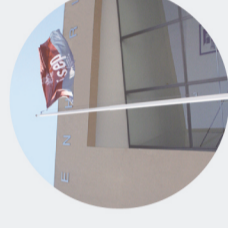




Estudo e avaliação de soluções sustentáveis

ANA REGINA DA ROCHA E SILVA

novembro de 2019



Estudo e avaliação de soluções sustentáveis

Estudo e avaliação de soluções sustentáveis

ANA REGINA DA ROCHA E SILVA
Outubro de 2019

ANA REGINA DA ROCHA E SILVA
Outubro de 2019



ESTUDO E AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

ANA REGINA DA ROCHA E SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão

OUTUBRO DE 2019

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Glossário.....	xix
Abreviaturas	xxi
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da arte	5
CAPÍTULO 3 Soluções para uma construção sustentável.....	25
CAPÍTULO 4 Análise do custo-benefício da aplicação das soluções.....	53
CAPÍTULO 5 Considerações Finais.....	71
Referências Bibliográficas	73
Anexo – Painéis solares térmicos	77

RESUMO

O problema da escassez de água e da energia envolve direta ou indiretamente toda a população mundial, influenciada em grande parte pelo seu próprio crescimento e desenvolvimento económico. É uma realidade que cada vez mais necessita de ser tomada em conta, de maneira a preservar estes recursos e continuar a beneficiar dos serviços que nos podem oferecer. O conceito de eficiência hídrica e energética em edifícios desenvolveu-se no sentido de investigar e apresentar soluções viáveis que permitam a poupança destes recursos nos edifícios, por forma a atenuar as consequências. Devem ser desenvolvidos esforços que permitam a construção de edifícios eficientes, o que assenta na adoção de um conjunto de soluções que visem reduzir os consumos do edifício ao longo do seu ciclo de vida, garantindo ao mesmo tempo conforto aos seus ocupantes.

É realizado na presente dissertação um levantamento das soluções já existentes de melhoria da eficiência hídrica e energética em edifícios de habitação, para que se consiga uma construção cada vez mais sustentável. Seguidamente, procedeu-se ao estudo de vários casos utilizando como base uma remodelação de três habitações com tipologias diferentes.

Foi avaliado um conjunto de soluções de forma a conseguir uma melhoria na eficiência hídrica e energética: troca das torneiras (do chuveiro, do lavatório e da cozinha) para umas consideradas mais eficientes e a instalação de painéis solares térmicos. Estudou-se também o investimento financeiro e o período de retorno desse investimento.

Este trabalho tornou evidente que as alterações estudadas melhoram a eficiência hídrica e energética da habitação, no entanto, o período de retorno dependendo da alteração pode ser de 0,5 anos a 5 anos.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Construção sustentável; Eficiência hídrica e energética; Soluções eficientes.

ABSTRACT

The water and energy shortage is now a problem that, directly and indirectly, involves the whole world's population, influenced by its own continuous growth and economic development. This is a reality that needs to be held account so that we can preserve these resources and continue to benefit the services that they provide us. The hydric and energetic efficiency concept was developed in order to investigate and present viable solutions that allow us the possibility to save some of these resources in the building industry so that we can reduce its impact. Efforts must be made in order to allow the construction of efficient buildings which is based on the adoption of solutions that need to be considered in order to reduce the building's consumption during its life cycle, simultaneously providing the necessary comfort to its residents.

In this dissertation is performed a survey of the existing solutions to improve the hydric and energetic efficiency in household buildings therefore achieving a more sustainable construction. Then I proceeded to study a case using as a base model a remodeling of three housings with different typologies.

In this study were considered the following solutions in order to achieve an improvement of hydric and energy efficiency: changing the shower, the washbasin and kitchen taps to more efficient ones and the installation of solar panels. These changings also allow to know the period of financial return of each one of them.

This study made it clear that the changes studied improve the hydric and energy efficiency of the housing, however, the payback period can be between 1 years and 5 years.

Keywords: Sustainable development; Sustainable construction; hydric and energy efficiency; efficient solutions.

AGRADECIMENTOS

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

Em primeiro lugar, apresento o meu agradecimento à Professora Eunice Fontão, que permitiu o desenvolvimento deste tema, pela partilha do seu conhecimento e por me ter acompanhado durante este percurso.

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial aos meus pais e à minha irmã, pelo apoio e incentivo durante todo o meu percurso como estudante. Foram quem mais me encorajaram a ultrapassar os obstáculos, nunca me faltando nada.

A todos os meus amigos, afilhados e colegas do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, o agradecimento pelo bom ambiente proporcionado, pela amizade, por todas as noites de estudo ou de festa, e pelo estímulo para o cumprimento dos objetivos.

Fica ainda o meu agradecimento especial, ao Ricardo, pela paciência, pelo companheirismo, pelo apoio constante e por partilhar comigo este gosto pela Engenharia Civil.

Finalmente, o meu agradecimento a todas as pessoas com quem tenho aprendido ao longo da vida.

Vais demorar mais irás conseguir.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1

1.1	Considerações Iniciais	1
1.2	Objetivos da dissertação.....	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura da dissertação	2

CAPÍTULO 2

2.1	Desenvolvimento sustentável.....	5
2.2	Construção sustentável	6
2.3	O uso dos recursos da água e energia	10
2.4	Eficiência hídrica	11
2.4.1	Água como recurso.....	11
2.4.2	Consumo de água	13
2.4.3	Utilização eficiente da água.....	14
2.5	Eficiência energética	16
2.5.1	A energia.....	16
2.5.2	Os impactos negativos da exploração da energia sobre o meio ambiente.....	17
2.5.3	O consumo energético	18
2.5.4	A eficiência energética.....	19
2.5.5	Edifícios nZEB.....	20
2.6	Nexus água e energia.....	21

CAPÍTULO 3

3.1	Soluções para o aumento da eficiência hídrica	25
-----	---	----

ÍNDICE DE TEXTO

3.2	Soluções para o aumento da eficiência energética	35
CAPÍTULO 4		
4.1	Apresentação do caso em estudo	53
	Volume anual de água consumida por habitante	54
4.2	Cálculo do custo-benefício das soluções eficientes escolhidas	56
4.3	Estudo da alteração dos dispositivos e análise dos resultados	63
CAPÍTULO 5		
5.1	Conclusões	71
5.2	Desenvolvimentos Futuros	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Os 3 pilares da sustentabilidade. Fonte: Augusto, 2011.	5
Figura 2.2 - 17 objetivos de desenvolvimento sustentável. Fonte: ONU.....	6
Figura 2.3 – Prioridades a considerar numa construção sustentável.	10
Figura 2.4 – Água doce no planeta. Fonte: Aqua experience, ANQIP, 2017.....	13
Figura 2.5 – Consumos de água e poupanças de energia associadas. Fonte: Aqua experience, ANQIP, 2017.	14
Figura 2.6 - Distribuição do consumo de energia na habitação por tipo de utilização. Fonte: INE/DGEG, 2010.	19
Figura 2.7 – A relação água energia. Fonte: APA, 2012	22
Figura 3.1 – Esquema representativo de um redutor de cauda aplicado a um chuveiro. Fonte: adaptado de catálogo de produtos ecológicos de água Ecomeios.	28
Figura 3.2 – Sanitas com funcionamento a vácuo. Fonte: Teixeira, 2015.....	29
Figura 3.3 – Sanitários do Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Fonte: Alves, 2015.	30
Figura 3.4 – Sistemas economizadores para duchas e chuveiros. Fonte: ANQIP, 2013.	30
Figura 3.5 – Sistema de rega por aspersão. Fonte: Alves, 2015.....	32
Figura 3.6 – Sistema de rega gota-a-gota. Fonte: Alves, 2015.....	33
Figura 3.7 – Exemplo do funcionamento de um SAAP. Fonte: OLI, 2012.	34
Figura 3.8 – Ângulo de incidência solar durante as estações de Inverno e Verão. Fonte: Ganhão, 2011.	36
Figura 3.9 – Exemplo de dispositivo pelo interior. Fonte: Leroy Merlin, 2019.	38
Figura 3.10 – Exemplo de dispositivo pelo exterior fixo.	38
Figura 3.11 – Exemplo de dispositivo pelo exterior amovível.....	38
Figura 3.12 – Diferença entre aplicação de isolamento térmico na caixa-de-ar e pelo exterior. Fonte: Ganhão, 2011.	42

Figura 3.13 – Composição esquemática de um sistema ETICS. Fonte: Ganhão, 2011.....	42
Figura 3.14 - Protótipo de casa solar criada por Félix Trombe e Jacques Michel, França. Fonte: Mendonça, 2005.	43
Figura 3.15 - Casa solar em Odeillo, França: a) corte esquemático; b) planta. Fonte: Mendonça, 2005. .	43
Figura 3.16 – Desenho esquemático da parede de Trombe: a) não ventilada; b) ventilada. Fonte: Gonçalves e Graça, 2004.	44
Figura 3.17 – Esquema de funcionamento da parede de Trombe ventilada, durante o dia, no Inverno. Fonte: Mendonça, 2015).....	47
Figura 3.18 – Esquema de funcionamento da parede de Trombe ventilada, durante a noite, no Verão. Fonte: Mendonça, 2005).....	47
Figura 3.19 – Esquema de funcionamento da parede de Trombe no sentido de favorecer a ventilação no Verão. Fonte: Mendonça, 2005.....	48
Figura 3.20 – Esquema da circulação em termossifão. Fonte: ADENE, 2010.....	49
Figura 3.21 – Esquema de um sistema de circulação forçada. Fonte: ADENE, 2010.	50
Figura 3.22 – Exemplo de sistema solar fotovoltaico. Fonte: ADENE, 2010.	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Levantamento de torneiras eficientes.....	26
Tabela 3.2 – Levantamento de soluções eficientes em urinóis (Alves, 2015).....	29
Tabela 3.3 – Medidas de eficiência hídrica em sistemas de rega.	33
Tabela 3.4 – Massa volúmica, calor específico e capacidade calorífica de diferentes materiais (Fonte: Baggs, 2011).....	46
Tabela 4.1 – Determinação do consumo de água por habitante, pela metodologia de cálculo proposta no SBTTool.	55
Tabela 4.2 – Determinação do custo do consumo de água, por tipologia, para os dispositivos a alterar.	56
Tabela 4.3 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do chuveiro (T1).	57
Tabela 4.4 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do chuveiro (T1)	57
Tabela 4.5 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do lavatório (T1).	57
Tabela 4.6 – Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do lavatório (T1). ...	57
Tabela 4.7- Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira da cozinha (T1).	58
Tabela 4.8 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira da cozinha (T1).	58
Tabela 4.9 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do chuveiro (T2).	58
Tabela 4.10 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do chuveiro (T2) ...	59
Tabela 4.11 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do lavatório (T2).	59
Tabela 4.12 – Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do lavatório (T2). .	59

Tabela 4.13 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira da cozinha (T2).	59
Tabela 4.14 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira da cozinha (T2).	60
Tabela 4.15 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do chuveiro (T3).	60
Tabela 4.16 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do chuveiro (T3). ..	60
Tabela 4.17 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do lavatório (T3).	61
Tabela 4.18 – Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do lavatório (T3). .	61
Tabela 4.19 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira da cozinha (T3).	61
Tabela 4.20 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira da cozinha (T3).	61
Tabela 4.21 – Cálculo do benefício na instalação de um painel solar térmico na habitação de tipologia T1.	62
Tabela 4.22 - Cálculo do benefício na instalação de um painel solar térmico na habitação de tipologia T2.	62
Tabela 4.23 - Cálculo do benefício na instalação de um painel solar térmico na habitação de tipologia T3.	63
Tabela 4.24 – Custo do consumo de água proveniente da alteração das torneiras da instalação sanitária para umas mais eficientes, mantendo a torneira da cozinha convencional (T1).	64
Tabela 4.25 – Custo do consumo de água proveniente da alteração da torneira da cozinha, mantendo as torneiras da instalação sanitária convencionais (T1).	64
Tabela 4.26 – Custo do consumo de água e de energia proveniente da instalação de painel solar térmico e mantendo todas as torneiras convencionais (T1).	64
Tabela 4.27 – Custo do consumo de água e energia proveniente da instalação de painel solar térmico e da alteração de todas as torneiras (T1).	65
Tabela 4.28 – Custo do consumo de água proveniente da alteração das torneiras da instalação sanitária para umas mais eficientes, mantendo a torneira da cozinha convencional (T2).	65
Tabela 4.29 – Custo do consumo de água proveniente da alteração da torneira da cozinha, mantendo as torneiras da instalação sanitária convencionais (T2).	66

Tabela 4.30 - Custo do consumo de água e de energia proveniente da instalação de painel solar térmico e mantendo todas as torneiras convencionais (T2).....	66
Tabela 4.31 – Custo do consumo de água e energia proveniente da instalação de painel solar térmico e da alteração de todas as torneiras (T2).	67
Tabela 4.32 – Custo do consumo de água proveniente da alteração das torneiras da instalação sanitária para umas mais eficientes, mantendo a torneira da cozinha convencional (T3).	67
Tabela 4.33 – Custo do consumo de água proveniente da alteração da torneira da cozinha, mantendo as torneiras das instalações sanitárias convencionais (T3).	68
Tabela 4.34 – Custo do consumo de água e de energia proveniente da instalação de painel solar térmico e mantendo todas as torneiras convencionais (T3).	68
Tabela 4.35 – Custo do consumo de água e energia proveniente da instalação de painel solar térmico e da alteração de todas as torneiras (T3).	68
Tabela 4.36 – Tabela resumo do período de retorno por tipologia.....	69

GLOSSÁRIO

$g_{T,máx}$ – Fator solar máximo

Nic – Necessidades nominais de energia útil para aquecimento

Ntc – Necessidades energéticas nominais de energia primária ($kWh_{EP}/m^2.ano$)

ABREVIATURAS

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CIB – Conselho Internacional da Construção

CO₂ – Dióxido de carbono

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

EEA – Agência Europeia do Ambiente

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres

EPS - Poliestireno expandido

ERSE – Entidade Reguladoras dos Serviços Energéticos

ETICS – Isolamento térmico pelo exterior (*external thermal insulation composite systems*)

EU – União Europeia

GEE – Gases de efeito de estufa

INE – Instituto Nacional de Estatística

nZEB – Edifícios com necessidades energéticas quase nulas

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

SAAP - Sistemas de aproveitamento de águas pluviais

UNEP – Programa ambiental das Nações Unidas

WWDR – World Water Development Report

XPS – Poliestireno extrudido

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“O desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas necessidades” (Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento, 1987).

Numa época em que é crescente a preocupação mundial em relação às alterações climáticas, ao uso de recursos naturais e à forma como são explorados, é fundamental a realização de um estudo sobre soluções que possam prevenir o impacto que as atividades da construção têm no desenvolvimento sustentável do mundo.

Quando se fala em uso de recursos, identifica-se vários setores, sendo um dos mais relevantes o setor da construção. A construção é então responsável pela utilização de grandes quantidades de recursos naturais e pela produção de resíduos. Esta utilização excessiva de recursos conduziu ao aumento exponencial do consumo de energia e de água (Ferreira, 2010).

O consumo de energia está rigorosamente interligado com o consumo de 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, 2015).

Embora se cultive o conceito de preservação dos recursos de energia e de água e existam medidas que se destinam a atuar no sentido de as preservar, a consciencialização e conhecimento de grande parte da população de que a água e a energia se tratam de recursos vitais, que necessitam cada vez mais de serem conservados, ainda necessitam de algum incentivo (Ferreira, 2010).

O consumo excessivo dos recursos de água e energia, exige que a sociedade inclua nos seus padrões de desenvolvimento o conceito de sustentabilidade, o que implica mudanças a nível económico, ambiental e social (Augusto, 2011).

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

No desenvolvimento desta dissertação estão presentes os seguintes objetivos:

- Analisar o conceito de construção sustentável e de como a otimização do uso da água e da energia sustenta essa construção;
- Efetuar um levantamento de soluções de uso eficiente da água e energia de forma a melhorar a eficiência hídrica e energética dos edifícios, seja na fase de projeto ou na fase de utilização do edifício;
- Realizar uma análise custo-benefício da aplicação das soluções procurando determinar o seu período de retorno financeiro.

A presente dissertação permite dar um conhecimento do consumo dos recursos de água e energia e de também das soluções adequadas ao seu uso eficiente.

1.3 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre as características da construção sustentável e os consumos de água e energia.

Para este estudo a metodologia utilizada foi determinar os consumos anuais de água e energia por habitante. Efetuar o levantamento dos custos de mercado de torneiras convencionais e torneiras eficientes e calcular o seu custo-benefício da aplicação das soluções mais eficientes. Da mesma forma, efetuou-se um estudo dos custos para a aplicação de painéis solares térmicos e o custo-benefício da instalação dos mesmos.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para o desenvolvimento desta dissertação optou-se por dividir o trabalho em 5 capítulos.

O presente e primeiro capítulo é a introdução, composto pelas considerações iniciais e motivação para o desenvolvimento do tema, seguida da definição dos principais objetivos a serem alcançados e seguidamente pela metodologia e estrutura da dissertação.

O segundo capítulo está relacionado com o estado da arte, onde é apresentada uma breve descrição do desenvolvimento e construção sustentável, uma descrição do consumo de recursos de água e energia e de como a melhoria da eficiência hídrica e energética pode contribuir para a construção sustentável.

No terceiro capítulo descrevem-se as principais soluções que podem ser aplicadas para a melhoria da eficiência hídrica e energética num edifício.

O quarto capítulo corresponde a uma análise do custo-benefício da introdução de algumas soluções estudadas.

Por fim, no quinto capítulo são expostas as considerações finais mais relevantes, assim como, uma perspectiva de trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável foi divulgado pela primeira vez na publicação *World Conservation Strategy*, publicado em 1980 pela *World Conservation Union*. Desde então, tornou-se comum que o desenvolvimento sustentável deveria ter três pilares: o ambiental, o económico e o social, conforme Figura 2.1. Os valores ambientais prendem-se com a sustentabilidade de recursos e preservação ambiental, os valores económicos estão relacionados com a satisfação das necessidades humanas e a eficiência económica, e os sociais dizem respeito a justiça distributiva, o combate a pobreza e exclusão social (Augusto, 2011).



Figura 2.1 – Os 3 pilares da sustentabilidade. Fonte: Augusto, 2011.

É neste contexto que surge, em 1987, com a Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento, através do relatório *Our common future*, mais conhecido como Relatório de Brundtland, o conceito de desenvolvimento sustentável que refere que:

“Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Em relação a esta definição, Mateus (2004) referiu que “apesar da definição do conceito de sustentabilidade ser vaga esta consolidou a ideia de que era necessário um esforço comum para que existisse um equilíbrio entre os níveis de desenvolvimento e a quantidade existente de recursos naturais”.

De forma a contornar o desequilíbrio, a ONU definiu 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, conforme mostra a Figura 2.2, que devem ser implementados por todos os países até 2030.



Figura 2.2 - 17 objetivos de desenvolvimento sustentável. Fonte: ONU.

2.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A população mundial tem vindo a crescer ao longo dos anos. Segundo as Nações Unidas, em 2010 a população era de cerca de 6900 milhões de habitantes e, com base em prospeções da mesma entidade, será de 9300 milhões de habitantes, em 2050.

O rápido crescimento demográfico a nível mundial aumenta as necessidades de habitação, infraestruturas de transporte, comunicações, abastecimento de água e energia. Como se verificou nos pontos anteriores, este crescimento confere especial importância ao setor da construção sendo, por isso, considerado o setor económico que mais recursos consome (Amado, 2009).

Em 1994, realiza-se a Primeira Conferência Internacional sobre a Construção Sustentável, onde se apresentou um conceito para a construção sustentável, proferido por Kibert, definindo-a como a “criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente de recursos”, considerando o solo, os materiais, a energia e a água como os recursos

mais importantes para a construção. É a partir destes pressupostos, que o Conselho Internacional da Construção (CIB) apresentou os seguintes princípios para a construção sustentável (Peneda, 2008):

- Reduzir o consumo de recursos naturais;
- Reutilização de recursos;
- Proteção da natureza;
- Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
- Eliminar os materiais nocivos em todas as fases do ciclo de vida;
- Analisar os custos de ciclo de vida;
- Assegurar a qualidade.

Estes princípios devem ser aplicados em todo o ciclo de vida do edifício, desde a fase mais preliminar de projeto até ao tratamento dos produtos da demolição para devolução ao meio ambiente. Estes princípios aplicam-se ainda aos recursos necessários para criar e manter o ambiente construído durante a totalidade do seu ciclo de vida: terreno, materiais, água, energia e ecossistemas (Kibert, 2005).

Assim como o desenvolvimento sustentável, a construção sustentável apoia-se na harmonia dos pilares económicos, ambientais e sociais. Neste caso a dimensão económica está relacionada com a valorização do ativo imobiliário, a criação de emprego e o desenvolvimento de outros sectores económicos. A dimensão ambiental tem em conta o consumo de recursos naturais, emissões de GEE, produção de resíduos, conforto térmico e acústico, ocupação do solo e impacto na biodiversidade. A dimensão social relaciona saúde e segurança no trabalho, formação profissional, integração e social, alteração paisagística e impacto visual (Augusto, 2011).

Houve uma evolução nas preocupações do sector da construção civil. Enquanto a construção tradicional se centra apenas em questões de qualidade, tempo e custos, a construção sustentável acrescenta as vertentes ambiental e social ao paradigma existente, através da minimização do consumo de recursos, redução das emissões e preocupação com a saúde (Mateus e Bragança, 2006).

A construção sustentável tornou necessária a criação de um conjunto de procedimentos e regras construtivas com base nos critérios e princípios associados ao desenvolvimento sustentável, tendo em vista uma redução do uso de recursos naturais, do consumo de energia e da produção de resíduos em excesso, promovendo a melhoria da qualidade de vida da população (Mateus e Bragança, 2006).

Nesta ótica, é possível apresentar uma lista de prioridades que podem ser consideradas na construção sustentável (Mateus e Bragança, 2006):

- ***“Economizar energia e água: deve-se garantir uma construção que assegure uma gestão conveniente e eficiente quer da água quer da energia. A redução da água e da energia deve-se verificar na fase de construção e também após, ou seja, na utilização do edifício.***

- **Assegurar a salubridade dos edifícios:** estima-se que uma pessoa passe grande parte do seu tempo dentro de edifícios. Deste modo, deve-se salvaguardar o conforto ambiental no interior dos edifícios, através da introdução e maximização da iluminação e ventilação natural, onde for possível. São de evitar os compartimentos que não possuam aberturas diretas para o exterior do edifício.
- **Maximizar a durabilidade dos edifícios:** o aumento da vida útil de um edifício é importante e para tal, devem ser utilizadas tecnologias construtivas e materiais de construção que sejam duráveis, e as construções devem ser flexíveis de modo a permitirem o seu ajuste a novas utilizações. Quanto maior for o ciclo de vida de um edifício, maior vai ser o período, durante o qual, os impactos ambientais produzidos durante a fase de construção serão amortizados.
- **Planear a conservação e a manutenção dos edifícios:** obviamente, com o passar do tempo os edifícios degradam-se devido às ações a que se encontram submetidos, chegando a atingir um estado de degradação que não é compatível com o conforto e a segurança estrutural previstos durante a fase de projeto. Deste modo, necessitam de intervenções periódicas de forma a se conseguirem conservar. Esta conservação é importante para garantir a harmonia dos locais onde os edifícios de encontrarem e para evitar as suas demolições.
- **Utilizar materiais ecológicos e eficientes:** os materiais ecológicos e eficientes são aqueles que nas diversas fases possuem um baixo impacto ambiental. Para que possuam estas características, os materiais não devem conter químicos nocivos, devem estar presentes no local ou próximo do local de construção e devem ainda apresentar características que permitam ser reciclados.
- **Apresentar baixa massa de construção:** quanto menor for a massa total do edifício, menor será a quantidade incorporada de recursos naturais. Uma das soluções que pode substancialmente contribuir para uma construção mais racional será a introdução de tecnologias construtivas que permitam reduzir o peso das construções. Esta redução pode ser conseguida através da utilização de uma solução construtiva leve na envolvente vertical dos edifícios, com elevado desempenho térmico e acústico e da utilização pontual no seu interior de materiais de elevada massa, que desempenhem simultaneamente funções estruturais e de armazenamento térmico.
- **Minimizar a produção de resíduos:** os resíduos da construção provêm das mais diversas fontes: produção de materiais, perdas durante o seu armazenamento, transporte, construção, manutenção e demolição. É na fase de construção que se produzem uma grande parte dos resíduos provenientes da indústria da construção. Durante as fases de transporte e construção poder-se-á diminuir a produção de resíduos através de um correto acondicionamento e

armazenagem dos materiais de construção. A diminuição da produção de resíduos na fase de construção pode ser conseguida através da maximização da utilização de sistemas pré-fabricados.

- **Ser económica:** *uma construção só pode ser sustentável se depois de integrados os princípios enunciados nos pontos anteriores se consiga compatibilizar o seu custo com os interesses do dono de obra e dos potenciais utilizadores. A construção sustentável não pode competir com a construção tradicional se o seu custo for substancialmente superior. A análise económica de um sistema de construção deve envolver as diversas fases do seu ciclo de vida: construção, utilização, manutenção e reabilitação, e demolição. O aumento da produtividade durante a fase de construção, através da utilização de sistemas construtivos simples, padronizados e que exijam uma menor carga de mão de mão-de-obra, é um aspecto a considerar com vista à racionalização económica desta fase. Por outro lado, a diminuição do período de construção, constitui um fator económico importante pois, permite maior rapidez no retorno do investimento inicial. Durante a fase de utilização, devem ser considerados os benefícios económicos resultantes da melhor racionalização energética, de consumo de água, e na maior durabilidade dos materiais, com a consequente redução dos custos de manutenção. A análise económica de um sistema construtivo não fica completa se não for considerado o valor residual das construções, isto é, o valor no final da sua vida útil, que depende da possibilidade dos seus materiais e componentes virem a ser reutilizados ou reciclados. Importa aqui salientar, que o conceito de construção económica não é sinónimo de construção barata” (Mateus e Bragança, 2006).*

Na Figura 2.3, resume-se as prioridades, enumeradas anteriormente.

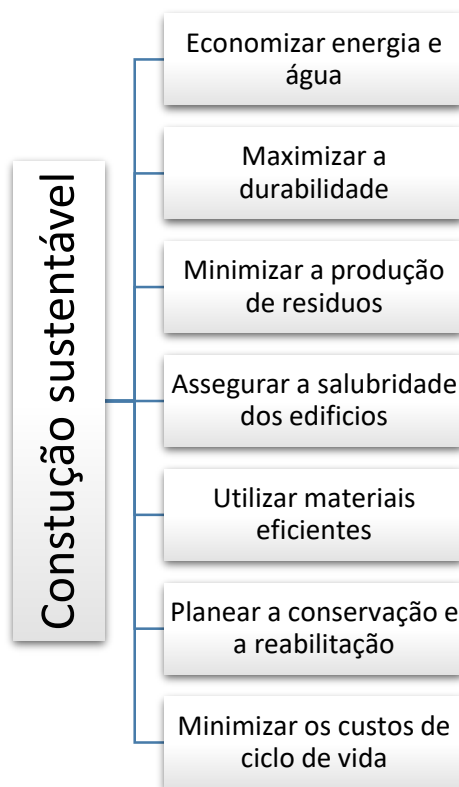


Figura 2.3 – Prioridades a considerar numa construção sustentável.

A ligação entre a construção sustentável e o ambiente, implica a adoção de procedimentos que minimizem os consumos, aumentem a eficiência hídrica e energética e preservem a utilização de recursos naturais, salvaguardando as próximas gerações. Deste modo, a implementação de um conceito de construção sustentável deve envolver a análise de um conjunto de elementos como a água, energia (conforto térmico, iluminação, humidade relativa), qualidade do ar, materiais e resíduos (Edwards, 2008).

Segundo Mateus (2004), *“é possível identificar diversas prioridades para a construção e que constituem os pilares da construção sustentável. Neste sentido, para o pilar economizar energia e água, os edifícios devem ser projetados de forma a se assegurar uma gestão eficiente dos consumos energéticos e de água.”*

A otimização da eficiência hídrica e energética é um pilar para uma eficiente poupança de água e energia nos edifícios (Alves, 2015).

2.3 O USO DOS RECURSOS DA ÁGUA E ENERGIA

No Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas (IPCC), publicado em 2007, é salientado que uma das principais áreas com potencial económico para as reduções é o consumo de energia em edifícios.

Outro recurso fundamental utilizado no setor doméstico é a água. O reconhecimento da água como um recurso natural escasso, dos mais importantes para a vida e para o meio urbano, leva à necessidade de que a sua utilização se torne mais sustentável e eficiente (Pinheiro, 2008).

Tendo em conta que a problemática da escassez de água, a nível mundial, é possível no momento observar alguns resultados dos esforços aplicados pelos governos. Em alguns países europeus é notável um aumento da eficiência no consumo de água. Este aumento de eficiência deve-se sobretudo a subidas de preços e à implementação de medidas de poupança de água. No entanto, a utilização deste recurso pode ainda ser mais eficiente (Dworak, 2007).

Neste contexto, é importante avaliar os consumos energéticos e hídricos do setor da construção, com o propósito de compreender em que aspetos uma construção mais sustentável poderia alterar estes consumos.

Segundo um estudo referido pela Comissão Europeia sobre seca e escassez de água, o potencial de poupança de água na União Europeia é de, aproximadamente, 40% (Pinheiro, 2008).

Para Pinheiro (2006), para que a sustentabilidade seja aplicada na construção, deverão ser implementadas várias medidas a nível energético e hídrico, de forma a minimizar o uso de recursos.

2.4 EFICIÊNCIA HÍDRICA

A água é um dos elementos indispensáveis para a vida e é um recurso essencial para a grande maioria das atividades económicas e tem uma grande influencia na qualidade de vida das populações. Deste modo, existe um enorme potencial para a poupança de água na União Europeia, pois a Europa continua a desperdiçar pelo menos 20% da sua água devido a ineficiências (ANQIP, 2017).

A poupança de água deve tornar-se uma prioridade, pelo que devem ser exploradas todas as possibilidades para melhorar a eficiência hídrica.

O aumento da eficiência hídrica nos edifícios de habitação está cada vez mais ao alcance de todos, beneficiando da evolução tecnológica em curso e do desenvolvimento contínuo de produtos e soluções (ANQIP, 2017).

2.4.1 Água como recurso

A sua disponibilidade e boa gestão contribuem significativamente para a qualidade de vida das populações (Pinheiro, 2008).

A otimização da utilização da água, sem condicionar a eficácia da sua utilização ao nível das necessidades, da qualidade de vida e do desenvolvimento socioeconómico, permite reduzir os volumes utilizados e contribuir para os objetivos de sustentabilidade (Alves, 2015).

Um esforço de aumento da eficiência do uso da água traduz-se numa redução de caudais, contribuindo também para não utilizar excessivamente as disponibilidades e reservas do recurso e a sua qualidade (Pinheiro, 2008).

A nível económico, a eficiência hídrica pode ter um contributo significativo em Portugal, visto que as ineficiências no uso da água correspondem a um valor muito relevante, de cerca de 0,64% do Produto Interno Bruto (PIB), de acordo com as estimativas do PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (ANQIP, 2013).

➤ **Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA)**

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água 2012-2020 (PNUEA), com aplicação ao nível do transporte, distribuição e utilização da água nos setores urbano, agrícola e industrial, estabelece como objetivo estratégico para o setor urbano a redução das perdas de água nos sistemas de abastecimento. Para o efeito, prevê um conjunto de objetivos específicos, incluindo o aumento da capacitação técnica dos gestores e operadores dos sistemas de abastecimento, a melhoria do conhecimento do nível de ineficiência dos sistemas públicos de abastecimento, bem como a redução ao mínimo do uso da água potável em atividades que possam ter o mesmo desempenho com águas de qualidade alternativa e de outras origens, promovendo a utilização de água da chuva e a eventual utilização de águas residuais tratadas (ANQIP, 2017).

De acordo com o PNUEA, existem várias tecnologias recentes que também podem ser utilizadas nas habitações para reduzir o consumo de água e poupar custos aos. Por exemplo, a instalação de chuveiro de fluxo reduzido e a aplicação de limitadores de fluxo nas torneiras são maneiras fáceis de reduzir o consumo da água.

A água doce constitui unicamente 2,5% de toda a água do planeta e apenas um terço deste valor está disponível em rios, lagos e aquíferos subterrâneos (ANQIP/ADENE, 2017).

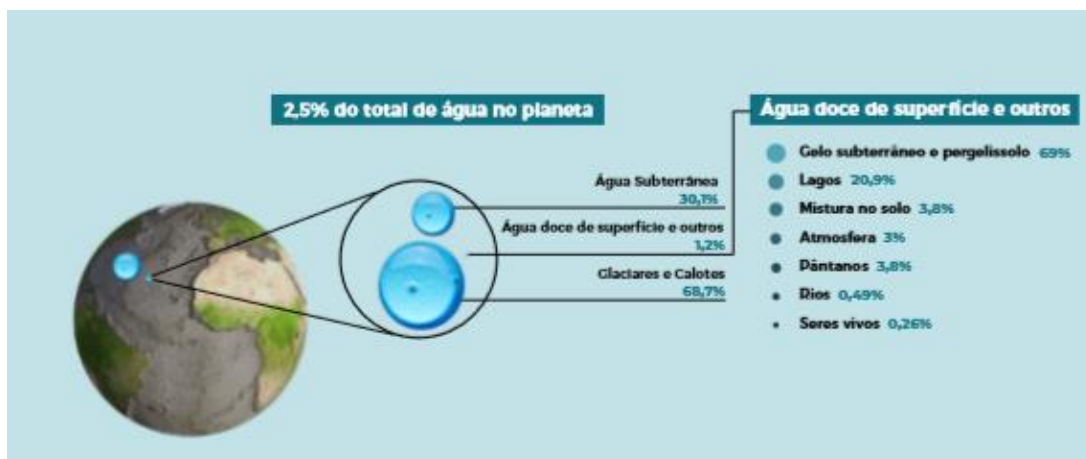


Figura 2.4 – Água doce no planeta. Fonte: Aqua experience, ANQIP, 2017.

Atualmente, a sociedade já utiliza mais de 50% dos recursos de água doce disponíveis, prevendo-se que até 2025 essa percentagem suba para 75% (PNUEA, 2001). Embora em renovação permanente, dada a competição crescente na procura de recursos hídricos que é agravada pelas alterações climáticas, a limitação do acesso à água doce poderá originar ou acentuar, dentro de poucos anos, situações de escassez e de stress hídrico nalgumas zonas do planeta (Comissão Europeia, 2012).

Mas nem todas as utilizações da água são feitas de forma eficiente, dado que há uma parcela importante associada a ineficiências nos usos e a perdas. São componentes que implicam custos, mas que não têm quaisquer benefícios e cujos volumes geralmente elevados revelam potenciais de poupança muito significativos (Comissão Europeia, 2012).

2.4.2 Consumo de água

De acordo com WWDR (2015), o consumo de água já ultrapassa o dobro da taxa de crescimento da população. Estima-se que em Portugal os custos das famílias com habitação, água, eletricidade e gás ultrapassem os 30% dos custos mensais e anuais totais das famílias, segundo dados do INE de julho de 2017. Nos edifícios, a nível nacional e na União Europeia, é estimado um potencial de poupança de água de 30%, com a adoção de medidas de eficiência hídrica (WWDR, 2015).

A previsão de atingir-se uma população mundial de 9,1 mil milhões em 2050 (WWDR, 2015). De acordo com a Comissão Europeia (2012) 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.

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. Neste sentido, é

fundamental reconsiderar os padrões de produção e consumo nos diversos setores da atividade humana e, entre estes, os recursos hídricos (ANQIP, 2013).



Figura 2.5 – Consumos de água e poupanças de energia associadas. Fonte: Aqua experience, ANQIP, 2017.

Através da utilização de sistemas de utilização de água mais eficientes, tirando partido das soluções, equipamentos e tecnologias inovadores, em comparação com sistemas convencionais, as economias nos edifícios podem atingir 30% do consumo de água. Poupar água significa ainda poupar energia, em casa e na nossa comunidade, dado que a captação, transporte e tratamento da água de abastecimento (e das águas residuais) são operações com um elevado consumo e custo energético que podem ser reduzidos através do uso mais eficiente de água e energia (Silva-Afonso, 2017).

2.4.3 Utilização eficiente da água

O conceito de eficiência hídrica em edifícios desenvolveu-se no sentido de investigar e apresentar soluções que permitam de alguma maneira aumentar a poupança de água nos edifícios, de forma a atenuar as consequências que a escassez deste recurso possa trazer (ANQIP, 2017).

Um aumento na eficiência no uso da água e a implementação de novas medidas de gestão e da prática do uso da água resulta, não só, em ganhos económicos como ambientais, pode contribuir para uma melhoria significativa dos consumos de água (Silva- Afonso, 2011).

Deste modo, o conceito de uso eficiente da água torna-se necessário na medida em que a água, como recurso escasso e limitado, necessita de ser protegida, conservada e gerida de modo a garantir o funcionamento sustentável dos ecossistemas e dos serviços que estes podem proporcionar à sociedade, bem como garantir a sustentabilidade de outros recursos (ANQIP, 2017).

A eficiência hídrica pode levar a uma maior sustentabilidade dos recursos hídricos e a uma redução dos encargos das famílias com a utilização da água e energia, devido ao menor volume consumido, que deve e pode ser assegurado sem prejuízo da sua qualidade de vida e da salvaguarda da saúde pública. As

práticas de uso eficiente da água são, portanto, cada vez mais importantes e podem ser resumidas num princípio análogo ao conhecido princípio dos 3R aplicado aos resíduos, mas mais abrangente, conhecido por princípio dos 5R (ANQIP, 2017):

- Reduzir os consumos: este princípio inclui a adoção de dispositivos eficientes;
- Reduzir as perdas e os desperdícios: de forma a reduzir as perdas e os desperdícios é necessário proceder a intervenções ao nível da monitorização de perdas nas redes ou a instalação de circuitos de retorno de águas quentes sanitárias (AQS);
- Reutilizar a água: consiste no aproveitamento da água sem que esta necessite de tratamento especial, como por exemplo, urinóis com lavatório incorporado;
- Reciclar a água: este princípio consiste na reciclagem de águas residuais. Estas águas são geralmente provenientes de duchas, lavatórios e cozinha. Após tratamento, as águas residuais podem ser reintroduzidas no circuito de rede para possíveis utilizações como lavagem de pavimentos exteriores.
- Recorrer a origens alternativas: este princípio corresponde ao recurso a fontes alternativas de águas, como o aproveitamento de águas pluviais.

Tal como acontece com os resíduos, dentro do princípio dos 5R, a redução de desperdícios e de consumos são o primeiro passo essencial na adoção de uma gestão mais eficiente da água em casa (Afonso, 2014).

Nos edifícios deve ser dada especial atenção aos comportamentos, reduzindo os tempos de uso da água para aqueles que sejam mesmo necessários e ao uso de dispositivos eficientes. Na sua escolha devem ser tidos em conta produtos certificados e rotulados como mais eficientes do ponto de vista hídrico. A identificação de perdas de água, nas redes da habitação ou nos equipamentos (exemplo: torneiras, chuveiros e autoclismos), é um passo importante para reduzir os desperdícios (Silva- Afonso, 2011).

Além destas medidas, faz sentido avaliar e melhorar também a eficiência global dos edifícios (em moradias unifamiliares ou condomínios, por exemplo), ponderando a reutilização ou reciclagem da água (por exemplo das águas cinzentas) e o recurso a origens alternativas (como a água da chuva). Estas ações devem ser promovidas, como contributos para o aumento da eficiência hídrica, devendo ser sempre asseguradas condições para o seu acondicionamento e garantia de segurança dos utilizadores (Silva- Afonso, 2011).

Nos edifícios deve ser dada especial atenção ao uso de dispositivos eficientes e a sua eficiência hídrica global (ANQIP, 2013).

O diagnóstico da situação de referência ajuda à identificação e posterior implementação das medidas indiretas de poupança de água nos locais mais adequados e também de medidas indiretas ao nível dos comportamentos, que podem, desde logo, melhorar a eficiência no uso sem necessidade de intervenções no edifício.

Em edifícios existentes, as auditorias de eficiência hídrica constituem o mecanismo mais eficaz para avaliar os potenciais de poupança e implementar as medidas adequadas à redução de consumos, à semelhança do que se passa em relação à eficiência energética (Silva- Afonso, 2011).

As auditorias podem incluir um levantamento dos pontos de água, com uma identificação e caracterização dos dispositivos existentes (por exemplo: torneiras, autoclismos) e equipamentos (por exemplo: máquinas de lavar, termoacumuladores), e o reconhecimento das medidas de poupança hídrica (diretas e indiretas), preferencialmente acompanhado de uma análise técnico-financeira. Nestas auditorias é importante preservar o nexus água-energia, podendo as soluções a propor incluir uma avaliação das reduções ao nível energético e nas emissões de CO₂, bem como a possibilidade de recorrer a fontes de água alternativas (ANQIP, 2017).

Para efeitos de diagnóstico, existem também diversos simuladores que permitem estimar, de uma forma simplificada, os consumos de água por pessoa em edifícios de habitação, em função das suas características (ANQIP, 2017).

2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

À medida que uma sociedade é mais desenvolvida, aumenta o consumo de energia, mas nem sempre de um modo eficiente. Com uma utilização responsável consegue-se ter disponível uma maior diversidade de serviços e conforto, sem aumentar o consumo (Ganhão, 2011).

2.5.1 A energia

A energia é um recurso do qual o ser humano se tornou fortemente dependente. Esta dependência tem por base o estilo de vida que atualmente se verifica, sendo impossível desfrutá-la caso não existissem recursos energéticos. O acesso à energia passou a ser fundamental para o desenvolvimento das sociedades (Europe, 2008).

Os principais motivos para mudar o modelo energético atual são (Europe, 2008):

- Éticos e sociais: 28% da população mundial consome 77% de toda a energia produzida, enquanto 72% vivem apenas com os restantes 23%;
- Estratégicos: a Europa (e em especial Portugal), para que possa satisfazer as suas necessidades de combustíveis fósseis, necessita de recorrer a países fora da UE. A instabilidade política de grande parte dos países de que é dependente, torna o fornecimento de energia instável e com variações de preço irregulares e crescentes;
- Económicos: o custo anual da fatura energética apresenta uma parcela significativa das despesas de uma residência familiar;

- Ambientais: a degradação do meio ambiente influencia negativamente a qualidade de vida do ser humano.

O acesso à energia é fundamental para o desenvolvimento das sociedades. No entanto, a maior parte da energia usada no mundo provém de combustíveis fósseis como o carvão, o gás ou o petróleo, cujas reservas têm vindo a diminuir. À medida que as reservas são menores, torna-se cada vez mais difícil a sua extração e, conseqüentemente, aumenta o seu custo (Ganhão, 2011).

Inevitavelmente, se se mantiver o modelo de consumo atual, os recursos não renováveis deixarão de estar disponíveis num futuro próximo, quer seja pela extinção das suas reservas, quer seja porque a sua extração deixará de ser economicamente rentável a médio prazo. Por essa razão, multiplicam-se os esforços na promoção da utilização eficiente da energia e, na aposta nas fontes de energia renováveis como o sol, o vento ou a água (ADENE, 2011).

Segundo a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (CE, 2002), a nível Europeu, os setores residencial e terciário são responsáveis por mais de 40% do consumo final de energia. Este consumo tem vindo a sofrer algum crescimento que acompanha a procura de melhores condições de vida por parte dos habitantes dos edifícios. Paralelamente, assiste-se ao aumento emissões de gases de efeito de estufa como, por exemplo, o dióxido de carbono (Ganhão, 2011).

2.5.2 Os impactos negativos da exploração da energia sobre o meio ambiente

As exigências, cada vez maiores, de consumo de energia obrigam à utilização crescente dos recursos energéticos, com conseqüências prejudiciais para o ambiente (Mateus, 2009).

A transformação, transporte e uso final da energia causam impactos negativos no meio ambiente, quer seja a nível local, quer seja a nível global (Mateus, 2009).

Inicialmente durante a fase de exploração produzem-se resíduos, contaminam-se as águas e os solos, além de se gerarem emissões para a atmosfera. Também o transporte e distribuição da energia afeta o meio ambiente através dos impactos das redes elétricas ou oleodutos e gasodutos e até as chamadas marés negras, com conseqüências para os ecossistemas e economias das zonas afetadas (ADENE, 2011).

Paralelamente, o consumo energético a partir de energias fósseis, necessita de um processo de combustão, tanto nas centrais elétricas para produzir eletricidade, como localmente em caldeiras ou motores de veículos (ADENE, 2011).

Esta combustão dá lugar à formação de CO₂, o principal gás causador do efeito de estufa e, a outros gases e partículas poluentes que prejudicam a saúde (ADENE, 2011).

A conseqüência mais importante do aumento do efeito de estufa são as alterações climáticas. Para diminuir ao máximo as suas conseqüências, 36 países assinaram em 1997 o Protocolo de Quioto, cujo

principal objetivo é a redução global de emissões de gases que provocam o efeito de estufa (ADENE, 2011).

2.5.3 O consumo energético

O consumo energético em Portugal tem aumentado, em média, a um ritmo igual ou superior a 4% ao ano. Parte deste aumento deve-se a maus hábitos de utilização dos equipamentos ou falta de boas práticas de consumo energético (ecoEDP, 2011). Uma vez que a população passa cerca de 80% do nosso tempo em edifícios, o setor doméstico apresenta um peso significativo no consumo energético nacional de cerca de 17% (ADENE, 2011), representando o terceiro maior setor de consumo em Portugal, depois dos setores dos transportes e da indústria.

Em Portugal, os edifícios são responsáveis por 40% do consumo de energia e 36% das emissões CO₂ o que evidencia, desde já, a importância para atingir a meta os objetivos da UE (Mateus, 2009):

- Até 2020:
 - 20 de redução, pelo menos, das emissões de gases de efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990;
 - 20% de energia obtida a partir de fontes renováveis;
 - 20% de melhoria da eficiência energética.
- Até 2050:
 - Redução do consumo de energia em 50% até 2050;
 - 0-95% de diminuição das emissões de gases com efeito de estufa, relativamente aos níveis de 1990.

O consumo de energia nas habitações depende de diversos fatores, tais como a zona onde se situa o edifício, a qualidade de construção, o tipo de equipamento e o uso a que está sujeito (ADENE, 2011).

Em termos de utilização de energia ao longo do ciclo de vida de um edifício, a fase de construção é apenas responsável por 12% do total do consumo energético (DGEG). A utilização que se dá ao edificado é responsável pela maioria do consumo energético do edifício e isto deve-se, não só a razões comportamentais dos consumidores, como também a hábitos de utilizações e ao período necessário para a substituição dos equipamentos. Perante isto, é necessário perceber onde estão os maiores consumidores, ver Figura 2.6.

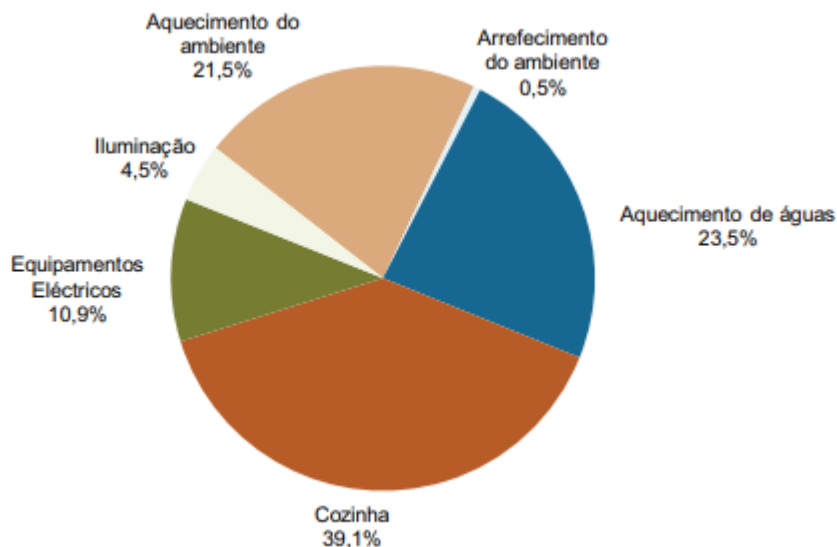


Figura 2.6 - Distribuição do consumo de energia na habitação por tipo de utilização. Fonte: INE/DGEG, 2010.

De acordo com a Entidade Reguladora do Setor Energético (ERSE), um kWh poupado é dez vezes mais barato que um kWh a ser produzido, inclusive por energias renováveis (Ferreira, 2008). Existe um potencial de poupança energética relativamente elevado ao se ter em conta que os equipamentos de baixa eficiência energética existentes na habitação podem ser substituídos por outros mais eficientes, podendo conduzir a poupanças de 30%-35% no consumo de energia, mantendo as condições de conforto para os ocupantes (Europe, 2008).

Assim, é fundamental alertar os consumidores sobre as potenciais fontes de poupança energética existentes nas suas habitações e, ainda, sensibilizá-los para a racionalização energética e do uso eficiente da energia. É de notar que a humanidade ainda tem pela frente um grande caminho a percorrer para inverter as tendências de consumos energéticos excessivos e inconscientes, sendo cada atitude individual, um passo importante para a mudança global.

2.5.4 A eficiência energética

A eficiência energética pode ser definida como a racionalização que se pode aplicar ao consumo de energia. Este conceito baseia-se na implementação de medidas para combater o desperdício de energia ao longo do tempo (ADENE, 2011).

A utilização de energias renováveis como fonte de energia para consumo é uma das formas de reduzir o consumo de energia. A instalação de painéis solares térmicos na cobertura dos edifícios pode representar uma redução de aproximadamente 60% no consumo de energia.

CAPÍTULO 2

A adoção de soluções eficientes em edifícios começa a ser muito procurada (Agência Internacional de Energia). Em edifícios, aplicação de ETICS, utilização de lâmpadas eficientes, são soluções economizadoras de energia (Ganhão, 2011).

Aprender a utilizar de forma consciente a energia, é garantir um futuro melhor para as próximas gerações. No entanto, precisa-se alterar a atitude em relação ao consumo de energia, refletindo-a nos gestos do dia-a-dia.

Seguidamente são apresentados os principais cuidados que se pode ter no dia-a-dia para usar eficientemente a energia:

1. Evitar ter as luzes ou os equipamentos ligados, quando não for necessário;
2. Procurar fechar as portas e janelas, e isolar paredes, tetos e pavimento da habitação. Deste modo, está a economizar energia e a reduzir o investimento em sistemas de climatização;
3. Antes de comprar um novo equipamento, verificar a etiqueta energética e optar por aquele que apresenta menor consumo de energia;
4. Substituir as lâmpadas incandescentes por lâmpadas economizadoras. Dão a mesma luz, mas poupam 80% da energia elétrica utilizada e duram 8 vezes mais;
5. Desligar os equipamentos no botão, ao invés de desligar apenas no comando;
6. Evitar abrir desnecessariamente a porta do frigorífico;
7. No Inverno, aproveitar a radiação solar para aquecer a casa, através das janelas. No Verão, evitar os ganhos solares excessivos. Em ambas as estações, evitar ter os aparelhos de climatização a funcionar com as janelas abertas (EDP).

2.5.5 Edifícios nZEB

No contexto das metas estabelecidas até 2020 e 2050 pela EU, surgem os edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB).

Os edifícios nZEB, caracterizados por apresentarem um desempenho energético muito elevado, e terem as suas necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas, cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis seja produzida no local ou nas proximidades (Artigo 9.º da Diretiva n.º 2010/31/EU).

Em 2020, todos os edifícios novos deverão ser altamente eficientes e ter um balanço energético próximo do zero. O conceito já existe, mas vai passar a ser obrigatório. Acontece que cada estado membro tem a liberdade de o definir e encontrar as metodologias para lá chegar.

Em Portugal, está em vigor a Portaria n.º 98/2019, de 2 Abril, que defini o seguinte:

“6.1. Necessidades energéticas.

1 — O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) para edifícios de necessidades quase nulas de energia deve ser inferior ou igual a 75 % do seu valor máximo (Ni).

2 — O valor das necessidades energéticas nominais de energia primária (Ntc) para edifícios de necessidades quase nulas de energia deve ser inferior ou igual a 50 % do seu valor máximo (Nt).

3 — Para a zona climática I1, caso a relação Nic/Ni seja inferior ou igual a 0,6 e o fator solar máximo (gT, max) dos vãos envidraçados a que se refere o n.º 2.3 do presente anexo seja inferior ou igual a 0,15, considera-se que o edifício tem apenas necessidades de aquecimento efetivas pontuais, pelo que o valor de Nic , no cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária é nulo.”

Duas etapas fundamentais para conseguir um edifício nZEB passam por reduzir consumo de energia do edifício através de envolventes eficientes e técnicas passivas e gerar energia para satisfazer o consumo.

2.6 NEXUS ÁGUA E ENERGIA

A eficiência hídrica é um fator crítico para a eficiência de recursos, sustentabilidade ambiental e económica do País. Além da importância da água, como recurso essencial e escasso, fornecer água potável, drenar e tratar as águas residuais através de sistemas públicos, são processos de grande consumo energético, de onde resultam emissões de gases de efeito estufa - GEE (em especial de CO_2) significativas (SCE, ADENE, 2016).

No que se refere aos edifícios residenciais, 23% da fatura energética no setor doméstico está associada ao aquecimento de água, sendo a maior parte da água consumida pelas famílias aquecida com recurso a gás e eletricidade. Nos edifícios, a pressurização e o aquecimento de água quente sanitária são duas operações com um elevado consumo energético e que espelham a relação entre a água e a energia, nomeada Nexus Água-Energia (Silva- Afonso, 2011).

Considerando o consumo de energia necessária para o aquecimento de águas quentes sanitárias, a economia combinada em termos de consumos de água e energia nos edifícios pode atingir o equivalente a 51% da fatura da água (Silva- Afonso, 2011).

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 têm 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, produção de biocombustíveis e dessalinização, devido à sua enorme necessidade de água para o seu processo de produção. Por outro lado, a tentativa de apaziguar 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 (ANQIP, 2017).

A interdependência do Nexus Água – Energia, ver Figura 2.7, é desta forma resumida, existindo a necessidade de distinguir os 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) 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).

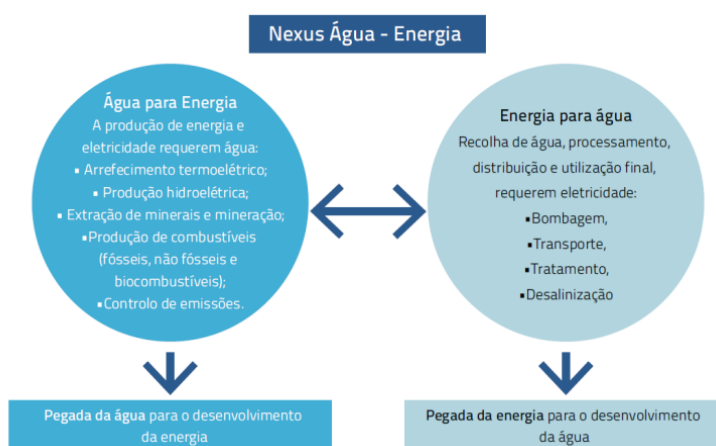


Figura 2.7 – A relação água energia. Fonte: APA, 2012

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 à captação de água (WWDR, 2014). Estes são dois dos muitos exemplos que é possível encontrar da interdependência da disponibilidade dos recursos água e energia.

Neste sentido, o aumento da eficiência hídrica nos edifícios traduz-se também num revelante contributo para a eficiência energética (Afonso, 2014).

Com vista a reduzir o consumo energético e a escassez de águas, a implementação de medidas, como por exemplo a adoção de dispositivos eficientes no uso de água irá refletir numa redução do consumo anual de águas dos edifícios. Uma solução da otimização da eficiência hídrica consiste no aproveitamento de águas pluviais, no entanto, esta solução resulta num aumento de energia (WWDR, 2014). A nível europeu ocorrem medidas a promover a eficiência hídrica e energética que promovem ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras em relação às energias renováveis (WWDR, 2014).

A redução no consumo de água nos edifícios a partir da aplicação de medidas de eficiência hídrica, como a utilização de dispositivos eficientes, implica uma redução no volume de água. Irá também conduzir a

um significativo aumento na eficiência energética reduzindo os custos energéticos associados (Ganhão, 2011).

Em suma, os usos da água implicam, em regra, um consumo significativo de energia, pelo que, se for usada menos água, será consumida menos energia e serão emitidos menos gases com efeito de estufa. O nexus água-energia é particularmente relevante nos edifícios (ANQIP, 2017).

CAPÍTULO 3

SOLUÇÕES PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A aplicação de soluções de eficiência no uso da água e da energia em edifícios, contribui para a redução do seu consumo centrando-se na promoção de dispositivos eficientes.

Seguidamente foi desenvolvido um levantamento das soluções existentes e surgiram medidas a serem aplicadas no sentido de alterar dispositivos para uma melhoria da eficiência hídrica e energética. E consequentemente, conseguir-se atingir uma construção mais sustentável.

3.1 SOLUÇÕES PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA

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. Associado a este fato, têm-se desenvolvido estratégias de sensibilização com vista a fomentar a promoção de eficiência hídrica por parte da população.

No seguimento do levantamento efetuado, apresenta-se algumas soluções para promover a eficiência hídrica e será efetuada uma descrição de cada solução:

- Utilização de torneiras eficientes;
- Urinóis eficientes;
- Sanitas de baixo consumo;
- Chuveiros com fluxos menores;
- Máquinas de lavar roupa e lavar louça eficientes;
- Circuito de recirculação de água;
- Dispositivos de utilização exterior;
- Utilização de fontes de água alternativas como sistemas de aproveitamento de águas pluviais.


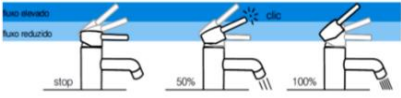

○ **Utilização de torneiras eficientes**

Tanto nos edifícios habitacionais como coletivos, as torneiras são o equipamento mais comum e fundamental nas cozinhas e casas de banho, representando cerca de 16% do consumo médio de uma habitação (Rodrigues, 2015). O consumo associado a estes dispositivos varia maioritariamente com o caudal e com a frequência e duração das utilizações. Estes dois últimos aspetos tornam-se difíceis de quantificar, variando de acordo com aspetos comportamentais.

Seguidamente, na Tabela 3.1, serão apresentados alguns exemplos de torneiras consideradas eficientes.

Tabela 3.1 – Levantamento de torneiras eficientes.

Identificação da torneira	Características/vantagens
<p>Sistema de abertura de torneira frontal</p> 	<p>O sistema 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. 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.</p>
<p>Torneiras monocomando</p> 	<p>Acionadas através de um só manípulo que condiciona não só o fluxo de água como pode condicionar a temperatura desejada pelo utilizador (torneiras misturadoras).</p>
<p>Torneiras bicomando</p> 	<p>Controlo independente dos canais de água fria e quente, através de dois manípulos para cada fluxo de água (fria e quente). O fluxo final é a combinação dos dois fluxos gerados pela abertura de cada manípulo. Com um sistema de acionamento de 180º, conseguem obter um rápido ajuste de caudal apenas com meia-volta na torneira.</p>
<p>Torneiras termostáticas</p> 	<p>Permitem controlar com exatidão a temperatura da água, mantendo-a sempre constante e ao nível desejado, através da sincronização do comando com o cartuxo interno.</p>
<p>Torneiras eletrónicas</p> 	<p>Utilizadas principalmente nos lavatórios e duchas de diversas instalações sanitárias públicas e comerciais, não necessitam de qualquer tipo de força física para serem acionadas, bastando uma aproximação do sensor.</p>

<p>Torneiras com temporizador (sistema eco stop)</p> 	<p>utilizadas principalmente em locais públicos e comerciais, funcionando apenas durante alguns segundos através de uma pressão no manípulo, evitando o desperdício de água e o esquecimento da torneira aberta.</p>
<p>Sistema click</p> 	<p>O sistema click é um sistema simples que consiste na presença de um cartucho no interior da torneira que permite regular o fluxo de água da seguinte forma: ao levantar o manípulo, o utilizador enfrenta uma ligeira resistência para passar do fluxo reduzido para o fluxo elevado e simultaneamente ouve um “click” que sinaliza a mudança de patamar. Quando providas desta tecnologia, as torneiras podem obter um nível de poupança de água até 50%.</p>
<p>Torneira digital com ajuste de temperatura e de caudal</p> 	<p>Existem torneiras que permitem pré seleccionar a temperatura, de modo a diminuir os desperdícios de água enquanto a temperatura desejada é atingida, bem como controlar o fluxo de água desejado para cada utilização.</p>

A substituição ou adaptação das torneiras convencionais com dispositivos de forma a reduzir os caudais, como arejadores, pulverizadores e reguladores de caudal, que quando aplicados permitem obter consumos de água menores e uma poupança no consumo de água, conforme se verificará no próximo capítulo (ANQIP, 2017).

Com o envelhecimento de alguns equipamentos, também se pode tornar frequente o aparecimento de fugas. Assim sendo, é necessário considerar as perdas associadas a este dispositivo e proceder à sua reparação (ANQIP, 2017).

Redutores de caudal

Os redutores de caudal são ponteiras que se instalam nas torneiras convencionais. Possuem uma membrana que reduz a pressão do fluxo de água, depois o distribuidor aumenta a velocidade da água misturando-lhe ar, o que torna o fluxo mais suave e confortável ao mesmo tempo que equilibra a sua distribuição. Dependendo do modelo instalado, as poupanças de água variam entre os quarenta e os sessenta por cento (Ecomeios).

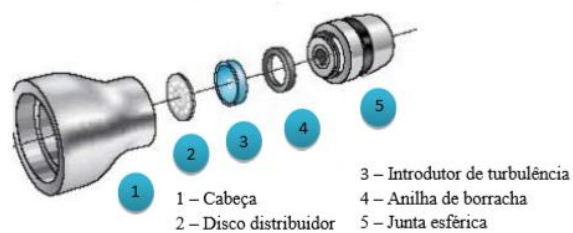


Figura 3.1 – Esquema representativo de um redutor de cauda aplicado a um chuveiro. Fonte: adaptado de catálogo de produtos ecológicos de água Ecomeios.

○ **Urinóis**




Os urinóis são dispositivos de utilização mais frequentes em instalações coletivas. Os modelos habitualmente utilizados podem dividir-se em dois sistemas distintos (Teixeira, 2015):

- Fluxómetro – volume de água descarregado a pressões elevadas, com acionamento por parte do utilizador;
- Fluxo contínuo – descarga contínua ou intermitente de um pequeno caudal de água sem a necessidade de intervenção por parte do utilizador.

Este último sistema torna-se bastante ineficiente uma vez que a não interrupção do seu funcionamento gera um desperdício considerável de água nos períodos em que a instalação não está a ser utilizada.

Desta forma, as principais medidas a adotar no sentido de reduzir os desperdícios de água relacionados com a utilização de urinóis estão relacionadas em primeiro lugar com a diminuição de consumos, como a instalação de sistemas de descarga automáticos e instalação de dispositivos com o menor volume de água possível adequados a cada tipo de instalação, e em segundo lugar com a deteção periódica de fugas e respetiva reparação.

Tabela 3.2 – Levantamento de soluções eficientes em urinóis (Alves, 2015).

Identificação da solução	Características	Vantagens
Urinol com sensor infravermelho 	Um sistema bastante comercializado e utilizado em grande parte das infraestruturas de uso coletivo em Portugal são os dispositivos com sensores infravermelhos, que permitem detetar a presença do utilizador, e quando este se afasta do seu campo de ação, a descarga é efetuada.	A instalação deste tipo de sistemas, para além de melhorar a higiene para o utilizador e assegurar que o urinol é limpo, permite reduzir significativamente os gastos associados à sua utilização, melhorando a frequência e também a duração das descargas.
Urinol com sensor de líquido e termostato 	Detetam a presença de líquido e efetuam a descarga no início ou segundos após a utilização. Também a utilização de sistemas com inclusão de termostatos permite da mesma forma detetar diferentes temperaturas e acionar a descarga.	Sistemas baseados nas alterações de fluxo e temperatura, detetando fiavelmente se o urinol está a ser utilizado. Normalmente, em casos de entupimento do sifão, este sistema reage de forma a evitar o transbordo do urinol.
Urinol com lavatório integrado 	Este sistema consiste num lavatório e num urinol 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.

- **Sanitas sem uso de água**

Para além do mictório sem uso de água, existem também as sanitas sem uso de água. No que respeita à diminuição da utilização de água no conjunto sanita e autoclismo, podem ser equacionadas outras medidas que não utilizem ou que necessitem de muito pouca água por descarga (Teixeira, 2015).

- **Sanitas de funcionamento por vácuo** - As sanitas de saneamento por vácuo são idênticas às convencionais, oferecendo o mesmo tipo de conforto e higiene. O funcionamento deste sistema consiste no transporte dos resíduos em condutas sob pressão até um tanque de vácuo coletor, diretamente para o sistema de esgotos ou para outros usos (Teixeira, 2015).



Figura 3.2 – Sanitas com funcionamento a vácuo. Fonte: Teixeira, 2015.

Nos últimos 20 anos, este tipo de soluções em edifícios tem suscitado grande interesse e sofrido bastante divulgação e aplicação, pelas vantagens que apresenta relativamente aos sistemas convencionais (Alves, 2015). Um exemplo de utilização deste sistema em Portugal são os sanitários do aeroporto Francisco Sá Carneiro, no Porto, como se pode observar na Figura 3.3.



Figura 3.3 – Sanitários do Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Fonte: Alves, 2015.

- **Chuveiros com fluxo menor**

Tal como na utilização das torneiras, as perdas de eficiência nos banhos e duches estão diretamente associadas à frequência e duração das suas utilizações, portanto, a alteração dos chuveiros para uns com um fluxo menor, permitem reduzir o consumo de água.

Semelhante aos métodos adotados para torneiras, existem alguns procedimentos que permitem obter uma melhoria nos níveis de consumo, nomeadamente a escolha de chuveiros com menor caudal, a instalação de arejadores, anilhas e válvulas redutoras de pressão ou válvulas de seccionamento, conforme Figura 3.4, que permitem reduzir o caudal, ou a instalação de dispositivos com temporizador no caso de instalações coletivas (Teixeira, 2015).



Figura 3.4 – Sistemas economizadores para duches e chuveiros. Fonte: ANQIP, 2013.

Em Portugal, valores entre os 6 litros e os 9 litros por minuto são os caudais mínimos de conforto considerados para chuveiros e sistemas de duche (ANQIP). Chuveiros que possuam um consumo entre esses valores são considerados eficientes, permitindo uma poupança de água significativa, por exemplo, substituição de um chuveiro que consuma 15 litros por minuto por um chuveiro eficiente que consuma 6 litros por minuto, conforme se verificará no capítulo seguinte.

- **Máquinas de lavar roupa e de lavar louça**

A utilização de máquinas de lavar roupa sofreu um aumento nos últimos anos e são eletrodomésticos com enorme presença nas habitações portuguesas (Alves, 2015). Também cerca de 41% dos agregados familiares portugueses possuem máquina de lavar louça (ANQIP).

Seja nas máquinas de lavar roupa ou nas de lavar louça, o volume utilizado em cada ciclo de lavagem está diretamente relacionado com as características de cada modelo, nomeadamente o tipo de máquina, programas disponíveis, a carga de roupa ou louça em cada lavagem. Assim sendo, a eficiência hídrica nas máquinas de lavar roupa em termos de redução de desperdícios pode ser atingida através da utilização de equipamentos com menor consumo de água por utilização (Teixeira, 2015).

Os equipamentos mais eficientes no mercado possuem várias características relacionadas com a poupança de água (Rodrigues, 2015).

Características relacionados com a poupança de água para máquinas de lavar roupa (Rodrigues, 2015):

- Diversidade de programas adequados para diferentes tipos de têxteis;
- Sistema automático de medição de quantidade de roupa e doseamento inteligente de detergente, que através da quantidade de roupa inserida, indica a quantidade que se pode ainda inserir e recomenda no visor a quantidade de detergente ideal;
- Contador do volume de água utilizada, medindo e controlando a entrada de água com precisão, parando a entrada de água caso o nível de água normal não seja atingido;
- Processos de lavagem adequados à mistura de têxteis numa única carga, para os casos em que existem peças individuais diferentes.

Características relacionados com a poupança de água para máquinas de lavar louça (Rodrigues, 2015):

- Diversidade de programas adequados para diferentes tipos de louça, proporcionando tempos curtos e lavagem conforme os requisitos;
- Sensor de carga automático, que permite medir automaticamente a quantidade de louça no compartimento de lavagem e adaptar o consumo de água e energia;
- Sensor integrado que deteta a sujidade de cada carga e define os parâmetros de lavagem;
- Otimização de espaço com máquinas de grande capacidade, permitindo lavar uma maior quantidade de louça com a mesma quantidade de água;

- Opção de meia carga, em que apenas um dos cestos é utilizado e a partir da seleção de um programa de lavagem de metade da capacidade permite economizar tempo, água e eletricidade.

○ **Dispositivos de utilização exterior**

A rega de espaços exteriores está associada a gasto de grandes volumes de água, que são maioritariamente notáveis nos meses quentes que as necessidades são maiores (EPAL, 2014).

Para além da rega de jardins, a utilização de água em espaços exteriores inclui também a lavagem de pátios e acessos privados, a lavagem da via pública, o enchimento de piscinas e a lavagem de veículos.

No sentido de melhorar a eficiência hídrica em sistemas de rega para jardins (automáticos ou manuais), é possível adotar um conjunto de medidas de gestão de forma a adequar a utilização de água a cada finalidade, utilizando a quantidade suficiente nos locais e momentos corretos (ANQIP, 2013).

A substituição ou adaptação das tecnologias de rega constitui uma medida de redução de consumos neste tipo de utilizações (EPAL, 2014).

O sistema de rega manual é feito a partir de mangueiras e torna-se pouco eficiente pelo fato de não garantir uma distribuição homogénea da água. É utilizado maioritariamente em jardins de área reduzida ou em casos específicos. Já os sistemas de controlo automático envolvem a utilização de tubagens, aspersores, pulverizadores, um ou mais programadores e elementos auxiliares, como válvulas, redutores de pressão e sensores de precipitação ou humidade. Estes sistemas podem ser de aspersão ou gota-a-gota, dependendo da utilização pretendida (EPAL, 2014).

A rega de alto volume por aspersão, ver Figura 3.5, é adequada a áreas extensas com poucos obstáculos, permitindo adaptar-se consoante as necessidades e ser programada em círculo total ou parcial.



Figura 3.5 – Sistema de rega por aspersão. Fonte: Alves, 2015.

O sistema gota-a-gota, que vai debitando caudal a baixa pressão através de pequenos orifícios na tubagem localizados nos pontos de ação, constitui o método mais eficiente em termos de consumo de água, mantendo uniforme o nível de humidade do solo e reduzindo as perdas por evaporação e escoamento superficial. Em contrapartida, necessita de uma maior preocupação nas operações de manutenção e

possui um menor período de vida útil. Adequa-se principalmente a terrenos com declives acentuados e vegetação com raízes profundas (Figura 3.6).



Figura 3.6 – Sistema de rega gota-a-gota. Fonte: Alves, 2015.

Seguidamente será apresentado um quadro com medidas de eficiência hídrica em sistemas de rega por aspersão e sistema de rega gota-a-gota.

Tabela 3.3 – Medidas de eficiência hídrica em sistemas de rega.

Sistema de rega por aspersão	Sistema de rega gota-a-gota
Adequar a pressão do sistema, utilizando válvulas redutoras de pressão caso necessário	Adequar a pressão do sistema, utilizando válvulas redutoras de pressão caso necessário
Controlar a duração da rega, através de temporizadores com programação periódica de acordo com as condições atmosféricas	Ajustar os números de gotejadores e tempo de funcionamento de acordo com o tipo de solo, clima e condições da vegetação
Evitar a utilização de difusores que formem algum tipo de névoa e propiciem o transporte de água pelo vento	Utilizar unicamente acessórios compatíveis de modo a evitar fugas por ligações deficientes e colocar filtros para impedir o entupimento dos gotejadores por partículas em suspensão
Selecionar, localizar e regular aspersores e pulverizadores de modo a regar apenas a zona pretendida, evitando os pavimentos	Limitar a área a regar em função do débito da torneira de alimentação ao sistema
Realizar uma manutenção periódica (limpar as cabeças dos aspersores ou pulverizadores)	Realizar uma manutenção periódica (limpar e substituir gotejadores entupidos ou danificados)

- **Utilização de fontes de água alternativas**

Dado que a adoção de sistemas de aproveitamento de água de qualidade inferior em edifícios não tem sido uma prática corrente, a sua implementação hoje em dia, em fase de exploração, poderá estar condicionada por questões técnicas, de disponibilidade de espaço para albergar os componentes que os compõem, e por questões económicas, por via do elevado esforço financeiro que podem acarretar (Teixeira, 2015).

Em Portugal, o DL 23/95 autoriza a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.

- Sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP)

A água proveniente da precipitação apresenta-se como uma das mais puras à disposição (Unicef 2002). No entanto, ao tratar-se de um SAAP, surgem componentes físicos de recolha, transporte e armazenamento que podem alterar esses parâmetros. Os seus principais constituintes, ver Figura 3.7, são (Alves, 2015):

- A superfície de recolha da água precipitada;
- A rede de drenagem de águas pluviais;
- O sistema de armazenamento e distribuição.

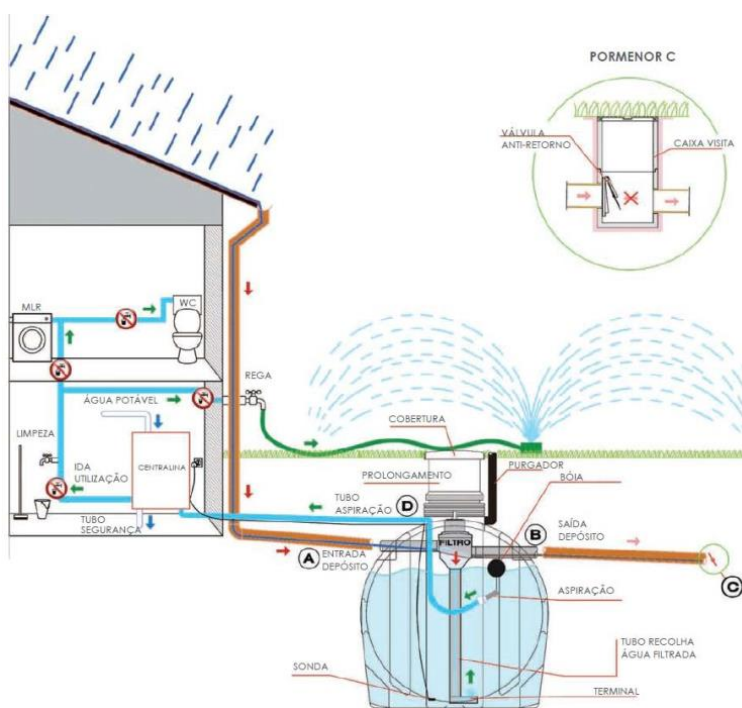


Figura 3.7 – Exemplo do funcionamento de um SAAP. Fonte: OLI, 2012.

De uma forma mais detalhada, o SAAP é constituído por (OLI, 2012):

- Superfície de captação – recolha de água a partir de telhados, terraços;
- Sistema de transporte – encaminhamento da água da chuva;
- Dispositivos de filtração;
- Dispositivos de armazenamento;
- Sistema de distribuição – a água é conduzida para os pontos de utilização a partir de um processo e bombagem ou por gravidade.

A manutenção dos sistemas de transporte deve ser realizada periodicamente, bem como a limpeza interna do depósito e o controlo da vedação de todos os componentes e ligações. O filtro também deve ser limpo regularmente (OLI, 2012).

Adotar um sistema de aproveitamento de água da chuva para posteriormente poder ser utilizada constitui uma medida bastante eficiente no que toca ao uso racional da água. Não se tratando de água potável, as utilizações mais passíveis de funcionar com este tipo de sistema seriam as que não necessitam de água potável para cumprir a sua finalidade, como sistemas de rega, descargas de autoclismos, lavagem de pátios e veículos e também os sistemas de combate a incêndios (Alves, 2015).

3.2 SOLUÇÕES PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Na sequência das questões de sustentabilidade abordadas no capítulo anterior, tem sido constante a procura de soluções que conduzam à melhoria do desempenho energético dos edifícios. É possível construir casas confortáveis ambientalmente, com consumos reduzidos de energia (Ganhão, 2011).

Nesta perspetiva, e tal como no ponto anterior, serão apresentadas as soluções do levantamento realizado de forma a promover a melhoria do desempenho energético:

- Orientação e implantação do edifício;
- Vãos envidraçados;
- Sombreamento;
- Ventilação natural;
- Envolvente opaca;
- Inércia térmica;
- Fachada: sistemas ETICS e parede de trombe;
- Coberturas verdes;
- Pavimentos;
- Sistemas solares térmicos;
- Sistemas solares fotovoltaicos;
- Eletrodomésticos eficientes.

- **Orientação e implantação do edifício**

O edifício deverá ser orientado de modo a permitir um melhor aproveitamento da energia do sol de forma a proporcionar o melhor conforto térmico. A sua maior fachada e os seus compartimentos principais deverão ficar orientados a sul (Ganhão, 2011).

O ângulo de incidência do Sol varia ao longo do ano o que permite um aproveitamento diferenciado da energia solar. No verão, o ângulo alcança valores máximos, enquanto no Inverno, o angulo de incidência atinge o mínimo (Ganhão, 2011), ver Figura 3.8 – Ângulo de incidência solar durante as estações de Inverno e Verão. Fonte: Ganhão, 2011.Figura 3.8.

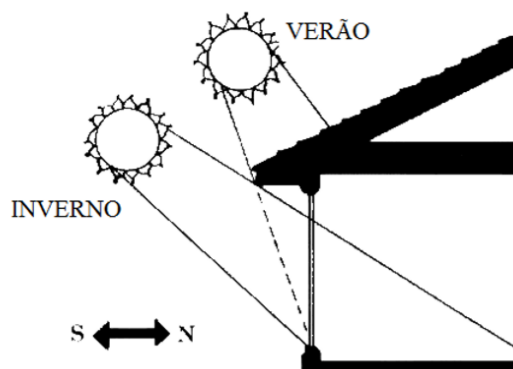


Figura 3.8 – Ângulo de incidência solar durante as estações de Inverno e Verão. Fonte: Ganhão, 2011.

A orientação a Sul permite a entrada dos ganhos solares durante a estação do Inverno, como tal, os compartimentos com maior exigência solar e as zonas com maior área de envidraçados devem orientar-se segundo essa direção.

Quando o edifício está orientado a Oeste, durante a estação de Inverno a fachada recebe pouca radiação, devido ao ângulo de incidência elevado, durante poucas horas. Para uma fachada orientada a Este, os efeitos da ação solar são semelhantes aos de uma fachada orientada a Oeste, diferindo apenas, no período do dia em que o Sol incide na mesma (Ganhão, 2011).

O sombreamento das fachadas, através dos edifícios circundantes, é também um fator relevante.

- **Vãos envidraçados**

O dimensionamento dos vãos envidraçados em função da orientação solar, é uma medida que contribui consideravelmente para o conforto térmico das habitações. As áreas envidraçadas são a componente do edifício que permite a interação mais direta com o clima devendo, por isso, ser adequadas ao respetivo clima O tipo de vidro e a caixilharia utilizada são outras medidas necessárias a considerar (Tirone e Nunes, 2008). No verão, o ângulo de incidência solar é maior, por isso é suficiente incluir um sombreamento eficaz nos envidraçados da fachada sul para não entrar radiação solar indesejada no edifício através dos envidraçados (ganhos solares excessivos que afetam o conforto). No inverno o ângulo de incidência como é menor, a radiação entra mais diretamente no interior do edifício através dos envidraçados. Nas fachadas a oeste, este e norte devem ser reduzidas ao máximo as áreas de envidraçados (Ganhão, 2011).

O vidro é um material disponível em diversas espessuras, dimensões, cores e acabamentos, onde o coeficiente de transmissão térmica e o fator solar são características importantes para o seu desempenho (Ganhão, 2011).

Os envidraçados, sendo elementos com espessuras menores, conferem um coeficiente de transmissão térmica mais elevado do que o dos restantes elementos da envolvente (Ganhão, 2011). Deste modo, é necessário ter em conta o seguinte:

- Envidraçados constituídos por mais que um vidro simples, que influencia o seu coeficiente de transmissão térmica;
- Preenchimento das caixas-de-ar com gases menos condutores, como o árgon e o cripton;
- Utilização de películas de baixa emissividade (Ganhão, 2011).

A utilização de vidros duplos pode reduzir até 50% as perdas térmicas pela janela, assim como o ruído exterior. Além da parte envidraçada, a caixilharia representa um papel importante pois promove a redução das trocas de calor. O melhor material a utilizar é o PVC e o mais desfavorável do ponto de visto térmico é o alumínio, quer apresente ou não corte térmico (Ganhão, 2011).

○ **Sombreamento**

Para aproveitar o sol como fonte de calor durante o inverno, deve-se ter em conta a situação inversa, ou seja, a situação de sobreaquecimento no verão. Neste sentido, a proteção solar é quase sempre imprescindível. O sombreamento pode ser feito pelo interior ou pelo exterior, impedindo a incidência total de radiação solar, funcionando como uma barreira. O grau de proteção varia se esta for colocada pelo interior ou pelo exterior do vão envidraçado (Ganhão, 2011). Seguidamente serão apresentadas as duas soluções:

Sombreamento pelo interior do vão envidraçado: o sombreamento interior do vão interior poderão ser dispositivos amovíveis pelo interior, como cortinas e estores, ver Figura 3.9, com o objetivo de reduzir a entrada de radiação solar direta. Uma das vantagens destes sombreamentos é a sua facilidade de regulação pelo interior, no entanto são considerados menos eficientes que os dispositivos amovíveis exteriores pois parte da radiação solar é absorvida pela habitação, causando menor eficiência dos dispositivos interiores (Ganhão, 2011).



Figura 3.9 – Exemplo de dispositivo pelo interior. Fonte: Leroy Merlin, 2019.

Sombreamento exterior do vão envidraçado: o sombreamento exterior do vão envidraçado pode ser considerado fixo ou amovível. Os dispositivos amovíveis, como estores e portadas, conforme mostra a Figura 3.11, são soluções que protegem o envidraçado na totalidade e são reguláveis. Os dispositivos fixos, como palas fixas, ver Figura 3.10, são dimensionados com o objetivo de impedir a radiação solar direta nos vãos envidraçados no Verão sem comprometer os ganhos solares no Inverno. Os dispositivos amovíveis são considerados soluções melhor que os dispositivos fixos (Ganhão, 2011).



Figura 3.10 – Exemplo de dispositivo pelo exterior fixo.



Figura 3.11 – Exemplo de dispositivo pelo exterior amovível.

- **Ventilação natural**

Existem dois tipos de ventilação, a natural e a forçada. As diferenças de temperatura e de pressões entre diferentes divisões da habitação promovem a ventilação natural, renovando o ar, sendo necessárias aberturas exteriores que permitam a entrada de ar novo, entre divisões opostas. A ventilação forçada (ou mecânica) promove a renovação de ar entre espaços em que não é possível utilizar a ventilação natural. A troca de ar é realizada por condutas de ventilação forçada ligadas aos espaços interiores através de extractores que extraem o ar poluído, e ventiladores que permitem a entrada de ar fresco (Ganhão, 2011).

Tendo em atenção a eficiência energética de um edifício, a ventilação natural é necessária para a renovação do ar e para a redução de humidade, contribuindo para um maior conforto (Ganhão, 2011).

Durante o Verão, a ventilação natural constitui uma das formas mais eficientes para arrefecer a temperatura interior das habitações, especialmente durante a noite, quando as temperaturas no exterior são mais baixas. Porém, no Inverno, um caudal excessivo de ventilação faz aumentar as necessidades energéticas de climatização, já que o ar exterior se encontra a uma temperatura muito mais reduzida do que a temperatura interior de conforto (Ganhão, 2011).

- **Envolvente opaca**

A envolvente opaca de um edifício corresponde às paredes, coberturas e pavimentos que compõem a sua estrutura e o correto dimensionamento do coeficiente de transmissão térmica da envolvente contribui bastante para a eficiência energética do edifício (Ganhão, 2011).

A transmissão de calor por condução através da envolvente opaca dos edifícios, quer sejam as perdas de calor no Inverno, quer os ganhos indesejáveis no Verão, são fenómenos que influenciam fortemente o comportamento térmico dos edifícios e o seu conforto interior.

É pela envolvente do edifício que se dá uma grande fração dos ganhos e perdas de energia e, como tal, é fundamental ter em conta o tipo de materiais com que se constrói o edifício, sendo importante a avaliação do seu poder isolante e a sua contribuição para a inércia térmica da habitação.

- **Inércia térmica**

A inércia térmica tem um papel fundamental na criação de um clima interior estável e confortável nas habitações.

O isolamento térmico contínuo aplicado pelo exterior é bastante eficaz a minimizar as perdas de energia do interior para o exterior, o que é muito importante no contexto da inércia térmica. Combinando estes dois princípios, quando um elemento de construção armazena a temperatura média do ambiente exterior, desde que sejam evitadas perdas de energia para o exterior, a energia armazenada é irradiada para o interior continuamente (Ganhão, 2011).

Durante o Verão, mais especificamente nas noites de Verão, a combinação da inércia térmica com a ventilação natural assume um papel muito importante, pois é através deste último que o calor acumulado nos materiais pesados é libertado durante a noite, ficando assim restabelecida a capacidade de acumular e absorver o calor excessivo durante o dia seguinte, mantendo o ambiente interior termicamente bastante confortável. A inércia térmica garante um conforto térmico interior ao longo de todo o ano e a ventilação natural permite a redução imediata de extremos de temperatura onde a inércia térmica, por si só, não é suficiente para garantir um conforto térmico (Ganhão, 2011).

É do conhecimento comum que as cores claras refletem melhor a radiação, consequentemente absorvem menos energia, e as cores escuras funcionam de maneira inversa. Com isto, facilmente se compreende que também a cor das superfícies condiciona a capacidade de absorção térmica e de reflexão da luz, portanto, pode ser interessante adaptar a inércia térmica à cor com a qual é revestida a sua superfície em contacto direto com o meio interior (Tirone e Nunes, 2008).

○ **Fachadas**

O isolamento térmico das fachadas pode ser aplicado pelo interior, na caixa-de-ar entre paredes duplas ou ainda pelo exterior do edifício. É sobretudo nesta última forma de aplicação que o isolamento térmico tem a maior eficácia (Ganhão, 2011).

De acordo com Tirone e Nunes (2008), um sistema de isolamento térmico com características técnicas e espessura adequadas, quando aplicado de forma contínua pelo exterior, apresenta as seguintes vantagens:

- *“É conseguida a eliminação de todas as pontes térmicas, que causam o aparecimento de condensações e, consequentemente, de fungos em paredes interiores (ou em compartimentos fechados), devendo, tanto o projeto como a execução, garantir a continuidade efetiva do isolamento térmico;*
- *É improvável uma má execução, ou seja, esquecer a colocação de placas, como tão frequentemente acontece quando o isolamento térmico se encontra escondido entre dois panos de tijolo (parede dupla), uma vez que todo o isolamento térmico aplicado pelo exterior permanece visível durante a sua aplicação em obra, facilitando a sua fiscalização;*
- *A estrutura do edifício e todos os materiais pesados que compõem a envolvente são protegidos dos contrastes e extremos de temperatura e das intempéries. Esta proteção garante uma maior longevidade e a integridade física dos materiais fundamentais, porque, desta forma, não sofrem nem a fendilhação nem as microfissuras típicas em toda a construção tradicional. Evita-se, assim, que estas microfissuras absorvam água por ação capilar, água que deteriora os materiais, sobretudo os metais;*

- *O isolamento térmico, aplicado de forma contínua e pelo exterior, faz com que a inércia térmica (dos materiais pesados utilizados na construção) funcione a favor do clima interior, contribuindo para que as temperaturas no edifício se mantenham estáveis e dentro das amplitudes térmicas médias do clima mediterrânico. Este comportamento resulta do facto das envolventes (paredes exteriores) não permanecerem em contacto direto com o exterior, estabilizando as temperaturas no seu valor médio. Com ambas as medidas (o isolamento térmico aplicado de forma contínua pelo exterior e a inércia térmica), os extremos do clima mediterrânico não afetam o equilíbrio térmico no interior do edifício;*
- *Estes sistemas de isolamento térmico pelo exterior podem ser igualmente aplicados na reabilitação de edifícios que não possuam nenhum ou insuficiente isolamento térmico. Sendo o sistema aplicado pelo exterior, é apenas necessário garantir que o mesmo adira permanentemente à superfície exterior existente e cuidar dos pormenores construtivos em volta de vãos, nas cimalthas e beirados;”*

As principais vantagens e desvantagens dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) são apresentadas seguidamente na Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Quadro resumo das vantagens e desvantagens da utilização de ETICS (Ganhão, 2011).

Utilização de ETICS	
Vantagens:	Desvantagens:
<ul style="list-style-type: none"> - Proteção de paredes contra agentes atmosféricos; - Diminuição da espessura das paredes exteriores; - Correção das pontes térmicas; - Redução dos riscos de condensação; - Potenciação da inércia térmica das paredes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo mais elevado; - Aplicação dificultada quando há aberturas e pormenores complicados; - Menor resistência mecânica.

Uma das vantagens mais importantes com a aplicação deste sistema é a correção das pontes térmicas e a potenciação da inercia térmica. Na Figura 3.12, mostra a diferença entre a aplicação de isolamento na caixa-de-ar e pelo exterior.

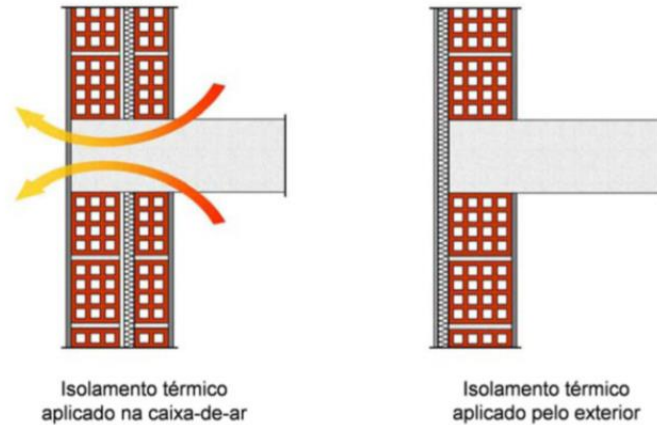


Figura 3.12 – Diferença entre aplicação de isolamento térmico na caixa-de-ar e pelo exterior. Fonte: Ganhão, 2011.

O sistema de ETICS (Figura 3.13) é constituído por um isolamento fixado ao paramento exterior da parede, por meio de cola ou de fixações mecânicas, que depois são cobertas por um revestimento especial, armado com redes de fibra de vidro e protegido por um acabamento.

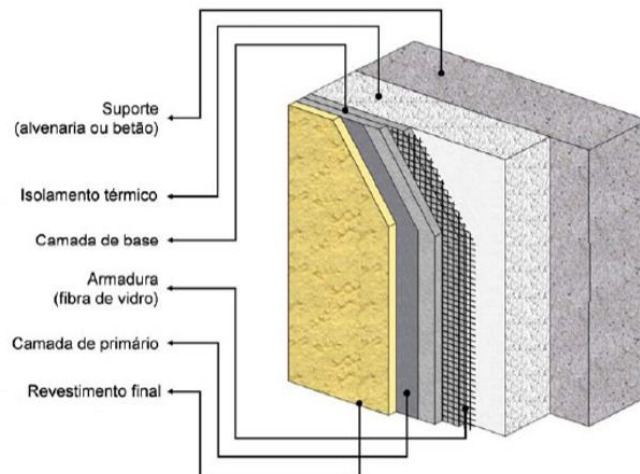


Figura 3.13 – Composição esquemática de um sistema ETICS. Fonte: Ganhão, 2011.

No mercado, existem vários tipos de isolamento térmico que são mais ou menos adequados consoante o projeto que se tem, no entanto, há algumas características que independentemente do projeto deverão ser asseguradas. É importante que, independentemente do material escolhido para o isolamento térmico, este possua durabilidade, características de isolamento e espessura correta para o contexto específico. Quando o sistema de isolamento térmico é aplicado continuamente pelo exterior, este deve ser permeável ao vapor e impermeável à água (Tirone e Nunes, 2008). Os diversos materiais disponíveis no mercado para este sistema são porosos e de baixa densidade, sendo que os mais utilizados são o

poliestireno expandido (EPS) e o poliestireno extrudido (XPS), seguidamente a lã de rocha e a cortiça (ganhão, 2011).

Importa fazer uma análise custo-benefício de modo a determinar a melhor solução construtiva face às necessidades energéticas da habitação e tendo em consideração o período de retorno financeiro da aplicação.

- **Paredes de trombe**

O conceito de parede de trombe foi apresentado por Morse em 1881 e desenvolvido e popularizado em 1957 por Félix Trombe e Jacques Michel, que construíram, em 1967, em Odeillo, França, a primeira casa com recurso a este sistema. Na Figura 3.14 é possível observar o protótipo da referida casa solar que incorpora uma parede de Trombe construída em betão com 60 cm de espessura (Mendonça, 2005).



Figura 3.14 - Protótipo de casa solar criada por Félix Trombe e Jacques Michel, França. Fonte: Mendonça, 2005.

Nas Figura 3.14 apresentam-se, respetivamente, um corte esquemático e a planta da casa solar, onde é possível observar a constituição da parede de Trombe e a disposição dos compartimentos.

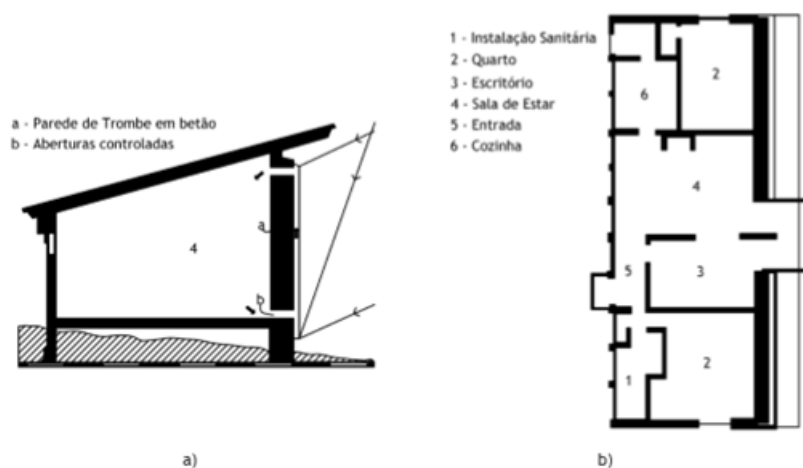


Figura 3.15 - Casa solar em Odeillo, França: a) corte esquemático; b) planta. Fonte: Mendonça, 2005.

Este sistema é constituído por um vão orientado a Sul, que corresponde à exposição solar que permite obter maior radiação solar, sendo colocada no interior uma parede maciça de espessura variável, cuja superfície exterior é geralmente pintada de cor escura. No exterior é colocado um envidraçado, distanciando da parede acumuladora, formando uma caixa-de-ar entre os dois elementos. A conceção clássica desta solução inclui a existência de um sistema de ventilação na parede acumuladora, tal como se ilustra na figura seguinte, havendo também paredes de trombe não ventiladas, quando este sistema não for previsto (Gonçalves e Graça, 2004).

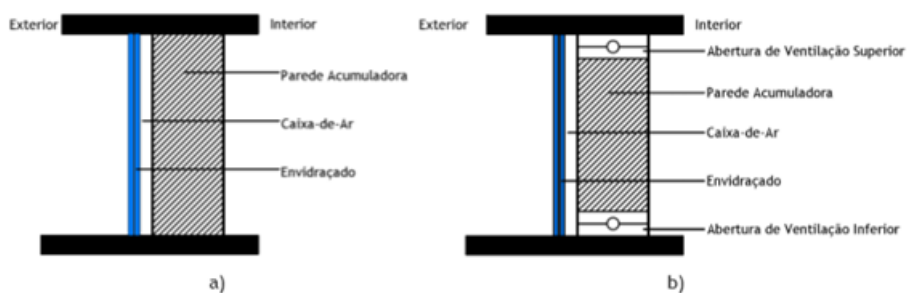


Figura 3.16 – Desenho esquemático da parede de Trombe: a) não ventilada; b) ventilada. Fonte: Gonçalves e Graça, 2004.

O seu funcionamento baseia-se nos fenómenos de transferência de calor, podendo funcionar como um sistema combinado de radiação e convecção, devido à existência de um sistema de ventilação. A radiação solar é absorvida e cedida ao interior do compartimento que serve, por condução através do elemento acumulador. A transferência de calor também pode ser realizada por convecção quando são colocadas aberturas no topo e na base deste elemento (Mendonça, 2005). A energia incidente é transferida para o interior do espaço, que será aquecido por intermédio da ventilação natural, garantida pelas aberturas na parede acumuladora (Gonçalves e Graça, 2004). Esta situação potencia este tipo de parede como um sistema solar passivo de aquecimento, sendo, no entanto, necessário minimizar a possibilidade de sobreaquecimento no período de Verão. A solução passa por introduzir um sistema de ventilação no envidraçado exterior que deverá ser complementado com dispositivos de sombreamento. A melhor forma de reduzir os custos com energia associados à utilização dos edifícios consiste em incorporar estas tecnologias solares passivas aquando da fase de projeto, uma vez que é nesta fase inicial que se poderá assegurar uma correta integração, quer ao nível do desempenho energético, quer ao nível dos custos associados à sua construção (Gonçalves e Graça, 2004).

Constituintes da parede de trombe

O dimensionamento da parede de trombe e a otimização do seu desempenho são função das características inerentes a cada um dos seus constituintes e ao seu conjunto. Por um lado, é fundamental o conhecimento das capacidades de armazenamento térmico do material que constitui a parede

acumuladora, bem como a espessura necessária para se obter o desfasamento ideal entre o período de acumulação e de libertação de calor para o interior do compartimento. Por outro lado, o envidraçado colocado pelo exterior é o elemento do sistema que permite criar o chamado efeito de estufa na caixa de ar existente entre este e a parede acumuladora. Neste caso, revelam-se de extrema importância a condutibilidade térmica do vidro a aplicar e a consideração de dispositivos de sombreamento e de ventilação. A espessura da caixa-de-ar deve também ser dimensionada tendo em atenção a quantidade de ar quente que é necessário que se armazene no espaço de ar para que depois possa ser transmitido para o interior do compartimento por condução, radiação e convecção no caso de a parede não ser ventilada, e essencialmente por convecção do ar, caso sejam previstas aberturas de ventilação na parede acumuladora (Gonçalves e Graça, 2004).

Parede acumuladora

A inércia térmica da parede acumuladora é uma das características mais importantes no desempenho da parede de trombe, uma vez que influencia de forma decisiva a capacidade de armazenamento térmico e de devolução de calor deste sistema passivo. Esta propriedade dos materiais é habitualmente usada como sistema passivo de ganho direto, sendo, no entanto, aplicada em sistemas solares passivos de ganho indireto, como é o caso da parede de trombe (Baggs, 2011).

A inércia térmica dos diferentes elementos construtivos de um edifício pode auxiliar na redução do consumo de energia num edifício, bem como melhorar o conforto e diminuir, ou até eliminar, o recurso a aparelhos de ar condicionado, contribuindo assim para a redução de custos (Baggs, 2011). A inércia térmica constitui, portanto, um dos elementos chave destas tecnologias passivas pois pode ser usado no sentido de reduzir as necessidades de aquecimento e de arrefecimento durante o dia e ao longo das diferentes estações do ano, de tal forma que permita o controlo das flutuações de temperatura (Baggs, 2011).

Para além do betão, outros materiais densos, como é o caso do tijolo maciço, são capazes de absorver o calor perante um diferencial de temperatura, e transferi-lo lentamente para o interior. Através da sua análise conclui-se que, à semelhança do que ocorre para o betão, uma parede de massa elevada de tijolo funciona melhor como estabilizadora de temperaturas interiores, do que uma parede com menor massa (Zlu, 2009).

Tabela 3.4 – Massa volúmica, calor específico e capacidade calorífica de diferentes materiais (Fonte: Baggs, 2011)

Material	Massa volúmica (Kg/m ³)	Calor específico (KJ/kg.K)	Capacidade calorífica (KJ/m ³ .K)
Água	1000	4,186	4186
Betão	2240	0,92	2060
Tijolo	1700	0,92	1360
Pedra	2000	0,9	1800
Adobe	1550	0,837	1300
Terra armada	2000	0,837	1673

A cor e a textura da superfície exterior da parede acumuladora são características influenciadoras da capacidade de absorção do calor da massa térmica de um material. Certas cores refletem mais radiação solar e absorvem menos do que outras, ou seja, se uma superfície exterior for pintada de tal forma que a sua emissão na região de ondas longas seja elevada, então o fluxo de calor que chega ao interior do edifício diminui consideravelmente (Salunke, 2011).

Modo de funcionamento

O modo de funcionamento deste sistema passivo será apresentado para a parede de trombe ventilada ou clássica e para a não ventilada.

A parede de trombe não ventilada é o sistema mais simples de paredes passivas de acumulação de energia solar. A energia recolhida pelo envidraçado, é absorvida e armazenada pela parede de massa elevada cuja superfície é pintada de cor escura. O calor armazenado é transmitido para o interior do compartimento por condução, convecção e processo radiativo transferência de calor é feita lentamente, provocando um atraso na devolução de calor ao ambiente, ou seja, o calor é acumulado na parede durante o dia e gradualmente libertado durante a noite. As proteções exteriores são essenciais para eliminar os períodos de sobreaquecimento no Verão e para diminuir as perdas para o exterior durante a noite, no Inverno, quando as temperaturas exteriores diminuem (Costa, 2008).

No Inverno, durante o dia, os dispositivos de ventilação apenas deverão estar abertos quando a temperatura na caixa-de-ar for superior à temperatura do compartimento, e seja necessário o seu aquecimento. Para aproveitar ao máximo a radiação solar incidente os dispositivos de sombreamento, caso sejam móveis deverão permanecer abertos. Durante a noite, para reduzir as perdas de calor, caso exista dispositivo de proteção móvel, deverá estar fechado, bem como as aberturas de ventilação na parede acumuladora (Mendonça, 2005), ver Figura 3.17.

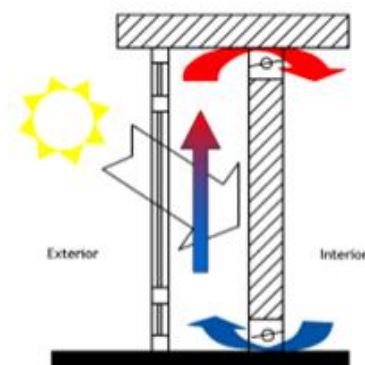


Figura 3.17 – Esquema de funcionamento da parede de Trombe ventilada, durante o dia, no Inverno.

Fonte: Mendonça, 2015).

No Verão, durante o dia, os orifícios de ventilação devem permanecer fechados e deverá ser previsto o sombreamento do sistema, recorrendo a diversos dispositivos, tendo em atenção que, quanto mais opaco for o dispositivo menores serão os ganhos solares, e quanto mais clara for a superfície deste elemento, maior será a energia refletida. Desta forma poderão ser eliminados os efeitos de sobreaquecimento inerentes a este período do ano. Durante a noite, para facilitar o arrefecimento da parede, devem ser abertos os orifícios de ventilação no envidraçado e fechados os existentes na parede acumuladora, ver Figura 3.18 (Mendonça, 2005).

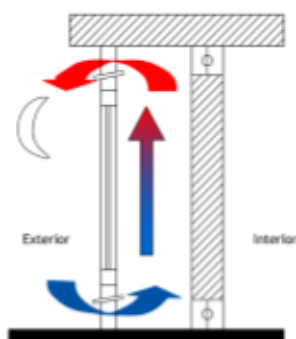


Figura 3.18 – Esquema de funcionamento da parede de Trombe ventilada, durante a noite, no Verão.

Fonte: Mendonça, 2005).

A parede de trombe duplamente ventilada pode também funcionar como bomba de calor de ar quente, favorecendo a ventilação do edifício. Para isso, o orifício superior da parede acumuladora deve estar fechado e o orifício superior do envidraçado deve estar aberto. Assim, o ar quente do interior do edifício é absorvido pela baixa pressão criada na caixa-de-ar associada a aberturas existentes na fachada oposta, a Norte, para permitir entrada de ar frio, conforme Figura 3.19, (Mendonça, 2005).

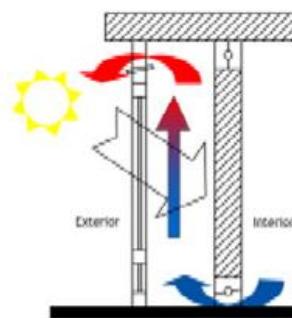


Figura 3.19 – Esquema de funcionamento da parede de Trombe no sentido de favorecer a ventilação no Verão. Fonte: Mendonça, 2005.

○ **Coberturas verdes**

As coberturas verdes podem parecer irrelevantes no que toca à construção sustentável, no entanto, a verdade é que através deste tipo de coberturas consegue-se também controlar as temperaturas mais elevadas no Verão, conferindo conforto e bem-estar aos respetivos utilizadores.

Quando se dispõe de áreas com alguma vegetação que libertam humidade, a frescura que daí resulta pode contribuir para o arrefecimento e aumentar o conforto ambiental no interior das habitações adjacentes (Tirone e Nunes, 2008).

A plantação de espécies vegetais em áreas de cobertura faz com que sejam criados ecossistemas que contêm muitos dos organismos da natureza que contribuem para absorção e atenuação da poluição da cidade proveniente das atividades humanas.

No entanto, é certo que tudo isto do arrefecimento passivo e da atenuação da poluição só fará sentido se as coberturas verdes forem realizadas de maneira a não comprometer o resto do edifício do ponto de vista estrutural e funcional. É de toda a importância que a impermeabilização, o isolamento térmico, a terra e as espécies usados sejam adequados ao contexto das coberturas verdes (Tirone e Nunes, 2008).

○ **Pavimentos**

“Nos edifícios também ocorrem perdas de calor através dos pavimentos, quer sejam pavimentos em contacto direto com o terreno, sobre espaços não aquecidos ou sobre o exterior. Esta situação é especialmente relevante no que se refere ao pavimento em contacto direto com o solo, dado o diferencial de temperatura que pode ocorrer no período de Inverno e a influência que as humidades podem ter para o nível de conforto interior. Este fator é indutor de situações de consumos de energia e, como tal, é necessário isolar termicamente o pavimento com um material de isolamento térmico adequado para este contexto e situação” (Ganhão, 2011).

- **Sistemas solares térmicos**

Portugal é um país que, devida à sua posição geográfica, possui um índice de radiação solar elevado o que faz com que a energia proveniente do Sol seja utilizada (Ganhão, 2011).

Uma das utilizações desta energia infinita é a sua captação para produção das águas quentes sanitárias, para desta forma poupar no gasto de energia elétrica e reduzir o impacto ambiental do edifício. A energia proveniente da radiação solar incidente no edifício é captada por intermédio de coletores solares, estes são inclinados tendo em conta o ângulo de incidência solar (para captar a maior quantidade possível de radiação solar, potenciando a sua eficiência).

O sistema descrito designa-se por sistema solar térmico e converte a energia solar, através do coletor solar térmico colocado no exterior do edifício, geralmente na cobertura, por onde circula um fluido de transferência térmica. Uma rede de tubagem permite o escoamento deste fluido entre o coletor, onde é aquecido, e o depósito de acumulação, onde é armazenada a energia térmica. O armazenamento no depósito permite a utilização da água quente nos períodos em que as necessidades não coincidem com a disponibilidade do recurso, por exemplo, à noite (ADENE, 2010).

Para aplicações de produção de água quente sanitária, existem dois tipos de soluções: termossifão e o sistema de circulação forçada.

No sistema em termossifão todos os componentes do sistema solar térmico estão no exterior e o depósito é colocado a uma cota superior à do coletor solar. O fluido térmico é aquecido no coletor e, com o aumento da temperatura, fica mais leve deslocando-se para o ponto mais alto, o depósito, onde transfere a energia à água da rede armazenada. Este movimento é contínuo e só cessa quando a radiação é baixa ou nula (ADENE, 2010).



Figura 3.20 – Esquema da circulação em termossifão. Fonte: ADENE, 2010.

O sistema de circulação forçada requer uma bomba de circulação para movimentar o fluido térmico do coletor para o depósito, o que permite a colocação do depósito numa zona protegida. A bomba de circulação é controlada por um sistema de comando que integra sondas de temperatura, permitindo o seu acionamento só quando a temperatura do fluido no coletor for superior à da água no depósito (ADENE, 2010).

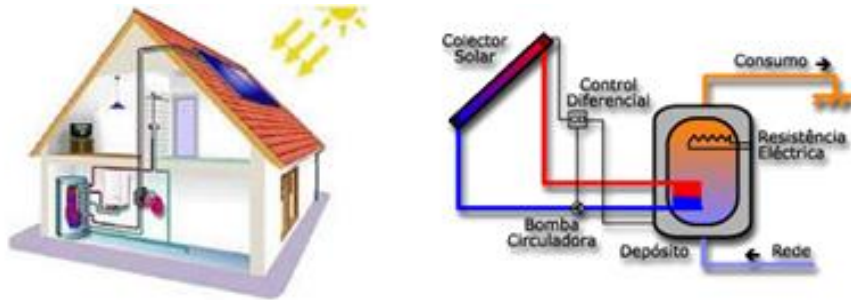


Figura 3.21 – Esquema de um sistema de circulação forçada. Fonte: ADENE, 2010.

A quando a instalação de um sistema solar térmico, é recomendável considerar o seguinte:

- Os coletores devem ficar orientados para sul;
- O ângulo dos coletores relativamente à linha horizonte deve ser o correspondente à latitude do local, sendo também aceitáveis ângulos mais baixos por razões arquitetónicas e para coletores usados apenas no verão;
- As tubagens devem ser isoladas de forma a reduzir as perdas de calor desde o coletor até ao ponto de utilização;
- Acesso fácil para manutenção e limpeza (Ganhão, 2011).

Os benefícios/vantagens destes dos sistemas solares térmicos são:

- A energia solar térmica permite reduzir o valor da fatura da energia;
- A energia solar térmica é uma fonte de energia renovável inesgotável que pode garantir até 70% das necessidades de água quente (ADENE, 2010).

O tempo de recuperação do investimento de um sistema solar térmico varia entre 20 a 30 anos, dependendo da energia de apoio, tipo de instalação e fim a que se destina.

- **Sistemas solares fotovoltaicos**

Como referido anteriormente, Portugal tem um aproveitamento solar elevado e por isso, o aproveitamento da energia solar para produção de energia é uma solução recomendável.

Um painel fotovoltaico é um dispositivo que permite converter a energia libertada pelo sol, sob a forma de radiação solar, diretamente em energia eléctrica. A energia solar fotovoltaica representa uma solução benéfica para o ambiente pois é a produzida sem produtos tóxicos.

Os painéis são compostos por uma justaposição de células fotovoltaicas, formando módulos fotovoltaicos. As células fotovoltaicas mais comuns são constituídas por uma placa de silício cristalino, que é um material semicondutor. O desempenho energético dos painéis varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, sendo que a orientação a sul com 35% de inclinação é a disposição recomendada para estes painéis (Ganhão, 2011).



Figura 3.22 – Exemplo de sistema solar fotovoltaico. Fonte: ADENE, 2010.

A nível de edifícios, este tipo de sistema pode ser integrado ao nível das fachadas e coberturas. Em termos económicos este sistema permite obter o retorno do investimento inicial após alguns anos (Gomes, 2015).

No Quadro 3.2 são sistematizadas as principais vantagens e desvantagens da utilização dos painéis fotovoltaicos.

Quadro 3.2 – Vantagens e desvantagens da utilização de painéis solares fotovoltaicos (Ganhão, 2011).

Utilização de painéis solares fotovoltaicos	
Vantagens:	Desvantagens:
<ul style="list-style-type: none"> - Alta fiabilidade; - Portabilidade dos módulos; - Adaptabilidade dos módulos; - Custos de operação e manutenção reduzidos; - A energia gerada pode ser armazenada em baterias e aproveitada durante os períodos de ausência de radiação solar; - Vantagens ambientais, pelo aproveitamento de uma energia renovável. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo de investimento elevado; - Rendimento real de conversão reduzido; - Do ponto de vista económico, raramente são competitivos com outro tipo de geradores, como por exemplo, os geradores a gasóleo.

○ **Eletrrodomésticos eficientes**

De acordo com o estudo da Matriz Energética de Lisboa (2004) onde especifica que os eletrodomésticos são responsáveis por trinta e quatro por cento da fatura energética doméstica. Daqui se depreende que se houver forma de economizar ao nível dos eletrodomésticos, haverá uma redução energética significativa.

Neste campo, para além da escolha de eletrodomésticos com desempenhos energéticos e consumos de água de classes eficientes (A, A+ ou A++), existem certas atitudes e decisões que podem também ajudar a fazer a diferença. A postura de, face às máquinas de lavar, optar por fazer os ciclos à noite (quando a energia é vendida a um preço inferior) e só quando estas estão cheias, é já relativamente comum nas famílias portuguesas. No entanto, há um outro aspeto importante que nem sempre é considerado: o tamanho dos eletrodomésticos. Por exemplo, a aquisição de um frigorífico de dimensões desnecessárias acarreta consumos de energia maiores e igualmente desnecessários, mesmo que este seja extremamente eficiente (ADENE, 2010).

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO DA APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES

Para otimizar o consumo de água e energia dos edifícios, é necessário adotar soluções que contribuam para a redução desses consumos.

Para auxiliar na decisão a tomar sobre o tipo de solução a utilizar, é fundamental efetuar uma análise económica, percebendo-se os custos de compra dos equipamentos mais eficientes e os consumos anuais, por forma a determinar o período de retorno de cada solução adotada.

4.1 APRESENTAÇÃO DO CASO EM ESTUDO

Foi desenvolvido um estudo de três habitações com tipologia T1, T2 e T3 respetivamente, que possuem dispositivos convencionais e não contemplam instalação de painéis solares térmicos. Para o estudo, foi considerado que as habitações foram remodeladas e que nessa remodelação foi sugerida a alteração das torneiras do chuveiro, do lavatório e da cozinha e a instalação de painéis solares térmicos.

De forma, a conseguir perceber qual a melhor opção de alteração, é necessário comparar o cálculo da poupança de consumo de água e energia anual e determinar o período de retorno financeiro.

Para obtenção dos valores para o caso em estudo serão considerados os seguintes dados:

- Para a tipologia T1 foram considerados 2 habitantes e uma instalação sanitária;
- Para a tipologia T2 foram considerados 3 habitantes e uma instalação sanitária;
- Para a tipologia T3 foram considerados 4 habitantes e duas instalações sanitárias;
- Tarifa da água (Águas do Porto, 2019): 2,81€/m³;
- Tarifa da energia (EDP, 2019): 0,15€/kWh;
- Preços praticados no mercado nos meses de Setembro e Outubro de 2019.¹

Inicialmente, foi efetuado um estudo do volume anual de água consumida por habitante, para os dispositivos convencionais e para os dispositivos eficientes. Após este estudo, foi importante efetuar o

¹ Preços levantados no catálogo do AKI, 2019.

cálculo do volume anual de água consumida por cada dispositivo convencional e o seu custo anual, de forma a ser o ponto de partida para os cálculos seguintes. Posto isto, para cada tipologia foi realizado o estudo individual da alteração de cada dispositivo e retiram-se os valores de custo anual, a poupança e o período de retorno financeiro.

Posteriormente sugerem-se quatro opções de alternativa, de forma a calcular a poupança anual de água e energia e perceber qual a opção mais rentável.

De uma forma geral o estudo procura evidenciar os benefícios que podem resultar de uma remodelação e que poderão resultar em menores consumo hídricos e energéticos.

VOLUME ANUAL DE ÁGUA CONSUMIDA POR HABITANTE

O consumo de água tem um custo e nos edifícios o volume de água consumida pode ser diminuído. Deste modo, serão comparados seguidamente dois casos, cuja diferença reside na alteração da classe de eficiência dos dispositivos, pela metodologia de cálculo proposta no parâmetro volume anual de água consumido per capita no interior do edifício do SBTool que estima o volume de água consumido anualmente por cada habitante, em cada um dos dispositivos de utilização, em função da eficiência do dispositivo utilizado e dos padrões de consumo médio.

No 1º caso serão considerados dispositivos convencionais e no 2º caso dispositivos eficientes, com isto será possível calcular o volume anual de água consumida por habitante para cada dispositivo, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Determinação do consumo de água por habitante, pela metodologia de cálculo proposta no SBTTool.

Determinação do consumo de água por habitante com dispositivos convencionais						
Dispositivo de utilização	Tipo de utilização	Consumo por utilização (litros)	Proporção na habitação (soma=1)	N.º utilizações por ano	N.º de utilizações/dia .hab.	Vol. Anual de água consumida (m ³ /hab.ano)
Bacia de retrete	Descarga 4L	4,0	1	365	6,00	8,76
Torneiras	Convencional	1,0	1	365	10,00	3,65
Lava louça	Convencional	12,0	1	365	1,00	4,38
Chuveiro	9<f<12	52,5	1	365	0,70	13,41
Máquina de lavar roupa	Corrente	75,0	1	365	0,15	4,11
Máquina de lavar louça	Corrente	25,0	1	365	0,12	1,10
Total						35,41
Determinação do consumo de água por habitante com dispositivos eficientes						
Bacia de retrete	Dupla descarga 4/2l	3,0	1	365	6,00	6,57
Torneiras	Com redutor de caudal	0,5	1	365	10,00	1,83
Lava louça	Com redutor de caudal	6,0	1	365	1,00	2,19
Chuveiro	6<f<9	37,5	1	365	0,70	9,58
Máquina de lavar roupa	Baixo consumo	45,0	1	365	0,15	2,46
Máquina de lavar louça	Baixo consumo	15,0	1	365	0,12	0,66
Total						23,29

No seguimento dos valores de volume anual de água consumida por habitante de cada dispositivo, resultantes dos cálculos das tabelas anteriores, irá resultar um resumo do custo do consumo de água anual dos dispositivos instalados em cada habitação, conforme mostra a Tabela 4.2.

Nota-se que para a habitação de tipologia T1 foram considerados 2 habitantes, para a habitação de tipologia T2, 3 habitantes e para a tipologia T3 considerados 4 habitantes. Para a tipologia T3, houve o acréscimo de uma instalação sanitária o que implica a consideração de mais torneiras de chuveiro e lavatório, como mostra a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Determinação do custo do consumo de água, por tipologia, para os dispositivos a alterar.

Dispositivo	Tarifa da água (€)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /hab.ano)	Custo anual do consumo de água (€)		
			T1	T2	T3
Torneira chuveiro 9<f<12	2,81 €	13,41	75,39 €	113,08 €	150,77 €
Torneira lavatório convencional	2,81 €	3,65	20,51 €	30,77 €	41,03 €
Torneira lava louça convencional	2,81 €	4,38	24,62 €	36,92 €	49,23 €
Total			120,51 €	180,77 €	241,03 €

4.2 CÁLCULO DO CUSTO-BENEFÍCIO DAS SOLUÇÕES EFICIENTES ESCOLHIDAS

Após se identificar os dispositivos que se pretende alterar, é relevante proceder-se ao cálculo da poupança do consumo anual de água e da diferença de custo anual dessa alteração. Posto isto, será efetuado um levantamento dos preços praticados no mercado nos meses de Setembro e Outubro para os dispositivos a alterar com a finalidade de calcular o período de retorno financeiro para cada alteração.

O caso em estudo não inclui painéis solares térmicos, assim previu-se a instalação dos mesmos e efetuou-se o cálculo da poupança no consumo de energia e o respetivo período de retorno financeiro.

Inicialmente o estudo foi realizado com alterações de forma a promover a eficiência hídrica, como a alteração das torneiras convencionais para umas mais eficientes e posteriormente, foi realizado o estudo a promover a eficiência energética com a instalação de painéis solares térmicos.

Soluções para otimizar a eficiência hídrica

O estudo seguinte será realizado para as tipologias T1, T2 e T3.

○ Tipologia T1

Os dispositivos a alterados foram: as torneiras da instalação sanitária e da cozinha. Primeiramente, foi estudado a alteração da torneira de chuveiro e calculou-se o período de retorno desta solução, conforme mostram as Tabela 4.3 e Tabela 4.4.

Tabela 4.3 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do chuveiro (T1).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira chuveiro 9<f<12	2	13,41	26,82	7,66
Torneira chuveiro 6<f<9	2	9,58	19,16	

Com a troca da torneira de chuveiro para uma com um fluxo menor, conseguiu-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 7,66 m³.

Tabela 4.4 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do chuveiro (T1)

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	75,36 €	21,52 €	47,00 €	36,00 €	1,7
2,81 €	53,84 €		83,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 21,52€ e que o período de retorno financeiro será de 1,7 anos.

Seguidamente, será efetuado o mesmo cálculo para a alteração da torneira de lavatório, conforme Tabela 4.5 e Tabela 4.6.

Tabela 4.5 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do lavatório (T1).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira lavatório convencional	2	3,65	7,30	3,64
Torneira lavatório com redutor de caudal	2	1,83	3,64	

Com a troca da torneira de lavatório considerada convencional, para uma com redutor de caudal, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 2,92 m³.

Tabela 4.6 – Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do lavatório (T1).

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	20,51 €	10,23€	30,00 €	35,00 €	3,4
2,81 €	10,28 €		65,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 10,23€ e que o período de retorno financeiro será de 3,4 anos.

Posteriormente, o estudo realizado será para a alteração da torneira da cozinha, conforme Tabela 4.7 e Tabela 4.8.

Tabela 4.7- Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira da cozinha (T1).

Dispositivos	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira lava louça convencional	2	4,38	8,76	4,38
Torneira lava louça com redutor de caudal	2	2,19	4,38	

Com a troca da torneira da cozinha considerada convencional para uma com redutor de caudal, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 4,38 m³.

Tabela 4.8 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira da cozinha (T1).

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	24,62 €	12,31 €	40,00 €	40,00 €	3,2
2,81 €	12,31 €		80,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 12,31€ e que o período de retorno financeiro será de 3,2 anos.

o Tipologia T2

Os dispositivos a alterados na habitação de tipologia T2 foram: as torneiras da instalação sanitária e da cozinha. Primeiramente, estudou-se a alteração da torneira de chuveiro e calculou-se o período de retorno desta solução, conforme Tabela 4.9 e Tabela 4.10.

Tabela 4.9 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do chuveiro (T2).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira chuveiro 9<f<12	3	13,41	40,23	11,49
Torneira chuveiro 6<f<9	3	9,58	28,74	

Com a troca da torneira de chuveiro para uma com um fluxo menor, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 11,49 m³.

Tabela 4.10 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do chuveiro (T2)

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	113,05 €	32,29 €	47,00 €	36,00 €	1,1
2,81 €	80,76 €		83,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 32,29€ e que o período de retorno financeiro será de 1,1 anos.

Seguidamente, foi efetuado o mesmo cálculo para a alteração da torneira de lavatório, conforme mostra a Tabela 4.11 e Tabela 4.12.

Tabela 4.11 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do lavatório (T2).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira lavatório convencional	3	3,65	10,95	5,46
Torneira lavatório com redutor de caudal	3	1,83	5,49	

Com a troca da torneira de lavatório considerada convencional para uma com redutor de caudal, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 5,46 m³.

Tabela 4.12 – Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do lavatório (T2).

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	30,77 €	15,34€	30,00 €	35,00 €	2,3
2,81 €	15,43 €		65,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 15,34€ e que o período de retorno financeiro será de 2,3 anos.

Posteriormente, o estudo realizado foi para a alteração da torneira da cozinha, conforme Tabela 4.13 e Tabela 4.14).

Tabela 4.13 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira da cozinha (T2).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira lava louça convencional	3	4,38	13,14	6,57
Torneira lava louça com redutor de caudal	3	2,19	6,57	

Com a troca da torneira da cozinha considerada convencional para uma com redutor de caudal, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 6,57 m³.

Tabela 4.14 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira da cozinha (T2).

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	36,92 €	18,46 €	40,00 €	40,00 €	2,2
2,81 €	18,46 €		80,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 18,46€ e que o período de retorno financeiro será de 2,2 anos.

o **Tipologia T3**

Como nas tipologias T1 e T2, os dispositivos a alterados na habitação de tipologia T3 foram: as torneiras das instalações sanitárias e da cozinha. Primeiramente, estudou-se a alteração da torneira de chuveiro e calculou-se o período de retorno desta solução, conforme Tabela 4.15 e Tabela 4.16. De realçar que nesta tipologia haverá duas instalações sanitárias.

Tabela 4.15 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do chuveiro (T3).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m ³ /hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m ³ /ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m ³ /ano)
Torneira chuveiro 9<f<12	4	13,41	53,64	15,32
Torneira chuveiro 6<f<9	4	9,58	38,32	

Com a troca da torneira de chuveiro para uma com um fluxo menor, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 15,32 m³.

Tabela 4.16 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do chuveiro (T3).

Tarifa da água (€/m ³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	150,73 €	43,05 €	94,00 €	72,00 €	1,7
2,81 €	107,68 €		166,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 43,05€ e que o período de retorno financeiro será de 1,7 anos.

Seguidamente, foi efetuado o mesmo cálculo para a alteração da torneira de lavatório, conforme Tabela 4.17 e Tabela 4.18.

Tabela 4.17 – Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira do lavatório (T3).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m³/hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m³/ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m³/ano)
Torneira lavatório convencional	4	3,65	14,60	7,28
Torneira lavatório com redutor de caudal	4	1,83	7,32	

Com a troca da torneira de lavatório de uma considerada convencional para uma com redutor de caudal, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 7,28 m³.

Tabela 4.18 – Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira do lavatório (T3).

Tarifa da água (€/m³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	41,03 €	20,46 €	60,00 €	70,00 €	3,4
2,81 €	20,57 €		130,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 20,46€ e que o período de retorno financeiro será de 3,4 anos.

Posteriormente, o estudo realizado foi para a alteração da torneira da cozinha, conforme mostram a Tabela 4.19 e Tabela 4.20.

Tabela 4.19 - Cálculo da poupança do volume de consumo de água anual com a alteração da torneira da cozinha (T3).

Dispositivo	N.º Hab.	Vol. Anual de água (m³/hab.ano)	Vol. Anual de água consumida (m³/ano)	Poupança no vol. De consumo anual (m³/ano)
Torneira lava louça convencional	4	4,38	17,52	8,76
Torneira lava louça com redutor de caudal	4	2,19	8,76	

Com a troca da torneira da cozinha considerada convencional para uma com redutor de caudal, consegue-se uma poupança no volume de consumo de água anual de 8,76 m³.

Tabela 4.20 - Cálculo do período de retorno financeiro com a alteração da torneira da cozinha (T3).

Tarifa da água (€/m³)	Custo anual do consumo de água (€)	Diferença de custo anual (€)	Custo de compra da torneira (€)	Diferença de valor de compra (€)	Período de retorno (anos)
2,81 €	49,23 €	24,62 €	40,00 €	40,00 €	1,6
2,81 €	24,62 €		80,00 €		

Verifica-se que existe uma diferença de custo anual de 24,62€ e que o período de retorno financeiro será de 1,6 anos.

Soluções para otimizar a eficiência energética.

Após alteração das torneiras e análise da poupança de custo anual e determinação do período de retorno financeiro, procedeu-se ao cálculo da poupança de consumo de energia e o do período de retorno financeiro com a instalação de painéis solares térmicos para cada tipologia. Para os cálculos seguintes, considerou-se um valor da energia de 0,15€/kWh.

○ **Tipologia T1**

A habitação de tipologia T1 em estudo não tinha considerado painel solar térmico, pelo que, procedeu-se ao cálculo da aplicação de um painel com área de 1,30m² constituído por coletor solar térmico com um depósito com capacidade mínima de 80L (este valor foi calculado a partir de um caso real apresentado no Anexo).

Tabela 4.21 – Cálculo do benefício na instalação de um painel solar térmico na habitação de tipologia T1.

	Necessidades de energia (kWh)	Valor da energia (€/kWh)	Custo anual de consumo de energia (€)	Poupança de consumo (€)	Custo coletor (€)	Período de retorno (anos)
Energia útil solicitada	1188	0,15	183,43 €	105,61 €	510,00 €	4,83
Satisfeitas por origem solar	684		105,61 €			
Satisfeitas pelo apoio	504		77,82 €			

Da análise da Tabela 4.21, verifica-se que com a instalação do painel solar térmico a poupança das necessidades de energia será de 684kWh o que reduz em 57,58% o consumo de energia, em contrapartida, o período de retorno financeiro é de 4,83 anos.

○ **Tipologia T2**

Para a habitação de tipologia T2, procedeu-se ao cálculo da aplicação de um painel solar térmico com área de 1,95m² constituído por coletor solar térmico com um depósito com capacidade mínima de 120L (este valor foi calculado a partir de um caso real apresentado no Anexo).

Tabela 4.22 - Cálculo do benefício na instalação de um painel solar térmico na habitação de tipologia T2.

	Necessidades de energia (kWh)	Valor da energia (€/kWh)	Custo anual de consumo de energia (€)	Poupança de consumo (€)	Custo coletor (€)	Período de retorno (anos)
Energia útil solicitada	1783	0,15	275,30 €	164,90 €	640,00 €	3,88
Satisfeitas por origem solar	1068		164,90 €			
Satisfeitas pelo apoio	714		110,24 €			

Da análise da Tabela 4.22, verifica-se que com a instalação do painel solar térmico a poupança das necessidades de energia será de 1068kWh o que reduz em 59,90% o consumo de energia e o período de retorno financeiro toma o valor de 3,88 anos.

o Tipologia T3

Para a habitação de tipologia T3, procedeu-se ao cálculo da aplicação de um painel solar térmico com área de 2,60m² constituído por coletor solar térmico com um depósito com capacidade mínima de 160L (este valor foi calculado a partir de um caso real apresentado no Anexo).

Tabela 4.23 - Cálculo do benefício na instalação de um painel solar térmico na habitação de tipologia T3.

	Necessidades de energia (kWh/ano)	Valor da energia (€/kWh)	Custo anual de consumo de energia (€)	Poupança de consumo (€)	Custo coletor (€)	Período de retorno (anos)
Energia útil solicitada	2377	0,15	367,01 €	225,89 €	720,00 €	3,19
Satisfeitas por origem solar	1463		225,89 €			
Satisfeitas pelo apoio	914		141,12 €			

Da análise da Tabela 4.23, verifica-se que com a instalação do painel solar térmico, a poupança das necessidades de energia será de 1463kWh o que reduz em 61,58% o consumo de energia, no entanto o período de retorno financeiro é de 3,19 anos.

4.3 ESTUDO DA ALTERAÇÃO DOS DISPOSITIVOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nas tabelas anteriores procedeu-se ao cálculo da poupança anual no consumo de água e energia com a alteração de certos dispositivos e obteve-se o período de retorno dessa alteração. Com estes valores e de forma a perceber qual a solução adotar, seguidamente apresenta-se quatro opções de alteração/instalação de dispositivos e o cálculo final do seu período de retorno:

- Opção 1: alterar as torneiras das instalações sanitárias para umas mais eficientes e manter a torneira da cozinha convencional. Não se considera instalação de painel solar térmico;
- Opção 2: manter as torneiras das instalações sanitárias convencionais e alterar a torneira da cozinha para uma eficiente. Não se considera instalação de painel solar térmico;
- Opção 3: manter todas as torneiras convencionais e instalar painel solar térmico;
- Opção 4: alterar todas as torneiras para umas eficientes e instalar painel solar térmico.

As opções descritas anteriormente foram estudadas para cada tipologia.

○ **Tipologia T1**

Opção 1: Consiste em alterar a torneira do chuveiro para uma com menor fluxo e a torneira do lavatório para uma com redutor de caudal, mantendo a torneira da cozinha convencional e não considerando instalação de painel solar térmico, conforme Tabela 4.24.

Tabela 4.24 – Custo do consumo de água proveniente da alteração das torneiras da instalação sanitária para umas mais eficientes, mantendo a torneira da cozinha convencional (T1).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)
Torneira chuveiro 6<f<9	53,84 €
Torneira lavatório com redutor de caudal	10,28 €
Torneira lava louça convencional	24,62 €
Total	88,74 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de sanitária, reduz 26,36% o custo de consumo anual, o que concede aproximadamente 31,77€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 2,4 anos.

Opção 2: Constitui a alteração da torneira da cozinha para uma mais eficiente, mantendo as torneiras do chuveiro e do lavatório convencionais. Não será considerado instalação de painel solar térmico.

Tabela 4.25 – Custo do consumo de água proveniente da alteração da torneira da cozinha, mantendo as torneiras da instalação sanitária convencionais (T1).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)
Torneira chuveiro 9<f<12	75,39 €
Torneira lavatório convencional	20,51 €
Torneira lava louça com redutor de caudal	12,31 €
Total	108,21 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 120,51€. Com a opção de alteração da torneira da cozinha, reduz 10,21% o custo de consumo anual, o que dá aproximadamente 12,30€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 3,2 anos.

Opção 3: Consiste na utilização de torneiras convencionais, não havendo alteração das mesmas, e a instalação de um painel solar térmico.

Tabela 4.26 – Custo do consumo de água e de energia proveniente da instalação de painel solar térmico e mantendo todas as torneiras convencionais (T1).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)	Custo anual do consumo de energia (€)
Torneira chuveiro 9<f<12	75,39 €	-
Torneira lavatório convencional	20,51 €	-
Torneira lava louça convencional	24,62 €	-
Painel solar térmico	-	77,82 €
Total	120,51€	77,82 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 120,51€, este consumo manter-se-á pois não houve alteração de dispositivos. Em relação à poupança no custo de consumo anual de energia houve uma redução de 57,58%, o que perfaz uma poupança de 105,61€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 4,83 anos.

Opção 4: Constitui a alteração das torneiras de chuveiro, lavatório e cozinha para umas mais eficientes e ainda, a instalação de um painel solar térmico.

Tabela 4.27 – Custo do consumo de água e energia proveniente da instalação de painel solar térmico e da alteração de todas as torneiras (T1).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)	Custo anual do consumo de energia (€)
Torneira chuveiro 6<f<9	53,84 €	-
Torneira lavatório com redutor de caudal	10,28 €	-
Torneira lava louça com redutor de caudal	12,31 €	-
Painel solar térmico	-	77,82 €
Total	76,43 €	77,82 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 120,51€. Com a opção de alteração da torneira de chuveiro, de lavatório e da cozinha, reduz 36,58% o custo de consumo anual, o que dá aproximadamente uma poupança de 44,08€/anual. Em relação à poupança no custo de consumo anual de energia houve uma redução de 57,58%, o que perfaz uma poupança de 105,61€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 4,38 anos.

o **Tipologia T2**

Opção 1: Consiste em alterar a torneira do chuveiro para uma com menor fluxo e a torneira do lavatório para uma com redutor de caudal, mantendo a torneira da cozinha convencional e não considerando instalação de painel solar térmico, conforme Tabela 4.24.

Tabela 4.28 – Custo do consumo de água proveniente da alteração das torneiras da instalação sanitária para umas mais eficientes, mantendo a torneira da cozinha convencional (T2).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)
Torneira chuveiro 6<f<9	80,76 €
Torneira lavatório com redutor de caudal	15,43 €
Torneira lava louça convencional	36,92 €
Total	133,11 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 180,77€. Com a opção de alteração das torneiras da instalação

sanitária, reduz 26,37 % o custo de consumo anual, o que concede uma poupança de aproximadamente 47,66€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 1,5 anos.

Opção 2: Constitui a alteração da torneira da cozinha para uma mais eficiente, mantendo as torneiras do chuveiro e do lavatório convencionais. Não será considerado instalação de painel solar térmico.

Tabela 4.29 – Custo do consumo de água proveniente da alteração da torneira da cozinha, mantendo as torneiras da instalação sanitária convencionais (T2).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)
Torneira chuveiro 9<f<12	113,08 €
Torneira lavatório convencional	30,77 €
Torneira lava louça com redutor de caudal	18,46 €
Total	162,31 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 180,77€. Com a opção de alteração da torneira da cozinha, reduz 10,21% o custo de consumo anual, o que dá uma poupança de aproximadamente 18,46€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 2,17 anos.

Opção 3: Consiste na utilização de torneiras convencionais, não havendo alteração das mesmas, e a instalação de um painel solar térmico.

Tabela 4.30 - Custo do consumo de água e de energia proveniente da instalação de painel solar térmico e mantendo todas as torneiras convencionais (T2).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)	Custo anual do consumo de energia (€)
Torneira chuveiro 9<f<12	113,08 €	-
Torneira lavatório convencional	30,77 €	-
Torneira lava louça convencional	36,91 €	-
Painel solar térmico	-	110,24 €
Total	180,77€	110,24€

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 180,77€, este consumo manter-se-á pois não houve alteração de dispositivos. Em relação à poupança no custo de consumo anual de energia houve uma redução de 59,90%, o que perfaz uma poupança de 164,90€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 3,88 anos.

Opção 4: Constitui a alteração das torneiras de chuveiro, lavatório e cozinha para umas mais eficientes e ainda, a instalação de um painel solar térmico.

Tabela 4.31 – Custo do consumo de água e energia proveniente da instalação de painel solar térmico e da alteração de todas as torneiras (T2).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)	Custo anual do consumo de energia (€)
Torneira chuveiro 6<f<9	80,76 €	-
Torneira lavatório com redutor de caudal	15,43 €	-
Torneira lava louça com redutor de caudal	18,46 €	-
Painel solar térmico	-	110,24 €
Total	114,65 €	110,24 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 180,77€. Com a opção de alteração da torneira de chuveiro, de lavatório e da cozinha, reduz 36,58% o custo de consumo anual, o que dá aproximadamente uma poupança de 66,12€/anual. Em relação à poupança no custo de consumo anual de energia houve uma redução de 59,90%, o que perfaz uma poupança de 164,90€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 3,88 anos.

○ **Tipologia T3**

Opção 1: Consiste em alterar a torneira do chuveiro para uma com menor fluxo e a torneira do lavatório para uma com redutor de caudal, mantendo a torneira da cozinha convencional e não considerando instalação de painel solar térmico, conforme Tabela 4.24.

Tabela 4.32 – Custo do consumo de água proveniente da alteração das torneiras da instalação sanitária para umas mais eficientes, mantendo a torneira da cozinha convencional (T3).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)
Torneira chuveiro 6<f<9	107,68 €
Torneira lavatório com redutor de caudal	20,57 €
Torneira lava louça convencional	49,23 €
Total	177,48 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 241,03€. Com a opção de alteração das torneiras da instalação sanitária, reduz 26,37% o custo de consumo anual, o que concede uma poupança de aproximadamente 63,55€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 1,67 anos.

Opção 2: Constitui a alteração da torneira da cozinha para uma mais eficiente, mantendo as torneiras do chuveiro e do lavatório convencionais. Não será considerado instalação de painel solar térmico.

Tabela 4.33 – Custo do consumo de água proveniente da alteração da torneira da cozinha, mantendo as torneiras das instalações sanitárias convencionais (T3).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)
Torneira chuveiro 9<f<12	150,77 €
Torneira lavatório convencional	41,03 €
Torneira lava louça com redutor de caudal	24,62 €
Total	216,41 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 241,03€. Com a opção de alteração da torneira da cozinha, reduz 10,21% o custo de consumo anual, o que dá uma poupança de aproximadamente 24,62€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 1,62 anos.

Opção 3: Consiste na utilização de torneiras convencionais, não havendo alteração das mesmas, e a instalação de um painel solar térmico.

Tabela 4.34 – Custo do consumo de água e de energia proveniente da instalação de painel solar térmico e mantendo todas as torneiras convencionais (T3).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)	Custo anual do consumo de energia (€)
Torneira chuveiro 9<f<12	150,77 €	-
Torneira lavatório convencional	41,03 €	-
Torneira lava louça convencional	49,23 €	-
Painel solar térmico	-	141,12 €
Total	241,03 €	141,12 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 241,03€, este consumo manter-se-á pois não houve alteração de dispositivos. Em relação à poupança no custo de consumo anual de energia houve uma redução de 61,55%, o que perfaz uma poupança de 225,89€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 3,19 anos.

Opção 4: Constitui a alteração das torneiras de chuveiro, lavatório e cozinha para umas mais eficientes e ainda, a instalação de um painel solar térmico.

Tabela 4.35 – Custo do consumo de água e energia proveniente da instalação de painel solar térmico e da alteração de todas as torneiras (T3).

Dispositivo	Custo anual do consumo de água (€)	Custo anual do consumo de energia (€)
Torneira chuveiro 6<f<9	107,68 €	-
Torneira lavatório com redutor de caudal	20,57 €	-
Torneira lava louça com redutor de caudal	24,62 €	-
Painel solar térmico	-	141,12 €
Total	152,86 €	141,12 €

Da análise da Tabela 4.2, constata-se que o custo anual do consumo de água com a utilização de dispositivos convencionais será de 241,03€. Com a opção de alteração da torneira de chuveiro, de lavatório e da cozinha, reduz 36,58% o custo de consumo anual, o que dá aproximadamente uma poupança de 88,17€/anual. Em relação à poupança no custo de consumo anual de energia houve uma redução de 61,55%, o que perfaz uma poupança de 225,89€/anual.

O período de retorno financeiro para esta opção será de 3,19 anos.

Da análise dos resultados obtidos, verifica-se que a opção quatro, nas três tipologias, é a mais favorável pois a poupança no consumo de água é de aproximadamente 25% e a poupança no consumo de energia aproximadamente de 68%, contudo é importante ter em atenção o período de retorno financeiro, ver Tabela 4.36.

Tabela 4.36 – Tabela resumo do período de retorno por tipologia.

Tipologia	Período de retorno com a alteração de todas as torneiras (anos)	Período de retorno com a instalação de painéis solares térmicos (anos)
T1	3,4	4,83
T2	2,3	3,88
T3	3,4	3,19

Caso se queira aplicar as soluções estudadas, é importante ter em atenção os consumos, os custos de investimento e o período de retorno do investimento financeiro inicial.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Com a presente dissertação pretendeu-se destacar a importância da construção sustentável para o setor da construção civil em Portugal. No entanto, para que se possa alcançar a construção sustentável será necessário adotar soluções de modo a que se obtenham vantagens a nível hídrico e a nível energético, e que contribuam para a construção de edifícios mais eficientes. As soluções adotadas devem também contribuir para uma redução de consumos de água e energia e que sejam aceitáveis a nível financeiro, situação que poderá ser avaliada e servir de exemplo para práticas futuras.

A construção sustentável tem um peso determinante para as questões ambientais e determinante quer para a conceção dos projetos, quer para o edificado já construído.

Na presente dissertação, primeiramente foi realizada uma introdução ao tema de forma a perceber a importância da construção sustentável e de como o consumo de água e energia estão interligados.

Seguidamente efetuou-se um levantamento de soluções de melhoria da eficiência hídrica e energética. Deste levantamento, procedeu-se ao estudo de vários casos utilizando como base uma remodelação de habitação em que utiliza dispositivos convencionais, a partir do qual foram aplicadas soluções de melhoria como: alteração das torneiras de lava-louça, do lavatório e do chuveiro com redutor de caudal, e a instalação de painéis solares térmicos. Este estudo evidenciou os benefícios resultantes da alteração de dispositivos e da instalação de painéis solares térmicos, que podem resultar em menores consumos de água e de energia.

Posteriormente e após análise da redução dos consumos, analisou-se o período de retorno financeiro associado as alterações.

As principais conclusões de serem retiradas são:

- Do levantamento efetuado verificou-se que existem várias soluções da melhoria da eficiência hídrica e energética, passíveis de serem utilizadas;
- A alteração de dispositivos para mais eficientes constitui uma mais-valia ao nível da redução do consumo de água anual. A redução média será de aproximadamente 25%;

- Com a alteração dos dispositivos de otimização de água, consegue-se um período de retorno financeiro que varia entre 1 ano a 4 anos, dependendo do caso;
- A instalação de painéis solares térmicos permite uma redução média no consumo de energia anual de aproximadamente 60%;
- Com a instalação de painéis solares térmicos o período de retorno financeiro será mais elevado, varia de 3 anos a 4 anos, dependendo do caso.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Dando continuidade ao tema abordado na presente dissertação, mostra-se importante proceder a uma análise mais abrangente das soluções e do momento da sua aplicabilidade.

A análise do custo-benefício da utilização das soluções propostas efetuada no capítulo anterior poderá vir a ser mais desenvolvida, sendo importante avaliar as demais soluções descritas no capítulo 3 e encontrar o seu período de retorno.

Tendo em conta o tema abordado, seria importante consciencializar a população para certas ações, nomeadamente de ventilação natural e uso consciente de água nos banhos. Deste modo, era relevante a realização de um estudo de como a população utiliza os dispositivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE - Agência para a energia - A luz certa em sua casa, 2010. <https://www.adene.pt/>

ADENE - Agência para a energia - Eficiência energética em equipamentos e sistemas elétricos no sector residencial, 2004. <https://www.adene.pt/>

ADENE - Agência para a energia - Guia da Eficiência Energética, 2010. <https://www.adene.pt/>

ADENE - Agência para a energia - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior, 2011. <https://www.adene.pt/>

ÁGUAS DO PORTO, tarifário cliente, 2019. <https://www.aguadoporto.pt/cliente/tarifario>

ALVES, M., Eficiência Hídrica em Edifícios, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, Porto, 2015.

ANQIP, ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios, 2013. https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2166/2/ETA_0701.pdf

ASME, Energy-Water Nexus: Will water determine our energy future, 2013.

BAGGS, D. AND MORTENSEN, N., Thermal Mass in Building Design, 2011.

BRUNDTLAND, G. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press, 1987.

CIB - Conseil International du Bâtiment. Agenda 21 on sustainable construction, Holland, 1999.

COMISSÃO EUROPEIA, Comunicação da omissão ao parlamento europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões, 2012. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/64d15ccb-f424-4903-b6be-ee6c8c35996/language-pt>

CORREIA-GUEDES, M., Arquitetura Sustentável em Moçambique: Manual de Boas Práticas. Lisboa, 2011.

COSTA, J., A Evolução da Arquitetura Bioclimática – Contributo para a Sustentabilidade Arquitetónica e Urbana, Tese de Doutoramento, Universidade Portucalense, 2008.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), fevereiro de 2018.

DWORAK, T., Institute for International and European Environmental Policy, 2007.

EDP – Energias de Portugal, Tarifário da energia, 2019. <https://www.edp.pt/particulares/>

EEA - European Environment Agency, Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought, 2009. <https://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe>

EEA - European Environment Agency – Energy efficiency and energy consumption in the household sector, 2011.

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Relatório de Sustentabilidade, 2014. <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/epal/relatorio-sustentabilidade/2014.pdf?sfvrsn=16>

EUROPE, Intelligent Energy. ADENE – EnerBuilding.eu - Eficiência energética nos edifícios residenciais, 2008. https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/enerbuilding_portuguese_guide_edificios_residenciais_pt.pdf

EUROSTAT, Sustainable development in the European, 2011.

GANHÃO, A., Construção sustentável – Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação, Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, Lisboa, 2011.

GOMES, ANDRÉ G., Estudo dos princípios da eficiência energética de um edifício, Porto, 2015.

GOMES, RITA C. P., Cidades Sustentáveis – O Contexto Europeu, Lisboa, 2008.

GONÇALVES, H. E GRAÇA, J., Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. INETI, Lisboa, 2004.

Guia Aqua eXperience – Eficiência hídrica em edifícios.

INE - Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas do ambiente. INE, Lisboa, 2011. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOEstipo=ea&PUBLICACOEScolecacao=107664&&lang=pt

KHALFAN, Malik M.A., Sustainable Development and Sustainable Construction, 2002.

KIBERT, C., Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery (2ª Edition). New Jersey, 2008.

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, 2001.

MARTINS, A., Contribuição da Parede de Trombe na Redução do Consumo Energético dos Edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2010.

MATEUS, R. E BRAGANÇA, L., Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas, 2004/2009.

MATEUS, R., BRAGANÇA L., Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção. Porto, 2006.

MENDONÇA, P., Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2005.

OLI, Sistemas de aproveitamento de águas pluviais, 2012.

PINHEIRO, L.C., Análise sociodemográfica para a caracterização de consumos domésticos em sistemas de distribuição de água, Lisboa, 2008.

SALUNKE, V. AND KISHORE, Elements of Passive Solar Architecture, 2011.

SILVA-AFONSO, A. PIMENTEL-RODRIGUES, C., Manual de eficiência hídrica em edifícios, ANQIP, 2017.

SILVA-AFONSO, A., PIMENTEL-RODRIGUES, C., Building rainwater harvesting systems. Doubts and certainties, Germany, 2009.

SILVA-AFONSO, A., PIMENTEL-RODRIGUES, C., The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries. The portuguese experience, 2009.

SILVA-AFONSO, A., PIMENTEL-RODRIGUES, C., Assessing the impact of water efficiency in buildings in energy efficiency and reducing GHG emissions, 2011.

TIRONE, L., NUNES, Construção Sustentável soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã, 2008.

ZHU, C., and Boehm, R, Detailed Energy Saving Performance Analyses on Thermal Mass Walls Demonstrated in a Zero Energy House, 2009.

ANEXO – PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH

1/2

Sumário

Instalação em Habitação T3 (Porto)

2 coletores Padrão REH

» painel com \dot{a} 1,30 m² (inclinação 35° e azimute 0°)

» depósito de 80 l, modelo adequado (REH)

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 1 188 kWh

- satisfeitas por origem solar 684 kWh 58% de fração solar

- satisfeitas pelo apoio 504 kWh 42%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 39%

produtividade: 526 kWh/m²

perdas: 44%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Habitação T3

elevação: 71 m albedo: 25%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular:

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular:

Configuração do sistema solar

Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 1,3 m² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 80 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.

Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.

Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

2 coletores de modelo Padrão REH.

Características principais: área de abertura 0,65 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m²K e a2 = 0,014 W/m²K², rendimento óptico = 73%.

1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 80 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.

Apoio energético fornecido por sistema térmico (propano) com eficiência nominal 86%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências

T1

nº fracções desta tipologia

1

nº ocupantes por fracção

2

consumo diário por ocupante (litros)

40

temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	°C
pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	°C

energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh
terça-feira	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh
quarta-feira	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh
quinta-feira	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh
sexta-feira	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh
sábado	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh
domingo	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	kWh

perfil de consumo

hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	40%	.	.	.	.	.	10%	.	.	.	.	.
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)	40%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



Relatório de simulação de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH - continuação

2/2

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m ² .dia
radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,9	7,1	6,9	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	10,1	11,2	12,9	14,1	16,4	19,9	22,1	21,9	20,5	17,2	13,6	11,5	16,0 °C
abastecimento de água	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15 °C
base do armazenamento	23	26	29	30	31	32	33	35	33	27	25	22	29 °C
topo do armazenamento	41	42	44	46	46	47	48	49	48	43	42	41	45 °C
pretendida no consumo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50 °C
massas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80 litros/dia
extraída do armazenamento	80	80	78	76	76	76	74	73	74	79	80	80	77 litros/dia
nota: adicionada	0	0	2	4	4	4	6	7	6	1	0	0	3 litros/dia
balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar													
nota: radiação solar na horizontal	72	101	167	210	261	289	301	263	195	128	81	56	2 124 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	115	147	211	231	255	268	286	276	238	175	128	89	2 419 kWh
energia solar captada	51	66	97	111	115	125	139	140	121	86	62	39	1 152 kWh
perdas térmicas no circuito primário	2	2	3	4	4	4	5	6	4	3	2	1	40 kWh
perdas térmicas no armazenamento	26	29	39	42	45	46	51	54	48	36	28	23	466 kWh
consumos eléctricos parasíticos	4	4	5	5	5	5	5	6	5	5	5	4	59 kWh
energia final (calor de origem solar)	40	53	80	86	96	105	117	117	101	70	49	31	944 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (propano)	95	72	65	56	55	43	39	37	45	71	84	104	767 kWh
energia final (calor)	82	62	56	48	47	37	34	32	39	61	72	90	659 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	101	91	101	98	101	98	101	101	98	101	98	101	1 188 kWh
energia de origem solar (útil)	33	42	59	63	68	72	78	79	71	54	39	26	684 kWh
energia com origem no apoio (útil)	68	49	42	35	33	25	23	22	27	47	58	75	504 kWh

Desempenho global do sistema

fracção solar	58% em termos de energia útil	
produtividade	526 kWh/m ² de colector	
i.e.	42% da produtividade limite dos colectores, 1253 kWh/m ²	
rendimento - definição física	39% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	32% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	49% da energia solar captada	

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH

1/2

Sumário

Instalação em Habitação T2 (Porto)

3 coletores Padrão REH

» painel com \dot{a} 1,95 m² (inclinação 35° e azimute 0°)

» depósito de 120 l, modelo adequado (REH)

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 1 783 kWh

- satisfeitas por origem solar 1 068 kWh 60% de fração solar

- satisfeitas pelo apoio 714 kWh 40%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 39%

produtividade: 548 kWh/m²

perdas: 37%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Habitação T2

elevação: 71 m albedo: 25%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular:

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular:

Configuração do sistema solar

Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,0 m² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 120 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.

Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.

Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

3 coletores de modelo Padrão REH.

Características principais: área de abertura 0,65 m², coeficientes de perdas térmicas $a_1 = 4,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $a_2 = 0,014 \text{ W/m}^2\text{K}^2$, rendimento óptico = 73%.

1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 120 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 3,9 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.

Apoio energético fornecido por sistema térmico (propano) com eficiência nominal 86%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências

T2

nº fracções desta tipologia

1

nº ocupantes por fracção

3

consumo diário por ocupante (litros)

40

temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	°C
pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	°C

energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh
terça-feira	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh
quarta-feira	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh
quinta-feira	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh
sexta-feira	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh
sábado	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh
domingo	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	kWh

perfil de consumo

hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	40%	.	.	.	.	.	10%	.	.	.	.	.
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)	40%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



Relatório de simulação de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH - continuação

2/2

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m ² .dia
radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,9	7,1	6,9	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	10,1	11,2	12,9	14,1	16,4	19,9	22,1	21,9	20,5	17,2	13,6	11,5	16,0 °C
abastecimento de água	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15 °C
base do armazenamento	23	26	29	31	32	33	35	36	34	28	25	22	29 °C
topo do armazenamento	42	43	46	47	48	48	50	51	50	44	42	41	46 °C
pretendida no consumo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50 °C
massas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120 litros/dia
extraída do armazenamento	120	119	115	113	112	112	108	106	109	118	119	120	114 litros/dia
nota: adicionada	0	1	5	7	8	8	12	14	11	2	1	0	6 litros/dia
balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar													
nota: radiação solar na horizontal	108	151	251	315	391	433	452	394	292	192	121	85	3 186 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	172	220	316	347	383	402	429	415	357	262	192	133	3 628 kWh
energia solar captada	77	98	144	165	170	185	205	206	178	128	93	59	1 707 kWh
perdas térmicas no circuito primário	2	3	4	4	5	5	5	6	5	3	2	1	46 kWh
perdas térmicas no armazenamento	32	36	49	54	58	59	66	70	62	45	35	28	593 kWh
consumos eléctricos parasíticos	4	4	5	5	5	5	5	6	5	5	5	4	58 kWh
energia final (calor de origem solar)	60	79	120	128	142	156	173	174	149	105	73	46	1 406 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (propano)	137	101	88	74	71	54	47	46	56	98	118	150	1 038 kWh
energia final (calor)	117	87	76	64	61	46	40	39	48	84	101	129	893 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	151	137	151	147	151	147	151	151	147	151	147	151	1 783 kWh
energia de origem solar (útil)	51	65	93	98	106	113	123	123	111	84	61	40	1 068 kWh
energia com origem no apoio (útil)	100	72	59	49	46	33	29	28	36	67	85	112	714 kWh

Desempenho global do sistema

fracção solar	60% em termos de energia útil	
produtividade	548 kWh/m ² de colector	
i.e.	44% da produtividade limite dos colectores, 1253 kWh/m ²	
rendimento - definição física	39% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	34% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	41% da energia solar captada	

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH

1/2

Sumário

Instalação em Habitação T3 (Porto)

4 coletores Padrão REH

» painel com \dot{a} 2,60 m² (inclinação 35° e azimute 0°)

» depósito de 160 l, modelo adequado (REH)

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 2 377 kWh

- satisfeitas por origem solar 1 463 kWh 62% de fração solar

- satisfeitas pelo apoio 914 kWh 38%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 39%

produtividade: 563 kWh/m²

perdas: 33%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Habitação T3

elevação: 71 m albedo: 25%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular:

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular:

Configuração do sistema solar

Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,6 m² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 160 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.

Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.

Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

4 coletores de modelo Padrão REH.

Características principais: área de abertura 0,65 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m²K e a2 = 0,014 W/m²K², rendimento óptico = 73%.

1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 160 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 4,5 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.

Apoio energético fornecido por sistema térmico (propano) com eficiência nominal 86%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências

T3

nº fracções desta tipologia

1

nº ocupantes por fracção

4

consumo diário por ocupante (litros)

40

temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	°C
pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	°C

energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh
terça-feira	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh
quarta-feira	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh
quinta-feira	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh
sexta-feira	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh
sábado	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh
domingo	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	kWh

perfil de consumo

hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	40%	.	.	.	.	.	10%	.	.	.	.	.
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)	40%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



Relatório de simulação de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH - continuação

2/2







Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m ² .dia
radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,9	7,1	6,9	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	10,1	11,2	12,9	14,1	16,4	19,9	22,1	21,9	20,5	17,2	13,6	11,5	16,0 °C
abastecimento de água	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15 °C
base do armazenamento	23	26	30	32	33	34	35	37	34	28	25	22	30 °C
topo do armazenamento	42	44	46	48	49	49	52	53	51	45	43	41	47 °C
pretendida no consumo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50 °C
massas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia
extraída do armazenamento	159	158	153	150	149	147	143	140	144	156	159	160	151 litros/dia
nota: adicionada	1	2	7	10	11	13	17	20	16	4	1	0	9 litros/dia
balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar													
nota: radiação solar na horizontal	144	201	335	421	522	577	602	526	389	256	162	113	4 247 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	229	293	422	462	510	537	572	553	476	350	256	178	4 838 kWh
energia solar captada	102	130	191	217	225	244	270	270	236	170	123	78	2 256 kWh
perdas térmicas no circuito primário	2	3	4	5	5	5	6	6	5	3	2	1	46 kWh
perdas térmicas no armazenamento	37	42	59	64	69	70	80	84	73	53	41	33	706 kWh
consumos eléctricos parasíticos	6	6	8	8	8	7	8	9	8	8	7	5	87 kWh
energia final (calor de origem solar)	80	105	159	170	188	207	229	229	199	140	98	62	1 867 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (propano)	176	129	109	90	86	63	53	52	67	122	151	195	1 292 kWh
energia final (calor)	151	111	94	78	74	54	45	45	57	105	130	167	1 111 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	202	182	202	195	202	195	202	202	195	202	195	202	2 377 kWh
energia de origem solar (útil)	70	89	127	134	145	155	169	169	152	115	84	54	1 463 kWh
energia com origem no apoio (útil)	132	93	75	61	57	40	33	33	44	87	111	148	914 kWh

Desempenho global do sistema

fracção solar	62% em termos de energia útil	
produtividade	563 kWh/m ² de colector	
i.e.	45% da produtividade limite dos colectores, 1253 kWh/m ²	
rendimento - definição física	39% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	34% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	37% da energia solar captada	

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.