



Pegada de Carbono de uma Indústria Global de Plásticos

SOFIA LIMA OLIVEIRA

julho de 2023

Pegada de Carbono de uma Indústria Global de Plásticos

Sofia Lima Oliveira

Julho 2023

**Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Química, área de especialização Tecnologias de Proteção
Ambiental**

Orientação no ISEP: Engenheira Florinda Figueiredo Martins

Orientação na empresa: Engenheiro Diogo Esteves

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos aqueles que contribuíram para a realização desta tese. Sem o apoio e a colaboração deles, este trabalho não teria sido possível.

Em primeiro lugar, gostaria de expressar meu profundo agradecimento aos meus orientadores, Engenheira Florinda Martins e ao Engenheiro Diogo Esteves, por todo o apoio, orientação atenta e disponibilidade demonstrada.

Uma palavra de apreço à Elastictek, pela confiança e oportunidade ao incluir-me na sua equipa. Em especial à Rita, à Sónia e ao Romeu, aos quais agradeço a paciência, apoio e disponibilidade que sempre demonstraram para responder a todas as questões colocadas, a vossa ajuda foi sem dúvida imprescindível para a realização desta dissertação.

Agradeço ainda todos os colaboradores da Elastictek, que me receberam sempre de uma forma muito acolhedora, permitindo uma rápida integração e demonstrando total disponibilidade na ajuda das minhas atividades.

Aos meus amigos mais próximos, que me incentivaram, inspiraram e me lembraram constantemente da importância de equilibrar o estudo com momentos de descontração, o meu agradecimento é imenso. As vossas palavras de encorajamento, momentos de alegria e conversas significativas foram um alívio bem-vindo nos momentos de mais stress.

À minha família e namorado obrigado por serem sempre um pilar de amor, apoio e encorajamento ao longo de toda a minha vida.

Em especial aos meus pais agradeço por terem me proporcionado uma educação de qualidade desde os primeiros anos da minha vida. Vocês investiram tempo e recursos para garantir que eu tivesse as melhores oportunidades educacionais. Obrigada por todo o amor, carinho e apoio que me dão. A eles lhes dedico esta tese.

A todos o meu mais profundo e sincero obrigada!

RESUMO

O estágio curricular para realização desta dissertação desenvolveu-se na empresa Elastictek, cujos objetivos propostos seriam a determinação da Pegada de Carbono (PC) da empresa, propondo medidas para que a mesma atinja a neutralidade carbónica. Dada a duração do estágio não foi possível implementar essas medidas, a empresa tem de, posteriormente, monitorizar o processo para verificação do progresso.

Ao longo das últimas décadas, tem sido evidente o aumento significativo dos esforços para enfrentar as mudanças climáticas globais. Com o objetivo de evitar um aumento médio da temperatura do planeta acima de 1,5°C e 2°C em relação aos níveis da pré-revolução industrial, são implementadas medidas de mitigação e adaptação para comunidades e organizações em todo o mundo, visando combater e minimizar os impactos das alterações climáticas.

A empresa adotou o ano base de 2022 para realizar o estudo do seu Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e seguiu as diretrizes metodológicas estabelecidas pelo Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol). Esse estudo abrangeu diversas fontes de emissões da empresa que foram abrangidas de acordo com os âmbitos 1 (emissões diretas), 2 (emissões indiretas) e 3 (outras emissões indiretas)

A partir da análise desses elementos, foi possível quantificar a PC total anual da empresa, que foi estimada em cerca de $3,32 \times 10^8$ kg CO₂e. Os fatores de emissão utilizados para esse cálculo foram baseados na metodologia DEFRA e no Despacho n.º 17313/2008 de 26 de junho. Constatou-se que a atividade que contribui de forma mais significativa para as emissões de GEE da empresa é o transporte relacionado com a importação de matéria-prima exportação de produto acabado, representando aproximadamente 99% das emissões totais, que são do âmbito 3. No entanto, ao adotar uma abordagem de controlo total da empresa, a atividade com a maior contribuição para a PC é o consumo de eletricidade, representando também cerca de 99% das emissões.

Para que a empresa continue a progredir a um nível económico e ambiental sustentável, é preciso que o estudo da PC seja contínuo ao longo do tempo, implementando as medidas sugeridas, como por exemplo a instalação de painéis solares.

Palavras-chave: Pegada de Carbono, Emissões, GEE, fator de emissão

ABSTRACT

The internship for the completion of this dissertation was carried out at Elastictek, with the proposed objectives of determining the Carbon Footprint (CF) of the company, proposing measures for achieving carbon neutrality, and implementing these measures, followed by monitoring the process to verify progress.

Over the past decades, there has been a significant increase in efforts to address global climate change. In order to prevent an average global temperature increase of more than 1.5°C to 2°C compared to pre-industrial levels, mitigation and adaptation measures have been implemented worldwide to combat and minimize the impacts of climate change.

The company adopted the base year of 2022 to conduct its Greenhouse Gas (GHG) Emissions Inventory study, following the methodological guidelines established by the GHG Protocol. This study encompassed various emission sources within the company.

Based on the analysis of these elements, it was possible to quantify the total CF of the company, estimated at around 3.32×10^8 kg CO₂e. The emission factors used for this calculation were based on the DEFRA methodology and the Dispatch n. ° 17313/2008. It was found that the activity contributing most significantly to the company's GHG emissions is transportation related to import and export, representing approximately 99% of the total emissions. However, when adopting a comprehensive control approach within the company, electricity consumption also represents about 99% of the CF.

In order for the company to continue progressing towards economic and environmental sustainability, it is crucial for this study to be ongoing over time.

Keywords: Carbon Footprint, Emissions, GHG, emission factor

ÍNDICE

Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos e âmbito deste trabalho	1
1.3. A Empresa	1
1.4. Estrutura e organização da dissertação	3
Capítulo 2. Alterações climáticas e a pegada de carbono.....	5
2.1. Alterações climáticas e Gases com Efeito de Estufa.....	5
2.2. Redução das emissões de GEE: políticas e medidas	8
2.2.1. Acordos Internacionais sobre as Mudanças Climáticas	8
2.2.2. Política Climática Nacional	9
2.2.3. Norma ISO 14064: 26 junho - Responsabilidade e Verificação de GEE.....	12
2.3. A Indústria do Plástico e o seu contributo para as emissões de GEE.....	13
2.4. Pegada de Carbono (PC)	17
2.4.1. Definição	17
2.4.2. Estratégias para atingir a neutralidade carbónica ou reduzir a PC	18
2.5. Metodologias/ferramentas para estimar a Pegada de Carbono.....	20
2.5.1. Avaliação de Ciclo de Vida	20
2.5.2. Greenhouse Gas Protocol (<i>GHG Protocol</i>)	21
Capítulo 3. Determinação da Pegada de Carbono	25
3.1. Caracterização do processo	25
3.1.1. Etapas de Produção.....	25
3.2. Construção do inventário.....	26
3.2.1. Definição dos Limites.....	27
3.2.2. Identificação das fontes de emissão de GEE	31
3.3. Seleção dos Fatores de emissão.....	32

3.4. Avaliação da Pegada de Carbono – Âmbito 1 (emissões diretas)	33
3.4.1. Emissão de Gases Poluentes a partir das Fontes fixas.....	33
3.4.2. Fontes Móveis de Emissão de Poluentes Pertencentes à Empresa	34
3.4.3. Emissões Fugitivas	37
3.5. Avaliação da Pegada de Carbono – Âmbito 2	38
3.5.1. Consumo de Energia.....	38
3.6. Avaliação da Pegada de Carbono – Âmbito 3.....	40
3.6.1. Consumo de água	40
3.6.2. Produção de Resíduos.....	40
3.6.3. Transporte de Matéria-prima	42
3.6.4. Transporte de Produto Acabado	43
3.6.5. Transporte de Amostras.....	44
3.6.6. Transporte para Armazém da Empresa	45
3.6.7. Deslocação dos colaboradores para a empresa.....	45
3.7. Avaliação da pegada de carbono total da Elastictek.....	46
Capítulo 4. Medidas de Redução da pegada de carbono	53
Capítulo 5. Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros.....	57
Bibliografia.....	59
Anexo A- Cálculos realizados para obter o caudal mássico de CO ₂ emitido pelas FF	63
Anexo B- Conversão de unidades relativamente ao consumo de GPL de um empilhador da empresa	65
Anexo C- Conversão da quantidade de combustível de Litros (L) para Toneladas equivalentes de petróleo (tep).....	66
Anexo D- Dados relativos a cada tipologia de resíduo da empresa	67
Anexo E – Dados relativos aos transportes do âmbito 3	68
Anexo F- Exemplo do questionário realizado relativo às deslocações casa-trabalho dos colaboradores da empresa.....	72

Anexo G - Resultados obtidos do questionário aos colaboradores	74
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1-Imagem Satélite das instalações da Elastictek.....	2
Figura 2.1-Infográfico da evolução da temperatura média global da Terra, retirado de: (IPCC, 2022).....	7
Figura 2.2-Emissões setoriais em CO2 sem contabilização das emissões de LULUCF (2020), retirado de: (APA, 2022).	11
Figura 2.3-Emissões nacionais por gás em 2020, retirado de: (APA, 2022).....	12
Figura 2.4-Produção mundial de plástico ao longo dos anos (1950-2020) e os polímeros mais produzidos em 2020, com os respetivos impactos do aquecimento global, adaptado de: (Costa, 2021)	13
Figura 2.5-Processos integrais de produção de plástico e potenciais vias de emissão de gases com efeito de estufa, adaptado de: (Maocai Shen, 2020).	15
Figura 2.6- Principais GEE provenientes da indústria do plástico durante todo o seu ciclo de atividade, adaptado de: (Costa, 2021).....	17
Figura 3.1-Etapas do processo produtivo de Bandas Elásticas	26
Figura 3.2-Fluxograma de etapas metodológicas para a realização do inventário, adaptado de: (Nunes, 2016)	27
Figura 3.3-Definição das fronteiras de estudo (A e B) de acordo com os respetivos âmbitos, para determinação da Pegada de Carbono	30
Figura 3.4-Contribuição de cada atividade, em percentagem, para a PC da Elastictek no ano 2022	48
Figura 3.5- Contribuição de cada âmbito para a PC total da Elastictek no ano 2022	49
Figura 3.7- Contribuição das emissões da Fronteira B para a PC em 2022	50
Figura 3.8- Contribuição das emissões da Fronteira A para a PC em 2022	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1-Potencial de Aquecimento Global de alguns gases com efeito de estufa (Adaptado de (IPCC, AR5, 2014) e (J Penman, 2000)).....	6
Tabela 3.1-Fontes de emissão da empresa e respetivos âmbitos	31
Tabela 3.2-Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq) associada às emissões de poluentes das FF da empresa, em 2022.	34
Tabela 3.3- Pegada de Carbono associada ao consumo de combustível de veículos da empresa no ano de 2022 segundo o Despacho 17313/2008 e DEFRA	35
Tabela 3.4-Consumo anual de Combustível do empilhador a GPL, fatores de emissão respetivos e Pegada de Carbono total.	37
Tabela 3.5-Pegada de Carbono (kgCO ₂ e) dos Sistemas de Refrigeração e Ar condicionado da empresa no ano 2022.....	38
Tabela 3.6- Pegada de Carbono associada ao Consumo de Energia Elétrica no ano de 2022	39
Tabela 3.7-Pegada de Carbono associada ao Consumo de Água no ano de 2022	40
Tabela 3.8-Pegada de Carbono associada a cada tipo de operação dos resíduos no ano 2022	41
Tabela 3.9-Tipos de transporte de matéria-prima e respetiva Pegada de Carbono, no ano de 2022	43
Tabela 3.10-Tipos de transporte de produto acabado e respetiva Pegada de Carbono, no ano de 2022.....	44
Tabela 3.11-Pegada de Carbono associada ao envio de amostras durante o ano 2022 ..	44
Tabela 3.12-Pegada de Carbono associada ao transporte para armazém da empresa durante o ano 2022	45
Tabela 3.13- Pegada de Carbono associada às deslocações casa-trabalho de colaboradores da empresa no ano 2022	46
Tabela 3.14- Resultados da Pegada de carbono total da Elastictek, bem como a percentagem de contribuição de cada âmbito no ano 2022	47
Tabela 3.15- Resultados da Pegada de carbono total das Fronteiras A e B, no ano de 2022	50

ABREVIATURAS

ACV- Avaliação do ciclo de vida

CERs- Reduções Certificadas de Emissões

COVT- Compostos Orgânicos Voláteis Totais

CQNUMC- Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática

DEFRA- Department for Environment, Food and Rural Affairs

EN AAC 2020- Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2020

FE- Fatores de Emissão

FF- Fontes Fixas

GEE - Gases com Efeito de Estufa

GHG – Greenhouse Gas Protocol – Protocolo dos Gases com efeito de estufa

GPL- Gás liquefeito de petróleo

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO- International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)

LULUCF- Land Use, Land-Use Change and Forestry (Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Silvicultura)

MDL- Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

ONG- Organizações Não Governamentais

PAG- Potencial de Aquecimento Global

PC- Pegada de Carbono

PNEC 2030- Plano Nacional Energia e Clima 2030

RNC 2050- Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

O presente relatório refere-se ao estágio curricular incluído no plano de estudos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química.

O estágio foi realizado na empresa Elastictek, R. da Guiné Bissau 240, 3880-103 Ovar, e em concreto no Departamento técnico, Investigação e Desenvolvimento, com início a 11 de outubro de 2022. O horário de trabalho ficou definido de segunda a sexta-feira das 9h às 18h, com uma hora de almoço, contabilizando um total de 8h por dia.

1.2. Objetivos e âmbito deste trabalho

Este estágio desenvolveu-se na empresa Elastictek, como já foi referido anteriormente, cuja principal área de atividade passa pelo desenvolvimento, produção e comercialização de produtos relacionados com a indústria de dispositivos de higiene, destinados sobretudo ao mercado internacional.

Os objetivos propostos visam a determinação da Pegada de Carbono (PC) da empresa, propor medidas para que a mesma atinja a neutralidade carbónica.

Para a realização deste trabalho, definiu-se como ano base o de 2022, de acordo com o uso da metodologia do *Greenhouse Gas (GHG) Protocol*. A determinação da Pegada de Carbono é atingida por consideração das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) associadas ao consumo energético nas instalações da empresa, ao consumo de combustível relativo às deslocações efetuadas pelos trabalhadores e deslocações efetuadas por veículos da empresa, consumo de água, tratamento e envio de resíduos e aos trajetos nacionais e internacionais. O somatório destas componentes possibilita a quantificação da pegada carbónica total da empresa.

1.3. A Empresa

A Elastictek- Indústria de Plásticos, S.A. foi fundada a 6 de junho de 2014 em Portugal e instalou-se na zona industrial de Ovar em setembro de 2015 (Elastictek, 2020).

A principal atividade da empresa passa pelo desenvolvimento, produção e comercialização de produtos laminados elásticos, bandas, resguardos têxteis e outros produtos relacionados com a indústria de dispositivos de higiene. O que a distingue em Portugal é o facto

de ser a única empresa focada na produção de laminados para a indústria da higiene, nomeadamente para o sector das fraldas. A nível internacional a Elastictек distingue-se pelo seu processo produtivo “*all in line*”, ou seja, todo o processo é feito na mesma linha de produção num sentido contínuo, bem como pela não utilização de qualquer tipo de cola, adesivo ou “*hot melt*” para a produção dos seus laminados, recorrendo ao processo de Termocolagem, utilizando apenas pressão e temperatura. (Elastictек, 2020). Este processo de Termocolagem distingue-se de outras indústrias do mesmo tipo, pois o não uso de cola permite que o produto final produzido seja reciclado e promova a circularidade, elimina a hipótese de migração de produtos químicos para as faces externas do laminado, diminui o odor e elimina o uso de mais uma matéria-prima, como é o caso da cola.

A Elastictек possui uma sede e unidade produtiva em Ovar e 2 armazéns em Maceda e Arada. Estes armazéns são instalações de menores dimensões possuindo apenas espaço suficiente para armazenamento de matérias-primas e produto final (Elastictек, 2020).

As instalações da sua sede e unidade produtiva incluem um armazém de apoio logístico para matérias-primas e produto final e nave de produção (**Figura 1.1**). Paralelamente existe um edifício administrativo, que contém no piso 0 o gabinete médico, os balneários dos trabalhadores de produção, uma zona de refeições com apoio de cozinha, uma pequena sala de reuniões e um corredor direccionado para a entrada para a nave de produção e laboratório de análises de produto, incorporados no mesmo edifício. No piso 1 existe uma zona de refeições com apoio de cozinha, uma sala de reuniões e os departamentos administrativos contabilísticos e de engenharia.



Figura 1.1-Imagem Satélite das instalações da Elastictек

1.4. Estrutura e organização da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. No presente capítulo é descrito o enquadramento do estágio curricular, é feita uma breve apresentação da Empresa, indicam-se o tema e os objetivos do estágio e descreve-se a organização do relatório.

Em seguimento, o capítulo 2 aborda o tema das alterações climáticas relacionada com a avaliação da Pegada de Carbono, incluindo os Acordos Internacionais sobre as Mudanças climáticas e a Política Climática Nacional. Refere-se a Indústria do Plástico, bem como o Conceito de Pegada de Carbono e as possíveis medidas a adotar para atingir a neutralidade carbónica ou reduzir a Pegada de Carbono. Indicam-se também as metodologias usadas na determinação da pegada de carbono.

No capítulo 3 aplica-se a metodologia *GHG Protocol*, para identificar as emissões de GEE de todas as atividades, indicando os cálculos e os fatores de emissão utilizados para determinar a Pegada de Carbono.

No capítulo 4 discute-se e analisam-se os resultados obtidos e propõem-se medidas para a redução da PC.

Por último, o capítulo 5 apresenta as principais conclusões deste trabalho, considerando a metodologia utilizada, caso de estudo e os resultados obtidos. São também sugeridos trabalhos futuros no âmbito deste tema.

CAPÍTULO 2. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E A PEGADA DE CARBONO

2.1. Alterações climáticas e Gases com Efeito de Estufa

Desde a grande revolução industrial que começou no final do século XVIII e durou até ao início do século XIX, têm-se observado um enorme crescimento demográfico e económico da população mundial. Esta expansão leva inevitavelmente ao aumento da exploração dos recursos naturais e das necessidades energéticas para que os padrões de qualidade de vida das pessoas possam ser mantidos (Weart, 2013).

Ao longo de mais de dois séculos de exploração intensiva dos recursos naturais, a principal preocupação era a procura de respostas para as necessidades da sociedade, pondo de parte os problemas ao nível ambiental, pois estes não eram muito evidentes. No entanto, o ecossistema terrestre deixou de conseguir suportar estas necessidades, e por essa razão, tornou-se iminente apostar num crescimento mais sustentável integrando os pilares social, económico e ambiental, de forma a não comprometer o futuro das gerações seguintes. Além disso, as alterações climáticas, provocadas pelo ser humano devido a uma perigosa dependência dos combustíveis fósseis, estão a contribuir para a pobreza, para a falta de segurança no abastecimento de alimentos e água, para a extinção das espécies e perdas em danos globais (IPCC, 2022).

Na Conferência sobre a ‘*Atmosfera em Mudança*’ em Toronto, em 1988, determinou-se que a maioria das mudanças climáticas eram causadas pelo aquecimento global e os seus efeitos adversos, que eram em grande parte de natureza antropogénica. Desde o início da era industrial, a utilização de combustíveis fósseis e outras substâncias nocivas libertou uma quantidade significativa de gases poluentes na atmosfera, colocando não só as gerações atuais e futuras, mas também o ambiente e os animais em risco (UNFCCC, 2014).

Em 1990 foi publicado o primeiro relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, do inglês *Intergovernmental Panel for Climate Change*), alertando para o aquecimento global, tendo sido o documento base da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (CQNUMC). Este processo culminou em 1997 com a celebração do Protocolo de Quioto, acordo internacional ligado à CQNUMC celebrado por 175 países, com metas de redução de emissões a nível internacional vinculativas para a

redução da emissão dos gases que agravam o efeito de estufa, considerados como causas antropogénicas do aquecimento global (UNFCCC, 2014).

O IPCC fornece uma lista de GEE que pode ser consultada no relatório “*Climate Change 2013: The Physical Science Basis*”. O CO₂, o N₂O, o CH₄ e o O₃ são os principais GEE na atmosfera da Terra. Estes GEE podem ser expressos em emissões de CO₂ equivalente (CO₂e). O Potencial de Aquecimento Global (PAG) tem como objetivo que emissões de diferentes GEE sejam expressas na mesma unidade, CO₂e. O PAG mede o efeito que diferentes GEE permanecem na atmosfera, em comparação com o CO₂. Deste modo, PAG_{100} , é a razão entre o efeito de 1 quilograma do GEE e o efeito de 1 quilograma de CO₂, num espaço de tempo de 100 anos. O PAG foi adotado pela CQNUMC, pelo protocolo Quioto e é atualmente utilizado como padrão. Apesar desta medida já ter sofrido várias atualizações ao longo dos anos, a mais recente e atualizada é a presente no quinto relatório do IPCC com data em 2014. Na **Tabela 2.1** estão apresentados os PAG de alguns GEE (IPCC, AR5, 2014).

Tabela 2.1-Potencial de Aquecimento Global de alguns gases com efeito de estufa (Adaptado de (IPCC, AR5, 2014) e (J Penman, 2000))

Gás	$PAG_{100}^{(a)}$
Dióxido de carbono, CO ₂	1
Metano, CH ₄	28
Óxido nitroso, N ₂ O	265
Difluoroetano, HFC-152a	138
Tetrafluoroetano, HFC-134a	1300
Compostos Orgânicos Voláteis, COV	4,5

^(a) (IPCC, AR5, 2014)

A título de exemplo, um kg de CH₄ emitido para o ar corresponde a 28 kg de CO₂, e assim sucessivamente. Alguns cientistas estão a estudar uma classe diferente de agentes de aquecimento que, segundo eles, também devem ser visados para manter a temperatura global sob controlo. As emissões, nomeadamente, de partículas negras de carbono, metano, hidrofluorocarbonetos, e ozono troposférico são ainda mais poderosas do que o CO₂ em termos do seu potencial de aquecimento. Mas persistem na atmosfera por um período mais curto de tempo do que o CO₂, que pode permanecer no ar durante centenas a milhares de anos (Ramanathan V, 2010).

O IPCC publicou recentemente uma nova avaliação, com data de 2022 mostrando que a extensão e magnitude dos impactos das alterações climáticas são maiores do que os estimados na avaliação anterior (5.º relatório), de 2014. O IPCC afirma ainda não existirem medidas urgentes para limitar o aquecimento global a 1,5°C, o que, consequentemente, leva a que para abordar o problema das alterações climáticas seja necessário procurar medidas com custos mais elevados, menos eficientes e, em alguns casos, será simplesmente impossível reparar, resultando em perdas e danos irreversíveis (IPCC, 2022).

Na figura abaixo (**Figura 2.1**) é possível verificar o infográfico da evolução da temperatura média global desde 1960 com previsão até 2040 (IPCC, 2022). Desta forma, é possível observar uma relação temporal entre a temperatura média mensal global observada na superfície e o aquecimento antrópico estimado até ao momento. Entre 2020 e 2040 prevê-se uma subida do aquecimento antrópico que, consequentemente, faz aumentar a temperatura média na superfície terrestre.

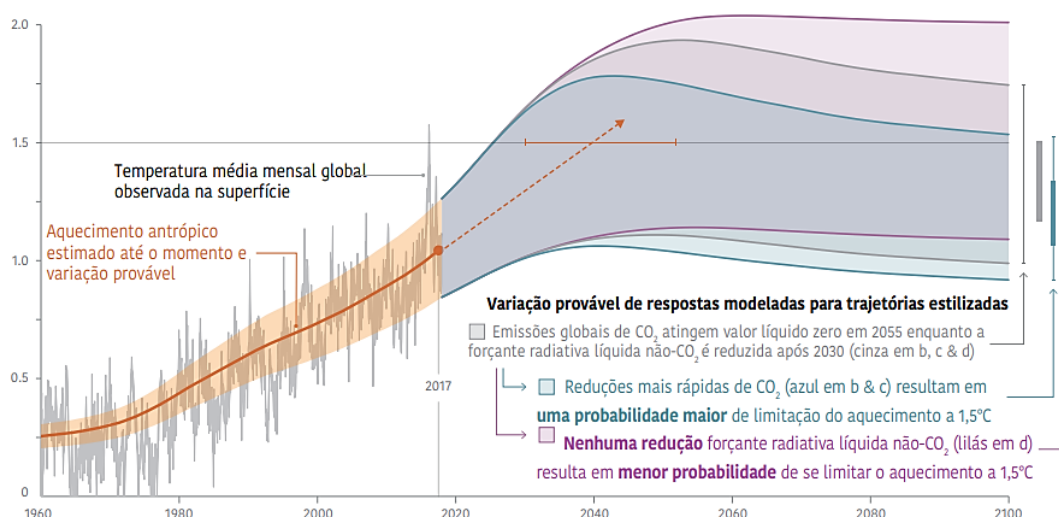


Figura 2.1-Infográfico da evolução da temperatura média global da Terra, retirado de: (IPCC, 2022)

Para limitar os impactos das alterações climáticas é preciso reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e adaptar o país e o mundo às mudanças previsíveis, de forma a reduzir os efeitos negativos das alterações climáticas nos ecossistemas e na qualidade de vida da população. Desta forma, os instrumentos que ajudam a concretizar as metas estipuladas passam por:

- i) **Mecanismos de comércio internacional de emissões** - a compra e venda de emissões de carbono; por outras palavras, um país pode vender partes das cotas de

emissão de carbono a que tem direito caso as suas emissões de carbono para atmosfera não atinjam o limite estipulado a outro país que ultrapasse o seu limite de emissão máximo (UNFCCC, 2014);

- ii) **Mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL)**- os países desenvolvidos que estão sujeitos ao compromisso de redução de emissões de carbono, podem financiar a implementação de projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento, através de ‘*offsetting*’ (meios de compensação), isto é, troca de unidades de créditos de carbono (CERs), cada um equivalente a uma tonelada de CO₂ (Carbon offset platform, 2022).
- iii) **Mecanismos de implementação conjunta** - permite que os países que necessitem de reduzir as suas emissões para cumprir o protocolo, possam ganhar unidades de redução das emissões caso cooperem com países menos desenvolvidos através de transferência de tecnologia ou de investimentos que se traduzam em benefícios económicos para esses países (UNFCCC, 2014).

2.2. Redução das emissões de GEE: políticas e medidas

2.2.1. Acordos Internacionais sobre as Mudanças Climáticas

A primeira ferramenta jurídica internacional com impacto no combate às alterações climáticas foi o Protocolo de Quioto, criado a 11 de dezembro de 1997 com entrada em vigor a 2005. Este protocolo é consequência de uma série de eventos que culminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC) (EUR-Lex, 2022).

No âmbito deste protocolo alguns dos países industrializados, incluindo Portugal, assumiram o compromisso de reduzir em 5%, em média, as emissões totais respetivas de seis GEE (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonetos, perfluorocarbonetos e hexafluoreto de enxofre) durante o primeiro período de compromisso (2008-2012), relativamente aos níveis de 1990 (APA, 2021).

O Protocolo de Quioto enfrentou desafios que limitaram sua eficácia e cumprimento. A participação limitada, com a exclusão dos Estados Unidos, e a falta de metas vinculativas para grandes emissores, como China e Índia, prejudicaram a sua abrangência. Além disso, os mecanismos de flexibilidade, como o MDL e o Comércio de Emissões, foram controversos (APA, 2021).

De forma a corrigir as lacunas existentes no Protocolo de Quioto surge um novo tratado internacional designado de Acordo de Paris, que entrou em vigor a 4 de novembro de 2016. Este novo acordo tem como objetivo alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelecer como um dos seus objetivos de longo prazo limitar o aumento da temperatura média global a níveis bem abaixo dos 2°C, de preferência a 1,5°C, em comparação com os níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas (IPCC, 2022).

2.2.2. Política Climática Nacional

Portugal aprovou a Lei de Bases do Clima, Lei n.º 98/2021, em 31 de dezembro de 2021, que define, entre outros aspetos, os princípios orientadores e objetivos da política climática nacional, os direitos e obrigações em matéria de ação climática, a criação de um conselho de ação climática e os instrumentos de planeamento e avaliação da situação, incluindo instrumentos regionais e setoriais, bem como instrumentos económicos e financeiros (REA, 2023).

O país comprometeu-se a reduzir as suas emissões de GEE de forma que o balanço entre as emissões e as remoções da atmosfera seja nulo em 2050. A este objetivo deu-se o nome de “neutralidade carbónica”. O inventário nacional de emissões de GEE é o instrumento que permite monitorizar e verificar o cumprimento nacional face às metas assumidas, sendo por isso um elemento-chave da política climática. São contabilizadas todas as emissões e sequestro de origem humana, sendo considerados o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido de azoto (N₂O), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorcarbonetos (PFCs), o hexafluoreto de enxofre (SF₆) e o trifluoreto de azoto (NF₃). São ainda incluídos os GEE indiretos como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de azoto (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) (REA, 2023).

Os principais instrumentos da política climática em Portugal focam-se em **duas vertentes**: mitigação e adaptação às alterações climáticas (APA, 2022).

A vertente da **mitigação** das alterações climáticas, rege-se segundo o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050) e o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2021 - 2030), tendo como principal objetivo atingir a neutralidade carbónica, igualando o nível

de emissões de GEE com o nível de sumidouro até ao ano de 2050 (emissões líquidas iguais a zero) (APA, 2022).

O RNC 2050 apresenta trajetórias alternativas até 2050 para quatro componentes setoriais (energia, transportes, resíduos, agricultura/florestas/uso de solo), principais responsáveis pelas emissões de GEE e pelo sequestro de carbono (RNC 2050, 2018).

O PNEC 2030 inclui a caracterização da matéria de Energia e Clima em Portugal, abrangendo cinco dimensões previstas no Regulamento da Governação da União da Energia e da Ação Climática: descarbonização, eficiência energética, segurança de abastecimento, mercado interno da energia e investigação, inovação e competitividade, bem como as principais linhas de atuação planeadas para o cumprimento dos diferentes compromissos (APA, 2021).

No que se refere à **adaptação** às alterações climáticas, destaca-se a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020), que estabelece objetivos e estratégias para a implementação de soluções para a adaptação de diferentes setores aos efeitos das alterações climáticas: agricultura, biodiversidade, economia, energia e segurança energética, florestas, saúde humana, segurança de pessoas e bens, transportes, comunicações e zonas costeiras (APA, 2022).

A Lei de Bases do Clima, que entrou em vigor a 1 de fevereiro de 2022, com o compromisso de alcançar a neutralidade climática, em Portugal, até 2050 define metas nacionais de redução de emissões, em linha com as trajetórias anteriormente estabelecidas, estipulando uma redução de pelo menos -55% até 2030; 65% a 75% até 2040; pelo menos -90% até 2050; e um sumidouro líquido CO₂e do setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Silvicultura (Land Use, Land-Use Change and Forestry: LULUCF) pelo menos 13 milhões toneladas, entre 2045 e 2050 (APA, 2022).

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as iniciativas de mitigação no setor LULUCF podem trabalhar em conjunto para alcançar uma série de objetivos, como a melhoria da biodiversidade e das funções dos ecossistemas, do emprego e dos meios de subsistência locais. A uma luz diferente, o relatório do IPCC reconhece que algumas atividades, como a implantação da florestação em terras naturalmente não florestadas, podem exacerbar os riscos relacionados com o clima para a biodiversidade, a segurança alimentar e hídrica e os meios de subsistência, em especial se forem implementadas sem a devida consideração das condições locais, incluindo a atual utilização dos solos.

A **Figura 2.2** ilustra as emissões nacionais de GEE para 2020 dos vários setores económicos. Salienta-se o setor da energia que representou, em 2020, cerca de 67% das emissões nacionais, apresentando um decréscimo de 5,2% face a 2019. Neste setor, a produção de energia e os transportes são as fontes mais importantes representando respetivamente cerca de 18% e 26% do total das emissões nacionais (APA, 2022).

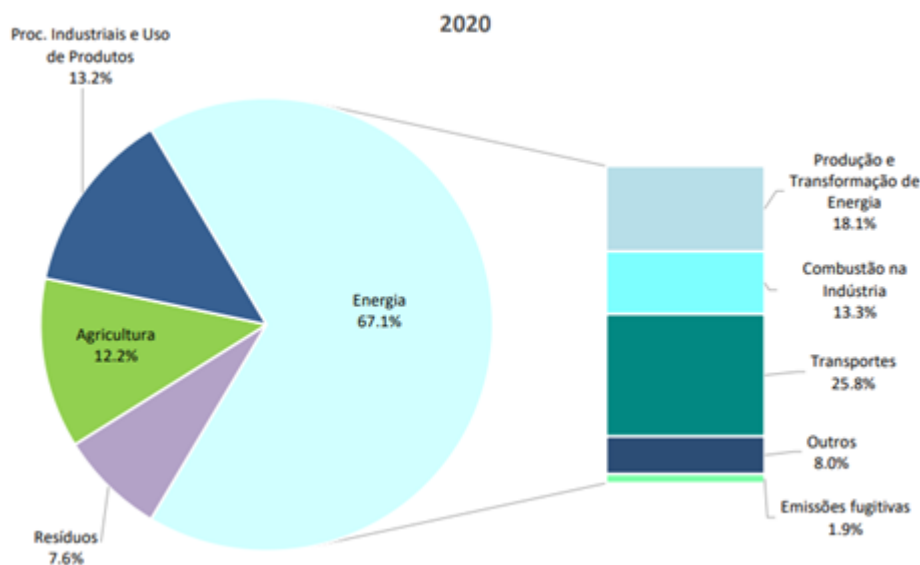


Figura 2.2-Emissões setoriais em CO₂ sem contabilização das emissões de LULUCF (2020), retirado de: (APA, 2022).

O GEE com maior representatividade é o dióxido de carbono (CO₂) com cerca de 73% do total das emissões nacionais, situação que está relacionada com a importância do setor da energia em Portugal e a predominância das emissões deste gás como resultado da queima de combustíveis fósseis. O metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) têm origem principalmente nos setores agricultura e resíduos. O conjunto de gases fluorados (F-Gases) têm como origem principalmente os sistemas de climatização estacionária e refrigeração comercial (APA, 2022).

A **Figura 2.3** ilustra as emissões nacionais percentuais de GEE, em 2020 (APA, 2022).

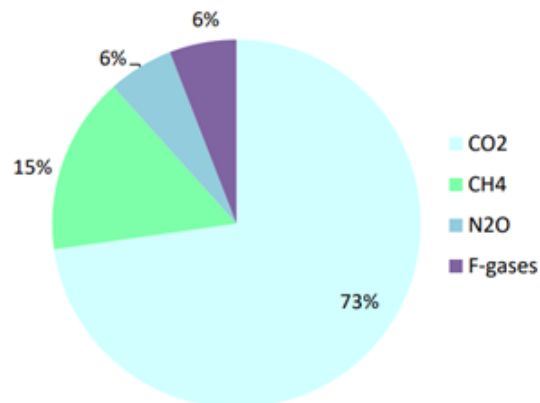


Figura 2.3-Emissões nacionais por gás em 2020, retirado de: (APA, 2022).

2.2.3. Norma ISO 14064: 26 junho - Responsabilidade e Verificação de GEE

A ISO 14064 é um conjunto de normas internacionais desenvolvidas pela Organização Internacional de Normalização (ISO) que fornece diretrizes e requisitos para quantificar, monitorizar, comunicar e verificar as emissões e remoções de gases com efeito de estufa (GEE). A versão inicial da ISO 14064 foi publicada em 2006 e, em seguida, revista e publicada uma versão mais recente da norma em 2018. A norma ISO 14064 centra-se especificamente na contabilização e comunicação das emissões e remoções de GEE a nível organizacional (ISO, 2019).

Esta norma é composta por vários capítulos destacando-se:

Limites do inventário: Especifica princípios e requisitos para a conceção e desenvolvimento do inventário de GEE de uma organização. Fornece orientação sobre o estabelecimento de limites organizacionais, quantificação de emissões e remoções e relatórios sobre inventários de GEE (ISO, 2019).

Quantificação das emissões: Fornece orientações sobre o processo de quantificação, monitorização e comunicação das emissões e remoções de GEE de projetos. Descreve as etapas envolvidas no estabelecimento dos limites do projeto, no cálculo das emissões do mesmo e na determinação do cenário de referência em relação ao qual são avaliadas as reduções de emissões do projeto (ISO, 2019).

A ISO 14064 fornece uma estrutura consistente e transparente para as organizações medirem e gerirem as suas emissões e remoções de GEE. Ao adotar a norma ISO 14064, as organizações podem aumentar a sua credibilidade ambiental, acompanhar o progresso em direção aos objetivos de redução de emissões e facilitar a comunicação e comparação de dados de GEE à escala global (ISO, 2019).

2.3. A Indústria do Plástico e o seu contributo para as emissões de GEE

Um dos materiais mais prevalentes na economia global é o plástico. Desde embalagens de plástico (sacos e frascos de plástico), vestuário e peças de equipamento para materiais de construção, o plástico tornou-se uma componente inevitável do mundo material e está constantemente presente numa variedade de atividades humanas (PlasticsEurope, 2023).

O consumo de plástico tem vindo a aumentar desde a Segunda Guerra Mundial devido à versatilidade de aplicações destes materiais em campos muito distintos (**Figura 2.4**). Em 2019, mais de 368 milhões de toneladas de polímeros foram produzidos em todo o mundo, incluindo termoplásticos, termofixos, poliuretanos, elastómeros, adesivos, revestimentos e vedantes, e fibras de polipropileno (PP) (Costa, 2021).

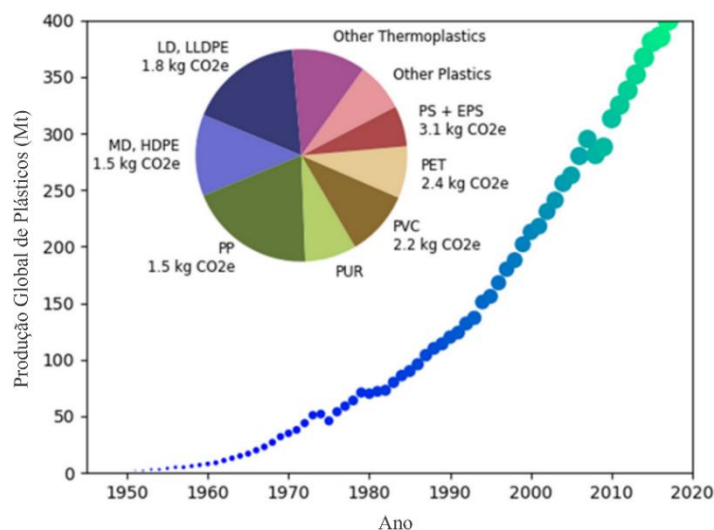


Figura 2.4-Produção mundial de plástico ao longo dos anos (1950-2020) e os polímeros mais produzidos em 2020, com os respetivos impactos do aquecimento global, adaptado de: (Costa, 2021)

A produção global de plástico aumentou de 2 milhões de toneladas nos anos 50 a 348 milhões de toneladas em 2017 e 359 milhões de toneladas em 2018, e a China é o maior produtor mundial de plástico, seguido da Europa e da América do Norte (Maocai Shen, 2020).

Em geral, os plásticos são polímeros orgânicos sintéticos, constituídos principalmente por ligações C-C, e as matérias-primas provêm principalmente de combustíveis fósseis, carvão, petróleo e gás natural. A sua produção em massa, as diversas aplicações e a má gestão dos plásticos e dos seus resíduos aumentam o risco de entrar no ambiente, resultando num impacto negativo. Devidos à sua dificuldade de decomposição natural os plásticos têm-se acumulado em terra, água doce e oceanos durante muitas décadas. Neste momento já existe evidências da presença de microplásticos no ar e nas correntes atmosféricas. As pessoas tornaram-se cada vez mais conscientes e preocupadas com a crise dos plásticos no ambiente durante a última década, especialmente microplásticos e nanoplásticos, que prejudicam gravemente os ecossistemas e a saúde humana pela sua facilidade em se acumular não só no ambiente, como nas cadeias alimentares, nas águas oceânicas e de consumo humano e nas correntes atmosféricas (Maocai Shen, 2020).

Com a rápida expansão da produção global de plástico, as indústrias de plástico tornaram-se a fonte mais significativa em rápido crescimento das emissões industriais de gases com efeito de estufa. Esta tem influência direta, ou indireta através da sua gestão da cadeia de abastecimento sobre uma parte significativa dos custos ambientais da utilização do plástico no setor dos bens de consumo, entre outros setores. As emissões de GEE provêm não só do processo de produção e fabrico, mas também da extração e transporte de matérias-primas de plástico e da gestão dos resíduos produzidos. A **Figura 2.5** ilustra os principais plásticos utilizados na indústria, desde a sua matéria-prima até obtenção de produtos finais com diversas aplicações, verificando-se que em todas as suas etapas existem emissões de GEE.

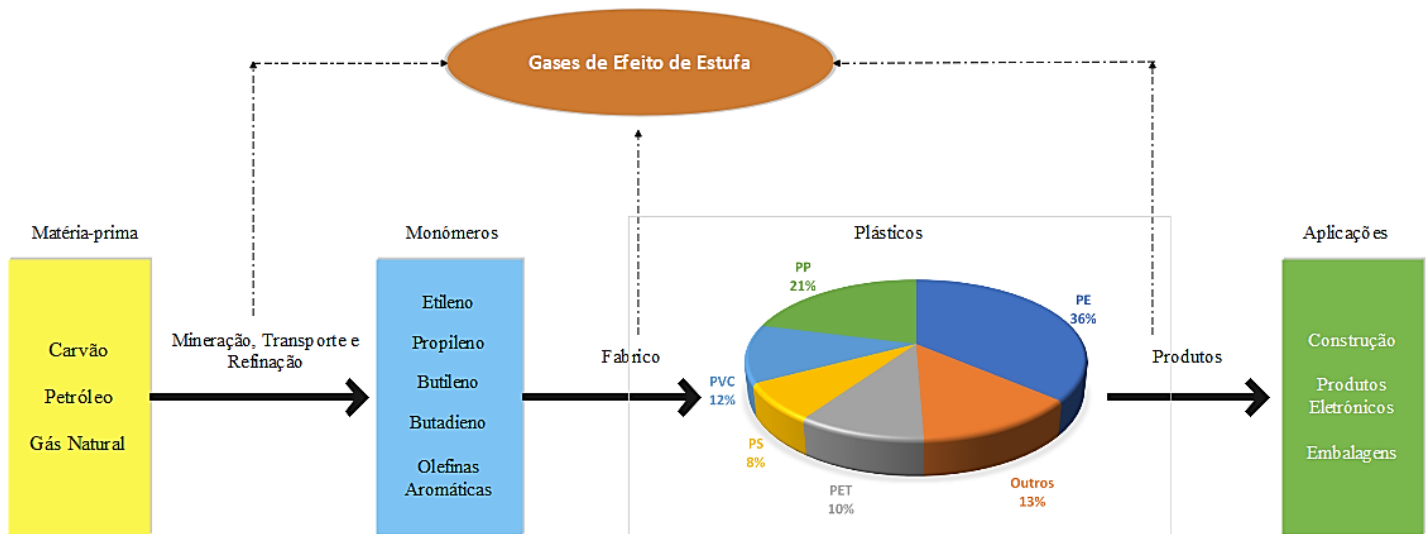


Figura 2.5-Processos integrais de produção de plástico e potenciais vias de emissão de gases com efeito de estufa, adaptado de: (Maocai Shen, 2020).

A gestão da maioria dos resíduos plásticos é atualmente feita através de reciclagem, incineração e aterros sanitários. Com o aumento da produção de plástico e resíduos de plástico, a sua influência tornar-se-á cada vez mais significativa (Maocai Shen, 2020).

A aposta na criação de economias circulares tem uma ação forte na mitigação do impacto das alterações climáticas. Nesta perspetiva, melhora-se o impacto climático ao nível das operações, tornando os processos de produção cada vez mais eficientes em termos energéticos e de recursos, e utilizando mais energias renováveis. Atualmente, diversas indústrias apostam na dissociação da produção de plásticos de matéria-prima fóssil, aumentando os volumes de matérias-primas alternativas a partir de resíduos e recursos renováveis. Existe também a preocupação para produzir plásticos biodegradáveis. Além disso, estão a ser feitos grandes avanços na reciclagem e na implementação da economia circular, ambos cruciais para reduzir as emissões de GEE. A *PlasticsEurope* apoia novas soluções de captura de carbono, com empresas químicas a testar novos processos para a produção de plásticos com base em CO₂ (PlasticsEurope, 2023).

Nesse sentido, ressalta-se a importância do uso adequado dos materiais poliméricos através de soluções criativas e efetivas o reprocessamento, a reutilização e a reciclagem, e dos resíduos das resinas plásticas. Como resultado, o setor está perfeitamente situado para assumir a liderança na promoção de mais avanços no desempenho ambiental da cadeia de abastecimento de plástico. As iniciativas a curto e médio prazo para reduzir os custos ambientais do setor

incluem o aumento da aquisição de eletricidade com baixo teor de carbono e o aumento da eficiência do combustível da frota logística. Uma das soluções a ser aplicada na indústria do plástico é a otimização do design ou “*downgauge*” que permite a redução da espessura de um filme plástico utilizado para embalar produtos, a fim de diminuir custos de material e minimizar o impacto ambiental. Esta técnica envolve a otimização do design e dos processos de fabricação para manter a integridade e a qualidade da embalagem (Trucost, 2016).

A reciclagem é um elemento vital na criação de um circuito fechado para plásticos sustentáveis. Melhorias na recolha e triagem, associadas a novas formas de reciclagem de plásticos complexos, ajudam a reter o valor do plástico ao longo do seu ciclo de vida. E com metas definidas pela União Europeia para o conteúdo reciclado obrigatório, a inovação e o investimento são fundamentais para encontrar melhores formas de reduzir os resíduos e melhorar a eficiência da reciclagem em cada etapa do caminho, bem como a qualidade dos próprios reciclados em si (Costa, 2021).

O processo de transformação do plástico por extrusão (método utilizado na Elastictек) resume-se em três etapas principais. Inicia-se com a definição das condições de trabalho das extrusoras, sendo a mais importante a temperatura de extrusão e a sua evolução ao longo da camara de extrusão (outros pontos importantes são o próprio design da camara de extrusão e do parafuso de extrusão, que deve ser adequado ao polímero a ser processado). Na extrusora são então misturadas as matérias-primas (por exemplo, polietileno, polipropileno, etc.), estas vão formar uma mistura homogénea através da ação da temperatura (polímero vai derreter) e do parafuso de extrusão (mistura mecânica). Após este processo o material é impelido através de um orifício ou molde que lhe vai conferir uma determinada forma. Na sequência, o plástico passa por um conjunto de rolos para fazer o arrefecimento e então é cortado por lâminas finas, transformando-os em bobinas (Costa, 2021).

Quase 90% das emissões de CO₂ na indústria dos plásticos resultam do consumo de energia (**Figura 2.6**). Por outro lado, a queima local de combustíveis fósseis produz calor e emissões. Por outro lado, as emissões diretas do processo GHG podem ocasionalmente ser significativas e precisarem de ser cuidadosamente tidas em conta, como nos casos de procedimentos de craqueamento e fases de fabrico de monómeros. O processo de craqueamento é uma técnica utilizada na indústria petroquímica e de refinaria de petróleo para quebrar moléculas de hidrocarbonetos maiores em moléculas menores. Esse processo baseia-se na quebra de ligações químicas de moléculas complexas, geralmente de hidrocarbonetos de cadeia

longa, para produzir produtos mais leves e de maior valor, como gasolina, diesel, queroseno e outros produtos petroquímicos. (Costa, 2021).

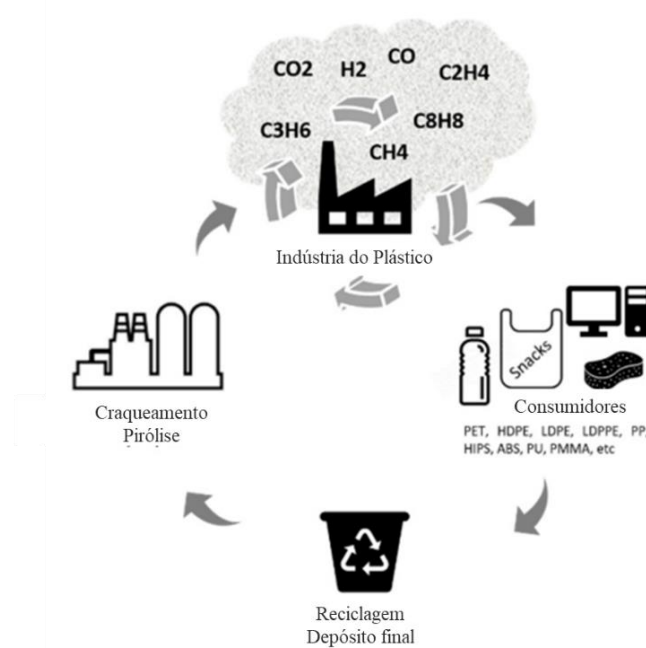


Figura 2.6- Principais GEE provenientes da indústria do plástico durante todo o seu ciclo de atividade, adaptado de: (Costa, 2021)

2.4. Pegada de Carbono (PC)

2.4.1. Definição

Atualmente são muitas as empresas e os organismos que se preocupam em avaliar as suas emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, sendo o setor do plástico um dos responsáveis pela emissão dos mesmos. A pegada de carbono (PC), surge como uma ferramenta para fazer face à ameaça das alterações climáticas sendo definida como uma medida da quantidade de CO_2 e que é emitida direta e indiretamente por uma atividade ou acumulada ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço. Assim sendo, a avaliação da PC de uma empresa permite-lhe inferir sobre o impacto ambiental causado pela sua atividade nessa categoria de impacto (Wiedmann, 2008).

De acordo com a Carbon Trust, organização inglesa sem fins lucrativos que tem como objetivo ajudar as empresas a reduzir as suas pegadas de carbono, a PC pode ser definida como, "a quantidade de gases com efeito de estufa, expressa em termos de CO_2 equivalente (kg CO_2 eq.), emitida para a atmosfera por um indivíduo, organização, processo, produto ou evento

dentro de um determinado limite". Esta definição considera que a PC é um indicador que consiste na quantificação dos gases com potencial para o aquecimento global libertados direta ou indiretamente para a atmosfera durante a atividade de uma organização, indivíduo ou ciclo de vida de um produto ou serviço. Tal como mencionado no quinto relatório do IPCC de 2014 existem vários gases que contribuem para o efeito de estufa, sendo atribuído um fator para cada um dos poluentes- o Potencial de Aquecimento Global (PAG).

O conjunto de GEE e os limites são definidos de acordo com a metodologia ou ferramenta adotada e o objetivo da determinação da PC (Divya Pandey, 2010).

Duas abordagens fundamentais podem ser aplicadas pelas empresas que consistem na determinação da PC da organização ou na determinação da PC de um ou vários produtos. A pegada de carbono organizacional incide na empresa ou organização, englobando as emissões de todas as atividades, incluindo edifícios, uso de energia, processos industriais e veículos da empresa. A pegada de carbono de um produto consiste na determinação das emissões durante a vida útil de um produto ou serviço (avaliação de ciclo de vida-ACV), abrangendo todas as fases desde a extração de matérias-primas até à sua reutilização final, reciclagem ou eliminação e que inclui a atividade da organização, embora se existirem vários produtos tenha de ser considerado, por exemplo um processo de alocação das emissões (FIRA, 2011).

2.4.2. Estratégias para atingir a neutralidade carbónica ou reduzir a PC

Como já foi referido anteriormente, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente, Portugal assumiu o objetivo de atingir a Neutralidade Carbónica até 2050 de acordo com o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), ou seja, tornar nulo o balanço entre as emissões e as remoções de dióxido de carbono e outros gases com efeito de estufa (GEE) da atmosfera (APA, 2021).

Segundo o RNC, parte da resposta ao desafio das alterações climáticas encontra-se no uso de fontes de energia renovável, numa maior eficiência e circularidade no uso dos recursos e no reforço dos sumidouros (RNC2050, 2019).

A aposta na utilização e implementação de energias renováveis potencia, muito significativamente, a substituição dos combustíveis fósseis e desse modo elimina as emissões e a poluição associada à sua exploração e utilização. O aumento de circularidade e de eficiência da economia permitirá fazer mais com menos recursos, reduzir o consumo de matérias-primas

e transformar uma cadeia de resíduos numa cadeia de novos materiais. O reforço dos sumidouros terá um impacto extremamente importante na redução da concentração de CO₂ na atmosfera e na regulação climática. Esta transformação profunda da sociedade não só é compatível com o objetivo de neutralidade carbónica, como na verdade, será um dos motores dessa mesma neutralidade (RNC2050, 2019).

O estabelecimento de planos de redução da Pegada de Carbono pode ser muito importante para a empresa porque permite uma redução de custos e o aumento da capacidade competitiva caso a redução da PC passe pelo aumento da eficiência dos processos produtivos. Num mercado ambientalmente cada vez mais consciente, onde o consumidor atribui cada vez mais relevância às questões ambientais, a implementação de medidas em prol da defesa do meio ambiente certamente irá aumentar o reconhecimento da marca (RNC2050, 2019).

Segundo o RNC 2050 as principais medidas de mitigação para as empresas são a Determinação da Pegada de Carbono, que permite o cálculo do impacto de emissões de cada atividade da empresa que possam ter um impacto ambiental bastante negativo, de forma a desenvolver um plano estratégico tendo em vista a redução da mesma; o desenvolvimento de uma Economia Circular, em que cada empresa deve gradualmente apostar em produtos e matérias-primas provenientes de fontes sustentáveis, de forma a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa resultantes da produção de novos produtos e matérias-primas; a Compensação das Emissões por parte das empresas na procura de integração em projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, por meios de compensação de carbono. Isto implica compensar as emissões de carbono através do financiamento de projetos que reduzam ou removam uma quantidade equivalente de carbono da atmosfera, tais como a plantação de árvores ou o investimento em energias renováveis; o investimento na Reciclagem para que os seus resíduos se afastem o mais possível de aterros e locais semelhantes, onde os níveis de gases com efeito de estufa são bastante elevados; e a Inversão da Dependência Energética, apostando em fontes de energias renováveis, como a eólica, solar ou hídrica, elimina a importação de eletricidade. Isto implica deixar de depender de energias não renováveis e de combustíveis fósseis e da disponibilidade e flutuação do preço dos mesmos (RNC2050, 2019).

2.5. Metodologias/ferramentas para estimar a Pegada de Carbono

A PC pode ser calculada a partir da aplicação de diferentes metodologias, dependendo do produto e da variabilidade regional, devido aos seus Fatores de Emissão (FE) que variam de país para país (Amorim, 2013).

As mais utilizadas são as metodologias PAS 2050, DEFRA e o GHG Protocol. A metodologia PAS 2050 foi publicada em 2008 pela comissão inglesa BSI British Standards, sendo que esta permite o cálculo de emissões de GEE associados a serviços e produtos, assim como a análise interna do ciclo de vida das emissões de bens e serviços já existentes (BSI Group, 2011). A metodologia DEFRA lançada em 2009 em Inglaterra pelo *Department for Environment, Food and Rural Affairs*, é um guia que auxilia as empresas e negócios a medir e reportar as suas emissões de GEE. É uma metodologia que utiliza fatores de emissão (FE) específicos para o Reino Unido e disponibiliza publicamente folhas de cálculo que apoiam e facilitam o cálculo da pegada de carbono (DEFRA, 2009).

A metodologia GHG Protocol fornece normas e diretrizes que ajudam na quantificação da PC, dando exemplos de como estabelecer os limites do inventário das emissões de GEE, dando orientação do tipo de emissões a incluir no estudo. Disponibiliza também ferramentas de cálculo para vários setores específicos e cruzados, onde é possível selecionar os fatores de emissão a utilizar (WRI/WBCSD, 2015).

A metodologia Avaliação do ciclo de vida também permite determinar a pegada de carbono, sendo que a abordagem se baseia na consideração de todo o ciclo de vida. Esta metodologia é suportada pelas normas da família ISO 14040.

2.5.1. Avaliação de Ciclo de Vida

A avaliação do ciclo de vida (ACV) pode ser caracterizada como uma compilação e avaliação dos inputs, outputs e potenciais impactos ambientais de um produto, processo ou serviço ao longo do seu ciclo de vida (S. Walker, 2020).

Para que um estudo de ACV seja validado, é necessário seguir os passos estipulados pela norma ISO 14041, que consiste em:

Passo 1- Definição do objetivo e âmbito;

Passo 2- Inventário;

Passo 3- Avaliação dos impactos;

Passo 4- Interpretação de resultados e implementação de estratégias para redução dos impactos.

No âmbito da ACV, as fronteiras podem ser designadas por "cradle to gate", "gate to gate or cradle", "cradle to grave" e "cradle to cradle". Cada tipo de sistema de fronteira é descrito na literatura de acordo com o nível de pormenor do estudo e as fronteiras estabelecidas. Em resumo, o sistema de fronteira "cradle to gate" analisa os impactos ambientais desde a extração da matéria-prima até à "entrada ou saída de um processo" no ciclo de vida do produto, enquanto o sistema "gate to gate" pode servir para medir os impactos ambientais de um ou mais processos de fabrico. A expressão "cradle to grave" é utilizada na avaliação dos impactos que abrangem a extração das matérias-primas, a fase de produção, a fase de utilização, etc até à eliminação final do produto. Por sua vez, a metodologia de limite "cradle-to-cradle" envolve processos de reciclagem e reutilização (Joana Carvalho, 2022).

2.5.2.Greenhouse Gas Protocol (*GHG Protocol*)

O “Greenhouse Gas Protocol” foi formulado com base numa parceria entre o World Resources Institute (WRI), o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) e outras Organizações Não Governamentais (ONG’s) com o propósito de auxiliar as empresas a diminuir a sua influência nas alterações climáticas (WRI/WBCSD, 2015). A versão portuguesa também teve o apoio do Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável em Portugal (WRI/WBCSD, 2015).

Para quantificar as emissões de GEE a nível organizacional ou empresarial, existem atualmente vários documentos, salientando-se nomeadamente, o *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, publicado em 2004, que disponibiliza um guia explicativo de como quantificar e comunicar as emissões de GEE. O outro é o *GHG Protocol Project Quantification Standard* que inclui um guia que permite identificar e quantificar as reduções de GEE (WRI/WBCSD, 2015).

A aplicação desta metodologia sugere uma abordagem mais amplamente utilizada para determinar as emissões de GEE, utilizando os Fatores de Emissão (FE) documentados pelo

IPCC. As emissões podem ser medidas ou calculadas utilizando balanços de massa ou através de cálculos estequiométricos. Os FE são valores que representam a quantidade de gases de efeito estufa (como dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) ou outros poluentes emitidos por uma determinada fonte de emissão (Amorim, 2013).

A metodologia *GHG Protocol* classifica as emissões como sendo diretas ou indiretas. As emissões diretas de GEE são provenientes de fontes controladas pela empresa. As indiretas são uma consequência das atividades da empresa, ou seja, fontes não controladas pela mesma (WRI/WBCSD, 2015).

A escolha desta metodologia para a realização deste trabalho surge no sentido de ser uma das metodologias mais amplamente reconhecidas e adotadas internacionalmente para a contabilização de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Além disso fornece uma abordagem abrangente para a contabilização e quantificação, permite uma maior consistência e comparabilidade dos resultados entre organizações e é amplamente aceita por governos e instituições regulatórias em todo o mundo como uma base confiável para relatórios de emissões de GEE.

Para melhor caracterizar as emissões elas são divididas em três âmbitos distintos:

- **Âmbito 1:** Emissões diretas de GEE – São as emissões provenientes de fontes controladas pela empresa, como por exemplo emissões de combustão, veículos ou emissões na produção de químicos (WRI/WBCSD, 2015);
- **Âmbito 2:** Emissões indiretas de GEE decorrentes da produção de eletricidade – Nesta secção são contabilizadas as emissões de gases de efeito de estufa provenientes da geração de eletricidade adquirida e consumida pela empresa e compra de vapor (WRI/WBCSD, 2015);
- **Âmbito 3:** Outras emissões indiretas de GEE – Neste âmbito são contabilizadas todas as outras emissões indiretas. Estas emissões são uma consequência das atividades da empresa, mas acontecem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa. Podem ser considerados exemplos destas atividades a produção de materiais comprados, transporte de combustíveis comprados e o uso de produtos e serviços vendidos (WRI/WBCSD, 2015);

Após definir os âmbitos operacionais, é necessário identificar as fontes emissoras de gases de efeito de estufa. Normalmente as categorias de fontes emissoras são:

- **Combustão Estacionária:** em caldeiras, fornos, turbinas, motores, queimadores incineradores, entre outras (WRI/WBCSD, 2015);
- **Combustão Móvel:** em equipamentos de transporte, como automóveis, comboios, aviões, barcos, entre outros (WRI/WBCSD, 2015);
- **Emissões de Processo:** de processos físicos e químicos como no processo petroquímico, na fundição de alumínio, entre outros (WRI/WBCSD, 2015);
- **Emissões fugitivas:** descargas intencionais e não intencionais, como fugas em elos de ligação, nas selagens, nas embalagens ou ainda emissões fugitivas provenientes de tratamento de águas, torres de arrefecimento, entre outras (WRI/WBCSD, 2015);

CAPÍTULO 3. DETERMINAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

3.1. Caracterização do processo

Para estimar a Pegada de Carbono da Elastictek foram seguidas as linhas diretrizes do Guia para inventariação nacional de GEE do IPCC e utilizada a metodologia *GHG Protocol: Corporate Accounting and Reporting Standard*, no que respeita a métodos de cálculo das emissões de GEE, orientação de quais as atividades a incluir no estudo e quais as emissões que estão direta ou indiretamente ligadas à atividade da empresa. Esta metodologia foi escolhida de forma a potenciar um registo justo e verdadeiro, um inventário de GEE que se baseia em cinco princípios, designadamente, o princípio de aplicabilidade, assegurando que o inventário reflete com exatidão as emissões da empresa; o princípio da integralidade, através do registo e comunicação de todas as fontes e atividades de emissão de GEE dentro dos limites do inventário; o princípio da consistência, através da utilização de metodologias consistentes que permitam comparações relevantes ao longo do tempo, e os princípios da transparência e da exatidão, garantindo assim a integridade da informação comunicada (WRI/WBCSD, 2015).

Na continuação deste trabalho, deverão ser encontradas medidas concretas de implementação na empresa, de forma que esta consiga diminuir as emissões gasosas poluentes, de acordo com a determinação das operações que mais contribuem para o aumento do efeito de estufa.

3.1.1. Etapas de Produção

As principais etapas de produção de bandas elásticas, desde a receção de matérias-primas até à distribuição de produto final encontra-se esquematizada na **Figura 3.1**.

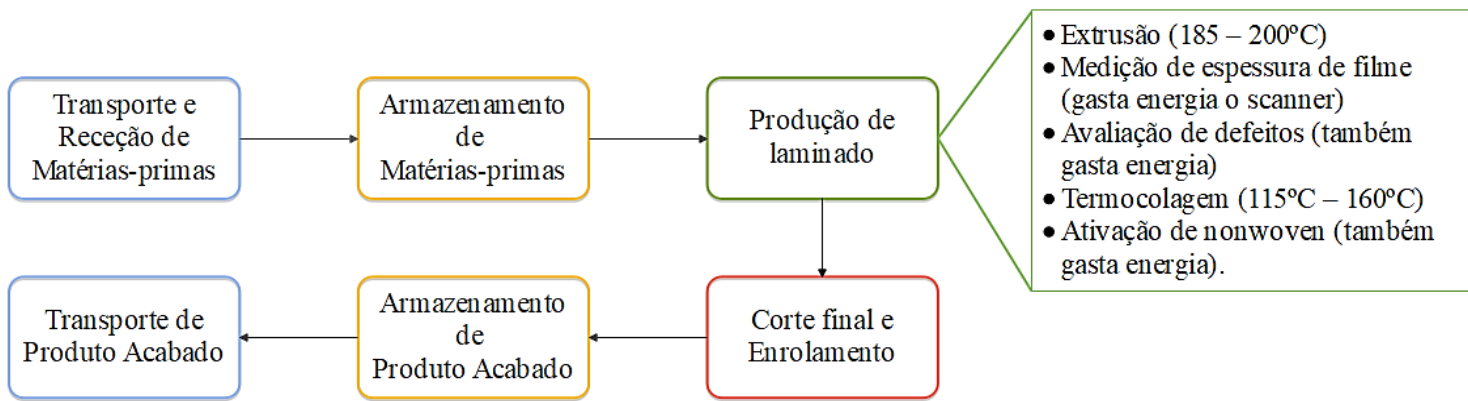


Figura 3.1-Etapas do processo produtivo de Bandas Elásticas

3.2.Construção do inventário

A realização do inventário é uma das fases mais importantes na determinação da pegada de carbono, pois a qualidade dos dados reflete-se na qualidade do resultado. A construção do inventário de emissões é uma ferramenta imprescindível às organizações e permite identificar as fontes de emissão de GEE, bem como as oportunidades de redução das suas emissões e também dos seus custos de produção, seja por eficiência energética ou por eficiência operacional (Nunes, 2016).

A elaboração do Inventário é realizada de acordo com procedimentos e práticas recomendadas por protocolos, como por exemplo o *GHG Protocol* e normas, como por exemplo ISO 14064 de dezembro 2018 (Nunes, 2016).

O Inventário é dividido em três âmbitos em função das atividades nos quais estão classificadas as fontes de emissão. As etapas conceituais empregadas para a elaboração deste inventário são apresentadas no fluxograma seguinte (**Figura 3.2**) (Nunes, 2016).

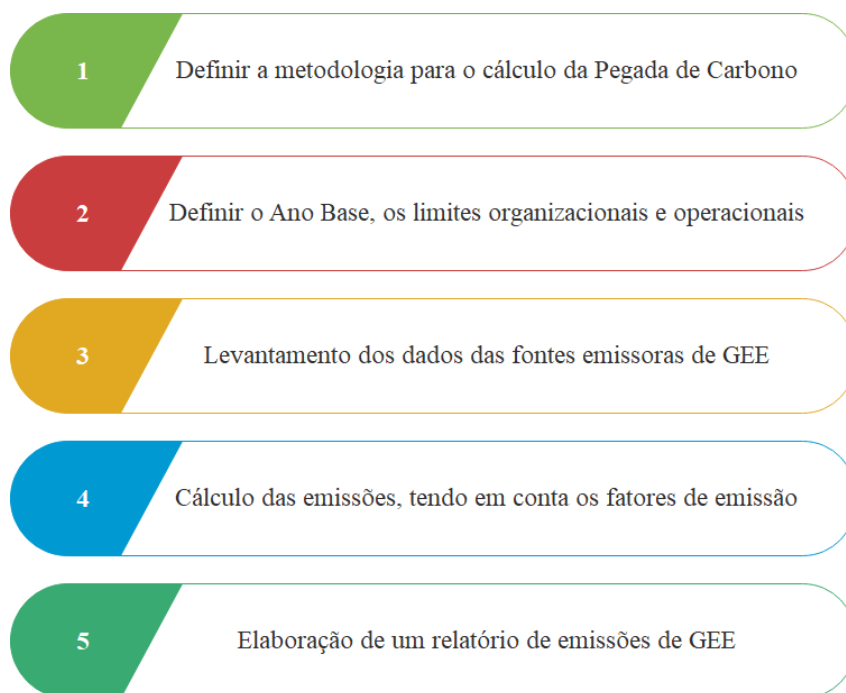


Figura 3.2-Fluxograma de etapas metodológicas para a realização do inventário, adaptado de: (Nunes, 2016)

O levantamento da informação necessária consistirá em organizar numa base de dados em Excel, que integra informação sobre os consumos de combustível, distância percorrida relativas à totalidade de veículos pertencentes à empresa, de transporte de mercadoria e aos veículos relativos às deslocações dos trabalhadores. Quanto aos empilhadores recolher-se-á informação relativa à quantidade de combustível consumido. Relativamente à informação sobre consumos de eletricidade e água esta será tratada com base na faturação das instalações da Elastictек.

3.2.1. Definição dos Limites

O primeiro passo para a monitorização de emissões é a **seleção do ano base**, para o qual estejam disponíveis dados de emissão que possam ser comprovados. Para que a monitorização das emissões ao longo do tempo seja consistente, as empresas terão de estabelecer um conjunto de dados de desempenho com os quais possam comparar as emissões em curso (Amorim, 2013). No caso da Elastictек o desenvolvimento deste trabalho é o primeiro estudo de Pegada de Carbono realizado, tendo por base o ano de 2022. A escolha deste ano deve-se ao facto de ter

sido um ano normal na produção da empresa, recente, e para o qual estão disponíveis dados de emissões.

Como as operações de uma organização variam nas suas estruturas legais e organizacionais, é essencial estabelecer limites organizacionais, o que tem como efeito estabelecer uma estratégia para a consolidação das emissões de GEE (WRI/WBCSD, 2015).

Estabelecer **Limites Organizacionais** para o inventário de GEE implica escolher uma abordagem para o levantamento e a consolidação das emissões, que permitirá à empresa registar e comunicar suas emissões (WRI/WBCSD, 2015).

Segundo o *GHG Protocol*, existem 2 abordagens distintas: a **participação de capital** e a **abordagem de controlo** (WRI/WBCSD, 2015).

Numa abordagem de participação de capital, a empresa regista as emissões de GEE decorrentes das operações, conforme a sua participação de capital na operação (WRI/WBCSD, 2015).

Numa abordagem de controlo, a empresa contabiliza 100% das emissões das operações que controla. Esta abordagem pode ainda subdividir-se em **controlo financeiro**, que contabiliza as emissões de instalações, locais ou operações sobre as quais a empresa tem controlo financeiro, ou seja, tem a capacidade de gerir as políticas financeiras e operacionais com o fim de obter benefícios económicos das suas atividades; e em **controlo operacional**, que contabiliza as emissões de instalações, locais ou operações de que a empresa tem o controlo operacional, ou seja, a autoridade para introduzir e implementar suas políticas operacionais na operação. Por outras palavras, o controlo operacional significa que uma empresa tem autoridade para introduzir e implementar as suas políticas operacionais, podendo não ter autoridade para tomar decisões a nível de operações que envolvam um grande investimento financeiro (WRI/WBCSD, 2015).

Após a empresa ter definido os seus limites organizacionais, estabelece então os seus **Limites Operacionais** que envolve a identificação das emissões associadas a cada operação, classificando-as como emissões diretas ou indiretas e selecionando o âmbito de registo e relatório para as emissões indiretas. As emissões diretas, são aquelas que são provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela entidade, e as emissões indiretas são aquelas que são consequência das atividades da entidade, mas que ocorrem em fontes que pertencem ou são controladas por outras entidades (WRI/WBCSD, 2015).

Assim, tendo em conta o que foi anteriormente referido, foram definidas as **fronteiras do estudo**, representadas na **Figura 3.4**, a partir da identificação das atividades da empresa, com os âmbitos respetivos, que têm uma contribuição mais significativa na emissão de GEE e a unidade funcional. As fronteiras foram estipuladas segundo as linhas orientadoras do GHG Protocol.

Segundo uma abordagem de controlo total - financeiro e operacional os limites estão delimitados pela **fronteira A**. Nesta abordagem, a Elastictek responde por 100% das emissões de GEE das operações que controla. Desta forma não foram consideradas as atividades em que a empresa possa ter uma participação de capital, mas que não controle completamente, como por exemplo o transporte de matéria-prima para a sua sede. O critério de seleção foi considerar apenas as atividades realizadas na esfera de controlo da empresa, ou seja, atividades em que caso seja necessário intervir com o intuito de reduzir a emissão de GEE, a empresa tenha autonomia para o fazer.

Por outro lado, a **fronteira B** engloba algumas das operações sobre as quais a empresa não tem controlo operacional e financeiro como é o caso do transporte de matéria-prima, produto final e resíduos em veículos não assegurados pela empresa e também a deslocação dos trabalhadores casa-trabalho. Contudo, numa outra abordagem mais alargada ao ciclo de vida do produto (fronteira B), apesar das atividades consideradas não serem totalmente controladas pela empresa, caso assim o entenda, a empresa pode influenciar e solicitar às instituições que detêm o controlo destas operações que implementem medidas no sentido de reduzir a pegada de carbono associada a essas mesmas atividades.

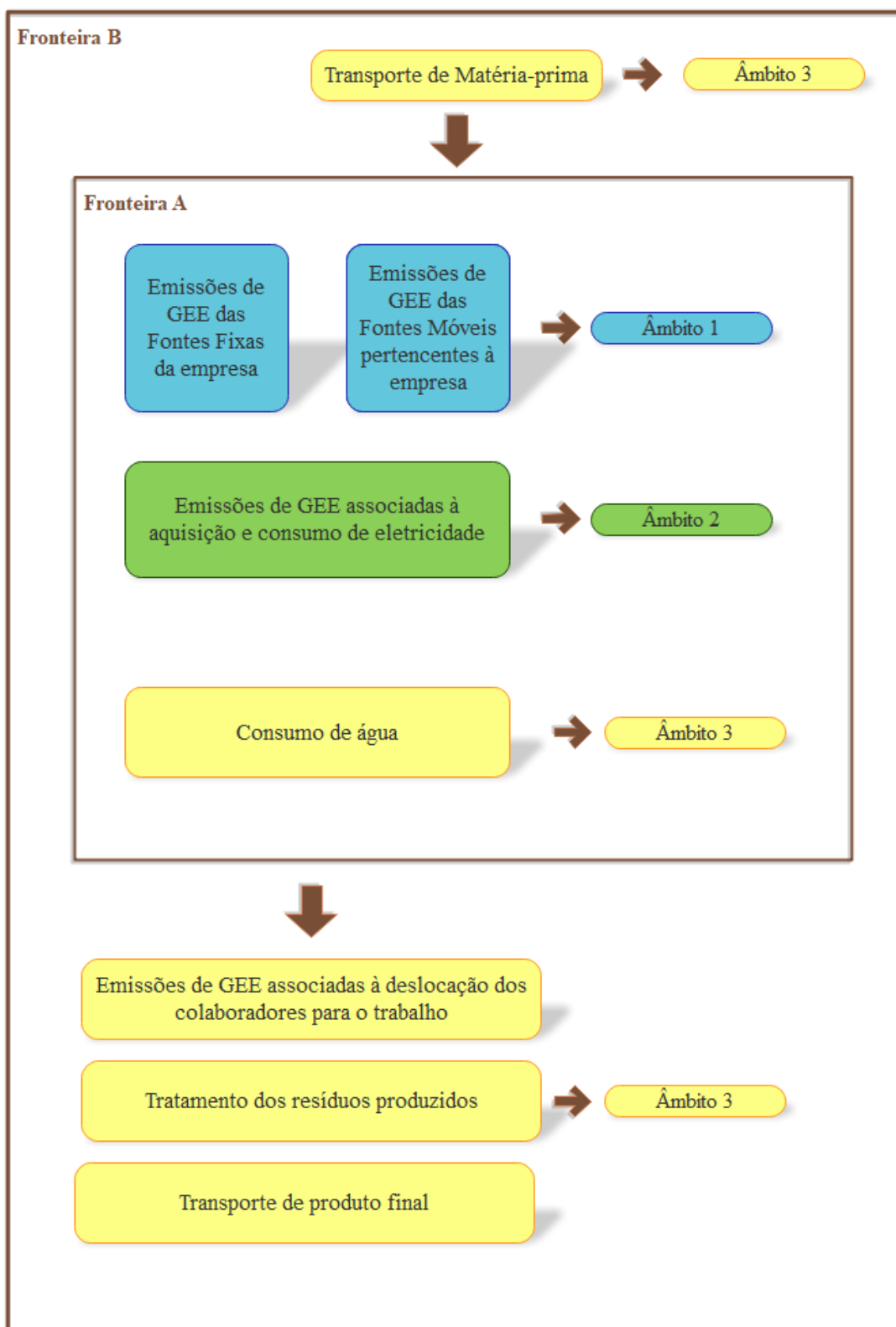


Figura 3.3-Definição das fronteiras de estudo (A e B) de acordo com os respetivos âmbitos, para determinação da Pegada de Carbono

A Elastictek possui dados necessários para a determinação da PC em cada uma das atividades representadas tanto na fronteira A como na B. No entanto, este estudo não considera todas as atividades de âmbito 3 como por exemplo o transporte de resíduos para o local de tratamento e as deslocações de negócios, entre outros. Todas as atividades consideradas para este estudo tiveram em conta toda a informação disponível para o efeito.

3.2.2. Identificação das fontes de emissão de GEE

Nesta fase foram definidas atividades que se inserem nas fronteiras consideradas na fase anterior e que é pertinente incluir no cálculo da pegada de carbono. Isto envolve a identificação das emissões associadas às suas operações, classificando-as como emissões diretas e indiretas. Desta forma, estão reunidas na **Tabela 3.1** as fontes de emissão que resultam das atividades na empresa e os respetivos âmbitos.

Tabela 3.1-Fontes de emissão da empresa e respetivos âmbitos

Âmbito	Fontes de emissão
Âmbito 1	Combustão de combustíveis fósseis decorrentes da deslocação dos colaboradores em viaturas pertencentes à empresa; Emissões fugitivas resultantes de equipamentos de refrigeração e de ar condicionado; Emissões resultantes de empilhadores; Emissões resultantes da combustão no processo de extrusão de matéria-prima.
Âmbito 2	Consumo de energia elétrica
Âmbito 3	Transporte de matéria-prima, produto acabado e resíduos; Combustão de combustíveis fósseis decorrentes da deslocação dos colaboradores de e para a empresa, com as próprias viaturas; Transporte dos resíduos produzidos; Consumo de água.

Relativamente ao âmbito 1 as emissões diretas correspondem às emissões de GEE a partir de fontes que são controladas ou que pertencem à empresa. As emissões associadas ao consumo de energia elétrica, âmbito 2, são uma categoria especial de emissões indiretas e podem representar uma oportunidade para a empresa avaliar os riscos e oportunidades associadas à alteração de custos da eletricidade e das emissões de GEE. Neste tipo de emissões, a empresa comunica as emissões da geração de eletricidade adquirida, que é consumida nas suas operações ou no equipamento próprio ou por si controlado. As restantes emissões indiretas, âmbito 3, são consequência das atividades que podem ou não ser controladas pela empresa.

As emissões de GEE das instalações, na nave de produção, estão associadas à chaminé de gases do sistema de produção, ao consumo de água e de eletricidade resultante de utilização de maquinaria de produção como é o caso das extrusoras. Na sede administrativa foi considerado o uso de energia associado ao material eletrónico (computadores, impressoras) e à iluminação.

3.3. Seleção dos Fatores de emissão

As emissões de gases com efeito de estufa (GEE) podem ser medidos através da monitorização contínua das emissões ou estimados a partir de quantidades baseadas em dados da atividade (como a quantidade de combustível utilizada) e da aplicação dos fatores de conversão adequados (por exemplo, poderes caloríficos, fatores de emissão, etc.) (DEFRA, UK Government, 2022).

Estes fatores de conversão permitem que as empresas e os indivíduos calculem as emissões de GEE causadas por uma variedade de atividades, como a utilização de energia, o consumo de água, a remoção e reciclagem de resíduos e as atividades relacionadas com os transportes (DEFRA, UK Government, 2022).

De forma a fazer uma comparação de resultados a nível nacional e europeu, foi determinada a PC de acordo com cada âmbito tendo em conta os fatores dos seguintes documentos:

- **Despacho nº 17313/2008** de 26 de junho, intitulado ***Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia*** que contem os fatores de emissão expressos em quilograma de CO₂ equivalente (kgCO₂e) por tonelada equivalente petróleo (tep) ou por GJ. Para além disso apresenta também o valor do poder calorífico inferior para cada combustível.

- **DEFRA-UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting**, que contem fatores de emissão do Governo do Reino Unido para a comunicação de informações sobre gases com efeito de estufa (GEE). Estes fatores são adequados para serem utilizados por organizações sediadas no Reino Unido de todas as dimensões e por organizações internacionais que comunicam dados sobre operações no Reino Unido. Por conseguinte, o âmbito dos fatores é definido de forma a ser relevante para a comunicação de emissões.

3.4. Avaliação da Pegada de Carbono – Âmbito 1 (emissões diretas)

3.4.1. Emissão de Gases Poluentes a partir das Fontes fixas

As FF (fontes fixas) consideradas para o presente caso de estudo foram o sistema de multi-extrusoras, que funcionaram, em 2022, durante 7908 horas.

O cálculo das emissões dos GEE foi feito através da multiplicação do número de horas de funcionamento anual da extrusora pelo respetivo caudal mássico horário (kg/h) monitorizado à saída da chaminé das extrusoras. A **Equação 1** representa o cálculo das emissões de um dado GEE (y) através da FF (fonte fixa).

$$EGEEy = \sum_{x=1}^n (tx \times Qy, x) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

EGEEy- emissão do GEE y associada às FF da empresa (kg);

tx- número de horas de funcionamento da extrusora x;

Qy,x- caudal mássico do GEE y associado à extrusora x (kg/h).

De notar que os dados relativos à concentração de CO₂ nas medições das chaminés de exaustão de gases da empresa se encontram expressos em percentagem, pelo que o caudal mássico do mesmo pode ser obtido com base nos resultados da caracterização da emissão (caudal de emissão efetivo, condições normais de pressão e temperatura). O cálculo realizado para obter a quantidade de CO₂ em caudal mássico está descrito no Anexo A.

O cálculo da Pegada de Carbono associada à emissão de GEE pelas FF foi feito de acordo com a **Equação 2**, através da multiplicação do valor do PAG₁₀₀ específicos para os gases

poluentes monitorizados pela emissão desse poluente à saída das FF, nomeadamente CO₂ e COVT (Compostos Orgânicos Voláteis Totais).

$$PC_{FF} = \sum (EGEE_y \times PAG_y) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

PC_{FF} - PC associada às emissões das FF da empresa (kg CO₂e);

PAG_y- potencial de aquecimento global do poluente y.

Os valores de PAG₁₀₀ do CO₂ e COVT foram obtidos a partir da **Tabela 2.1**.

Na **Tabela 3.2** são apresentadas as emissões totais de cada poluente através da FF (extrusora) bem como a Pegada de Carbono associada a estas emissões.

Tabela 3.2-Pegada de Carbono (kg CO₂ eq) associada às emissões de poluentes das FF da empresa, em 2022.

Poluente	Emissões Totais (kg)	PAG ₁₀₀ ^(a)	PC/Poluente (kgCO ₂ e)	PC Total (kgCO ₂ e)
CO ₂	1,00×10 ⁵	1	1,00×10 ⁵	1,10×10 ⁵
COVT	2,07×10 ³	4,5	9,30×10 ³	

^(a) (IPCC, AR5, 2014)

3.4.2. Fontes Móveis de Emissão de Poluentes Pertencentes à Empresa

As fontes móveis de emissão de GEE controladas 100% pela empresa que foram incluídas no inventário para o cálculo da Pegada de Carbono foram os carros da empresa utilizados em deslocações de trabalho e os empilhadores.

Para o cálculo da PC associado ao uso dos veículos da empresa durante o ano de 2022, foram contabilizados três carros, das marcas BMW e Mercedes de 2021, e uma carrinha Fiat de 2016. Primeiramente foram selecionados os FE dos veículos, sendo que todos são referentes à utilização do gasóleo e/ou híbrido como combustível e foram obtidos a partir da metodologia

DEFRA (DEFRA, UK Government, 2022). A PC foi calculada segundo a **Equação 3**, multiplicando-se o consumo de combustível de cada veículo no ano de 2022 pelo respetivo FE.

$$PC_V = \sum C_{s_x} \times FE_x \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

PC_V - PC associada às emissões da combustão de veículos pertencentes da empresa (kg CO₂e);

FE_x - Fator de Emissão do carro em questão (kgCO₂e/km);

C_{s_x} - Consumo de combustível de cada veículo (tep ou L.)^{(a), (b)}

^(a) Segundo o Despacho n.º 17313/2008 o FE encontra-se expresso em unidades (kg CO₂e/tep) ^(b) Segundo o (DEFRA, UK Government, 2022) o FE encontra-se expresso em unidades (kg CO₂e/L).

Na **Tabela 3.3** são apresentados os resultados obtidos para o cálculo da Pegada de Carbono da frota automóvel da empresa tendo em conta o combustível associado a cada veículo e utilizando os valores de FE do **Despacho n.º 17313/2008** expressos em kg CO₂e/tep e da **DEFRA** expressos em kgCO₂e/l.

Tabela 3.3- Pegada de Carbono associada ao consumo de combustível de veículos da empresa no ano de 2022 segundo o Despacho 17313/2008 e DEFRA

Despacho n.º 17313/2008					
Veículo	Tipo de Combustível	Consumo anual (tep)*	FE (kgCO ₂ e/tep)	PC/ Veículo (kg CO ₂ e)	PC Total (kg CO ₂ e)
1	Gasóleo/Diesel	1,57	3098,2	4849,37	13938,72
2		1,66		5148,95	
3		0,79		2457,89	
4	Híbrido- Diesel e elétrico	0,48		1482,50	
DEFRA					
Veículo	Tipo de Combustível	Consumo anual (l)	FE (kgCO ₂ e/l)	PC/ Veículo (kg CO ₂ e)	PC Total
1	Gasóleo/Diesel	1819,61	2,56	4658,20	13389,21
2		1932,02		4945,97	
3		922,26		2360,99	
4	Híbrido- Diesel e elétrico	556,27		1424,05	

* Anexo C: Conversão da quantidade de combustível de Litros (L) para Toneladas equivalentes de petróleo (tep).

Relativamente aos empilhadores usados nas instalações da empresa existem oito no total, denominados de:

- i) 2 Empilhadores porta-paletes Toyota e Jungheinrich - elétricos
- ii) 2 Stacker Toyota e Jungheinrich- elétrico
- iii) Retrátil Toyota - elétrico
- iv) Empilhador de pinças Toyota - elétrico
- v) Empilhador Linde - elétrico
- vi) Empilhador a gás Komatsu

Sendo que existem 7 dos 8 empilhadores de média dimensão são movidos a eletricidade, as emissões de GEE referentes ao consumo energético destes foram contabilizadas na fatura elétrica da empresa do ano de 2022, ou seja, âmbito 2. Relativamente ao único empilhador movido a GPL, a PC foi determinada tendo em conta o consumo total, do ano de 2022, deste combustível (2 botijas de 22kg), multiplicando esse consumo pelo FE associado ao GPL (DEFRA, UK Government, 2022), de acordo com a **Equação 4**.

$$PC_{emp} = CS_{GPL} \times FE_{GPL} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

PC_{emp} - PC do consumo de GPL no empilhadores (kg CO₂e);

CS_{GPL} - GPL consumido (tep ou ton) *;

FE_{GPL} - Fator de Emissão do GPL (kg CO₂e/tep ou ton) *.

Na **Tabela 3.4** encontram-se o consumo de GPL no empilhador durante o ano de 2022 e a Pegada de Carbono associada, utilizando os valores de FE **do Despacho n.º 17313/2008** e do **DEFRA**.

Tabela 3.4-Consumo anual de Combustível do empilhador a GPL, fatores de emissão respetivos e Pegada de Carbono total.

Empilhador	Tipo de Combustível	Consumo anual (tep)	FE (kgCO ₂ e/tep) ^(a)	PC total (kg CO ₂ e)
1	GPL	0,0474	2683,7	127,18
		Consumo anual (ton)	FE (kgCO ₂ e/ton) ^(b)	PC total (kg CO ₂ e)
		0,044	2939,3	129,33

^(a)Despacho nº 17313/2008, ^(b) (DEFRA, UK Government, 2022)

Os cálculos auxiliares efetuados B para atender às diferenças nos FE segundo o Despacho nº 17313/2008 e DEFRA encontram-se descritos no Anexo B.

3.4.3. Emissões Fugitivas

Consideram-se emissões fugitivas os equipamentos de Sistema de Refrigeração (*Chiller*) e ar condicionado, que englobam 4 equipamentos no total.

Durante o tempo de vida destes equipamentos é libertada para a atmosfera uma percentagem do gás contido nos seus interiores que é necessário para os seus corretos funcionamentos. É por este motivo que estes equipamentos têm de ser recarregados periodicamente. Os gases refrigerantes que estão contidos nos equipamentos de ar condicionado e circuito de refrigeração (*chiller*) são R410A e R407C, respetivamente. A pegada de carbono associada às emissões fugitivas é calculada de acordo com a **Equação 5**.

$$PC_{EF} = \sum carga\ de\ gás_y \times \% \text{ anual de recarga}_y \times PAG_y \quad (Equação\ 5)$$

Em que:

PC_{EF}-Pegada de carbono associada às emissões fugitivas (kg CO₂e);

Carga de gás_y- representa quantidade de gás y contido no equipamento (kg);

% recarga anual_y- representa quantidade de gás y que é recarregado anualmente (%);

PAG_y- potencial de aquecimento global para o gás refrigerante y.

Na **Tabela 3.5** encontram-se as informações relativas aos equipamentos do Sistema de Refrigeração e Ar condicionado e a Pegada de Carbono associada, utilizando os valores de FE do DEFRA.

Tabela 3.5-Pegada de Carbono (kgCO₂e) dos Sistemas de Refrigeração e Ar condicionado da empresa no ano 2022

Tipo de equipamento	Fluído	Carga Fluído Nominal	Recarga anual	FE	PC
		(kg)	(kg)	(kgCO ₂ e/kg)	(kgCO ₂ e)
AC- Chiller 1	R-407C	42	0	1774	0
AC- Chiller 2	R-407C	42	0	1774	
AC Multiplit-Refeitório	R-410A	2,59	0	2088	
AC Sistema VRF-Escritórios	R-410A	10,4	0	2088	

É importante referir que nestes equipamentos o cálculo da PC considera a quantidade de fluído nominal e a recarga anual do equipamento em kg. Sendo que os aparelhos se encontram nas condições adequadas e que não existiu qualquer avaria na instalação dos aparelhos e nas respetivas tubagens, não existe a necessidade de repor o fluído refrigerante. O que acontece, é que o fluído na forma gasosa transforma-se dentro do aparelho, passando do estado líquido para gasoso e vice-versa, sem necessidade de manutenção a menos que exista uma fuga. Deste modo, as emissões de GEE emitidas por estes aparelhos só poderão ser estimadas no caso de haver medições na carga do fluído no início e fim de cada ano ou contabilizando a quantidade de fluído recarregado em cada ano, permitindo que seja determinada a PC destes equipamentos anualmente.

3.5. Avaliação da Pegada de Carbono – Âmbito 2

3.5.1. Consumo de Energia

No cálculo da Pegada de Carbono associado a emissões indiretas (**Equação 6**) foi considerado o FE fornecido pelo Despacho n.º 17313/2008 de 26 de junho, referente ao consumo de energia e o FE fornecido pela metodologia DEFRA, referente à distribuição e transporte de energia. Os FE variam de país para país porque a percentagem de contribuição de cada fonte de energia não é igual. Uns países têm uma maior capacidade de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis do que outros, o que se repercute no FE da produção de

energia elétrica. Quanto menor for o FE, maior a capacidade de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis.

$$PC_E = \text{Consumo Eletricidade anual} \times FE \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

PC_E - PC relativa ao consumo, distribuição e transporte de energia elétrica (kg CO₂e);

FE- Fator de Emissão do consumo de eletricidade (kg CO₂e/kWh).

Na **Tabela 3.6** é apresentado o Consumo de Eletricidade anual, referente ao ano de 2022, expresso em kWh e a pegada de carbono respetiva.

Tabela 3.6- Pegada de Carbono associada ao Consumo de Energia Elétrica no ano de 2022

Atividade	Empresa	Quantidade consumida (kWh)	Quantidade de CO ₂ emitida faturada	FE (kgCO ₂ e/kWh)	PC (kg CO ₂ e)
Consumo de Eletricidade anual	Elergone Energia	2344509	627258,4	0,47 ^(a)	1101919,2
				0,19 ^(b)	453381,1
				0,27 ^(c)	-

^(a)Despacho n.º 17313/2008, ^(b) (DEFRA, UK Government, 2022), ^(c)Fator de emissão real determinado pela razão entre a quantidade de CO₂ emitida e a quantidade de energia consumida

Dado que existem dados relativos à quantidade de energia consumida e quantidade de CO₂ emitida, determinou-se um valor real de fator de emissão (**Equação 7**), pelo que através dos dados da **Tabela 3.6** consegue-se inferir algumas conclusões relativas aos resultados.

$$FE_{real} = \frac{CO2 \text{ emitida eq}}{Energia Consumida} \quad (\text{Equação 7})$$

Posto isto, segundo o Despacho n.º 17313/2008 o FE de 0,47 kgCO₂e/kWh encontra-se em excesso relativamente ao FE real determinado de 0,27 kgCO₂e/kWh. No caso do FE da metodologia DEFRA de 0,19 kgCO₂e/kWh, este encontra-se por defeito relativamente ao FE real determinado.

3.6. Avaliação da Pegada de Carbono – Âmbito 3

3.6.1. Consumo de água

O consumo de água foi obtido a partir do Relatório Anual de Consumos de 2022, tendo sido considerada a água proveniente da rede pública que abastece a rede geral. Existe apenas um contador para toda a rede de água da empresa, que inclui o uso doméstico (zona de refeições e sanitários), industrial e de alimentação da rede de incêndios. Os FE associados ao consumo de água foram obtidos a partir da metodologia DEFRA e a pegada de carbono respeitante ao consumo de água foi calculada a partir da **Equação 8**.

$$PC_A = CA \times FE \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

PC_A - PC relativa ao consumo de água (kg CO₂e);

CA - Consumo anual de água (m³)

FE - Fator de Emissão do consumo de água (kg CO₂e/m³).

Na **Tabela 3.7** é apresentado o Consumo de Água anual, referente ao ano de 2022, expresso em m³ e a pegada de carbono respetiva em kg CO₂e.

Tabela 3.7-Pegada de Carbono associada ao Consumo de Água no ano de 2022

Atividade	Valor anual (m ³)	FE (kgCO ₂ e/m ³)	PC (kgCO ₂ e)
Consumo de água	519,65	0,149	77,43

3.6.2. Produção de Resíduos

A produção de resíduos no ano de 2022 foi separada por categorias de acordo com a política de gestão de resíduos que vai de encontro com a hierarquia de resíduos definida pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro: a) Prevenção; b) Preparação para a reutilização; c) Reciclagem; d) Outros tipos de valorização; e) Eliminação. Cada tipologia de resíduo é gerida segundo a operação mais adequada, que pode ser de valorização (código R) ou

de eliminação (código D). Os FE foram consultados na metodologia DEFRA e atribuídos a cada tipologia de resíduo de acordo com o seu código de valorização ou eliminação (DEFRA, UK Government, 2022). A pegada de carbono da produção de resíduos foi calculada a partir da *Equação 9*.

$$PC_R = \sum Resíduo_y \times FE_y$$

Em que:

PC_R - PC relativa à produção de resíduos (kg CO₂e);

$Resíduo_y$ - Quantidade do resíduo y produzida (t)

FE_y - Fator de Emissão do resíduo y (kg CO₂e/t).

A **Tabela 3.9** expõe os fatores de emissão considerados para cada operação associada aos resíduos e a pegada de carbono respeitante à produção de resíduos no ano de 2022. O Anexo D (**Tabela D.1**) representa a base de dados utilizada no cálculo da PC relativa a cada tipologia de resíduo da empresa.

Tabela 3.8-Pegada de Carbono associada a cada tipo de operação dos resíduos no ano 2022

Tipo de Operação	Fator de emissão (kg CO ₂ e/t)	Pegada de carbono (kg CO ₂ e)
D- Eliminação	8,883	0,9
R- Valorização	21,280	4739,5
Pegada de carbono total resíduos (kg CO₂e)		4740,4

De salientar que o FE referente a resíduos enviados para valorização geralmente é superior ao de eliminação devido a diferentes fatores e considerações relacionadas ao ciclo de vida dos resíduos e aos processos de tratamento. Esta diferença não significa necessariamente que a valorização de resíduos seja menos favorável do ponto de vista ambiental. A valorização de resíduos, como reciclagem ou recuperação de energia, geralmente é considerada uma opção mais sustentável do que a eliminação em aterros sanitários, pois reduz o consumo de recursos naturais e minimiza a necessidade de descarte. No entanto, é necessário realizar uma análise abrangente e considerar o ciclo de vida completo dos resíduos, incluindo aspetos como

eficiência dos processos, impactos ambientais e benefícios sociais para determinar a melhor estratégia de gestão de resíduos em um determinado contexto.

3.6.3. Transporte de Matéria-prima

O registo da entrada da matéria-prima na empresa é feito à entrada na portaria, onde é registado o tipo e a proveniência. A partir do registo da portaria, foi calculada a distância entre o local de origem e a Elastictек, com recurso à ferramenta *Google Maps*. Para efeitos de cálculo, não foi considerada a viagem de regresso à origem porque normalmente para otimizar os transportes, os camiões aproveitam para fazer outros carregamentos em locais próximos do destino e regressam à origem carregados. A distância percorrida foi calculada a partir da multiplicação do número de viagens feitas no ano de 2022 em cada trajeto, pela distância percorrida durante esse mesmo trajeto. O Anexo E (**Tabela E.1**) representa a base de dados utilizada no cálculo da distância total percorrida, bem como a carga utilizada e o respetivo cálculo da PC de cada transporte de matéria-prima.

No cálculo da PC associada ao transporte de matéria-prima, os fatores de emissão foram consultados através da metodologia DEFRA. A carga de matéria-prima também foi considerada. A **Equação 10** representa a fórmula utilizada no cálculo da PC associada aos transportes (DEFRA, UK Government, 2022).

$$PC_T = \sum Dist. percorrida_y \times Carga_y(ton) \times FE_y \quad (Equação 10)$$

Em que:

PC_T - PC relativa aos Transportes (kg CO2 eq);

$Dist. percorrida_y$ - Distância total percorrida pelo tipo de transporte y (km)

$Carga_y$ - Carga total de material carregada, independente do tipo de transporte (t)

FE_y - Fator de Emissão associado ao tipo de transporte y (kg CO2 eq/ton.km).

Na **Tabela 3.9** apresenta-se a distância total percorrida no ano de 2022, o fator de emissão considerado e a pegada de carbono referente às diversas tipologias de transportes da empresa referente ao transporte de matéria-prima. Os FE apresentados na tabela foram retirados da aba de ‘Transportes de mercadorias’.

Tabela 3.9-Tipos de transporte de matéria-prima e respetiva Pegada de Carbono, no ano de 2022

Tipo de Transporte	Fator de emissão (kg CO ₂ e/t.km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ e)
Camião	0,67032	2,59×10 ⁸
Carrinha	0,57871	3,86×10 ⁴
Marítimo	0,01614	9,77×10 ⁶
Pegada de carbono total transporte matéria-prima (kg CO₂e)		2,69×10 ⁸

3.6.4. Transporte de Produto Acabado

O registo da saída de produto acabado na empresa é feito em armazém, onde é registada toda a informação necessária ao seguimento da encomenda. A partir do registo do armazém, a distância entre a Elastictek e a empresa do destino final foi calculada novamente com recurso à ferramenta *Google Maps*. A distância total percorrida foi estimada a partir da multiplicação do número de viagens feitas no ano de 2022 em cada trajeto, pela distância percorrida durante esse mesmo trajeto. O Anexo E (**Tabela E.2**) representa a base de dados utilizada no cálculo da distância total percorrida, bem como a carga utilizada e o respetivo cálculo da PC de cada transporte de produto acabado.

No cálculo da PC associada ao transporte de produto acabado, os fatores de emissão foram consultados através da metodologia DEFRA e esta foi determinada segundo a equação 10, representada acima. A carga de matéria-prima também foi considerada (DEFRA, UK Government, 2022).

Na **Tabela 3.10** apresenta-se a distância total percorrida no ano de 2022, o fator de emissão considerado e a pegada de carbono referente às diversas tipologias de transportes da empresa referente ao transporte de produto acabado.

Tabela 3.10-Tipos de transporte de produto acabado e respetiva Pegada de Carbono, no ano de 2022

Tipo de Transporte	Fator de emissão (kg CO ₂ e/t.km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ e)
Camião	0,67032	2,24×10 ⁶
Contentor	0,01614	2,03×10 ⁶
Contentor + camião	-	5,78×10 ⁷
Pegada de carbono total transporte matéria-prima (kg CO₂e)		6,21×10 ⁷

3.6.5. Transporte de Amostras

Na Elastictек é também realizado o registo de envio de amostras para outras empresas, de forma a otimizar encomendas de acordo com a tipologia de produto pretendida pelo cliente. Desta forma, este envio contabiliza também para a PC da empresa.

A distância total percorrida foi estimada a partir da multiplicação do número de viagens feitas no ano de 2022 em cada trajeto, pela distância percorrida durante esse mesmo trajeto. O Anexo E (**Tabela E.3**) representa a base de dados utilizada no cálculo da distância total percorrida, bem como a carga utilizada e o respetivo cálculo da PC de cada transporte.

No cálculo da PC associada ao transporte de amostras os fatores de emissão foram consultados na metodologia DEFRA e esta foi determinada segundo a equação 10, representada acima. As amostras são enviadas via aérea e a carga de amostra enviada também foi considerada no cálculo (DEFRA, UK Government, 2022).

Na **Tabela 3.11** apresenta-se a distância total percorrida no ano de 2022, o fator de emissão considerado e a pegada de carbono referente ao transporte de amostras via aérea.

Tabela 3.11-Pegada de Carbono associada ao envio de amostras durante o ano 2022

Tipo de Transporte	Fator de emissão (kg CO ₂ e/t.km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ e)
Avião	1,0189	202

3.6.6. Transporte para Armazém da Empresa

Existem dois armazéns pertencentes à empresa que têm como único objetivo armazenar o stock de produto acabado e matéria-prima, no caso de falta de espaço no armazém existente na sede da empresa. Durante o ano 2022, foi registado o número de viagens realizadas para ambos os armazéns, localizados em Arada e Maceda. A **Tabela 3.12** expõem-se todas a informações relativas a este transporte, que contribuíram de maneira pouco significativa para a PC da empresa. Foi usada a **Equação 10** para determinar a PC desta atividade.

Tabela 3.12-Pegada de Carbono associada ao transporte para armazém da empresa durante o ano 2022

Tipo de transporte	Distância (km)	Número de viagens (ano ⁻¹)	Localização	Fator de emissão (kg CO2e/t.km)	Pegada de carbono (kg CO2e)
Carrinha	2,9	15	Armazém de Arada	0,57871	25,2
	5,7	3	Armazém de Maceda		9,9
Pegada de carbono total transporte para armazém (kg CO2e)					35,1

3.6.7. Deslocação dos colaboradores para a empresa

A recolha da informação sobre o consumo de combustível associado à deslocação dos colaboradores da empresa casa-trabalho foi efetuada através de um questionário individual desenvolvido no âmbito deste trabalho. Este questionário foi distribuído aos 60 colaboradores, sendo que a taxa de resposta foi de cerca de 67%. A partir da informação recolhida foi possível estimar o consumo de combustível associado às deslocações “casa-trabalho-casa” no ano 2022. O Anexo F inclui uma cópia do exemplar do questionário realizado. A **Tabela 3.13** apresenta um resumo dos resultados obtidos partir dos questionários, sendo que a **Tabela G.1** no Anexo G inclui a totalidade da informação recolhida a partir dos questionários. Os quilómetros percorridos por cada trabalhador no ano de 2022 foram estimados através da multiplicação do número de quilómetros percorridos nas duas viagens “casa-trabalho” e “trabalho-casa” pelo número médio de dias de trabalho nesse ano. Não foram contabilizados os fins-de-semana e os feriados. A quantidade total de combustível foi estimada a partir da média de consumo de cada automóvel e os quilómetros totais percorridos.

Tabela 3.13- Pegada de Carbono associada às deslocações casa-trabalho de 40 colaboradores da empresa no ano 2022

Tipo de Combustível	Tipo de Veículo (Classificação DEFRA)	Distância anual percorrida (km)	FE (kgCO ₂ e/km)	PC combustível (kgCO ₂ e)
Gasolina	Pequeno	36326,4	0,147	8250,2
	Médio	15523,2	0,185	
Diesel	Pequeno	18480	0,140	36130,6
	Médio	179256	0,168	
	Grande	16368	0,210	
Híbrido	Grande	78144	0,00032	25,0
Pegada de carbono total das deslocações dos colaboradores (kg CO₂e)				44405,8

3.7. Avaliação da pegada de carbono total da Elastictек

O cálculo da Pegada de Carbono da Elastictек é a soma de todas as emissões (kg CO₂e) de todas as atividades consideradas. Será apresentada a contribuição de cada âmbito no resultado da PC. Como já foi referido anteriormente, foram tidos em conta os FE dos documentos: **Despacho nº 17313/2008** e **DEFRA-UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting**, de forma a comparar resultados a nível nacional e do Reino Unido.

Apesar das duas abordagens, esta comparação não é linearmente possível visto que o **Despacho nº 17313/2008** é um documento muito desatualizado nos dias de hoje e apenas inclui os FE para combustíveis e energia, existindo, portanto, a necessidade de utilizar os FE do **DEFRA** para as restantes atividades. Não obstante, os resultados da PC usando apenas fatores do DEFRA, ou combinando os mesmos com os fatores do despacho resulta num valor total equivalente.

Desta forma, a **Tabela 3.14** inclui os resultados da PC de cada atividade, e a PC total da Elastictек, bem como a percentagem de cada atividade e âmbito em relação à PC total, do ano de 2022.

Tabela 3.14- Resultados da Pegada de carbono total da Elastictek, bem como a percentagem de contribuição de cada âmbito no ano 2022

Tipo	Atividade	PC/ atividade (kg CO ₂ e)	Atividade %	Âmbito %
ÂMBITO 1	Fonte Fixa: Extrusão	$1,10 \times 10^5$	0,033	0,037
	Sistemas de Refrigeração e Ar condicionado	0	0	
	Transportes Empresa e Empilhadores	$1,41 \times 10^4$	0,004	
ÂMBITO 2	Eletricidade	$1,10 \times 10^6$	0,332	0,332
ÂMBITO 3	Consumo de água	$7,74 \times 10^1$	0	99,63
	Matéria-prima	$2,69 \times 10^8$	80,95	
	Produto Acabado	$6,21 \times 10^7$	18,69	
	Transportes	$2,02 \times 10^2$	0	
	Envio de Amostras	$3,51 \times 10^1$	0	
	Armazenamento	$4,44 \times 10^4$	0,013	
	Deslocações dos colaboradores	$4,74 \times 10^3$	0,001	
Pegada de Carbono Total (kg CO₂e)		$3,32 \times 10^8$	100	100

A Pegada de Carbono da Elastictek no ano de 2022 foi estimada em cerca de $3,32 \times 10^8$ kg CO₂e.

A partir dos valores obtidos na **Tabela 3.14** obteve-se o gráfico da **Figura 3.4** que expressa a contribuição de cada atividade, em percentagem, da PC total da Elastictek.

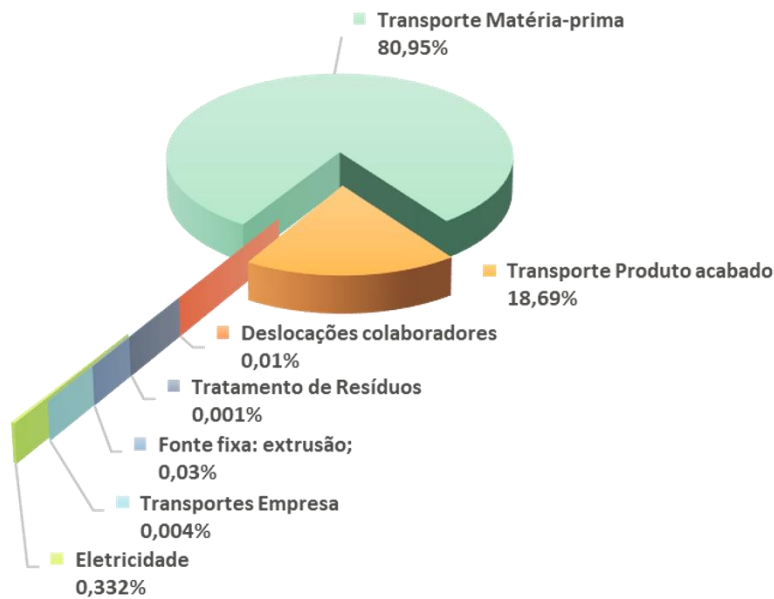


Figura 3.4-Contribuição de cada atividade, em percentagem, para a PC da Elastictек no ano 2022

Analisando a **Figura 3.5**, conclui-se que os transportes de matéria-prima e produto acabado são os principais contribuidores para a Pegada de Carbono, representando quase 100% da PC total. As outras atividades representadas, apresentam uma percentagem quase insignificante de contribuição para a PC. Em relação à fonte fixa, ao consumo de água, ao envio de amostras e armazenamento, os resultados era tão pequenos que se podem considerar desprezáveis.

Desta forma, obteve-se o gráfico da **Figura 3.5** que expressa a contribuição das emissões associadas a cada âmbito, em percentagem.

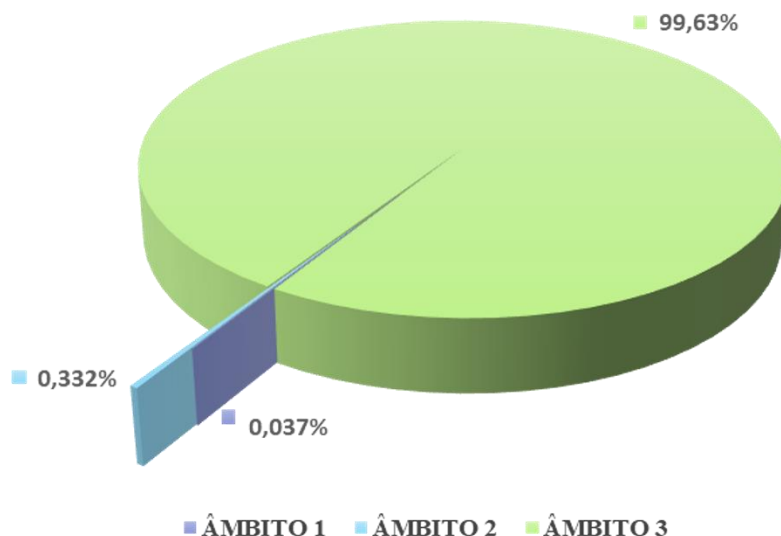


Figura 3.5- Contribuição de cada âmbito para a PC total da Elastictek no ano 2022

Pela observação da **Figura 3.5**, conclui-se que o âmbito 3 é o que mais contribui para a PC da Elastictek, com cerca de 99,7%. O âmbito 1 e 2, que representam as emissões diretas e indiretas relativas à eletricidade da empresa, apresentam uma contribuição muito baixa, quase desprezável em comparação com o âmbito 3, que representa as restantes emissões indiretas.

Seguidamente é apresentada a PC da Elastictek obtida segundo uma abordagem de controlo total, **fronteira A**, e uma abordagem sem controlo operacional e financeiro, **fronteira B**, representadas pelos gráficos das **Figuras 3.6 e 3.7**, respetivamente.

A **fronteira A** inclui atividades como os veículos pertencentes à empresa, as fontes fixas, o consumo de eletricidade e o consumo de água. Por outro lado, a **fronteira B** engloba operações como o transporte de matéria-prima, produto final e resíduos em veículos não assegurados pela empresa e também a deslocação dos trabalhadores casa-trabalho.

Na **Tabela 3.15** apresentam-se os resultados de PC de cada atividade respetiva a cada uma das fronteiras, A e B com a sua percentagem de atividade segundo um resultado de pegada de carbono total de cada fronteira.

Tabela 3.15- Resultados da Pegada de carbono total das Fronteiras A e B, no ano de 2022

Fronteira	Atividade	PC/ atividade (kg CO ₂ e)	Atividade %	PC Total (kg CO ₂ e)
A	Fonte Fixa: Extrusão	$1,10 \times 10^5$	0,033	$1,23 \times 10^4$
	Consumo de água	$7,74 \times 10^1$	0	
	Eletricidade	$1,10 \times 10^6$	0,332	
	Transportes Empresa e Empilhadores	$1,41 \times 10^4$	0,004	
B	Matéria-prima	$2,69 \times 10^8$	80,95	$3,31 \times 10^8$
	Produto Acabado	$6,21 \times 10^7$	18,69	
	Transportes	$2,02 \times 10^2$	0	
	Envio de Amostras	$3,51 \times 10^1$	0	
	Armazenamento	$4,44 \times 10^4$	0,013	
	Tratamento de Resíduos	$4,74 \times 10^3$	0,001	

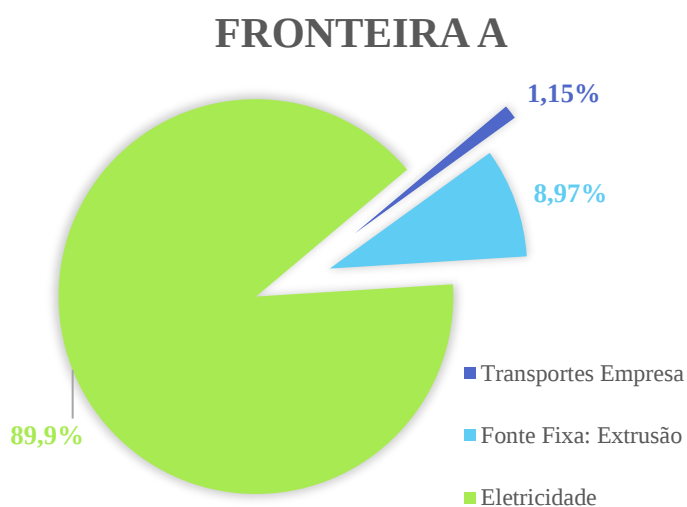


Figura 3.7- Contribuição das emissões da Fronteira A para a PC em 2022

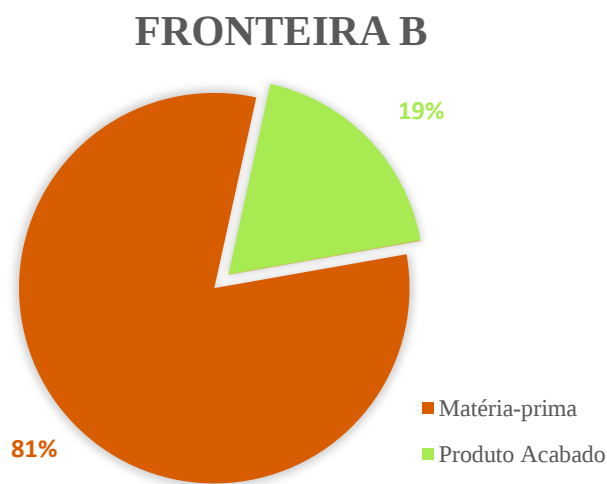


Figura 3.6- Contribuição das emissões da Fronteira B para a PC em 2022

A partir da **Figura 3.6** observa-se que numa abordagem de controlo total, as emissões resultantes do consumo de eletricidade contribuem 90% para a PC da empresa. Em termo de comparação, as emissões resultantes da fonte fixa contribuem cerca de 9% e os transportes da empresa 1,2%, sendo que as restantes atividades incluídas nesta fronteira são praticamente

desprezáveis por representarem uma contribuição quase nula, não estando representadas graficamente.

Na **Figura 3.7** observa-se que numa abordagem sem controlo operacional e financeiro por parte da Elastictek, as emissões com maior contribuição que se encontram representadas no gráfico referem-se aos transportes de matéria-prima (cerca de 81%) e de produto acabado (cerca de 19%), tal como já se tinha inferido na análise total da PC, apresentada anteriormente. Desta forma, as restantes atividades incluídas na fronteira B também são consideradas desprezáveis, visto que a sua contribuição para a PC total da empresa é quase nula.

CAPÍTULO 4. MEDIDAS DE REDUÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

A determinação da Pegada de Carbono no capítulo anterior permite identificar as principais atividades que contribuem para a emissão de GEE. Desta forma, o passo seguinte será estabelecer um plano para redução das emissões decorrentes da contribuição de cada atividade para a mesma. A proposta de estratégias de planos de redução deve passar por aumentar a eficiência dos processos produtivos, otimizar o consumo de energia, reduzir o desperdício, aumentar a recuperação e a reutilização de materiais, entre outros. Por conseguinte, a redução das emissões de carbono também pode resultar em benefícios financeiros para a empresa.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que uma das maiores contribuições para as emissões de GEE provém da combustão de combustíveis por parte dos transportes, que na sua maioria englobam a importação de matérias-primas e a exportação de produto acabado. Não seria viável financeiramente para empresa diminuir o seu número de importações e exportações, no entanto, aquando da realização do inventário de transportes pode-se verificar que existem numerosas viagens para o mesmo local de destino, pelo que aumentar a carga de envio, calendarizar envios com maior antecedência e diminuir o número de viagens de e para o mesmo local iria reduzir consideravelmente a Pegada de Carbono da empresa no que diz respeito às operações que não são controladas pela empresa nem operacional nem financeiramente. Outra solução para reduzir a PC inerente aos transportes seria solicitar à empresa responsável pelos mesmos, a utilização de veículos menos poluentes de classe mais elevada, como veículos elétricos ou procurar outras soluções de transporte como por exemplo a ferrovia.

Numa abordagem de controlo total, verifica-se que a Elastictek apresenta uma dependência externa de energia maioritariamente de fontes não renováveis, pelo que substituindo essa energia por uma fonte renovável, como por exemplo, através de instalação de painéis fotovoltaicos, a empresa pode reduzir as suas emissões. Para tal, seria necessário fazer um estudo de forma a perceber a quantidade de painéis necessários para responder ao consumo de energia da empresa e também perceber se seria economicamente viável.

O cálculo da PC anual monitorizando o seu progresso ao longo do tempo permitirá também verificar ao desempenho atual e a eficácia das soluções implementadas.

Uma empresa subcontratada pela Elastictек realizou um projeto para redução das emissões de CO₂ e, por conseguinte, a descarbonização da empresa.

A empresa sublinhou os 3 vetores principais de descarbonização, sob os quais este projeto incide, nomeadamente:

1- Otimização energética de equipamentos - redução das emissões relacionadas com equipamento de arrefecimento da unidade produtiva – Chiller - pela substituição do mesmo por equipamentos que operam com gases de efeito de estufa de menor potencial emissor e com maior rendimento energético, reduzindo assim o consumo necessário e emissões equivalentes em cerca de 50 a 60% da PC do funcionamento do equipamento.

2- Redução da dependência externa de energia maioritariamente de fontes não renováveis, substituindo por fonte renovável através de instalação fotovoltaica, reduzindo assim as emissões equivalentes. No dimensionamento dos painéis, a empresa considerou um rendimento de 70%, durante 8 horas por dia ao longo de um ano, o que resulta num total produzido de 224,6 MW, valor equivalente à emissão de 80,9 t CO₂e, ou 13% do total de consumo e emissão da unidade industrial.

3- Captação de gases de efeito de estufa através da instalação de jardim vertical na frente da empresa. Essa instalação seria numa primeira fase de aproximadamente 100 m², com capacidade de captação de 2 kg CO₂e por m², obtendo-se assim uma redução global de 200 kg CO₂e.

Na Elastictек, as matérias-primas utilizadas são essencialmente *pellets* para a produção do filme, à base de polipropileno, elastómeros termoplásticos e aditivos, como antioxidantes e corantes. Outra das matérias-primas principais é o *NonWoven* (tecido não tecido). Desta forma, a valorização do plástico usado na indústria é feita através da criação de uma economia circular do plástico, ou seja, a incorporação de plástico reciclado no processo produtivo é uma das estratégias adotadas pela empresa de forma a reduzir a criação de resíduos deste tipo e a reduzir a necessidade de importar plástico virgem. No entanto isso acarreta problemas na produção devido às perdas de qualidade do plástico a cada ciclo de aquecimento e arrefecimento e reciclagem, por isso uma possível medida a adotar futuramente será o estudo de materiais de fontes renováveis e mais sustentáveis que garantam a qualidade de produto final e sejam menos poluentes para o ambiente.

Relativamente ao consumo de água, embora apresente um valor de contribuição para a PC pequeno (cerca de $7,74 \times 10^1$ kg CO₂e) comparativamente com as restantes atividades, seria importante para a empresa avaliar os seus consumos de água para uso doméstico, como casas de banho e espaços de refeição, e para uso industrial na nave de produção separadamente. Desta forma, a instalação de 2 contadores de água na empresa, permitiria inferir a quantidade consumida de água de acordo com o seu uso.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Os objetivos principais para a realização desta dissertação visaram, primeiramente, a determinação da Pegada de Carbono (PC) da empresa e seguidamente a proposta de medidas para que a mesma atinja a neutralidade carbónica.

O ano base definido foi o de 2022 e o estudo da PC da empresa seguiu as diretrizes da metodologia do *Greenhouse Gas (GHG) Protocol*. Este estudo considerou as emissões de gases de efeito de estufa associadas ao consumo energético nas instalações da empresa, ao consumo de combustível relativo às deslocações efetuadas pelos trabalhadores e deslocações efetuadas por veículos da empresa, consumo de água, tratamento e transporte de resíduos e aos trajetos nacionais e internacionais para transporte matéria-prima e produto acabado. Desta forma, o somatório destas componentes possibilitou a quantificação da pegada carbónica total da empresa que foi cerca de $3,32 \times 10^8$ kg CO₂e. Os fatores de emissão utilizados são referentes à metodologia DEFRA

A definição de fronteiras, seleção das atividades e respetiva inclusão nos tipos de emissão mais apropriados foram um passo limitante porque foi necessário fazer uma análise exaustiva e profunda do funcionamento da empresa para determinar quais as atividades que seriam mais importantes para o estudo e se seriam ou não controladas pela empresa. Desta forma foram definidas as fronteiras A e B de forma a estudar uma abordagem em que a empresa tem controlo total sobre as suas atividades e uma abordagem em que a empresa não é detentora nem do controlo operacional nem financeiro das atividades.

Ao avaliar a Pegada de Carbono da Elastictek conclui-se que a atividade que tem maior contribuição para a PC da empresa são os transportes ao nível da importação de matéria-prima e exportação de produto acabado, representando cerca de 99% das emissões de GEE. Numa abordagem de controlo total da empresa a atividade com maior contribuição para a PC é o consumo de eletricidade, representando cerca de 99%. As emissões resultantes das fontes fixas, dos transportes pertencentes à empresa, das deslocações dos colaboradores de e para a empresa, do consumo de água e do tratamento de resíduos representam uma percentagem muito residual (1%).

Futuramente, a redução da Pegada de Carbono, deverá passar pela redução do consumo energético da empresa e/ou implementação de fontes de energia renováveis como a instalação

de painéis fotovoltaicos, otimização energética de equipamentos, fazer uso dos transportes de importação e exportação de forma mais eficiente, diminuindo o número de viagens ou substituindo por outro tipo de transporte.

No âmbito das propostas para a melhoria da pegada de carbono da empresa seria necessário um estudo mais exaustivo, pormenorizado e completo de forma a perceber se as alterações de equipamentos e instalação dos mesmos seriam economicamente viáveis para a empresa. A empresa deve ter interesse em prosseguir com a monitorização do processo para verificação do progresso.

Para concluir, a realização desta dissertação permitiu a aquisição de um grande conhecimento acerca do conceito de Pegada de Carbono e elucidou a extrema importância de realizar estes estudos de forma que a empresa se torne cada vez mais ecológica e sustentável. Permitiu a identificação de oportunidades de melhoria e o encontro de medidas de implementação para a redução da PC. Sendo que a quantificação das emissões de GEE é o primeiro passo para a redução e compensação destas emissões, seria aconselhado aplicar a mesma metodologia ao longo do tempo, de forma a planear e criar as melhores soluções a implementar.

BIBLIOGRAFIA

- Amorim, D. A. (2013). *Pegada de Carbono de uma Empresa Produtora de Eletricidade de Fontes Renováveis*. FEUP,DEM, Porto.
- APA. (2021). *Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC)*. Obtido de <https://apambiente.pt/clima/plano-nacional-de-energia-e-clima-pnec>
- APA. (2021). *Protocolo de Quioto*. Obtido de APA: <https://apambiente.pt/clima/protocolo-de-quioto>
- APA. (2021). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*. Obtido de <https://apambiente.pt/clima/roteiro-para-neutralidade-carbonica-2050>
- APA. (2022). *Inventário Nacional de Emissões 2022*.
- APA. (2022). *Orientações para os Planos Regionais de Ação Climática*. V1.0.
- BSI Group. (2011). *The Guide to PAS 2050:2011 - How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain*. Obtido de BSI Group: <https://www.bsigroup.com/globalassets/localfiles/en-th/carbon-footprint/pas-2050-2011-guide.pdf>
- Carbon offset platform. (2022). *United Nations*. Obtido em 23 de novembro de 2022, de Carbon offset platform: <https://offset.climateneutralnow.org/aboutoffsetting>
- CHONG, J. S. (1968). *Calendering Thermoplastic Materials* (Vol. 12).
- Costa, L. P. (26 de abril de 2021). Capture and Reuse of Carbon Dioxide (CO₂) for a Plastics Circular Economy: A Review. (MDPI, Ed.)
- DEFRA. (Setembro de 2009). *Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions*. Obtido de DEFRA: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69282/pb13309-ghg-guidance-0909011.pdf
- DEFRA, UK Government. (junho de 2022). 2022 Government greenhouse gas conversion factors for company reporting: Methodology paper. pp. <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022>.

- Divya Pandey, M. A. (2010). *Carbon footprint: current methods of estimation*. doi:10.1007/s10661-010-1678-y
- Elastictek. (2020). *História*. Obtido em 20 de novembro de 2022, de Elastictek: <https://www.elastictek.com/pt/a-elastictek/>
- EUR-Lex. (2022). *Kyoto Protocol*. Obtido em 23 de novembro de 2022, de EUR-Lex: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:kyoto_protocol
- European Commission. (s.d.). *Paris Agreement*. Obtido de European Commission: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en
- FIRA. (2011). *Benchmarking Carbon Footprints of Furniture Products*. Furniture Industrial Research Association.
- Iberdrola. (2022). *Sustentabilidade/aumento da temperatura da terra*. Obtido em 25 de novembro de 2022, de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/aumento-da-temperatura-da-terra>
- IPCC. (2022). *Technical Summary*. Obtido de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf
- IPCC, AR5. (2014). *Global Warming Potential Values*.
- IPCC, H.-O. P. (2022). *Summary for Policymakers*. IPCC.
- ISO. (2019). *ISO 14064-3:2019, Greenhouse gases — Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas Greenhouse gases — Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements*. Obtido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14064:-3:ed-2:v1:en>
- J Penman, D. K. (2000). *Emissions from Waste Incineration*. IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.
- Joana Carvalho, L. N. (setembro de 2022). *Life Cycle Assessment (LCA) of Biochar Production from a Circular Economy Perspective*. doi:<https://doi.org/10.3390/pr10122684>

- Maocai Shen, W. H. (Janeiro de 2020). (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change.
- MYLES ALLEN. (2015). *The Science and Policy of Cumulative and Short-Lived Climate Pollutants*. University of Oxford, Oxford Martin School.
- Nunes, M. (2016). *INVENTÁRIOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA REALIZAÇÃO DE EVENTOS*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.
- PlasticsEurope. (2023). *Sustainable production*. Obtido de Contributing towards climate objectives: <https://plasticseurope.org/sustainability/climate/sustainable-feedstocks/sustainable-production/>
- Ramanathan V, V. D. (27 de Novembro de 2010). *To Fight Climate Change, Clear the Air*. Obtido de New York Times: <https://www.nytimes.com/2010/11/28/opinion/28victor.html>
- REA. (2023). *Energia e Clima*. Obtido de EMISSÕES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA: <https://rea.apambiente.pt/content/emiss%C3%B5es-de-gases-com-efeito-de-estufa?language=pt-pt>
- RNC 2050. (2018). *ROTEIRO*. Obtido de RNC 2050: <https://descarbonizar2050.apambiente.pt/roteiro/>
- RNC2050. (2019). *ESTRATÉGIA DE LONGO PRAZO PARA A NEUTRALIDADE CARBÓNICA DA ECONOMIA PORTUGUESA EM 2050*.
- S. Walker, R. R. (março de 2020). Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review.
- Sabu Thomas, Y. W. (2009). *Advances in Polymer Processing* (Vol. 11). National Technical University of Athens.
- Trucost. (julho de 2016). *Plastics and Sustainability. A Valuation of Environmental Benefits, Costs and Opportunities for Continuous Improvement*.
- UNFCCC. (2014). *Kyoto Protocol*. Obtido de United Nations Framework Convention on Climate Change: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>

Weart, S. R. (2013). *The Discovery of Global Warming*. American Institute of Physics. Melville. New York.

Wiedmann, T. a. (2008). *A Definition of 'Carbon Footprint'*. Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers.

WRI/WBCSD. (2015). *Protocolo de Gases com Efeito de Estufa: Normas Corporativas de Transparência e Contabilização*. Obtido de <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

ANEXOS

Anexo A- Cálculos realizados para obter o caudal mássico de CO₂ emitido pelas FF

De acordo com os registos de medição de emissões gasosas das fontes fixas da empresa, a concentração de CO₂ está expressa em percentagem volumétrica do caudal efetivo. Para se obter o caudal mássico desse poluente foi necessário proceder a uma série de cálculos. Primeiramente converteu-se a percentagem de concentração CO₂ para concentração em ppm base volumétrica C(ppmv), *Equação A.1*, e de seguida, a partir da *Equação A.2*, calculou-se a concentração em mg/Nm³.

$$\%CO_2 \times 10\,000 \text{ (ppmv)} \quad (\text{Equação A.1})$$

$$c\left(\frac{mg}{Nm^3}\right) = C(ppmv) \times \frac{MMCO_2}{22,41} \quad (\text{Equação A.2})$$

Em que:

ppmv- Partes por milhão em base volumétrica.

MM_{CO₂} - Massa molecular do CO₂ (kg/kmol) =44,01

22,41- Volume molar dos gases nas condições normais de pressão e temperatura (Nm³ /kmol).

De seguida, determinou-se o caudal efetivo nas condições normais de pressão e temperatura (*Equação A.3*).

$$Q_{efetivo, Ny} \left(\frac{Nm^3}{h} \right) = Q_{efetivo, y} \times \frac{TN}{Ty} \times \frac{Py}{PN} \quad (\text{Equação A.3})$$

Em que:

Q_{efetivoNy} - Caudal efetivo da extrusora y em condições normais de pressão e temperatura (Nm³/h).

Q_{efetivoy} - Caudal efetivo da extrusora y (m³/h)

TN- Temperatura normal (273,15K).

Ty- Temperatura da emissão relativa à extrusora y (K).

P_N - Pressão normal (101325Pa).

P_y - Pressão da emissão relativa à extrusora y (Pa).

Por fim, multiplica-se a concentração de CO_2 em mg/Nm^3 pelo caudal efetivo da FF e obtém-se o caudal mássico de emissão de CO_2 (kg/h) na respetiva FF (**Equação A.4**).

$$Q_{CO_2y} (kg/h) = \frac{C_{CO_2y} (mg/Nm^3) \times Q_{efetivo, Ny} (Nm^3/h)}{10^6} \quad (\text{Equação A.4})$$

Em que:

Q_{CO_2y} (kg/h) - Caudal mássico de CO_2 na extrusora y (kg/h).

C_{CO_2y} (mg/Nm^3) - Concentração mássica de CO_2 na extrusora y (mg/Nm^3).

$Q_{efetivoNy}$ - Caudal efetivo da extrusora y em condições normais de pressão e temperatura (Nm^3/h).

Na **Tabela A.1** estão expressos os valores obtidos do caudal mássico de CO_2 em cada amostragem da extrusora.

Tabela A.0.1-Valores obtidos do caudal mássico de CO_2 em cada medição da exaustão da extrusora

Medição	Parâmetro	Unidade	Valor detetado	CO_2 base volumétrica (ppmv)	C CO_2 (mg/ Nm^3)	Caudal efetivo exaustão (Nm^3/h)	Caudal CO_2 (kg/h)	Quantidade CO_2 (kg)
1	C CO_2	%	0,1	1000	1963,86	1267,42	2,49	1,97E+04
	Temperatura	K	297,55					
	Caudal efetivo	m^3/h	1373					
	Pressão relativa	Pa	101888,7					
2	C CO_2	%	0,1	1000	1963,86	1843,91	3,62	2,86E+04
	Temperatura	K	291,94					
	Caudal efetivo	m^3/h	1961					
	Pressão relativa	Pa	101828,7					
3	C CO_2	%	0,1	1000	1963,86	1216,74	2,39	1,89E+04
	Temperatura	K	314,59					
	Caudal efetivo	m^3/h	1406					
	Pressão relativa	Pa	100988,7					
4	C CO_2	%	0,1	1000	1963,86	2141,96	4,21	3,33E+04
	Temperatura	K	308,71					
	Caudal efetivo	m^3/h	2406					
	Pressão relativa	Pa	101948,7					

Anexo B- Conversão de unidades relativamente ao consumo de GPL de um empilhador da empresa

O consumo de GPL do empilhador a gás da empresa referente ao ano de 2022 foi de 2 botijas de 22 kg cada.

Desta forma, a massa total usada nesse ano foi de 44 kg, pelo que este valor teve de ser convertido para toneladas equivalentes de petróleo (tep) segundo a **Equação B.1**:

$$kg \times \frac{0,001 \text{ ton}}{kg} \times PCI_{GPL} (tep/ton) \quad (\text{Equação B.1})$$

Em que:

PCI_{GPL} - Poder Calorífico Inferior do gás natural (tep/ton).

Anexo C- Conversão da quantidade de combustível de Litros (L) para Toneladas equivalentes de petróleo (tep)

Na **Tabela C.1** encontram-se os dados correspondentes a cada veículo, usados para a conversão de unidades da **Equação C.1**.

Tabela C.1 - Dados Correspondentes a cada veículo da empresa.

Tipo de veículo	Marca	Tipo de Combustível	Consumo médio de combustível (l/100km)	Registo consumo anual (l)	Distância anual percorrida (km)
Carrinha	Fiat Doblo	Gasóleo	6,5	1819,61	27 994
Carro	BMW serie 1	Gasóleo	6,3	1932,02	30 667
Carro	BMW serie 5	Gasóleo	4,3	922,26	21448
Carro	Mercedes-benz - Classe E	Híbrido- Diesel e elétrico ^(a)	1,7	556,27	32722

^(a)Para veículos híbridos, considera-se um FE relativo ao combustível utilizado quando o veículo não utiliza a energia elétrica para se mover.

$$\text{Combustível}, y \text{ (L)} \times \text{Densidade}, y \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times 0,001 \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \times \text{PCI}, y \frac{\text{tep}}{\text{ton}}$$

(Equação C.1)

Em que:

Combustível, y - volume de gasóleo

Densidade do gasóleo = 843,33 kg/m³ (DEFRA, UK Government, 2022)

PCI- Poder Calorífico inferior do gasóleo (tep/ton)

Anexo D- Dados relativos a cada tipologia de resíduo da empresa

Tabela D.1 - Descrição das tipologias de resíduos e respetivos dados usados para determinação da PC no ano de 2022.

Designação do resíduo	Quantidade (t)	Operação	Fator de emissão (kg CO ₂ e/t)	Pegada de carbono (kg CO ₂ e)
Embalagens plástico (limpeza máquinas)	24,073	R12	21,280	512,3
Elasticband (fardo)	39,352	R12	21,280	837,4
Elasticband 1 (granulado)	14,24	R12	21,280	303,0
Elasticband 2 (granulado)	1,359	R13	21,280	28,9
Plástico (purgas)	15,187	R12	21,280	323,2
Óleos de motores e de lubrificação	0,486	R12	21,280	10,3
Embalagens de Papel e Cartão	23,24	R12	21,280	494,6
Embalagens de Plástico (Big-Bags)	2,928	R12	21,280	62,3
Embalagens madeira	101,03821	R13	21,280	2150,1
Aerossóis	0,036	D15	8,883	0,3
Lamas aquosas contendo tintas e solventes orgânicos	0,068	D15	8,883	0,6
Absorventes	0,62	R12	21,280	13,2
Material filtrante	0,08	R12	21,280	1,7
Metais	0,115	R12	21,280	2,4
GIV - Resíduos constituídos por objetos cortantes	0,000105	D15	8,883	0,0
GIII - Tratados por desinfeção e eliminados como resíduos urbanos	0,0015	D9	8,883	0,0
Pegada de carbono total resíduos (kg CO₂e)				4740,4

Anexo E – Dados relativos aos transportes do âmbito 3

Tabela E.1 - Base de dados utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de matéria-prima no ano de 2022.

Tipo de Transporte	Número de Viagens (ano⁻¹)	Distância percorrida (km)	Carga (ton)	FE (kgCO₂e/ton.km)	PC atividade (kgCO₂e)
Marítimo	1	4154	8	0,01614	526,4
Camião	1	5109	2	0,67032	6111,3
Marítimo	1	16557	0,45	0,01614	119,7
Marítimo	123	4117	1 033	0,01614	8442711,8
Camião	1	3960	8	0,67032	22424,9
Carrinha	37	35	45	0,57871	33724,3
Camião	5	32	25	0,67032	2641,1
Carrinha	1	17	0,01	0,57871	0,1
Camião	50	220	658	0,67032	4851060,9
Camião	10	285	2	0,67032	4174,3
Carrinha	28	49	1	0,57871	690,8
Carrinha	1	18	0,03	0,57871	0,3
Camião	19	32	8	0,67032	3197,7
Camião	1	39	5	0,67032	140,3
Camião	21	1	68	0,67032	960,9
Marítimo	55	1903	787	0,01614	1328793,7
Camião	1	1994	0,10	0,67032	133,7
Camião	2	2362	20	0,67032	61906,9
Camião	1	44	1	0,67032	22,1
Camião	5	250	13	0,67032	10984,9
Camião	15	250	29	0,67032	72080,3
Carrinha	5	40	0,36	0,57871	41,7
Camião	17	48	8	0,67032	4284,0
Carrinha	55	6	12	0,57871	2313,1
Carrinha	6	920	1	0,57871	1820,9
Camião	3	310	2	0,67032	1386,4
Camião	21	46	126	0,67032	81588,7

Carrinha	1	56	0,02	0,57871	0,6
Camião	1	920	1	0,67032	416,3
Camião	11	2002	177	0,67032	2616526,8
Camião	3	111	22	0,67032	4890,7
Camião	140	2400	1 110	0,67032	250043989,1
Camião	125	74	163	0,67032	1010135,5
Camião	4	3165	3	0,67032	21427,8
Pegada de carbono total de transporte de matéria-prima (kg CO₂e)					2,69E+08

Tabela E.2 - Base de dados utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de produto acabado no ano de 2022.

Tipo de Transporte	Número de Viagens (ano⁻¹)	Distância percorrida (km)	Carga (ton)	FE (kgCO₂e/ton.km)	PC atividade (kgCO₂e)
Camião	8	2662	111,4	0,67032	1590364,2
Camião	4	38	2,5	0,67032	251,3
Contentor	53	1584	629,5	0,01614	853105,5
Contentor	10	1584	130,5	0,01614	33360,3
Camião	1	51	0,07	0,67032	2,3
Camião	1	33	1,38	0,67032	30,5
Contentor	16	5439	204,3	0,01614	287054,7
Camião	4	2686	33,0	0,67032	237951,4
Contentor	3	1584	37,8	0,01614	2902,4
Contentor	2	4533	24,5	0,01614	3582,2
Contentor	39	3556	449,9	0,01614	3210095,1
Camião	2	3652		0,67032	
Contentor	4	5000	55,9	0,01614	18053,9
Contentor	18	10064	230,5	0,01614	673947,7
Contentor	5	880	77,8	0,01614	51449,6
Camião	1	880		0,67032	
Contentor	118	880	1532,0	0,01614	5279032,4
Camião	3	880		0,67032	
Camião	3	97	12,1	0,67032	2365,9

Camião	1	11	0,43	0,67032	3,2
Contentor	15	4124	560,6	0,01614	49306657,7
Camião	33	3931		0,67032	
Camião	2	1931	0,6	0,67032	1553,3
Contentor	3	7457	49,5	0,01614	17892,4
Camião	4	2255	66,7	0,67032	403178,5
Contentor	3	9828	38,4	0,01614	18263,8
Contentor	6	2255	71,9	0,01614	15704,6
Contentor	5	4533	48,5	0,01614	17736,5
Contentor	6	2255	74,0	0,01614	16169,1
Contentor	7	7457	90,179	0,01614	75984,5
Pegada de carbono total de transporte de produto acabado (kg CO2e)					6,21E+07

Tabela E.3 - Base de dados utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de amostras no ano de 2022.

Tipo de Transporte	Número de Viagens (ano ⁻¹)	Distância percorrida (km)	Carga (ton)	FE (kgCO ₂ e/ton.km)	PC atividade (kgCO ₂ e)
Avião	1	5081	0,0006	1,0189	3,1
	1	1957,8	0,0004		0,8
	1	523	0,0005		0,3
	1	4258,6	0,0006		2,6
	2	1894,8	0,001		3,9
	1	3981,3	0,001		4,1
	2	2002,5	0,0009		3,7
	4	5362,8	0,0014		30,6
	1	2344,8	0,0028		6,7
	1	2264,1	0,0005		1,2
	2	2160,8	0,0024		10,6
	1	4963,4	0,0006		3,0
	1	1895,9	0,0005		1,0
	1	2181,4	0,0023		5,1
	1	2214,9	0,044		99,3
	3	3841	0,0016		18,8
	1	3937,2	0,0005		2,0
	3	2960,1	0,0006		5,4
Pegada de carbono total de transporte de produto acabado (kg CO2e)					202,0

Anexo F- Exemplar do questionário realizado relativo às deslocações casa-trabalho dos colaboradores da empresa

Questionário sobre o Consumo de Combustível associado às deslocações 'casa-trabalho' e respetivas emissões de cada trabalhador

Olá!

Eu, Sofia Oliveira, estagiária da Elastictек e inserida no departamento técnico, criei este questionário para a realização de um trabalho de dissertação, com o tema **"Pegada de Carbono numa Indústria de Plásticos"**. Tem por objetivo a recolha de informações inerentes a emissões gasosas dos veículos utilizados por cada trabalhador durante a sua deslocação 'casa-trabalho', sem comprometer as informações pessoais inerentes a cada um e respeitando a burocracia da Elastictек. Esta questionário é imprescindível à realização do trabalho pretendido e peço a colaboração total.

1) Durante a deslocação 'casa-trabalho' utiliza transporte Público ou Próprio?

(Assinale com um X a sua opção)

Público ☐

Próprio ☐

Ambos ☐

2) Qual o tipo de veículo de transporte que utiliza?

(Assinale com um X a sua opção. No caso de não ser nenhuma das opções, escreva o tipo de veículo na opção 'outro')

Público

Metro ☐

Autocarro ☐

Comboio ☐

Outro _____

Próprio

Carro ☐

Mota ☐

Carrinha ☐

Trotinete elétrica ☐

Outro _____

Ambos ☐

Referir quais (por ex: metro e trotinete)

*No caso de o trabalhador possuir mais que um tipo de veículo, por exemplo possui carro e mota, deve ser considerado o veículo que utiliza com maior frequência

3) Quantos quilómetros (km) percorre em média para chegar ao seu local de trabalho?

(Deve considerar o trajeto mais curto e apenas a ida de casa para o trabalho)

Se a sua resposta à questão 1 foi:

- **Transporte Próprio:** continue o questionário.
- **Ambos:** continue o questionário apenas contabilizando com o veículo próprio.
- **Transporte Público:** não necessita de continuar. **Obrigada pela sua colaboração!**

4) Qual o tipo de combustível utilizado pela sua viatura?

Gasolina	☐	Híbrido	☐
Diesel (gasóleo)	☐	Elétrico	☐
Gás natural	☐		

5) Qual o consumo médio de combustível da sua viatura?

(Pode verificar esta informação no painel do veículo)

_____ (ex: 6L/100km)

6) Qual o ano do seu veículo?

(Pode verificar esta informação na matrícula do seu veículo)

_____ (ex: 2020, 2015, etc)

7) Qual a cilindrada do seu veículo?

(Pode verificar esta informação no livrete do veículo)

_____ (ex: 1200cm³, 2000 cm³, etc)

8) Quantas pessoas viajam nessa viatura nas deslocações casa trabalho?

(No caso de serem 2 ou mais pessoas, responda apenas esse número se as deslocações forem frequentes. No caso de serem pontuais, considera-se 1 pessoa a viajar no veículo)

9) Qual a norma de emissões do motor do seu veículo?

_____ (ex: euro III, euro IV, etc)

Se não sabe responder à questão anterior (questão 9) por favor indique:

- **Marca** (ex: Ford, BMW, etc): _____
- **Modelo** (ex: Focus, serie 1, etc): _____

Fim do questionário.
Muito obrigada pela sua colaboração

Anexo G - Resultados obtidos do questionário aos colaboradores

Tabela G.1 - Base de dados utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de amostras no ano de 2022.

Tipo de Combustível	Marca	Cilindrada (cm3)	Tipo de Veículo (Classificação DEFRA)	Distância anual percorrida (km)	FE (kgCO ₂ e/km)	PC/veículo (kgCO ₂ e)	PC/combustível (kgCO ₂ e)
Gasolina	Toyota Yaris	1000	Pequeno	3696	0,147	541,5	8250,2
	Fiat Palio Weekend	1242		8976		1315,2	
	Renault Clio	1200		1584		292,6	
	Nissan Micra	1000		1320		193,4	
	Mitsubishi Spacestar	1300		2376		348,1	
	Toyota Corolla	1300		9240		1353,8	
	Renault Clio	898		3854,4		564,7	
	Peugeot 108 style	998		5280		773,6	
	Rover 25	1400	Médio	4752	0,185	877,7	
	Renault Megane	1400		2851,2		526,6	
	Seat Ibiza 2002	1400		7920		1462,8	
Diesel	Opel Corsa	1248	Pequeno	7920	0,140	1108,0	36130,6
	Fiat Punto	1248		10560		1477,3	
	Renault Clio	1500	Médio	11616	0,168	1951,5	
	Renault Megane IV	1500		3168		532,2	
	Renault Twingo	1500		10560		1774,1	
	-	1500		10560		1774,1	
	Citroen C4	1600		1584		266,1	
	Renault Megane II Hatchback	1500		4065,6		683,0	

	BMW serie 1	1600		3220,8		541,1	
	Peugeot 208	1400		5808		975,8	
	Audi A3	1900		7920		1330,6	
	Renault Clio	1500		3696		620,9	
	BMW serie 3	2000		5280		887,1	
	Volvo V40 CC	2000		21120		3548,2	
	BMW Serie 1	1600		3220,8		541,1	
	-	1499		6336		1064,5	
	Renault Clio	1900		3432		576,6	
	Peugeot 2008	1560		22704		3814,4	
	Audi A1, sportback s line	1600		12672		2128,9	
	Opel Astra GTC	1700		7920		1330,6	
	Renault Clio II	1500		2164,8		363,7	
	BMW Serie 1	1500		11088		1862,8	
	Ford Focus	1600		2112		354,8	
	Citroen DS3	1600		9504		1596,7	
	Mini Clubman	1500		9504		1596,7	
	Mercedes C220	2200	Grande	13200	0,210	2765,9	
	Range Rover	2497		3168		663,8	
Híbrido	Volvo V60 plug-in híbrid D6	2400	Grande	4224	0,00032	1,4	25,0
	Mercedes 300de	3000		73920		23,7	
Pegada de carbono total das deslocações dos colaboradores da empresa (kg CO2e)							44405,8

