



Estudo da Pegada de Carbono de uma fábrica de produção de embalagens

RAFAEL DE MATOS FERREIRA DA MOTA SANTOS

julho de 2023



ESTUDO DA PEGADA DE CARBONO DE UMA FÁBRICA DE PRODUÇÃO DE EMBALAGENS

Rafael de Matos Ferreira da Mota Santos

*Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Química, área de especialização Energia e Biorrefinaria*

Orientação:

Dr.^a Florinda Martins – ISEP

Eng.^a Cristina Costa – Colep Packaging

Eng.^a Raquel Passos Miranda – Colep Packaging

10 de Julho de 2023

*“Enjoy the butterflies
Enjoy being naïve
Enjoy the nerves, the pressure, people not knowing your name
All that stuff, because that’s part of it
If you want to stand on the top from day one then there is nothing else to look forward to”
- Daniel Ricciardo*

Agradecimentos

Em primeiro lugar, desejo agradecer à Colep Packaging a possibilidade de realizar um estágio curricular que me permitiu colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos nas diversas unidades curriculares sobre uma temática tão importante como é a pegada de carbono.

Agradeço também à engenheira Cristina todo o apoio prestado ao longo da realização deste projeto enquanto era minha orientadora, mas, também, quando o percurso profissional dela a levou para outro caminho. Todo o apoio, carinho, preocupação e dicas foram interiorizadas e ouvidas com toda a atenção. Fico extremamente feliz por ter a sorte de me ter cruzado contigo!

Também não posso deixar de dar uma palavra de apreço à engenheira Raquel que, apesar de não ser minha orientadora desde o início do estágio, abraçou este desafio de braços abertos, estando sempre disponível a guiar pelo caminho certo. A tua ajuda foi fundamental neste trabalho!

À engenheira Florinda quero agradecer toda a ajuda, críticas construtivas, sugestões e conhecimento transmitido desde o início do estágio.

Quero agradecer à minha família, em geral. À minha mãe, ao meu pai, ao avô Manuel e à avó Helena, em particular, porque se hoje tenho orgulho no que sou devo a vocês. Obrigado por todo o carinho dado ao longo destes 23 longos anos!

Não posso deixar de dar uma palavra de apreço aos meus amigos. Lídia, Lucas, Duro, Guilherme, Manel, Fausto, Catarina, Inês, Tiago, Catarina, Sofia, Mariana e Inês. Se eu digo que estes anos foram os melhores é por vossa causa! Vocês são verdadeiros amigos e sou extremamente grato por vos ter a cada um na minha vida!

Tenho de agradecer, também, à equipa da melhoria contínua da Colep Packaging, às minhas colegas de boleia e a todas as pessoas do segundo piso com quem convivi diariamente porque se desde o momento em que entrei na Colep Packaging me senti em casa muito se deveu a vocês.

Por último, agradecer também a todos os que não mencionei, mas que foram importantes no meu percurso pessoal e profissional.

Um muito obrigado!

Sumário

A indústria petrolífera, que tem como um dos produtos o plástico, e a do ferro e aço são das maiores emissoras mundiais de Gases com Efeito de Estufa (GEE). Assim, atualmente, com as crescentes preocupações ambientais da população, torna-se urgente estudar o impacto ambiental das fábricas produtoras de embalagens de plástico e metal.

Desse modo, a presente dissertação foi realizada na Colep Packaging Portugal e teve como objetivo calcular a pegada de carbono da fábrica referente ao ano de 2022. A avaliação da pegada de carbono foi realizada tendo como linhas orientadoras a metodologia *Greenhouse Gas Protocol* e sempre que possível, foram utilizados os fatores de emissão de origem primária.

A pegada de carbono é dividida em três âmbitos: o primeiro é referente às emissões diretas da empresa relatora; o segundo são emissões indiretas para a produção de energia; o terceiro refere-se a emissões que ocorrem como consequência da atividade da empresa relatora.

É possível afirmar que este mesmo objetivo foi atingido, obtendo-se como resultado 7 408,235 t CO₂ eq de âmbito 1 (7,03%), 2 846,705 t CO₂ eq de âmbito 2 (2,70%) e 95 075,239 t CO₂ eq de âmbito 3 (90,27%). Globalmente, o valor calculado foi 105 330,179 t CO₂ eq.

As categorias que mais contribuíram para este valor da pegada de carbono são os bens e serviços adquiridos, o fim de vida dos produtos vendidos e o consumo de gás natural. Estas três categorias emitiram, em 2022, 87 732,707 t CO₂ eq, o que corresponde a 83,29% das emissões totais da Colep Packaging Portugal.

Para calcular a pegada de carbono foi necessário realizar um inventário, em primeiro lugar, aos tipos de energia consumida. Nestes parâmetros estão incluídos o gás natural, propano, gasóleo, gasolina e líquidos refrigerantes para o âmbito 1 e a eletricidade para o âmbito 2.

Foi também realizado um inventário para o âmbito 3 a todas as matérias-primas, serviços e bens capitais adquiridos, ao transporte a montante (de matérias-primas) e a jusante (de produtos vendidos), aos resíduos gerados no processo produtivo, às viagens de negócios e diárias dos colaboradores, aos bens alugados a montante (veículos de *leasing* e paletes) e a jusante (edifícios), ao processamento dos produtos vendidos e ao fim de vida destes. Também se analisou o uso dos produtos vendidos, os *franchises* da empresa e os investimentos, porém, estas categorias não registaram valores.

De maneira a reduzir o valor da pegada de carbono sugere-se a realização de algumas medidas. Ao todo são 16 de onde se destacam a substituição dos veículos a combustão por elétricos, a utilização de camiões elétricos, a utilização de energia 100% renovável, a utilização de comboios para transporte superior a 250 km, a instalação de painéis solares, o aumento da eficiência energética e a incorporação de reciclado nas embalagens metálicas.

Ao serem implementadas, as 16 medidas permitem reduzir em 54 262,702 t CO₂ eq, o que corresponde a 51,52% do atual valor global.

Palavras-chave: Embalagens metálicas, Embalagens plásticas, Gases com Efeito de Estufa, Pegada de carbono, Sustentabilidade

Abstract

The oil industry, which produces plastic as a byproduct, along with the iron and steel industry, are among the most polluting ones in the world. Therefore, with the plight of pollution and the growing environmental concerns of the population, it becomes urgent to study the environmental impact of plastic and metal packaging factories.

Thus, this dissertation was carried out at Colep Packaging Portugal with the aim of calculating the carbon footprint of the factory for the year 2022. The carbon footprint assessment was conducted following the guidelines of the Greenhouse Gas Protocol methodology, and whenever possible, primary emission factors were used.

Carbon footprint is divided into three scopes: the first refers to the reporting company's direct emissions; the second is indirect emissions for energy production; the third refers to emissions that occur as a result of the reporting company's activity.

It can be stated that this objective was achieved, resulting in 7 408,235 t CO₂ eq for scope 1 (7,03%), 2 846,705 t CO₂ eq for scope 2 (2,70%), and 95 075,239 t CO₂ eq for scope 3 (90,27%). The overall calculated value was 105 330,179 t CO₂ eq.

The categories that contributed the most to this carbon footprint value were the acquisition of goods and services, end-of-life of sold products, and the use of natural gas. These three categories emitted a total of 87 732,707 t CO₂ eq in 2022, which corresponds to 83,29% of the total emissions of Colep Packaging Portugal.

To calculate the carbon footprint, it was necessary to first conduct an inventory of the types of energy consumed. These parameters included natural gas, propane, diesel, gasoline, and refrigerants for scope 1, and electricity for scope 2.

An inventory was also conducted for scope 3, including all purchased goods and services, upstream (raw materials) and downstream (sold products) transportation, waste generated in operations, business travel, employee daily commute, upstream (leasing vehicles and pallets) and downstream (buildings) leased assets, processing of sold products, and end-of-life of these products. The analysis also considered capital goods, use of sold products, company franchises, and investments, but these categories did not register values.

This scope 3 analysis included quantities in various units such as mass, area, volume, distance, and emission factors.

In order to reduce the carbon footprint value, the implementation of several measures is suggested. There are a total of 16 measures, with highlights including the substitution of the current vehicles for electrics, the use of electric lorries, the use of 100% renewable energy, the transportation by rail in distances longer than 250 km, the installation of solar panels, the increase of energy efficiency and the incorporation of 100% recycled content in the metal cans.

When implemented, these 16 measures can reduce 54 262,702 t CO₂ eq, which corresponds to 51,52% of the total value.

Key words: Carbon footprint, Greenhouse gases, Metal packaging, Plastic packaging, Sustainability

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Apresentação da empresa Colep Packaging.....	2
1.3. Tema e objetivos do projeto de estágio.....	2
1.4. Estrutura do relatório	3
2. Sustentabilidade e Pegada de Carbono	5
2.1. Modelos de Sustentabilidade.....	5
2.1.1. Pilares interligados e equitativos	5
2.1.2. Círculos concêntricos	6
2.1.3. Pirâmide.....	6
2.2. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	8
2.3. Sustentabilidade na indústria das embalagens.....	9
2.4. Impactes ambientais.....	10
2.5. Pegada de carbono	12
2.5.1. Gases com Efeito de Estufa.....	12
2.5.2. Metodologias	13
2.5.2.1. Greenhouse Gas Protocol e Science Based Targets Initiative	13
2.5.2.2. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas	19
2.5.2.3. Normas ISO 14064-1 e ISO 14067	19
2.5.2.4. Avaliação do Ciclo de Vida.....	20
3. Colep Packaging	23
3.1. Descrição do processo produtivo das embalagens metálicas	25
3.1.1. Corte Primário	26
3.1.2. Litografia	27
3.1.3. Corte Secundário.....	29
3.1.4. Produção de embalagens	30
3.1.5. Embalamento	33
3.2. Descrição do processo produtivo das embalagens plásticas	34
3.2.1. Insuflação	34
3.2.2. Injeção	35

4. Pegada de carbono	37
4.1. Definição da fronteira do sistema	37
4.2. Metodologia de cálculo desenvolvida.....	39
4.2.1. Âmbito 1.....	39
4.2.2. Âmbito 2.....	44
4.2.3. Âmbito 3.....	47
4.2.4. Resultado global	61
4.3. Calculadora do UNFCCC	62
4.4. Valores do setor de atividade	66
5. Propostas de melhoria	69
5.1. Transportes	69
5.2. Matérias-primas	72
5.3. Processo.....	74
5.4. Âmbito 1.....	76
5.5. Âmbito 2.....	77
5.6. Outras iniciativas	80
5.7. Análise global.....	82
6. Conclusões.....	87
Referências bibliográficas.....	89
Anexos	95
Anexo 1 – Consumos utilizados para o cálculo da pegada de carbono	95
Anexo 2 – Cálculos realizados para o âmbito 2	97
Anexo 3 – Cálculo do fator de emissão ponderado para a folha de Flandres	99
Anexo 4 – Dados relativos à categoria 7 do âmbito 3	101

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Representação esquemática da definição de desenvolvimento sustentável apresentada por Edward Barbier.	5
Figura 2.2 - Representação esquemática da definição de desenvolvimento sustentável como três círculos concêntricos.	6
Figura 2.3 - Representação esquemática da definição de desenvolvimento sustentável em pirâmide.	7
Figura 2.4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.	8
Figura 2.5 - Trajetória de vários índices socioeconómicos e ambientais.	11
Figura 2.6 - Evolução anual do dia de sobrecarga da Terra, desde 1970 até 2022.	12
Figura 2.7 - Esquema geral dos três âmbitos de emissões de GEE.	14
Figura 2.8 - Tipos de Avaliação de Ciclo de Vida existentes.	21
Figura 3.1 - Compromisso de sustentabilidade da Colep Packaging.	23
Figura 3.2 - Esquema representativo da abordagem de Sustentabilidade da Colep Packaging.	23
Figura 3.3 - Abordagem da sustentabilidade da Colep Packaging de dentro para fora.	24
Figura 3.4 - Planta representativa da fábrica da Colep Packaging Portugal.	25
Figura 3.5 - Bobinas de folha de Flandres.	26
Figura 3.6 – Equipamento utilizado para o corte primário da folha de Flandres.	26
Figura 3.7 - Balotes de folha reta depois do corte primário.	27
Figura 3.8 - Sistema termossensível que grava a decoração no transporte.	28
Figura 3.9 - Esquematização da bateria de rolos utilizada na impressão.	28
Figura 3.10 - Esquema do corte secundário.	29
Figura 3.11 - Balote de folha em <i>scroll</i> depois do corte secundário.	29
Figura 3.12 - Exemplos de embalagens metálicas produzidas pela Colep Packaging.	30
Figura 3.13 - Componentes das embalagens industriais.	31
Figura 3.14 - Enrolamento da folha de Flandres.	31
Figura 3.15 - Componentes utilizados num aerossol.	32
Figura 3.16 - Formas intermédias do processo de produção de cúpulas.	33
Figura 3.17 - Montagem dos aerossóis.	33
Figura 3.18 - Paletização do produto acabado.	34
Figura 3.19 - Esquema representativo do processo de moldação por insuflação.	35
Figura 3.20 - Esquema representativo do processo de moldação por injeção.	35
Figura 4.1 - Fronteira geográfica do sistema analisado.	38
Figura 4.2 - Fronteira das categorias analisadas.	39
Figura 4.3 - Secções dos pontos de consumo de gás natural na fábrica da Colep Packaging Portugal.	40
Figura 4.4 - Secções dos pontos de consumo de energia elétrica na fábrica da Colep Packaging Portugal.	45
Figura 4.5 - Fontes da eletricidade consumida pela Colep Packaging Portugal em 2022.	46

Figura 4.6 - Urna e inquérito sobre as viagens diárias dos funcionários colocada na cantina.	55
Figura 4.7 - Representação gráfica da percentagem de todas as categorias na pegada de carbono da Colep Packaging Portugal.	62
Figura 4.8 - Comparação visual das emissões, por âmbitos, dos dois métodos de cálculo utilizados.	64
Figura 5.1 - Diagrama <i>Ishikawa</i> com as várias causas raiz da pegada de carbono escolhidas.	69
Figura 5.2 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas relacionadas com transportes.	72
Figura 5.3 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas sobre matérias-primas.	74
Figura 5.4 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas relacionadas ao processo.	75
Figura 5.5 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas da causa raiz âmbito 1.	77
Figura 5.6 - Estudo realizado para a instalação de painéis solares na Colep Packaging Portugal.	78
Figura 5.7 – Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas sobre o âmbito 2.	79
Figura 5.8 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono relacionadas com outras medidas.	81
Figura 5.9 - Novo embalamento estudado para os componentes de aerossóis.	82
Figura 5.10 - Representação gráfica da pegada de carbono atual e caso se implementassem as medidas propostas.	84
Figura 5.11 - Matriz de esforço impacte das medidas propostas de redução da pegada de carbono.	85

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Potencial de Aquecimento Global para os GEE do Protocolo de Quioto.	13
Tabela 2.2 – Nomenclatura, análise e fronteira mínimas das categorias 1 até à 5 do âmbito 3 do GHGP.....	16
Tabela 2.3 - Nomenclatura, análise e fronteira mínimas das categorias 6 até à 11 do âmbito 3 do GHGP.....	17
Tabela 2.4 - Nomenclatura, análise e fronteira mínimas das categorias 12 até à 15 do âmbito 3 do GHGP.....	18
Tabela 4.1 - Emissões associadas ao consumo de gás natural segundo as faturas mensais e o método de cálculo desenvolvido e a diferença entre ambas.	41
Tabela 4.2 - Horas trabalhadas por cada empilhador utilizado, com informação sobre a potência de cada um.	41
Tabela 4.3 – Horas trabalhadas pelos empilhadores e emissões associadas seccionadas por intervalos de potência das máquinas.	42
Tabela 4.4 - Consumo e emissões devidas à utilização do propano.....	42
Tabela 4.5 - Distâncias percorridas, em km, pelos diferentes tipos de veículos de serviço pertencentes à Colep Packaging em 2022.....	43
Tabela 4.6 - Fatores de emissão dos diferentes tipos de veículos pertencentes à Colep Packaging em 2022.....	43
Tabela 4.7 - Emissões de GEE, em t CO ₂ eq, dos veículos de serviço.	43
Tabela 4.8 - Emissões parciais e global do âmbito 1, em t CO ₂ eq.	44
Tabela 4.9 - Fator de emissão do mix energético em Portugal e o calculado tendo em conta o peso de cada fonte.	46
Tabela 4.10 - Emissões anuais devidas à geração da eletricidade consumida em 2022.....	47
Tabela 4.11 – Quantidade adquirida das 10 matérias-primas mais compradas pela Colep Packaging Portugal em 2022.....	48
Tabela 4.12 - Segundas 10 matérias-primas mais adquiridas pela Colep Packaging em 2022.	49
Tabela 4.13 - Emissões resultantes dos bens e serviços adquiridos.	49
Tabela 4.14 - Emissões devidas à produção de folha de Flandres e dos restantes bens e serviços adquiridos.....	50
Tabela 4.15 – Emissões de GEE devidas à extração e processamento do carvão utilizado como fonte de energia elétrica.....	51
Tabela 4.16 - Produto entre distância e massa transportada por cada meio de transporte a montante e jusante.	52
Tabela 4.17 - Emissões de GEE resultantes do transporte a montante e jusante totais e divididas por cada meio de transporte utilizado.....	52
Tabela 4.18 - Quantidade gerada dos cinco resíduos com maior peso no total e seus destinos.	53

Tabela 4.19 - Emissões de GEE devidas à geração de resíduos em 2022 pela Colep Packaging Portugal.....	53
Tabela 4.20 – Distância percorrida em viagens de negócios em cada intervalo.....	54
Tabela 4.21 - Emissões devidas às viagens de negócios realizadas em 2022.....	54
Tabela 4.22 - Distância percorrida pelos veículos utilizados pelos colaboradores no percurso casa-trabalho-casa em 2022.	56
Tabela 4.23 - Fatores de emissão da DEFRA para os vários tipos de carro e moto.....	56
Tabela 4.24 - Emissões de GEE devidas às viagens diárias dos colaboradores.	57
Tabela 4.25 - Distância percorrida, em km, por cada tipo de viatura de <i>leasing</i> no ano de 2022.	58
Tabela 4.26 - Emissões de GEE devidas ao viagens dos veículos de <i>leasing</i>	58
Tabela 4.27 - Emissões de GEE devidas aos bens alugados a montante.....	58
Tabela 4.28 - Emissões de GEE devidas ao processamento a jusante dos produtos vendidos pela Colep Packaging.	59
Tabela 4.29 - Taxa de reciclagem de cada tipo de resíduo gerado na Colep Packaging Portugal em 2022.....	59
Tabela 4.30 - Emissões de GEE devidas ao fim de vida dos produtos vendidos.....	59
Tabela 4.31 - Emissões de GEE devidas aos bens alugados a jusante.	60
Tabela 4.32 - Emissões de GEE de cada categoria do âmbito 3.	61
Tabela 4.33 - Emissões de GEE de todas as categorias segundo o método de cálculo desenvolvido.	61
Tabela 4.34 - Emissões de GEE segundo o método de cálculo do Climate Neutral Now.	63
Tabela 4.35 - Comparativo dos valores obtidos para os três âmbitos segundo o método de cálculo desenvolvido e a calculadora <i>online</i>	64
Tabela 4.36 - Comparação dos valores obtidos para as diferentes categorias segundo os dois métodos de cálculo utilizados.	65
Tabela 4.37 - Peso, em percentagem, dos três âmbitos no valor total da pegada de carbono das empresas A, B, C e D.	66
Tabela 4.38 - Peso dos âmbitos da pegada de carbono para a Colep Packaging Portugal e a média do setor de atividade e diferença entre os dois.	66
Tabela 5.1 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para os transportes e o impacte, em percentagem, na sua categoria.....	71
Tabela 5.2 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para as matérias-primas e o impacte, em percentagem, na sua categoria.....	73
Tabela 5.3 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para o processo produtivo e o impacte, em percentagem, na sua categoria.....	75
Tabela 5.4 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para o âmbito 1 e o impacte, em percentagem, na sua categoria.....	77
Tabela 5.5 – Valor da redução de GEE das medidas propostas para o âmbito 2 e o impacte, em percentagem, na sua categoria.....	78

Tabela 5.6 – Valor da redução de GEE das medidas propostas para outras iniciativas e o impacte, em percentagem, na sua categoria.....	81
Tabela 5.7 - Impacte de todas as medidas de diminuição de emissões propostas.....	83
Tabela A.1 - Peso de cada fonte da energia elétrica consumida em 2022 por mês.....	97
Tabela A.2 - Consumo mensal de cada fonte de energia elétrica utilizada.	98
Tabela A.3 - Peso de cada fornecedor de folha de Flandres nas compras totais e fator de emissão correspondente.	99
Tabela A.4 - Fator de emissão ponderado para a folha de Flandres.....	100

Lista de Abreviaturas

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida
APA – Agência Portuguesa do Ambiente
CDP – *Carbon Disclosure Project*
CO₂ eq – Dióxido de Carbono equivalente
CV – Impressão Convencional
DEFRA – *Department for Environment, Food & Rural Affairs*
EBITDA – Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização
FE – Fator de Emissão
FO – Fator de Oxidação
GEE – Gases com Efeito de Estufa
GHGP – *Greenhouse Gas Protocol*
GPL – Gás Petrolífero Liquefeito
IA_{reciclagem} – Impacte Ambiental na reciclagem
ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO – Organização Internacional de Normalização
km – Quilómetro
lbs – Libras
LWC – *Lightweight Can*
m – Massa
N/A – Não Aplicável
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONGs – Organizações Não Governamentais
ONU – Organização das Nações Unidas
PAG – Potencial de Aquecimento Global
PCI – Poder Calorífico Inferior
PCS – Poder Calorífico Superior
PIB – Produto Interno Bruto
SBTi – *Science Based Targets Initiative*
UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas
UV – Impressão Ultravioleta
WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*
WRI – *World Resources Institute*
WWF – *World Wildlife Fund*

Nomenclatura química

CO₂ – Dióxido de carbono

CH₄ – Metano

HDPE – Polietileno de Alta Densidade

HFCs – Hidrofluorcarbonetos

NF₃ – Trifluoreto de nitrogénio

N₂O – Óxido nitroso

PET – Politereftalato de Etileno

PFCs – Perfluorocarbonetos

PP – Polipropileno

SF₆ – Hexafluoreto de enxofre

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Este projeto foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular do 2º ano do Mestrado em Engenharia Química, no ramo de Energia e Biorrefinaria do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Foi realizado no departamento de Sustentabilidade e Melhoria Contínua da empresa Colep Packaging Portugal S.A., sediada em Vale de Cambra, em virtude da parceria com o ISEP.

O trabalho de estágio teve uma duração de 10 meses, tendo-se iniciado no dia 20 de Setembro de 2022 e terminado a 31 de Julho de 2023. A carga horária efetuada foi de 8 horas semanais durante o primeiro semestre escolar e 8 horas diárias durante os dias úteis nos restantes meses.

Depois de realizada uma análise à gestão das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) da fábrica em 2021 pelo *EcoVadis* e pelo *Carbon Disclosure Project* (CDP), foram identificadas diversas áreas de melhoria de importância elevada, tais como, definir objetivos de redução das emissões de GEE de âmbito 2 e 3 baseados em análises científicas, implementar um sistema de gestão da qualidade do inventário dos GEE e proceder a uma certificação externa das emissões de GEE.

Assim, este projeto de estágio vem responder a alguns destes objetivos através do cálculo da pegada de carbono da fábrica Colep Packaging Portugal. Este indicador tem também cada vez maior importância para os clientes e acionistas devido às crescentes preocupações ambientais da sociedade e do seu impacto na indústria e no negócio.

Ademais, este projeto de estágio também tem como finalidade servir como um projeto piloto para implementar o cálculo da pegada de carbono nas restantes fábricas da Colep Packaging.

As alterações climáticas são resultado dos comportamentos incorretos da sociedade. A emissão de GEE, o consumo excessivo de recursos naturais e a desflorestação são apenas alguns dos exemplos que levam a problemas ambientais como o aquecimento global, perda de espécies e subida do nível médio da água dos oceanos [1]. Através do cálculo da pegada de carbono nas empresas é possível tirar conclusões sobre que processos podem ser otimizados de maneira a diminuir os efeitos causados no ambiente.

Entre 7% a 9% das emissões anuais de CO₂ libertadas para a atmosfera no ano de 2020 deveram-se à produção de aço [2]. Porém, as embalagens de aço são as mais fáceis de reciclar graças às suas propriedades magnéticas e este é considerado um material permanente pois as suas características permanecem inalteradas no processo [3]. O processo de reciclagem do aço não requer investimento uma vez que é reinserido na cadeia de produção das fundições, logo, assim, com uma economia circular, é possível diminuir a energia e materiais consumidos, bem como as emissões de CO₂ libertadas e os resíduos gerados [4].

1.2. Apresentação da empresa Colep Packaging

A Colep Packaging Portugal S.A. foi fundada a 1 de Julho de 2021 em resultado da cisão da empresa Colep Portugal S.A [5].

Em 1965 o comendador Ilídio Pinho fundou a empresa Colep com o intuito de produzir embalagens metálicas decorativas. Nos anos seguintes, a sua atividade foi ampliada passando a produzir embalagens metálicas de aerossóis, alimentares e industriais. Continuando o processo de expansão, anos mais tarde, a Colep começou a produzir embalagens plásticas e a realizar o enchimento de aerossóis. Atualmente, devido à cisão mencionada anteriormente, este último negócio está entregue à Colep Consumer Products S.A. [5], [6].

No ano 2000 o Grupo RAR adquiriu a totalidade da Colep, tornando-a na líder ibérica de embalagens industriais e uma das mais importantes produtoras de aerossóis a nível europeu. No ano de 2022 a Colep Packaging entrou no negócio de embalagens de alumínio depois de adquirir 40% da empresa ALM Envases, sediada em Barcelona, Espanha [5].

A Colep Packaging conta com quase 700 colaboradores e está presente em várias geografias: Vale de Cambra, em Portugal, Navarra e Barcelona, em Espanha, e Kleszczów, na Polónia [5].

1.3. Tema e objetivos do projeto de estágio

A Terceira Revolução Industrial começou aproximadamente em 1950, após a Segunda Guerra Mundial, e levou a um desenvolvimento social, económico e científico enorme.

Este desenvolvimento sem precedentes levou a uma procura crescente pelos recursos naturais de maneira a satisfazer as necessidades da população, o que originou uma depleção dos ecossistemas.

Ademais, o aumento da indústria provocou um aumento da libertação de GEE e outros poluentes, resultando em várias alterações climáticas como o aumento da temperatura média anual ou o buraco na camada de ozono [7].

As embalagens são necessárias para o dia a dia das pessoas, pois garantem que os produtos chegam nas condições ótimas de qualidade, higiene e segurança ao consumidor final. Ao mesmo tempo, são essenciais para promover a imagem da marca, garantindo uma boa experiência ao consumidor. Por outro lado, também é necessário pensar na conformidade da embalagem durante a utilização, reutilização, reciclagem e descarte [5].

Sendo a indústria do aço uma das maiores emissoras de GEE a nível mundial e o plástico um derivado do petróleo que se desintegra em microplásticos e polui drasticamente os *habitats*, torna-se imperativo estudar o impacto ambiental de uma fábrica produtora de embalagens metálicas e plásticas [8], [9].

Assim, este projeto de estágio tem como objetivo principal calcular e analisar a pegada de carbono da fábrica Colep Packaging Portugal como primeiro passo para o cálculo da pegada ambiental.

Para atingir este mesmo objetivo é necessário analisar o processo produtivo da fábrica recorrendo à realização de um inventário das entradas e saídas.

Seguidamente, é imprescindível realizar um cálculo preliminar da pegada de carbono. Uma das opções é utilizar a ferramenta de cálculo *Greenhouse Gas Protocol* (GHGP) e comparar com os cálculos realizados com recurso a fatores de emissão fornecidos pelos fornecedores ou, no caso de não existirem, recorrendo a bases de dados.

Por fim, é fundamental realizar uma análise aos resultados obtidos e elaborar uma lista com propostas de melhorias processuais e/ou estruturais para reduzir a pegada de carbono.

1.4. Estrutura do relatório

Este relatório está dividido em 6 capítulos. Neste primeiro faz-se um enquadramento do projeto de estágio, bem como uma exposição do tema e objetivos do mesmo e apresentação da empresa acolhedora.

No segundo capítulo são abordados alguns temas chave necessários à elaboração do relatório, tais como a pegada de carbono e as metodologias para o cálculo da mesma.

No terceiro capítulo é apresentado em detalhe o processo produtivo das embalagens metálicas e plásticas da Colep Packaging. O quarto capítulo é destinado ao cálculo da pegada de carbono através das metodologias selecionadas.

No quinto e sexto capítulos são apresentadas, respetivamente, propostas de melhoria para reduzir o impacto ambiental da fábrica e as principais conclusões tiradas a partir do projeto desenvolvido.

2. Sustentabilidade e Pegada de Carbono

2.1. Modelos de Sustentabilidade

2.1.1. Pilares interligados e equitativos

O desenvolvimento sustentável foi definido em 1987 pela Organização das Nações Unidas (ONU) como “a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades” [10].

Nesse mesmo ano, Edward Barbier procedeu a um aprofundamento da definição de sustentabilidade apresentada pela ONU assente em três pilares interligados e equitativos: ambiente, sociedade e economia, como representado na Figura 2.1 [11].

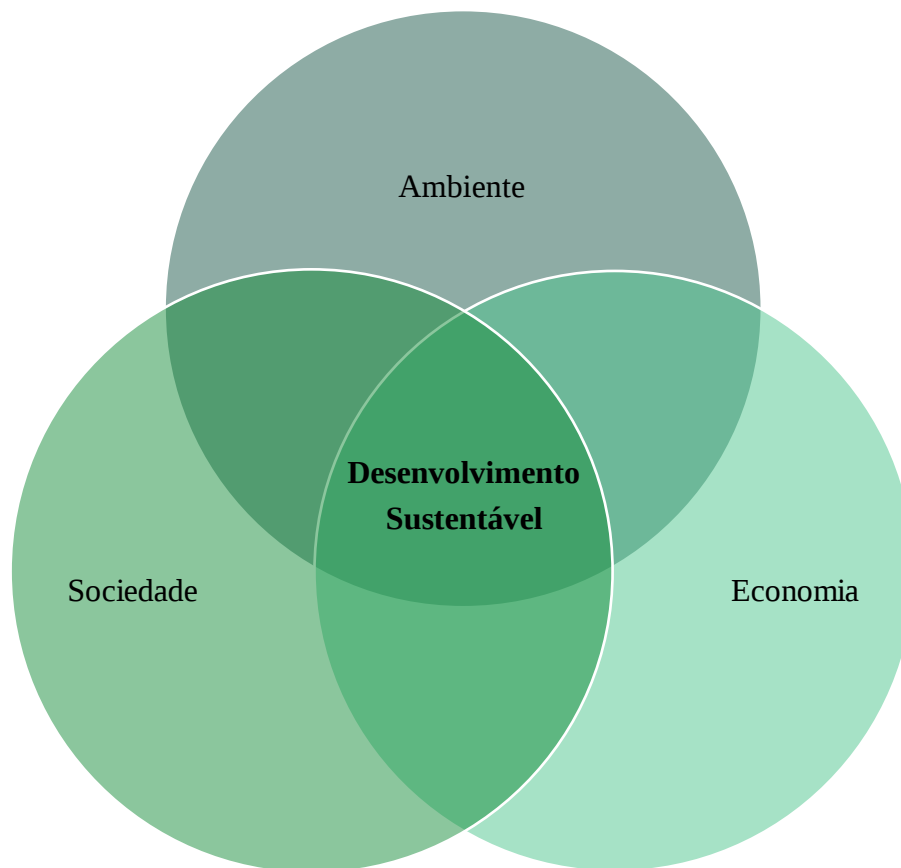


Figura 2.1 - Representação esquemática da definição de desenvolvimento sustentável apresentada por Edward Barbier (Adaptado de [11]).

Cada pilar tem indicadores e propósitos próprios apresentados de seguida.

No pilar ambiente estuda-se o capital natural e a finalidade é melhorar a resiliência ecológica. Assim, são avaliados indicadores e elementos como, por exemplo, pegada de carbono, pegada hídrica, acidificação, ciclo de vida do produto, consumo de energia elétrica a partir de fontes renováveis e eficiência energética [11].

O pilar social tem como propósito fundamental elevar a equidade social através de pontos fundamentais como emprego, igualdade, saúde mental e física, segurança, educação, relação com os fornecedores e interação com a comunidade local [11].

O pilar económico passa por melhorar a eficiência da utilização dos recursos e é analisado através de vários indicadores, tais como, fundo de maneo e respetivas necessidades, lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização (EBITDA), endividamento, liquidez geral e reduzida e valor acrescentado bruto [12].

A sustentabilidade resulta da integração destes três pilares alcançando o progresso económico, sem provocar degradação ambiental e promovendo o desenvolvimento da sociedade.

2.1.2. Círculos concêntricos

Uma definição de desenvolvimento sustentável que pode ser considerada como outra visão da tridimensionalidade é o caso apresentado na Figura 2.2 onde as dimensões ambiental, social e económica apresentam-se como três círculos concêntricos [13].

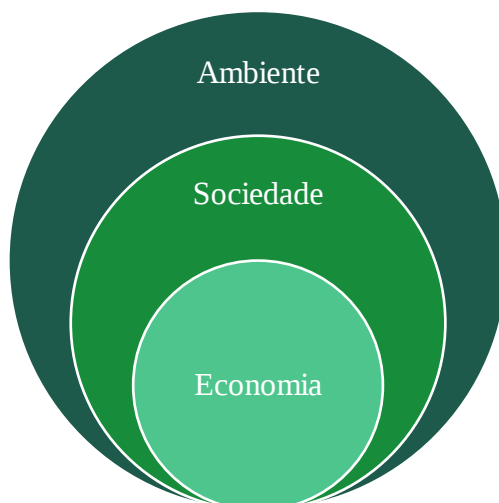


Figura 2.2 - Representação esquemática da definição de desenvolvimento sustentável como três círculos concêntricos (Adaptado de [13]).

Para este modelo, no topo das prioridades deve estar a preocupação ambiental e, só quando esta estiver definida, é que se deve focar nas preocupações sociais. Do mesmo modo, apenas será possível focar-se na economia depois de assegurada a parte social [13].

Isto sugere que a dimensão económica pertence à social e esta, por sua vez, à ambiental. Apenas com uma relação de simbiose entre todas as dimensões é possível atingir um desenvolvimento sustentável uma vez que todas fazem parte de um bem comum [13].

2.1.3. Pirâmide

Outra definição de desenvolvimento sustentável passa por considerar um esquema em pirâmide, apresentado na Figura 2.3 que serve como uma hierarquia onde na base se encontram as prioridades a responder para se atingir um desenvolvimento sustentável enquanto no topo estão os problemas que serão atendidos depois, em consequência dos primeiros [14].

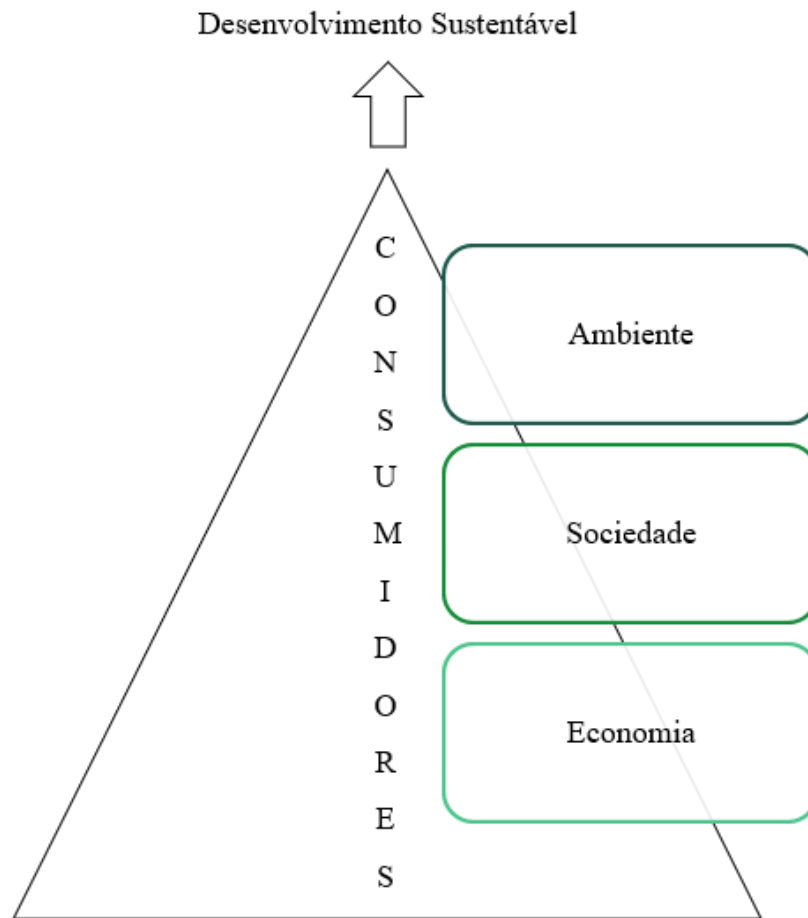


Figura 2.3 - Representação esquemática da definição de desenvolvimento sustentável em pirâmide (Adaptado de [14])

Este modelo em pirâmide mostra as três dimensões do desenvolvimento sustentável numa hierarquia usada para persuadir a mudança no comportamento desejado dos consumidores, foco central do modelo. Assim, na base da pirâmide encontra-se a dimensão económica do desenvolvimento sustentável uma vez que a raiz dos problemas relacionados com este tema é o consumo insustentável, causado pelos consumidores [14].

De maneira a antever a futura legislação ambiental mais apertada, existem acionistas que têm preocupações ambientais e estão dispostos a obter produtos menos poluentes, bem como melhorar a eficiência ecológica do processo produtivo e da cadeia de transporte. Apesar dos custos iniciais inerentes à transição energética, a longo prazo, estes irão ser superados pelos benefícios [15].

Porém, a maioria dos consumidores, está mais suscetível a mudanças que tenham um efeito imediato neles mesmos. Assim, o valor económico dum serviço ou produto é o fator decisivo e que deve ser priorizado antes de se querer uma preocupação social e ambiental por parte do consumidor. Com isto é esperado incentivar as empresas a oferecer produtos e serviços mais sustentáveis em todo o espetro de preços [14].

Os produtos que as empresas oferecem aos consumidores devem ser de tal forma que nenhum consumidor tenha de optar por um produto mais económico em detrimento da sua sustentabilidade. Ou seja, o consumidor não pode ter hipótese de "errar" na compra pois todos

os produtos à sua disposição são sustentáveis, o que determina o seu custo são fatores como a qualidade, marketing da marca, entre outros, no entanto, a sua sustentabilidade não está nunca em causa.

2.2. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Em 2015, de maneira a tornar o mundo mais sustentável nos três aspetos da palavra, a ONU desenvolveu a Agenda 2030, constituída pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), aprovada por 193 países.

Estes ODS estão enumerados na Figura 2.4 e vêm substituir os 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milénio, criados no ano 2000, considerados incompletos e desadequados à sociedade atual [16].



Figura 2.4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [16].

Estes ODS são as prioridades e aspirações dos países para se atingir um desenvolvimento sustentável em todo o mundo. Estes objetivos são independentes entre si e igualmente importantes [10].

Este projeto de estágio contribui para os objetivos 7 – “Energias renováveis e acessíveis”, 9 – “Indústria, inovação e infraestruturas”, 12 – “Produção e consumo sustentáveis”, 13 – “Ação climática” e 17 – “Parcerias para a implementação dos objetivos”.

Tendo este projeto como iniciador, é possível atingir posteriormente algumas metas do objetivo 7, tais como, aumentar a participação de energias renováveis na quantidade total de energia consumida; duplicar a taxa de eficiência energética; facilitar o acesso a tecnologias consideradas limpas [10].

Promover a industrialização sustentável, aumentando a eficiência dos recursos e fortalecer a investigação científica são algumas das metas que podem ser utilizadas como meios para alcançar o objetivo 9 “Indústria, inovação e infraestruturas” [10].

O objetivo 12 também está abrangido por este projeto através de uma promoção do uso eficiente dos recursos naturais para alcançar a gestão sustentável, promovendo a redução dos resíduos derivados do processo industrial e do desperdício alimentar devido a um dos propósitos da embalagem ser a segurança do seu conteúdo [10].

Através da delineação de um plano de ação de mitigação das alterações climáticas, passando, em grande parte, pela redução das emissões de GEE para a atmosfera, é possível contribuir para o objetivo 13 – “Ação climática” [10].

Finalmente, é possível cumprir várias metas para ajudar ao cumprimento do objetivo 17. São elas a parceria entre a instituição de ensino frequentada e a empresa acolhedora do estágio e a promoção da coerência das políticas para o desenvolvimento sustentável [10].

A ONU acredita que “os ODS têm a capacidade de desencadear inovação, crescimento económico e desenvolvimento a uma escala sem precedentes”. Assim, visto este ser um problema global e urgente, é necessário o comprometimento de toda a sociedade, passando por empresas e governos [10].

2.3. Sustentabilidade na indústria das embalagens

O propósito duma embalagem é transportar um produto desde o seu produtor até ao consumidor tendo em consideração vários pontos, tais como, assegurar a higiene, segurança e qualidade do conteúdo, reduzindo o desperdício. Também se torna fundamental garantir a eficiência, segurança e eficácia dos processos durante o transporte, manuseamento e armazenamento e garantir uma boa interação entre embalagem, produto, componentes e máquinas. Melhorar a visibilidade da marca, promovendo o produto na comunicação com o consumidor, assegurando a transparência da informação entre produto, empresa e cadeia de valor também é imperativo [5].

Para o propósito de cada produto embalado podem-se utilizar vários materiais na embalagem. Alguns exemplos de materiais utilizados são metal, como folha de Flandres ou alumínio, plástico de origem fóssil ou biológica, como politereftalato de etileno (PET), polipropileno (PP), vidro ou cartão.

Para definir qual o material mais sustentável não existe uma simples decisão de “bom ou mau”, mas, pelo contrário, é necessário fazer uma ponderação recorrendo a vários indicadores como a pegada de carbono, os resíduos gerados ou a reciclabilidade, uma vez que todos os materiais possuem pontos positivos e negativos e diferentes impactes ao longo do seu ciclo de vida.

Ao mesmo tempo, os materiais possuem diferentes custos e proporcionam diferentes experiências ao consumidor, conferindo uma ideia de maior ou menor qualidade. Também é necessário ter em conta que nem todos os materiais são próprios para acondicionar todos os

tipos de produtos, logo isso também se torna um ponto a ter em conta na escolha do material a utilizar na embalagem.

Por exemplo, os materiais metálicos são considerados permanentes e as suas características permanecem inalteradas no processo de reciclagem [3]. Também são indicados para a utilização em produtos alimentares, gerando pouco desperdício alimentar, mas têm uma pegada de carbono elevada associada à sua produção, devido à fundição e extração dos minérios [3].

Os materiais plásticos, por outro lado, têm uma perceção negativa por parte dos consumidores devido à sua degradação em microplásticos, um enorme poluente de *habitats* [17]. Porém, por serem mais leves, possuem uma pegada ambiental associada ao transporte mais pequena.

Esta dicotomia permanece verificável nas embalagens de cartão e de vidro. As primeiras são leves e facilmente recicláveis, porém o seu uso em produtos alimentares que não são secos não é aconselhado e têm uma reduzida resistência aos agentes meteorológicos e físicos. Já as segundas são adequadas para produtos alimentares líquidos e são facilmente recicláveis, mas muito pesadas e com uma resistência baixa à desintegração se o fim de vida não for o correto.

Várias empresas de produção de embalagens utilizam os ODS como indicadores e pressupostos a atingir no futuro em termos de sustentabilidade. Devido às diferenças no material da embalagem e diferentes importâncias para os vários acionistas existem variações em termos de ODS definidos, porém, são muitos os comuns [18]–[22].

Os que são mencionados nos relatórios de sustentabilidade analisados são o 9 – Indústria, inovação e infraestruturas; 12 – Produção e consumo sustentáveis; 13 – Ação climática [18]–[22].

Ao comprometerem-se com estes ODS as empresas asseguram o cumprimento de várias metas essenciais para se atingir o desenvolvimento sustentável, tais como, fortalecer a investigação científica em alternativas de energia limpa, promover o uso eficiente dos recursos naturais e reduzir as emissões de GEE para a atmosfera [10].

Também é importante para estas empresas possuírem uma certificação relacionada com a sustentabilidade. Assim, várias realizam avaliações através do CDP, do *EcoVadis* ou da *Sedex*, que são instituições que avaliam o programa de sustentabilidade de empresas, servindo como um ponto de comparação em relação a este tópico no mercado [18]–[22].

2.4. Impactes ambientais

Como mencionado no capítulo anterior, após a Terceira Revolução Industrial, o mundo cresceu de forma desmedida tanto a nível económico como social. Porém, um crescimento infinito e exponencial num planeta com recursos finitos é insustentável.

Em apenas 30 anos, de 1930 a 1960, a população mundial cresceu 1 bilião, quando tinham sido necessários cerca de 1800 anos para atingir este valor pela primeira vez. Para crescer mais um bilião foram necessários 15 anos (1974) e para crescer outro mais 13 (1987)

[23]. Ainda assim, é previsível que este ritmo de crescimento abrande, sendo que as últimas previsões são que a partir de 2025 a população aumente a um nível inferior ao linear [23].

Este crescimento desmedido deveu-se não apenas ao aumento da fertilidade como à diminuição da mortalidade infantil e ao aumento da esperança média de vida. Índices que só foram possíveis devido ao desenvolvimento tecnológico célere a que se assistiu neste século, como são os casos da vacina da poliomielite, a melhoria da alimentação e a segurança alimentar através da água potável e do saneamento [24].

Com um maior número de habitantes na Terra, aumenta, claro está, o volume de vendas das empresas. Este fator aliado, também, ao desenvolvimento tecnológico dos setores automóveis, energético, da construção e da radiodifusão e ao aparecimento de novas indústrias como eletrónica, aeronáutica, química e bioquímica levou a um aumento nunca visto da produtividade [24]. Assim, o Produto Interno Bruto (PIB) real mundial no século XX aumentou 19 vezes [24].

Porém, este crescimento teve consequências tanto ambientais como socioeconómicas.

O aumento da população humana conduziu a uma procura crescente dos recursos naturais – água, alimentos, materiais e floresta –, resultando na sua depleção e na degradação dos ecossistemas, o que levou a um aumento dos GEE na atmosfera.

O aumento do poder de compra fez com que o automóvel e as viagens de avião se tornassem mais acessíveis, que, aliado a um consumismo geral, levou, também, a um aumento dos GEE na atmosfera.

O resultado de todas estas ações são alterações climáticas como o aumento da temperatura da Terra, a subida do nível médio de água nos oceanos ou a perda de espécies, como ilustrado na Figura 2.5 [25].

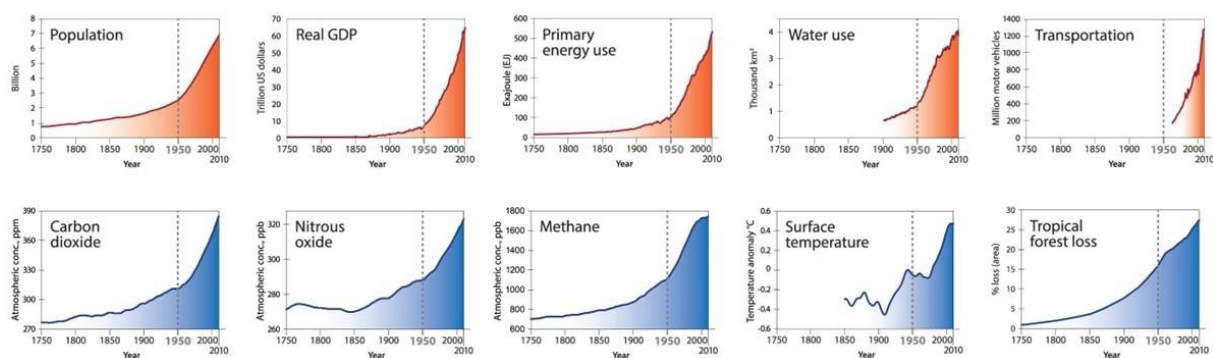


Figura 2.5 - Trajetória de vários índices socioeconómicos e ambientais [25].

Atualmente é calculado o dia de sobrecarga da Terra que marca a data em que a procura humana pelos recursos e serviços ecológicos excede o potencial de regeneração do planeta. Este dia tem sido cada vez mais cedo, como ilustra a Figura 2.6, sendo que para o ano de 2022 os recursos naturais da Terra foram esgotados no dia 28 de Julho [26], [27].

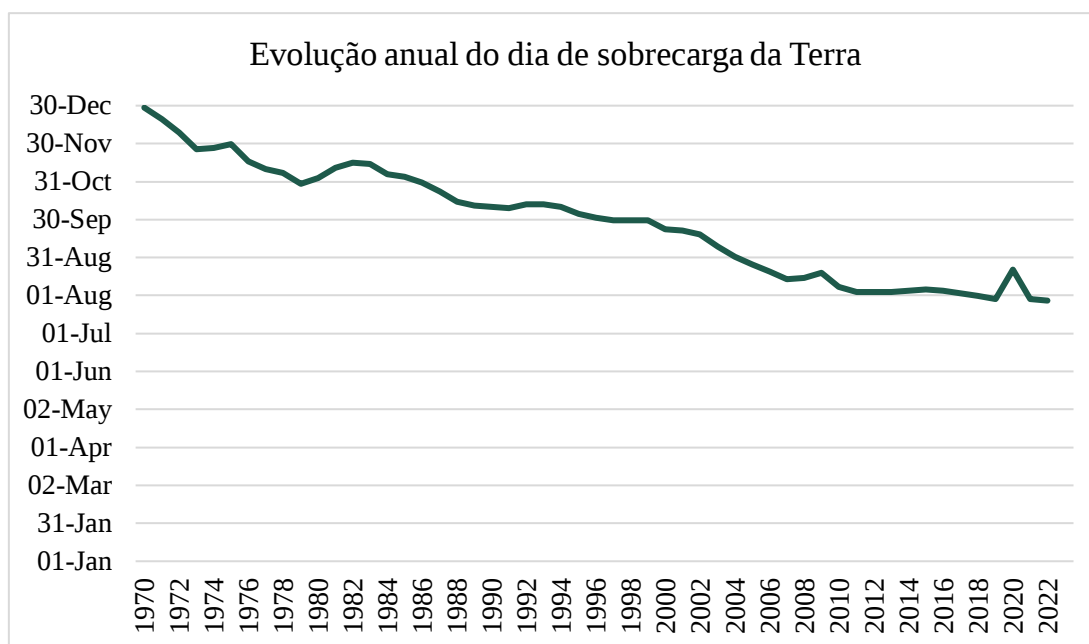


Figura 2.6 - Evolução anual do dia de sobrecarga da Terra, desde 1970 até 2022 (Adaptado de [27]).

2.5. Pegada de carbono

2.5.1. Gases com Efeito de Estufa

A pegada de carbono é a medida de todos os GEE libertados por uma determinada pessoa ou empresa durante um período devido à sua atividade direta e indireta, sendo que, usualmente, é calculada para o intervalo de tempo de um ano [28].

Os GEE contabilizados em Portugal são os considerados como tal pelo Protocolo de Quioto em 1997, ou seja, o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorocarbonetos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6) [29], [30].

Devido à contabilização e obrigatoriedade de redução dos GEE alguns foram substituídos no seu uso. Um exemplo é o trifluoreto de nitrogénio (NF_3) que começou a ser utilizado na indústria eletrónica ao invés de PFCs e do SF_6 [31].

Mais recentemente, em 2012, o NF_3 também começou a ser considerado GEE pelo Protocolo de Quioto no seu segundo período de compromisso, porém, em Portugal, nos termos do n.º 1 do 2.º artigo, as alíneas c) e q) do artigo 3.º e o n.º 1 do artigo 8.º do Decreto de Lei n.º 12/2020 de 6 de Abril, ainda se contabilizam apenas os seis GEE originais [30], [32].

De maneira a padronizar as unidades da pegada de carbono, o seu valor é apresentado em termos de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2 \text{ eq}$), ou seja, o Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos outros GEE do Protocolo de Quioto é convertido na quantidade de CO_2 que seria necessária para causar o mesmo efeito nefasto no meio ambiente [28], [31], [33]. Por exemplo, o PAG do CH_4 é 27,9 vezes superior ao do CO_2 , logo pode-se dizer que libertar 1 kg de CH_4 corresponde a libertar 27,9 kg de $\text{CO}_2 \text{ eq}$ [34]. Os valores mais recentes de $\text{CO}_2 \text{ eq}$ para cada GEE estão apresentados na Tabela 2.1 [34].

Tabela 2.1 - Potencial de Aquecimento Global para os GEE do Protocolo de Quioto (Adaptado de [34]).

Gás com Efeito de Estufa (GEE)	Potencial de Aquecimento Global (CO ₂ eq) [34]
Dióxido de carbono (CO₂)	1
Metano (CH₄)	27,9
Óxido nitroso (N₂O)	273
Hidrofluorcarbonetos (HFCs)	0,005 – 14 600
Perfluorcarbonetos (PFCs)	0,004 – 12 400
Hexafluoreto de enxofre (SF₆)	25 200
Trifluoreto de nitrogénio (NF₃)	17 400

2.5.2. Metodologias

2.5.2.1. Greenhouse Gas Protocol e Science Based Targets Initiative

Os *Science Based Targets Initiative* (SBTi) são uma parceria entre o CDP, a *United Nations Global Compact*, o *World Resources Institute* (WRI) e o *World Wildlife Fund* (WWF) e têm como principal propósito ajudar as empresas a estabelecer objetivos de longo prazo de contenção do aumento da temperatura média global consideravelmente abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais ou não ultrapassar 1,5 °C esses mesmos níveis [35].

Esta ajuda é realizada através de medidas baseadas em dados científicos. A empresa submetida aos SBTi passa por um processo até ser certificada com os objetivos declarados, ficando estes posteriormente disponibilizados para consulta pública [35].

Esta iniciativa associou-se ao *Greenhouse Gas Protocol* (GHGP) de maneira a facilitar e normalizar o cálculo da pegada de carbono realizado pelas empresas submetidas [35].

O GHGP é uma iniciativa conjunta do WRI e do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Esta metodologia foi criada em 1998 e desde aí tem atraído empresas, governos, organizações não governamentais (ONGs) e associações industriais no estabelecimento de limites e medidas de gestão dos seus GEE [31].

Este método de cálculo divide a pegada de carbono em três âmbitos distintos tendo em conta a atividade direta e indireta de modo a tornar mais fácil à organização atuar de maneira a reduzi-la. Estes três âmbitos estão explicados de seguida.

Âmbito 1

As emissões de âmbito 1 são definidas como “provenientes de operações controladas ou adquiridas pela empresa”, ou seja, são geradas diretamente pela empresa e também são chamadas de emissões diretas [31], [36]. São divididas em quatro setores:

- Combustão estacionária – fontes de emissão que consomem combustível sólido, líquido ou gasoso para a geração de eletricidade, calor ou vapor e emitem GEE na sua queima, como são caldeiras, fornos ou incineradores [31], [36]–[38];

- Combustão móvel – emissão de GEE devido à combustão em todos os veículos pertencentes à empresa [31], [36]–[38];
- Emissões fugitivas – resultado de libertações intencionais ou não de GEE, como são os casos das emissões de HFCs de unidades de ar condicionado e fugas em condutas ou juntas [31], [36]–[38];
- Emissões processuais – consequência da atividade processual da empresa, como na indústria petroquímica, na fundição de ferro ou na produção de cimento [31], [36]–[38].

Âmbito 2

Estas são emissões indiretas, ou seja, não são geradas na empresa e devem-se à “geração de eletricidade, vapor, aquecimento ou arrefecimento adquiridos ou comprados pela empresa” [31]. Estas formas de energia podem ser utilizadas no processo produtivo da empresa, como é o caso da utilização de equipamentos elétricos e injeção de vapor para pasteurização. Podem corresponder também a iluminação dos espaços de trabalho ou do carregamento das baterias de empilhadores e carros elétricos que pertençam à empresa [31], [36].

Âmbito 3

Neste âmbito estão contabilizadas as emissões indiretas que “ocorrem como consequência da atividade da empresa, e que são geradas na cadeia de valor da mesma”. Alguns exemplos de emissões que caem neste âmbito são as libertadas no transporte de matérias-primas e produtos por veículos não pertencentes à empresa, nas viagens dos colaboradores de sua casa ao posto de trabalho e vice-versa ou no tratamento de resíduos gerados pelo processo produtivo [31], [36]–[38].

Na Figura 2.7 encontra-se um esquema geral representativo dos três âmbitos de emissões de GEE com exemplos de ações que contribuem para cada um [31].

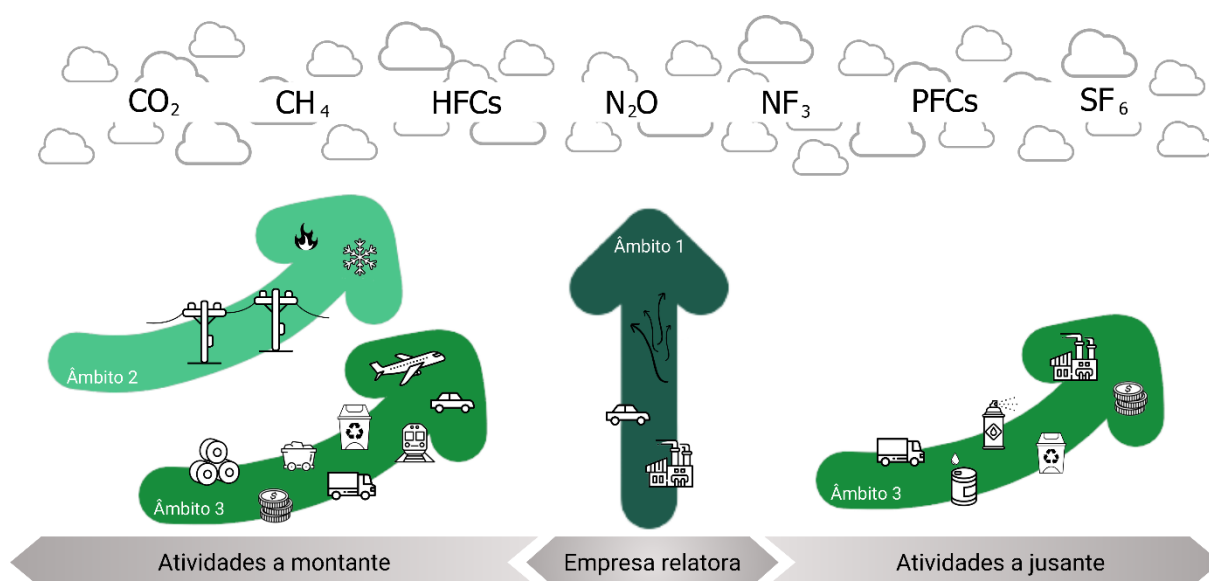


Figura 2.7 - Esquema geral dos três âmbitos de emissões de GEE (Adaptado de [31]).

Os métodos de cálculo do GHGP auxiliam para as emissões de GEE dos três âmbitos e seguem o mesmo método de cálculo, apresentado na Equação 2.1, havendo diferenças nas unidades dos fatores de emissão tendo em conta o material a ser analisado [39].

$$Emissões = Consumo \times Fator\ de\ emissão \quad \text{Equação 2.1}$$

Esta equação não apresenta as unidades de cada termo porque é genérica e será utilizada ao longo deste relatório, salvaguardando as possíveis diferenças que possam existir nas unidades do consumo. As emissões geradas serão sempre apresentadas em massa de CO₂ eq e o fator de emissão terá como unidades a razão entre a massa de CO₂ eq e a unidade de volume, massa ou distância do consumo.

De maneira a obter um valor que englobe todos os GEE contabilizados em Portugal pode-se recorrer a outros métodos de cálculo como é o apresentado na Equação 2.2, utilizado pelos fornecedores de energia [40].

$$Emissões = \frac{FE \times FO \times PCI \times Consumo}{PCS} \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde,

Emissões (kg CO₂ eq)

FE – Fator de emissão (kg CO₂ eq/GJ)

FO – Fator de oxidação

PCI – Poder Calorífico Inferior (GJ/Nm³)

Consumo (kWh)

PCS – Poder Calorífico Superior (kWh/Nm³)

Para o gás natural o fator de emissão tem valor 56,6 kg CO₂ eq/GJ e o fator de oxidação 0,995 [40].

Também é possível calcular o resultado exato através da equação química das queimas que ocorrem durante o processo. Depois, recorrendo a uma estequiometria e sabendo a quantidade anual de combustíveis utilizados é possível saber a quantidade de GEE libertados num ano de atividade. Por fim, recorrendo à conversão do potencial de aquecimento global de cada um dos sete gases de Quioto da Tabela 2.1 é possível descobrir as emissões em CO₂ eq.

Para as emissões de GEE de âmbito 2 o método de cálculo fornecido pelo GHGP também se baseia na Equação 2.1. O cálculo destes GEE libertados pode ser realizado de duas maneiras distintas: através de um método de cálculo baseado na localização das fábricas da empresa onde se tem por base os fatores médios de emissão de geração de energia para essas localizações geográficas ou baseado no mercado onde se tem por base os fatores de emissão de cada fornecedor de energia [31].

As emissões de GEE de âmbito 3 são divididas em quinze categorias, oito consideradas a montante da atividade da empresa e sete a jusante, apresentadas na Tabela 2.2, Tabela 2.3 e Tabela 2.4 [31].

Tabela 2.2 – Nomenclatura, análise e fronteira mínimas das categorias 1 até à 5 do âmbito 3 do GHGP [31].

Categoria	Nomenclatura	Análise	Fronteira mínima
1	Bens e serviços adquiridos	Extração, produção e transporte de mercadorias e serviços comprados ou adquiridos pela empresa, não incluídos nas categorias 2 até 8	Todas as emissões a montante desde o berço até ao portão de todos os bens e serviços adquiridos
2	Bens capitais	Extração, produção e transporte de bens capitais comprados ou adquiridos pela empresa	Todas as emissões a montante desde o berço até ao portão de todos os bens capitais adquiridos
3	Atividades relacionadas com combustível e energia	Extração, produção e transporte de combustíveis ou energia comprados ou adquiridos pela empresa	Para as emissões de GEE devido à produção de combustíveis e eletricidade são necessárias todas as emissões a montante desde a extração do material cru até ao ponto da sua combustão. Para as perdas de transporte e distribuição (T&D) são necessárias todas as emissões a montante desde o berço até ao portão da energia consumida nestes sistemas, incluindo emissões da combustão
4	Transporte e distribuição a montante	Transporte e distribuição dos produtos adquiridos pela empresa entre os fornecedores diretos e a empresa em veículos e instalações não pertencentes à empresa	As emissões de âmbito 1 e 2 das empresas de T&D que ocorrem durante o uso de veículos para as instalações da empresa relatora
5	Resíduos gerados em operações	Descarte e tratamento de resíduos gerados pela empresa relatora em instalações pertencentes à empresa de tratamento de resíduos	Emissões de âmbito 1 e 2 das empresas de tratamento de resíduos que ocorrem durante o descarte e tratamento dos resíduos gerados pela empresa relatora

Tabela 2.3 - Nomenclatura, análise e fronteira mínimas das categorias 6 até à 11 do âmbito 3 do GHGP [31].

Categoria	Nomenclatura	Análise	Fronteira mínima
6	Viagens de negócios	Transporte de funcionários para atividades relacionadas com negócios em veículos não pertencentes ou operados pela empresa relatora	Emissões de âmbito 1 e 2 que ocorrem durante o uso dos veículos pelas empresas de transportes devido ao transporte dos funcionários da empresa relatora
7	Viagens diárias dos trabalhadores	Transporte dos funcionários entre as suas casas e os seus locais de trabalho em veículos não pertencentes ou operados pela empresa	Emissões de âmbito 1 e 2 dos veículos dos funcionários que ocorrem no trajeto casa-trabalho e trabalho-casa
8	Bens alugados a montante	Operação de bens alugados pela empresa no ano analisado não incluídos no âmbito 1 e 2	Emissões de âmbito 1 e 2 das empresas arrendadoras que ocorrem durante o uso dos bens alugados à empresa relatora
9	Transporte e distribuição a jusante	Transporte e distribuição de bens vendidos pela empresa entre a empresa e o cliente em veículos e instalações não pertencentes à empresa	As emissões de âmbito 1 e 2 das empresas de T&D que ocorrem durante o uso de veículos desde as instalações da empresa relatora até ao cliente
10	Processamento de produtos vendidos	Processamento de produtos intermediários vendidos pelas empresas a jusante	Emissões de âmbito 1 e 2 de empresas a jusante que ocorrem durante o processamento dos produtos vendidos pela empresa relatora
11	Uso de produtos vendidos	Uso final de bens e serviços vendidos pela empresa	Emissões devidas ao uso direto dos produtos vendidos pela empresa relatora durante o seu tempo de vida expectável. Apenas se inclui os produtos que sejam consumidores diretos de energia e de matérias-primas e produtos que contenham ou libertem GEE

Tabela 2.4 - Nomenclatura, análise e fronteira mínimas das categorias 12 até à 15 do âmbito 3 do GHGP [31].

Categoria	Nomenclatura	Análise	Fronteira mínima
12	Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	Descarte e tratamento dos produtos vendidos pela empresa no seu fim de vida	Emissões de âmbito 1 e 2 das empresas de tratamento de resíduos que ocorrem durante o descarte e tratamento dos produtos vendidos pela empresa relatora
13	Bens alugados a jusante	Operação de bens controlados pela empresa que são alugados a outra empresa	Emissões de âmbito 1 e 2 das empresas arrendatárias que ocorrem durante o uso dos bens alugados pela empresa relatora
14	Franchises	Operação de <i>franchises</i> não incluídos no âmbito 1 e 2	Emissões de âmbito 1 e 2 dos <i>franchises</i> da empresa relatora que ocorrem durante as suas operações
15	Investimentos	Operação de investimentos não incluídos no âmbito 1 e 2 que podem ser investimentos em participações, investimentos de dívida, financiamento de projetos ou investimentos geridos e serviços ao cliente	Para os investimentos em participações deve-se contabilizar as emissões de âmbito 1 e 2 na mesma proporção da participação do investimento. Nos investimentos de dívida e no financiamento de projetos é necessário contabilizar as emissões de âmbito 1 e 2 de projetos relevantes, isto é, aqueles em setores intensivos de energia

2.5.2.2. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (UNFCCC) foi criada em 1988 com o objetivo primário de facilitar as negociações sobre o clima entre os vários estados, principalmente, as concentrações de GEE presentes na atmosfera [41].

Este secretariado da ONU atualmente tem dois recursos disponíveis para o cálculo da pegada de carbono: a “*Climate Neutral Now Calculator*” e a “*2030 Calculator*”, parceria com várias instituições académicas e a MasterCard [42], [43].

O primeiro método de cálculo, a “*Climate Neutral Now Calculator*”, tem registado um aumento exponencial do número de empresas participantes e em 2021 contou com 625 [44].

Com este recurso é dado aconselhamento no cálculo da pegada de carbono bem como nas possíveis estratégias para a sua diminuição alinhadas com iniciativas governamentais. Ademais, também é possível haver um reconhecimento por parte da ONU tendo em conta a ambição e o rigor da instituição participante [43].

Este recurso não é pago, o que também é benéfico para as instituições com menos recursos económicos, mas com um sentido presente de sustentabilidade [43].

São disponibilizados vários métodos de cálculo para diversas áreas como são transações económicas, viagens, organizações, eventos ou edifícios e possibilita, também, a conversão do consumo de água em quantidade de CO₂ eq [43].

Um ponto negativo deste recurso é não fazer a certificação da neutralidade carbónica: apenas encoraja as empresas a diminuírem a sua pegada de carbono, fornecendo métodos de cálculo e medidas a tomar [43].

Mais à frente neste relatório, no capítulo 4, esta calculadora *online* será a utilizada para realizar uma comparação com o valor obtido a partir da metodologia de cálculo baseada nos guias disponibilizados pelo GHGP.

O outro recurso disponibilizado pela ONU, a “*2030 Calculator*”, é ainda uma versão experimental e, por isso, menos conceituada que a anterior [42].

Os métodos de cálculo disponibilizados nesta metodologia não se enquadram no setor de negócio da Colep Packaging uma vez que as categorias são “estilo de vida” onde é possível calcular a pegada de carbono de vários produtos da área da moda e decoração e “transações económicas” que calcula a pegada de carbono associada ao processamento informático das transações económicas de instituições financeiras [42].

2.5.2.3. Normas ISO 14064-1 e ISO 14067

Estas duas normas, emitidas pela Organização Internacional de Normalização (ISO), têm como objetivo especificar um guia para o cálculo da pegada de carbono a nível organizacional (ISO 14064:2018) e para os produtos (ISO 14067:2018) [45].

A norma ISO 14064:2018 está dividida em três partes: a primeira visa a realização de inventários de emissões de GEE de organizações, análise dos dados e quantificação das emissões. A segunda parte da norma trata da quantificação, análise e comunicação das reduções

de emissões de GEE e, por fim, a terceira parte estabelece um processo para a verificação e validação das informações declaradas pela organização [45].

Esta norma possui 3 âmbitos de análise como no GHGP. O primeiro e segundo âmbitos possuem a mesma fronteira analisada, porém, o terceiro está dividido apenas em 4 categorias apresentadas de seguida [46].

Categoria 1

Nesta categoria são analisadas as emissões indiretas de GEE relacionadas com o transporte de matérias-primas e produtos vendidos (combustível e refrigeração). Também se incluem nesta categoria as viagens de negócios, as deslocações de colaboradores, clientes e visitantes, quer sejam em meios de transporte pertencentes à empresa ou não [46].

Categoria 2

Na segunda categoria do âmbito 3 são calculadas as emissões indiretas de GEE associadas aos produtos usados na organização, isto é, relacionadas com todos os serviços prestados à empresa como, por exemplo, de consultadoria, de limpeza ou bancários. As emissões devido ao trabalho remoto, ao abastecimento e tratamento de águas e à extração e produção de matérias-primas também se incluem nesta categoria [46].

Categoria 3

Todas as emissões indiretas de GEE associadas à utilização dos produtos vendidos pela empresa pertencem a esta categoria. Alguns exemplos práticos são as emissões de GEE devido ao uso final dos produtos vendidos pela empresa, o descarte e tratamento destes mesmos produtos ou os resíduos gerados no processo produtivo. As emissões de GEE relacionadas com o processamento informático das vendas também se incluem nesta categoria [46].

Categoria 4

Nesta última categoria do âmbito 3 são analisadas todas as emissões indiretas de GEE não incluídas nas outras categorias como, por exemplo, as resultantes da incineração de resíduos sólidos urbanos no incinerador pertencente ao município ou as consequentes da produção de bens não utilizados diretamente no processo produtivo da empresa [46].

2.5.2.4. Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que realiza uma análise dos impactos ambientais causados por um determinado produto, baseada nas normas internacionais ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006.

A ACV varia de acordo com a fronteira do sistema: berço até ao portão se forem contabilizados todos os processos desde a extração das matérias-primas até à saída do produto das instalações da empresa; berço até à cova no caso de se ter em consideração a extração das matérias-primas até ao descarte do produto; berço até ao berço se os produtos não têm fim de

vida, quer seja porque são reaproveitados ou porque são reciclados e introduzidos na constituição de outros produtos; portão até ao portão em que são ser analisados apenas os processos dentro das instalações físicas da empresa; portão até à cova se apenas forem considerados os processos realizados depois da saída do produto das instalações da empresa [47]. Na Figura 2.8 estão ilustrados todos estes tipos de ACV.

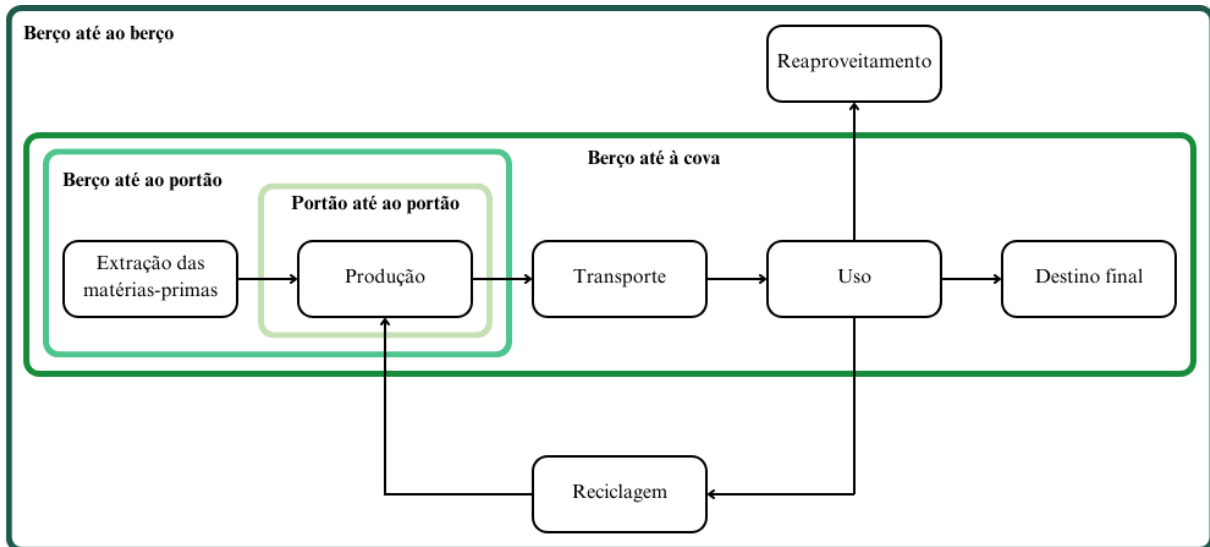


Figura 2.8 - Tipos de Avaliação de Ciclo de Vida existentes (Adaptado de [47]).

Esta avaliação é composta por quatro fases: definição do objetivo e âmbito, realização do inventário do processo e avaliação dos impactes, sendo que é necessário proceder à interpretação de cada fase depois da sua realização [48].

Ao contrário da pegada de carbono onde apenas são estudadas as emissões de GEE para a atmosfera, na ACV são estudadas as diversas categorias do impacte ambiental. Exemplos destas são pegada de carbono, pegada hídrica, eutrofização, toxicidade humana e acidificação [49].

Outra variação em relação à pegada de carbono é o facto de na ACV ser utilizada uma unidade funcional de maneira a ser possível realizar uma análise e comparação mais fácil, ao passo que na pegada de carbono os valores são apresentados no seu total.

3. Colep Packaging

Tendo sempre em mente os propósitos fundamentais de uma embalagem, a Colep Packaging acredita que “o mundo pode ser mais sustentável com embalagens do que sem” [5].

Posto isto, a ambição de sustentabilidade da organização passa por integrá-la no núcleo de negócio, respeitando os limites do planeta e cuidando das pessoas. Os compromissos definidos pela empresa, apresentados na Figura 3.1, estão alinhados com os ODS como são, por exemplo, procurar soluções inovadoras de embalagem que respondam aos desafios ambientais e sociais o que permitirá, em última análise, crescer financeiramente; focar nas pessoas, garantindo-lhes segurança, bem estar e crescimento pessoal através de educação; melhorar o processo continuamente respeitando o planeta; promover o desenvolvimento da comunidade; e ser um parceiro responsável ao longo de toda a cadeia de valor [50].



Figura 3.1 - Compromisso de sustentabilidade da Colep Packaging [50].

Então, para verificar estes propósitos, a estratégia de sustentabilidade da Colep Packaging para o planeta e para todas as pessoas foca-se em vários pontos apresentados na Figura 3.2. Estes são i) reinventar; ii) recusar; iii) reduzir; iv) reutilizar; v) reciclar; vi) segurança; vii) bem-estar; viii) inclusão e diversidade; ix) educação [24].



Figura 3.2 - Esquema representativo da abordagem de Sustentabilidade da Colep Packaging [50].

O ponto i) concretiza-se explorando novos materiais, novos negócios ou novos modelos operacionais mais sustentáveis [24].

O tópico ii), recusar, refere-se a eliminar o que não é necessário e não acrescenta valor, ao passo que o ponto iii) é executado ao utilizar menos materiais, água e energia sempre que for possível [24].

O ponto iv) serve como uma consciencialização para reutilizar qualquer produto, material ou recurso. Já no ponto v) pretende-se aumentar a reciclabilidade dos produtos e o conteúdo em material reciclável [24].

O ponto vi) refere-se aos colaboradores, comunidades e toda a cadeia de valor e é o principal foco da atividade da Colep Packaging: produzir em segurança [24].

O tópico vii) é praticado reconhecendo o valor de cada um e como a diversidade beneficia a organização. Por fim, o ponto ix) pretende garantir uma educação de qualidade, promovendo oportunidades de aprendizagem ao longo da vida [24].

A abordagem de sustentabilidade também pode ser apresentada de uma forma de dentro para fora, tal como ilustrado na Figura 3.3.

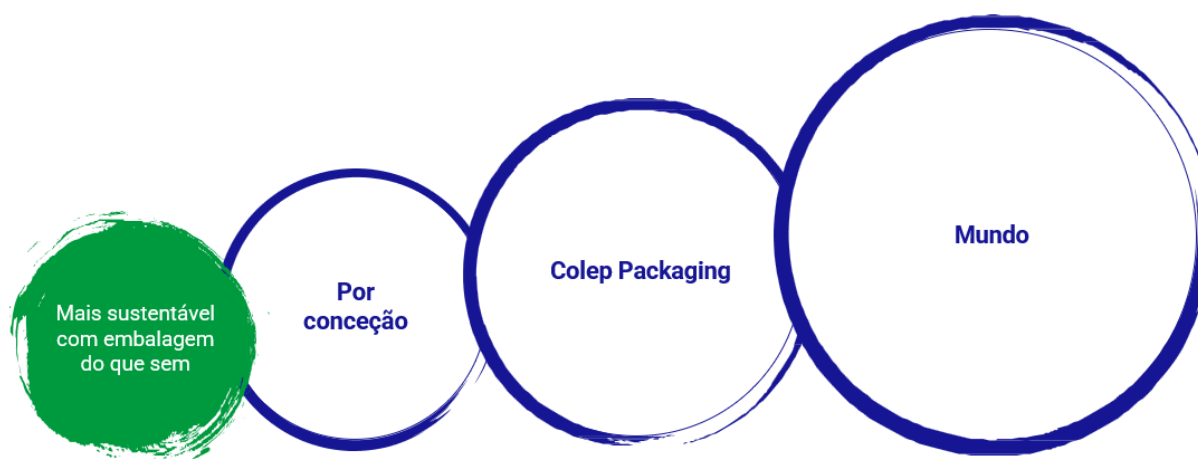


Figura 3.3 - Abordagem da sustentabilidade da Colep Packaging de dentro para fora [50].

Como exemplificado pela Figura 3.3, tendo em mente o objetivo de sustentabilidade da Colep Packaging, o primeiro tópico que deve ser abordado é a conceção do produto pois este é o que terá maior impacto nos parâmetros de sustentabilidade.

De seguida, e cumprindo um dos compromissos da sustentabilidade, é necessário melhorar continuamente o processo respeitando o planeta. Por fim, mas não menos importante, é importante garantir que o mundo, através das comunidades, fornecedores, clientes e parceiros, também têm presente um sentido de responsabilidade em termos de sustentabilidade.

Esta é a abordagem da Colep Packaging, ou seja, é a forma como a empresa se compromete a trabalhar e tomar decisões, por forma a perseguir a prosperidade económica do negócio.

De seguida, será apresentado o processo produtivo da Colep Packaging Portugal, tanto da fábrica das embalagens metálicas como das embalagens plásticas, sendo que a planta está apresentada na Figura 3.4. Por motivos de confidencialidade esta planta é apenas uma aproximação do caso real.

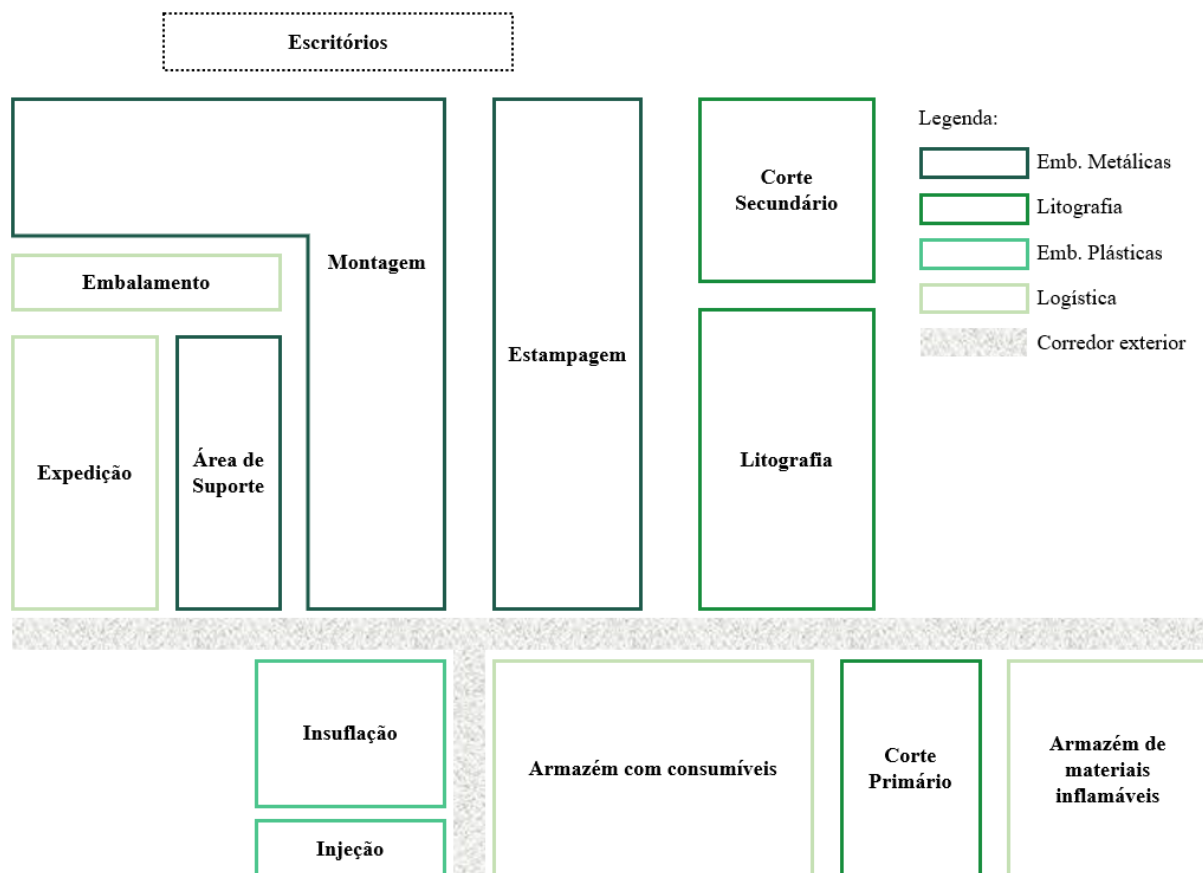


Figura 3.4 - Planta representativa da fábrica da Colep Packaging Portugal.

Pode-se dividir a fábrica em cinco zonas: “Litografia” que inclui as áreas do corte primário, da litografia e do corte secundário; “Embalagens Metálicas” que engloba a estampagem, montagem e a área de suporte; “Embalagens Plásticas” onde estão presentes as tecnologias de injeção e insuflação; “Logística” que abrange o embalamento, a expedição e os diversos armazéns; e “Escritórios”.

Na zona denominada por “Área de Suporte” estão incluídos o departamento da Técnica e da Engenharia que inclui a ferramentaria e a serralharia.

3.1. Descrição do processo produtivo das embalagens metálicas

As embalagens metálicas produzidas na Colep Packaging Portugal são compostas por folha de Flandres, ou seja, uma chapa metálica laminada composta por aço de baixo teor de carbono revestida por uma camada de proteção de estanho puro, que confere um aspeto visual brilhante e melhora a resistência química do material [51]–[54].

A folha de Flandres que a Colep Packaging adquire possui uma incorporação média de 58% de reciclado [55]. Esta chega às instalações da fábrica em bobinas que pesam entre 8 e 10 toneladas, como ilustrado na Figura 3.5. Esta variação de peso prende-se com a diversidade de dimensões de embalagens que a Colep Packaging produz uma vez que para diminuir o desperdício é necessário usar bobinas de folha de Flandres com larguras diferentes. Também existem diversas espessuras de folha, o que influenciará o peso da bobina.



Figura 3.5 - Bobinas de folha de Flandres.

Depois da folha de Flandres ser rececionada nas instalações da Colep Packaging esta é acondicionada num armazém com controlo e regulação de temperatura de maneira a evitar a sua degradação devido à humidade e gerar desperdício de material.

Como é possível verificar na Figura 3.5 algumas bobinas estão revestidas com um invólucro de plástico vermelho para garantir uma maior proteção face aos agentes climatéricos. Existem outras sem proteção pois serão utilizadas brevemente no corte primário.

3.1.1. Corte Primário

O processo produtivo é iniciado no corte primário, na máquina apresentada na Figura 3.6. Aqui, a bobina é colocada horizontalmente no alimentador para ser desenrolada e cortada em folhas.



Figura 3.6 – Equipamento utilizado para o corte primário da folha de Flandres [53].

Existem dois tipos possíveis de corte das folhas: reto, apropriado para a produção de corpos; e em *scroll*, destinado à produção dos componentes como cúpulas, fundos e topos pois, como possuem uma forma circular, este tipo de corte conduz a um menor desperdício de material. A folha depois de cortada é empilhada e embalada em balotes como mostra a Figura 3.7.

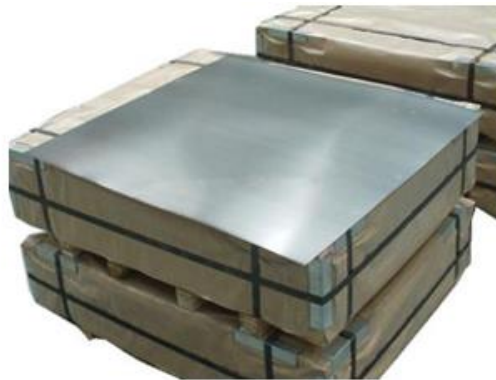


Figura 3.7 - Balotes de folha reta depois do corte primário [52].

3.1.2. Litografia

Na litografia realiza-se a impressão da decoração da embalagem. Nesta área desenvolvem-se as operações de impressão e revestimento da folha, utilizando, para tal, tintas, vernizes, esmaltes e solventes orgânicos.

Antes da impressão, a folha virgem é flamejada por exposição a chama direta alimentada por gás natural, de maneira a remover quaisquer vestígios de gordura e humidade existentes na folha.

A partir daqui o processo produtivo da litografia poderá ter dois trajetos, tendo em conta o tipo de produto produzido: impressão convencional (CV), usada na preparação da folha e acabamento, e impressão ultravioleta (UV), utilizada para realizar o *artwork* nos corpos das embalagens, ou seja, adicionar cores e imagens.

Na impressão CV não existe a adição de cor aos produtos, apenas se aplica um verniz de proteção ou esmalte à folha através de um sistema de caleiras e rolos. Com este sistema é possível distribuir o produto pelos rolos e regular a espessura de película do produto a ser depositada.

De seguida, o produto aplicado é seco num forno alimentado a gás natural a cerca de 180 °C. A folha fica assim pronta para a impressão UV se for necessária a aplicação de cor. Caso contrário, a folha segue para o corte secundário.

A impressão realizada através da metodologia UV é chamada de *offset* e é um processo mais moroso, porém possui a vantagem de ter uma qualidade de impressão superior às restantes tecnologias e permitir obter grandes quantidades de folha litografada num curto espaço de tempo.

Este processo é iniciado na pré-impressão onde os ficheiros digitais são separados pelas cores utilizadas na impressão. De seguida, como demonstrado pela Figura 3.8, um sistema

termossensível grava a decoração de cada cor em chapas de alumínio chamadas transportes que serão usadas mais à frente no processo.

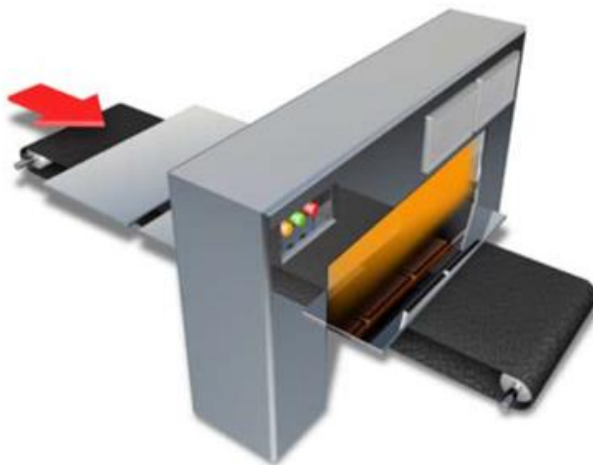


Figura 3.8 - Sistema termossensível que grava a decoração no transporte.

A impressão propriamente dita está esquematizada na Figura 3.9.

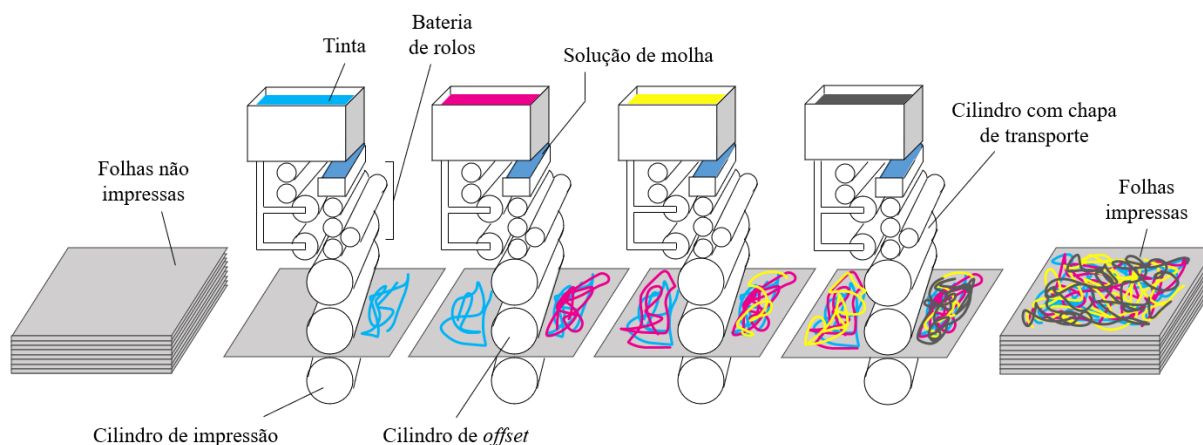


Figura 3.9 - Esquemática da bateria de rolos utilizada na impressão (Adaptado de [56]).

A impressora é composta por vários postos de impressão em que cada um inclui um sistema de molha e um sistema de impressão específico para cada cor.

Estas duas matérias-primas escorrem por uma bateria de rolos até chegar ao cilindro com a chapa de transporte produzida na pré-impressão. A cor apenas será aplicada nas zonas definidas para tal pela chapa de transporte.

Estas zonas coloridas da chapa serão aplicadas no cilindro de *offset*, feito de borracha, que funcionará como uma espécie de carimbo na folha. Este passo adicional do processo é essencial para garantir uma ótima qualidade de impressão.

A folha de Flandres é transportada ao longo da impressora pelos cilindros de impressão que permitem o contacto com os cilindros de *offset*, exercendo pressão sobre estes.

Posteriormente à fase de impressão a tinta é seca recorrendo a câmaras com radiação UV.

Para garantir uma camada de proteção contra os agentes meteorológicos, no fim, também é aplicado verniz que será seco nos mesmos fornos a gás natural utilizados na impressão CV, deixando a folha pronta para passar à secção seguinte do processo produtivo.

3.1.3. Corte Secundário

Nesta etapa do processo produtivo a folha, agora litografada, é cortada longitudinal e transversalmente, tal como é apresentado na Figura 3.10.

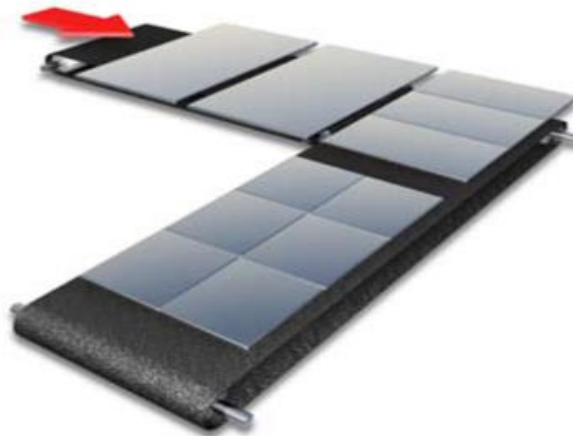


Figura 3.10 - Esquema do corte secundário.

Este corte também pode ser realizado retiniliamente ou em *scroll* para a produção de corpos de embalagens ou de componentes, respetivamente. Os componentes podem ser fundos, olhais, asas, aros, tampos e cúpulas. Na Figura 3.11 pode ser visionado um balote de folha em *scroll* depois de sair do corte secundário.

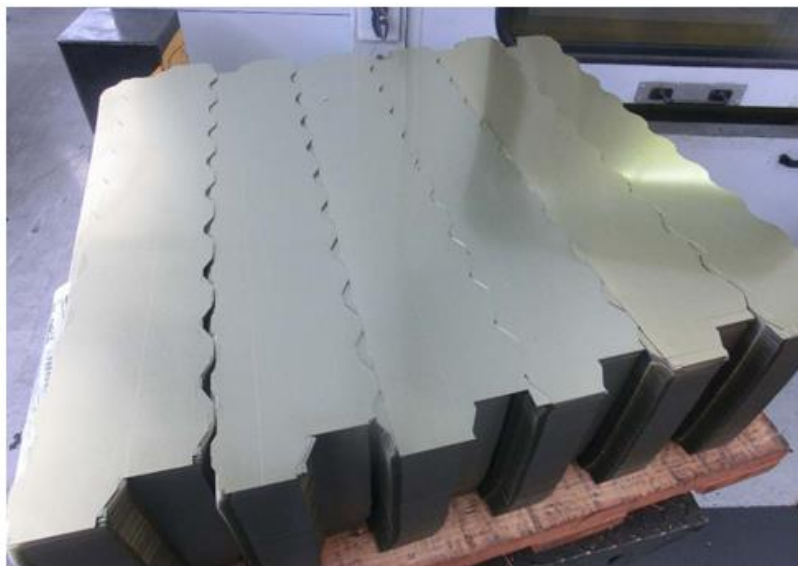


Figura 3.11 - Balote de folha em *scroll* depois do corte secundário.

No caso da produção de componentes estes seguem depois para a secção de estampagem enquanto que os corpos são transportados até à secção de montagem.

3.1.4. Produção de embalagens

As embalagens produzidas pela Colep Packaging podem ser divididas em 3 tipos: industriais, alimentares e aerossóis. Alguns exemplos destas embalagens estão apresentados na Figura 3.12.



Figura 3.12 - Exemplos de embalagens metálicas produzidas pela Colep Packaging.

Embalagens industriais

As embalagens industriais são compostas pelo corpo (1) mais quatro componentes: fundo (2), olhais (3), asa (4) e argola (5) tal como ilustrado na Figura 3.13. Estas embalagens também possuem um tampo que é expedido separadamente, pelo que não está mostrado na mesma figura.

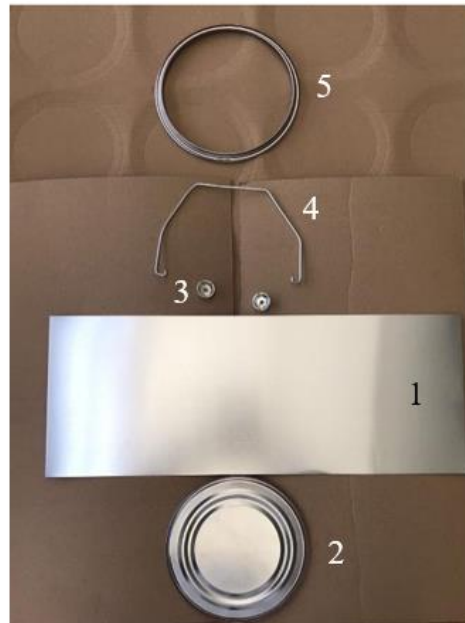


Figura 3.13 - Componentes das embalagens industriais [49].

O processo das embalagens metálicas é iniciado na estampagem dos componentes. Aqui, a folha em *scroll* passa por diversas prensas que concebem a forma final do componente. Por fim, é aplicada uma borracha vedante e realizado um orleado nas extremidades, tornando os componentes aptos a serem enviados para a fase de montagem.

A fase de montagem é iniciada pelo enrolamento e soldadura da folha cortada de maneira a alcançar o seu formato curvo de embalagem, tal como exemplificado na Figura 3.14.

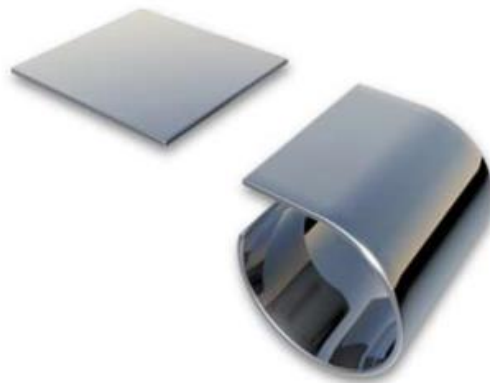


Figura 3.14 - Enrolamento da folha de Flandres.

De seguida, dependendo da embalagem produzida, é necessário realizar-se uma expansão do corpo que pode ser apenas no topo no caso das embalagens “tulipa” ou ao longo de todo o seu eixo nas embalagens “truncocónicas”.

Agora, ao corpo já soldado e expandido, são cravados o fundo e a argola. Posteriormente, os olhais são soldados à embalagem onde é aplicada a asa para manuseio da embalagem.

Para facilitar o transporte, em algumas embalagens também é produzida por injeção na secção dos plásticos da fábrica um aro de PP. Este aro é colocado no topo da embalagem produzida e permite o empilhamento de várias embalagens.

Embalagens alimentares

As embalagens alimentares podem ser do formato cilíndrico ou retangular, porém, em ambos os casos, são compostas apenas por corpo, fundo, argola e tampa .

A produção das embalagens alimentares cilíndricas realiza-se da mesma forma que as embalagens industriais exceto a soldadura dos olhais e da asa. No caso das embalagens retangulares o corpo é enrolado e, posteriormente, dobrado.

Existe uma exceção na produção de embalagens alimentares: nas embalagens produzidas para bolachas ou biscoitos o corpo não é soldado, mas, sim, agrafado uma vez que não existe o risco de o conteúdo vazar.

Aerossóis

O processo de produção dos aerossóis já é um pouco diferente. Estes são compostos por corpo (1), fundo (2) e cúpula (3), como exemplificado na Figura 3.15.

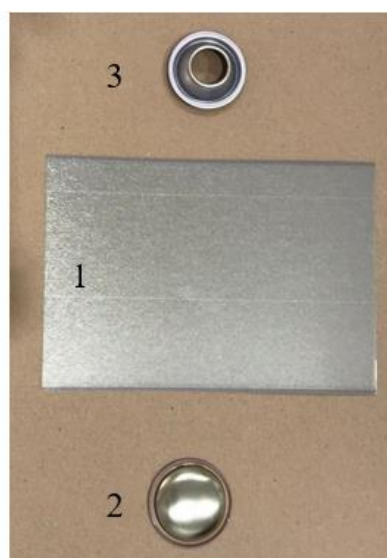


Figura 3.15 - Componentes utilizados num aerossol [49].

O fundo de um aerossol não pode ser plano como nas restantes embalagens senão não conseguiria aguentar a pressão exercida pelo produto no seu interior, logo, é necessário utilizar um fundo curvo.

Para produzir este tipo de fundo, na estampagem, é necessário proceder a várias pancadas para se obter a forma côncava. De seguida, é formado o orleado e, para garantir estanquicidade na embalagem, é adicionada borracha.

Para se produzirem as cúpulas realizam-se repetidas matrizes e punções. Os formatos intermédios deste processo de conformação da cúpula estão apresentados na Figura 3.16. Por fim, também é adicionada borracha para garantir uma melhor vedação.



Figura 3.16 - Formas intermédias do processo de produção de cúpulas [49].

Depois destes componentes estarem produzidos, procede-se à montagem do aerossol. Tal como nas outras embalagens, os corpos, inicialmente planos, são enrolados e soldados e a cúpula e o fundo são cravados de forma a obter-se a forma final.

A montagem dos aerossóis está apresentada na Figura 3.17.



Figura 3.17 - Montagem dos aerossóis.

3.1.5. Embalamento

Depois das embalagens estarem montadas são paletizadas em vários andares dependendo das características de cada embalagem. Entre cada andar é adicionado um separador de cartão e nas arestas uma cantoneira também de cartão, como esquematizado na Figura 3.18. Por fim, a palete é envolvida num filme estirável.



Figura 3.18 - Paletização do produto acabado.

3.2. Descrição do processo produtivo das embalagens plásticas

A produção das embalagens de plástico é iniciada pela adição de aditivos e corantes às matérias-primas utilizadas, de acordo com o tipo de embalagem pretendida. A esta fase, segue-se a moldação da embalagem que pode ser de duas formas: moldação por insuflação ou moldação por injeção.

3.2.1. Insuflação

Na moldação por insuflação é utilizada como matéria-prima polietileno de alta densidade (HDPE) e tem como finalidade produzir o corpo das embalagens.

Neste processo o HDPE é aquecido e extrudido com um formato filiforme. Posteriormente, é introduzido num molde onde é insuflado ar comprimido, pressionando-o contra as paredes deste onde permanece alguns segundos até adquirir o formato desejado. Uma vez arrefecida, a peça é retirada do molde e procede-se à remoção de algumas aparas que são depois reaproveitadas no processo resultando em praticamente 0% de desperdício.

Para uma melhor compreensão, através da Figura 3.19, é possível observar um esquema representativo do processo de moldação por insuflação.

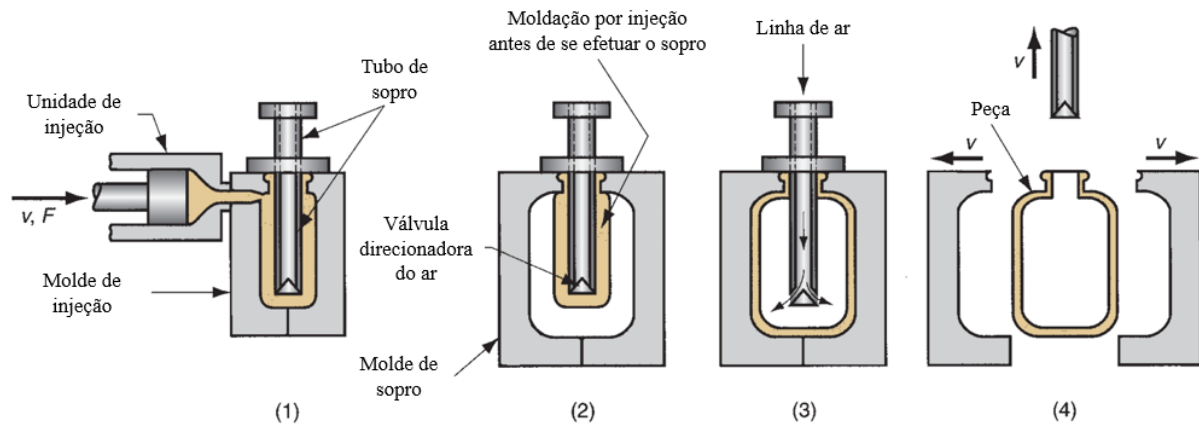


Figura 3.19 - Esquema representativo do processo de moldagem por insuflação (Adaptado de [57]).

3.2.2. Injeção

A moldagem por injeção tem como propósito produzir embalagens, tampas, acessórios e outros objetos de polipropileno (PP).

O processo produtivo deste tipo de moldagem é mais simples que a explicada anteriormente. Na moldagem por injeção aquece-se a matéria plástica que é depois introduzida, sob pressão, num molde. Esta é arrefecida e retirada do molde.

Um esquema representativo deste processamento está apresentado na Figura 3.20.

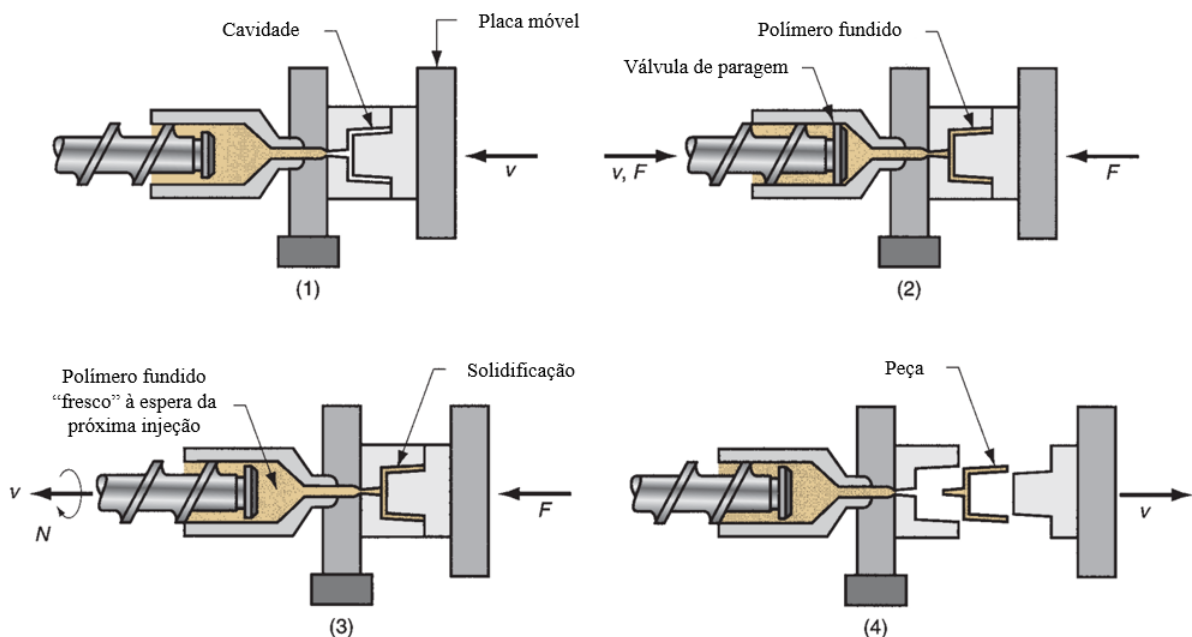


Figura 3.20 - Esquema representativo do processo de moldagem por injeção (Adaptado de [57]).

4. Pegada de carbono

Neste capítulo serão descritos os procedimentos realizados para o cálculo da pegada de carbono organizacional através das duas metodologias de cálculo estudadas: a primeira apresentada tendo por base valores de consumos e de fatores de emissão de bases de dados e de fontes primárias e a segunda recorrendo à ferramenta de cálculo do UNFCCC “*Climate Neutral Now*”. Por fim, também foi realizada uma comparação do valor da pegada de carbono obtida com valores de outras empresas do mesmo setor de atividade.

Os dados analisados dizem respeito ao ano de 2022 e, para uma comparação mais fácil entre as duas metodologias de cálculo e os valores dos concorrentes, as emissões de GEE foram divididas nos três âmbitos e vinte e três categorias presentes no GHGP descritas no subcapítulo 2.5.2.1.

Estas categorias são as emissões resultantes da combustão estacionária e móvel de combustíveis adquiridos pela empresa relatora, as emissões fugitivas e as emissões processuais para o Âmbito 1. No segundo âmbito são contabilizadas as emissões resultantes da queima de combustíveis para a geração de diversas utilidades: eletricidade, vapor, aquecimento e arrefecimento.

O terceiro âmbito é aquele que engloba mais categorias. As emissões resultantes da produção de bens e serviços adquiridos; de bens capitais; de atividades relacionadas com combustível e energia; de transporte e distribuição a montante e a jusante; do tratamento de resíduos gerados em operações; de viagens de negócios e das viagens diárias dos trabalhadores; de bens alugados a montante e a jusante; do processamento e uso de produtos vendidos; do tratamento de fim de vida dos produtos vendidos; de franchises; e de investimentos estão todas compreendidas neste último âmbito.

4.1. Definição da fronteira do sistema

Como é possível observar na Figura 4.1, geograficamente, este projeto foi limitado, apenas, à fábrica da Colep Packaging em Portugal que inclui as áreas da “Litografia” (corte primário, litografia e corte secundário), “Estampagem e Montagem” (aerossóis, embalagens industriais, embalagens alimentares e área de suporte), “Plásticos” (injeção e insuflação), “Logística Interna” (embalamento, expedição e armazéns) e “Escritórios”. As restantes fábricas da Colep Packaging foram, então, deixadas de parte desta análise.

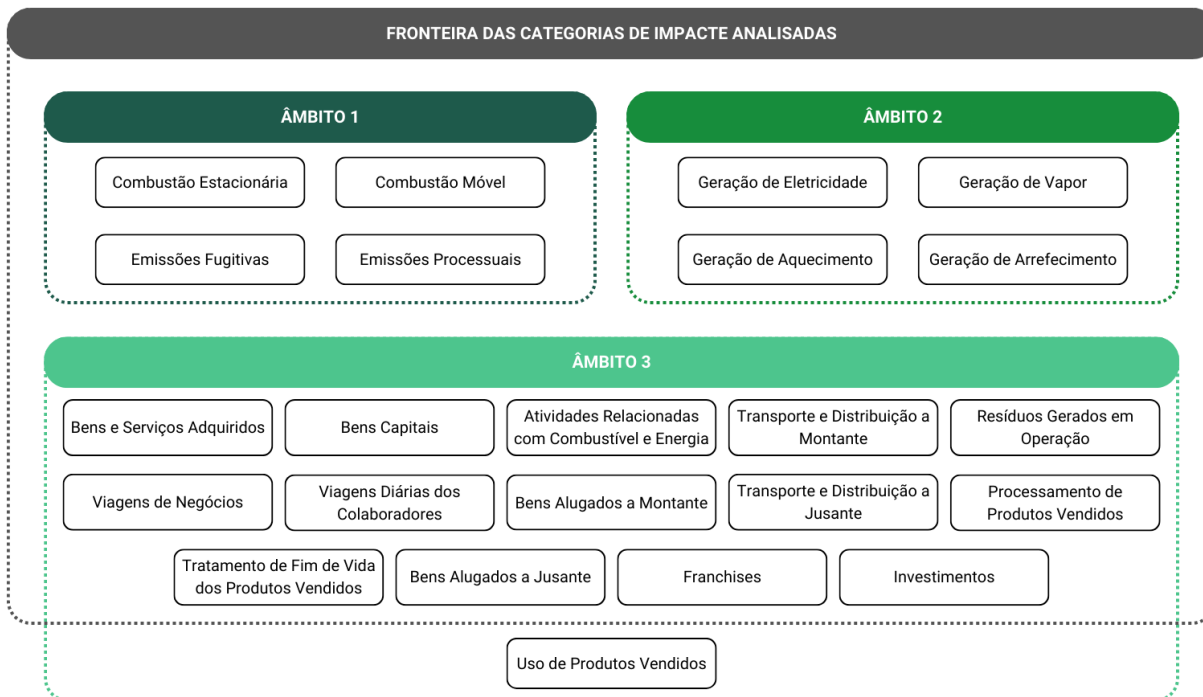


Figura 4.2 - Fronteira das categorias analisadas.

4.2. Metodologia de cálculo desenvolvida

Analisar as emissões de GEE de forma completa e livre de erros é difícil e moroso, portanto, foram realizados alguns pressupostos, apresentados de seguida, de maneira a facilitar o projeto. Todos estes pressupostos serão explicados aquando da sua utilização.

Pressuposto 1 – Utilizar, sempre que possível, dados primários.

Pressuposto 2 – A distância percorrida pelas viaturas de *leasing* é igual todos os anos.

Pressuposto 3 – A distância percorrida por um produto vendido é a média ponderada das distâncias para os vários clientes; quando pelo menos 80% das vendas de um produto são apenas para um cliente considerou-se que este representa a totalidade das vendas e, respetivamente, da distância percorrida no transporte.

Pressuposto 4 – Todos os veículos terrestres utilizados no transporte de matérias-primas e produtos possuem uma tara entre 16 e 32 toneladas.

Pressuposto 5 – As motas utilizadas pelos funcionários nas viagens diárias usam gasolina como combustível e os autocarros utilizam gasóleo.

Pressuposto 6 – O destino do fim de vida dos produtos vendidos é o mesmo que para a média nacional de cada material.

4.2.1. Âmbito 1

Para calcular as emissões associadas ao Âmbito 1 é necessário conhecer que combustíveis são utilizados e em que quantidade, portanto, em primeiro lugar, realizou-se um inventário a todos os tipos de combustível adquiridos que são queimados em equipamentos ou motores pertencentes à organização.

Os combustíveis analisados neste âmbito podem ser utilizados diretamente no processo produtivo ou em equipamentos não relacionados com a produção [31].

Começando, então, pelos combustíveis necessários ao processo estes são propano, gasóleo, utilizado em alguns empilhadores, e o gás natural utilizado em várias zonas da fábrica como ilustra a Figura 4.3.

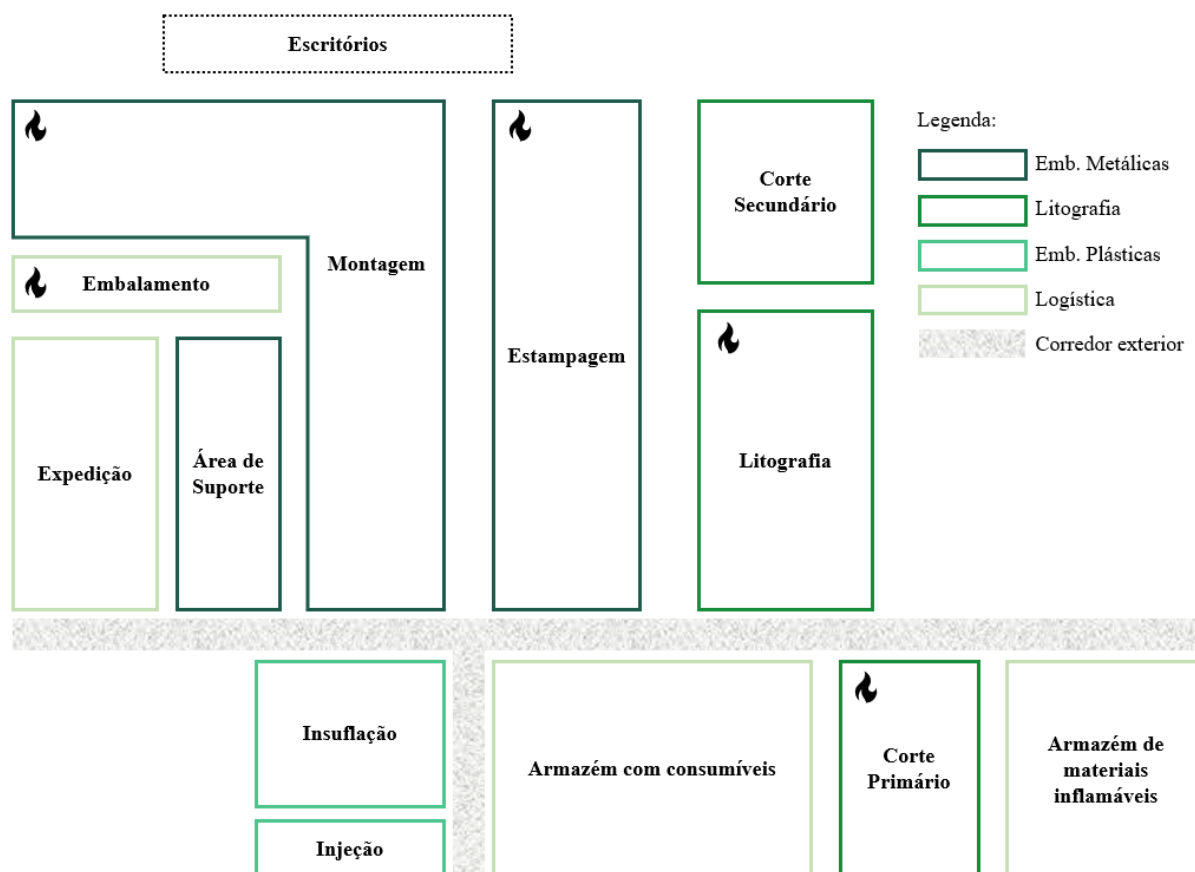


Figura 4.3 - Secções dos pontos de consumo de gás natural na fábrica da Colep Packaging Portugal.

Devido à existência das faturas mensais de gás natural foi possível saber o consumo anual deste combustível somando os valores presentes em cada uma, tal como enunciado no Pressuposto 1. Por questões de confidencialidade, este valor está no Anexo 1.

Para saber as emissões associadas à queima de gás natural também se recorreu a dados primários. Nos termos do artigo 2.º, n.º 2, da Lei n.º 51/2008 todos os comercializadores de energia que operem no mercado nacional de energia devem “indicar (...) o cálculo de emissão de CO₂ (índice 2) e outros gases com efeito estufa, a que corresponde o respetivo consumo” [60]. Assim, consultando as faturas mensais de gás natural, foi possível saber as emissões associadas ao consumo deste combustível.

Porém, de maneira a realizar uma análise mais aprofundada também se calculou as emissões, como mostrado anteriormente na Equação 2.1, recorrendo aos consumos deste combustível e ao fator de emissão associado ao mesmo tendo em conta o Potencial de Aquecimento Global para 100 anos disponível na base de dados *EcoInvent* 3.9.1 de acordo com

o relatório de 2022 do IPCC e o modelo de alocação no ponto de substituição. Sempre que se referir a utilização desta base de dados será este o método

O valor obtido para as emissões fornecidas nas faturas e o calculado a partir dos fatores de emissão está apresentado na Tabela 4.1, bem como a diferença entre estas duas metodologias.

Tabela 4.1 - Emissões associadas ao consumo de gás natural segundo as faturas mensais e o método de cálculo desenvolvido e a diferença entre ambas.

Emissões segundo faturas (t CO ₂ eq)	Emissões calculadas (t CO ₂ eq)	Diferença (%)
7 243,218	6 873,091	-5,11%

Como é possível observar pela Tabela 4.1 o valor das emissões obtidas através do cálculo realizado a partir dos fatores de emissão do *EcoInvent* foi 5,11% inferior ao valor fornecido pelo fornecedor de energia.

Esta diferença pode ser explicada pelos cálculos realizados e os fatores de emissão serem diferentes, isto é, para as emissões calculadas utilizou-se a Equação 2.1 e um fator de emissão que é um dado secundário, ou seja, que não está ajustado à realidade do processo produtivo e, por isso, tem um erro associado, ao passo que o valor obtido segundo as faturas utiliza a Equação 2.2 e os parâmetros exatos para o gás natural consumido pela Colep Packaging.

O valor provido pelo fornecedor é, então, o mais exato pois só este sabe a verdadeira composição do gás natural consumido e será o que será utilizado para as análises gerais e comparações realizadas.

Para se calcular as emissões resultantes do uso de gasóleo, uma vez que este é apenas utilizado em empilhadores, o fator de emissão disponível na base de dados *EcoInvent* 3.9.1 depende das horas trabalhadas e é específico para intervalos de potência do motor da máquina, sendo eles inferior a 18,64 kW, maior ou igual que este e inferior a 74,57 kW ou superior ou igual a 74,57 kW. Assim, foi necessário saber os valores destas duas variáveis para os cinco empilhadores a operar a gasóleo, que estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Horas trabalhadas por cada empilhador utilizado, com informação sobre a potência de cada um.

Empilhador	Potência (kW)	Intervalo de potências (kW)	Horas trabalhadas
A	40	$18,64 \leq x < 74,57$	1 130
B	42	$18,64 \leq x < 74,57$	80
C	42	$18,64 \leq x < 74,57$	127
D	46	$18,64 \leq x < 74,57$	983
E	151	$74,57 \leq x$	126

Agrupou-se as informações obtidas tendo em consideração a forma como os fatores de emissão são divididos e obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Horas trabalhadas pelos empilhadores e emissões associadas seccionadas por intervalos de potência das máquinas.

Intervalo de potências (kW)	Horas trabalhadas	Emissões (t CO ₂ eq)
$18,64 \leq x < 74,57$	2 320	78,268
$74,57 \leq x$	126	20,402
Total	2 446	98,670

As emissões totais devidas ao funcionamento dos empilhadores a gasóleo, como apresentado na Tabela 4.3, são 98,670 t CO₂ eq.

Para se obter o valor das emissões referentes à utilização de propano também se utilizou um fator de emissão disponível na base de dados do *EcoInvent*. Uma vez que este combustível é utilizado em vários equipamentos diferentes utilizou-se o fator de emissão associado a uma queima indiscriminada do mesmo tendo em conta a quantidade consumida, em kWh [39].

Neste ponto deparou-se com um problema uma vez que o consumo de propano monitorizado pela Colep Packaging Portugal é realizado em kg, unidade utilizada nas garrafas deste gás. Assim, foi necessário converter as unidades.

Para tal recorreu-se à ficha de segurança do combustível enviado pelo fornecedor. Neste documento tinha presente informação sobre o poder calorífico do propano: 11 900 kcal/kg [61]. Assim, convertendo o valor de kcal para kWh torna possível a utilização do fator de emissão escolhido. Na Tabela 4.4 estão apresentados os valores do consumo em kWh e das emissões de GEE em t CO₂ eq.

Tabela 4.4 - Consumo e emissões devidas à utilização do propano.

Consumo (kWh)	Emissões (t CO ₂ eq)
9 119,37	0,860

Terminada a análise aos combustíveis consumidos direta ou indiretamente no processo produtivo foi necessário analisar os outros tipos de combustíveis utilizados pela Colep Packaging Portugal nas suas instalações ou em veículos pertencentes à empresa.

Começando a análise pelos veículos, uma vez que a Colep Packaging não possui camiões de transporte de mercadorias, só contribuem para este âmbito os veículos da frota que podem ser viaturas dos quadros superiores ou viaturas de serviço disponíveis sempre que um colaborador necessite de se deslocar em trabalho.

Em relação às viaturas de serviço disponíveis para todos os colaboradores, como existe um registo das distâncias efetuadas em cada viagem, realizou-se um somatório das realizadas no ano de 2022.

No caso dos veículos dos quadros superiores, uma vez que estes estão todos sujeitos a um contrato de *leasing* não podem ser considerados como pertencentes à organização. Desse modo, as emissões resultantes da operação destes veículos serão abordadas no âmbito 3.

As distâncias percorridas, em quilómetros (km), por todos os veículos de serviço da Colep Packaging estão apresentadas em seguida na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Distâncias percorridas, em km, pelos diferentes tipos de veículos de serviço pertencentes à Colep Packaging em 2022.

Tipo de viatura	Distâncias percorridas (km)	
	Gasóleo	Gasolina
Médio	57 542	0
Grande	124 173	1 309

O método de cálculo utilizado é o apresentado na Equação 2.1, com a unidade do consumo a ser o km e os fatores de emissão em kg CO₂ eq/km. Estes fatores de emissão foram retirados da base de dados específica para veículos do *Department for Environment, Food & Rural Affairs* (DEFRA). Recorreu-se a esta base de dados em detrimento do EcoInvent pois, apesar de serem valores específicos para o Reino Unido, a legislação existente neste país não é muito diferente da que está em vigor na União Europeia e existe uma maior segmentação do tipo de veículos, o que permitirá obter um valor mais próximo do real [62].

Estes fatores de emissão estão divididos para veículos pequenos, médios e grandes e no tipo de combustível utilizado que pode ser gasóleo, gasolina, híbrido plug-in, gás petrolífero liquefeito (GPL) e 100% elétrico [62].

O valor dos fatores de emissão que se aplicam aos combustíveis pertencentes à Colep Packaging Portugal estão apresentados na Tabela 4.6. É de salientar que, uma vez que não existem veículos de serviço médios a gasolina, o fator de emissão na tabela é “não aplicável” (N/A).

Tabela 4.6 - Fatores de emissão dos diferentes tipos de veículos pertencentes à Colep Packaging em 2022 [62].

Tipo de viatura	Fatores de emissão (kg CO ₂ eq/km) [62]	
	Gasóleo	Gasolina
Médio	0,16496	N/A
Grande	0,20721	0,27909

As emissões de GEE devidas à utilização destes veículos podem ser consultadas na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Emissões de GEE, em t CO₂ eq, dos veículos de serviço.

Tipo de viatura	Emissões (t CO ₂ eq)	
	Gasóleo	Gasolina
Médio	9,492	0,000
Grande	25,730	0,365
Total	35,587	

Neste âmbito também são consideradas todas as emissões fugitivas, ou seja, emissões devidas à fuga de gases refrigerantes de ares condicionados e outros equipamentos de refrigeração.

Nesse sentido, foi consultado o registo de manutenção destes equipamentos e verificou-se que para o ano em análise, 2022, apenas existiu a fuga num sistema. O gás libertado foi o R134a em 23 kg.

De maneira a saber o impacte ambiental deste mesmo gás é necessário conhecer a sua composição, por isso consultou-se a ficha de segurança. O gás refrigerante R134a é o nome comercial do HFC-134a que tem um PAG de 1 300 kg CO₂ eq/kg [63].

Sendo assim, a fuga de apenas 23 kg deste refrigerante resulta em 29 900 kg de CO₂ eq emitidos para a atmosfera.

As emissões globais de âmbito 1 e divididas por cada tipo de utilização estão apresentadas na Tabela 4.8. O valor associado ao gás natural é o obtido através dos dados primários e o dos restantes combustíveis são calculados como explicado neste subcapítulo. Nesta tabela também é apresentado o rácio, em percentagem, das emissões de cada combustível no total do âmbito 1.

Tabela 4.8 - Emissões parciais e global do âmbito 1, em t CO₂ eq.

Combustível	Emissão parcial (t CO₂ eq)	Emissão global (t CO₂ eq)	Percentagem
Gás Natural	7 243,218	7 408,235	97,77%
Gasóleo para empilhadores	98,670		1,33%
Gás propano	0,860		0,01%
Veículos	35,587		0,48%
Emissões fugitivas	29,900		0,41%

4.2.2. Âmbito 2

Para o Âmbito 2 apenas serão contabilizadas as emissões decorrentes da produção de eletricidade uma vez que, de todas as utilidades abrangidas por este âmbito, somente esta é consumida na Colep Packaging Portugal. As zonas da fábrica onde existe consumo de energia elétrica estão representadas no esquema da Figura 4.4.

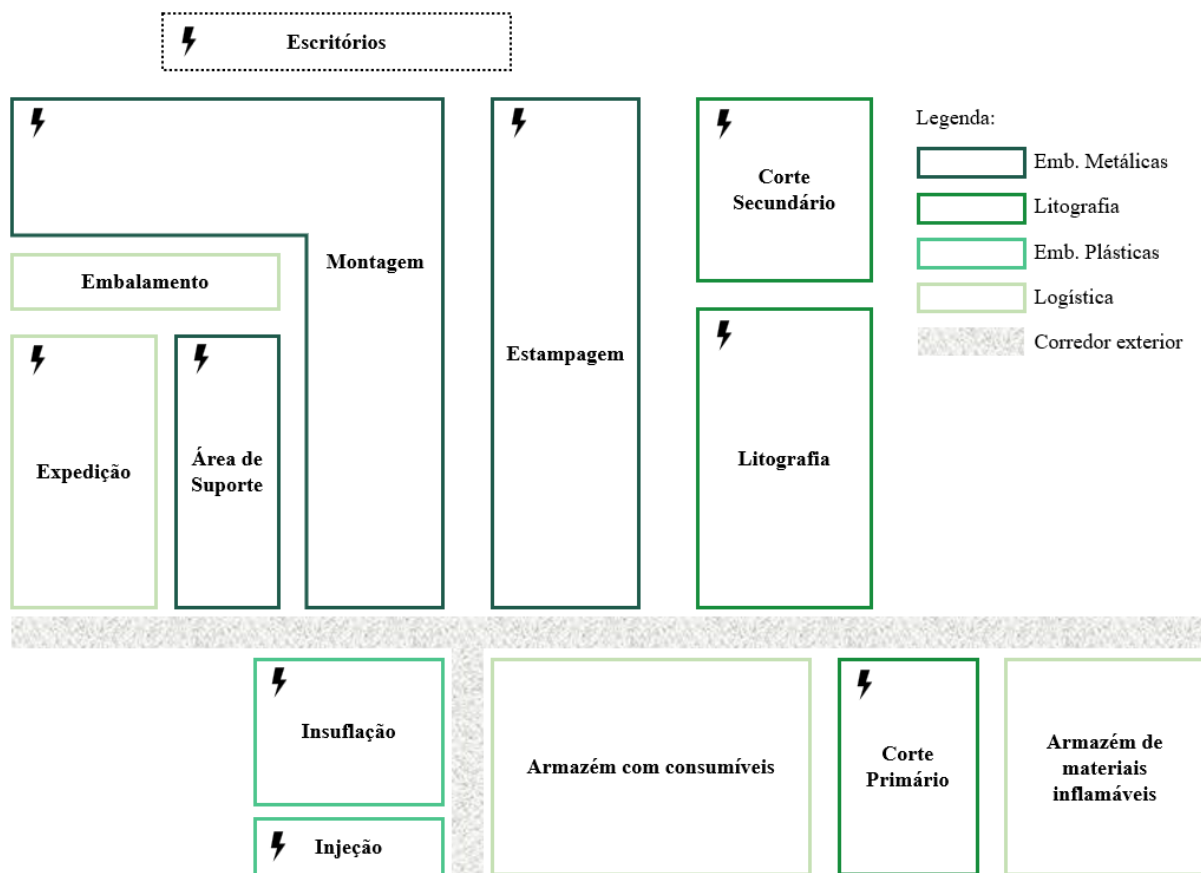


Figura 4.4 - Secções dos pontos de consumo de energia elétrica na fábrica da Colep Packaging Portugal.

Tal como para o gás natural, os consumos da eletricidade são monitorizados mensalmente e existe a obrigatoriedade nos termos do artigo 2.º, n.º 2, da Lei n.º 51/2008 por parte da empresa fornecedora de energia de informar o cliente sobre as emissões devidas à produção daquela quantidade consumida [60]. Esse valor fornecido, somando as doze faturas mensais, foi 2 846,705 t CO₂ eq.

Para realizar uma análise ao valor fornecido pela empresa comercializadora de energia calculou-se as emissões através do enunciado na Equação 2.1, tal como havia sido feito para o gás natural.

Segundo esta equação é necessário conhecer o consumo de energia elétrica. Este valor também foi retirado das faturas mensais e, somando o valor de todos os meses, obteve-se o valor apresentado no Anexo 1 para salvaguardar questões de confidencialidade.

Também é necessário utilizar um fator de emissão e, neste caso, foram utilizados dois valores. Um primeiro, genérico para o *mix* energético em Portugal, disponível na ficha técnica de 2023 de fatores de emissão da eletricidade da Associação Portuguesa do Ambiente (APA) e outro que foi calculado considerando o peso de cada fonte de energia utilizada na geração da eletricidade consumida como apresentado em cada fatura mensal. Para este fator calculado recorreu-se aos fatores individuais disponíveis na mesma ficha técnica da APA e na base de dados do *EcoInvent* [39], [64].

Devido às condições climáticas, ao preço dos combustíveis ou a restrições por parte do governo ou da União Europeia o peso de cada fonte de eletricidade não é a mesma todos os meses, como ilustrado na Figura 4.5.

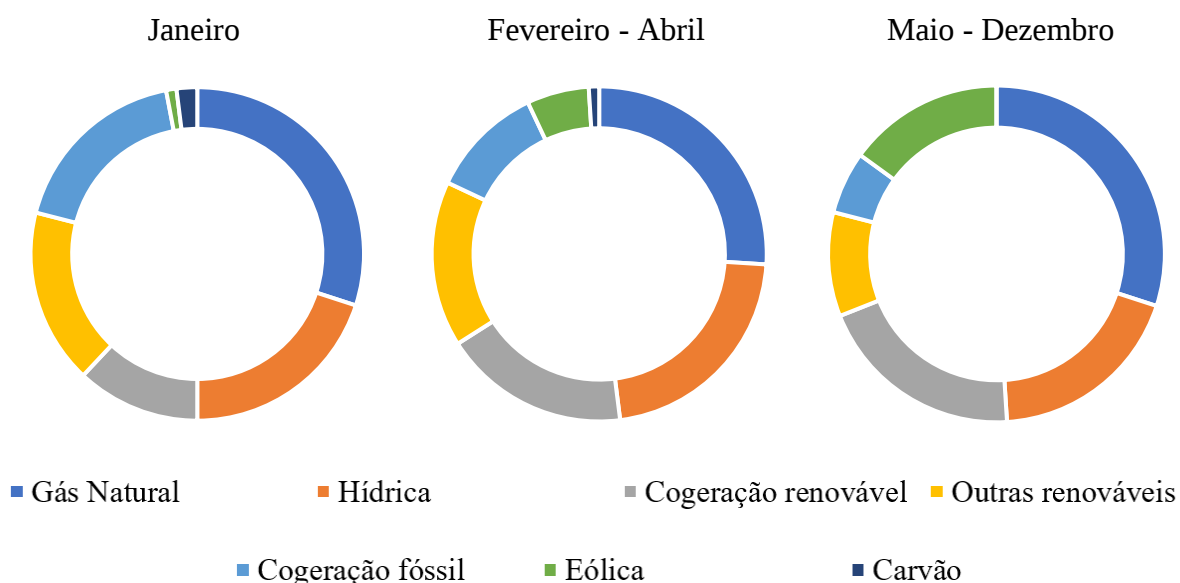


Figura 4.5 - Fontes da eletricidade consumida pela Colep Packaging Portugal em 2022.

Devido à variação da percentagem de cada fonte utilizada para a geração de eletricidade realizou-se uma média ponderada para o fator de emissão tendo em conta os consumos mensais e o peso de cada fonte como ilustrada pela Equação 4.1. No Anexo 2 estão apresentados em mais detalhe os cálculos realizados para cada mês.

$$\text{Fator de emissão global} = \sum_{n=1}^9 FE_{\text{fonte } n} \times \frac{\sum_{i=1}^{12} \% \text{ fonte mês } i \times \text{consumo mês } i}{\text{consumo anual}} \quad \text{Equação 4.1}$$

O valor do fator de emissão obtido no relatório anual da APA para o *mix* e o calculado tendo em conta cada fonte de energia estão apresentados na Tabela 4.9 [39], [64].

Tabela 4.9 - Fator de emissão do mix energético em Portugal e o calculado tendo em conta o peso de cada fonte.

Parâmetro	Mix energético de Portugal [64]	Calculado a partir do peso de cada fonte [39]
Fator de emissão (kg CO ₂ eq/kWh)	0,162	0,20233

Ao analisar a Tabela 4.9 é possível observar que o fator de emissão calculado é 24,90% superior ao do *mix* disponibilizado pela APA.

Esta diferença é possível de ser explicada pelo facto de alguns dos fatores de emissão individuais terem sido retirados da base de dados *EcoInvent* e serem referentes a 2007 para a

cogeração renovável e 2012 para a energia hídrica, eólica e cogeração fóssil [39]. Com estes 15 e 10 anos, respetivamente, que passaram desde o ano de criação dos fatores de emissão até ao ano da análise realizada por este estudo existiram imensos desenvolvimentos tecnológicos que acabaram por melhorar os processos de geração de energia elétrica, tornando-os, em última análise, menos poluentes.

Os fatores de emissão utilizados nas restantes fontes (outras renováveis, carvão, gás natural e outras fósseis) também foram obtidos através do relatório da APA. É de referir que se considerou como “outras renováveis” a utilização de biomassa e para “outras fósseis” fez-se a média entre as emissões devidas à geração de eletricidade a partir de gasóleo e fuelóleo [64].

Assim, estando conhecidos todos os parâmetros necessários para o cálculo da pegada de carbono segundo a Equação 2.1 procedeu-se a este mesmo cálculo.

As emissões de GEE disponibilizadas na faturação mensal do comercializador de energia e as calculadas através do fator de emissão do *mix* energético para Portugal e do calculado para as fontes de energia utilizadas estão apresentadas na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Emissões anuais devidas à geração da eletricidade consumida em 2022.

Método de cálculo	Emissões (t CO ₂ eq)
Fatura	2 846,705
Fator de emissão mix [64]	2 856,049
Fator de emissão específico para cada fonte [39], [64]	3 567,018

Tal como no primeiro âmbito, os valores de emissões apresentados nas faturas energéticas serão os usados neste relatório para efeitos de análise uma vez que são dados primários e possuem, por isso, maior exatidão do que os valores calculados a partir de fatores de emissão.

Dentro destes fatores de emissão, é possível verificar que o valor do *mix* é mais próximo do valor da fatura do que o calculado a partir da percentagem utilizada de cada fonte. Isto porque o último deriva de vários valores teóricos, sendo que muitos destes não são muito recentes e possuem, assim, um erro associado.

4.2.3. Âmbito 3

Para o Âmbito 3, em muitas das suas categorias, o método de cálculo utilizado não varia muito do apresentado na Equação 2.1.

Começando pela categoria de “Bens e serviços adquiridos” foi necessário, em primeiro lugar, saber todos os bens físicos adquiridos, sejam eles necessários à produção em si ou importantes para outras atividades, como são material de escritório ou consumíveis da serralharia.

Estando este ponto terminado descobriu-se a quantidade adquirida de cada um destes bens usando um *software* interno à organização com informações sobre todos os materiais, serviços e produtos que entram e saem das fronteiras da organização.

Este foi um ponto crítico deste projeto uma vez que nem todos os bens tinham a sua massa discriminada neste mesmo *software* e esta é uma variável necessária para o cálculo da pegada de carbono uma vez que é um dos termos da Equação 2.1. Assim, foi necessário estimar a massa destes bens considerando outros materiais semelhantes o que, em última análise, irá influenciar o resultado da pegada de carbono.

Em relação aos serviços adquiridos não existe um fator de emissão associado aos mesmos. Assim sendo, nos serviços em que foi possível, calculou-se o impacto destes através dos materiais utilizados. Para os serviços de limpeza, por exemplo, foram contabilizados todos os detergentes, ferramentas e transporte enquanto que nos serviços de informática adicionou-se aos bens adquiridos todos os computadores, periféricos, tinteiros e restantes equipamentos informáticos utilizados.

A Equação 2.1 retrata o método de cálculo utilizado nesta categoria, tendo em conta que se deu primazia a fatores de emissão fornecidos pelos fornecedores, como enunciado no Pressuposto 2. Quando não era possível obter junto dos fornecedores informações sobre as matérias-primas adquiridas recorreu-se a bases de dados e artigos científicos.

Devido à indústria produtora de aço e ferro ser uma das maiores emissoras de GEE do mundo esta tem sido alvo de legislações que regulamentam as emissões para a atmosfera. Nesse sentido, os fornecedores de folha de Flandres foram os que apresentaram uma maior taxa de resposta quando interrogados sobre a pegada de carbono dos seus produtos [8].

Depois de realizado o inventário a todos os bens adquiridos pela Colep Packaging Portugal em 2022 obteve-se uma lista com 3 109 artigos. Uma vez que apresentar todos os dados tornaria este relatório de difícil compreensão decidiu-se elaborar uma lista com os 20 artigos que contribuíram em maior percentagem nas compras (57,6% do total). Esta lista está apresentada nas Tabela 4.11 e Tabela 4.12, embora no cálculo da pegada tenham sido considerados todos.

Por motivos de confidencialidade, o nome das matérias-primas foi substituído por nomes genéricos e as quantidades foram alteradas com um fator de conversão.

Tabela 4.11 – Quantidade adquirida das 10 matérias-primas mais compradas pela Colep Packaging Portugal em 2022.

Artigo	Quantidade adquirida (kg)
Matéria-prima A	5 276 877
Matéria-prima B	3 073 638
Matéria-prima C	1 727 215
Matéria-prima D	1 383 188
Matéria-prima E	1 286 071
Matéria-prima F	1 285 506
Matéria-prima G	1 163 395
Matéria-prima H	1 098 596
Matéria-prima I	964 614
Matéria-prima J	924 231

Tabela 4.12 - Segundas 10 matérias-primas mais adquiridas pela Colep Packaging em 2022.

Artigo	Quantidade adquirida (kg)
Matéria-prima K	865 757
Matéria-prima L	823 945
Matéria-prima M	687 142
Matéria-prima N	666 019
Matéria-prima O	636 352
Matéria-prima P	600 501
Matéria-prima Q	579 364
Matéria-prima R	569 365
Matéria-prima S	554 049
Matéria-prima T	532 540

Após a realização do cálculo das emissões de GEE com os fatores de emissão fornecidos pelos fornecedores ou encontrados nas bases de dados e artigos científicos obteve-se o resultado apresentado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Emissões resultantes dos bens e serviços adquiridos.

Categoria do Âmbito 3	Emissões (t CO ₂ eq)
Bens e serviços adquiridos	61 034,504

Depois de realizada uma análise aos bens adquiridos foi possível verificar que a folha de Flandres é o material que mais contribui para a pegada de carbono desta categoria por ser um material com muito peso nas compras e possuir um fator de emissão elevado.

Todos os fornecedores de folha de Flandres foram questionados e 4 destes, que correspondem a 70,4% das compras, responderam. Assim, foi calculada uma média ponderada, como apresentado no Anexo 3, tendo em conta o peso que cada fornecedor tem nas compras

Para uma melhor análise, estão apresentadas na Tabela 4.14 as emissões de GEE libertadas para a atmosfera decorrentes de todo o processo de fabricação e transporte da folha de Flandres adquirida pela Colep Packaging e o rácio, em percentagem, destas emissões no total desta categoria.

Na Tabela 4.14 também é possível atentar as emissões de GEE dos restantes bens e serviços adquiridos em 2022. Aqui estão incluídos todos os bens necessários ao processo produtivo apresentados na Figura 4.1 que não são a folha de Flandres, como, por exemplo, polímero de HDPE e PP, vernizes, tintas e fio de cobre. Também estão abrangidos os bens utilizados nos serviços adquiridos.

Tabela 4.14 - Emissões devidas à produção de folha de Flandres e dos restantes bens e serviços adquiridos.

Produto	Emissões (t CO₂ eq)	Peso
Folha de Flandres	52 969,984	86,79%
Restantes bens e serviços adquiridos	8 064,520	13,21%
Total	61 034,504	100,00%

Na categoria 2 do terceiro âmbito, “Bens capitais”, são consideradas as emissões resultantes da produção de todos estes bens.

Neste trabalho, seguindo a sugestão do guia de cálculo do GHGP, considerou-se como bem capital tudo o que pode ser considerado como património e pode ser amortizado [31].

Assim sendo, a Colep Packaging não diferencia entre bens capitais e restantes bens adquiridos, pelo que as emissões resultantes da produção de bens capitais foram incluídos na categoria 1 do âmbito 3 “Bens e serviços adquiridos”.

Para a terceira categoria analisada do Âmbito 3, “Combustíveis e energia”, foi necessário recorrer aos consumos mencionados anteriormente na análise aos âmbitos 1 e 2 e a fatores de emissão que traduzem as emissões decorrentes da extração e processamento destes mesmos combustíveis.

Para evitar uma dupla contagem de emissões também foi necessário consultar os fatores de emissão utilizados anteriormente para verificar se a fronteira abrangida por estes também inclui esta mesma extração e processamento.

Ao realizar esta análise verificou-se que em todos os combustíveis do âmbito 1 estas emissões já tinham sido consideradas. No âmbito 2 os recursos energéticos primários renováveis não necessitam de processos de extração e processamento pelo que não possuem emissões associadas. Consultando a fronteira abrangida pelo fator de emissão dos recursos energéticos primários fósseis utilizados na produção da energia elétrica, apenas não é contabilizada a extração e o processamento no carvão. Desse modo, apenas se calculou as emissões da terceira categoria do âmbito 3 para este combustível.

Para determinar a quantidade necessária de carvão para produzir a quantidade de energia elétrica correspondente recorreu-se a valores da bibliografia. Esta referência utilizada indica que para produzir 1 kWh de eletricidade são necessários 1,12 libras (lbs) de carvão, o que equivale, sensivelmente, a 0,5085 kg [65].

De seguida, analisou-se as faturas de eletricidade onde está descrita a percentagem de cada fonte utilizada para a geração de energia elétrica e somou-se os valores para todos os meses.

Recorrendo, mais uma vez, à base de dados *EcoInvent* 3.9.1 e tendo por base o relatório de 2022 do IPCC calculou-se as emissões de GEE.

Na Tabela 4.15 está evidenciada a quantidade de energia elétrica gerada a partir de carvão, a quantidade de carvão necessária para gerar essa mesma energia elétrica e as emissões devidas à extração e processamento do carvão.

Tabela 4.15 – Emissões de GEE devidas à extração e processamento do carvão utilizado como fonte de energia elétrica.

Energia elétrica consumida a partir de carvão (kWh)	Quantidade de carvão (kg)	Emissões (t CO ₂ eq)
73 189,19	37 215,24	65,573

Em relação ao transporte, a montante e a jusante, o método de cálculo utilizado foi diferente do usado até agora uma vez que o fator de emissão disponível na base de dados *EcoInvent* 3.9.1 depende da massa transportada, em toneladas, e da distância da viagem, em km. Assim, o método de cálculo utilizado vai de encontro ao apresentado na Equação 4.2.

$$Emissões (kg CO_2 eq) =$$

$$= Massa (t) \times Distância (km) \times Fator de emissão \left(\frac{kg CO_2 eq}{t \times km} \right) \quad \text{Equação 4.2}$$

Uma vez que a Colep Packaging compra matérias-primas e vende produtos de e para muitas geografias estudou-se os trajetos percorridos por todas estas e percebeu-se que sempre que uma matéria-prima é importada ou um produto é exportado de e para um país fora da Europa incluindo o Reino Unido, estes viajam de barco entre os portos marítimos mais perto das empresas, sendo que o mais perto da Colep Packaging Portugal é o porto de Leixões, e de camião no trajeto entre as fábricas e os portos marítimos. Para os clientes e fornecedores localizados nos restantes países do continente europeu as viagens são realizadas apenas de camião.

Verificou-se, ainda, que existem algumas exceções. Num dos casos um fornecedor europeu envia as matérias-primas de comboio até um porto marítimo, seguido de barco até ao porto de Leixões e, por fim, de camião até às instalações da Colep Packaging Portugal. A segunda exceção é o caso de outro fornecedor localizado na Europa continental em que as matérias-primas viajam de comboio e camião.

Para o cálculo das emissões desta categoria foram utilizados dois pressupostos enunciados anteriormente. Primeiro, recorreu-se ao Pressuposto 3 para facilitar a análise aos produtos uma vez que alguns chegam a ser vendidos para mais de 40 clientes, porém um é responsável por uma elevada quantidade das vendas. Existem também alguns clientes que representam uma percentagem ínfima nestas vendas.

Segundo uma diretriz interna na Colep Packaging todos os camiões utilizados estão obrigados a serem certificados com a norma europeia de emissões Euro V, porém, é de realçar que todos os transportes rodoviários utilizados são diferentes devido às diferentes necessidades de aprovisionamento de cada material. Foi, então, necessário proceder a uma normalização dos mesmos antes da realização do cálculo das emissões para utilizar um fator de emissão único.

Também se utilizou, então, o quarto pressuposto, pois considerou-se que todos os camiões utilizados possuem uma tara entre 16 e 32 toneladas, o que torna possível a utilização de apenas um fator de emissão [39].

Como mostrado pela Equação 4.2, o consumo a utilizar para calcular as emissões de GEE é o produto entre a distância percorrida pelo meio de transporte e a massa transportada. O valor deste parâmetro para cada meio de transporte analisado a montante e a jusante está apresentada na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Produto entre distância e massa transportada por cada meio de transporte a montante e jusante.

Meio de transporte	Distância × Massa transportada (km × t)	
	Montante	Jusante
Camião	5 083 097	29 798 991
Barco	2 774 534	21 391 257
Comboio	503 335	0,00

As emissões totais e específicas de cada meio de transporte a montante e a jusante estão apresentadas na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Emissões de GEE resultantes do transporte a montante e jusante totais e divididas por cada meio de transporte utilizado.

Meio de transporte	Montante		Jusante	
	Emissões (t CO ₂ eq)	Percentagem	Emissões (t CO ₂ eq)	Percentagem
Camião	964,264	96,36%	5 652,869	96,29%
Barco	28,217	2,82%	217,549	3,71%
Comboio	8,229	0,82%	0,00	0,00%
Total	1 000,710	100,00%	5 870,418	100,00%

Para determinar as emissões associadas ao descarte dos resíduos gerados foi necessário saber a quantidade desperdiçada de cada material e o destino dos mesmos.

Essa informação já era monitorizada pela Colep Packaging Portugal através de Guias Eletrónicos de Acompanhamento de Resíduos, comumente designadas por e-GAR. Tal como na primeira categoria deste âmbito, o inventário realizado gerou muitos artigos, portanto apenas se apresentará uma parte destes mesmos artigos. Neste caso, analisando o inventário realizado, foram obtidos 144 resíduos e apenas 5 representam 93,7% da massa total de resíduos gerados, assim, para facilitar a compreensão deste relatório, apenas serão apresentados na Tabela 4.18 estes mesmos 5 resíduos com nomes genéricos para assegurar a confidencialidade dos dados.

Tabela 4.18 - Quantidade gerada dos cinco resíduos com maior peso no total e seus destinos.

Resíduo	Quantidade gerada (t)	Destino do resíduo
Resíduo A	6 254,346	R 12
Resíduo B	660,129	R 4
Resíduo C	391,160	R 3
Resíduo D	387,478	R 12
Resíduo E	58,921	R 12

Também já existia a monitorização do destino de cada resíduo como apresentado na Tabela 4.18. Esta é feita de acordo com a nomenclatura descrita em Diário da República a 3 de Março de 2004, ou seja, se este era eliminado ou valorizado e, na primeira hipótese, qual era a percentagem que ia para aterro, o que permitiu determinar com uma maior exatidão as emissões de GEE geradas [66].

Dando como exemplo os destinos apresentados na Tabela 4.18, R3 traduz a “reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes”, R4 “reciclagem/recuperação de metais e de ligas” e, por fim, R12 a operação de “troca de resíduos” [66].

Para o cálculo das emissões resultantes do tratamento destes resíduos utilizou-se, então, fatores de emissão disponíveis na base de dados *EcoInvent* 3.9.1 ou em outras referências bibliográficas [39], [67].

O valor obtido para as emissões de GEE resultantes do tratamento de fim de vida dos resíduos gerados em operações está apresentado na Tabela 4.19.

Tabela 4.19 - Emissões de GEE devidas à geração de resíduos em 2022 pela Colep Packaging Portugal.

Categoria do Âmbito 3	Emissões (t CO ₂ eq)
Resíduos gerados em operações	3 747,186

Para o cálculo das emissões de GEE da sexta categoria do âmbito 3, relacionada com as viagens de negócios, foi necessário, em primeiro lugar, realizar um registo informático destas uma vez que apenas existia uma monitorização em formato físico.

Assim, foi necessário consultar todos os arquivos que continham informações quanto à data da viagem, aos locais de partida e chegada e ao número de passageiros.

Em alguns voos as transportadoras aéreas forneceram, no bilhete de embarque, informação sobre as emissões resultantes desse mesmo voo. Nestes casos, e seguindo o Pressuposto 1, utilizou-se estes valores.

Nos restantes casos recorreu-se à Equação 2.1 e, uma vez que o fator de emissão depende da distância percorrida, foi necessário estimar com os locais de partida e chegada a distância. Para tal, recorreu-se a um *website* próprio para o efeito [31], [68].

Estes fatores de emissão utilizados variam em quatro intervalos de distância: viagens mais curtas que 800 km, entre 800 km e 1 500 km, entre 1 500 km e 4 000 km e mais longas

que 4 000 km. As distâncias percorridas em viagens de negócios de avião para cada intervalo e de comboio estão apresentadas na Tabela 4.20 [62].

Tabela 4.20 – Distância percorrida em viagens de negócios em cada intervalo.

Intervalo de distância	Distância percorrida (km)
Avião < 800 km	65 742
Avião ≥ 800 km ; < 1 500 km	173 604
Avião ≥ 1 500 km ; < 4 000 km	214 243
Avião ≥ 4 000 km	33 820
Comboio	3 554,8

As emissões resultantes das viagens de negócios divididas pelo tipo de veículo utilizado e pela distância percorrida estão apresentadas na Tabela 4.21. Aqui está apresentadas tanto as emissões as fornecidas no bilhete de embarque como as calculadas recorrendo a fatores de emissão [62].

Tabela 4.21 - Emissões devidas às viagens de negócios realizadas em 2022.

Veículo	Distância (km)	Emissões (t CO ₂ eq)
Avião	< 800	16,065
	≥ 800 ; < 1 500	37,667
	≥ 1 500 ; ≤ 4 000	39,057
	> 4 000	9,225
Comboio	N/A	0,237
Total	N/A	102,251

Quanto à sétima categoria do Âmbito 3, “Viagens diárias dos funcionários”, realizou-se um inquérito na organização.

Neste inquérito foram realizadas questões sobre quantos dias por semana as pessoas se deslocavam até à empresa, se utilizavam boleia e com quantas pessoas dividiam este meio de transporte, qual a distância percorrida entre a casa e o trabalho, entre a casa e o ponto de encontro da boleia e entre este e o trabalho. As pessoas também foram questionadas quanto ao tamanho e combustível do veículo utilizado em cada viagem.

O inquérito esteve disponível de duas maneiras diferentes: impresso e via online através de um *Microsoft Forms*. No Anexo 4 podem ser analisadas em maior detalhe as questões colocadas.

O inquérito em formato físico esteve presente na cantina durante uma semana, como ilustrado na Figura 4.6, e apenas se obtiveram 8 respostas. Assim, optou-se por mudar a estratégia de obtenção de respostas solicitando às chefias de todas as áreas para entregarem em mão aos colaboradores uma folha com o inquérito. A taxa de afluência subiu consideravelmente obtendo-se 141 respostas. Para o inquérito via *online* obteve-se 115 respostas.

No total, para os 620 colaboradores, foram registadas 264 respostas ao inquérito, sendo que 6 foram consideradas inválidas por estarem em branco ou serem respostas nulas, obtendo-se, assim, um tamanho de amostra de 258 respostas.

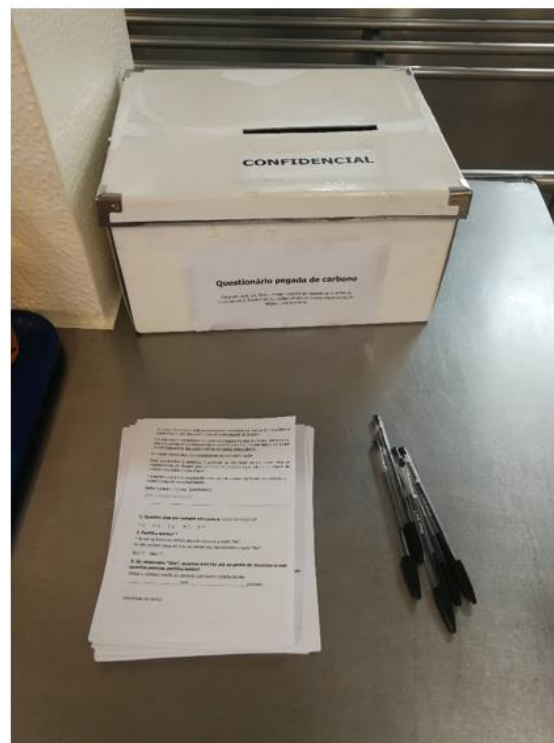


Figura 4.6 - Urna e inquérito sobre as viagens diárias dos funcionários colocada na cantina.

Realizando uma análise estatística aos resultados, a margem de erro associada a este estudo, para um intervalo de confiança de 95%, é de $\pm 4,565\%$. Este pode ser considerado um bom resultado uma vez que é difícil obter uma amostra grande o suficiente para reduzir a margem de erro. Os cálculos realizados para achar este valor também se encontram no Anexo 4 [69], [70].

As emissões de GEE devidas às viagens diárias dos funcionários foram calculadas recorrendo, uma vez mais, à Equação 2.1, sendo que o fator de emissão, como seria de esperar, difere consoante o tipo de veículo e o combustível utilizado.

Para realizar o cálculo foi necessário conhecer as distâncias percorridas por cada um dos veículos utilizados. Esses valores encontram-se sintetizados na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 - Distância percorrida pelos veículos utilizados pelos colaboradores no percurso casa-trabalho-casa em 2022.

Veículo		Distância percorrida anualmente (km)				
		Gasóleo	Gasolina	Híbrido	GPL	100% Elétrico
Carro	Pequeno	128 876	61 809	0,00	0,00	492
	Médio	377 861	80 332	15 744	4 122	11 000
	Grande	53 702	5 885	7 171	0,00	0,00
Mota		7 890				
Autocarro		68 630				
Metro		402				
Bicicleta		3 659				
A pé		2 429				

Os fatores de emissão utilizados para o cálculo das emissões de GEE, como seria de esperar, diferem consoante o tipo de veículo e o combustível utilizado. O fator de emissão utilizado para as viagens de autocarro e metro foram retirados da base de dados *EcoInvent*, enquanto que para os carros e mota utilizaram-se valores da base de dados pública do DEFRA. Para as viagens de bicicleta e a pé, uma vez que estas não possuem emissões associadas, o fator de emissão utilizado foi 0,00 kg CO₂ eq/km.

Tal como indicado no Pressuposto 5, devido ao fator de emissão assim o considerar, considerou-se que todas as motas utilizadas pelos funcionários usam gasolina como combustível e todos os autocarros gasóleo.

Devido a questões de confidencialidade apenas serão apresentados os fatores de emissão da base de dados da DEFRA uma vez que é pública. Esses valores estão na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 - Fatores de emissão da DEFRA para os vários tipos de carro e mota.

Veículo		Fator de emissão (kg CO ₂ eq/km)				
		Gasóleo	Gasolina	Híbrido	GPL	100% Elétrico
Carro	Pequeno	0,13758	0,14946	0,05569	N/A	0,04565
	Médio	0,16496	0,18785	0,09096	0,15949	0,05254
	Grande	0,20721	0,27909	0,10493	0,23626	0,06066
Mota		0,11355				

As emissões devidas às viagens em cada tipo de veículo e totais estão apresentadas na Tabela 4.24.

Tabela 4.24 - Emissões de GEE devidas às viagens diárias dos colaboradores.

Veículo		Emissões anuais (kg CO ₂ eq)				
		Gasóleo	Gasolina	Híbrido	GPL	100% Elétrico
Carro	Pequeno	17 730,76	9 237,97	0,00	0,00	22,46
	Médio	62 331,95	15 090,37	1 432,07	657,42	577,94
	Grande	11 127,59	1 642,44	752,45	0,00	0,00
Mota		895,91				
Autocarro		8 168,34				
Metro		3,86				
Bicicleta		0,00				
A pé		0,00				
Total		129 671,53				

Para a oitava e décima terceira categorias do Âmbito 3, respetivamente “Bens alugados a montante” e “Bens alugados a jusante” foi necessário saber junto da área financeira como cada bem está categorizado.

Assim, após consultar este departamento, foi possível concluir que a Colep Packaging Portugal aluga veículos e paletes a montante. Os primeiros são alugados no modelo de financiamento de *leasing*, ao passo que os segundos seguem um aluguer normal.

No caso dos veículos de *leasing*, para calcular as emissões recorrentes da sua utilização, utiliza-se a mesma metodologia que na categoria anterior, ou seja, recorrendo à Equação 2.1. Para tal, é necessário conhecer as distâncias percorridas anualmente, informação que não era monitorizada. Desse modo, resolveu-se proceder a uma aproximação: as distâncias percorridas por estas viaturas são iguais todos os anos, como assumido no Pressuposto 2.

Desse modo, questionou-se os colaboradores que usufruem deste benefício a distância total percorrida pelo seu veículo. Através da data de início de circulação dos veículos e realizando o Pressuposto 2, calculou-se a distância percorrida por cada veículo no ano de 2022, como demonstrado pela Equação 4.3.

$$Distância\ anual = \frac{Distância\ total \times 365\ dias}{Dias\ desde\ aquisição\ do\ veículo} \quad \text{Equação 4.3}$$

É importante salientar que todos os veículos são alugados novos, ou seja, possuem zero km e apenas foram conduzidos pela pessoa que está atualmente alocada a esse veículo. Dessa forma não está posta em causa a variável de tipo de condução diferente e a quilometragem não corresponder ao condutor atual.

As distâncias percorridas por todas as viaturas da empresa, em km, agrupadas por cada tipo de veículo, estão apresentadas na Tabela 4.25.

Tabela 4.25 - Distância percorrida, em km, por cada tipo de viatura de *leasing* no ano de 2022.

Tipo de viatura	Distância (km)		
	Gasóleo	Gasolina	Híbrido
Médio	17 778	0,00	0,00
Grande	111 643	55 113	248 783

Usando os fatores de emissão apresentados anteriormente na Tabela 4.23 obtêm-se as emissões de GEE da Tabela 4.26.

Tabela 4.26 - Emissões de GEE devidas ao viagens dos veículos de *leasing*.

Tipo de viatura	Emissões (t CO ₂ eq)		
	Gasóleo	Gasolina	Híbrido
Médio	2,933	0,00	0,00
Grande	23,134	15,381	26,105
Total	67,553		

No caso das paletes alugadas a montante foram consideradas as emissões resultantes da sua produção. Contactou-se os fornecedores e estes informaram não ter os dados pretendidos, então, recorreu-se uma vez mais à base de dados *EcoInvent*. A massa da totalidade das paletes alugadas a montante contabiliza 1 045,69 toneladas.

Um resumo das emissões devidas aos bens alugados a montante está apresentado na Tabela 4.27.

Tabela 4.27 - Emissões de GEE devidas aos bens alugados a montante.

Produto	Emissões (t CO ₂ eq)	Peso
Veículos	67,553	4,59%
Paletes	1 404,689	95,41%
Total	1 472,242	100,00%

O único processamento das embalagens vendidas pela Colep Packaging é o seu enchimento, assim, para a décima categoria deste terceiro âmbito pesquisou-se na bibliografia e junto dos clientes fatores de emissão ou informações sobre este tema.

Apenas um cliente respondeu positivamente quando questionado sobre as emissões resultantes do enchimento das embalagens vendidas ao passo que na bibliografia não foi encontrada nenhuma informação. Assim sendo, a informação reportada por este cliente será usada como fator de emissão para o enchimento das embalagens vendidas pela Colep Packaging Portugal.

São vendidas embalagens metálicas e plásticas ao fornecedor contactado logo o valor reportado é representativo para os dois tipos de embalagens vendidas pela Colep Packaging Portugal. Foi pedido pela empresa contactada que o valor do fator de emissão não fosse disponibilizado publicamente.

Para salvaguardar questões de confidencialidade, no Anexo 1 estão informações relativas ao volume total das embalagens vendidas em 2022.

Na Tabela 4.28 estão apresentadas as emissões de GEE devidas ao enchimento de todas as embalagens vendidas pela Colep Packaging em 2022.

Tabela 4.28 - Emissões de GEE devidas ao processamento a jusante dos produtos vendidos pela Colep Packaging.

Categoria	Emissões (t CO₂ eq)
Processamento de produtos vendidos	744,947

O cálculo das emissões resultantes do fim de vida dos produtos vendidos é semelhante às devidas aos resíduos gerados, porém, neste caso não há informação quanto ao fim de vida de cada produto.

Assim, realizou-se um inventário a todos os produtos vendidos pela Colep Packaging Portugal para determinar a quantidade de cada tipo de material que será contabilizada para o fim de vida e, como proferido no Pressuposto 6, considerou-se que o destino dos produtos vendidos respeitava a média nacional.

A taxa de reciclagem de cada material está apresentada na Tabela 4.29. É de referir que considera-se como “metal” as embalagens de folha de Flandres, por “plástico” toda a produção de materiais de HDPE e PP e paletes de plástico, como “cartão” todo o material utilizado no embalamento como caixas e por “madeira” todas as paletes de madeira utilizadas para o envio do produto acabado.

Tabela 4.29 - Taxa de reciclagem de cada tipo de resíduo gerado na Colep Packaging Portugal em 2022.

Análise	Cartão	Madeira	Metal	Plástico
Taxa de reciclagem (%)	74,9%	89,9%	46,3%	56,9%

As quantidades produzidas de cada um destes resíduos estão apresentadas no Anexo 1 por questões de confidencialidade.

Deste modo, sabendo as quantidades vendidas e utilizando fatores de emissão específicos para cada tipo de material, foi possível calcular as emissões de GEE, apresentadas na Tabela 4.30, de acordo com a Equação 2.1. Os fatores de emissão utilizados foram retirados da base de dados do *EcoInvent*.

Tabela 4.30 - Emissões de GEE devidas ao fim de vida dos produtos vendidos.

Categoria	Emissões (t CO₂ eq)
Cartão	296,944
Madeira	2 003,455
Metal	15 883,289
Plástico	1 271,297
Total	19 454,985

Para o caso dos bens alugados a jusante, devido à cisão do grupo Colep em 2021, as instalações da empresa do enchimento de embalagens, a Colep Consumer Products, pertencem à Colep Packaging.

Assim, nesta categoria são contabilizadas todas as emissões de âmbito 1 e 2 desta empresa. Contactou-se a Colep Consumer Products que nos informou acerca desse dado, apresentado na Tabela 4.31.

Tabela 4.31 - Emissões de GEE devidas aos bens alugados a jusante.

Categoria	Emissões (t CO₂ eq)
Bens alugados a jusante	1 452,751

Para a categoria “Franchises” a Colep Packaging não obteve emissões de GEE uma vez que não possui este tipo de negócios.

A Colep Packaging Portugal também não possui emissões que estejam abrangidas na última categoria do Âmbito 3, “Investimentos”. Esta categoria é aplicável a investidores e empresas que prestem serviços financeiros, pelo que a Colep Packaging não está incluída por esta fronteira.

Assim, analisando a globalidade das emissões de âmbito 3 através da Tabela 4.32 é possível afirmar que a Colep Packaging Portugal em 2022 emitiu 94 689,556 t CO₂ eq, sendo que as categorias com maior impacto são todos os bens e serviços adquiridos e o tratamento de fim de vida dos produtos vendidos, que correspondem a 85,01%.

Tabela 4.32 - Emissões de GEE de cada categoria do âmbito 3.

Categoria	Emissões (t CO₂ eq)	Peso (%)
Folha de Flandres adquirida	52 969,984	55,71%
Restantes bens e serviços adquiridos	8 064,520	8,48%
Bens capitais	0,000	0,00%
Atividades relacionadas com combustível e energia	65,573	0,07%
Transporte e distribuição a montante	1 000,710	1,05%
Resíduos gerados em operações	3 747,186	3,94%
Viagens de negócios	102,251	0,11%
Viagens diárias dos trabalhadores	129,672	0,14%
Bens alugados a montante	1 472,242	1,55%
Transporte e distribuição a jusante	5 870,418	6,17%
Processamento de produtos vendidos	744,947	0,79%
Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	19 454,985	20,46%
Bens alugados a jusante	1 452,751	1,53%
<i>Franchises</i>	0,000	0,00%
Investimentos	0,000	0,00%
Total	95 075,239	100,00%

4.2.4. Resultado global

Assim, analisando globalmente as emissões de GEE para todas as categorias dos três âmbitos obteve-se os valores apresentados na Tabela 4.33.

Tabela 4.33 - Emissões de GEE de todas as categorias segundo o método de cálculo desenvolvido.

Âmbito	Emissões (t CO₂ eq)	Peso (%)
1	7 408,235	7,03
2	2 846,705	2,70
3	95 075,239	90,27
Total	105 330,179	100,00

Globalmente, o valor obtido para as emissões de GEE da Colep Packaging Portugal em 2022 foi 105 330,179 t CO₂ eq.

Na Figura 4.7 está apresentado um gráfico que evidencia todas as categorias e os seus impactes.

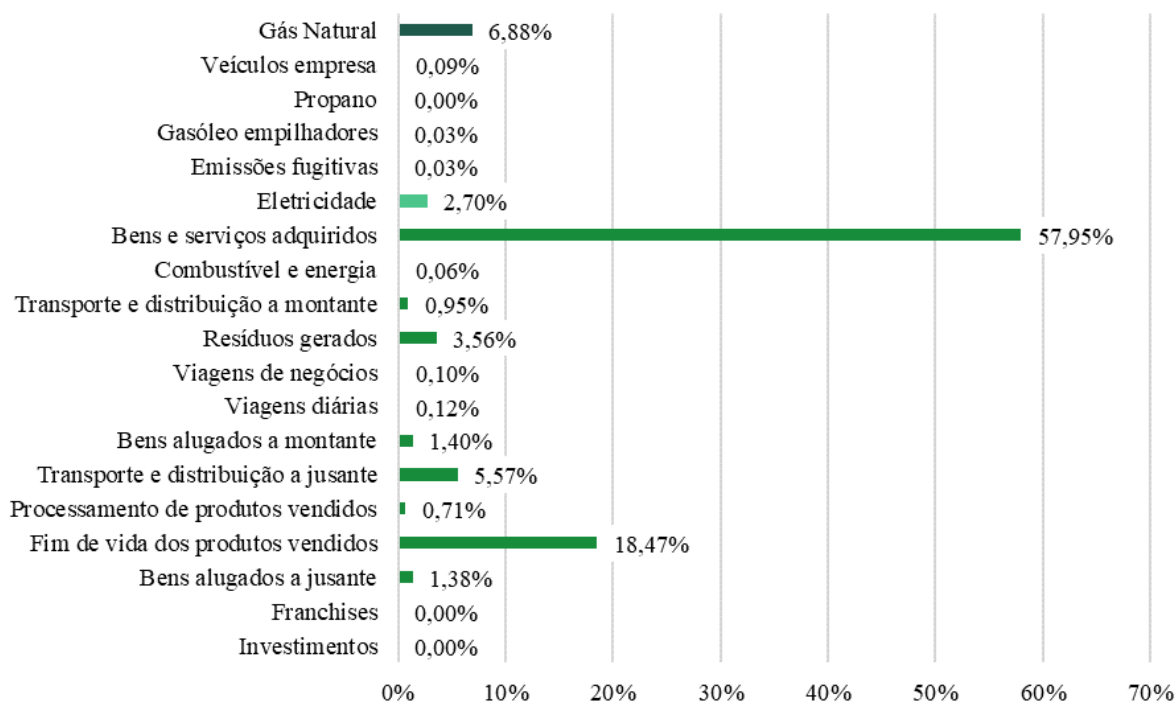


Figura 4.7 - Representação gráfica da percentagem de todas as categorias na pegada de carbono da Colep Packaging Portugal.

Tal como é possível observar pela Figura 4.7 as categorias que mais contribuem para este valor da pegada de carbono são, no âmbito 3, a primeira (Bens e serviços adquiridos) e a décima segunda (Fim de vida dos produtos vendidos) e a utilização de gás natural, no âmbito 1. Estas três categorias emitiram, em 2022, 87 732,707 t CO₂ eq, o que corresponde a 83,29% das emissões totais da Colep Packaging Portugal.

Em seguida, com maior preponderância no valor global de emissões estão as categorias 9 (Transporte e distribuição a jusante) e 5 (Resíduos gerados em operações) do âmbito 3, o âmbito 2 que advém da produção de eletricidade e as categorias 8 (Bens alugados a montante), 13 (Bens alugados a jusante) e 4 (Transporte e distribuição a montante) do âmbito 3. As restantes categorias dos âmbito 1 e 3 têm um peso inferior a 1% no conto geral.

4.3. Calculadora do UNFCCC

De maneira a comparar o valor calculado de emissões de GEE utilizou-se um método de cálculo gratuito disponível no *website* da UNFCCC, o “Climate Neutral Now”.

O UNFCCC tem uma calculadora de emissões de GEE disponibilizada no seu *website*. Esta calculadora é de livre acesso, não sendo necessário nenhum pagamento nem subscrição, e divide as emissões nos mesmos 3 âmbitos utilizados no método de cálculo desenvolvido, mas

não abrange todas as mesmas categorias. Este torna-se um problema uma vez que não é possível realizar uma comparação direta e exata entre o valor calculado através do método de cálculo desenvolvido e o obtido através desta calculadora.

Ainda assim, das opções gratuitas encontradas na bibliografia esta é aquela que compreende a maior quantidade de categorias, tendo sido, por isso, a selecionada para a comparação.

Para a realização do cálculo, uma vez que esta calculadora já possui os fatores de emissão inseridos no seu sistema, apenas se torna necessário introduzir as quantidades consumidas de cada um dos materiais e combustíveis.

Em algumas categorias, como é o caso das viagens de negócios e diárias dos funcionários, saber a quantidade consumida de combustíveis é impraticável, então, tal como no método sugerido, as emissões de GEE são calculadas através das distâncias percorridas.

Os resultados obtidos através desta calculadora estão apresentados na Tabela 4.34.

Tabela 4.34 - Emissões de GEE segundo o método de cálculo do Climate Neutral Now.

Âmbito	Categoria	Emissões (t CO ₂ eq)	Peso (%)
1	Combustíveis usados no processo	4 210,10	3,23%
	Refrigerantes	32,89	0,03%
	Veículos	35,59	0,03%
2	Eletricidade	4 015,09	3,08%
3	Bens e serviços adquiridos	112 454,90	86,18%
	Atividades relacionadas com combustível e energia	1 165,23	0,89%
	Transporte e distribuição a montante	7 372,97	5,65%
	Resíduos gerados em operações	848,93	0,65%
	Viagens de negócios	158,04	0,12%
	Viagens diárias dos trabalhadores	195,42	0,15%
Total	-	130 489,15	100,00%

Foi feita uma análise a nível mais macro aos valores obtidos para os três âmbitos segundo o método de cálculo desenvolvido e a calculadora do UNFCCC, bem como uma comparação desses mesmos valores que se encontram na Tabela 4.35 e na Figura 4.8.

Tabela 4.35 - Comparativo dos valores obtidos para os três âmbitos segundo o método de cálculo desenvolvido e a calculadora *online*.

Âmbito	Método de cálculo desenvolvido	Calculadora do UNFCCC	Diferença (%)
1	7 408,235	4 278,580	-42,25%
2	2 846,705	4 015,090	41,04%
3	95 075,239	122 195,490	28,53%
Total	105 330,179	130 489,150	23,89%

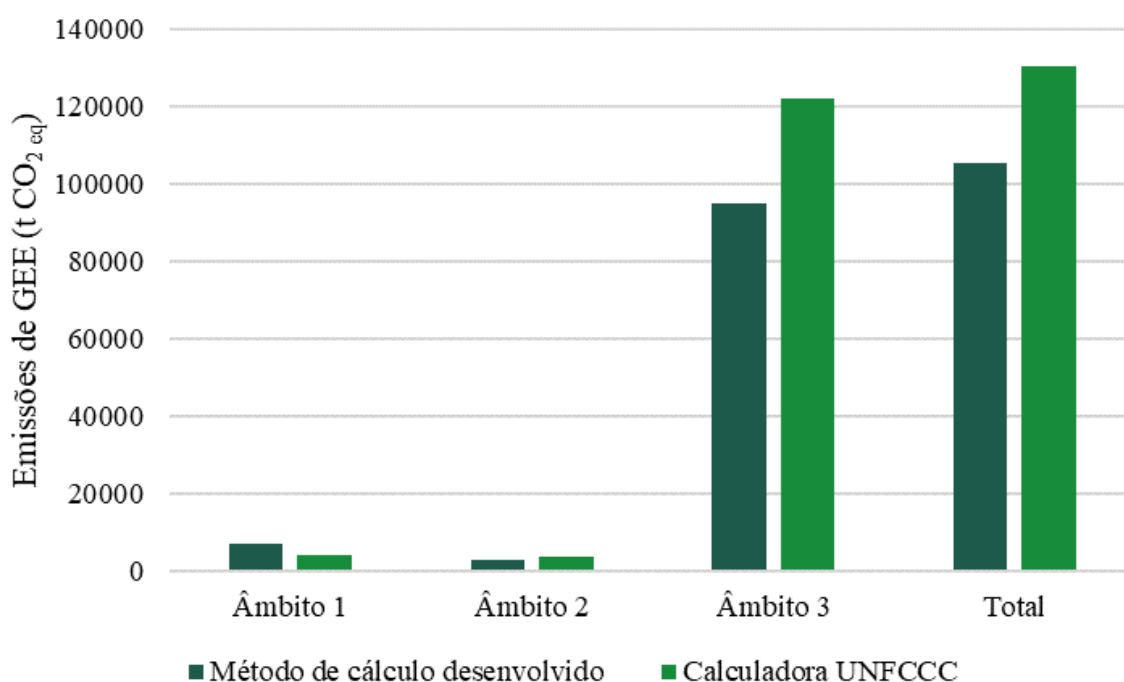


Figura 4.8 - Comparação visual das emissões, por âmbitos, dos dois métodos de cálculo utilizados.

Analisando estes valores é possível notar que existe uma discrepância entre os valores obtidos segundo o método de cálculo desenvolvido e segundo a calculadora do UNFCCC. Esta diferença é negativa, ou seja, o valor obtido pela calculadora do UNFCCC é inferior ao calculado no caso do âmbito 1 e positiva, isto é, as emissões obtidas pela calculadora são superiores às calculadas segundo o método de cálculo desenvolvido nos âmbitos 2 e 3. Globalmente também se verifica uma diferença positiva.

Uma análise mais profunda a cada categoria será realizada de seguida.

Ademais, também é importante realçar que no cálculo do âmbito 3 segundo a calculadora *online* não estão a ser abrangidas todas as categorias que o foram pelo método de cálculo segundo o GHGP. Desse modo, é possível prever que se a calculadora *online* considerasse as mesmas categorias que o GHGP a diferença seria ainda mais díspar.

Realizando uma análise a cada categoria, como apresentado na Tabela 4.36, repara-se que a tendência mantém-se: em alguns casos o valor calculado é maior que o obtido pela calculadora e em outros dá-se o contrário.

Tabela 4.36 - Comparação dos valores obtidos para as diferentes categorias segundo os dois métodos de cálculo utilizados.

Categoria	Pegada de carbono (t CO ₂ eq)		Diferença (%)
	Método de cálculo desenvolvido	Calculadora do UNFCCC	
Combustíveis usados no processo	7 342,748	4 210,100	-42,66%
Líquidos refrigerantes	29,900	32,890	10,00%
Veículos	35,587	35,590	< 0,01%
Eletricidade	2 846,705	4 015,090	41,04%
Bens e serviços adquiridos	61 034,504	112 454,900	84,25%
Atividades relacionadas com combustível e energia	65,573	1 165,230	1 677,00%
Transporte e distribuição a montante	1 000,710	1 751,760	75,05%
Resíduos gerados em operações	3 747,186	848,930	-77,34%
Viagens de negócios	102,251	158,040	54,56%
Viagens diárias dos trabalhadores	129,672	195,420	50,70%

Nesta tabela é possível verificar, então, que existem duas categorias, veículos e líquidos refrigerantes, onde os valores obtidos para os dois métodos de cálculo são próximos. No caso dos veículos a diferença é quase inexistente, ao passo que nos refrigerantes a variação é explicada pelo facto do PAG (1 300 kg CO₂ eq/kg) na calculadora ser retirado do 4º relatório do IPCC enquanto que no método de cálculo desenvolvido é do 5º relatório.

Nos casos mais gritantes, como são as diferenças verificadas nas categorias das atividades relacionadas com combustível e energia e os bens e serviços adquiridos as diferenças podem ser explicadas, respetivamente, pelo facto de na calculadora *online* serem contabilizadas as perdas por transmissão e distribuição dos combustíveis enquanto que no método de cálculo do GHGP estas emissões estão adjudicadas ao âmbito 1 e pelo fator de emissão da folha de

Flandres adquirida pela calculadora do UNFCCC ser 2 vezes superior ao utilizado no método de cálculo proposto.

4.4. Valores do setor de atividade

Por forma a saber em que ponto a Colep Packaging se encontra face aos demais concorrentes também foi realizada uma comparação entre o valor obtido para a metodologia desenvolvida e o destas empresas. Desta forma também é possível saber em que âmbitos a Colep Packaging tem mais urgência em melhorar para atingir os níveis médios do mercado.

Como as comparações só devem ser realizadas se o termo de comparação for o mesmo apenas foram tidas em consideração empresas que utilizem o método de cálculo do GHGP. Ainda assim, no valor disponível pelos concorrentes não está discriminado o valor acarretado por cada categoria no total, pelo que a análise realizada será apenas do peso de cada âmbito.

Por forma a manter confidencialidade dos dados as empresas concorrentes serão apresentadas por A, B, C e D. A empresa A produz embalagens de metal e está presente em 20 países, as empresas denominadas por B e C produzem embalagens de metal e alumínio e estão presentes em 40 e 16 países, respetivamente. Por fim, a empresa D fabrica embalagens de alumínio e tem produção em 26 países.

Na Tabela 4.37 está presente o peso, em percentagem, de cada âmbito no valor total da pegada de carbono.

Tabela 4.37 - Peso, em percentagem, dos três âmbitos no valor total da pegada de carbono das empresas A, B, C e D.

Âmbito	Peso (%)			
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
1	4,26	5,08	4,76	4,40
2	3,97	3,99	6,25	8,18
3	91,77	90,93	88,99	87,42

Comparando os valores médios apresentados na tabela acima com os obtidos para a Colep Packaging Portugal, apresentados na Tabela 4.33, é possível obter os valores apresentados na Tabela 4.38.

Tabela 4.38 - Peso dos âmbitos da pegada de carbono para a Colep Packaging Portugal e a média do setor de atividade e diferença entre os dois.

Âmbito	Peso (%)		Diferença (%)
	Colep Packaging Portugal	Média do setor de atividade	
1	7,06	4,63	52,65%
2	2,71	5,60	-51,59%
3	90,23	89,78	0,50%

Como é possível verificar pela Tabela 4.38 existe uma diferença grande entre o valor dos âmbitos 1 e 2 da Colep Packaging Portugal e a média do setor de atividade. Estes âmbitos estão relacionados com a energia utilizada no processamento (direta e indiretamente) e os fatores de emissão que variam de acordo com a localização geográfica da empresa.

No caso do âmbito 1 o fator de emissão não tem uma grande variabilidade pois depende do uso direto dos combustíveis e este só pode variar de acordo com a composição dos mesmos. Como esta variação é pequena a causa mais plausível da discrepância verificada pode-se prender com o facto de o fator de emissão da eletricidade (âmbito 2) variar imenso com o *mix* energético.

Portugal é um país que usa uma elevada taxa de renováveis como fonte primária de energia elétrica logo o seu fator de emissão global será muito menor que o de um país mais dependente de fontes fósseis como é o caso da Polónia. Tomando como exemplos valores da bibliografia, em 2021 Portugal apresentava um valor de fator de emissão de 167 kg CO₂ eq/kWh enquanto que o da Polónia se situava nos 721 kg CO₂ eq/kWh [71].

Uma análise interessante de se fazer era a comparação das emissões geradas por cada unidade funcional, sendo que esta podia ser, por exemplo, uma ou mil embalagens. Não foi possível realizar esta análise uma vez que os concorrentes, quando questionados, optaram por não divulgar essa informação pois é um valor sensível

5. Propostas de melhoria

De maneira a reduzir a pegada de carbono da Colep Packaging Portugal foram estudadas várias oportunidades de melhoria.

Assim sendo, e para as medidas propostas terem um impacto elevado, realizou-se um diagrama *Ishikawa*, ilustrado na Figura 5.1, onde se escolheu como causas raiz algumas das categorias da Figura 4.7 com maior impacto. A percentagem de cada impacto no valor total também está apresentado na Figura 5.1.

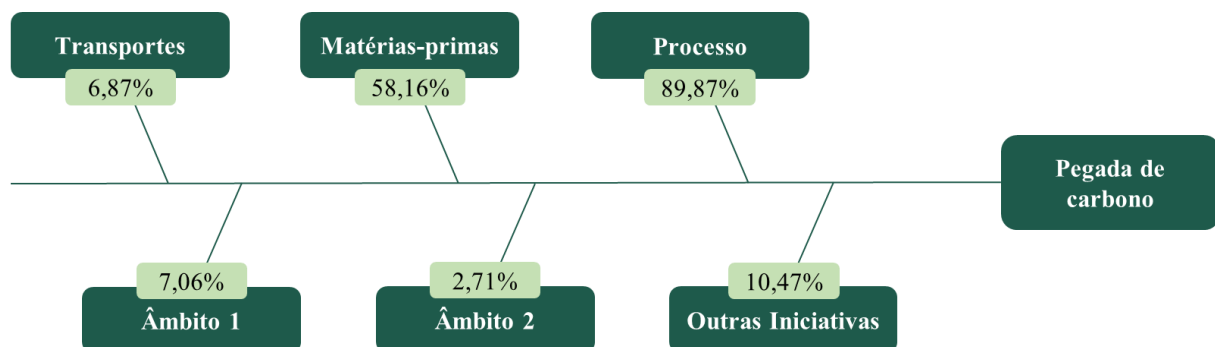


Figura 5.1 - Diagrama *Ishikawa* com as várias causas raiz da pegada de carbono escolhidas.

É de referir que o impacto de cada medida estudada foi baseado no valor das emissões de GEE calculadas através da metodologia desenvolvida uma vez que este foi obtido, em parte, a partir de dados primários, que possuem uma exatidão maior do que os valores de bases de dados utilizados na totalidade do cálculo da metodologia “Climate Neutral Now”.

As causas raiz estudadas são os transportes, as matérias-primas, o processo produtivo, o âmbito 1, o âmbito 2 e outras iniciativas e estão apresentadas nos subcapítulos seguintes. Note-se que algumas medidas propostas não são exclusivas da causa raiz a que estão associadas.

5.1. Transportes

As medidas estudadas para os transportes abrangem várias áreas, como são, os transportes de matérias-primas e produtos, as viagens de negócios e as viagens diárias dos colaboradores através de viatura própria ou de *leasing*.

Estas áreas dizem respeito às categorias 4, 6, 7, 8 e 9 do âmbito 3 e às viaturas de serviço do âmbito 1 e perfazem 7 206,191 t CO₂ eq, o que corresponde a 7,21% das emissões totais.

Assim sendo, para mitigar o impacto dos transportes de mercadorias estudou-se o impacto que teria a substituição dos atuais camiões a gasóleo por elétricos.

De acordo com uma avaliação de ciclo de vida realizada na Europa pelo *International Council on Clean Transportation*, os camiões elétricos providenciam uma redução de 63% de emissões em relação aos movidos a gasóleo. Também acrescentam que caso a energia elétrica utilizada seja proveniente a 100% de fontes renováveis a redução será de 92% [72].

Assim sendo, tendo em conta que as viagens dos camiões a montante e a jusante representam 6 617,133 t CO₂ eq, uma substituição de todos os veículos a gasóleo por outros

movidos a energia elétrica 100% renovável diminuiria a pegada de carbono da Colep Packaging Portugal em 6 087,762 t CO₂ eq, ou seja, 88,60% das emissões das categorias 4 e 9.

De maneira a reduzir estas emissões também seria interessante optar por utilizar em maior quantidade o comboio como meio de transporte de mercadorias. Comparando o fator de emissão de um comboio de mercadorias e de um camião a gásóleo é possível verificar que o do primeiro é 91,38% inferior ao segundo [31].

Esta medida não tornaria inexistente a utilização de camiões uma vez que continuaria a ser necessário o transporte entre a estação de comboios e a fábrica da Colep Packaging. Para os clientes situados a uma distância curta também não seria viável enviar os produtos de comboio.

Analisando os clientes e fornecedores a uma distância superior a 250 km é possível diminuir a pegada de carbono dos transportes de mercadorias e produtos vendidos em 4 523,198 t CO₂ eq, 65,83% do total das categorias 4 e 9 do âmbito 3.

Ademais, como é sabido, a rede de transportes por via férrea em Portugal não permite que as empresas priorizem este meio de transporte, principalmente se o transporte for internacional uma vez que a bitola utilizada em Portugal é diferente do resto da Europa o que obriga à mudança de locomotivas na fronteira. Os constantes atrasos em planos de recuperação e construção de linhas e greves também fazem aumentar a dificuldade de implementação desta medida.

Em relação às viagens de negócios foi notado que é utilizado o avião mesmo para distâncias curtas. A opção proposta neste caso é substituir este meio de transporte pelo comboio. O fator de emissão utilizado para as viagens de avião varia de acordo com a distância percorrida uma vez que as fases da viagem com maiores emissões associadas são a descolagem e aterragem.

Assim, estudou-se a substituição do avião pelo comboio nas viagens com maior fator de emissão (inferiores a 800 km). Com esta substituição as emissões de GEE passariam dos atuais 16,065 t CO₂ eq para 1,168 t CO₂ eq, uma redução de 92,73% para as viagens neste intervalo de distâncias. Em termos da categoria onde esta medida se insere (7 do âmbito 3) a redução ficaria nos 14,57%.

Tal como referido anteriormente, esta medida, apesar de ter um impacte relativamente elevado, é de difícil concretização, porém a sua implementação deve ser ponderada quando a linha ferroviária em Portugal permitir uma melhor circulação.

Outra possibilidade para a redução das emissões passa pela utilização de veículos de *leasing* e de serviço elétricos ou híbridos. Atualmente, 57,89% dos veículos de *leasing* são híbridos, porém todos os de serviço possuem motor a combustão.

No caso de todos estes veículos passarem a ser elétricos existiria uma redução de 65,861 t CO₂ eq, ao passo que se esta mudança fosse no sentido dos veículos serem híbridos a pegada de carbono sofreria uma redução de 46,674 t CO₂ eq.

Em termos percentuais a implementação destas medidas teria um efeito de redução das emissões de 63,86% e 45,25% para os veículos elétricos e híbridos, respetivamente, quando comparadas com os valores atuais para os veículos de *leasing* e de serviço.

Na Tabela 5.1 está apresentado um quadro resumo das poupanças devido à implementação das quatro medidas propostas.

Tabela 5.1 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para os transportes e o impacte, em percentagem, na sua categoria.

Medida	Redução total (t CO ₂ eq)	Redução na categoria
Utilização de camiões elétricos	6 087,762	88,60%
Utilização de comboios no transporte > 250 km	4 523,198	65,83%
Priorização de comboios em viagens de negócios curtas	14,897	14,57%
Substituição dos veículos por elétricos	65,861	63,86%
Total	6 168,520	85,60%

As medidas de substituição dos atuais camiões a gasóleo por elétricos e a utilização de comboio no transporte superior a 250 km são mutuamente exclusivas, ou seja, não se pode realizar as duas ao mesmo tempo.

Assim sendo, a redução total analisa o melhor caso possível: a implementação das medidas de substituição dos atuais camiões por uns movidos a energia elétrica 100% renovável, a priorização dos comboios em viagens de negócios curtas e a substituição dos veículos de serviço e leasing por 100% elétricos.

Ao realizar estas medidas a pegada de carbono diminuiria 6 168,520 t CO₂ eq, o que equivale a 85,60% das categorias mencionadas em cima.

Na Figura 5.2 está representado um gráfico que mostra a descida no valor da pegada de carbono para as categorias analisadas.

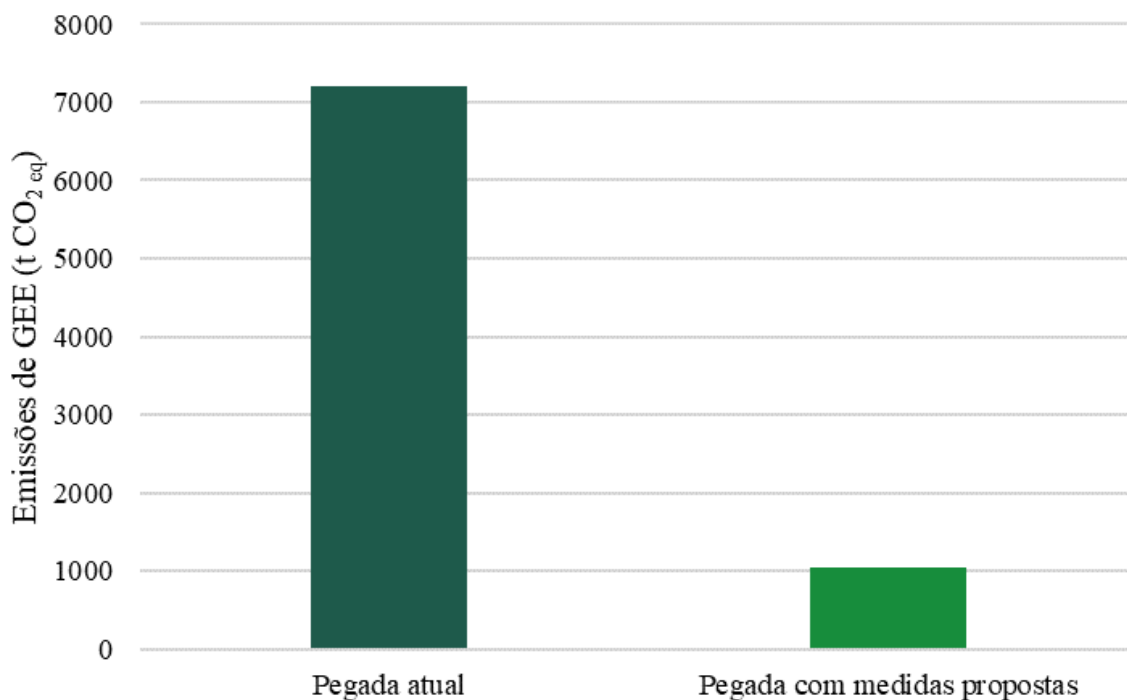


Figura 5.2 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas relacionadas com transportes.

5.2. Matérias-primas

A produção de todas as matérias-primas necessárias ao processo da Colep Packaging Portugal gerou a emissão de 61 034,504 t CO₂ eq em 2022, o que corresponde a 58,16% do valor da pegada de carbono. Por esse mesmo motivo torna-se imperativo atacar esta frente.

A maior parte destas emissões (52 969,984 t CO₂ eq) são resultantes da produção da folha de Flandres uma vez que este material exige a fundição a altas temperaturas do aço e estanho em fornos que funcionam a gás natural. Também é necessária a utilização de carbono puro para reduzir o minério de ferro, resultando CO₂ emitido para a atmosfera.

Este processo é muito prejudicial ao ambiente e, por isso, várias empresas começaram a estudar medidas para mitigar este efeito, sendo que a principal é a utilização de “aço verde”.

Este material não tem um efeito tão adverso ao ambiente uma vez que a sua produção é realizada em fornos elétricos e a eletricidade usada é gerada a partir de hidrogénio verde, daí a sua designação.

Várias empresas já dispõem no seu relatório este material, de onde se destaca a ThyssenKrupp Rasselstein com o produto designado por “bluemint® pure” e a ArcelorMittal, um pouco menos avançada, com o “XCarb®”. Também existem outras alternativas no mercado, como a TATA Steel com o produto “Zeremis® Carbon Lite” que passa pela utilização de licenças de emissões o que irá diminuir a pegada de uma forma teórica [73], [74].

O “bluemint® pure” será o “aço verde” utilizado como exemplo para o cálculo das emissões reduzidas pois é a tecnologia presente no mercado com mais informações. Segundo

dados do fornecedor, este material possui um fator de emissão devido à sua produção de 0,6 kg CO₂ eq/kg produto.

Realizando o cálculo das emissões para a mesma quantidade de folha de Flandres utilizada no ano de 2022 obtém-se o valor de 20 848,626 t CO₂ eq. Este valor representa uma poupança de 32 121,358 t CO₂ eq, o que equivale a 52,63% das emissões da categoria 1 do âmbito 3.

Outra alternativa a estudar é aumentar a incorporação de material reciclado tanto na folha de Flandres como no plástico.

Atualmente incorpora-se 58% de aço reciclado na folha de Flandres, no entanto, no caso de 100% de utilização de reciclado, a pegada de carbono diminuiria 21 701,334 t CO₂ eq o que equivale a 35,56% da categoria dos bens adquiridos do âmbito 3 [55].

No caso do plástico existe um objetivo de 10% das embalagens plásticas vendidas serem feitas de plástico reciclado, tanto PP como HDPE, no entanto, atualmente, este indicador encontra-se nos 4,7%. Atingindo-se o objetivo proposto internamente as emissões de GEE diminuiriam 139,417 t CO₂ eq, ou seja, 0,23% das emissões da categoria, tendo em conta fatores de emissão da bibliografia [67].

Esta diminuição é relativamente baixa, porém, caso a Colep Packaging apenas produzisse embalagens de plástico reciclado a diminuição seria de 2 506,878 t CO₂ eq (4,11% do total da categoria).

Fazendo uma análise global às medidas propostas para esta causa raiz obter-se-ia os valores apresentados na Tabela 5.2. É de referir que a medida de incorporação de reciclado na folha de Flandres e a aquisição de “aço verde” são mutuamente exclusivas, pelo que a redução total apresentada nesta tabela é referente à medida proposta do aço verde e da incorporação de reciclado nas embalagens plásticas.

Tabela 5.2 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para as matérias-primas e o impacte, em percentagem, na sua categoria.

Medida	Redução total (t CO ₂ eq)	Redução na categoria
Utilização de “aço verde”	32 121,358	52,63%
Incorporação de reciclado nas embalagens metálicas	21 701,334	35,56%
Incorporação de reciclado nas embalagens plásticas	2 506,878	4,11%
Total	34 628,236	56,74%

Na Figura 5.3 é possível ver a representação gráfica da descida devida às medidas propostas na Tabela 5.2.

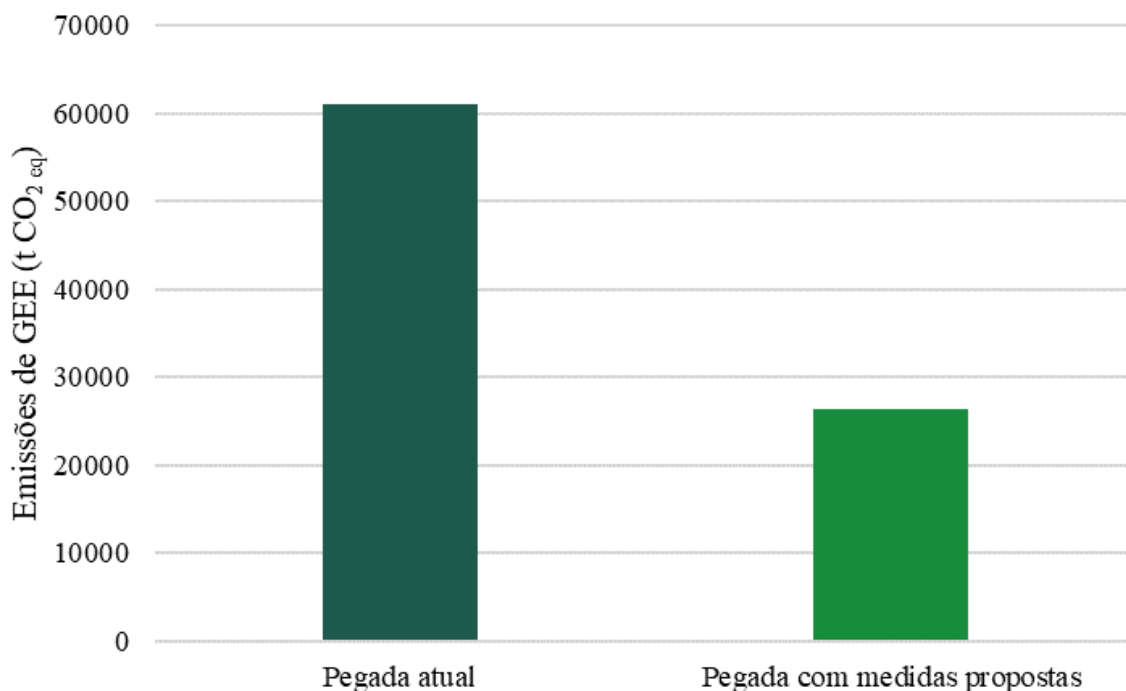


Figura 5.3 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas sobre matérias-primas.

5.3. Processo

O processo produtivo também é um indicador imprescindível para a Colep Packaging melhorar o seu resultado em termos de emissões de GEE.

Nesse sentido, a Colep Packaging em 2023 definiu no seu plano estratégico um objetivo de aumento de 30% de eficiência energética dos seus equipamentos. Concretizando esse mesmo objetivo existe uma redução de 30% do consumo de energia elétrica, o que corresponde a uma poupança de igualmente 30%, ou seja, 856,815 t CO₂ eq.

Dentro deste mesmo projeto de aumento da eficiência energética está a ser estudada a rede de ar comprimido, uma vez que 24,75% da energia elétrica consumida na Colep Packaging no ano de 2022 deveu-se ao uso desta utilidade. Neste estudo estão a ser pensados meios para diminuir este consumo elevado e a ser verificadas fugas que possam existir na rede.

As preocupações ambientais estão cada vez mais no centro das escolhas dos consumidores e, ao mesmo tempo, as empresas de embalagens estão cada vez mais conscientes do impacto que os desafios da sustentabilidade representam para as suas operações, sendo a Colep Packaging um exemplo dessas mesmas empresas.

Nesse sentido, preocupada em otimizar o consumo de materiais, a Colep Packaging está a abordar a escassez de materiais com a implementação de mudanças significativas nos seus produtos, como o programa de redução de materiais da empresa "*Lightweight Can*" (LWC): soluções de aerossóis com uma otimização na utilização de materiais, resultando numa redução de peso de até 29%.

Com este desenvolvimento, menos material é utilizado, os processos logísticos são mais eficientes e a pegada de carbono é reduzida em até 27% ao longo do ciclo de vida do produto. No mesmo sentido, a pegada de carbono também diminui.

Supondo que toda a produção de aerossóis seria nesta tecnologia de LWC existiria uma diminuição de 10 926,869 t CO₂ eq, os mesmo 27% de redução mencionados anteriormente.

De seguida, na Tabela 5.3 está apresentado um resumo das medidas propostas para esta causa raiz, sendo que na Figura 5.4 é possível ver a representação visual da pegada de carbono ao implementar estas mesmas medidas.

Tabela 5.3 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para o processo produtivo e o impacte, em percentagem, na sua categoria.

Medida	Redução total (t CO ₂ eq)	Redução na categoria
Aumento da eficiência energética	856,815	30,00%
Produção de LWC	10 926,869	11,95%
Total	11 783,684	12,49%

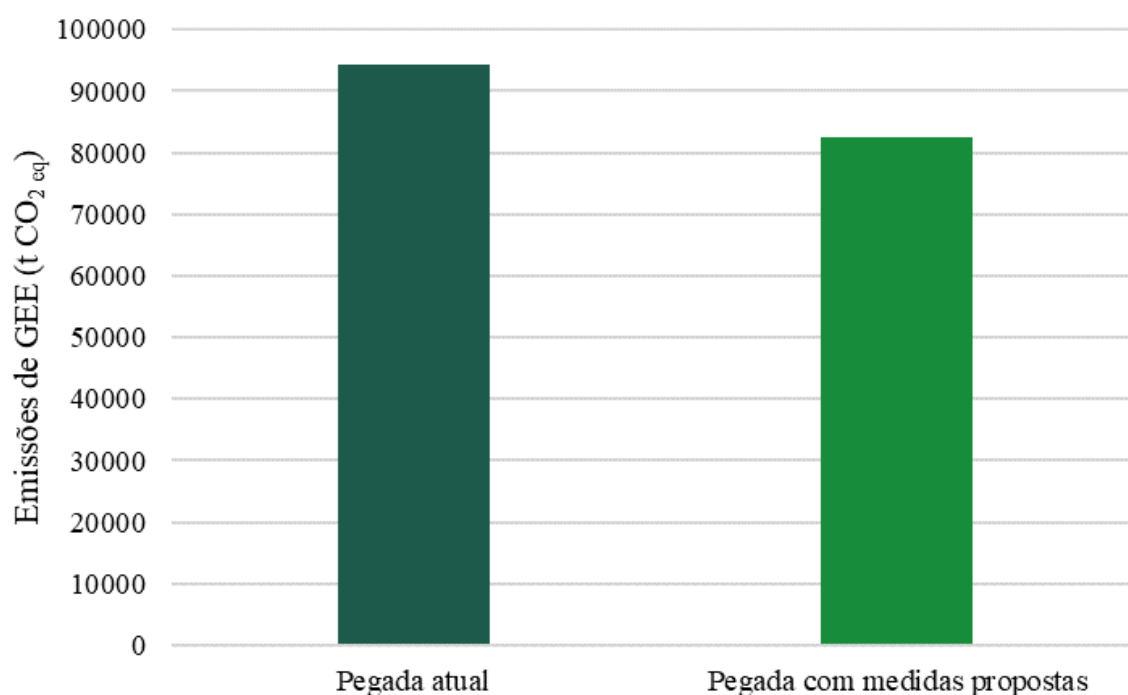


Figura 5.4 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas relacionadas ao processo.

Existem também outras medidas, enunciadas de seguida, que ajudariam a diminuir a pegada de carbono, porém, não foram estudadas por não haver informação suficiente para a elaboração deste cálculo.

No contacto diário com os colaboradores de várias áreas também foi notada uma consciência que passa por uma preocupação pelo ambiente. Um exemplo é o caso de quando é

necessário proceder a uma substituição de algum componente de um equipamento existir o cuidado de verificar se é possível o substituto possuir a mesma potência que o que estava previamente instalado mas uma maior eficiência. Pequenas mudanças como estas podem ter impactos enormes pois as ações iniciam-se na consciência.

No futuro seria interessante realizar um estudo a cada linha de produção de maneira a obter valores mais pormenorizados pois no decorrer deste trabalho foi necessário recorrer a fatores de alocação de energia, o que está associado a erros inerentes.

O “Manufacturing Execution System” (MES) é uma opção de um *software* possível de ser aplicado que permite a monitorização em tempo real de energia (gás natural e eletricidade), água e ar comprimido consumidos, bem como a produção e resíduos gerados.

Com este *software* também tornar-se-ia possível saber a quantidade de material e energia necessários para a produção de cada tipo de produto permitindo à Colep Packaging avaliar as embalagens com melhor desempenho.

5.4. Âmbito 1

O âmbito 1 da pegada de carbono representa 7,06% do valor total, sendo que grande parte (97,77%) das emissões que se inserem neste âmbito são devidas à utilização de gás natural, logo é benéfico estudar o consumo deste combustível. Avaliando as monitorizações mensais verificou-se que a área da litografia corresponde a 88% da utilização de gás natural, devido à impressão e à utilização do incinerador.

Desse modo, é necessário estudar medidas para diminuir o consumo. Uma opção passa pela utilização de vernizes UV no acabamento que iria eliminar do processo a passagem da folha pelos fornos depois da sua aplicação ou pela substituição dos atuais fornos por uns a indução. Não é possível definir a poupança gerada por estas medidas uma vez que não existem informações detalhadas sobre o consumo dos atuais fornos.

Focando no resto das emissões de âmbito 1 é possível diminuir a pegada de carbono ao realizar um estudo à rede de ar condicionado e consertar eventuais fugas pois os líquidos refrigerantes apesar de serem libertados em pequena quantidade possuem um PAG muito elevado.

Contabilizando apenas as fugas registadas no ano de 2022, ao realizar um estudo à rede de ar condicionado, seria possível ter poupado a libertação de 29,900 t CO₂ eq, 0,41% das emissões do âmbito 1.

Tal como mencionado no subcapítulo anterior dos transportes, substituir as viaturas de serviço por elétricos ou híbridos terá um impacto elevado. Realizar esta troca apenas nos veículos de serviço teria uma diminuição de 24,952 t CO₂ eq, 70,12% das emissões atuais devidas ao uso destes transportes.

Por último, outra medida passível de ser implementada passa pela substituição dos empilhadores a gasóleo por elétricos. Ainda existem cinco empilhadores a circular nas instalações da fábrica que utilizam gasóleo como combustível. Estes empilhadores são utilizados no exterior para movimentação de cargas mais pesadas.

Substituir estes empilhadores por elétricos iria diminuir as emissões de GEE em 79,531 t CO₂ eq, o que corresponde a 80,60% das emissões devidas ao uso deste tipo de empilhadores, 1,0% das emissões de âmbito 1.

Na Tabela 5.4 está um quadro resumo das medidas propostas neste subcapítulo.

Tabela 5.4 - Valor da redução de GEE das medidas propostas para o âmbito 1 e o impacte, em percentagem, na sua categoria.

Medida	Redução total (t CO ₂ eq)	Redução na categoria
Fugas ar condicionado	29,900	0,40%
Substituição de empilhadores a gasóleo	79,531	1,07%
Total	109,431	1,47%

Em baixo, na Figura 5.5, está ilustrado a situação atual da pegada de carbono para o âmbito 1 e a situação possível de atingir caso todas as medidas propostas se concretizassem.

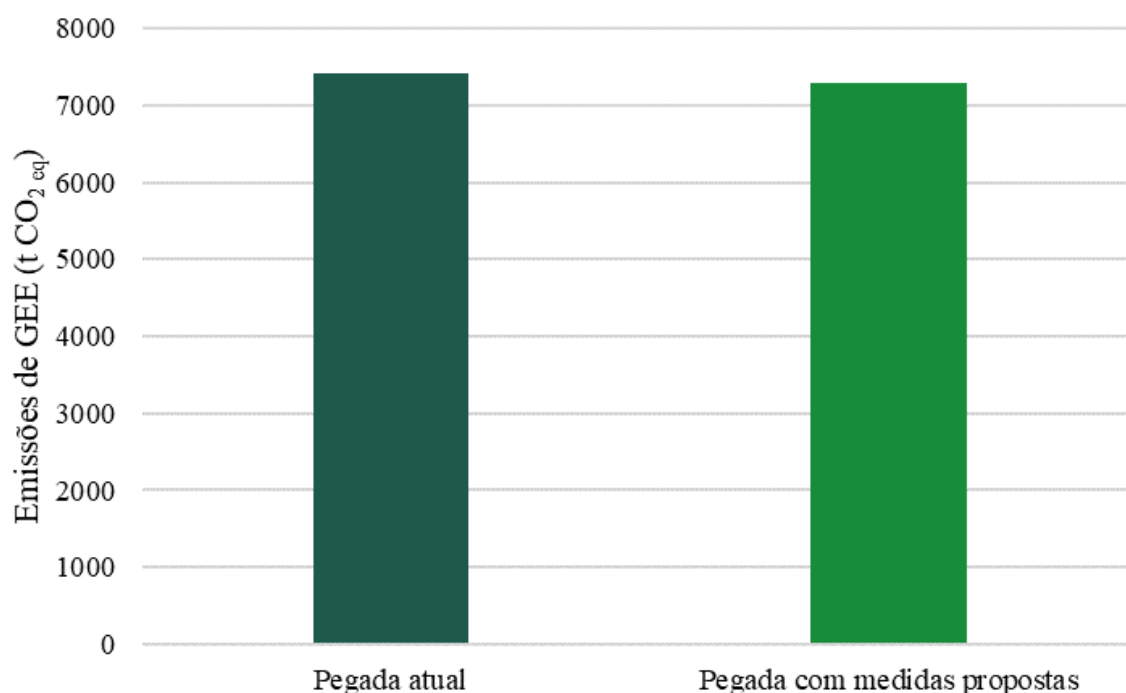


Figura 5.5 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas da causa raiz âmbito 1.

5.5. Âmbito 2

Neste subcapítulo irão ser apresentadas propostas de melhoria a ser implementadas por forma a diminuir a pegada de carbono do âmbito 2, responsável por 2,71% das emissões totais da Colep Packaging Portugal.

Este âmbito está relacionado com a eletricidade consumida, portanto a redução da pegada pode passar pela diminuição do consumo, que, possivelmente, traria consequências para a produção, ou pela diminuição do fator de emissão.

Uma forma de concretizar este último ponto é optar por um uso em maior quantidade de fontes de energia renovável, tal como, por exemplo, a instalação de painéis solares.

Existe um estudo em curso para a colocação de painéis solares no telhado do edifício fabril e como cobertura do parque de estacionamento. Segundo a empresa com a qual se realizou o estudo estas duas zonas de painéis solares conseguiriam produzir 5 450 MWh anualmente que se traduziria numa poupança de 1 356,000 t CO₂ eq, ou seja, 47,64% das emissões de âmbito 2 como é possível ver na Figura 5.6.

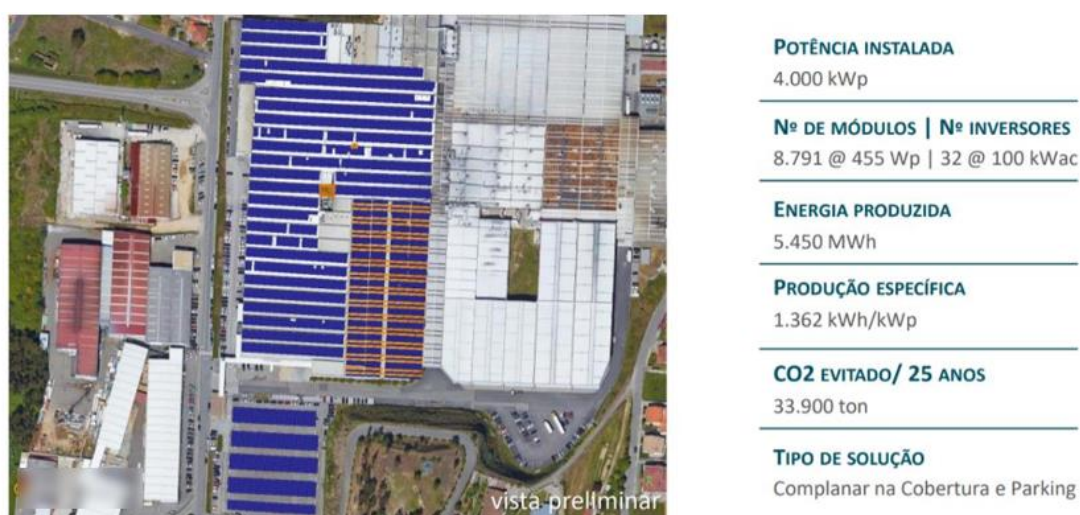


Figura 5.6 - Estudo realizado para a instalação de painéis solares na Colep Packaging Portugal.

Aumentar a percentagem de energia elétrica proveniente de fontes renováveis para 100% também iria diminuir as emissões libertadas no âmbito 2 em 1 322,081 t CO₂ eq, 46,44% das emissões atuais de âmbito 2.

Estas duas medidas propostas são mutuamente exclusivas, o que tornaria necessário escolher uma delas. Do ponto de vista ambiental, a mais rentável é a utilização de painéis solares.

Estas medidas propostas estão resumidas na Tabela 5.5 e o seu impacto está mostrado na Figura 5.7 pela representação gráfica do estado atual e do possível estado futuro.

Tabela 5.5 – Valor da redução de GEE das medidas propostas para o âmbito 2 e o impacto, em percentagem, na sua categoria.

Medida	Redução total (t CO ₂ eq)	Redução na categoria
Instalação painéis solares	1 356,000	47,64%
Utilização de eletricidade 100% renovável	1 322,081	46,44%
Total	1 356,000	47,64%

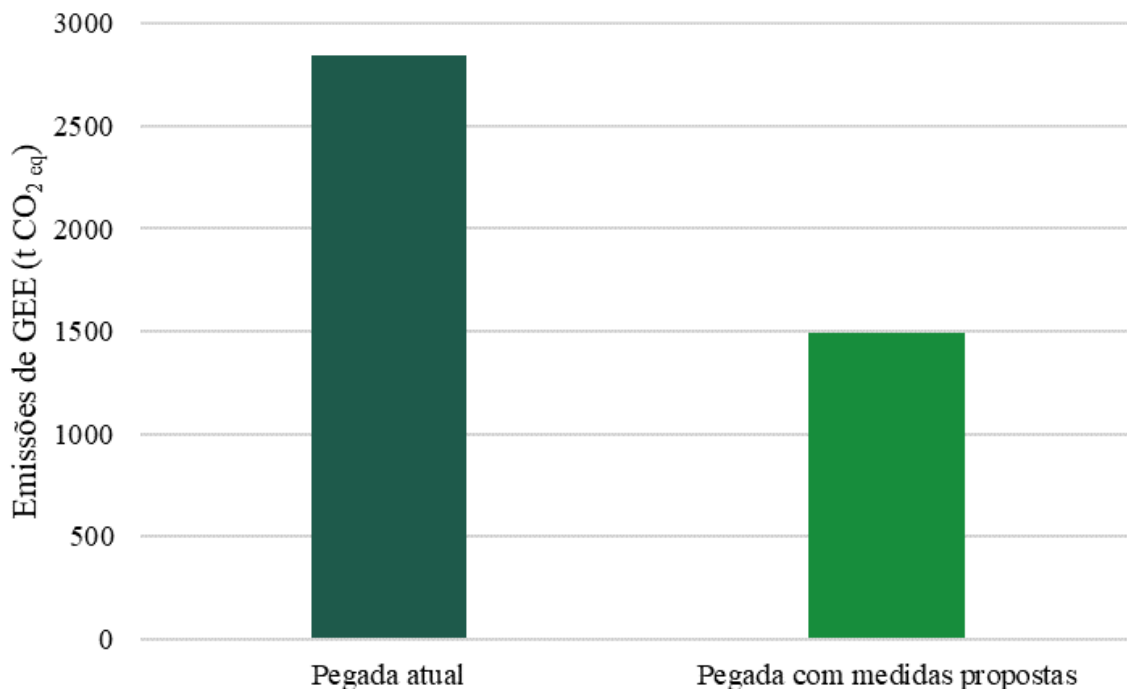


Figura 5.7 – Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono para as medidas sobre o âmbito 2.

Existem ainda outras medidas que melhorariam o valor da pegada de carbono, mas, para as quais, seria necessário um estudo mais detalhado para obter os seus ganhos comparativos.

Um exemplo que pode ser utilizado é a diminuição da variação de temperatura entre o ar condicionado e o ar ambiente, uma vez que, por vezes, se nota uma diferença muito grande entre a temperatura externa e a do ar condicionado. Isto é, no inverno o ar condicionado está muito quente e no verão muito frio.

Diminuir esta diferença de temperatura iria, logicamente, diminuir a quantidade de energia necessária para aquecer ou refrescar o ambiente.

Continuando a analisar o ar condicionado, outra maneira de diminuir o seu consumo é aumentar a eficiência energética dos edifícios através, por exemplo, da substituição das atuais caixilharias das janelas de alumínio que estão obsoletas, por outras soluções no mercado mais eficientes, como policloreto de vinilo (PVC), vidro duplo ou resistência UV.

Para existir uma redução direta do consumo de energia é necessário ter em conta que não pode existir o mesmo efeito na produção. Assim, as medidas devem estar relacionadas com o estudo de alternativas que garantam que ao reduzir o consumo não existe uma diminuição da produção.

Uma possível medida para diminuir o consumo energético é reduzir o movimento dos empilhadores, porém, como se sabe, estes equipamentos são essenciais ao bom funcionamento de uma fábrica. Nesse sentido, deve-se apostar numa alternativa como é o caso da utilização de um comboio logístico, também conhecido como *Mizusumashi*.

O objetivo deste comboio passa por transportar, em várias “carruagens”, vários materiais com uma taxa de consumo elevada para uma zona de abastecimento comum a muitas linhas. Este transporte é feito regularmente, com um horário definido, tal como um comboio,

que evita as várias viagens que os empilhadores teriam de realizar para transportar a mesma quantidade de material.

No processo de impressão da litografia também é possível diminuir o consumo de energia elétrica ao substituir as atuais lâmpadas de UV por LED. Estas últimas possuem um consumo menor de energia e como não aquecem tanto tornam a exaustão de ar menos necessária, diminuindo o gasto energético por outro lado.

5.6. Outras iniciativas

Também existem outras iniciativas que, ao serem realizadas, farão com que a pegada de carbono diminua. Estas iniciativas dizem respeito à geração de resíduos, ao uso excessivo de materiais e à mudança da consciência dos colaboradores.

Assim sendo, no decorrer deste ano começou a ser implementado um projeto de normalização de folhas de prova na litografia. Estas folhas são folhas iguais às utilizadas na produção das embalagens, mas designadas para este efeito e são necessárias para o arranque do trabalho, uma vez que a impressora necessita de ajustar as quantidades de tinta libertadas e esse ajuste apenas é possível de ser feito ao imprimir. As folhas de prova são reutilizadas e com esta normalização do trabalho pretendeu-se eliminar as variações verificadas na quantidade utilizada por cada colaborador.

No tempo curto analisado foi possível concluir que esta normalização levou a uma diminuição da quantidade de resíduos gerados de folha de prova em 15,07%, resultando numa poupança de 2,522 t CO₂ eq, 0,07% do total da categoria 5 do âmbito 3.

No contacto com as várias áreas de produção verificou-se que existem em curso ou em papel vários projetos que diminuiriam a pegada de carbono.

Alguns exemplos são a substituição de um telhado com motores de por outro com claraboias e escotilha, permitindo a mesma circulação de ar; a remoção de um equipamento de revelação da linha de pré-impressão, diminuindo o consumo de água e energia e eliminando os químicos utilizados; ou a substituição do vedante utilizado nos componentes por um que não seja necessária a cura com gás natural.

Esta última medida que ainda está em fase de projeto, ao ser concretizada, faria com que o gás natural consumido na estampagem fosse eliminado, resultando numa diminuição de 33 078 m³, ou seja, 116,282 t CO₂ eq, o que equivale a 1,61% das emissões devidas à utilização de gás natural.

Este ano também existiu um estudo dentro da Colep Packaging que passava por avaliar a rentabilidade devida à valorização energética dos resíduos de madeira. Estes resíduos resultam de paletes estragadas o que não permite a sua reutilização.

Desse modo estudou-se a geração de eletricidade a partir destes resíduos, em forma de estilha. Assim, com a massa de todos os resíduos de madeira gerados em 2022, seria possível proceder a uma diminuição de 98,027 t CO₂ eq, 2,61% das emissões devidas aos resíduos gerados no processo produtivo.

Na Tabela 5.6 pode ser visionado um resumo das medidas propostas neste subcapítulo e o impacto que estas teriam na sua categoria (resíduos gerados para a normalização da folha de prova e na valorização energética dos resíduos e gás natural para a substituição dos vedantes).

Tabela 5.6 – Valor da redução de GEE das medidas propostas para outras iniciativas e o impacto, em percentagem, na sua categoria.

Medida	Redução total (t CO ₂ eq)	Redução na categoria
Normalização folhas de prova	2,522	0,013%
Substituição vedante componentes	116,282	1,61%
Valorização energética dos resíduos de madeira	98,027	2,61%
Total	216,831	1,97%

Na Figura 5.8 é possível visionar, graficamente, o impacto das medidas propostas.

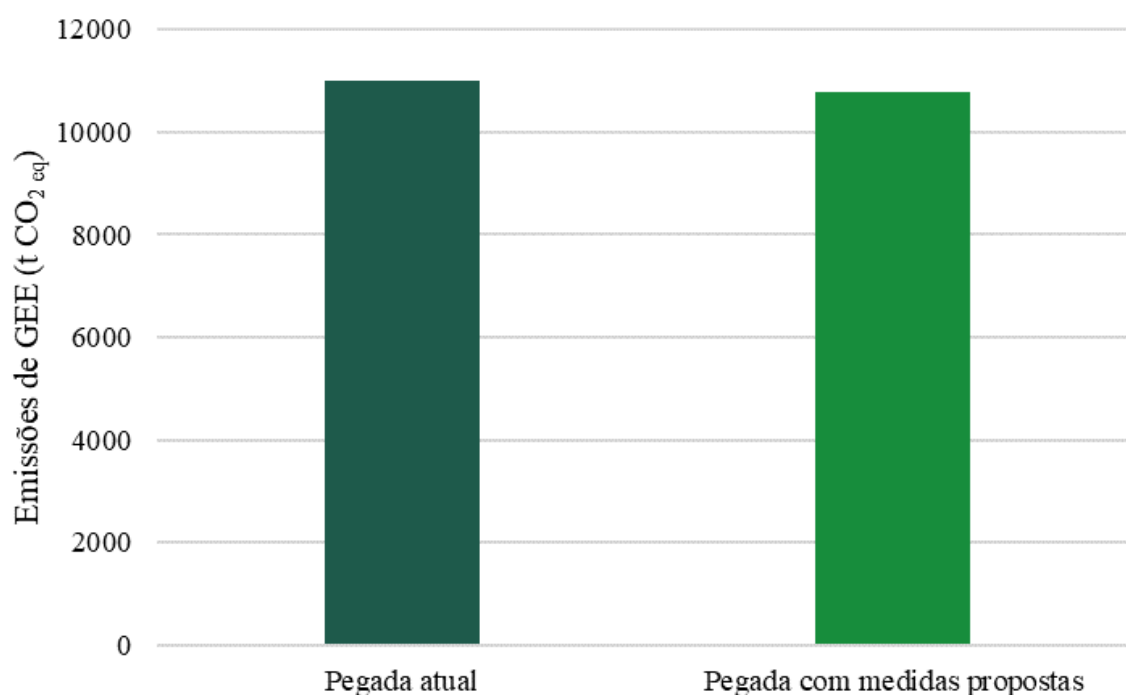


Figura 5.8 - Representação gráfica da descida do valor da pegada de carbono relacionadas com outras medidas.

Tal como no subcapítulo anterior existem algumas medidas passíveis de serem implementadas que trariam benefícios na quantidade de emissões de GEE libertadas, porém, é necessário um estudo mais aprofundado sobre cada uma delas.

Um exemplo é o facto de, atualmente, o transporte interno de um tipo de cúpulas de aerossóis é realizado em mangas de papel que possuem uma taxa de reutilização muito baixa. Desse modo, está a ser estudada uma alternativa que passa pelo embalamento destes

componentes numa espécie de caixa de ovos, como ilustrado na Figura 5.9. Este projeto ainda está numa fase muito inicial do estudo, não havendo as informações necessárias para calcular o impacto que terá.

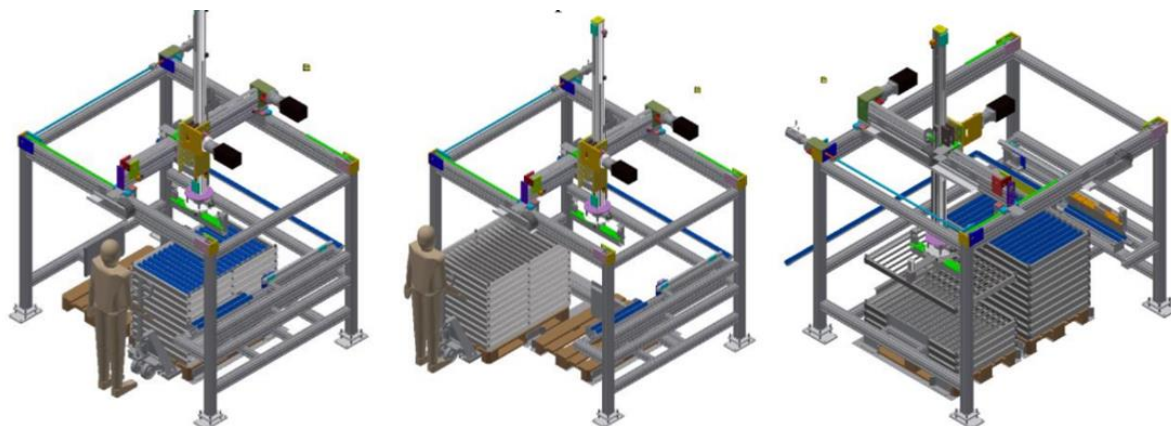


Figura 5.9 - Novo embalamento estudado para os componentes de aerossóis.

Outra iniciativa passível de ser posta em prática é a lubrificação dos diversos equipamentos ser realizada automaticamente uma vez que esta ao ser realizada de forma manual leva a gastos maiores que o necessário por incorreta dosagem ou aplicação.

No futuro, sugere-se também a realização de uma avaliação e certificação dos resultados, bem como uma análise de lacunas por uma entidade independente. Isto trará maior confiança aos resultados obtidos e permitirá à Colep Packaging implementar o cálculo da pegada de carbono nas restantes fábricas, este que era um dos objetivos do projeto de estágio.

Por fim, a Colep Packaging promove formações de sustentabilidade aos vários colaboradores. Estas iniciativas devem ser continuadas e/ou reforçadas pois, como mencionado anteriormente, todas as ações iniciam na consciência das pessoas e só é possível a Colep Packaging aspirar a metas ambiciosas se todas as pessoas contribuírem nesse sentido.

As várias medidas propostas neste subcapítulo que tiveram o impacto calculado estão apresentadas na Tabela 5.6.

Realizando uma análise crítica aos dados obtidos seria possível estudar soluções personalizadas para a otimização de cada linha produtiva.

5.7. Análise global

Analisando as medidas propostas para diminuir a pegada de carbono da Colep Packaging Portugal obteve-se os dados apresentados na Tabela 5.7. É de realçar uma vez mais que muitas medidas são mutuamente exclusivas pelo que a poupança de emissões não pode ser calculada apenas por uma soma das medidas propostas.

Tabela 5.7 - Impacte de todas as medidas de diminuição de emissões propostas.

Medida	Redução total (t CO₂ eq)	Impacte nas emissões totais (t CO₂ eq)
Utilização de camiões elétricos	6 087,762	5,80%
Utilização de comboios no transporte > 250 km	4 523,198	4,31%
Priorização de comboios em viagens de negócios curtas	14,897	0,014%
Substituição dos veículos por elétricos	65,861	0,063%
Utilização de “aço verde”	32 121,358	30,61%
Incorporação de reciclado nas embalagens metálicas	21 701,334	20,68%
Incorporação de reciclado nas embalagens plásticas	2 506,878	2,39%
Aumento da eficiência energética	856,815	0,82%
Produção de LWC	10 926,869	10,41%
Fugas ar condicionado	29,900	0,028%
Substituição de empilhadores a gasóleo	79,531	0,076%
Instalação painéis solares	1 356,000	1,29%
Utilização de eletricidade 100% renovável	1 322,081	1,26%
Valorização energética dos resíduos de madeira	98,027	0,093%
Normalização folhas de prova	2,522	0,0024%
Substituição vedante componentes	116,282	0,11%
Total	54 262,702	51,52%

Como é possível verificar por esta tabela, a diminuição máxima devido às medidas propostas situam-se em 54 262,702 t CO₂ eq, ou seja, 51,52% das emitidas no ano de 2022. Desta valor ficou de fora a utilização de comboios no transporte superior a 250 km, a incorporação de reciclado nas embalagens metálicas e a utilização de eletricidade 100% renovável uma vez que são mutuamente exclusivas com a utilização de camiões elétricos, a utilização de “aço verde” e a instalação de painéis solares, respetivamente.

Na Figura 5.10 está representada a pegada de carbono atual e a obtida caso se implementassem as medidas que levam a uma diminuição máxima deste indicador.

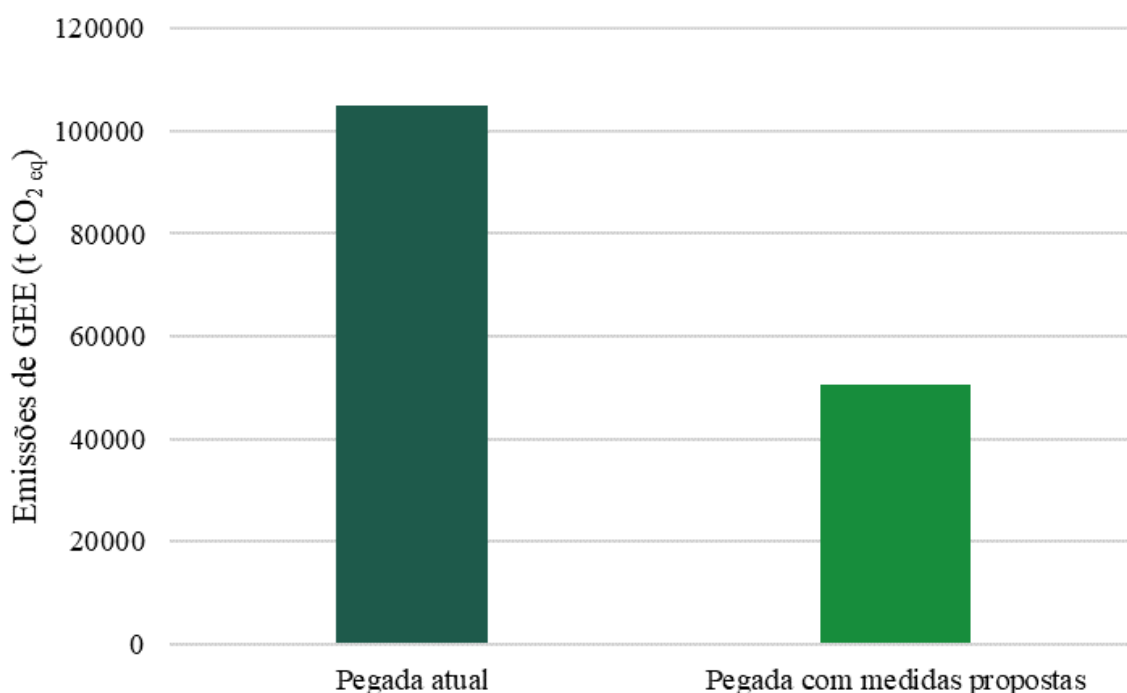


Figura 5.10 - Representação gráfica da pegada de carbono atual e caso se implementassem as medidas propostas.

As várias medidas propostas têm impactes diferentes na redução da pegada. Ademais, a facilidade de execução das mesmas devido à maturidade tecnológica, ao período de reembolso e ao custo também varia em todas elas.

Assim sendo, realizou-se uma matriz de esforço impacte que pretende determinar quais as medidas a serem implementadas mais urgentemente e quais aquelas que podem ser deixadas para segundo plano.

Esta matriz, que está apresentada na Figura 5.11 foi realizada tendo em conta o impacte de cada medida na sua categoria, a terceira coluna das Tabela 5.1, Tabela 5.2, Tabela 5.3, Tabela 5.4, Tabela 5.5 e Tabela 5.6.

Fez-se esta opção uma vez que existem várias categorias que possuem uma pegada de carbono muito elevada quando comparadas com outras, como é o caso dos bens e serviços adquiridos e do tratamento de fim de vida dos produtos vendidos em relação ao âmbito 2 e às viagens de negócios, por exemplo.

Deste modo, pretende-se que as ações a implementar para reduzir a pegada abranjam todas as categorias e não apenas as com maiores emissões.

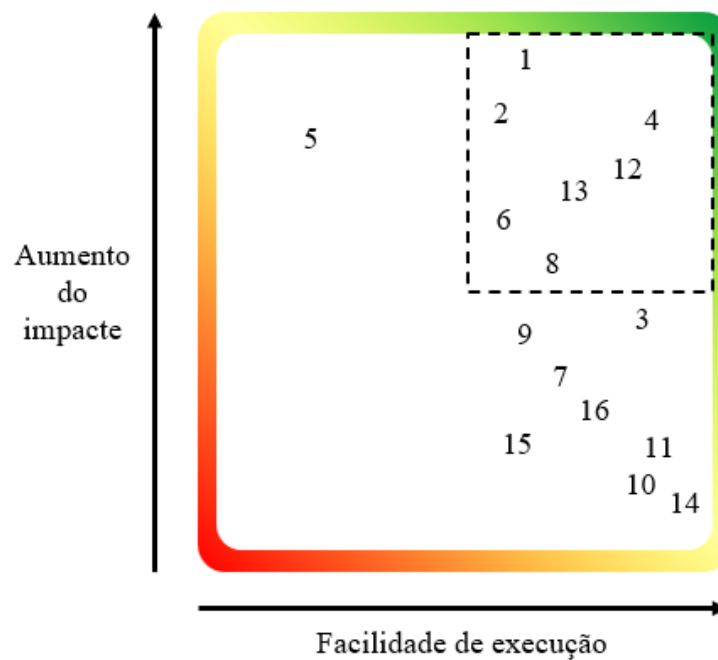


Figura 5.11 - Matriz de esforço-impacte das medidas propostas de redução da pegada de carbono.

As medidas estão numeradas de 1 a 15 pela mesma ordem que aparecem na Tabela 5.7, ou seja:

1. Utilização de camiões elétricos;
2. Utilização de comboios para transporte superior a 250 km;
3. Priorização de comboios em viagens de negócios curtas;
4. Substituição dos veículos por elétricos;
5. Utilização de “aço verde”;
6. Incorporação de reciclado nas embalagens metálicas;
7. Incorporação de reciclado nas embalagens plásticas;
8. Aumento da eficiência energética;
9. Produção de LWC;
10. Fugas ar condicionado;
11. Substituição de empilhadores a gasóleo;
12. Instalação painéis solares;
13. Utilização de eletricidade 100% renovável;
14. Valorização energética dos resíduos de madeira;
15. Normalização folhas de prova;
16. Substituição vedante componentes.

Assim sendo, as medidas propostas que se sugere serem realizadas em primeiro lugar são a 4 (substituição dos veículos por elétricos), a 12 (instalação de painéis solares), a 1 (utilização de camiões elétricos), a 13 (utilização de eletricidade 100% renovável), a 2 (utilização de comboios para transporte superior a 250 km), a 8 (aumento da eficiência energética) e a 6 (incorporação de reciclado nas embalagens metálicas).

6. Conclusões

Esta dissertação de mestrado abordou o cálculo da pegada de carbono numa fábrica de embalagens. Também foi possível refletir sobre a importância crucial da redução da pegada de carbono como uma abordagem necessária para combater as mudanças climáticas e garantir a sustentabilidade ambiental.

A pegada de carbono é um indicador valioso para medir as emissões de GEE, oferecendo uma base sólida para tomar decisões informadas e implementar políticas eficazes para a redução de emissões.

Este cálculo da pegada de carbono foi realizado tendo por base a metodologia *Greenhouse Gas Protocol* que divide as emissões em três âmbitos: no primeiro são as “provenientes de operações controladas ou adquiridas pela empresa”, no segundo as devidas à “geração de eletricidade, vapor, aquecimento ou arrefecimento adquiridos ou comprados pela empresa” e, por fim, o terceiro aborda as que “ocorrem como consequência da atividade da empresa, e que são geradas na cadeia de valor da mesma”. Este método de cálculo divide ainda cada âmbito em várias categorias, 23 no total.

Os valores de cada âmbito foram calculados recorrendo preferencialmente a dados primários e, quando não era possível obtê-los, a partir de fatores de bases de dados ou de artigos científicos.

Globalmente, as emissões de GEE libertadas pela Colep Packaging em 2022 foram 105 330,179 t CO₂ eq. Repartindo este valor por cada âmbito analisado tem-se 7 408,235 t CO₂ eq para o âmbito 1 (7,03% do total), 2 846,705 t CO₂ eq de âmbito 2 (2,70%) e 95 075,239 t CO₂ eq de âmbito 3 (90,27%).

Falando com um pouco mais de detalhe, as categorias dos bens e serviços adquiridos e do fim de vida dos produtos vendidos, do âmbito 3, e do uso de gás natural, do âmbito 1, são as que mais contribuem para o valor global com, respetivamente, 61 034,504 t CO₂ eq (57,95% do total), 19 454,985 t CO₂ eq (18,47%) e 7 243,218 t CO₂ eq (6,88%).

De maneira a reduzir estas emissões foram estudadas 16 medidas que, globalmente, conseguiriam diminuir a pegada de carbono em 54 262,702 t CO₂ eq, ou seja, 51,52% do valor total.

Foi também proposta uma matriz de esforço impacto para definir quais as medidas que devem ser implementadas em primeiro lugar. Aqui, estão incluídas a substituição dos veículos a combustão por elétricos, a instalação de painéis solares, a utilização de camiões elétricos, a utilização de eletricidade 100% renovável, a utilização de comboios para transporte superior a 250 km, o aumento da eficiência energética e a incorporação de reciclado nas embalagens metálicas.

Referências bibliográficas

- [1] Organização das Nações Unidas, «Causes and Effects of Climate Change | United Nations», Acedido: 21 de Dezembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- [2] Worldsteel, «Climate change policy paper - worldsteel.org». <https://worldsteel.org/publications/policy-papers/climate-change-policy-paper/> (acedido 21 de Dezembro de 2022).
- [3] APEAL - Association of European Producers of Steel for Packaging, «Why steel recycles forever», Bruxelas, 2022.
- [4] Metal Packaging Europe, «Sustainability | Metal Packaging Europe». <https://www.metalpackagingeurope.org/sustainability> (acedido 21 de Dezembro de 2022).
- [5] Colep Packging, «Colep Packaging». <https://colep-pk.com/> (acedido 16 de Fevereiro de 2023).
- [6] José Manuel Mendonça, *Ilídio Pinho - Uma vida - O empresário e a utilidade pública*. Actual Editora, 2015.
- [7] United Kingdom Research and Innovation, «Meet the scientist who discovered the hole in the ozone layer – UKRI», 19 de Outubro de 2021. <https://www.ukri.org/news-and-events/responding-to-climate-change/our-climate-pioneers/meet-the-scientist-who-discovered-the-hole-in-the-ozone-layer/> (acedido 12 de Janeiro de 2023).
- [8] International Energy Agency, «Iron and Steel Technology Roadmap Towards more sustainable steelmaking». Acedido: 7 de Julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187ceca189a8/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap.pdf
- [9] A. Ashrafy *et al.*, «Microplastics Pollution: A Brief Review of Its Source and Abundance in Different Aquatic Ecosystems», *Journal of Hazardous Materials Advances*, vol. 9, p. 100215, Fev. 2023, doi: 10.1016/j.hazadv.2022.100215.
- [10] United Nations, «Sustainability | United Nations», Acedido: 4 de Janeiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.un.org/en/academic-impact/sustainability>
- [11] E. B. Barbier, «The Concept of Sustainable Economic Development», *Environ Conserv*, vol. 14, n. 2, pp. 101–110, 1987, doi: 10.1017/S0376892900011449.
- [12] IAPMEI, «Guia de Apoio à Utilização da Ferramenta de Autodiagnóstico Financeiro».
- [13] H. M. Thakshila, R. Herath, R. M. Prabodha, e S. Rathnayake, «A Critical Approach towards Sustainable Development Models-A Review», *Int J Agric Innov Res*, vol. 7, pp. 2319–1473, 2019.
- [14] W. M. Lim, «The Sustainability Pyramid: A Hierarchical Approach to Greater Sustainability and the United Nations Sustainable Development Goals With

- Implications for Marketing Theory, Practice, and Public Policy», <https://doi.org/10.1177/18393349211069152>, vol. 30, n. 2, pp. 142–150, Jan. 2022, doi: 10.1177/18393349211069152.
- [15] D. Shapiro, D. Macdonald, e S. A. Greenlaw, *Principles of Economics 3e*. 2022.
 - [16] Organização das Nações Unidas Portugal, «Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ONU Portugal». <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> (acedido 21 de Dezembro de 2022).
 - [17] S. Otto, M. Strenger, A. Maier-Nöth, e M. Schmid, «Food packaging and sustainability – Consumer perception vs. correlated scientific facts: A review», *J Clean Prod*, vol. 298, Mai. 2021, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.126733.
 - [18] Mondi Group, «Mondi Group Sustainable Development report 2021», 2021.
 - [19] Amcor, «Amcor Sustainability Report 2022», 2022.
 - [20] Crown Holdings, «Crown Holdings Inc. 2021 Sustainability Report», 2021.
 - [21] Tetra Pak, «Tetra Pak Sustainability Report 2022», 2022.
 - [22] Vidrala, «Vidrala Sustainability Report 2021», 2021.
 - [23] Worldometer, «World Population Clock: 8 Billion People (LIVE, 2022) - Worldometer». <https://www.worldometers.info/world-population/> (acedido 21 de Dezembro de 2022).
 - [24] International Monetary Fund, «Chapter V: The World Economy in the Twentieth Century: Striking Developments And Policy Lessons», *World Economic Outlook, May 2000: Asset Prices and the Business Cycle*, n. 1, pp. 149–180, Abr. 2000, Acedido: 11 de Janeiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2016/12/31/Asset-Prices-and-the-Business-Cycle>
 - [25] W. Steffen, W. Broadgate, L. Deutsch, O. Gaffney, e C. Ludwig, «The trajectory of the anthropocene: The great acceleration», *The Anthropocene Review*, vol. 2, n. 1, pp. 81–98, Abr. 2015, doi: 10.1177/2053019614564785.
 - [26] Earth Overshoot Day, «About Earth Overshoot Day - #MoveTheDate of Earth Overshoot Day». <https://www.overshootday.org/about-earth-overshoot-day/> (acedido 13 de Fevereiro de 2023).
 - [27] Earth Overshoot Day, «Why past Earth Overshoot Day dates keep changing - Earth Overshoot Day». <https://www.overshootday.org/why-past-earth-overshoot-day-dates-keep-changing/> (acedido 13 de Fevereiro de 2023).
 - [28] IPCC, «Climate Change 2021: The Physical Science Basis», 2021. Acedido: 3 de Fevereiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
 - [29] UNFCCC, «Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period | UNFCCC». <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period> (acedido 11 de Janeiro de 2023).

- [30] Conselho de Ministros, «Diário da República, 1.^a série PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS Decreto-Lei n.º 12/2020 de 6 de Abril», *Diário da República*, Abr. 2020.
- [31] «Greenhouse Gas Protocol». <https://ghgprotocol.org/> (acedido 17 de Fevereiro de 2023).
- [32] Comissão Europeia, «Kyoto 2nd commitment period (2013–20)». https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/progress-made-cutting-emissions/kyoto-2nd-commitment-period-2013-20_en (acedido 13 de Fevereiro de 2023).
- [33] Eurostat, «Glossary:Carbon dioxide equivalent - Statistics Explained». https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent (acedido 11 de Janeiro de 2023).
- [34] IPCC, «Chapter 7: The Earth’s energy budget, climate feedbacks, 3 and climate sensitivity - Supplementary Material», Mar. 2021. Acedido: 3 de Fevereiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FGD_Chapter07_SM.pdf
- [35] Science Based Targets Initiative, «Science Based Targets Criteria and Recommendations», 2021.
- [36] Plan A Earth, «What are Scopes 1, 2 and 3 of Carbon Emissions?» <https://plana.earth/academy/what-are-scope-1-2-3-emissions> (acedido 12 de Janeiro de 2023).
- [37] Jéssica Paula de Menezes Viana da Conceição, «Análise da sustentabilidade de uma Indústria Corticeira», Jun. 2021, Acedido: 12 de Janeiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/18102/1/DM_JessicaConceicao_2021_MEQ.pdf
- [38] D. António Loureiro Alves Amorim, «Pegada de Carbono de uma Empresa Produtora de Eletricidade de Fontes Renováveis», 2013.
- [39] «EcoInvent Database version 3.9.1 (2022)». <https://v391.ecoquery.ecoinvent.org/Home/Index> (acedido 25 de Abril de 2023).
- [40] GALP, «Eletricidade e gás natural da Galp», *Eletricidade e gás natural da Galp*, 2022. <https://www.galp.com/pt/pt/empresas/eletricidade-e-gas/Apoio-ao-Cliente/Centro-de-Informacao/Eletricidade-e-Gas-Natural-da-Galp> (acedido 19 de Maio de 2023).
- [41] UNFCCC, «About the secretariat | UNFCCC». <https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat> (acedido 29 de Janeiro de 2023).
- [42] Doconomy AB, «The 2030 Calculator: A product carbon footprint calculator». <https://www.2030calculator.com/> (acedido 29 de Janeiro de 2023).

- [43] UNFCCC, «Climate Neutral Now Guidelines for Participation», 2021.
- [44] UNFCCC, «Our participants | UNFCCC». <https://unfccc.int/climate-action/climate-neutral-now/our-participants#C-E> (acedido 29 de Janeiro de 2023).
- [45] «ISO - International Organization for Standardization». <https://www.iso.org/home.html> (acedido 17 de Fevereiro de 2023).
- [46] International Standards Organization, «ISO 14064-1:2018», 2018, Acedido: 13 de Fevereiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/66453.html>
- [47] I. V. Muralikrishna e V. Manickam, «Life Cycle Assessment», *Environ Manage*, pp. 57–75, Jan. 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-811989-1.00005-1.
- [48] International Standards Organization, «ISO 14040:2006», 2006.
- [49] Isabel dos Santos Fontes, «Pegada de Carbono, Aspetos Económicos e Sociais para avaliar a Sustentabilidade de Embalagens de Metal», Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2022.
- [50] Colep Packaging, «Who we are - Colep Packaging». <https://colep-pk.com/about-us/> (acedido 21 de Dezembro de 2022).
- [51] ITRI Ltd., «Guide to Tinplate». [Em linha]. Disponível em: www.itri.co.uk
- [52] M. I. Morais Da Rocha, «Melhoria de eficiência de uma linha de produção». [Em linha]. Disponível em: www.foresp.pt
- [53] H. M. Magalhães, «Definição de um sistema de apoio à decisão para o cálculo do lote económico de produção», Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2019.
- [54] Teresa Raquel Barros Barbosa, «OTIMIZAÇÃO DE EMBALAGEM METÁLICA PARA TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS», Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2019.
- [55] APEAL - The Association of European Producers of Steel for Packaging, «The Recycled Content of Steel for Packaging».
- [56] ZEE Packaging, «What Is Offset Printing?» <https://zeepackaging.com/blog/what-is-offset-printing/> (acedido 5 de Julho de 2023).
- [57] Mikell P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing - Materials, Processes, and Systems*, 5.^a ed.
- [58] Anna Furberg e Kari-Anne Lyng, *Life Cycle Assessment of Metal and Carton Food Packaging in Norway*. 2022.
- [59] M. Dupriez, «Life Cycle Assessment of metal packaging in Europe», 2017. [Em linha]. Disponível em: www.rdcenvironment.be
- [60] Assembleia da República, «Lei n.º 51/2008, de 27 de Agosto | DRE», *Diário da República*, Ago. 2008, Acedido: 11 de Abril de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://dre.pt/dre/detalhe/lei/51-2008-453265>
- [61] Repsol, «Ficha de Dados de Segurança».

- [62] «Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022 - GOV.UK». <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022> (acedido 11 de Abril de 2023).
- [63] Greenhouse Gas Protocol, «Global Warming Potential Values». [Em linha]. Disponível em: www.ipcc.ch
- [64] Agência Portuguesa do Ambiente, «Fator de Emissão da Eletricidade - 2023». Acedido: 19 de Maio de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/20230427/FE_GEE_Eletricidade2023rev3.pdf
- [65] U.S. Energy Information Administration, «How much coal, natural gas, or petroleum is used to generate a kilowatthour of electricity?», 8 de Novembro de 2022. <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=667&t=6> (acedido 12 de Junho de 2023).
- [66] Assembleia da República, «Diário da República, 1.ª série B», n. 53, Abr. 2044.
- [67] European Commission, «Waste management options and climate change». [Em linha]. Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/environment/pubs/home.htm>
- [68] «Air Miles Calculator». <https://www.airmilescalculator.com/> (acedido 9 de Maio de 2023).
- [69] S. L. Lohr, P. Grove, e A. Belmont, «Sampling: Design and Analysis QP ® An International Thomson Publishing Company».
- [70] Roxy Peck, Chris Olsen, e Jay Devore, *Introduction to Statistics and Data Analysis*, 3.ª ed.
- [71] European Environment Agency, «Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe», 2 de Junho de 2023. <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1> (acedido 3 de Julho de 2023).
- [72] International Council on Clean Transportation, «A life-cycle comparison of the greenhouse gas emissions from combustion, electric, and hydrogen trucks and buses in Europe». [Em linha]. Disponível em: <https://theicct.org/publication/lca-ghg-emissions-hdv-fuels-europe-feb23>
- [73] ThyssenKrupp Rasselstein, «bluemint® Steel». Acedido: 28 de Junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://www.thyssenkrupp-steel.com/media/content_1/produkte/klimastahl/thyssenkrupp_bluemint-flyer_en_steel.pdf
- [74] TATA Steel, «Zeremis® Carbon Lite». <https://www.tatasteeleurope.com/sustainability/green-steel-solutions/zeremis/zeremis-carbon-lite> (acedido 28 de Junho de 2023).
- [75] D. A. Turner, I. D. Williams, e S. Kemp, «Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials», *Resour Conserv Recycl*, vol. 105, pp. 186–197, Dez. 2015, doi: 10.1016/j.resconrec.2015.10.026.

- [76] Roxy Peck, Chris Olsen, e Jay Devore, *Introduction to Statistics and Data Analysis*, 3.^a ed.

Anexos

Anexo 1 – Consumos utilizados para o cálculo da pegada de carbono

Ocultado por questões de confidencialidade

Anexo 2 – Cálculos realizados para o âmbito 2

O peso de cada fonte utilizada para a produção da energia elétrica em cada mês, segundo dados disponibilizados nas faturas mensais de eletricidade, está disponível na Tabela A.1.

Tabela A.1 - Peso de cada fonte da energia elétrica consumida em 2022 por mês.

Fonte de energia	Percentagem da fonte no <i>mix</i> do mês (%)		
	Janeiro	Fevereiro – Abril	Maior – Dezembro
Hídrica	20	22	19
Eólica	1	6	15
Cogeração Renovável	12	18	20
Outras Renováveis	17	16	10
Carvão	2	1	0
Gás Natural	30	26	30
Cogeração Fóssil	18	11	6

O cálculo do fator de emissão médio foi realizado tendo em conta a Equação 4.1. Assim, realizando o exemplo de cálculo para a produção a partir de hídrica:

$$\% \text{ média anual hídrica} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \% \text{ fonte} \times \text{Consumo mês } i}{\text{Consumo anual}}$$

$$\text{Fator de emissão global} = \text{Fator de emissão fonte } n \times \% \text{ média anual hídrica}$$

Conhecendo o consumo mensal de energia elétrica e a percentagem em que cada fonte foi utilizada no *mix* é possível saber, para cada mês, o consumo de cada fonte como representado na Equação A.1. Os valores obtidos para todas as fontes utilizadas em cada mês estão apresentados na Tabela A.2.

$$\begin{aligned} \text{Consumo fonte } i \text{ (MWh)} &= \\ &= \% \text{ fonte } i \text{ no mix} \times \text{Consumo mensal (MWh)} \end{aligned} \quad \text{Equação A.1}$$

Tabela A.2 - Consumo mensal de cada fonte de energia elétrica utilizada.

Mês	Consumo da fonte utilizada (MWh)						
	Hídrica	Eólica	Cogeração Renovável	Outras Renováveis	Carvão	Gás Natural	Cogeração Fóssil
Janeiro	Ocultado por questões de confidencialidade						
Fevereiro							
Março							
Abril							
Mai							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							

Anexo 3 – Cálculo do fator de emissão ponderado para a folha de Flandres

A quantidade de folha de Flandres comprada a cada fornecedor pela Colep Packaging em Portugal em 2022 está apresentada na Tabela A.3. Nesta tabela também está apresentado o valor do fator de emissão dos fornecedores que responderam ao questionário.

Tabela A.3 - Peso de cada fornecedor de folha de Flandres nas compras totais e fator de emissão correspondente.

Fornecedor de folha de Flandres	Percentagem nas compras	Fator de emissão (kg CO ₂ eq/kg)
A	11,88%	2,4500
B	0,25%	2,7019
C	37,52%	2,7000
D	20,77%	1,8750

Para saber um valor ponderado do fator de emissão calculou-se o peso das compras para os fornecedores que responderam à informação solicitada, tal como exemplificado de seguida para o fornecedor A na Equação A.2.

$$\begin{aligned} \text{Percentagem ponderado nas compras} &= \\ &= \frac{\text{Percentagem}_A}{\text{Percentagem}_A + \text{Percentagem}_B + \text{Percentagem}_C + \text{Percentagem}_D} \end{aligned} \quad \text{Equação A.2}$$

$$\text{Peso ponderado nas compras} = \frac{11,88}{11,88 + 0,25 + 37,52 + 20,77} = 16,87\%$$

De seguida foi calculado o fator de emissão parcial, ou seja, multiplicar o fator de emissão disponibilizado pelo fornecedor pelo peso ponderado nas compras.

Porém, a folha de Flandres que a Colep Packaging adquire possui 58% de material reciclado e o fator de emissão enviado pelo fornecedor apenas contabiliza as emissões devidas ao material virgem.

Assim, foi necessário recorrer a um artigo científico que fornece informação sobre o fator de emissão devido à produção de 1 kg de folha de Flandres a partir de material reciclado [75].

Tomando outra vez como exemplo o fornecedor A, tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Fator de emissão} &= \%_{\text{virgem}} \times FE_{\text{virgem}} + \%_{\text{reciclado}} \times FE_{\text{reciclado}} \\ \text{Fator de emissão} &= 0,42 \times 2,4500 + 0,58 \times 0,9275 = 1,5670 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/kg} \end{aligned}$$

Com todos estes parâmetros calculados torna-se possível calcular o valor do fator de emissão tendo em conta o peso de cada fornecedor nas compras e a taxa de incorporação de reciclado.

Este valor, bem como o de todos os parâmetros intermédios que foram calculados estão apresentados na Tabela A.4.

Tabela A.4 - Fator de emissão ponderado para a folha de Flandres.

Fornecedor	Peso ponderado nas compras (%)	Fator de emissão com taxa de reciclado (kg CO₂ eq/kg)	Fator de emissão médio ponderado (kg CO₂ eq/kg)
A	16,87%	1,5670	1,5520
B	0,35%	1,6727	
C	53,28%	1,6720	
D	23,49%	1,3255	

Anexo 4 – Dados relativos à categoria 7 do âmbito 3

As questões colocadas no inquérito a todos os colaboradores foram as seguintes:

1. Quantos dias por semana vem para a Colep Packaging?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

2. Partilha boleia?

Se vier de boleia em metade dos dias selecione a opção “Sim”. Se não partilhar boleia em mais de metade dos dias selecione a opção “Não”.

Sim ☐ Não ☐

3. Se respondeu “Sim”, quantos kms faz até ao ponto de encontro e com quantas pessoas partilha boleia?

Utilize o número médio de pessoas com quem partilha boleia.

_____ kms _____ pessoas

4. Se respondeu “Sim” à questão 2, que modo de transporte utiliza até ao ponto de encontro? **

** Exemplos de carros pequenos: Renault Twingo, Hyundai i10, Fiat Panda, Kia Picanto, Citroen C3, Ford Fiesta, Opel Corsa, Peugeot 208, Renault Clio, Toyota Yaris, Volkswagen Polo

Exemplos de carros médios: BMW Série 1, Citroën C4, Ford Focus, Mercedes Classe A, Opel Astra, Peugeot 308, Renault Megane, Toyota Corolla, Volkswagen Golf

Exemplos de carros grandes: Mercedes Classe C, Peugeot 508, Volkswagen Passat, BMW Série 5, Opel Crossland X, Volkswagen Sharan, Renault Kadjar, Nissan Qashqai, Peugeot 3008, Toyota RAV4

A pé ☐ Bicicleta ☐ Autocarro ☐ Comboio ☐ Metro ☐ Carro pequeno ☐ Carro médio ☐

Carro grande ☐ Mota ☐ Outro: _____

5. Se respondeu “Sim” à questão 2, qual o combustível do veículo que utiliza até ao ponto de encontro?

Gasóleo ☐ Gasolina ☐ GPL ☐ 100% Elétrico ☐ Híbrido ☐ Mistura ☐

Outro: _____

6. Que modo(s) de transporte utiliza até à Colep Packaging?

Se partilhar boleia considere a viagem desde o ponto de encontro e o veículo mais utilizado. Se viajar sozinho considere o trajeto casa-trabalho.

A pé ☐ Bicicleta ☐ Autocarro ☐ Comboio ☐ Metro ☐ Carro pequeno ☐ Carro médio ☐

Carro grande ☐ Mota ☐ Outro: _____

7. Qual o combustível do veículo que utiliza até à Colep Packaging?

Gasóleo ☐ Gasolina ☐ GPL ☐ 100% Elétrico ☐ Híbrido ☐ Mistura ☐

Outro: _____

8. Quantos kms faz até à Colep Packaging em cada modo de transporte respondido na questão 6?

_____ kms de (selecionar 1º veículo) _____
_____ kms de (selecionar 2º veículo) _____

Muito obrigado pela sua colaboração!

Na Colep Packaging Portugal existiam, há data de realização do inquérito, 620 colaboradores, sendo que, destes, 20 usufruíam de viatura de empresa. Assim, o inquérito foi realizado para uma população de 600 pessoas.

O inquérito esteve disponível de duas maneiras diferentes: impresso e via online através de um *Microsoft Forms*.

O inquérito em formato físico esteve presente na cantina durante uma semana e registou apenas 8 respostas. Assim, optou-se por mudar a estratégia de obtenção de respostas solicitando às chefias de todas as áreas para entregarem em mão aos colaboradores uma folha com o inquérito. A taxa de afluência subiu consideravelmente obtendo-se 141 respostas. Para o inquérito via *online* obteve-se 115 respostas.

No total foram registadas 264 respostas ao inquérito, sendo que 6 foram consideradas inválidas por estarem em branco ou serem respostas nulas, obtendo-se, assim, um tamanho de amostra de 258 respostas.

Para o cálculo da margem de erro utilizou-se a Equação A.3 [76].

$$\text{Margem de erro} = \pm \frac{z \times \sqrt{p \times (1 - p)}}{\sqrt{(N - 1) \times \frac{n}{N - n}}} \quad \text{Equação A.3}$$

Onde n representa o tamanho da amostra e N a população total questionada no inquérito. O parâmetro p é a proporção da amostra que respondeu positivamente ao inquérito e é calculado através do quociente entre o tamanho da amostra e a população. Este tamanho da amostra mencionado não tem em conta as respostas consideradas nulas.

Assim,

$$\begin{aligned} N &= 600 \\ n &= 264 - 6 = 258 \\ p &= \frac{258}{600} = 0,43 \end{aligned}$$

O parâmetro z , denominado valor z , é usado para medir a distância, em desvios-padrão, de um certo ponto em relação à média de uma distribuição. Este parâmetro é calculado recorrendo à Equação A.4 ou através de tabelas que dependem do intervalo de confiança e da proporção da população que respondeu positivamente ao inquérito [76].

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Equação A.4

Recorrendo a estas mesmas tabelas, e para um intervalo de confiança de 95%, o valor z para este inquérito toma o valor de 1,960.

Realizando agora o cálculo para a margem de erro,

$$\begin{aligned} \text{Margem de erro} &= \pm \frac{1,960 \times \sqrt{0,43 \times (1 - 0,43)}}{\sqrt{(600 - 1) \times \frac{258}{600 - 258}}} \\ \text{Margem de erro} &= \pm 4,565\% \end{aligned}$$