



Cálculo da Pegada de Carbono de uma Empresa Fornecedora de Componentes de Borracha para a Indústria Automóvel

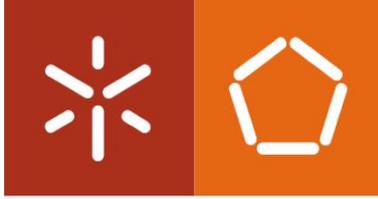
UMINHO | 2023/2024 João Francisco Nascimento Sarmento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Francisco Nascimento Sarmento

Cálculo da Pegada de Carbono de uma Empresa Fornecedora de Componentes de Borracha para a Indústria Automóvel



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Francisco Nascimento Sarmento

**Cálculo da Pegada de Carbono de uma
Empresa Fornecedora de Componentes
de Borracha para a Indústria Automóvel**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

Trabalho efetuado sob a orientação de
Paula Fernandes Varandas Ferreira

Janeiro de 2024

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

No decorrer deste estudo foi possível contar com a colaboração de diversas pessoas e entidades, sendo que gostaria de prestar os meus reconhecimentos e agradecimentos:

À empresa de acolhimento, com especial atenção ao departamento “Qualidade, Ambiente e Segurança”, mais especificamente à Rosália Matos, César Capela, Marlene Novais e à minha orientadora Vanda Vale, por terem dado a oportunidade de realizar este estudo e por me terem dado todo o apoio e ajuda na conclusão do projeto elaborado na empresa e desta dissertação.

A todas as pessoas da empresa que me receberam de braços abertos, fazendo com que a minha primeira experiência no âmbito industrial fosse a melhor. Por todo o tempo que dispensaram e paciência para prestar apoio na explicação dos processos produtivos, fornecimento de dados e esclarecimento de dúvidas.

À docente Paula Fernanda Varandas Ferreira, por aceitar o meu convite para ser minha orientadora, pela constante disponibilidade, atenção dada e pelas diversas sugestões e correções prestadas.

“Os últimos são os primeiros”, aos meus familiares e amigos, que estiveram comigo ao longo do meu percurso académico e que me apoiaram nos melhores e piores momentos. Um especial agradecimento à minha mãe, ao meu pai, à minha irmã e avós maternos por toda a educação e por nunca terem desistido de mim.

Agradecer por todas as experiências e desafios vividas. Tenho a certeza que é o fim de mais uma etapa na minha vida, mas o início de outra que sei que estou preparado para o mercado de trabalho, para abraçar novos projetos e lutar todos os dias para demonstrar evolução e vontade aprender.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Cálculo da Pegada de Carbono de uma Empresa Fornecedora de Componentes de Borracha para a Indústria Automóvel

A presente dissertação tem como principal objetivo contribuir para a redução da pegada de carbono da empresa DF – Elastomer Solutions, Lda. Foi realizado um inventário de GEE, seguindo as diretrizes do *Greenhouse Gas Protocol*, que por sua vez apresenta 5 princípios obrigatórios: aplicabilidade, integralidade, consistência, transparência e exatidão. No método de cálculo foram utilizados valores documentados de fatores de emissão, pelo que esses fatores são utilizados como forma de rácio para relacionar as emissões de GEE com os dados das atividades presentes em cada fator de emissão presente no estudo.

As emissões de GEE podem ser diretas ou indiretas, depende da sua fonte de emissão, e são divididas em três âmbitos. O âmbito 1 engloba todas as emissões diretas da empresa, neste caso todas as emissões provenientes de fontes que pertencem ou que são controladas pela empresa. No âmbito 2 são contabilizadas as emissões indiretas do consumo de eletricidade por parte da empresa nas suas instalações. Por último, no âmbito 3 estão presentes as atividades que advêm da empresa, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela mesma.

Foi elaborada uma ferramenta de cálculo das emissões de GEE aplicada à empresa. Esta ferramenta irá dar suporte à empresa na proposta de novas medidas de redução e compensação das emissões de GEE, o que permite que no futuro a gestão de informação seja documentada e partilhada com os “stakeholders”.

No presente estudo foram estimadas as emissões referentes a três anos (2017, 2021 e 2022), sendo que os anos 2021 e 2022 foram os últimos anos de registo. Deste modo, foi possível traçar medidas de melhoria e de compensação para o futuro empresarial na área da sustentabilidade.

Palavras-chave: Pegada de Carbono, Gases com Efeito de Estufa, Sustentabilidade, CO₂

ABSTRACT

Calculating the carbon footprint of a company supplying rubber components to the automotive industry

The main aim of this dissertation is to help reduce the carbon footprint of DF - Elastomer Solutions, Lda. A greenhouse gas (GHG) inventory was carried out, following the guidelines of the Greenhouse Gas Protocol, which in turn has 5 mandatory principles: applicability, completeness, consistency, transparency and accuracy. The calculation method used documented emission factor values, so these factors are used as a ratio to relate GHG emissions to the data from the activities present in each emission factor in the study.

GHG emissions can be direct or indirect, depending on their emission source, and are divided into three scopes. Scope 1 includes all the company's direct emissions, in this case all emissions from sources owned or controlled by the company. Scope 2 accounts for frequent indirect emissions from the company's consumption of electricity on its premises. Finally, Scope 3 includes other indirect emissions, which means that these are activities that come from the company, but which occur from sources that are not owned or controlled by it.

A GHG emissions calculation tool was developed for the company, which will support the company in proposing new measures to reduce and offset GHG emissions, allowing information management to be documented and shared with stakeholders in the future.

In this study, emissions were estimated for three years (2017, 2021 and 2022), with 2021 and 2022 being the last years of record. The study began in January 2023, in order to obtain figures for two consecutive years, so that it would be possible to outline improvement and compensation measures for the future of business in the area of sustainability.

Keywords: Carbon Footprint, Greenhouse Gases, Sustainability, CO₂

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	x
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	xi
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia de Investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação	4
1.5 Empresa Elastomer Solutions, Lda	5
2. Revisão Bibliográfica	7
2.1 Gases com Efeito de Estufa	7
2.2 Pegada de carbono	10
2.3 Metodologias de Inventários de GEE	11
2.4 Greenhouse Gas (GHG) Protocol	13
2.5 A pegada de carbono na Indústria automóvel – Estado da Arte	19
3. Metodologia	21
3.1 Identificação das fontes de emissão de GEE	21
3.2 Seleção dos fatores de Emissão	23
3.3 Recolha de dados da atividade	27
3.4 Aplicação da metodologia de cálculo	29
4. Apresentação e Discussão dos Resultados	33
4.1 Estimativa das Emissões Diretas (Âmbito 1)	33
4.2 Estimativa das Emissões Indiretas (Âmbito 2)	35

4.3 Estimativa das Emissões Indiretas (Âmbito 3)	36
4.3 Valor total estimado das emissões de gases com efeito de estufa.....	38
4.4 Caracterização das Emissões Segundo a sua Classificação	39
5. Medidas de mitigação	40
5.1 Implementação de painéis solares fotovoltaicos.....	40
5.2 Eliminação de resíduos - Borracha EPDM	41
5.4 Propostas de redução de emissões de GEE	45
6. Conclusão.....	46
Referências Bibliográficas.....	48
Anexo I – Folha “Parameters” da Ferramenta de cálculo.....	51
Anexo II – Folha “Results” da Ferramenta de cálculo	52
Anexo III – Folha “Trend da Ferramenta de cálculo.....	53
Anexo IV – Folha “Meetings PDCA” da Ferramenta de Cálculo	54
Anexo V – Folha de Exemplo “data collection” na Ferramenta de Cálculo.....	55
Anexo VI – Folha de Exemplo “Calculation” na Ferramenta de Cálculo.....	56
Anexo VII – Questionário realizado durante o estudo, relativo às deslocações Casa-Trabalho dos colaboradores da Elastomer Solutions.....	57
Anexo VIII – Flyer realizado pelo Autor do Estudo, com objetivo de comunicação e conclusão do estudo Internamente na empresa	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Imagem promocional da Elastomer Solutions Lda.....	5
Figura 2 - GEE listados no Protocolo de Quioto e Convenção das Nações Unidas.....	8
Figura 3 - Ilustração do tema de forma figurativa.....	10
Figura 4 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	11
Figura 5 - Esquema dos âmbitos e emissões ao longo de um ciclo de vida.....	16
Figura 6 - Etapas para identificação e cálculo das emissões de GEE.....	17
Figura 7 - Emissões por âmbito para diferentes setores.....	19
Figura 8 - Printscreen do conversor das emissões fugitivas.....	24
Figura 9 - PrintScreen da calculadora onlie utilizada para calcular as emissões diretas fugitivas.....	30
Figura 10 - Eemissões de GEE da Elastomer Solutions, de acordo com a sua classificação, nos três anos em estudo.....	39
Figura 11 - Localização dos módulos.....	41
Figura 12 - Resíduo de borracha EPDM (Purga).....	42
Figura 13 - Resíduo de borracha EPDM (Rebarba).....	42
Figura 14 - Amostra de roda produzida através de Purga da Elastomer Solutions.....	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fontes de Emissão consideradas em cada âmbito do cálculo	21
Tabela 2 - Fatores de emissão dos combustíveis fósseis.....	23
Tabela 3 - Fator de emissão utilizado para o consumo de eletricidade	24
Tabela 4 - Fatores de emissão utilizados para os transportes a montante e a jusante	25
Tabela 5 - Fator de emissão utilizado para a deslocação dos colaboradores.....	25
Tabela 6 - Fatores de emissão utilizado para as viagens em negócios.....	26
Tabela 7 - Fatores de emissão utilizados para o tratamento de resíduos	26
Tabela 8 - Registo dos equipamentos fluorados e o devido gás.....	28
Tabela 9 - Emissões provenientes da combustão estacionária	33
Tabela 10 - Emissões provenientes da combustão móvel	34
Tabela 11 - Emissões de GEE provenientes das emissões fugitivas.....	34
Tabela 12- Emissões provenientes do consumo de eletricidade	35
Tabela 13 - Emissões provenientes dos transportes e distribuição de bens a montante.....	36
Tabela 14 - Emissões provenientes dos transportes e distribuição de bens a jusante	36
Tabela 15 - Emissões provenientes da deslocação dos operadores.....	37
Tabela 16 - Emissões provenientes das viagens em negócio.....	37
Tabela 17 - Emissões provenientes do tratamento de resíduos.....	38
Tabela 18 - Valor das emissões de GEE por âmbito e na sua totalidade da Elastomer Solutions	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de Carbono

GEE – Gases Efeito de Estufa

GGP – Greenhouse Gas Protocol

HFCs – Hidrofluorcarboneto

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

N₂O – Óxido Nitroso

NF₃ – Trifluoreto de nitrogênio

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PAG – Potencial Aquecimento Global

PFCs – Compostos perfluorados

SF₆ – Hexafluoreto de enxofre

SGS – Société Générale de Surveillance

TonCO_{2eq} – toneladas de dióxido de carbono equivalente

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Os consumidores com os inúmeros problemas sociais e ambientais têm-se tornado mais conscientes da sua contribuição para uma sociedade mais sustentável. Com a criação dos “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS) das Nações Unidas (ONU) em 2015, as atividades empresariais alinharam-se com estes objetivos gerais. Os relatórios de sustentabilidade tornaram-se uma ferramenta presente no âmbito empresarial, de forma a demonstrar transparência, responsabilidade e compromisso ambiental. A procura sobre o desenvolvimento sustentável das empresas, tem vindo a aumentar devido ao impacto ambiental dos produtos e a escassez de recursos naturais pelos consumidores. Deste modo, as empresas têm impulsionado a implementação de ações para diminuir o seu impacto ambiental, com estratégias de construções de produtos mais ecológicos e disponibilizando toda a informação sobre as suas emissões ambientais. (Subramaniam et al., 2023).

No âmbito empresarial, a sua estabilidade sustentável advém do seu desempenho financeiro, social e ambiental. Sendo que, o objetivo é usar os recursos de modo eficiente e impedir consequências negativas no futuro. Não só se assiste ao aumento de regulamentações e políticas ambientais no sentido de reduzir e prevenir a deterioração do meio ambiente, como, também à crescente preocupação dos diferentes *stakeholders* nesse sentido (Cavalcanti Sá de Abreu et al., 2021).

O desenvolvimento sustentável de uma empresa pode ser transmitido de várias formas. O relatório de sustentabilidade é um exemplo de informar os interessados dos dados praticados pelas empresas, garantindo a independência, transparência, responsabilidade e compromisso individual relativamente aos dados fornecidos. A determinação da pegada de carbono é outra alternativa para as empresas, mas que pode ser aliado ao relatório de sustentabilidade de uma entidade (Subramaniam et al., 2023).

Sobre o cálculo da Pegada de Carbono, as metodologias usadas pelas organizações incluem o Greenhouse Gas Protocol (GGP, em português Protocolo de Gases de Efeito de Estufa), a norma ISO 14064-1 que engloba especificamente todas as emissões de gases de efeito estufa e o Intergovernmental Panel on Climate Change.

Com a implementação das novas metas, as empresas foram obrigadas a implementar ações sustentáveis nas suas diversas atividades e, principalmente, a obrigação em fornecer dados atualizados e verdadeiros sobre as suas emissões de CO₂.

Este estudo foi proposto pela Elastomer Solutions Lda aliado à oportunidade de realizar um estágio curricular com período de janeiro a junho de 2023. A empresa encontra-se no setor de fabricação de outros componentes para veículos automóveis, apresenta-se num mercado competitivo onde as empresas percebem que para se distinguir dos seus concorrentes têm de investir em áreas que até agora eram desconhecidas internamente. Os clientes da Elastomer Solutions (Ford, Mercedes, etc) implementaram um requisito obrigatório – partilha de informação sobre a quantificação das emissões de GEE por parte da empresa anualmente.

1.2 Objetivos

O presente trabalho foi realizado na empresa Elastomer Solutions Lda, no setor da fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis, no âmbito da unidade curricular – dissertação, para a obtenção do grau de mestre em Engenharia e Gestão da Qualidade.

O objetivo geral da dissertação é contribuir para a redução da pegada de carbono da empresa Elastomer Solutions. Para tal, foram definidos objetivos específicos para dar suporte ao objetivo principal:

1. Desenvolver um modelo e ferramenta de cálculo da pegada de carbono;
2. Aplicar o modelo de cálculo sendo 2017 o ano base de cálculo;
3. Propor estratégia de mitigação das emissões.

Os resultados obtidos apresentaram uma redução das emissões de GEE ao longo dos anos analisados, isto é, obteve-se uma redução nos resultados das emissões diretas (âmbito 1), uma redução significativa das emissões relativas ao consumo de eletricidade (âmbito 2) e uma diminuição das emissões no tratamento de resíduos (âmbito 3).

1.3 Metodologia de Investigação

A metodologia utilizada nesta investigação é denominada como *Action Research*.

O método *Action Research* terá tido o seu início nos Estados Unidos, na década de 40/50, através de Kurt Lewin. Nas décadas seguintes apareceu *Tavistock Institute*, em Inglaterra, que desenvolveu um trabalho semelhante, mas aparentemente independente.

Segundo Peter Reason e Hilary Bradbury a metodologia *Action Research* é definida como “*a participatory and democratic process concerned with the development of practical knowledge in pursuit of valuable human purposes, grounded in a participatory worldview that we believe is emerging at this historical moment. It seeks to bring together inspiration and reflection, theory and practice, in participation with others, in the search for practical solutions to issues of pressing concern to people and, more generally, to the flourishing of individuals and their communities*” (Reason & Bradbury, 2001).

O método *Action Research* não é um método singular de pesquisa, mas sim um conjunto de várias abordagens que possuem características em comum. Os autores que escreveram sobre *Action Research* concordam que existe um conjunto de 4 características presentes nesta metodologia (Peters & Robinson, 1984):

1. Orientação para a ação e para a mudança;
2. Foco no problema;
3. Processo orgânico envolvendo fases sistemáticas e interativas;
4. Colaboração entre os participantes.

Segundo Baskerville e Wood-Harper, Lewin procurou desenhar um método de investigação que possibilitasse a criação de conhecimentos e práticas com uma utilização real (Baskerville & Wood-Harper, n.d.). Este método tem o claro propósito de criar resultados relevantes e práticos, tornando a investigação relevante (Baskerville & Wood-Harper, n.d.).

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos:

O presente Capítulo 1, **“Introdução”**, apresenta uma breve introdução ao tema da dissertação, os objetivos do estudo, a metodologia de investigação utilizada, a estrutura da dissertação e uma apresentação da empresa onde foi realizado o estudo.

O Capítulo 2, **“Revisão Bibliográfica”**, é realizado um enquadramento inicialmente ao tema “Gases com efeito de estufa”, de seguida ao tema “Pegada de carbono” com apresentação de três metodologias de Inventários de GEE, e, por último, é realizado um enquadramento relativamente à pegada de carbono na indústria automóvel.

O Capítulo 3, **“Metodologia”**, descreve-se o procedimento e todos os passos realizados para o cálculo das emissões de GEE.

O Capítulo 4, **“Apresentação e Discussão dos resultados”**, consiste na apresentação dos resultados obtidos nos três anos calculados, inicialmente específico para cada âmbito, de seguida na sua totalidade e, por último, caracterizar os 3 âmbitos e perceber qual a sua classificação nas emissões totais da empresa.

O Capítulo 5, **“Medidas de Mitigação”**, descreve trabalho futuro que pode ser realizado e medidas de mitigação que estão a ser desenvolvidas ou que podem vir a ser desenvolvidas futuramente por parte da Elastomer Solutions em algumas atividades no combate da redução de emissões de GEE.

Por fim, o Capítulo 6, **“Conclusão”**, são apresentadas as principais conclusões deste estudo, os fatores que limitaram o desenvolvimento deste projeto, bem como o trabalho a desenvolver futuramente.

1.5 Empresa Elastomer Solutions, Lda

A Elastomer Solutions, Lda, iniciou a sua atividade em 1974 pelo grupo Diehl Elastomertechnik, sendo que em 2009 a Mutares Ag adquiriu a empresa, trocando o nome para Elastomer Solutions. Neste momento estão localizados em cinco localidades, quatro de produção (Portugal-sede, Marrocos, México e Eslováquia) e uma Design/Desenvolvimento interno (Alemanha) (Vale, 2023).

A Figura 1 apresenta uma imagem promocional da Elastomer Solutions, com destaque para o termoplástico.



Figura 1-Imagem promocional da Elastomer Solutions Lda (Vale, 2023)

A Elastomer Solutions é fornecedora líder de componentes de borracha, termoplásticos e borracha com plástico (2K) para a indústria automóvel.

Os clientes da Elastomer Solutions encontram-se em diferentes níveis: *tier 1*, *tier 2* e OEM. O principal objetivo é o desenvolvimento e produção de peças poliméricas de acordo com os requisitos específicos dos clientes. Uma das principais preocupações da empresa é assegurar relações sustentáveis e de confiança com todos os clientes e *stakeholders*, fornecendo soluções inovadoras e provendo a excelência (Vale, 2023).

Esta organização consegue diferenciar-se em relação à maior parte dos concorrentes devido à capacidade de Design/Desenvolvimento Interno que se realiza no centro de desenvolvimento técnico na Alemanha. A avaliação por parte dos clientes é atribuída com a máxima pontuação pela qualidade ao longo da vida útil do produto.

Quanto às certificações, a empresa inclui a IATF 16949: Sistema de gestão da qualidade automóvel; ISO 9001: Sistema de gestão da qualidade; ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental; ISO 45001: Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacionais. Todas estas certificações estão presentes nas 4 fábricas de produção, como mencionado anteriormente (Vale, 2023).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gases com Efeito de Estufa

Todos os habitantes do planeta Terra partilham um bem em comum - atmosfera, sendo que todas as consequências negativas são provenientes de ações individuais e coletivas, sentidas globalmente. Estão presentes diversas causas que afetam a atmosfera, destacando-se a poluição do ar provocada pela emissão de compostos gasosos nocivos, que atuam individualmente, ou por intermédio de reações químicas, que atuam negativamente no meio ambiente e na saúde (Putt del pino et al., 2006).

Os gases mencionados anteriormente podem ser denominados como Gases com Efeito de Estufa (GEE) ou como poluentes atmosféricos, principal diferença é justificada pelo tipo de consequência emitida ser distinta. Os GEE concentram-se na atmosfera, formando uma camada que impede que o calor gerado pelos raios solares seja dissipado para o espaço, provocando assim o denominado aquecimento global, enquanto os poluentes atmosféricos causam efeitos diretamente na saúde humana, das plantas e dos animais, provocam a degradação de prédios e infraestruturas, entre outros (Putt del pino et al., 2006).

Foram listados os GEE no Protocolo de Quioto e na Convenção_Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, como gases naturais presentes na atmosfera responsáveis por absorver a radiação infravermelha (Reichle, 2023). A Figura 2 apresenta os GEE listados no Protocolo de Quioto e Convenção das Nações Unidas, bem como as variadas fontes de emissão.

Estão descritos de seguida os GEE listados:

- Dióxido de Carbono (CO_2);
- Metano (CH_4);
- Óxido Nitroso (N_2O);
- Hidrofluorcarbonetos (HFCs);
- Perfluorcarbonetos (PFCs);
- Hexafluoreto de Enxofre (SF_6);
- Trifluoreto de Azoto (NF_3).

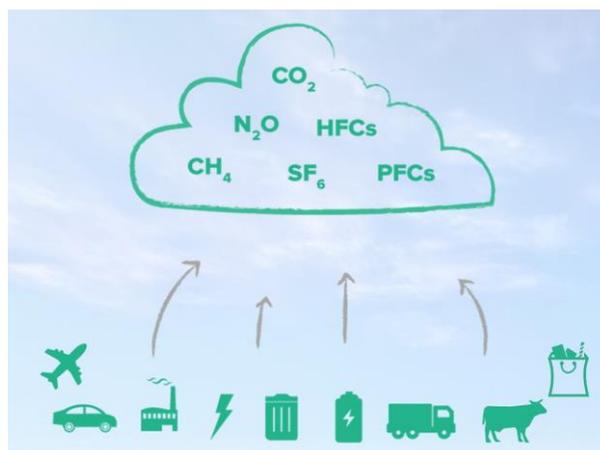


Figura 2 - GEE listados no Protocolo de Quioto e Convenção das Nações Unidas (Master Ambiental, 2018)

O Potencial de Aquecimento Global (PAG) é definido como a medida de energia absorvida por 1 tonelada de determinado gás, tendo como referência a emissão de 1 tonelada de CO_2 . Um exemplo prático, a emissão de 1 tonelada de metano, equivale à emissão de 25 toneladas de CO_2 , para efeitos do impacto sobre o aquecimento global, conclui-se que o PAG do metano é de 25 (Chang et al., 2023).

As alterações climáticas são definidas como variações nos padrões climáticos, que ocorrem a longo prazo, e são consequentes dos aumentos de temperatura da Terra (Gregory, 2022). Essas alterações são visíveis com o decorrer dos anos em relação à temperatura, precipitação, humidade, vento e estações do ano, impactando os ecossistemas e as economias que deles dependem. O agravamento das alterações climáticas e do aquecimento global tem vindo a influenciar negativamente o desenvolvimento sustentável, afetando a produção de alimentos e a polinização, a disponibilidade de água para consumo e irrigação, a saúde humana e as condições de vida e, consequentemente, o desenvolvimento natural dos ecossistemas (Gurfinkel Marques de Godoy, 2013). O CO_2 é responsável por cerca de 60% do aquecimento global mundial, apresentando uma concentração na atmosfera 40% superior à concentração no início da era industrial (APA, 2019).

A atual temperatura do planeta está cerca de $0,85\text{ }^\circ\text{C}$ superior à do século XIX, sendo que cada uma das três últimas décadas teve uma temperatura superior a qualquer outra década desde 1850 (ano em que começaram a existir registos). Os seguintes fatores apresentados têm contribuído para o aumento mencionado anteriormente (APA, 2019):

- Queima de carvão, petróleo ou gás, produzindo CO_2 e N_2O ;
- Desflorestação (as árvores ajudam na regulação do clima através da absorção do CO_2 presente na atmosfera);

- Aumento da atividade pecuária (as vacas e as ovelhas produzem elevadas quantidades de CH₄ durante a digestão dos alimentos);
- Utilização de fertilizantes que contêm azoto e levam à produção de emissões de N₂O;
- Os gases fluorados têm um elevado efeito de aquecimento (podendo ser 23 000 vezes superior ao do CO₂), contudo são libertados em pequenas quantidades e têm vindo a ser eliminados gradualmente ao abrigo da regulamentação da EU.

O aquecimento do sistema climático é inequívoco, verificando-se, desde a década de 1950, diversas mudanças inéditas, desde o aquecimento da atmosfera e do oceano, à diminuição das quantidades de neve e de gelo e ao aumento do nível do mar. Estas mudanças climáticas tiveram e continuarão a ter impactos generalizados tanto no sistema humano como no sistema natural, sendo identificadas como uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta e a humanidade enfrentam na atualidade (Ring et al., 2012).

Devido a este panorama, sucedeu-se um decorrer de marcos importantes ao longo dos anos. Em 1992, foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), instituindo princípios básicos para o combate internacional às alterações climáticas. No ano de 1997 surgiu o Protocolo de Quioto onde foram estabelecidas metas quantificadas de limitação ou redução de emissões para cada Estado-Membro (Ring et al., 2012).

Em 2005, entrou em vigor o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) e em 2015 foram definidos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e foi assinado um tratado mundial designado de Acordo de Paris (APA, 2019).

Ocorreu em 2016 a Conferência das Nações Unidas em Marraquexe (COP22), Portugal comprometeu-se a atingir a neutralidade carbónica até ao ano de 2050, ou seja, alcançar um balanço neutro entre as emissões de GEE e o sequestro de carbono, traçando assim uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional. Para isso ser possível, o país terá de apresentar uma redução das suas emissões em mais de 85% relativamente às emissões de 2005 e uma capacidade de sequestro de carbono de cerca de 12 milhões de toneladas (Presidência do Conselho de Ministros, 2020).

2.2 Pegada de carbono

Face às ameaças das alterações climáticas e a crescente emissão de gases com efeito de estufa na atmosfera, a pegada de carbono surge como uma ferramenta de cálculo da quantidade de CO₂ que é emitida direta ou indiretamente, por uma organização, cidade, família, etc. A Figura 3 apresenta a ilustração do tema “Pegada de Carbono”.



Figura 3 - Ilustração do tema de forma figurativa (Naeco, 2021)

O interesse na quantificação da pegada de carbono aumentou, devido à mudança do *mindset* por parte da sociedade e a respetiva preocupação no combate do fenómeno das alterações climáticas, nomeadamente o aquecimento global. Deste modo, sendo que foi reconhecido por parte da sociedade no geral que é necessário reduzir as emissões de GEE, conclui-se que as diferentes entidades estão a assumir as suas responsabilidades ao nível ambiental (Galli et al., 2012).

O interesse das empresas na quantificação das suas emissões de GEE, advém frequentemente de um requisito do cliente. Os valores calculados permitem apoiar a tomada de decisão da empresa, no sentido de reduzir as suas emissões, e, obter vantagens comerciais por apresentar uma postura ambiental e sustentável com o futuro ambiente que todos nós partilhamos (Galli et al., 2012).

O primeiro passo para quantificar as emissões passa por definir o tipo de emissões que serão calculadas e o limite claro das fontes de emissão consideradas em cada âmbito do cálculo. A próxima etapa é a recolha de dados da atividade relativo a cada fonte de emissão e da pesquisa dos respetivos fatores de emissão. Existem dois tipos de cálculo de pegada de carbono que uma empresa pode considerar – a pegada de carbono da empresa na totalidade das suas atividades (como é o caso do presente estudo); a pegada referente a produtos e serviços, recorrendo a diferentes formatos de metodologias de cálculo (Barbosa, 2021).

Em 2015 foi definida a Agenda 2030 no combate a um Desenvolvimento Sustentável, adotada por todos os Estados-Membros das Nações Unidas, onde o objetivo é definir as prioridades e aspirações globais à volta de um conjunto de objetivos e metas comuns. São 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com 5 diferentes categorias (Pessoas, Planeta, Parcerias, Paz, Prosperidade), mas todas com o mesmo objetivo de apelar uma urgente ação por parte de todos os países. A Figura 4 apresenta os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os coloridos representam o Planeta. O objetivo 13 – “Combate às Alterações Climáticas”, referente à pegada de carbono, onde o principal objetivo passa pelo combate às alterações climáticas e os seus impactos negativos (Development Business Council for Sustainable, 2022).



Figura 4 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Development Business Council for Sustainable, 2022)

2.3 Metodologias de Inventários de GEE

Estão disponíveis algumas metodologias de contabilização das emissões de gases com efeito de estufa. A sua utilização deve ser estudada na empresa, visto que algumas são relativas a setores específicos e outras podem ser aplicáveis a todos os setores. As metodologias a seguir descritas estão de acordo com as diversas metodologias que podem consolidar as emissões de GEE, sendo que se destacam as seguintes (APA, 2019):

1. *Greenhouse Gas (GHG) Protocol;*
2. *ISO 14064-1;*
3. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).*

Greenhouse Gas (GHG) Protocol

O *Greenhouse Gas Protocol* foi desenvolvido em 1998, pelo *World Resources Institute* e pelo *World Business Council for Sustainable Development*, com o objetivo de incorporar e desenvolver as normas e diretrizes, internacionalmente aceites, de monitorização e comunicação das emissões de GEE e promover a sua importância a nível global. Este método é a imagem de quantificação de emissões, compatível com a norma *ISO 14064 – 1* (Hickmann, 2017).

ISO 14064 – 1

A norma internacional 14064-1 tem como missão fornecer à indústria e ao governo um aglomerado de ferramentas para o desenvolvimento de futuros programas focados na redução das emissões de GEE e é dividido em 3 partes (SGS) (*Société Générale de Surveillance SA*, n.d.):

“Parte 1 – Apresenta os requisitos para a conceção e a elaboração de inventários de organizações ou em agências de GEE;

Parte 2 – Especifica os requisitos discriminados para a quantificação, o acompanhamento e a emissão de relatórios relacionados com reduções de emissões e melhorias na redução de projetos de GEE;

Parte 3 – Faculta os requisitos e as orientações para a validação e verificação de informações relativas aos GEE (sendo aplicável a organismos de certificação).”

A implementação desta norma apresenta vantagens às organizações (APA, 2019):

- Promover consistências, transparência e credibilidade na quantificação, reporte e redução das emissões de GEE;
- É possível identificar recursos e riscos associados aos GEE;
- Facilita os créditos para as emissões aos GEE;
- É importante porque ajuda a apoiar projetos e programas com a missão de reduzir os GEE;
- Desenvolver mecanismos internos para a quantificação, gestão e comunicação das emissões de GEE;
- Interagir com as partes interessadas de forma a construir uma ligação de confiança;
- Com os resultados obtidos é possível implementar estratégias de gestão de GEE e de melhorias futuras;
- Obter um maior controlo e acompanhamento da atividade da empresa, de forma obter maior informação e poder evoluir de forma positiva.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

O IPCC, de tradução Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas, foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a sua missão é fornecer aos governos toda a informação científica que possa ser útil para desenvolver políticas climáticas (Bastianoni et al., n.d.).

O IPCC concentra-se na realização de um relatório com o resumo do conhecimento científico relativo às mudanças climáticas. O relatório apresenta-se dividido em três grupos de trabalho (APA, 2019):

- O Grupo 1 relativo às bases das ciências físicas das mudanças climáticas. A propriedade de cada elemento do sistema climático é descrita neste grupo, onde são elaborados estudos de processos biogeoquímicos e a análise e projeções originadas da aplicação de modelos climáticos.
- O Grupo 2 direciona os impactos das mudanças climáticas, adaptação e vulnerabilidade. Apresenta uma abordagem detalhada sobre as consequências das mudanças climáticas, sejam negativas ou positivas, e sobre as alternativas de adaptação.
- O Grupo 3 relativo à mitigação das mudanças climáticas, apresenta possíveis abordagens para a redução das emissões de GEE e refere que as atividades e as tecnologias são capazes de eliminar o carbono presente na atmosfera. Para além disso, é possível avaliar os custos e os benefícios das abordagens consideradas, juntando os instrumentos, medidas e políticas disponíveis, respondendo aos diversos setores da economia, por exemplo a energia, transporte e agricultura.

2.4 Greenhouse Gas (GHG) Protocol

O *Greenhouse Gas Protocol* está disponível para empresas, como também para organizações (universidades, associações, agências governamentais, entre outros), cujo interesse de contabilização das emissões de GEE e objetivo de reduzir esteja presente em qualquer entidade descritas anteriormente (Institute & Sustainable Development, 2022). Acrescentando a isso, pode ser utilizado de uma forma referencial do reporte de GEE realizado, que não apresentam requisitos específicos nem legais para a criação do relatório de sustentabilidade. Pela informação disponibilizada ser gratuita e de fácil acesso, muitas empresas utilizam o *GHG Protocol* como referência na realização dos seus projetos de contabilização das suas emissões de GEE, tal como acontece com a Elastomer Solutions, Lda.

O “*GHG Protocol Initiative*” é composto por duas normas, com ligação entre si (Institute & Sustainable Development, 2022):

1. O “*GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*” – Documento para as empresas se guiarem na quantificação e comunicação das duas emissões de GEE;
2. O “*GHG Protocol Project Quantification Standard*” – Guia para como quantificar as reduções de projetos de mitigação de GEE.

2.4.1 Princípios de registo do Inventário

A monitorização de GEE deve ser realizada segundo alguns princípios, de modo a apoiar o controlo e o registo das emissões com o objetivo da informação reportada nos inventários de GEE seja correta e represente corretamente com atividade da empresa (Portucel Soporcel, n.d.). Seguidamente os princípios abordados anteriormente são os seguintes:

1. Relevância – É necessário selecionar dados e métodos apropriados à avaliação de emissões e remoções do sistema em estudo;
2. Integridade – Incluir todas as emissões e remoções relevantes;
3. Consistência – Pressupostos, métodos e dados aplicados da mesma forma em todo o estudo;
4. Exatidão – Quantificação precisa, verificável, relevante e não enganosa. É importante reduzir desvios e incertezas tanto quanto possível;
5. Transparência – Divulgar informações de forma aberta, abrangente e compreensível.

A prática destes princípios deve ser assegurada pela própria entidade responsável, tendo consciência que qualquer infração de informação pode ser prejudicial tanto a nível interno como a nível externo (Portucel Soporcel, n.d.).

2.4.2 Definição dos limites organizacionais

As atividades de uma empresa variam dependendo das suas estruturas legais e organizacionais, sendo fundamental estabelecer os limites organizacionais, de forma a definir uma abordagem para a consolidação das emissões de GEE.

Segundo o Protocolo de GEE, existem duas abordagens ímpares para consolidar as emissões de GEE, nomeadamente: abordagem de participação de capital; abordagem de controlo.

A abordagem de participação de capital é selecionada quando uma entidade regista as emissões de GEE que decorrem nas suas operações, conforme a sua participação de capital na operação. Relativamente à abordagem de controlo a entidade responde pela totalidade das emissões de GEE, neste caso das operações que controla a 100% (Portucel Soporcel, n.d.).

Contudo, uma entidade deter o controlo operacional não significa que tenha, necessariamente, autoridade para tomar todas as decisões relativas a uma dada operação. Ter controlo operacional significa que a entidade tem autoridade para praticar as suas políticas operacionais, mas pode não ter força para tomar decisões a nível de operações que envolvam um grande investimento financeiro.

Deste modo, tendo em conta as duas abordagens de consolidação das emissões de GEE, para o caso de estudo foi escolhida a abordagem de participação de capital. A empresa Elastomer Solutions considera que quer contabilizar as operações que participa com o próprio capital. A escolha partiu da abordagem que irá ser realizada principalmente no âmbito 3, onde por exemplo nos transportes de distribuição dos bens a jusante e a montante só vão ser considerados os transportes de responsabilidade de contratar por parte da Elastomer Solutions. Outro exemplo é o tratamento dos resíduos que não é realizado internamente, a empresa paga pelo serviço prestado por parte de outra entidade (Portucel Soporcel, n.d.)

Como é possível verificar pelos exemplos apresentados anteriormente, a empresa só considera as operações que participa, com capital, porque não apresenta controlo total sobre o processo que irá ser realizado.

2.4.3 Definição dos limites operacionais

Os limites operacionais são necessários estabelecer por parte da empresa, o que implica a identificação das emissões associadas às suas operações bem como a sua classificação em emissões diretas ou indiretas. Desta forma, as emissões diretas são aquelas que são provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização em questão, e as emissões indiretas são consequência das atividades da entidade, mas que ocorrem em fontes que pertencem ou são controladas por outras entidades.

As empresas têm se focado na redução de emissões relativamente ao âmbito 1 nas emissões diretas e âmbito 2 na compra de energia. A quantificação e redução de emissões indiretas a montante e a jusante da empresa geralmente representam a maior parte das emissões de GEE, sendo importante ter em consideração as atividades do âmbito 3 e obter os dados mais próximos da realidade (Siegl, 2023).

Neste sentido, para ajudar a identificação de todas as emissões diretas de Gases de Efeito de Estufa, o *GHG Protocol* estabelece três âmbitos:

- Âmbito 1, onde são colocadas todas as emissões diretas de GEE, por outras palavras, são identificadas todas as emissões que são provenientes de fontes que pertencem ou que são controladas pela empresa, como por exemplo as emissões de combustão de chaminés, geradores, veículos da empresa, etc (Chew et al., 2023).
- Âmbito 2, são colocadas todas as emissões indiretas de GEE frequentes do consumo de eletricidade, devem ser contabilizadas todas as emissões provenientes da eletricidade adquirida consumida pela empresa nas suas operações, visto que as emissões ocorrem fisicamente onde a eletricidade é gerada (Marks et al., 2004).
- Âmbito 3, engloba todas as outras emissões indiretas decorrentes da atividade da empresa. Isto significa que as emissões do âmbito 3 advêm da atividade da empresa, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controlados pela mesma, como por exemplo viagens em negócios de veículos que não são responsabilidade da empresa. De referir que segundo o Protocolo GEE, este âmbito é uma categoria opcional, pelo que as empresas devem contabilizar unicamente as categorias de emissão que sejam relevantes para a atividade da empresa (Cihat Onat et al., 2014).

A figura 5 apresenta um exemplo de esquema dos âmbitos e emissões ao longo de um ciclo de vida de uma empresa/organização (Institute & Sustainable Development, 2022).

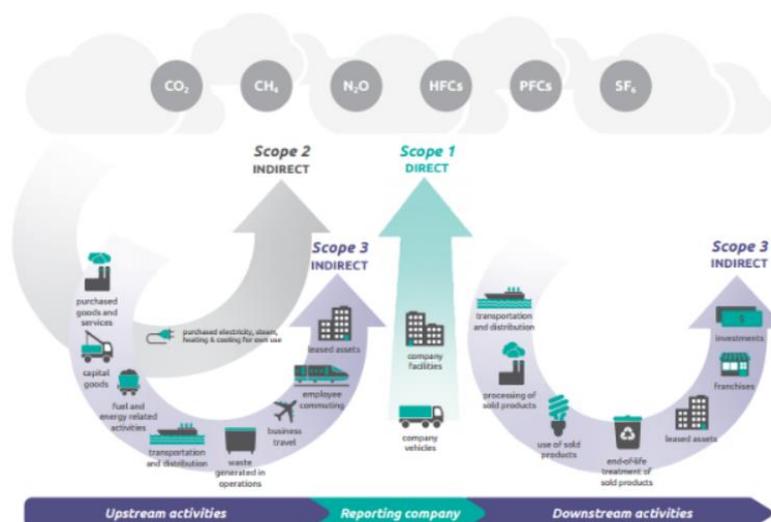


Figura 5-Esquema dos âmbitos e emissões ao longo de um ciclo de vida

2.4.4 Cálculo das Emissões de Gases com Efeito de Estufa

Para a quantificação das emissões de GEE de uma forma correta, as empresas devem seguir alguns passos, de forma a obter um resultado completo e realista. A Figura 6 apresenta todas as etapas para a identificação e cálculo das emissões de GEE.



Figura 6-Etapas para identificação e cálculo das emissões de GEE

O início do processo passa por identificar as fontes de emissão a ser consideradas no cálculo, as emissões diretas (âmbito 1), emissões indiretas do consumo de eletricidade (âmbito 2) e, por último, as outras emissões indiretas (âmbito 3) (Azarkamand et al., 2020).

Relativamente à metodologia de cálculo, são idealizados dois tipos de abordagem para quantificar as emissões de GEE, nomeadamente: abordagem de fator de emissões e método de balanço de massa.

A abordagem do fator de emissões é utilizada quando um processo de cálculo apresenta combustíveis e materiais que estão diretamente relacionados com as suas emissões. O método de balanço de massa é quantificado pela diferença de GEE que incorpora o processo em matéria-prima, pela quantidade que sai do processo, via produtos que corresponde aos GEE libertados na atmosfera (Azarkamand et al., 2020).

A abordagem do fator de emissões foi a escolhida, visto que as emissões que a empresa apresenta estão todas relacionadas com a utilização de combustível e material nos diversos processos da empresa. De uma maneira geral, pode ser medido como ilustrado na Equação (1) (Faria de Assis & D'Agosto, 2020).

$$\text{Dados de Atividade} \times \text{Fator de Emissão} = \text{Emissão de GEE (tCO}_2\text{eq)}$$

(1)

As empresas são livres de utilizar ferramentas de cálculo fornecidas no *site* [Homepage | GHG Protocol](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_protocol_port) (https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_protocol_port) do *GHG Protocol*, ou construir internamente a sua própria ferramenta, desde que estejam em conformidade com as abordagens mencionadas anteriormente.

A recolha de dados deve englobar as várias operações que são consideradas no cálculo, podendo ser necessário entrar em contacto com os *stakeholders*, de forma a obter os dados relativos às emissões indiretas (âmbito 3). A seleção dos fatores de emissão foi definida pela empresa, sendo que deve ser realizado uma pesquisa consoante a atividade da empresa em questão. Na seleção dos fatores de emissão, a empresa deve fazer uma pesquisa para selecionar os fatores de emissão, visto que existem fatores de emissão que alteram consoante a localização (Faria de Assis & D'Agosto, 2020).

Ao longo do tempo, as empresas podem necessitar de monitorizar as suas emissões devido a várias razões, tais como (Faria de Assis & D'Agosto, 2020):

- Reportar publicamente;
- Definir metas de compensação e redução de emissões de GEE;
- Gestão de riscos;
- Responder a requisitos de clientes;
- Redução de custos;
- Entre outros.

Inicialmente a empresa deve avaliar o seu histórico de emissões de GEE (avaliação dos valores calculados no ano base), salientando que o ano base não deve apresentar valores anormais, devido a fatores fora de controlo da empresa (exemplo: Covid19). Posteriormente a ter calculado as emissões de GEE para os presentes anos, é capaz de comparar os resultados atuais com os do ano base, tendo a capacidade de entender quais as atividades em que a empresa pode intervir na redução das emissões de GEE e evoluir de forma sustentável.

2.5 A pegada de carbono na Indústria automóvel – Estado da Arte

A sociedade em geral, durante a última década, preocupou-se em melhorar questões relacionadas com as mudanças climáticas. Deste modo, em resposta ao aumento dos desafios das mudanças climáticas, nos últimos 10 anos, a indústria automóvel sofreu uma pressão para que fossem tomadas medidas para diminuir as emissões de GEE e melhorar a eficiência dos motores nos veículos produzidos.

É essencial fazer uma identificação e contabilização correta das emissões diretas e indiretas de carbono. É importante que as empresas considerem as emissões indiretas de carbono para obterem uma análise da pegada de carbono completa, de forma a melhorar os processos internos e os processos externos por parte dos fornecedores e clientes (Lee, 2011). A Figura 7 apresenta a média percentual que cada âmbito representa nos diferentes ramos industriais. Observando os valores relativos à indústria automóvel e seus componentes, 87% corresponde às emissões indiretas de âmbito 3, 3% são emissões diretas de âmbito 1 e os restantes 10% relativo ao consumo energético de âmbito 2 (Dados fornecidos pela empresa).



Figura 7 - Emissões por âmbito para diferentes setores

Para a União Europeia as questões climáticas não são novidade e foram tomadas uma série de medidas no âmbito de um desenvolvimento sustentável e uma diminuição de emissões de carbono. Medidas essas lideradas pela Comissão Europeia, com a participação dos Estados-Membros, através do regulamento 443/2009 relativo a normas de emissão de CO₂ para automóveis de passageiros e comerciais ligeiros emitido em 2009 e posto em prática oficialmente em 2012. Em abril de 2019 houve uma atualização do regulamento e oficializado como 2019/631, implementado em janeiro 2020, com o objetivo de haver uma redução de emissões de CO₂ em 15% para automóveis de passageiros e comerciais ligeiros em 2025 (Zhang et al., 2023).

O desenvolvimento de veículos elétricos fez com que se registasse um aumento de vendas de 3% em 2019 para 10% em 2022, face às políticas de incentivo ao consumidor por parte de todos os estados-membros na compra de veículos elétricos por registarem valores de CO₂ inferiores comparando com os veículos a combustão (Zhang et al., 2023).

3. METODOLOGIA

A realização de uma gestão de emissões é um conjunto de etapas que envolve a identificação, caracterização e determinação dos vários tipos de emissão. Neste trabalho foi elaborado um modelo que visa sistematizar as diversas fontes de emissão de GEE provenientes da atividade da Elastomer Solutions. Desta forma, desenvolveu-se uma metodologia, exclusiva da empresa, de identificação e cálculo dos GEE emitidos nas diferentes atividades para os anos 2017, 2021 e 2022.

O trabalho realizado passou pelo seguinte procedimento:

- i. Identificar as fontes de emissões de GEE consideradas no cálculo em cada âmbito;
- ii. Selecionar os fatores de emissões utilizados no cálculo para cada fonte de emissão;
- iii. Recolha de dados da atividade;
- iv. Aplicação da metodologia de cálculo.

A seleção dos anos de cálculo foi uma decisão interna da empresa, sendo que qualquer informação adicional é restrita e confidencial.

3.1 Identificação das fontes de emissão de GEE

A Tabela 1 apresenta as Fontes de Emissão que foram consideradas em cada âmbito, nos três anos.

Tabela 1 - Fontes de Emissão consideradas em cada âmbito do cálculo

Âmbito	Fontes de Emissão
Âmbito 1	<ul style="list-style-type: none">○ Emissões diretas da combustão estacionária;○ Emissão diretas da combustão móvel;○ Emissões diretas fugitivas;
Âmbito 2	<ul style="list-style-type: none">○ Uso de energia elétrica;
Âmbito 3	<ul style="list-style-type: none">○ Transporte e distribuição de bens a montante;○ Transporte e distribuição de bens a jusante;○ Deslocações de colaboradores;○ Viagens de negócios;○ Emissões da eliminação de resíduos.

Relativamente às fontes de emissão consideradas no âmbito 1, resultam diretamente da atividade da Elastomer Solutions, sendo controladas por ela mesma.

- As emissões diretas da combustão estacionária são provenientes da queima de combustível por parte de um equipamento estacionário nas instalações da Elastomer Solutions;
- As emissões diretas da combustão móvel resultam da queima de combustível, neste caso trata-se do consumo de combustível fóssil utilizado em veículos de propriedade da empresa;
- As emissões diretas fugitivas são geralmente consideradas não intencionais ou intencionais de gases de efeito de estufa para a atmosfera, por exemplo por parte de *chillers* ou ar condicionados que emitem gases fluorados na sua utilização.

No âmbito 2, as emissões são indiretas e provêm do uso da energia elétrica na empresa. O cálculo será realizado segundo a metodologia *location based*.

Relativamente às fontes de emissão consideradas âmbito 3, resultam de atividades onde as emissões são classificadas com indiretas para a Elastomer Solutions.

- As emissões associadas aos transportes tanto a jusante como a montante. Internamente, foi decidido pela empresa Elastomer Solutions considerar unicamente os transportes que a empresa é responsável por contratar;
- As emissões associadas às deslocações dos colaboradores com veículos pessoais. Para estimar estas emissões foi elaborado um questionário que permitiu contabilizar o número de quilómetros efetuados num dia de trabalho no percurso (casa-trabalho) para cada colaborador;
- As emissões associadas às viagens em negócios realizadas anualmente;
- As emissões resultantes da eliminação dos resíduos criados pela empresa, estão presentes duas entidades pelo tratamento dos resíduos. A Elastomer Solutions selecionou os resíduos pelo critério da quantidade, e, de seguida, pelo perigo que apresentam. Foram contactadas as duas entidades, de forma a obter informação relativa ao tratamento que é realizado para cada resíduo.

3.2 Seleção dos fatores de Emissão

Nos pontos seguintes são apresentados os fatores de emissão para cada fonte de emissão, com o objetivo de calcular as emissões de GEE.

3.2.1 Âmbito 1

Combustão Estacionária e Combustão Móvel

A Tabela 2 apresenta os Fatores de emissão dos combustíveis fósseis utilizados pela Elastomer Solutions. A tabela 2 é composta por 3 colunas – tipo de combustível, fator de emissão e fonte. Os valores apresentados referem-se aos 3 anos de cálculo.

Tabela 2 - Fatores de emissão dos combustíveis fósseis

Tipo de combustível	Fator de emissão	Fonte
Gasóleo	74,1 kg CO ₂ e/GJ	(APA, 2013)
Gasolina	73,7 kg CO ₂ e/GJ	(APA, 2013)

Emissões fugitivas

A Agência Portuguesa do Ambiente disponibiliza online uma calculadora onde é possível calcular as emissões de GEE dos diversos gases fluorados. Desta forma, o fator de emissão é determinado ao escolher qual o gás fluorado pretendido. A Figura 9 representa um *printscreen* do conversor online (disponibilizado pela APA), utilizado para quantificar as emissões fugitivas, obtido em APA.

Gases Fluorados – Conversor de unidades

Calcular carga de fluido em ton de equivalente de CO2

1° Escolher	→	<input type="text" value="Gás fluorado"/>	<input type="text" value="v"/>
2° PAG	→	<input type="text" value="Potencial de Aquecimento Global (PAG)"/>	<input type="text"/>
4° Emissões de	→	<input type="text" value="Carga (Kg)"/>	<input type="text"/>
tonC2eq	→	<input type="text" value="Carga (ton CO2e)"/>	<input type="text"/>

3° Carregar para calcular



Figura 8-Printscreen do conversor das emissões fugitivas (APA, 2023)

3.2.2 Âmbito 2

Para o âmbito 2, determinaram-se os fatores de emissão associados ao uso de energia elétrica nas instalações da Elastomer Solutions (PT), tendo-se obtido o valor do fator de emissão para a rede elétrica nacional através da consulta do documento “Fator de Emissão da Eletricidade – 2022” por parte da Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

O método “*Location based*” foi o utilizado neste estudo, visto que se pretende calcular apenas as emissões de carbono da rede elétrica através da localização da Elastomer Solutions (Portugal continental). A Tabela 3 apresenta os fatores de emissão associados ao consumo de eletricidade, 0,338 tCO₂e /MWh corresponde ao fator de emissão utilizado para o ano de 2017 e 0,175 tCO₂e /MWh para os restantes dois anos, obtido em APA.

Tabela 3 - Fator de emissão utilizado para o consumo de eletricidade

Tipo de combustível	Fator de Emissão	Fonte
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> • 0,338 tCO₂e/MWh (2017) • 0,175 tCO₂e/MWh (2021 e 2022) 	(APA, 2022)

3.2.3 Âmbito 3

No âmbito 3, determinaram-se os fatores de emissão relativos às emissões indiretas de GEE, seguidamente apresentados:

- Transportes e distribuição de bens a montante e a jusante;
- Deslocação dos colaboradores;
- Viagens de negócios;
- Eliminação de resíduos.

Transporte e distribuição de bens a jusante e a montante

Os fatores de emissão praticados ao quantificar as emissões dos transportes e distribuição de bens a montante e a jusante estão divididos em dois tipos de transportes utilizados: veículo pesado terrestre e marítimo. Neste estudo, só foram registados transportes terrestres, mas para trabalho futuro e/ou para o cálculo nas restantes localizações da empresa o transporte marítimo poderá estar presente. A Tabela 4 apresenta os fatores de emissão que foram selecionados, obtidos na ferramenta *Ecoinvent*.

Tabela 4 - Fatores de emissão utilizados para os transportes a montante e a jusante

Tipo de transporte	Fator de Emissão	Fonte
Veículo pesado	0,17 Kg CO ₂ /metric ton.km	(Ecoinvent, n.d.-a)
Marítimo	0,0094 Kg CO ₂ / metric ton.km	(Ecoinvent, n.d.-a)

Deslocação dos colaboradores

A Tabela 5 apresenta o fator de emissão utilizado para calcular as emissões alusivo à deslocação dos colaboradores. O valor selecionado representa um valor médio, não considera se o veículo é a gasóleo, gasolina ou elétrico.

Tabela 5 - Fator de emissão utilizado para a deslocação dos colaboradores

Tipo de transporte	Fator de Emissão	Fonte
Veículo de passageiro	0,33 KgCO ₂ e/km	(Ecoinvent, n.d.-a)

Viagens em negócios

No que concerne aos fatores de emissão associados às “Viagens em negócios” efetuados pelos colaboradores da Elastomer Solutions, considerou-se dois tipos de transporte. A Tabela 6 apresenta os fatores de emissão por tipo de transporte, obtidos na ferramenta “Ecoivent”.

Tabela 6 - Fatores de emissão utilizado para as viagens em negócios

Tipo de transporte	Fator de Emissão	Fonte
Avião	0,11 KgCO ₂ e(person.km)	(Ecoivent, n.d.-a)
Comboio	0,07 KgCO ₂ e(person.km)	(Ecoivent, n.d.-a)

Eliminação dos resíduos

Os fatores de emissão provenientes da eliminação dos resíduos diferem consoante o tipo de operação que é realizada. A Tabela 7 apresenta para cada tipo de resíduo um fator de emissão, que advém do tipo de tratamento que é praticado na sua eliminação, os fatores de emissão foram obtidos na ferramenta “Ecoivent”.

Tabela 7 - Fatores de emissão utilizados para o tratamento de resíduos

Tipo de Resíduo	Fator de emissão	Tipo de operação	Fonte
Borracha	3,16 kg CO ₂ /kg	Aterro	(Ecoivent, n.d.-b)
Óleos de motores, transmissões e lubrificação	2,46 kg CO ₂ /kg	R12 - Inceneração de substâncias perigosas	(Ecoivent, n.d.-b)

<i>Mangueiras contêm substâncias perigosas</i>	2,46 kg CO2/kg	R12 - Inceneração de substâncias perigosas	(Ecoinvent, n.d.-b)
<i>Resíduos de embalagens</i>	2,46kg CO2/kg	R12 - Inceneração de substâncias perigosas	(Ecoinvent, n.d.-b)
<i>Embalagens de sprays</i>	2,46 kg CO2/kg	R12 - Inceneração de substâncias perigosas	(Ecoinvent, n.d.-b)
<i>Líquidos lavagem aquosos</i>	2,46 kg CO2/kg	R12 - Inceneração de substâncias perigosas	(Ecoinvent, n.d.-b)
<i>Absorventes</i>	2,46 kg CO2/kg	R12 - Inceneração de substâncias perigosas	(Ecoinvent, n.d.-b)

3.3 Recolha de dados da atividade

A recolha de dados associados às fontes de emissão identificadas na Tabela 1 da Elastomer Solutions, permite posteriormente o cálculo das emissões de GEE.

O gerador é o único equipamento estacionário. São registados mensalmente os consumos de gasóleo em litros, sendo possível no final do ano retirar o valor total consumido (litros).

Internamente é registado o consumo de cada veículo da empresa, obtendo no final de cada ano o consumo total (litros). Para os anos 2021 e 2022 foi necessária a separação do tipo de viatura, visto que a empresa registou viaturas a gasóleo e híbridos (gasolina). No ano 2017 a Elastomer Solutions só apresentava veículos a gasóleo.

Internamente é realizada uma medição anual de todos os equipamentos emissores de gases fluorados. O valor retirado é a carga total em quilos que o equipamento registou durante o ano em questão. A Tabela 8 apresenta o tipo de equipamentos presentes na Elastomer Solutions e o devido gás fluorado, obtido nos documentos internos da Elastomer Solutions.

Tabela 8 - Registo dos equipamentos fluorados e o devido gás.

Emissões Fugitivas	Gás Fluorado
<i>Ar condicionado</i>	R401A
<i>Ar condicionado</i>	R32
<i>Posto de Transformação</i>	SF6
<i>Chiller (Termoplástico)</i>	R407C

A empresa recebe todos os meses a fatura referente ao consumo mensal de eletricidade em kWh, tendo sido utilizado o valor final referente ao consumo faturado em cada ano.

Os dados relativamente aos transportes de distribuição de bens a jusante e a montante foram restritos ao que a Elastomer Solutions é responsável por contratar. Isto é, se for da responsabilidade do fornecedor ou cliente as emissões não são contabilizadas neste exercício. Neste sentido, foram retirados os seguintes dados em cada transporte de distribuição de bens a jusante e a montante:

1. Destino – para obter o número de quilómetros em cada viagem;
2. Carga em quilogramas (SAP).

Os dados relativos à deslocação de colaboradores foram obtidos através de um questionário. No presente estudo recorreu-se à realização de um questionário com duração estimada em 5 minutos de resposta. O questionário foi realizado no Google Forms, posteriormente, enviado por email para todos os colaboradores indiretos, e, realizado pessoalmente a todos os colaboradores diretos (operários). O questionário encontra-se no (Anexo VII).

Relativamente à estrutura do questionário, está dividido em três secções, sendo elas a secção das questões para descrever que tipo de meio de transporte o colaborador utiliza usualmente, questões sobre o tipo de combustível utilizado e a distância percorrida diariamente, e, por último, frase de agradecimento a todos os colaboradores que participaram neste estudo.

O questionário foi essencial para recolher a distância percorrida diariamente por funcionários da Elastomer Solutions com veículos pessoais. Acrescentando a isso, o departamento dos Recursos Humanos forneceu o dado relativo aos dias de trabalho anualmente, obtendo o número total de quilómetros realizados anualmente pelos colaboradores da Elastomer Solutions.

Em sistema, são registadas anualmente as viagens em negócio realizadas por colaboradores da Elastomer Soluitons ESP. Deste modo, verificou-se qual o tipo de transporte utilizado (unicamente avião) e os respetivos destinos. De seguida, foi pesquisado o número de quilómetros para cada destino (com partida de Porto, Portugal), e, multiplicado por dois (ida e volta).

A quantidade de cada residuo é retirada pelo inventário anual que se realiza internamente.

3.4 Aplicação da metodologia de cálculo

3.4.1 Âmbito 1

As emissões de GEE resultantes da combustão de combustíveis fósseis por parte dos veículos da Elastomer Solutions foram calculadas das equações (2.1) e (2.2), tendo em consideração a quantidade total de gasóleo e gasolina consumidos medidos em litros e convertidos em GJ.

1. Equação Gasóleo:

$$\left[\text{Quantidade Total (GJ)} \times \frac{73,7 \text{ kgCOe}}{\text{GJ}} \right] \div 1000 = \text{Emissão tonCO2eq}$$

(1.1)

2. Equação Gasolina:

$$\left[\text{Quantidade Total (GJ)} \times \frac{74,1 \text{ kgCOe}}{\text{GJ}} \right] \div 1000 = \text{Emissão tonCO2eq}$$

(2.2)

As emissões diretas fugitivas são calculas através de uma ferramenta que está disponível online pela APA. Para obter as emissões de GEE totais de cada gás fluorado foram seguidos os seguintes passos:

1. Escolha do gás fluorado a calcular;
2. Indicar a quantidade de carga total referente a esse gás fluorado (anual);
3. Retirar o valor total (tonCO_{2eq});
4. Através da equação (3) foi calculado as emissões fugitivas em tonCO_{2eq}:

$$\text{Emissões fugitas tonCO2eq} = \sum \text{Emissão tonCO2eq total de cada gás fluorado}$$

(3)

Gases Fluorados – Conversor de unidades

Calcular carga de fluido em ton de equivalente de CO2

1°	→	Gás fluorado	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		Potencial de Aquecimento Global (PAG)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2°	→	Carga (Kg)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3°	→	Carga (ton CO2e)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 9 - PrintScreen da calculadora online utilizada para calcular as emissões diretas fugitivas

3.4.2 Âmbito 2

A emissão de GEE referentes ao consumo de eletricidade foram calculadas a partir das equações (4.1) e (4.2).

$$[\text{Consumo de eletricidade anual (kWh)} \times 0,338 \text{kgCO}_2\text{e/kWh}] \div 1000 = \text{Emissão tonCO}_2\text{eq}$$

(4.1)

$$[\text{Consumo de eletricidade anual (kWh)} \times 0,175 \text{kgCO}_2\text{e/kWh}] \div 1000 = \text{Emissão tonCO}_2\text{eq}$$

(4.2)

3.4.3 Âmbito 3

As emissões de GEE relativas ao transporte de distribuição de bens a jusante e a montante foram calculadas pelas equações (5), (6) e (7).

1. Transporte via camião:

$$[\text{Quantidade (kg)} \times \text{Número de km} \times 0,17 \text{kgCO}_2\text{/metric ton. km}] \div 1000 = \text{Emissão tonCO}_2\text{eq}$$

(5)

2. Transporte marítimo:

$$[Quantidade (kg) \times \text{Número de km} \times 0,0094 \text{ kgCO}_2/\text{metric ton. km}] \div 1000 \\ = \text{Emissão tonCO}_2\text{eq}$$

(6)

;

3. Total de Emissões:

$$\text{Equação (7)} + \text{Equação (6)} = \text{Total de Emissões tonCO}_2\text{eq}$$

(8)

As emissões provenientes da deslocação dos colaboradores com os seus próprios veículos foram calculadas de forma distinta para os três anos de cálculo. Equações (8) e (9) para o ano 2022, equações (10) e (11) para 2017 e 2021 respetivamente.

Metodologia para o ano 2022:

1. Realização do questionário para obtenção do valor diário percorrido (Km);

$$\text{Total de km diários} \times \text{Número de dias de trabalho anuais} = \text{Total de km anual}$$

(9)

2. Total de emissões dado pela equação (9).

$$\text{Total de km anual} \times 0,33 \frac{\text{KgCO}_2\text{e}}{\text{Km}} = \text{Total Emissão tonCO}_2\text{eq}$$

(10)

Metodologia para os anos 2017 e 2021:

1. Identificação do número de colaboradores para cada ano;
2. Estimativa do valor médio de quilómetros diários por trabalhador relativamente a 2022;
3. Cálculo do total de quilómetros diário;
4. Obtenção do número de dias de trabalho anuais;
5. Cálculo do total de quilómetros anual dado pela equação (10).

$$\text{Total de km diários} \times \text{Número de dias de trabalho anuais} = \text{Total de km anual}$$

(11)

6. Cálculo do total de emissões GEE dado pela equação 11.

$$Total\ de\ km\ anual \times 0,33 \frac{KgCO2e}{Km} = Total\ Emiss\til{a}\ tonCO2eq$$

(12)

As emissões de GEE referentes às viagens em negócio foram calculadas da seguinte forma, incluindo as Equações (12), (13) e (14):

1. Identificar os destinos e o número de viagens em sistema;
2. Calcular a distância em quilômetros dos diversos destinos por viagem (ida e volta);
3. Calcular o total de quilômetros realizados em cada distância:

$$\begin{aligned} & \text{Número de Kms por viagem} \times \text{Número de viagens realizadas} \\ & = \text{Número total de Kms no destino X} \end{aligned}$$

(13)

4. Número total de Kms em viagens:

$$\text{Número total de Kms} = \sum \text{Número total de Kms de cada destino};$$

(14)

5. Calcular total de emissões GEE:

$$\text{Número total de Kms} \times 0,11 \text{ KgCO2e}(person.km) = Total\ de\ Emiss\til{a}\ tonCO2eq$$

(15)

As emissões da eliminação de resíduos foram calculadas da seguinte forma e de acordo com as equações (15) e (16).

1. Calcular as emissões de CO₂ para cada resíduo;

$$\begin{aligned} & \text{Quantidade Anual do resíduoX (ton)} \\ & \times \text{Fator de emiss\til{a}\ referente ao res\til{a}\duoX} \frac{KgCO2}{Kg} \\ & = \text{Emiss\til{a}\ tonCO2eq} \end{aligned}$$

(15)

2. Somatório das emissões de CO₂ de todos os resíduos, obtendo o total de emissões referente à eliminação de resíduos.

$$\begin{aligned} & \text{Emiss\til{a}\es da elimina\til{c}\til{a}\o de res\til{a}\duos} \\ & = \sum \text{Emiss\til{a}\ tonCO2eq totalidade dos res\til{a}\duos} \end{aligned}$$

(16)

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados para três anos de cálculo, sendo possível a visualização dos valores das emissões de GEE expressas em toneladas de CO₂eq para 2017, 2021 e 2022. A Elastomer Solutions considerou assim o ano 2021 no cálculo da pegada de carbono, contudo devido à situação pandêmica vivida nesse ano, os valores obtidos foram considerados fora de “speech” e qualquer análise realizada não deve ser validada (Parmelee & Greer, 2023). Deste modo, a análise dos resultados centra-se nos anos de 2017 e 2022.

4.1 Estimativa das Emissões Diretas (Âmbito 1)

Na Tabela 9 são apresentados os consumos de gásóleo em GJ para cada ano e o referente valor relativo às emissões de GEE em tonCO₂eq.

Tabela 9 - Emissões provenientes da combustão estacionária

COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA		
Ano	Consumo [GJ]	Emissões GEE [tonCO₂eq]
2017	1,9	0,1
2021	2	0,1
2022	1,9	0,1

Através da Tabela 9 verifica-se o mesmo valor de emissões de GEE para os três anos, resultante da utilização do único equipamento estacionário – o gerador. O gerador é utilizado em caso de emergência de falha de energia. A Elastomer Solutions realiza ensaios no equipamento anualmente por parte da equipa de técnicos de manutenção, de forma a testar a fiabilidade do equipamento. A equipa de manutenção confirmou que para os três anos de cálculo o gerador foi utilizado unicamente para ensaios, justificando os resultados apresentados de GEE para os três anos.

A Tabela 10 apresenta os consumos anuais de gásóleo e de gasolina por parte dos veículos da Elastomer Solutions e as emissões de GEE contabilizadas.

Tabela 10 - Emissões provenientes da combustão móvel

Ano	GASÓLEO		GASOLINA	
	Consumo [GJ]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]	Consumo [GJ]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	269,9	20	-	-
2021	50,2	3,7	77,9	5,7
2022	34,3	2,5	109,6	8,1

Segundo os resultados apresentados na Tabela 10, verifica-se que em 2017 a empresa Elastomer Solutions apresentava unicamente veículos a gasóleo, sendo que 2021 e 2022 houve uma alteração de cinco veículos para híbridos (gasolina) e a continuidade de três veículos a gasóleo. Relativamente ao total de emissões de GEE em 2017 contabilizou-se 20 tonCO_{2eq}, em 2021 - 9,4 tonCO_{2eq} e 2022 - 10,6 tonCO_{2eq}. Houve um decréscimo significativo de 2017 para os restantes anos. Analisando 2017 e 2022, conclui-se que houve uma diminuição de 9,4 tonCO_{2eq}, devido à alteração da frota de veículos realizada pela Elastomer Solutions. Sendo que os veículos híbridos dão a possibilidade de utilizar a energia elétrica como forma de combustível, apresentando uma diminuição do consumo de combustíveis fósseis.

A Tabela 11 apresenta anualmente a carga total (kg) de todos os equipamentos responsáveis de emitirem gases fluorados e o total de emissões GEE respetivamente. Seguidamente, as emissões fugitivas, como foi referido no capítulo anterior, são as que resultam da utilização de ar condicionados, postos de transformação e *chillers*. Os gases fluorados que se libertam dos equipamentos, resultam de emissões de GEE. Na Tabela 11, verifica-se a carga em kg que é libertada anualmente, bem como os valores obtidos de emissões de GEE para os três anos em estudo.

Tabela 11 - Emissões de GEE provenientes das emissões fugitivas

EMISSÕES FUGITIVAS		
Ano	Carga [kg]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	50,296	104,3
2021	52,806	104,3
2022	52,806	104,3

Através da Tabela 11, verifica-se que os resultados de emissões de gases com efeito de estufa mantiveram-se constantes ao longo dos três anos. Relativamente à carga total, é visível um aumento de +/- 2Kg na carga total em 2021 e 2022 comparando com 2017. Este aumento de carga deveu-se à troca de quatro equipamentos (ar condicionados) com o gás R-410A, para novos equipamentos com gás

R-32. O aumento da carga total não se expressou no total das emissões de GEE, visto que os novos equipamentos emitem menos 4 tonCO_{2eq} comparando com os equipamentos substituídos.

4.2 Estimativa das Emissões Indiretas (Âmbito 2)

O consumo de energia elétrica por parte da Elastomer Solutions resulta da utilização de diversos equipamentos e áreas de trabalho. As máquinas de produção são alimentadas por motores elétricos, pelo que devido ao seu frequente funcionamento é a atividade de maior consumo de eletricidade.

A Tabela 12 apresenta o consumo de eletricidade em kWh e as emissões de GEE para cada ano.

Tabela 12- Emissões provenientes do consumo de eletricidade

ELETRICIDADE		
Ano	Consumo [kWh]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	2999090	1013,7
2021	2694763	485,9
2022	2783284	487,1

Através da Tabela 12 verifica-se uma redução de 526,6 tonCO_{2eq} comparando 2017 com 2022. Analisando os consumos desses anos, consta-se que houve uma diminuição cerca de 200 mil kWh, o que não explica por completo a redução analisada inicialmente. De seguida, o fator de emissão utilizado para o cálculo entre 2017 e 2022 alterou, segundo a fonte onde foram exportados os fatores de emissão (APA, 2022). Desta forma, em 2017 o fator de emissão utilizado foi de 0,338 tCO_{2e}/MWh e em 2022 de 0,175 tCO_{2e}/MWh.

É possível concluir que o consumo de eletricidade diminuiu, mas o decréscimo do fator de emissão representou a principal explicação para a redução da emissão de GEE no ano 2017 comparando com 2022.

4.3 Estimativa das Emissões Indiretas (Âmbito 3)

A Tabela 13 apresenta os dados da distância (km), da carga total (kg) relativamente aos transportes e distribuição de bens a montante e as respetivas emissões de GEE anualmente.

Tabela 13 - Emissões provenientes dos transportes e distribuição de bens a montante

TRANSPORTES E DISTRIBUIÇÃO DE BENS A MONTANTE

Ano	Distância [km]	Carga [kg]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	73500	177277	2215,1
2021	90400	91833	1411,3
2022	105800	110168	1981,5

Analisando os dados da Tabela 13, verifica-se uma redução de emissões totais de GEE de cerca de 300 tonCO_{2eq}, comparando 2017 com 2022. Em 2022 foram registados 4 diferentes destinos e um total de 63 transportes contratados, por outro lado, em 2017 foram registados 2 destinos diferentes e um total de 39 viagens. A distância percorrida foi superior em 2022, com uma redução de carga total na totalidade dos transportes. De salientar que só foram registados os transportes que a Elastomer Solutions é responsável por contratar e não o total registado anualmente.

A Tabela 14 apresenta os dados da distância (km), da carga total (kg) relativamente aos transportes e distribuição de bens a jusante e as respetivas emissões de GEE anualmente.

Tabela 14 - Emissões provenientes dos transportes e distribuição de bens a jusante

TRANSPORTES E DISTRIBUIÇÃO DE BENS A JUSANTE

Ano	Distância [km]	Carga [kg]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	185213	63960,4	2013,9
2021	152801	22613,4	587,4
2022	196559	23723,1	792,7

Analisando a Tabela 14, consta-se uma redução significativa de 1200 toneladas CO_{2eq} de emissões GEE, comparando 2017 com 2022. Em 2022 foram registados 8 destinos diferentes e um total de 89 transportes contratados, comparando com os 9 destinos e 88 viagens em 2017 contratadas. A carga total é o principal fator pela redução mencionada inicialmente, sendo que carga total diminui cerca de

40.000 Kg de 2022 comparando com 2017. De salientar que só foram registados os transportes que a Elastomer Solutions é responsável por contratar e não o total registado anualmente.

O questionário referido no Capítulo 3.3, relativo a deslocação dos colaboradores com os seus próprios veículos, obteve 140 respostas, representando 100% dos colaboradores da empresa. Foram observados 102 colaboradores que utilizam os seus próprios veículos e os restantes deslocam-se a pé, bicicleta, transporte público ou boleia de um colega de trabalho (só se considera 1 vez). A Tabela 15 apresenta a distância total percorrida pelos colaboradores que se deslocam com os seus próprios veículos (descartando os restantes) e as respetivas emissões de GEE anualmente.

Tabela 15 - Emissões provenientes da deslocação dos operadores

DESLOCAÇÃO DOS TRABALHADORES

Ano	Distância [km]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	994221,2	328,1
2021	773729,5	255,3
2022	825217	272,3

Analisando a Tabela 15, verifica-se uma redução das emissões de GEE comparando 2022 com 2017. Os dois fatores que influenciaram a redução verificada foram – primeiramente a diminuição do número de colaboradores (redução de 23 colaboradores); a diminuição de dias de trabalho por ano (8 dias).

A Tabela 16 apresenta a distância total (km) das viagens realizadas pelos colaboradores e as respetivas emissões de GEE anualmente.

Tabela 16 - Emissões provenientes das viagens em negócio

VIAGENS DE NEGÓCIOS

Ano	Distância [km]	Emissões GEE [tonCO_{2eq}]
2017	1286030	141,5
2021	155876	17,15
2022	284800	31,3

Analisando a Tabela 16, verifica-se uma redução de 110,2 toneladas de CO_{2eq} de 2017 comparando com o ano 2022. Em 2017 foram registadas 194 viagens e um total de 12 destinos, por outro lado em 2022 um total de 69 viagens e 13 destinos. De salientar que só foram registadas viagens de avião nos 3 anos

analisados. Esta diminuição deve-se à prática de novos métodos de trabalho praticados pela Elastomer Solutions depois da pandemia – início do teletrabalho.

A Tabela 17 apresenta o total de resíduos (toneladas) produzido pela Elastomer Solutions e as respectivas emissões de GEE, anualmente.

Tabela 17 - Emissões provenientes do tratamento de resíduos

	Borracha (Ton)	Óleos de motores, transmissões lubrificação (Ton)	Mangueiras contêm substâncias perigosas (Ton)	Resíduos de embalagens (Ton)	Embalagens de sprays (Ton)	Líquidos lavagem aquosos (Ton)	Absorventes (Ton)	Quantidade (Ton)	Emissões GEE (tonCO_{2eq})
2017	229,07	1,518	0,252	0,492	0,51	30,8	1,919	265	809,9
2021	177,628	1,06	0,26	0,15	0,325	21,85	0,56	206,6	620,1
2022	176,4	0,5	0,2	0,5	0,4	30,4	0,6	212,6	637,1

Analisando a Tabela 17, verifica-se uma redução de 172,8 toneladas de CO_{2eq} comparando 2017 com o ano 2022. A redução é justificada pela diminuição da quantidade de resíduo anual, redução de 52,6 toneladas, justificado pela redução de resíduo de borracha (229 toneladas em 2017 e 176,4 toneladas em 2022), sendo que os outros tipos de resíduos apresentaram resultados estáveis ao longo dos 3 anos analisados.

4.3 Valor total estimado das emissões de gases com efeito de estufa

A Tabela 18 apresenta o somatório de todas as atividades associadas a cada âmbito e o total de emissões de GEE que a Elastomer Solutions emitiu nos três anos calculados.

Tabela 18 - Valor das emissões de GEE por âmbito e na sua totalidade da Elastomer Solutions (2017,2021 e 2022)

Ano	Emissões GEE Âmbito 1 [t CO_{2eq}]	Emissões GEE Âmbito 2 [t CO_{2eq}]	Emissões GEE Âmbito 3 [t CO_{2eq}]	Total Emissões GEE [t CO_{2eq}]
2017	124	1013,7	5508,4	6646,1
2021	114	485,9	2891,3	3491,3
2022	115	487,1	3714,9	4317

Analisando a Tabela 18, verifica-se que no ano de 2017 a Elastomer Solutions emitiu um total de 6646,1 toneladas de CO_{2eq} e em 2022 emitiu um total de 4317 toneladas CO_{2eq}.

Essa diminuição deve-se principalmente à redução das emissões no âmbito 2 (cerca de 500 tCO_{2eq}) e no âmbito 3 (cerca de 1800 tCO_{2eq}). Relativamente às emissões diretas verificou-se uma redução de 9 tCO_{2eq}.

As fontes de emissão que apresentaram maior valor de emissões foram os transportes e distribuição de bens tanto a jusante como a montante (âmbito 3), de seguida o tratamento de resíduos (âmbito 3) e, por último, o consumo de energia elétrica (âmbito 2).

4.4 Caracterização das Emissões Segundo a sua Classificação

Na Figura 10, estão representadas graficamente as percentagens de emissões de GEE da Elastomer Solutions estimadas, referentes aos três anos em estudo, de acordo com a sua classificação.

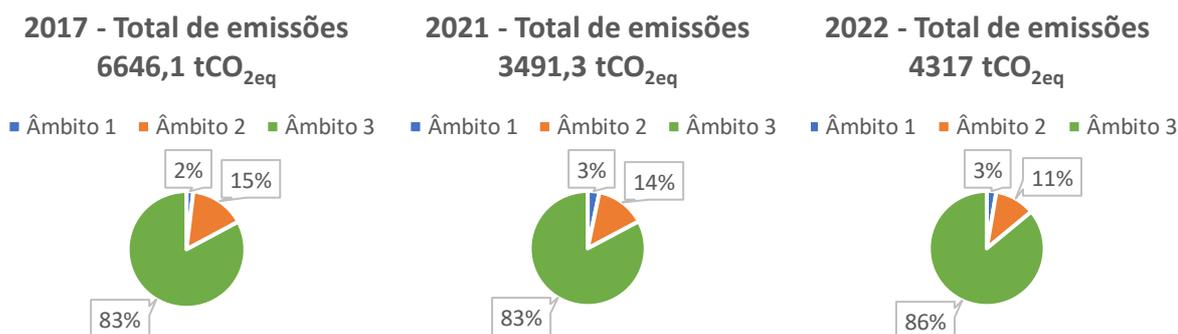


Figura 10-Emissões de GEE da Elastomer Solutions, de acordo com a sua classificação, nos três anos em estudo

Analisando a Figura 10, conclui-se que as emissões de GEE que representam a maior percentagem de emissões, apresentando uma consistência em todos os anos considerados, são as emissões indiretas de âmbito 3, com cerca de 80%. As emissões que correspondem à menor percentagem pertencem ao âmbito 1, com cerca de [2%-3%] para os 3 anos. O âmbito 2 é importante de referir que representa cerca de 15% a 11%, visto que a Elastomer Solutions é considerada uma empresa consumidora intensiva de energia elétrica.

5. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

A redução de emissões exige medidas contínuas e devem seguir um plano estratégico e de redução de emissões de GEE realizado internamente na empresa. A Elastomer Solutions deve continuar algumas práticas existentes, como por exemplo a troca de viaturas diesel por viaturas híbridas ou elétrica, como alternativas aos combustíveis fósseis.

Para além disso, devido ao elevado consumo de eletricidade a empresa decidiu instalar painéis solares fotovoltaicos no telhado, de forma a produzir energia elétrica.

Por outro lado, um dos principais problemas analisados na empresa foi a gestão de resíduos, tendo sido proposto ao autor deste estudo procurar soluções de tratamento de resíduos, relativamente ao resíduo de borracha EPDM, por representar cerca de 80% da totalidade dos resíduos em termos de quantidade.

5.1 Implementação de painéis solares fotovoltaicos

A empresa Elastomer Solutions é considerada como uma entidade consumidora intensiva de energia, pelo que consome mais de 500 TEP (tonelada equivalente de petróleo) por ano. A empresa é alvo de auditorias, por parte do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), com o objetivo de controlar as condições de utilização de energia. O SGIE tem como propósito promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) como é o caso da Elastomer Solutions (Direção Geral de Energia e Geologia, n.d.).

Este consumo advém do funcionamento de todos os equipamentos de produção, tanto da área de “vulcanização”, como de “termoplásticos”. Acrescentando o funcionamento das duas estufas e toda a iluminação e funcionamento dos diferentes postos de trabalho.

No início do estudo (janeiro de 2023), a empresa decidiu avançar com o projeto para instalar os painéis solares fotovoltaicos. A empresa responsável pelo projeto apresentou uma data-limite até setembro de 2023 para instalar os painéis, pelo que estágio do autor da dissertação terminou antes da concretização.

A entidade responsável pelo projeto propôs a instalação de 926 painéis, como é possível verificar na Figura 11 a azul. Estes ocuparão uma área de campo solar de 2392 m² e uma potência de 500,04 kWp, que irá traduzir numa produção total de energia de 561600 kWh por ano e uma redução estimada de 223,06 toneladas de CO_{2eq} por ano (valores estimados pela empresa responsável pela implementação

dos painéis solares). A empresa irá utilizar cerca de 474601 kWh (84,5%) da eletricidade produzida e os restantes 86999 kWh (15,5%) serão vendidos à rede anualmente.



Figura 11-Localização dos módulos

5.2 Eliminação de resíduos - Borracha EPDM

A Elastomer Solutions apresenta um elevado número de resíduos diferentes. Desta forma, o resíduo mais importante a estudar é a borracha, visto que representa 85% do total de resíduos da Elastomer Solutions.

A borracha EPDM é um tipo de borracha que é utilizada pela Elastomer Solutions para fabricar os seus componentes. EPDM sigla em inglês “*ethylene propylene diene methylene rubber*” (borracha etileno – propileno – dieno). A borracha EPDM antes de vulcanizar é um material termoplástico com boa estabilidade, mas que necessita de estar armazenado a uma temperatura controlada. Depois de ser vulcanizada é resistente, flexível a temperaturas baixas e com pouca elasticidade (Medina et al., 2018). A sua utilização é diversificada, sendo que a Elastomer Solutions utiliza na fabricação de componentes para a indústria automóvel.

A borracha EPDM tem uma ampla aplicação na indústria automóvel, sendo que atualmente os resíduos criados no seu fabrico são um crescente problema, pela frequente utilização de métodos tradicionais, tais como aterro ou inceneração (Medina et al., 2018).



Figura 12-Resíduo de borracha EPDM (Rebarba)



Figura 123-Resíduo de borracha EPDM (Purga)

O aumento da produção de automóveis é uma das causas para o aumento do resíduo de borracha, o que torna impossível os aterros acompanharem a quantidade produzida. A borracha vulcanizada não é facilmente biodegradável, o que leva à necessidade de aderir a novos métodos de reciclagem que devem ser considerados pelas entidades, de forma a acrescentar valor e dar continuidade a este tipo de resíduo, no combate às preocupações ambientais.

Atualmente existem várias tecnologias que utilizam diferentes processos de recuperação da borracha EPDM, nomeadamente mecanoquímica, termomecânica, micro-ondas, ultrassônica, biotecnológico, desvulcanização em dióxido de carbono supercrítico, processo de recuperação química, desvulcanização contínua (Gong et al., 2022) .

O resíduo de borracha EPDM é dividido em dois tipos internamente - a rebarba (borracha vulcanizada criada ao retirar a peça do molde e peças NOK, corresponde cerca de 80% do resíduo de borracha) e a purga (restos de borracha que não são utilizados e/ou pequenas quantidades de borracha que são retiradas diretamente do equipamento e que não estão vulcanizados, corresponde cerca de 20% do resíduo total). Nas Figuras 12 e 13 estão representados os dois tipos de resíduos de borracha EPDM presentes na Elastomer Solutions.

5.2.1 Purga

A medida de mitigação relativa ao resíduo de borracha EPDM (purga) passou por entrar em contacto com empresas que utilizam borracha EPDM no seu processo produtivo, para saber qual a possibilidade de adquirirem esse resíduo de forma a incorporarem num dos seus processos. A purga encontra-se no seu formato original, apesar de sofrer um ligeiro aquecimento no processo, havendo a possibilidade de ser incorporado noutra produto fora do catálogo da Elastomer Solutions.

Uma empresa, sediada em Braga, aceitou testar o resíduo de purga no seu processo produtivo, na fabricação de rodas para veículos de mão para construção civil. O envio de purga iniciou a 15 de março, e concluiu a 6 de junho. Nesse período contabilizou-se o envio de 8 caixas e um total de 3500 kg, visto que neste período a empresa produziu um total de 4700 kg de purga. Esta quantidade reutilizada corresponde a 75% do resíduo total produzido no período em análise. A empresa externa utilizou a purga na produção de rodas para carrinhos de construção civil. Na Figura 15 está representado a roda do primeiro teste realizado na entidade externa.



Figura 13-Amostra de roda produzida através de Purga da Elastomer Solutions

O resultado desta solução foi bastante positivo em termos de reutilização de resíduo, 75% da quantidade de purga produzida no período mencionado foi adquirida por parte da entidade externa, tendo sido reutilizado. Deste modo, a empresa com a produção de 4700 kg de purga emitia 14,852 tonCo_{2eq}, com a reutilização de 3500kg de purga, a empresa terá uma redução de 11,06 tonCO_{2eq}, logo passaria a emitir unicamente 3,792 tonCo_{2eq}.

5.2.2 Rebarba

A borracha EPDM depois de ser vulcanizada não poderá ser reutilizada novamente no processo, nem em outro processo externo. Deste modo, devido à impossibilidade de ser reutilizada com a sua forma vulcanizada, a alternativa passa por um processo de desvulcanização (Bani et al., 2011).

O estudo analisado passou por um ensaio onde se utilizou resíduo de óleo dissulfeto, um derivado das refinarias de gás, que funcionaria como um agente químico na recuperação mecanoquímica de resíduo de borracha EPDM vulcanizado. O estudo passou por um processo de desvulcanização da borracha EPDM por uma extrusora dupla rosca co-rotativa usando como agente de recuperação resíduo de óleo dissulfeto (Sabzekar et al., 2016). Durante o estudo realizaram-se vários ensaios, cada um com diferentes concentrações de resíduo de óleo dissulfeto (5 e 7 phr) e temperaturas diferentes (220°C, 250°C e 290°C) (Sabzekar et al., 2016).

A desvulcanização máxima (73%) foi obtida com as especificações de (T=290°C, DSO; 7 phr e velocidade do parafuso de 120 rpm). Inicialmente misturou-se o resíduo desvulcanizado à borracha virgem EPDM para avaliar a reutilização do produto reciclado. De seguida, o resultado apresentado passou por uma reposição de 40% em peso de borracha desvulcanizada, não detetando diferenças registadas no tempo ótimo de cura e de queima. Para além disso, as propriedades da borracha EPDM misturada foram melhoradas em alguns aspetos, incluindo resistência à tração e na resistência da elasticidade (Sabzekar et al., 2016).

Deste modo, demonstra-se a possibilidade de reutilização do resíduo que permitiria reduzir emissões associadas à reprodução de resíduo de borracha vulcanizada. Referir, no entanto, que se tratou de um estudo laboratorial que, apesar de promissor, não permitiu contabilizar o impacto relativamente às emissões evitadas.

5.4 Propostas de redução de emissões de GEE

Para trabalho futuro foram propostas outras medidas para redução ou compensação de emissões de GEE, como descrito abaixo:

1. A primeira medida proposta pela empresa Elastomer Solutions aderir a projetos de “Plantar árvores”, de forma a compensar as emissões emitidas na sua totalidade empresarial, mais concretamente para fazer face às fontes de emissão com maior peso, em particular os transportes e distribuição de bens a montante e a jusante, onde não foi possível até agora implementar qualquer nenhuma medida de mitigação.
2. A segunda medida proposta para futuro, passa pela redução das emissões de âmbito 1, as quais a empresa controla. Neste caso, a proposta seria nas emissões diretas fugitivas, onde o objetivo seria modificar o gás fluorado dos equipamentos (ar condicionado) R-410 para R-32, visto que emite menos emissões de CO₂.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu contabilizar as emissões de gases com efeito de estufa da Elastomer Solutions de toda a sua atividade, para os anos 2017, 2021 e 2022, através da identificação das fontes emissoras e da classificação das emissões como diretas ou indiretas (Anexo VIII).

Ao longo do trabalho foram identificadas e calculadas as emissões diretas, de âmbito 1 provenientes de fontes que pertencem ou que são controladas pela empresa. Seguidamente, foram estimadas as emissões indiretas – o âmbito 2, relativo ao consumo de eletricidade por parte da empresa; o âmbito 3, corresponde a outras emissões indiretas, tais como: transportes de distribuição de bens a montante e a jusante, deslocação dos colaboradores, viagens em negócios e a eliminação de resíduos.

Foi elaborado uma ferramenta de cálculo, em Excel, que permite o registo dos dados de atividade e, posteriormente, o cálculo das respetivas emissões, através do correspondente fator de emissão selecionado. Consequentemente, este registo permitirá a realização de um inventário contínuo, de modo que a Elastomer Solutions possa obter um histórico das emissões de GEE da empresa. De mencionar que o autor do estudo deu uma formação de como se utiliza a ferramenta, para que no futuro a pessoa que fique responsável pelo seguimento do projeto saiba utilizar (Anexo I; Anexo II; Anexo III; Anexo IV; Anexo V e Anexo VI).

No decorrer deste estudo, foram identificadas algumas limitações, principalmente na obtenção de certos fatores de emissão, visto que não existe muita informação disponível online relativamente a algumas atividades que foram consideradas no cálculo. Em particular, no caso dos resíduos, houve alguma dificuldade de encontrar os fatores de emissão para os diferentes tipos de tratamentos (aterro, inceneração) e deslocação dos colaboradores, foi utilizado um fator de emissão muito generalizado “Veículo de passageiro”.

Consideraram-se, para efeitos comparativos, os valores estimados para 2017 e 2022. Tendo por base as estimativas de emissões de GEE determinadas, conclui-se que no ano de 2017 a Elastomer Solutions emitiu cerca de 6646 tCO_{2eq} e no ano de 2022 emitiu cerca de 4317 tCO_{2eq}.

Conclui-se então que ocorreu uma redução das emissões, sobretudo pelo fator de emissão da eletricidade ter apresentado uma redução significativa, 0,338 tCO_{2e}/MWh (2017) e 0,175 tCO_{2e}/MWh (2021 e 2022). Acrescentando a isso, verifica-se a redução alusiva às emissões dos transportes e distribuição de

bens a jusante e montante, pela redução do número de transportes realizados anualmente e uma melhor gestão logística por parte da Elastomer Solutions.

Nos três anos em estudo, as emissões indiretas do âmbito 3 foram maioritárias, atingindo uma percentagem de 86% no ano de 2022 e 83% nos anos de 2017 e 2021.

Propõe-se, então, que a Elastomer Solutions continue a praticar medidas que até então foram realizadas com sucesso, como por exemplo frota de veículos elétricos, renovar os equipamentos de ar condicionado, redução de viagens em negócios dos colaboradores. No entanto, não foi possível implementar medidas para as atividades com valores superiores de emissões de GEE (transportes de distribuição de bens a jusante e montante). Foi assim sugerido que a empresa adira a projetos sustentáveis de “Plantar árvores”, de forma a compensar as emissões de GEE emitidas nessas fontes de emissão.

Sugere-se ainda que a Elastomer Solutions encontre parcerias para gerir os seus resíduos. Foi assim proposta a possibilidade de reutilização da borracha EPDM (purga) e a desvulcanização do resíduo de borracha EPDM (rebarba) para que possa ser reutilizada.

Em suma, foram cumpridos todos os objetivos colocados no início do estudo, tanto pelo autor como pela empresa. Foi possível ao autor do estudo adquirir conhecimentos por este tema que até então não foram possíveis de adquirir e um sentimento de mais uma etapa finalizada no percurso pessoal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA. (2013). 'Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)'.
https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/CELE/Tabelas_Fatores_Calculo/tabela_PCI_FE_FO_2013.pdf
- APA. (2019). 'Agência Portuguesa do Ambiente'.
[https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=122:](https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=122)
- APA. (2022). 'Fator de Emissão da Eletricidade 2022 Portugal'.
https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/20230427/FE_GEE_Eletricidade2023rev3.pdf
- APA. (2023). *Gases fluorados*. <https://gfconversor.apambiente.pt/>
- Azarkamand, S., Ferré, G., & Darbra, R. M. (2020). 'Calculating the Carbon Footprint in ports by using a standardized tool'. *Science of The Total Environment*, v.734, pp.139407:1-139407:15.
- Bani, A., Polacco, G., & Gallone, G. (2011). 'Microwave-included devulcanization for poly'. *Journal of Business & Economics Research of Applied Polymer Science of Applied Polymer Science*, v.120(5), pp.2904-2911.
- Barbosa, S. (2021). "Determine a Pegada de Carbono da sua organização. APCER.
<https://apcergroup.com/pt/newsroom/2573/determine-a-pegada-de-carbono-da-suaorganizacao>
- Baskerville, R. L., & Wood-Harper, A. T. (n.d.). A critical perspective on action research as a method for information systems research. *Journal of Information Technology*, v.11(3), pp.235-246.
- Bastianoni, S., Marchi, M., Caro, D., Casprini, P., & Pulselli, F. M. (n.d.). The connection between 2006 IPCC GHG inventory methodology and ISO 14064-1 certification standard - A reference point for the environmental policies at sub-national scale. *Environmental Science and Policy*, v.44, pp.97-107.
- Cavalcanti Sá de Abreu, M., Webb, K., Sávio Maurício Araújo, F., & Phasquinel Lopes Cavalcante, J. (2021). From "business as usual" to tackling climate change: Exploring factors affecting low-carbon decision-making in the canadian oil and gas sector. *Energy Policy*, v.148, pp.301-4215.
- Chang, F., Eileen, F.-W., & L. Richard, Tom, H.-M. (2023). 'Compaction effects on greenhouse gas and ammonia emissions from solid dairy manure'. *Journal of Environmental Management*, v.332.
- Chew, Z. L., Tan, E. H., Palaniandy, S. A. L., Woon, K. S., & Phuang, Z. X. (2023). 'An integrated life-cycle greenhouse gas protocol accounting on oil palm trunk and empty fruit bunch biofuel production'. *Science of The Total Environment*, v.856 (Pt159007). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159007>
- Cihat Onat, N., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2014). 'Scope-based carbon footprint analysis of U.S. residential and commercial buildings: An input-output hybrid life cycle assessment approach'. *Building and Environment*, v.72, pp.53-62.
- Development Business Council for Sustainable. (2022). 'Objetivos de Desenvolvimento Sustentável'.
<https://ods.pt/>

- Direção Geral de Energia e Geologia. (n.d.). *'Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)'*.
<https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/auditorias-energeticas/sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia-sgcie/>
- Ecoinvent. (n.d.-a). *Ecoinvent v3.8*.
- Ecoinvent. (n.d.-b). *ecoQuery*.
- Faria de Assis, T., & D'Agosto, M. de A. (2020). *'Guia para Inventário de Emissões Gases de Efeito Estufa nas atividades logísticas'*. <https://plvb.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Guia-Inventario-de-Emissoes-GEE.pdf>
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). 'Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet'. *Ecological Indicators*, v.16, 100–112.
- Gong, C., Cao, J., Guo, M., Cai, S., Xu, P., Lv, J., & Li, C. (2022). 'A facile strategy for high mechanical permance and recyclable EPDM rubber enabled by exchangeable ion crosslinking'. *European Polymer Journal*, v.175.
- Gregory, R. P. (2022). 'The effect of atmospheric greenhouse gases on firm value and firm size distribution'. *Journal Of Cleaner Production*, v.358.
- Gurfinkel Marques de Godoy, S. (2013). 'Projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa: desempenho e custos de transação'. *Revista de Administração*, v.48(2), pp.310-326.
- Hickmann, T. (2017). "Voluntary global business initiatives and the international climate negotiations: A case study of the Greenhouse Gas Protocol. *Journal of Cleaner Production*, v.169, pp.94-104.
- Lee, K.-H. (2011). 'Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyndai Motor Companyu (HMC) in the automobile industry'. *Journal of Cleaner Production*, v.19(11), pp.1216-1223.
- Marks, J., Gage, P., & Ranganathan, J. (2004). From generic greenhouse gas accounting & reporting standards to worldwide aluminum industry specific tools. *Proceedings of the Air and Waste Management Association's Annual Meeting and Exhibition*, pp.4817-4827.
- Master Ambiental. (2018). *'Inventário de Gases de Efeito Estufa não é só para grandes empresas'*.
<https://www.masterambiental.com.br/noticias/inventario-de-gases-de-efeito-estufa-nao-e-so-para-grandes-empresas/>
- Medina, N. F., Garcia, R., Hajirasouliha, I., Pilakoutas, K., Guadagnini, M., & Raffoul, S. (2018). 'Composites with recycled rubber aggregates: Properties and opportunities in construction'. *Constructions and Buildings Materials*, v.188, pp.884-897.
- Naeco. (2021). *'Como podemos reduzir a pegada do carbono na área de logística de nossa empresa?'*
<https://naeco.com/pt/atualidade/como-podemos-reduzir-a-pegada-do-carbono-na-area-de-logistica-de-nossa-empresa/>
- Parmelee, S. D., & Greer, C. F. (2023). 'Corporate reponses to the COVID-19 pandemic by Fortune 500 companies'. *Public Relations Review*, v.49(1).

- Peters, M., & Robinson, V. (1984). The Origins and Status of Action Research. *The Journal of Applied Behavioral Science*, v.20(2), pp.113-124.
- Portucel Soporcel, G. (n.d.). 'Protocolo de Gases com Efeito de Estufa'. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_protocol_portuguese.pdf
- Presidência do Conselho de Ministros. (2020). *Diário da República. Série I*, 2–158. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/53-2020-137618093>
- Putt del pino, S., Levinson, R., & Larsen, J. (2006). 'Hot Climate, Cool Commerce: A Service Sector Guide to Greenhouse Gas Management'. <http://pdf.wri.org/hotclimatecoolcommerce.pdf>
- Reason, P., & Bradbury, H. (2001). *Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice* (SAGE (ed.)).
- Reichle, D. E. (2023). The Global Carbon Cycle and Climate Change. In Elsevier S&T (Ed.), *The Global Carbon Cycle and Climate Change (Second Edition)* (2°, p. pp.285-352).
- Ring, M. R., Lindner, D., Cross, E. F., & Schlesinger, E. M. (2012). 'Causes of the Global Warming Observed since the 19th Century'. *Atmospheric and Climate Sciences*, v.4(4), pp.401-415.
- Sabzekar, M., Gholamhossein, Z., Chenar, M. P., Mortazavi, Seyed Mohammadmahdi Kariminejad, M., & Asadi, S. (2016). 'A new approach for reclaiming of waste automotive EPDM rubber using Waste oil'. *Polymer Degradation and Stability*, v.129, pp.56-62.
- Siegl, S. H. S. N. U. R. J. (2023). 'Adressing dairy industry's scope 3 greenhouse gas emissions by efficiently managin farm carbon footprints'. *Environmental Challenges*, v.11.
- Société Générale de Surveillance SA. (n.d.). 'ISO 14064 - Responsabilidade e Verificação de GEE'.
- Subramaniam, N., Akbar, S., Situ, H., Ji, S., & Parikh, N. (2023). 'Sustainable development goal reporting: Contrasting effects of institutional and organisational factors'. *Journal of Cleaner Production*, v.411(0959–6526).
- Vale, V. (2023). 'Elastomer Solutions - Leading provider of rubber ...' <https://www.elastomer-solutions.com/>
- Zhang, P., Zhang, H., Sun, X., Li, P., Zhao, M., Xu, S., Jiao, X., Sun, Z., & Zhang, T. (2023). 'Research on carbon emission standards of automobile industry in BRI participating countries'. *Cleaner and Responsible Consumption*, v.8.

ANEXO I – FOLHA “PARAMETERS” DA FERRAMENTA DE CÁLCULO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									

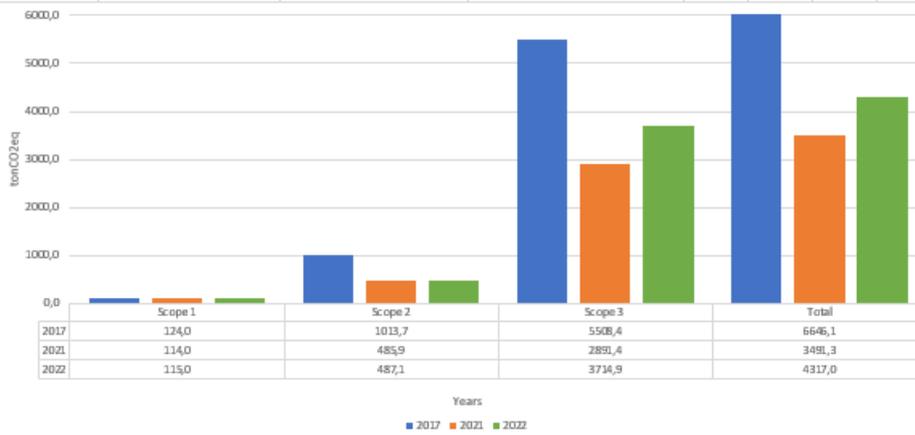
ANEXO II – FOLHA “RESULTS” DA FERRAMENTA DE CÁLCULO

Scope	Activity Type	Emission ton CO2eq													
GHG Emissions Summary															
Scope 1	Direct Emissions														
	1.1 Stationary Combustion	0,1													
	1.1 Mobile Combustion	2,5													
	1.1 Fugitive Emissions from air-conditioning	8,1													
	Total	104,3													
Scope 2	Indirect Emissions														
	2.1 Electricity - Location Based	487,1													
	Total	487,1													
Scope 3	Other Indirect emissions														
	3.1 Transport and upstream distribution of goods	1981,6													
	3.2 Transport and distribution of downstream goods	792,7													
	3.3 Employee Movements	272,3													
	3.4 Business trips	31,3													
	Total	3077,8													
4 - From products used in the organisation															
	4.1 Emissions of purchased products	N.a													
	4.2 Emissions of capital goods	N.a													
	4.3 Emissions from waste disposal	0													
	4.4 Emissions from the use of assets	N.a													
	4.5 Emissions from the use of services not mentioned above	N.a													
	Total	0													
5 - Associated with the use of the organisation's products															
	5.1 Emissions or removals from the use stage of the product	N.a													
	5.2 Emissions from downstream leased assets	N.a													
	5.3 Emissions from end of life stage of the product	N.a													
	5.4 Emissions from investments	N.a													
	Total	0													
6 - From other sources															
		N.a													
	Total (Scope 3)	3077,8													

ANEXO III – FOLHA “TREND DA FERRAMENTA DE CÁLCULO



GHG Emissions Summary



Summary	Emission TonCO2eq 2017	Emissions TonCO2eq 2021	Emission TonCO2eq 2022
Scope 1	124,0	114,0	115,0
Scope 2	1013,7	485,9	487,1
Scope 3	5508,4	2891,4	3714,9
Total	6646,1	3491,3	4317,0

Scope 1	<p>There's a 9 TonCo2eq reduction between 2017 and 2022.</p> <p>1. Mobile combustion - Category responsible for the considered reduction, due to the switch from diesel to hybrid cars;</p> <p>2. Stationary combustion - same emissions;</p> <p>3. Fugitive Emissions - Same emissions.</p>
	<p>There's a 526,6 TonCO2eq reduction between 2017 and</p>

ANEXO IV – FOLHA “MEETINGS PDCA” DA FERRAMENTA DE CÁLCULO

		Action Plan												Owner		STATUS
ElastomerSolutions		Carbon Footprint Calculation												João Sarmento		
Distributed to: Paula Amaral, Vanda Vale, Rosália Matos, Marlene Novais																
Date	10-01-2023	31-03-2023	15-04-2023													
Name /Function	Paula Amaral															
Vanda Vale																
Rosália Matos																
Marlene Novais																
	Presence	Absence	Absence but replaced													
#	Theme / Subject	Actions Definition										Responsible	Date	Status (PDCA)	Validation(GYR)	
1	Project Start	Definition of Organizational and Operational Limits											10-01-2023	●	☺	
2	Data Collection	Collection of data for the calculation											11-01-2023	●	☺	
3	Calculation Software (Excel)	Calculation tool creation											11-01-2023	●	☺	
4	Carbon Footprint Calculation	Discuss the Emissions Results to 2017, 2021, 2022											31-03-2023	●	☹	
5	Compensation Action	Solar panels Implementation											-	●	☹	
6	Compensation Action	Joining tree-planting projects, by "Plantar uma árvore" organization											-	●	☹	
7	Improvement Action	Renovate Air conditioners - Change R410A to R32											-	●	☹	
8	Improvement Action	Search another rubber waste treatment											-	●		
9														●		

ANEXO V – FOLHA DE EXEMPLO “DATA COLLECTION” NA FERRAMENTA DE CÁLCULO



DATA COLLECTION

CALCULATION

Calculation 1.1

Data Collection C1.1

Data Collection C1.2

Data Collection C1.3

Data Collection C2.1

Data Collection C3.1

Data Collection C3.2

Data Collection C3.3

Data Collection C3.4

Data Collection C4.3

Category 1.1 - Direct emissions from stationary combustion

Orientations:

(A) Includes fuel consumption at a facility to produce electricity, steam, heat, or power. The combustion of fossil fuels by natural gas boilers, diesel generators and other equipment emits carbon dioxide, methane, and oxide into the atmosphere;

(B) Describe the name/s of the equipment;

(C) Describe the type/s of fuel used;

(D) Complete with de quantity p/year (L) consumed;

(E) Use only **YELLOW** cells

	Year	Equipment Type	Fuel	Total Consumption (L)														
Example		Generator	Diesel	30														
	2022	Generator Power	Diesel	54,02														
	2022																	
	2022																	
	2022																	
	2022																	
	2022																	
	2022																	
			TOTAL	54,02														

ANEXO VI – FOLHA DE EXEMPLO “CALCULATION” NA FERRAMENTA DE CÁLCULO

 **ElastomerSolutions**

CALCULATION

Category 1.1 & 1.2 Category 1.3 **Category 2.1** Category 3.1 Category 3.2 Category 3.3 Category 3.4 Category 4.3

Category 1.1 Direct emissions from stationary combustion & Category 1.2 Direct emissions from mobile combustion

1. This Tool Page calculates the emissions due to stationary combustion and mobile combustion;
2. Use only **YELLOW** cells.

Fuels	Emission Factor	Unity	Source
Gasoline	73,7	kg CO2e/GJ	https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/CELE/Tabelas_Fatores_Calculo/tabela_PCL_FE_FO_2013.pdf
Diesel	74,1	kg CO2e/GJ	https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/CELE/Tabelas_Fatores_Calculo/tabela_PCL_FE_FO_2013.pdf

Stationary combustion						
Auxiliary Calculation						
<i>(Conversion from m³ to kWh)</i>						
m ³	L	kWh				
0,001	1	10,02				
	54,0	541,3				
			Quantity (GJ)	Emission Factor	Emission tonCO2eq	
			1,9	74,1	0,14	
Auxiliary Calculation						
<i>(Conversion from kWh to GJ)</i>						
kWh	GJ					
1	0,0036					
541,3	1,9					
Mobile combustion Diesel						
Auxiliary Calculation						
<i>(Conversion from m³ to kWh)</i>						
m ³	L	kWh				
0,001	1	10,02				
	951,5	9533,7				
			Quantity (GJ)	Emission Factor	Emission tonCO2eq	
			34,3	74,1	2,5	
Auxiliary Calculation						
<i>(Conversion from kWh to GJ)</i>						
kWh	GJ					
1	0,0036					
9533,7	34,3					

Mobile combustion Gasoline						
Auxiliary Calculation						
<i>(Conversion from m³ to kWh)</i>						
m ³	L	kWh				
0,001	1	8,9				
	3419,4	30432,4				
			Quantity (GJ)	Emission Factor	Emission tonCO2eq	
			109,6	73,7	8,1	
Auxiliary Calculation						
<i>(Conversion from kWh to GJ)</i>						
kWh	GJ					
1	0,0036					
30432,4	109,6					

ANEXO VII – QUESTIONÁRIO REALIZADO DURANTE O ESTUDO, RELATIVO ÀS DESLOCAÇÕES CASA-TRABALHO DOS COLABORADORES DA ELASTOMER SOLUTIONS



Secção 1 de 4

Cálculo da Pegada de Carbono

A [Elastomer Solutions](#) está a desenvolver um projeto com o objetivo de calcular a pegada de carbono.

Desta forma, o principal objetivo do questionário que se segue é contabilizar o número de quilómetros e o combustível utilizado pelos funcionários, a fim de calcular as emissões de gases com efeito de estufa.

O objetivo do questionário é recolher dados quantitativos.

A participação neste estudo é voluntária e as respostas serão consideradas confidenciais e exclusivas. A duração estimada deste questionário é de 1 minuto.

Obrigado pela vossa colaboração!

ANEXO VIII – FLYER REALIZADO PELO AUTOR DO ESTUDO, COM OBJETIVO DE COMUNICAÇÃO E CONCLUSÃO DO ESTUDO INTERNAMENTE NA EMPRESA

Cálculo da Pegada de Carbono da Elastomer Solutions Portugal (ESP)

1 – Introdução

No primeiro semestre de 2023, calculou-se a pegada de carbono da ESP, tendo por base de referência o ano 2017, comparando este, com 2022.

O projeto foi desenvolvido, no âmbito do estágio curricular do estudante João Sarmento, para conclusão do seu mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade, com o tema “Cálculo da Pegada de Carbono” no âmbito de ambiente e sustentabilidade.

No sentido de assinalar o Dia Mundial do Ambiente, 5 de junho, divulgamos os resultados deste projeto.

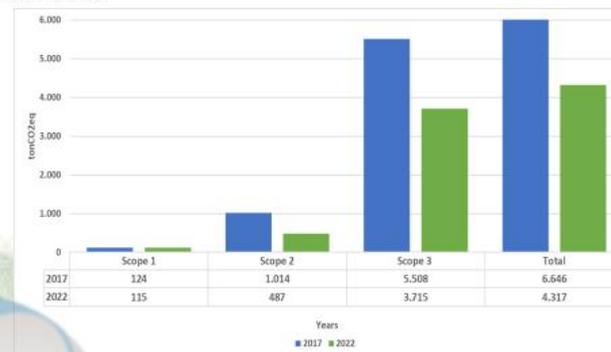
2 – Enquadramento

A pegada de carbono representa o volume total de gases de efeito estufa gerados pelas atividades econômicas e cotidianas do ser humano. É importante conhecer esse dado (expresso em toneladas de CO₂ emitidas) para adotar e implementar as medidas necessárias a fim de reduzi-las ao máximo, uma vez que isso também depende de cada um de nós no nosso dia a dia.

O cálculo é baseado em dois tipos de Emissões (Diretas ou Indiretas) subjacentes em 3 Âmbitos:

Emissões Diretas	Âmbito 1	<ul style="list-style-type: none"> • Combustão estacionária – Ex. Gerador • Combustão Móvel – Ex. Viaturas da empresa • Emissões fugitivas – Ex. Gases fluorados (presentes nos ares condicionados, posto de Transformação e Chillers).
Emissões Indiretas	Âmbito 2	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de Energia Elétrica
Emissões Indiretas (Outras)	Âmbito 3	<ul style="list-style-type: none"> • Transportes a montante – Transportes de fornecedores; • Transportes a jusante – Transportes para clientes; • Deslocação dos colaboradores – (casa-trabalho); • Viagens em negócio; • Tratamento de Resíduos.

3 – Resultados



4 – Conclusão

De 2017 para 2022 verificou-se uma redução de emissões de 2328,1 tCO₂eq. Nos últimos anos, a ESP tem vindo a implementar medidas que contribuíram e contribuem para a redução das emissões de carbono, tais como:

- Melhoria do rendimento da iluminação (substituição para lâmpadas LED);
- Aquecimento de águas sanitárias com recurso a painéis solares e reservatório bomba de calor);
- Instalação de painéis solares (a decorrer), estima-se que irá reduzir 223 tCO₂eq anuais.

5 – Propostas e desafios futuros

- Dar continuidade à parceria criada neste projeto, com a Sienite, para incorporar os resíduos de purga de borracha no fabrico de pneus para carrinhos de mão da construção civil;
- Avaliar o custo/benefício para a desvulcanização de borracha, (primeiro ensaio realizado durante este projeto em parceria com a Rubberlink);
- Desenvolver um produto que permita reutilizar os resíduos de borracha. 05-06-2023