismo ecológico em Portugal e é constituído por 81 hectares e um exemplo de turismo sustentável. O Zmar tem uma taxa de ocupação média de, aproximadamente, 14%, no entanto essa taxa, no período do Verão, aumenta para cerca de 100%. Em 2010 e 2012 recebeu cerca de 220 turistas por dia, 6600 turistas por mês e 79200 turistas por ano. No entanto, em 2011 ocorreu um ligeiro acréscimo, registando-se em média, cerca de 260 turistas por dia, 7800 turistas por mês e aproximadamente 93600 turistas por ano (Rito, 2013). Neste caso de estudo os consumos médios diários de água para os anos 2010, 2011 e 2012 encontram-se no Quadro 3.13.



Figura 3.6 - Zmar Eco-campo Resort & Spa.

Quadro 3.13 – Consumos de Água no Zmar (Rito, 2013).

Ano	Consumo médio de água diário (m^3/dia)	Consumo de água ($m^3/noite.hóspede$)
2010	155	0,68
2011	140	0,55
2012	130	0,58

O Zmar, em todas suas instalações, tomou medidas de eficiência hídrica, nomeadamente a instalação de dispositivos eficientes hidricamente e certificados pela ANQIP. Os autoclismos instalados são de dupla descarga com um volume mínimo de três litros e máximo de seis litros, categoria de eficiência “A”. Relativamente aos mictórios o fluxómetro, de categoria “A++”, promove uma descarga de cerca de um litro. As torneiras (cozinhas e instalações sanitárias) apresentam, por sua vez, ponteiros com arejador promovendo um caudal de $4 L/min$ (classe “A” para torneiras de lavatório e “A++” para torneiras de cozinha). Por último, todos os seus chuveiros são equipados com redutores de caudal tendo desse modo um caudal de $7 l/min$ (classe “A”). De acordo com Rito (2013) a aplicação de medidas de eficiência hídrica, através da substituição e adaptação de dispositivos Zmar, teve como consequência uma diminuição no consumo de água em cerca de 20%, em 2011, relativamente ao ano anterior ($680 l/noite.hóspede$ para $550 l/noite.hóspede$), apenas com a instalação de redutores de caudal nas torneiras (lavatório e de cozinha) e em chuveiros. Comparativamente aos valores de consumo médio de água por hóspede e por noite praticados pelos resorts australianos ($653 l/noite.hóspede$) e hotéis nos estados unidos ($786 l/noite.hóspede$), considerados por alguns autores como o padrão de referência das melhores práticas de consumo. Os consumos de água em empreendimentos turísticos (hotéis e parques de campismo por exemplo) tornam-se fundamentais a nível ambiental e económico e são objetivo das políticas de gestão atuais.

Resumindo, tem-se para este caso que as medidas de eficiência hídrica aplicadas reduzem o consumo de água nas instalações em 20% e que estes consumos se situam abaixo dos de referência. Estas não comprometem o conforto e o bem-estar dos hóspedes não levando a qualquer tipo de consequência na taxa de ocupação, resultando numa redução do consumo de água e consequente redução de custos. A análise da eficiência hídrica neste tipo de empreendimento poderia ter sido mais extensa relativamente à análise dos consumos por parte dos dispositivos num cenário base, onde nenhuma medida de eficiência foi tomada, e após aplicação de dispositivos eficientes. Sabe-se ainda que apenas se concluíram reduções face à utilização dos redutores de caudal em torneiras e chuveiros, não tendo sido analisado a redução dos consumos de água com a utilização de autoclismos de dupla descarga e fluxómetros de mictórios certificados pela ANQIP. Deste modo é importante estender as análises e avaliação de benefícios adotando eficiência hídrica em empreendimentos turísticos através da aplicação de dispositivos eficientes e, como sugestão, o aproveitamento de águas pluviais e a reutilização de águas cinzentas.

O campus da FCT/UNL encontra-se dividido em 14 sectores departamentais e 8 serviços de apoio, contando assim com 7853 estudantes, 467 docentes e investigadores e 193 funcionários administrativos (Figueiredo, 2013). O principal objetivo desta análise consistiu na determinação da possível poupança de água e avaliação dos benefícios económicos da utilização de dispositivos eficientes em edifícios do campus (FCT/UNL).

De uma forma geral foram analisadas as instalações sanitárias para avaliar o desempenho dos seguintes dispositivos: autoclismos, torneiras e fluxómetros. Com o intuito de obter resultados detalhados consideraram-se apenas dois edifícios neste estudo, edifício VII e o edifício I. A escolha destes teve como base a observação de determinados critérios, como a quantidade de alunos e de serviços existentes, respetivamente, permitindo efetuar uma comparação sobre o consumo de água em cada um. O edifício VII compreende as atividades de ensino teórico e prático, incluindo um serviço de restauração. O edifício I, por sua vez, tem como principais atividades, órgãos de gestão, serviços administrativos e de restauração e ainda laboratórios de ensino prático e investigação. Devido à ausência de contadores, o consumo de água em cada instalação sanitária foi estimado com base no volume de água obtido em cada dispositivo, contabilizando o tempo de duração e na frequência do seu uso. Como tal, nas torneiras avaliou-se o caudal (l/min), a partir da medição do tempo necessário para encher um recipiente com um volume conhecido, utilizando o valor médio obtido nas medições. Nos autoclismos e fluxómetros avaliou-se o volume unitário de descarga (L/descarga), visto que se tinha conhecimento das características técnicas destes dispositivos e, verificou-se que estes tinham duplo comando ou descarga simples, 6 a 9 L. Após a estimativa dos consumos de água em cada um dos dispositivos, em cada instalação sanitária dos edifícios referidos, foi avaliada a redução do consumo de água e o impacto económico tendo em conta o custo de dispositivos eficientes, certificados pela ANQIP. A partir da avaliação detalhada de cada edifício, verificou-se:

- ✓ Consumo total de água nas instalações sanitárias do edifício VII é superior 2,4 vezes ao consumo no edifício I isto deve-se ao facto do edifício VII ter o dobro da população em comparação com o edifício I;
- ✓ Os dispositivos que apresentam um consumo mais elevado consistem nos autoclismos seguido dos fluxómetros e torneiras;
- ✓ No edifício VII as fugas admitidas nos dispositivos refletem-se num aumento de 33% do consumo total de água por outro lado no edifício I este aumento é de 23%;
- ✓ Em ambos os edifícios a maior poupança de água é conseguida substituindo os atuais fluxómetros por outros certificados pela ANQIP;
- ✓ O potencial de poupança de água, após a utilização de dispositivos eficientes, estimou-se em 57,3 % no edifício VII e 59 % no edifício I;
- ✓ No edifício VII a poupança económica estimada é de 4 863 € anuais nas faturas de água (56,4%);
- ✓ No edifício I a poupança económica estimada é de 2 076 € anuais nas faturas de água (57,0%);
- ✓ O período de retorno de investimento necessário para substituir os atuais dispositivos utilizados por equipamentos certificados é de 1,2 anos no edifício VII e inferior a 1 ano no edifício I.

Através dos elementos e das análises efetuadas, foi possível verificar que, quanto maior a frequência de utilização e o consumo, maior o potencial de poupança de água e de custos associados, tornando-se mais rentável o investimento. A redução no consumo de água é de aproximadamente 60% (não considerando fugas) em ambos os edifícios e o período de retorno do investimento situa-se em cerca de 12 a 14 meses. Este curto período de retorno deve-se significativamente à elevada poupança económica anual em ambos os edifícios, com uma redução de aproximadamente 57% na fatura anual.

A empresa AllAqua@ (2011a) realizou um estudo de eficiência hídrica a um estabelecimento prisional com o objetivo de analisar a redução de consumos e custos de água através de instalação de redutores de caudal nas torneiras, chuveiros e autoclismos. Este estabelecimento é composto por cerca de 150 reclusos tendo como principais zonas de consumo os balneários, cozinha e espaços exteriores. Para avaliar o potencial de redução nos consumos de água no edifício foram monitorizados, numa primeira fase, os consumos de água do edifício sem a instalação de redutores de caudal; numa segunda fase foram instalados redutores de caudal nas torneiras e chuveiros e foram monitorizados os consumos de água no edifício. Como primeira necessidade foi assim necessário fazer um levantamento dos dispositivos existentes por forma a dimensionar corretamente os redutores de caudal de acordo com as necessidades do edifício. Os dispositivos existentes apresentavam as seguintes características: economizadores de torneira 2 l/min , economizadores de torneira de 4 l/min , economizadores de torneira de 8 l/min , redutores de chuveiro 6 l/min , redutores de chuveiro 8 l/min , redutores de chuveiro 10 l/min e economizadores de autoclismo.

Numa primeira fase, sem a instalação dos redutores, verificou-se um consumo total de $1.839\text{ m}^3/\text{mês}$. Após instalação destes dispositivos o consumo total diminuiu para cerca de $1.452\text{ m}^3/\text{mês}$ ou seja levou a uma redução em cerca de $387\text{ m}^3/\text{mês}$. Estima-se que a redução do volume de água supere os $4.644\text{ m}^3/\text{ano}$, o equivalente ao consumo de 26 famílias compostas por 4 pessoas, cada para o mesmo período (AllAqua@ (2011a)). Concluindo, a instalação de redutores de caudal motivou uma redução no consumo de água em cerca de $387\text{ m}^3/\text{mês}$, correspondendo a uma redução na faturação de água na ordem dos 2.226 €/mês , ou seja em cerca de 26.718 €/ano . Constata-se assim que a instalação de dispositivos como os redutores de caudal apresenta uma redução de consumos de água potável de aproximadamente 21%.

Outro estudo realizado por esta entidade corresponde à auditoria realizada nas instalações de um hotel localizado em Lisboa. Este teve como objetivo a análise de eficiência hídrica, do potencial de redução dos consumos e respetivos custos de água, através da instalação de dispositivos reguladores de caudal em torneiras de lavatórios, bidés, chuveiros e lava-louças. Este edifício é constituído por cerca de 350 quartos distribuídos por 9 pisos apresentando consumos relacionados com o uso das instalações sanitárias, dos quartos, serviços de pessoal,

confeção de refeições, serviços de lavanderia, limpeza e manutenção. A taxa média de clientes por quarto é de 1,8 clientes/quarto, mantendo-se estável ao longo do ano e o número de funcionários situa-se nos 184 (AllAqua@, 2011b).

As medidas de eficiência hídrica aplicadas a este edifício corresponderam à instalação de redutores de caudal nos dispositivos, sendo estes $2l/min$ nos lavatórios, $6l/min$ nos bidés, $8l/min$ nos chuveiros e por fim $6 a 10l/min$ nas torneiras de cozinha. No mês de Setembro de 2010 houve um consumo faturado de $6357 m^3$, antes de serem aplicadas as medidas e após auditoria hídrica e aplicadas medidas de eficiência hídrica esse consumo, para o período homologado seguinte (Setembro de 2011), diminuiu para $5199 m^3$, significando uma redução em cerca de $1158 m^3$. Aplicando esta mesma redução aos restantes meses do ano de 2010 ter-se-ia obtido uma poupança média anual de $13.896 m^3$ ou seja uma redução de cerca 18,2% em 2011. Por último, a fatura de consumo (c/IVA) referente ao mês de setembro de 2010 foi 14.227€ enquanto a fatura referente ao mesmo mês do ano seguinte sofreu uma diminuição para 11.635€ (Figura 3.7). Isto corresponde a uma redução no custo com a água em 2592€, projetando-se, segundo a AllAqua@ (2011b), um período de retorno de investimento de aproximadamente 3 meses.

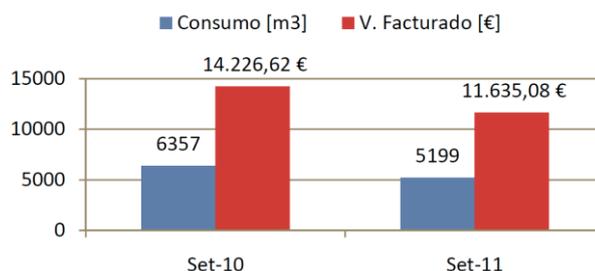


Figura 3.7 – Comparação de consumos de água e faturas (c/IVA) relativas aos meses de setembro de 2010 e 2011 (AllAqua@, 2011b).

A empresa All Aqua apresenta diversos relatórios de estudo da aplicação de medidas de eficiência hídrica, nomeadamente da aplicação de diversas categorias de redutores e economizadores de caudal em dispositivos de uso de água como torneiras de lavatório, bidé e lava-louça, chuveiros e autoclismos. Estes estudos são maioritariamente realizados a edifícios coletivos ou similares, como é exemplo estabelecimentos prisionais e de ensino, hotéis e hospitais. Apresentam reduções significativas em termos de consumo de água e na fatura correspondente, com períodos de retorno financeiro curtos apenas com aplicação deste tipo de medidas, com uma redução média em 20% em todos os edifícios auditados. Um período de retorno tão baixo deve-se sobretudo aos custos destes redutores e economizadores serem relativamente baixos comparativamente ao custo de substituição dos dispositivos convencionais por dispositivos eficientes sendo por isso mais motivador para os interessados realizar esse investimento, facto também referido por Oliveira (2014). A All Aqua nos seus estudos, não

apresenta o preço dos seus equipamentos utilizados na aplicação destas medidas o que poderia ter sido interessante ser mencionado.

Paraíso *et al* (2014) apresentam uma metodologia aplicada também a um caso de estudo de um edifício coletivo de ensino, o qual teve por objetivo enumerar e implementar um conjunto de ações que conduzissem à diminuição do consumo de água e à redução dos custos globais sensibilizando também a população para o uso sustentável dos recursos de água e energia. Após enumerados alguns modelos de certificação hídrica existentes para análise do consumo de água foi considerado o modelo da ANQIP através das suas especificações técnicas. Para efetuar o plano de ação foi necessário proceder-se ao diagnóstico do edifício através da análise da informação relativa aos usos de água e padronização de consumo através da monitorização dos contadores instalados.

No desenvolvimento do plano de ação para o uso eficiente da água e da análise custo-benefício da aplicação de medidas de eficiência hídrica, a monitorização e a posterior ação de sensibilização e informação. Da análise do estado de funcionamento dos dispositivos sanitários resultou na deteção de fugas nos autoclismos procedendo-se à substituição das borrachas. Outra medida aplicada a este estudo foi a redução da pressão à entrada do sistema de abastecimento de água originando uma redução de 11% no consumo de água. Por último procedeu-se à substituição de equipamentos sanitários implicando um custo de investimento de 609,88€ (valor no qual é considerado que 10% do custo dos equipamentos corresponde à sua instalação e outros 10% referente á manutenção) obtendo um período de retorno de 5,6 meses.

Como conclusões são referidos os impactos do aumento da eficiência hídrica nas instalações coletivas e similares no consumo de água, verificando-se oportunidades com um peso considerável na melhoria do uso eficiente da água. Consequentemente essa redução levará a uma poupança de energia e consequente redução das emissões de GEE apesar de não terem sido contabilizadas para este estudo.

3.4 Caso de Estudo: Ginásio Bluegym Fit

3.4.1 Justificação e apresentação do caso de estudo

Os ginásios apresentam elevados consumos de água, principalmente devido aos duches, uma vez que os utentes destes espaços não são responsáveis pelo custo do seu consumo não tendo preocupações económicas nem ambientais para conter os seus usos onde os seus períodos de duche se estimam ser excessivos. Devido à falta de auditorias de eficiência hídrica a ginásios optou-se por estudar o ginásio *Bluegym Fit* que apresenta consumos elevados de água nos dispositivos que equipam os seus balneários, nomeadamente os sistemas de duche. Assim, pretende-se reduzir esse consumo de água e consequentemente de energia e respetivos custos pela substituição de dispositivos.

O ginásio *Bluegym Fit* situa-se na rua Dr. Rafael Gagliardini Graça, nos Apartamentos Turísticos, em São Martinho do Porto. Encontra-se aberto 6 dias por semana, de segunda a sábado com um período de funcionamento das 8:30 às 12:30 e das 16:00 às 21:00. É composto por dois balneários, um masculino e um feminino, e ainda uma instalação sanitária comum de apoio à sala de musculação. O balneário masculino é composto por 3 sistemas de duche e 1 torneira de lavatório temporizada (Figura 3.8) enquanto no balneário feminino encontra-se uma instalação sanitária equipada com 1 autoclismo de descarga interrompida (Figura 3.9), 1 torneira de bidé, 1 torneira de lavatório e 3 sistemas de duche. A instalação sanitária exterior aos balneários encontra-se equipada por 1 fluxómetro de mictório (Figura 3.9), 1 autoclismo de descarga interrompida e 1 torneira de lavatório temporizada. Em resumo existem 6 sistemas de duche, 2 autoclismos, 3 torneiras e 1 fluxómetro de mictório.



Figura 3.8 – Sistema de duche (à esquerda) e torneira com temporizador (à direita).



Figura 3.9 – Autoclismos de descarga completa (à esquerda) e torneira de mictório (à direita).

3.4.2 Análise de resultados

Após a primeira visita às instalações para se proceder ao levantamento e registo dos dispositivos de uso de água presentes nos diversos edifícios foi possível verificar que os dispositivos convencionais atuais apresentam sinais de degradação e necessitam de ser substituídos devido ao não só ao estado de degradação em geral, mas também ao seu elevado consumo. Procurou-se realizar o inquérito de forma a estimar o número e período de utilizações dos dispositivos de uso de água no ginásio. Através da contagem do número de entradas, do sexo masculino e feminino, no período de 07/05 a 14/05, do presente ano, foi possível aferir o número de utentes

diário do ginásio tal como indicado na Figura 3.10, contabilizando uma média de entrada de 25 utentes por dia e um desvio padrão de 4. Considerou-se que a variação do número de utentes diários ao longo do mês não é significativa.

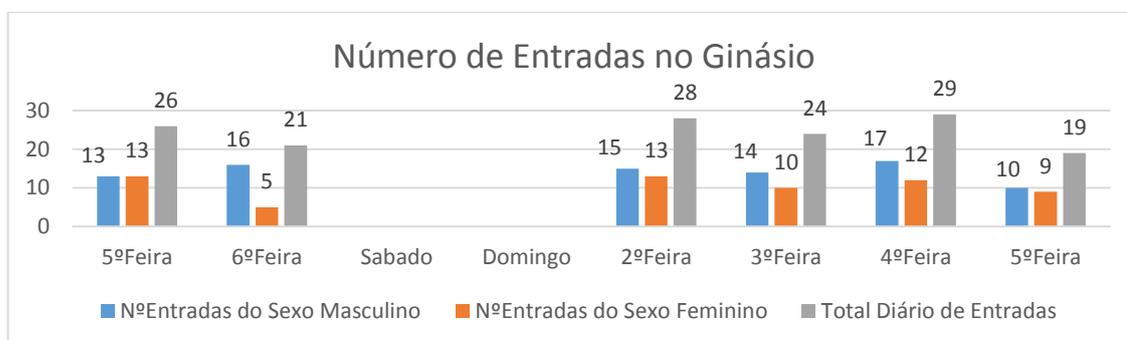


Figura 3.10 – Número de entradas diárias no ginásio por género.

Por conseguinte, obteve-se uma estimativa do consumo diário de água, durante a mesma semana (Figura 3.11). Este consumo de água foi possível calcular através do registo de leituras do contador do edifício para o período em análise. Para isso foram registados os valores do contador ao início da manhã sem nenhum utente no ginásio e ao fim do dia após encerramento e realizada a diferença entre estes valores.

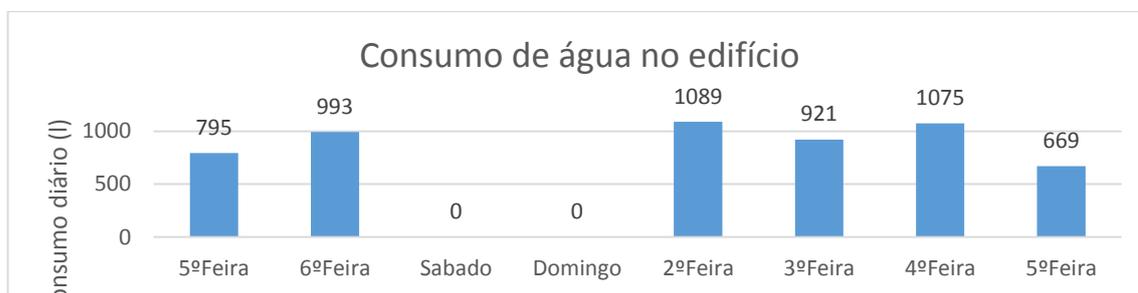


Figura 3.11 – Consumos de água diário no ginásio *BlueGym Fit*.

Da leitura do contador existe outra informação relevante que se pode retirar. Através da diferença da leitura efetuada ao contador ao final do dia com o registo da manhã seguinte é possível determinar se existem fugas de água no edifício. De facto realizando este procedimento verificou-se existir um consumo médio de cerca de 26 *litros/dia*, o correspondente a 676 *litros/mês*, durante o período noturno onde não existe atividade no ginásio. Numa primeira instância suspeitou-se de uma presença de fuga, no entanto, esse consumo deve-se às limpezas diárias efetuadas no edifício após fecho deste. Este consumo de água corresponde a sensivelmente a descargas de autoclismo e baldes de água para limpeza do pavimento.

Na Figura 3.12 apresenta-se o histórico de faturação (€) do consumo de água mensal no ginásio *BlueGym Fit* no período de Abril de 2014 (desde a sua abertura) até Março de 2015 (valores obtidos a partir das faturas de água para o período referido).

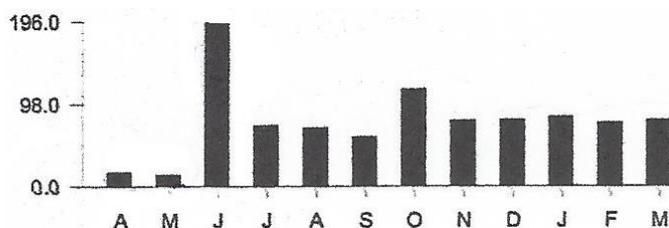


Figura 3.12 – Histórico de faturação (€) do consumo de água no *BluegymFit*.

Esta faturação apresenta um custo médio de aproximadamente 82,92€/mês correspondente a um consumo médio mensal de cerca de 20m³. O pico de consumo em Junho de 2014 ocorre através da primeira leitura do contador do edifício em estudo após ter entrado em funcionamento.

O Quadro 3.14 tem por objetivo apresentar, para chuveiros e torneiras de lavatório, os dispositivos convencionais existentes e o seu caudal unitário possibilitando obter a sua classificação de eficiência hídrica de acordo com as especificações técnicas da ANQIP.

Quadro 3.14 – Atribuição de classificação hídrica aos dispositivos convencionais.

	Dispositivos Convencionais	Q (l/min)	Classificação
Balneário Masculino	(M1) Chuveiro	18.2	D
	(M2) Chuveiro	21.7	D
	(M3) Chuveiro	21.6	D
	(M4) Torneira	2.8	A
Balneário Feminino	(F1) Chuveiro	20.6	D
	(F2) Chuveiro	14.0	C
	(F3) Chuveiro	21.3	D
	(F4) Torneira	2.0	A
	(F5) Torneira	13.9	E
I.S. Comum	(C1) Torneira	2.5	A

Uma vez que, para o fluxómetro de mictório não foi possível determinar o volume de descarga, admitiu-se um volume de 6 l/min com categoria de eficiência “B”, de acordo com a metodologia adotada e referida na subsecção 3.4.3. Para os autoclismos da marca *Karibaport* identificados no edifício foi possível consultar a sua ficha técnica e estes apresentam um sistema de descarga interrompida identificados no catálogo de produtos certificados pela ANQIP onde são atribuídos uma classe “A” com um volume de descarga de 6 litros. Assim este dispositivo não será considerado para substituição.

Antes da apresentação da medida de eficiência hídrica através da substituição dos dispositivos convencionais, o consumo médio obtido durante a semana de 07/05 a 14/05 foi de 968,21 l/dia, correspondente ao consumo de 25 utentes diários. Deste modo, sabendo que o ginásio encontra-se em funcionamento 6 dias por semana, ou seja 26 dias por mês, pode

realizar-se uma estimativa mensal do consumo médio de água em cerca de 25173,46 (l/mês), que representa 25,17 m³ mensais, 302,04 m³/ano, como apresentado no Quadro 3.15.

Quadro 3.15 – Consumo total de água diário com dispositivos convencionais.

	Dispositivos Convencionais	Nº de utilizações/dia	Consumo (l/min)	Tempo de utilização diário (1 pessoa) min	Total diário (l/dia)
Balneário Masculino	Chuveiro	5	20.50	5	512,5
	Torneira	8	2.80	0,12	2,69
Balneário Feminino e LS Comum	Chuveiro	4	18.60	6	446,4
	Torneira	9	6.13	0,12	6,62
Total diário (l/dia)					968,21

Importa salientar que ainda não estão contabilizados no Quadro 3.15 os consumos do fluxómetro de mictório e dos autoclismos bem como os consumos de água relativos a limpezas. O número de utilizações considerado para fluxómetros e autoclismos foi de 9 e 14, respetivamente, correspondendo a um consumo diário de 54 l e 84 l, constituindo um consumo mensal de água adicional de cerca de 3588 l. Admitindo que o consumo para limpezas é cerca de 26l/dia, ou seja um valor mensal de aproximadamente 676 litros, o consumo mensal de água total atingirá um valor da ordem dos 29437,46 l ou seja 29,44m³.

Comparando o valor do consumo mensal de água estimado (29,44 m³), através dos inquéritos realizados, com o valor obtido a partir da leitura do contador para o mesmo período, correspondendo a um consumo médio mensal de 24,70 m³, verifica-se uma diferença de 4,74 m³. Esta diferença reside no facto de a partir dos inquéritos ser retirada uma estimativa do número e tempo de utilizações, a partir da perceção individual de cada utilizador, esta poderá não ser a mais correta, induzindo a uma estimativa superior às leituras efetuadas. Relativamente ao valor faturado, cerca de 20 m³, existe uma diferença de valores de consumo de água, na ordem dos 9,44 m³. Importa salientar que na semana em que foram realizadas as medições, poderá ter existido um afluxo de utentes superior ao normal, uma vez que o consumo de água estimado é superior ao faturado. Através dos inquéritos realizados, sabendo o consumo total diário por dispositivo foi possível determinar a desagregação de consumos por tipo de dispositivo presente no edifício, como se apresenta na Figura 3.13.

Da Figura 3.13 é possível verificar que os equipamentos que mais contribuem para o consumo de água nesta tipologia de edifício são os chuveiros, com um peso de 84,7%, seguido dos autoclismos com 7,4%, fluxómetro com 4,8%, limpezas com 2,3% e as torneiras com 0,8%. Esta distribuição era expectável uma vez que os chuveiros apresentam elevados consumos de água comparativamente aos restantes dispositivos, sendo também os mais antigos no edifício.

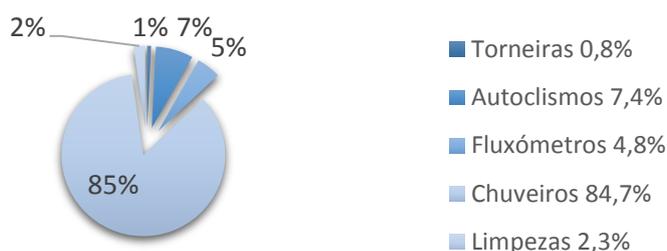


Figura 3.13 – Distribuição dos consumos médios no ginásio por tipo de dispositivo.

Neste caso de estudo apresenta-se como proposta a substituição de dispositivos que apresentem uma classificação de eficiência hídrica abaixo de A, ou seja chuveiros, torneiras e fluxómetros, por dispositivos com uma eficiência hídrica de classe A ou superior. Um chuveiro, com uma classificação hídrica A, apresenta um caudal variável entre 5 – 7.2 (l/min) enquanto uma torneira de classe A⁺ apresenta um intervalo de 4 – 6 (l/min).

No Quadro 3.16 é apresentada a análise efetuada, a partir da substituição dos chuveiros e torneiras de ambos os balneários, avaliando o intervalo de redução de caudal nos equipamentos que apresentaram uma categoria de eficiência abaixo da classe A. De facto, dependendo do dispositivo que se opte, a redução efetiva na substituição do dispositivo convencional poderá variar dentro da mesma classe. Assim, no Quadro 3.16 é apresentado o intervalo de redução estimado de acordo com os consumos atuais e a classe prevista de substituição.

Quadro 3.16 – Intervalo e valor médio da redução de caudal com dispositivos eficientes.

	Dispositivos Convencionais	Classe obtida	Classe prevista	Redução extrema máxima Q (l/min)	Redução média Q (l/min)	Redução extrema Mínima Q (l/min)
Balneário Masculino	(M1)	D	A	13.2	12.1	11.0
	(M2)	D	A	16.7	15.6	14.5
	(M3)	D	A	16.6	15.5	14.4
Balneário Feminino	(F1)	D	A	15.6	14.5	13.4
	(F2)	C	A	9.0	7.9	6.8
	(F3)	D	A	16.3	15.2	14.1
	(F4)	D	A	16.3	15.2	14.1
	(F5)	E	A+	11.9	10.9	9.9

Do Quadro 3.16 pode observar-se que para o balneário masculino é possível obter-se uma redução superior nos consumos de água quando comparado com o balneário feminino. Este apresenta uma redução mínima e máxima estimada entre 11,0 – 13,2 (l/min) a 14,5 – 16,7 (l/min) enquanto o balneário feminino apresenta uma redução entre cerca 6,8 – 9,0 (l/min) a 14,1 – 16,3 (l/min). No entanto, apesar das torneiras temporizadas apresentarem consumos de água referentes ao intervalo de classificação A, segundo a ETA da subsecção 2.9.4, será considerada a sua substituição neste estudo uma vez que se verificou deficiências no equipamento relativo ao período do temporizador e desgaste do equipamento. Assim, após a substituição dos dispositivos convencionais por eficientes, o caudal de cada um irá variar de

acordo com os intervalos apresentados no Quadro 3.17, para uma classe de eficiência hídrica A, no caso dos chuveiros e A+ para torneiras.

Quadro 3.17 - Intervalo e valor médio de caudal com aplicação de dispositivos eficientes.

	Dispositivos Eficientes	Classe prevista	Categoria de eficiência A Q (l/min)		
Balneário Masculino	(M1) Chuveiro	A	5	6.1	7.2
	(M2) Chuveiro	A	5	6.1	7.2
	(M3) Chuveiro	A	5	6.1	7.2
	(M4) Torneira	A+	4	5	6
Balneário Feminino	(F1) Chuveiro	A	5	6.1	7.2
	(F2) Chuveiro	A	5	6.1	7.2
	(F3) Chuveiro	A	5	6.1	7.2
	(F4) Torneira	A+	4	5	6
	(F5) Torneira	A+	4	5	6
I.S C	(C1) Torneira	A+	4	5	6

Como referido inicialmente, através dos inquéritos realizados, foi possível estimar o consumo diário de cada dispositivo, sabendo o número de utilizações diárias por dispositivo bem como o tempo de utilização diário por pessoa, como apresenta o Quadro 3.18. Neste foram considerados os dispositivos eficientes propostos na secção 3.2 para os quais os consumos de água são de $5l/min$ nas torneiras e de $5,7l/min$ nos chuveiros. Para o fluxómetro foi considerado uma classe A++ com um consumo de água de $1l/min$ por descarga.

Quadro 3.18 – Consumo total de água diário com dispositivos eficientes.

	Dispositivos Eficientes	Nº de utilizações/dia	Consumo médio (l/min)	Tempo de utilização diário(min)(1 pessoa)	Total diário (l/dia)
Balneário Masculino	Chuveiro	5	5,7	5	142,5
Balneário Feminino	Torneira	8	5	0,12	4,8
Balneário Masculino	Chuveiro	4	5,7	6	136,8
Balneário Feminino	Torneira	9	5	0,12	5,4
Total diário (l/dia)					289,5

Assim, o consumo de água será de $289,5 (l/dia)$, permitindo estimar o consumo de água mensal em $7527 l$, ou seja $7,53 m^3/mês$, o equivalente a $90,32 m^3/ano$. Admitiu-se um consumo de água para os autoclismos ($2184 l/mês$) e para as limpezas igual ao valor inicial ($676 l/mês$), uma vez que não houve a sugestão de substituição dos autoclismos devido à sua eficiência. Assim contabilizando os consumos para os autoclismos, limpezas e o consumo dos fluxómetros eficientes ($234 l/mês$), estes constituem um acréscimo de $3094 (l/mês)$, resultando num total mensal de $10,62 m^3$. Comparando os resultados obtidos antes e depois da substituição dos dispositivos, verifica-se uma redução de $63,9 \%$ nos consumos de água no ginásio. Após a aplicação da medida de eficiência hídrica, foi calculado o consumo de água por dispositivo (Figura 3.14). É possível verificar que a contribuição de consumo dos chuveiros

reduziu 16,4 % em relação ao valor estimado inicialmente e para os autoclismos, este sofreu um aumento de 13,2 %.

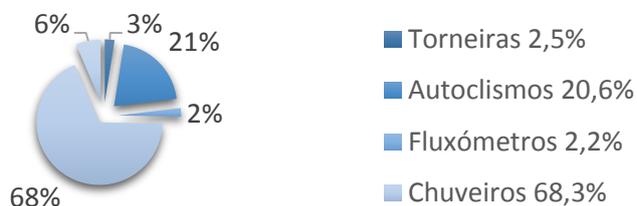


Figura 3.14 – Distribuição dos consumos médios no ginásio por tipo de dispositivo.

De acordo com os custos de consumo de água apresentados no Quadro 3.19, a fatura mensal do *BlueGym Fit* referente a um consumo de água na ordem dos $29,4 m^3$ seria cerca de 115,39€ sem IVA. Aplicando um IVA de taxa reduzida no valor de 3,75€, esse custo é de 119,14€. Aplicando as medidas de eficiência hídrica o consumo mensal estimado será então de 46,78€, significando que a fatura mensal sofrerá uma redução de 72,36€ (Quadro 3.20). Considerando a fatura real da água para um valor médio de $20 m^3$, com um custo associado de 82,92 €, com uma redução de 63,9 % esta iria diminuir para os $7,22 m^3$ com um custo de 36,03€. A taxa de redução no custo da água para este ginásio é de 56,5%.

Quadro 3.19 – Faturação de água para um consumo mensal médio de $29,4 m^3$.

Detalhe	Quantidade [m^3]	Valor Unitário [€]	Valor Total [€]	Taxa IVA (%)
Água				
Consumo de água – 1º Escalão [1-10]	10,000	1,5849	15,85	6
Consumo de água – 2º Escalão [≥ 11]	19,400	2,3774	46,12	6
Tarifa fixa de água	1,0000	5,6700	5,67	Isento Artigo 9º do CIVA
Saneamento				
Saneamento Fixo	1,0000	3,5000	3,50	Isento Artigo 9º do CIVA
Saneamento Variável	29,400	0,6000	17,64	Isento Artigo 9º do CIVA
Resíduos				
Lixo Fixo	1,0000	5,1000	5,10	Isento Artigo 9º do CIVA
Lixo Variável – 1º Escalão [1-50]	29,400	0,7140	20,99	Isento Artigo 9º do CIVA
Cobrança para Outras Entidades				
Taxa recursos hídricos – água	29,400	0,0175	0,52	6
Total			115,39€	3,75€ (IVA)

Pode-se ainda determinar o investimento efetuado de forma a calcular o período de retorno. O Quadro 3.21 apresenta o custo associado (com IVA incluído) aos dispositivos de uso de água que devem ser substituídos, tal como apresentado no Quadro 3.2 na secção 3.2. Calculado o custo total dos dispositivos a serem instalados, 281,90€, e sabendo que existe uma redução na fatura mensal estimada de água em cerca de 72,36€ então, o período de retorno do investimento necessário estima-se em 3,9 meses. Para o valor real faturado de, 20 m³ com um custo associado de 82,92 €, sabendo que a sua redução foi de 46,89 €/mês, estima-se que o período de retorno do investimento seja de 6 meses. É de referir que não foram quantificados os custos de instalação dos dispositivos, admitindo-se a instalação destes por parte dos funcionários do ginásio.

Quadro 3.20 – Faturação de água para um consumo mensal médio de 10,62 m³.

Detalhe	Quantidade [m ³]	Valor Unitário [€]	Valor Total [€]	Taxa IVA (%)
Água				
Consumo de água – 1º Escalão [1-10]	10,000	1,5849	15,85	6
Consumo de água – 2º Escalão [> = 11]	0,6200	2,3774	1,47	6
Tarifa fixa de água	1,0000	5,6700	5,67	Isento Artigo 9º do CIVA
Saneamento				
Saneamento Fixo	1,0000	3,5000	3,50	Isento Artigo 9º do CIVA
Saneamento Variável	10,6200	0,6000	6,37	Isento Artigo 9º do CIVA
Resíduos				
Lixo Fixo	1,0000	5,1000	5,10	Isento Artigo 9º do CIVA
Lixo Variável – 1º Escalão [1-50]	10,6200	0,7140	7,58	Isento Artigo 9º do CIVA
Cobrança para Outras Entidades				
Taxa recursos hídricos – água	10,6200	0,0175	0,19	6
Total			45,73€	1,05€

Quadro 3.21 – Custo total dos dispositivos a serem substituídos no edifício.

	Dispositivo	Nº de dispositivos a substituir	Custo unitário do dispositivo eficiente (€)	Custo (€)
BlueGym Fit	Chuveiros	6	18,93	113.58
	Torneiras	4	34,47	137.88
	Fluxómetro	1	30,44	30.44
Total				281.90 €

Por outro lado, uma vez que se trata de um período de retorno curto, de forma a aumentar ainda mais o potencial de redução do consumo de água nos chuveiros, sendo o dispositivo com a contribuição mais significativa para os consumos nesta tipologia de edifícios, sugere-se uma outra medida de eficiência hídrica. Esta consiste, na redução do período de utilização dos chuveiros com a aplicação de torneiras de chuveiros com eco stop (Figura 3.4, secção 3.2), com um período de funcionamento de 30 *segundos* por descarga. Assim, considerando uma torneira por cada chuveiro (6 chuveiros), com um custo unitário de 51,56€, esta medida obriga a um investimento adicional de 309,36€, perfazendo um total de investimento em cerca de 591,26€, aumentando o tempo de retorno para sensivelmente 8,2 meses, no caso da fatura estimada e de 12,6 meses para a fatura real. Esta viria a ter consequências no comportamento do utilizador bem como no seu conforto. Esta é sugerida com o intuito de reduzir os períodos de duche que terá como consequência direta uma diminuição do consumo de água.

Tomando em consideração a redução no consumo de energia para aquecimento de AQS com aplicação de medidas de eficiência hídrica, nos Quadros 3.22 e 3.23 encontra-se a análise aos custos e consumos energéticos associados ao consumo de AQS pelos chuveiros. Segundo dados da ANQIP, assume-se que para aquecer cerca de $1m^3$ de água a uma temperatura de $37^{\circ}C$ são necessários $30kWh$ de energia correspondendo assim a um custo de $0,0036€/l$ de energia elétrica ou gás natural (Afonso e Rodrigues, 2011b). O período de funcionamento das instalações é de 26 dias por mês e os consumos diários referentes aos chuveiros correspondem a 9 utilizações.

Quadro 3.22 – Custos e consumo energéticos associados ao consumo de AQS no ginásio equipado com dispositivos convencionais.

Dispositivos Convencionais	Consumo Total (l/dia)	Consumo de Energia (kWh/dia)	Custo da energia (€/dia)	Custo total (€/mês)	Consumo anual (kWh/ano)	Custo anual (€/ano)
Chuveiro	958,9	28,77	3,45	89,7	8976,2	1076,4
Por Pessoa	106,5	3,20	0,38	9,97	997,4	119,6

Quadro 3.23 – Custos e consumos energéticos associados ao consumo de AQS no ginásio equipado com dispositivos eficientes.

Dispositivos Eficientes	Consumo Total (l/dia)	Consumo de Energia (kWh/dia)	Custo da energia (€/dia)	Custo total (€/mês)	Consumo anual (kWh/ano)	Custo anual (€/ano)
Chuveiro	279,3	8,38	1,01	26,26	2614,6	315,12
Por Pessoa	31,0	0,93	0,11	2,92	290,5	35,0

Da análise dos Quadros 3.22 e 3.23 é possível verificar uma poupança no consumo de água de 70,9 % por pessoa, correspondendo esse valor a $75,5 l/dia$, ou a $23,6 m^3/ano$, tendo como consequência uma redução de aproximadamente $706,9 kWh/ano$ por pessoa em AQS apenas

com alteração dos chuveiros. A redução no custo mensal de energia é de 63,46 € ou seja de 761,28 €/ano. Na secção 3.3, segundo Adeyeye (2014), a fonte de energia mais comum utilizada nas habitações para aquecimento de AQS é o GPL (gás propano ou butano), considerando-se um valor de emissões de CO_2 de 248 g/kWh. Sabendo que o ginásio utiliza um sistema de aquecimento a GPL, as suas emissões atuais são de 2,23 t CO_2 /ano. Em suma conclui-se que com a substituição dos chuveiros convencionais por dispositivos eficientes teremos uma quantidade de emissões na ordem dos 0,65 t CO_2 /ano ou seja uma redução de 1,58 t CO_2 /ano. Verificando-se oportunidades relevantes na melhoria no uso eficiente da água e consequentemente na poupança de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa, nomeadamente CO_2 , com impacto direto na ação contra as mudanças climáticas.

3.5 Caso de Estudo: Estabelecimento de Ensino Escola Básica do 2º e 3º ciclos Martim de Freitas

3.5.1 Justificação e apresentação do caso de estudo

As instalações de ensino da Escola Básica 2º e 3º Ciclos Martim de Freitas são um conjunto de edifícios, áreas de recreio e espaços verdes com elevados consumos de água. O uso de água no interior dos edifícios concentra-se principalmente nas instalações sanitárias, balneários, cozinhas, salas de aula e bares. No exterior esses consumos dizem respeito a bebedouros e à rega dos espaços ajardinadas. Estes comportam diferentes usos bem como diferentes potenciais de redução de consumo de água através da aplicação de diversas medidas de eficiência hídrica. A aplicação de medidas de eficiência nesta tipologia de edifício tem implícita uma dupla vantagem. Por um lado, a diminuição do consumo de água, por outro lado, a sensibilização de alunos, docentes e funcionários para a importância da conservação deste recurso. A escolha do caso de estudo deve-se essencialmente ao facto de ser constituída por edifícios em média com 30 anos, com dispositivos e equipamentos convencionais com elevado consumo de água. Associado a esse facto e à elevada frequência de utilização destes dispositivos nestes edifícios, devido ao número elevado de utilizadores, pretende-se com este estudo demonstrar os benefícios na adoção de medidas eficientes em edifícios coletivos para a redução no consumo de água.

Este agrupamento de escolas teve início das suas funções nestas instalações no ano letivo de 1984/85 sendo composta inicialmente pelo Bloco A, Bloco B, Bloco C e Refeitório (31 anos). Presentemente encontra-se constituído por seis blocos, um pavilhão gimnodesportivo, um anexo e diversos campos de jogos e recreios exteriores (Figura 3.15). No Bloco C, construído em 1984, podem ser encontrados o Conselho Executivo, os Serviços Administrativos, a Biblioteca entre outros. De igual forma o Bloco R (Refeitório), construído no mesmo ano, situa-se a cantina, a sala de alunos, a papelaria, a sala de pessoal não docente e um gabinete de trabalho para professores. Mais tarde, em 1987 construiu-se o Bloco D (28 anos), composto por

salas de aula, duas salas de diretores de turma, um gabinete de trabalho, uma sala de informática, uma sala de professores, reprografia e bar de professores. Em 1993 surgiu o Pavilhão Gimnodesportivo, um Anexo e o Bloco E, correspondendo às construções mais recentes (22 anos). A escola Martim de Freitas é frequentada por cerca de 399 alunos no 2º ciclo e 441 no 3º ciclo, perfazendo um total de alunos de 840 e por 107 docentes e 61 funcionários. No total existem 1008 utilizadores de dispositivos de uso de água neste conjunto de edifícios. É de reter que os dispositivos encontrados nos diferentes blocos são na sua maioria muito antigos alguns indicando indícios de degradação com significativos consumos de água e algumas perdas.



Figura 3.15 – Escola Básica do 2º e 3º ciclos Martim de Freitas, Coimbra.

O pavilhão gimnodesportivo é composto por um campo de futebol, dois balneários (um feminino e outro masculino), um gabinete com instalação sanitária dos funcionários, um gabinete de educação física e uma instalação sanitária para os professores. Existe ainda uma divisão onde se encontra a caldeira para AQS. No bloco C, no rés-do-chão encontra-se o gabinete de primeiros socorros e uma instalação sanitária feminina enquanto no primeiro andar é possível encontrar uma instalação sanitária masculina e uma feminina. Relativamente ao bloco A foi possível auditar-se três salas de aula e duas instalações sanitárias, nomeadamente uma masculina e uma feminina. O bloco B constituído por salas de aula e instalações sanitárias masculina e feminina apresenta também uma série de dispositivos distribuídos de forma similar ao bloco A. No bloco R (refeitório) é possível encontrar-se duas instalações sanitárias (uma masculina e outra feminina), uma cozinha correspondente a um bar, um refeitório, uma cozinha e uma instalação sanitária de serviço à cozinha. Por sua vez, o bloco D, em termos de divisões com a presença de dispositivos de uso de água apresenta uma sala, duas instalações sanitárias para os professores (uma masculina e outra feminina), um bar e uma arrecadação. Próximo do bloco E existe um anexo composto uma instalação sanitária masculina, outra feminina e uma oficina. Por último, o bloco E é composto por instalações sanitárias para deficientes, uma masculina, uma feminina e uma outra destinada aos professores, seis salas de aula e um gabinete intermédio entre salas. Após a primeira visita às instalações para se proceder ao levantamento e registo dos dispositivos de uso de água presentes nos diversos edifícios foi possível verificar que os dispositivos convencionais atuais apresentam sinais de degradação e necessitam de ser substituídos devido ao seu elevado consumo e perdas. Além disso, a maioria desses dispositivos

devido à sua idade não comporta a possibilidade de poderem ser adotadas outras medidas de eficiência hídrica, nomeadamente a utilização de redutores de caudal em torneiras, chuveiros e fluxómetros. Apesar deste facto, é sabido que a adoção de redutores de caudal com a finalidade de reduzir o consumo de água é uma medida mais económica uma vez que a substituição de um dispositivo convencional por um eficiente torna-se mais dispendiosa.

Por outro lado, a pressão na rede de abastecimento de água nos edifícios é baixa devido à deterioração das condutas. Este facto tem como consequência que não seja permitido adoção de redutores e economizadores de caudal nas torneiras, nomeadamente na cozinha. Teoricamente, apenas após substituição da tubagem se poderá proceder à aplicação desta medida sendo relevante o seu estudo e análise. Este facto poderá também ocorrer nos fluxómetros de mictório, uma vez que segundo o historial de anomalias dos edifícios, nas instalações sanitárias do bloco D, os fluxómetros de mictório encontram-se fora de serviço devido à falta de pressão na rede. Deste modo, para este caso específico a sugestão passaria pela medição de pressão da rede verificando se a aplicação de fluxómetros eficientes certificados pela ANQIP (classe “A” ou superior) é exequível; caso essa substituição não seja viável sugere-se a aplicação de mictórios sem uso de água mencionados na subsecção 2.6.5. Os dispositivos e equipamentos que se encontram fora de serviço foram considerados para efeitos de substituição e consequente estudo económico.

Nas instalações de ensino Martim de Freitas não foi possível recolher-se registos das leituras dos contadores. Isto deveu-se à ausência de contadores sectoriais de água não sendo possível determinar o consumo de água resultante por edifício optando-se assim por se estimar os consumos de água nas instalações com base na análise dos volumes de água utilizados por dispositivo.

3.5.2 Análise de resultados

Na escola as suas atividades ocorrem *22 dias/mês* ou seja *5 dias/semana*: O seu período de funcionamento é das 8h00 às 18h00 existindo ainda um período de atividades extraescola no pavilhão gimnodesportivo no período das 20h00 às 1h30. Sabe-se que os consumos do pavilhão representam apenas cerca de 10% do consumo total da escola. Esta por sua vez apresenta um consumo médio de $375 \text{ m}^3/\text{mês}$ ou seja $17,05 \text{ m}^3/\text{dia}$. Assim, o pavilhão é responsável por cerca de $1,71 \text{ m}^3/\text{dia}$ enquanto os restantes edifícios apresentam um consumo de $15,34 \text{ m}^3/\text{dia}$. Admitindo um consumo médio por utilizador, correspondente aos 840 alunos, 107 docentes e 61 funcionários totalizando 1008 utilizadores de dispositivos de água, este seria $15,22 \text{ l}/\text{dia}$ por utilizador. Foi efetuado um conjunto de medições de caudal aos vários dispositivos existentes na escola. No Quadro 3.24 apresenta-se um resumo dos dispositivos auditados nestes edifícios, chuveiros (Figura 3.16), autoclismos (Figura 3.17), fluxómetros (Figura 3.18) e torneiras (Figura 3.19) com os respetivos consumos de água unitários (médios),

a classe de eficiência atribuída e a taxa de redução de consumo de água unitário atingida com a substituição dos dispositivos convencionais por dispositivos eficientes.



Figura 3.16 – Chuveiro de serviço (à esquerda) e de balneário (à direita).



Figura 3.17 – Autoclismo de dupla descarga (à esquerda) e de descarga completa (à direita).



Figura 3.18 – Fluxómetro de mictório (à esquerda e centro) e de autoclismo (à direita).



Figura 3.19 – Torneira de lavatório (à esquerda), torneira de lavatório com temporizador (ao centro) e torneira de bica alta (à direita).

Quadro 3.24 – Resumo do número e caudal dos dispositivos convencionais por edifício e taxa de redução média de consumo por substituição por dispositivo eficiente.

Edifício	Dispositivo convencional	Q médio (l/min)	Classe de eficiência	Nº de disp. por edifício	Q eficiente (l/min)	Taxa de redução
Pavilhão desportivo	Torneiras de Lavatório	17,8	E	12	5	71,9%
	Chuveiros	12,4	C	17	5,7	54,0%
	Fluxómetros	6	B	6	1	83,3%
Bloco C	Autoclismos	9	E	3	6	33,3%
	Torneiras de Lavatório	13,8	E	9	5	63,8%
	Torneiras de Cozinha	6,6	B	1	5	24,2%
Bloco A	Fluxómetros	4,7	B	1	1	78,7%
	Autoclismos	9	E	6	6	33,3%
	Torneiras de Lavatório	9,73	D	7	5	48,6%
Bloco B	Torneiras de Cozinha	16,15	E	7	5	69,0%
	Fluxómetros	3	A	5	1	66,7%
	Autoclismos	9	E	8	6	33,3%
Bloco D	Torneiras de Lavatório	14,5	E	8	5	65,5%
	Torneiras de Cozinha	14,01	D	9	5	64,3%
	Fluxómetros	5,76	B	5	1	82,6%
Bloco E	Autoclismos	9	E	8	6	33,3%
	Torneiras de Lavatório	7,4	C	7	5	32,4%
	Torneiras de Cozinha	14,6	D	3	5	65,8%
Anexo	Fluxómetros	6	B	4	1	83,3%
	Autoclismos	9	E	8	6	33,3%
	Torneiras de Lavatório	7,8	C	7	5	35,9%
Refeitório	Torneiras de Cozinha	11,6	C	22	5	56,9%
	Fluxómetros	2,74	A	5	1	63,5%
	Autoclismos	9	E	9	6	33,3%
Cozinha e BAR's	Torneiras de Lavatório	20,91	E	2	5	76,1%
	Torneiras de Cozinha	13,38	D	1	5	62,6%
	Chuveiros	11,3	C	2	5,7	49,60%
Cozinha e BAR's	Torneiras de Lavatório	12,9	E	9	5	61,2%
	Torneiras de Cozinha	14,8	D	2	5	66,2%
	Fluxómetros	4,8	B	7	1	79,2%
Cozinha e BAR's	Autoclismos	9	E	10	6	33,3%
	Chuveiro	13,1	C	1	5,7	56,5%
	Torneiras de Cozinha	25	E	11	5	80,0%

No Quadro 3.24 analisaram-se os caudais médios por dispositivo por edifício, tendo sido atribuída a classe de eficiência hídrica, mediante as especificações técnicas da ANQIP. Pode-se constatar, de uma forma geral, que através da classe de eficiência hídrica existe um grande potencial de redução no consumo de água por dispositivo. Analisando a substituição dos dispositivos por outros de menor caudal unitário, verificaram-se taxas de redução significativas. Assim sendo, no global, a nível das torneiras de lavatório verificou-se uma taxa de redução compreendida entre 32,4 e 76,1 %, para as torneiras de cozinha, entre 24,2 – 80,0 %, fluxómetros de mictório 63,5 – 83,3 %, autoclismos ou fluxómetro têm uma taxa de redução de 33,3 % e para os chuveiros a variação é de 49,6 – 56,5 %.

Para análise de consumos de água nos edifícios não foram contabilizadas as contribuições de dispositivos eficientes atuais nas instalações, nomeadamente os autoclismos de dupla descarga da OLI com classe de eficiência hídrica “A”. As torneiras de sala de aula (bica alta) foram consideradas como torneiras de cozinha onde é necessário um caudal superior comparativamente às torneiras de lavatório e os fluxómetros de autoclismo foram denominados como autoclismos. Os dispositivos encontrados fora de serviço foram quantificados no número de dispositivos a serem substituídos. Para este estudo foi admitido que todos os dispositivos presentes nos edifícios têm o mesmo número de utilizações. Através do somatório dos caudais unitários de cada dispositivo obteve-se um consumo total para se proceder ao cálculo da contribuição de cada tipo de dispositivo para o consumo total de água e a respetiva redução com a substituição dos dispositivos convencionais por dispositivos eficientes. Assim, no Quadro 3.25 encontram-se identificados o número de dispositivos a serem substituídos, o caudal unitário total referente a cada tipo de dispositivo e a percentagem de contribuição para o consumo total de água, enquanto no Quadro 3.26 é realizada a mesma análise mas admitindo um cenário em que os edifícios são equipados por dispositivos eficientes.

Quadro 3.25 – Contribuição dos dispositivos convencionais para o consumo total de água.

Dispositivo	Nº de Dispositivos	Q total (l/min)	Contribuição para o consumo (%)
Torneiras de Lavatório	61	819,4	33,1
Torneiras de Cozinha	56	792,6	32,0
Fluxómetros	33	156,0	6,3
Autoclismos	52	468,0	18,9
Chuveiros	20	240,1	9,7
Total	222	2476,1	

Quadro 3.26 – Contribuição dos dispositivos eficientes para o consumo total de água.

Dispositivo	Nº de Dispositivos	Q médio (l/min)	Q total (l/min)	Contribuição para o consumo (%)
Torneiras de Lavatório	61	5	305,0	29,2
Torneiras de Cozinha	56	5	280,0	26,8
Fluxómetros	33	1	33,0	3,2
Autoclismos	52	6	312,0	29,9
Chuveiros	20	5,7	114,0	10,9
Total	222		1044	

Pela análise dos Quadros 3.25 e 3.26 verifica-se que a substituição dos dispositivos atuais por dispositivos eficientes permite uma redução de 1432.1 l/min do consumo total de água unitário, equivalente a 57,8%. A nível do consumo por dispositivo observa-se que a maior redução ocorre nas torneiras, de lavatório e cozinha, sendo de 514,4 e 512,6 (l/min), respetivamente. Deste modo, a sua contribuição para o consumo total representava inicialmente no seu conjunto, 65,1 %, diminuindo para 56%. No Quadro 3.27 e 3.28 é apresentado o investimento total por tipo de dispositivo e por edifício, respetivamente.

Quadro 3.27 – Investimento na substituição de dispositivos.

Dispositivo	Nº de Dispositivos	Custo unitário por dispositivo (€)	Investimento por dispositivo (€)
Torneiras de Lavatório	61	34,47	2102,67
Torneiras de Cozinha	56	64,12	3590,72
Fluxómetros	33	18,93	378,6
Autoclismos	52	30,44	1004,52
Chuveiros	20	30,09	1564,68
Total	222		8641,19

Quadro 3.28 – Investimento na substituição de dispositivos convencionais por edifício.

Edifício	Investimento por edifício (€)
Pavilhão	1008,36
Bloco C	619,80
Bloco A	1083,05
Bloco B	1245,76
Bloco D	796,13
Bloco E	2074,94
Anexo	170,92
Refeitório	1642,23
Total	8641,19

Nos Quadros 3.27 e 3.28 verifica-se que para a substituição de todos os dispositivos convencionais presentes nos edifícios é necessário um investimento total na ordem dos

8641,19 €. Neste investimento não se encontram contabilizados os custos associados à instalação dos equipamentos, tendo sido admitido que esta seria efetuada pelos funcionários da escola. Do custo total de investimento é visível que a maior contribuição passa pela substituição de torneiras devido a existirem em maior número e apresentarem um custo mais elevado. Relativamente ao investimento por edifício, importa salientar que o maior investimento cabe ao bloco E, com um total de 2074,94 € em dispositivos, seguido do refeitório, com 1642,23 €. Estes custos mais elevados para estes edifícios devem-se à presença de um número superior de torneiras de cozinha.

A desagregação de investimentos por edifício e por dispositivos permitirá à entidade gestora da escola optar pelo melhor conjunto de investimentos, face às suas limitações orçamentais. Caso se opte pela substituição total dos dispositivos, correspondendo a um investimento total de 8641,19 €, atingir-se-á uma elevada poupança no consumo de água de acordo com o potencial estimado com a substituição dos dispositivos. Devido à impossibilidade de terem sido realizados inquéritos e à inexistência de contadores sectoriais tornou-se hipotética a criação de cenários de redução no consumo de água optando assim apenas pela análise do consumo unitário dos dispositivos, do potencial de redução no consumo de água através da substituição dos dispositivos e do seu custo de investimento. Pode-se assim afirmar que existem importantes e variadas oportunidades para atingir uma poupança significativa de água em edifícios coletivos com a substituição de dispositivos convencionais por eficientes, promovendo desta forma o uso sustentável da água.

4. CONCLUSÕES

4.1 Considerações Finais

A água é um recurso hídrico que pode ser utilizado pelo Homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e das gerações futuras. O uso desmedido desta fonte de recurso, mesmo que renovável, favorece a ineficiência e o desperdício comprometendo quem venha a necessitar deste recurso no futuro. Assim, a preocupação da população mundial terá de passar maioritariamente pela questão da sustentabilidade dos recursos hídricos associados à diminuição do consumo de água potável, criando assim uma consciência nacional da importância da água.

É imperativo reter a importância pela sustentabilidade no uso de recursos em edifícios habitacionais, coletivos e similares, nomeadamente a água e a energia no âmbito das mudanças climáticas, face à escassez e stress hídrico em todo o mundo. A interdependência entre a água e energia em todos os setores, principalmente no setor urbano através do ciclo urbano da água, torna urgente políticas de certificação e rotulagem conjunta, tanto de edifícios como de dispositivos, de forma a potencializar os benefícios ambientais e socioeconómicos da população. Para este processo é necessário ter em conta o princípio 5R da ANQIP e das diversas medidas de eficiência hídrica que devem ser estudadas para aplicação, nomeadamente a substituição de dispositivos convencionais por eficientes certificados pela ANQIP e o aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas.

Após as análises custo-benefício da aplicação de medidas de eficiência hídrica em edifícios de uso coletivo e similares, confirmou-se uma metodologia e elaborou-se o procedimento para a análise económica. Obteve-se para o caso de estudo do ginásio *BlueGym Fit* uma redução no consumo de água estimado dos $29,44 \text{ m}^3$, com um custo de 119,14 €, para $10,62 \text{ m}^3$, com um custo de 46,78 €, correspondente a uma redução de 63,9 %. Estimou-se assim uma redução na fatura mensal da água de 72,36 €. A fatura média real do ginásio de $20 \text{ m}^3/\text{mês}$, com um custo de 82,92 €, com uma redução no consumo de água de 63,9 % irá passar a $7,22 \text{ m}^3$, com um custo associado de 36,03 € ou seja uma redução no custo mensal de água em 56,5 %. O investimento necessário para a substituição dos dispositivos convencionais por eficientes é de 281,90 €. Assim o período de retorno para a fatura estimada seria de 3,9 meses enquanto para a fatura real estima-se um período de 6 meses. Em suma, por pessoa irá obter-se uma redução no consumo de água em cerca 70,9 % o que corresponde a $23,6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Para além dos benefícios ambientais e dos benefícios económicos apresentados sabe-se que o potencial é ainda mais elevado quando se tem em conta a redução do consumo energético e os respetivos custos associados para aquecimento de AQS bem como a consequente redução nas emissões de CO_2 . Apenas com a substituição dos chuveiros atinge-se uma redução de $706,9 \text{ kWh}/\text{ano}$ por

pessoa em AQS. Estima-se uma redução no custo mensal de energia associado ao aquecimento de AQS de 63,46 €. Sabendo que a fonte de energia utilizada para aquecimento é o GPL, para as respetivas emissões de CO_2 obteve-se uma redução de cerca $1,58 tCO_2/ano$.

Para o caso de estudo da escola Martim de Freitas, após a análise dos caudais consumidos pelos dispositivos auditados verifica-se um potencial elevado na redução do consumo de água através das taxas de redução projetadas com a substituição dos dispositivos convencionais por homólogos eficientes. De forma a atingir o potencial de poupança máximo nos edifícios será necessário um investimento na ordem dos 8641,19 €.

Uma vez reduzido o consumo de água, alguns efeitos paralelos passam pela redução de custos por parte dos municípios na captação, tratamento, transporte e armazenamento de água potável, bem como no tratamento de águas residuais. O motivo desta redução passa pela menor necessidade de água para consumo, originando uma menor captação e conseqüente decréscimo do volume de água residual gerada e da energia. A redução no consumo de água e, conseqüentemente, da energia em todo o ciclo urbano da água, originam a uma redução considerável nas emissões de CO_2 .

Estima-se, assim, que a aplicação de dispositivos de eficiência hídrica por substituição de dispositivos convencionais tenha uma redução significativa nos consumos e é claramente demonstradora dos benefícios, esperando-se um período de retorno relativamente curto dos investimentos a serem realizados para melhoria de eficiência hídrica. No entanto, é sabido que o investimento necessário para aplicação de medidas de eficiência hídrica, nomeadamente a substituição de dispositivos convencionais por eficientes, é regularmente um fator limitativo de acordo com as restrições orçamentais das entidades que gerem estas instalações, apesar do potencial na redução do consumo de água e respetivos custos ser significativo.

Apesar de serem sugeridas campanhas de sensibilização da população como medida de eficiência hídrica para importância da preservação dos recursos hídricos através da diminuição dos consumos, esta medida apenas irá influenciar os utentes relativamente ao tempo de utilização dos dispositivos e não no número de utilizações, uma vez que as necessidades de conforto e bem-estar do utilizador são basilares. Assim, deve-se atuar preferencialmente ao nível da utilização de dispositivos eficientes através da limitação do consumo de água influenciando os seus utilizadores a hábitos de vida mais sustentáveis criando uma nova cultura de água face ao desperdício. Em suma, espera-se que com a demonstração de benefícios atingidos nos casos de estudo desta dissertação sensibilize-se a população de forma a ocorrer a replicação de sucesso a outros edifícios.

A comparação entre edifícios residenciais e coletivos permite constar que a preocupação face ao consumo de água não é definitivamente a mesma. Isto deve-se ao facto da população de uma

forma generalizada apenas se preocupar com as despesas relativas aos seus consumos. Quando se trata de um edifício coletivo, sejam estes estabelecimentos de ensino, centros comerciais, ginásios, hotéis, entre outros, a população, de um modo geral, não tem a preocupação de poupar água, como por exemplo no tempo excessivo de duchas em balneários, originando elevados consumos. Existe assim a necessidade de criar uma mentalidade para a preservação do recurso da água, reduzindo os seus consumos às necessidades básicas, ou seja ao mínimo necessário, não só para a diminuição dos encargos financeiros mas também pela sustentabilidade do meio ambiente.

Finalizando é importante mencionar que cada edifício é apenas comparável consigo próprio antes e após aplicadas as medidas de eficiência hídrica. Isto deve-se às características próprias de cada edifício e dispositivos de uso de água pelos quais são equipados, número de utilizadores e do tipo de atividade exercida. Por exemplo, dois ginásios não têm necessariamente a mesma área, número de utentes, dispositivos ou até mesmo idade, pelo que a extrapolação de dados a outros edifícios com a mesma atividade mas características diferentes levaria a erros numéricos. Deste modo, para se realizar a análise comparativa no edifício em estudo é admitido um cenário base (*business-as-usual*) onde foram relatadas as características dos dispositivos bem como os seus caudais unitários e um cenário previsto após aplicadas as medidas, nomeadamente a substituição dos dispositivos, avaliando assim o impacto ambiental, económico e social.

4.2 Casos de Estudo Futuros

Face à extensa recolha bibliográfica sugere-se para trabalhos futuros estender as análises de consumo de água em edifícios coletivos, nomeadamente em ginásios, relativamente à influência que aplicação de medidas de eficiência hídrica (utilização de dispositivos eficientes) tem na redução no consumo de energia utilizada para aquecimento de AQS e consequente redução de emissões de CO_2 . Para este sugere-se a aplicação de sistemas de telegestão e aplicação de contadores inteligentes (se possível) de forma a desagregar consumos por dispositivo.

Outra sugestão passa estudo da aplicação do princípio 5R's da ANQIP através da aplicação de dispositivos e equipamentos eficientes no uso de água, aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas, nomeadamente em edifícios coletivos ou similares de uso sazonal, como por exemplo empreendimentos turísticos. Com base na redução no consumo de água e de energia para aquecimento de AQS calcular as reduções nas emissões de CO_2 e estimar os impactos nas alterações climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adeyeye, K. (2014). “Water Efficiency in Buildings: Theory and Practice”. Wiley Blackwell, 1ª Edição, United Kingdom.

Afonso, A. S. e Rodrigues C. P. (2011a). “The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries. The Portuguese experience”. International Journal of Systems Applications, Engineering & Development, Issue 1, Volume 5.

Afonso, A. S. e Rodrigues, C. P. (2011b). “Medidas para o Aumento da Eficiência Hídrica nos Edifícios em Portugal,”. Tecnologia e Vida, pp. 18-21.

Afonso, A. S. (2012). “Eficiência hídrica – Princípios e casos práticos”. Projeto Eficiência Hídrica, pp. 40-42.

Afonso, A. S. (2014a). “Água e energia: um desafio comum”? Reutilização de águas cinzentas em edifícios: uma análise no âmbito do nexus água-energia, Energia: Guia de Eficiência Energética nos Edifícios, 8ª Edição pp 60-62.

Afonso, A. S. (2014b). ”Políticas Sustentáveis em Edifícios: O Contributo da Eficiência Hídrica”. Artigo V ENEEA, Coimbra.

AllAqua@ (2011a). “Estudo de eficiência hídrica: Relatório realizado a um estabelecimento prisional” Disponível em <http://www.all-aqua.pt/index.php/empresas-publicas-e-privadas/>: (acedido em março de 2015).

AllAqua@ (2011b). “Estudo de Eficiência Hídrica: Relatório Realizado a um Hotel” Disponível em <http://www.all-aqua.pt/index.php/empresas-publicas-e-privadas/>: (acedido em março de 2015).

AllAqua@ (2015). “Economizadores/redutores de caudal“. Disponível em: <http://www.all-aqua.pt/> (acedido em março de 2015).

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

Alves, R. (2010). “Uso Eficiente da Água em Edifícios – Tecnologia, Certificação, Incentivos Económicos” Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP.

ANQIP@ (2015). “Catálogo de Produtos Certificados 2015”. Disponível em: <http://www.anqip.pt/>. (acedido em Fevereiro de 2015).

APA (2012). "Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água".

APA@ (2014). “Compromisso para o Crescimento Verde “. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php> (acedido em março de 2015).

APA@ (2015). “Funções exercidas pela Agência Portuguesa do Ambiente”. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7> (acedido em março de 2015).

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. Universidade Nova de Lisboa.

Bibiano, M. (2013). “Sustentabilidade Hídrica de Edifícios Habitacionais”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

BREEAM@ (2015). “Sistema de avaliação e certificação ambiental BRE *Environmental Assessment Method* (BREEAM)”. Disponível em: <http://www.bre.co.uk/> (acedido em abril de 2015).

CIRA (2012). “Guia de Boas Práticas: Uso Sustentável da Água” Projeto “Eficiência Hídrica em Edifícios e Espaços Públicos – O Caminho para a Gestão Sustentável da Água ...”. CIRA-Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro – Baixo Vouga.

Comissão Europeia (2013). “12. Climate action, environment, resource efficiency and raw materials”. Horizon 2020: Work Programme 2014-2015, pp. 23-34.

ecofree@ (2015). “ Catálogo ecofree: Comércio de Economizadores de Água e Energia Lda”. Disponível em: <http://www.ecofree.pt/> (acedido em abril de 2015).

ETA 0804 (2012). “Especificações para a atribuição de Rótulos de Eficiência Hídrica ANQIP a Autoclismos de Bacias de Retrete”. Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, ANQIP. Aveiro.

Eficienciahidrica@ (2012). “Auditoria efetuada a um edifício por um técnico da ANQIP“. Disponível em <https://eficienciahidrica.wordpress.com/tag/auditoria/> (acedido em março de 2015).

ETA 0806 (2012). “Especificações para a atribuição de Rótulos de Eficiência Hídrica ANQIP a Chuveiros e Sistemas de Duche”. Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, ANQIP. Aveiro.

ETA 0808 (2012). “Especificações para a atribuição de Rótulos de Eficiência Hídrica ANQIP a Torneiras e Fluxómetros”. Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, ANQIP. Aveiro.

Ferreira, V. M. (2011). “Eficiência Hídrica para Edifícios e Espaços Públicos: O Caminho para a Gestão Sustentável da Água”. Congresso da Região de Aveiro, Universidade de Aveiro.

Figueiredo, I. (2013). “Avaliação do impacte dos sistemas de certificação hídrica na gestão dos consumos de água – Caso de estudo: Campus da FCT/UNL”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

Gonçalves, P. J. (2014). “Consumos de Água em Edifícios Universitários: Caso do DECivil da UA” Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Greensavers@ (2013). “ Sistema integrado urinol – lavatório”. Disponível em: <http://greensavers.sapo.pt/2013/08/12/urinol-que-tambem-e-lavatorio-ajuda-a-poupar-agua-com-fotos/> (acedido em fevereiro de 2015).

LEED@ (2015). “Sistema de avaliação e certificação ambiental *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED)” Disponível em: <http://www.usgbc.org/leed> (acedido em abril de 2015).

LiderA@ (2015). “Sistema de avaliação e certificação ambiental Liderar pelo Ambiente para a Construção Sustentável (LiderA)” Disponível em: <http://www.lidera.info/index.aspx> (acedido em abril de 2015).

Oliveira, A. (2014). “Medidas de Otimização do Desempenho Hídrico de um Edifício de Habitação Unifamiliar” Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

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.

Paraíso, F., Tavares, P., Carvalho, R. e China E (2014). "Uso Sustentável da Água: Certificação Hídrica em Edifícios. Algumas Ações Conducentes à Diminuição do Consumo de Água num Edifício Coletivo". Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

PENSAAR 2020 (2014). "PENSAAR 2020: Uma Estratégia ao Serviço da População: Serviços de Qualidade a um Preço Sustentável", Relatório final, Volume 1.

POSEUR@ (2014). "Portugal 2020: Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos". Disponível em: <https://poseur.portugal2020.pt/> (acedido em abril de 2015).

Rito, J. (2013). "Medidas de gestão de eficiência hídrica em empreendimentos turísticos – Caso de estudo Zmar Eco-Campo Resort & Spa" Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

Roca@ (2015). "Tecnologias Sustentáveis". Disponível em: <http://www.pt.roca.com/sustentabilidade/roca-loves-the-planet/tecnologias-sustentaveis> (acedido em março de 2015).

Rodrigues, M. F., Afonso, A. S. e Mariano, N. (2012). "Water Efficiency in Buildings: A contribute to energy efficiency". *Indian Plumbing Today: Water efficiency*, pp. 32-39.

Roovac@ (2015). "Sanitas: Sistema de Vácuo". Disponível em: <http://www.roovac.com/page/en> (acedido em março de 2015).

TIBA@ (2015). "Catálogo ERIX: Soluções Sanitárias 2014/2015". Disponível em: <http://www.tiba.pt/index.php> (acedido em abril de 2015).

Unesco@ (2015). "Necessidade urgente de gerir a água de forma mais sustentável". Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/media-services/> (acedido em março 2015).

UN WATER@ (2015). "World Water Day 2015: Water and Sustainable Development" Disponível em: <http://www.unwater.org/worldwaterday/home/en/> (acedido em março 2015).

uridan@ (2015). "Mictórios sem água uridan". Disponível em: <http://www.uridan.net/> (acedido em março de 2015).

URIMAT@ (2015). "Empresa suíça URIMAT de mictórios sem água". Disponível em: <http://www.urimat.pt/> (acedido em março de 2015).

Vieira, J. M. P. (2003). “Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional da Água”. Departamento de Engenharia Civil, pp 5-12, Universidade do Minho.

WaterSense@ (2015). “Programa *Watersense*”. Disponível em: <http://www.epa.gov/watersense/> (acedido em fevereiro de 2015).

Waterwise@ (2015). “Programa *Waterwise*”. Disponível em: <http://www.waterwise.org.uk/> (acedido em fevereiro de 2015).

WELS@ (2015). “Programa *Water Efficiency Labelling and Standards Schemes (WELS)*”. Disponível em: <http://www.waterrating.gov.au/> (acedido em fevereiro de 2015).

WWDR (2014). “The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy”. United Nations World Water Assessment Programme, Volume 1, Paris, UNESCO.

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

WWDR (2015b). “Facing the Challenges: Case Studies and Indicators”. Unesco’s Contribution to The United Nations World Water Development Report, Paris, UNESCO.

WWDR (2015c). “Water for a Sustainable World: Facts and Figures”. The United Nations World Water Development Report, Paris, UNESCO.

WWDR (2015d). “Água para um Mundo Sustentável: Sumário Executivo”. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, Paris, UNESCO.

WWF@ (2015). “A água em Portugal e a sua pegada hídrica”. Disponível em: http://www.wwf.pt/o_nosso_planeta/agua/ (acedido em fevereiro de 2015).

YanLu@ (2015). “Poor Little Fish”. Disponível em: <http://www.yanlu.com/Poor-Little-Fish> (acedido em março de 2015).