

Seleção de Soluções de Eficiência Energética e Hídrica

Análise do caso do Parque de Campismo de Setúbal

Pedro Duarte Alves da Cunha Silva Miguel

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Júri

Presidente: Professor Doutor Vítor Faria e Sousa

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Doutor João Miguel Diaz Joanaz de Melo

Julho 2021

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

A elaboração desta tese não seria possível sem a ajuda e motivação de algumas pessoas importantes que contribuíram para o meu percurso académico.

Ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Duarte Pinheiro por toda a ajuda, motivação, transmissão de conhecimentos e disponibilidade na elaboração desta dissertação de mestrado.

A todos os funcionários do Ecoparque do Outão que me auxiliaram durante as minhas visitas ao parque.

À minha mãe e à Bárbara por estarem sempre comigo neste percurso.

Resumo

O grande aumento da população que se tem sentido nos últimos anos, tem contribuído para um consumo elevado de energia proveniente de combustíveis fósseis e também um maior consumo de água, recurso que se está a tornar escasso. Há, portanto, uma necessidade de energias alternativas e de um uso mais eficiente da água

Neste contexto, foi estudada a sustentabilidade a nível de consumo energético, desenho passivo e eficiência hídrica, primeiramente, nos *bungalows* instalados no Ecoparque do Outão e, posteriormente, transpôs-se este estudo ao restante parque. Com base no estudo elaborado, foram propostas soluções mais sustentáveis. Para os *bungalows* sugere-se a substituição de equipamentos hídricos pouco eficientes, a instalação de um sistema fotovoltaico, a eliminação das perdas de calor pelas pontes térmicas lineares, a eliminação da pérgula na entrada, a orientação dos *bungalows* a sul e a adoção de um tom mais escuro para o acabamento exterior. Para o parque é sugerido a instalação de um sistema reciclador de águas cinzentas para a zona dos balneários e de um sistema fotovoltaico.

Por fim, foi estudada a viabilidade técnica e económica das soluções apresentadas. Conclui-se que as soluções adotadas nos *bungalows* levariam a uma poupança anual de cerca de 550€, com um período de retorno do investimento de cerca de 3,84 anos e as soluções para o Ecoparque resultariam numa poupança de cerca de 12500€ por ano, com o investimento a ser recuperado em 4,8 anos.

Palavras-chave: sustentabilidade, módulo, *bungalow*, eficiência energética, eficiência hídrica, sistema fotovoltaico.

Abstract

The great increase in population, that has been felt in recent years, has contributed to a high consumption of energy from fossil fuels and to a greater consumption of water, a resource that is becoming scarce. There is, therefore, a need for alternative energies and more efficient use of water.

In this context, sustainability was studied in terms of energy consumption, passive design, and water efficiency, first, in the bungalows installed at Ecoparque do Outão and, later, this study was transferred to the rest of the park. Based on the study, more sustainable solutions were proposed. For the bungalows, it is suggested the replacement of inefficient water equipment, the installation of a photovoltaic system, the elimination of heat losses by linear thermal bridges, the elimination of the pergola at the entrance, the orientation of the bungalows to the south and the adoption of a darker tone for the exterior finish. For the park it is suggested the installation of a gray water recycling system for the bathing area and a photovoltaic system.

Finally, the technical and economic feasibility of the solutions presented was studied. It was concluded that the solutions adopted in the bungalows would lead to an annual saving of around 550 €, with a payback period of 3.84 years and the solutions for Ecoparque would result in savings of around € 12500 per year, with the investment to be recovered in 4.8 years.

Keywords: sustainability, module, bungalow, energy efficiency, water efficiency, photovoltaic system.

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Desafios para a Construção Modular Sustentável.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.3.	Metodologia e organização da dissertação.....	3
2.	Construção Modular e Sustentabilidade.....	5
2.1.	Construção Modular.....	5
2.2.	Surgimento da Construção Modular.....	6
2.2.1.	A Antiguidade.....	6
2.2.2.	A Revolução Industrial.....	7
2.2.3.	O Século XX.....	8
2.3.	Vantagens e Desvantagens da Construção Modular.....	9
2.4.	Tipos de Construção Modular.....	12
2.5.	Sustentabilidade e Construção.....	14
2.5.1.	Recurso Solar em Portugal.....	14
2.5.2.	Recurso Hídrico em Portugal.....	17
3.	Caso de estudo.....	22
3.1.	Enquadramento geográfico.....	22
3.2.	Atividade Turística dos Parques de Campismo.....	23
3.3.	Critérios de intervenção.....	25
3.4.	Consumo de Água.....	25
3.5.	Consumo Energético.....	27
4.	Soluções propostas.....	38
4.1.	Redução do Consumo de Água.....	38
4.2.	Aproveitamento de Águas Cinzentas.....	38
4.3.	Sistema fotovoltaico.....	40
4.4.	Estimativa de custos.....	44
4.4.1.	Dispositivos de maior eficiência hídrica.....	44
4.4.2.	Módulo Reciclador de águas cinzentas.....	44
4.4.3.	Módulos Fotovoltaicos.....	44
4.5.	Período de retorno dos investimentos.....	45
4.5.1.	Dispositivos de maior eficiência hídrica.....	45
4.5.2.	Sistema de Reutilização de Águas Residuais Cinzentas.....	46
4.5.3.	Sistema fotovoltaico.....	47
4.6.	Avaliação de desempenho das soluções modulares e propostas de alteração.....	48
5.	Aplicação dos Sistemas Modulares no Ecoparque.....	51
5.1.	Estudo do perfil de consumo energético do Ecoparque.....	51
5.1.1.	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico.....	54

5.1.2.	Período de retorno do investimento	56
5.1.3.	Cenário para níveis de ocupação mais elevados.....	58
5.2.	Aplicação do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas no Ecoparque	60
5.2.1.	Cálculo do caudal efluente de águas cinzentas	63
5.2.2.	Introdução dos módulos recicladores de água cinzenta e cálculo do período de retorno do investimento	64
6.	Discussão de Resultados	67
6.1.	Viabilidade técnica e económica das soluções modulares	67
6.2.	Limitações do Estudo	72
7.	Conclusões	74
Anexos.....		80
A1.	Desenho esquemático do <i>bungalow</i>	80
A2.	Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento	81
A3.	Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento	82
A4.	NIC Inverno	83
A5.	NVC Verão	84
A6.	Dados dos consumos de energia	85
A7.	Painéis Solares propostos para o Ecoparque do Outão.....	86

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema ilustrativo de uma casa Dom-ino de Le Corbusier (adaptado de Oliveira, 2018)....	8
Figura 2 - A “Tropical House”, desenhada por Jean Prouvé (adaptado de Patinha, 2011).....	8
Figura 3 - Maison Démontable de Jean Prouvé (Oliveira, 2018).....	9
Figura 4 - Fotografias da montagem de módulos tridimensionais.	12
Figura 5 - Fotografias dos bungalows do Ecoparque do Outão da Serra da Arrábida.	13
Figura 6 - Exemplo de módulos parcialmente abertos (fonte Inhabitat, 2021).....	13
Figura 7 - Exemplo de sistema modular aberto (fonte Inhabitat, 2021).....	14
Figura 8 - Exemplo de sistemas construtivos de elementos modulares (fonte Inhabitat, 2021).	14
Figura 9 - Origem da produção de energia elétrica de origem renovável (Ovelha, 2017).....	15
Figura 10 - Disponibilidade mensal média de radiação solar global e respetiva variabilidade na zona da grande Lisboa (Cavaco et al., 2016).....	16
Figura 11 - Distribuição do uso doméstico da água, adaptado de Almeida et al. (2006).	18
Figura 12 - Classificação da eficiência hídrica (ANQIP, 2018).....	19
Figura 13 - Logótipo do sistema de certificação LiderA® (LiderA, 2021).....	20
Figura 14 - Ponderação das diferentes vertentes da LiderA®.	20
Figura 15 – Fotografias dos Bungalows no Ecoparque do Outão.	23
Figura 16 – Distribuição do número de campistas em Portugal (quer com residência portuguesa quer estrangeira) no ano de 2019 (INE, 2020).	24
Figura 17 - Fotografias dos equipamentos responsáveis pelo consumo de água nos bungalows (A- torneira lavatório; B- torneira lava-loiças; C- Sistema de duche; D- autoclismo).	26
Figura 18 - Zoneamento climático em Portugal para as estações de Verão (à esquerda) e de Inverno (à direita) (despacho (extrato) n.º 15793-F/2013).....	28
Figura 19 - Soluções construtivas dos bungalows.....	29
Figura 20 - Sistema Ecodepur de aproveitamento de águas cinzentas (EcoDepur, 2021).	39
Figura 21 - Radiação mensal no Outão em Setúbal, obtida com recurso ao programa PVsyst 7.1.	41
Figura 22 - Recuperação do investimento inicial da instalação dos painéis fotovoltaicos.	47
Figura 23 - Pérgula presente no bungalow.	49
Figura 24 - Consumo energético do Ecoparque nos anos de 2018 a 2020.	52
Figura 25 - Ocupação do Ecoparque, em número de dormidas, nos anos de 2018 a 2020.....	53
Figura 26 - Relação entre a ocupação e o consumo energético do do Ecoparque.	53
Figura 27 - Mapa esquemático da zona 1 do Ecoparque e localização proposta para a instalação dos painéis solares.	55
Figura 28 - Zona sugerida para a instalação dos painéis solares no Ecoparque.	59
Figura 29 - Estrutura sugerida de apoio dos painéis solares.....	59
Figura 30 - Exemplo de algumas coberturas adequadas.....	60
Figura 31 - Localização dos balneários e lavandaria (rodeado a vermelho).	60
Figura 32 - Sistema reciclador de águas cinzentas Ecodepur® (EcoDepur, 2021).....	64
Figura 33 - Modelo de instalação do sistema de reciclagem de água cinzentas.	65
Figura 34 – Representação gráfica do valor atualizado líquido para o sistema reciclador de águas cinzentas, para uma taxa de atualização de 2,5%.....	69
Figura 35 - Representação gráfica do Valor atualizado líquido do sistema fotovoltaico, para uma taxa de atualização de 2,5%.....	70

Índice de Quadros

Quadro 1 - Irradiação mensal e anual média e respetiva variabilidade para a zona de Outão, Setúbal (PVsyst V7.1.3).....	16
Quadro 2 – Capacidade dos Bungalows do Ecoparque do Outão (dados cedidos pelo Ecoparque do Outão).....	24
Quadro 3 - Estimativa do número de ocupantes dos bungalows do Ecoparque do Outão.....	24
Quadro 4 - Equipamentos responsáveis pelo consumo de água presentes nos bungalows.....	25
Quadro 5 - Consumo de água de cada equipamento presente no bungalow e a sua respetiva classificação de eficiência hídrica ANQIP.	26
Quadro 6 - Hábitos de consumo dos utilizadores relativamente a cada equipamento dos bungalows.....	26
Quadro 7 - Estimativa do consumo médio diário de água nos bungalows.....	27
Quadro 8 - Parâmetros de definição da região climática dos bungalows.....	28
Quadro 9 - Condutividade e resistividade térmica dos elementos construtivos dos bungalows.....	29
Quadro 10 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pelas paredes exteriores do bungalow .	30
Quadro 11 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pela cobertura do bungalow.....	30
Quadro 12 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pelo pavimento do bungalow.....	30
Quadro 13 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pelos envidraçados do bungalow.....	31
Quadro 14 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor por pontes térmicas lineares do bungalow.....	31
Quadro 15 - Cálculo das transferências de calor por transmissão do bungalow com o exterior.....	32
Quadro 16 - Fatores de sombreamento (Inverno).....	34
Quadro 17 - Fatores de sombreamento (Verão).....	35
Quadro 18 - Equipamentos elétricos presentes nos bungalows e o seu consumo mensal.....	36
Quadro 19 - Dispositivos propostos para a redução de consumo.....	38
Quadro 20 - Consumo diário de água no bungalow após aplicação dos dispositivos mais eficientes .	38
Quadro 21 - Volume médio de água cinzenta gerada por dia nos bungalows.....	39
Quadro 22 - Cálculo do caudal diário real de águas cinzentas.....	40
Quadro 23 - Previsão do consumo no período de horas de sol para os bungalows.....	42
Quadro 24 - Cenário de consumo dos bungalows quando desocupados.....	42
Quadro 25 - Resultado de performance dos painéis solares.....	43
Quadro 26 - Preço do redutor de caudal e do sistema de duche.....	44
Quadro 27 - Tarifário da água segundo a empresa Águas do Sado.....	45
Quadro 28 - Preço de recolha de águas residuais.....	45
Quadro 29 - Custos mensais e anuais após instalação dos dispositivos de alta eficiência hídrica.....	45
Quadro 30 - Custos mensais e anuais após a instalação do Sistema de reutilização de águas residuais cinzentas.....	46
Quadro 31 - Leitura do Consumo Energético do Ecoparque do Outão para o ano 2018, 2019 e 2020	51
Quadro 32 - Número de noites e consumo energético por ano no Ecoparque.....	54
Quadro 33 - Energia anual produzida pelo sistema fotovoltaico.....	56
Quadro 34 - Investimento inicial para instalação do sistema fotovoltaico.....	57
Quadro 35 - Ocupação do Ecoparque do Outão de 2018 a 2020.....	58
Quadro 36 - Número de dispositivos no parque responsáveis pelo consumo de água.....	61
Quadro 37 - Hábitos de consumo de água dos utilizadores do Ecoparque.....	61

Quadro 38 - Consumo médio diário por pessoa da máquina da roupa.....	61
Quadro 39 - Estimativa do nº de utilizadores diário por mês do EcoParque durante 2019	62
Quadro 40 - Estimativa do consumo médio diário e anual dos dispositivos do EcoParque	62
Quadro 41 - Consumos diários dos equipamentos geradores de águas cinzentas do EcoParque	63
Quadro 42 - Caudal efluente real dos equipamentos geradores de águas cinzentas do EcoParque ...	64
Quadro 43 - Custos mensais e anuais após instalação do Sistema de Reaproveitamento de Águas Cinzentas no EcoParque	65
Quadro 44 - Consumos e poupança após substituição por equipamentos mais eficientes nos bungalows	67
Quadro 45 - Consumos e poupança após instalação do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas nos bungalows	67
Quadro 46 - Poupança anual após instalação do sistema Fotovoltaico nos bungalows.....	67
Quadro 47 - Consumos e poupança após instalação do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas para o EcoParque.....	68
Quadro 48 - Cash-Flows de 2021 a 2026 para o Sistema reciclador de águas cinzentas.....	69
Quadro 49 - Poupança anual após instalação do sistema Fotovoltaico para o EcoParque	70
Quadro 50 - Cash-flows de 2021 a 2026 para o Sistema Fotovoltaico.	70
Quadro 51 - Variação do período de retorno do investimento do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas com a taxa de ocupação do EcoParque	71
Quadro 52 - Variação do período de retorno do investimento com o aumento do preço da água	71
Quadro 53 - Variação do período de retorno do investimento com o aumento do preço da energia. 72	

Lista de Abreviaturas:

EUA - Estados Unidos da América

AEP - Agência Europeia para a Produtividade

FV - Fotovoltaico

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

INE - Instituto Nacional de Estatística

1. Introdução

1.1. Desafios para a Construção Modular Sustentável

A sociedade atual atravessa um grande problema a nível da sustentabilidade. O aumento exponencial da população acompanhado de um grande desenvolvimento industrial veio, não só, aumentar os valores de consumo energético, como também os de libertação de gases nocivos para o meio ambiente.

A população mundial é fortemente dependente da energia, sendo esta proveniente, maioritariamente, de combustíveis fósseis. A disponibilidade destes recursos fósseis, contudo, é limitada e o seu uso contínuo origina danos severos para o meio ambiente e, inclusivamente, pode comprometer a habitabilidade das gerações futuras no nosso planeta.

Conforme se pode apurar as reservas de petróleo estão estimadas em 3 triliões de barris e este montante é capaz de gerar $1,7 \times 10^{22}$ J de energia. Este valor de energia é igual ao gerado pelo sol a cada dia e meio na Terra. Por outro lado, o consumo energético anual atual ronda os $4,6 \times 10^{20}$ J, o que corresponde à energia entregue pelo sol a cada hora (Crabtree & Lewis, 2007).

Posto isto, entende-se que no futuro deverá ser assumida uma nova abordagem no que diz respeito à utilização de combustíveis fósseis, uma vez que a energia fornecida pelo sol anualmente, é mais que suficiente para suprimir as necessidades de consumo do ser humano (Monteiro, 2018).

Um bom exemplo de um setor que consome demasiada energia fóssil é o da construção civil. Esta indústria é uma das mais importantes e abrangentes da Europa, sendo responsável pela produção de 30% das emissões de carbono de toda a indústria e registando um consumo de 42% de energia produzida ao nível do edificado (Torgal & Jalali, 2007). Tendo estes valores como referência, é fácil perceber que a sustentabilidade e a eficiência energética têm ganho muita importância nos últimos anos. Define-se a sustentabilidade e eficiência energética, como a otimização e racionalização dos recursos disponíveis com a finalidade de garantir as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras (Nazaré, 2019).

Devido a esta necessidade emergente, começaram a surgir nos anos 90 os sistemas de avaliação e certificação de edifícios, tais como o LEED (nos Estados Unidos da América - EUA), o BREEAM® (no Reino Unido) e o HQE™ (em França). Estes sistemas vieram incentivar a construção a cumprir determinados níveis de sustentabilidade e desempenho energético. Assim, tem se verificado na habitação uma tendência para a adoção de medidas e opções construtivas que venham a contribuir para uma utilização mais eficiente dos meios e recursos disponíveis.

Uma solução sustentável em que se tem apostado é a construção modular, um tipo de construção em que se poupa tempo, recursos financeiros e se diminui o consumo energético.

A fase construtiva das habitações tradicionais é responsável por grande parte do consumo de energia total em todo o ciclo de vida do edifício. As soluções modulares podem ser construídas num espaço de

tempo bastante inferior, o que é uma mais-valia ao consumo nesta fase inicial. Outra mais-valia desta solução é o maior controlo dos materiais utilizados no processo, evitando assim desperdícios. É durante o período da utilização das habitações que se avalia a eficiência energética. É a própria natureza de uma habitação modular que permite que haja um maior rigor na fase de projeto e construção ainda em fábrica. Esta atenção ao detalhe e ao pormenor muito inicial, evita que haja erros construtivos criadores de gastos e desperdícios energéticos (como perdas de calor por pontes térmicas lineares, entre outros). A ausência destes erros construtivos gera uma maior eficiência energética, evitando, por exemplo, a utilização de aparelhos reguladores de temperatura (Kamali & Hewage, 2016).

Além da utilização da energia, outra problemática associada à construção é o uso eficiente dos recursos de água. Como se sabe, apenas 2,5% da água presente no nosso planeta é água doce e 2/3 desta água está armazenada nos calotes polares, ou seja, apenas 0,77% da água está disponível para consumo humano (Grassi & Cantarell, 1973). É, por isso, imperativo adotar uma estratégia de controlo da reutilização da água potável disponível. As medidas que devem ser adotadas para um uso mais eficiente são a redução dos níveis de consumo, de perdas e o aproveitamento de águas alternativas (a água dos oceanos, a água da chuva e o reaproveitamento das águas residuais) (Afonso, 2010).

Nesta dissertação o problema analisado é como reabilitar incrementalmente e com sustentabilidade um parque de campismo, o caso de estudo apresentado é o dos *bungalows* modulares do Ecoparque do Outão da Serra da Arrábida e a sua simbiose e integração no próprio parque. Estes *bungalows* inserem-se num projeto de reabilitação, cujo objetivo é tornar o parque mais sustentável e atrativo. O método de análise da sustentabilidade dos *bungalows* e do parque teve por base o sistema de certificação criado em Portugal conhecido como LiderA®.

1.2. Objetivos

O objetivo desta dissertação é avaliar a sustentabilidade a nível do consumo energético e da eficiência hídrica primeiramente dos *bungalows* instalados no Ecoparque do Outão, na Serra da Arrábida e, posteriormente, transpor esta avaliação da sustentabilidade para todo o Ecoparque.

A análise da sustentabilidade foca-se em três critérios principais de avaliação. Sendo eles, o critério da eficiência energética, o critério do desenho passivo (que se encontra diretamente relacionado com o anterior) e o critério do sistema de abastecimento de água. Estes critérios são baseados no sistema de avaliação e certificação LiderA®.

Assim sendo, inicialmente identificam-se as zonas de consumo nos *bungalows*, quer ao nível da energia quer ao nível do consumo de água potável. Após o apuramento dos consumos destes equipamentos, é feito um cenário provável de consumo para os níveis atuais de ocupação do parque. Traçado este cenário de consumo, é feita uma avaliação das necessidades energéticas anuais, quer para aquecimento quer para arrefecimento dos *bungalows*. Este cálculo das necessidades tem em conta as

trocas de calor por transmissão entre os *bungalows* e o exterior, as trocas causadas pela renovação do ar e os ganhos recebidos através da incidência de radiação solar.

Apuradas todas estas variáveis pretende-se desenvolver um conjunto de soluções de modo a responder às necessidades energéticas e hídricas dos *bungalows* de uma forma mais sustentável. Secundariamente e com base nestas soluções para os *bungalows*, propôs-se também a aplicação destas soluções para o restante Ecoparque. Simultaneamente, é feito o estudo da viabilidade técnica e económica das soluções apresentadas.

Como objetivo último, pretende-se diminuir o consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis, diminuindo assim as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera. Pretende-se também a diminuição do consumo de água potável proveniente da rede de abastecimento. Desta forma, ambiciona-se que o Ecoparque do Outão venha a ser um exemplo no desenvolvimento da sustentabilidade.

1.3. Metodologia e organização da dissertação

Esta dissertação está dividida em 7 capítulos, seguidos de referências bibliográficas e anexos.

No capítulo 1, introdutório, apresentam-se as considerações iniciais, descrevendo-se globalmente o tema da dissertação, o seu enquadramento geral, os objetivos do trabalho, a metodologia e a estrutura do documento.

No capítulo 2, faz-se uma análise do estado de arte, são abordados os aspetos principais da construção modular, da sustentabilidade e construção, focando, por último, a atenção nos recursos solares e hídricos em Portugal.

No capítulo 3, é apresentado o caso de estudo, a sua localização e enquadramento geográfico e é feita uma análise da atividade turística no setor dos parques de campismo. Neste capítulo são, também, descritas as zonas de consumo de água e energia e respetivos equipamentos. É elaborada uma estimativa de consumo de água com base em medições efetuadas in situ dos caudais dos equipamentos hídricos, e uma estimativa de consumo de energia com base na potencia dos equipamentos elétricos existentes. Neste capítulo são calculadas as necessidades de energia anuais para aquecimento e arrefecimento dos *bungalows*.

No capítulo 4, são apresentadas as soluções propostas para diminuição do consumo de água e de energia para os *bungalows* do parque. É feita uma estimativa de custos e o respetivo período de retorno do investimento. Por último, é feita uma avaliação de desempenho das soluções modulares e propostas de alteração.

No capítulo 5, faz-se uma análise da aplicação dos sistemas modulares no ecoparque, fazendo-se um estudo do perfil de consumo energético e de água do parque, são feitas propostas de soluções para diminuição do consumo de água e de energia no parque e o seu período de retorno do investimento.

No capítulo 6, procede-se à discussão crítica dos resultados, tanto da viabilidade técnica e económica das soluções apresentadas como são descritas as limitações encontradas.

No capítulo 7, apresentam-se as conclusões obtidas pelo estudo desenvolvido nesta dissertação e são feitas também algumas recomendações para desenvolvimentos futuros.

A dissertação termina com a apresentação das referências bibliográficas utilizadas e, posteriormente, há uma parte dedicada aos anexos. São eles:

- Desenho esquemático do *bungalow*;
- Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento;
- Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento;
- NIC Inverno;
- NVC Verão;
- Dados dos consumos de energia do Ecoparque do Outão;
- Painéis Solares propostos para o Ecoparque do Outão.

2. Construção Modular e Sustentabilidade

Neste ponto da dissertação apresentar-se-á uma revisão sobre o estado de arte das soluções modulares, como surgiram e quais os motivos que impulsionaram esta tendência. Expor-se-á não só a construção modular, como as soluções modulares que apoiam este setor da construção, módulos fotovoltaicos e de reaproveitamento de águas residuais.

2.1. Construção Modular

Quando se fala em construção modular, é importante perceber o seu verdadeiro significado e no que difere da construção tradicional. A construção modular é um tipo de edificado cada vez mais presente nos dias de hoje, este tipo de construção caracteriza-se essencialmente pela normalização dimensional, repetição e estandardização de processos e materiais com o objetivo de uma melhoria construtiva e de uma maior eficiência produtiva (Patinha, 2011). Na maior parte dos casos estes módulos para além de serem todos montados em fábrica, as componentes elétricas e canalização também são realizadas neste local.

Este tipo de construção é caracterizado pela sua rapidez e facilidade de implementação, podendo demorar menos 40% do tempo previsto que uma habitação tradicional (Kamali & Hewage, 2016). Segundo um estudo realizado por Zenga & Javor (2008), o tempo necessário para implementar uma casa modular regular é de 4 meses, enquanto que, para uma casa tradicional com, aproximadamente, as mesmas características o tempo despendido é de 14 meses. Verificaram também algumas diferenças, no que diz respeito à realização do projeto em si. Estimou-se que para a realização de um projeto de uma habitação modular com as mesmas características de uma habitação tradicional, o tempo necessário seria de aproximadamente 10 meses, em contraste com 21 meses no caso da construção tradicional (Zenga & Javor, 2008).

Contudo, apesar de se verificar uma grande poupança no tempo de construção e na realização do projeto, foi possível perceber que este ganho de tempo diminui com a complexidade do projeto, ou seja, habitações multifamiliares comparativamente com habitações unifamiliares não têm um ganho de tempo tão notório (Kamali & Hewage, 2016). A poupança de tempo neste tipo de construção é consequência da utilização de materiais previamente fabricados e montados que necessitam apenas de ser transportados para o local em questão e que são sujeitos a um processo de montagem final muito menos demorado. Regra geral, cerca de 85 a 90 % da montagem não é feita *in situ* (Greven & Baldauf, 2007). Outro fator que permite poupar tempo é o facto de o processo de montagem em fábrica poder ser feito em simultâneo com a construção das fundações no local, vantagem essa impraticável nas habitações tradicionais (Greven & Baldauf, 2007).

Para além da poupança de tempo, existem outras inúmeras vantagens que podem ser atrativas para compradores e construtores, destacando-se o custo. Como se sabe, os ganhos de tempo estão

diretamente relacionados com o custo e segundo o *Construction Industry Institute*, a construção modular pode diminuir os custos totais em cerca de 10%, quando comparado com a construção tradicional e cerca de 25% nos custos de trabalhos realizados *in situ*. Para além da redução do tempo de execução destes projetos, existem alguns fatores que levam à diminuição dos custos. Por exemplo, a execução de vários módulos em simultâneo, de forma que os materiais possam ser encomendados em maiores quantidades ou até a diminuição de trabalhadores no local da instalação da casa modular, o que leva a menos congestionamento e, conseqüentemente, a uma maior produtividade (Kamali & Hewage, 2016).

Apesar de se verificar uma tendência de crescimento para a implementação da habitação modular, ainda se pode verificar, nos dias de hoje, a predominância da habitação de construção tradicional. Acredita-se que este facto se deve à falta de conhecimento das vantagens associadas tanto dos compradores, como dos construtores.

Tendo em conta todas as vantagens mencionadas, conclui-se facilmente que a construção modular é uma mais-valia em diversos aspetos e que pode ser um contributo valioso para a evolução da construção na nossa sociedade.

2.2. Surgimento da Construção Modular

Segundo uma análise feita por *Pigozzo et al.* (2005), não se crê na existência de uma data definida para o uso da pré-moldagem, contudo, crê-se o conceito de pré-fabricação remonta à mais alta antiguidade (Pigozzo et al., 2005; Sarabanda, 2013).

Assim, faz sentido caracterizar a história da construção pré-fabricada em três períodos temporais distintos. O primeiro período trata-se do período da Antiguidade, mais concretamente os métodos construtivos dos povos gregos, sob o carácter estético, os métodos construtivos dos romanos, sob um carácter estético-funcional e o método construtivo dos japoneses sob um carácter funcional (Greven & Baldauf, 2007). A época da revolução industrial surge como o segundo período temporal da construção, onde se verificou um crescimento substancial da capacidade produtiva, a criação de novos materiais e também de novas técnicas construtivas mais expeditas e eficazes. Por último, a evolução verificada ao longo do século XX levou ao surgimento de novas ideias que vieram revolucionar e impulsionar movimentos e abordagens que nos levaram às técnicas construtivas que conhecemos (Sarabanda, 2013).

2.2.1. A Antiguidade

Os Gregos

A palavra módulo surge do latim *modulu* e significa, também, uma medida reguladora das proporções arquitetónicas de uma obra ou a quantidade que se toma como qualquer unidade de medida.

Os gregos usavam como unidade básica de medida o diâmetro das colunas e era a partir desse módulo que surgiam todas as outras dimensões do edifício (Greven & Baldauf, 2007).

Os Romanos

No que concerne ao povo romano, o conceito de módulo não foi aplicado numa vertente estética da arquitetura, mas sim numa vertente estético-funcional. Esta civilização criou a sua própria malha arquitetónica que obedecia a um reticulado modular, baseado na medida romana *passus* que, por sua vez, está relacionada com a medida antropométrica *pés* (Greven & Baldauf, 2007).

Para além da presença notória do conceito de módulo no planeamento das cidades, este também se verificou noutros campos como na produção de materiais de construção e também de utensílios como copos, pratos e ânforas. Nesta altura, os romanos conseguiram criar e padronizar os tijolos em dois tipos universais, o *bipetalis* e o *sesquipetalis* (Greven & Baldauf, 2007). É possível concluir que os romanos conseguiram aplicar este conceito de medidas modulares desde os pequenos instrumentos utilizados na construção até à própria projeção de uma grande cidade.

Os Japoneses

Relativamente ao povo japonês, sabe-se que a unidade de medida utilizada era o *shaku*. Esta medida é praticamente equivalente ao pé inglês (Greven & Baldauf, 2007).

Após a segunda metade da idade média foi criada uma nova unidade de medida conhecida por *ken*. Esta medida era inicialmente utilizada única e exclusivamente para estabelecer a distância entre duas colunas de um edifício, contudo com o decorrer dos anos esta unidade de medida foi aceite e normalizada e passou a ser utilizada na projeção das habitações (Greven & Baldauf, 2007). Posteriormente, surgiu o *tatame* que era um módulo retangular que possuía dimensões de aproximadamente $\frac{1}{2} \times 1$ *ken*. O *tatame* era uma medida de área, que surgiu com a finalidade de definir uma área em que fosse possível sentar duas pessoas confortavelmente ou que uma delas se pudesse deitar. Assim, a área das habitações tradicionais japonesas era expressa pelo número de *tatames* que englobavam (Greven & Baldauf, 2007; Sarabanda, 2013).

2.2.2. A Revolução Industrial

No período da revolução industrial foi possível constatar uma grande evolução a nível dos transportes, mais propriamente, o do transporte ferroviário, o que influenciou indiretamente a evolução da construção e dos métodos construtivos. Com a evolução da ferrovia e com a utilização desta para o transporte da população, libertou-se muito o transporte fluvial para eventuais carregamentos de materiais pesados. Assim sendo, este progresso permitiu desvincular um pouco a dependência que existia da construção dos materiais de proveniência local (Patinha, 2011)

2.2.3. O Século XX

Encontrávamo-nos num período em que já era insuportável os altos custos e longos períodos de construção. Assim surgiu, em 1921, a teoria defendida pelo arquiteto *Le Corbusier* que defendia que as habitações deveriam ser produzidas em série, ou seja, de uma forma semelhante à produção dos automóveis na linha de montagem da fábrica da *Ford* (Greven & Baldauf, 2007).

De acordo com esta ideia, *Le Corbusier* criou entre 1914 e 1917 o conceito de *Dom-ino*. Este conceito revolucionário foi o ponto de mudança da arquitetura moderna e baseava-se na construção de habitações compostas por módulos tridimensionais, com dimensões estandardizadas, produzidos em fábrica (figura 1). O *Dom-ino* flexibilizava a construção das habitações, uma vez que era possível uma casa ter até dois pisos, com uma arquitetura interna livre e sem recurso a paredes mestras (Patinha, 2011)

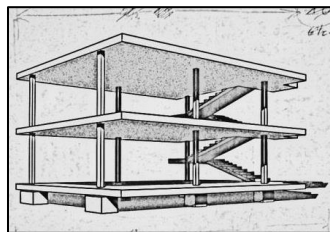


Figura 1 - Esquema ilustrativo de uma casa Dom-ino de *Le Corbusier* (adaptado de Oliveira, 2018).

Durante este período, inúmeros especialistas da área desenvolveram estudos no desenvolvimento da pré-fabricação e construção modular. *Albert Bemis* publicou “*The Evolving House*”, que propunha um sistema de construção modular baseado na ideia de um módulo tridimensional, um módulo cúbico que levaria a uma produção mais eficiente (Bemis, 1936). Foi com o lançamento deste estudo que surgiram as normas que regularizavam a construção.

Durante este período, surgiram os primeiros exemplos relacionados com os estudos feitos por *Albert Bemis*. Em 1927 foi desenhado o bairro operário de *Weissenhof* e em 1932 a “*Casa Ampliável*”, ambos por *Walter Gropius* (Patinha, 2011; Sarabanda, 2013). Mais tarde, em 1951, *Jean Prouvé* contribuiu bastante para a área com a realização de inúmeros projetos. Um destes projetos foi a “*Tropical House*”, uma cabana feita em alumínio e passível de ser desmontada (figura 2) (Patinha, 2011).



Figura 2 - A “*Tropical House*”, desenhada por *Jean Prouvé* (adaptado de Patinha, 2011).

Outro projeto que ficou conhecido como “*Maison Démontable*” (figura 3), englobava conceitos como a pré-fabricação, a flexibilidade e a mobilidade (Oliveira, 2018).



Figura 3 - *Maison Démontable* de Jean Prouvé (Oliveira, 2018).

Já em 1948, *Le Corbusier* lança o livro “*Le Modulor*” em que a base era um estudo que tinha o objetivo de harmonizar as medidas antropomórficas com as medidas das habitações modulares produzidas industrialmente (Oliveira, 2018).

Durante o mesmo período, *Ernest Neufert* criou um modelo baseado num sistema octamétrico em que a medida base era de 12,5 cm e que foi utilizada para a reconstrução das habitações que tinham sido destruídas, na Segunda Guerra Mundial, na Alemanha (Greven & Baldauf, 2007).

Em 1953, foi inaugurada a Agência Europeia para a Produtividade (AEP). O motivo da sua criação foi o de se acreditar que as vantagens que advêm da construção modular só seriam alcançadas se existisse uma cooperação internacional (Sarabanda, 2013). Assim, dois anos depois foram estabelecidas as dimensões do módulo base de 10 cm ou de 4 polegadas para os países que usassem o sistema pé-polegada. Em 1953, Portugal (que fazia parte da AEP) publicou a primeira norma de construção modular tendo adotado o módulo base de 10 cm (Greven & Baldauf, 2007).

2.3. Vantagens e Desvantagens da Construção Modular

Como referido anteriormente, a construção modular apresenta grandes vantagens no que diz respeito ao tempo de execução e apresenta também vantagens a nível financeiro, não só para as empresas que fornecem este tipo de serviços como para eventuais compradores destas habitações. Seguindo um estudo realizado por Kamali & Hewage (2016), foi possível identificar as principais vantagens e desvantagens associadas a este tipo de construção. As principais vantagens são a nível de tempo, custo, segurança no local de implementação, qualidade do produto, uma maior cooperação e produtividade e melhor performance ambiental. Por outro lado, as desvantagens consideradas pelos autores são o planeamento do projeto, restrições de transporte, perceção negativa sobre novos métodos construtivos, o elevado custo inicial e constrangimentos locais e a coordenação e comunicação (Kamali & Hewage, 2016).

No que diz respeito aos ganhos de tempo, pode perceber-se que estes se devem essencialmente ao método construtivo das habitações modulares, ou seja, a preparação do terreno para implantação das fundações é feita em simultâneo com a construção da habitação, característica que não é possível

verificar na construção tradicional. Outros fatores que contribuem para a redução do tempo são as poucas interrupções existentes devido a condições extremas de clima e a menor ocorrência de situações de vandalismo (Kamali & Hewage, 2016).

Relativamente ao custo deste tipo de construção percebeu-se, com a análise de vários casos práticos que pode estar envolvida uma poupança na ordem dos 10% do custo total da construção e cerca de 25% no custo de todos os trabalhos realizados *in situ* (Kamali & Hewage, 2016). Estas poupanças devem-se, por exemplo, à execução de inúmeros módulos em simultâneo, de modo que os materiais possam ser encomendados em maiores quantidades ou até à diminuição de trabalhadores no local da instalação da casa modular, o que leva a menos congestionamento e, conseqüentemente, a uma maior produtividade. A estandardização do *design* leva também a maiores níveis de eficiência energética e de eficiência no período de instalação (Haas & Fagerlund, 2002).

Os níveis de segurança também aumentam bastante. Segundo Lawson et al., (2012), os acidentes reportados no fabrico das construções modulares são cerca de 80% inferiores aos relatados na construção tradicional. Isto deve-se ao facto dos fatores responsáveis pela maior parte dos acidentes como os trabalhos em altura, o congestionamento, o tempo severo e as atividades perigosas poderem ser evitados ao transportar a maior parte do trabalho para a fábrica (Kamali & Hewage, 2016).

Os níveis de qualidade do produto associado a este método construtivo também aumentam significativamente devido ao maior controlo de fabrico e à repetição de processos e operações. A redução da exposição do material a condições de clima adversas também contribui para uma melhor qualidade do produto final (Haas & Fagerlund, 2002).

A produtividade é outro grande benefício, visto que, uma maior simplicidade dos trabalhos executados leva a menores requisitos de conhecimento por parte dos trabalhadores e sendo estes trabalhos mais simples e de menor duração, leva a que os trabalhadores evoluam a sua capacidade de execução dos mesmos num menor espaço de tempo. Assim, o nível de especialização dos trabalhadores aumenta a uma velocidade relativamente elevada, causando uma maior produtividade e uma maior qualidade do produto com menos danos ou defeitos. Uma melhor supervisão e organização das operações leva a uma produtividade mais elevada com a possibilidade de execução de várias tarefas em paralelo (Kamali & Hewage, 2016).

Uma outra característica importante é a performance ambiental, isto porque, os níveis de desperdício de material são bastante inferiores. Segundo um inquérito de *McGraw Hill Construction* (2011), 76% dos inquiridos acreditam que na construção modular existe um melhor controlo dos desperdícios. Este controlo deve-se essencialmente à maior precisão na altura da aquisição dos materiais, no planeamento e no corte dos mesmos e, ainda, no fim de ciclo de vida destes materiais, estes podem ser desmontados e relocados para a utilização noutros projetos.

Para além disto, a construção modular causa muito menos perturbações no local de implantação, tanto a nível de tempo, como de ruído, poeira, vibrações, congestionamento e desperdício. A redução das emissões dos gases de efeito de estufa é outro benefício dos sistemas modulares. A redução no tempo de construção leva a um menor consumo de energia, menos viagens dos trabalhadores, fornecedores

ou subcontratados aos locais de construção (McGraw Hill Construction, 2011). Segundo um estudo realizado por Kim (2008), na avaliação dos custos de ciclo de vida de uma habitação modular em comparação com uma convencional com características semelhantes, percebe-se que em ambos os casos, grande parte dos consumos energéticos estão associados ao período de uso da habitação e não à sua fase construtiva (correspondendo a cerca de 95 % da totalidade da energia consumida).

Contudo, no caso da habitação modular foi possível verificar um consumo cerca de 4,6% inferior quando comparado com o seu equivalente. Já no que diz respeito às emissões, foi possível identificar que também a grande maioria destas estavam associadas ao período de uso da habitação, com a mesma percentagem de 95% do total de emissões, contudo também se verificou que para a casa modular o valor das emissões era cerca de 5% inferior (Kamali & Hewage, 2016; Kim, 2008). Para além de tudo isto, estimou-se que o processo construtivo de uma casa convencional gera resíduos sólidos até 2,5 vezes mais do que o processo de construção modular. Segundo outro estudo realizado por (Al-Hussein et al., 2009), em que apenas se analisou o período construtivo, chegou-se à conclusão através da comparação de 42 habitações, que todo o processo necessário para construir uma casa modular leva a uma redução de cerca de 43% da totalidade das emissões dos gases de efeito de estufa (Al-Hussein et al., 2009; Kamali & Hewage, 2016).

Para além de todas as vantagens acima enumeradas ainda existem na construção modular alguns pontos negativos. Um desafio significativo da modularização é a necessidade de planeamento e engenharia intensivos antes do projeto. Além da complexidade do próprio *design* dos módulos, existem outras complicações como a incorporação de diferentes componentes dentro deste e algum cuidado extra no planeamento, levantamento, transporte e colocação sobre as fundações dos módulos. Módulos complexos precisam de mais *design* de engenharia devido à complexidade das interfaces. Uma análise profunda com antecedência é extremamente necessária, pois é difícil fazer qualquer alteração mais tarde durante a fase de construção (Haas & Fagerlund, 2002; Kamali & Hewage, 2016).

Já no transporte também existem algumas limitações, sendo necessário investigar as limitações do transporte dos módulos na área. Além do estudo dos regulamentos gerais de transporte, devem ser verificados os requisitos especiais de permissão de controle de trânsito (por exemplo, áreas de preparação) para áreas densamente povoadas. Geralmente, não é possível transportar casas fabricadas ou módulos concluídos para locais distantes porque é caro e requer preparações complexas. Geralmente, os fabricantes modulares têm um limite máximo de distância para o transporte. A restrição dimensional dos módulos é outra barreira de transporte que pode ser ditada pelos regulamentos de transporte de cada país (Haas & Fagerlund, 2002; Kamali & Hewage, 2016).

No que diz respeito aos custos, é perceptível que para a instalação de uma fábrica de construção de casas modulares é necessário um investimento inicial bastante elevado, devido à necessidade de aquisição de todo o equipamento e maquinaria. Outra limitação é a falta de especialistas experientes como engenheiros e projetistas na área dos sistemas modulares (Jaillon & Poon, 2010).

E, por fim, muitos estudos revelaram que nos dias de hoje ainda existe uma perceção errada sobre a construção pré-fabricada. A falta de conhecimento dos usuários finais (clientes) sobre os benefícios e

as diferentes opções oferecidas pelas técnicas de construção pré-fabricada podem influenciar a demanda do mercado e, subsequentemente, o desenvolvimento dessas técnicas (O'Brien et al., 2000).

2.4. Tipos de Construção Modular

A construção modular está diretamente relacionada com a pré-fabricação. Houve vários fatores que impulsionaram a pré-fabricação de elementos estruturais como pilares, vigas, equipamentos acessórios ou até da totalidade das habitações. Inicialmente, o auxílio da pré-fabricação na construção só existiu parcialmente, ou seja, começou-se por construir ferramentas de auxílio, equipamentos de apoio que eram depois transportados para o local da implantação. Contudo, com o desenvolvimento tecnológico verificou-se um aumento nas parcelas que eram pré-fabricadas e transportadas para a obra, até ao ponto de se construírem habitações inteiras que só necessitavam de ser colocadas no local desejado. Com isto entende-se que a construção modular está diretamente relacionada com a evolução da construção pré-fabricada (Patinha, 2011).

A denominada *Off Site Construction* (OSC) ou construção pré-fabricada está dividida em quatro tipos: construção modular, construção em painéis, construção mista e construção de subsistemas e componentes.

A construção modular, como já referido anteriormente, pode ser designada como a técnica construtiva em que se utilizam unidades tridimensionais que são construídas em fábrica, quase na sua totalidade, e que são, posteriormente, transportadas para o local de implantação para posterior montagem nas zonas de fundação. É a junção destas unidades pré-fabricadas que forma a estrutura de um edifício modular (figura 4). É importante salientar que existe uma diferença entre construção modular e modularização. Um edifício que possua uma aparência modular não significa que tenha sido construído segundo técnicas de construção modular. A modularização implica apenas que a conceção arquitetónica do edifício se baseie no conceito de módulo, sendo que este pode ser construído no local, através dos métodos tradicionais. Já a construção modular implica que o fabrico e construção dos módulos tridimensionais sejam feitos em fábrica na sua quase totalidade (Patinha, 2011).



Figura 4 - Fotografias da montagem de módulos tridimensionais.

Dentro da construção modular, segundo Lawson et al. (2012) existem vários sistemas e tipos de módulos que podem ser divididos em:

- Sistemas fechados;
- Sistemas parcialmente abertos;
- Sistemas abertos;
- Sistemas construtivos de elementos modulares;
- Sistemas mistos ou híbridos.

Os sistemas modulares fechados caracterizam-se pela sua forma, sendo semelhantes a contentores de transporte marítimo. O seu espaço interior já vem completamente montado e a sua função não pode ser alterada. É um sistema com grau de pré-fabricação elevado e altamente padronizado, permitindo poucas alterações após a sua implementação no local (R. M. Lawson, 2007). Os *bungalows* localizados no Ecoparque de Campismo do Outão da Serra da Arrábida são um exemplo deste tipo de módulo (figura 5).



Figura 5 - Fotografias dos bungalows do Ecoparque do Outão da Serra da Arrábida.

Os sistemas parcialmente abertos são semelhantes aos previamente referidos com a diferença de que possuem algumas aberturas laterais. Estas permitem a ligação a outros módulos quando são colocados simetricamente. Os módulos podem ser empilhados ou colocados lado a lado consoante o tipo de projeto (R. M. Lawson, 2007) (figura 6).



Figura 6 - Exemplo de módulos parcialmente abertos (fonte Inhabitat, 2021).

Os sistemas abertos são totalmente abertos nas quatro faces ou parcialmente abertos, constituídos por pilares e vigas que suportam um eventual módulo superior. Estes, pela sua configuração, são

facilmente acoplados a outros módulos. Este tipo de módulos é normalmente utilizado para criar espaços cobertos com uma facilidade de circulação interior (R. M. Lawson, 2007) (figura 7).



Figura 7 - Exemplo de sistema modular aberto (fonte Inhabitat, 2021).

Relativamente aos sistemas construtivos de elementos modulares são sistemas que não se baseiam na criação de módulos, mas sim de elementos construtivos padronizados. Estes são, posteriormente, montados através de encaixes sucessivos ou de ligações previamente estabelecidas (R. M. Lawson, 2007) (figura 8).



Figura 8 - Exemplo de sistemas construtivos de elementos modulares (fonte Inhabitat, 2021).

Por último, os sistemas mistos ou híbridos são uma conjugação de todos os sistemas acima mencionados e apresentam várias soluções criativas na realização do edifício (R. M. Lawson, 2007).

2.5. Sustentabilidade e Construção

2.5.1. Recurso Solar em Portugal

É sabido que, depois do grande crescimento industrial e populacional ocorrido no século XX, a produção de energia através de combustíveis fósseis aumentou significativamente, levando assim a uma maior emissão de gases poluentes para atmosfera e, conseqüentemente, a um aquecimento generalizado do nosso planeta (Proença, 2007). Cabe-nos agora no século XXI criar soluções que

promovam um cenário mais sustentável para o futuro. Existem muitos meios alternativos à utilização de combustíveis fósseis para produção de energia elétrica e a comunidade científica tem-se dedicado bastante ao longo dos últimos anos a estudar formas mais eficientes de aproveitar os recursos renováveis ao nosso dispor. A água, o sol e o vento são os recursos principais usados na produção de energia.

As políticas dos países desenvolvidos apontam de forma cada vez mais significativa para o desenvolvimento e produção de energia limpa. Um exemplo disto mesmo é o Acordo de Paris, assinado em 2015 por vários países, que rege medidas de redução da emissão de gases de efeito de estufa, de forma a travar o aquecimento global.

Após a assinatura do acordo de Paris e durante o ano de 2015 foram instalados mundialmente cerca de 147 GW de potência elétrica proveniente de energia renovável. Destes 147 GW, cerca de 77% correspondem a energia solar fotovoltaica (FV) e energia eólica (Ovelha, 2017). Como se pode concluir pela figura 9, atualmente, cerca de 23.7% de toda a eletricidade mundial é alimentada por fontes de energia renovável, grande parte proveniente de energia hídrica. A tecnologia FV está a ter um crescimento acentuado, no entanto, a produção de eletricidade FV ainda é pequena (1.2%) (Seyboth et al., 2008).

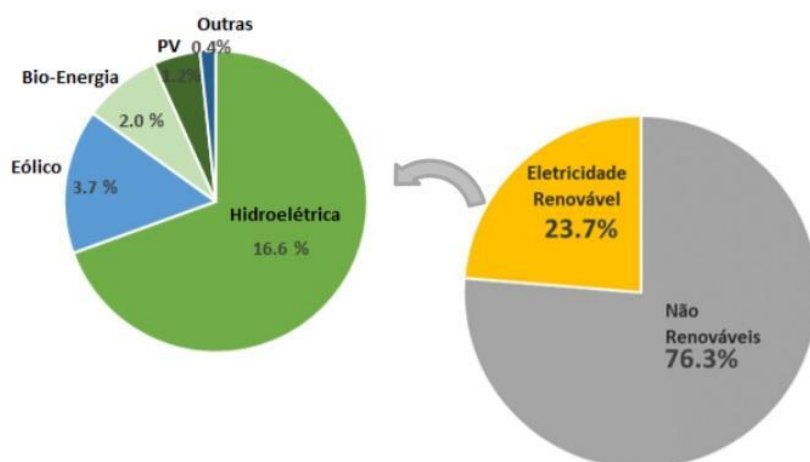


Figura 9 - Origem da produção de energia elétrica de origem renovável (Ovelha, 2017).

Portugal tem vindo a acompanhar este paradigma de mudança, contudo, existe ainda um grande caminho a percorrer. Como o nosso país não possui jazidas de combustíveis fósseis, a aposta nas energias renováveis é a mais importante, de forma a garantir a independência energética do exterior e também para contribuir para a criação de novos postos de trabalho.

Na União Europeia, depois de Itália e de Espanha, Portugal é o país com maior potencial de aproveitamento de energia solar. Com mais de 2300 h/ano de insolação na Região Norte, e 3000 h/ano no Algarve, o nosso país dispõe de uma situação privilegiada para o aproveitamento deste tipo de energia (Correia, 2015).

Dados do Instituto Português da Energia Solar, permitem verificar a variação da radiação solar, em Kwh/m^2 , ao longo do ano (Cavaco et al., 2016). Através da figura 10, percebe-se facilmente que a radiação solar é maior entre os meses de maio e agosto.

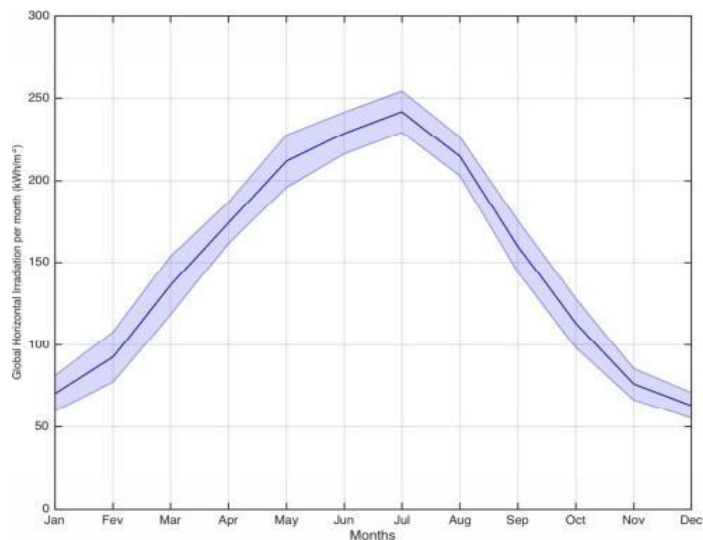


Figura 10 - Disponibilidade mensal média de radiação solar global e respetiva variabilidade na zona da grande Lisboa (Cavaco et al., 2016).

Tendo em conta a variabilidade da radiação solar consoante a zona geográfica do país e no âmbito deste trabalho, foi importante apurar os valores para a zona de estudo, Outão em Setúbal (quadro 1).

Quadro 1 - Irradiação mensal e anual média e respetiva variabilidade para a zona de Outão, Setúbal (PVsyst V7.1.3)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Irradiação (kWh /m ²)	73,3	86,1	136,6	174	215,5	229,1	243	215,4	161,8	116,1	77,5	63,1	1791,5
Variabilidade de (%)	15,5	16,5	12,9	7,3	7,5	5,5	5,1	5,5	9,9	13	12,6	12,3	4,5

É, então, possível concluir que o nível de radiação anual é de cerca de 1800 kWh/m². Conforme se pode verificar pelos dados, existe um grande potencial para aproveitamento da energia solar neste ponto geográfico do nosso país. Assim sendo, foi avaliada de que forma poderá ser aproveitada esta energia, que tipo de soluções estão disponíveis no mercado e qual delas é a mais adequada.

2.5.1.1. Módulos Fotovoltaicos

O aumento de interesse na energia FV é causado pelo contínuo desenvolvimento desta tecnologia, não só ao nível da manufatura como, principalmente, ao nível da redução de custos dos sistemas e dos módulos FV. É, de facto, estimado que o custo de utilização e operação dos sistemas FV baixe cerca de 57% até 2025, em comparação com 2015. Esta diminuição de custos reflete-se nas tendências do

custo de energia, que caiu 58% em apenas cinco anos, entre 2010 e 2015 e é expectável que esta tendência de redução continue (International Renewable Energy Agency, 2016).

A energia fotovoltaica é a tecnologia que gera potência elétrica em corrente contínua, medida em *watts*, a partir de materiais semicondutores, quando estes são iluminados por fotões (Ovelha, 2017).

Um módulo fotovoltaico diz respeito a um grande número de células fotovoltaicas ligadas entre si, sendo este o produto final vendido ao consumidor. Estes módulos produzem eletricidade em corrente contínua e, por isso, é sempre necessário que estes sejam acompanhados por um inversor que transforme a corrente contínua em corrente alterna. Estes inversores variam consoante o tipo de sistema instalado (Luque & Hegedus, 2011).

Os sistemas fotovoltaicos podem dividir-se em três tipos: sistemas ligados à rede (*on-grid*), sistemas desligados da rede (*off-grid*) e sistemas híbridos. Os sistemas fotovoltaicos *on-grid*, operam em conjunto com a rede elétrica, ou seja, são utilizados em locais onde já é fornecida energia elétrica da rede. Estes sistemas são os mais utilizados atualmente, principalmente depois dos vários incentivos feitos pelo governo entre 2014 e 2015. Os sistemas fotovoltaicos *off-grid*, também conhecidos como sistemas fotovoltaicos autónomos, são aqueles em que existe total independência da energia da rede pública. Estes sistemas são normalmente utilizados em situações onde não existe fornecimento de energia da rede, como zonas rurais, praias, ilhas. Os sistemas híbridos consistem na combinação de sistemas fotovoltaicos com outras fontes de energia que asseguram a carga das baterias na ausência de sol. Estas fontes podem ser geradores a diesel, gás, eólicas ou mesmo ligadas à rede elétrica (Abdul Aziz et al., 2017).

2.5.2. Recurso Hídrico em Portugal

A problemática da escassez da água é uma das grandes preocupações da humanidade. Como se sabe, o crescimento populacional é uma das principais causas de apreensão, uma vez que um maior número de pessoas implica mais agricultura, mais indústria, mais habitações e, conseqüentemente, maior consumo de água.

Atualmente, a agricultura é responsável por cerca de 69% do consumo de água, a indústria por 19% e o setor urbano por 12% deste consumo (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, 2021). No século XX, foi registado o maior crescimento de população de sempre e o consumo de água também tem aumentado, proporcionalmente ao crescimento da população. Segundo a Organização das Nações Unidas, o consumo de água no ano de 1950 era de cerca de $1400 \text{ km}^3/\text{ano}$, e no ano de 2000 já era de $4000 \text{ km}^3/\text{ano}$. A previsão é que no ano de 2050 os valores de consumo mundial rondem os $5200 \text{ km}^3/\text{ano}$ (United Nations, 2015).

Desta forma, torna-se imperativo que sejam tomadas medidas de controlo demográfico, e medidas que preservem os recursos hídricos, sendo preciso adotar estratégias de uso eficiente de água e de reaproveitamento.

Em Portugal, os sistemas de abastecimento de água são essencialmente destinados à água para consumo humano. São poucas as situações de reutilização de água, sendo que é quase inexistente a rede de distribuição de água não potável (Canha, 2008).

O uso da água no setor urbano está dividido em quatro grupos: o uso doméstico, o uso para estabelecimentos institucionais como escolas, hospitais e administração pública, o uso para desporto e zonas recreativas e o uso para estabelecimentos comerciais. É estimado que o setor doméstico seja responsável pelo consumo de 64% da água (Almeida et al., 2006).

O consumo médio das habitações em Portugal é de 137 litros por pessoa por dia. As torneiras, os autoclismos e os sistemas de duche são os principais consumidores de água nas habitações (figura 11). É nestes três dispositivos que se deve pensar intervir, de modo a aumentar a sua eficiência hídrica e, conseqüentemente, fazer baixar os níveis de consumo. Algumas soluções passam pela colocação de redutores de caudal e pelo reaproveitamento das águas cinzentas para uso nas descargas dos autoclismos e, eventualmente, para algum sistema de rega existente (Almeida et al., 2006).

Distribuição do uso doméstico da água

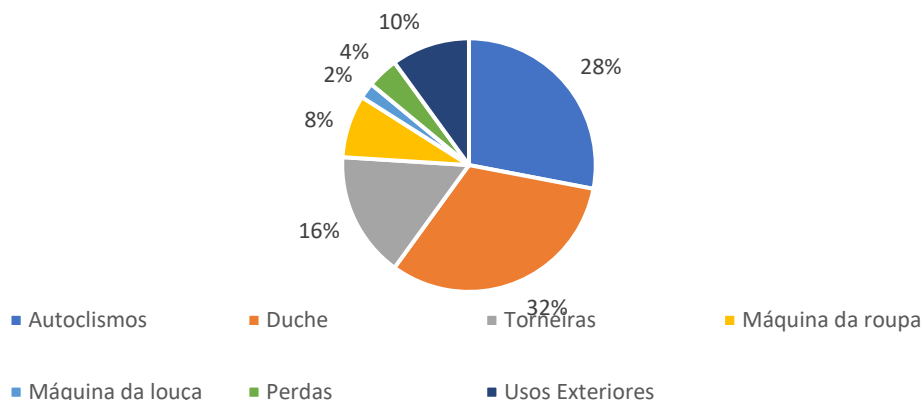


Figura 11 - Distribuição do uso doméstico da água, adaptado de Almeida et al. (2006).

2.5.2.1. Aproveitamento de águas residuais

As águas residuais podem ser categorizadas em dois tipos distintos: as águas cinzentas e as águas negras. As primeiras estão associadas aos caudais gerados por torneiras de lavatório, sistemas de duche e máquinas de lavar. As águas negras estão associadas às descargas dos autoclismos (Neves et al., 2006). Uma especificação técnica fornecida pela Associação Nacional para a Qualidade nas

Instalações Prediais (ANQIP) refere que as águas provenientes de chuveiros e de torneiras de casa-de-banho não costumam ter uma carga poluente muito elevada, por isso são consideradas as mais apropriadas para reutilização. As águas dos lava-louças e das máquinas de lavar possuem normalmente maiores níveis de contaminação como gorduras, resíduos alimentares e detergentes, o que levava a um processo de tratamento e filtragem mais complexo e dispendioso (Matos et al., 2012).

A utilização destas águas residuais tratadas pode ter vários fins, como o abastecimento dos autoclismos, a lavagem de pisos ou utilização em sistemas de rega. A principal mais-valia da utilização de águas residuais é a preservação da água potável, que assim se destina a usos mais nobres como o consumo humano (Nazaré, 2019).

Em Portugal, a utilização de águas residuais tratadas ainda é vista com alguma relutância e tem uma difícil aceitação pública. Isto deve-se, essencialmente, à controvérsia relativamente à origem destas águas. Conseguir a aceitação pública dos projetos de reutilização da água constitui, naturalmente, um desafio importante (Marecos-do-Monte & Albuquerque, 2010).

2.5.2.2. Certificação de dispositivos e equipamentos de Água

A criação dos métodos de certificação de equipamentos e dispositivos tem como papel principal incentivar os produtores a lançar equipamentos mais eficientes para o mercado. Existem vários modelos de certificação a nível mundial, alguns deles são a *Water Label*, a *WaterSense*, a *Nordic Swan EcoLabel*, a *WELS*, entre outros (Nazaré, 2019).

Em Portugal, foi criado também um sistema de certificação pela ANQIP. Este sistema foi criado em 2008 e tem em conta aspetos de desempenho das redes prediais e de saúde pública, tendo sido considerado um dos sistemas mais abrangentes e completos de avaliação (Nazaré, 2019). Este certificado avalia a eficiência hídrica dos equipamentos e foi desenvolvido dentro das propostas do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (Vieira et al., 2015).

No modelo de classificação dos equipamentos e dispositivos da ANQIP, representado na figura 12, é possível uma classificação entre “A++” (muito eficiente) e “E” (pouco eficiente) (ANQIP, 2018).



Figura 12 - Classificação da eficiência hídrica (ANQIP, 2018).

A eficiência hídrica considerada ideal, atendendo ao conforto das utilizações, às questões de saúde pública e à performance dos dispositivos, corresponde à letra “A” (Afonso, 2010).

2.5.2.3. Sistemas de Certificação da Construção Sustentável

Como já foi referido anteriormente, existem vários sistemas de avaliação da sustentabilidade como o LEED® (Estados Unidos da América), o BREEAM® (Reino Unido) ou o LiderA® (Portugal). O LiderA® (figura 13) é um sistema criado com o propósito de avaliar e certificar os ambientes construídos na ótica da sustentabilidade. É uma marca registada e desenvolvida por Manuel Duarte Pinheiro, doutorado em Engenharia do Ambiente e Professor no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico.



Figura 13 - Logótipo do sistema de certificação LiderA® (LiderA, 2021).

Este sistema tem por base o desenvolvimento sustentável caracterizado pelo “*Triple Bottom Line*”, ou seja, pretende avaliar o desempenho dos ambientes construídos a nível ambiental, económico e social (LiderA, 2021). A avaliação é feita através da análise das seis vertentes que o LiderA® engloba. As vertentes são a integração local, os recursos, as cargas ambientais, o conforto ambiental, a vivência socioeconómica e o uso sustentável (figura 14). Por sua vez estas vertentes estão subdivididas em 22 áreas e 43 critérios. A avaliação consiste na classificação, em função do desempenho das soluções nos critérios analisados, comparativamente a uma prática de referência. Assim, este sistema classifica o desempenho de “G” a “A” (até A+++), em que o nível “E” representa a prática atual ou de referência. É com a comparação do nível de referência que se atribui um valor ao desempenho do critério, sendo que “C” representa uma melhoria de cerca de 25% e “A” representa uma melhoria de 50% (LiderA, 2021). Cada vertente possui, no entanto, uma ponderação diferente para o global da avaliação, como se pode ver na figura 14.

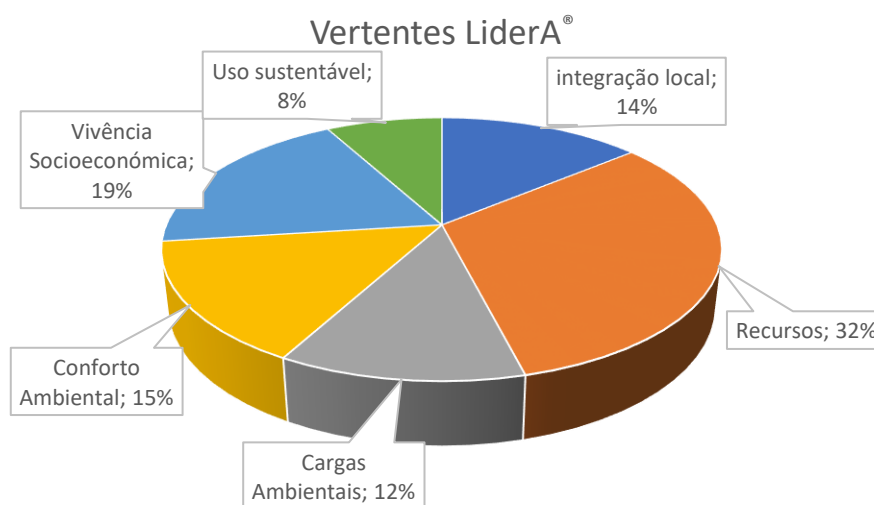


Figura 14 - Ponderação das diferentes vertentes da LiderA®.

O sistema LiderA® é o sistema que foi utilizado nesta dissertação para a avaliação da sustentabilidade do Ecoparque do Outão da Serra da Arrábida.

3. Caso de estudo

3.1. Enquadramento geográfico

O caso de estudo que se apresenta nesta dissertação é o do Ecoparque do Outão na Serra da Arrábida em Setúbal (figura 15) e, em particular, os *bungalows* modulares aqui instalados.

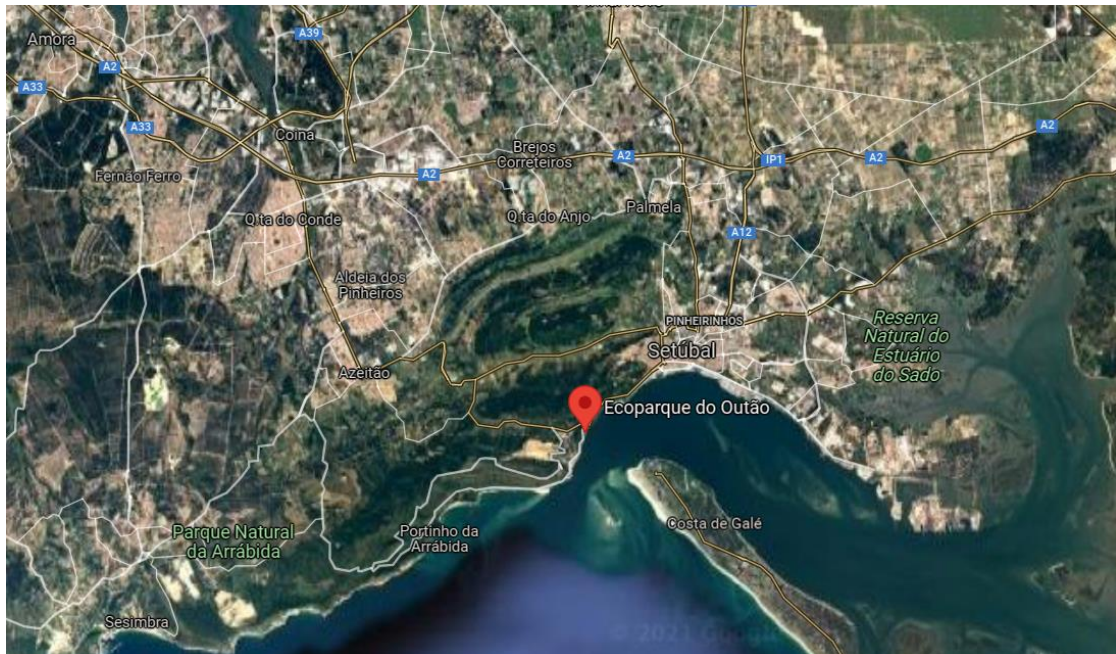


Figura 15 - Localização no mapa do Ecoparque do Outão em Setúbal.

Setúbal, capital do distrito desde 1926, conta com aproximadamente 120 000 habitantes no seu perímetro urbano. Situa-se na sub-região da área metropolitana de Lisboa, a aproximadamente 32 km a sudeste da capital portuguesa. Este município possui uma área de 230,2 km² e é rodeado pelos municípios de Sesimbra a norte, Barreiro a Noroeste, Palmela a Norte e a Leste e pelo estuário do Sado a Sul. A cidade está também ladeada a Oeste pela serra da Arrábida. A área urbanizada é de aproximadamente 10 km.

O clima é quente e temperado em Setúbal, o verão tem muito menos pluviosidade que o inverno. A temperatura média ronda os 17,2°C. A pluviosidade média anual é 641 mm. Julho é o mês mais seco com 3 mm. Apresentando uma média de 96 mm, o mês de novembro é o mês de maior precipitação. Agosto é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 23,3 °C. A temperatura média em janeiro é de 11,7 °C, sendo esta a temperatura média mais baixa em todo o ano (Climate-Data.org, 2021).

Em Setúbal, verifica-se também que a percentagem média de céu encoberto é, significativamente, reduzida, principalmente, nos meses de junho, julho e agosto. A percentagem de dias de céu limpo

nestes meses equivale, aproximadamente, a 92%. Nos restantes dias do ano constatou-se que a percentagem de dias nublados é de cerca de 50% (Weather Spark, 2021).

Com estes dados, é bastante perceptível que Setúbal é uma cidade com um potencial turístico muito elevado, não só pelo seu clima quente e temperado, como pela sua localização geográfica. E, de facto, nos últimos anos tem-se verificado um grande crescimento a nível do turismo em Setúbal. Este crescimento levou ao início de muita construção e à reabilitação de inúmeros edifícios, com o propósito alugar ou vender a pessoas que visitam a cidade. Um indicador do aumento crescente da procura de Setúbal por parte dos turistas é o nível de lotação da hotelaria local. Os últimos dados cedidos pela Câmara Municipal de Setúbal datam de 2017. As dormidas aumentaram de 225,022 em 2016 para 237,777 em 2017. As pernoitas dos cidadãos estrangeiros cresceram 13%, tendo sido verificadas 112,243 dormidas em 2017, comparativamente com 99,179 no ano anterior (Setúbal Mais, 2018).

O Ecoparque do Outão surgiu também como uma resposta ao aumento desta procura turística. O caso de estudo desta dissertação foca-se neste parque de campismo e, em particular, nos *bungalows* modulares aqui instalados (figura 16).

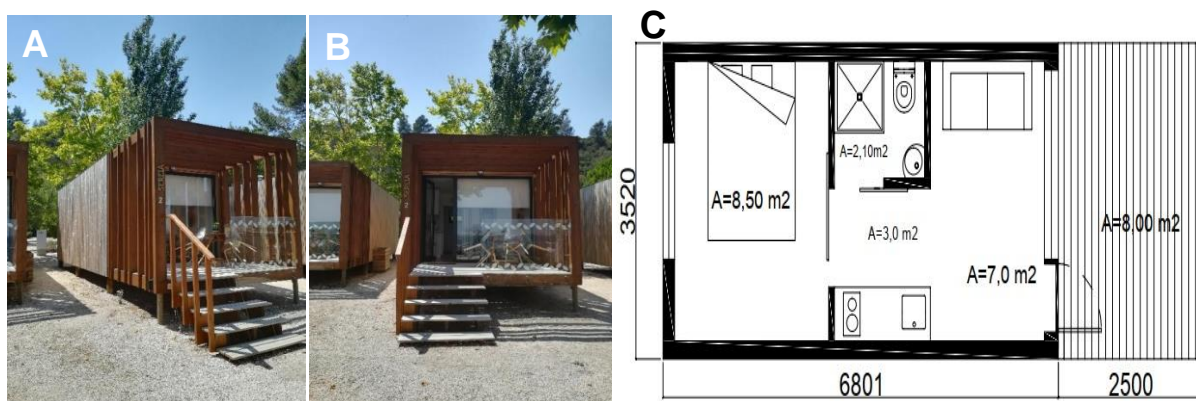


Figura 16 – Bungalows no Ecoparque do Outão (A e B – fotografias; C- desenho esquemático do interior dos bungalows).

3.2. Atividade Turística dos Parques de Campismo

No que diz respeito à atividade turística nos parques de campismo constatou-se que, em julho de 2019, existiam em Portugal 240 parques de campismo (INE, 2020). É possível verificar através da figura 16 que, em 2019, o maior número de campistas em Portugal foi registado entre julho e setembro (INE, 2020).

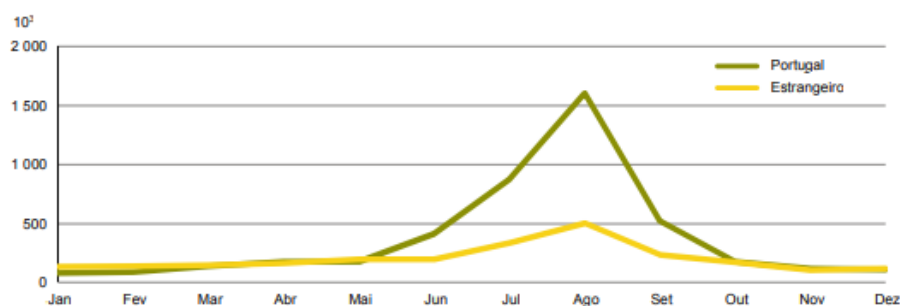


Figura 17 – Distribuição do número de campistas em Portugal (quer com residência portuguesa quer estrangeira) no ano de 2019 (INE, 2020).

Uma vez que os *bungalows* são um dos objetos de estudo nesta dissertação, foi aferido junto dos responsáveis pela gestão do parque, a sua ocupação turística (quadro 2). Posteriormente, foi também avaliado o nível de ocupação total do parque de campismo.

Quadro 2 – Capacidade dos Bungalows do Ecomparque do Outão (dados cedidos pelo Ecomparque do Outão)

			Nº de Ocupantes em 2018	% de Ocupação em 2018
		Janeiro	104	34%
		Fevereiro	80	29%
Nº de bungalows		Março	98	32%
Nº máximo de pessoas por bungalow		Abril	132	44%
Capacidade máxima de ocupação por dia		Maio	160	52%
Capacidade máxima por mês		Junho	240	80%
Capacidade máxima por ano		Julho	240	77%
		Agosto	250	81%
		Setembro	160	53%
		Outubro	130	42%
		Novembro	80	27%
		Dezembro	104	34%

Fez-se de seguida uma estimativa do número de utilizadores médio dos *bungalows* por dia (quadro 3).

Quadro 3 - Estimativa do número de ocupantes dos bungalows do Ecomparque do Outão

Estimativa do nº de utilizadores diários por mês		Estimativa do nº de utilizadores por dia	Estimativa do nº de utilizadores por ano
Janeiro	3	5	1773
Fevereiro	3		
Março	3		
Abril	4		
Maio	5		
Junho	8		
Julho	8		
Agosto	8		
Setembro	5		
Outubro	4		
Novembro	3		
Dezembro	3		

Tendo em conta os valores obtidos junto dos responsáveis do Ecoparque do Outão, é possível estimar que existe uma taxa de ocupação dos *bungalows* anual de 49%.

É importante referir que relativamente à ocupação dos *bungalows*, só foi possível obter a informação relativa ao ano de 2018. Todavia, estima-se que a procura se tenha mantido semelhante no ano de 2019. O ano de 2020 não foi considerado nesta dissertação dado o contexto pandémico. Razão pela qual também não foram apresentados os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) para atividade turística nos parques de campismo em 2020.

3.3. Critérios de intervenção

Como já referido anteriormente, foi feita uma análise de sustentabilidade tendo por base o sistema de certificação LiderA®, tanto para os *bungalows* como para o restante parque de campismo.

Apesar deste sistema fazer uma avaliação bastante ampla da sustentabilidade, nesta dissertação a avaliação será feita apenas para a vertente dos recursos, mais especificamente, para a energia e água. Também será avaliada a componente do desenho passivo. Optou-se por fazer a avaliação destes critérios, pois são aqueles mais pesam na avaliação global da sustentabilidade. Tanto os mecanismos de aproveitamento de águas como os de energia solar são aqueles em que mais a nossa sociedade se tem focado numa perspetiva de evolução e da criação de maior independência relativamente às redes públicas de abastecimento.

Os próximos capítulos debruçam-se sobre a análise dos níveis de consumo de água e energia dos *bungalows*, numa primeira fase e, posteriormente, será feita uma análise mais geral para a totalidade do parque de campismo.

3.4. Consumo de Água

Foram analisadas as soluções e equipamentos de consumo de água presentes nos *bungalows*. O objetivo foi fazer uma estimativa do consumo médio de água e apresentar soluções de melhoria com vista à redução dos consumos praticados.

Nos cinco *bungalows* existem quatro equipamentos de consumo de água diferentes (quadro 4; figura 17).

Quadro 4 - Equipamentos responsáveis pelo consumo de água presentes nos *bungalows*

Equipamento	Nº de equipamentos
Torneira lavatório	5
Torneira lava-loiças	5
Sistema de duche	5
Autoclismo	5



Figura 18 - Fotografias dos equipamentos responsáveis pelo consumo de água nos bungalows (A- toneira lavatório; B- torneira lava-loiças; C- Sistema de duche; D- autoclismo).

3.4.1. Estimativa de consumo de água relativo ao cenário atual

Para estimar o consumo de água atual nos *bungalows* foi realizada uma medição *in situ* dos caudais correspondentes a cada equipamento. Assim, foi possível atribuir a sua classificação de consumo ANQIP (quadro 5).

Quadro 5 - Consumo de água de cada equipamento presente no bungalow e a sua respetiva classificação de eficiência hídrica ANQIP.

Equipamento	Consumo (L/min)	Classe de eficiência hídrica da ANQIP
Torneira lava-loiças	5,3	A
Torneira lavatório	9,3	D
Sistema de duche	7,7	B
Autoclismo	6	C

Estabelecido o cenário de consumo de água de cada equipamento e tendo em conta os tempos médios de utilização dos mesmos (ANQIP) (quadro 6), foram calculados os consumos totais por pessoa e por dia de cada equipamento (quadro 7).

Quadro 6 - Hábitos de consumo dos utilizadores relativamente a cada equipamento dos bungalows

Equipamento	Nº de utilizações diárias	Tempo médio por utilização (s)
Torneira lavatório	4	24
Torneira lava-loiças	1	144
Sistema de duche	1	366
Autoclismo	4	-

Atribuídos estes valores e tendo em conta que, por dia, os *bungalows* têm em média 5 utilizadores, é possível então, estimar o consumo de água para cada equipamento.

- Torneiras e sistema de duche:

$$\text{Consumo (l/dia)} = \text{Caudal} \times \text{n}^\circ \text{ utilizações diárias} \times \text{tempo médio de utilização} \times \text{N}^\circ \text{ médio de Utilizadores}$$

- Autoclismos:

$$\text{Consumo (l/dia)} = \text{Volume por descarga} \times \text{n}^\circ \text{ de utilizações diárias} \times \text{N}^\circ \text{ médio de utilizadores}$$

Quadro 7 - Estimativa do consumo médio diário de água nos bungalows

Equipamento	Consumo médio diário (l/dia)	Consumo médio diário (l/(pessoa.dia))
Torneira lavatório	74,4	14,88
Torneira lava-loiças	63,6	12,72
Sistema de duche	234,85	46,97
Autoclismo	120	24
TOTAL	492,85	98,57

Como é possível verificar no quadro 7, o dispositivo que apresenta maior consumo diário é o sistema de duche. São consumidos diariamente 492,85 litros de água e cada pessoa consome em média um total 98,57 litros de água por dia.

3.5. Consumo Energético

Para o cálculo das necessidades energéticas anuais foi preciso, numa fase inicial, definir a zona climática de inverno e de verão.

O zoneamento climático do país baseia-se na nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos (NUTS) de nível III definido no **despacho (extrato) n.º 15793-F/2013**.

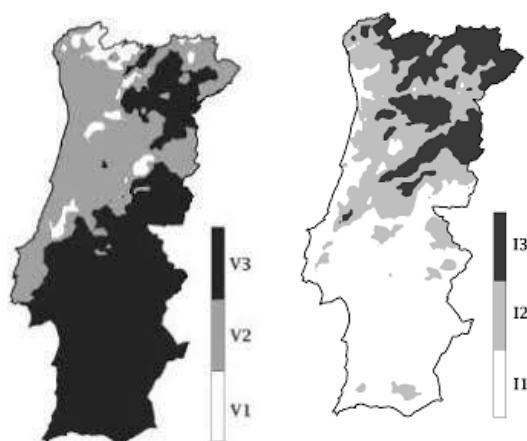


Figura 19 - Zoneamento climático em Portugal para as estações de Verão (à esquerda) e de Inverno (à direita) (despacho (extrato) n.º 15793-F/2013).

Segundo a Tabela 01 do **despacho (extrato) n.º 15793-F/2013**, os *bungalows* do Ecoparque estão inseridos na zona climática da península de Setúbal.

Nas tabelas 04 e 05 do referido despacho são definidas, para cada região NUTSIII, sete grandezas relativas às estações de aquecimento e arrefecimento, como:

- Altitude média (Z);
- A duração da estação de aquecimento (M);
- O número de graus-dias, na base dos 18°C, corresponde à estação convencional de aquecimento (GD);
- A temperatura média exterior do mês mais frio da estação de aquecimento ($\theta_{ext,i}$);
- A energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (G_{sul});
- A temperatura exterior média correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$);
- A energia solar acumulada durante a estação de arrefecimento, recebida na vertical (inclinação 90°C), para os pontos cardeais Norte e Sul (correspondentes às orientações das fachadas com elementos envidraçados) (G_{sol}).

As grandezas supracitadas aplicadas à península de Setúbal são as indicadas no quadro 8.

Quadro 8 - Parâmetros de definição da região climática dos *bungalows*

NUTS III	Z (m)	M (meses)	GD (°C)	$\theta_{ext,i}$ (°C)	G _{sul} [kWh/m ²]	$\theta_{ext,v}$ (°C)	G sol (90°N) [kWh/m ²]	G sol (90°S) [kWh/m ²]	Zona Inverno	Zona Verão
Península de Setúbal	47	4,7	1045	10,7	145	22,8	225	410	I1	V3

De seguida, foi necessário perceber a envolvente térmica dos *bungalows*, de modo a entender quais serão as trocas de energia efetuadas através dos elementos. As três envolventes analisadas no estudo

térmico dos edifícios são: a envolvente interior, a envolvente exterior e a envolvente sem requisitos. Como se pode verificar na figura 5, os *bungalows* estão na sua totalidade em contacto direto com o exterior, portanto será a única envolvente a considerar.

Após informação cedida pela empresa fornecedora dos *bungalows* (Jular), foram descritas as soluções construtivas aplicadas a estas habitações. As soluções identificadas foram: paredes, cobertura, pavimentos (figura 19) e envidraçados. Desta forma, foi possível avaliar as trocas de energia que estas soluções fazem com o exterior.

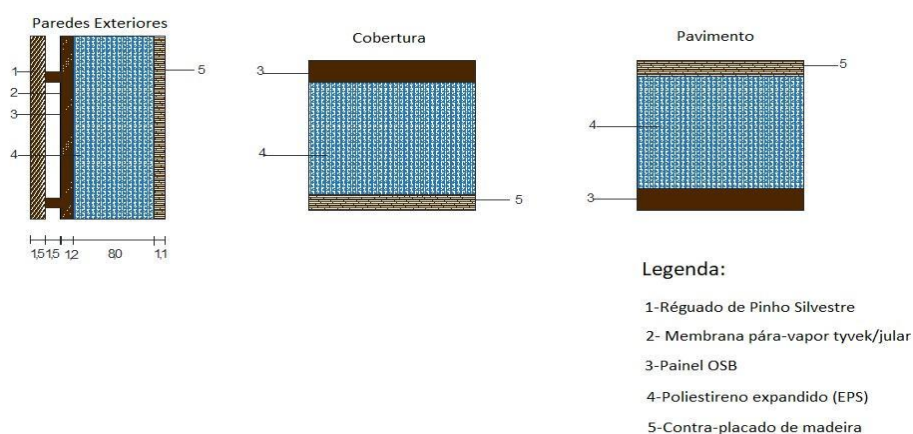


Figura 20 - Soluções construtivas dos bungalows

Posto isto, passou-se à caracterização da condutividade e resistividade térmica dos elementos construtivos dos *bungalows*, como se pode verificar no quadro 9.

Quadro 9 - Condutividade e resistividade térmica dos elementos construtivos dos bungalows

Elementos construtivos	Condutividade térmica (W/m.C)	Resistividade Térmica (m ² .C/W)
Régua de Pinho Silvestre (15 mm)	0,11	-
Membrana pára-vapor ref.Tela Tyvek/JULAR	-	-
Painel OSB (12 mm)	0,13	0,092
Poliestireno expandido EPS (80mm)	0,037	2,16
Contraplacado Madeira (11 mm)	0,13	0,085

Nota: para efeitos de cálculo desprezou-se a resistividade térmica da membrana pára-vapor, pelo facto da sua espessura ser desprezável.

Segundo o mapa de acabamentos, as soluções de envidraçados aplicadas foram vidro duplo liso 6mm / caixa-de-ar 18mm / liso4mm com coeficiente de transmissão térmica de 1,79 U W/(°C·m²). Os envidraçados encontram-se em caixilharias de alumínio série 66mm.

Deste modo, foi possível calcular o coeficiente de transmissão térmica. Os princípios de cálculo deste coeficiente de elementos opacos são calculados de acordo com o **despacho (extrato) nº 15793-K/2013**.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad W/(\text{°C}\cdot\text{m}^2) \quad (3.1)$$

Em que:

R_{si} - Resistência térmica interior ($\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$)

R_j - Resistência térmica da camada, ($\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$)

R_{se} - Resistência térmica exterior, ($\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$)

Nos quadros seguintes, é possível verificar os coeficientes de transmissão de calor das respetivas soluções construtivas de acordo com as dimensões do *bungalow*. O desenho esquemático dos *bungalows* poderá ser consultado no anexo A1.

Quadro 10 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pelas paredes exteriores do bungalow

Paredes exteriores						
Elementos construtivos	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.C)	Resistividade Térmica ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$)	U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)	Umáx	U-A ($\text{W}/\text{°C}$)
Superfície exterior	-	-	0,04	0,355	0,5	15,045
Régua de Pinho Silvestre	0,015	0,11	0,136			
Caixa de ar	0,015	-	0,17			
Membrana para-vapor ref.Tela Tyvek/JULAR	0,001	-	-			
Painel OSB	0,012	0,13	0,092			
Poliestireno expandido EPS	0,08	0,037	2,162			
Contraplacado Madeira	0,011	0,13	0,085			
Superfície interior	-	-	0,13			

Quadro 11 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pela cobertura do bungalow

Cobertura						
Elementos construtivos	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.C)	Resistividade Térmica ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$)	U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)	Umáx	U-A ($\text{W}/\text{°C}$)
Superfície exterior	-	-	0,04	0,389	0,5	9,306
Membrana impermeável Jular	-	-	-			
Painel OSB	0,015	0,13	0,115			
Poliestireno expandido EPS	0,08	0,037	2,162			
Contraplacado Madeira	0,011	0,13	0,085			
Superfície interior	-	-	0,17			

Quadro 12 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pelo pavimento do bungalow

Pavimento						
-----------	--	--	--	--	--	--

Elementos construtivos	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.C)	Resistividade Térmica (m ² .C/W)	U (W/m ² .C)	Umáx	U-A (W/°C)
Superfície exterior	-	-	0,04	0,400	0,5	9,566
Membrana impermeável Jular	-	-	-			
Painel OSB	0,015	0,13	0,115			
Poliestireno expandido EPS	0,08	0,037	2,162			
Contraplacado Madeira	0,011	0,13	0,085			
Superfície interior	-	-	0,1			

Quadro 13 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor pelos envidraçados do bungalow

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/°C.m ²)	U-A (W/°C)
Envidraçado Quarto	0,44	1,79	0,788
Envidraçado Entrada	7,775		13,917
TOTAL			14,705

Quadro 14 - Cálculo do coeficiente de transmissão de calor por pontes térmicas lineares do bungalow

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/°C.m)	ψ·B (W/°C)
Ligação fachada/ Caixilhos	16,884	0,3	5,0652
Fachada com cobertura	20,64	0,7	14,448
Fachada com pavimento	20,64	0,7	14,448
TOTAL			33,9612

Com isto, é possível calcular o coeficiente de transferência de calor por transmissão através da equação que se segue:

$$H_{tr} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (W/°C) \quad (3.2)$$

Como já foi referido anteriormente, no caso dos *bungalows* todas as trocas de calor são feitas diretamente com o exterior, ou seja, não existem trocas com espaços adjacentes ou espaços não úteis.

Desta forma obtemos que:

$$H_{tr} = H_{ext} \quad (W/°C) \quad (3.3)$$

No quadro 15 é possível analisar os cálculos para a obtenção do coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior - (H_{ext}).

Quadro 15 - Cálculo das transferências de calor por transmissão do bungalow com o exterior

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO				
ENVOLVENTE EXTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES		Área (m²)	U (W/°C·m²)	U·A (W/°C)
Paredes Simples Exteriores	SC1	42,360	0,355	15,046
Cobertura	SC2	23,94	0,389	9,31
Pavimento	SC3	23,94	0,40	9,57
			TOTAL	33,931
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área (m²)	U (W/°C·m²)	U·A (W/°C)
Envidraçado Quarto		0,44	1,79	0,788
Envidraçado wc		0,36		0,644
Envidraçado Entrada		7,78		13,917
			TOTAL	15,349
PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B (m)	ψ (W/°C·m)	ψ·B (W/°C)
Ligação fachada/ Caixilhos	PTL1	16,884	0,3	5,065
Fachada com cobertura	PTL2	20,64	0,7	14,448
fachada com pavimento	PTL3	20,64	0,7	14,448
			TOTAL	33,961
Coefficiente de transferência de calor por transmissão com envolvente exterior - (Hext)			83,24	(W/°C)

Nota: No âmbito do cálculo das perdas de calor através de zonas de ponte térmica linear, consideraram-se os valores presentes na tabela 07 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013.

Para além das transferências de calor por transmissão feitas diretamente com o exterior, é necessário contabilizar as transferências de calor por renovação do ar e pelos ganhos solares.

As transferências de calor por renovação do ar, tanto no inverno como no verão, podem ser obtidas através da seguinte fórmula.

$$H_{ve} = R_{ph} \times \text{Área util do Pavimento} \times \text{Pé direito} \quad (3.4)$$

Assim, obtém-se para o período de aquecimento,

$$H_{ve,i} = 0,490 \times 20,6 \times 2,5 = 8,58 \quad (W/°C) \quad (3.5)$$

E para o período de arrefecimento o valor de:

$$H_{ve,v} = 0,6 \times 20,6 \times 2,5 = 10,51 \quad (\text{W/}^\circ\text{C}) \quad (3.6)$$

Nota: Os valores da taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento ($R_{ph,i}$) e arrefecimento ($R_{ph,v}$) para efeitos de cálculo foram obtidos obtida através da folha de cálculo aplicação LNEC para ventilação no âmbito do REH e RECS.

No que diz respeito aos ganhos solares, foi importante avaliar o tipo de envidraçados, as suas orientações, o tipo de sombreamentos horizontais e verticais e a envolvente exterior opaca.

Assim sendo, foi possível o cálculo dos ganhos térmicos na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento. Estes ganhos são calculados através da soma entre os ganhos térmicos internos e os ganhos solares, conforme representado nas equações a baixo.

Na estação de aquecimento:

$$Q_{g,i} = Q_{sol,i} + Q_{int,i} \quad (\text{kWh/ano}) \quad (3.7)$$

Na estação de arrefecimento:

$$Q_{g,v} = Q_{sol,v} + Q_{int,v} \quad (\text{kWh/ano}) \quad (3.8)$$

Sendo que para a estação de aquecimento temos:

$$Q_{sol,i} = \Sigma X \cdot A_{s,i} \times G_{sul} \times M \quad (\text{kWh/ano}) \quad (3.9)$$

$$Q_{int,i} = 0,72 \times q_{int} \times M \times A_p \quad (\text{kWh/ano}) \quad (3.10)$$

Onde:

- $Q_{sol,i}$ – Ganhos solares no período de aquecimento.
- $Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos internos na estação de aquecimento.
- $\Sigma X \cdot A_{s,i}$ – Área efetiva total na orientação a sul.
- G_{sul} – Radiação média incidente num envidraçado vertical a sul.
- M – Duração da estação de aquecimento em meses.
- q_{int} – Ganhos internos médios (igual a 4 para edifícios residenciais, de acordo com o **despacho (extrato) nº 15793-K/2013.**)
- A_p – Área útil do pavimento.

Os ganhos solares brutos ($Q_{sol,v}$) relativos ao período de arrefecimento, são calculados através do produto entre a área efetiva (A_s) do elemento em causa, pelo fator de obstrução ($f_{s,v}$) e pela intensidade da radiação (G_{sol}).

$$Q_{sol,v} = A_s \times f_{s,v} \times G_{sol} \quad (\text{kWh/ano}) \quad (3.11)$$

No caso dos *bungalows*, o cálculo dos ganhos solares bruto fez-se tendo em conta os ganhos através dos envidraçados e da envolvente exterior opaca.

Os ganhos internos brutos ($Q_{int, v}$), relativos à estação de arrefecimento são dados por:

$$Q_{int, v} = \frac{q_{int} \times Lv \times Ap}{1000} \text{ (kWh/ano)} \quad (3.12)$$

Onde:

- q_{int} – Ganhos internos médios.
- Lv – Duração da estação de arrefecimento em horas.
- Ap – Área útil do pavimento.

Para o cálculo dos ganhos solares no período de arrefecimento, foi necessário obter o fator de obstrução conforme mencionado na equação 3.11, e para tal foi preciso apurar os tipos de sombreamentos existentes.

Nos quadros 16 e 17 apresentam-se os fatores relativos ao tipo de sombreamento.

Quadro 16 - Fatores de sombreamento (Inverno)

INVERNO														
Designação do envidraçado	Orientação	Fator de Orientação X_j	Sombreamento por horizonte		Sombreamento por elementos horizontais		Sombreamento por elementos verticais				F0-Ff	Factor Obstrução: $F_s = X_j \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f$	Verificação	
			α	Fh	α	F0	α	Ff /pala esq.	α	Ff /pala dir.				Ff
Envidraçado Entrada	SE	0,84	20	0,88	45	0,63	45	0,95	45	0,95	0,903	0,57	0,420	Verifica
Envidraçado Quarto	NW	0,84	20	0,96	0	1,00	0	1,00	0	1,00	1	0,90	0,806	Verifica

Quadro 17 - Fatores de sombreamento (Verão)

VERÃO												
Designação do elemento	Orientação	Sombreamento por horizonte		Sombreamento por elementos horizontais		Sombreamento por elementos Verticais Ff					F0·Ff	Fs = F0·Ff·Fh
		α	Fh	α	F0	α	Ff /pala esq.	α	Ff /pala dir.	Ff		
Envidraçado Entrada	SE	0	1	45	0,57	45	0,95	45	0,86	0,82	0,47	0,47
Envidraçado Quarto	NW	0	1	0	1,00	0	1	0	1,00	1,00	0,90	0,90
Parede Exterior 1	SW	0	1	0	1,00	0	1,00	0	1,00	1,00	0,90	0,90
Parede Exterior 2	NE	0	1	0	1,00	0	1,00	0	1,00	1,00	0,90	0,90
Parede Exterior 3	SE	0	1	0	1,00	0	1,00	0	1,00	1,00	0,90	0,90
Parede Exterior 4	NW	0	1	0	1,00	0	1,00	0	1,00	1,000	0,90	0,90

Onde:

- Fh – Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício.
- F0 – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo pátas e varandas.
- Ff – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo pátas verticais, outros corpos ou partes de um edifício.

Segundo o **despacho (extrato) n.º 15793-K/2013**, para o período de aquecimento o ângulo do horizonte (α) deve ser calculado individualmente para cada vão, sendo que caso não exista informação disponível para o efeito, o fator de sombreamento do horizonte deve ser determinado mediante a adoção de um ângulo de horizonte por defeito de 45° em ambiente urbano, ou de 20° no caso de edifícios isolados localizados fora das zonas urbanas.

Obtendo assim todas as variáveis necessárias foi possível o cálculo dos ganhos térmicos na estação de aquecimento. As tabelas com os cálculos detalhados podem ser consultadas no Anexo A2.

$$Qg, i = Qsol, i + Qint, i = 639,94 + 278,84 = 918,79 \text{ kWh/ano} \quad (3.13)$$

O mesmo se aplica para os ganhos térmicos no período de arrefecimento (tabela de cálculos presentes no Anexo A3):

$$Qg, v = Qsol, v + Qint, v = 417,80 + 280,34 = 698,14 \text{ (kWh/ano)} \quad (3.14)$$

Deste modo, é possível obter por fim as necessidades anuais de energia útil tanto para aquecimento como para arrefecimento dos *bungalows* através das equações descritas no **despacho (extrato) n.º 15793-I/2013**.

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad (kWh/m^2 \cdot ano) \quad (3.15)$$

$$N_{vc} = (1 - \eta v) Q_{g,v} / A_p \quad (kWh/m^2 \cdot ano) \quad (3.16)$$

Onde:

- N_{ic} – Necessidades anuais de energia para aquecimento.
- N_{vc} – Necessidades anuais de energia para arrefecimento.
- $Q_{tr,i}$ – Transferência de calor por transmissão no período de aquecimento.
- $Q_{ve,i}$ – Transferência de calor por renovação do ar no período de aquecimento.
- $Q_{gu,i}$ – Ganhos totais úteis.
- $Q_{g,v}$ – Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento.
- A_p – Área interior útil do pavimento.
- ηv – Fator de utilização de ganhos.

Estes cálculos de N_{ic} e N_{vc} estão representados nos anexos A4 e A5, sendo que os valores que se obteve foram de 58,31 ($kWh/m^2 \cdot ano$) e de 7,67 ($kWh/m^2 \cdot ano$), respetivamente.

3.5.1. Equipamentos de consumo elétrico

Para além de calcular as necessidades anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, foi preciso também apurar todos os equipamentos responsáveis pelo consumo de energia presentes nos *bungalows*.

Numa visita efetuada ao Ecoparque do Outão foram apurados os valores de potência de cada equipamento. No quadro 18 são apresentados todos os dispositivos elétricos existentes e respetiva potência, assim como uma previsão do tempo de utilização médio de cada um.

Quadro 18 - Equipamentos elétricos presentes nos bungalows e o seu consumo mensal

Equipamento	Nº	Potência (W)	Tempo de utilização médio(h/dia)	Consumo mensal (kwh/mês)
Luminárias	9	10	5	13,5
Exaustor	1	215	2	12,9
Placa	1	2900	2	174
Frigorífico	1			26
Microondas	1	1000	0,3	9
Térmoacumulador	1	1200	1	36
Torradeira	1	800	0,1	2,4
Chaleira	1	2200	0,1	6,6
Secador de cabelo	1	2100	0,1	6,3
Ar condicionado	1	1150		113,3
Televisão	1	170	3	15,3
Total (Mensal)				415,3
Total (Anual)				4983,6

Utilizou-se para o cálculo dos consumos, uma estimativa do tempo médio de utilização diária de cada equipamento. Sendo que, para o caso do frigorífico se assumiu o valor dado pelo fornecedor e para o ar condicionado o valor foi estimado pelas necessidades de aquecimento e arrefecimento calculadas anteriormente.

Assim sendo, verificou-se um consumo mensal por *bungalow* de **415,3 kWh**.

4. Soluções propostas

4.1. Redução do Consumo de Água

Para conseguir uma maior eficiência hídrica dos *bungalows*, é proposta a adoção de medidas que reduzam os consumos de água. Por exemplo, sugere-se a aplicação de redutores de caudal na torneira do lavatório e a substituição do sistema de duche (pela sua pouca eficiência).

Assim sendo, foram consultados alguns catálogos de produtos certificados que promovem estas reduções de consumo (quadro 19).

Quadro 19 - Dispositivos propostos para a redução de consumo

	Empresa	Referência	Consumo (l/min)
Lavatório	Probiocity	4186104	3,5
Sistema Duche	Ecofree	SH011E	6

Só se optou pela aplicação de redutor de caudal na torneira do lavatório da casa de banho, uma vez que, a torneira do lava-loiças tem consumos bastante eficientes.

De acordo com o valor estimado de consumo atual no quadro 7, a instalação dos equipamentos propostos no quadro 19, leva-nos a uma redução no consumo de água na ordem dos 20%, como pode ser verificado no quadro 20.

Quadro 20 - Consumo diário de água no bungalow após aplicação dos dispositivos mais eficientes

	Consumo antes da aplicação	Consumo após a aplicação
Torneira lava-loiças (l/min)	5,3	5,3
Torneira lavatório (l/min)	9,3	3,5
Sistema de duche (l/min)	7,7	6
Autoclismos (l/descarga)	6	6
TOTAL Diário (l/dia)	492,85	394,6

Verifica-se uma poupança de 98,25L/ dia, o que leva a uma poupança anual equivalente a **35 370L/ano** ou seja **35,37 m³ de água**.

4.2. Aproveitamento de Águas Cinzentas

No que diz respeito às diminuições de consumo de água nos *bungalows*, foi analisada a possibilidade de instalação de um sistema modular de reaproveitamento de águas cinzentas. O objetivo seria aproveitar a água proveniente da torneira da casa de banho e do sistema de duche, para uso nas descargas de autoclismo, e eventualmente para o uso de rega na envolvente dos *bungalows*.

Numa primeira fase foi analisado o modo de funcionamento deste sistema de aproveitamento e, para tal, foi contactada uma empresa fornecedora destes equipamentos (a Ecodepur®). O sistema ECODEPUR@BIOX armazena as águas residuais provenientes de lavatórios e chuveiros.

Apos a recolha das águas residuais, é efetuada a operação de gradagem, destinada à retenção de sólidos grosseiros, que por algum motivo possam ter entrado na rede de drenagem. De seguida, o efluente é encaminhado para o reator biológico. Este reator do tipo SBR (Sequencing Batch Reactor), opera pelo processo de lamas ativadas em regime de média carga. Depois do efluente estar clarificado, é bombeado para a secção de filtração, onde é adicionada uma certa quantidade de desinfetante, com o objetivo de eliminar o fator patogénico e torná-lo apto a uma nova reutilização. Por último, a água tratada é bombeada para a rede secundária, que irá alimentar os autoclismos. Na figura 20 está representado um exemplo representativo da instalação deste sistema ECODEPUR@BIOX.



Figura 21 - Sistema Ecodepur de aproveitamento de águas cinzentas (EcoDepur, 2021).

Foi necessário, numa primeira fase, avaliar a quantidade de água cinzenta gerada num determinado período de tempo. Assim sendo, avaliou-se a quantidade de água cinzenta gerada em média por mês por *bungalow*, após a instalação dos dispositivos eficientes propostos no quadro 19. Estes valores podem ser consultados nos quadro 21.

Quadro 21 - Volume médio de água cinzenta gerada por dia nos bungalows

	Consumo Médio Diário (l/dia)
Torneira Lavatório	28
Sistema de Duche	183
TOTAL	211

Como se pode verificar no quadro 21, o caudal efluente médio de águas cinzentas por dia é de 211 litros. Uma vez que as necessidades de abastecimento serão apenas as dos autoclismos e que o consumo associado a estes é de cerca de 120 litros diários, podemos perceber que este caudal é suficiente para o seu abastecimento, ainda que com alguns eventuais desperdícios.

É importante referir que nem todo o caudal consumido é equivalente ao caudal efluente gerado, devido à existência de perdas. Assim sendo, foi necessário consultar o *Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23-08-1995* que nos diz que o fator de efluência está entre os 70% e os 90%. Deste modo, assumiu-se o valor médio de 80% para o cálculo de caudal real efluente.

Quadro 22 - Cálculo do caudal diário real de águas cinzentas

	Consumo Médio Diário (l/dia)
Torneira Lavatório	22,4
Sistema de Duche	146,4
TOTAL	168,8

Podemos reparar que o caudal efluente gerado de água cinzenta diária nos *bungalows* continua a ser superior às necessidades, tornando assim viável a utilização deste sistema.

Tendo sido avaliada a viabilidade técnica deste sistema, será posteriormente avaliada a sua viabilidade económica.

4.3. Sistema fotovoltaico

Dada a impossibilidade de aceder às faturas de eletricidade assim como ao perfil de consumo dos *bungalows*, foi necessário fazer uma estimativa das necessidades de energia diária. Como se pode verificar no quadro 18, foi apurada a potência dos equipamentos elétricos, após uma deslocação ao local, e estimou-se o tempo de utilização médio diário de cada um deles.

Para calcular a viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico, importa saber o consumo diário de energia, mas também como é que esse consumo varia ao longo do tempo.

Uma vez que nesta análise se vai avaliar a viabilidade de instalação de módulos fotovoltaicos sem o uso de baterias para armazenamento, foi necessário simular o consumo nas horas que os painéis produzem energia.

O objetivo é dimensionar um conjunto de painéis que garanta as necessidades diárias de energia no período de sol, sem que haja excesso de produção.

Esta análise foi efetuada com o auxílio do programa *PVsyst 7.1* e, numa primeira fase, foi avaliada a radiação solar mensal incidente na zona de estudo (figura 21).

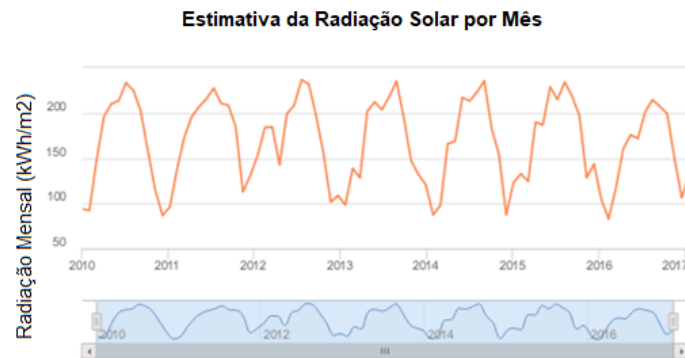


Figura 22 - Radiação mensal no Outão em Setúbal, obtida com recurso ao programa PVsyst 7.1.

Segundo os dados apurados, a radiação média é de 1791,5 kWh/m² por ano, ou seja, aproximadamente 150 kWh/m² por mês. Estes valores de radiação foram tidos em conta no processo de simulação do programa.

De seguida, foi feita a análise dos consumos energéticos dos *bungalows* durante as horas de sol, período em que os painéis produzem energia. Essa previsão foi feita após uma consulta sobre o historial de uso dos *bungalows*. Sendo um parque de campismo um lugar turístico, soube-se que na grande maioria dos casos as pessoas que reservam estadia acabam por lá passar o dia. Os campistas dão assim uso aos variados equipamentos elétricos presentes, como o fogão e exaustor nas horas de almoço, o micro-ondas e a torradeira nos períodos da manhã e, eventualmente, o ar-condicionado nos dias de maior calor ou frio. Os equipamentos como o frigorífico e o termoacumulador consomem energia mesmo nas alturas em que os *bungalows* não estão ocupados.

Assim sendo, para avaliar a viabilidade técnica de instalar módulos fotovoltaicos serão traçados dois cenários. No primeiro, será feita a previsão de consumo nas horas de sol tendo em conta o tempo estimado de utilização dos equipamentos elétricos. No segundo cenário, serão avaliados apenas os consumos referentes aos equipamentos que estão em uso contínuo, independentemente da ocupação dos *bungalows*.

Desta forma, no quadro 23 traçou-se o cenário de consumo mensal expectável durante o período de horas de sol. É possível prever um consumo na ordem dos 212,45 kWh/mês.

Quadro 23 - Previsão do consumo no período de horas de sol para os bungalows

Equipamento	Nº	Potência (W)	Tempo de utilização médio (h/dia)	Consumo mensal (kWh/mês)
Luminárias	9	10	0	0
Exaustor	1	215	1	6,45
Placa	1	2900	1	87
Frigorífico	1			13
Micro-ondas	1	1000	0,1	3
Termoacumulador	1	1200		18
Torradeira	1	800	0,1	2,4
Chaleira	1	2200	0,1	6,6
Secador de cabelo	1	2100	0	0
Ar condicionado	1	1150		65,8
Televisão	1	170	2	10,2
Total (Mensal)				212,45
Total (Anual)				2549,4

Para o segundo cenário, avaliou-se o consumo mensal correspondente ao uso do frigorífico e do termoacumulador durante 8 horas diárias (quadro 24).

Quadro 24 - Cenário de consumo dos bungalows quando desocupados

Equipamento	Nº	Potência (W)	Tempo de utilização médio (h/dia)	Consumo mensal (kWh/mês)
Frigorífico	1	-		13
Termoacumulador	1	1200		18
Total (Mensal)				31
Total (Anual)				372

Assim sendo, tendo estes dois cenários em consideração, foram efetuadas várias simulações no programa *PVsyst 7.1*. As simulações tiveram em conta as necessidades previstas para o primeiro cenário. Foi também considerado que os painéis seriam colocados na cobertura dos *bungalows* e que teriam orientação a sul com uma inclinação de 33°.

Tendo introduzido as necessidades diárias, a orientação dos painéis e a área disponível para instalação, foi sugestão do programa a instalação em cada *bungalow* de 3 painéis solares de 250w com 60 células cada.

Foi, posteriormente, apurada a energia gerada por este conjunto de painéis e o seu rácio de performance, conforme indicado no quadro 25.

Quadro 25 - Resultado de performance dos painéis solares

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
Janeiro	73.3	27.16	10.65	119.8	117.1	82.2	78.9	0.878
Fevereiro	86.1	34.77	12.08	121.3	118.6	82.2	78.9	0.867
Março	136.6	51.60	14.40	168.3	164.2	111.5	107.2	0.849
Abril	174.0	64.98	15.51	189.5	184.4	124.2	118.9	0.837
Mai	215.5	72.82	18.59	211.5	205.0	135.7	129.9	0.819
Junho	229.1	68.97	21.87	216.3	209.7	136.3	130.6	0.805
Julho	243.0	57.33	23.32	233.2	226.3	145.1	139.2	0.796
Agosto	215.4	58.04	23.84	226.9	220.9	141.3	135.6	0.797
Setembro	161.8	50.77	21.60	192.3	187.7	122.1	117.5	0.815
Outubro	116.1	45.18	18.72	155.9	152.2	101.9	97.9	0.837
Novembro	77.5	31.57	13.93	119.8	117.2	81.1	77.9	0.867
Dezembro	63.1	26.46	11.44	107.7	105.1	74.2	71.1	0.880
Ano	1791,5	589,64	17,19	2062,7	2008,4	1338	1283,6	0,83

Onde:

- GlobHor – Radiação global horizontal
- DiffHor – Radiação difusa horizontal
- T_Amb – Temperatura ambiente
- GlobInc – Radiação incidente global no plano coletor
- GlobEff – Radiação global efetiva corrigida
- EArray – Energia efetiva à saída o sistema
- E_Grid – Energia injetada na rede
- PR ratio – Rácio de performance

Como se pode verificar no quadro 25, a energia produzida anualmente seria de 1283,6 kWh, já incluindo todas as perdas e com um rácio de performance de 83%. Assim sendo e tendo em conta a previsão das necessidades atuais, considera-se que a instalação deste conjunto de painéis levaria a uma poupança anual significativa nos gastos de eletricidade. Concretamente e tendo em conta que o valor anual de energia necessário é de 2549,4 kWh (quadro 23), a instalação dos painéis solares levaria a uma redução de consumo energético da rede na ordem dos 50%.

4.4. Estimativa de custos

4.4.1. Dispositivos de maior eficiência hídrica

No que diz respeito à aplicação de dispositivos de alta eficiência hídrica, tanto no sistema de duche como na torneira da casa de banho, é fácil perceber que o caudal proveniente destes equipamentos é significativamente reduzido, levado assim a um menor consumo e a um menor impacto ambiental e económico.

Após pesquisa destes dispositivos no mercado, foi possível apurar o preço dos mesmos (quadro 26).

Quadro 26 - Preço do redutor de caudal e do sistema de duche

	Empresa	Referência	Consumo (l/min)	Preço
Lavatório	Probiocity	4186104	3,5	5 €
Sistema de duche	Ecofree	SH011E	6	18 €
			Total	23 €

4.4.2. Módulo Reciclador de águas cinzentas

Relativamente ao sistema de aproveitamento de água cinzentas, foi contactada a empresa *Ecodepur*[®], e foi por eles apresentado um orçamento de **9185,33€**. Este valor inclui a instalação e todos os trabalhos de construção civil.

4.4.3. Módulos Fotovoltaicos

No que diz respeito aos painéis solares, existem vários valores de mercado para o sistema dimensionado. Assim sendo, foi assumido um valor médio de 200€ por painel fotovoltaico e 150€ por inversor, somando ainda 200€ para equipamentos e montagem.

Deste modo, o custo total de instalação de 3 painéis solares de 250W e um inversor de 0,75kW em cada *bungalow* seria de **950 €**.

O custo total do investimento inicial seria o indicado na equação que se segue:

$$\begin{aligned} \text{Custo Total} = & \text{Custo dos dispositivos eficientes} \\ & + \text{Custo do sistema reciclador de águas cinzentas} \\ & + \text{custo do sistema fotovoltaico} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\text{Custo Total} = (23€ \times 5\text{Bungalows}) + 9185,33€ + 950€ = 10250,33€$$

4.5. Período de retorno dos investimentos

Para o cálculo do período de retorno do investimento, foi necessário numa primeira fase apurar o preço praticado para o consumo de água e para o consumo de energia.

Relativamente ao preço da água, foi consultado o tarifário das Águas do Sado (quadro 27), empresa responsável pela gestão dos recursos hídricos na cidade de Setúbal.

Quadro 27 - Tarifário da água segundo a empresa Águas do Sado

	Preço c/iva por m ³
Água	2,25 €

Relativamente à recolha de águas residuais, o parque não possui sistema de saneamento e, para tal, usa um reservatório de armazenamento de águas com a capacidade de 15m³. O custo de recolha das águas residuais é de 100€, traduzindo-se assim em cerca de 6,68€/m³ (quadro 28).

Quadro 28 - Preço de recolha de águas residuais

	Preço c/iva por m ³
Recolha	6,68 €

Relativamente ao preço da energia, foi consultado o tarifário da EDP para o ano de 2021. O valor que se apurou foi de 0,194€ por kWh (c/iva).

4.5.1. Dispositivos de maior eficiência hídrica

Para fazer a análise do período de retorno do investimento dos dispositivos de eficiência hídrica, foi necessário apurar custos anuais antes e depois da instalação dos mesmos. Assim sendo e tendo em conta os valores apurados no quadro 20, apresentam-se no quadro 29 os valores de água consumida e recolhida por mês e por ano, relativos à totalidade dos *bungalows* instalados no Ecoparque.

Quadro 29 - Custos mensais e anuais após instalação dos dispositivos de alta eficiência hídrica

	Consumo mensal (m ³ /mês)	Consumo anual (m ³ /ano)	Custo (€/mês)		Custo Anual	Total
Antes da Instalação	14,7855	177,426	Água	33,21 €	398,5 €	1583,70 €
			Recolha	98,76€	1185,21 €	
Depois da Instalação	11,838	142,056	Água	26,59 €	319,06 €	1267,99 €
			Recolha	79,07€	948,93 €	

Na avaliação feita percebe-se que existe uma diminuição de consumo mensal de água de $2,947m^3$, o que equivale a $35,37m^3$ de água por ano.

Estes valores representam uma poupança anual de 315,71€.

Assim sendo, temos que:

$$\text{Periodo de Retorno(anos)} = \frac{\text{Custo Total dos dispositivos Eficientes}}{\text{Poupança Anual}} \quad (4.2)$$

$$\text{Periodo de Retorno} = \frac{115}{315,71} = 4,4 \text{ meses} \quad (4.3)$$

Chega-se, portanto, a um período de retorno do investimento de aproximadamente 4 meses e meio, para os dispositivos redutores de consumo de água.

4.5.2. Sistema de Reutilização de Águas Residuais Cinzentas

Relativamente ao sistema de reutilização de águas residuais cinzentas, foi também feita a análise dos consumos antes e após a sua instalação.

No quadro 30, apresentam-se os consumos mensais e anuais em m^3 e o custo associado a esses valores.

Quadro 30 - Custos mensais e anuais após a instalação do Sistema de reutilização de águas residuais cinzentas

	Consumo mensal ($m^3/mês$)	Consumo anual (m^3/ano)	Custo (€/mês)		Custo Anual	Total
Antes da Instalação	11,838	142,056	Água	26,59 €	319,06 €	1267,99 €
			Recolha	79,07 €	948,93 €	
Depois da Instalação	8,238	98,856	Água	18,50 €	222,03 €	882,39 €
			Recolha	55,03 €	660,36 €	

Como se pode verificar, existe uma redução de consumo de $3,06 m^3$ de água a cada mês, o que é equivalente a uma redução de $43,2 m^3$ anuais. Isto equivale a uma poupança anual de 385,6 €.

Assim sendo, temos que:

$$\text{Periodo de Retorno(Anos)} = \frac{\text{Custo Total do SRARC}}{\text{Poupança Anual}} = \frac{9185,33}{385,6} = 23,8 \text{ anos} \quad (4.4)$$

O período de retorno deste investimento seria de 23,8 anos, um valor bastante elevado tendo em conta o tempo de vida útil estimado do sistema de reutilização de águas residuais cinzentas.

4.5.3. Sistema fotovoltaico

Para o sistema fotovoltaico foi feita uma abordagem diferente, tendo sido analisados dois cenários conforme referido anteriormente. No primeiro cenário assume-se que a totalidade da energia produzida pelos painéis solares anualmente é aproveitada, ou seja, não existe desperdício de energia enviada para a rede. No segundo e pior cenário de consumo, o sistema apenas abastece as necessidades diárias do frigorífico e do termoacumulador, que consomem energia independentemente da ocupação dos *bungalows*.

Como é referido no quadro 25, a energia gerada por este conjunto de painéis é de 1283,6 kWh/ano para as condições de clima do local de estudo e para as condições de inclinação e orientação dos painéis, incluindo todas as perdas do sistema.

Assumindo no primeiro cenário que toda esta energia é aproveitada durante o dia e que o custo do kWh ronda os 0,194 € c/iva, teríamos uma poupança anual de 249€ (equação 4.5).

$$Poupança\ Anual = 1283,6 \times 0,194 = 249€ \quad (4.5)$$

Neste cenário, o período de retorno seria de 3,8 anos, como calculado na equação 6.5:

$$Período\ de\ Retorno(Anos) = \frac{Custo\ Total\ do\ FV}{Poupança\ Anual} = \frac{950}{249} = 3,8\ anos \quad (4.6)$$

Como se pode verificar na figura 22, o retorno do investimento da instalação dos painéis fotovoltaicos começaria a ser sentido em 2026.

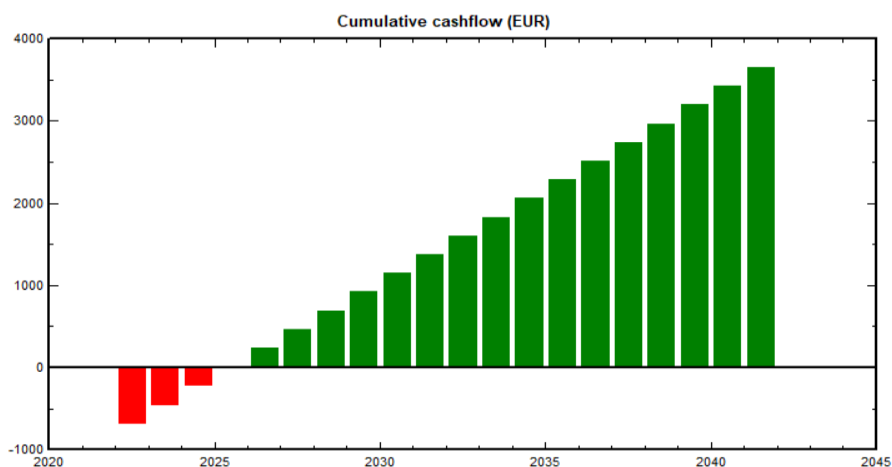


Figura 23 - Recuperação do investimento inicial da instalação dos painéis fotovoltaicos.

Para o segundo cenário, em que o sistema apenas abastece as necessidades diárias do frigorífico e do termoacumulador e de acordo com quadro 24, temos que a energia poupada anualmente seria de 372 kWh, ou seja, uma poupança anual de 72,17 € (equação 4.7).

$$\text{Poupança Anual} = 372 \times 0,194 = 72,17\text{€} \quad (4.7)$$

E o período de retorno deste equipamento seria:

$$\text{Periodo de Retorno(Anos)} = \frac{950}{72,17} = 13,2 \text{ anos} \quad (4.8)$$

É importante realçar que este último cenário é bastante improvável, sabendo que se trata de um local turístico e que, na grande maioria dos casos, as pessoas acabam por utilizar os equipamentos de cozinha e outros eletrodomésticos durante os períodos de sol.

4.6. Avaliação de desempenho das soluções modulares e propostas de alteração

Como se pode verificar ao longo do capítulo 4, as soluções propostas para a redução de consumos, tanto a nível hídrico como energético traduzem uma poupança ao longo do tempo.

Foi possível aferir que a implementação de dispositivos de baixo consumo hídrico pode levar a uma redução do consumo de água na ordem dos 20% e que a instalação de um sistema de reciclagem de águas cinzentas reduz em 30% o valor do consumo de água.

Relativamente ao sistema fotovoltaico proposto, pôde averiguar-se que este pode levar a uma redução do consumo de energia até aos 50%, consoante o tipo de utilização energética dos *bungalows*.

Assim sendo, é possível concluir que as soluções implementadas, com períodos de retorno do investimento distintos, são importantes para garantir uma diminuição significativa dos consumos, levando a uma maior poupança anual e contribuindo para um ambiente mais sustentável.

Contudo, esta análise apenas reflete uma parte de aquilo que pode ser feito para aumentar o grau de sustentabilidade dos *bungalows*. Um dos fatores que mais contribui para a eficiência energética de um edificado é o seu desenho passivo e, de acordo com o que foi analisado no capítulo 3.5, é possível entender que existem várias medidas que podem ser tomadas para garantir que as necessidades de aquecimento ou arrefecimento diminuam.

De acordo com os cálculos efetuados no capítulo 3.5, as necessidades anuais de energia são de 65,98 kWh/m² · ano, sendo que 87% destas são afetas ao período de aquecimento cujo valor é

58,31 kWh/m² · ano. Deste modo, torna-se imperativo que sejam tomadas as medidas necessárias para reduzir as necessidades energéticas neste período.

Fez-se esta avaliação e percebeu-se que existem dois pontos cruciais de intervenção:

- Diminuir as transferências de calor por transmissão na estação de aquecimento;
- Aumentar os ganhos de calor no mesmo período.

Relativamente ao primeiro ponto, a única forma de reduzir as perdas de calor por transmissão é alterar as opções construtivas. No sistema construtivo atual, percebeu-se pelos cálculos efetuados que 40% das perdas de calor por transmissão se dão por pontes térmicas lineares, 40% pela envolvente opaca e apenas 20% pelos envidraçados.

A proposta para redução destas perdas passou por diminuir as perdas de calor associadas às pontes térmicas lineares, com a colação de isolamento interior nestes pontos fragilizados. Conforme está expresso na tabela 07 do **despacho (extrato) nº 15793-K/2013**, o coeficiente de transmissão de calor é bastante minimizado quando o isolamento é colocado no interior e quando não existe descontinuidade. Relativamente à espessura do isolamento, esta não tem um impacto significativo na diminuição do coeficiente de transmissão.

Desta forma e de acordo com o proposto, o Coeficiente de transmissão ψ (W/°C·m) passaria de 0,7 para 0,1 nas ligações fachada/pavimento e fachada/cobertura.

Com introdução destes valores na folha de cálculo, obtemos uma diminuição das necessidades anuais de energia para aquecimento de 58,31 kWh/m² · ano para 33,31 kWh/m² · ano.

Relativamente ao aumento dos ganhos solares no período de aquecimento, a solução proposta passa por orientar os *bungalows* completamente para Sul, uma vez que se encontram orientados a sudeste. Outras medidas propostas seriam a alteração da cor exterior por um tom de castanho mais escuro e a eliminação da pérgula de madeira que se encontra na entrada dos *bungalows* (figura 23). Esta pérgula promove o sombreamento vertical e horizontal na maior área envidraçada.



Figura 24 - Pérgula presente no bungalow.

Conforme foi apurado, é da vontade do Ecoparque adquirir um conjunto de mais 3 *bungalows* e as sugestões supracitadas poderão ser tidas em conta de forma a reduzir os gastos energéticos suportados pela entidade gestora do parque.

5. Aplicação dos Sistemas Modulares no Ecoparque

5.1. Estudo do perfil de consumo energético do Ecoparque

Neste capítulo será analisada a viabilidade de instalar um sistema fotovoltaico no parque de campismo do Outão, por forma a diminuir a dependência deste relativamente à rede pública. Sabendo que se trata de um parque que promove a sustentabilidade e a proteção do meio ambiente, torna-se essencial que este tome certas medidas que apoiem esta posição.

O objetivo será avaliar de que forma se pode aproveitar ao máximo a energia solar, uma vez que se trata de uma localização privilegiada para o efeito. Para fazer esta análise importa saber quais os consumos realizados pelo parque de campismo, bem como a disponibilidade de espaço para implantação de painéis solares no futuro.

Assim sendo, analisou-se numa primeira fase os registos de consumo apurados nos anos de 2018, 2019 e 2020 (de acordo com o anexo A6), de forma a perceber como varia o consumo de energia ao longo do dia e de que forma esta é utilizada. O resultado das leituras apuradas pode ler-se no quadro 31.

Quadro 31 - Leitura do Consumo Energético do Ecoparque do Outão para o ano 2018, 2019 e 2020

	Vazio normal (kWh)	Super vazio (kWh)	Ponta (kWh)	Cheias (kWh)	Total (kWh)
2018	12787	7297	10606	21526	52216
2019	21195	11776	16725	32439	82135
2020	15822	9979	9905	19073	54779
Total (kWh)	49804	29052	37236	73038	189130

Importa referir que para o ano de 2020 apenas se conseguiu obter as leituras até ao mês de outubro. Assim sendo, é espectável que o valor apresentado do consumo total anual atinga o valor de 65000kWh, aproximadamente. Contudo, através da análise do quadro 31 já é possível entender como varia o consumo nos diferentes períodos de tempo. É perceptível que, cerca de 41% da energia consumida é durante o período de cheias (altura de maior consumo), 20% durante o período de ponta, 14% durante o período de super vazio e 25% em vazio normal.

Conforme se fez para o caso dos *bungalows*, o objetivo será de suprimir as necessidades energéticas durante as horas de sol. O intervalo em análise será entre as 8:00h e as 18:00h, o que corresponde ao período de cheias e de ponta. Contudo, cerca de 30% do consumo nestes períodos corresponde ao horário das 18:00h às 22:00h, valor esse que vai ser excluído da análise. Foi calculado o consumo em

horas de sol para 2018 chegando-se ao valor de 22492,4 kWh/ano, 34414,8 kWh/ano para o ano de 2019 e 23327,3 kWh/ano (equações 5.1, 5.2 e 5.3, respetivamente).

$$\text{Consumo em horas de Sol}(2018) = (10606 + 21526) \times 0,7 = 22492,4 \text{ kWh/ano} \quad (5.1)$$

$$\text{Consumo em horas de Sol}(2019) = (16725 + 32439) \times 0,7 = 34414,8 \text{ kWh/ano} \quad (5.2)$$

$$\text{Consumo em horas de Sol}(2020) = (9905 + 19073) \times 0,7 \times 1,15 = 23327,3 \text{ kWh/ano} \quad (5.3)$$

Nota: para o cálculo do consumo nas horas de sol em 2020 multiplicou-se o valor por 1,15, uma vez que, as leituras só foram feitas até ao mês de outubro.

Importa referir também que se nota um claro aumento do consumo de 2018 para 2019. O mesmo já não se verifica de 2019 para 2020, devido ao impacto que a pandemia Covid19 teve no setor do turismo, portanto o valor não possui muita representatividade para o que seria o funcionamento normal do parque.

Desta forma, é necessário perceber como varia o consumo com a ocupação do parque. Como se pode verificar na figura 23, existe claramente uma sazonalidade no que diz respeito ao consumo de energia elétrica. É possível perceber que existe uma queda no consumo nos meses de janeiro a maio e um aumento nos meses de verão, onde a afluência de turistas ao parque é maior. Nos meses de setembro a dezembro existe também uma queda, mas não tão acentuada como a que se verifica no início do ano (figura 24).



Figura 25 - Consumo energético do Ecoparque nos anos de 2018 a 2020.

Foi importante também descrever a ocupação do parque ao longo do ano. Percebe-se na figura 25, que há um aumento significativo do número de dormidas no parque de campismo nos meses de calor, coincidindo assim com os meses onde existe maior consumo de energia.

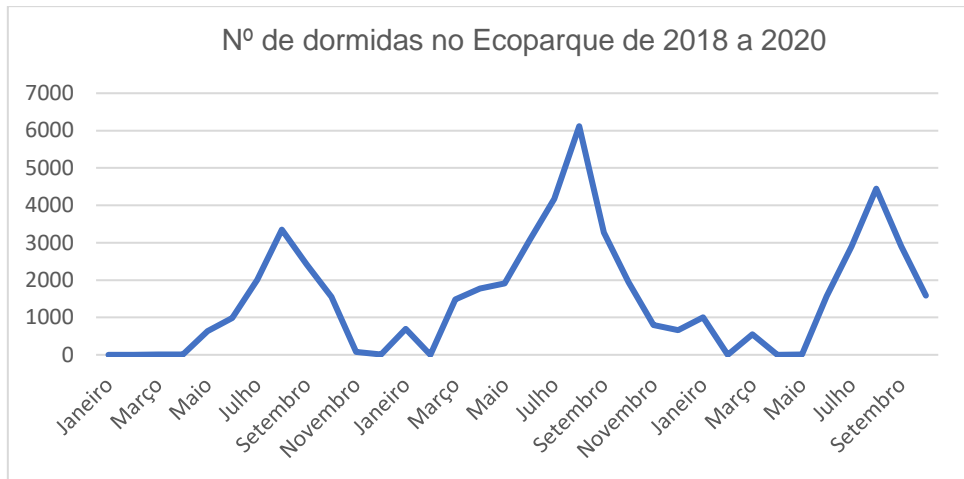


Figura 26 - Ocupação do Ecoparque, em número de dormidas, nos anos de 2018 a 2020.

De forma a relacionar estas duas variáveis e perceber de que forma varia o consumo com a ocupação do Ecoparque, foi elaborado um terceiro gráfico (figura 26). Esta análise é importante para se perceber qual o rácio de crescimento do consumo energético relativamente à ocupação, ou seja, de que forma as variáveis estão relacionadas. Assim, torna-se possível fazer uma previsão do consumo do Ecoparque para níveis de ocupação superiores.

Com base na figura 26, consegue-se perceber que apesar de haver alguns desvios relativamente à reta da tendência, existe uma relação direta entre o número de dormidas e o consumo energético, ou seja, mais clientes implica um maior consumo de energia.

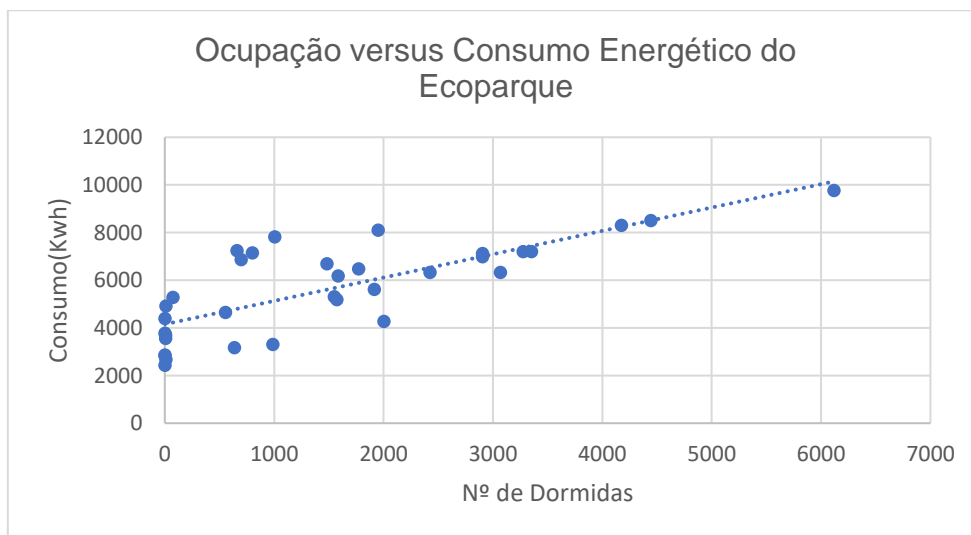


Figura 27 - Relação entre a ocupação e o consumo energético do do Ecoparque.

No quadro 32, é descrito um resumo do número de dormidas anual e do respetivo consumo energético.

Quadro 32 - Número de noites e consumo energético por ano no Ecoparque

	Nº de dormidas	Consumo Energético (kWh)
2018	11042	52216
2019	25902	82135
2020	15380	54779

Com a análise da figura 26, foi possível extrair a equação da reta da tendência, por forma, a poder extrapolar para níveis de ocupação perto da capacidade limite do parque.

$$y = 0,9796x + 4153,7 \quad (5.4)$$

Outro dado importante que podemos observar com o apuramento desta equação, é que mesmo nos meses de encerramento do parque, existe um consumo fixo, independente da taxa de ocupação.

Após o apuramento dos dados, verificou-se que este valor fixo de consumo rondava os 4100 kWh/mês e que os pequenos desvios da curva da tendência se deviam a períodos de intervenção construtiva no parque.

5.1.1. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Tendo assim apurado o contexto de consumo energético do parque de campismo, procedeu-se ao dimensionamento do sistema fotovoltaico, com auxílio do programa *PVsyst 7.1*. O objetivo é apresentar uma solução para as necessidades atuais, sem que haja desperdício de energia enviada para a rede e sem que haja défice de produção.

Assim, e como foi referido anteriormente, o sistema fotovoltaico vai ser dimensionado para suprimir a energia consumida durante as horas de ponta e de cheia, período correspondente às horas de sol.

Segundo os cálculos (5.1) (5.2) (5.3), em 2018 foram consumidos 22492,4Kwh/ano entre as 8:00h e as 18:00h, em 2019 foram consumidos 34414,8 kWh/ano e em 2020 foram consumidos 23327,3 kWh/ano, para o mesmo período horário.

Chegou-se também à conclusão de que havia um consumo fixo mensal de 4100Kwh/mês, independentemente da ocupação do parque. Contudo, este valor corresponde a um período horário de 24h e, portanto, é preciso apurar quanto deste consumo corresponde ao período de horas de sol.

Sabe-se, pela análise dos dados, que cerca de 61% da energia consumida ocorre durante as horas de cheia e de ponta, e que apenas 70% deste período corresponde às horas de sol. Portanto, o valor do consumo fixo mensal nas horas de sol é dado por:

$$\text{Consumo fixo nas horas de sol(mês)} = 4153,7 \times 0,61 \times 0,7 = 1773,6 \text{ kWh/mês} \quad (5.5)$$

Tem-se, assim, um consumo de $1773,6 \text{ kWh/mês}$ fixo por mês, que corresponde a $21283,2 \text{ kWh/ano}$.

Posto isto, o objetivo será dimensionar um sistema que produza energia suficiente para suprimir este valor fixo de consumo, mas que não exceda o valores de consumo máximo obtido nestes 3 anos de análise.

Após várias simulações no programa *PVsyst 7.1*, considerou-se que uma solução era a instalação de 3 séries de 15 painéis de 400w monocristalinos de 144 células, dando assim um total de 45 painéis solares (Anexo A7). Contudo, para a instalação deste sistema é necessário que haja 100 m^2 de área disponível. Foi assim proposta a instalação na cobertura do restaurante (figura 27), que possui uma área total disponível de 141 m^2 .

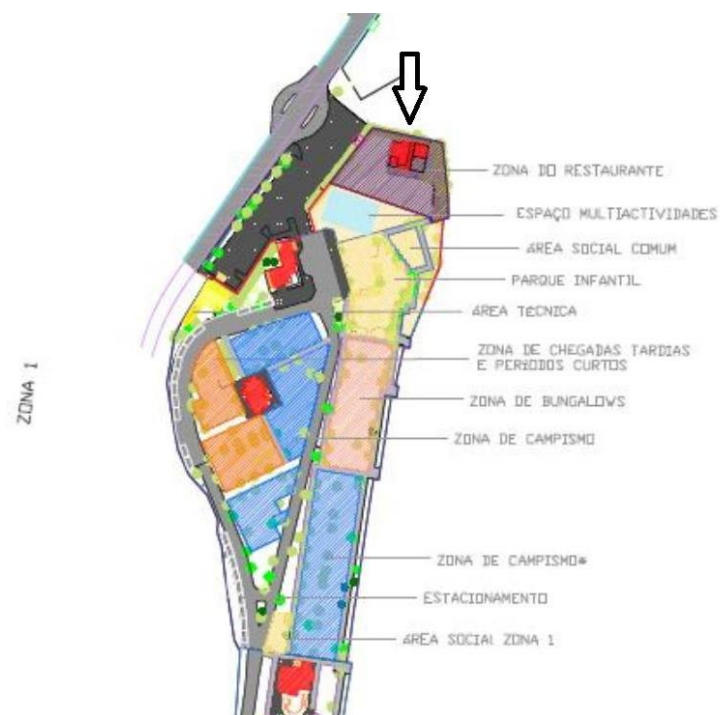


Figura 28 - Mapa esquemático da zona 1 do Ecoparque e localização proposta para a instalação dos painéis solares.

Tendo assim garantido o espaço necessário para a instalação dos painéis solares, fez-se a simulação de produção anual de energia para este conjunto, tendo assumido que a orientação do sistema era feita a Sul com uma inclinação de 30° . No quadro 33, são apresentados os valores de produção anual de energia, bem como o índice de performance do sistema instalado.

Quadro 33 - Energia anual produzida pelo sistema fotovoltaico

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Janeiro	73.3	27.16	10.65	119.8	117.8	1.978	1.821	0.844
Fevereiro	86.1	34.77	12.08	121.3	119.2	1.978	1.820	0.834
Março	136.6	51.60	14.40	168.3	165.1	2.690	2.484	0.820
Abril	174.0	64.98	15.51	189.5	185.5	2.999	2.773	0.813
Maio	215.5	72.82	18.59	211.5	206.3	3.282	3.033	0.797
Junho	229.1	68.97	21.87	216.3	211.0	3.302	3.049	0.783
Julho	243.0	57.33	23.32	233.2	227.7	3.519	3.257	0.776
Agosto	215.4	58.04	23.84	226.9	222.2	3.427	3.175	0.777
Setembro	161.8	50.77	21.60	192.3	188.7	2.956	2.739	0.791
Outubro	116.1	45.18	18.72	155.9	153.1	2.462	2.271	0.809
Novembro	77.5	31.57	13.93	119.8	117.8	1.952	1.797	0.834
Dezembro	63.1	26.46	11.44	107.7	105.8	1.785	1.639	0.845
Ano	1791,5	589,64	17,19	2062,7	2020,5	32,331	29,858	0,804

Onde:

- GlobHor – Radiação global horizontal
- DiffHor – Radiação difusa horizontal
- T_Amb – Temperatura ambiente
- GlobInc – Radiação incidente global no plano coletor
- GlobEff – Radiação global efetiva corrigida
- EArray – Energia efetiva à saída o sistema
- E_Grid – Energia injetada na rede
- PR ratio – Rácio de performance

Como se pode verificar no quadro 33, a energia injetada no sistema, produzida pelo conjunto de painéis é de 29 858 kWh/ano. Este valor é calculado tendo em conta a base de dados consultada para a radiação local e para a eficiência dos painéis escolhidos e a sua orientação.

A energia média consumida anualmente durante as horas de sol nos últimos três anos é de 26744.3 kWh/ano, portanto o valor obtido na simulação é suficiente para garantir as necessidades anuais de energia do Ecoparque.

5.1.2. Período de retorno do investimento

Para realizar o cálculo do período de retorno do investimento, foi tida a mesma abordagem que nos *bungalows*, ou seja, traçou-se um cenário provável para os níveis de consumo atuais e outro cenário em que os níveis de consumo não ultrapassam o valor fixo mensal.

O preço do investimento inicial com a aquisição e montagem do sistema é de 18034 € (quadro 34).

Quadro 34 - Investimento inicial para instalação do sistema fotovoltaico

	Unidades	Preço Unitário(€)	Total (€)
Painéis	45	150	€ 6750,00
Inversor	1	4284	€ 4284,00
Instalação	1	5000	€ 5000,00
Equipamentos acessórios	1	2000	€ 2000,00
Total			€ 18034,00

Assim sendo e, sabendo o custo do kWh de 0,194€, considerou-se para o primeiro cenário que a poupança anual seria igual ao produto entre a energia gerada e o preço do kWh:

$$Poupança\ Anual = 29\ 858 \times 0,194 = 5792,5€ \quad (5.6)$$

Tendo sido estimada a poupança, é possível calcular o período de retorno do investimento, conforme se indica na seguinte equação:

$$Período\ de\ Retorno(Anos) = \frac{18\ 034€}{5\ 792,5€} = 3,1\ anos \quad (5.7)$$

Para o segundo cenário proposto, é assumido que o consumo energético do parque é equivalente ao valor consumido quando este se encontra encerrado, ou seja, os 21283,2 Kwh/ano, conforme indicado na equação 5.5. Desta forma, haveria uma grande percentagem de energia gerada pelo sistema fotovoltaico que era desperdiçada e enviada de volta para a rede e a poupança anual diminuía, aumentando o período de retorno do investimento inicial.

$$Poupança\ Anual = 21283,2 \times 0,194 = 4128,94€ \quad (5.8)$$

$$Período\ de\ Retorno(Anos) = \frac{18\ 034€}{4128,94€} = 4,36\ anos \quad (5.9)$$

Neste cenário, pode verificar-se que o período de retorno do investimento passa para pouco mais de um ano relativamente ao cenário anterior. Este cenário, apesar de improvável, assume valores bastante aceitáveis do ponto de vista do período de retorno do investimento, uma vez que o tempo de vida útil previsto para este sistema é de 25 anos, com custos de manutenção residuais.

5.1.3. Cenário para níveis de ocupação mais elevados

Importa referir que os níveis de ocupação do parque registados estão muito longe da capacidade máxima. Era previsível um aumento da taxa de ocupação do parque a partir de 2019, contudo, dado o contexto pandémico que se instalou, assistiu-se a um declínio na ocupação do parque a partir de 2020.

De qualquer maneira, é espectável que a situação da procura turística volte ao normal assim que se ultrapassar o contexto atual que vivemos. Por isso, é agora analisada de que forma um sistema fotovoltaico poderia dar resposta às necessidades energéticas do parque, para níveis de ocupação superiores.

De momento, o parque está dimensionado para receber 650 pessoas por dia, ou seja, um máximo de 19500 dormidas mensais. De acordo com os dados recolhidos, a ocupação está muito abaixo deste valor, mesmo nos períodos de maior afluência. Por exemplo, no ano de 2019, o ano com maior afluência de clientes, obteve-se uma ocupação máxima de 6118 noites, cerca de 31% da capacidade máxima do parque.

No quadro 35, é apresentado um resumo do número de dormidas e do número de ocupantes por mês nos últimos 3 anos.

Quadro 35 - Ocupação do Ecoparque do Outão de 2018 a 2020

		ECOPARQUE DO OUTÃO - Número de noites vendidas / número de pessoas												
		janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
2018	noites	0	0	5	7	636	986	2002	3351	2423	1550	74	8	11042
	pax	0	0	2	6	457	673	1254	1890	1326	961	42	4	6615
	% var pax	0%	0%	0%	0%	7%	10%	19%	29%	20%	15%	1%	0%	
2019	noites	696	0	1482	1771	1913	3067	4174	6118	3274	1949	800	658	25902
	pax	386	0	862	1209	1233	1755	2380	3243	2005	1187	399	302	14961
	% var pax	3%	0%	6%	8%	8%	12%	16%	22%	13%	8%	3%	2%	
2020	noites	1004	0	553	0	10	1571	2904	4443	2903	1583	409	0	15380
	pax	412	4	285	0	1	774	1461	2260	1522	786	157	0	7662
	% var pax	5%	0%	4%	0%	0%	10%	19%	29%	20%	10%	2%	0%	

Através da equação da tendência calculada anteriormente, é possível então estimar qual seria o consumo para um mês de ocupação máxima do parque (equação 5.10).

$$y = 0,9796x + 4153,7$$

$$y = 0,9796 \times 19500 \text{ noites} + 4153,7 \quad (5.10)$$

$$y = 23255,9 \text{ kWh/mês}$$

Para uma ocupação de 100%, o consumo mensal de energia seria de 23255,9 kWh (equação 5.10), correspondente a 279 070,8 kWh por ano.

Sabe-se, no entanto, que apenas uma parcela deste valor é consumida durante as horas de sol. Assim sendo e de acordo com os cálculos efetuados até agora, ter-se-ia um consumo de energia nos períodos de sol de cerca de 119 163,2 kWh/ano.

Ao introduzir estes valores no programa de simulação PVsyst 7.1, apurou-se que seria necessária uma área disponível de 430 m² para a instalação de 221 módulos de 345W. Assim sendo, devido à indisponibilidade de área no Ecoparque para instalação desta quantidade de painéis, pensou-se na instalação de uma cobertura sobre a zona destinada à montagem das tendas de campismo. Seria uma solução de sombreamento para aquela zona, sem comprometer a vista direta para o mar. A zona pensada para a instalação desta cobertura pode ser vista na figura 28.



Figura 29 - Zona sugerida para a instalação dos painéis solares no Ecoparque.

Como se pode aferir, a área destinada à colocação de tendas de campismo tem espaço suficiente para instalar as coberturas que vão receber os painéis solares (figura 28). Deste modo, foi feita uma análise para apurar que tipo de solução seria mais indicada e que mais se enquadrava no contexto do parque.

Considerou-se que o tipo de cobertura que mais se adequava, não só de um ponto de vista estético como também funcional, são as estruturas de madeira em consola. Estas, em termos de materiais e tonalidade, assemelham-se muito aos *bungalows* e não interferem em demasia na área reservada para as tendas de campismo. Na figura 29, apresenta-se um exemplo da estrutura pensada para a cobertura.

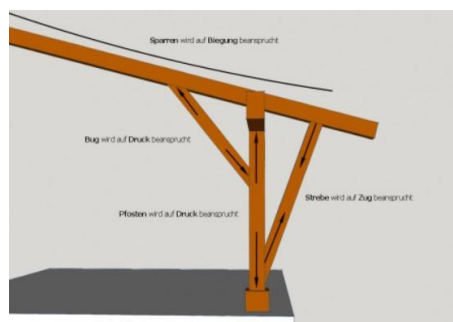


Figura 30 - Estrutura sugerida de apoio dos painéis solares.

Tendo por base este modelo construtivo, fez-se uma sondagem de mercado para aferir que tipo de soluções deste género estariam disponíveis. Existem várias empresas que fornecem este tipo de soluções, com vários modelos e com uma grande variedade de materiais. Na maioria dos casos, a procura destas coberturas deve-se à necessidade em criar uma zona de proteção nos locais de estacionamento (figura 30), contudo considera-se que este tipo de solução cumpriria o propósito a que se destina e se enquadraria no contexto do Ecoparque.



Figura 31 - Exemplo de algumas coberturas adequadas.

5.2. Aplicação do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas no Ecoparque

Da mesma forma que foi calculada a viabilidade de se expandir o sistema fotovoltaico para todo o parque de campismo, foi analisada a viabilidade de expandir o sistema de reaproveitamento de águas cinzentas.

Na figura 31, estão localizados os balneários e a lavandaria, dois locais do ecoparque em que há consumo de água.



Figura 32 - Localização dos balneários e lavandaria (rodeado a vermelho).

Assim sendo, numa primeira fase foi apurada a totalidade de dispositivos de consumo de água presentes no parque. No quadro que se segue é contabilizado a totalidade desses dispositivos.

Quadro 36 - Número de dispositivos no parque responsáveis pelo consumo de água

	Bungalows	Lavandaria	Balneário 1	Balneário 2	Total
Torneira lavatório	5	-	16	16	37
Torneira lava-loiças	5	-	-	-	5
Sistema de duche	5	-	17	17	39
Autoclismos	5	-	16	16	37
Máquina da roupa	-	18	-	-	18

Segundo dados obtidos (Nazaré, 2019), os consumos dos equipamentos presentes nos balneários e na lavandaria bem como o número médio de utilizações diárias e o tempo médio de utilização são os que se apresentam nos quadros 37 e 38.

Quadro 37 - Hábitos de consumo de água dos utilizadores do EcoParque

	Consumo	Nº de utilizações diárias	Tempo médio por utilização (s)
Torneira lavatório (l/min)	7,5	4	24
Torneira lava-loiças (l/min)	10,5	1	144
Sistema de duche (l/min)	12	1	366
Autoclismos (l/descarga)	6	4	-
Máquina da roupa (l/ano)	18000	-	-

Quadro 38 - Consumo médio diário por pessoa da máquina da roupa.

	Consumo (l/(pessoa.dia))
Máquina da roupa (l/ano)	27

Tendo por base estes valores, torna-se possível apurar os consumos de água médios diários do parque, tendo em conta a taxa de ocupação atual. De acordo com a estimativa efetuada (quadro 39), o número de utilizadores diário do EcoParque atualmente é de 41 pessoas/dia.

Quadro 39 - Estimativa do nº de utilizadores diário por mês do EcoParque durante 2019

	Estimativa de utilizadores diários por mês	Afluência média (pessoas/dia)	Afluência média (pessoas/ano)
Janeiro	13	41	14965
Fevereiro	0		
Março	29		
Abril	40		
Mai	41		
Junho	58		
Julho	79		
Agosto	108		
Setembro	67		
Outubro	40		
Novembro	13		
Dezembro	10		

O cálculo para o consumo médio em litros, por dia e por pessoa, para as torneiras, para o sistema de duche e para os autoclismos foi o seguinte:

- Torneiras de lavatório, de lava-loiças e sistema de duche:

$$\text{Consumo} \left(\frac{l}{\text{dia}} \right) = \text{Caudal} \times N^{\circ} \text{ utilizações diárias} \times \text{tempo médio de utilização} \times N^{\circ} \text{ médio de utilizadores} \quad (5.11)$$

- Autoclismos:

$$\text{Consumo} \left(\frac{l}{\text{dia}} \right) = \text{Volume} \times N^{\circ} \text{ de utilizações diárias} \times N^{\circ} \text{ médio de utilizadores} \quad (5.12)$$

Com base nos cálculos anteriores, apresenta-se no quadro 40 resultados obtidos dos consumos médios dos dispositivos. Feita uma análise, conclui-se que, tal como esperado, o dispositivo que apresenta um maior consumo é o sistema de duche. No total, estima-se que são consumidos cerca de 6617,4 litros de água por dia, correspondente a 161,4 litros por pessoa e por dia.

Quadro 40 - Estimativa do consumo médio diário e anual dos dispositivos do EcoParque

	Consumo médio diário (l/dia)	Consumo médio diário (l/(Pessoa*dia))
Torneira lavatório	492	12
Torneira lava-loiças	1033,2	25,2
Sistema de duche	3001,2	73,2
Autoclismos	984	24
Máquina da roupa	1107	27
Total	6617,4	161,4

5.2.1. Cálculo do caudal efluente de águas cinzentas

Tendo sido avaliado no capítulo anterior as necessidades de água atuais do parque de campismo, pensou-se na possibilidade de instalar um sistema de reaproveitamento de águas cinzentas como se fez para o caso dos *bungalows*.

Apesar do período de retorno do investimento do sistema de reaproveitamento de águas cinzentas dos *bungalows* ser mais longo, interessa aferir se para o restante parque com mais utilizadores e, portanto, maior consumo de água se este período de retorno de investimento é mais viável. Neste caso mais alargado de estudo, a água reciclada para além de abastecer as necessidades dos autoclismos serviria também para o abastecimento das águas das máquinas de lavar roupa, responsáveis por grande parte do consumo de água do parque.

Assim sendo, a solução proposta foi a de instalar em cada balneário um módulo reciclador de águas cinzentas, que reaproveitasse as águas provenientes das torneiras de lavatório e dos sistemas de duche. A água reciclada é, posteriormente, bombeada para os autoclismos desses mesmos balneários e para a zona das máquinas de lavar roupa.

Desta forma, foi necessário apurar os níveis de caudal efluente gerados por cada balneário. Conforme descrito no quadro 40, as necessidades de água atuais são de aproximadamente 6617,4l/dia em todo parque. O valor de consumo dos balneários será igual ao consumo total, excluindo o consumo da lavandaria (equação 5.13).

Dito isto, é possível apurar o consumo afeto exclusivamente aos balneários:

$$\text{Consumo dos balneários } \left(\frac{l}{\text{dia}} \right) = 6617,4 - 1107 = 5510,4 \text{ l/dia} \quad (5.13)$$

Sabendo que se trata de dois balneários idênticos, assume-se que os valores de consumo são iguais para cada um, ou seja, 2755,2 litros/dia.

Deste valor de consumo de água dos balneários, foi apurado quanto pertencia aos dispositivos geradores de água cinzenta. Assim, apresenta-se no quadro 41 os consumos diários referentes a estes dispositivos.

Quadro 41 - Consumos diários dos equipamentos geradores de águas cinzentas do Ecoparque

Consumo médio diário (l/dia)	
Torneira lavatório	492
Sistema de duche	3001,2
TOTAL	3493,2

Assim sendo, o valor total de consumo diário dos equipamentos geradores de águas cinzentas é de 3493,2 l/dia. Tratando-se de dois balneários, cada um gera por dia 1746,6 l de água cinzenta.

Contudo e como referido anteriormente, nem todo o caudal consumido é equivalente ao caudal efluente gerado devido a existência de perdas. Assim sendo, foi necessário consultar o *Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23-08-1995*, que nos diz que o fator de efluência está entre os 70% e os 90%. Deste modo, assumiu-se o valor médio de 80% para o cálculo de caudal real efluente (quadro 42).

Quadro 42 - Caudal efluente real dos equipamentos geradores de águas cinzentas do Ecomarque

Consumo médio diário (l/dia)	
Torneira lavatório	393,6
Sistema de duche	2400,96
TOTAL	2794,56

Sabe-se que o consumo diário das máquinas de lavar a roupa e dos autoclismos é de 1107 l/dia e 984 l/dia, respetivamente. O total necessário para alimentar estes equipamentos seria de 2091 l/dia. Sendo que, o caudal efluente por dia dos equipamentos geradores de águas cinzentas é de 2794,56 (quadro 42), conclui-se que é suficiente para abastecer as máquinas de lavar a roupa e autoclismos.

5.2.2. Introdução dos módulos recicladores de água cinzenta e cálculo do período de retorno do investimento

À semelhança do que foi proposto para os *bungalows*, também seriam utilizados, para o restante parque, os sistemas recicladores de águas cinzenta produzidos pela Ecodepur®. Importa referir que a escolha deste sistema foi feita após análise detalhada de vários orçamentos recebidos de diferentes empresas.

De um modo simplificado, seriam instalados dois módulos, um em cada balneário semelhantes aos da figura 32.

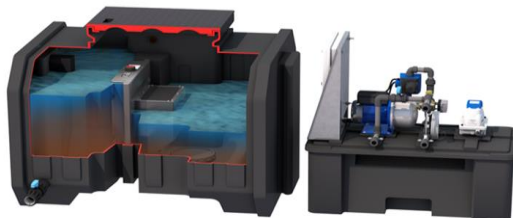


Figura 33 - Sistema reciclador de águas cinzentas Ecodepur® (EcoDepur, 2021).

A recolha de água é feita dos chuveiros exteriores, dos lavatórios e dos chuveiros interiores. A água é depois encaminhada para a estação de tratamento e, posteriormente, enviada para todos os

autoclismos e para as máquinas de lavar a roupa. Na figura 33 está representado um esquema simplificado do modelo de instalação do sistema.

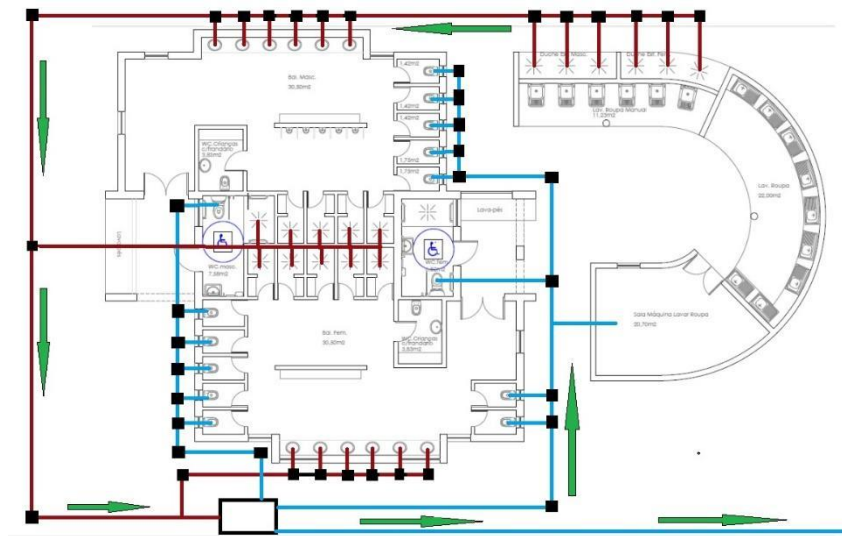


Figura 34 - Modelo de instalação do sistema de reciclagem de água cinzentas.

Na zona frontal dos balneários seria instalada a estação depuradora biológica, que ficaria enterrada juntamente com o tanque de armazenamento de águas tratadas, conforme se indica na figura 33.

Posteriormente, as águas residuais resultantes das descargas dos autoclismos e máquinas de lavar a roupa são reencaminhadas para o tanque de armazenamento de águas negras, que se encontra numa das extremidades do parque.

Conforme apurado anteriormente, o preço para o abastecimento do m^3 da água é de $2,25€/m^3$ (quadro 27) e o preço para a recolha de água residual é de $6,68€/m^3$ (quadro 28).

Para o sistema reciclador de águas cinzentas *BIOX/SPRAC5.6 tipo ECODEPUR*, o preço apresentado no orçamento fornecido foi de **14 812,12 €** (incluída a instalação e todos os trabalhos de construção civil).

No quadro 43 é, então, apresentado um resumo dos consumos antes e depois da instalação deste sistema proposto.

Quadro 43 - Custos mensais e anuais após instalação do Sistema de Reaproveitamento de Águas Cinzentas no EcoParque

	Consumo mensal ($m^3/mês$)	Consumo anual (m^3/ano)	Custo (€/mês)		Custo Anual	Total
Antes da Instalação	198,5	2382,26	Água	445,88	5350,56	21264,09
			Recolha	1326,13	15913,52	
Depois da Instalação	135,8	1629,5	Água	304,99	3659,87	14544,95
			Recolha	907,1	10885,09	

Como a proposta de intervenção seria a da colocação de dois módulos, um em cada balneário o investimento inicial seria de $14\,812,12\text{€} \times 2 \text{ unidades} = 29\,624,24\text{€}$.

Temos então para o cálculo do período de retorno do investimento:

$$\textit{Periodo de Retorno(Anos)} = \frac{29\,624,24\text{€}}{21264,09\text{€} - 14544,95\text{€}} = 4,41 \textit{ anos} \quad \mathbf{(5.14)}$$

6. Discussão de Resultados

6.1. Viabilidade técnica e económica das soluções modulares

De acordo com o que foi abordado nos capítulos anteriores, pretende-se agora discutir a viabilidade técnica e económica das soluções de redução de consumo de água e energia para os *bungalows* e restante Ecoparque.

Relativamente à solução proposta para a redução do consumo de água nos *bungalows*, primeiramente foi sugerida a substituição de equipamentos existentes por equipamentos mais eficientes. O que levaria a uma poupança anual na ordem dos **315,71€**, com um período de retorno do investimento de **4,4 meses** (quadro 44).

Quadro 44 - Consumos e poupança após substituição por equipamentos mais eficientes nos *bungalows*

Consumo anual (m ³ /ano)		Poupança anual (€)	Período de retorno (meses)
Antes	Depois		
177,42	142,05	315,71	4,4

Conjuntamente com a substituição dos equipamentos de consumo de água menos eficientes, foi proposta a instalação de um sistema reciclador de águas cinzentas. Este reciclador levaria a uma poupança anual de **385,6€**, com um período de retorno de investimento de **23,8 anos**.

Quadro 45 - Consumos e poupança após instalação do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas nos *bungalows*

Consumo anual (m ³ /ano)		Poupança anual (€)	Período de retorno (anos)
Antes	Depois		
142,05	98,85	385,6	23,8

No que diz respeito aos módulos fotovoltaicos é apresentado no quadro 46 as poupanças obtidas e o retorno do investimento inicial.

Quadro 46 - Poupança anual após instalação do sistema Fotovoltaico nos *bungalows*

Cenário	Consumo (kWh/ano)		Poupança anual (€)	Período de retorno (anos)
	Antes	Depois		
1	2549,4	1265,8	249	3,8
2	372	0	72,17	13,2

Para o primeiro cenário, em que a energia produzida pelo sistema fotovoltaico é aproveitada a 100%, obtém-se uma poupança de **249€** e o investimento inicial leva **3,8 anos** a ser recuperado. Já num cenário em que os *bungalows* não estão ocupados e há apenas o consumo dos frigoríficos e termoacumuladores (cenário 2), poupa-se **72,17€** ao ano e o período de retorno do investimento é de **13,2 anos**.

Por último, sugeriu-se alterações ao desenho passivo dos *bungalows*. Foi possível perceber neste estudo, que existem alguns aspetos construtivos que poderiam ser alterados, de forma a melhorar a sua performance ambiental. Um dos fatores que mais contribui para a sustentabilidade de um edificado é o seu desenho passivo, por forma a evitar consumos energéticos desnecessários para o aquecimento ou arrefecimento da habitação. Percebeu-se pelos cálculos efetuados que 40% das perdas de calor por transmissão se dão pelas pontes térmicas lineares, sendo este um dos fatores que mais contribuiu para o consumo de energia.

Deste modo, foi sugerida a colocação de isolamento pelo interior nas zonas de maior fragilidade, ou seja, nas zonas onde existe descontinuidade entre as paredes e a cobertura. De acordo com o proposto, o Coeficiente de transmissão ψ ($W/^\circ C \cdot m$) passaria de 0,7 para 0,1 nas ligações fachada/pavimento e fachada/cobertura. Com introdução destes valores na folha de cálculo obtemos uma diminuição das necessidades anuais de energia para aquecimento de **58,31 kWh/m² · ano** para **33,31 kWh/m² · ano**.

Outro fator importante analisado foi o dos ganhos solares no período de aquecimento. As soluções propostas passaram pela: eliminação da pérgula na entrada do *bungalow*, por forma a diminuir o sombreamento vertical e horizontal, pela orientação dos *bungalows* a sul e pela adoção de um tom mais escuro para o acabamento exterior dos *bungalows*.

Em suma, se fossem adotadas apenas as soluções mais imediatas de substituição de equipamentos menos eficientes e a instalação do sistema fotovoltaico nos *bungalows*, levaria a uma poupança na ordem dos **546,71€** por ano, com um período de retorno do investimento de **3,8 anos**.

Numa segunda etapa do estudo, foram avaliadas as soluções modulares que permitem a poupança de água e energia para o restante Ecoparque.

Relativamente ao investimento proposto no sistema reciclador de águas cinzentas para os balneários, podemos verificar no quadro 47 uma poupança anual na ordem dos **6719,14€**, com um período de retorno do investimento de **4,41 anos**.

Quadro 47 - Consumos e poupança após instalação do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas para o Ecoparque

Consumo anual (m ³ /ano)		Poupança anual (€)	Período de retorno (anos)
Antes	Depois		
198,52	135,792	6719,14	4,41

Importa referir que este período de retorno do investimento é calculado sem considerar uma taxa de atualização. Assim sendo, foi assumido um valor de 2,5% para a taxa de atualização por forma a perceber como varia o período de retorno. No quadro 48 é possível verificar os vários *cash-flows* ao longo dos anos.

Quadro 48 - Cash-Flows de 2021 a 2026 para o Sistema reciclador de águas cinzentas.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Cash-flows	-29624,24€	6555,25€	6395,37€	6239,38€	6087,20€	5938,74€

Na figura 34 pode verificar-se o somatório dos *cash-flows* ao longo dos anos. Assim sendo, o período de retorno do investimento (somatório dos *cash-flows* igual a 0) aumenta ligeiramente para aproximadamente **4,8 anos**.



Figura 35 – Representação gráfica do valor atualizado líquido para o sistema reciclador de águas cinzentas, para uma taxa de atualização de 2,5%.

No que concerne aos módulos fotovoltaicos, foi feita a mesma análise que é apresentada no quadro 49. Para o primeiro cenário, em que a energia produzida pelo sistema fotovoltaico é aproveitada a 100%, obtém-se uma poupança anual de **5792,5€**, com um período de retorno do investimento de **3,1 anos**. Para o segundo cenário, é assumido que o consumo energético do parque é equivalente ao valor consumido quando este se encontra encerrado. Neste cenário, obtém-se uma poupança anual de **4128,94€**, com um período de retorno do investimento de **4,36 anos**.

Quadro 49 - Poupança anual após instalação do sistema Fotovoltaico para o Ecoparque

Cenário	Consumo (kWh/ano)		Poupança anual (€)	Período de retorno (anos)
	Antes	Depois		
1	66751,8	36893,7	5792,5	3,1
2	21283,2	0	4128,94	4,36

À semelhança do que se fez para o Sistema reciclador de águas cinzentas, para os módulos fotovoltaicos também se considerou uma taxa de atualização de 2,5% para o cálculo do retorno do investimento. No quadro 50 são apresentados os respetivos *cash-flows* em cada ano, para o cenário 1.

Quadro 50 - Cash-flows de 2021 a 2026 para o Sistema Fotovoltaico.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Cash-flow	-18 034,00€	5651,2€	5513,4€	5378,9€	5247,7€	5119,7€

Na figura 35 é representado o somatório dos *cash-flows* ao longo dos anos. Como se pode verificar, o período de retorno do investimento não variou substancialmente, rondando os **3,3 anos**.

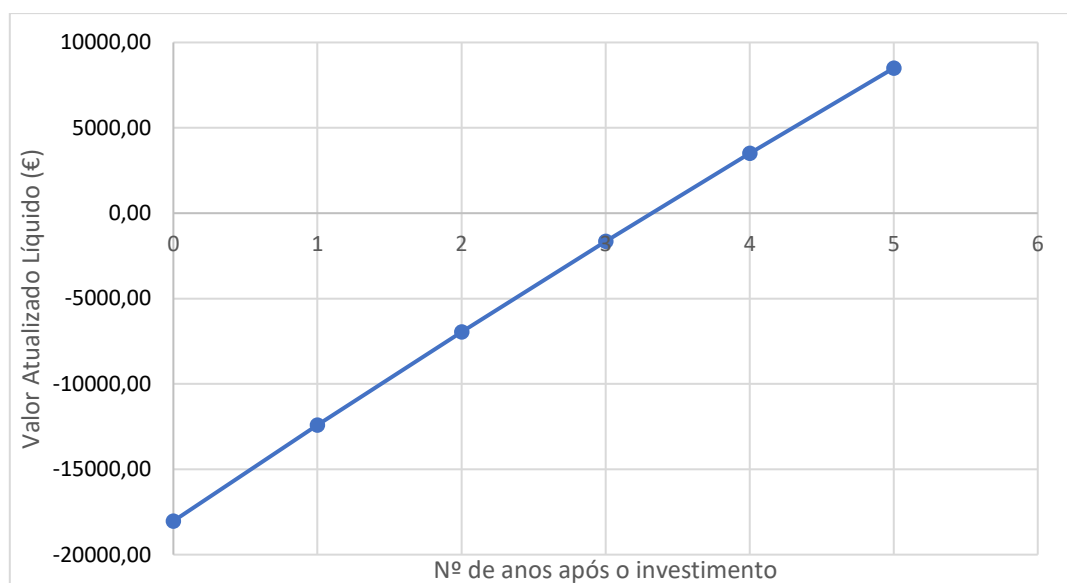


Figura 36 - Representação gráfica do Valor atualizado líquido do sistema fotovoltaico, para uma taxa de atualização de 2,5%.

Ao avaliar os dados obtidos, pode perceber-se que o investimento nestes sistemas modulares se traduz numa grande poupança anual ao nível do consumo de água e de energia elétrica. De facto, se adotadas estas medidas propostas, o Ecoparque será capaz de **poupar anualmente 12511,64€**, apenas com a instalação de dois módulos recicladores de águas cinzentas para os balneários e a instalação de um

sistema fotovoltaico constituído por 45 painéis solares de 400 w. Demorando o investimento inicial das duas soluções em conjunto **4,8 anos a ser recuperado**.

O período de retorno dos investimentos assume valores bastante aceitáveis. Contudo, estes valores foram calculados para os níveis de ocupação atuais do parque. Relativamente ao sistema reciclador de águas cinzentas, foi possível apurar que o período de retorno de investimento é inversamente proporcional à taxa de ocupação (quadro 49). Ou seja, futuramente com uma taxa de ocupação do parque mais elevada, o período de retorno do investimento será mais curto e, por isso, a instalação deste sistema ainda mais vantajosa.

Quadro 51 - Variação do período de retorno do investimento do Sistema Reciclador de Águas Cinzentas com a taxa de ocupação do Ecomarque

Taxa de ocupação (nº de pessoas/dia)	Período de retorno do investimento (anos)
41	4,41
60	3,01
100	1,81
200	0,90

Relativamente ao sistema fotovoltaico, percebeu-se que não existe uma grande variação do período de retorno do investimento com a taxa de ocupação. Isto porque o número de painéis solares necessários aumenta com o nível de consumo energético, ou seja, quantos mais clientes, maior consumo energético e maior necessidade de aquisição de painéis solares. Assim, o preço do investimento inicial aumenta com o crescimento da taxa de ocupação de uma forma proporcional. Desta forma, a variação do período de retorno é bastante diminuta.

Nos quadros 52 e 53 é feita uma análise de sensibilidade que avalia a variação do período de retorno do investimento com o aumento do preço da água e da energia. Pode-se verificar que para um aumento de 100% do preço da água, temos uma diminuição de 20,1% do período de retorno do investimento (quadro 52).

Quadro 52 - Variação do período de retorno do investimento com o aumento do preço da água

Aumento do Preço da Água	Preço da água	Poupança anual	Período de retorno do investimento (anos)
0	2,25 €	6 719,14 €	4,41
10%	2,47 €	6 888,21 €	4,30
20%	2,70 €	7 057,28 €	4,20
30%	2,92 €	7 226,35 €	4,10
40%	3,14 €	7 395,42 €	4,01
50%	3,37 €	7 564,49 €	3,92
60%	3,59 €	7 733,56 €	3,83
70%	3,82 €	7 902,63 €	3,75

80%	4,04 €	8 071,69 €	3,67
90%	4,27 €	8 240,76 €	3,59
100%	4,49 €	8 409,83 €	3,52

Relativamente ao preço da energia, se este aumentar 100% o período de retorno do investimento diminui 48,4% (quadro 53).

Quadro 53 - Variação do período de retorno do investimento com o aumento do preço da energia

Aumento do Preço da Energia	Preço da Energia	Poupança anual	Período de retorno do investimento (anos)
0	0,19	5792,5	3,1
10%	0,21	6371,7	2,8
20%	0,23	6950,9	2,6
30%	0,25	7530,2	2,4
40%	0,27	8109,4	2,2
50%	0,29	8688,7	2,1
60%	0,31	9267,9	1,9
70%	0,33	9847,2	1,8
80%	0,35	10426,4	1,7
90%	0,37	11005,7	1,6
100%	0,39	11584,9	1,6

6.2. Limitações do Estudo

No que diz respeito ao dimensionamento do sistema de reutilização de águas cinzentas, existiram algumas dificuldades no apuramento do consumo real de água do parque de campismo. Para fazer uma análise mais precisa era necessário avaliar o consumo real de cada equipamento instalado no parque, como torneiras, autoclismos, máquinas de lavar roupa e sistemas de duche. Uma vez que não foi possível o acesso às fichas técnicas destes equipamentos nem às medições *in situ*, foi elaborado uma previsão do consumo diário, pela atribuição da classificação C de eficiência hídrica a cada dispositivo. Com esta classificação foi, posteriormente, feita uma previsão do tempo de utilização de cada equipamento por utilizador, conforme indica o manual de eficiência hídrica de edifícios da ANQIP. Sendo assim possível calcular o consumo médio diário em litros por pessoa e por dia. Sabendo que o tempo de utilização dos equipamentos também varia muito com o tipo de utilizador, esta foi também uma limitação.

Relativamente ao dimensionamento do sistema fotovoltaico, a grande limitação foi o acesso compartimentado dos consumos de energia, ou seja, de que modo contribuíam as diferentes estruturas para o consumo total do parque. Desta forma, não foi possível aferir quanta da energia consumida era

afeta ao restaurante, aos balneários, à receção e aos *bungalows*. Esta análise poderia fornecer informação importante para um dimensionamento mais preciso do sistema fotovoltaico.

Outra grande limitação foi a dificuldade em obter informação relativa aos materiais utilizados e à solução construtiva dos *bungalows*. Para o cálculo preciso das necessidades anuais de energia eram necessárias informações que nunca foram fornecidas, como a espessura do isolamento da paredes, cobertura e pavimento, a espessura dos materiais que envolvem o isolamento como o Mdf e o OSB e as características dos vidros utilizados nos vãos.

Importa também referir que uma das limitações desta dissertação foi o facto da analogia e o modelo de cálculo ter sido baseado no modelo residencial. Considerou-se uma taxa de ocupação média diária constante, o que não se verifica no setor do turismo, em que a ocupação é mais elevada nos períodos de verão. Esta metodologia teria um impacto diferente no dimensionamento do dos sistemas fotovoltaicos e de tratamento de águas cinzentas.

7. Conclusões

A energia proveniente de combustíveis fósseis e a água são recursos finitos, por isso torna-se imperativo fazer uma gestão adequada do seu uso.

Na presente dissertação foram avaliadas soluções que promovem a redução do consumo destes recursos. Globalmente, os resultados obtidos permitem concluir que apenas algumas mudanças na poupança de consumo energético e de água podem, de facto, levar a uma redução dos custos e, acima de tudo, contribuir para uma maior sustentabilidade.

Relativamente às soluções propostas para a redução do consumo de água, pode concluir-se que a aplicação de dispositivos mais eficientes nos *bungalows*, traduz resultados bastante otimistas, tanto nos níveis de redução de consumo hídrico, como nos períodos de retorno do investimento. Isto deve-se essencialmente ao baixo custo destes equipamentos e à facilidade da sua instalação.

No que diz respeito ao sistema de reutilização de águas cinzentas, conclui-se que devido ao preço elevado destes equipamentos, a sua viabilidade de instalação está diretamente relacionada com os níveis de consumo. Tomando o exemplo dos *bungalows*, a aplicação deste sistema tem um retorno do investimento de 23,8 anos, enquanto para o restante parque este período é de apenas 4,41 anos. Deste modo, chega-se à conclusão de que este investimento só se justifica para os *bungalows* caso haja uma taxa de ocupação maior. No entanto, é uma solução a adotar para o restante parque.

Contrariamente ao sistema de reutilização de águas cinzentas, o sistema fotovoltaico assumiu valores para o período de retorno do investimento bastante aceitáveis, quer para níveis de consumo energético baixos quer para elevados. É exemplo o caso dos *bungalows*, onde os níveis de consumo anual eram apenas de 2549,4 kWh e o período de retorno do investimento de 3,8 anos. Já com níveis de consumo energético mais elevado, como os existentes em todo o parque, no valor de 66751,8 kWh, o período de retorno do investimento é também bastante baixo, 3,1 anos. O sistema fotovoltaico é uma solução a adotar tanto nos *bungalows* como no parque, dada a sua rapidez de retorno do investimento inicial.

Em suma, após toda esta análise, aconselha-se o Ecoparque a adotar as seguintes medidas: substituição dos equipamentos de consumo de água menos eficientes, a instalação de painéis fotovoltaicos que garantam as necessidades energéticas do parque durante o período de sol e a instalação de um sistema reciclador de águas cinzentas na zona dos balneários. Em segundo plano, é aconselhado um estudo mais detalhado do desenho passivo dos *bungalows* (em que seja possível o acesso a informações precisas da solução construtiva), de modo a serem criadas as intervenções necessárias para se atingir um maior grau de sustentabilidade destas habitações.

Ao desenvolver-se este estudo, foram surgindo ideias de possíveis desenvolvimentos futuros deste trabalho. Como, por exemplo:

- A inclusão de sistemas recicladores de água negra de forma a poder fechar-se o ciclo da água;

- A viabilidade de implementação de um sistema de aproveitamento das águas da chuva;
- A possibilidade da utilização do excesso de águas cinzentas geradas para o uso em sistemas de rega ou para a lavagem de veículos e pavimentos;
- A possível aplicação de sistemas fotovoltaicos *off-grid* com recurso a baterias;
- A inclusão do impacto das taxas de juro no cálculo do período de retorno do investimento.

Desta forma e como pretendido inicialmente neste estudo, conseguiu-se propor algumas soluções que permitem diminuir o consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis, diminuindo assim as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera. Paralelamente, as soluções propostas também permitem uma diminuição do consumo de água potável proveniente da rede de abastecimento. Assim, conseguiu-se aproximar o Ecoparque do Outão de um exemplo turístico mais sustentável.

Referências Bibliográficas

- Abdul Aziz, N. I., Sulaiman, S. I., Shaari, S., Musirin, I., & Sopian, K. (2017). Optimal sizing of stand-alone photovoltaic system by minimizing the loss of power supply probability. *Solar Energy*, 150, 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.04.021>
- Afonso, A. S. (2010). Uso Eficiente da Água nos Sistemas Prediais. *Seminário– Aveiro, 12 de Fevereiro de 2010*.
- Agency, I. R. E. (2016). The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. In *International Renewable Energy Agency* (Issue June).
- Al-Hussein, M., Manrique, J., & Mah, D. (2009). North Ridge CO2 analysis report: comparison between modular and on site construction. In *University of Alberta, Canada*. <https://www.modular.org/IMAGES/foundation/NorthRidgeCO2Report.pdf>
- Almeida, M. D. C., Vieira, P., & Ribeiro, R. (2006). *Uso eficiente da água no sector urbano*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) Instituto da Água (INAG) Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- ANQIP. (2018). *Eficiência Hídrica - Catálogo de Produtos Certificados*. [https://www.anqip.pt/images/catlogo produtos certificados v.f.pdf](https://www.anqip.pt/images/catlogo%20produtos%20certificados%20v.f.pdf) (Acedido em Abril de 2021).
- Bemis, A. (1936). *The Evolving House: Rational Design*. Cambridge: *The Technology Press*, V(II).
- Canha, C. (2008). *O Uso Eficiente da Água no Sector Urbano*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Cavaco, A., Silva, H., Canhoto, P., Neves, S., Neto, J., & Collares Pereira, M. (2016). *Radiação Solar Global em Portugal e a sua variabilidade, mensal e anual*. <http://www.ipes.pt/ipes/wp-content/uploads/2017/10/Radiação-Solar-Global-em-Portugal-e-a-sua-variabilidade.pdf>
- Climate-Data.org. (n.d.). *Climate-Data.org*. <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/setubal/setubal-137/> (Acedido em Abril de 2021).
- Correia, M. J. C. (2015). *Sistemas de Bombagem de Água utilizando Energia Solar Fotovoltaica*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Crabtree, G. W., & Lewis, N. S. (2007). Solar energy conversion. *Physics Today*, 60(3), 37–42. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3830-2_7
- Grassi, G., & Cantarell, F. S. (1973). *La construcción lógica de la arquitectura*. Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares.
- Greven, H. A., & Baldauf, A. S. F. (2007). Introdução à coordenação modular no Brasil: uma abordagem atualizada. In *Antac*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:INTRODUÇÃO+À+COORDEN>

AÇÃO+MODULAR+DA+CONSTRUÇÃO+NO+BRASIL:+uma+abordagem+atualizada#0

- Haas, C. T., & Fagerlund, W. R. (2002). *Preliminary research on prefabrication, pre-assembly, modularization and off-site fabrication in construction*.
- INE. (2020). Estatísticas do Turismo 2019. In *Instituto Nacional de Estatística* (Issue 1). Instituto Nacional de Estatística, I.P.
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=133574&PUBLICACOESmodo=2 (Acedido em Abril de 2021).
- Jaillon, L., & Poon, C.-S. (2010). Design issues of using prefabrication in Hong kong building construction. *Construction Management and Economics*, 28(10), 1025–1042.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2010.498481>
- Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life cycle performance of modular buildings: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1171–1183.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.031>
- Kim, D. (2008). Preliminary life cycle analysis of modular and conventioinal housing in benton harbor, michigan. In *University of Michigan*. University of Michigan.
- Lawson, M. R., Ogden, R. G., & Bergin, R. (2012). Application of Modular Construction in High-Rise Buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2).
- Lawson, R. M. (2007). Building design using modules. In *The Steel Construction Institute*.
- LiderA. (n.d.). *LiderA Versão 4*. <https://www.lidera4all.com/lidera>. (Acedido em Abril de 2021).
- Luque, A., & Hegedus, S. (2011). *Handbook_of_Photovoltaic_Science_and_Technology.pdf* (L. , John Wiley & Sons (ed.); Second Edi).
- Mais, S. (n.d.). *Setúbal Mais*. <https://setubalmais.pt/turismo-com-crescimento-forte-em-setubal/> (Acedido em Abril de 2021).
- Marcos-do-Monte, H., & Albuquerque, A. (2010). *Reutilização de Águas Residuais*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=%5CRoot%5CContents%5CSitio%5CMenuPrincipal%5CDocumentacao%5CPublicacoesexternas&Section=MenuPrincipal&FolderPath=%5CRoot%5CContents%5CSitio%5CMenuPrincipal%5CDocumentacao&GenericContentId=0&BookID>
- Matos, C., Sampaio, A., & Bentes, I. (2012). Greywater Use in Irrigation: Characteristics, Advantages and Concerns. In *Irrigation - Water Management, Pollution and Alternative Strategies*. Dr Iker Garcia-Garizabal. <https://doi.org/10.5772/30026>
- McGraw Hill Construction. (2011). Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry. In *McGraw Hill Construction*.

- <https://www.nist.gov/system/files/documents/el/economics/Prefabrication-Modularization-in-the-Construction-Industry-SMR-2011R.pdf> (Acedido em Março de 2021)
- Monteiro, A. C. (2018). *Aplicação de painéis solares em edifícios públicos para autoconsumo fotovoltaico*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Nazaré, M. (2019). *Definição de Soluções Viáveis para a Gestão Sustentável da Água no Edificado. Caso de Estudo do Ecoparque de Campismo do Outão*. Instituto Superior Técnico.
- Neves, M. V., Bertolo, E., & Rossa, S. (2006). Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos. *1ª Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente - FEUP*, 1, 37–45.
- O'Brien, M., Wakefield, R., & Beliveau, Y. (2000). Industrializing the Residential Construction Site. In *Center for Housing Research. Virginia Polytechnic Insititute and State University*.
https://www.huduser.gov/Publications/pdf/indus_ch1.pdf (Acedido em Abril de 2021).
- Oliveira, L. (2018). *A habitação modular: casas de madeira no Portugal contemporâneo* [Universidade Lusíada de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/11067/3761> (Acedido em Fevereiro de 2021)
- Ovelha, R. M. R. V. de. (2017). *Projeto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica numa moradia offgrid*. Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa.
- Patinha, S. (2011). *Construção Modular – Desenvolvimento da ideia: Casa numa caixa*. Universidade de Aveiro.
- Pigozzo, B. N., Serra, S. M. B., & Ferreira, M. A. (2005). A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado. *XII SIMPEP -Bauru*.
- Proença, E. D. R. B. (2007). *A energia Solar Fotovoltaica em Portugal. Estado-da-Arte e Perspectivas de Desenvolvimento* [Instituto Superior Técnico].
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487931/Tese - A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal.pdf> (Acedido em Abril de 2021).
- Sarabanda, C. (2013). *Habitação Modular Evolutiva*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Seyboth, K., Beurskens, L., Langniss, O., & Sims, R. E. H. (2008). Recognising the potential for renewable energy heating and cooling. *Energy Policy*, 36(7), 2460–2463.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.046>
- Spark, W. (n.d.). *Weather spark*. <https://pt.weatherspark.com/>
- Torgal, F. P., & Jalali, S. (2007). Construção Sustentável: O Caso dos materiais de construção. *Congresso Construção 2007 - 3º Congresso Nacional*.
- United Nations. (2015). The Millennium Development Goals Report. In *United Nations*.
<https://doi.org/978-92-1-101320-7>
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. (n.d.). *The United Nations World*

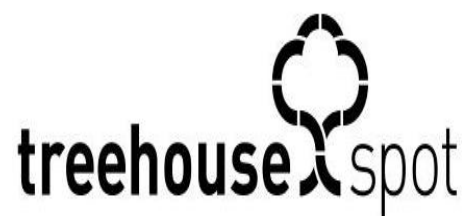
Water Development Report 2021 Valuing Water.

Vieira, M., Monteiro, J., & Roque, M. (2015). *Rotulagem e certificação da eficiência hídrica de produtos, sistemas e edifícios- Especificações e Requisitos*. AEP-Associação Empresarial de Portugal.

Zenga, M., & Javor, A. (2008). *Modular homes: the future has arrived*. Fideli Publishing, Paragon.

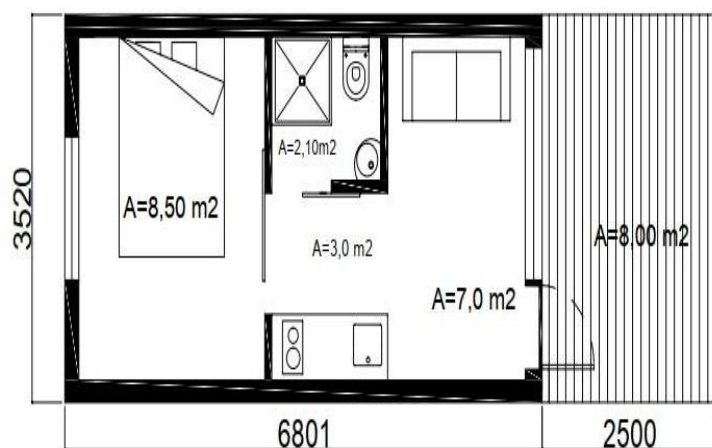
Anexos

A1. Desenho esquemático do *bungalow*



Estúdio T0

PLANTA



ÁREAS

Área total 22 m²

DESCRIÇÃO

Estudo T0 com um total de 22 m² de área coberta, com um quarto, uma casa de banho, uma sala de estar e uma kitchenette e uma área exterior.

A2. Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento

3.6- GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (Inverno)										
3.6.1 - GANHOS SOLARES										
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES										
Designação do envidraçado	Orientação	F_{wi}	η_{vi}	Fator Solar inverno $g_{i,Fwi} \cdot g_{vi}$	Área A_w (m ²)	Fator de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fração Envidraçada F_g	Área efetiva coletora (m ²) $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{s,i} \cdot F_{s,i}$ (m ²)
Envidraçado Quarto	NW	0,90	0,78	0,702	0,440	0,864	0,7	0,187	0,84	0,136
Envidraçado Entrada	SE			0,702	7,775	0,500	0,7	1,912	0,84	0,803
$A_{w,total}$				8,215					TOTAL	0,94
VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC										
Designação do envidraçado	Orientação	$g_{i,int}$	$g_{i,ENU}$	Fator Solar inverno $g_{i,int} \cdot g_{i,ENU}$	Área A_w (m ²)	Fator de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_{g,int} \cdot F_{g,ENU}$	Área efetiva coletora (m ²) $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_{g,i}$	Fator de Orientação X	Área efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{s,i} \cdot F_{s,i}$ (m ²)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
									Total	0
<p>Área efetiva total equivalente na orientação a Sul - ($\sum X \cdot A_{s,i}$) <input type="text" value="0,94"/> (m²)</p> <p>\times</p> <p>Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul - ($G_{sol,i}$) <input type="text" value="145"/> (kWh/m²·mês)</p> <p>\times</p> <p>Duração da estação de aquecimento - (M) <input type="text" value="4,70"/> (meses)</p> <p>$=$</p> <p>Ganhos solares brutos - ($Q_{sol,i}$) <input type="text" value="639,94"/> (kWh/ano)</p>										
3.6.2 - GANHOS INTERNOS										
<p>\times</p> <p>Ganhos internos médios - ($Q_{int,i}$) <input type="text" value="4,00"/> (W/m²)</p> <p>\times</p> <p>Duração da estação de aquecimento - (M) <input type="text" value="4,70"/> (meses)</p> <p>\times</p> <p>Área interior útil de pavimento - (A_p) <input type="text" value="20,6"/> (m²)</p> <p>$=$</p> <p>Ganhos internos brutos - ($Q_{int,i}$) <input type="text" value="278,84"/> (kWh/ano)</p>										
3.6.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS										
<p>Ganhos solares brutos - ($Q_{sol,i}$) <input type="text" value="639,94"/> (kWh/ano)</p> <p>$+$</p> <p>Ganhos internos brutos - ($Q_{int,i}$) <input type="text" value="278,84"/> (kWh/ano)</p> <p>$=$</p> <p>Ganhos térmicos brutos - ($Q_{g,i}$) <input type="text" value="918,79"/> (kWh/ano)</p>										
3.6.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA										
<p>Ganhos solares brutos - ($Q_{sol,i} = G_{sol,i} \cdot 0,146 \cdot 0,15 \cdot A_p \cdot M$) <input type="text" value="307,45"/> (kWh/ano)</p> <p>Ganhos internos brutos - ($Q_{int,i}$) <input type="text" value="278,84"/> (kWh/ano)</p> <p>$=$</p> <p>Ganhos térmicos brutos - ($Q_{g,i} REF$) <input type="text" value="586,29"/> (kWh/ano)</p>										

A3. Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento

3.7- GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (Verão)													
3.7.1 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES													
Designação do envidraçado	Orientação	Área (m ²)	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F _g	Fator Sel. angular F _{w,v}	Fração Tempo Prot. Móveis Ativas F _{m,v}	FS Global Prot. Moveis e Perm. gr	FS Global Prot. Perm. gr _p	FS de verão g _v =F _{m,v} ·g _t +(1-F _{m,v})·g _{t_p}	Área Efetiva A _{e,v} =A _w ·F _g ·g _v	Fator de Obstrução F _{s,v} =F _{h,v} ·F _{o,v} ·F _{f,v}	Intensidade de Radiação G _{sol} (kWh/m ² ·ano)	Gsol·F _{s,v} ·A _s (kWh/ano)
Envidraçado Entrada	SE	7,775	Duplo incolor 6+18+4	0,7	0,85	0,70	0,0416	0,66	0,23	1,24	0,47	365	211,19
Envidraçado Quarto	NW	0,440	Duplo incolor 6+18+4	0,7	0,85	0,40	0,0416	0,66	0,41	0,13	0,90	365	41,93
Total												253,118	
VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC													
Designação do envidraçado	Orientação	Área (m ²)	Tipo de vidro	Fração Envidraçada F _g	Fator Sel. angular F _{w,v}	FS de verão do vão interior g _{v,int}	FS de verão do vão do ENU g _{v,ENU}	g _{v,int} · g _{v,ENU}	Área Efetiva A _{e,v} =A _w ·F _g ·g _{v,int} ·g _{v,ENU} (m ²)	Fator de Obstrução F _{s,v} =F _{h,v} ·F _{o,v} ·F _{f,v}	Intensidade da Radiação Isol kWh/m2.ano	Isol · F _{s,v} · A _s	
Envidraçado Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total												-	
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDES/COBERTURAS/VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO				Orientação	Coefficient e de absorção α	Área A _{op} (m ²)	U (W/m ² ·°C)	R _{se} (m ² ·°C)/W	Área Efetiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} (m ²)	Fator de Obstrução F _s =F _h ·F _o ·F _f	Intensidade de Radiação G _{sol} (kWh/m ² ·ano)	Gsol·F _s ·A _s (kWh/ano)	
Parede Exterior 1				SW	0,4	17	0,355	0,04	0,10	0,90	410	35,65	
Parede Exterior 2				NE	0,4	17	0,355	0,04	0,10	0,90	410	35,65	
Parede Exterior 3				SE	0,4	8,8	0,355	0,04	0,05	0,90	410	18,45	
Parede Exterior 4				NW	0,4	8,8	0,355	0,04	0,05	0,90	410	18,45	
Cobertura				-	0,4	23,9	0,400	0,04	0,15	0,90	410	56,48	
Total												164,6837	
<p>Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada = 253,12 (kWh/ano)</p> <p>+ Ganhos solares brutos pelos elementos dos vãos interiores = 0,00 (kWh/ano)</p> <p>+ Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca = 164,68 (kWh/ano)</p> <p>= Ganhos solares brutos - (Q_{sol,v}) = 417,80 (kWh/ano)</p>													
3.7.2 - GANHOS INTERNOS													
<p>Ganhos internos médios - (q_{int}) = 4,00 (W/m²)</p> <p>x Duração da estação de arrefecimento - (L_v) = 2928 (horas)</p> <p>x Área interior útil de pavimento - (A_o) = 23,94 (m²)</p> <p>/ 1000 = Ganhos internos brutos - (Q_{int,v}) = 280,34 (kWh/ano)</p>													
3.7.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS													
<p>Ganhos solares brutos - (Q_{sol,v}) = 417,80 (kWh/ano)</p> <p>+ Ganhos internos brutos - (Q_{int,v}) = 280,34 (kWh/ano)</p> <p>= Ganhos térmicos brutos - (Q_{g,v}) = 698,14 (kWh/ano)</p>													
3.7.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA													
<p>Ganhos internos médios - (q_{int}) = 4 (W/m²)</p> <p>x Duração da estação de arrefecimento - (L_v) = 2928 (horas)</p> <p>1000 + Fator solar de verão de referência - (g_{v,REF}) = 0,43 x A_w/A_{p,REF} = 0,20 x Radiação solar média de referência - (G_{sol,REF}) = 500 (kWh·m⁻²·ano)</p> <p>= 54,71 (kWh·m⁻²·ano)</p> <p>x Área interior útil de pavimento - (A_o) = 23,94 (m²)</p> <p>= Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento - (Q_{g,v,REF}) = 1309,59 (kWh/ano)</p>													

A4. NIC Inverno

3.8 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (Inverno)	
3.8.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
	0,024
Número de graus-dias de aquecimento - (CD)	$\frac{1045}{\times}$ (°C-dias)
Coefficiente de transferência de calor por transmissão - (Htr,i)	$\frac{83,24}{\times}$ (W/°C)
	=
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento - (Qtr,i)	2087,69 (kWh/ano)
3.8.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR	
	0,024
Número de graus-dias de aquecimento CD	$\frac{1045}{\times}$ (°C-dias)
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar - (Hve,i)	$\frac{8,58}{\times}$ (W/°C)
	=
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento - (Qve,i)	215,18 (kWh/ano)
3.8.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS	
Inércia do edifício	Forte
Ganhos térmicos brutos - (Qg,i)	918,79 (kWh/ano)
	/
Qtr,i + Qve,i	2302,87 (kWh/ano)
	=
Parâmetro γ	0,40
Parâmetro αi	4,2
Fator de utilização dos ganhos ηi	0,987
Ganhos totais úteis	
Fator de utilização dos ganhos - (ηi)	0,987
	x
Ganhos térmicos brutos - (Qg,i)	918,79 (kWh/ano)
	=
Ganhos totais úteis - (Qgu,i)	907,04 (kWh/ano)
3.8.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento - (Qtr,i)	2087,69 (kWh/ano)
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento - (Qve,i)	215,18 (kWh/ano)
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento - (Qgu,i)	907,04 (kWh/ano)
	=
Necessidades anuais na estação de aquecimento	1395,83 (kWh/ano)
	/
Área interior útil de pavimento - (Ap)	23,94 (m²)
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento - (Nic)	58,31 (kWh/m²-ano)

A5. NVC Verão

3.9 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (Verão)

3.9.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão} - (H_{tr,v}) \quad 83,24 \quad (\text{W}/^\circ\text{C}) \\ & + \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar} - (H_{ve,v}) \quad 10,51 \quad (\text{W}/^\circ\text{C}) \\ & = \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor} - (H_{t,v}) \quad 93,75 \quad (\text{W}/^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

3.9.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão} - (H_{tr,v}) \quad 83,24 \quad (\text{W}/^\circ\text{C}) \\ & \times \\ & (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 3,30 \quad (^\circ\text{C}) \\ & \times \\ & \text{Duração da estação de arrefecimento} - (L_v) \quad 2928 \quad (\text{horas}) \\ & / \\ & 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento} - (Q_{tr,v}) \quad 804,31 \quad (\text{kWh/ano}) \end{aligned}$$

3.4.6.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar} - (H_{ve,v}) \quad 10,51 \quad (\text{W}/^\circ\text{C}) \\ & \times \\ & (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 3,30 \quad (^\circ\text{C}) \\ & \times \\ & \text{Duração da estação de arrefecimento} - (L_v) \quad 2928 \quad (\text{horas}) \\ & / \\ & 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento} - (Q_{ve,v}) \quad 101,51 \quad (\text{kWh/ano}) \end{aligned}$$

3.9.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos} - (Q_{g,v}) \quad 698,14 \quad (\text{kWh/ano}) \\ & / \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar na estação} - (Q_{tr,v} + Q_{ve,v}) \quad 905,82 \quad (\text{kWh/ano}) \\ & = \\ & \text{Parâmetro } \gamma_i \quad 0,77 \\ & \text{Parâmetro } a_v \quad 4,2 \\ & \text{Fator de utilização de ganhos} - (\eta_v) \quad 0,737 \end{aligned}$$

3.9.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_v) \quad 0,263 \\ & \times \\ & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento} - (Q_{g,v}) \quad 698,14 \quad (\text{kWh/ano}) \\ & / \\ & \text{Área interior útil de pavimento} - (A_p) \quad 23,94 \quad (\text{m}^2) \\ & = \\ & \text{Necessidades anuais de energia útil na estação de arrefecimento} - (N_{vc}) \quad 7,67 \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}) \end{aligned}$$

A6. Dados dos consumos de energia

Consumo Mensal de Energia no Ecoparque do Outão										
Data Início			Data Fim			Energia Ativa				
Dia	Mês	Ano	Dia	Mês	Ano	Vazio Normal (Quant.) (kWh)	Super Vazio (Quant.) (kWh)	Ponta (Quant.) (kWh)	Cheias (Quant.) (kWh)	Valor (€)
28	12	2017	27	1	2018	1031	621	677	1438	238,64
28	1	2018	27	2	2018	1147	687	846	1714	279,82
28	2	2018	27	3	2018	917	496	740	1398	227,47
28	3	2018	27	4	2018	929	547	784	1434	236,33
28	4	2018	27	5	2018	775	424	695	1277	204,06
28	5	2018	27	6	2018	802	452	709	1341	212,49
28	6	2018	27	7	2018	1007	561	885	1818	275,48
28	7	2018	27	8	2018	1675	948	1459	3118	464,61
28	8	2018	27	9	2018	1492	889	1249	2688	406,27
28	9	2018	27	10	2018	1237	702	1052	2318	342,50
28	10	2018	29	10	2018	119	59	88	158	27,04
30	10	2018	1	11	2018	91	52	81	165	31,66
2	11	2018	1	12	2018	1317	691	1042	2227	428,78
2	12	2018	1	1	2019	1279	789	976	1870	395,89
2	1	2019	1	2	2019	1767	1076	1429	2595	554,00
2	2	2019	1	3	2019	783	560	432	658	190,99
2	3	2019	1	4	2019	1642	1014	1549	2484	541,30
2	4	2019	1	5	2019	1634	886	1333	2616	524,68
2	5	2019	1	6	2019	1403	784	1125	2304	455,39
2	6	2019	1	7	2019	1612	824	1241	2646	513,44
2	7	2019	1	8	2019	2216	1086	1684	3313	672,61
2	8	2019	1	9	2019	2482	1098	2113	4067	795,96
2	9	2019	1	10	2019	1791	894	1480	3037	586,22
2	10	2019	1	11	2019	1982	1191	1596	3330	656,09
2	11	2019	1	12	2019	1821	1107	1388	2830	576,94
2	12	2019	1	1	2020	2062	1256	1355	2559	578,66
2	1	2020	1	2	2020	2175	1363	1569	2704	625,52
2	2	2020	1	3	2020	923	617	452	837	222,54
2	3	2020	1	4	2020	1408	975	823	1436	367,19
2	4	2020	1	5	2020	1053	800	330	672	219,73
2	5	2020	1	6	2020	967	775	283	643	205,03
2	6	2020	1	7	2020	1466	964	931	1822	413,63
2	7	2020	1	8	2020	1925	1177	1223	2664	560,70
2	8	2020	1	9	2020	2372	1263	1607	3263	685,22
2	9	2020	1	10	2020	1899	1054	1429	2737	574,67
2	10	2020	1	11	2020	1634	991	1258	2295	497,44

A7. Painéis Solares propostos para o Ecoparque do Outão



Novo

Painel Solar Monocristalino SERAPHIM 400W BLADE PERC

★ Seja o primeiro a avaliar este produto

● Actualmente indisponível

Notificar quando disponível

preço anterior


~~414,99 €~~

149,44 €

O preço inclui 21% IVA


Transporte não incluído

Uma cotação completa será enviada para o seu e-mail

 Adicionar à minha lista

 Comparar

 Recomendar

 Artigos semelhantes

 Colocar questão

