

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Marina Sofia Lopes Ramalho

Contributo para a descarbonização de uma indústria alimentar

Orientador: Professora Doutora Carla Rodrigues

Coimbra, 2022

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Marina Sofia Lopes Ramalho

Contributo para a descarbonização de uma indústria alimentar

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de mestre em ENGENHARIA ALIMENTAR

Orientador: Professora Doutora Carla Rodrigues

Coimbra, 2022

Resumo

Os atuais desafios globais associados ao constante crescimento da população mundial, à pegada ecológica e à sustentabilidade do modelo do sistema alimentar ocidental, exigem uma reflexão crítica sobre as formas de mitigar estes problemas.

Os potenciais efeitos das alterações climáticas criam em todo o mundo consenso sobre a necessidade de desenvolver práticas que contribuam para um efetivo desenvolvimento sustentável. A transição de dietas de origem animal para dietas em alternativas mais ecológicas será determinante em termos de sustentabilidade ambiental e de saúde pública. Os comportamentos dos consumidores têm vindo a alterar-se, começando a refletir também a sua sensibilidade aos impactes ambientais dos produtos e serviços que adquirem, e a exigir que a indústria alimentar implemente ferramentas de gestão ambiental e que divulgue, por exemplo através do rótulo dos produtos, a informação ambiental. Este tipo de informação pode ser obtido através da avaliação da Pegada de Carbono de um processo de transformação de alimentos. Assim, a Pegada de Carbono é uma ferramenta de gestão ambiental que avalia a quantidade total de emissões de gases com efeito de estufa que são direta e indiretamente causadas por uma atividade ou são acumuladas ao longo das fases de vida do ciclo de um produto. A elevada dependência da indústria de combustíveis fósseis contribui, de forma crucial, para as emissões de gases de efeito de estufa, exigindo ações de mitigação e redução deste tipo de emissões. Isto é, desenvolver e implementar medidas que contribuam para a descarbonização da indústria alimentar. Medidas para a redução dos gases com efeito de estufa passam pela procura de fontes de energia renovável, alteração de equipamentos e procedimentos, utilização mais eficiente de equipamentos e dispositivos, a adoção de sistemas de reutilização/recirculação da água e medidas de compensação de emissões com efeito de estufa.

Com o objetivo de contribuir para a descarbonização de uma indústria alimentar, e em resultado da avaliação da sua pegada de carbono, propõe-se um conjunto de medidas que possam também vir ajudar a informar o consumidor. Os resultados relativos ao caso de estudo, indicam que as emissões de CO₂ referentes ao mês de dezembro de 2021 para o fabrico de tofu neste inventário de emissões foi de 7 871 kg de CO₂ pelo que para se compensar estas emissões teriam sido necessárias 79 árvores plantadas há 8 anos.

Palavras-Chave

Indústria alimentar, Alimentação vegetariana, Energia, Descarbonização.

Abstract

The current global challenges associated with the constant growth of the world population, the ecological footprint, and the sustainability of the western food system model, require a critical reflection on the ways to mitigate these problems.

The potential effects of climate change create worldwide consensus on the need to develop practices that contribute to an effective sustainable development. The transition from animal-based diets to diets based on more ecological alternatives will be decisive in terms of environmental sustainability and public health. Consumer behaviour has been changing, also beginning to reflect their sensitivity to the environmental impacts of the products and services they purchase and demanding that the food industry implement environmental management tools and that it discloses, for example through the label of products, environmental information. This type of information can be obtained by evaluating the Carbon Footprint of a food processing process. Thus, the Carbon Footprint is an environmental management tool that assesses the total amount of greenhouse gas emissions that are directly and indirectly caused by an activity or that are accumulated over the life stages of a product's cycle. The industry's high dependence on fossil fuels contributes, in a crucial way, to greenhouse gas emissions, requiring actions to mitigate and reduce this type of emissions. That is, to develop and implement measures that contribute to the decarbonization of the food industry. Measures to reduce greenhouse gases involve the search for renewable energy sources, changes in equipment and procedures, more efficient use of equipment and devices, the adoption of water reuse/recirculation systems and measures to offset emissions with greenhouse effect.

With the aim of contributing to the decarbonization of a food industry, and because of the assessment of its carbon footprint, a set of measures is proposed that may also help to inform the consumer. The results relating to the case of study indicate that the CO₂ emissions for the month of December 2021 for the manufacture of tofu in this emissions inventory was 7 871 kg of CO₂, so to offset these emissions, 79 trees would have been planted 8 years ago.

Keys-words

Food industry, Vegetarian food, Energy, Decarbonization.

Índice

1. Introdução.....	1
2. Revisão da literatura	6
2.1. Alterações Climáticas e a Pegada Ecológica.....	6
2.2. Pegada de Carbono e Descarbonização	10
2.3. Estratégias para a descarbonização da Indústria em Portugal	21
2.4. Mitigação de emissões de CO ₂	24
3. Metodologia.....	28
3.1. Identificação de fontes.....	28
3.2. Cálculo das emissões.....	28
3.3. Recolha de dados e seleção de fatores de emissão.....	29
3.4. Ferramentas de Cálculo	29
4. Apresentação e Discussão de Resultados.....	31
4.1. Fronteira de inventários de gases com efeito de estufa.....	31
4.2. Identificação de fontes de emissões.....	32
4.3. Âmbito 1 - Emissões Diretas: GPL e gases de equipamentos de refrigeração.....	35
4.4. Âmbito 2 - Energia Elétrica.....	39
4.5. Âmbito 3 - Outras Emissões Indiretas: Água.....	48
5. Conclusões	52
Bibliografia	55

Siglas

AEA - Agência Europeia do Ambiente

AVP – Associação Vegetariana Portuguesa

CO₂ – Dióxido de Carbono

CH₄ – Metano

N₂O - Óxido nitroso

HFCs - Hidrofluorcarbonos

PFCs - Perfluorcarbonos

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

fFEC - *Food Ecological Footprint Consumption* / Pegada Ecológica de Consumo Alimentar

gha - *global hectare* / *hectare global*

GEE/ GHG – Gás com Efeito de Estufa– *Greenhouse Gas*

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* / *Painel Intergovernamental sobre alterações climáticas*

LULUCF - *Land Use, Land Use Change and Forests* - Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

UE – União Europeia

WRI – *World Resources Institute* - Instituto de Recursos Mundiais

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Exemplos de tabela resumo de esquemas de rótulos de produtos (traduzido e adaptado[12]).	3
Tabela 2 – Princípios do GHG Protocol Standard Series – construída ([42]).	13
Tabela 3- Exemplo de PAG resumo de 3 relatórios ([47]).	16
Tabela 4- Equipamentos associados às linhas de produção em análise, com fonte de energia e etapa associada.	33
Tabela 5 – Consumo de GPL e emissões de CO ₂ associadas	37
Tabela 6 – Equipamentos de refrigeração com quantidade de gás refrigerante e a sua equivalência em tonCO ₂ eq.	38
Tabela 7 – Energia ativa consumida, energia reativa consumida, e respetivo fator de potência, ao longo dos meses do ano de 2021 até junho de 2022.	40
Tabela 8 - Mix de fontes para a geração de energia por trimestre.	41
Tabela 9 - Equipamentos e potências associadas a ter em conta para a confirmação do consumo energética das linhas de produção de tofu e seitan	43
Tabela 10 - Consumo em kWh por equipamento no mês de dezembro de 2021, referente à linha de tofu.	45
Tabela 11 - Resumo de consumo energético por linha de produção e equipamentos de suporte, desde 2021 até junho de 2022.	46
Tabela 12 – Consumo energético referente à produção, com fatores de emissão e respetivas emissões de CO ₂ associadas.	46
Tabela 13 – Consumo de água e emissões de CO ₂ associadas, do ano de 2021 e até junho de 2022.	49
Tabela 14 – Águas residuais e emissões de CO ₂ associadas, do ano de 2021 e até junho de 2022.	50
Tabela 15 - Emissões de CO ₂ associadas à parte produtiva da empresa em análise.	50
Tabela 16 – Emissões de CO ₂ de dezembro de 2021.	51

Lista de Figuras

Figura 1 - Pontos basilares de estratégia Farm to Fork ([4]).	1
Figura 2 - Bebida Vegetal da Nestlé-Wunda ([15]) e Sumo de laranja da Sumol+Compal ([16]).	4
Figura 3 - Mudanças globais nas concentrações atmosféricas de CO ₂ entre 1880-2015	6
Figura 4 - Soluções chave necessárias para a redução de gases com efeito de estufa ([26]).	7
Figura 5 - Pegada Ecológica, adaptada ([27]).	8
Figura 6-Pegada ecológica portuguesa (hectares globais) ao longo dos anos 1961-2018 ([30]).	9
Figura 8-Emissões de Gases com Efeito de Estufa na UE por Sector em 2019 -	10
Figura 7 - Emissões de gases com efeito de estufa na UE por poluente 2019.	10
Figura 9 - Emissões sectoriais de dióxido de carbono, em Portugal - 2020 ([41]).	11
Figura 10 - Exemplo de fronteira de inventário ([42]).	14
Figura 11 - visão geral dos âmbitos e emissões de uma cadeia de valor ([42]).	14
Figura 12 - Sistema de Gestão da Qualidade do Inventário de Emissões de CO ₂ ([42]).	17
Figura 13 - Taxonomia de táticas e resultados de mitigação climática - adaptada ([49]).	19
Figura 14-Sinergia para inovação ambiental ([51]).	20
Figura 16 - Visão para Portugal de alcançar a neutralidade carbónica em 2050 ([52]).	21
Figura 17 - Alterações estimadas de emissões de CO ₂ da UE 2018/2017 ([61]).	24
Figura 18 - Emissões de CO ₂ 1990-2020 (em Mt(megatonelada) CO ₂ equivalente) ([62]).	25
Figura 19 – Taxas de crescimento de emissões de GEE (% das alterações do 1º trimestre em comparação com o mesmo trimestre do ano anterior – 2019/2020 e 2021/2022) ([63]).	25
Figura 21 - Fronteiras operacionais no inventário das emissões - a vermelho as etapas que não estão incluídas no inventário de emissões de GEE.	31
Figura 22 - Diagrama simplificado de energias utilizadas na unidade fabril.	32
Figura 23- Etapas de cadeia de valor da empresa de atividades ascendentes e descendentes das etapas de produção.	34
Figura 24 - Circuitos de água associados às linhas de produção da empresa.	35
Figura 25- Consumos mensais de GPL em kg desde 2021 até junho de 2022, e respetivos kg totais.	36
Figura 26- Consumos mensais de energia elétrica em kW, desde 2021 até junho de 2022.	39
Figura 27- Etapas com equipamentos a ter em conta para a caracterização energética das linhas de produção de tofu e seitan.	42
Figura 28 - Consumo energético (kWh) por equipamento, referente à produção de tofu no mês de dezembro de 2021.	44
Figura 29 - Consumos mensais de água em m ³ desde 2021 até junho de 2022.	48
Figura 30- Distribuição média do consumo de água desde 2021 até junho de 2022.	49
Figura 31 - Emissões de CO ₂ associados à parte produtiva da empresa em análise	51

1. Introdução

Nos últimos anos, o consumo de alimentos vegan, que visa melhorar a saúde e a sustentabilidade, tem vindo a crescer em todo o mundo. O veganismo é uma dieta alimentar caracterizada pelo consumo de alimentos de origem vegetal, com diferentes motivações como por exemplo: direitos dos animais, ambientais, relacionados com a saúde, espirituais/religiosos, motivos morais/éticos, do estilo de vida sustentável [1].

As principais organizações internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU) e as suas agências: Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), identificam a alimentação como uma luta muito importante contra as alterações climáticas, visto que os sistemas alimentares são responsáveis por uma parcela significativa (20-35%) de emissões de gases com efeito de estufa [2]. Existem diversas estratégias no que diz respeito ao âmbito de atuação da União Europeia (UE) e da Comissão Europeia, que terão um impacto muito significativo na forma como a alimentação global vai ser organizada, como por exemplo a estratégia “do prado ao prato” – *“From Farm to Fork”*, que aborda os desafios dos sistemas alimentares sustentáveis e identifica ligações entre pessoas saudáveis, sociedades saudáveis e um planeta saudável (Figura 1). Tem como objetivo garantir um impacto ambiental neutro ou positivo, ajudar a mitigar as alterações climáticas, reverter a perda de biodiversidade garantindo a segurança alimentar, nutrição e saúde pública, como também preservar a acessibilidade dos alimentos (suficientes, seguros, nutritivos e sustentáveis) ao mesmo tempo que gera retornos económicos mais justos, fomentando a competitividade do setor de abastecimento da União Europeia e promovendo o comércio justo [3].



Figura 1 - Pontos basilares de estratégia Farm to Fork ([4]).

A procura de alimentos de origem vegetal com o objetivo de reduzir a carne e os laticínios é benéfico para o meio ambiente e para a saúde pública. Os produtos cárneos são responsáveis por um uso superior de recursos e emissões de gases com efeito de estufa (GEE), quando comparados com os de origem vegetal [5], aparecendo assim diferentes grupos alimentares além do vegan que procuram reduzir o consumo de carne por produtos à base de plantas, por exemplo vegetarianos e flexitarianos [6],[7]. Os flexitarianos reduzem o seu consumo de carne ocasionalmente, em contraste com os vegetarianos que seguem uma dieta sem carne e os veganos que seguem uma dieta rigorosa à base de plantas e se abstêm de consumir todos os alimentos de origem animal [1],[8].

O mercado vegetariano continua a crescer, e Portugal não é exceção, em 2021, 9,3% dos portugueses consideraram-se flexitarianos e 11,9% da população adulta identificou-se como vegetariano, *versus* 9% em 2019. De todos estes grupos alimentares, o que registou um maior aumento foi aquele constituído por vegetarianos, com um incremento de 137% entre 2019 e 2021 [9]. Também os flexitarianos têm vindo a aumentar, tendo crescido 27% em dois anos. A tendência continua a ser clara, e ano após ano cada vez mais pessoas adotam novos hábitos alimentares, sendo o sector da alimentação vegetariana, um setor com grande potencial de crescimento dado o aumento da preocupação pelo bem-estar animal, saúde e ambiente, sendo que 73% dos vegetarianos e veganos defendem a sua dieta pela sustentabilidade e o respeito pelos animais, enquanto que os flexitarianos (68%) adotam esta dieta para cuidar da sua saúde, 30% pela preocupação pelos animais e 29% pela sustentabilidade [9].

Para além da procura por outras dietas alimentares devido à preocupação ambiental e a sustentabilidade, os consumidores começaram a avaliar a poluição ambiental dos produtos e serviços que compram. Assim, não só a legislação, mas também os consumidores finais têm pressionado as empresas para apurar o impacte ambiental associado aos seus produtos e processos. As empresas ao avaliar o seu impacte ambiental e a reformular os seus processos, estão cada vez mais a transferir pressão para os seus próprios fornecedores, pedindo-lhes, ou mesmo, obrigando-os a implementar iniciativas para reduzir as emissões, devido às exigências por parte dos clientes. Face a esta pressão, as empresas estão a analisar as soluções existentes para a mitigação da sua poluição, como reduzir as emissões ao longo das suas operações, como influenciar diferentes elementos das suas cadeias de abastecimento e como comunicar a sua pegada de carbono aos clientes [10].

Para essa redução de emissões e alteração de diferentes elementos ao longo da cadeia de abastecimento de produtos, as empresas têm de identificar quais as fontes e os processos que têm efeitos nas mudanças climáticas, nomeadamente os mais intensivos em carbono. No caso da indústria alimentar há fatores diretamente implicados, pois a produção e distribuição de alimentos exige um fornecimento contínuo e considerável de energia e recursos naturais. Após o levantamento e a caracterização das etapas para produção e distribuição de alimentos, que maioritariamente, são processos associados a um excessivo consumo de energia elétrica, gás e água, é indispensável arranjar medidas para a redução desses consumos que equivalem à redução das suas pegadas de carbono [11].

Após a redução comprovada destas emissões, as empresas têm todo o interesse em demonstrar aos seus consumidores quais as medidas tomadas e que estão a implementar, por exemplo através de rotulagem ecológica. A introdução e desenvolvimento da rotulagem de sustentabilidade surgiu a partir de mudanças nas atitudes do consumidor e à medida que esses novos rótulos de carbono evoluem, é importante saber como os clientes avaliam a apresentação dessas emissões de carbono nos produtos [12].

A *Carbon Trust*, uma organização do Reino Unido, que assumiu a liderança na rotulagem de carbono e introduziu o *Carbon Reduction Label* em 2006, realizou um inquérito online entre fevereiro e março de 2020, para perceber a importância desta rotulagem. Este inquérito mostrou níveis contínuos de apoio desta rotulagem em todos os países inquiridos (França, Alemanha, Itália, Espanha, Suécia, Países Baixos, Reino Unido e Estados Unidos). Dois terços dos consumidores de todos os mercados analisados, estão mais propensos a pensar positivamente sobre uma marca que demonstre a redução da pegada de carbono dos seus produtos. França, Itália e Espanha são os países com os maiores níveis de apoio à rotulagem com 80%, 82% e 79% dos consumidores, respetivamente [13].

Já existem várias entidades certificadoras para o efeito, Guenther *et al.* em 2012 identificaram 22 esquemas de rótulos de produtos certificados com diferentes metodologias. Na Tabela 1 encontram-se alguns exemplos desse estudo [12].

Tabela 1 - Exemplos de tabela resumo de esquemas de rótulos de produtos (traduzido e adaptado[12]).

Nome	Operador/ Certificador	Ano	Países	Metodologia	Produtos e Serviços
Bilan CO₂	E Leclerc	2008	França	ISO 14040 /ISO 14044	20.000
Rótulo de redução de carbono	Carbon Trust	2008	Reino Unido	PAS 2050	3829
Neutralidade de Carbono SGS	SGS	2007	Suíça	Protocolo GHG /ISO 14064	Desconhecido

Muitas empresas já estão a fazer refletir nas suas embalagens as medidas que implementaram, um exemplo é o selo certificado pela *Carbon Trust*, apresentado de diferentes formas e referindo os detalhes do âmbito da certificação, como por exemplo: Neutro em carbono e Redução de CO₂ na embalagem (Figura 2), Redução de CO₂ e Menor CO₂ [14].



Figura 2 - Bebida Vegetal da Nestlé – Wunda ([15]) e Sumo de laranja da Sumol+Compal ([16]).

O consumidor atual está cada vez mais consciente e quer o máximo de informação possível no rótulo, em Portugal já existe uma petição para a criação de uma rotulagem da pegada ecológica dos alimentos [17].

Considerando a crescente preocupação da população em geral, nomeadamente dos consumidores, pela crise ambiental e o impacto que a alimentação e a indústria têm nas alterações climáticas, é importante e urgente implementar estratégias para mitigar a emissão de gases com efeito de estufa nas indústrias alimentares e informar os consumidores acerca das reduções de emissões de GEE.

O principal objetivo deste trabalho é a identificação e sugestão de medidas a adotar por uma indústria alimentar, a Danesti Alimentação Lda, no sentido de reduzir as emissões de CO₂ e desta forma contribuir para a descarbonização desta indústria. Para tal, foi realizada uma caracterização energética da empresa com destaque pelas linhas de produção com maior impacto ambiental, analisando as emissões de gases com efeito de estufa. Foi igualmente necessário efetuar o levantamento de outros consumos com relevância como o gás e a água,

para que possam ser analisadas as alterações processuais que contribuam para a redução de todos estes consumos.

A Danesti Alimentação, Lda nasce em 2016 no centro do país em Ferreira do Zêzere, inserida num grupo de empresas de origem familiar – Globalfer. Dedicase-se à comercialização e distribuição de produtos alimentares para o canal Horeca e Retalho - CAE-46390-R3- Comércio por grosso não especificado de produtos alimentares, com diversas marcas, como, Danesti, Daflori, Sicarze, Uniovo, Lusitanis, Sanfrut, 5º Sentido, Valgadão e Bom Costume.

Para além da parte da distribuição de produtos alimentares, surgiu a necessidade e preocupação em desenvolver soluções mais saudáveis e de origem vegetal, pelo que a empresa produz alimentos vegetarianos - CAE-10613- Transformação de cereais e leguminosas, maioritariamente tofu e seitan, tendo também vertentes vegetais de hambúrgueres, patês e enchidos. Esta é a atividade abordada neste trabalho, tendo a empresa como pilares basilares para os produtos produzidos, o desenvolvimento de produtos alimentares saudáveis, biológicos e sustentáveis. O público-alvo dos produtos produzidos pela empresa são os vegetarianos, veganos, flexitarianos e consumidores com um estilo de vida saudável, consciencioso e sustentável. Torna-se cada vez mais importante identificar quais as fontes de GEEs na linha de produção, e encontrar medidas para a descarbonização da empresa. A pressão por parte dos consumidores finais e dos clientes começa a ser cada vez maior. Este aumento poderá implicar alterações ao nível da legislação e ao nível da rotulagem ambiental.

O trabalho está estruturado em 5 capítulos. Além deste capítulo 1, o capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica acerca de alguns conceitos necessários para a perceção da problemática em estudo. Explicita a metodologia- *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* para a identificação de fontes de emissões de gases com efeito de estufa e posterior cálculo das mesmas. Refere também algumas estratégias e metas existentes para a mitigação da crise climática com o objetivo de contribuir para a descarbonização da empresa. O capítulo 3 aborda a metodologia usada no desenvolvimento do trabalho. O capítulo 4 é dedicado à apresentação e discussão dos resultados, bem como a apresentação de sugestões de melhoria. Por último, no capítulo 5, apresentam-se as conclusões retiradas e sugestões para trabalho futuro, quais as medidas imediatas a tomar para trazer proveitos tanto em termos ambientais como económicos e quais as dificuldades no caminho que ainda falta percorrer para conseguir a descarbonização da empresa.

2. Revisão da literatura

2.1. Alterações Climáticas e a Pegada Ecológica

As alterações climáticas são mudanças no estado do clima que podem ser identificadas por mudanças na média e/ou variabilidade das suas propriedades e que persiste por um período prolongado [18]. É uma mudança de longo prazo no clima típico de uma região, que tem impactos perceptíveis como aumento da temperatura média da superfície terrestre, mudanças de ecossistemas, desertificação, aumento do nível do mar, inundações e secas [19].

A principal causa da diminuição dos recursos e a deterioração das condições ambientais do nosso planeta foi identificada como o aumento constante nas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) ligada às atividades humanas [20]. Este fenómeno tem sido atribuído ao aumento da energia e às emissões de gases com efeito de estufa, principalmente de dióxido de carbono (CO_2), resultantes da queima de combustíveis fósseis e vários processos industriais que emitem gases com efeito de estufa [21]. A acumulação de CO_2 na atmosfera retém a radiação emitida da superfície da Terra após a absorção da luz solar e aquece o nosso planeta, conduzindo a uma tendência alarmante de aquecimento global. Com a revolução industrial o problema do clima da Terra agravou-se (Figura 3), devido a um aumento constante de emissão dos GEE [22].

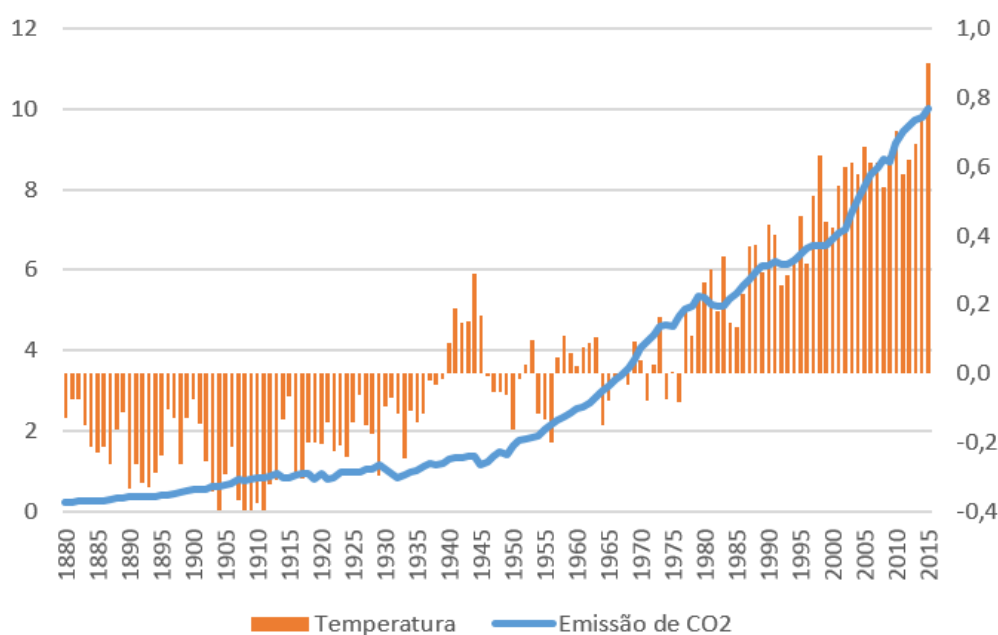


Figura 3 - Mudanças globais nas concentrações atmosféricas de CO_2 (em GtC/ano - gigatoneladas de carbono por ano) e temperatura média global ($^{\circ}\text{C}$ – graus Celsius) entre 1880-2015 ([23]).

Desde a Revolução Industrial, como já referido, que o crescimento económico mundial e o desenvolvimento da sociedade têm vindo a ser suportados pela queima massiva de combustíveis fósseis. A concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera conduziu a um aumento da temperatura de 1 °C desde 1880 e se continuar ao ritmo atual, o planeta atingirá um aumento superior a 3 °C no final do século com consequências avassaladoras. Um aumento da temperatura média global do Planeta até 1.5 °C, face aos valores registados na época pré-industrial é identificado pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, como o limite máximo aceitável para que os efeitos das alterações climáticas não atinjam dimensões catastróficas [24].

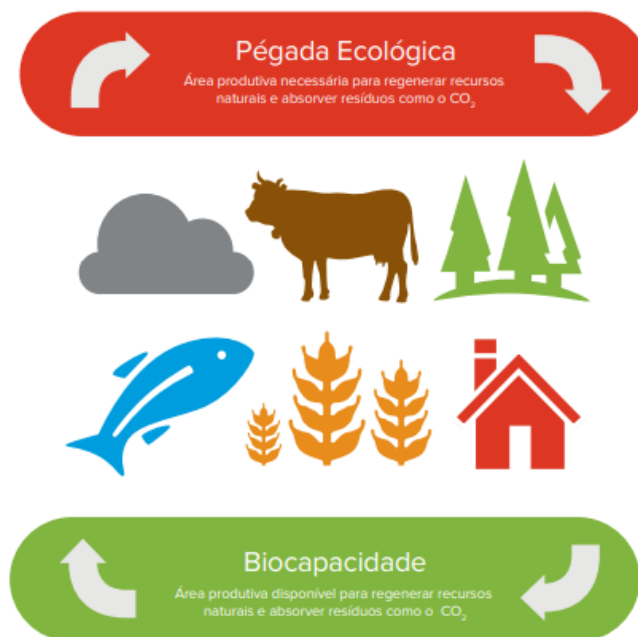
Os efeitos atuais das mudanças climáticas criaram em todo o mundo, o consenso sobre a necessidade de descarbonização e de um desenvolvimento sustentável. O Acordo de Paris estabeleceu o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global a níveis substancialmente abaixo dos 2°C, acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C [25].

Porém, as medidas atuais tomadas por organizações e países não estão a ser adequadas para alcançar esta meta, sendo que as estratégias precisam de ser reforçadas e as empresas devem comprometer-se a reduzir e a compensar cada tipo de emissão através de diferentes soluções chave -Figura 4 [26].



Figura 4 - Soluções chave necessárias para a redução de gases com efeito de estufa ([26]).

Face às crescentes alterações da temperatura do planeta, cada vez mais são necessários estudos de sustentabilidade, para isso a pegada ecológica torna-se uma métrica cada vez mais usada nos mesmos, constituindo uma ferramenta de cálculo de recursos, como o uso de terra cultivada, florestas, pastagens, áreas de pesca para o fornecimento de recursos e absorção de resíduos. Compara a quantidade de área biologicamente produtiva disponível para regenerar esses recursos e serviços (Figura 5) e é avaliada em hectares globais [27].



CARBONO: As emissões de CO₂ associadas à queima de combustíveis fósseis utilizados e ao consumo de eletricidade e de produtos intensivos em energia

ÁREA DE MAR: A área das águas marinhas biologicamente produtivas, necessárias para a captura anual de espécies aquáticas (peixe e marisco).

PASTAGENS: A área de pastagens associada à criação de gado para produção de carne, leite, couro e lã. Inclui todas as pastagens utilizadas para criação de animais, incluindo pastagens cultivadas, pastagens e pradarias.

ÁREA ARÁVEL: A área ocupada para produção de todos os produtos agrícolas necessários para consumo humano (alimentos e fibras) e para consumo de animais, alimentação de peixes, produção de azeite e borracha.

PRODUTOS FLORESTAIS: A área ocupada por bosques e florestas, de onde vêm principalmente produtos derivados da madeira, utilizados na produção de bens, e também combustíveis como a lenha.

ÁREA CONSTRUÍDA: A área coberta por infraestruturas humanas tais como estradas, habitação, estruturas industriais e barragens para produção de energia elétrica.

Figura 5 - Pegada Ecológica, adaptada ([27]).

A nível nacional, a maior fatia responsável da pegada ecológica é o consumo de produtos alimentares com 32% [28]. Os portugueses consomem aproximadamente 41% de calorias a mais do que a necessidade diária de energia dietética recomendada pela FAO [29]. Portugal apresenta um significativo défice ecológico ao longo dos anos (Figura 6), devido ao elevado nível de dependência de recursos do exterior, bem como a utilização excessiva dos recursos locais [29].

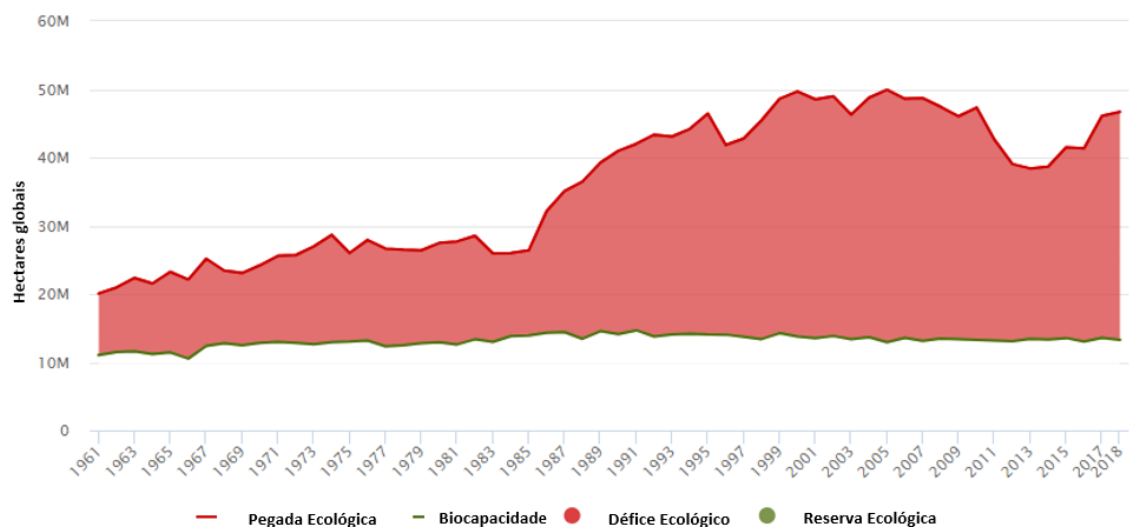


Figura 6 – Pegada ecológica portuguesa (hectares globais) ao longo dos anos 1961-2018 ([30]).

A pegada ecológica integra um conjunto de indicadores sociais utilizados para medir a qualidade de vida da comunidade à luz das exigências ambientais atuais. A pegada ecológica é frequentemente utilizada para o desenvolvimento sustentável e essa abordagem ocorre em relação a outros conceitos como a pegada de carbono, pegada hídrica e produção sem desperdícios [31]. Para além da pegada ecológica e os conceitos que a relacionam para o planeamento da sustentabilidade, há outras abordagens, como por exemplo a *WEF nexus* - Nexo entre água, energia e alimentos. O conceito de Nexus Água-Energia-Alimento (WEF) foi criado pela FAO em resposta às mudanças climáticas para avaliar a interação entre água, energia e alimentos com o objetivo de atender à crescente procura de recursos limitados sem ameaçar a sustentabilidade dos recursos naturais [32],[33],[34].

2.2. Pegada de Carbono e Descarbonização

A pegada de carbono é uma ferramenta de gestão ambiental que permite avaliar a emissão de gases com efeito de estufa (GEE), usada para indicar a extensão das emissões de GEE resultantes da atividade de uma pessoa ou organização, pode ser calculada em diferentes níveis, por exemplo nacional, por produto ou serviço [36]. A pegada de carbono é uma medida da quantidade total de emissões de GEE que são direta e indiretamente causadas por uma atividade ou acumuladas ao longo das fases da vida do ciclo de um produto, isso implica que todas as atividades e todas as emissões devem ser consideradas, tanto as emissões diretas e as externas, as incorporadas, e identificando também as emissões a montante e a jusante [37].

O dióxido de carbono, CO₂ é o gás com efeito de estufa predominante emitido pelas atividades humanas, no entanto, outras emissões de gases com efeito estufa, incluindo CH₄ e N₂O, juntamente com famílias de gases incluindo HFCs e PFCs, também têm contribuições significativas, sendo estes, normalizados para a massa de CO₂ equivalente [36]. Estes gases estão presentes na atmosfera de forma natural, mas, como já referido, devido ao impacto das atividades humanas, as emissões têm vindo a aumentar e o responsável por mais de 60% é o CO₂, tendo como consequência o aquecimento global [38].

O dióxido de carbono em 2019 representava 80% (Figura 7) das emissões dos GEE na União Europeia [39] sendo sector com a maior fatia dessas emissões de GEE (2019), o setor da energia com 77% (Figura 8), seguindo a agricultura e o setor de processos industriais e utilização de produtos com 9% [40].

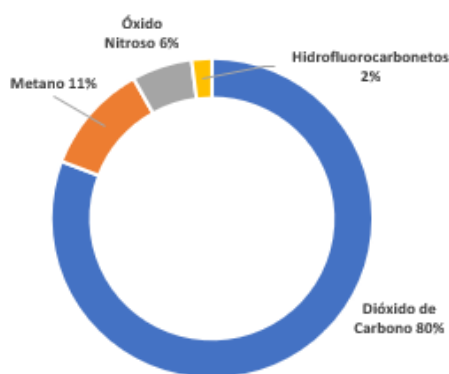


Figura 7 - Emissões de gases com efeito de estufa na UE por poluente* 2019 – adaptado ([40]).

Nota: A percentagem não atinge os 100% devido aos arredondamentos. *Todos os sectores, excluindo o uso da terra, as alterações da terra e silvicultura.

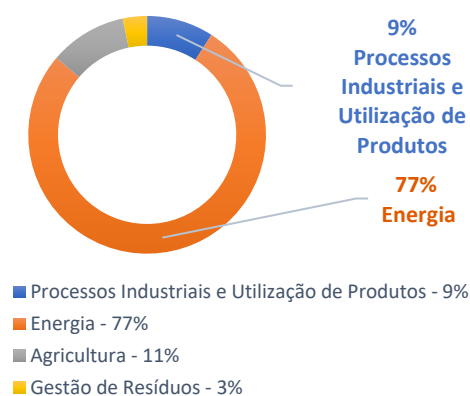


Figura 8 - Emissões de Gases com Efeito de Estufa na UE por Sector em 2019 - Adaptado ([40]).

Fazendo o levantamento nacional do ano de 2020, dos sectores com emissões de CO₂ com maior impacte ambiental (Figura 9), têm-se que o sector com a maior fatia de emissões é o sector de transportes com 25,8%, seguido da produção e transformação de energia, e da indústria de transformação com 13,3% [41].

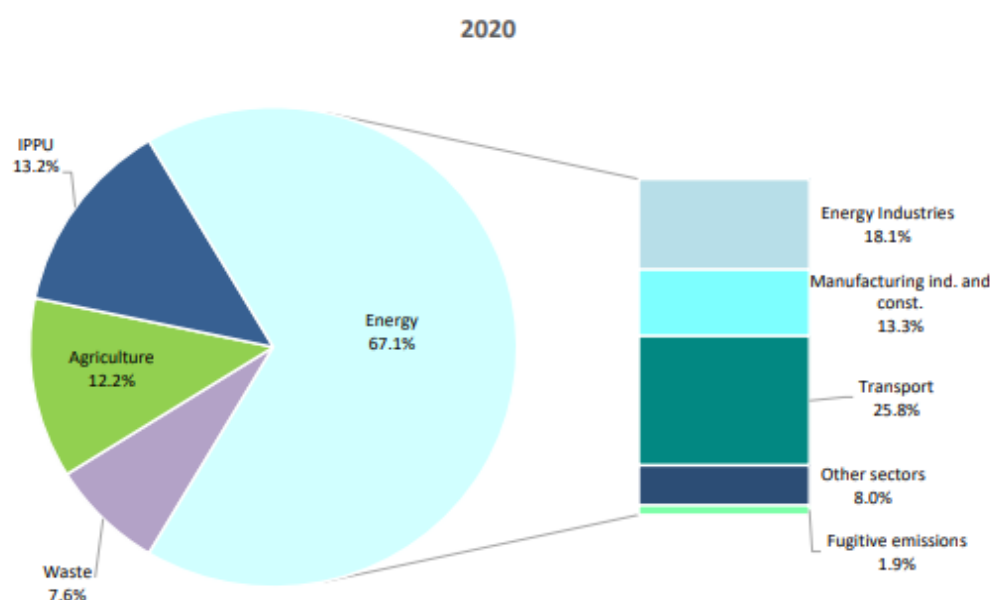


Figura 9 - Emissões sectoriais de dióxido de carbono, em Portugal - 2020 ([41]).
nota: LULUCF excluídos

Tendo a produção de energia e a indústria um peso significativo nas emissões de dióxido de carbono em termos nacionais é urgente o planeamento estratégico para apurar a pegada de carbono da indústria, e posteriormente arranjar medidas para mitigar essas emissões. Para o cálculo da pegada de carbono existem diferentes referências com diferentes metodologias como é o caso do PAS 2050:2008 [43], dos diferentes normativos da ISO 14064 *Series* [44] e do *GHG Protocol Series* [42].

O guia PAS 2050:2008 é uma orientação para avaliar as emissões de GEE do ciclo de vida do produto e serviços, em todo o seu ciclo de vida - desde matérias-primas, em todas as etapas de produção (ou prestação de serviços), distribuição, uso e descarte/reciclagem [43].

Enquanto a série de normas da ISO 14064 engloba a ISO 14064-1:2018, que especifica e orienta uma organização para a quantificação e realização de relatórios de emissões e remoção

de gases com efeito de estufa, e a ISO 14064-2:2019 que especifica e orienta ao nível da quantificação, monitorização e ao relatório de reduções de emissões de gases de efeito estufa e melhorias para a sua remoção [44].

GHG Protocol Series tem diferentes standards, como é o caso do *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, que explica passo a passo como quantificar e comunicar as emissões de GEE; o *Corporate Value Chain 2011*- dá foco a um âmbito optativo, onde permite que as empresas avaliem todo o impacto das emissões da cadeia de valor; e o *Standard, Scope 2 Guidance 2015*, que padroniza as emissões associadas à aquisição e utilização de eletricidade, calor e vapor. O standard da *Greenhouse Gas Protocol Initiative*, o *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* é um guia que fornece a informação necessária para fazer um inventário de emissões de GEE e explicita qual a maneira para a comunicação desse inventário em programas voluntários e obrigatórios de GEE. Este guia calcula as emissões usando uma abordagem *bottom-up*, consistindo no cálculo de uma fonte individual até ao nível empresarial, permitindo às empresas comunicar as emissões de GEE em escalas diferentes, tendo a vantagem de poderem se focar e gerir as atividades que resultam nas reduções mais efetivas de GEE a nível de custo [42].

GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard [42]

Greenhouse Gas Protocol Initiative é uma parceria de negócios entre várias partes interessadas, organizações não governamentais, governos e outras entidades reunidas pelo WRI (Estados Unidos) e WBCSD (Genebra). Tem como missão desenvolver normas internacionalmente aceites de monitorização e comunicação das emissões de GEE e promover a sua aceitação globalmente. Este protocolo é composto por dois guias separados, mas interligadas entre si, *GHG Corporate Accounting and Reporting Standard* e o outro o *GHG Protocol Quantification Standard* – um guia para quantificar as reduções de projetos mitigantes de gases com efeito de estufa [42].

Os registos e relatórios de emissões de GEE devem-se basear nos seguintes princípios (Tabela 2) do *GHG Protocol Standard Series*.

Tabela 2 – Princípios do GHG Protocol Standard Series – construída ([42]).

Aplicabilidade Assegurar que o inventário reflete com exatidão as emissões da empresa, e que sirva as necessidades de decisão dos utilizadores – tanto a nível interno, como externo à empresa.	Integralidade Registar e comunicar todas as fontes de emissão e atividades, dentro dos limites do inventário definidos. Divulgar e justificar quaisquer exclusões específicas.
Consistência Utilizar metodologias consistentes que permitam comparações relevantes de emissões ao longo do tempo. Documentar claramente quaisquer alterações aos dados, fronteiras do inventário, métodos, ou quaisquer outros fatores relevantes nesse período.	Transparência Tratar todos os assuntos relevantes de forma coerente e fatural, com base numa auditoria transparente. Divulgar quaisquer pressupostos relevantes, bem como fazer referência apropriada às metodologias de cálculo e de registo e ainda às fontes de dados utilizadas.
Exatidão Assegurar que a contabilização das emissões não se encontra sistematicamente acima ou abaixo do nível das emissões atuais, tanto quanto se julga, e que as incertezas sejam reduzidas ao mínimo. Conseguir uma exatidão suficiente para possibilitar aos utilizadores decidirem com uma certa segurança, quanto à integridade da informação comunicada.	

Para preparar um inventário das emissões de GEE de uma empresa, é necessário definir quais as fronteiras organizacionais e qual a abordagem, bem como a identificação das fronteiras operacionais.

Em relação às fronteiras organizacionais, estas envolvem a abordagem de participação de capital e de controlo financeiro e operacional. A empresa regista as emissões decorrentes das suas operações, conforme a sua participação de capital na operação ou se responsabiliza pelo total das emissões das operações que controla.

Em relação às fronteiras operacionais, estas definem os limites das emissões diretas e indiretas das operações que ocorrem dentro da atividade corporativa de uma empresa.

A Figura 10 mostra exemplos das fronteiras organizacionais e operacionais de uma empresa. Estas fronteiras em conjunto constituem a fronteira do inventário de emissões dos gases com efeito de estufa da empresa.

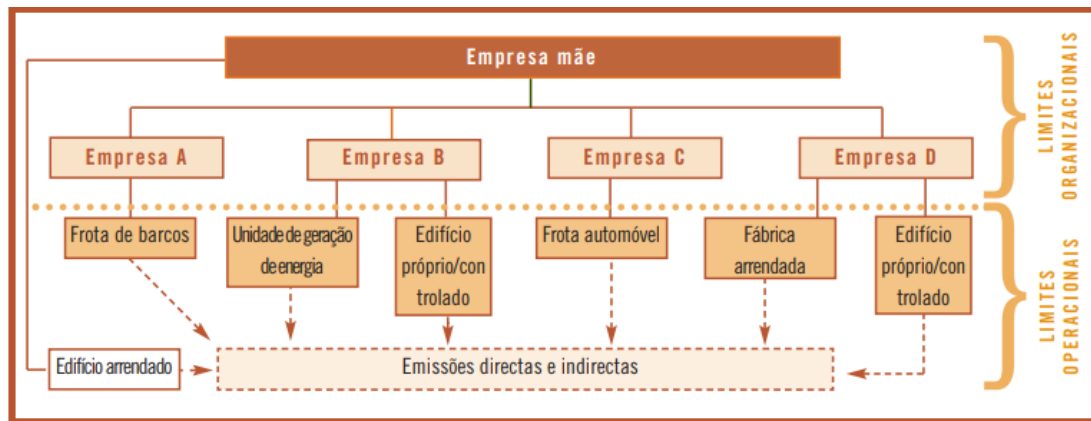


Figura 10 - Exemplo de fronteira de inventário ([42]).

Os limites operacionais definem as emissões diretas e indirectas das operações que estejam nos limites organizacionais estabelecidos pela empresa. Estes limites referem-se a 3 âmbitos como mostra a Figura 11 .

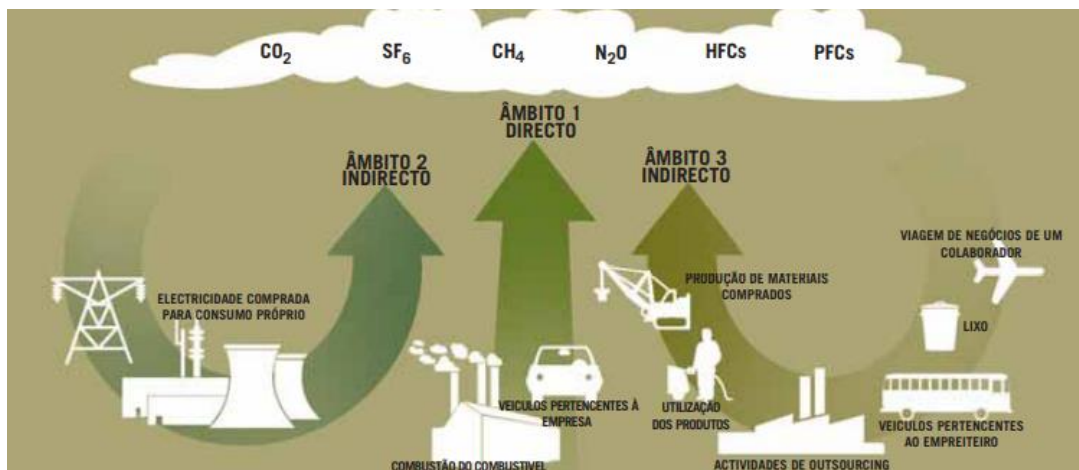


Figura 11 - visão geral dos âmbitos e emissões de uma cadeia de valor ([42]).

O âmbito 1 refere-se às emissões directas de GEE, como geração de eletricidade, calor ou vapor; processamento físico ou químico; transporte de materiais, produtos, desperdícios, colaboradores e fugas de emissões. Relativamente ao âmbito 2, este engloba as emissões

indiretas de GEE de eletricidade adquirida, que é consumida nas suas operações ou equipamentos.

Os âmbitos 1 e 2 são obrigatórios, as empresas registam e comunicam as suas emissões sob o âmbito 1 e 2 separadamente. Relativamente ao âmbito opcional, o âmbito 3 refere-se às outras emissões indiretas de GEE tais como atividades ascendentes e descendentes da empresa. Para o inventário de emissões de GEE de uma empresa são necessárias cinco etapas [42]:

1. Identificar as fontes
2. Selecionar a metodologia de cálculo
3. Recolher dados e selecionar os fatores de emissão
4. Aplicar as ferramentas de cálculo
5. Registrar os dados ao nível do grupo empresarial

Estas diferentes etapas são detalhadas em seguida.

1. Identificação de Fontes

O primeiro passo é a identificação das fontes de emissão direta, estas podem ser por exemplo caldeiras e fornos, automóveis, referentes ao âmbito 1. De seguida identificar as fontes de emissão indireta de acordo com o âmbito 2, pelo consumo de eletricidade. O passo opcional é a identificação de fontes associadas com *outsourcing* de fabrico, entre outros.

De acordo com o *GHG Protocol Standard*, os GEE são os gases no âmbito do Protocolo de Quioto, que foi o primeiro tratado jurídico internacional que explicitamente pretende limitar as emissões quantificadas de gases com efeito de estufa, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorocarbonetos (PFCs), o hexafluoreto de enxofre (SF₆) e o trifluoreto de nitrogénio (NF₃) [45].

2. Metodologia de Cálculo

A abordagem mais comum para calcular as emissões de gases com efeito de estufa, é através da aplicação de fatores de emissão documentados, e em muitos casos, particularmente quando a monitorização direta não está disponível ou é dispendiosa, os valores podem ser calculados com grande precisão através dos dados de consumo.

3. Recolher dados de atividade e selecionar fatores de emissão

Após a identificação das fontes de emissão, a empresa tem de definir qual o processo de recolha dos dados de atividade e a abordagem de cálculo a seguir, as empresas deverão selecionar que fatores de emissão devem aplicar à sua realidade. Para a maioria das pequenas e médias empresas, bem como para grandes empresas, as emissões de GEE do âmbito 1 são calculadas com base na quantidade de combustíveis comerciais adquiridos, usando fatores de emissão publicados ou do fornecedor.

Para as emissões do âmbito 2, são calculadas por fatores específicos do fornecedor, ou outros fatores de emissão publicados. As emissões do âmbito 3 são primeiramente calculadas a partir dos dados da atividade, como por exemplo utilização de combustível, milhas de voo dos passageiros e também podem ser calculados por fatores publicados. Se os fatores de emissão específicos estiverem disponíveis, estes são preferíveis face aos fatores mais genéricos.

Para calcular as emissões de gases com efeito de estufa de uma determinada fonte de emissão, tem-se em conta a seguinte equação:

$$\text{Emissões GEEs} = DA \times FE \times PAG \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

-DA-Dados de Atividade;

-FE-Fator de Emissão;

-PAG-Potencial de Aquecimento Global

O Potencial de Aquecimento Global (PAG) é uma medida de comparação no período de 100 anos (Tabela 3), para que as emissões dos diferentes GEE sejam expressas numa unidade comum, permitindo associar a diferentes gases uma equivalência ao CO₂ [46].

Tabela 3- Exemplo de PAG resumo de 3 relatórios ([47]).

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265

4. Aplicação das ferramentas de cálculo

O *GHG Protocol Initiative* oferece ferramentas de cálculo de GEE (em www.ghgprotocol.org) que são revistas por peritos e líderes industriais, e regularmente atualizadas. As empresas podem aproveitar estas ferramentas ou utilizar os seus próprios métodos de cálculo de GEE, desde que estejam em conformidade com a abordagem.

Há duas abordagens para a recolha de emissões de GEE das instalações de uma empresa, a abordagem centralizada e a descentralizada. A diferença entre as duas é o sítio onde se dão estes cálculos de emissão e no tipo de qualidade dos procedimentos de gestão que se devem utilizar em cada nível hierárquico. A centralizada é apropriada para as empresas com sede própria, fazendo relatórios de dados pelas instalações individuais, esta é preferível pois os colaboradores podem calcular os dados de emissão de uma forma muito linear através de consumos das diferentes atividades/combustíveis. Enquanto na descentralizada, as instalações individuais da empresa calculam dados de emissão de GEE, ajudando a aumentar a consciencialização e compreensão por parte dos colaboradores.

5. Registrar os dados ao nível do grupo empresarial

Os relatórios devem incluir toda a informação relevante e devem ser comunicados por todas as instalações. Para isso é necessário implementar um sistema de gestão de qualidade do inventário das emissões (Figura 12), onde deve englobar todas as componentes acima referidas.

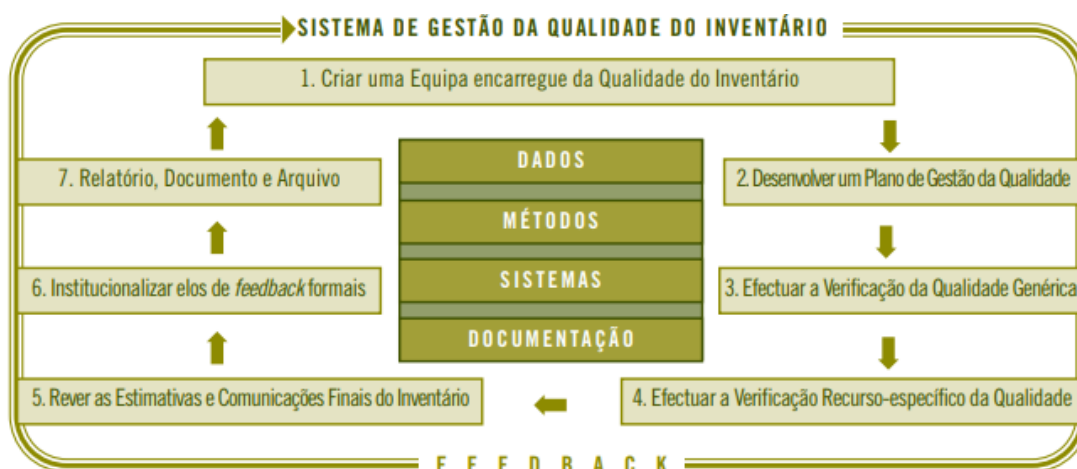


Figura 12 - Sistema de Gestão da Qualidade do Inventário de Emissões de CO₂ ([42]).

Os procedimentos têm de ser bem definidos e acompanhados, selecionando um ano base para histórico de dados, e ir fazendo recálculos das emissões desse ano, definindo limites. Sempre que houver alguma alteração na empresa todos estes procedimentos e dados tem de ser reavaliados. *O GHG protocol corporate standard* é focado nos relatórios de comunicação das emissões de GEE a nível empresarial, após o inventário realizado e a devida monitorização das emissões do mesmo devem ser criadas metas de redução deste inventário. As reduções nas emissões são calculadas através das mudanças das emissões da empresa ao longo do tempo, comparativamente ao ano base. Para alcançar metas de redução de emissões de GEE, é necessário implementar medidas de descarbonização na empresa, isto é, eliminar a utilização de energias provenientes de combustíveis fósseis, como o carvão, gás ou petróleo, de forma a reduzir, até a eliminar, a emissão de gases com efeito estufa.

A descarbonização eficiente é aquela que consegue caminhar para a neutralidade de carbono, isto é, consegue-se a neutralidade de carbono quando se emite a mesma quantidade de CO₂ na atmosfera que aquela que se retira por diferentes vias, resultando num balanço nulo, também denominado pegada de carbono zero [48].

A neutralidade de carbono é atingida quando a quantidade de emissões de gases de efeito estufa é contrabalançada com formas de absorção de CO₂, o que importa é que as emissões sejam neutralizadas, assim a emissão de GEE mantém-se, mas através de medidas de remoção, deve se retirar o equivalente da atmosfera de forma a compensá-las e alcançar um balanço neutro. Dessa forma, uma maneira da empresa se aproximar da neutralidade de carbono é por exemplo investir em projetos de reflorestamento, que ajudam a remover dióxido de carbono da atmosfera. Assim, pode se dizer neutra em termos de produção de dióxido de carbono ainda que suas emissões cresçam ano após ano, o que é preciso é garantir o investimento progressivo em métodos de compensação. As metas para alcançar a neutralidade carbónica referem-se a diferentes termos na discussão sobre a descarbonização da economia, entendê-los pode ser a chave para um debate mais coerente e informado sobre o aquecimento global e a mudança climática [49].

Quando uma empresa identifica as diferentes fontes de emissão afetas ao seu processo, especialmente os seus pontos críticos, pode planear uma estratégia abrangente de sustentabilidade (Figura 13), seguindo três passos – redução, compensação e neutralização. Diferentes entidades económicas procuram cada vez mais alcançar diferentes objetivos climáticos, principalmente até 2030 ou 2050 [49].

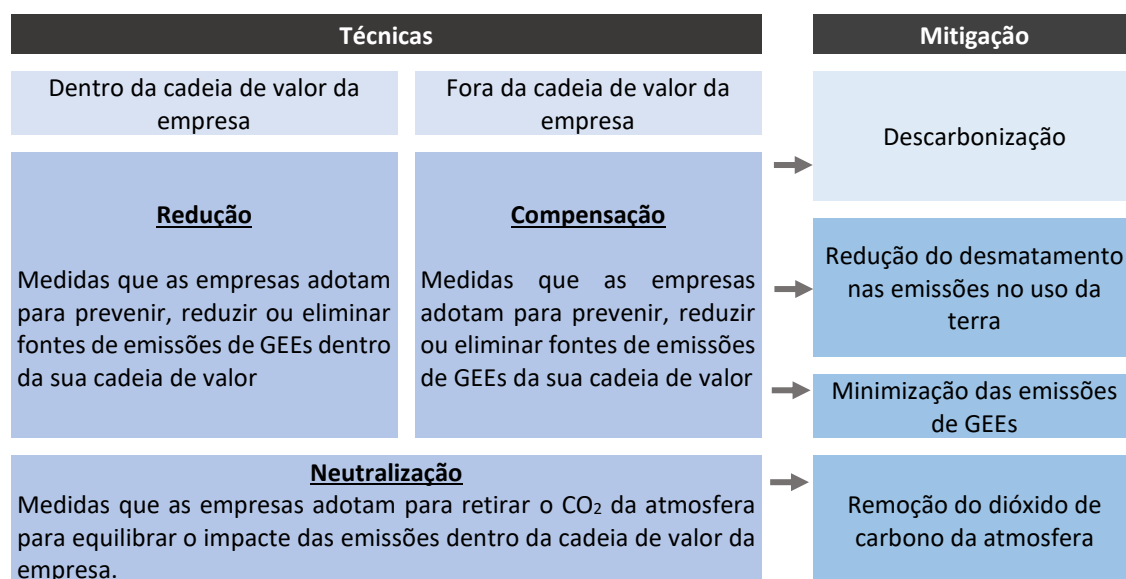


Figura 13 - Taxonomia de técnicas e resultados de mitigação climática - adaptada ([49]).

Como já evidenciado no início deste capítulo, neste contexto de descarbonização, o sector da energia desempenha um papel crucial devido à sua contribuição significativa para as emissões de gases com efeito estufa como parte da alta dependência de combustíveis fósseis, exigindo ações para garantir o planeamento a longo prazo [25]. Estas reduções de emissões são alcançadas prevenindo outras emissões, como por exemplo através da implementação de tecnologia de eficiência energética [50].

Para além da energia, na indústria existem grandes consumos de água e elevados desperdícios alimentares, estes recursos têm emissões de GEE associadas pelo que é necessário fazer uma gestão adequada. A sua redução, por meio de mudanças nos processos internos e em colaboração com fornecedores, governos, parceiros (Figura 14) através da implementação de processos de inovação ambiental, traz proveitos para a empresa e para o ambiente [51].

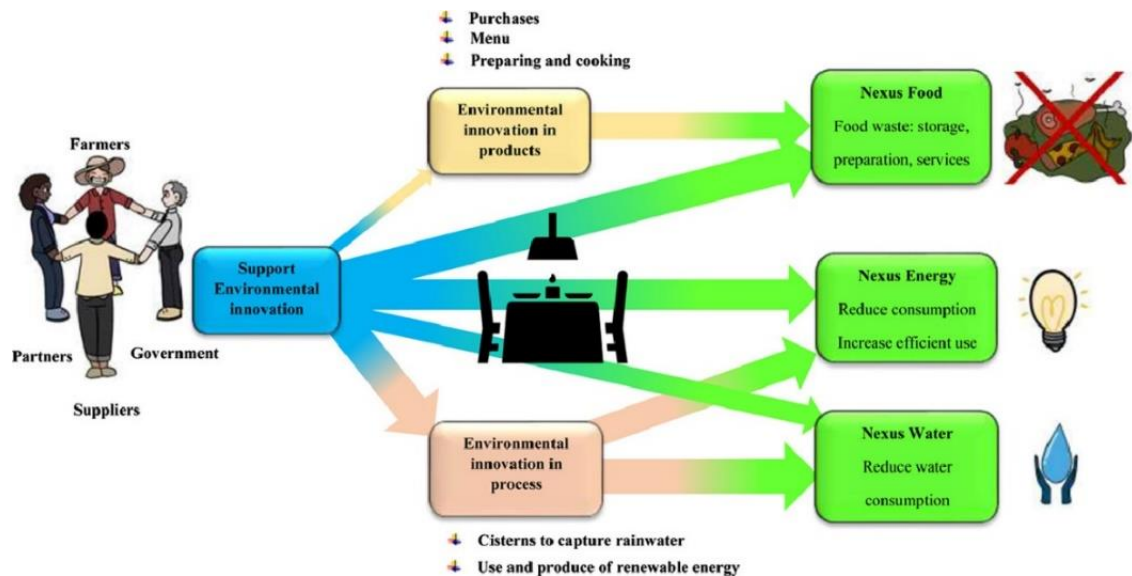


Figura 14-Sinergia para inovação ambiental ([51]).

A inovação ambiental é um produto/processo novo ou aprimorado (ou uma combinação deles) que permite a eliminação ou redução dos efeitos nocivos de produtos, processos e atividades para o meio ambiente. Através do Nexus Água-Energia-Alimento (WEF), definido pela integração e operação dos sistemas de água, energia e alimentos, que tem como objetivo maximizar sinergias, minimizar compensações, melhorar a eficiência no uso de recursos e internalizar impactos sociais e ambientais, que é frequentemente utilizado para arranjar soluções para o dilema de produzir alimentos em larga escala sem afetar o abastecimento de água potável e energia. No entanto requer uma visão mais ampla e sistêmica e, portanto, é necessária uma grande mudança no processo de tomada de decisão das indústrias de alimentos, sendo necessária uma combinação de tecnologia e intervenções/incentivos públicos [51].

2.3. Estratégias para a descarbonização da Indústria em Portugal

A União Europeia, no âmbito do Regulamento (UE) 2018/1999, de 11 de dezembro de 2018, aprovou um conjunto de metas ambiciosas que visam alcançar, em 2030, 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis, 32,5% de redução do consumo de energia, 40% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, e 15% de interligações elétricas. Promover a descarbonização do setor industrial passa por uma otimização tanto quanto possível de eficiência energética, hídrica e material ao nível dos processos produtivos, garantindo ao mesmo tempo o aumento da produtividade e da competitividade [52].

O Pacto Verde Europeu tem como prioridade fazer da Europa o primeiro continente neutro do ponto de vista climático até 2050 e traça uma nova estratégia de crescimento sustentável para impulsionar a economia, melhorar a saúde e a qualidade de vida das pessoas, cuidando da natureza. Para tornar este objetivo juridicamente vinculativo, alterou a legislação através do Regulamento (UE) 2021/1119 de 2021 e estabeleceu uma nova meta mais ambiciosa de redução das emissões de gases com efeito de estufa de, pelo menos, 55% até 2030, em comparação com os níveis de 1990 [53]. Através do pacote legislativo “Energia Limpa para todos os Europeus” e em linha com as metas da União Europeia foram estabelecidas metas nacionais, como a redução do consumo de energia e da promoção de fontes endógenas de energia até 2030, de reduzir entre 45% e 55% as emissões de GEE (Figura 15) em relação a 2005, traçando assim uma trajetória alinhada com o objetivo até 2050 [52].

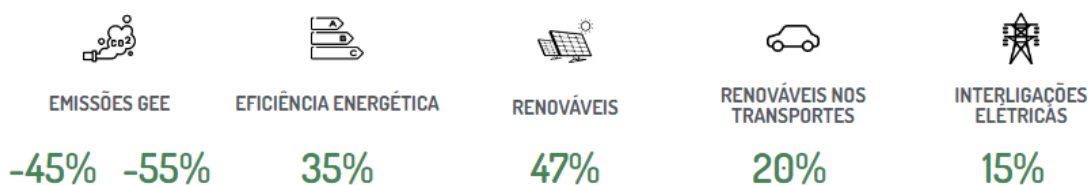


Figura 15 - Visão para Portugal de alcançar a neutralidade carbónica em 2050 ([52]).

Para fomentar a produção distribuída e o autoconsumo de energia a partir de fontes renováveis, procedeu-se à construção de um novo quadro legal, Decreto-Lei 162/2019, de 25 de outubro, que possibilita e fomenta o autoconsumo coletivo, permitindo que produzam, consumam, partilhem, armazenem e vendam a energia produzida a partir de fontes de energia renovável, participando, assim, ativamente na transição energética [52].

A escolha de fontes renováveis de energia para substituir os combustíveis fósseis pode reduzir ainda mais as pegadas de carbono. A Agência Internacional de Energias Renováveis projeta que, depois do setor de celulose e papel, o setor de alimentos e tabaco tem o maior potencial para adotar fontes renováveis de eletricidade ou calor, sendo que 60% da procura do calor existente pode ser compensada por energias renováveis, especialmente aquelas que precisam de temperaturas baixas a médias. A integração de fontes de energia de biomassa, aquecimento solar térmico e bombas de calor geotérmicas, são as opções com maior potencial. A substituição de combustível de caldeiras para equipamentos de aquecimento elétrico utilizando energia renovável também oferece ganhos significativos de emissões. Para o desenvolvimento sustentável da indústria de alimentos, é muito importante a gestão e procura de fontes e recursos, tendo em conta diferentes soluções de eficiência energética geral, como por exemplo, gestão e manutenção de energia, evitar equipamentos com alto desperdício energético, melhor programação de produção e dimensionamento, bem como correta manutenção corretiva [54].

As tecnologias energeticamente eficientes incluem a implementação de novos dispositivos, como tecnologias de refrigeração ou instalação de isolamento avançado em equipamentos e tubulações. A economia de energia da eficiência pode ser substancial: a mudança de refrigerantes puros para refrigerantes mistos pode reduzir a energia necessária para refrigeração em 16,3–27,2%; um melhor projeto de ventiladores, bombas e misturadores pode reduzir as necessidades de energia em 50–90% para alguns processos. Mesmo práticas simples, como instalar controladores automáticos de bombas ou desligar sistemas de refrigeração quando a temperatura ambiente cai abaixo de zero, podem economizar 10 a 30% da energia ou eletricidade necessária [55].

Para além do programa nacional para a energia, foi criado o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) em 2005, este estipulava para o período 2012-2020, limites para o desperdício de água para cada sector, estabelecendo metas de 20% para o sector urbano (25%

em 2009), 35% para o sector agrícola (37,5% em 2009) e 15% para o sector industrial (22,5% em 2009) [41]. Este programa tinha como objetivos estratégicos a redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água, bem como a otimização do uso da água no sector industrial e a limitação dos impactes no ambiente associados às descargas de águas residuais industriais, tendo como objetivos específicos para redução de consumos de água nas unidades industriais, através da adequação de procedimentos, utilização mais eficiente de equipamentos/dispositivos e a adoção de sistemas de reutilização/recirculação da água; diminuição das perdas reais nos sistemas de distribuição, alteração de processos de fabrico, utilização de águas residuais ou remanescentes, provenientes de outros processos nos sistemas de arrefecimento e na lavagem de equipamentos; alteração de hábitos dos utilizadores e recuperação do vapor de água gerado nos sistemas de aquecimento [56].

Ainda não existe um relatório de acompanhamento dos objetivos alcançados deste plano, no início deste ano de 2022, os deputados do PAN defenderam que “Considerando que Portugal continua a ser confrontado com largos períodos de seca e com graves problemas de sustentabilidade no consumo de água, com os efeitos que todos conhecemos em vários setores, importa analisar o trabalho realizado e avaliar os objetivos alcançados com o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água, assim como aferir junto do Governo qual a estratégia prevista em matéria de uso eficiente da água para eventual novo período de vigência” [57]. E se segundo o IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, a seca extrema aumentou este ano de 2022 em Portugal, é importante implementar as práticas que o PNUEA define, e todos os instrumentos legais existentes como a Diretiva-Quadro da Água, Lei da Água, Regime Jurídico das Utilizações dos Recursos Hídricos e Regime Económico e Financeiro, designadamente na promoção de uma utilização sustentável da água, bem como o Pacto Ecológico Europeu que prevê um plano de ação para impulsionar a utilização eficiente dos recursos [58],[59].

2.4. Mitigação de emissões de CO₂

A União Europeia, em 2017, gerou cerca de 8,4% das emissões mundiais de gases com efeito de estufa [60]. As emissões de gases com efeito de estufa diminuíram 22 % entre 1990 e 2017, a quota de fontes de energia renováveis no consumo final de energia e a eficiência energética aumentaram, tanto devido a medidas de política como a fatores económicos [41]. Em 2018, o Eurostat estima que as emissões de dióxido de carbono (CO₂) diminuíram 2,5% na União Europeia, comparativamente com o ano anterior. As emissões de CO₂ constituem um importante contributo para o aquecimento global e representam aproximadamente 80% do total de emissões de gases com efeito de estufa na União Europeia [61]. De acordo com os dados divulgados pelo Eurostat (Figura 16), as emissões de CO₂ diminuíram na maioria dos Estados Membros, tendo as maiores diminuições sido registadas em Portugal (9,0%) e Bulgária (8,1), havendo aumentos em 8 Estados Membros [61].

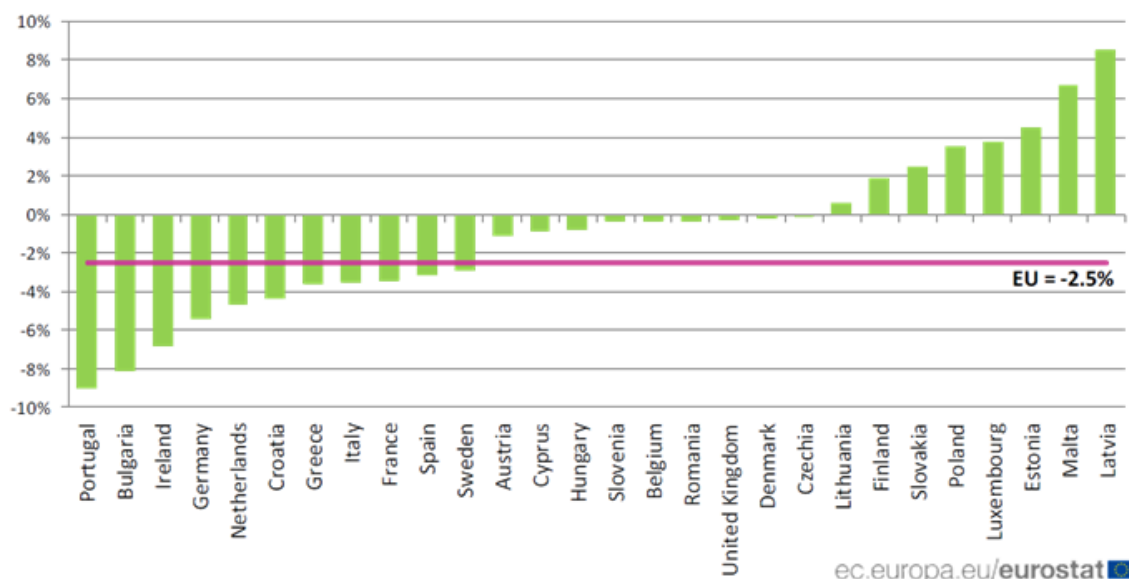


Figura 16 - Alterações estimadas de emissões de CO₂ da UE 2018/2017 ([61]).

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (AEA), a União Europeia em 2020 registou uma queda de 10% nas emissões de gases com efeito de estufa (Figura 17), face ao valor de 2019, sendo que a redução dos GEE entre 2019 e 2020 foi a maior da UE desde 1990 [62].

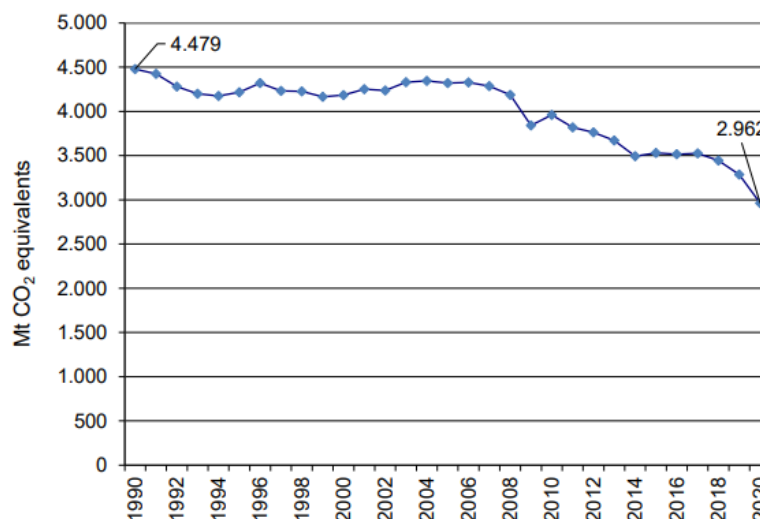


Figura 17 - Emissões de CO₂ 1990-2020 (em Mt(megatonelada) CO₂equivalente) ([62]).
nota: excluindo LULUCF (land use, land-use change and forestry)

No primeiro trimestre de 2022, em comparação com o trimestre do ano anterior (Figura 18), as emissões alteram, e nota-se um aumento em praticamente todos os Estados Membros da UE quando comparadas com o mesmo trimestre de 2021 [63].

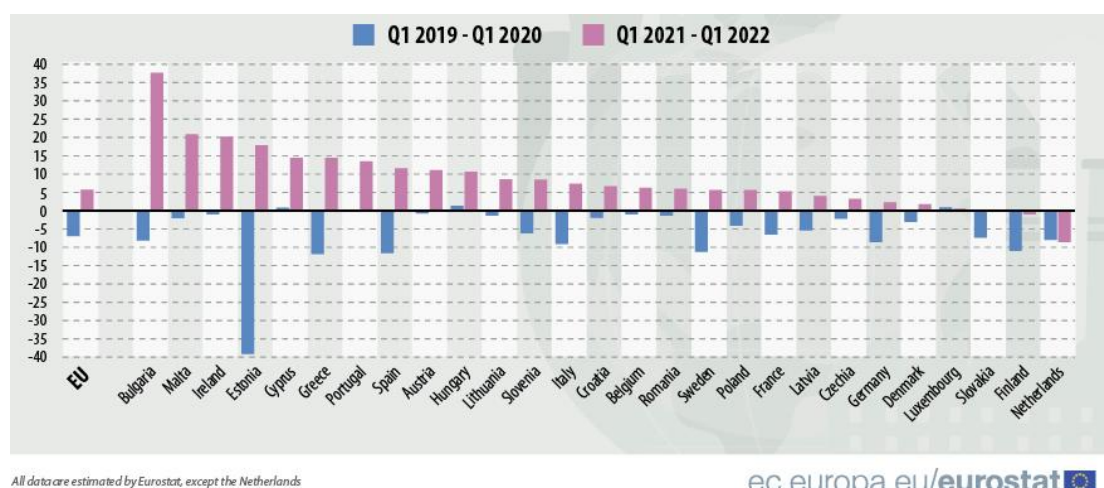


Figura 18 – Taxas de crescimento de emissões de GEE (% das alterações do 1º trimestre em comparação com o mesmo trimestre do ano anterior – 2019/2020 e 2021/2022) ([63]).

Em Portugal, as emissões de gases com efeito de estufa sem uso do solo, alteração do uso do solo e silvicultura (LULUCF) foram de 57,6 Mt CO₂ equivalente (CO₂e) em 2020, representando um decréscimo de 1,5% desde 1990 e uma redução de 9,5% em relação a 2019. Ao considerar o setor LULUCF, as emissões em 2020 totalizaram 52,9 Mt CO₂e, correspondendo a um decréscimo de 19,3 % em relação a 1990 e uma variação de -10,6 % em relação a 2019 para 2020. O setor da Energia é o que contribui mais para estas emissões (67 % das emissões totais em 2020), com as indústrias de energia e as atividades de transporte, somando respetivamente 18,1% e 25,8% das emissões totais [64]. De 2019 para 2020 o sector da energia foi o que registou a maior queda (36,7%) devido ao resultado do efeito combinado, da maior proporção de energia renovável na energia produzida em Portugal (cerca de 53% em 2020), a maior utilização de importações, a menor produção térmica e a passagem do carvão para o gás natural [64].

Para continuar a reduzir as emissões de GEE são necessárias várias estratégias, como aumentar a eficiência energética e aumentar a procura de sistemas com geração de energia provenientes de fontes renováveis, reaproveitamento e redução de recursos, bem como compensação das emissões geradas [65] [66]. Aumentar a eficiência energética é obter o mesmo serviço com menos energia, um simples exemplo é o uso de lâmpadas LED, uma lâmpada LED pode fornecer a mesma quantidade de luz que uma lâmpada incandescente, enquanto consome uma menor fração da energia, e assim é mais eficiente na conversão de eletricidade em luz [54]. Para o correto planeamento da eficiência energética é importante saber quais os processos industriais intensivos em energia, que consequentemente têm um maior peso nas emissões de CO₂, para assim fazer uma melhor gestão [55] [67] [68].

Várias tecnologias de energias renováveis foram desenvolvidas com uso de recursos naturais, capazes de se regenerarem num curto espaço de tempo e de um modo sustentável, como a energia geotérmica (energia a partir do calor do interior da terra), o uso de biomassa (matéria orgânica) para produção de calor, a hídrica (diferença de energia entre o nível a montante e jusante dos rios), a eólica, a solar, e através do aproveitamento da energia das ondas dos oceanos [69]. As energias renováveis não só ajudam na sustentabilidade como também tem importância económica, reduzindo o custo da geração de eletricidade [70].

A energia solar é a energia de ionização radiante emitida pelo Sol, sendo uma das energias mais utilizadas globalmente. Existem dois tipos principais, a energia solar térmica e a energia

fotovoltaica, existindo diferentes tecnologias. A energia solar, atualmente, é implementada na maioria dos setores industriais por processos industriais de calor, geração de energia e aquecimento de água e ambiente. Embora a adoção de fontes de energias renováveis para geração de energia esteja aumentando, a maior parte da geração de energia ainda é realizada utilizando combustível fóssil, devido à intermitência dos recursos e ao alto custo inicial. Por exemplo, o sistema fotovoltaico só pode operar durante o dia, a turbina eólica só pode operar quando há fluxo de ar suficiente e a turbina hidrelétrica só funciona quando há energia potencial causada pelo fluxo de água [70].

Em relação ao reaproveitamento e redução de recursos, tem-se como exemplo a reutilização das águas residuais industriais, que hoje em dia têm ganho uma grande importância, no entanto têm de se ter em atenção diferentes limites de qualidade para que se mantenham os parâmetros conformes, tanto para o uso dessas águas em certos equipamentos (torres de arrefecimentos, caldeiras) como em termos de corrosão e reações químicas, bem como parâmetros de segurança dos produtos para com os consumidores [71].

Em termos de compensação das emissões geradas, existem várias estratégias, como exemplo através do reflorestamento e cultivo de algas marinhas. As plantações de árvores desempenham um papel fundamental na absorção de dióxido de carbono, que convertem eficientemente CO₂ em biomassa, além de melhorar os reservatórios de carbono do solo [72]. Existem várias iniciativas com o objetivo de aumentar a cobertura florestal, devido também à estratégia lançada pela Comissão Europeia - Estratégia Florestal da UE para 2030, que tem como objetivo restituir a floresta da união europeia, plantar 3 bilhões de árvores até 2030. Diferentes árvores têm diferentes taxas de absorção e também diferem do tamanho, por exemplo, a capacidade média de absorção de CO₂ da faia é de 100kg de CO₂ em oito anos [73]. Para além das árvores, as algas têm uma grande capacidade de absorção de CO₂, pelo que cultivar algas marinhas de crescimento rápido pode ser uma opção interessante [74].

3. Metodologia

O estudo abrange a parte produtiva da empresa Danesti Alimentação Lda, pois é aquela que tem maior impacto em termos de consumos associados aos processos de produção e é onde se consegue controlar diretamente e adaptar os processos num curto espaço de tempo. Teve como foco as linhas de produção que apresentam o maior peso no volume de produção, a de tofu e a do seitan.

O tofu natural, muitas vezes chamado de "queijo de soja", é um alimento produzido a partir de feijão de soja. O seu processo de fabricação é semelhante ao do queijo, com a produção da bebida de soja, através da moagem do feijão de soja, seguida de pasteurização e coagulação.

O seitan é um produto obtido da proteína da farinha de trigo, o glúten, e é conhecido por ser uma alternativa à carne. O processo é semelhante à confeção de pão, com a confeção/mistura da massa e doseamento da mesma, sendo posteriormente cozido num caldo.

O protocolo adotado para o levantamento do inventário de gases com o efeito de estufa (GEE) é o *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, que como já explicado no capítulo anterior, explica determinados passos a seguir para esta identificação. Neste estudo foram levantados os primeiros 4 dos 5 passos, identificação das fontes, metodologia de cálculo, recolha de dados e seleção de fatores de emissão, e por fim a elaboração de ferramentas de cálculo de apoio para monitorizar as emissões de GEE [42].

3.1. Identificação de fontes

Para a identificação das fontes fez-se uma caracterização das linhas de produção, com o levantamento dos equipamentos associados, bem como quais as suas fontes de alimentação e identificação de quais os consumos mensais significativos associados à produção a ter em conta.

3.2. Cálculo das emissões

A abordagem para calcular as emissões de GEE selecionada foi da aplicação de fatores de emissão dos fornecedores – de energia, gás e equipamentos de refrigeração, e no caso da água através de fatores documentados, através dos dados de consumo de cada recurso. Para o cálculo

usou-se a **Equação 1**, através dos fatores de emissão específicos dos fornecedores e pesquisa de fatores mais genéricos quando não disponíveis.

$$Emissões\ GEEs = DA \times FE \times PAG \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

- DA-Dados de Atividade;
- FE-Fator de Emissão;
- PAG-Potencial de Aquecimento Global

3.3. Recolha de dados e seleção de fatores de emissão

Na recolha dos dados da atividade procedeu-se à análise das faturas desde janeiro de 2021 até junho de 2022 para o levantamento dos diferentes consumos, bem como, leituras de alguns parâmetros *in loco*. Foi feita a análise da produção desde o início de 2021 até julho de 2022, e o levantamento das horas de funcionamento de cada equipamento para estimar o consumo da parte da produção e por equipamento, para encontrar a percentagem que tem de se considerar para a parte da produção do consumo total da empresa que é o faturado.

Procedeu-se à recolha dos dias úteis de cada mês, bem como as horas de sol de determinados meses para ajuda de cálculos.

Relativamente aos fatores de emissão referentes ao consumo de energia foram retirados das faturas da comercializadora de energia – Iberdrola, estes fatores vão alterando consequência das flutuações dos mercados em que de trimestre para trimestre há diferentes fontes para geração de energia. E os restantes foram fornecidos pelo fornecedor – Petrogal, e relatórios de manutenção e retirados de relatórios do grupo de águas do vale do tejo.

3.4. Ferramentas de Cálculo

Desenvolveu-se, através de um *excel*, os diferentes passos para a monitorização das emissões ao longo do tempo. Esta forma permite manter a informação atualizada, sempre que

haja alterações basta adicionar neste *excel* os diferentes dados (Figura 19). Esta ferramenta permite acompanhar a evolução anual das emissões de GEE deste inventário.

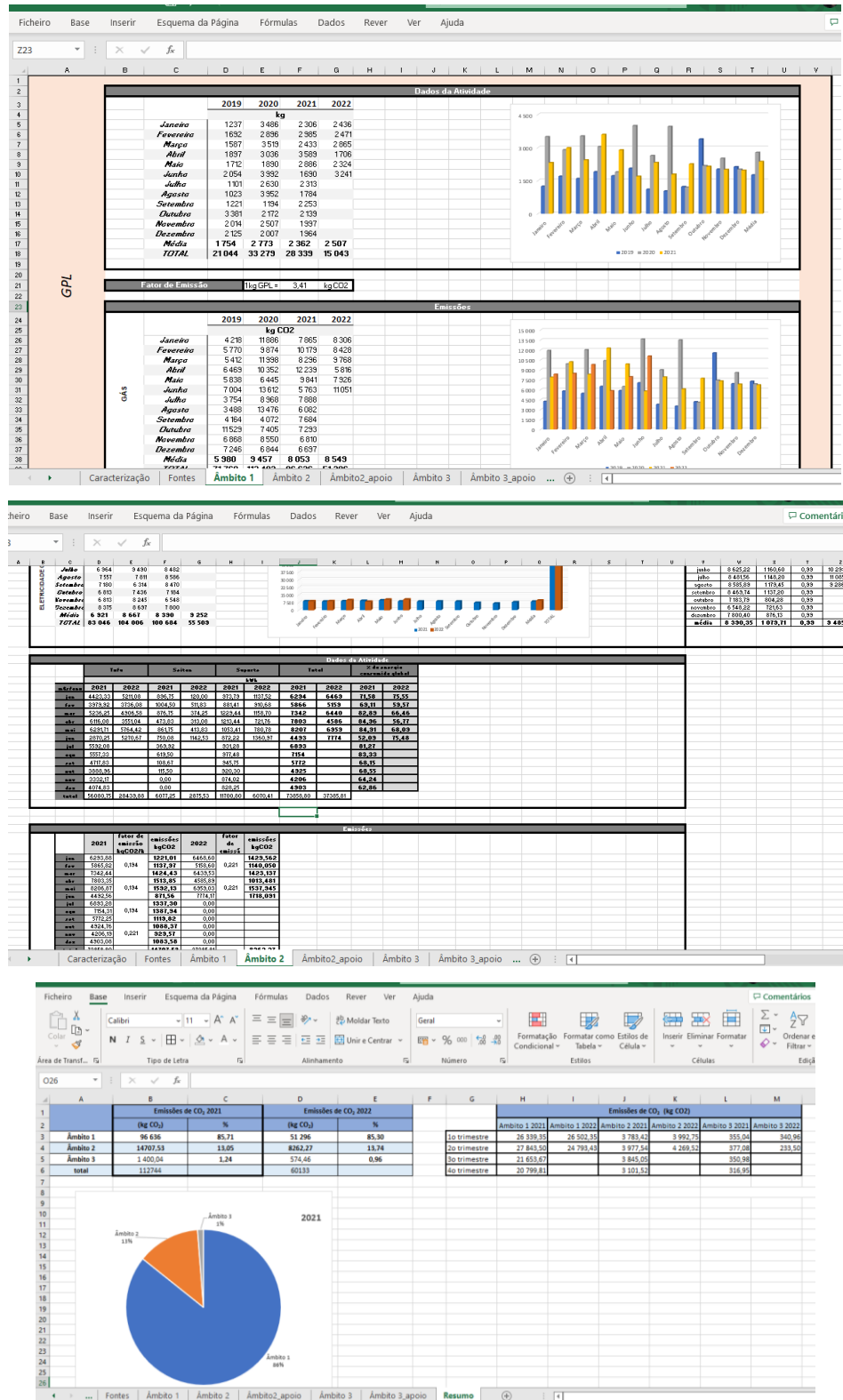


Figura 19 – Recortes de folhas de excel.

4. Apresentação e Discussão de Resultados

De seguida apresentam-se os resultados obtidos de acordo com o protocolo *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, apresentado no capítulo 2.2, da empresa em estudo Danesti Alimentação Lda.

4.1. Fronteira de inventários de gases com efeito de estufa

Os limites organizacionais conforme o *GHG protocol* não foram analisados, esta análise carece de um tempo considerável com o envolvimento da gestão de topo para delimitar muito bem as fronteiras, quais os seus limites institucionais e qual a abordagem a ter em conta. Para os limites operacionais, fez-se um esquema simplificativo de quais as etapas envolvidas, e selecionou-se para este levantamento de inventário de emissões de gases com efeito de estufa apenas a produção, nomeadamente as linhas de produção com maior volume, a linha de produção de tofu e de seitan. Na Figura 20, encontram-se identificados os limites operacionais.

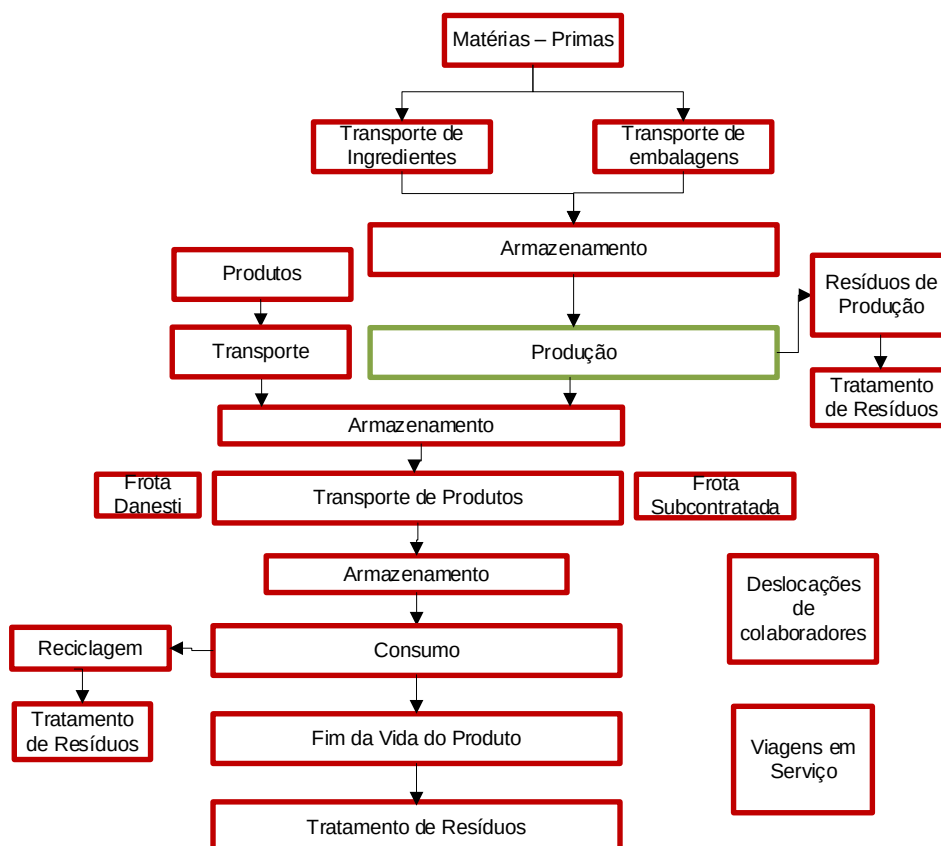


Figura 20 - Fronteiras operacionais no inventário das emissões - a vermelho as etapas que não estão incluídas no inventário de emissões de GEE.

4.2. Identificação de fontes de emissões

Associados aos processos produtivos têm-se consumos de recursos de grande importância, que com algumas alterações contribuem bastante para a descarbonização da empresa - a energia e o gás, bem como o consumo de água, desperdícios e resíduos resultantes ao longo dos processos que têm tratamentos associados com impacto ambiental.

As fontes de emissão da unidade fabril do âmbito 1 são o GPL propano e os gases refrigerantes das câmaras de refrigeração, e do âmbito 2 - a energia elétrica. A Figura 21 apresenta o diagrama simplificado dos circuitos onde a energia elétrica e o gás são utilizados.

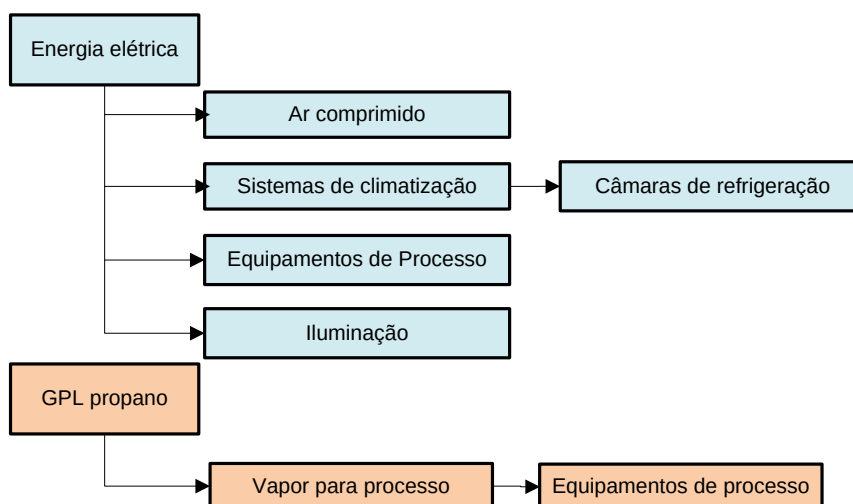


Figura 21 - Diagrama simplificado de energias utilizadas na unidade fabril.

Assim, de acordo com o *GHG protocol*, tem-se:

- **Âmbito 1 - Emissões Diretas** - diretamente associadas a fontes que pertencem ou são controladas pela empresa:
 - Combustão de combustíveis: **GPL para caldeira**, e fugas de gases refrigerantes das **câmaras de refrigeração**.
- **Âmbito 2: Emissões Indiretas** – associadas à aquisição de eletricidade: **energia elétrica proveniente do comercializador Iberdrola**.

Associados a estas fontes de emissão, a parte produtiva da empresa tem vários equipamentos (Tabela 4), bem como equipamentos de suporte.

Tabela 4- Equipamentos associados às linhas de produção em análise, com fonte de energia e etapa associada

Linha	Equipamentos	Fonte de Emissão	Etapa de Processo
Tofu	Moinho de Soja	Elétrica	Moagem de Soja
	Bomba de Trásfega 1	Elétrica	Transferência
	Marmita Cozedura Tofu 1 e 2	Elétrica / GPL	Pasteurização
	Bomba de Trásfega 2	Elétrica	Transferência
	Tina	Elétrica (compressor)	Coagulação
	Bomba de Trásfega 3	Elétrica	Transferência
	Prensa 1 e 2	Elétrica (compressor)	Prensagem
	Câmara de Refrigeração Tofu	Elétrica e Gases Fluorados	Arrefecimento
Seitan	Amassadeira	Elétrica	Mistura
	Pesadora	Elétrica	Modelagem
	Marmita de Cozedura 1 e 2	Elétrica / GPL	Cozedura
	Câmara de Refrigeração Seitan	Elétrica e Gases Fluorados	Arrefecimento
Tofu e Seitan	Balança	Elétrica	Pesagem
	Termoformadora	Elétrica (+compressor)	Embalamento
	Câmara de Refrigeração Embalamento	Elétrica e Gases Fluorados	Embalamento
	Esterilizador	Elétrica / GPL	Esterilização
	Máquina de Lavar à Pressão	Elétrica	Limpezas
	Controlador de Peso	Elétrica	Rotulagem/ Paletização
	Detetor de metais	Elétrica	Rotulagem/ Paletização
	Etiquetadora	Elétrica	Rotulagem/ Paletização
	Frigorífico	Elétrica e Gases Fluorados	Suporte
	Gerador de Vapor	Elétrica / GPL	Suporte
	Compressor	Elétrica	Suporte
	Torre de Refrigeração	Elétrica	Suporte

Em relação ao âmbito 3: outras emissões indiretas, emissões de GEE associadas à cadeia de valor da empresa de atividades ascendentes e descendentes, que através da observação das etapas de produção das linhas (Figura 22) em análise:

- **Âmbito 3: Outras Emissões Indiretas** – matérias-primas, embalagens, resíduos, água, distribuição de produtos (transportadoras subcontratadas).

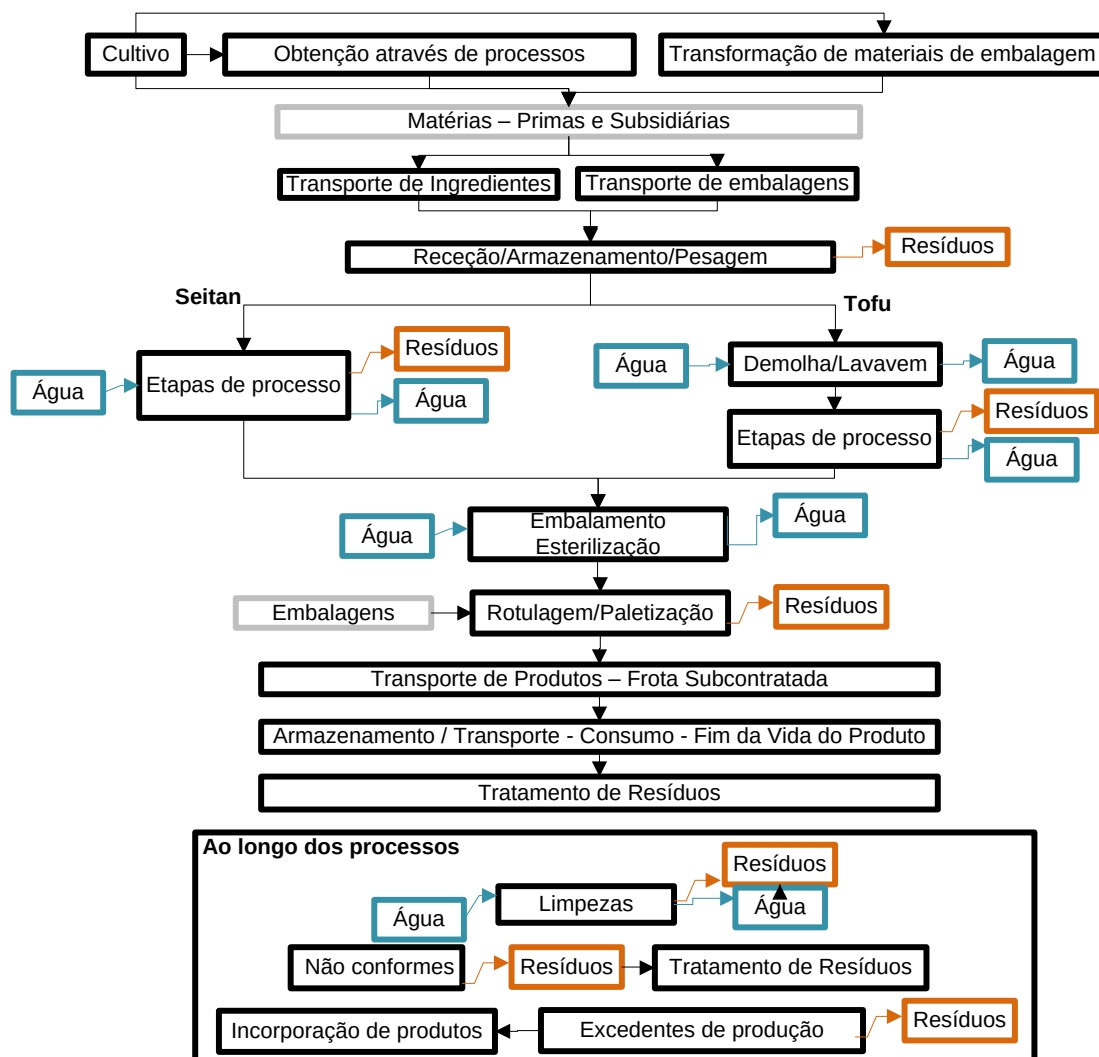


Figura 22- Etapas de cadeia de valor da empresa de atividades ascendentes e descendentes das etapas de produção.

Nesta análise das emissões de gases com efeito de estufa do âmbito 3, só vai ser tida em conta a água, ficando de fora deste inventário as matérias-primas, embalagens, distribuição (subcontratada), e resíduos; pois estão fora do controlo interno para adaptação direta, no

entanto há procedimentos que podem vir a ser implementados junto dos fornecedores, como: selecionar fornecedores que já tenham práticas implementadas para redução/compensação de emissões de CO₂, solicitar aos fornecedores existentes procedimentos de sustentabilidade. Optar por embalagens mais amigas do ambiente. E em relação aos resíduos gerados, como papel/cartão, plástico, estes são devidamente encaminhados por entidades acreditadas para o efeito. No futuro, com o objetivo de redução destes resíduos podem ser criados procedimentos, como comprar matérias-primas a granel, e ter um reservatório/silo próprio para o seu acondicionamento, no entanto carece de grande investimento. De momento para além da correta separação destes resíduos podem ser implementadas certas práticas de resolução mais rápida como a reutilização de papel e redução de registos de produção em papel, por placas plásticas reutilizáveis e passagem imediata para registo informático.

Assim têm-se para o **Âmbito 3: outras emissões indiretas**: Água. A água para a produção e processo produtivo é proveniente da rede pública, fez-se o levantamento do encaminhamento dessa utilização, e apresenta-se na Figura 23.

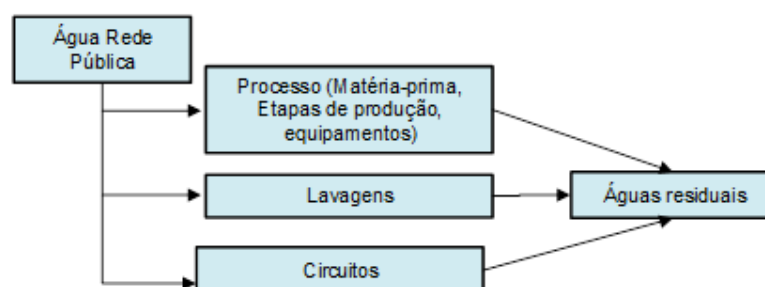


Figura 23 - Circuitos de água associados às linhas de produção da empresa.

4.3. Âmbito 1 - Emissões Diretas: GPL e gases de equipamentos de refrigeração

Os dados da atividade e os fatores de emissão considerados para este âmbito são os seguintes:

GPL para caldeira: o consumo em kg e as horas de funcionamento da caldeira, e o fator de emissão fornecido pela empresa comercializadora: 1 kg GPL = 3,41 kg CO₂.

Equipamentos de refrigeração: kg dos gases refrigerantes – gás de refrigerante do tipo R 404 A e os fatores de emissão foram retirados de relatórios de manutenção realizados por entidade externa.

4.3.1. GPL para caldeira

Os efluentes gasosos são provenientes do processo de combustão de uma caldeira, sendo o GPL – gás de petróleo liquefeito de propano o combustível utilizado. O propano é um hidrocarboneto gasoso, saturado, da família dos alcanos que se obtém a partir do petróleo e do gás natural.

O consumo de GPL propano é utilizado na caldeira para geração de vapor usado nos equipamentos de produção, armazenado num depósito exterior e abastecido periodicamente pela Petrogal, satisfazendo os requisitos do anexo I do Decreto-Lei nº 152-C/2017 de 11 de dezembro. Através da recolha e análise das faturas do consumo de gás da empresa desde 2021 até junho de 2022, foi possível obter a evolução deste consumo associado às linhas de produção em estudo. (Figura 24).

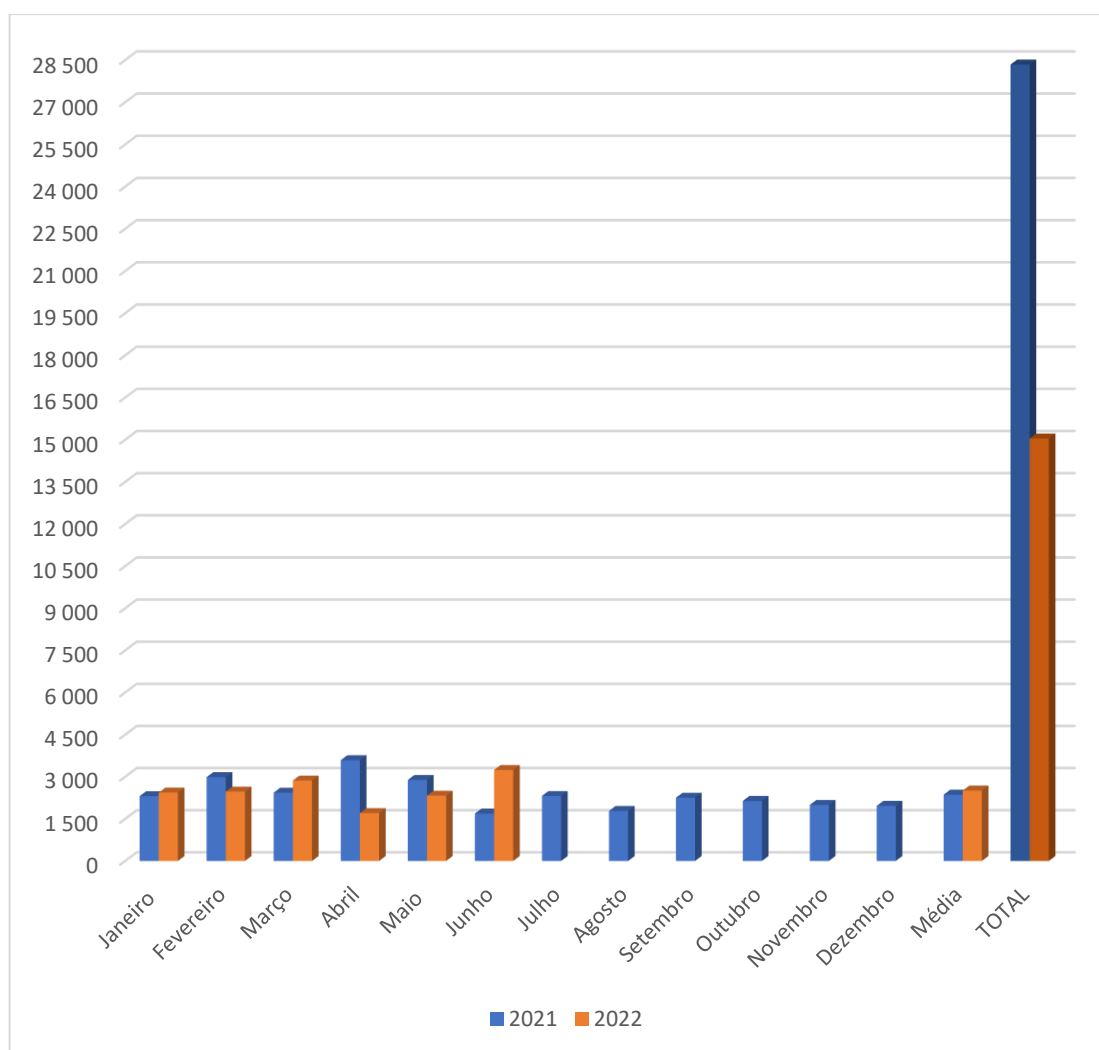


Figura 24- Consumos mensais de GPL em kg desde 2021 até junho de 2022, e respetivos kg totais.

Assim, com os dados do ano de 2021 até junho de 2022, com o consumo de gás associado e através do fator de emissão do mesmo (Cap. 3 - Equação 1), tem-se na Tabela 5, as emissões de CO₂ referentes ao uso de GPL.

Exemplificando o cálculo, vem:

$$Emissões\ GEE\ 2021 = 28\ 339 \times 3,41 \times 1 = 96\ 636\ \text{kg CO}_2$$

Tabela 5 – Consumo de GPL e emissões de CO₂ associadas

Ano	2021	2022
Consumo de GPL (kg)	28 339	15 043
Emissões (kg CO ₂)	96 636	51 296

Em termos de soluções para reduzir estas emissões para o GPL, existem, mas são economicamente inviáveis de momento, como substituição da caldeira a gás para caldeira elétrica, ou adaptação para substituição do GPL propano por Biogás, e arranjar uma solução para a produção desse mesmo biogás através de reaproveitamento de resíduos de produção. Uma ação de retificação mais acessível é a verificação e isolamento das tubagens da caldeira para os equipamentos, de forma a minimizar desperdícios de transferências de calor.

4.3.2. Equipamentos de refrigeração

Os equipamentos de refrigeração contêm gases fluorados artificiais com efeito de estufa (gases F), com efeito refrigerante, em particular hidrofluorcarbonos (HFC), pois são eficientes em termos energéticos, não tóxicos e têm baixos níveis de inflamabilidade. No entanto, são gases potentes GEE, com um potencial de aquecimento global (PAG) 23000 vezes superior ao CO₂ e têm uma vida útil atmosférica alargada de até 50.000 anos. Ou seja, pequenas concentrações têm grandes efeitos adversos. As emissões atmosféricas de gases F ocorrem durante o ciclo de vida do equipamento, mas também durante o seu processo de fabrico e como consequência de resíduos não tratados [76].

As câmaras de refrigeração da produção contêm o gás R-404 A. Existem 3 câmaras de refrigeração ao longo das etapas de processamento das duas linhas em análise, 1 câmara de refrigeração na linha de tofu, 1 na linha do seitan e outra na zona de embalamento. Anualmente, de acordo com o Regulamento UE nº 517/2014 de 16 de abril de 2014, com o objetivo de reduzir as emissões, principalmente através da prevenção de fugas em sistemas, da recuperação responsável de gases em fim de vida e da sua destruição; é feito o controlo por uma empresa certificada e técnico certificado. Através dos relatórios de manutenção anuais têm-se as quantidades de gases de cada câmara, apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Equipamentos de refrigeração com quantidade de gás refrigerante e a sua equivalência em tonCO₂eq.

Equipamento	Tipo de Gás	Quantidade (Kg) 2021 / 2022	Valor de Carga (Ton CO₂eq)
Câmara de refrigeração Tofu	R 404 A	5,7	22,36
Câmara de refrigeração Embalamento	R 404 A	5,7	22,36
Câmara de refrigeração Seitan	R404 A	4,8	18,83
Frigorífico Armazém Matéria-Prima	R 600 A	—	—

Para reduzir as emissões deste tipo, para além da verificação anual obrigatória, é importante reavaliar essa periodicidade de inspeção e ir acompanhando as alterações da legislação. A partir de 2020 há limites à utilização de gases com elevado Potencial de Aquecimento Global (PAG), é proibida a utilização de gases fluorados com efeito de estufa, cujo PAG seja igual ou superior a 2500, na assistência técnica ou na manutenção de equipamentos de refrigeração com uma carga igual ou superior a 40 toneladas de CO₂ (aprox. 10 kg de R-404A). Como alternativa procurar outro gás para substituir o atual, estando em desenvolvimento soluções para a substituição destes gases, enquanto isso têm de se ter atenção às fugas, manuseamento incorreto do refrigerante durante a manutenção e a correta eliminação [77]. Não ocorreram fugas de gases fluorados, pelo que desta fonte não é considerado nenhum valor para o cálculo final das emissões.

4.4. Âmbito 2 - Energia Elétrica

Os dados da atividade e os fatores de emissão considerados para este âmbito são os seguintes:

Energia Elétrica: kWh da eletricidade consumida, com fatores de emissão da comercializadora Iberdrola.

Para verificar o consumo energético da empresa analisaram-se as faturas desde o início de 2021 até junho de 2022 (Figura 25) e procedeu-se à recolha dos consumos mensais de energia, para verificar a variação do consumo.

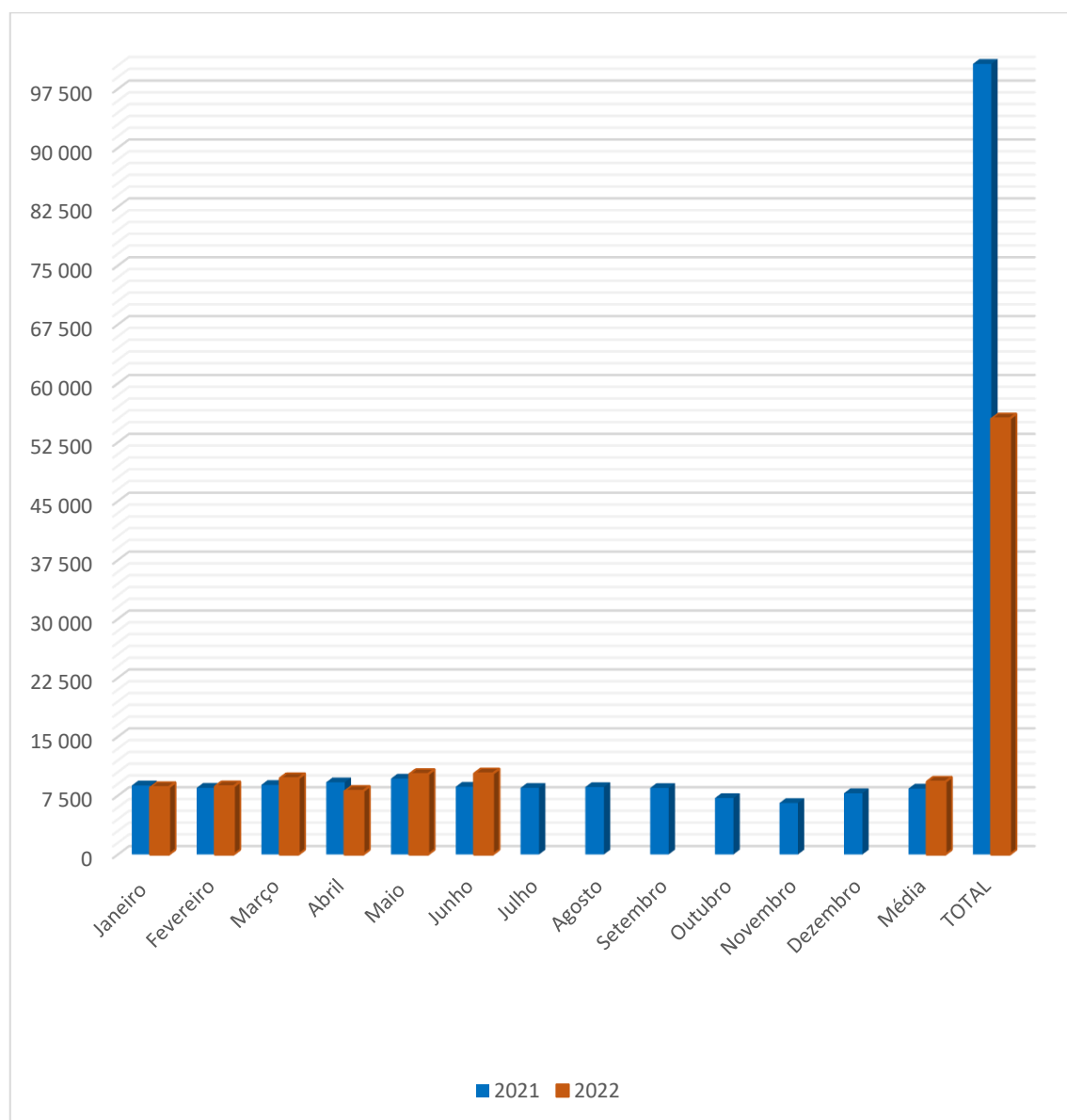


Figura 25- Consumos mensais de energia elétrica em kWh, desde 2021 até junho de 2022.

Os dados anteriores são referentes aos consumos globais da empresa, assim, dada a importância da redução de consumos como uma medida de sustentabilidade, procedeu-se à análise da eficiência do uso de energia através da energia ativa e energia reativa desde o ano de 2021, dados retirados das faturas mensais, para perceber se os equipamentos, instalados em toda a empresa, estão a desperdiçar muita energia. A energia ativa, medida em kWh, é a potência necessária para produzir trabalho, ou seja, que é convertida nas máquinas e nos equipamentos em trabalho, como a energia térmica, luminosa, mecânica, entre outras, como por exemplo, a rotação do eixo do motor. Enquanto a energia reativa, medida kVAr, é a potência que não gera nenhum trabalho, mas é necessária para produzir o fluxo magnético indispensável ao funcionamento dos equipamentos, exemplo os transformadores [78]. Para o cálculo da eficiência do uso de energia, é necessário calcular o fator de potência que é dado pela seguinte equação:

$$\text{Factor de Potência} = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

-kWh – Energia ativa consumida

-kvarh – Energia reativa consumida

O fator de potência é medido numa escala de 0 (zero) a 1 (um). Assim, um alto fator de potência indica uma eficiência alta e, inversamente, indica baixa eficiência energética [79]. Após analisadas as faturas e recolhidos os dados necessários, aplicou-se a fórmula da equação 2, e obtiveram-se os seguintes valores - Tabela 7.

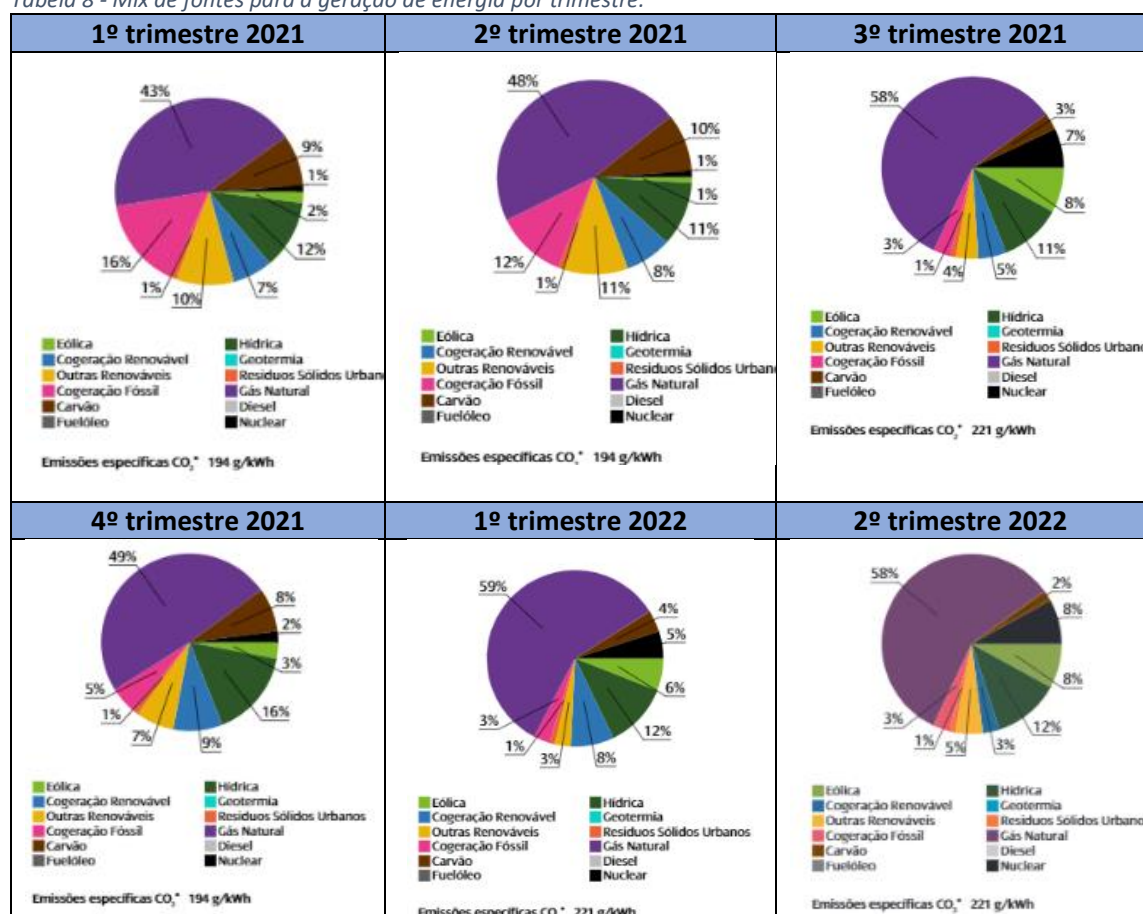
Tabela 7 – Energia ativa consumida, energia reativa consumida, e respetivo fator de potência, ao longo dos meses do ano de 2021 até junho de 2022.

Mês	2021			2022		
	Energia Ativa (kWh)	Energia Reactiva (kVArh)	Fator de Potência	Energia Ativa (kWh)	Energia Reactiva (kVArh)	Fator de Potência
Janeiro	8 792,89	1 122,08	0,99	8 562,17	886,70	0,99
Fevereiro	8 488,27	1 132,15	0,99	8 659,41	933,95	0,99
Março	8 858,31	1 165,75	0,99	9 689,73	1 147,58	0,99
Abril	9 184,51	1 218,85	0,99	8 077,90	918,45	0,99
Mai	9 665,45	1 290,18	0,99	10 220,26	1 743,25	0,99
Junho	8 625,22	1 160,60	0,99	10 299,64	1 842,70	0,98
Julho	8 481,56	1 148,20	0,99			
Agosto	8 585,89	1 179,45	0,99			
Setembro	8 469,74	1 137,20	0,99			
Outubro	7 183,79	804,28	0,99			
Novembro	6 548,22	721,63	0,99			
Dezembro	7 800,40	876,13	0,99			
Média	8 390,35	1 079,71	0,99	9 251,52	1 245,44	0,99

Observa-se que o fator de potência em média, tanto do ano de 2021 como do meio ano de 2022 é de 0,99, muito próximo de 1, apresentando um fator de potência alto, concluindo-se que praticamente toda a energia fornecida é consumida. Assim, não é necessário fazer grandes adaptações aos equipamentos, no entanto, é um fator a ter em conta, e como oportunidade pode vir a ser monitorizado para que se perceba se há alguma alteração ao longo dos meses futuros, e ainda, devia ser feita esta avaliação por equipamento, para perceber se o dimensionamento do equipamento está correto e se o potencial de energia reativa é baixo, para fazer os devidos ajustes. Aquando avaliação de futuras aquisições é fundamental fazer o mesmo exercício.

Para a determinação das emissões de CO₂ do âmbito 1 para além da recolha de consumos de energia, retirou-se das faturas Iberdrola o fator de emissão (Tabela 8), por trimestre:

Tabela 8 - Mix de fontes para a geração de energia por trimestre.



No entanto a energia fatura é associada aos consumos globais da empresa e todas as atividades associadas – escritório, produção, distribuição de produtos acabados e zonas sociais, sendo necessário determinar e excluir certos consumos.

Segundo as fronteiras operacionais definidas, pretende-se calcular as emissões de CO₂ da energia elétrica associadas às linhas de produção de tofu e seitan, assim é importante entender quais o consumo afeto às linhas de produção em questão, fez-se o levantamento das potências dos equipamentos associadas às etapas de processo de cada linha de produção.

Existem também equipamentos de suporte associados aos equipamentos de cada etapa, e também um equipamento de limpeza, esse levantamento encontra-se na Figura 26.

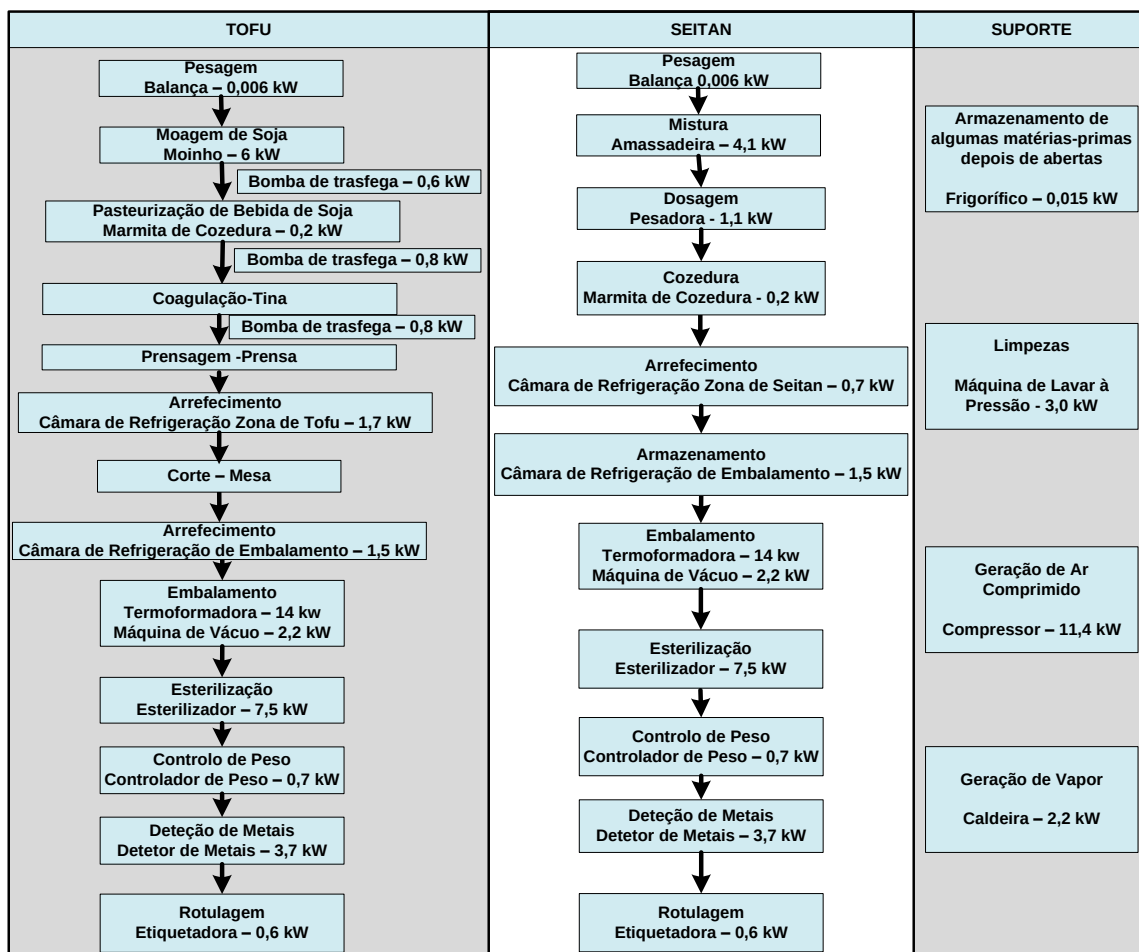


Figura 26- Etapas com equipamentos a ter em conta para a caracterização energética das linhas de produção de tofu e seitan.

A ter em conta também é a iluminação nas linhas de produção, assim fez-se o levantamento das lâmpadas existentes associadas às etapas de cada linha, tendo-se apurado que as mesmas já são LED, sendo um total de 14 lâmpadas com uma potência de 0,05 kW. Para além da iluminação, também existem lâmpadas associadas aos insectocoladores que são 7 com duas lâmpadas cada, no total 14 lâmpadas com uma potência de 0,018 kW cada.

Em relação às secções a serem excluídas, fez-se também o levantamento dos equipamentos e potências associadas (Tabela 9), bem como das horas de funcionamento estimadas para se confirmar com o consumo de energia da fatura global.

Tabela 9 - Equipamentos e potências associadas a ter em conta para a confirmação do consumo energética das linhas de produção de tofu e seitan

Linha	Equipamentos	Quantidade	Potência
Armazém	Computador CPU	1	0,065 kW
	Monitor LCD	1	0,035 kW
	Impressora	1	0,040 kW
	Empilhador	1	21,5 kW
	Staker	1	5,5 kW
	Iluminação	8	0,2 kW
	Máquina de lavar chão	1	5,5 kW
Escritórios	Computador	6	0,065 kW
	Monitor	6	0,035 kW
	Impressora	2	0,014 kW
	Servidor	1	0,085 kW
	Iluminação		0,014 kW
	Aquecedor	5	2 kW
Zona de Convívio	Máquina de <i>Vending</i>	1	0,32 kW
	Frigorífico	1	0,015 kW
	Micro-ondas	1	0,0015 kW
	Iluminação		0,014 kW
	Aquecedor	1	2 kW
Zona Exterior	Iluminação	10	0,1 kW
	Portão de Entrada	1	0,0023 kWh

Sendo que no mês de dezembro de 2021, só se produziu tofu, assim para determinação mais aproximada de consumo energético da linha de tofu, seleccionou-se primeiramente este mês para uma análise mais detalhada.

Verificaram-se as etapas de produção e o tempo aproximado de funcionamento de cada equipamento associado, efetuou-se o levantamento da produção do mês em análise –

dezembro de 2021, para a determinação do total de horas de funcionamento em cada etapa e assim o respetivo consumo através da potência de cada equipamento - Figura 27.

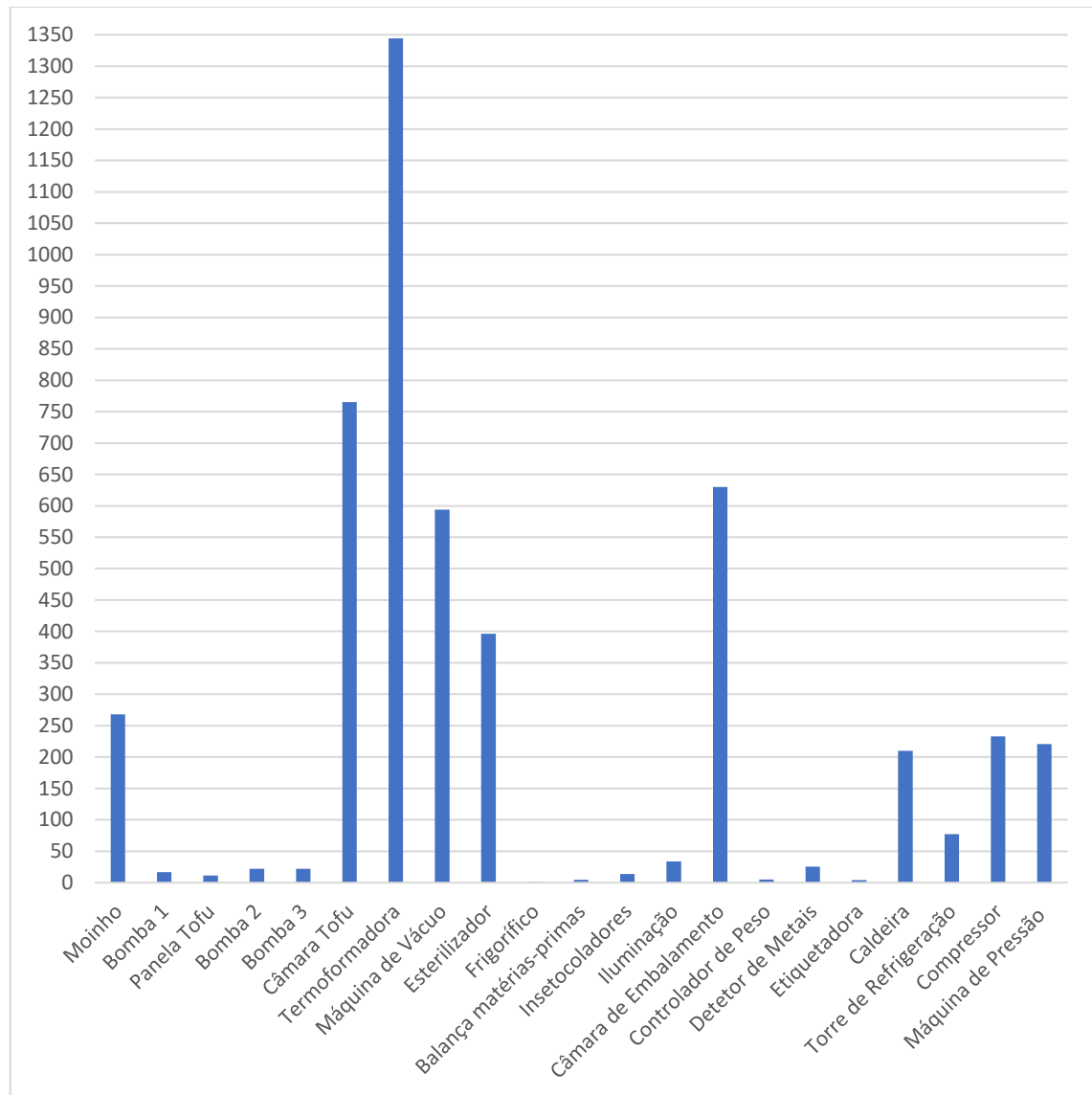


Figura 27 - Consumo energético (kWh) por equipamento, referente à produção de tofu no mês de dezembro de 2021.

Assim depreende-se que os equipamentos com maior consumo são a termoformadora, as câmaras de refrigeração, a máquina de vácuo e o esterilizador.

O resultado do consumo dos diferentes equipamentos que laboraram, associados à linha de produção, foi de 4898 kWh (Tabela 12). Fazendo o mesmo exercício para os restantes equipamentos obteve-se um consumo aproximado de 7800 kWh, tendo-se confirmado o consumo com o da fatura global de energia.

Tabela 10 - Consumo em kWh por equipamento no mês de dezembro de 2021, referente à linha de tofu.

Equipamento	kWh
Moinho	268,00
Bomba 1	16,75
Panela Tofu	11,17
Bomba 2	22,33
Bomba 3	22,33
Câmara Tofu	765,00
Termoformadora	1344,00
Máquina de Vácuo	594,00
Esterilizador	396,56
Frigorífico	1,12
Balança matérias-primas	4,46
Insetocoladores	13,71
Iluminação	33,60
Câmara de Embalamento	630,00
Controlador de Peso	5,04
Detetor de Metais	25,76
Etiquetadora	4,03
Caldeira	209,92
Torre de Refrigeração	77,44
Compressor	232,67
Máquina de Pressão	220,50
Total	4898,40

Para ir confirmando estes valores, procedeu-se a este mesmo levantamento para os restantes meses para ambas as linhas de maior consumo – linha de seitan e tofu. Após verificação de todas as etapas de ambas as linhas de produção e o tempo aproximado de funcionamento de cada equipamento associado, efetuou-se o levantamento da produção do mês para a determinação do total de horas de funcionamento em cada etapa, separou-se por linha e juntaram-se os equipamentos de suporte, de forma a ser mais simples o levantamento

das horas de funcionamento desses equipamentos, através dos contadores de alguns equipamentos e pela análise de resultados em programas específicos, fazendo ao levantamento de início e do fim do funcionamento desses equipamentos.

Tabela 11 - Resumo de consumo energético por linha de produção e equipamentos de suporte, desde 2021 até junho de 2022.

	Tofu		Seitan		Suporte		Total	
	kWh							
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
jan	4423,33	5211,08	896,75	120,00	973,79	1137,52	6294	6469
fev	3979,92	3736,08	1004,50	511,83	881,41	910,68	5866	5159
mar	5236,25	4906,58	876,75	374,25	1229,44	1158,70	7342	6440
abr	6116,08	3551,04	473,83	313,08	1213,44	721,76	7803	4586
mai	6291,71	5764,42	861,75	413,83	1053,41	780,78	8207	6959
jun	2870,25	5270,67	750,08	1142,53	872,22	1360,97	4493	7774
jul	5592,08		369,92		931,28		6893	
ago	5557,33		619,50		977,48		7154	
set	4717,83		108,67		945,75		5772	
out	3888,96		115,50		920,30		4925	
nov	3332,17		0,00		874,02		4206	
dez	4070,15		0,00		828,25		4898	
total	56076,06	28439,88	6077,25	2875,53	11700,80	6070,41	73854,11	37385,81

Assim através do total de consumo mensal referente às linhas de produção e através dos fatores de emissão, obteve-se a seguinte tabela com as emissões de CO₂ respectivas.

Tabela 12 – Consumo energético referente à produção, com fatores de emissão e respectivas emissões de CO₂ associadas.

	2021 kWh	fator de emissão kgCO ₂ /kWh	emissões kg CO ₂	2022 kWh	fator de emissão kgCO ₂ /kWh	emissões kgCO ₂
jan	6293,88	0,194	1221,01	6468,60	0,221	1429,562
fev	5865,82		1137,97	5158,60		1140,050
mar	7342,44		1424,43	6439,53		1423,137
abr	7803,35	0,194	1513,85	4585,89	0,221	1013,481
mai	8206,87		1592,13	6959,03		1537,945
jun	4492,56		871,56	7774,17		1718,091
jul	6893,28	0,194	1337,30			
ago	7154,31		1387,94			
set	5772,25		1119,82			
out	4924,76	0,221	1088,37			
nov	4206,19		929,57			
dez	4898,40		1082,55			
total	73854,11		14706,49	37385,81		8262,27

Em alguns meses, nomeadamente os de inverno os aquecedores nas partes administrativas e sociais trabalham mais, sendo que têm um peso significativo no consumo final.

Também se identificou que os computadores são um consumo excessivo que pode ser facilmente reduzido, pois os mesmos mantem-se ligados 24h/7, assim uma boa oportunidade de melhoria é desligar estes equipamentos quando não estão a ser utilizados, e confirmar se todos tem a programação correta para se desliguem automaticamente após longo tempo de inatividade.

O cálculo de funcionamento de câmaras de refrigeração foi feito através dos registos associados às câmaras e respetivas potências, no entanto este cálculo não é assim tão linear, por exemplo no verão as câmaras trabalham mais, pois as temperaturas são mais elevadas e os equipamentos começam a apresentar mais trabalho e esforço, pelo que no futuro é importante considerar a colocação de contadores parciais de energia e de horas nos principais equipamentos e/ou por linha para que sejam criados procedimentos para um melhor levantamento de consumo energético, e encontrar soluções para conseguir reduzir esse esforço, através de arrefecimento de espaços, ou melhor arejamento dos mesmos.

É importante arranjar estratégias para reduzir as emissões de CO₂, a curto prazo pode-se alterar os horários certos e programados pela criação de bi-horários juntamente com a empresa de energia. Pode-se também procurar outras comercializadoras de energia com energia/selo verde, ou com maior percentagem de fontes renováveis. Por exemplo, a Plenitude tem para 2022 um fator de emissão desejado de 181,42g CO₂ / kWh [80] partindo deste fator de comparação para os primeiros trimestres deste ano usando a energia desta comercializadora ter-se-ia emitido menos 18% de CO₂.

Uma solução apesar de dispendiosa, mas que terá múltiplos benefícios e um retorno de investimento em 7 anos (orçamentos solicitados), é a colocação de painéis fotovoltaicos, pois a maioria da energia consumida seria gerada por este recurso natural, sendo que a produção trabalha em turnos diurnos.

4.5. Âmbito 3 - Outras Emissões Indiretas: Água

Os dados da atividade e os fatores de emissão considerados para este âmbito são os seguintes: Água: m³ da água consumida, e o fator de emissão para o abastecimento de água: 0,18kg CO₂/m³ e para as águas residuais: 0,11kg CO₂/m³ [75].

A água é usada ao longo de todo o processo, quer para incorporar nos produtos, para etapas de produção, como nas limpezas no final de cada produção. Ao longo da produção há perdas significativas deste recurso, sendo um indicador importante a ser monitorizado e diminuído.

A água consumida pela empresa, proveniente da rede pública, é maioritariamente utilizada na produção, existindo uma parte a considerar para as águas sanitárias/balneários da empresa de 10m³/colaborador ao ano. Para verificar o consumo de água da empresa analisaram-se as faturas desde o início de 2021 até junho de 2022 e procedeu-se à recolha dos consumos mensais para verificar a variação deste consumo (Figura 28).

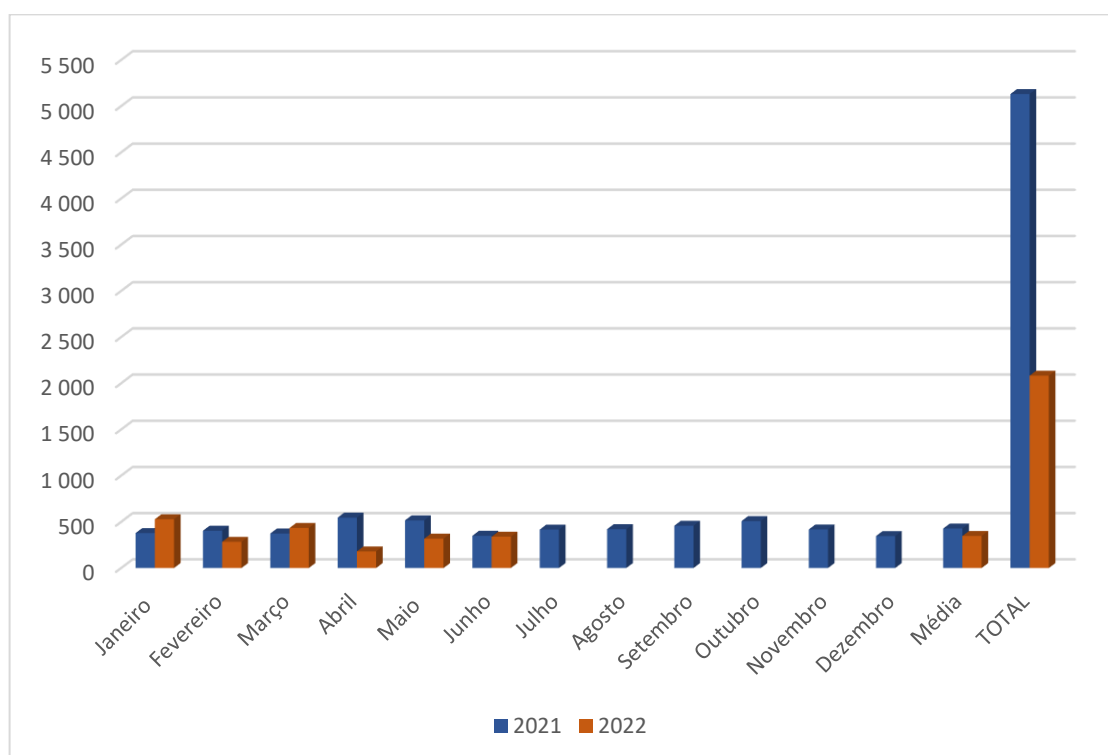


Figura 28 - Consumos mensais de água em m³ desde 2021 até junho de 2022.

Consoante o consumo de água e o fator respetivo, segundo o grupo de águas de Portugal, e através da equação 1, determinou-se as emissões de CO₂ relativo ao tratamento das águas de abastecimento: $Emissões\ GEE\ 2021 = 5131 \times 0,18 \times 1 = 923,58\ kg\ CO_2$

Tabela 13 – Consumo de água e emissões de CO₂ associadas, do ano de 2021 e até junho de 2022.

Ano	2021	2022
Consumo de água (m ³)	5131,06	2082,13
Emissões kg CO ₂	923,59	374,78

Analisaram-se as diferentes etapas de produção para determinar a quantidade de água que entra como ingrediente ao longo do processo. Realizaram-se várias medições de consumos de água ao longo de algumas semanas, para determinar a quantidade de água que é utilizada na limpeza. Aquando levantamento de equipamentos verificou-se que existem equipamentos que consomem muita água para efeitos de arrefecimento dos mesmos e do processo, nomeadamente a termoformadora e o esterilizador.

Na termoformadora apurou-se um caudal desperdiçado de água de 0,002m³/min, tratando-se de um caudal muito elevado, pelo que uma solução rápida de implementar foi a colocação de contentores IBC para reutilização dessa água nas lavagens com a máquina de pressão. Assim, aproveita-se a água que iria para as águas residuais e há poupança de alguma que se iria gastar para as lavagens de linhas de produção.

A Figura 29 seguinte mostra a distribuição do consumo de água após o levantamento da quantidade por cada etapa do ano de 2021.

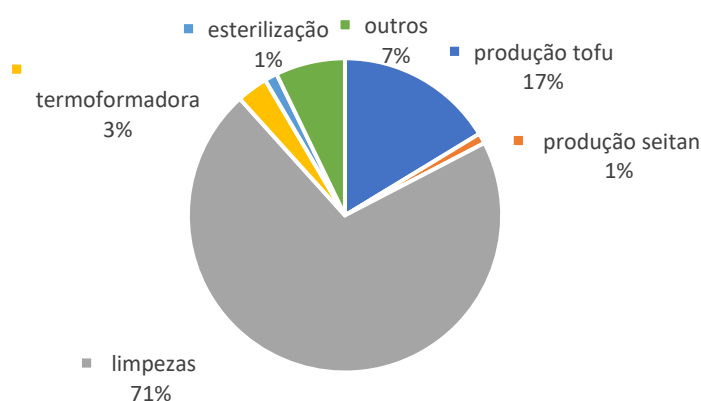


Figura 29- Distribuição do consumo de água de 2021.

Assim, pelo menos 75% do consumo de água, segue posteriormente para tratamento de águas residuais. Consoante a água que se transforma em águas residuais e o fator de emissão

respetivo, segundo o grupo de águas de Portugal, e através da equação 1, determinou-se as emissões de CO₂ relativo ao tratamento das águas residuais:

$$\text{Emissões GEE 2021} = 3848,3 \times 0,11 \times 1 = 423,31 \text{ kg CO}_2$$

Tabela 14 – Águas residuais e emissões de CO₂ associadas, do ano de 2021 e até junho de 2022.

Ano	2021	2022
Consumo de água (m ³)	3848,30	1561,60
Emissões kg CO ₂	423,31	171,78

A termoformadora durante um dia de trabalho armazena a quantidade de água necessária para a limpeza, para além do aproveitamento que está a ser realizado, terá de se arranjar um sistema para interligar nas linhas de produção, e até mesmo analisar o possível uso dessa para a lavagem e demolha da soja. É muito importante a redução deste recurso, não só pela escassez, como também para a redução de emissões do tratamento da parte da água que segue para o saneamento público para posterior tratamento, bem como do tratamento anterior.

Inventário de GEE em análise

Como emissões de CO₂ associadas à parte produtiva da empresa, com as fronteiras definidas deste inventário de GEE, tem-se:

Tabela 15 - Emissões de CO₂ associadas à parte produtiva da empresa em análise.

	Emissões de CO ₂ 2021 (kg CO ₂)	Emissões de CO ₂ até 06/2022 (kg CO ₂)
Âmbito 1:	96 636	51 296
Âmbito 2:	14 706	8 262
Âmbito 3:	1 374	547
Total	112 690	60 105

Das emissões apuradas neste inventário de GEE, a fatia que pesa mais é o âmbito 1 devido ao consumo de GPL propano (Figura 30), seguido do âmbito 2.

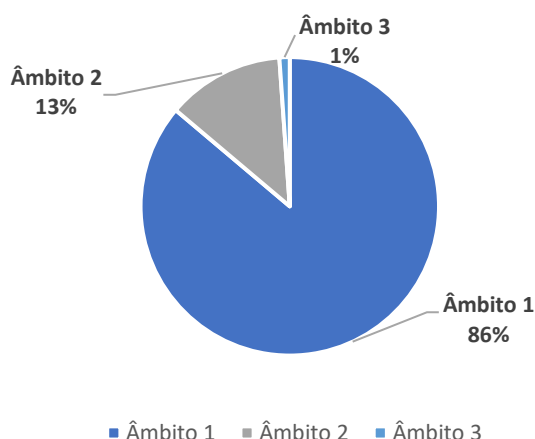


Figura 30 - Emissões de CO₂ associados à parte produtiva da empresa em análise no ano de 2021.

Para conseguir alcançar uma redução destas emissões seria interessante primeiramente apostar na colocação de painéis fotovoltaicos, pois os horários de produção são diurnos, logo conseguia-se consumir muita da energia aquando geração da mesma. E posteriormente na alteração da caldeira a gás para elétrica, combinada com a geração/armazenamento de energia produzida pelos painéis fotovoltaicos.

Dando um exemplo, para ter uma ideia aproximada das emissões de CO₂ por quilos do produto com maior volume de produção, neste caso que é o tofu, tem-se o mês de dezembro de 2021, onde foram produzidos aproximadamente 9 500 kg de tofu, assim:

Tabela 16 – Emissões de CO₂ de dezembro de 2021.

Equação 1		Emissões de CO ₂ dezembro de 2021 (kg CO ₂)
Âmbito 1:	$1\,964 \times 3,41 \times 1$	6 697
Âmbito 2:	$4\,898 \times 0,221 \times 1$	1 083
Âmbito 3:	$346 \times 0,18 \times 1$	62
	$259 \times 0,11 \times 1$	29
Total		7 871

Assim tem-se uma relação de emissões por kg de tofu de 0,83 kg de CO₂ para o inventário de GEE em estudo.

5. Conclusões

Este estudo teve como objetivo a identificação e sugestão de medidas a adotar por uma indústria alimentar, a Danesti Alimentação Lda, no sentido de reduzir as emissões de CO₂ e desta forma contribuir para a descarbonização desta indústria.

A mitigação e o controlo das emissões de CO₂ industriais são atualmente um dos desafios que exige medidas urgentes. Esta preocupação começa a estar também refletida nos consumidores, mas tem de partir de todos, não só numa vertente de negócio, mas também é necessário garantir um plano de estratégias para combater as alterações climáticas. As alterações climáticas terão um grande impacto nos sectores industriais de produtos alimentares que tenham a necessidade de frio. A ferramenta usada para quantificar as emissões de GEE produziu resultados interessantes e poderá ser interessante uma opção a incluir no apoio da gestão ambiental da empresa.

Realizada a identificação de fontes de emissão de CO₂ da empresa percebe-se que esta está muito dependente das energias provenientes de combustíveis fósseis, e que ainda há um longo caminho a percorrer, na procura de fontes de energias renováveis. No entanto estas carecem de grandes investimentos, pelo que têm de se criar medidas que sejam possíveis de aplicar a curto prazo. Por exemplo, o caso das lâmpadas já são praticamente todas LED, no entanto terá de se adaptar e colocar algumas, com sensor de ativação e sistema de intensidade de iluminação, trazendo elevada longevidade e com consumo energético mais reduzido. Pequenas alterações trazem ganhos energéticos bastante compensatórios, e redução do impacto ambiental de emissões de CO₂, como por exemplo a escolha de distribuidoras de energia com selo de carbono com uma redução de emissões de CO₂ no mínimo de 10%. Por exemplo, as temperaturas verificadas no verão de 2022 fizeram com que os equipamentos de refrigeração da indústria em estudo, tivessem que trabalhar mais, com o aumento no consumo energético em julho de 2022 que, em termos produtivos com os meses homólogos o consumo energético que houve foi superior à quantidade produzida.

As emissões de CO₂ referentes ao mês de dezembro de 2021 associadas para o fabrico de tofu foi de 7 871kg de CO₂ pelo que para se ter uma neutralidade de carbono nestes âmbitos teriam sido necessárias 79 árvores plantadas há 8 anos, só para este mês.

As sugestões apresentadas trazem benefícios para a empresa com poupança de recursos diretamente aplicáveis, a poupança de água e de outros recursos trazem benefícios não só para o ambiente. São várias as soluções identificadas a implementar para reduzir emissões de GEE: como rever tubagens e fazer peritagens de fugas tanto no encaminhamento do GPL, como nos sistemas de refrigeração, encamisar o vapor para diminuir perdas e consequente redução de geração de vapor, reutilização de águas de equipamentos e processo, estudar a viabilidade de processo para colocação de torneiras de baixo caudal, sensibilização interna e externa acerca destas medidas, contribuir para a economia circular através da procura de matérias-primas nacionais e desenvolvimento de produtos com essas matérias-primas. A maioria das lâmpadas são LED, trocar as que não são, sistema para aproveitamento de água resultante de etapas para rega. Adaptação de equipamentos para substituir o GPL, e colocação de painéis fotovoltaicos, pois através de recursos como solar térmica e calor/energia combinada. A diminuição da utilização de energia e a utilização de técnicas mais eficientes reduzem as emissões e, ao mesmo tempo, os custos, no entanto são custos muito elevados, pelo que se deve tentar procurar apoiados por programas de incentivo do governo. É muito importante o reaproveitamento e circulação de águas, através de otimização do processo bem como no reaproveitamento de águas devido aos seus baixos períodos de retorno, bem como a sensibilização de todos os envolvidos para que se gaste o mínimo possível.

Deve se continuar a acompanhar os dados da atividade, e respetivos fatores de emissão, bem como melhorar os instrumentos de medição dos diferentes dados (nomeadamente a colocação de contadores), pois a correta medição e acompanhamento de dados da atividade melhora o desempenho, através de procedimentos destinados a medir e reduzir as emissões diretas e indiretas derivadas das suas atividades. É importante também fazer o levantamento total do âmbito 3, para saber quais as emissões associadas aos nossos produtos, para comparar com dados já existentes, como por exemplo para o tofu - 3,2 Kg CO₂e/Kg [81] e traçar metas mais ambiciosas.

O inventário atualizado de emissões de CO₂ e a monitorização permite traçar um plano com as metas a alcançar e assegurar as medidas necessárias para que esse plano se cumpra, podendo no futuro tratar-se da certificação de certos produtos e informar os consumidores através das metas alcançadas através da rotulagem no domínio da energia e do rótulo com símbolos ecológicos. Pode se também criar um plano de sensibilização dos consumidores para a possibilidade de contribuírem para reduzir a pegada de carbono através da alimentação

equilibrada com a inserção de mais refeições vegetarianas, ou com práticas amigas do ambiente, com um QRcode em embalagem. Ou ainda, realizar pequenos eventos ou exposições para a sensibilização de práticas sustentáveis e sensibilizar os fornecedores, investindo na formação de técnicos na prestação da assistência e incentivar o uso das novas tecnologias eficientes. É importante colocar como critério adicional em todas as futuras decisões, como aplicações técnicas e aquisição de equipamentos, a eficiência energética e as emissões de carbono associadas.

Esta análise permite concluir que existe ainda um interessante caminho a percorrer por parte da empresa em estudo, com várias oportunidades de melhoria de forma a reduzir as suas emissões de CO₂ contribuindo para a descarbonização da indústria.

Bibliografia

- [1] Eunhye Park e Sung-Bum Kim, Veganism during the COVID-19 pandemic: Vegans' and nonvegans' perspectives, *Appetite*, Volume 175, 2022.
- [2] FAO and WHO, Sustainable healthy diets – Guiding principles, Roma, 2019.
- [3] Comissão europeia, Comunicação da comissão ao parlamento europeu ao Conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões - Estratégia do Prado ao Prato para um sistema alimentar justo, saudável e respeitador do ambiente Bruxelas, 2020 disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0381>
- [4] Comissão Europeia, consultado em julho de 2022. disponível em: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- [5] Christopher L. Weber e H. Scott Matthews, Food-Miles and the Relative Climate Impacts of Food Choices in the United States, *Environ. Sci. Technol*, 2008.
- [6] Monique van der Meer, Arnout R.H. Fischer e Marleen C. Onwezen, Same strategies – Different categories: An explorative card-sort study of plant-based proteins comparing omnivores, flexitarians, vegetarians and vegans, *Appetite*, 2022.
- [7] Talia Raphaely e Dora Marinova, Flexitarianism: Decarbonising through flexible vegetarianism, *Renewable Energy*, Volume 67, 2014.
- [8] Hans Dagevos, Finding flexitarians: Current studies on meat eaters and meat reducers, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 114, 2021.
- [9] The Green Revolution Portugal, Relatório de Análise The Green Revolution Portugal 2021.
- [10] Jairo R. Montoya-Torres, Edgar Gutierrez-Franco e Edgar E. Blanco, Conceptual framework for measuring carbon footprint in supply chains, *Production Planning & Control*, 2015.
- [11] Benjamin K. Sovacool, Morgan Bazilian, Steve Griffiths, Jinsoo Kim, Aoife Foley e David Rooney, Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 143, 2021.
- [12] Meike Guenther, Caroline M Saunders e Peter R Tait, Carbon labeling and consumer attitudes, *Carbon Management*, 2012.

- [13] Carbon Trust, Product carbon footprint labelling: consumer research 2020, consultado em junho de 2022, disponível em: <https://www.carbontrust.com/resources/product-carbon-footprint-labelling-consumer-research-2020>.
- [14] Carbon Trust, consultado em setembro de 2022. disponível em: <https://www.carbontrust.com/what-we-do/assurance-and-certification/product-carbon-footprint-label>
- [15] Loja online Nestlé consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://saboreiaavida.nestle.pt/produtos/bebidas-vegetais>
- [16] Loja online Sumol+Compal consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://www.saborista.pt/>
- [17] Associação Vegetariana Portuguesa consultado em junho de 2022. disponível em: <https://www.avp.org.pt/rotulo-da-pegada-ecologica-dos-alimentos/>
- [18] Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II Technical Support Unit Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2022.
- [19] Rafael M. Santos e Reza Bakhshoodeh , Climate change/global warming/climate emergency versus general climate research: comparative bibliometric trends of publications, Volume 7, 2021.
- [20] Kashif Abbass, Muhammad Zeeshan Qasim, Huaming Song, Muntasir Murshed, Haider Mahmood e Ijaz Younis, A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures, Environmental Science and Pollution Research, Volume 29, 2022.
- [21] Matthew John Franchetti, Defne Apul , Carbon Footprint Analysis: Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies, CRC Press, 2012.
- [22] Sara I. Zandalinas, Felix B. Fritschi e Ron Mittler, Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster, Trends in Plant Science, Volume 26, 2021.
- [23] Ecodebate - Site de informações, artigos e notícias socioambientais, consultado em junho de 2022.

- [24] Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, 2018.
- [25] F.A. Plazas-Niño, N.R. Ortiz-Pimiento e E.G. Montes-Páez, National energy system optimization modelling for decarbonization pathways analysis: A systematic literature review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 162, 2022.
- [26] World Resources Institute (WRI) consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://www.wri.org/insights/net-zero-ghg-emissions-questions-answered>
- [27] Global Footprint Network, How can Mediterranean societies thrive in an era of decreasing resources? Mediterranean Ecological Footprint Initiative, 2015.
- [28] Alessandro Galli, Sara Moreno Pires, Katsunori Iha, Armando Abrunhosa Alves, David Lin, Maria Serena Mancini e Filipe Teles, Sustainable food transition in Portugal: Assessing the Footprint of dietary choices and gaps in national and local food policies, *Science of The Total Environment*, Volume 749, 2020.
- [29] Alessandro Galli, Katsunori Iha, Martin Halle, Hamid El Bilali, Nicole Grunewald, Derek Eaton, Roberto Capone, Philipp Debs e Francesco Bottalico, Mediterranean countries' food consumption and sourcing patterns: An Ecological Footprint viewpoint, *Science of The Total Environment*, Volume 578, 2017.
- [30] Global Footprint Network, consultado em setembro de 2022. disponível em: <https://data.footprintnetwork.org/#/>
- [31] Izabela Dembińska, Sabina Kauf, Agnieszka Tłuczak, Katarzyna Szopik-Depczyńska, Łukasz Marzantowicz e Giuseppe Ioppolo, The impact of space development structure on the level of ecological footprint - Shift share analysis for European Union countries, *Science of The Total Environment*, Volume 851, Part 2, 2022.

- [32] Comissão Europeia, Water, energy, food, and ecosystem nexus, consultado em junho de 2022. disponível em: https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/climate-environment-and-energy/water-energy-food-and-ecosystem-nexus_en
- [33] Marzieh Hasanzadeh Saray, Aziza Baubekova, Alireza Gohari, Seyed Saeid Eslamian, Bjorn Klove e Ali Torabi Haghighi, Optimization of Water-Energy-Food Nexus considering CO₂ emissions from cropland: A case study in northwest Iran, Applied Energy, Volume 307, 2022.
- [34] Piotr F. Borowski, Nexus between water, energy, food and climate change as challenges facing the modern global, European and Polish economy, 2020.
- [35] Brenda Cansino-Loeza e José María Ponce-Ortega, Sustainable assessment of Water-Energy-Food Nexus at regional level through a multi-stakeholder optimization approach, Journal of Cleaner Production, Volume 290, 2021.
- [36] Matthew John Franchetti, Defne Apul, Carbon Footprint Analysis: Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies, CRC Press, 2012.
- [37] James A. K., Maria Kosseva e Colin Webb. Accounting for the Impact of Food Waste on Water Resources and Climate Change. Em Food Industry Wastes, 2013.
- [38] Xiaomei Wua, Yunsong Yua, Zhen Qina e Zaoxiao Zhanga, The Advances of Post-Combustion CO₂ Capture with Chemical Solvents: Review and Guidelines, Energy Procedia, volume 63, 2014.
- [39] European Environment Agency, The European environment — state and outlook 2020 Knowledge for transition to a sustainable Europe, 2019.
- [40] European Environment Agency, consultado em junho de 2022. disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180301STO98928/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-por-pais-e-setor-infografia>
- [41] Agência Europeia do Ambiente, O ambiente na Europa: Estado e perspectivas 2020, 2019.
- [42] Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard World Resources Institute and World Business Council, 2004.
- [43] BSI, Guide to PAS 2050, How to assess the carbon footprint of goods and services, 2008
- [44] ISO International Organization for Standardization, consultado em maio de 2022. disponível em: <https://www.iso.org/standard/66453.html>

[45] Protocolo de Quioto, consultado em maio de 2022. disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM:l28060>

[46] Intergovernmental Panel on Climate Change, [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Switzerland, 2015

[47] Greenhouse Gas Protocol, Global Warming Potential Values, disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

[48] Comissão europeia, Comunicação da comissão ao parlamento europeu ao Conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões - Estratégia do Prado ao Prato para um sistema alimentar justo, saudável e respeitador do ambiente Bruxelas, 2020 disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0381>

[49] Carbon Disclosure Project (CDP), Foundations for Science-Based Net-Zero Target Setting in The Corporate Sector, 2020.

[50] PAS2060 Carbon Neutrality Standard, 2011.

[51] Fabricia Silva da Rosa, Rogério João Lunkes, Francesca Spigarelli e Lorenzo Compagnucci, Environmental innovation and the food, energy and water nexus in the food service industry, Resources, Conservation and Recycling, Volume 166, 2021.

[52] PNEC 2030.Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030, consultado em setembro de 2022. disponível em: www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3

[53] Jornal Oficial da União Europeia, REGULAMENTO (UE) 2021/1119 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 30 de junho de 2021 que cria o regime para alcançar a neutralidade climática e que altera os Regulamentos (CE) n.º 401/2009 e (UE) 2018/1999 («Lei europeia em matéria de clima») disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>

[54] David S. Timmons, Khalil Elahee e Ming Lin, Energy efficiency and conservation values in a variable renewable electricity system, Energy Strategy Reviews, Volume 43, 2022.

[55] Benjamin K. Sovacool, Morgan Bazilian, Steve Griffiths, Jinsoo Kim, Aoife Foley e David Rooney, Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of

developments, sociotechnical systems and policy options, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 143, 2021.

[56] PNUEA - Programa Nacional Para o Uso Eficiente da Água 2012-2020, consultado em setembro de 2022. disponível em: https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DRH/PlaneamentoOrdenamento/PlanosGestaoSecaEscassez/PNUEA/PNUEA_2020_Jun2012.pdf

[57] Diário de notícias, consultado em setembro de 2022. disponível em: <https://www.dn.pt/sociedade/pan-quer-conhecer-execucao-do-programa-nacional-para-o-uso-eficiente-da-agua-14641811.html>

[58] IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera, AVALIAÇÃO METEOROLÓGICA – 31 Julho 2022

[59] Agência Portuguesa do Ambiente (APA) Relatório do Estado do Ambiente Portugal 2020/2021, 2021.

[60] União Europeia-Tribunal de Contas Europeu, Relatório Especial-Emissões de gases com efeito de estufa na UE: bem comunicadas, mas são necessárias melhores informações sobre as reduções futuras, 2019.

[61] Gabinete de Estratégia e Estudos República Portuguesa, consultado em agosto de 2022 disponível em: <https://www.gee.gov.pt/pt/en/daily-indicators/list-gee-daily-indicators/29013-eurostat-emissoes-de-co2-na-uniao-europeia>

[62] European Environment Agency, Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2020 and inventory report 2022 submission to the UNFCCC secretariat, 2022

[63] Eurostat, consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220816-1>

[64] Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Relatório do Inventário Nacional, 2022.

[65] Ambiente e Transição Energética, Fundo Ambiental, Agência Portuguesa do Ambiente, RNC2050. Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, 2019.

[66] PNEC 2030.Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030, consultado em setembro de 2022. disponível em: www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3

- [67] Fayas Malik Kanchiralla, Noor Jalo, Patrik Thollander, Maria Andersson e Simon Johnsson, Energy use categorization with performance indicators for the food industry and a conceptual energy planning framework, *Applied Energy*, Volume 304, 2021.
- [68] Steven Meyers, Bastian Schmitt, Mae Chester-Jones e Barbara Sturm, Energy efficiency, carbon emissions, and measures towards their improvement in the food and beverage sector for six European countries, *Energy*, Volume 104, 2016.
- [69] Associação de Energias Renováveis APREN, consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao/>
- [70] Tze-Zhang Ang, Mohamed Salem, Mohamad Kamarol, Himadry Shekhar Das, Mohammad Alhuyi Nazari e Natarajan Prabakaran, A comprehensive study of renewable energy sources: Classifications, challenges and suggestions, *Energy Strategy Reviews*, Volume 43, 2022.
- [71] Saeid Eslamian, *Urban Water Reuse Handbook*, CRC Press, 2016.
- [72] Govindaraju, M., J. Fowmitha Banu e Malti Goel. *CO₂ Sequestration Through Phytoremediation Techniques with Special Emphasis on Urban Forestry to Mitigate Climate Change Impact*, 2021.
- [73] Lara Bartels, Martin Kesternich, e Andreas Löschel, *The Demand for Voluntary Carbon Sequestration – Experimental Evidence From a Reforestation Project in Germany*, 2021
- [74] Halley E. Froehlich, Jamie C. Afflerbach, Melanie Frazier e Benjamin S. Halpern, *Blue Growth Potential to Mitigate Climate Change through Seaweed Offsetting*, 2019.
- [75] Grupo de Águas de Portugal – Águas de Lisboa e Vale do Tejo, *Relatório de Sustentabilidade*, 2016
- [76] AIPOR – Associação dos Instaladores de Portugal, consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://aipor.pt/index.php?oid=2999&op=all>
- [77] Jornal Oficial da União Europeia, Regulamento (UE) n. ° 517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014, relativo aos gases fluorados com efeito de estufa
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0517>
- [78] Engelétrica, consultado em agosto de 2022. disponível em: <http://www.engeletrica.com.br/correcao-fator-de-potencia-fator-de-potencia.htm>

[79] Gold Energy – consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://goldenergy.pt/glossario/fator-potencia/>

[80] Plenitude, consultado em agosto de 2022. disponível em: <https://eniplenitude.pt/origem-daenergia/>

[81] J. Poore e T. Nemecek, Reducing food's environmental impacts through producers and consumers, Vol 360, 2018.

[82] Global Footprint Network - *Advancing the Science of Sustainability* consultado em junho de 2022.

[83] Jornal Oficial da União Europeia, REGULAMENTO (UE) 2018/1999 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 11 de dezembro de 2018 relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática, consultado em setembro de 2022. disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999&from=PL>

[84] Parlamento europeu, consultado em setembro de 2022. disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180301STO98928/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-por-pais-e-setor-infografia>

[85] Quantifying the greenhouse gas emissions of products PAS 2050 e GHG Protocol Product Standard, A short guide to their purpose, similarities and differences, obtido em: GHG Protocol PAS 2050 Factsheet.pdf https://ghgprotocol.org › standards_supporting, consultado em maio de 2022.