

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

Desenvolvimento e Validação de uma Ferramenta de Cálculo
da Pegada de Carbono Aplicada ao Sector do Turismo
Nacional



Novembro 2020

Marco André Batista Fernandes

Desenvolvimento e Validação de uma Ferramenta de Cálculo da Pegada de Carbono Aplicada ao Sector do Turismo Nacional

Tese de Mestrado

Mestrado em Tecnologias Ambientais

Professora Doutora Maria Elisabete Ferreira Silva



RESUMO

O sector do turismo é um sector económico que é influenciado pelas alterações climáticas e, que simultaneamente tem contribuído para a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) a nível mundial. Para reduzir os impactes destas emissões é necessário monitorizá-las e desenvolver estratégias e medidas de forma a reduzir e compensá-las. Mediante este panorama, durante o estágio no âmbito do Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu que decorreu de 16 de dezembro de 2019 a 31 de maio de 2020 na Vertiriva, Lda foi desenvolvida e validada uma calculadora da Pegada de Carbono (PC) com o intuito de ser aplicada ao sector do turismo em Portugal, mais propriamente ao subsector do alojamento. A calculadora foi elaborada no Microsoft Excel (versão 365) e baseia-se na contabilização das emissões GEE resultantes do consumo da eletricidade, água, combustíveis e alimentos, da lavandaria e da produção de resíduos e de águas residuais. O desenvolvimento da calculadora, envolveu diversas etapas, passando pelo estudo de todas as fontes de emissão dos alojamentos, a seleção de componentes e indicadores para o cálculo da PC, pesquisa e determinação dos fatores de emissão e desenvolvimento das fórmulas de cálculo.

Posteriormente a calculadora, foi aplicada a um caso de estudo que envolveu um hotel de três estrelas localizado na região de Viseu com 20220 dormidas no ano de 2018. Para este alojamento foi obtida uma PC anual de 166,85 tCO₂e sendo que 37% corresponde à componente da eletricidade, 25% à alimentação, 20% aos combustíveis, 10% à lavandaria, 6% aos resíduos e 2 % à AP consumida e AR produzida.

A validação da calculadora baseou-se na comparação dos resultados obtidos com duas calculadoras da PC disponíveis online (*Carbon Footprint LTD* e *Climate Care*) para uso doméstico e na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) efetuada recorrendo ao software *SimaPro PhD*. A PC obtida na calculadora desenvolvida no presente estudo foi ligeiramente superior à *Carbon Footprint LTD* e inferior aos resultados da *Climate Care* pois esta apresenta uma emissão superior na componente da eletricidade. Na ACV foram tidos em conta dois cenários, o Cenário 1 (com pressupostos idênticos aos da calculadora) apresentou uma emissão superior à calculadora (+23975,7 KgCO₂e) tendo como principal responsável a componente da eletricidade. O Cenário 2 (com pressupostos que assentam na ACV) apresentou uma emissão superior (+72680 KgCO₂e) sendo os principais responsáveis por esta diferença as componentes da eletricidade e dos combustíveis. Em todas as situações os fatores de emissão escolhidos para o estudo de cada indicador foram os principais responsáveis pela diferença encontrada.

Mediante os resultados obtidos, pode-se concluir que esta calculadora poderá ser um auxílio para a monitorização e diminuição da emissão de GEE do sector do turismo em Portugal nomeadamente no que diz respeito ao alojamento, permitindo assim que sejam tomadas medidas de redução e compensação adequadas à realidade de cada alojamento.

Palavras-Chave: Calculadora; Gases de Efeito Estufa; Indicadores; Pegada de Carbono; Turismo

ABSTRACT

The tourism sector is an economic sector that is influenced by climate changes and that simultaneously has contributed to the emission of greenhouse gases (GHG) worldwide. To decrease the impacts of these emissions, it is necessary to monitor them and develop strategies and measures in order to reduce and compensate for them. Against this background, during the internship under the Master's Degree in Environmental Technologies at the School of Technology and Management of Viseu, which took place from December 16, 2019 to May 31, 2020 at Vertiriva, Lda, a Carbon Footprint (CF) calculator was developed and validated in order to be applied to the tourism sector in Portugal, more specifically to the accommodation sub-sector. The calculator was developed in Microsoft Excel (version 365) and is based on accounting for GHG emissions resulting from the consumption of electricity, water, fuels and food, laundry and waste production. The development of the calculator, involved several steps like, going through the study of all the emission sources of the accommodation, the selection of components and indicators for the calculation of the CF, research and determination of the emission factors and development of the calculation formulas.

Subsequently, the calculator was applied to a case study involving a three-star hotel located in the region of Viseu with 20220 overnight stays in 2018. For this accommodation, a annual CF of 166,85 tCO₂e was obtained in which 37% corresponds to the component electricity, 25% to food, 20% to fuel, 10% to laundry, 6% to waste and 2% to water consumed and wastewater produced.

The validation of the calculator was based on the comparison of the results obtained with two CF calculators available online (Carbon Footprint LTD and Climate Care) for home use and with the Life Cycle Assessment (LCA) carried out using the SimaPro PhD software. The CF obtained in the calculator developed in the present study was slightly higher than Carbon Footprint LTD and lower than the results of Climate Care because it has a higher emission in the electricity component. In LCA two scenarios were considered, Scenario 1 (with assumptions identical to those of the calculator) presented an emission higher than the calculator (+23975,7 KgCO₂e) with the main responsible for the electricity component. Scenario 2 (with assumptions based on LCA) showed a higher emission (+72680 KgCO₂e), with electricity and fuel components being the main responsible for this difference. In all situations, the emission factors chosen for the study of each indicator were mainly responsible for the difference found.

Based on the results obtained, it can be concluded that this calculator could be an aid for monitoring and reducing GHG emissions from the tourism sector in Portugal, particularly regarding accommodation, thus allowing appropriate reduction and compensation measures to be taken to the reality of each accommodation.

Key words: Calculator; Greenhouse Gases; Indicators; Carbon Footprint; Tourism

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer toda a ajuda e disponibilidade a 5 pessoas em especial tendo sido extremamente importantes na elaboração desta tese de mestrado.

Em primeiro quero agradecer à professora Elisabete Silva por toda a ajuda e orientação dada durante todo o período de estágio principalmente durante a elaboração do relatório de estágio, por se mostrar preocupada e interessada durante todas as tarefas e por todos os conselhos dados.

Ao meu monitor na Vertiriva, Lda, mestre Pedro Neves por toda a ajuda desde início na elaboração da ferramenta de cálculo, por todo o acompanhamento, todos os conselhos e dicas que me foi dando durante todo o tempo e por se mostrar disponível sempre que precisei.

À CEO da Vertiriva, Lda, doutora Patricia Araújo por todo apoio durante o estágio e por me fazer sentir parte da empresa integrando-me noutras tarefas e projetos da empresa como se fosse um trabalhador normal nunca me rotulando como “estagiário”.

À Coordenadora da Biblioteca da ESTGV, doutora Rosa Silva pela disponibilidade e ajuda na elaboração das referências bibliográficas.

À minha tia Ana Bela Fernandes pela ajuda na revisão de todo o relatório.

Quero por fim ainda agradecer a todo o pessoal da Vertiriva, Lda por me terem acolhido de uma forma excelente e por me terem integrado na equipa.

ÍNDICE

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
AGRADECIMENTOS.....	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do Estágio	1
1.2. Enquadramento ao Tema.....	2
1.3. Objetivos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Gases de Efeito de Estufa e as Alterações Climáticas	4
2.1.1. Gases de Efeito Estufa	4
2.1.2. Alterações Climáticas	5
2.1.3. Metas de Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa.....	6
2.2. Pegada de Carbono	8
2.2.1. Pegada de Carbono Mundial	10
2.2.2. Pegada de Carbono Europeia	12
2.2.3. Pegada de Carbono de Portugal.....	13
2.2.4. Métodos de Cálculo da Pegada de Carbono	14
2.2.5. Indicadores	17
2.2.6. Validação	18
2.3. A Pegada de Carbono no Sector do Turismo	18
2.3.1. Caracterização do Sector do Turismo	18
2.3.2. O Sector do Turismo e as Emissões de Gases de Efeito Estufa	20
3. CASO DE ESTUDO DA PEGADA DE CARBONO DOS ALOJAMENTOS TURÍSTICOS EM PORTUGAL.....	24
3.1. Desenvolvimento da Calculadora da Pegada de Carbono para Alojamentos Turísticos	24
3.1.1. Seleção de Componentes e Indicadores para o Cálculo da Pegada de Carbono	25
3.1.2. Desenvolvimento das Fórmulas de Cálculo.....	27
3.1.3. Cálculo da Pegada de Carbono Total do Alojamento.....	42
3.1.4. Cálculo das Emissões Evitadas	42

3.1.5.	Cálculo do Sequestro de Carbono	45
3.2.	Organização da Calculadora	47
3.3.	Aplicação da Calculadora	48
3.3.1.	Dados do Alojamento	49
3.3.2.	Pegada de Carbono por Componente	53
3.3.3.	Cálculo da Pegada de Carbono Total.....	63
3.3.4.	Emissões Evitadas.....	66
3.4.	Validação da Calculadora	68
3.4.1.	Comparação com Calculadoras Disponíveis <i>Online</i>	68
3.4.2.	Comparação com a Análise do Ciclo de Vida	69
3.5.	Medidas de Redução e Compensação de Emissão de Gases de Efeito Estufa.....	75
3.5.1.	Medidas de Redução	75
3.5.2.	Medidas de Compensação	77
4.	DISCUSSÃO GERAL.....	78
5.	CONCLUSÃO	82
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
7.	ANEXOS	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Variação da temperatura média anual mundial (Ritchie e Roser, 2020).....	5
Figura 2 - Variação da temperatura média por décadas em Portugal Continental (APA, 2020a).	6
Figura 3 - Pegada ecológica mundial dividida nas suas sub-pegadas, 1961-2014 (WWF, 2018)..	9
Figura 4 - Emissão mundial de GEE (Olivier e Peters, 2020).	10
Figura 5 - Evolução das emissões de GEE dos principais emissores (UNEP, 2019).	11
Figura 6 - Emissões de GEE por sector principal na UE-27 e no Reino Unido (EEA, 2020).	12
Figura 7 - Evolução da emissão de GEE em Portugal (APA, 2020c).....	13
Figura 8 - Evolução das emissões de GEE por sector em Portugal (APA, 2020c).	14
Figura 9 - PC do sector do turismo (adaptado de Castellani e Sala, 2012).	21
Figura 10 - Folha de dados do alojamento presente na calculadora.	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma das tarefas do estágio.....	1
Tabela 2 - Potencial de Aquecimento Global de 100 anos (IPCC, 2015).....	4
Tabela 3 - Metas Europeias de redução de GEE (CE, 2016b).....	7
Tabela 4 - Metas nacionais de redução de emissões de CO ₂ e (sem LULUCF) face a 2005 (APA, 2019).....	8
Tabela 5 - Princípios para a elaboração de uma calculadora da PC.....	15
Tabela 6 - Fontes de emissão, princípios utilizados em diferentes calculadoras e respetiva classificação (adaptado de Birnik, 2013 e Mulrow et al., 2019).....	16
Tabela 7 - Tipo de turismo de acordo com diferentes critérios (Romagosa et al., 2018).....	19
Tabela 8 - Alojamentos turísticos em Portugal (Declaração de Retificação n.º 49/2015).....	20
Tabela 9 - Impactes provocados pelas alterações climáticas e as suas implicações no turismo (Grimm et al., 2012).....	23
Tabela 10 - Componentes e indicadores utilizados na ferramenta de cálculo da PC.....	26
Tabela 11 - Resultados pretendidos em cada componente introduzida na calculadora.....	27
Tabela 12 - Fatores de emissão dos fornecedores elétricos presentes na calculadora para Portugal Continental.....	29
Tabela 13 - Fatores de emissão do fornecedor elétrico da Região Autónoma da Madeira (Empresa de Eletricidade da Madeira, 2020).....	30
Tabela 14 - Fatores de emissão do fornecedor elétrico da Região Autónoma dos Açores para o ano de 2018 (Eletricidade Dos Açores, 2019).....	30
Tabela 15 - Fatores de emissão (Média Nacional) (APREN, 2018; APREN, 2019).....	30
Tabela 16 - Fatores de emissão dos combustíveis introduzidos na calculadora.....	36
Tabela 17 - Fatores de emissão por unidade de medida.....	37
Tabela 18 - Fator de emissão de resíduos mediante a respetiva produção do material (Hillman et al., 2015; Poore e Nemecek, 2018).....	39
Tabela 19 - Peso específico dos resíduos não compactados (WRAP, 2011).....	39
Tabela 20 - Fatores de emissão de produtos alimentares (Poore e Nemecek, 2018).....	41
Tabela 21 - Radiação solar anual (kWh/m ²) (Cavaco et al., 2016; Vieira et al., 2008).....	43
Tabela 22 - Emissões evitadas com a reciclagem (diferença entre a emissão de produção primária e secundária) (Hillman et al., 2015).....	44
Tabela 23 - Dados para o cálculo da retenção de carbono de diferentes espécies por hectare/ano (APA, 2020a).....	46
Tabela 24 - Retenção de carbono e CO ₂ e por espécie.....	46
Tabela 25 - Compassos de plantação e respetivo CO ₂ captado por árvore.....	47
Tabela 26 - Descrição das folhas da calculadora.....	48
Tabela 27 - Caracterização do alojamento.....	49
Tabela 28 - Número de dormidas mensais (nº de hóspedes).....	50
Tabela 29 - Consumo mensal de eletricidade (kWh).....	50
Tabela 30 - Consumo mensal de água (m ³).....	50
Tabela 31 - Número de quartos ocupados mensalmente.....	51
Tabela 32 - Consumo mensal de combustíveis.....	51
Tabela 33 - Produção mensal de resíduos.....	51
Tabela 34 - Consumo mensal de produtos alimentares.....	52
Tabela 35 - Quantidade mensal de Resíduos separados para reciclagem.....	53
Tabela 36 - Área de Painéis Solares Térmicos.....	53

Tabela 37 - Resultados obtidos para a componente da Eletricidade.....	54
Tabela 38 - Resultados obtidos da componente água.....	55
Tabela 39 - Resultados obtidos da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.....	58
Tabela 40 - Resultados obtidos da componente Resíduos.....	60
Tabela 41 - Total de GEE emitidos pelos alimentos.....	62
Tabela 42 - Emissão anual total de todas as componentes em 2018 no hotel Montanha Verde.....	63
Tabela 43 - Número de árvores necessárias para diferentes escalas de compensação da PC... ..	65
Tabela 44 - Exemplo de combinação possível para compensar a PC a 100%.....	66
Tabela 45 - Dados inseridos nas calculadoras online.....	68
Tabela 46 - Comparação da emissão de GEE entre as calculadoras.....	68
Tabela 47 - Comparação entre o Cenário 1 (ACV) e a Calculadora.....	71
Tabela 48 - Comparação entre o Cenário 2 (ACV) e a Calculadora.....	73
Tabela 49 - Resumo da comparação entre as emissões da calculadora com o Cenário 1 e 2....	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução do número de hóspedes em Portugal (TP, 2019).	19
Gráfico 2 - Consumo elétrico mensal e as emissões de CO ₂ e mensais em 2018 no hotel Montanha Verde.	54
Gráfico 3 - Consumo de eletricidade por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.....	55
Gráfico 4 - Consumo de AP e produção de AR mensal em 2018 no hotel Montanha Verde.	56
Gráfico 5 - KgCO ₂ e emitido mensalmente pelo consumo de AP e produção de AR em 2018 no hotel Montanha Verde.....	56
Gráfico 6 - Consumo de água mensal por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.....	57
Gráfico 7 - Emissão mensal de CO ₂ e da componente lavandaria em 2018 no hotel Montanha Verde.....	57
Gráfico 8 - Contribuição das diferentes fontes emissoras da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.....	58
Gráfico 9 - Emissão de GEE mensal da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.....	59
Gráfico 10 - KgCO ₂ e por dormida da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.....	59
Gráfico 11 - Contribuição dos diferentes tipos de resíduos em peso em 2018 no hotel Montanha Verde.	60
Gráfico 12 - Contribuição dos diferentes tipos de resíduos para as emissões da componente resíduos em 2018 no hotel Montanha Verde.	61
Gráfico 13 - Emissão de GEE mensal da componente resíduos em 2018 no hotel Montanha Verde.....	61
Gráfico 14 – Produção de resíduos por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.	62
Gráfico 15 - Emissão de GEE mensal da componente alimentação em 2018 no hotel Montanha Verde.....	63
Gráfico 16 - Contribuição de cada componente para a emissão total em 2018 no hotel Montanha Verde.	64
Gráfico 17 - Emissão total mensal de GEE em 2018 no hotel Montanha Verde.....	64
Gráfico 18 - Emissão de GEE total mensal por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde....	65
Gráfico 19 - Emissões evitadas pelo uso dos painéis solares térmicos em 2018 no hotel Montanha Verde.	67
Gráfico 20 - Emissões evitadas pela reciclagem dos resíduos em 2018 no hotel Montanha Verde.....	67

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do Estágio

Como trabalho final do Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV) foi realizado um estágio na empresa Vertiriva, Lda sediada em Viseu. Uma das áreas em que a Vertiriva, Lda atua é a certificação ambiental de alojamentos turísticos sendo que, um dos indicadores ambientais a Pegada de Carbono (PC). Para efetuar uma medição mais completa, credível e científica da PC, a Vertiriva, Lda propôs um estágio no contexto do qual os principais objetivos assentavam na melhoria da ferramenta de cálculo (calculadora) por eles iniciada e na sua validação.

O estágio decorreu no período entre 16 de dezembro de 2019 e 31 de maio de 2020 tendo tido como monitor o Mestre Pedro Neves. Durante todo este período foram realizadas várias tarefas que se concluíram com a elaboração deste relatório. As tarefas foram realizadas de acordo com o cronograma da tabela 1.

Tabela 1 - Cronograma das tarefas do estágio.

Tarefa	Dez 2019	Jan 2020	Fev 2020	Mar 2020	Abr 2020	Mai 2020	Jun 2020
Pesquisa bibliográfica							
Seleção de componentes e indicadores para o cálculo da PC							
Desenvolvimento da Calculadora							
Validação da Calculadora							
Proposta de Medidas de redução e compensação da PC							
Elaboração do relatório de estágio							

Durante o período de estágio, após o desenvolvimento da calculadora da PC para aplicar em alojamentos turísticos objeto do presente relatório, ainda foi possível explorar os primeiros passos para a elaboração de uma Calculadora da PC para aplicar em municípios.

Este relatório de estágio está dividido em sete capítulos sendo o primeiro a Introdução, no âmbito da qual é efetuado um enquadramento e uma breve explicação acerca do tema e do trabalho desenvolvido durante o período de estágio. No segundo capítulo consta a revisão bibliográfica abordando o estado da arte do tema. No terceiro capítulo encontra-se descrita em pormenor toda a metodologia utilizada na calculadora, na aplicação da mesma a um caso real,

a sua validação e, por fim, a sugestão de medidas de redução e de compensação da PC. No sentido de discutir os resultados obtidos foi criado o quarto capítulo. O quinto é a conclusão de todo o trabalho, no sexto estão presentes todas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração da calculadora e do relatório de estágio e no sétimo está presente um anexo. É ainda de assinalar que, a este relatório de estágio se encontra anexada a calculadora desenvolvida no Microsoft Excel (versão 365).

1.2. Enquadramento ao Tema

O impacto das atividades humanas no clima e na temperatura da Terra é cada vez maior devido ao aumento das emissões antropogénicas de gases de efeito de estufa (GEE) que têm origem principalmente na queima de combustíveis fósseis, desflorestação e pecuária (Comissão Europeia [CE], 2016a; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2015). Estes gases existem de forma natural na atmosfera, mas as emissões antropogénicas estão a aumentar as suas concentrações estando a atuar como as paredes de uma estufa, retendo o calor do sol e impedindo-o de escapar para o espaço (efeito de estufa) (CE, 2016a). Reduzir as emissões de GEE e alcançar o desenvolvimento económico sustentável é a grande resposta às alterações climáticas (Liu e Lu, 2015).

A União Europeia (UE) tem o objetivo de se tornar o primeiro continente neutro em carbono através da implementação de políticas ambiciosas estabelecendo metas para o presente ano de 2020, 2030 e 2050 (CE, 2016b). Adicionalmente, a crescente consciencialização ambiental da sociedade atual, bem como o aumento da legislação, tem impulsionado a maioria das organizações dos diversos sectores de atividade a caminhar no sentido de tornar as respetivas atividades sustentáveis. Também há uma tendência dos turistas estarem mais preocupados com os efeitos ambientais provocados pelos produtos e serviços que consomem o que tem impulsionado o desenvolvimento do turismo sustentável.

O aumento do turismo a nível mundial nos últimos 60 anos foi muito acelerado, tornando-se um pilar para muitas economias (Scott et al., 2012). Antes da situação pandémica do COVID-19, estimava-se que a nível mundial o número de turistas atinja os 1,8 mil milhões até 2030 (UNWTO, 2019a). Portugal não é exceção apresentando também um aumento constante no número de hóspedes tendo atingido o seu máximo em 2018 (Turismo de Portugal [TP], 2019). No entanto, as expectativas relativas ao crescimento do sector do turismo poderão ser afetadas

devido à atual pandemia (COVID-19). Com o crescimento deste sector é expectável que as emissões de GEE aumentem ao mesmo ritmo.

Consequentemente, com o intuito de minimizar os impactes ambientais das atividades que desenvolvem e responder a requisitos, tanto legais como dos próprios clientes, as organizações têm vindo a proceder a uma gestão dos riscos e oportunidades ecológicas, de modo a ganhar vantagem competitiva no mercado. Existem várias ferramentas de gestão que auxiliam as organizações a gerir o seu desempenho ambiental e, posteriormente, comunicar as suas práticas ambientais junto das partes interessadas. Dentro das ferramentas existentes a PC é cada vez mais utilizada por diversas organizações.

O cálculo da PC ao nível do turismo permite não só à gestão de alojamentos monitorizar e controlar as emissões por eles provocada, mas também aos viajantes, a empresários e possíveis investidores optar pelas alternativas com menor impacte ambiental. Desta forma, a PC pode influenciar na tomada de decisões.

1.3. Objetivos

O objetivo geral do estágio foi a elaboração e validação de uma calculadora da PC direcionada para o sector do turismo nacional mais concretamente para os alojamentos. Decorrendo deste, os objetivos específicos do estágio desenvolvido foram os seguintes:

- Validação de indicadores pré-definidos e desenvolvimento de novos;
- Adaptabilidade da calculadora aos diversos subsectores do turismo;
- Validação da calculadora;
- Definição de medidas mitigadoras e compensatórias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Gases de Efeito de Estufa e as Alterações Climáticas

2.1.1. Gases de Efeito Estufa

Os GEE podem ser de origem natural ou antropogénica, tendo esta última aumentado desde a era pré-industrial como consequência do crescimento económico e populacional, atingindo atualmente os valores mais elevados de sempre em termos de concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (IPCC, 2015).

De acordo com a *United Nations Environment Programme* (UNEP) (2019), os GEE mais preocupantes são CO₂, CH₄, N₂O e com menor relevância os gases fluorados. Para que as emissões de diferentes GEE sejam expressas numa unidade comum (CO₂ equivalente), foi introduzida a medida de comparação “Potencial de Aquecimento Global” no período de 100 anos (GWP100) o que permite dar a diferentes gases uma equivalência ao CO₂ (IPCC, 2015) (tabela 2).

Tabela 2 - Potencial de Aquecimento Global de 100 anos (IPCC, 2015).

Gases	GWP100
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

Estes GEE são especialmente emitidos pelas atividades antropogénicas, tendo representado em 2018 cerca de 97% do total sendo que desses 72% foi CO₂, 19% CH₄ e 6% N₂O e os restantes 3% correspondem aos gases fluorados (Olivier e Peters, 2020). O CO₂ é emitido principalmente na indústria da energia (21,36 GtCO₂e), no transporte (7,87 GtCO₂e) e nos edifícios (2,72 GtCO₂e). A maioria do CH₄ advém da agricultura (3,51 GtCO₂e), de emissões fugitivas (2,64 GtCO₂e) e do tratamento de resíduos (1,42 GtCO₂e) e o N₂O é emitido principalmente na agricultura (2,29 GtCO₂e) (Ritchie e Roser, 2020).

O principal impacto ambiental resultante da emissão do GEE é o aquecimento global que tem como principal consequência as alterações climáticas.

2.1.2. Alterações Climáticas

As emissões de GEE são as principais responsáveis pelo aquecimento global que ocorre de uma forma “acelerada” desde meados do século XX tendo provocado o aquecimento da atmosfera e do oceano (IPCC, 2015). As temperaturas mundiais têm vindo a aumentar, tendo atingido 0,7 °C acima da temperatura média entre 1961-1990 valor esse que aumenta para 1,1°C quando comparado com os valores obtidos em 1850 (figura 1) (Ritchie e Roser, 2020).

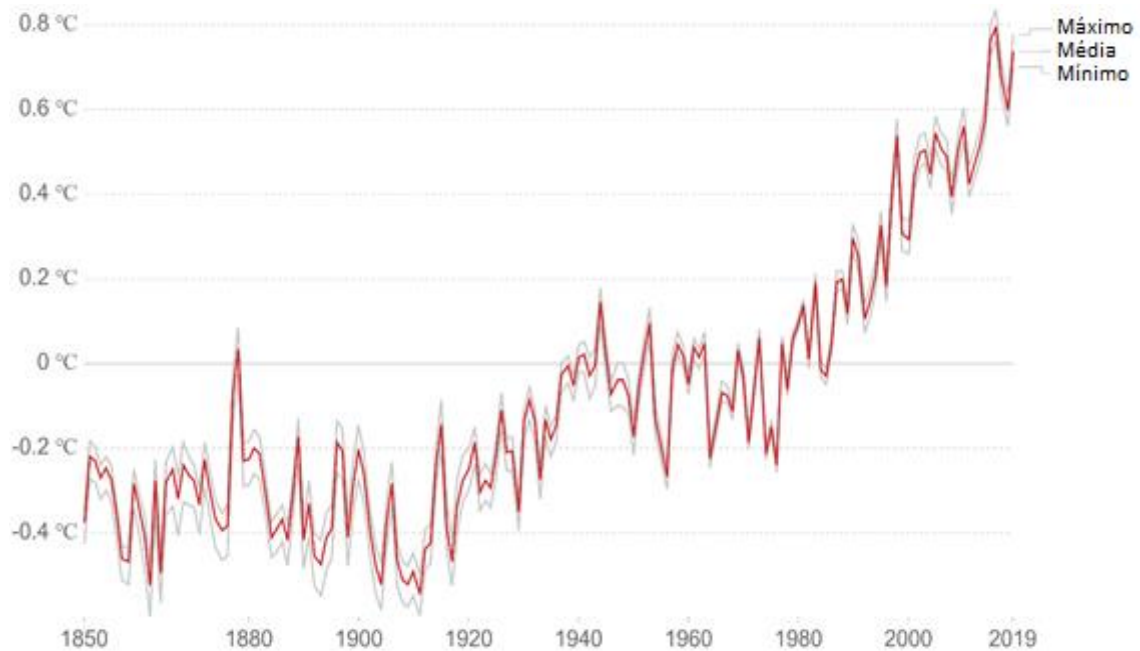


Figura 1 - Variação da temperatura média anual mundial (Ritchie e Roser, 2020).

A temperatura média em Portugal encontra-se também a aumentar, tendo desde a década de 1970 crescido a uma taxa de 0,3°C por década (Agência Portuguesa do Ambiente [APA], 2020a). Desde o ano de 1931, os cinco anos mais quentes ocorreram após a década de 90, tendo o ano de 1997 sido o ano mais quente, seguido pelo ano de 2017 (APA, 2020a). O aumento da temperatura deu origem ao aumento da frequência de dias muito quentes e à diminuição da frequência de dias muito frios, tendo ainda aumentado o índice de duração das ondas de calor (APA, 2020a). Adicionalmente, é esperado o aumento significativo da temperatura média em todas as regiões de Portugal até ao final do século XXI, estando previsto em Portugal continental aumentos máximos de temperatura no verão de 3°C e 7°C nas áreas costeiras e interiores, respetivamente (APA, 2020a) (figura 2).

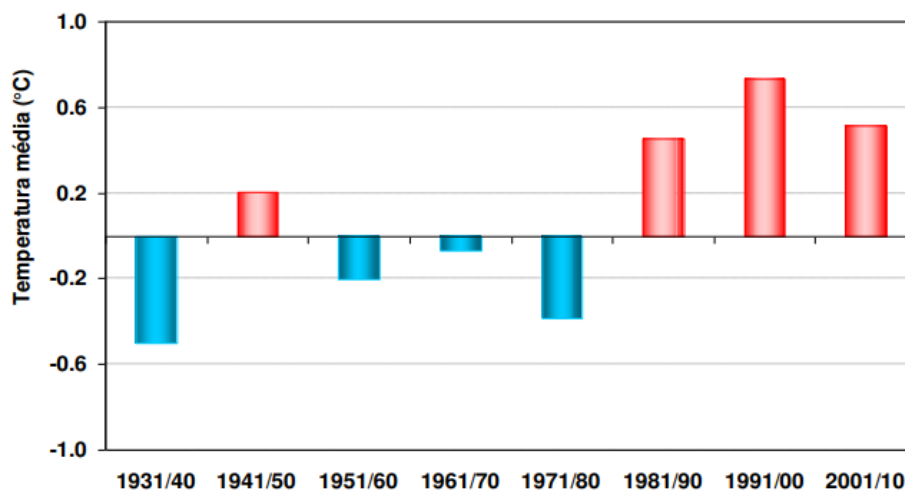


Figura 2 - Variação da temperatura média por décadas em Portugal Continental (APA, 2020a).

As alterações climáticas estão a afetar de diferentes formas todas as partes do globo provocando várias consequências negativas como a fusão do gelo que leva à subida da altura média das águas do mar, fenómenos meteorológicos extremos e alterações nos padrões de pluviosidade (inundações e redução da disponibilidade de recursos hídricos em algumas regiões) (CE, 2016c). Na Europa meridional e central a frequência de ondas de calor, incêndios florestais e secas aumentou, a região mediterrânea está a tornar-se mais árida e no norte da Europa o nível de pluviosidade é crescente, o que determina, em consequência, o aumento da frequência de cheias (CE, 2016c). Neste cenário é de assinalar que os países mais afetados são os mais pobres, bem como aqueles que se encontram numa fase de desenvolvimento, na medida em que têm falta de recursos para se adaptarem (CE, 2016c).

Estas alterações também acarretam consequência para a saúde humana (aumento do número de mortes relacionadas com o calor, com o frio e alterações na distribuição de algumas doenças), para a vida selvagem (muitas espécies já alteraram os seus habitats e em casos mais extremos algumas espécies vegetais e animais correm risco de extinção) e estão ainda a afetar a agricultura, silvicultura, energia e o turismo (CE, 2016c).

2.1.3. Metas de Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estuda

A transição para uma sociedade neutra em termos de carbono é um desafio urgente e uma oportunidade para construir um futuro melhor para todos, no qual toda a sociedade e os diferentes sectores económicos desempenharão um papel importante (CE, 2016d).

Com o objetivo de combater as alterações climáticas, a 12 de dezembro de 2015 os líderes mundiais reuniram-se em Paris e chegaram a acordo sobre novos objetivos em matéria de luta contra as alterações climáticas (APA, 2020b; CE, 2016d). Nesta data foi adotado o “Acordo de Paris” que tem como grandes objetivos a descarbonização das economias mundiais, a limitação a longo prazo, do aumento da temperatura média global a níveis abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C (APA, 2020b). Também foram estabelecidos objetivos de aumento da capacidade de adaptação aos impactes das alterações climáticas, do desenvolvimento resiliente e de fluxos financeiros consistentes com trajetórias de baixas emissões (APA, 2019). Para atingir a descarbonização é necessário reduzir substancialmente as emissões de GEE nas próximas décadas e reduzir estas emissões a níveis próximos de zero até 2100 o que implica desafios substanciais tanto a nível tecnológico como económico, social e institucional (IPCC, 2015).

De facto, para atingir a neutralidade carbónica e assim manter a temperatura média mundial abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais foram definidas metas pela Comissão Europeia (CE) a atingir nos anos de 2020, 2030 e 2050, conforme detalhado na tabela 3.

Tabela 3 - Metas Europeias de redução de GEE (CE, 2016b).

Ano	Metas
2020	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir em 20% as emissões de GEE face a 1990 • 20% da energia da UE deverá ter origem em fontes de energia renovável • Melhorar a eficiência energética em 20%.
2030	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir em 40% as emissões de GEE face a 1990 • 32% da energia da UE deverá ter origem em fontes de energia renovável • Melhorar a eficiência energética em 32,5%.
2050	<ul style="list-style-type: none"> • Neutralidade Carbónica

A UE encontra-se numa boa posição para reduzir as emissões de GEE em 20% até ao final do presente ano (European Environment Agency [EEA], 2019). No entanto, para atingir as metas de 2030 e 2050 é obrigatório aumentar os esforços, uma vez que as projeções indicam que será necessário um número mais elevado de medidas e que as mesmas deverão apresentar maior rigor (EEA, 2019). Na verdade, para atingir a redução exigida de 40% em 2030 é necessária uma redução média anual, a partir de 2020, de 81 MtCO₂e, ao passo que, para que a redução em 2050 seja de 95% será necessário que se reduza anualmente 157 MtCO₂e (EEA, 2019). De acordo com Ritchie e Roser (2020), as políticas mundiais atuais levarão ao aumento da

temperatura média entre 3,1 e 3,7°C em 2100 e mesmo que todos os países atinjam as metas estabelecidas no “Acordo de Paris” estima-se que a temperatura média mundial aumente entre 2,6 e 3,2 °C.

Na Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas de 2016, Portugal assumiu o compromisso de atingir a neutralidade carbónica até 2050 e estabeleceu a visão, trajetórias e correspondentes linhas de orientação para as políticas e medidas a concretizar nesse horizonte temporal (roteiro para a neutralidade carbónica 2050 [RCN2050]) (APA, 2019) (tabela 4).

Tabela 4 - Metas nacionais de redução de emissões de CO₂e (sem LULUCF) face a 2005 (APA, 2019).

	2020	2030	2040	2050
Meta	-18% a -23%	-45% a -55%	-65% a -75%	-85% a -90%

Para atingir estas metas todos os sectores de atividade terão de contribuir para a redução das emissões de GEE, prevendo-se que na próxima década a descarbonização seja maior na produção de eletricidade, nos transportes e nos edifícios (APA, 2019). De facto, para atingir neutralidade carbónica, a utilização recursos energéticos renováveis deverá registar um grande aumento, exigindo-se que atinja mais de 80% do consumo de energia primária em 2050, pretendendo-se ainda a redução da dependência energética atual de 78% para 20% no mesmo período (RNC2050, 2019).

Assim, para se atingirem os objetivos definidos é urgente a implementação de mais medidas de redução e mais rigorosas, bem como a sua monitorização. Consequentemente, têm sido desenvolvidas ferramentas de monitorização dos GEE das diversas atividades económicas, entre elas, destaque-se o cálculo da PC.

2.2. Pegada de Carbono

O conceito de PC surgiu associado à pegada ecológica (PE) no início dos anos 90 (Global Footprint Network, 2020). A sua evolução levou à adoção deste conceito por parte de algumas organizações como medida dos impactes associados às atividades humanas. Deste modo, atualmente, é aceite que para o cálculo da PE contribuem seis Pegadas: Pastagem,

Floresta, Pesca, Solo Agrícola, Área Construída e de Carbono (World Wide Fund for Nature [WWF], 2018).

De acordo com o a WWF (2020), nas últimas décadas tem-se registado um aumento da PE mundial tendo a mesma atingido em 2012 um total de 20,1 mil milhões de hectares globais (gha) quando a biocapacidade da Terra foi de 12,2 mil milhões de gha. De assinalar que desde 2009, a PC por si só é superior à biocapacidade da Terra (figura 3).

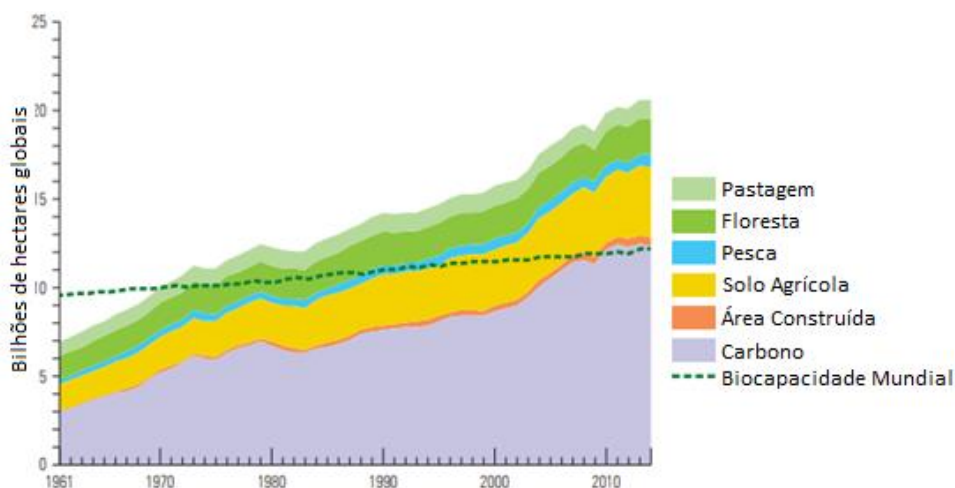


Figura 3 - Pegada ecológica mundial dividida nas suas sub-pegadas, 1961-2014 (WWF, 2018).

A PC é definida de várias formas, podendo diferenciar-se principalmente nos gases contabilizados e na métrica de apresentação de resultado. A PC é definida por alguns autores e organizações como a quantidade total de GEE emitidos para a atmosfera (Weidema et al., 2008; Johnson, 2008; Galli et al., 2012; Carbon Trust, 2018), outros atribuem exclusividade à emissão de CO₂ (Wiedmann e Minx, 2008; WWF, 2018; Lin et al., 2019; Carbon Footprint LTD, 2020a) ou à emissão de CO₂ e CH₄ (Wright et al., 2011). Todos os autores e organizações referidos anteriormente afirmam que estas emissões são emitidas direta e indiretamente através de uma atividade ou acumuladas ao longo da vida útil de um produto incluindo atividades de indivíduos, populações, governos, empresas, organizações, processos e sectores industriais. Consequentemente, deve ser abrangido todo o ciclo de vida dos produtos e/ou serviços. Os autores que defendem a contabilização do total de GEE expressam a PC em unidades de massa de CO₂ equivalente (Weidema et al., 2008; Johnson, 2008; Wright et al., 2011; Galli et al., 2012; Carbon Trust, 2018). Outros expressam a PC em área florestal necessária para sequestrar as emissões (WWF, 2018; Lin et al., 2019).

O cálculo da PC de uma atividade é opcional na maior parte do mundo, no entanto em alguns países já se começou a introduzir na legislação a obrigatoriedade de relatórios de

emissões de GEE (Kent, 2018). De certa forma Portugal faz a medição da sua PC todos os anos tendo em vista o cumprimento dos compromissos comunitários e internacionais assumidos relativamente à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas através da emissão do *National Inventory Report* (NIR).

Assim, o cálculo da PC é extremamente importante, na medida em que permite às entidades medir, monitorizar e gerir o uso de energia e, através dos resultados obtidos, estabelecer medidas de minimização da pegada, reduzir custos e comunicar com as partes interessadas tornando o ambiente urbano mais sustentável (Ramachandra et al., 2015; Kent, 2018).

É expectável que, em poucos anos a medição da PC comece a ser obrigatória em muitas atividades de forma a limitar, monitorizar e controlar as emissões de CO₂e de uma forma mais detalhada. De facto, tal permitiria a implementação de medidas mais específicas para a redução da mesma, de modo a inverter a tendência de aumento da PC Mundial.

2.2.1. Pegada de Carbono Mundial

No ano de 2018 registou-se um aumento de 2% relativamente a 2017 no que diz respeito à emissão de GEE tendo atingido o valor mais elevado de sempre excluindo a LULUCF (uso do solo, alterações de uso do solo e florestas) de cerca de 51,8 GtCO₂e, valor que sobe para aproximadamente 55,6 GtCO₂e quando incluída a LULUCF (Olivier e Peters, 2020). As 51,8 GtCO₂e de emissão de GEE representam um aumento de 57% face ao ano de 1990 (Olivier e Peters, 2020). Analisando a figura 4 verifica-se uma tendência de crescimento desde 1970.

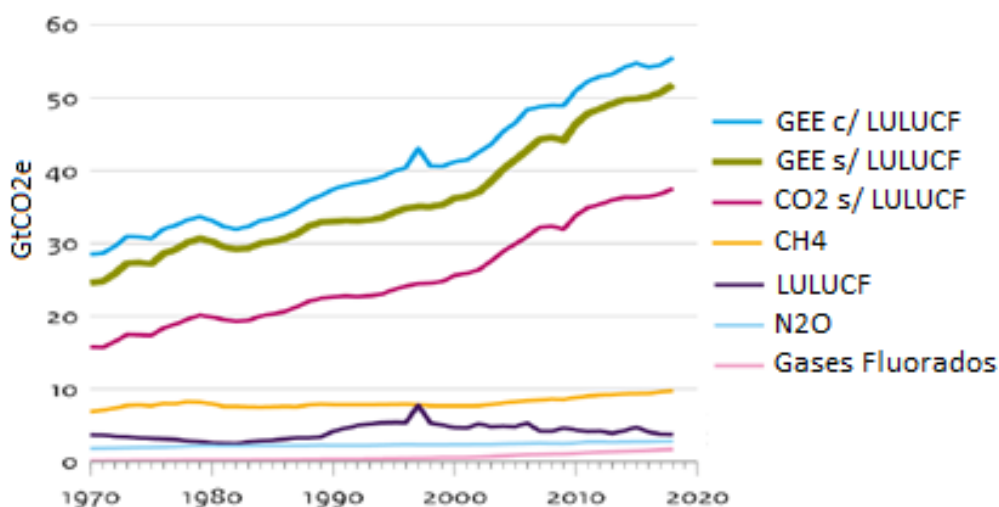


Figura 4 - Emissão mundial de GEE (Olivier e Peters, 2020).

Conforme se verifica pela análise da figura 4, o principal responsável pelo incremento das emissões de GEE foi o aumento da emissão de CO₂ (com uma subida de 2% do seu total quando comparado a 2017), o CH₄ e o N₂O também apresentaram um aumento na ordem os 1,8% e 0,8%, respetivamente. Os gases fluorados apresentaram a maior subida (6%), muito embora, na medida em que apenas representam 3% do total das emissões, o seu efeito é pouco expressivo (Olivier e Peters, 2020).

De acordo com Olivier e Peters (2020), a China, os Estados Unidos da América (EUA), a UE, a Índia, a Rússia e o Japão emitiriam em conjunto 62% dos GEE mundiais sendo que, só a China foi responsável por mais de um quarto das emissões (26%) seguida pelos EUA (13%), EU (8%), Índia (7%) e com 5% e 3% a Rússia e o Japão, respetivamente.

No sentido de analisar a contribuição dos principais poluidores, na figura 5, pode-se comparar a evolução desde 1990 até 2018 verificando-se que a UE e a Rússia apresentam diminuição das emissões contrariamente à China, Índia e EUA. De assinalar o aumento acentuado da China a partir do ano de 2002 e da Índia depois do ano de 2004.

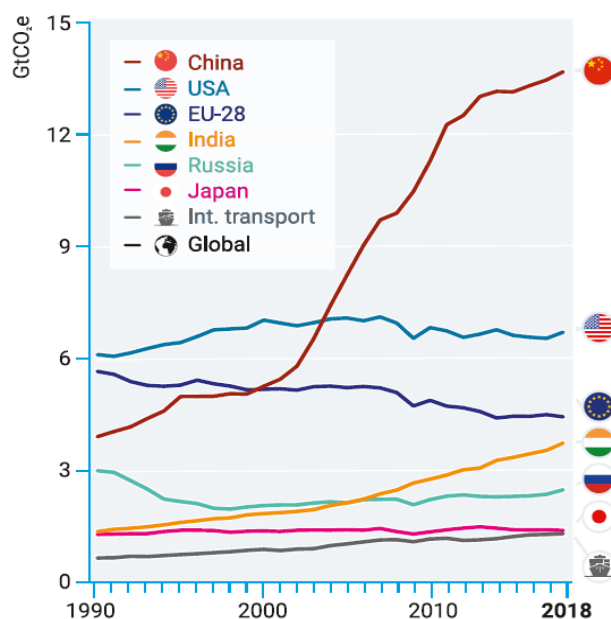


Figura 5 - Evolução das emissões de GEE dos principais emissores (UNEP, 2019).

Em termos sectoriais, no ano de 2016 o sector da eletricidade e aquecimento foi o principal responsável pela emissão de GEE com uma emissão de 15 GtCO₂e seguido pelo sector dos transportes (7,87 GtCO₂e), da produção de energia (6,11 GtCO₂e), da agricultura (5,8 GtCO₂e), da LULUCF (3,22 GtCO₂e), das emissões fugitivas (2,88 GtCO₂e), dos processos

industriais (2,77 GtCO₂e), dos edifícios (2, 72 GtCO₂e), do tratamento e valorização de resíduos (1,56 GtCO₂e) e de outras utilizações de combustíveis fósseis (1,43 GtCO₂e) (Ritchie e Roser, 2020).

A nível mundial ainda não se conseguiu estagnar e muito menos diminuir as emissões de GEE apesar das muitas medidas já definidas nesse sentido, o contínuo aumento nas emissões é evidente. É necessário que todos os países sigam os passos da União Europeia diminuindo as suas emissões para que se evite o agravamento dos problemas.

2.2.2. Pegada de Carbono Europeia

Tal como o referido anteriormente, na UE a tendência das emissões desde 1990 tem sido de redução, tendo ocorrido uma diminuição de mais de 20% entre 1990 e 2014 mantendo-se relativamente estável até 2018.

Em termos sectoriais podemos ver na figura 6 que o fornecimento de energia é o principal responsável pelas emissões seguido pelos transportes domésticos e pelo sector da indústria. Também é de notar que apesar de serem dois dos sectores que mais GEE emitem, o sector do fornecimento de energia e da indústria foram os principais responsáveis pela diminuição das emissões entre 1990 e 2018, em resultado do aumento da eficiência energética e do aumento da utilização de energias renováveis.

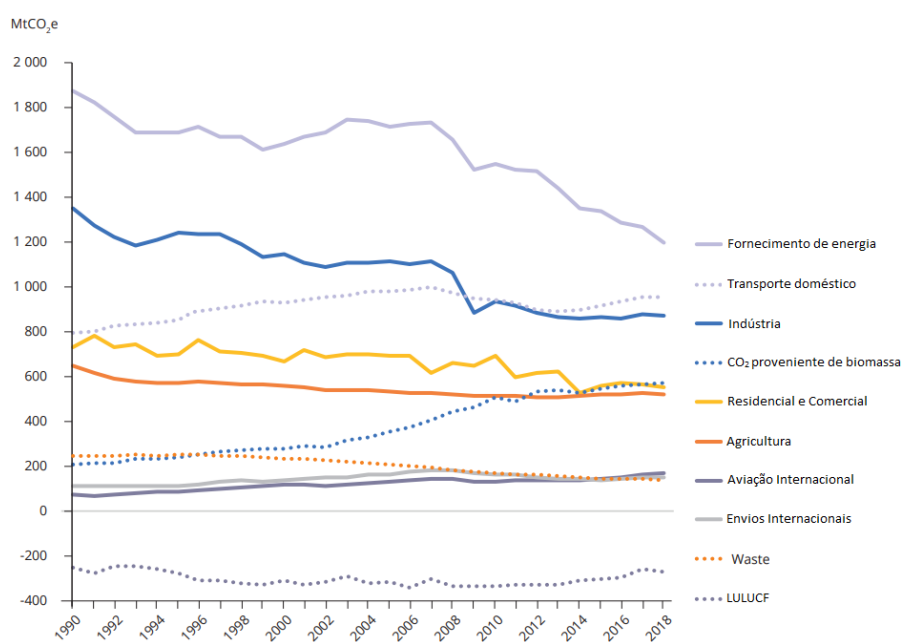


Figura 6 - Emissões de GEE por sector principal na UE-27 e no Reino Unido (EEA, 2020).

À semelhança da UE, Portugal também tem apresentado uma tendência de diminuição da PC ao longo das últimas duas décadas (APA, 2020a).

2.2.3. Pegada de Carbono de Portugal

No ano de 2018 estima-se que Portugal tenha emitido para a atmosfera cerca de 67,4 MtCO₂e (excluindo a LULUCF) que, apesar de representar um aumento de 15% face a 1990, é um resultado positivo visto que representa um decréscimo de 21,3% e 4,3% relativamente aos anos de 2005 e 2017 respetivamente (figura 7) (APA, 2020a). Se for considerado o sector da LULUCF para o ano de 2018 a emissão total baixa para 61,1 MtCO₂e (uma vez que este sector funcionou como sumidouro de Carbono) registando desta forma um aumento de 2,2% face a 1990 e uma redução de 29,9% e 24% em relação a 2005 e 2017 respetivamente (figura 7) (APA, 2020a). A redução superior a 21% (excluindo a LULUCF) em 2018 face a 2005, é a demonstração de que Portugal no caminho para cumprir as metas nacionais no âmbito do Acordo da Partilha de Esforços Europeu de redução de emissões para 2020 e 2030 (APA, 2020c). A diminuição registada em 2018 face ao ano de 2017 teve como principal responsável a diminuição em 14% das emissões na produção e transformação de energia como consequência do aumento da produção hidroelétrica (APA, 2020c).

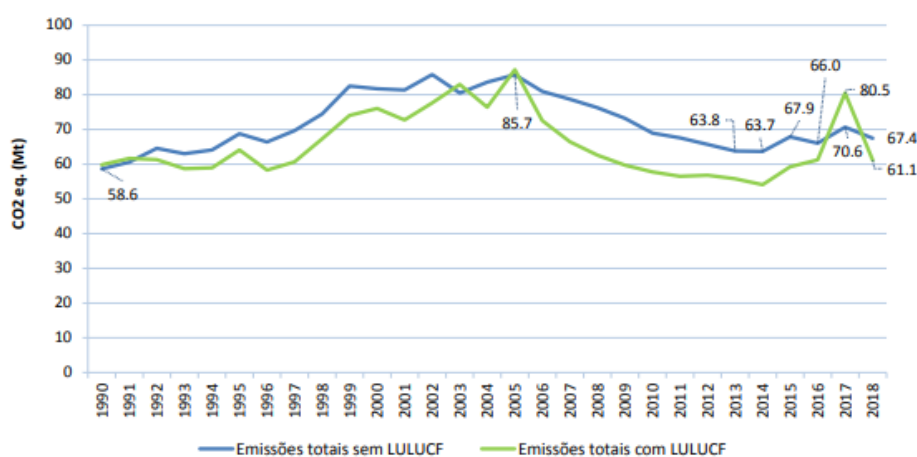


Figura 7 - Evolução da emissão de GEE em Portugal (APA, 2020c).

Tal como constatado anteriormente, 72% das emissões de 2018 tiveram como principal responsável o sector da energia (transportes incluídos) seguido dos processos industriais e usos de produtos com 11,1% e por fim a agricultura e o sector dos resíduos com 10,1% e 6,8% respetivamente (figura 8) (APA, 2020c).

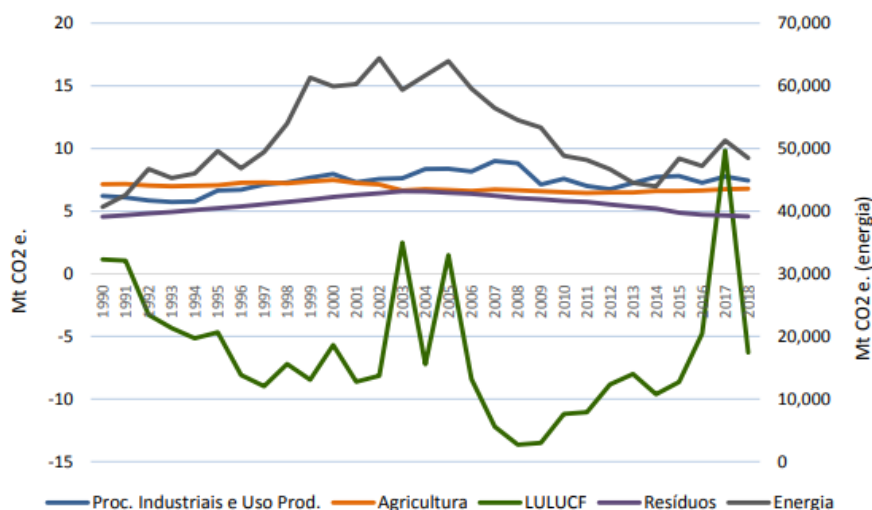


Figura 8 - Evolução das emissões de GEE por sector em Portugal (APA, 2020c).

O sector de atividade em estudo é o sector do turismo, podendo-se inferir que contribuí para as emissões de GEE, nomeadamente por via da utilização de diferentes formas de energia, pela produção dos resíduos e utilização de produtos.

Diversas organizações governamentais e não governamentais têm trabalhado no desenvolvimento de ferramentas de cálculo da PC como a *Carbon Footprint LTD*, *Climate Care*, *Carbon Trust* e a *Green Key* com o intuito de quantificarem as emissões de GEE de um produto, indivíduo ou organização e posteriormente reduzi-las.

2.2.4. Métodos de Cálculo da Pegada de Carbono

Duas das abordagens metodológicas utilizadas para o cálculo da PC são a PAS 2050 - *Publicly Available Specification* e a ISO 14067 (Garcia e Freire, 2014). A PAS 2050 foi desenvolvida para dar resposta à necessidade da existência de um método consistente para avaliar as emissões de GEE do ciclo de vida de bens e serviços (British Standards Institution [BSI], 2011). Tem como objetivo principal fornecer uma base comum para a quantificação das emissões de GEE que informará e possibilitará programas significativos de redução de emissões de GEE (BSI, 2011). De acordo com Garcia e Freire (2014) a PAS 2050 mostra por exemplo como lidar com questões metodológicas comuns e como definir e alocar os limites do sistema. A ISO 14067 vem para complementar a PAS 2050 e fornece requisitos e diretrizes específicos para a quantificação e comunicação da PC de produtos, com base nas normas ISO existentes sobre avaliação do ciclo de vida e em rótulos e declarações ambientais (Garcia e Freire, 2014).

Segundo Birnik (2013) as calculadoras da PC de habitações pessoais deverão assentar nos 13 princípios descritos na tabela 5. Alguns destes princípios estão presentes em calculadoras desenvolvidas por empresas e organizações (tabela 6).

Tabela 5 - Princípios para a elaboração de uma calculadora da PC.

Princípios	
1	Estimar no mínimo as emissões de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
2	Apresentar as unidades em CO ₂ equivalente de GWP100.
3	Estimar pegadas baseadas no consumo
4	Permitir que os utilizadores ajustem o seu nível consumo e não o uso de médias nacionais.
5	Ajustar a distribuição relativa do consumo em função do nível de faturação
6	Ajustar o número de pessoas que vivem numa casa.
7	Permitir que os utilizadores calculem as emissões da habitação detalhadamente
8	Analisar as emissões de uso doméstico de energia, bem como emissões de mobiliário, eletrodomésticos, material de construção e manutenção de edifícios.
9	Permitir que os utilizadores calculem as suas emissões relacionadas à alimentação em detalhe.
10	Permitir que os utilizadores calculem as suas emissões relacionadas ao transporte em detalhe.
11	Permitir que os utilizadores incluam a força radioativa dos voos ao calcular as suas emissões.
12	Fornecer uma pegada abrangente, incluindo a alocação de emissões para uma variedade de categorias de consumo.
13	Os fatores de emissão deverão ser atualizados e específicos de cada país/região, sempre que possível.

Padgett et al. (2008) compararam 10 calculadoras da PC e chegaram à conclusão de que existem diferenças significativas nas estimativas da PC variando entre elas tanto os indicadores selecionados como os fatores de emissão. Mulrow et al. (2019) compararam 31 calculadoras disponíveis online para identificar as fontes de emissão e indicadores ambientais mais importantes chegando à conclusão de que a maior parte das emissões se centram no consumo de eletricidade e de combustíveis fósseis.

Na tabela 6 estão detalhadas as fontes de emissão para cada componente analisada e princípios utilizados (mencionados na tabela 5) em 6 das calculadoras analisadas por Birnik (2013) e Mulrow et al. (2019). As 6 calculadoras escolhidas são comuns aos dois estudos, tendo obtido classificações semelhantes. Em Birnik (2013) as calculadoras são classificadas de acordo com o número de princípios que estas cumprem sendo atribuída a classificação de forte (7 ou mais princípios), média (5 ou 6 princípios) e fraca (abaixo de 5 princípios). Mulrow et al. (2019)

classificou estas mesmas calculadoras através de um índice de acordo com o nível de detalhe de cada calculadora (quantidade de fontes de emissão), tendo sido também classificadas com forte, média e fraca. Destas calculadoras a *Carbon Footprint LTD* e a *WWF* foram as que obtiveram a melhor classificação.

Tabela 6 - Fontes de emissão, princípios utilizados em diferentes calculadoras e respetiva classificação (adaptado de Birnik, 2013 e Mulrow et al., 2019).

	Carbon Footprint LTD	WWF	Conservation International	EPA EUA	TerraPass	Climate Care
Energia	Eletricidade, Gás Natural, Petróleo, Carvão, GPL, Madeira e Propano	Eletricidade, Gás Natural, Propano e Petróleo	Eletricidade, Gás Natural, Petróleo, Madeira e Propano	Eletricidade, Gás Natural, Propano e Petróleo	Eletricidade, Gás Natural, Petróleo, Propano, Diesel e Gasolina	Eletricidade, Gás Natural, Propano, Petróleo, Madeira, Energia Renovável
Transportes	Carro, Mota, Autocarro, Comboio, Elétrico, Metro e Táxi	Carro, Mota, Autocarro e Comboio,	Carro	Carro	Carro, Carro Elétrico, Barco, Comboio, Autocarro, Ferribote e Táxi	Carro
Transporte Aéreo	Origem e Destino	Distância relativas ao Reino Unido	Voo Curto ou Longo	Não	Distância, Total de Combustível	Baseado nos Aeroportos
Alimentação	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Água	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Categorias Extra	Produtos Farmacêuticos, Eletrónicos, Educação e Atividades de Lazer	Diversos	Não	Resíduos	Não	Eventos
Princípios numerados da tabela 5	6, 7, 9, 10, 11, 12, 13	6, 7, 9, 10, 13	6, 7, 9, 10, 11, 13	6, 7, 10, 13	7, 10	7, 10, 13
Classificação (Birnik, 2013)	Forte	Média	Média	Fraca	Fraca	Fraca
Classificação da (Mulrow et al., 2019)	Média	Forte	Média	Fraca	Média	Fraca

Através da tabela anterior é possível constatar que nenhuma das calculadoras dá resultados no que diz respeito às emissões resultantes do tratamento de águas e que relativamente às outras componentes à uma variação na quantidade de indicadores escolhidos fazendo com que umas calculadoras sejam mais abrangentes do que outras.

As diversas calculadoras já desenvolvidas por organizações ou entidades podem ser aplicadas a diversos sectores sendo o turismo um deles. A *Green Key* é uma das entidades que desenvolveu uma calculadora orientada para o sector do turismo mais concretamente para os alojamentos. Nesta calculadora podem ser obtidos os dados das emissões de CO₂e provenientes do consumo de eletricidade, do consumo de gás natural, consumo de óleo para aquecimento, de fugas de gases de aparelhos de ar condicionado, da lavagem de roupa e da queima de combustíveis pelos automóveis pertencentes ao alojamento (Green Key, 2020).

De um modo geral, entre as calculadoras existentes o que varia são os indicadores escolhidos e os fatores de emissão. A base de dados dos fatores de emissão é normalmente oriunda do país no qual a calculadora é desenvolvida. No entanto a metodologia de cálculo é a mesma, consistindo na multiplicação entre a quantificação dos indicadores ambientais escolhidos e os respetivos fatores de emissão.

2.2.5. Indicadores

A escolha dos indicadores é um processo extremamente importante na elaboração de uma calculadora da PC pois tal como os fatores de emissão vai influenciar os resultados da calculadora.

Os indicadores precisam de ser específicos, mensuráveis, realizáveis, realistas, oportunos e relevantes para os objetivos que se pretendem atingir (Jain et al., 2017). Visto isto, os indicadores da PC deverão ser relevantes para o cálculo da PC, mensuráveis e realistas de forma a que as emissões de GEE de processos de produção, utilização e eliminação possam ser quantificadas beneficiando os decisores. Alguns exemplos destes indicadores são o consumo de eletricidade, água potável (AP), combustíveis, alimentos e outros produtos, a produção de resíduos e água residual (AR) (Larsen et al., 2013; Sridevi et al., 2014; Jain, et al., 2017).

Tal como a escolha dos indicadores, o processo de validação é uma etapa de extrema importância pela qual as calculadoras deverão passar.

2.2.6. Validação

O processo de validação tem como objetivo dar credibilidade à calculadora e identificar possíveis falhas existentes. Uma calculadora da PC deve ser validada podendo ser feita esta validação por uma simples autovalidação, por terceiros ou por uma entidade de validação credenciada (Kent, 2018; Carbon Trust, 2018).

A autovalidação é a forma de validação mais simples, no entanto a credibilidade que esta dá à ferramenta é muito inferior aquela que é dada pela validação por terceiros ou por uma entidade independente credenciada (Carbon Trust, 2018). A validação por parte de terceiros oferece uma maior imparcialidade enquanto que a validação por uma entidade de validação credenciada para além de uma imparcialidade superior oferece uma credibilidade muito superior já que é essa a finalidade de uma entidade de validação credenciada (Carbon Trust, 2018).

São exemplos de entidades que poderão fornecer uma validação credenciada a TÜV Rheinland e a SGS (Société Générale de Surveillance) uma vez que são entidades acreditadas este tipo de certificação atuando na certificação das ISO 9000 (qualidade) e 14000 (ambiente) e PAS 2050 (PC de produtos). Nesta validação as entidades credenciadas para a certificação avaliarão todos os processos da calculadora que, se estiverem de acordo com as normas existentes esta será validade e certificada.

2.3. A Pegada de Carbono no Sector do Turismo

2.3.1. Caracterização do Sector do Turismo

O turismo é um dos sectores económicos mais importantes representando em 2019 10% do PIB e do emprego mundial, no entanto nem tudo são boas notícias uma vez que este crescimento traz consigo impactes ambientais e provoca alterações climáticas (UNWTO, 2019a). Relativamente a Portugal, as atividades ligadas ao turismo empregam 328,5 mil pessoas tendo representado em 2018 8,3% do PIB nacional (TP, 2019).

A nível mundial, o ano de 2018 traduziu um crescimento de turistas internacionais de 5% face a 2017 atingindo a marca de 1,4 mil milhões (UNWTO, 2019b). Deste total de turistas internacionais, mais de metade (51%) tiveram a Europa como destino, um quarto os países da

Ásia e do Pacífico, 15% o continente Americano e 5% e 4% África e Médio Oriente, respetivamente (UNWTO, 2019b). Portugal não é exceção a este aumento de número de turistas tendo alcançado os 25 milhões em 2018, um crescimento face a 2017 de 5,4% (gráfico 1).

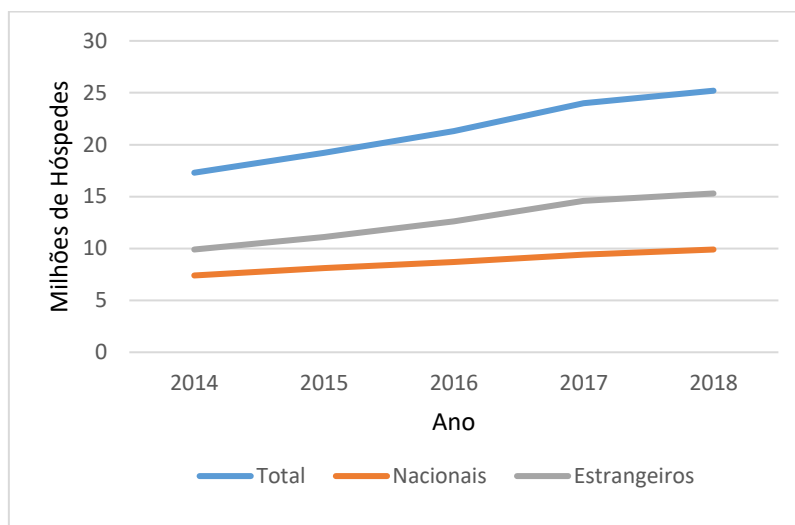


Gráfico 1 - Evolução do número de hóspedes em Portugal (TP, 2019).

O turismo pode ser caracterizado de diversas formas de acordo com diferentes critérios (tabela 7).

Tabela 7 - Tipo de turismo de acordo com diferentes critérios (Romagosa et al., 2018).

Crítérios	Tipo de Turismo
Origem do turista	Internacional Doméstico
Características geográficas do destino	Urbano Rural Costeiro Montanha
Motivação	Lazer Cultural Trabalho Educativo Ecoturismo Desportivo Aventura Saúde Religioso

Os alojamentos turísticos também podem ser classificados em diferentes categorias. Em Portugal estes classificam-se em 11 categorias estando por sua vez divididas por pontos (estrelas) atribuídos por normativas (tabela 8).

Tabela 8 - Alojamentos turísticos em Portugal (Declaração de Retificação n.º 49/2015).

Categoria	Pontos (Estrelas)
Hotéis	1 a 5
Hotéis-Apartamento	1 a 5
Pousadas	Não exibem estrelas, mas seguem os critérios de 3 ou 4 estrelas
Aldeamentos turísticos	3 a 5
Apartamentos turísticos	3 a 5
Conjuntos turísticos	Não existe diferenciação por estrelas
Empreendimentos de turismo de habitação	Não existe diferenciação por estrelas
Empreendimentos de turismo no espaço rural	Não existe diferenciação por estrelas
Agroturismo	Não existe diferenciação por estrelas
Hotéis rurais	3 a 5
Parques de campismo e caravanismo	3 a 5

As estrelas são atribuídas aos alojamentos turísticos de acordo com as características das instalações e equipamentos, do serviço de receção e portaria, do serviço de limpeza e lavandaria, do serviço de alimentação, de bebidas e de serviços complementares (TP, 2020).

Pela importância que atualmente o sector do turismo tem, é inegável a importância deste sector no panorama económico. No entanto, este é também um sector que provoca impactes negativos em termos ambientais, sociais e culturais. De acordo com Gössling (2000) durante alguns anos o turismo foi visto como “uma opção de desenvolvimento de reduzido impacte e não consumista”, o que não é de todo verdade. No entanto, esta característica levou a significativos investimentos por parte de certos países tendo em vista o aumento do número de turistas, aumentando assim as emissões de carbono deste sector superiorizando-se em termos de emissões a outras áreas de desenvolvimento económico (Lenzen et al., 2018). Este sector pode potenciar danos nos ambientes naturais e socioculturais de muitos destinos turísticos devido à exploração não sustentável (Choi e Sirakaya, 2006), sendo sempre uma carga adicional aos impactes existentes nesse local turístico (Castellani e Sala, 2012).

2.3.2. O Sector do Turismo e as Emissões de Gases de Efeito Estufa

O sector do turismo depende quase inteiramente da energia de combustíveis fósseis, o que contribui muito para as emissões de GEE (Gössling e Peeters, 2015; Gössling et al., 2013). Na figura 9 é apresentado um fluxograma exemplificativo de como as atividades desenvolvidas

no sector do turismo podem ser contabilizadas na PC. Ao analisar o fluxograma percebe-se que todas as atividades que envolvem este sector, direta ou indiretamente provocam a emissão de GEE tendo estas origem em três subsectores: viagens, infraestruturas e atividades turísticas (figura 9). O cálculo da emissão de cada subsector é feito através dos seus indicadores.

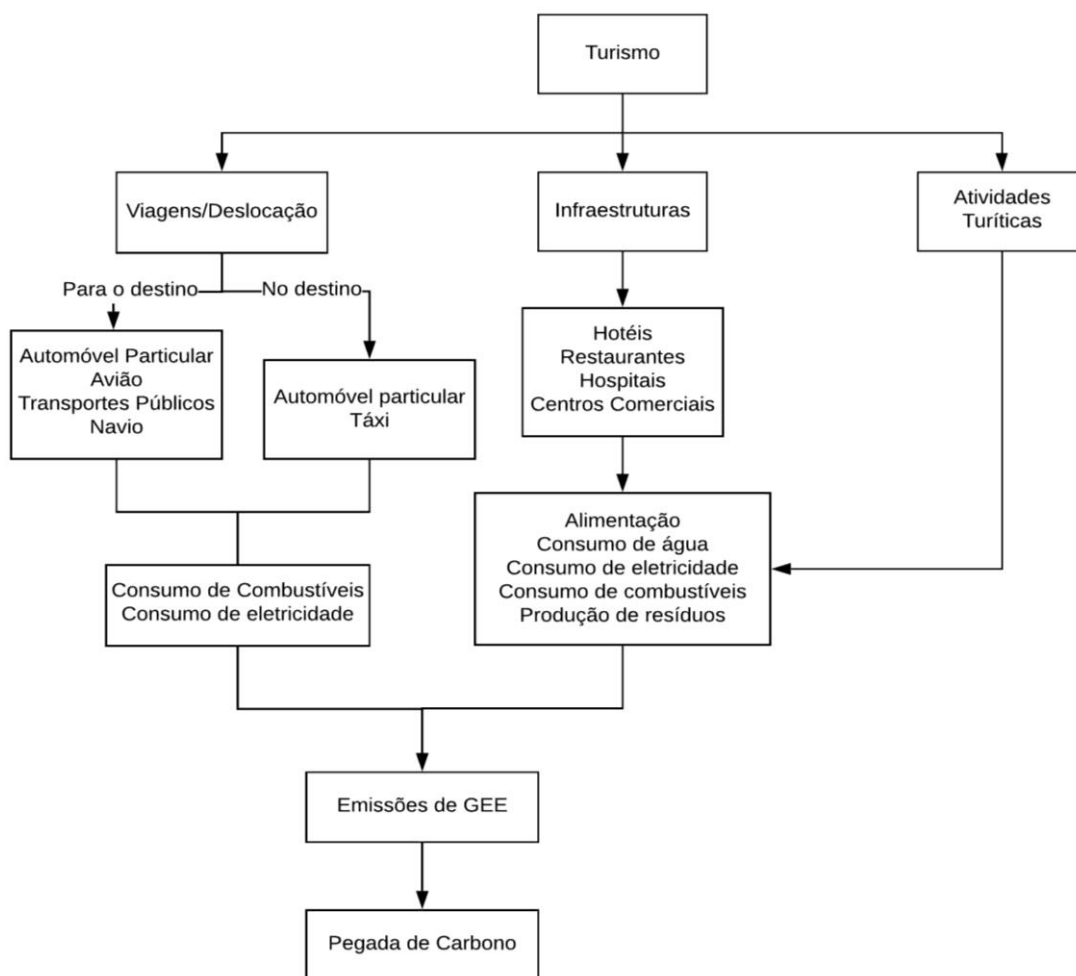


Figura 9 - PC do sector do turismo (adaptado de Castellani e Sala, 2012).

Em 1996 foi discutida pela primeira vez a contribuição do turismo para as alterações climáticas através das emissões de GEE, tendo sido identificado o subsector das viagens/deslocações, mais propriamente a aviação como um dos principais contribuintes (Bach e Gössling, 1996). Facto confirmado em estudos posteriores que constataram que são as viagens aéreas as principais responsáveis pelos impactes ambientais do turismo em resultado das suas elevadas emissões (Castellani e Sala, 2012; Martín-Cejas e Sanchez, 2010). Além das viagens aéreas, o tráfego rodoviário no turismo está a aumentar principalmente no que diz respeito aos automóveis particulares, gerando um impacto negativo na medida em que este meio de transporte emite muito mais CO₂ e do que, por exemplo, deslocações de autocarro (Martin-Cejas e Sanchez, 2010).

A PC do turismo deve incluir tanto o CO₂e emitido diretamente nas atividades do sector (consumo de combustível pelos veículos), como também o CO₂e incorporado nos produtos comprados pelos turistas (alimentação, acomodação, transporte e combustível) (Lenzen et al., 2018; Gössling e Peeters, 2015). Adicionalmente, Gössling e Peeters (2015) consideram que também deverão ser incluídos os recursos referentes à construção e manutenção da infraestrutura.

Em resumo, este sector contribuiu com aproximadamente 5% de todas as emissões antropogénicas de CO₂ em 2005 sendo que o transporte foi responsável por 75% das emissões, o alojamento por 21% e os restantes 4% s relativos a outras atividades turísticas (UNWTO, 2019a). De acordo com Lenzen et al. (2018) estima-se que no sector do turismo tenha ocorrido um aumento da PC de 3,9 para 4,5 GtCO₂e (8% das emissões globais GEE) entre 2009 e 2013, muito embora ainda exista uma grande incerteza associada a esta estimativa. Devido ao crescimento acentuado e contínuo do turismo é estimado que as emissões de GEE deste sector acompanhem este crescimento contínuo (Lenzen et al., 2018; Gössling e Peeters, 2015).

Na Declaração de Davos de 2007 sobre Alterações Climáticas e Turismo mencionou-se que este sector deverá responder rapidamente às alterações climáticas e reduzir progressivamente a sua contribuição para os GEE e assim crescer de forma sustentável (UNWTO, 2007). Para tal, será necessário reduzir as emissões de GEE do sector (principalmente do transporte e da acomodação), adaptar negócios e destinos turísticos às alterações climáticas, fazer uso da tecnologia para melhorar a eficiência energética e garantir recursos financeiros para ajudar regiões e países mais desfavorecidos (UNWTO, 2007).

De modo a acompanhar o ritmo da UE no cumprimento das metas, referidas anteriormente, a indústria hoteleira precisará reduzir as suas emissões de GEE face a 2010 em 66% e 90% até 2030 e 2050, respetivamente (International Tourism Partnership [ITP], 2017). A mitigação não depende apenas dos alojamentos, mas também de melhorias externas da rede elétrica em eficiência e energias renováveis (ITP, 2017). Não obstante, em média, 50% da redução precisará ser alcançada por parte dos alojamentos, para as quais existem três opções: eficiência energética, energia renovável e outros mecanismos de mitigação (ITP, 2017).

Será de todo importante implementar as medidas de redução dos GEE uma vez que são diversas as consequências das alterações climáticas neste sector, quer sejam implicações diretas ou indiretas (Grimm et al., 2012) (tabela 9).

Tabela 9 - Impactes provocados pelas alterações climáticas e as suas implicações no turismo (Grimm et al., 2012).

Impactes	Implicações no turismo
Subida das temperaturas	Alteração da sazonalidade, “stress” térmico para os turistas, aumento dos custos de refrigeração e transmissão de doenças infecciosas.
Subida da temperatura da superfície do mar	Degradação na estética dos destinos de mergulho devido ao aumento de branqueamento dos corais.
Subida do nível médio das águas do mar	Provoca a erosão costeira provocando a diminuição da área de praia levando ao aumento de custos para proteção da orla costeira.
Redução da precipitação e aumento da evaporação	Leva à escassez da água e ao aumento da desertificação.
Diminuição das camadas de neve e derretimento dos glaciares	Diminui a quantidade de neve nos destinos de inverno, aumento de custos nesses destinos, período dos desportos de inverno mais curtos e diminuição da beleza das paisagens.
Tempestades frequentes e mais intensas	Aumenta a suscetibilidade de danos nas instalações turísticas levando ao aumento do custo dos seguros.
Chuvas mais frequentes e mais intensas	Aumento das inundações que podem alterar a sazonalidade do turismo e provocar danos no património histórico arquitetónico e cultural e nas infraestruturas turísticas.

As alterações climáticas irão alterar a competitividade dos destinos turísticos e a sustentabilidade dos principais segmentos do mercado turístico (por exemplo, o turismo de neve) (Scott et al., 2012). Consequentemente, os destinos turísticos terão de se adaptar às alterações climáticas, seja para minimizar riscos bem como para capitalizar novas oportunidades associadas aos impactes locais das alterações climáticas ou aos concorrentes e ao sistema turístico mais amplo (Scott et al., 2012).

Em face do exposto, é crucial a diminuição das emissões de GEE em todos os sectores e o turismo não é exceção. A nível nacional será por isso importante tomar medidas no sentido de quantificar as emissões e incrementar a sua monitorização nas diferentes atividades do sector do turismo.

3. CASO DE ESTUDO DA PEGADA DE CARBONO DOS

ALOJAMENTOS TURÍSTICOS EM PORTUGAL

O desenvolvimento do turismo nacional sustentável impulsiona a criação de metodologias que permitam aos decisores tomar as medidas que incrementem o desempenho ambiental de todas as atividades envolvidas no sector. A nível nacional as ações neste âmbito são escassas pelo que a calculadora da PC é uma mais valia, na medida em que se traduz numa ferramenta que permite quantificar as emissões, monitorizá-las e reduzi-las através de medidas específicas, tornando o sector do turismo mais sustentável em termos carbónicos. Esta sustentabilidade aumenta o interesse de investidores e de turistas nacionais e internacionais que tenham efetivamente preocupações ambientais.

Uma das entidades que trabalha neste sector é a Vertiriva, Lda, operando nas áreas de capacitação e qualificação de destinos e alojamentos na área do turismo sustentável, bem como na certificação de destinos e empresas pelos referenciais internacionais da “*Biosphere Responsible Tourism*”. Esta baseia-se em princípios de sustentabilidade e melhoria contínua, através do cumprimento de uma série de requisitos sendo um desses a quantificação das emissões de GEE.

O presente estudo foca o desenvolvimento e validação dum calculadora da PC que se encontra anexada a este relatório e que pode ser aplicada para calcular as emissões diretas e indiretas de todo o tipo de alojamentos turísticos em Portugal, podendo alargar-se à restauração uma vez que a ferramenta inclui a componente da alimentação. Portanto, numa primeira fase realizaram-se as tarefas dedicadas ao desenvolvimento da calculadora, envolvendo a compilação dos dados, dos indicadores escolhidos e respetivos fatores de emissão para o cálculo da PC. Posteriormente, foi aplicada a um caso de estudo e realizada a respetiva validação, e por fim definiram-se medidas de redução e compensação das emissões.

3.1. Desenvolvimento da Calculadora da Pegada de Carbono para Alojamentos Turísticos

A definição da metodologia usada para o desenvolvimento da ferramenta de cálculo da PC associado aos alojamentos teve por base o definido por Jain et al. (2017), sendo dividida em 2 etapas essenciais:

- Seleção de componentes e indicadores para o cálculo da PC;
- Desenvolvimento das fórmulas de cálculo.

3.1.1. Seleção de Componentes e Indicadores para o Cálculo da Pegada de Carbono

A etapa da seleção de componentes e indicadores envolveu trabalho de pesquisa para a identificação das fontes de emissão (diretas e indiretas) de GEE proveniente dos alojamentos, bem como a definição dos limites do presente estudo. Posteriormente, foi necessário compilar os fatores de emissão de GEE expressos em CO₂e.

A PC do turismo deve ser avaliada usando métodos que abrangem o ciclo de vida ou as emissões da cadeia de fornecimento de bens e serviços relacionados com o turismo (Lenzen et al., 2018). As infraestruturas turísticas são responsáveis pela emissão direta e indireta de CO₂ desde a fase de construção até à fase de utilização (sendo estas as emissões mais significativas) (Castellani e Sala, 2012). Além destas ações ligadas diretamente ao turismo, existem outros impactes associados, em particular no que respeita à alimentação, uso de água e atividades turísticas.

As emissões podem ser agrupadas pelo nível de controlo que um alojamento tem das mesmas, podendo ser divididas em: emissões diretas (scope 1), emissões indiretas da eletricidade (scope 2) e outras emissões indiretas (scope 3) (World Resources Institute [WRI], 2004; Larsen et al., 2013; Kent, 2018; Carbon Trust, 2018). Designam-se por emissões diretas aquelas que são causadas e controladas diretamente pelo alojamento como é o exemplo das emissões da queima de combustíveis fósseis (WRI, 2004, Larsen et al., 2013; Kent, 2018; Carbon Trust, 2018). No que diz respeito às emissões indiretas da eletricidade são as emissões de GEE da geração da eletricidade que é adquirida e consumida por uma entidade (WRI, 2004; Larsen et al., 2013; Kent, 2018; Carbon Trust, 2018). As outras emissões indiretas são todas as emissões emitidas indiretamente por uma entidade sendo elas a compra de bens e serviços nos quais estão englobadas por exemplo as emissões provocadas por todas viagens de negócios de colaboradores que não sejam realizadas nos automóveis da empresa e as emissões dos tratamentos de águas e de resíduos (WRI, 2004; Larsen et al., 2013; Kent, 2018; Carbon Trust, 2018). Em muitas calculadoras da PC, as emissões indiretas, que não sejam provenientes da eletricidade, são negligenciadas o que é de lamentar visto que o seu cálculo é perfeitamente possível (Kent, 2018).

Para a realização da ferramenta de cálculo foram selecionadas as componentes que mais contribuem para a PC de um alojamento sendo elas a eletricidade, água, combustíveis, alimentos, lavanderia e resíduos. A cada uma das componentes foram atribuídos os indicadores para o cálculo da PC de alojamentos (tabela 10). No presente estudo, além das emissões para a atmosfera, também foram avaliadas as emissões evitadas envolvendo a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis e a reciclagem e ou reutilização de resíduos.

Tabela 10 - Componentes e indicadores utilizados na ferramenta de cálculo da PC.

Componentes	Indicadores	Descrição	Tipo de emissão	Referência
Eletricidade	Consumo de eletricidade	Consumo de eletricidade no alojamento (adquirida a um fornecedor)	Emissão Indireta (Scope 2)	Larsen et al. (2013); Lai (2015); Jain et al. (2017); Kent (2018).
	Eletricidade produzida (energia renovável)	Eletricidade produzida pelo alojamento através de fontes de energia renováveis	Emissão Evitada	Jain et al. (2017)
Água	Consumo de AP	Consumo de AP no alojamento	Emissão Indireta (Scope 3)	Lai (2015); Jain et al. (2017); Kent (2018).
	Produção de AR	Produção de AR no alojamento	Emissão Indireta (Scope 3)	Larsen et al. (2013); Lai (2015); Jain et al. (2017); Kent (2018).
Lavandaria	Quantidade de roupa colocada para lavar	Quantidade de roupa colocada a lavar	Emissão Indireta (Scope 3)	Larsen et al. (2013) Kent (2018).
Combustíveis (energia)	Consumo de combustíveis utilizados na combustão estacionária	Quantidade de Combustíveis utilizados no alojamento (gasolina, diesel, biodiesel, gás natural, butano, propano, mistura e madeira)	Emissão Direta (Scope 1)	Larsen et al. (2013); Lai (2015); Jain et al. (2017); Kent (2018).
	Distância percorrida pelos automóveis	Consumo de combustível mediante os quilómetros percorridos por automóveis do alojamento		
Resíduos	Produção de Resíduos Urbanos	Quantidade de resíduos não separados no alojamento (orgânicos e indiferenciados)	Emissão Indireta (Scope 3)	Larsen et al. (2013); Lai (2015); Jain et al. (2017); Kent (2018).
	Quantidade de resíduos reciclados ou reutilizados	Quantidade de resíduos reciclados no alojamento (papel, plástico, vidro, metal, óleo)	Emissão Evitada	Jain et al. (2017);
Alimentação	Consumo de alimentos	Consumo de alimentos no alojamento (alimentos comprados pelo alojamento)	Emissão Indireta (Scope 3)	Larsen et al. (2013) Jain et al. (2017); Kent (2018).

Das seis componentes referidas na tabela 10, quatro delas deverão ser atualizadas anualmente (eletricidade, água, lavanderia e resíduos) uma vez que os seus fatores de emissão poderão sofrer diferenças significativas de ano para ano.

3.1.2. Desenvolvimento das Fórmulas de Cálculo

O desenvolvimento das fórmulas de cálculo baseou-se na premissa do protocolo de GEE de que para a maioria das fontes de emissão o cálculo das emissões se faz através da multiplicação dos dados da atividade (indicador) pelo fator de emissão associado ao indicador que está a ser medido (equação 1) (WRI, 2004).

$$E_{GEE} = \text{Dados da actividade} * Fe \text{ (Equação 1)}$$

E_{GEE} – Emissão de gases com efeito de estufa

Fe – Fator de Emissão dessa mesma atividade

Os dados da atividade referem-se aos consumos e produção de cada componente descrito na tabela 10, tal como o descrito nos indicadores.

A calculadora da PC foi desenvolvida usando o Microsoft Excel (versão 365). O tipo de resultados que se pretende obter para cada componente estão indicados na tabela 11. São ainda indicadas as variações mensais de emissão de cada indicador através de gráficos, e é apresentado um relatório resumo das emissões calculadas.

Tabela 11 - Resultados pretendidos em cada componente introduzida na calculadora.

Componente	Resultados	Gráficos
Eletricidade	Consumo total (kWh) Média do consumo mensal (kWh) Consumo de kWh/dormida KgCO ₂ e Total Média mensal de KgCO ₂ e KgCO ₂ e/dormida	Consumo e Emissão de GEE Consumo por Dormida
Água	Resultados para a AP Consumo Total (m ³) Média do consumo mensal (m ³) Consumo total (L) Média do consumo mensal (L) Consumo L/dormida KgCO ₂ e total Resultados para a AR Produção Total (m ³) Média de Produção mensal (m ³) Produção Total (L) Média de Produção mensal (L) Produção L/dormida KgCO ₂ e total Resultado para o Conjunto da AP e AR KgCO ₂ e Total KgCO ₂ e /dormida	Consumo de AP e Produção de AR mensal Emissão de GEE da Água Consumo de AP por Dormida
Lavandaria	KgCO ₂ e Total KgRoupa/Dormida KgCO ₂ e /Dormida	Emissão de GEE da Lavandaria Quantidade de Roupa por Dormida

Combustíveis	KgCO ₂ e por combustível KgCO ₂ e Total KgCO ₂ e /dormida	Contribuição das Diferentes Fontes Emissão de GEE por Dormida Emissão de GEE dos Combustíveis
Resíduos	KgCO ₂ e para cada Resíduo KgCO ₂ e Total KgCO ₂ e /dormida	Contribuição dos Resíduos em Peso Contribuição dos Resíduos nas Emissões Emissão de GEE dos Resíduos Produção de Resíduos por Dormida
Alimentação	KgCO ₂ e para cada alimento KgCO ₂ e Total KgCO ₂ e /dormida	Emissão de GEE da Alimentação Emissão de GEE por Dormida
Emissões Evitadas	KgCO ₂ e Total KgCO ₂ e evitado na eletricidade KgCO ₂ e evitado nos resíduos	Emissões Evitadas com a Eletricidade Emissões Evitadas com os Resíduos

A construção da calculadora envolveu uma pesquisa exaustiva de fluxos mássicos e energéticos para cada um dos indicadores analisados. De um modo geral, pesquisaram-se e calcularam-se os fatores de emissão por indicador para posteriormente se efetuar o cálculo das emissões de CO₂e (mensal e anual), tendo sido necessário em alguns casos fazer simplificações/adaptações como se descreve de seguida. A ordem de apresentação segue a descrição feita nas tabelas anteriores.

a) Eletricidade

Em Portugal, o sector do alojamento e da restauração foram responsáveis pelo consumo de cerca de 1,92 TWh de eletricidade no ano de 2018 o que correspondeu a uma emissão total de 487 mil toneladas de CO₂e (PORDATA, 2020; Associação Portuguesa de Energias Renováveis [APREN], 2018). A eletricidade é responsável por cerca de 40% da energia consumida num hotel (Hotel Energy Solutions, 2011). Nos alojamentos turísticos o consumo de eletricidade pode variar muito mediante a categoria e número estrelas do mesmo, variando desta forma as suas emissões de CO₂e correspondentes ao consumo de eletricidade (ECOTRANS, 2006).

Na análise desta componente foram utilizados dois indicadores, um para as emissões de GEE produzidas e outro para as emissões de GEE evitadas. Neste ponto apenas será abordado o caso das emissões de GEE produzidas o qual respeita ao consumo de eletricidade comprada a um fornecedor elétrico. O estudo do outro indicador (produção de eletricidade partir de fontes energia renováveis) será abordado na secção das emissões evitadas (ponto 3.1.4).

Para realizar o cálculo da PC do consumo de eletricidade de um alojamento há dois fatores que são essenciais, o consumo elétrico do alojamento e a rotulagem do fornecedor elétrico. De acordo com a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) (2004), a

rotulagem energética é a apresentação de informação aos consumidores sobre as ofertas de fornecimento de energia ativas, mostrando as diferentes percentagens dos recursos energéticos primários utilizados na produção da energia elétrica consumida. A partir deste percentual e dos fatores de emissão de cada recurso é possível calcular a quantidade de CO₂e emitido por cada kWh de energia produzido (fator de emissão da eletricidade). Esta informação é obrigatória e todas as regras estão definidas na Diretiva n.º 16/2018, de 13 de dezembro.

O cálculo para a PC no que diz respeito ao consumo de eletricidade foi feito através da multiplicação entre o consumo elétrico (kWh) mensal dos alojamentos e o fator de emissão (KgCO₂e/kWh) do fornecedor elétrico (equação 2).

$$PCe = Ce * Fe_f \text{ (Equação 2)}$$

PCe – PC da eletricidade (KgCO₂e)

Ce – Consumo de eletricidade mensal (kWh)

Fe_f – Fator de emissão do fornecedor (KgCO₂e/kWh)

Com esta equação é feito o cálculo da emissão de CO₂e proveniente do consumo mensal de eletricidade e, posteriormente, o cálculo da emissão de CO₂e anual.

Para o desenvolvimento da ferramenta foram selecionados alguns dos principais fornecedores elétricos de Portugal continental (tabela 12), o fornecedor da Região Autónoma da Madeira tabela 13) e o fornecedor da Região Autónoma dos Açores (tabela 14). Os dados recolhidos são referentes aos anos de 2019 e 2018, uma vez que nem todos os fornecedores disponibilizaram a informação para o ano de 2019.

Tabela 12 - Fatores de emissão dos fornecedores elétricos presentes na calculadora para Portugal Continental

Fornecedor Elétrico	KgCO ₂ e/kWh	
	2018	2019
EDP	0,257 ⁽¹⁾	0,216 ⁽²⁾
SUEletricidade	-	0,211 ⁽³⁾
ENDESA	0,399 ⁽⁴⁾	-
Golden energy	0,337 ⁽⁵⁾	-
GALP	0,355 ⁽⁶⁾	-
ENAT	0,179 ⁽⁷⁾	-
Energia Simples	0,292 ⁽⁸⁾	0,150 ⁽⁹⁾

(1) EDP (2018); (2) EDP (2019); (3) SUEletricidade (2019); (4) ENDESA (2018); (5) Golden Energy (2018); (6) GALP (2018); (7) ENAT (2018); (8) Energia Simples (2018); (9) Energia Simples (2019).

Tabela 13 - Fatores de emissão do fornecedor elétrico da Região Autónoma da Madeira (Empresa de Eletricidade da Madeira, 2020)

Empresa de Eletricidade da Madeira	KgCO ₂ e/kWh	
	2018	2019
Ilha da Madeira	0,427	0,531
Porto Santo	0,545	0,603

Tabela 14 - Fatores de emissão do fornecedor elétrico da Região Autónoma dos Açores para o ano de 2018 (Eletricidade Dos Açores, 2019)

Eletricidade dos Açores (KgCO ₂ e/kWh)	
Santa Maria	0,624
São Miguel	0,419
Terceira	0,554
Graciosa	0,705
São Jorge	0,621
Pico	0,634
Faial	0,649
Flores	0,424
Corvo	0,747

Caso o fornecedor elétrico de um alojamento em estudo não esteja referido em nenhuma das tabelas 12, 13 ou 14, o fator de emissão utilizado na equação será o valor médio anual de Portugal Continental fornecido pela APREN (tabela 15).

Tabela 15 - Fatores de emissão (Média Nacional) (APREN, 2018; APREN, 2019)

APREN (KgCO ₂ e/kWh)	
2018	2019
0,254	0,213

b) Água

Em alguns países, a nível regional, o turismo pode ser o principal fator no consumo de água podendo desta forma aumentar a pressão sobre os recursos hídricos afetando as populações locais (Thiel, 2010). A região do mediterrâneo é um exemplo disso, na qual a concentração do turismo no tempo e no espaço (turismo sazonal), poderá colocar não só

enormes pressões no abastecimento doméstico e industrial de água, mas também nas infraestruturas de tratamento de AR (Gössling et al., 2012).

A água é, de facto, um recurso indispensável para o turismo, sendo necessária desde o consumo pelos próprios turistas até ao uso nas casas de banho (banhos e uso sanitário), em atividades turísticas como o golfe e esqui (rega e produção de neve), nos Spas e nas piscinas (Gössling et al., 2012). A água é ainda necessária para a manutenção dos jardins e em muitas outras atividades do hotel como na cozinha e na limpeza. Em média um turista consome, de forma direta, cerca de 300 L de água por dia o que representa quase o dobro daquilo que consumiria na sua própria casa (160 L) (Gössling et al., 2012).

Visto isto, é notória a importância da gestão da água por parte dos hotéis, de modo a diminuir o seu consumo, pois é um recurso escasso e essencial à vida e porque todo o seu processo de tratamento (AP e AR) emite quantidades significativas de GEE. Assim, reduzindo o consumo também se reduz a emissão de GEE. À semelhança da eletricidade, o consumo de água por parte dos alojamentos turísticos também varia consoante a categoria do mesmo (número de estrelas) variando desta forma as suas emissões de CO₂e (ECOTRANS, 2006).

A análise desta componente envolveu o estudo de dois indicadores, o consumo de AP e a produção de AR. Para a realização da calculadora os valores tidos em conta no cálculo da PC da água são referentes aos dados fornecidos pelo grupo Águas de Portugal (AdP), uma vez que é o principal fornecedor de águas em Portugal abrangendo grande parte do território português e trata cerca de 60% das AR produzidas (APA, 2020a).

Consequentemente, foram determinados dois fatores de emissão respeitantes aos dois indicadores. O primeiro fator relacionado com o consumo de água é referente à emissão de CO₂e para o tratamento da água captada, no qual se consideram as emissões de CO₂e da eletricidade consumida pela AdP e as emissões de CO₂e provenientes do consumo de combustíveis (veículos da empresa). O segundo fator contempla a produção de AR e, para além de contar com as emissões de CO₂e, da eletricidade consumida e dos combustíveis foi ainda adicionada a emissão de CO₂e relacionada com o tratamento das lamas produzidas nas estações de tratamento de AR (ETARs). De assinalar que foi considerado o pressuposto de que o tipo de tratamento e o consumo de eletricidade é igual na produção de AP e no tratamento de AR.

De acordo com o relatório de sustentabilidade de 2019 das AdP foram captados e transformados em AP cerca de 587 milhões de m³ e foram tratados 512,5 milhões de m³ de AR, significando assim que cerca de 87% das águas captadas são tratadas e devolvidas aos cursos de água (equação 3).

$$R_{AR/AP} = ARt_{AdP}/APt_{AdP} \text{ (Equação 3)}$$

$R_{AR/AP}$ – Rácio entre a produção de AR e o consumo de AP

ARt_{AdP} – AR total tratada pela AdP (m³)

APt_{AdP} – AP total tratada pela AdP (m³)

Para a produção de AP e o tratamento de AR, a AdP emitiu no total 203813 tCO₂e provenientes do consumo de eletricidade e de combustíveis (AdP, 2019). Visto isto, foi calculada a emissão de CO₂e por cada m³ de água tratada potável (equação 4), tendo-se obtido o valor de 0,185 KgCO₂e/m³.

$$Fe_{AP} = \frac{Et}{APt+ARt} \text{ (Equação 4)}$$

Fe_{AP} – Fator de emissão de CO₂e emitido na produção de 1m³ de AP

APt – AP total produzida (m³)

ARt – AR total tratada (m³)

Et – Emissão de GEE total da AdP (KgCO₂e)

O cálculo para a emissão de CO₂e por cada m³ de AR tratada é semelhante ao anterior, mas com a adição da emissão do tratamento das lamas. Para este cálculo, foi tido em consideração que como a AdP trata 60% das AR produzidas a nível nacional, consequentemente contribuirá com 60% da emissão a nível nacional de GEE (560880 tCO₂e) proveniente do tratamento das lamas de ETAR (APA, 2020a). De assinalar que mediante a ausência de dados mais atuais, a informação relativa às emissões provenientes das AR são referentes ao ano de 2018. Foi calculado o fator de emissão (Fe_{Lm}) referente à quantidade de CO₂e libertado pelas lamas por m³ de AR tratada de acordo com a equação 5. O valor obtido foi cerca de 1,062 KgCO₂e/m³, o qual será o fator de emissão utilizado para calcular a quantidade de CO₂e que terá sido libertado pelas lamas por m³ de AR tratada.

$$Fe_{Lm} = \frac{E_{Lm}}{ARt} \text{ (Equação 5)}$$

Fe_{Lm} – Fator de emissão das lamas, KgCO₂e por m³ de AR tratada

E_{Lm} – Emissão total de GEE proveniente das lamas em 2018 (tCO₂e)

ARt – AR total tratada (m^3) de 2018 (AdP, 2018)

Com este fator foi possível fazer um cálculo mais completo do CO_2e emitido no tratamento de AR através da equação 6 dando um fator de emissão de cerca de $1,25 \text{ KgCO}_2e/m^3$.

$$Fe_{AR} = \left(\frac{Et}{APt + ARt} \right) + Fe_{Lm} \text{ (Equação 6)}$$

Fe_{AR} – Fator de emissão de CO_2e emitido no tratamento de $1m^3$ de AR (KgCO_2e)

Calculados os dois fatores de emissão é possível fazer o cálculo da PC tanto em termos da água consumida como da AR tratada e consequentemente estimativa das emissões totais dos dois indicadores. No que diz respeito à AP o valor é obtido pela multiplicação do consumo de água (m^3) com o devido fator de emissão ($0,185 \text{ kgCO}_2e/m^3$). Relativamente à AR o cálculo é feito através da multiplicação do consumo de AP pelo $R_{AR/AP}$ e pelo fator de emissão das AR ($1,25 \text{ KgCO}_2e/m^3$). O cálculo da PC total da água é efetuado de acordo com a seguinte equação:

$$PCa = (Fe_{AP} * C_{AP}) + (Fe_{AR} * (C_{AP} * R_{AR/AP})) \text{ (Equação 7)}$$

PCa – PC do consumo de água (KgCO_2e)

C_{AP} – Consumo de AP (m^3)

c) Lavandaria

A componente referente à lavandaria pretende determinar a PC proveniente da lavagem de roupa do alojamento. Esta componente está diretamente ligada ao cálculo da PC da eletricidade e da água uma vez que o cálculo apenas tem em conta a água e a eletricidade necessária em todo o processo de tratamento de roupa suja (lavagem, secagem e passagem a ferro) tendo sido desprezado o consumo de detergentes. Portanto, a PC associada à lavandaria é apenas calculada quando a roupa é lavada numa empresa externa ao alojamento, caso contrário as emissões já estarão incluídas na PC da eletricidade e da água.

De acordo com Styles et al. (2013), uma lavandaria de média escala necessita em média de $1,5 \text{ kWh}$ de eletricidade e 12 L de água para lavar, secar e passar a ferro 1 Kg de roupa. Foram escolhidos estes valores pois esta seria o tipo de lavandaria mais indicada para a maioria dos hotéis (média escala). Com estes valores foi possível calcular a emissão de KgCO_2e do processo

de lavagem de 1Kg de roupa (equação 8). O fator de emissão obtido foi de 0,396 KgCO₂/KgRoupa.

$$PC_{1KgRoupa} = (1,5 * Fe_{APREN}) + \left[\left(Fe_{AP} * \frac{12}{1000} \right) + \left(Fe_{AR} * \left(\frac{12}{1000} * R_{AR/AP} \right) \right) \right]$$

(Equação 8)

$PC_{1KgRoupa}$ – PC de todo o processo de lavagem de 1Kg de roupa (KgCO₂e)

1,5 – Quantidade de eletricidade em kWh necessária para o processo de lavagem de 1Kg de roupa

Fe_{APREN} – Fator de emissão de CO₂e referenciado pela APREN para produzir 1kWh de eletricidade

$\frac{12}{1000}$ – Quantidade de água necessária para o processo de lavagem de 1Kg de roupa (m³)

Caso a lavanderia seja externa ao alojamento, ou seja, é feita a contratação desse serviço, o cálculo da PC pode seguir dois caminhos, que se apresentam a seguir, estando a sua escolha dependente dos dados disponíveis por parte do alojamento.

1º - Quando o alojamento conhece o peso de roupa enviada para a lavanderia. O cálculo é feito através dos Kg de roupa (referidos pelo alojamento em estudo) que são colocados a lavar de acordo com a equação 9.

$$PCL = PC_{1KgRoupa} * Quantidade\ de\ roupa \text{ (Equação 9)}$$

PCL – PC da Lavanderia

$PC_{1KgRoupa}$ – PC de todo o processo de lavagem de 1Kg de roupa

$Quantidade\ de\ roupa$ – (Kg)

2º - Quando os responsáveis pelo alojamento desconhecem o peso da roupa que é enviada para a lavanderia. Quando isto acontece é dado o peso de 4kg de roupa por quarto/noite, valor este referido por Styles et al. (2013), sendo aplicada a seguinte equação:

$$PCL = PC_{1KgRoupa} * (4 * Quartos) \text{ (Equação 10)}$$

PCL – PC da Lavanderia

$PC_{1KgRoupa}$ – PC de todo o processo de lavagem de 1Kg de roupa

$Quartos$ – Número de quartos ocupados por noite

De assinalar que, com o desenvolvimento tecnológico, a tendência é de que os equipamentos de lavagem se tornem cada vez mais económicos tanto a nível de consumo de água como de eletricidade, havendo a necessidade de atualizar estes dados frequentemente.

d) Combustíveis

Os combustíveis são responsáveis pela emissão de GEE através da sua queima direta, por exemplo nas cozinhas com a utilização de gás (gás natural, propano, butano) nos fogões, no uso em caldeiras para aquecimento, bem como na utilização como combustível nos meios de transporte, entre outros. Por conseguinte, utilizaram-se dois indicadores para o cálculo da PC desta componente, sendo o primeiro o consumo de combustíveis fósseis através da queima estacionária e o segundo as distâncias percorridas pelos automóveis pertencentes ao alojamento. É de referir que nesta componente, o cálculo apenas tem em conta as emissões da combustão dos combustíveis fósseis.

Para o primeiro indicador foi considerado como base, os dados do *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Eggleston et al., 2006) onde é indicado a quantidade de CO₂, CH₄ e N₂O libertados por terajoule (Tj) de energia utilizada. De forma a facilitar os cálculos necessários, foi feita a conversão (equação 11) para KgCO₂e/kWh para todos os combustíveis introduzidos na calculadora sendo eles o gás natural, butano, propano, gasolina, diesel, biodiesel e madeira.

$$\frac{((KgCO_2 + (KgCH_4 * GWP100_{CH_4}) + (KgN_2O * GWP100_{N_2O})) / Tj = KgCO_2e / 277777,8 \text{ kWh (Equação 11)}}$$

Esta avaliação também permite perceber de um modo expedito quais os combustíveis que emitem mais CO₂e por kWh produzido, tornando assim possível a escolha das melhores opções a nível ambiental por parte dos responsáveis pelos alojamentos (tabela 16).

Tabela 16 - Fatores de emissão dos combustíveis introduzidos na calculadora

Combustível	KgCO ₂ e/kWh
Gás Natural	0,203
Butano	0,228
Propano	
Gasolina	0,251
Diesel	0,268
Biodiesel	0,256
Madeira	0,437

O cálculo anterior para além da comparação entre combustíveis permitiu calcular o CO₂e emitido pela utilização dos diversos combustíveis em metros cúbicos (gás natural), em quilogramas (butano, propano e madeira) e em litros (gasolina, diesel e biodiesel) através da equação 12, 13 e 14. Apesar da queima de madeira emitir CO₂e biogénico (emissões neutras em carbono), esta está contabilizada na calculadora com o propósito de consciencialização para o uso sustentável deste recurso. Os valores de produção de eletricidade (em kWh) por unidade de consumo de combustíveis foram baseados nos dados do Portgás e da Portaria nº 228/90 de 27 de março de 1990.

Gás Natural:

$$KgCO_2e/m^3 = KgCO_2e/kWh * kWh/m^3 \text{ (Equação 12)}$$

Nota: kWh/m³ = 10,76 (Portgás, 2020)

Butano, Propano e Madeira:

$$KgCO_2e/Kg = KgCO_2e/kWh * kWh/Kg \text{ (Equação 13)}$$

Nota: kWh/Kg = 12,72 (butano); 12,86 (propano); 4,07 (madeira) (Portgás, 2020)

Gasolina e Diesel:

$$KgCO_2e/L = KgCO_2e/kWh * kWh/L \text{ (Equação 14)}$$

Nota: kWh/L = 8,985 (gasolina) (Portaria 228/90 de 27 de março de 1990) e 10,02 (gasóleo) (Portgás, 2020)

Com as equações 13, 14 e 15 foi possível determinar os fatores de emissão para o cálculo do CO₂e emitido nos combustíveis (tabela 17) tendo sido colocados posteriormente na

calculadora de modo a determinar a quantidade total de CO₂e emitido na combustão estacionária.

Tabela 17 - Fatores de emissão por unidade de medida

Combustível	KgCO₂e/Unidade
Gás Natural (m³)	2,179
Butano (Kg)	2,897
Propano (Kg)	2,928
Gasolina (L)	2,255
Diesel (L)	2,688
Biodiesel (L)	2,4 (1)
Madeira (Kg)	1,768

(1) Fonte: Fruergaard et al. (2009)

No sentido de simplificar a introdução dos dados em termos da informação necessária aquando da utilização da calculadora pelas partes interessadas, foi planeado o cálculo da emissão para o combustível butano e propano dependente do tipo de botija utilizada. Assim, apenas será necessário introduzir na calculadora o tipo da botija utilizada (kg de combustível na botija), tornando desta forma o preenchimento mais fácil sendo apenas necessário colocar o peso e o número de botijas consumidas mensalmente. Dum modo geral, a contribuição da PC proveniente das emissões por combustão estacionária foi determinada de acordo com a equação 15.

$$PC_c = \text{Consumo combustível} * Fe_c \text{ (Equação 15)}$$

PC_c – PC de combustíveis

Fe_c – Fator de emissão do combustível

Além da contribuição das emissões por combustão estacionária também foi realizado o cálculo do CO₂e emitido pelos automóveis dos alojamentos mediante a multiplicação entre a emissão de CO₂ por quilómetro (referenciado nos livretes dos automóveis) e a distância percorrida mensalmente pelos automóveis (equação 16).

$$PC_{aut} = Km * Fe_{aut} \text{ (Equação 16)}$$

PC_{aut} – PC dos automóveis

Km – Quilómetros percorridos

Fe_{aut} – Fator de emissão do automóvel

Depois do cálculo mensal da PC proveniente de cada combustível (indicador da combustão estacionária) e da utilização dos automóveis (indicador dos quilómetros percorridos pelos automóveis) é feita a soma para determinar o total de CO₂e emitido para esta componente.

e) Resíduos

Os resíduos produzidos nos alojamentos turísticos têm uma composição e natureza equiparados aos produzidos nas habitações, portanto são classificados como resíduos urbanos. A gestão correta dos resíduos nos alojamentos, passa pela aplicação de medidas de redução, reutilização e reciclagem, sendo importante a sua prática pois pode diminuir significativamente a PC proveniente desta componente. Por esta razão, é importante medir e monitorizar as emissões de CO₂e oriundas dos resíduos. Style et al. (2013) num estudo realizado a uma cadeia de 135 hotéis concluíram que em média num hotel, um turista produz cerca de 1,05kg de resíduo/dormida valor este que é quase o dobro do valor ideal por eles determinado de 0,6 kg de resíduo/dormida.

No que diz respeito ao cálculo da PC dos resíduos considerou-se a divisão destes em 3 grupos: os resíduos urbanos indiferenciados, os resíduos orgânicos e os resíduos recicláveis recolhidos separadamente. O cálculo do fator de emissão para os resíduos urbanos indiferenciados foi baseado nos destinos destes resíduos de acordo com a APA (2020d). A valorização energética não foi contabilizada como destino final uma vez que em Portugal apenas em Lisboa (Valorsul) e no Porto (Lipor) existe a valorização energética. Sendo assim, de acordo com a APA (2020d) é possível afirmar que cerca de 90% dos resíduos urbanos indiferenciados são depositados em aterro e os restantes 10% sofrem valorização orgânica, que é maioritariamente por digestão anaeróbia. Visto isto, usando a equação 17 foi determinado o fator de emissão dos resíduos depositados em aterro (1,02 KgCO₂e/kg) que corresponde aos 90% referidos anteriormente. Para os restantes 10% de resíduos urbanos indiferenciados, como referido anteriormente parte-se do princípio de que, tal como para os resíduos orgânicos, o destino final é a digestão anaeróbia a qual, e acordo com a APA (2020a), apresenta um fator de emissão de 0,0224 KgCO₂e/kg. Visto isto, foi considerado um fator de emissão de 0,922 KgCO₂e/kg para os resíduos urbanos indiferenciados.

$$Fe_i = \frac{E_{RU}}{m_{RU}} \text{ (Equação 17)}$$

Fe_i – Fator de emissão de 50% dos resíduos indiferenciados (KgCO₂e/KgResíduo)

E_{RU} – Emissão de CO₂e dos resíduos urbanos em aterro no ano de 2018 (2593,2 ktCO₂e)
(APA, 2020a)

m_{RU} – Massa total de resíduos urbanos depositados em aterro em 2018 (2,54 Mt)
(PORDATA, 2019)

A abordagem feita na análise da contribuição pelos resíduos reciclados, envolveu o estudo das emissões aquando da produção do próprio material, bem como as emissões evitadas aquando da respetiva reciclagem (esta última situação foi desenvolvida no item das emissões evitadas – 3.1.4). Nos resíduos reciclados (papel, plástico, metal e vidro) a emissão de CO₂e na produção de cada um por Kg de material (fator de emissão) foi efetuado com base no trabalho realizado por Hillman et al. (2015) e por Poore e Nemecek (2018) no caso do óleo usado (tabela 18). De assinalar que o valor do metal a considerar é a média de dois valores apresentados no referido estudo: alumínio (11 KgCO₂e/kg) e aço (2,4 KgCO₂e/kg).

Tabela 18 - Fator de emissão de resíduos mediante a respetiva produção do material (Hillman et al., 2015; Poore e Nemecek, 2018)

Resíduo	Fator de Emissão KgCO₂e/kg ou L
Óleo (L)	3,5
Papel (Kg)	1,1
Plástico (Kg)	2,1
Vidro (Kg)	0,9
Metal (Kg)	6,7

Atendendo à dificuldade aferir o peso dos resíduos por parte dos alojamentos foi tomada a decisão de que o preenchimento deste parâmetro na calculadora será efetuado em litros de resíduos produzidos, uma vez que os resíduos são recolhidos normalmente em sacos de volumes conhecidos. Para isso foi necessário pesquisar o peso específico dos materiais e estabelecido um fator de enchimento de 80% para os sacos. Optou-se pelo peso específico de resíduos não compactados (tabela 19) referidos num estudo sobre a composição dos resíduos de alojamentos do Reino Unido no ano de 2011 (WRAP, 2011).

Tabela 19 - Peso específico dos resíduos não compactados (WRAP, 2011)

Resíduo	Peso específico (kg/L)
Indiferenciado	0,10
Orgânico	0,52
Papel	0,08
Plástico	0,05
Vidro	0,27
Metal	0,05

A partir dos dados referidos anteriormente e através da equação 18 foi efetuado o cálculo da emissão de CO₂e dos resíduos dos alojamentos exceto o cálculo do óleo (equação 19).

$$PC_r = L_r * 0,8 * \rho_r * F_{er} \text{ (Equação 18)}$$

PC_r – PC dos Resíduos (KgCO₂e)

L_r – Litros de Resíduos

0,8 – Fator de enchimento

ρ_r – Peso específico do tipo de resíduo (kg/L)

F_{er} – Fator de emissão do tipo de resíduo (KgCO₂e/KgResíduo)

$$PC_{\acute{o}leo} = L * F_e \text{ (Equação 19)}$$

$PC_{\acute{o}leo}$ – PC do óleo (KgCO₂e)

L – Litros de óleo

F_e – Fator de emissão do óleo (KgCO₂e/L Óleo)

f) Alimentação

Toda a cadeia de fornecimento de alimentos emite aproximadamente 13,7 mil milhões de toneladas CO₂e anualmente o que equivale a mais de um quarto das emissões antrópicas de GEE (Poore e Nemecek, 2018). Portanto, a produção e distribuição de alimentos é uma das principais fontes de GEE, fazendo com que seja vista por muitos defensores do meio ambiente como uma das principais maneiras de diminuir a PC de forma individual (Weber e Matthews, 2008). Isto faz com que seja de extrema importância o cálculo e monitorização das emissões de GEE desta componente.

O cálculo da PC da alimentação tem como base um estudo desenvolvido por Poore e Nemecek (2018), ao abrigo do qual foram determinados fatores de emissão de 53 alimentos (tabela 20) escolhidos por representarem cerca de 90% do consumo global de proteínas e calorias. De acordo com os autores, este estudo é uma meta-análise que deriva de 570 estudos abrangendo 38.700 produções comercialmente viáveis em 119 países. Neste estudo o sistema avaliado envolve as escolhas do produtor e termina no ponto de venda ao consumidor final.

Tabela 20 - Fatores de emissão de produtos alimentares (Poore e Nemecek, 2018).

Alimentos	Fatores de emissão	
	KgCO ₂ e/Kg ou L (Mundial)	KgCO ₂ e/Kg ou L (Europeu)
Cerveja (L)	1,2	1,2
Vinho (L)	1,8	1,9
Tomates (Kg)	2,1	1,1
Cebolas e Alho-Francês (Kg)	0,5	0,5
Vegetais de raiz (Kg)	0,4	0,4
Repolho/Couves (Kg)	0,5	0,8
Outros vegetais (Kg)	0,5	0,8
Citrinos (Kg)	0,4	0,5
Banana (Kg)	0,9	-
Maçã (Kg)	0,4	0,4
Frutos Silvestres e Uvas (Kg)	1,5	1,3
Outras frutas (Kg)	1,1	0,6
Abacate (Kg)	2,5	-
Leite de Soja (L)	1,0	0,9
Leite (L)	3,2	2,2
Leite de amêndoa (L)	0,7	-
Leite de aveia (L)	0,9	0,6
Leite de arroz (L)	1,2	0,9
Óleo de soja (L)	6,3	4,5
Óleo de palma (L)	7,3	-
Óleo de girassol (L)	3,6	3,5
Óleo de Colza (L)	3,8	3,5
Azeite (L)	5,4	5,3
Feijão/Favas (Kg)	1,8	1,1
Ervilhas (Kg)	1,0	1,1
Nozes (Kg)	0,4	2,4
Amendoins (Kg)	3,2	-
Tofu (Kg)	3,2	2,5
Carne Bovina (Kg)	99	46
Carne Bovina (Gado leiteiro) (Kg)	33	37
Carne bovina (média) (Kg)	71	39
Ovelha/Cabrito (Kg)	40	43
Carne de porco (Kg)	12	10
Carne de aviário (Kg)	10	8,7
Queijo (Kg)	24	16
Ovos (Kg)	4,7	5,1
Peixe (aquacultura) (Kg)	14	14
Crustáceos (aquacultura) (Kg)	27	-
Pão (Kg)	1,6	1,5
Farinha de milho (Kg)	1,7	1,5
Flocos de Aveia (Kg)	2,5	1,7
Arroz (Kg)	4,5	3,4
Batatas (Kg)	0,5	0,5
Mandioca (Kg)	1,3	-
Café (Kg)	29	-
Chá (Kg)	21	-
Chocolate (Kg)	47	-
Açúcar (cana de açúcar) (Kg)	3,2	-
Açúcar (beterraba) (Kg)	1,8	1,7
Chocolate negro (70% cacau) (Kg)	34	-
Chocolate de leite (Kg)	23	-
Massa (Kg)	1,6	-
Lentilha (Kg)	2,8	-

Deste modo, foi apurada uma equação para determinar o CO₂e emitido pelos alimentos comprados pelo alojamento. A PC desta componente depende da quantidade de cada alimento e do seu fator de emissão (equação 20).

$$PC_{al} = Fe_{al} * Q_{al} \text{ (Equação 20)}$$

PC_{al} – PC dos alimentos (KgCO₂e)

Fe_{al} – Fator de emissão dos alimentos (KgCO₂e/L ou Kg)

Q_{al} – Quantidade de alimentos L ou Kg dependendo se é um alimento líquido ou sólido.

Este cálculo é feito para todos os alimentos consumidos optando sempre pelos valores Europeus (serão valores mais aproximados à realidade de Portugal) quando disponíveis, caso contrário são usados os valores globais.

3.1.3. Cálculo da Pegada de Carbono Total do Alojamento

O cálculo da PC total do alojamento é realizado tendo em consideração os valores parciais da PC por componente e os resultados são apresentados tal como o definido na tabela 11. Terminado o cálculo da PC de cada componente é feita a soma de todas as emissões de CO₂e provenientes do alojamento. Adicionalmente, é feita uma comparação mensal e anual da contribuição das emissões de cada indicador recorrendo à elaboração de gráficos. É também realizado o cálculo da quantidade de emissões por dormida (anual e mensal), por quarto, por m² do alojamento. O valor da emissão total é ainda transformado em gha que, segundo Lin et al. (2019), cada tonelada de CO₂e emitido equivale a 0,256 gha.

3.1.4. Cálculo das Emissões Evitadas

As emissões evitadas foram definidas como consequência de uma ação correta em termos ambientais tomada a cabo pela gestão de um alojamento. Foram assim considerados dois indicadores, a produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável (solar térmica, fotovoltaica, hídrica e eólica) instaladas pelo alojamento e a quantidade de resíduos recicláveis separados e/ou reutilizados.

No que diz respeito ao indicador da produção de eletricidade através da utilização de fontes de energia renovável, o cálculo para a energia fotovoltaica, eólica e hídrica é feito através da multiplicação dos kWh produzidos mensalmente pelo fator de emissão de CO₂e do fornecedor elétrico do alojamento em questão (equação 21). Atendendo a que, na energia solar térmica é difícil a obtenção dos kWh produzidos, optou-se pela multiplicação da área dos painéis pela irradiação solar mensal do distrito do alojamento (tabela 21) e pelo rendimento que, de acordo com o estudo sobre a “Energia Solar Térmica” realizado pelo Portal Energia de 2004, seria de 35% a 40% (equação 22).

$$E_{evshe} = Fe_f * kWh \text{ (Equação 21)}$$

E_{evshe} – Emissões evitadas com energia solar, hídrica e eólica

Fe_f – Fator de emissão do fornecedor elétrico (KgCO₂e/kWh)

kWh – Quilowatt-hora produzido no alojamento

Tabela 21 - Radiação solar anual (kWh/m²) (Cavaco et al., 2016; Vieira et al.,2008)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	total
Faro	85	103	154	191	229	241	253	222	173	128	91	76	1937
Setúbal (Sines)	76	98	144	183	226	234	245	218	168	119	83	70	1855
Beja	83	99	147	176	216	241	259	223	169	122	86	72	1884
Évora	74	96	142	176	215	237	254	222	165	115	78	64	1827
Lisboa	70	93	136	174	212	229	242	215	160	113	76	63	1772
Portalegre	68	90	131	162	209	226	249	213	159	105	72	57	1731
Leiria (Cabo Carvoeiro)	66	88	134	167	210	202	215	188	152	111	71	57	1652
Castelo Branco	71	93	136	174	218	238	255	220	166	110	73	61	1805
Coimbra	64	84	125	157	203	209	225	199	153	104	69	59	1642
Guarda (Penhas douradas)	71	89	136	146	202	227	252	212	160	96	65	53	1700
Viseu	61	87	119	154	198	217	234	207	153	97	65	55	1636
Porto	61	82	126	167	207	213	223	195	149	98	65	51	1628
Vila Real	49	75	114	151	201	219	233	204	146	90	56	43	1572
Bragança	53	80	127	160	206	222	241	209	154	98	59	47	1646
Braga	65	82	107	138	178	195	190	166	128	80	65	56	1451
Santarém	66	100	131	171	218	223	245	212	155	105	66	53	1745
Aveiro	64	91	126	166	209	203	220	196	148	98	67	58	1646
Viana do Castelo	52	78	111	159	193	205	216	185	140	87	59	46	1531

$$E_{evst} = Fe_f * A * IS_m * n \text{ (Equação 22)}$$

E_{evst} – Emissões evitadas com energia solar térmica

A – Área de painéis (m²)

IS_m – Irradiação solar mensal (kWh/m²)

n – Rendimento dos painéis (35%)

No que diz respeito ao indicador da quantidade de resíduos recicláveis separados e/ou reutilizados, o cálculo é feito através da diferença entre o fator de emissão da produção primária e da produção secundária dos materiais recicláveis e/ou reutilizados para se perceber quanto CO₂e se evita emitir quando não é necessária a extração das matérias primas seguindo assim uma economia circular (tabela 22). O cálculo desta diferença foi feito de acordo com Hillman et al. (2015). Tal como o considerado anteriormente, o valor do fator de emissão do metal usado é a média do alumínio (10,6 KgCO₂e/kg) e do aço (2,1 KgCO₂e/kg).

Tabela 22 - Emissões evitadas com a reciclagem (diferença entre a emissão de produção primária e secundária) (Hillman et al., 2015)

Resíduos	Emissão Evitada kgCO₂/kg
Papel/cartão	0,4
Plástico	0,8
Vidro	0,4
Metal (alumínio e aço)	6,35

Nos resíduos orgânicos só é considerada emissão evitada caso estes tenham uma reutilização (tenham como finalidade a alimentação de animais, fertilizante ou a produção de biogás). Quando isto acontece o fator de emissão de emissões evitadas adotado é o mesmo que no cálculo da PC de resíduos orgânicos (parte-se do pressuposto de que não há produção deste resíduo), ou seja, 0,0224 kgCO₂e/kg.

O cálculo das emissões evitadas para o indicador da produção de resíduos recicláveis e/ou reutilizáveis é feito a partir da equação 23.

$$E_{evr} = L_r * 0,8 * \rho_r * Fe_{evr} \text{ (Equação 23)}$$

E_{evr} – Emissões evitadas nos resíduos

L_r – Litros de resíduos

0,8 – Fator de enchimento

ρ_r – Peso específico do tipo de resíduo

Fe_{evr} – Fator de emissão de emissões evitadas nos resíduos

Ainda no que respeita a este indicador, importa referir que a fórmula de apuramento das emissões evitadas pela reciclagem de óleo é efetuada de maneira distinta. O KgCO₂e evitado por litro de óleo reciclado é de 0,288, este valor foi calculado através da diferença de emissão entre a utilização de diesel e de biodiesel proveniente do óleo de cozinha reciclado. O cálculo das emissões evitadas pela reciclagem de óleo é feito através da seguinte equação:

$$E_{evo} = L_o * 0,94 * Fe_{evo} \text{ (Equação 24)}$$

E_{evo} – Emissões evitadas pela reciclagem de óleo

L_o – Litros de óleo

0,94 – Percentagem de óleo de cozinha transformado em biodiesel (Haigh et al., 2012; Sahar, et al., 2018)

Fe_{evo} – Fator de emissão de emissões evitadas do óleo

O cálculo das emissões evitadas permite dar informação à gestão do alojamento sobre os resultados obtidos com o seu esforço na redução da PC.

3.1.5. Cálculo do Sequestro de Carbono

É de extrema importância compensar a PC dos alojamentos pois é de certa forma impossível diminuir na sua totalidade a PC. Visto isto, para se caminhar em direção à neutralidade carbónica deve-se apostar em formas de compensação. Uma das principais formas de compensação passa pela reflorestação, tendo sido considerada essa opção na calculadora.

De forma a fazer o cálculo do número de árvores necessárias a plantar para compensar o CO₂e emitido teve-se como referência a tabela 23 presente no NIR de 2020. Esta tabela fornece os dados necessários para calcular a retenção de carbono de diferentes espécies de árvores por hectare/ano.

Tabela 23 - Dados para o cálculo da retenção de carbono de diferentes espécies por hectare/ano (APA, 2020a)

Espécie (nome comum)	Taxa média de crescimento (m ³ /ha/ano)	Fator de conversão de biomassa acima do solo	Fator de conversão de biomassa a baixo do solo	Fração de Carbono na biomassa
Pinheiro bravo	5,6	0,528	0,098	0,51
Sobreiro	0,5	1,239	0,133	0,48
Eucalipto	9,5	0,630	0,249	0,48
Azinhiera	0,5	0,797	0,748	0,48
Carvalho	2,9	0,9	0,327	0,48
Castanheiro	2,9	0,825	0,502	0,48
Pinheiro manso	5,6	1,166	0,054	0,51

Aplicando a equação 25 foi possível calcular a retenção de carbono/hectare/ano das diferentes espécies e posteriormente a retenção de CO₂e por hectare por ano (tabela 24).

$$RCE = TMC * CBA * (1 + CBB) * TC \text{ (Equação 25)}$$

RCE – Retenção de carbono por espécie (tC/ha/ano)

TMC – Taxa média de crescimento (m³/ha/ano)

CBA – Fator de conversão de biomassa acima do solo (tms/m³)

CBB – Fator de conversão de biomassa a baixo do solo (tms/m³)

TC – Fração de Carbono na biomassa

Nota: tms - toneladas de matéria seca (toneladas de biomassa seca)

Tabela 24 - Retenção de carbono e CO₂e por espécie

Espécie (nome comum)	Retenção de carbono por espécie (tC/ha/ano)	Retenção de CO ₂ e por espécie (tCO ₂ e/ha/ano)
Pinheiro bravo	1,66	6,08
Sobreiro	0,34	1,24
Eucalipto	3,59	13,17
Azinhiera	0,33	1,23
Carvalho	1,66	6,10
Castanheiro	1,72	6,33
Pinheiro manso	3,51	12,88

Mediante os resultados por hectare, pode-se inferir que em termos de retenção de carbono as espécies mais favoráveis são o eucalipto e o pinheiro manso.

Com estes valores e com o número de árvores por hectare apropriado a cada tipo de árvore foi calculada uma média do CO₂e retido por árvore (tabela 25). Desta forma, foi possível associar o CO₂ total (anual) emitido com a quantidade de árvores a plantar de forma a compensar essa emissão. É importante referir que este valor tem em conta a sobrevivência da árvore durante um período de 20 anos.

Tabela 25 - Compassos de plantação e respetivo CO₂ captado por árvore

Tipo de uso	Nº árvores/ha	KgCO₂e/árvore/ano
Pinheiro bravo (1)	1250	4,9
Sobreiro (2)	600	2,1
Eucalipto (3)	1000	13,2
Azinhreira (4)	800	1,5
Carvalho (4)	800	7,6
Castanheiro (5)	156	40,5
Pinheiro manso (4)	450	28,6

Fonte: (1) Centro Pinus (1999); (2) UNIFLORESTA (2014); (3) Associação da Indústria Papeleira (2015); (4) Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2020); (5) Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes (2003)

Considerando a retenção por árvore por ano, constata-se que o castanheiro é a árvore que apresenta uma retenção superior (40,5 KgCO₂e/árvore/ano) seguido pelo pinheiro manso (28,6 KgCO₂e/árvore/ano) e pelo eucalipto (13,2 KgCO₂e/árvore/ano) que, apesar de ser a espécie que apresenta maior retenção de CO₂e por hectare aparece apenas em terceiro lugar em relação à retenção por árvore por ano.

A calculadora faz o cálculo do número de árvores que serão necessárias plantar para compensar as emissões de GEE a 200%, 150%, 100%, 75%, 50%, 25% e 10%.

3.2. Organização da Calculadora

Tal como referido anteriormente, a calculadora foi desenvolvida recorrendo ao Microsoft Excel 365. Esta foi dividida em diferentes seções, pelo que o utilizador terá de preencher apenas a folha de introdução dos dados do alojamento referente aos indicadores analisados sendo feito automaticamente um relatório final com os resultados da PC. A calculadora é um livro do Excel que conta com 19 folhas. Na tabela 26 estão presentes os títulos e a descrições de todas as folhas da calculadora.

Tabela 26 - Descrição das folhas da calculadora

Número	Título	Descrição
1ª	Metodologia	Explicação dos cálculos, possibilidade de atualização, pressupostos e abreviaturas
2ª	Guia_de_Preenchimento	Breve explicação do preenchimento da 2ª folha
3ª	Dados_Alojamento	Introdução dos dados do alojamento
4ª	CO ₂ e_Eletricidade	Emissão de CO ₂ e relativamente à eletricidade
5ª	CO ₂ e_Água	Emissão de CO ₂ e relativamente à água
6ª	CO ₂ e_Lavandaria	Emissão de CO ₂ e relativamente à Lavandaria
7ª	CO ₂ e_Combustíveis	Emissão de CO ₂ e relativamente aos combustíveis
8ª	CO ₂ e_Resíduos	Emissão de CO ₂ e relativamente aos resíduos
9ª	CO ₂ e_Alimentação	Emissão de CO ₂ e relativamente à alimentação
10ª	Pegada_de_Carbono	Resumo final das emissões e resultados do Sequestro de Carbono
11ª	Emissões_Evitadas	Resultados obtidos relativamente às emissões evitadas
12ª	Base_Eletricidade	Base de dados e fórmulas referentes à eletricidade
13ª	Base_Água	Base de dados e fórmulas referentes à água
14ª	Base_Lavandaria	Base de dados e fórmulas referentes à lavandaria
15ª	Base_Combustíveis	Base de dados e fórmulas referentes aos combustíveis
16ª	Base_Resíduos	Base de dados e fórmulas referentes aos resíduos
17ª	Base_Alimentação	Base de dados e fórmulas referentes à alimentação
18ª	Base_Emissões_Evitadas	Base de dados e fórmulas referentes às emissões evitadas
19ª	Base_Sequestro	Base de dados e fórmulas referentes ao sequestro de carbono

No ponto seguinte descreve-se a aplicação da calculadora a um caso de estudo, fazendo-se uma explicação mais pormenorizada desta.

3.3. Aplicação da Calculadora

Apesar da calculadora ter sido desenvolvida para o sector do turismo, mais propriamente em alojamentos, esta poderá ser aplicada na restauração e até mesmo em residências pois os indicadores são semelhantes nos três casos o que permite alargar o espectro de aplicação da calculadora com a mesma fiabilidade.

Devido à situação de pandemia provocada pelo COVID-19, não foi possível a recolha de dados num alojamento para aplicar na ferramenta. Para contornar esta situação foram

utilizados dados disponibilizados pela Vertiriva, Lda de 2018 de um hotel localizado na região de Viseu.

3.3.1. Dados do Alojamento

Os dados necessários do hotel, são introduzidos pelo utilizador na folha criada para o efeito “Dados Alojamento” (figura 10), todos os campos necessários para o cálculo da PC encontram-se descritos nas tabelas seguintes (tabelas 27 a 36).

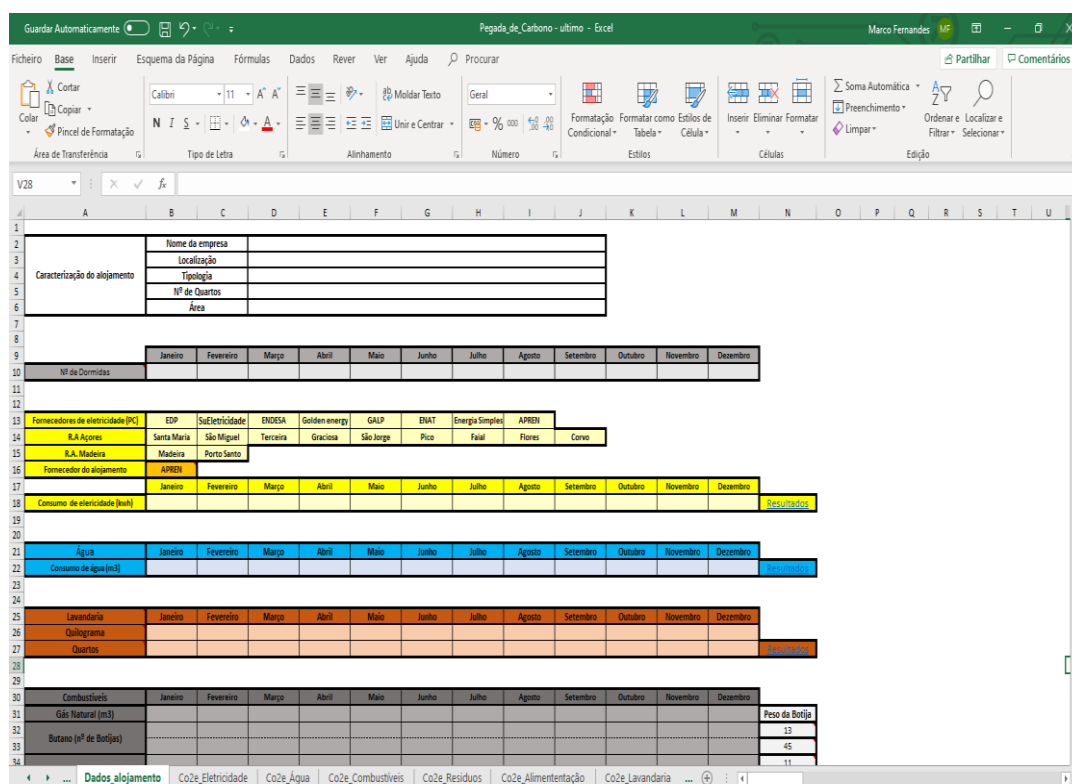


Figura 10 - Folha de dados do alojamento presente na calculadora.

A primeira tabela a ser preenchida é a caracterização do hotel (tabela 27). Na caracterização feita no presente caso de estudo apenas a tipologia do hotel e a localização são reais sendo as três restantes características fictícias por motivos de confidencialidade.

Tabela 27 - Caracterização do alojamento.

Caraterização do alojamento	Nome da empresa	Hotel Montanha Verde
	Localização	Viseu
	Tipologia	Hotel 3 estrelas
	Nº de Quartos	50
	Área (m²)	1500

Depois segue-se o preenchimento da tabela com o número de dormidas mensais no hotel (tabela 28). Esta será uma das tabelas mais fáceis de preencher devendo apenas se ter atenção de que a informação pedida é o número de dormidas e não de quartos reservados (por exemplo, 1 quarto com 3 hóspedes conta como 3 dormidas).

Tabela 28 - Número de dormidas mensais (nº de hóspedes).

Nº de Dormidas											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
453	806	1516	931	1408	1473	1866	3075	3166	2604	2008	914

A terceira tabela a preencher respeita ao consumo de eletricidade (tabela 29). Nesta tabela é necessário selecionar primeiro no *scroll down* o fornecedor elétrico e depois fazer o preenchimento tendo a atenção se nas faturas de eletricidade existem acertos relevantes. Os dados deverão ser tratados para que o preenchimento da tabela seja o mais correto possível. Como o fornecedor neste caso não é conhecido, o fator de emissão utilizado foi o da APREN de 2018 como indicado anteriormente.

Tabela 29 - Consumo mensal de eletricidade (kWh).

Eletricidade												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (kWh)	15019	18668	19385	15132	15685	19751	16640	33775	27930	22255	21323	19895

A quarta tabela a preencher respeita ao consumo de água (tabela 30). Nesta tabela é necessário preencher o consumo mensal de AP por parte do alojamento sendo a AR produzida calculada automaticamente.

Tabela 30 - Consumo mensal de água (m³).

Água												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (m ³)	96	96	178	139	175	243	350	350	380	283	225	127

A quinta tabela a ser preenchida diz respeito à roupa que é lavada mensalmente (tabela 31). Atendendo a que a calculadora anterior não continha esta componente, considerou-se que o processo de lavagem é contratado a uma empresa e, como não está disponível o peso de roupa lavada foi utilizada a opção 2 da alínea c do 3.1.2. Devido à falta do número de quartos ocupados, partiu-se do princípio de que a cada duas dormidas equivale um quarto ocupado, neste caso foi

adotado o valor referido anteriormente de 4kg/quarto/noite. Visto isto, a tabela foi preenchida com o número de quartos por noite vendidos que será metade dos hóspedes.

Tabela 31 - Número de quartos ocupados mensalmente.

Lavandaria												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Quartos	227	403	758	466	704	737	933	1538	1583	1302	1004	457

A tabela dos combustíveis é a sexta a ser preenchida (tabela 32). Nesta tabela é inserida a quantidade de combustíveis consumidos (por tipo de combustível), os quilómetros percorridos pelos automóveis e as emissões presentes no livrete dos mesmos. No caso do Hotel Montanha Verde apenas foi consumido gás natural e efetuadas viagens em dois automóveis (o automóvel 1 que emite 0,172gCO₂/km e o automóvel 2 que emite 0,183gCO₂/km).

Tabela 32 - Consumo mensal de combustíveis.

Consumo de Combustíveis												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Gás Natural (m ³)	897	897	1525	1472	897	897	1472	1495	1472	897	1472	1472
Automóvel 1 (Km)	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Automóvel 2 (Km)	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186

A sétima tabela a ser preenchida é referente aos resíduos produzidos (tabela 33). Os diferentes tipos de resíduos são preenchidos separadamente, caso não seja feita a separação para reciclagem apenas deverá ser preenchida a linha dos resíduos urbanos indiferenciados.

Tabela 33 - Produção mensal de resíduos.

Produção de Resíduos												
Tipo de Resíduo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Urbano Indiferenciado (L)	478	697	1170	719	1075	1181	1479	2288	2263	2038	1550	812
Orgânico (L)	1983	2894	4860	2985	4466	4909	6143	9548	9411	9411	6438	3370
Papel (L)	1194	1742	2925	1797	2689	2955	3698	5747	5664	5041	3875	2030
Plástico (L)	395	558	935	575	860	945	1183	1838	1813	1633	1240	648
Vidro (L)	495	722	1213	745	1115	1225	1534	2384	2347	2116	1606	842

No que respeita à tabela da quantidade de alimentos consumidos no alojamento é feito o preenchimento dos alimentos consumidos mensalmente no hotel (tabela 34). Não tendo dados reais sobre a alimentação dos hóspedes definiram-se dois pressupostos: no primeiro foi considerado que todos os hóspedes tomavam o pequeno-almoço sendo este constituído por um pão (50g), uma fatia de fiambre de porco e queijo (15g cada) e que metade dos hóspedes beberia leite de vaca (200ml) e a outra metade beberia café (5g); no segundo pressuposto foi considerado que metade dos hóspedes almoçava, sendo que a ementa era constituída por carne de porco (150g), batata e arroz (100g), um ovo (50g), uma laranja (120g) e 1 copo de vinho (200ml).

Tabela 34 - Consumo mensal de produtos alimentares.

Consumo de Alimentos												
Tipo de alimentos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Pequeno Almoço												
Pão (Kg)	23	40	76	47	70	74	93	154	158	130	100	46
Queijo (Kg)	7	12	23	14	21	22	28	46	47	39	30	14
Fiambre de porco (Kg)	7	12	23	14	21	22	28	46	47	39	30	14
Café (Kg)	1	2	4	2	4	4	5	8	8	7	5	2
Leite (L)	45	81	152	93	141	147	187	308	317	260	201	91
Almoço												
Vinho (L)	45	81	152	93	141	147	187	308	317	260	201	91
Carne de porco (Kg)	34	60	114	70	106	110	140	231	237	195	151	69
Arroz (Kg)	23	40	76	47	70	74	93	154	158	130	100	46
Batatas (Kg)	23	40	76	47	70	74	93	154	158	130	100	46
Ovos (Kg)	11	20	38	23	35	37	47	77	79	65	50	23
Citricos (Kg)	54	97	182	112	169	177	224	369	380	312	241	110

A nona tabela a ser preenchida respeita novamente aos resíduos (tabela 35) mas, neste caso, refere-se às emissões evitadas. O seu preenchimento é feito automaticamente caso façam a separação para reciclagem com os dados inseridos ao preencherem a tabela 34. A quantidade de resíduos é igual à tabela 33 uma vez que durante o seu preenchimento parte-se do princípio de que todos os resíduos (papel, plástico e vidro) irão ser reciclados.

Tabela 35 - Quantidade mensal de Resíduos separados para reciclagem.

Resíduos (Emissões Evitadas)												
Tipo de Resíduo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Papel (L)	1194	1742	2925	1797	2689	2955	3698	5747	5664	5041	3875	2030
Plástico (L)	395	558	935	575	860	945	1183	1838	1813	1633	1240	648
Vidro (L)	495	722	1213	745	1115	1225	1534	2384	2347	2116	1606	842

A última tabela a ser preenchida refere-se à energia produzida a partir de fontes de energia renováveis (tabela 36). Nesta tabela são preenchidos os kWh produzidos mensalmente. Caso o alojamento tenha produção de energia solar térmica apenas é necessário indicar a área em m² dos painéis instalados e selecionar o distrito em que se encontra o alojamento.

Tabela 36 - Área de Painéis Solares Térmicos.

Eletricidade (Emissões Evitadas)													
Produção	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Solar térmico Viseu (m ²)	4												

Após a introdução dos dados do alojamento pelo utilizador, os resultados da PC de cada componente são calculados automaticamente e apresentados individualmente sob a forma de tabelas e gráficos. A PC total do alojamento é apresentada numa folha definida como “Pegada de Carbono”.

Seguidamente demonstra-se os resultados da PC individualmente por componente e total do alojamento. A sequência apresentada na calculadora é a descrita neste documento, sendo a seguinte: eletricidade, água, Lavandaria, combustíveis, resíduos, alimentação, pegada total e emissões evitadas.

3.3.2. Pegada de Carbono por Componente

a) Eletricidade

Na determinação da emissão de GEE relativamente ao consumo de eletricidade do hotel em estudo, os resultados obtidos estão descritos na seguinte tabela.

Tabela 37 - Resultados obtidos para a componente da Eletricidade.

Indicador	Valor Obtido
Total (kwh)	245458
Consumo médio mensal (kwh)	20455
kWh/dormida	12,14
KgCO ₂ e Total	62346
Emissão média mensal (KgCO ₂ e)	5196
KgCO ₂ /dormida	3,08

Este alojamento emitiu em 2018 um total de 62346 KgCO₂e como consequência do consumo de eletricidade. Ao analisarmos o gráfico 2 e 3 percebemos que os meses que apresentam maior consumo por dormida (janeiro, fevereiro e dezembro) não coincidem com os meses em que o consumo é maior (agosto, setembro e outubro), mas sim os meses em que há menos hóspedes. Isto deve-se ao facto de que há equipamentos que se encontram ligados à corrente elétrica durante todo o ano, independentemente do número de hóspedes fazendo com que nos meses com menos hóspedes o consumo por dia relativo seja maior.

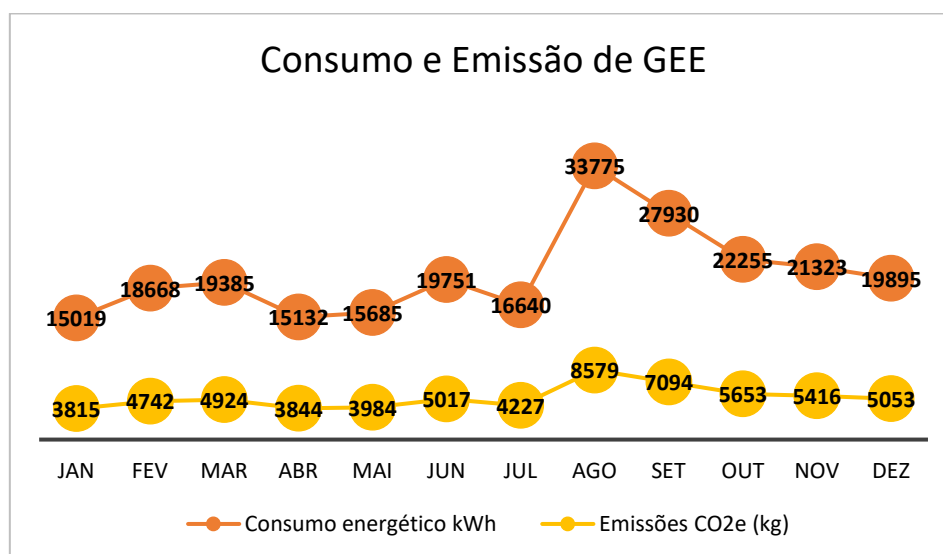


Gráfico 2 - Consumo elétrico mensal e as emissões de CO₂e mensais em 2018 no hotel Montanha Verde.

O hotel Montanha Verde apresentou um consumo médio por dormida de 12,14 kWh sendo que, o mês que apresenta maior consumo por dormida é janeiro (33,2 kWh/dormida) e o mês no qual o consumo por dormida é mais baixo é o mês outubro (8,5 kWh/dormida).

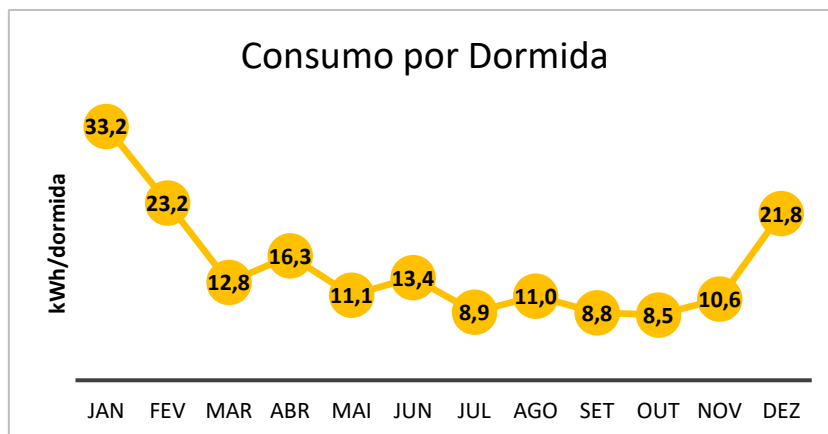


Gráfico 3 - Consumo de eletricidade por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.

b) Água

O consumo de AP médio foi de 126 L/dormida e a produção média de AR foi de 109,6 L/dormida o que resultou numa emissão total de 3236 KgCO₂e por parte desta componente (tabela 38).

Tabela 38 - Resultados obtidos da componente água.

	Consumo de AP	Produção de AR
Total (m³)	2539	2217
Média mensal (m³)	211,6	184,7
L/dormida	125,6	109,6
KgCO₂e	470,7	2765,8
KgCO₂e Total	3236	
KgCO₂e /dormida	0,16	

Os meses que apresentaram maior consumo de água foram os meses de verão (gráfico 4) uma vez que também foram estes os meses que apresentaram maior número de hóspedes. Em relação à produção de AR esta é diretamente proporcional ao consumo de água uma vez que representa 87% da água consumida.

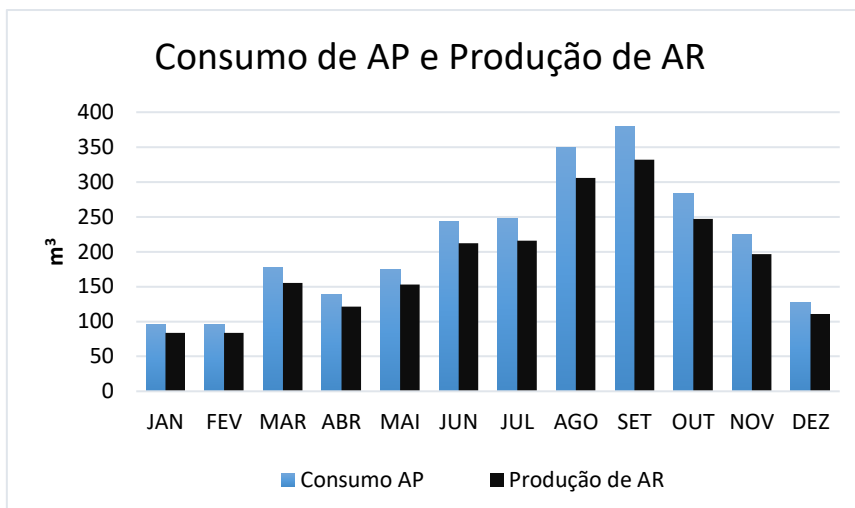


Gráfico 4 - Consumo de AP e produção de AR mensal em 2018 no hotel Montanha Verde.

Tal como seria esperado, a emissão de GEE na água é diretamente proporcional ao seu consumo. No entanto, a grande fatia das emissões decorre do tratamento de AR (gráfico 5) pois, muito embora apresente apenas 87% da água consumida, o seu fator de emissão é bastante superior.

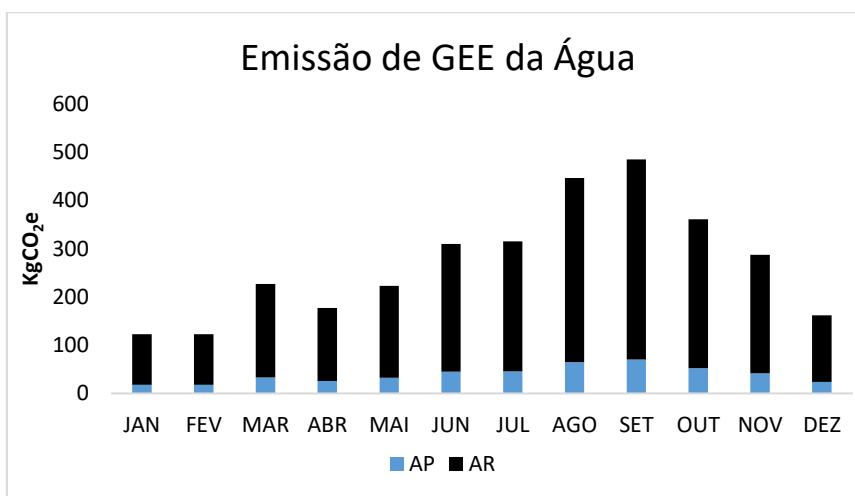


Gráfico 5 - KgCO₂e emitido mensalmente pelo consumo de AP e produção de AR em 2018 no hotel Montanha Verde.

A variação do consumo de água/dormida ao longo do ano oscilou entre 212 L no mês de janeiro e 109 L no mês de outubro (gráfico 6). Esta situação é semelhante à ocorrida na componente de eletricidade, isto porque existem atividade que consomem água durante o ano que são independentes do número de hóspedes, como por exemplo a limpeza de áreas comuns. Isto significa que como janeiro foi o mês com menor ocupação implica um consumo por dormida superior. As atividades de gestão global do hotel serão as mais consumidoras, implicando

consumos excessivos mesmo em situações de reduzido número de hóspedes. Situação que se tornará insustentável a médio e longo prazo. Daqui infere-se que será útil aos alojamentos turísticos implementarem medidas de redução de consumo de água numa perspetiva global e independentemente do número de turistas.

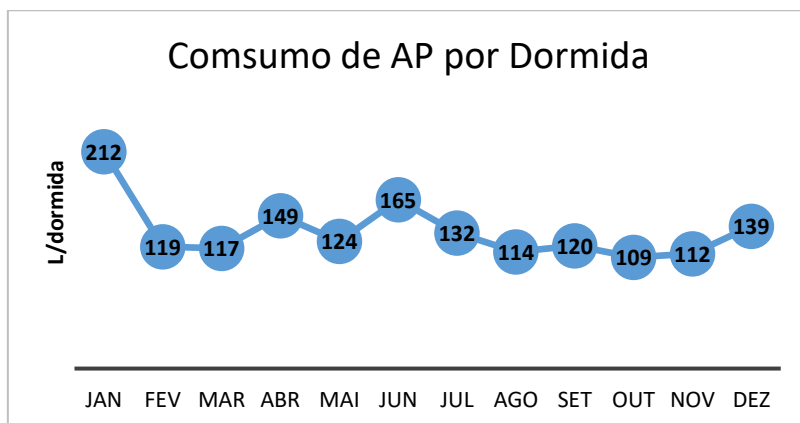


Gráfico 6 - Consumo de água mensal por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.

c) Lavandaria

Relativamente às emissões da lavandaria foi registado um total de 16029 KgCO₂e resultando numa emissão por dormida de 0,79 KgCO₂e. Tal como referido anteriormente, foi considerado o valor de 4Kg por quarto ocupado e parte-se do princípio de que por quarto dormem 2 hóspedes então, por dormida são colocados 2 Kg de roupa para lavar.

Deste modo, a emissão de GEE foi diretamente proporcional ao número de dormidas por mês (gráfico 7), portanto, os meses de agosto, setembro e outubro foram os meses com emissões mais elevadas de GEE.

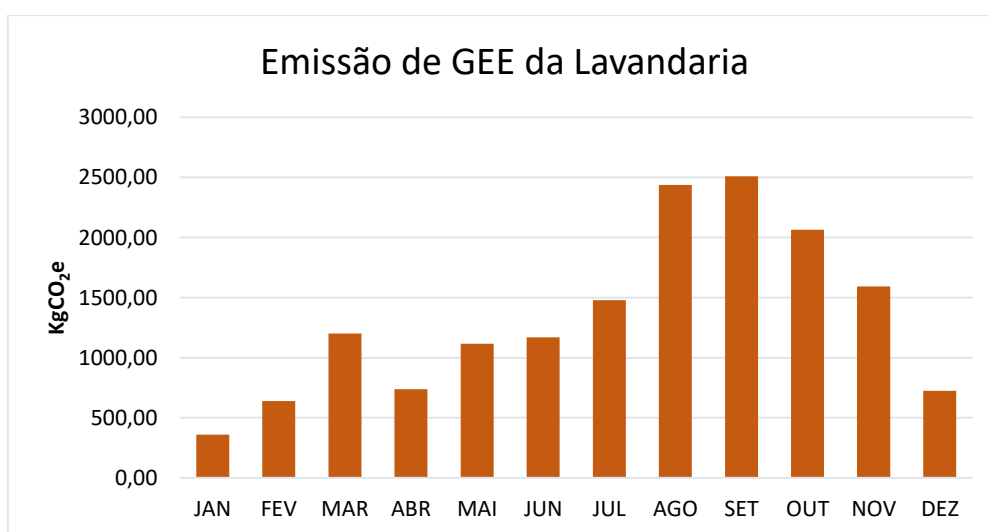


Gráfico 7 - Emissão mensal de CO₂e da componente lavandaria em 2018 no hotel Montanha Verde.

d) Combustíveis

O hotel em estudo apenas utiliza como combustível o gás natural para a combustão estacionária e faz uso de 2 automóveis para viagens de trabalho. A emissão total desta componente foi de 32902 KgCO₂e sendo 32399 KgCO₂e provenientes do gás natural e 503 KgCO₂e das viagens de automóvel (tabela 39).

Tabela 39 - Resultados obtidos da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.

Indicador	Valor Obtido
Gás Natural (kgCO ₂ e)	32399
Automóvel (kgCO ₂ e)	503
KgCO ₂ e Total	32902
KgCO ₂ e /dormida	1,627213

No gráfico 8 encontra-se presente a contribuição para as emissões provenientes do Gás Natural e dos Automóveis na componente dos combustíveis. Ao analisar o gráfico 8 é possível ver que quase todas as emissões são provenientes da queima de Gás Natural pois apesar de apresentar um fator de emissão baixo, apresenta um consumo muito elevado.

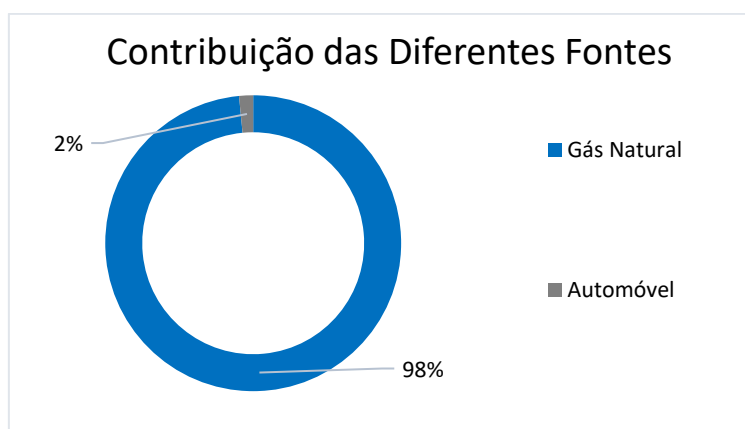


Gráfico 8 - Contribuição das diferentes fontes emissoras da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.

Em termos mensais os meses de março, abril, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro registaram valores de emissão de CO₂ superiores e similares (gráfico 9) uma vez que o consumo de gás natural e o número de viagens de automóvel nestes meses foi semelhante. As similaridades entre os meses poderão dever-se a acertos no consumo de gás natural ou a compras fixas.

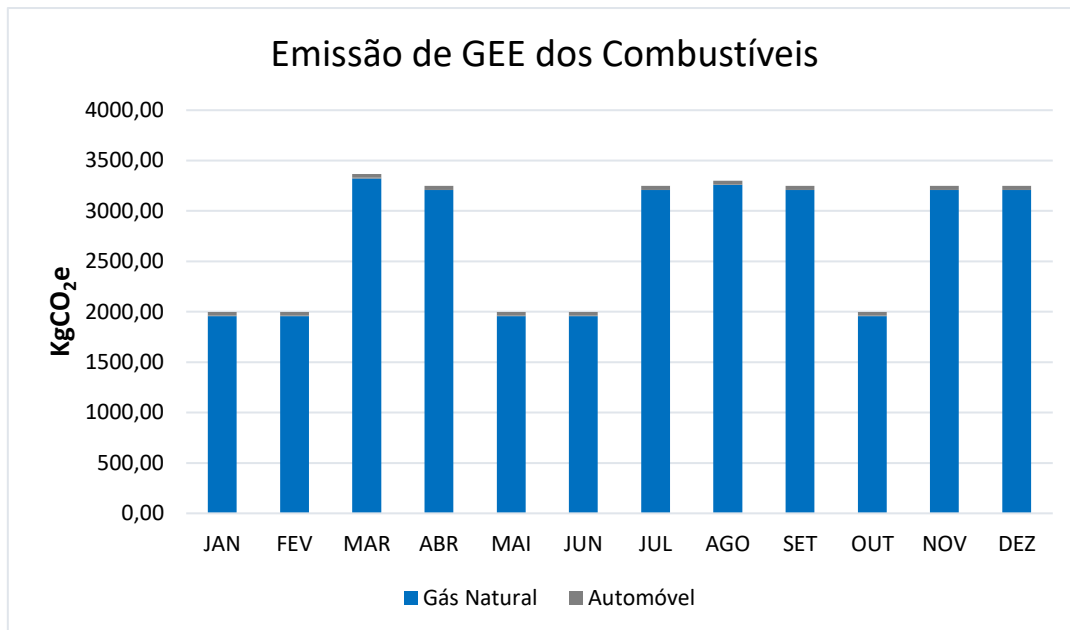


Gráfico 9 - Emissão de GEE mensal da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.

Os meses de janeiro, abril e dezembro foram os meses que apresentaram uma maior quantidade de emissões de GEE por dormida (gráfico 10). Os meses com maior número de hóspedes apresentaram menor número de emissões por dormida à semelhança do já comentado para a componente da eletricidade e da água. Os valores variaram entre 4,4 KgCO₂e/dormida em janeiro e 0,8 KgCO₂e/dormida em outubro (gráfico 10), tendo sido obtida uma média de, aproximadamente, 1,63 KgCO₂e/dormida.

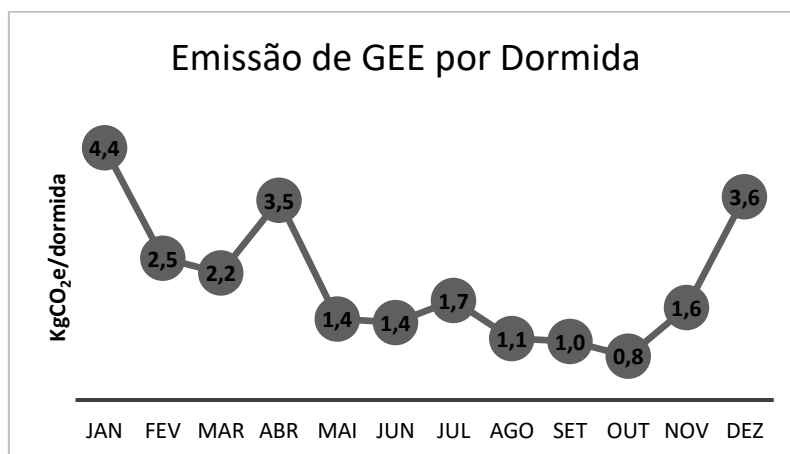


Gráfico 10 - KgCO₂e por dormida da componente combustíveis em 2018 no hotel Montanha Verde.

e) Resíduos

A emissão total da componente dos resíduos foi de 9725 KgCO₂e o que resultou numa emissão por dormida de 0,48 KgCO₂e (tabela 40). A maioria das emissões (68%) tem como

responsáveis o papel e o vidro pois, apesar de apresentarem menor quantidade que os resíduos orgânicos têm um fator de emissão de produção muito superior ao fator de emissão da valorização dos resíduos orgânicos.

Tabela 40 - Resultados obtidos da componente Resíduos.

Tipo de resíduos	Quantidade (Kg)	KgCO ₂ e
Urbano Indiferenciado	1260	1161
Orgânico	27630	619
Papel	3129	3442
Plástico	631	1325
Vidro	3530	3177
Total	36181	9725
Por dormida	1,79	0,48

Em termos mássicos os resíduos orgânicos são o resíduo mais produzido (76%) seguido pelo vidro (10%), papel (9%), urbano indiferenciado (3%) e por último o plástico (2%) (gráfico 11). O valor do vidro, papel e plástico são semelhantes a Styles et al. (2013) com 6%, 12% e 2% respectivamente. No entanto, em relação aos resíduos indiferenciados e aos orgânicos há uma elevada diferença apresentando 49% e 31%, respectivamente, em comparação com 3% e 76% obtidos no presente estudo. Estas discrepâncias demonstram que é de todo importante conhecer a real situação dos alojamentos em termos de produção de resíduos, para se determinar a PC.

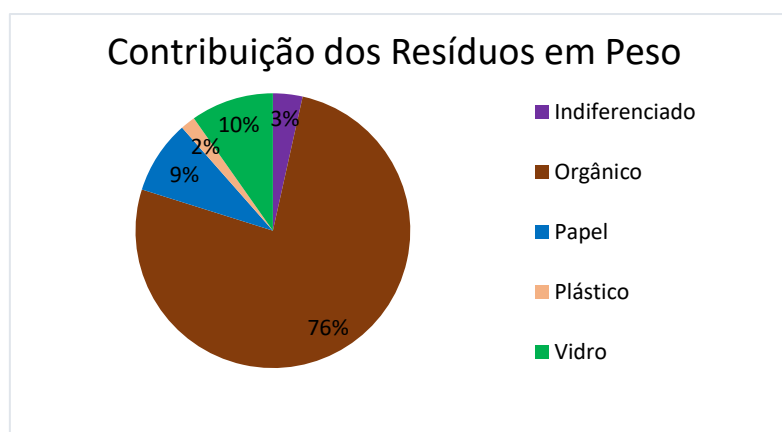


Gráfico 11 - Contribuição dos diferentes tipos de resíduos em peso em 2018 no hotel Montanha Verde.

Se analisarmos a contribuição dos resíduos nas emissões de CO₂e, o orgânico apenas representa 6% do total desta componente (gráfico 12). Ao contrário dos resíduos orgânicos todos os outros aumentaram a sua contribuição em termos de emissão quando comparados à

sua quantidade. Neste domínio o papel representa 35% das emissões seguido pelo vidro, plástico e resíduos urbanos indiferenciados com 33% e 14% e 12%, respetivamente.

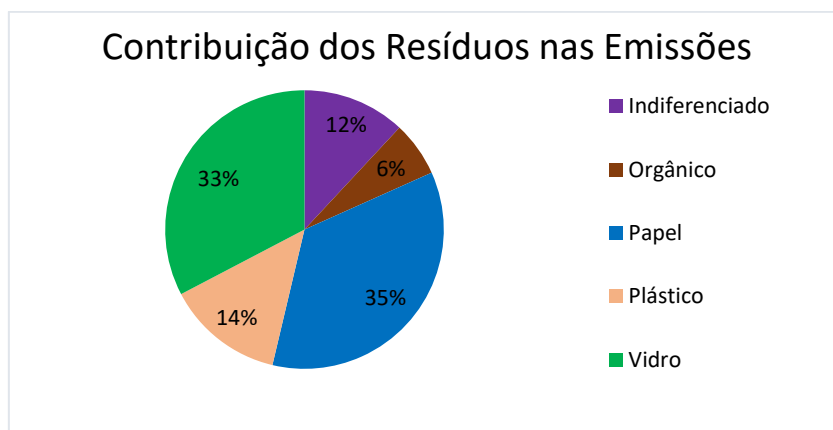


Gráfico 12 - Contribuição dos diferentes tipos de resíduos para as emissões da componente resíduos em 2018 no hotel Montanha Verde.

Mais uma vez, como consequência de um maior número de dormidas, os meses de agosto, setembro e outubro (gráfico 13) foram os meses que apresentaram uma maior emissão de GEE desta componente. Se analisarmos as contribuições de resíduos em cada mês verifica-se que foram proporcionais.

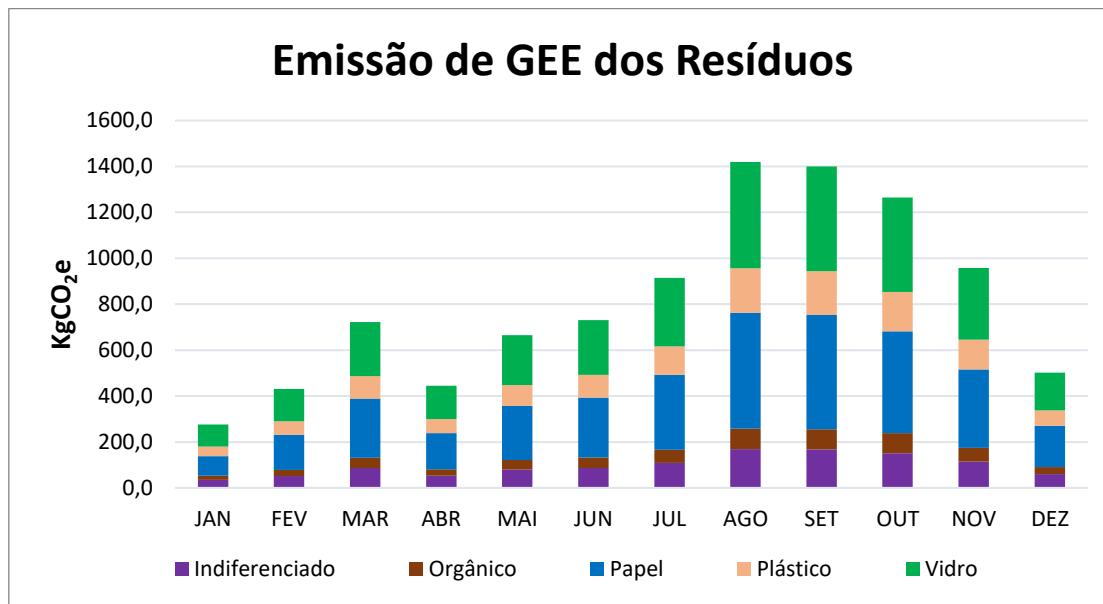


Gráfico 13 - Emissão de GEE mensal da componente resíduos em 2018 no hotel Montanha Verde.

Em relação à quantidade de resíduos por dormida, obteve-se uma variação entre 1,6 Kg/dormida e 2,4 Kg/dormida nomeadamente em setembro e janeiro, respetivamente, resultando numa média de 1,79 kg/dormida (gráfico 14). Ao analisar os resultados obtidos

constata-se que os meses com menor número de hóspedes obtiveram maior produção de resíduos por dormida.

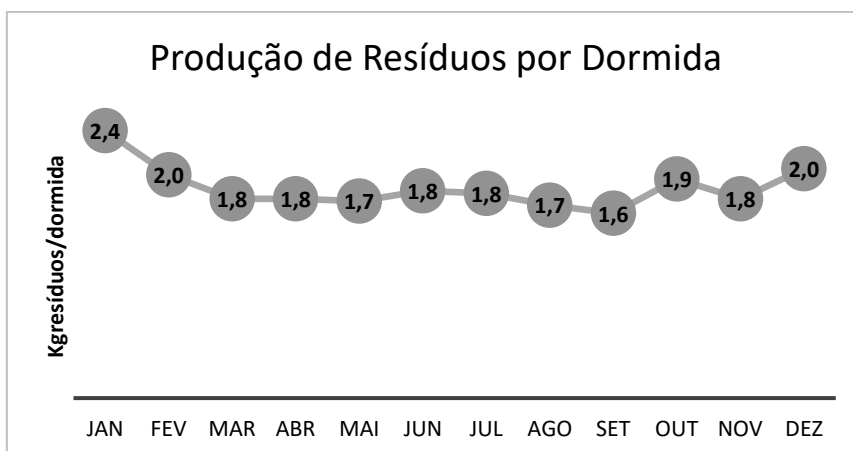


Gráfico 14 – Produção de resíduos por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.

f) Alimentação

Uma vez que para esta componente consideraram-se ementas fictícias por hóspede os resultados apresentados são meramente representativos do que a calculadora permite obter, não traduzindo a real situação do hotel em estudo.

Assim, a componente da alimentação, com as referidas ementas fictícias emitiu um total de 42606 KgCO₂e o que resultou numa emissão por dormida de 2,1 KgCO₂e. O alimento que apresentou maior emissão foi a carne de porco seguida pelo queijo e pelo leite (tabela 41), o que seria de esperar uma vez que são alimentos com origem animal e que apresentam elevados fatores de emissão.

Tabela 41 - Total de GEE emitidos pelos alimentos

Alimento	KgCO ₂ e
Vinho	3917
Carne de porco	15686
Arroz	3444
Batatas	463
Ovos	2554
Citrinos	1131
Pão	1498
Fiambre de porco	3137
Queijo	4837
Leite	4497
Café	1442

Uma vez que as ementas são iguais para todos os hóspedes a quantidade de emissões vai ser diretamente proporcional ao seu número (gráfico 15).

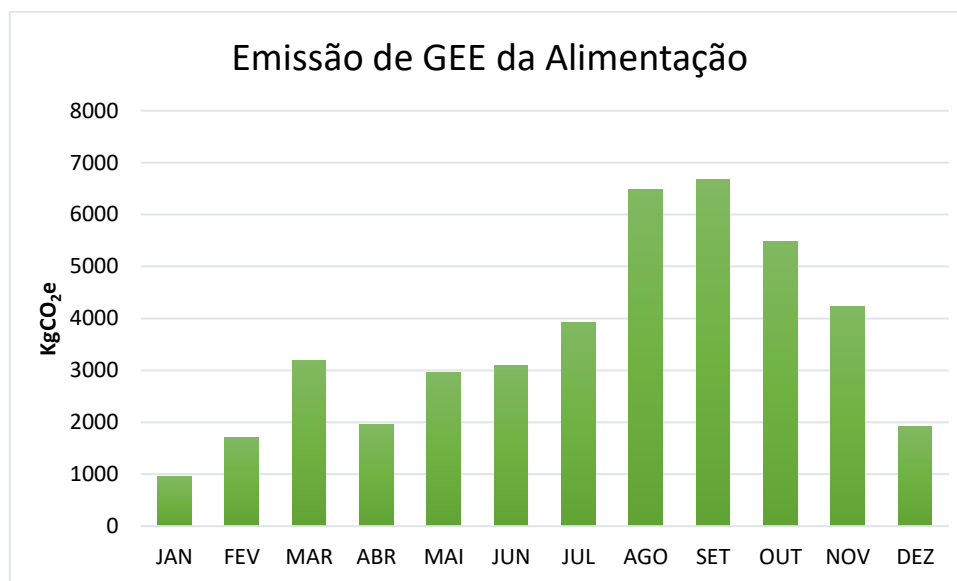


Gráfico 15 - Emissão de GEE mensal da componente alimentação em 2018 no hotel Montanha Verde.

3.3.3. Cálculo da Pegada de Carbono Total

A PC total representa o sumário de todas as componentes. As emissões de GEE foram de 166,85 toneladas de CO₂e o que representa uma emissão por dormida de 8,25 KgCO₂e, de 0,11 tCO₂e/m² e 3,34 tCO₂e/quarto. Além de unidades de toneladas de CO₂e, a PC, como referido anteriormente pode ser apresentada em gha, sendo que na situação em análise ascenderia a 42,7 gha. Na tabela 42 encontram-se identificadas as emissões de cada componente em toneladas de CO₂e.

Tabela 42 - Emissão anual total de todas as componentes em 2018 no hotel Montanha Verde.

	tCO ₂ e/ano
Eletricidade	62,35
Água	3,24
Lavandaria	16,03
Combustíveis	32,90
Resíduos	9,73
Alimentação	42,61

A eletricidade é a componente que mais contribui para a emissão de CO₂e com 37% do total de emissões seguida pela alimentação (25%), combustíveis (20%), lavandaria (10%), resíduos (6%) e por fim, com apenas 2% as emissões provenientes da componente da água (gráfico 16).

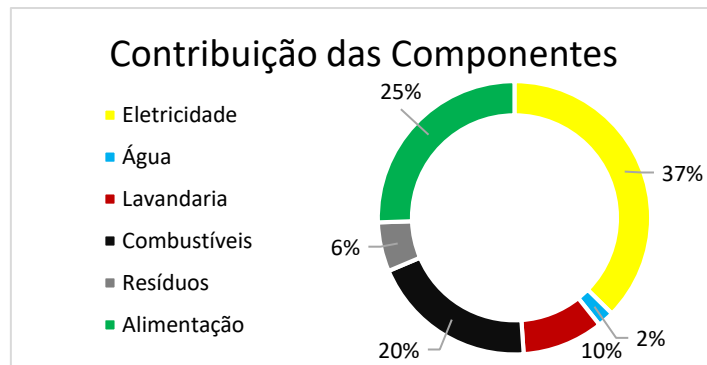


Gráfico 16 - Contribuição de cada componente para a emissão total em 2018 no hotel Montanha Verde.

Como seria de esperar, os meses que apresentaram um número de dormidas mais elevado foram também os meses em que a quantidade de emissões foi mais elevada (gráfico 17). Apesar de não ser o mês com mais dormidas, agosto apresentou um maior número de emissões seguindo-se o mês de setembro (mês com mais dormidas), depois outubro e novembro. A principal diferença entre as emissões de agosto e setembro foi ao nível das emissões provenientes da eletricidade que poderá estar relacionada por exemplo com uma maior utilização de equipamentos de ar condicionados uma vez que as temperaturas em agosto são normalmente mais elevadas do que em setembro.

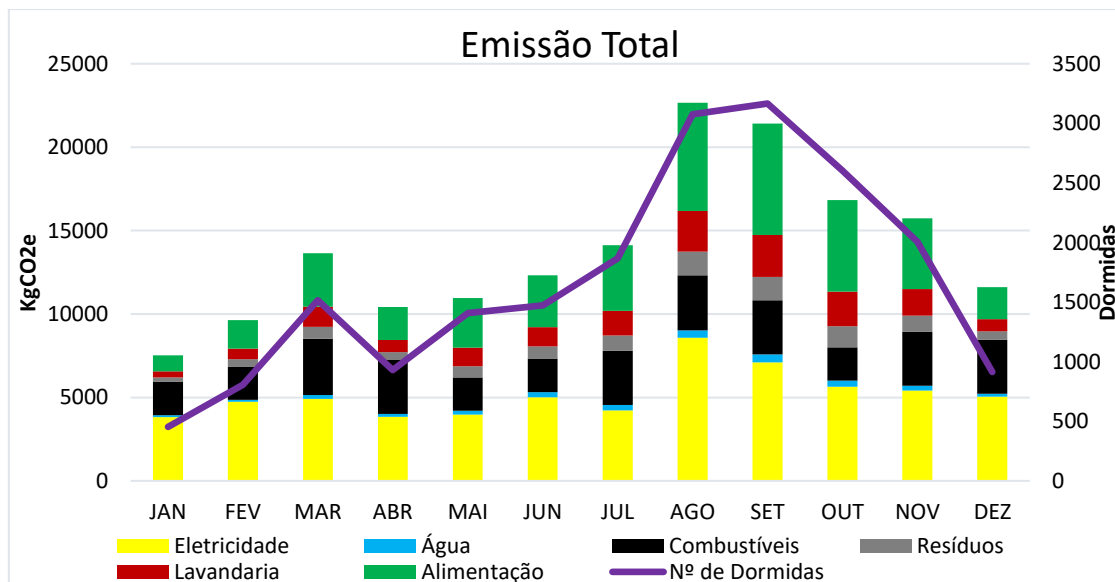


Gráfico 17 - Emissão total mensal de GEE em 2018 no hotel Montanha Verde.

O gráfico 18 permite perceber os KgCO₂e emitidos mensalmente por dormida e, ao analisar o gráfico verificamos que os meses com menos dormidas são aqueles que apresentam maior emissão por dormida, semelhante ao comportamento ocorrido nas componentes. O mês de janeiro foi o que apresentou maior emissão por dormida (16,6 KgCO₂e) seguindo-se o mês

de dezembro (12,7 KgCO₂e), fevereiro (11,9 KgCO₂e) e abril (11,2 KgCO₂e), todos os restantes meses apresentaram uma emissão por dormida igual ou inferior a 9 KgCO₂e. Isto deve-se ao facto de por exemplo em termos de eletricidade existirem sempre equipamentos ligados independentemente do número de dormidas, o mesmo acontece com a água utilizada na lavagem das áreas comuns e cozinha, bem como as viagens feitas pelos automóveis também não dependem do número de dormidas (são percorridos o mesmo número de quilómetros todos os meses). Nas restantes 3 componentes (lavandaria, resíduos e alimentação) as emissões foram proporcionais ao número de dormidas não alterando a emissão/dormida.

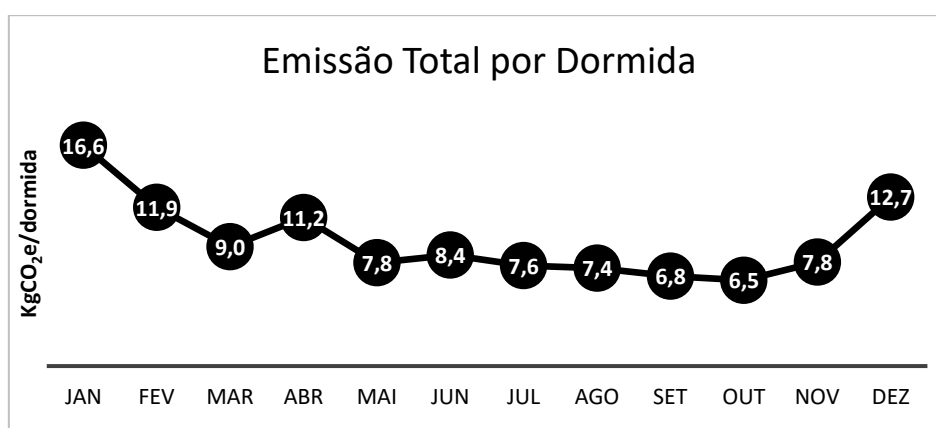


Gráfico 18 - Emissão de GEE total mensal por dormida em 2018 no hotel Montanha Verde.

Por fim, neste item sobre a “Pegada Carbono Total” é dada a informação acerca da compensação de emissões através da plantação de árvores. Na tabela 43 está presente a quantidade de árvores de diferentes espécies que são necessárias plantar para compensar as emissões a diversas escalas de compensação.

Tabela 43 - Número de árvores necessárias para diferentes escalas de compensação da PC.

Árvores	SEQUESTRO		COMPENSAÇÃO						
	tCO ₂ /ha/ano	KgCO ₂ e/árvore/ano	200%	150%	100%	75%	50%	25%	10%
			Nº de árvores						
Pinheiro bravo	6,1	4,9	68642	51482	34321	25741	17161	8580	3432
Sobreiro	1,2	2,1	161926	121444	80963	60722	40481	20241	8096
Eucalipto	13,2	13,2	25340	19005	12670	9503	6335	3168	1267
Azinhreira	1,2	1,5	217549	163162	108774	81581	54387	27194	10877
Carvalho	6,1	7,6	43754	32815	21877	16408	10938	5469	2188
Castanheiro	6,3	40,6	8223	6167	4112	3084	2056	1028	411
Pinheiro manso	12,9	19,8	16838	12629	8419	6314	4210	2105	842

A este respeito, importa referir que, ao passo que a tabela 43 é preenchida automaticamente ao preencher os dados do alojamento, a tabela 44 permite à gestão do alojamento fazer a compilação do número de árvores que deseja plantar de diferentes espécies.

Tabela 44 - Exemplo de combinação possível para compensar a PC a 100%.

Quantas árvores pretende plantar?			
Espécie	Nº de árvores	Nº de Hectares	KgCO₂e Compensado
Pinheiro bravo	3000	2,4	14584
Sobreiro	1000	1,7	2061
Eucalipto	3200	3,2	42139
Azinhaira	1700	2,1	2608
Carvalho	2000	2,5	15253
Castanheiro	1000	6,4	40579
Pinheiro manso	2500	3,8	49544
	Total	22,1	166767
	Porcentagem		100

Mediante a área necessária para que ocorra esta compensação, sugere-se que os alojamentos turísticos possam fazer protocolos de colaboração com as entidades públicas como autarquias para que se faça a plantação em terrenos baldios. Estes resultados mostram ainda a grande necessidade de investir na redução das emissões reduzindo assim a necessidade de compensação pois, como se pode ver na tabela anterior é necessário plantar mais de 22 hectares para se compensar as emissões do hotel.

3.3.4. Emissões Evitadas

Nas emissões evitadas referentes à eletricidade foram os meses de verão os que apresentaram maior quantidade de emissões evitadas (gráfico 19). Isto deveu-se ao facto de serem os meses com maior irradiação por m² fazendo com que os painéis solares térmicos captassem maior quantidade de energia solar. No total, através desta fonte de energia renovável foram evitados 585,7 KgCO₂e.

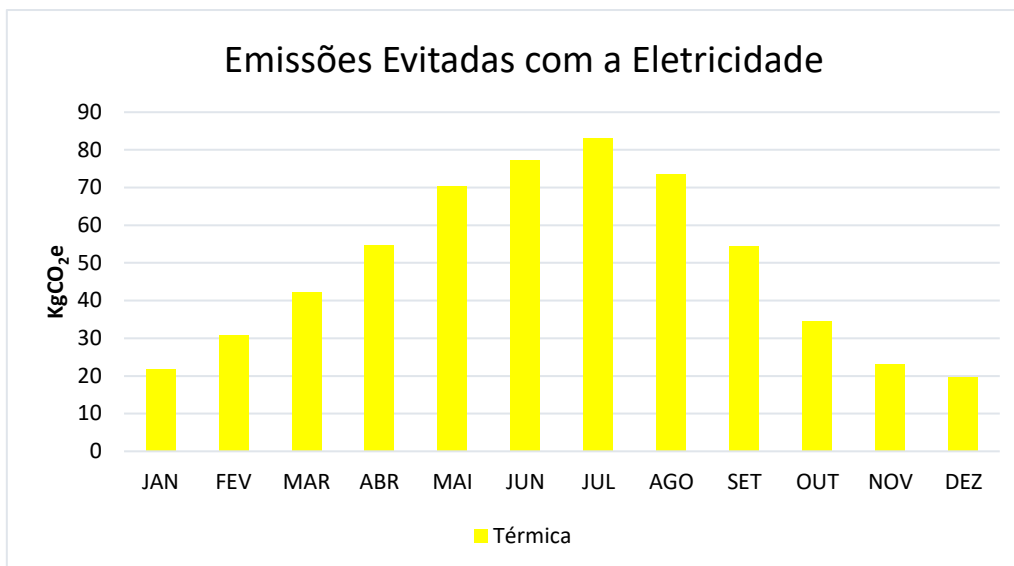


Gráfico 19 - Emissões evitadas pelo uso dos painéis solares térmicos em 2018 no hotel Montanha Verde.

No que respeita às emissões evitadas através da reciclagem de resíduos, os meses nos quais se produziu uma maior quantidade de resíduos separados para a reciclagem foram consequentemente os meses que mais emissões de GEE se evitaram (agosto, setembro e outubro) (gráfico 20). No total foi evitado com a separação para a reciclagem a emissão de 3529,5 KgCO₂e.

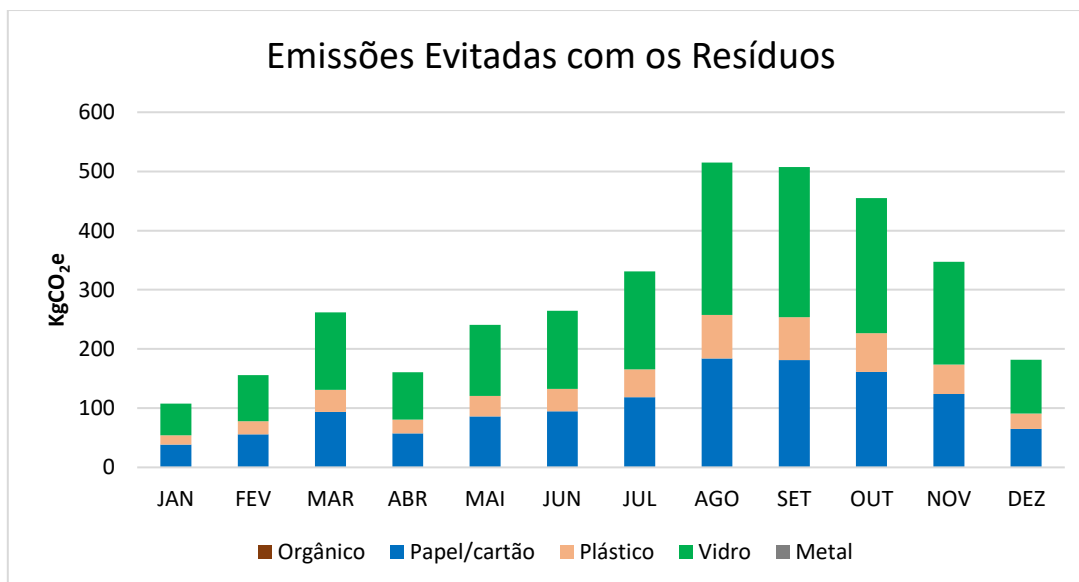


Gráfico 20 - Emissões evitadas pela reciclagem dos resíduos em 2018 no hotel Montanha Verde.

No total, através dos painéis solares térmicos e da reciclagem de resíduos, o alojamento conseguiu evitar a emissão de 4115,2 KgCO₂e.

3.4. Validação da Calculadora

A validação efetuada consistiu, de acordo com o definido por Kent (2018) e Carbon Trust (2018), numa autovalidação. A autovalidação foi realizada pela comparação com os resultados obtidos em duas calculadoras *online* e com o resultado da Análise do Ciclo de Vida (ACV).

3.4.1. Comparação com Calculadoras Disponíveis *Online*

Uma das formas escolhidas para a validação da calculadora foi a comparação com duas calculadoras *online* (*Carbon Footprint LTD* e *Climate Care*). Nesta comparação foram apenas utilizadas duas componentes, a da eletricidade e a dos combustíveis. As outras componentes não foram avaliadas pois não estão incluídas nas calculadoras *online*. Os valores incluídos nas calculadoras encontram-se indicados na tabela 45 e a quantidade das emissões calculadas nas diferentes calculadoras estão referidas na tabela 46.

Tabela 45 - Dados inseridos nas calculadoras online.

Consumo de eletricidade	245458 kWh
Consumo de gás natural	14865 m ³
Km percorridos pelos automóveis	2784 km

Tabela 46 - Comparação da emissão de GEE entre as calculadoras.

	Emissão KgCO₂e		
	Calculadora	Carbon Footprint LTD	Climate Care
Consumo de eletricidade	62346	62003	77760
Consumo de gás natural	32399	29410	29410
Consumo de combustível pelos automóveis	503	500	500
Total	95248	91913	107670

Ao comparar a calculadora desenvolvida no presente estudo com as calculadoras online da *Carbon Footprint LTD* e da *Climate Care* os resultados obtidos foram muito idênticos. No que diz respeito à eletricidade o resultado da calculadora foi praticamente igual ao da *Carbon*

Footprint LTD. No entanto, apresenta uma diferença de 15414 KgCO₂e quando comparada com os resultados da calculadora *Climate Care*, uma vez que o fator de emissão por ela utilizado é superior, devendo este estar desatualizado. No que diz respeito ao fator de emissão utilizado na calculadora desenvolvida durante o estágio foi o disponibilizado pela APREN para o ano de 2019.

As emissões relativas ao consumo de gás natural foram iguais nas duas calculadoras online e superior na calculadora do presente estudo (+2989 KgCO₂e). Esta variação deve-se ao facto de que o fator de emissão da calculadora é ligeiramente superior. O fator de emissão utilizado na calculadora do presente estudo foi calculado a partir dos dados fornecidos por Eggleston et al. (2006).

A emissão resultante das viagens de automóvel foi praticamente igual nas 3 calculadoras, tendo sido apenas registado uma ligeira superioridade de 3 KgCO₂e na calculadora em estudo. O valor das emissões totais obtidas pela calculadora encontra-se entre as duas calculadoras online, mas mais próximo da *Carbon Footprint LTD*.

Deste processo constata-se que é essencial que a fonte dos fatores de emissão seja o mais recente possível de modo a traduzir a evolução ocorrida nos vários componentes incluídos nas calculadoras.

3.4.2. Comparação com a Análise do Ciclo de Vida

A outra forma de validação escolhida foi a comparação com o resultado da ACV, executada recorrendo ao software *SimaPro PhD*. A metodologia aplicada de ACV seguiu o definido nas normas ISO 14040 e ISO 14044 de 2006. A unidade funcional utilizada na análise foi o hóspede/noite, a única categoria de impacte analisada foi o aquecimento global (100 anos) expresso na quantidade de emissões de CO₂e (KgCO₂e) e recorreu-se à base de dados *Ecoinvent 3 – allocation at point of substitution*.

Para esta validação foram utilizados dois cenários, os quais representam as fronteiras do sistema. No Cenário 1 foram utilizados os indicadores mais semelhantes aos usados na calculadora e no Cenário 2 foram utilizados os indicadores que se consideram na execução da ACV de alojamentos turísticos. As informações detalhadas das opções de indicadores escolhidos para a ACV estão detalhadas no anexo I.

Cenário 1

- Eletricidade – Foi seleccionada o valor de média voltagem referente a Portugal;

- Água – Foram contabilizadas as emissões nos processos convencionais de tratamentos de AP e AR;
- Lavandaria – Os dados desta componente foram introduzidos em conjunto com a componente da eletricidade e da água;
- Combustíveis – Os valores apenas se referem à emissão de CO₂e da queima dos combustíveis fósseis;
- Resíduos – Nesta componente foram contabilizadas as emissões de produção de plástico, papel e vidro, da deposição de resíduos indiferenciado em aterro incluindo utilização de gás de aterro e tratamento de lixiviado e da emissão do tratamento de digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos;
- Alimentação – Os valores obtidos referem-se às emissões de CO₂e de todo o ciclo de vida do alimento.

Cenário 2

- Eletricidade – Foi selecionada o valor de média voltagem referente a Portugal (igual ao cenário 1);
- Água – Foram contabilizadas as emissões de todo o processo de abastecimento de AP e do processo convencional de tratamento de AR;
- Lavandaria – Os dados desta componente foram introduzidos em conjunto com a componente da eletricidade e da água;
- Combustíveis – Os valores referem-se ao ciclo de vida dos combustíveis incluindo a emissão de CO₂e da queima dos combustíveis fósseis;
- Resíduos – Nesta componente foram contabilizadas as emissões de todo o ciclo de vida do plástico, papel e vidro, da deposição de resíduos urbanos indiferenciados em aterro incluindo utilização de gás de aterro e tratamento de lixiviado e da emissão do tratamento de digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos;
- Alimentação – Os valores obtidos referem-se às emissões de CO₂e de todo o ciclo de vida do alimento.

Na tabela 47 está presente a comparação detalhada entre os resultados da emissão de CO₂e entre o Cenário 1 e da calculadora.

Tabela 47 - Comparação entre o Cenário 1 (ACV) e a Calculadora.

		Cenário 1		Calculadora		
		KgCO ₂ e	KgCO ₂ e/dormida	KgCO ₂ e	KgCO ₂ e/dormida	
Entradas	Plástico	1737,7	0,086	1325,4	0,066	
	Papel	2943,1	0,146	3442,4	0,170	
	Vidro	4250,5	0,210	3177,3	0,157	
	Carne de Porco	14797,2	0,732	18823,6	0,931	
	Laranja	680,4	0,034	1130,7	0,056	
	Arroz	1427,4	0,071	3443,7	0,170	
	Leite	3450,3	0,171	4496,7	0,222	
	Pão	1474,9	0,073	1498,2	0,074	
	Vinho	-	-	3916,9	0,194	
	Ovos	-	-	2554,1	0,126	
	Café	385,4	0,019	1442,2	0,071	
	Batata	324,2	0,016	462,8	0,023	
	Queijo	3848,3	0,190	4836,7	0,239	
	Água	678,7	0,034	470,7	0,023	
	Eletricidade	92965,1	4,598	62346,3	3,083	
Saídas	Combustíveis	CO ₂	80,6	0,004	32902,2	1,627
		CH ₄	32806	1,622		
		N ₂ O	15,4	0,001		
	Água Residual	1237,6	0,061	2765,8	0,137	
	Lavandaria	23345,3	1,155	16029,4	0,793	
	Resíduos urbanos indiferenciados	1342,7	0,066	1161,1	0,057	
	Resíduos Orgânicos	3030	0,150	618,9	0,031	
	Plástico	-1466,9	-0,073	-504,9	-0,025	
	Papel	-1212,8	-0,060	-1259,4	-0,062	
	Vidro	-4448,1	-0,220	-1765,2	-0,087	
Total excluindo emissões evitadas		190820,8	9,44	166845,1	8,25	
Total de emissões evitadas		-7127,8	-0,353	-3529,5	-0,175	

De uma forma geral, a emissão de CO₂e das componentes da eletricidade, lavandaria e resíduos foram superiores no cenário 1, enquanto que as componentes da água e dos resíduos foram superiores na calculadora. Apenas na emissão dos combustíveis foram obtidos resultados semelhantes. No total, o Cenário 1 apresenta uma emissão superior em 23975,7 KgCO₂e (excluindo emissões evitadas) quando comparado com os resultados obtidos pela calculadora, resultando numa diferença por dormida de 1,19 KgCO₂e. Esta diferença, deve-se principalmente à diferença entre o fator de emissão de CO₂e/kWh de eletricidade da calculadora (fator recente - 2019) e do *SimaPro PhD* (fator mais antigo - 2012), fazendo com que a componente da eletricidade apresente uma diferença de 30618,8 KgCO₂e. Esta situação teve um peso significativo na diferença do valor final de emissão e também influenciou diretamente o valor da componente da lavandaria.

Os resíduos no Cenário 1 emitiram mais 1841,2 KgCO₂e quando comparados com a calculadora, tendo como principal responsável o fator de emissão dos resíduos orgânicos que é cerca de 5 vezes maior na ACV (tabela 48).

Os combustíveis apresentam uma emissão de 32902,2 KgCO₂e em ambos pois têm como base os fatores de emissão em Eggleston et al. (2006).

Em relação à componente da água a calculadora apresentou uma emissão superior uma vez que nesta é contabilizada toda a emissão proveniente da empresa de tratamento de águas (AdP) e da emissão das lamas, ao passo que no Cenário 1 apenas é incluída a emissão do processo de tratamento. Não obstante, o resultado da emissão do indicador da AP foi superior no Cenário 1.

No que diz respeito à componente da alimentação a calculadora apresentou uma emissão superior (+16217,6 KgCO₂e), uma vez que apresenta fatores de emissão superiores em todos os alimentos e porque no *SimaPro PhD* não foram consideradas as emissões do vinho e dos ovos por falta destes na base de dados, os quais contribuíram com 6471 KgCO₂e para os resultados com a calculadora.

Resumindo, constata-se que a principal diferença ocorreu devido aos fatores de emissão usados. O facto de se usar o fator de emissão para a eletricidade mais recente na calculadora implica uma diminuição importante da contribuição desta componente. Isto deve-se ao facto do sector de eletricidade ter apresentado uma evolução rápida e muito positiva em termos de obtenção de energia através de fontes de energias renováveis o que diminui o fator de emissão e conseqüentemente as emissões de GEE.

A comparação detalhada entre os resultados da emissão de CO₂e entre Cenário 2 e a calculadora está presente na tabela 48.

Tabela 48 - Comparação entre o Cenário 2 (ACV) e a Calculadora.

		Cenário 2		Calculadora		
		KgCO ₂ e	KgCO ₂ e/dormida	KgCO ₂ e	KgCO ₂ e/dormida	
Entradas	Plástico	1834,5	0,091	1325,4	0,066	
	Papel	3118,3	0,154	3442,4	0,170	
	Vidro	4571,6	0,226	3177,3	0,157	
	Carne de Porco	14797,2	0,732	18823,6	0,931	
	Laranja	680,4	0,034	1130,7	0,056	
	Arroz	1427,4	0,071	3443,7	0,170	
	Leite	3450,3	0,171	4496,7	0,222	
	Pão	1474,9	0,073	1498,2	0,074	
	Vinho	-	-	3916,9	0,194	
	Ovos	-	-	2554,1	0,126	
	Café	385,4	0,019	1442,2	0,071	
	Batata	324,2	0,016	462,8	0,023	
	Queijo	3848,3	0,190	4836,7	0,239	
	Transportes (combustível)	5146,2	0,255	Contabiliza apenas as emissões como sendo saída		
	Água	879,5	0,043	470,7	0,023	
	Eletricidade	92965,1	4,598	62346,3	3,083	
Gás Natural	42725,8	2,113	Contabiliza apenas as emissões como sendo saída			
Saídas	Combustíveis	CO ₂	80,6	0,004	32902,2	1,627
		CH ₄	32806	1,622		
		N ₂ O	15,4	0,001		
	Água Residual	1237,6	0,061	2765,8	0,137	
	Lavanderia	23383,7	1,156	16029,4	0,793	
	Resíduos urbano indiferenciados	1342,7	0,066	1161,1	0,057	
	Resíduos Orgânicos	3030	0,150	618,9	0,031	
	Plástico	-1466,9	-0,073	-504,9	-0,025	
	Papel	-1212,8	-0,060	-1259,4	-0,062	
Vidro	-4448,1	-0,220	-1765,2	-0,087		
Total excluindo emissões evitadas		239525,1	11,85	166845,1	8,25	
Total de emissões evitadas		-7127,8	-0,353	-3529,5	-0,175	

O Cenário 2 teria obrigatoriamente de apresentar maior quantidade de emissões uma vez que os valores são obtidos através da inclusão do próprio ciclo de vida das componentes, ou

seja, foram escolhidas as opções existentes no programa referente ao processo completo de ciclo de vida.

Todas as componentes no Cenário 2 com a exceção da água e alimentação têm uma emissão superior à calculadora pelas mesmas razões referidas anteriormente na comparação entre o Cenário 1 e a calculadora. Visto isto, o Cenário 2 em comparação com a calculadora apresenta uma emissão superior em quase 72680 KgCO₂e resultando numa diferença por dormida de 3,6 KgCO₂e.

A principal variação deu-se principalmente nos combustíveis pois a ACV destes demonstrou que a emissão é de 80774,1 KgCO₂e, mais 47871,8 KgCO₂e do que na calculadora. Isto deve-se ao facto de que na ACV do Cenário 2, está incluído todo o ciclo de vida dos combustíveis utilizados pelo alojamento enquanto que na calculadora apenas está presente a emissão de GEE provenientes da combustão.

Consta-se ainda que há uma emissão superior na calculadora referente à produção do resíduo “papel”. O contrário acontece com a componente da água que, apesar da emissão da componente ser superior na calculadora, a emissão do indicador do tratamento da AP é superior no Cenário 2.

A tabela 49 mostra de uma forma resumida da emissão de CO₂e de cada componente da calculadora comparativamente com os Cenários 1 e 2.

Tabela 49 - Resumo da comparação entre as emissões da calculadora com o Cenário 1 e 2.

Componentes	tCO ₂ e total					
	Calculadora		Cenário 1		Cenário 2	
Eletricidade	62,35	166,85	92,97	190,82	92,97	239,53
Água	3,24		1,92		2,12	
Lavandaria	16,03		23,35		23,38	
Combustíveis	32,90		32,90		80,77	
Resíduos	9,73		13,30		13,90	
Alimentação	42,61		26,39		26,39	
Emissões Evitadas (resíduos)	-3,53		-7,13		-7,13	

Ao analisar a tabela 49 observa-se que o Cenário 2 é o que apresenta o resultado mais elevado com uma emissão total de 239,53 tCO₂e seguido pelo Cenário 1 e pela calculadora, com emissões de 190,82 tCO₂e e 166,85 tCO₂e, respetivamente. Em relação às emissões evitadas os Cenários 1 e 2 apresentaram um valor que é praticamente o dobro do obtido pela calculadora.

Resumindo, ao aplicar a ACV seguindo os mesmos pressupostos do presente estudo (Cenário 1), constata-se que os resultados são semelhantes apresentado uma diferença de 14,4% a favor do cenário 1 quando comparado com a calculadora sendo a componente da eletricidade a principal responsável. No entanto, aplicando a ACV de acordo com os requisitos definidas nas normas (Cenário 2) a diferença aumenta para 43,6% a favor do cenário 2 quando comparado com a calculadora tendo como responsáveis as componentes da eletricidade e dos combustíveis.

Da autovalidação da calculadora infere-se que esta pode ser usada como indicador da PC dos alojamentos, sendo importante que esta seja flexível de modo a permitir a atualização frequente dos fatores de emissão dos vários componentes.

3.5. Medidas de Redução e Compensação de Emissão de Gases de Efeito Estufa

3.5.1. Medidas de Redução

De forma a reduzir as emissões de GEE, indicam-se abaixo medidas a implementar para as diferentes componentes da PC de um alojamento.

a) Eletricidade:

- Substituir equipamentos elétricos antigos por equipamentos recentes com maior eficiência energética, preferencialmente da classe A+++;
- Instalação de fontes de energia renovável (exemplo: painéis solares térmicos e fotovoltaicos);
- Instalação de lâmpadas com maior eficiência energética (exemplo: LEDs);
- Instalação de sensores de movimento na iluminação de espaços comuns;
- Instalação de sistema que desligue automaticamente a eletricidade dos quartos (exceto frigórico) quando os hóspedes não estejam presentes;
- Ter um bom isolamento térmico nos quartos;
- Monitorizar o consumo de eletricidade periodicamente para detetar rapidamente possíveis anomalias;

- Incentivar os colaboradores a desligarem iluminações desnecessárias;
- Incentivar os hóspedes para a poupança energética através de informação disponível nos quartos explicando os motivos.

b) Água:

- Colocação de redutores nas torneiras e chuveiros;
- Colocação de autoclismos de duas descargas;
- Incentivar a prática do "*No Clean*" que consiste em limpar os quartos do hotel apenas quando os hóspedes pedem;
- Aproveitar águas das chuvas para a rega de jardins;
- Sistemas de rega inteligente nos jardins;
- Monitorizar o consumo de água periodicamente para detetar possíveis anomalias rapidamente;
- Implementar regras de limpeza dos quartos visando a poupança de água (Exemplo: descarregar o autoclismo apenas uma vez na limpeza da casa de banho);
- Uso eficiente de água na cozinha do alojamento (incentivar os colaboradores a reduzir o consumo de água);
- Sensibilizar os hóspedes para a redução do consumo de água.

c) Lavandaria:

- Implementação de sistema nos termos do qual apenas se troquem as toalhas e a roupa da cama quando solicitado;
- Incentivar os hóspedes a utilizar as toalhas mais do que uma vez (exemplo: com uma mensagem sobre as emissões de GEE);
- Otimizar ao máximo as cargas de roupa.

d) Combustíveis:

- Optar por combustíveis com menor intensidade carbónica;
- Optar por automóveis elétricos;
- Otimizar as viagens de automóvel e evitar viagens desnecessárias.

e) Resíduos:

- Aderir à política dos 5 R's (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar) e encorajar os colaboradores e hóspedes;

- Separar os diferentes fluxos de resíduos;
- Monitorizar a quantidade de resíduos (inventário);
- Selecionar fornecedores com mais responsabilidade ambiental na prestação dos seus serviços;
- Substituir *amenities* individuais por outras recarregáveis;
- Eliminação do plástico, mediante a sua substituição pelo vidro;
- Evitar as embalagens individuais com manteiga, doce, disponíveis para o pequeno almoço;
- Substituir folhetos por informação disponível *online*.

f) Alimentação

- Opções vegetarianas no menu;
- Optar por produtos locais;
- Optar por alimentos frescos;
- Utilização de fichas técnicas na cozinha para diminuir o desperdício alimentar.

3.5.2. Medidas de Compensação

No que respeita a medidas de compensação, estão identificadas abaixo um conjunto de medidas que permitem compensar a PC de um alojamento:

- Plantação de árvores;
- Organização de caminhadas (praias, montanha) com o intuito de recolha de resíduos;
- Trabalhar com as entidades locais para a proteção do ambiente (Floresta);
- Ajudar economicamente projetos/campanhas que tenham como objetivo a compensação da PC.

4. DISCUSSÃO GERAL

O crescimento do sector do turismo está a provocar um aumento das emissões de GEE provenientes deste. No entanto, para reduzir as emissões do turismo não é obrigatoriamente necessário reduzir o número de turistas, a solução passa pela implementação de medidas de redução e compensação de CO₂e. Para que se possa reduzir e compensar as emissões é necessário que haja uma medição e monitorização das mesmas e é precisamente aqui que entra a calculadora da PC para o sector do turismo.

O desenvolvimento desta calculadora é importante pois, apesar de já existirem algumas calculadoras *online*, estas apresentam a realidade do país onde foram desenvolvidas (os fatores de emissão daquele país) ou então utilizam os fatores de emissão desatualizados. Visto isto, era importante que a calculadora se baseasse nos fatores de emissão de Portugal uma vez que é o território que onde se pretende atuar dando desta forma a informação o mais correta e real possível. No entanto, apesar de uma pesquisa intensa para obtenção de fatores de emissão portugueses não foi possível desenvolver uma calculadora com fatores de emissão exclusivamente portugueses como é o caso da alimentação (fatores de emissão europeus), dos resíduos recicláveis (fatores de emissão provenientes do Inventário das emissões médias de GEE da Dinamarca, Noruega e Suécia), e dos combustíveis (neste caso foram utilizados os fatores de emissão universais disponibilizados pelo IPCC).

A calculadora desenvolvida incorpora as componentes normalmente mais utilizadas neste âmbito, como a eletricidade e os combustíveis e outras quatro que normalmente não são integradas sendo elas a água, a lavandaria, os resíduos e a alimentação. Esta calculadora conta ainda com as emissões evitadas.

Analisando todas as fórmulas e cálculos realizados, a fórmula mais generalista para o cálculo da PC no sector de turismo que se pode apresentar é a seguinte:

$$PC = \sum (\text{Dados de cada componente} * \text{Fator de emissão})$$

A calculadora foi aplicada num hotel de três estrelas tornando possível tirar algumas conclusões acerca da participação das componentes no total de emissões de CO₂e num alojamento desta categoria. O total de emissões foi de 166,85 tCO₂e sendo o principal responsável o consumo de eletricidade com 37% do total. Este valor é significativamente inferior aos valores obtidos em estudos a hotéis de 3 estrelas por Lai (2015) e Puig et al. (2017) que obtiveram valores de 87% e de 76,5%, respetivamente. Esta diferença deverá ser devida a

um fator de emissão de $\text{KgCO}_2\text{e/kWh}$ muito superior nos dois estudos visto serem menos recentes e a menor quantidade de componentes calculadas em Lai (2015) e Puig et al. (2017) e o faz com que suba a percentagem da componente da eletricidade. No entanto, em ambos os casos é a componente da eletricidade a principal responsável pelas emissões o que indica que deverá ser nesta componente que deverão ser tomadas as primeiras medidas, nomeadamente no aumento da eficiência energética e no recurso a energias de fontes renováveis. Em termos de consumo de eletricidade por dormida o valor de 12,14 kWh/dormida é muito idêntico ao referido por Castellani e Sala (2012) (10,4 kWh/dormida) e Filimonau et al. (2013) (13 kWh/dormida) no entanto é muito superior a Puig et al. (2017) (6,2 kWh/dormida) e inferior a Rico et al. (2019) (15,6 kWh/dormida). Estas diferenças apresentadas anteriormente poderão ser o resultado de uma melhor eficiência energética (equipamentos mais recentes) dos hotéis que apresentam menor consumo por dormida. Contudo, o resultado obtido está dentro do esperado e muito abaixo dos valores de excelência de 34,2 kWh/dormida referido no estudo ECOTRANS (2006) o que é um dado positivo.

Ao contrário da eletricidade a componente que apresentou menor participação foi a água sendo responsável por apenas 2% do total de emissões, sendo próximo do valor obtido por Lai (2015) de 1% do total para um hotel de 3 estrelas. O consumo de AP por dormida foi de 125,6L valor muito inferior quando comparado a Puig et al. (2017) que obteve um valor de 190L e ao valor de excelência de 210L apresentado no estudo ECOTRANS (2006) o que mostra assim uma boa gestão no consumo de água por parte do Hotel Montanha Verde.

No que diz respeito aos resíduos, esta componente foi responsável por 6% das emissões totais. É responsável por esta emissão a produção de 1,79 de Kg/dormida de resíduos, valor este que é superior ao apresentado por Rosselló-Batle et al. (2010) de 1,55 Kg/dormida e inferior ao estudo ECOTRANS (2006) que obteve um valor de 1,98 Kg/dormida e ao estudo Puig et al. (2017) de 1,93 Kg/dormida. Contudo, o valor obtido no Hotel Montanha Verde ainda está distante do valor de excelência definido por Styles et al. (2013) de 0,6 Kg/dormida o que mostra que ainda há um longo caminho a traçar na redução de produção de resíduos no hotel.

A componente dos combustíveis contribuiu com 20% das emissões totais sendo que deste valor 98% vem do consumo de gás natural. Estes valores são bastante idênticos a Rico et al. (2019) uma vez que no seu estudo obteve uma contribuição por parte do gás natural de 20,7% das emissões totais.

As componentes da alimentação e da lavandaria representaram 25% de 10% da emissão total, respetivamente. Estes valores não serão comparados uma vez que são componentes que

normalmente não são estudadas e porque não são valores reais, mas sim criados para a aplicação da calculadora.

Em relação há emissão de CO₂e por hóspede o Hotel Montanha Verde obteve uma emissão de 8,25 KgCO₂e/dormida o que é um dado muito bom quando comparados a estudos anteriores como por exemplo Filimonau et al. (2013), Puig et al. (2017) e Rico et al. (2019) com resultados de 8,4 KgCO₂e/dormida, 19 KgCO₂e/dormida e 7,5 KgCO₂e/dormida, respetivamente. De assinar que Filimonau et al. (2013) e Rico et al. (2019) apenas analisaram duas componentes nomeadamente, a componente da eletricidade e a dos combustíveis.

Os resultados obtidos na validação da ferramenta foram animadores uma vez que, foram muito semelhantes quando considerados os mesmos pressupostos. A calculadora apresentou resultados próximos das calculadoras *online* diferenciando apenas o fator de emissão do indicador do consumo da eletricidade sendo o da calculadora mais baixo pois é mais recente. Tal como nas calculadoras *online* e pela mesma razão, a grande diferença entre a ACV e a calculadora é o fator de emissão do indicador do consumo de eletricidade (influenciando também a diferença da emissão da lavandaria). Todas as outras ligeiras diferenças nas emissões das outras componentes eram esperadas uma vez que os fatores de emissão são diferentes. Isto deve-se ao facto de que os indicadores utilizados na ACV executado com o *SimaPro PhD* (anexo I) serem os que mais se assemelham aos da calculadora pois não foi possível encontrar no software indicadores exatamente iguais.

Devido à crescente emissão de GEE é necessário tomar medidas pois as consequências são catastróficas, encontrando-se a temperatura do planeta a crescer de uma forma acelerada. Deste modo, calcular as emissões de todos os sectores incluindo o sector do turismo é cada vez mais importante para que seja possível a monitorização e a posterior redução das emissões de GEE. Assim, a calculadora desenvolvida permite que este cálculo seja feito tendo por base estudos científicos podendo se tornar extremamente relevante no apoio ao cumprimento das metas de redução até 2100 uma vez que o sector do turismo tem um peso importante na emissão do GEE.

As medidas de redução de emissões são aquelas que os alojamentos devem implementar primeiro. Estas medidas apresentam diferentes custos de aplicação (tendo algumas custos significativos), no entanto apresentam retorno financeiro a médio-longo prazo. São medidas adequadas e fáceis de implementar em alojamentos turísticos em Portugal e que se cumpridas com rigor poderão efetivamente diminuir as emissões dos alojamentos.

As medidas de compensação indicadas anteriormente são de último recurso para quando as reduções de emissões não são mais possíveis por parte do alojamento. Estas medidas assentem principalmente na plantação de árvores, sendo esta uma das medidas de compensação mais eficazes.

5. CONCLUSÃO

A elaboração e validação da calculadora da PC direcionada para o sector do turismo nacional mais concretamente para os alojamentos, passou pela análise de indicadores pré-definidos e desenvolvimento de novos, aplicação a um caso de estudo dum alojamento na região de Viseu e posterior validação através da comparação com os resultados de calculadoras semelhantes já existentes e com a ACV.

A calculadora desenvolvida no Microsoft Excel (versão 365) baseia-se na contabilização das emissões GEE resultantes do consumo da eletricidade, água, combustíveis e alimentos, da lavandaria e da produção de resíduos e de águas residuais. Os 10 indicadores usados para efetuar esta contabilização foram: o consumo de eletricidade, eletricidade produzida (energia renovável), consumo de água, produção de AR, produção de roupa suja, consumo de combustíveis utilizados na combustão estacionária, distância percorrida pelos automóveis, produção de resíduos urbanos, quantidade de resíduos reciclados ou reutilizados e o consumo de alimentos.

A aplicação da calculadora foi efetuada a um hotel de 3 estrelas do distrito de Viseu, que contou no ano de 2018 com 20220 dormidas, obtendo uma PC anual de 166,85 tCO₂e (8,25 KgCO₂e/dormida). A maior contribuição para a PC teve origem na componente da eletricidade (37%) e da alimentação (25%), o que representam mais de 50% das emissões de GEE.

No processo de autovalidação, o resultado obtido na calculadora desenvolvida no presente estudo foi ligeiramente superior à *Carbon Footprint LTD* e inferior aos resultados da *Climate Care* pois esta apresenta uma emissão superior na componente da eletricidade. Na ACV foram tidos em conta dois cenários, o Cenário 1 (com pressupostos idênticos aos da calculadora) apresentou uma emissão superior à calculadora (+23975,7 KgCO₂e) tendo como principal responsável a componente da eletricidade. O Cenário 2 (com pressupostos que assentam na ACV) apresentou uma emissão superior (+72680 KgCO₂e) sendo os principais responsáveis por esta diferença as componentes da eletricidade e dos combustíveis. Em todas as situações os fatores de emissão escolhidos para o estudo de cada indicador foram os principais responsáveis pelas diferenças encontradas.

Com a autovalidação conclui-se que os resultados estão dentro do esperado e que é uma boa ferramenta para ser utilizada para calcular a PC de alojamentos turísticos em Portugal servindo esta medição como um indicador para a atribuição da certificação ambiental, por parte

da Vertiriva, Lda a alojamentos turísticos que tenham a ambição de reduzir os seus impactes ambientais e assim obter esta certificação.

Apesar da aplicação da calculadora ter sido desenvolvida para o sector do turismo, mais propriamente em alojamentos, esta poderá ser aplicada na restauração e até mesmo em residências pois os indicadores são semelhantes nos três casos o que permite alargar o espectro de aplicação da calculadora com a mesma fiabilidade.

Em relação às medidas de redução de emissões apesar de poderem apresentar elevados custos de aplicação podem se tornar economicamente viáveis a médio-longo prazo uma vez que estas pretendem de uma forma sintética a redução de consumos o que leva à redução dos custos. As medidas de compensação assentam principalmente na plantação de árvores, sendo esta uma das medidas de compensação mais eficazes.

Para trabalhos futuros ou numa possível continuação do que foi realizado poderão ser adicionadas mais componentes e mais indicadores. Para tal seria necessário um estudo muito mais minucioso ao sector dos alojamentos. De forma a tornar o cálculo das emissões o mais exato possível deverá ser realizada uma análise do ciclo de vida de todos os serviços e produtos adquiridos pelo hotel, devendo para tal ser efetuado um acompanhamento de longa duração a algumas unidades turísticas para obter o maior número de dados exatos possíveis. No futuro também seria interessante passar a calculadora para uma plataforma online ou para um programa tornando assim a calculadora mais profissional. A validação que é uma etapa de extrema importância deveria ser feita por uma entidade competente, permitindo conferir uma maior credibilidade à calculadora.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Portuguesa do Ambiente (2019). Plano nacional energia e clima 2021-2030 (PNEC 2030): Portugal.
https://apambiente.pt/_zdata/Alteracoes_Climaticas/Mitigacao/PNEC/PNEC%20PT_Template%20Final%202019%2030122019.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2020a). National Inventory Report 2020: Portugal. Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 – 2018.
https://apambiente.pt/_zdata/Inventario/20200318/NIR_FINAL.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2020b). APA – Políticas. Alterações Climáticas. Acordo de Paris. <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1367>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2020c). Memorando sobre emissões GEE: Portugal. Inventário Nacional de Emissões 2020.
https://www.apambiente.pt/_zdata/Inventario/20200414/200420%20memo_emisses_2018_FINAL.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2020d). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2019.
https://apambiente.pt/_zdata/Políticas/Residuos/Residuos_Urbanos/RARU_2019_v2.pdf
- Águas de Portugal. (2018). Relatório de sustentabilidade de 2018. <https://www.adp.pt/pt/sustentabilidade/relatorios-de-sustentabilidade/?id=214>
- Águas de Portugal. (2019). Relatório de sustentabilidade de 2019. <https://www.adp.pt/pt/sustentabilidade/relatorios-de-sustentabilidade/?id=214>
- Associação da Indústria Papeleira – CELPA. (2015). Rearborização. Melhor Eucalipto. Acedido a 12 de junho de 2020, em <http://www.celipa.pt/melhoreucalipto/rearborizacao/>
- Associação Portuguesa de Energias Renováveis. (2018, dezembro). Boletim Eletricidade Renovável. <https://www.apren.pt/contents/publicationsreportcarditems/12-boletim-energias-renovaveis-2018.pdf>
- Associação Portuguesa de Energias Renováveis. (2019, dezembro). Boletim Eletricidade Renovável. <https://www.apren.pt/contents/publicationsreportcarditems/boletim-energias-renovaveis-dezembro-2019-vf.pdf>

- Bach, W. & Stefan Gössling. (1996). Climate-Ecological Effects of Air Traffic. *Geographical Survey*, 48, 54-5. <https://www.ism.lu.se/en/stefan-gossling/publication/e15934d2-c22d-4853-a48e-72cbc589a852>
- Birnik, A. (2013). An Evidence-Based Assessment of Online Carbon Calculators. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 17, 28093. doi: 10.1016/j.ijggc.2013.05.013
- British Standards Institution. (2011). PAS 2050: 2011: Specification for the assessment of life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. <http://shop.bsigroup.com/upload/shop/download/pas/pas2050.pdf>
- Carbon Footprint. (2020a). Carbonfootprint.com - Careers at Carbon Footprint. Acedido a 7 de julho de 2020, de <https://www.carbonfootprint.com/careers.html>
- Carbon Footprint. (2020b). Carbonfootprint.com - Business Carbon Tracking Software. Acedido a 8 de julho de 2020, em <https://www.carbonfootprint.com/tracker.html>
- Carbon Trust. (2018). Carbon footprinting guide. Acedido a 30 de maio de 2020, de <https://www.carbontrust.com/resources/carbon-footprinting-guide>
- Castellani, V., & Sala S. (2012). Ecological footprint and life cycle assessment in the sustainability assessment of tourism activities. *Ecological Indicators*, 16, 135–47. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.002>
- Cavaco, A., Silva, H., Canhoto, P., Neves, S., Neto, J., & Pereira, M. C. (2016). Radiação Solar Global em Portugal e a sua variabilidade, mensal e anual. ISPES. <http://www.ipes.pt/ipes/wp-content/uploads/2017/10/Radia%C3%A7%C3%A3o-Solar-Global-em-Portugal-e-a-sua-variabilidade.pdf>
- Centro Pinus – Associação para a Valorização da Floresta de Pinho. (1999). Manual de boas práticas florestais para o Pinheiro bravo. <https://centropinus.org/files/2018/04/manual01.pdf>
- Choi, H. C., & Sirakaya, E. (2006). Sustainability indicators for managing community tourism. *Tourism Management*, 27(6), 1274–89. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.05.018>
- Comissão Europeia. (2016a). Ação Climática: Causas das alterações climáticas. União Europeia. https://ec.europa.eu/clima/change/causes_pt
- Comissão Europeia. (2016b). Ação da UE: Estratégias e metas climáticas. União Europeia. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_pt
- Comissão Europeia. (2016c). Ação Climática: Consequências das alterações climáticas. União Europeia. https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_pt

Comissão Europeia. (2016d). Ação da UE: Estratégia a longo prazo para 2050. União Europeia.
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_pt

Declaração de Retificação n.º 49/2015. (2015). “Aprova o sistema de classificação de estabelecimentos hoteleiros, de aldeamentos turísticos e de apartamentos turísticos”. Diário da República n.º 214/2015, Série I de 2015-11-02, 9359 – 9367.
<https://data.dre.pt/eli/decretif/49/2015/11/02/p/dre/pt/html>

Direção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes. (2003). O castanheiro em Trás-os-Montes e Alto Douro. Acedido a 9 de julho de 2020. http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/FICHAS_DRATM/castanheiro202.pdf

ECOTRANS. (2006). Environmental initiatives by European tourism businesses: Instruments, indicators and practical examples. Saarbrücken.
https://destinet.eu/resources/...-various-target-groups/copy_of_environmental-initiatives_en.pdf/download

EDP – Energia de Portugal. (2018). Relatório de Sustentabilidade 2018.
<https://www.edp.com/pt-pt/relatorio-de-sustentabilidade-2018>

EDP – Energia de Portugal. (2019). Relatório de Sustentabilidade 2019. <https://www.edp.com/pt-pt/relatorio-de-sustentabilidade-2019>

Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (Eds.). (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES.
https://www.researchgate.net/publication/259575269_IPCC_2006_Guidelines_for_National_Greenhouse_Gas_Inventories

Eletricidade Dos Açores. (2019). EDA: Regulação: Rotulagem.
<https://www.eda.pt/Regulacao/Rotulagem/Paginas/default.aspx>

Empresa de Eletricidade da Madeira. (2020). Evolução mensal do mix da oferta e das emissões de CO₂. Eletricidade da Madeira. Acedido a 16 de junho de 2020, em (<https://www.eem.pt/pt/conteudo/sustentabilidade/rotulagem-de-energia-eletrica/evolucao-mensal-do-mix-da-oferta-e-das-emissoes-de-co2/>)

ENAT - Energias Naturais. (2018). Rotulagem de energia elétrica 2018.
https://www.enat.pt/admin/upload/ficheiros/ficheirosMultimedia/Info%20Rotulagem_POen.pdf

Endesa. (2018). Origem da Energia. Acedido a 16 de junho de 2020, em <https://www.endesa.pt/particulares/quemsomos/Origem-de-Energia>

- Energia Simples. (2018). Rotulagem. Acedido a 20 de janeiro de 2020, em https://www.energiasimples.pt/rotulagem_2018.php
- Energia Simples. (2019). Eletricidade e Gás - Energia Simples. Acedido a 16 de junho de 2020, em <https://www.energiasimples.pt/institucional/rotulagem-energetica>
- ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2004). Rotulagem. Acedido a 3 de março de 2020, em <https://www.erse.pt/eletricidade/rotulagem/rotulagem/>
- European Environment Agency. (2019). Total Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe. European Union. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/greenhouse-gas-emission-trends-6/assessment-3>
- European Environment Agency. (2020). Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions (EEA Report No 3/2020). Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-drivers-of-eu-ghg>
- Filimonau, V., Dickinson, J., Robbins, D., & Reddy, M. V. (2013). The role of 'indirect' greenhouse gas emissions in tourism. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 54, 78–91. doi: 10.1016/j.tra.2013.07.002
- Fruergaard, T., Astrup, T., & Ekvall, T. (2009). Energy use and recovery in waste management and implications for accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27(8), 724–37. <https://doi.org/10.1177/0734242X09345276>
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint into a "Footprint Family" of Indicators: Definition and Role in Tracking Human Pressure on the Planet. *Ecological Indicators*, 16, 100–112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>
- GALP. (2018). A nossa Energia. Acedido a 16 de junho de 2020, em <https://www.galpenergia.com/PT/ProdutosServicos/Eletricidade-Gas-Natural-Livre/Centro-de-informacao/A-nossa-Energia/Paginas/A-nossa-Energia.aspx>
- Garcia, R., & Freire, F. (2014). Carbon Footprint of Particleboard: a comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and climate declaration. *Journal of Cleaner Production*, 66, 199–209. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.073
- Global Footprint Network. (2020). Our Past & Our Future. Acedido a 05 de junho de 2020, em <https://www.footprintnetwork.org/about-us/our-history/>
- Goldenergy. (2018). Rotulagem da energia elétrica 2018. https://assets19.goldenergy.pt/_sws/data/download/r/2018.pdf

- Gössling, S. (2000). Sustainable Tourism Development in Developing Countries: Some Aspects of Energy Use. *Journal of Sustainable Tourism - J SUSTAIN TOUR* 8:410–25. doi: 10.1080/09669580008667376
- Gössling, S., & Peeters, P. (2015). Assessing Tourism's Global Environmental Impact 1900–2050. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(5), 639–59. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1008500>
- Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Ceron, J.-P., Dubois, G., Lehmann, L. V., & Scott, D. (2012). Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management*, 33(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.03.015>
- Gössling, S., Scott, D., & Hall, C. M. (2013). Challenges of tourism in a low-carbon economy. *WIREs Clim Change*, 4, 525-538. <https://doi.org/10.1002/wcc.243>
- Green Key. (2020). Carbon Calculation Tool. Acedido a 8 de julho de 2020, em <https://www.greenkey.global/online-hcmi>
- Grimm, I. J., Prado, L., Giacomitti, R. B., & Mendonça, F. (2012). Alterações climáticas e o turismo: desafios e possibilidades. *Revista Brasileira de Climatologia*, 11, 56-78. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v11i0.29717>
- Haigh, K. F., Abidin, S. Z., Saha, B., & Vladislavljević, G. T. (2012). Pretreatment of Used Cooking Oil for the Preparation of Biodiesel Using Heterogeneous Catalysis. In V. Starov & P. Griffiths (Eds.), *UK Colloids 2011, Progress in Colloid and Polymer Science* (vol. 139, pp. 19–22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28974-3_4
- Hillman, K., Damgaard, A., Eriksson, O., Jonsson, D., & Fluck, L. (2015). Climate benefits of material recycling: inventory of average greenhouse gas emissions for Denmark, Norway and Sweden (Report number: TemaNord 2015:547). Nordic Council of Ministers. doi: 10.6027/TN2015-547
- Hotel Energy Solutions. (2011). Key energy efficiency solutions for SME hotels: Hotel Energy Solutions Project Publication. <https://www.eunwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284415038>
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (s.d.). Ordenamento e Gestão Florestal. <http://www2.icnf.pt/portal/icnf/faqs/ordenamento-e-gestao>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). Climate change 2014: Synthesis Report. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_Front_matters.pdf

- International Tourism Partnership. (2017). Hotel Global Decarbonization Report.
<http://www.green-partner.nl/wp-content/uploads/2018/01/6-ITP-GLOBAL-HOTEL-DECARBONISATION-REPORT-2017.pdf>
- Jain, S., Agarwal, A., Jani, V., Singhal, S., Sharma, P., & Jalan, R. (2017). Assessment of Carbon Neutrality and Sustainability in Educational Campuses (CaNSEC): A General Framework. *Ecological Indicators*, 76, 131–143.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.012>
- Johnson, E. (2008). Disagreement over carbon footprints: a comparison of electric and LPG forklifts. *Energy Policy*, 36, 1569–1573.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.01.014>
- Kent, R. (2018). Carbon Footprinting. In *Energy Management in Plastics Processing* (pp. 387–404). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102507-9.50009-X>
- Lai, J. H. K. (2015). Carbon Footprints of Hotels: Analysis of Three Archetypes in Hong Kong. *Sustainable Cities and Society*, 14, 334–341.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.09.005>
- Larsen, H., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. (2013). Investigating the carbon footprint of a university: the case of NTNU. *Journal of Cleaner Production*, 48, 39–47.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.007>
- Lenzen, M., Sun, Y.Y., Faturay, F., Ting, Y.P., Geschke, A., & Malik, A. (2018). The Carbon Footprint of Global Tourism, *Nature Climate Change* 8, n. 6: 522–28.
<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0141-x>
- Lin, D., Hanscom, L., Martindill, J., Borucke, M., Cohen, L., Galli, A., Lazarus, E., Zokai, G., Iha, K., Eaton, D., & Wackernagel, M. (2019). Working Guidebook to the National Footprint and Biocapacity Accounts. Global Footprint Network.
https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2019/05/National_Footprint_Accounts_Guidebook_2019.pdf
- Liu, Y., & Lu, Y. (2015). The economic impact of different carbon tax revenue recycling schemes in China: a model-based scenario analysis. *Applied Energy*, 141, 96–105.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.032>
- Martín-Cejas, R. R., & Ramírez Sánchez, P. P. (2010). Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: the Case for Lanzarote Island. *Tourism Management*, 31(1), 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.01.007>
- Mulrow, J., Machaj, K., Deanes, J., & Derrible, S. (2019). The State of Carbon Footprint Calculators: An Evaluation of Calculator Design and User Interaction Features. *Sustainable Production and Consumption* 18:33–40. doi: 10.1016/j.spc.2018.12.001.

- Olivier, J. & Peters, J. (2020). Trend in Global CO₂ and GHG Emissions – Summary of the 2019 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2019-report_4068.pdf
- Padgett, J. P., Steinemann, A. C., Clarke, J. H., & Vandenberg M. P. (2008). A Comparison of Carbon Calculators. *Environmental Impact Assessment Review* 28(2):106–15. doi: 10.1016/j.eiar.2007.08.001.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–92. DOI: 10.1126/science.aag0216
- PORDATA. (2019). Resíduos urbanos: total e por tipo de operação de destino. Acedido a 16 de junho 2020.
<https://www.pordata.pt/Portugal/Res%3%adduos+urbanos+total+e+por+tipo+de+op+era%3%a7%3%a3o+de+destino-1105-9534>
- PORDATA. (2020). Consumo de energia elétrica: total e por sector de atividade económica. Acedido a 12 de junho de 2020
<https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+el%3%a9ctrica+total+e+por+sector+de+atividade+econ%3%b3mica-1125-9103>
- Portal da energia. (2004). Energia Solar térmica manual sobre tecnologias, projetos e instalação.
<https://www.portal-energia.com/manual-e-guia-tecnico-de-projecto-e-instalacao-da-energia-solar-termica/>
- Portaria n.º 228/90. (1990). Aprova o Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes. *Diário da República I Série*. N.º 72/1990, de 1990-03-27, 1491 – 1493.
- Portgás. Gás Natural de Referência. (s.d.) Acedido a 16 de junho de 2020, em
<https://www.portgas.pt/index.php?id=486>
- Puig, R., Kiliç, E., Navarro, A., Albertí, J., Chacón, L., & Fullana-i-Palmer, P. (2017). Inventory Analysis and Carbon Footprint of Coastland-Hotel Services: a Spanish Case Study. *Science of the Total Environment*, 595, 244–54. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.245.
- Ramachandra, T. V., Bharath H. Aithal, & K. Sreejith. (2015). GHG Footprint of Major Cities in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 473–495. doi: 10.1016/j.rser.2014.12.036

- Rico, A., Martínez-Blanco, J., Montlleó, M., Rodríguez, G., Tavares, N., Arias, A., & Oliver-Solà, J. (2019). Carbon Footprint of Tourism in Barcelona. *Tourism Management*, 70, 491–504. doi: 10.1016/j.tourman.2018.09.012
- Ritchie, H., & Rose, M. (2020). CO₂ and greenhouse gas emissions. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- Romagosa, F., Giuliotti, S., Esteve, J.F., & Schröder, C. (2018). Tourism and the environment
Tourism and the environment: towards a reporting mechanism in Europe. European Topic Centre on Urban Land and Soil Systems (ETC/ULS). <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-uls/products/etc-uls-report-01-2018-tourism-and-the-environment-towards-a-reporting-mechanism-in-europe>
- Rosselló-Batle, B., Moià, A., Cladera, A., & Martínez, V. (2010). Energy use, CO₂ emissions and waste throughout the life cycle of a sample of hotels in the Balearic Islands. *Energy and Buildings*, 42(4), 547–558. doi: 10.1016/j.enbuild.2009.10.024
- Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050. (2019). Estratégia de longo prazo para a neutralidade carbónica da economia portuguesa em 2050. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf
- Sahar, S. S., Iqbal, J., Ullah, I., Bhatti, H. N., Nouren, S., Habib-ur-Rehman, Nisar, J., & Iqbal, M. (2018). Biodiesel production from waste cooking oil: an efficient technique to convert waste into biodiesel. *Sustainable Cities and Society*, 41, 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.037>
- Scott, D., Gössling S., & Hall, C. M. (2012). International Tourism and Climate Change. *WIREs Climate Change*, 3(3):213–32. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.165>.
- Sridevi, H., Shreejith, K., Ramachandra, T.V. (2014). Comparative analysis of greenhouse gas emissions from major cities of India. *Int. J. Renew. Energy Environ. Eng.* 2 (1), 38–43. https://www.researchgate.net/publication/297716139_Comparative_analysis_of_greenhouse_gas_emissions_from_major_cities_of_India
- Styles, D., Schönberger, H., Martos, J. L. G. (2013). Best environmental practice in tourism sector. EUR 26022 EN. Publications Office of the European Union. doi:10.2788/33972 JRC 82602
- SU Eletricidade. (2019). Origens da eletricidade. Acedido a 16 de junho de 2020, em <https://sueletricidade.pt/pt-pt/page/541/origens-da-eletricidade>
- Thiel, A. (2010). Constructing a strategic, national resource: European policies and the up-scaling of water services in the Algarve, Portugal. *Environmental Management*, 46, 44 e 59. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-010-9498-y>

- Turismo de Portugal. (2019). Turismo em Portugal: 2018.
<https://travelbi.turismodeportugal.pt/pt-pt/Documents/Turismo%20em%20Portugal/turismo-em-portugal-2018.pdf>
- Turismo de Portugal. (2020). Classificação dos Empreendimentos Turísticos. Acedido a 8 de julho de 2020, em
http://business.turismodeportugal.pt/pt/Planear_Iniciar/Licenciamento_Registo_da_Actividade/Empreendimentos_Turisticos/Paginas/classificacao-et.aspx
- UNIFLORESTAS. (2014). Referencial técnico: Produtos Florestais Lenhosos.
<http://unimadeiras.pt/wp-content/uploads/2015/03/Referencial-T%C3%A9cnico-PL-REV-10.pdf>
- United Nations Environment Programme. (2019). Emissions Gap Report 2019. UNEP.
<https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>
- UNWTO - World Tourism Organization, & International Transport Forum (eds.) (2019a). Transport-Related CO₂ Emissions of the Tourism Sector: Modelling Results.
<https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284416660>
- UNWTO - World Tourism Organization, UNEP, & WMO. (2007). Climate Change and Tourism: Davos Declaration. Second International Conference on Climate Change and Tourism.
<http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/decladavose.pdf>
- UNWTO - World Tourism Organization. (2019b). International Tourism Highlights, 2019 Edition. UNWTO, Madrid. <https://doi.org/10.18111/9789284421152>
- Vieira, R., Neto, J., & Silva, A. P. (2008). Radiação solar global anual Portugal Continental: Relatório técnico. Instituto de Meteorologia.
https://www.researchgate.net/publication/332979949_RADIACAO_SOLAR_GLOBAL_ANUAL_PORTUGAL_CONTINENTAL
- Weber, C. L., & Matthews, H. S. (2008). Food Miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science & Technology*, 42(10), 3508–3513.
https://www.researchgate.net/publication/5309941_Food-Miles_and_The_Relative_Climate_Impacts_of_Food_Choices_in_the_United_States
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J. H., & Løkke, S. (2008). Carbon footprint: a catalyst for life cycle assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 12, 3e6.
doi: 10.1111/j.1530-9290.2008.00005.x
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, Nova Science Publishers.
https://www.researchgate.net/publication/247152314_A_Definition_of_Carbon_Footprint

- World Resources Institute. (2004). Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: executive summary: an Accounting and Reporting Standard for Cities. https://files.wri.org/s3fs-public/global_protocol_for_community_scale_greenhouse_gas_emissions_inventory_executive_summary.pdf
- World Wide Fund for Nature. (2018). Living Planet Report - 2018: Aiming Higher. Grooten, M. and Almond, R.E.A. (Eds.). https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/1187/files/original/LPR2018_Full_Report_Spreads.pdf
- World Wide Fund for Nature. (2020). Ecological Footprint. Acedido a 10 de junho de 2020, em https://wwf.panda.org/knowledge_hub/all_publications/ecological_footprint2/
- WRAP – Material Change for a better environmental. (2011). The composition of waste disposed of by the UK hospitality industry: final report. http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/The_Composition_of_Waste_Disposed_of_by_the_UK_Hospitality_Industry_FINAL_JULY_2011_GP_EDIT.54efe0c9.11675.pdf
- Wright, L. A., Kemp, S., & Williams, I. (2011). 'Carbon footprint': towards a universally accepted definition. *Carbon Management*, 2(1), 61–72. doi: 10.4155/cmt.10.39

7. ANEXOS

Anexo I - Indicadores escolhidos no Cenário 1 e 2

Tabela I.1 - Indicadores escolhidos no Cenário 1

	Indicadores	Componente
Entradas	Tereftalato de polietileno, granulado, grau de garrafa {RER} produção APOS, U	Resíduos
	Caixa de papelão ondulado {RER} produção APOS, U	Resíduos
	Vidro de embalagem, verde {RER w / o CH + DE} produção APOS, U	Resíduos
	Suínos para abate, peso vivo {GLO} mercado para APOS, U	Alimentação
	Laranja, qualidade fresca {GLO} mercado de laranja fresca APOS, U	Alimentação
	Arroz não basmati {GLO} mercado de arroz não basmati APOS, U	Alimentação
	Leite de vaca {GLO} mercado para APOS, U	Alimentação
	Mistura de farinha de trigo {RER} produção de mistura de trigo para massa APOS, U	Alimentação
	Café, feijão verde {GLO} mercado de café em grão verde APOS, U	Alimentação
	Batata {GLO} mercado para APOS, U	Alimentação
	Queijo, de leite de vaca, fresco, não curado {GLO} produção de queijo mole com leite de vaca APOS, S	Alimentação
	Água da torneira {Europa sem Suíça} produção de água canalizada com tratamento convencional APOS, U	Água (inc Roupa)
Eletricidade, média tensão {PT} mercado para APOS, U	Eletricidade (inc Roupa)	
Saídas	Metano, fóssil	Combustíveis
	Dióxido de carbono, fóssil	Combustíveis
	Óxidos de nitrogênio, PT	Combustíveis
	Águas residuais, da residência {RoW} tratamento de capacidade 1.1E10l / ano APOS, U	Água (inc Roupa)
	Deposição de RSU, aterro incl. utilização de gás de aterro e tratamento de lixiviado, ES, GR, PT mix EU-27	Resíduos
	Biowaste {RoW} tratamento de resíduos biológicos por digestão anaeróbia APOS, U	Resíduos

Tabela I.2 - Indicadores escolhidos no Cenário 2

	Indicadores	Componente
Entradas	Tereftalato de polietileno, granulado, grau de garrafa {GLO} mercado para APOS, U	Resíduos
	Caixa de papelão ondulado {RER} mercado de caixas de papelão ondulado APOS, U	Resíduos
	Vidro de embalagem, branco {GLO} mercado para APOS, U	Resíduos
	Suínos para abate, peso vivo {GLO} mercado para APOS, U	Alimentação
	Laranja, qualidade fresca {GLO} mercado de laranja fresca APOS, U	Alimentação
	Arroz não basmati {GLO} mercado de arroz não basmati APOS, U	Alimentação
	Leite de vaca {GLO} mercado para APOS, U	Alimentação
	Mistura de farinha de trigo {RER} produção de mistura de trigo para massa APOS, U	Alimentação
	Café, feijão verde {GLO} mercado de café em grão verde APOS, U	Alimentação
	Batata {GLO} mercado para APOS, U	Alimentação
	Queijo, de leite de vaca, fresco, não curado {GLO} produção de queijo mole com leite de vaca APOS, S	Alimentação
	Transporte, carga, veículos comerciais leves {Europa sem Suíça} mercado do transporte, carga, veículos comerciais ligeiros APOS, U	Combustíveis
	Água da torneira {RER} grupo de mercado para APOS, U	Água (inc Roupa)
	Eletricidade, média tensão {PT} mercado para APOS, U	Eletricidade (inc Roupa)
	Calor, central ou pequena escala, gás natural {Europa sem Suíça} mercado do gás natural para aquecimento central ou em pequena escala APOS, U	Combustíveis
Saídas	Metano, fóssil	Combustíveis
	Dióxido de carbono, fóssil	Combustíveis
	Óxidos de nitrogênio, PT	Combustíveis
	Águas residuais, da residência {RoW} tratamento de capacidade 1.1E10l / ano APOS, U	Água (inc Roupa)
	Deposição de RSU, aterro incl. utilização de gás de aterro e tratamento de lixiviado, ES, GR, PT mix EU-27	Resíduos
	Biowaste {RoW} tratamento de resíduos biológicos por digestão anaeróbia APOS, U	Resíduos
	Cartão (tratamento de resíduos) {GLO} reciclagem da placa principal APOS, U	Resíduos
	PET (tratamento de resíduos) {GLO} reciclagem de PET APOS, U	Resíduos
	Vidro de embalagem, branco (tratamento de resíduos) {GLO} reciclagem de vidro de embalagem, branco APOS, U	Resíduos