

MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2021/2022

**AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO CORPORATIVA DA
INDÚSTRIA TÊXTIL E DE VESTUÁRIO:
CASO DA VALÉRIUS HUB, S.A.**

CECÍLIA MARIA SOUSA

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Adrián Manuel Tavares da Silva
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador Académico: Belmira de Almeida Ferreira Neto
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na Empresa: Gustavo Vieira
(Técnico Superior, Departamento de Sustentabilidade da Valérius HUB)

Agosto de 2022

AGRADECIMENTOS

A finalização desta etapa da minha vida não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas aos quais passo a agradecer.

À Prof. Belmira Almeida Ferreira Neto, orientadora desta dissertação, e membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado por: LA/P/0045/2020 (ALiCE), UIDB/00511/2020 e UIDP/00511/2020 (LEPABE), financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC), gostaria de agradecer pela disponibilidade e paciência para esclarecer todas as minhas dúvidas ao longo da redação da dissertação.

À Valérius pela oportunidade que me ofereceram de pôr em prática e aprimorar conhecimentos adquiridos ao longo do meu percurso académico, numa área de meu interesse, e por terem disponibilizado todas as condições necessários para desenvolvimento da dissertação.

A toda a equipa do Departamento de Sustentabilidade da Valérius, em especial, ao Gustavo Vieira pela aprendizagem e por todo o apoio e disponibilidade para o desenvolvimento e execução da dissertação.

Aos meus pais, um especial obrigado, por financiarem os 5 anos e por tudo o que fizeram por mim, por todos os momentos em que me confortaram e encorajaram, e por me mostrarem o que é ser trabalhador e lutar para atingir sonhos e objetivos. Amo-vos mais que tudo.

À minha irmã, pelas discussões e amizade, por me animar quando estava triste e por acreditar sempre em mim.

Às minhas amigas da universidade, pela companhia durante os cinco anos e por tornarem esta etapa uma das melhores da minha vida. Um agradecimento especial à Inês Gonçalves pelo apoio e noitadas a rever a minha tese.

E, por fim, à Célia Cerqueira pelo que fez, pode ter parecido pouco mas significou muito.

Muito obrigada.

RESUMO

Nos últimos anos têm-se verificado um aumento da consciencialização pública e política relativamente à temática das alterações climáticas, a nível mundial. O setor têxtil, que é o quinto maior responsável pelas emissões de GEE na Europa, têm vindo a desenvolver estratégias para diminuir o seu contributo para as alterações climáticas.

A presente dissertação teve como objetivo principal a realização do cálculo da pegada de carbono corporativa, de diferentes unidades fabris representadas pela Valérius HUB, que englobam atividades integradas na totalidade da cadeia do processo de produção da indústria têxtil e de vestuário – Fiação/Reciclagem, Tricotagem, Tinturaria e Acabamentos, Estamparia e Confeção – para 2020 e 2021. Adicionalmente, visou a identificação das atividades da cadeia têxtil da Valérius HUB com maior contributo para a emissão de GEE e das oportunidades de mitigação e compensação da pegada de carbono corporativa.

O cálculo da pegada de carbono corporativa foi efetuado de acordo com as orientações do Protocolo de gases de efeito de estufa (Greenhouse Gas Protocol). No cálculo desta, foram contabilizadas as emissões englobadas no âmbito 1 e 2, não tendo o âmbito 3 sido contabilizado.

A pegada de carbono corporativa obtida, foi de 7,86 kton de CO₂ eq para 2020 e de 11,3 kton de CO₂ eq para 2021. Concluiu-se que as emissões do âmbito 1 são as que mais contribuem para a pegada de carbono corporativa da Valérius HUB para os dois anos estudados, sendo o consumo de gás natural nas instalações, para produção de energia térmica, a atividade que mais contribuiu para a pegada de carbono, representando em 2020 e 2021, respetivamente, cerca de 84 % e 77 % das emissões totais da Valérius HUB. O processo têxtil com maiores necessidades energéticas e consequentemente, maior contribuição para as emissões totais da Valérius HUB é a tinturaria e acabamentos, devido à dependência deste processo do uso de gás natural. Realça-se que a pegada de carbono corporativa global obtida com base nas seis empresas avaliadas da Valérius HUB, carece de uma avaliação estendida a cada uma das empresas individuais da Valérius HUB, contabilizando as contribuições dos processos as que podem variar em função das suas especificidades.

ABSTRACT

In recent years there has been an increase of public and political climate change awareness worldwide. The textile sector, which is the fifth largest sector responsible for greenhouse gas emissions in Europe, following this trend, has been developing strategies to reduce its environmental impact.

The main objective of this dissertation was to calculate the Corporate Carbon Footprint of different factories represented by Valérius HUB, which encompass the entirety of the production chain of the textile and clothing industry – Spinning/Recycling, Weaving, Dyeing and Finishing, Printing and Confection – for 2020 and 2021. Additionally, it aimed to identify activities of the textile chain of Valérius HUB with the greatest contribution to the emission of greenhouse gases and opportunities for mitigating and offsetting the corporate carbon footprint.

The evaluation of the corporate carbon footprint was carried out in accordance with the guidelines of the Greenhouse Gas Protocol. Scope 1 and 2 emissions were accounted for, while scope 3 was not accounted for.

The corporate carbon footprint obtained, calculated for a calendar year, was 7,86 kton of CO₂ eq for 2020 and 11,3 kton of CO₂ eq for 2021. It was concluded that Scope 1 emissions were the ones that corresponded to the higher contribution for the corporate carbon footprint of Valérius HUB, for the two years studied, with the consumption of natural gas in the facilities, for the production of thermal energy, being the activity that most contributed to the carbon footprint, representing in 2020 and 2021, respectively, about of 84% and 77% of the total emissions of Valérius HUB. The textile process with the highest energy needs and, consequently, the highest contribution to the total emissions of Valérius HUB is dyeing and finishing.

It should be noted that the global corporate carbon footprint obtained based on the six companies represented by Valérius HUB, requires an extended evaluation on each one of the individual companies of Valérius HUB, in order to account for the contributions of the processes that may vary according to their specificities.

ÍNDICE

Índice Figuras	v
Índice de Tabelas.....	v
Abreviaturas.....	vi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Tema.....	1
1.2. Apresentação da Empresa.....	4
1.3. Objetivos da Dissertação	5
1.4. Estrutura e Organização da Dissertação	5
2. Processo de Produção e Pegada de Carbono na Indústria Têxtil.....	7
2.1. Descrição do Processo Produtivo do Setor Têxtil.....	7
2.1.1. Reciclagem e Fiação	8
2.1.1.1. Processo da Valérius 360°	9
2.1.2. Produção de Malha ou Tecido.....	12
2.1.3. Ultimação	13
2.1.4. Confeção.....	14
2.2. Pegada de Carbono Corporativa	14
2.2.1. Protocolo para os Gases com Efeito de Estufa (<i>GHG Protocol</i>)	17
2.2.2. ISO 14064	19
2.3. Revisão Bibliográfica de Estudos de Pegada de Carbono no setor têxtil: estado da arte	20
3. Metodologia da Avaliação da Pegada de Carbono corporativa.....	25
3.1. Definição do Objetivo e Âmbito	25
3.2. Descrição dos processos de produção têxtil na ITV	25
3.3. Fronteiras do Sistema.....	28
3.4. Identificação, Recolha e Tratamento de Informação.....	31
4. Resultados e Discussão	37
4.1. Avaliação da Pegada de Carbono	37
4.2. Identificação de Medidas de Prevenção e Ações para reduzir a Pegada de Carbono ...	46
5. Limitações, Conclusões e Perspetivas Futuras.....	49
Referências Bibliográficas	51
Anexo I – Valores Mensais de Eletricidade e Gás Natural	56
Anexo II – Fatores de Emissão e de Conversão.....	58
Anexo III – Autoconsumo e Emissões Evitadas	61
Anexo IV –Emissões das Etapas do Processo da Valérius 360°	63

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1. FLUXO DO MATERIAL NO SETOR TÊXTEIS EM 2015, NO MUNDO	3
FIGURA 2. ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS FASES DO PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR TÊXTIL.....	8
FIGURA 3. FLUXOGRAMA VALÉRIUS 360°	10
FIGURA 4. PRODUTO DA CORTADEIRA A) DA TRITURADORA B)	11
FIGURA 5. LAMINADOR EM FUNCIONAMENTO A) E PRODUTO DO LAMINADOR B)	11
FIGURA 6. FIAÇÃO OPEN-END	12
FIGURA 7. PASSOS NO CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO	16
FIGURA 8. VISÃO GERAL, AO LONGO DE UMA CADEIA DE VALOR, DAS EMISSÕES E ÂMBITOS	18
FIGURA 9. DISTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES NA CADEIA DE VALOR DO SETOR TÊXTIL E DE VESTUÁRIO, EM 2013.....	20
FIGURA 10. EMISSÕES DE GEE DO ÂMBITO 3 POR ATIVIDADE. ADAPTADO DE (INDITEX 2021).....	23
FIGURA 11. ENTRADAS E SAÍDAS CONSIDERADAS NOS PROCESSOS PARA O CÁLCULO DA PCC.....	26
FIGURA 12. EMPRESAS DA VALÉRIUS HUB CONSIDERADAS NO CÁLCULO DA PCC	28
FIGURA 13. DEFINIÇÃO DOS LIMITES OPERACIONAIS E IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE EMISSÕES	29
FIGURA 14. DISTRIBUIÇÃO DAS PC DA VALÉRIUS 360° POR FONTES, PARA 2020 E 2021	39
FIGURA 15. CONTRIBUIÇÃO DAS ETAPAS DA 360° PARA AS EMISSÕES.....	40
FIGURA 16. DISTRIBUIÇÃO DA PC DA VALÉRIUS SEDE POR FONTES, PARA 2020 E 2021.....	41
FIGURA 17. DISTRIBUIÇÃO DA PC DA CLOTHIUS BARQUEIROS POR FONTES, PARA 2020 E 2021	41
FIGURA 18. DISTRIBUIÇÃO DA PC DA CLOTHIUS CARVALHAL POR FONTES, PARA 2020 E 2021	42
FIGURA 19. DISTRIBUIÇÃO DA PC DA ABM POR FONTES, PARA 2020 E 2021	43
FIGURA 20. DISTRIBUIÇÃO DA PC DA ÉRIUS PRINT POR FONTES, PARA 2020 E 2021	43
FIGURA 21. DISTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES DA VALÉRIUS HUB DE 2020 E 2021	44

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. DEFINIÇÕES DE “PEGADA DE CARBONO CORPORATIVA”, RECOLHIDAS NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
TABELA 2. CONSUMO DE GÁS NATURAL NAS INSTALAÇÕES, PARA 2021 E 2022	31
TABELA 3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS POR FONTES MÓVEIS, PARA AS SEIS EMPRESAS DA VALÉRIUS HUB (2021)	32
TABELA 5. EMISSÕES RESULTANTES DE FUGAS DE EMISSÕES NO AR CONDICIONADO, EM 2021	33
TABELA 6. CONSUMO DE ELETRICIDADE ADQUIRIDA DA REDE NAS VÁRIAS EMPRESAS AVALIADAS	34
TABELA 8. PRODUÇÕES DE 2020 E 2021, DAS EMPRESAS ESTUDADAS	36
TABELA 9. PEGADAS DE CARBONO CORPORATIVAS DA VALÉRIUS HUB OBTIDAS - EMISSÕES POR FONTE E ÂMBITO	38
<u>TABELAS DOS ANEXOS</u>	
TABELA I-1. VALORES DO CONSUMO MENSAL DE ELETRICIDADE ADQUIRIDA, EM KWH.	56
TABELA I- 2. VALORES DO CONSUMO MENSAL DE GÁS NATURAL, EM KWH.	57
TABELA III- 1. AUTOCONSUMO E EMISSÕES EVITADAS, EM 2021.....	61

ABREVIATURAS

ABM	António Barroso Malhas
AC	Ar condicionado
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AR4	Forth Assesment Report
AR5	Fifth Assesment Report
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
DA	Dados da Atividade
EEA	Agência Europeia do Ambiente
FE	Fatores de Emissão
GEE	Gases com efeito de Estufa
<i>GHG</i>	<i>Greenhouse Gas</i>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITV	Indústria Têxtil e de Vestuário
PC	Pegada de Carbono
PCC	Pegada de Carbono Corporativa

1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas são, de entre os problemas ambientais, aquelas que possuem um maior eco e foco de atenção a nível mundial. O aumento da consciencialização pública e política relativamente a esta temática, levou a comunidade internacional a intensificar os seus esforços de implementação de políticas de adaptação e mitigação de combate à emissão de gases de efeito estufa (GEE).

O Acordo de Paris pretende limitar o aquecimento médio global a um valor de subida inferior a 2°C, preferencialmente não ultrapassando os níveis pré-industriais em mais de 1,5°C (Parlamento Europeu, 2021). Para atingir este objetivo, as emissões globais de carbono teriam de ser reduzidas em cerca de 45% (em relação aos níveis de 2010) até 2030 e, até 2050, teria de ser atingida a descarbonização total (ILO, 2021). A 1 de Julho de 2021, o Parlamento Europeu aprovou a Lei Europeia do Clima, que alterou a meta de redução das emissões de GEE para 55 %, até 2030, e reforçou o compromisso do Pacto Ecológico Europeu de atingir, até 2050, a neutralidade carbónica da União Europeia (Portugal, 2020, 2021).

Apesar do progresso na diminuição das emissões de GEE, o relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) de 2021, indica que desde 1850-1900, a subida de temperatura observada, de 1,1°C, se deve às emissões de GEE a partir de fontes antropogénicas. E estima-se que, dentro dos próximos 20 anos, é exetável que o aumento da temperatura média global atinja ou exceda os 1,5°C (IPCC, 2021). Sendo assim, ações rápidas e diversificadas com vista à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) devem ser implementadas, em grande escala, de modo a garantir que o objetivo de limitar o aquecimento global, nas próximas décadas, a um aumento de 1,5°C ou, no máximo, de 2°C, ainda se encontra dentro de alcance (IPCC, 2021). Saber viver com as alterações climáticas, implica, a par da mitigação e da adaptação, uma relevante alteração de modelos de produção e de consumo.

1.1. Enquadramento do Tema

A Indústria Têxtil e de Vestuário (ITV) é um dos setores industriais portugueses mais antigos e, até hoje, mantêm-se como um dos maiores setores de negócio nacionais

(DGAE, 2018). Este setor engloba várias atividades, desde a transformação de fibras naturais e sintéticas em fio e/ou tecidos até à produção de uma grande variedade de produtos. De acordo com a Direção Geral das Atividades Económicas Portuguesa, em 2018, a ITV em Portugal era composta por 8 754 empresas que representavam cerca de 13 % da indústria de produção nacional (DGAE, 2020).

A ITV é também uma indústria potencialmente poluente, sendo responsável por uma parte significativa das emissões globais de carbono. Estima-se que entre 6 a 8% das emissões globais de carbono, que correspondem a cerca 1,7 mil milhões de emissões de carbono por ano, resultam da ITV (ILO, 2021).

Os impactes ambientais associados ao processo produtivo deste setor têm vindo a ser agravados com a emergência da *fast fashion*, que duplicou a produção de roupa de 2000 para 2014, e, em 2015, resultou numa produção de mais 100 mil milhões de peças (Costa, Azoia, Silva, & Marques, 2020). O agravamento significativo dos impactes da indústria têxtil resultante deste incremento de produção de vestuário, deve-se ao facto da indústria têxtil se relacionar intimamente com a indústria da moda, o que se verifica pelo facto de que, nos últimos 15 anos, o vestuário representou mais de 60 % de todos os têxteis usados (EMF, 2017).

De acordo com alguns estudos, em 2019, os têxteis eram a quarta categoria que exercia maior pressão sobre a utilização de matérias-primas primárias e água. Esse setor é também o quinto maior responsável pelas emissões de GEE na Europa. Estes fatores justificam-se pelo facto deste setor ser um consumidor de grandes quantidades de recursos não renováveis e ser responsável pela emissão de elevadas quantidades de GEE associadas ao processo produtivo do setor (EEA, 2019).

Os principais contribuintes para a elevada pegada de carbono do setor são as elevadas necessidades energéticas, a linearidade do processo (pois os têxteis em fim de vida são geralmente encaminhados para aterro ou incineração) e a emissão de vários poluentes com potencial de aquecimento global (como os compostos orgânicos voláteis - COVs) intervenientes no processo de produção (por exemplo, durante o processo de tinturaria). As elevadas necessidades energéticas de algumas fases de produção do processo produtivo da ITV, em conjunto com o facto da energia utilizada ser maioritariamente resultante de fontes com origem em recursos não renováveis e, portanto, emissoras de elevadas quantidades de compostos de carbono, têm como

consequência uma contribuição relevante deste setor para a pegada de carbono (ILO, 2021).

A Figura 1 demonstra a ainda atual linearidade do setor têxtil representando o fluxo global de vestuário, desde a produção das fibras (naturais e sintéticas) até à sua eliminação.



Figura 1. Fluxo do material no setor têxteis em 2015, no mundo. Adaptado de (CCDRN, 2020).

A Figura 1 mostra que em 2015, na indústria da moda, apenas 12% do material utilizado para produzir peças de vestuário era reciclado após uso e menos de 1% era reciclado para novas peças de vestuário. A maioria da reciclagem realizada é em cascata, que consiste na utilização do material após uso, em aplicações de menor valor, que são difíceis de recolher para proceder a uma segunda valorização, pelo que constituem maioritariamente o uso final. A recolha e reciclagem de têxteis aumenta o tempo de vida útil do material. No entanto, a maioria dos têxteis termina depositada em aterros ou incinerada, resultando na libertação de GEE provenientes da decomposição ou da combustão do material têxtil. Por fim, a utilização de vários químicos intervenientes no processo de produção, principalmente na fase de tinturaria, resulta em emissões de gases com efeito de estufa, como os compostos orgânicos voláteis (COV) – mais especificamente, os hidrocarbonetos halogenados-, resultantes da evaporação das tintas e químicos utilizados.

Adicionalmente à reciclagem no setor, a qual se tem vindo a intensificar, nos últimos anos, têm sido desenvolvidas práticas mais sustentáveis com o intuito de minimizar outros efeitos negativos do setor. Para se atuar sobre a mitigação das emissões de GEE,

têm vindo a ser utilizadas metodologias de quantificação dos impactes tal como a pegada de carbono. A quantificação das emissões de GEE possibilita a identificação das atividades e processos críticos, permitindo averiguar como a organização contribui para as emissões de GEE e identificar quais os processos mais relevantes a focar para a identificação de oportunidades de redução das emissões. A pegada de carbono pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias que conduzam à transição dos processos de fabrico e modelos de negócios atuais para uma abordagem de ciclo de vida mais sustentável e circular.

As vantagens da aplicação da pegada de carbono em empresas do setor têxtil são, não só de natureza ambiental, mas também de natureza económica, pois a aplicação das estratégias para redução das emissões de GEE, além de contribuir para uma melhoria da imagem, importante nos dias de hoje devido ao aumento da consciencialização ambiental da sociedade, tende a resultar numa diminuição significativa dos custos relacionados com fases de produção que possuem elevadas necessidades energéticas (ILO, 2021).

1.2. Apresentação da Empresa

A Valérius HUB – *Responsible Fashion Makers*, com sede em Barcelos, apresenta-se como uma plataforma agregada de valor que integra empresas de todos os setores da cadeia de produção da indústria têxtil. São vários os grupos e empresas representadas pela Valérius HUB, alguns exemplos, são:

- a Valérius Têxteis, S.A. que se dedica ao comércio e indústria de têxteis, confeccionando vestuário de média-alta qualidade. Foi constituída em 1987 e, atualmente, é composta por 2 empresas do setor têxtil, uma de confeção e outra de fiação e reciclagem têxtil.
- a Clothius S.A., foi constituída em 2010 e é composta por 2 unidades industriais, uma de tricotagem de malhas circulares e outra de tinturaria e lavandaria à peça.
- a Érius é uma empresa de produção de vestuário exterior, estampagem e malhas circulares.
- a António Barroso e Malhas, constituída em 1981, é uma empresa de tingimento e acabamentos de malha a rolo, com instalações em Barcelos.

A Valérius HUB pretende introduzir a mudança no setor têxtil nacional e contribuir para a transformação de toda esta indústria a nível mundial através de valores de sustentabilidade, os quais são o foco do seu modelo de negócios circular (Valérius HUB, 2020a), 2020b).

Nos últimos anos, os seus esforços têm se concentrado na criação e melhoria de ferramentas, métodos e processos que permitam caminhar para um futuro mais sustentável para a ITV (Valérius HUB, 2020b).

1.3. Objetivos da Dissertação

A presente dissertação teve como objetivo principal a realização do cálculo da Pegada de Carbono Corporativa (PCC) com base no *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)*, de diferentes unidades fabris representadas pela Valérius HUB. As unidades industriais estudadas representam diferentes fases da cadeia do processo de produção da ITV – Fiação/Reciclagem, Tricotagem, Tinturaria e Acabamentos, Estamparia e Confeção.

Com base na informação, por unidade fabril da cadeia de produção, será analisada a evolução da pegada de carbono corporativa de todo o processo produtivo com base nas empresas representadas pela Valérius HUB. Finalmente, serão sugeridas soluções de mitigação e de compensação da pegada de carbono para as empresas da Valérius HUB.

1.4. Estrutura e Organização da Dissertação

O presente documento encontra-se dividido em 5 capítulos, que seguem a seguinte ordem: “Introdução”, “Processo de Produção e Pegada de Carbono na Indústria Têxtil”, “Metodologia da Avaliação da Pegada de Carbono Corporativa”, “Resultados e Discussão” e “Limitações, Conclusões e Perspetivas Futuras”.

No Capítulo 1, referente à “Introdução”, é primeiramente realizado o enquadramento do tema, com o intuito de demonstrar a relevância do setor têxtil para a pegada de carbono e a importância da quantificação da mesma no setor têxtil. De seguida, procede à apresentação da empresa em estudo, dos objetivos da dissertação e da estrutura e organização da mesma.

O capítulo 2, denominado “Processo de Produção e Pegada de Carbono na Indústria Têxtil”, apresenta, inicialmente, uma descrição do processo produtivo do setor têxtil, seguida da apresentação de algumas metodologias de cálculo da pegada de carbono

corporativa. Por fim, apresenta uma revisão bibliográfica de estudos relacionados com pegada de carbono corporativa no setor têxtil.

No capítulo 3, “Metodologia da Avaliação da Pegada de Carbono Corporativa”, procede-se à definição do objetivo e âmbito e à descrição do processo produtivo da empresa em estudo. O capítulo 3 inclui, também, a metodologia utilizada, isto é, fronteiras do sistema e identificação, recolha e tratamento de informação.

No capítulo 4, são apresentados os “Resultados e Discussão”, procedendo-se à apresentação e análise dos resultados obtidos aquando da medição da PCC realizada, possui, também, a evolução da PCC da empresa em estudo. Além disso, neste capítulo, são enumeradas medidas de prevenção e ações para reduzir a PCC da empresa em estudo.

Finalmente, no último capítulo, “Limitações, Conclusões e Perspetivas Futuras”, são apresentadas as principais conclusões, as dificuldades do trabalho e as expectativas para o futuro.

2. PROCESSO DE PRODUÇÃO E PEGADA DE CARBONO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Este capítulo descreve as principais fases do processo produtivo do setor têxtil, mencionando-se algumas das técnicas e equipamentos utilizados nas empresas representadas pela Valérius HUB.

Em seguida, aborda-se a definição da pegada de carbono corporativa e as metodologias utilizadas no cálculo da mesma. Por fim, faz-se uma revisão bibliográfica de estudos disponíveis relacionados com a PCC do setor têxtil.

2.1. Descrição do Processo Produtivo do Setor Têxtil

O processo produtivo do setor têxtil é composto por processos responsáveis pela transformação de fibras têxteis em produtos acabados, que podem chegar ao consumidor sob forma de fios/linhas, vestuário, artigos para o lar (por exemplo, roupa de cama e toalhas de mesa) ou para uso industrial (como, por exemplo, filtros de algodão e componentes para o interior de automóveis).

No processo produtivo do setor têxtil, os processos são interdependentes, no sentido em que o produto final de um processo corresponde, geralmente, à matéria-prima do processo seguinte. Esta característica do setor permite a existência, quer de empresas especializadas num processo, quer de empresas verticais que englobam todos os processos da cadeia. O processo de produção têxtil apresenta quatro processos principais: fiação, produção de tecido (tecelagem ou tricotagem), ultimação (tinturaria, acabamento e estamparia) e confeção. Alguns destes ainda se dividem-se em subprocessos e podem ser agrupados de seguinte modo (Peters, Svanström, Roos, Sandin, & Zamani, 2016):

- húmidos – requerem água quente, vapor ou ar quente e seco e englobam quase a totalidade dos subprocessos de ultimação, como pré-tratamento, tingimento, lavagem, entre outros;
- secos – engloba tricotagem, tecelagem, processos da fase de confeção, entre outros.

A Figura 2 demonstra, usando uma configuração simplificada, a cadeia de produção têxtil.

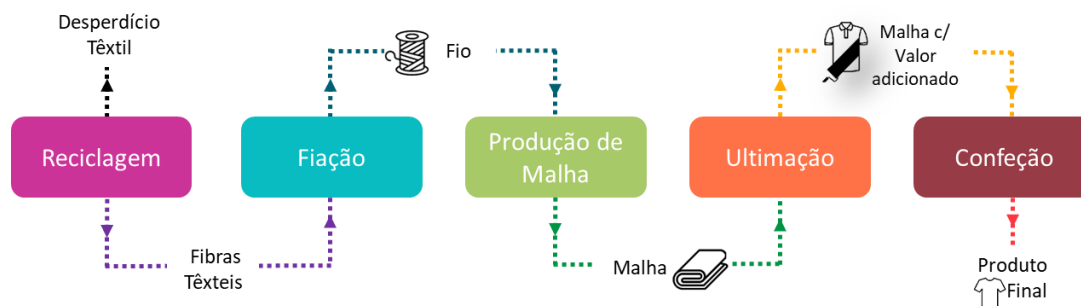


Figura 2. Esquema representativo das fases do processo produtivo do setor têxtil. Adaptado de (EPA 2000).

A sequência apresentada na Figura 2 corresponde à ordem geral das fases do processo produtivo, que por vezes é alterada. Tome-se o exemplo da tinturaria (subprocesso da ultimação), que tanto pode ocorrer logo após a fiação, quando se tinge o fio, como depois da tecelagem/tricotagem, quando se tinge a malha, ou mesmo no fim do processo, onde é tingida a peça confeccionada (EC 2022). Na Figura 2, foi considerado a etapa de reciclagem de fim de vida de têxteis, pois a inclusão desta etapa é cada vez mais recorrente no setor.

Sendo o consumo energético transversal a cada uma das fases, estas são responsáveis pela emissão de quantidades significativas de GEE. Além das necessidades energéticas, estes processos também requerem grandes quantidades de consumíveis, como químicos, alguns dos quais são responsáveis pela libertação de GEE para a atmosfera (Muthu, 2014).

As características da matéria-prima inicial utilizada são um ponto importante a ter em consideração na escolha das tecnologias e processos a utilizar num processo produtivo, daí a justificação para a elevada quantidade de processos e tecnologias diferentes existentes para cada fase do setor.

2.1.1. Reciclagem e Fiação

Reciclagem de fibras é um processo que vem sendo usado há mais de 250 anos e consiste num processo mecânico, que possui baixas necessidades a nível de químicos e água, e que, normalmente, evita a realização da etapa de branqueamento e re-tingimento no processo a jusante, uma vez que, os têxteis são, geralmente, divididos por cor previamente à reciclagem. Apesar das vantagens inerentes a este processo, atualmente, este não garante uma qualidade das fibras recicladas que permita a produção de uma peça de vestuário com material 100% reciclado. Esta falta de

qualidade é devida, essencialmente, à diminuição do comprimento das fibras durante o processo de reciclagem. Por isto, o algodão reciclado é normalmente misturado com fibras de maior comprimento, que são maioritariamente de algodão virgem ou poliéster. Atualmente é possível encontrar desde 20 % a 90 % de algodão reciclado em fio, dependendo da aplicação pretendida (EMF 2017).

A fiação é a fase responsável pela transformação das fibras têxteis em fio. Nesta fase, são englobados os processos de limpeza e homogeneização da matéria-prima, abertura e paralelização das fibras e subsequente uso destas para confecção do fio através da retorção e enrolamento dos fios e fixação dos mesmos (Araújo e Castro 1984).

Existem três grandes grupos de fibras têxteis: as fibras naturais, sintéticas e artificiais. As fibras naturais resultam de matérias-primas da natureza, como, por exemplo, o algodão, a lã e a seda. Por sua vez, as fibras sintéticas e artificiais envolvem processos de transformação química, porém enquanto as artificiais, como o *lyocell*, são produzidas a partir de polímeros naturais (como a celulose), as sintéticas, como o poliéster, são produzidas a partir de produtos petroquímicos (DGAE 2018). Durante o ciclo de vida da produção das fibras têxteis são libertados poluentes com potencial dano ambiental.

O consumo energético na fiação varia de acordo com o tamanho do fio e o método de fiação utilizado. Algumas das medidas de poupança de energia gerais desta fase incluem a redução da área de produção (como, por exemplo, instalando um teto suspenso), de modo, a reduzir a energia necessária para humidificar o ar ambiente, e a utilização de sensores avançados que param a máquina quando detetam a rutura do fio (EC 2022).

2.1.1.1. Processo da Valérius 360°

Na Figura 3, abaixo apresentada, é possível observar o fluxograma da unidade industrial da 360°, como já mencionado anteriormente, esta unidade realiza, nas suas instalações, a reciclagem de desperdício têxtil, maioritariamente 100 % algodão, e a fiação, obtendo-se como produto final fio.

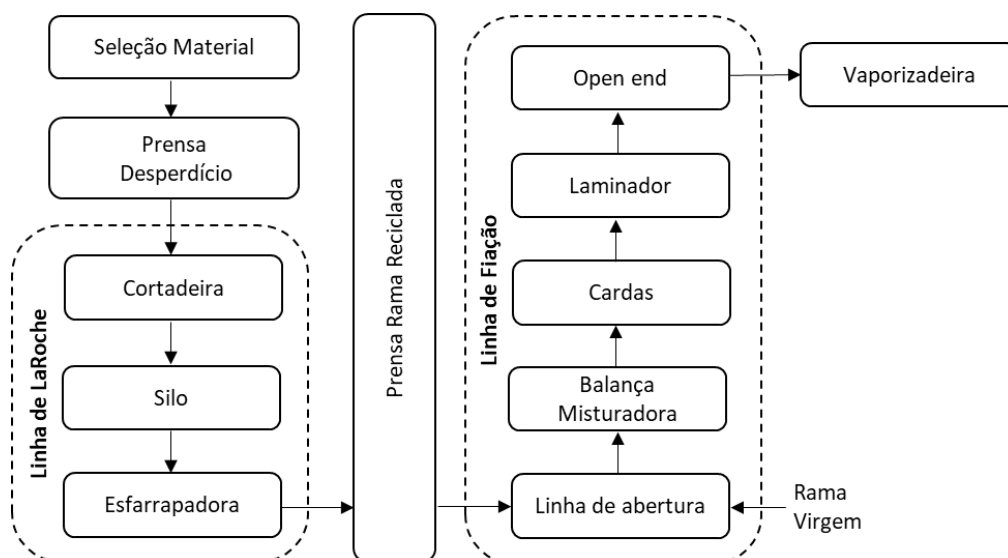


Figura 3. Fluxograma Valérius 360°. Adaptado de (Monteiro, 2020).

Como é possível observar na Figura 3, o processo da Valérius 360° inicia-se com a seleção/divisão do desperdício têxtil, composto por 100 % algodão, que chega à unidade por cores e, quando necessário, por componentes constituintes da malha (algodão, poliéster, elastano, ...). Após seleção, é prensado o desperdício têxtil previamente selecionado, originando um fardo. Se não se existir utilidade no momento para os fardos em causa, estes são armazenados até serem necessários.

Aquando da colocação de uma encomenda por parte de um cliente, faz-se uso dos fardos de desperdício e estes seguem para a linha de LaRoche, esta consiste na linha de reciclagem do desperdício que vai originar fibra reciclada. Esta linha inicia-se com a cortadeira onde o desperdício de malha é cortado horizontalmente e verticalmente, diminuindo de tamanho. À malha cortada (Figura 4a) é adicionada um amaciador, para ajudar na “abertura” das fibras. De seguida, vai para o silo (câmara de amaciamento) onde passa aproximadamente 4 a 5 horas em repouso numa solução de água com amaciador, e é depois encaminhado para a esfarrapadeira, onde o desperdício é esfarrapado, passando por tubos rotativos com dentes de espessura consecutivamente inferior, obtendo-se a fibra reciclada, como a mostrada na figura 4b.

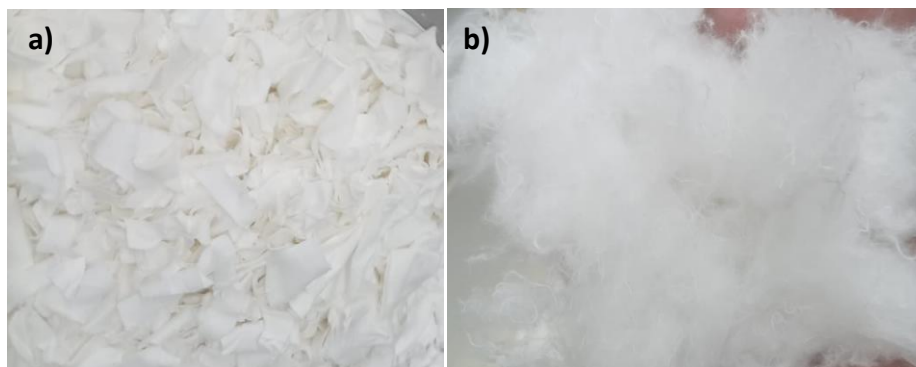


Figura 4. Produto da cortadeira a) da trituradora b).

Na linha de fiação os fardos de rama virgem e reciclada passam, inicialmente, pela linha de abertura que é constituída por uma série de máquinas que procedem à limpeza (na qual se remove contaminantes e se desprende grande parte dos emaranhados de fibras – Neps) e abertura dos fardos. De seguida na balança misturadora procede-se à mistura dos vários tipos de fibra virgem e reciclada, sendo a mistura obtida enviada para as cardas, as quais compactam o material, originando uma fita, que é acondicionada em latões.

A regularização da fita gerada previamente nas cardas é realizada nos laminadores, sendo esta a etapa seguinte do processo de fiação. Esta regularização consiste no controlo da grossura da fita e na paralelização das fibras que compõem a mesma, obtendo-se uma nova fita mais paralelizada, uniformizada e misturada. Na Figura 5a, é possível observar a alimentação de fita originada na carda para um laminador, o qual recebe diversas fitas da carda, reúne-as em uma única e estirando-a, formando uma fita única da mesma espessura e, na Figura 5b, a fita originária desse processo.

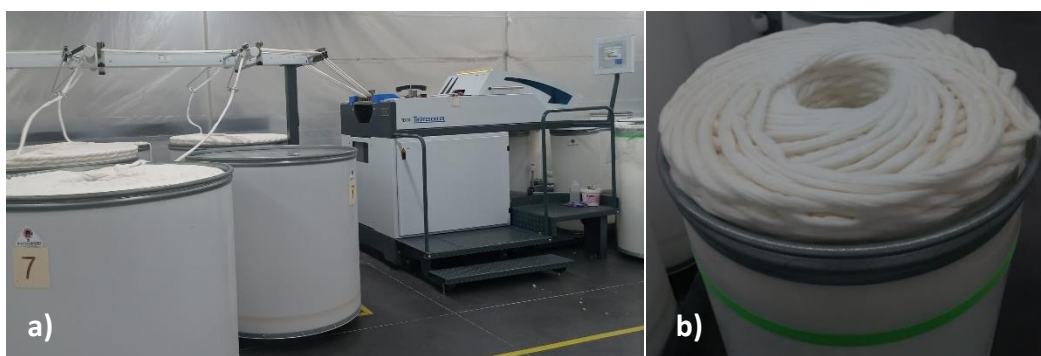


Figura 5. Laminador em funcionamento a) e produto do laminador b).

Para a fiação propriamente dita, nesta unidade fabril, é utilizada a técnica de fiação “open-end” por rotor. Esta inicia-se com a alimentação da fita obtida no laminador à máquina de fiação. O fio produzido é enrolado diretamente num cone, seguindo depois

para a vaporizadeira, onde se submete o fio obtido a temperatura e a humidade elevadas, para fixar a sua forma (Elhawary,, 2015). Na Figura 6, é possível observar a fiação *open-end*.



Figura 6. Fiação open-end.

É necessário garantir elevadas temperaturas nas zonas de fiação, linha de abertura e reciclagem, na Valérius 360°. Estas são necessárias ao funcionamento das máquinas, pois, caso a temperatura e a humidade elevada não sejam garantidas, a fibra enrola nas máquinas, devido a eletricidade estática, pelo que o ar condicionado nestas zonas foi considerado na divisão do processo.

2.1.2. Produção de Malha ou Tecido

Os fios obtidos pelo processo de fiação seguem para a fase de produção de malha ou tecido, na qual sofrem, respetivamente, processos de tricotagem ou tecelagem. A tricotagem, tal como a tecelagem, consiste em processos mecânicos onde se procede ao entrelaçamento dos fios através de teares (EC, 2022).

A tecelagem baseia-se no cruzamento de dois sistemas de fios, mais especificamente, a teia (sentido do comprimento) e a trama (no sentido da largura), originando um tecido que pode possuir várias estruturas com variáveis graus de complexidade. Por sua vez, a tricotagem é realizada recorrendo a um só sistema de fios que formam laçadas, que são entrelaçadas umas nas outras, originando malhas de trama, ou que cruzam diferentes fios entre si, o que resulta na produção de malhas de teia (Gomes, Santos, Ferreira, Carvalho, & Blattmann, 2005).

Na Figura 7, é possível observar um exemplo da estrutura de malhas de trama e de teia e um exemplo de uma possível estrutura de tecido.



Figura 7. Estrutura de tecido a), de malha de trama b) e de malha teia c). (Gomes et al., 2005)

2.1.3. Ultimação

A ultimação tem por finalidade acrescentar valor ao produto e melhorar a sua qualidade final. É a etapa mais complexa em termos tecnológicos e a mais dispendiosa a nível económico pois inclui um conjunto de operações a que um “substrato” é submetido desde o seu fabrico até ser encaminhado para a confeção. Esta fase é constituída por 4 etapas (EC, 2022):

- Tratamento prévio ou preparação – procede-se à eliminação das impurezas das fibras, com o intuito de melhorar a estrutura do material tornando-o mais apto para as operações posteriores;
- Tinturaria – método que permite a coloração de um produto têxtil de modo uniforme. Neste um corante é aplicado de modo uniforme e, dependendo do tipo de fibra ou resultado estético final pretendido, o corante e tipo de processo de tingimento pode variar;
- Estamparia – procede-se à aplicação de um desenho no produto têxtil, o que pode ser feito através de vários métodos. Na atualidade, a estamparia pode ser dividida em dois grandes grupos: a convencional e a digital. Na convencional, após aplicação de uma pasta de corantes ao produto têxtil, este é seco, para evitar o alastramento da pasta e, posteriormente, tratado com vapor ou aquecido para fixar os corantes à fibra, sendo, no final, necessário proceder a lavagens para remover o excesso de pasta do produto. A digital é uma opção mais sustentável, pois não são produzidos resíduos e o consumo de energia e água é inferior. É um processo automático realizado em impressoras, as quais estampam um desenho ou padrão diretamente na malha.
- Acabamento – consiste em operações de afinamento do produto têxtil, cujo objetivo é conferir propriedades específicas ao produto, como a resistência, brilho,

estabilidade, suavidade, entre outras. Os tratamentos, podem ser mecânicos ou químicos, e baseiam-se principalmente, no revestimento ou impregnação do produto com variadas substâncias.

Todas as operações destinadas a melhorar a aparência das malhas possuem, potencialmente, uma elevada contribuição negativa para o meio ambiente devido ao elevado consumo de água, de energia e de vários químicos. Vários esforços têm vindo a ser realizados para minimizar estes impactes através, por exemplo, da utilização de pigmentos e tintas de menor impacte ambiental (Costa et al., 2020).

2.1.4. Confeção

A confeção consiste na junção de vários componentes do produto final, de modo mecânico (através de máquinas de costura) ou artesanais (realizado à mão por costureiras). Esta fase inicia-se pelo design do molde de corte, passando de seguida para o setor fabril, onde se realiza a etiquetagem, o corte e a costura das peças, resultando no produto acabado (EPA, 2000). Esta fase requer mão de obra bastante intensiva e energia elétrica devido ao uso das máquinas.

2.2. Pegada de Carbono Corporativa

A Pegada de Carbono é um método que têm vindo a ser usado para proceder à quantificação de impactes associados à problemática das alterações climáticas. Foi criado na década de 90 e é, atualmente, utilizado no cálculo da quantidade de emissões de GEE, expressos em CO₂ equivalente, que são direta ou indiretamente causadas por uma atividade ou acumuladas ao longo do ciclo de vida de um produto. Inclui atividades de organizações, nações, programas, empresas, entre outros (Wiedmann & Minx, 2008).

Não existe uma definição única para o termo “Pegada de Carbono”. A linha de base comum às várias definições existentes na bibliografia é que a pegada de carbono representa a contribuição de uma determinada quantidade de emissões gasosas que são relevantes para as mudanças climáticas e associadas a atividades de produção ou consumo humano (Wiedmann & Minx, 2008). Na Tabela 1, encontram-se algumas das definições de pegada de carbono, recolhidas aquando da revisão bibliográfica e a sua fonte.

Tabela 1. Definições de “pegada de carbono corporativa”, recolhidas na revisão bibliográfica. Adaptado de (Carbon Trust, 2018; Wiedmann & Minx, 2008).

Fonte	Definição
Carbon Trust (2018)	“A pegada de carbono de uma organização mede as emissões de GEE de todas as atividades existentes na organização, incluindo energia usada em edifícios, processos industriais e veículos da empresa”
Grub & Ellis (2007)	“No caso de uma organização,” a pegada de carbono “é a quantidade de CO ₂ emitido, direta ou indiretamente, como resultado das operações diárias da organização. A pegada de carbono pode também refletir a energia utilizada num produto ou mercadoria colocada no mercado.”
ETAP (2007)	“...a ‘Pegada de carbono’ é a medida do impacto que atividades humanas têm sobre o ambiente em termos da quantidade de gases GEE produzidos, medido em toneladas de dióxido de carbono.”
Energetics (2007)	A pegada de carbono “... corresponde à plenitude das emissões de CO ₂ diretas e indiretas provenientes das atividades do negócio.”

A partir da Tabela 1, é possível verificar que as emissões consideradas para o cálculo da pegada de carbono variam com as definições. Enquanto algumas consideram apenas as emissões de CO₂ para a quantificação da pegada de carbono, outras consideram emissões de outros GEE, como por exemplo, metano (CH₄) ou composto orgânicos não voláteis (COV). A pegada de carbono é, normalmente, expressa em massa de dióxido de carbono equivalente.

Existem dois tipos de pegadas de carbono. A pegada de carbono de um produto avalia as emissões de GEE considerando todas as fases do ciclo de vida do produto, isto é, desde a extração de matérias-primas até ao destino final do produto. A pegada de carbono organizacional, em foco nesta dissertação, é calculada para uma empresa ou organização e considera as emissões de GEE provenientes das atividades e serviços da empresa. A avaliação desta, de acordo com Eckel (2007), envolve não só o cálculo do consumo energético, mas também o contributo de outros aspetos do negócio para as emissões, o que obriga ao aumento da recolha de dados associados às práticas do negócio (Wiedmann & Minx, 2008).

Para as empresas a existência de um inventário de GEE pode facilitar a (1) gestão dos riscos de GEE¹ e identificação de oportunidades de redução, a (2) participação em “programas” voluntários (ex: Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações

¹ Exemplo de gestão de riscos: a monitorização do ar condicionado permite solucionar qualquer problema com prontidão.

Climáticas²) e obrigatórios de GEE (ex: Decreto-Lei 127/2013³), a (3) participação em mercados de GEE (ex: CELE⁴) e o (4) reconhecimento no mercado por ação voluntária antecipada (GHG Protocol, 2004). A esperada redução de GEE e outras vantagens mencionadas tem tendência a traduzir-se em redução de custos (ex: redução dos custos energéticos nas fases produtivas) e aumento de lucro (ex: aumento da atratividade da empresa devido à adoção de abordagens mais sustentáveis).

Atualmente, a realização do cálculo da pegada de carbono tem vindo a crescer, impulsionada pelo agravamento das alterações climáticas e pela consciencialização política e social. Inúmeras abordagens têm vindo a surgir para calcular estimativas da emissão de GEE, como é o caso da disponibilização de calculadoras *online*.

A quantificação da pegada de carbono a nível corporativo pode ser avaliada através de várias metodologias de referência, sendo que uma das reconhecidas é o *GHG Protocol* (GHG Protocol, 2004) e outra metodologia recomendada é a ISO 14064 (ISO, 2012a).

Alguns países desenvolveram metodologias de contabilização de emissões GEE específicas como é o caso da *Environmental Protection Agency* (US EPA, 2021), desenvolvida pelos Estados Unidos da América, e da metodologia do *Department of Food and Rural Affair* (DEFRA, 2013) e da *Carbon Trust* (Carbon Trust, 2018), ambas do Reino Unido. A Figura 3 apresenta um esquema dos passos para o cálculo da PC de uma empresa ou organização.

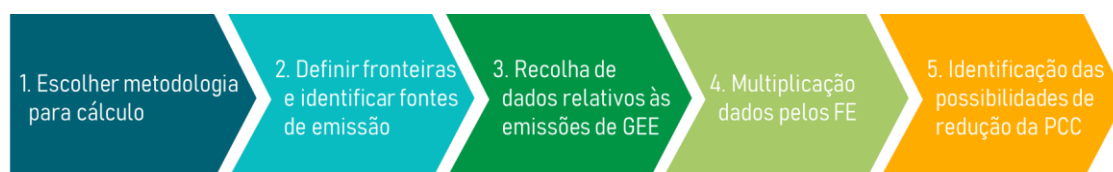


Figura 7. Passos no cálculo da pegada de carbono. Adaptado de (Caro, 2018; US EPA, 2021).

Para o cálculo da pegada de carbono é de particular importância proceder a uma clara delineação das fronteiras e âmbitos abordados no estudo de modo a relatar todas as emissões essenciais que reflitam a atividade económica em estudo. Além disso, é importante garantir que a metodologia selecionada evita a ocorrência de registos duplos de emissões (Matthews, Hendrickson, & Weber, 2008).

² Com 197 países aderentes, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, tem por objetivo estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera de forma a evitar a influência negativa sobre o clima pelo ser humano.

³ Estabelece o regime de emissões industriais aplicável à prevenção e ao controlo da poluição, estabelecendo regras para evitar e/ou minimizar emissões para o ar, a água e o solo e a produção de resíduos.

⁴ Mecanismo de regulação das emissões de GEE em atividades responsáveis por cerca de 45% das emissões de GEE na União Europeia, como a queima de combustíveis, a aviação, entre outros.

2.2.1. Protocolo para os Gases com Efeito de Estufa (*GHG Protocol*)

O *GHG Protocol* foi desenvolvido numa parceria do *World Resources Institute* (WRI) com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) e outras entidades, com o intuito de desenvolver uma norma padronizada de monitorização e comunicação de emissões de GEE aceites globalmente (GHG Protocol, 2004).

O *GHG Protocol* (GHG Protocol, 2004) foi publicado pela primeira vez em setembro de 2001 e funciona como um guia detalhado que auxilia empresas e organizações na realização de um inventário de GEE, o qual contabiliza as emissões dos GEE abrangidos pelo protocolo de Quioto, mais especificamente, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorocarbonetos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆) (GHG Protocol, 2004).

Este protocolo fornece gratuitamente ferramentas de cálculo das emissões de GEE, que facilitam a quantificação da pegada de carbono, para alguns setores gerais (como de combustão estacionária ou móvel, do consumo de energia elétrica, ...) e específicos (como a indústria do cimento e alumínio). As ferramentas disponíveis existem sob a forma de folhas de Excel, que permitem às empresas e organizações quantificar as suas emissões de GEE (GHG Protocol, 2004).

Para aplicar esta metodologia no cálculo da PCC de uma empresa, primeiramente, é necessário estabelecer os limites organizacionais da mesma (GHG Protocol, 2004). Para isso, pode-se adotar uma de duas abordagens [Clique ou toque aqui para introduzir texto.](#):

- Abordagem participação de capital – as emissões de GEE decorrentes de operações, são registadas pela empresa, de acordo com a participação de capital na operação. A participação de capital na operação consiste nos direitos da empresa sobre as recompensas e riscos resultantes da operação.
- Abordagem de controlo – a empresa é responsabilizada por 100 % das emissões de GEE das operações que controla, mas não pelas emissões de operações em que participa. Nesta abordagem, o controlo pode ser estabelecido a nível financeiro ou operacional.

Após terem sido determinados os limites organizacionais de uma empresa, procede-se à determinação dos limites operacionais da mesma, o que requer a identificação das

emissões associadas direta ou indiretamente às suas operações. As emissões são classificadas como emissões diretas, quando provêm de emissões de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa, e emissões indiretas, quando são resultado de atividades da empresa, mas tiveram origem em fontes não pertencentes ou não controladas pela mesma (GHG Protocol, 2004).

Para facilitar a delineação dos tipos de fontes de emissão diretas e indiretas foram definidos três âmbitos (Figura 8), seguindo a metodologia do Protocolo GHG. O âmbito 1 inclui todas as emissões resultantes de fontes controladas pela organização, o âmbito 2 inclui emissões resultantes da geração de eletricidade, aquecimento/arrefecimento e vapor adquirido para consumo próprio pela organização e, por fim, o âmbito 3, é opcional e diz respeito a emissões indiretas derivadas da cadeia de valor de uma organização, não incluídas no âmbito 2. O âmbito 3 engloba todas as emissões resultantes de atividades do processo externas à empresa, como, por exemplo, a produção da matéria-prima por fornecedores, a produção de recursos consumidos na atividade (plástico, papel para escritório, agulhas, ...), a subcontratação de fabrico, o uso e o fim de vida dos produtos vendidos. A contabilização das emissões deste âmbito garante um conhecimento mais extensivo das emissões ao longo da cadeia de valor pois alarga as fronteiras do inventário.

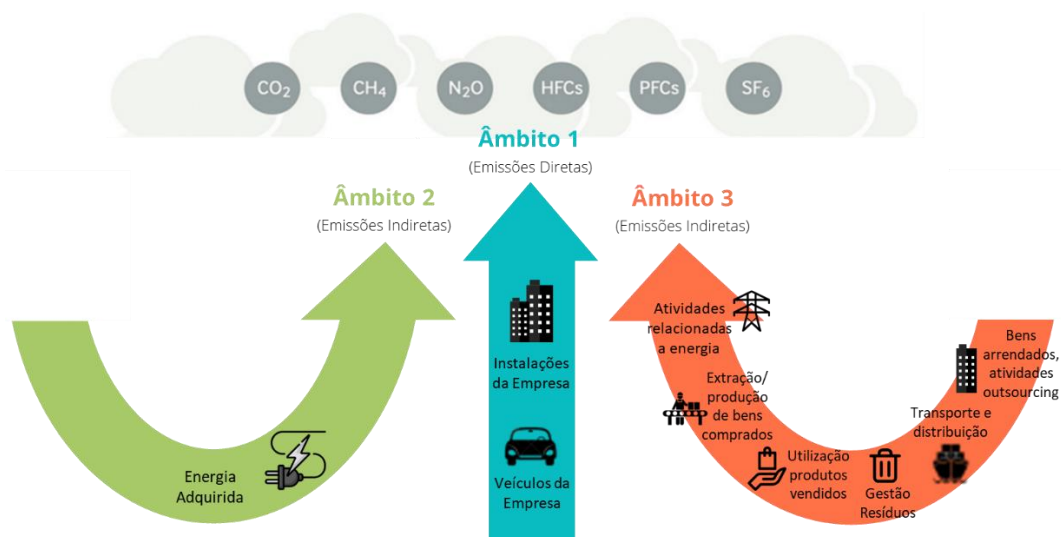


Figura 8. Visão geral, ao longo de uma cadeia de valor, das emissões e âmbitos. Adaptado de (GHG Protocol, 2004; ILO, 2021)

A abrangência dos limites operacionais ajuda a empresa a garantir uma gestão mais eficaz dos riscos e oportunidades de GEE ao longo da cadeia de valor da empresa (GHG

Protocol, 2004). Após definição dos limites operacionais, a empresa deve identificar as fontes de emissão. As emissões do âmbito 1, são geralmente, resultado das seguintes atividades: Geração de eletricidade, calor ou vapor nas instalações da empresa (fontes estacionárias), Processamento físico ou químico (emissões resultantes do fabrico ou processamento de materiais ou químicos), Transporte de materiais, produtos, desperdícios e colaboradores (fontes móveis) e Fuga de emissões (emissões de sistemas AC, frigoríficos, entre outros) (GHG Protocol, 2004).

De seguida, deve proceder-se à seleção de uma metodologia de cálculo das emissões de GEE, que pode variar desde a utilização de fatores de emissão (FE) específicos para a atividade e poluente em avaliação e que estão geralmente disponíveis na bibliografia até à monitorização direta das emissões de GEE. É necessário também planear a recolha dos dados (consumo de materiais/formas de energia) das atividades (DA) necessários. Após possuir os DA e os FE recolhidos de fontes reconhecidas, é realizado o cálculo da pegada de carbono.

2.2.2. ISO 14064

A norma ISO 14064 é uma metodologia alternativa da ISO (Organização Internacional de Normalização), desenvolvida para cálculo da PC de organizações, sobre muitos dos conceitos base introduzidos pelo Protocolo GHG (Carbon Trust, 2018). Esta norma é constituída por três partes:

- 1ª Parte – apresenta princípios e requisitos para desenvolver, gerir e relatar inventários de GEE a nível corporativo (ISO, 2012a).
- 2ª Parte – oferece princípios e diretrizes para determinação de cenários base de emissões de GEE ou atividades de projetos desenvolvidas para reduzir emissões de GEE (ISO, 2012b).
- 3ª Parte – apresenta princípios e requisitos para a verificação inventários de GEE e validação de projetos (ISO, 2012c).

Esta metodologia é muito semelhante à do Protocolo *GHG*, a principal diferença consiste no facto de englobar as emissões de todos os gases que contribuem para o efeito de estufa no seu inventário, como, por exemplo, os Compostos Orgânicos Voláteis (COV), e não apenas os identificados no protocolo de Quioto (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆), que são os usados na metodologia preconizada no Protocolo GHG (APCER, 2021).

2.3. Revisão Bibliográfica de Estudos de Pegada de Carbono no setor têxtil: estado da arte

Foram identificados cinco estudos que focam na pegada de carbono da indústria têxtil. Dois estudos estimam a PCC de fabricantes de roupa e os restantes três calculam a PCC para algumas marcas de vestuário.

Um estudo realizado em 2018 tentou estimar as emissões globais do setor têxtil e de vestuário, a nível global (Figura 9) (Quantis, 2018). Os resultados são expressos em percentagens de emissões de GEE correspondentes a cada fase do processo produtivo do setor. A variabilidade do comportamento do consumidor, nomeadamente, nos que toca aos processos de lavagens das peças de vestuário, levou à não contabilização da fase de uso e transporte relativa à fase de uso por parte do consumidor.

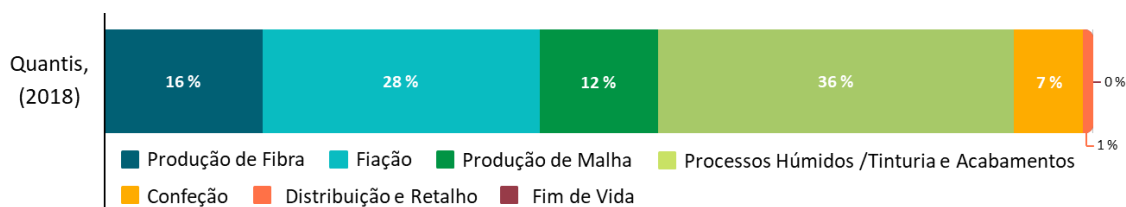


Figura 9. Distribuição das emissões na cadeia de valor do setor têxtil e de vestuário, em 2013. (ILO, 2021)

Este estudo conclui que os processos da fase de tinturaria e acabamentos, que possuem elevadas necessidades energéticas, são os principais responsáveis pelo impacto total da indústria global de vestuário no aquecimento global. A fiação é também uma fase chave quando se fala dos contribuidores para o impacto do setor para o aquecimento global, porém com menos relevância. Segundo este estudo, o fim de vida e distribuição emitem quantidades de GEE desprezáveis em comparação com as fases da cadeia correspondentes ao processo produtivo.

As emissões devem-se na sua maioria à dependência do setor no gás natural e no carvão, para a produção de eletricidade e calor em passos chave do processo. Processos de tinturaria têm elevadas necessidades energéticas, resultado das elevadas quantidades de água utilizadas que requerem aquecimento. A etapa de fiação e produção de tecido requerem maioritariamente energia, daí o seu menor impacto (Quantis, 2018). No entanto, é difícil generalizar a distribuição das emissões de GEE ao longo da cadeia de

valor do setor têxtil, pois os perfis de emissões das empresas são influenciados por fatores como: o tipo do produto, o tipo de material e a origem da matéria.

A Tabela 2 consiste numa lista de estudos de cálculo da PCC de empresas da ITV, na qual se apresenta a metodologia utilizada e o valor de PC obtido em cada estudo. Os estudos demonstram que o Protocolo GHG é o método mais aplicado no cálculo da PCC e a maioria dos estudos considera como horizonte temporal um ano de operações da empresa. A subjetividade existente no modo de aplicação do método, no que diz respeito às metodologias de recolha, à conversão de dados de atividade (DA), à liberdade na definição das fronteiras e à própria dimensão da empresa, leva à obtenção de resultados do cálculo da PCC muito variados.

Apesar disto, observando a Tabela 2, é possível concluir que a generalização da PCC é mais fácil para marcas do que para os fabricantes. Isto resulta do facto que as marcas não possuem processos de produção, sendo os seus consumos do âmbito 1 e 2, normalmente, limitados a consumo gerais como iluminação de lojas, transportes de mercadorias, entre outros, e sendo os processos e fases mais poluentes englobados, geralmente, no âmbito 3. Por sua vez, a divisão das emissões por âmbito para fabricantes é dependente da natureza dos processos realizados na instalação, dos equipamentos e técnicas utilizados nos mesmos e da origem da energia utilizada nos processos (Sadowski, Yan, & Aden, 2019).

Comparando os dois fabricantes da Tabela 2, é possível verificar que o âmbito 1, no Akhtar et al. (2017), corresponde à maioria da PCC (95,3%), o que não ocorre no FENC (2020) onde só corresponde a 30,6 % da PCC, sendo a maioria das emissões resultantes de operações enquadradas no âmbito 2 (60,4 %). Esta diferença é devida às diferentes estratégias energéticas adotadas pelos fabricantes, pois no estudo Akhtar et al. (2017), a empresa aumentou a dependência dos combustíveis fósseis, o que gerou um aumento das emissões atribuídas ao âmbito 1. Para além disso, é, também, devida à tipologia dos processos considerados, pois no estudo da FENC (2020) contabilizou-se oito fábricas na PCC, sendo que seis realizavam processos cujas emissões foram, maioritariamente, provenientes do consumo elétrico, o que gerou um aumento das emissões atribuídas ao âmbito 2.

Tabela 2. Estudos de Pegada de Carbono corporativa na ITV. Adaptado de (Akhtar et al., 2017; FENC, 2020; H&M Group, 2022; Inditex, 2021; Levi Strauss & Co., 2018)

Fonte	Tipo	Metodologia	Ano	Resultado (kt CO _{2eq} /ano)	Resultados Âmbito (%)			Observações
					1	2	3	
(Akhtar et al., 2017)	Fabricante de cortinas, bordados, capas, toalhas, e mais	GHG Protocol	2014	42,868	95,3	3,3	1,4	1 fábrica na qual foram considerados os seguintes processos ultimação (tinturaria, acabamentos e estamparia) e confeção O âmbito 3 correspondia apenas às emissões de biogás, emitido do tratamento de águas residuais. A crise energética do país de operação da fábrica, levou a indústria a optar por aumentar a dependência dos combustíveis.
(FENC, 2020) ^{a)}	Fabricante de Roupas	ISO 14064-1	2020	447	30,6	69,4	-	8 das 21 unidades da empresa consideradas são da indústria têxtil, estas realizam processos de fiação, ultimação e confeção. No Âmbito 1 foram considerados todos os GEE do protocolo de Quioto, no Âmbito 2 foram apenas considerados o CO ₂ , CH ₄ , and N ₂ O.
(Levi Strauss & Co., 2018)	Marca de Roupas	GHG Protocol	2016	5 240	1		99	A grande maioria das emissões da empresa têm origem em fontes não controladas pela empresa (63% ocorrem na cadeia de fornecimento e 36% ocorrem na fase de uso e fim de vida).
(H&M Group, 2022) ^{b)}	Marca de Roupas	GHG Protocol	2019	8561	0,2	0,6	99,2	Das emissões totais do âmbito 3, a produção do tecido corresponde a 36 % e a confeção da peça a 10 %, pelo que 46 % corresponde às emissões resultantes do processo produtivo têxtil (da fiação à confeção).
			2020	7410	0,2	0,8	99	
			2021	7 792	0,2	0,5	99,3	
(Inditex, 2021) ^{c)}	Marca de Roupas	IPCC Guidelines e GHG Protocol	2019	18 299	0,1	1,6	98,3	Verificou-se em relação ao ano de 2018, uma redução de 86 % das emissões, como resultado o progresso da aposta na eficiência energética e energias renováveis. Comparação com anos anteriores afetadas pelo fecho de lojas e aumento do teletrabalho resultado do Covid-19.
			2020	13 452	0,1	0,7	99,2	
			2021	17 160	0,1	0,3	99,6	

^{a)} Empresa que possui 27 unidades, que englobam os escritórios da empresa e outras que se dividem pelo setor da petroquímica, do polyester e do têxtil. 8 das 9 unidades têxteis da empresa foram consideradas no estudo. A PCC da empresa, obtida em 2020, contabilizou 21 das 27 empresas, e foi de 2 432 kt CO_{2 eq}. No âmbito 3, foi contabilizado a gestão de resíduos (164 t CO_{2 eq}) e viagens de negócio (2 946 t CO_{2 eq}), para a totalidade da empresa, porém valor não foi adicionado à PCC da empresa (FENC, 2020).

^{b)} As fronteiras consideradas englobaram as fábricas de produção, isto é, de lavagem ou tingimento, pertencentes ou subcontratadas pelos fornecedores da empresa e um número selecionado de fornecedores dos fornecedores da H&M (i.e., fábricas de tecelagem, fiação ...) e fornecedores de bens não comerciais (como interiores de lojas) (H&M Group, 2022).

^{c)} As fronteiras consideradas englobaram as instalações da empresa, mais particularmente: a sede; os escritórios de todas as marcas (Zara, Pull&Bear, Massimo Dutti, Bershka, Stradivarius, Oysho, Zara Home, Uterqüe and Tempe); as fábricas do grupo em Espanha e os centros de logística e lojas do grupo (Inditex, 2021).

Nos casos em que as atividades avaliadas correspondem a empresas de retalho, como é o caso do grupo H&M, Levi Strauss & CO ou o grupo Inditex, a diferença entre os âmbitos 1+2 e 3 é muito alta. Através da Tabela 2, podemos verificar que, na PCC de empresas de retalho, o âmbito 3 costuma corresponder a cerca de 99 % da PCC. Isto é devido ao facto do âmbito 3 incluir as atividades associadas às fases do processo produtivo (i.e., fiação, processos húmidos, ...) com elevadas necessidades energéticas, que nos fabricantes de roupa são parte do âmbito 1 e 2. Além disso, considerando a cadeia de valor da ITV, as emissões associadas ao âmbito 3 tendem a ser significativas, principalmente devido aos bens e serviços adquiridos, tais como fibras e plásticos.

A Figura 10 possibilita verificar a contribuição de cada atividade no âmbito 3 do estudo da Inditex (2021). É possível verificar que apesar de fases do processo de produção, como a dos processos húmidos e a produção de materiais comprados, corresponderem a emissões significativas, a fase do uso dos produtos contribui para a maior emissão de GEE. Apesar da relevância da fase do uso de produtos vendidos no ciclo de vida dos produtos do setor, a incerteza associada a esta e a dificuldade associada à redução das emissões nesta fase faz com que não seja avaliada na maioria dos estudos revistos.

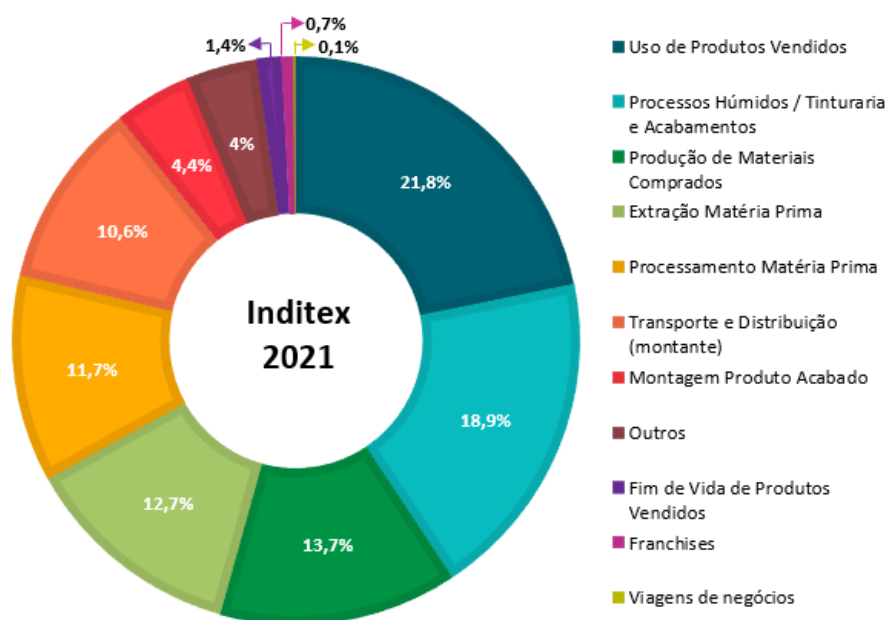


Figura 10. Emissões de GEE do âmbito 3 por atividade. Adaptado de (Inditex, 2021)

Através da Tabela 2, é também possível observar que a PCC da Inditex tem vindo a observar uma diminuição da contribuição do âmbito 2 (emissões de eletricidade adquirida da rede) para a pegada, resultante do aumento do aproveitamento de energia renovável por parte das fábricas e lojas pertencentes ao grupo. Verificou-se, também, que, em 2020, ocorreu uma diminuição significativa da pegada de carbono, a qual se atribui ao facto de a pandemia de Covid-19 ter conduzido a confinamentos que resultaram no encerramento de várias lojas. Na PCC do grupo H&M também se verificou uma ligeira diminuição da pegada de carbono em 2020, o qual se atribuí, também, ao facto de este ser um ano atípico, devido ao fecho de várias lojas devido ao Covid-19.

Foi concluído que as elevadas necessidades energéticas das fases do processo produtivo, a dependência do setor do gás natural e a elevada quantidade de recursos requeridos são responsáveis pela maioria das emissões. Concluiu-se, também, que a divisão de emissões por âmbito varia de acordo com vários fatores, como a dimensão, tipologia de processos englobados e estratégias energéticas da empresa.

3. METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO CORPORATIVA

3.1. Definição do Objetivo e Âmbito

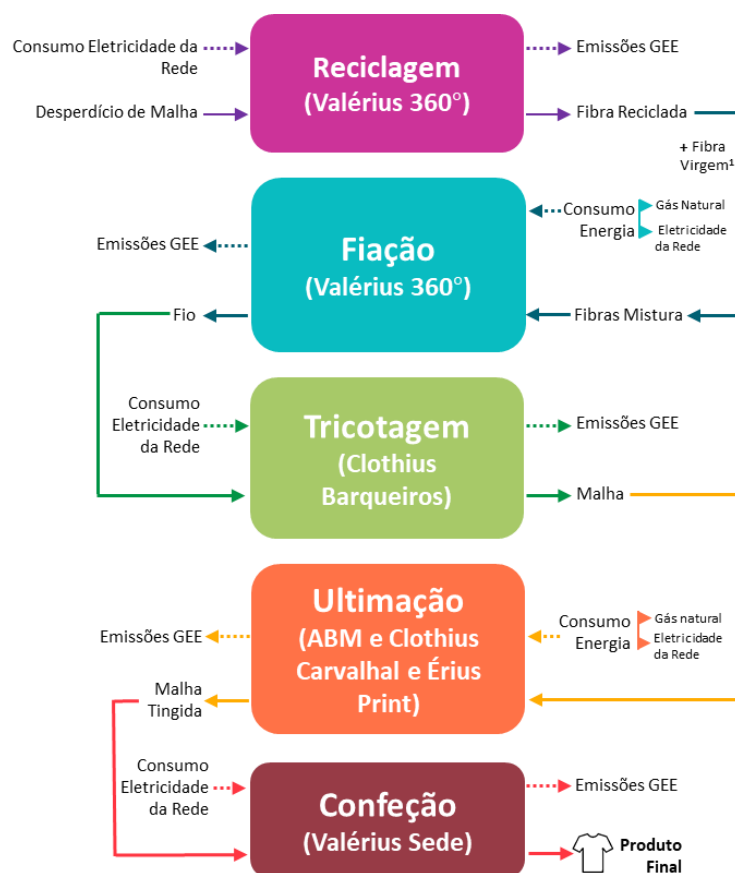
A avaliação da pegada de carbono corporativa, na presente dissertação, foi efetuada para seis empresas representadas pela Valérius HUB que compreendem as várias operações integradas na cadeia de produção do setor têxtil. O objetivo foi a identificação dos *hotspots* e oportunidades de gestão de aspetos ambientais considerados significativos.

Este estudo foi efetuado de acordo com as orientações do Protocolo *Greenhouse Gas*, que constitui o principal referencial para o cálculo de emissões de carbono em organizações, tendo sido contabilizado apenas as emissões englobadas no âmbito 1 e 2, emitidas durante um ano civil, de modo a possibilitar uma avaliação mais representativa das emissões entre empresas. Os potenciais de aquecimento global utilizados foram os do IPCC, para um horizonte temporal de 100 anos. Por sua vez, os fatores de emissão utilizados foram os da APA (APA, 2022a); 2022b), para a eletricidade e o gás natural, e os do EMEP/EEA (EEA, 2019), para as restantes fontes de emissão de GEE.

Procedeu-se também à avaliação da evolução da pegada de carbono entre 2020 e 2021. Adicionalmente, realizou-se a contabilização das emissões da empresa onde se realiza a etapa de reciclagem e fiação, para cada processo unitário da unidade fabril. Esta dissertação destina-se a parte das empresas representadas pelo universo Valérius HUB e representativas do processo geral da indústria têxtil (Reciclagem, Fiação, Tricotagem, Tingimento, Estamparia e Confeção).

3.2. Descrição dos processos de produção têxtil na ITV

Na Figura 8 é possível observar as entradas e saídas dos processos da cadeia têxtil consideradas para o cálculo da PCC.



1 A mistura de fibras têm de possuir um mínimo de 20% de fibra virgem para garantir a qualidade do produto
Nota: Todas as fases possuem desperdício, a maioria do desperdício reciclado para novas peças de vestuário provém de desperdício de corte, o desperdício das restantes fases são normalmente reciclados para valorização de menor qualidade como material de enchimento de almofadas e edredões.

Figura 11. Entradas e Saídas consideradas nos processos para o cálculo da PCC.

Observando a Figura 11, verifica-se que no processo de reciclagem e fiação, realizados na Valérius 360°, as entradas do processo que resultam na emissão de GEE consideradas, consistem no consumo de eletricidade, maioritariamente devido às máquinas do processo, ao transporte da fibra de máquina para máquina recorrendo a condutas e aos consumos gerais (como a iluminação das instalações, climatização e uso de ar comprimido). A fiação possui, além disso, uma fonte de GEE adicional, que corresponde ao consumo de gás natural, utilizado para geração de vapor, necessário para fixar o fio.

A fase denominada por tricotagem, que se dá na Clothius de Barqueiros, e na qual se recorre a teares circulares e máquinas de *seamless* para transformar fio em malha, possui apenas consumos de eletricidade, resultantes do uso de máquinas inerentes ao processo, do transporte da fibra de máquina para máquina recorrendo a condutas e de consumos gerais

(como a iluminação das instalações, climatização e uso de ar comprimido). A Clothius de Barqueiros possui uma central fotovoltaica, para geração de energia elétrica para autoconsumo.

O tingimento, fase inserida na ultimação, foi considerado em duas instalações: a António Barroso Malhas (ABM) e a Clothius de Carvalhal, que realizam, respetivamente, tingimento por rolo e por peça. Nestas unidades, verifica-se o consumo de energia sobre a forma de eletricidade e vapor resultante da queima de gás natural em caldeiras de vapor. A eletricidade consumida, resultante de máquinas inerentes ao processo (como râmolas, tumbler, secadeiras, entre outras) e consumos gerais (iluminação, ar comprimido e, no caso da ABM, climatização). Na Clothius Carvalhal a energia elétrica é toda proveniente apenas da rede, porém na ABM, esta é proveniente não só da rede, mas também de uma central fotovoltaica, existente nas instalações, para geração de energia elétrica para autoconsumo. No processo de estampagem, inserido na ultimação e realizado na Érius Print, ocorre o consumo de gás natural em estufas, o consumo elétrico resultante de máquinas inerentes ao processo e consumos gerais (iluminação e ar condicionado).

Todas as instalações abordadas onde ocorrem processos de ultimação possuem ETAR's. A ABM e Clothius Carvalhal possuem ETAR's de maiores dimensões, enquanto a ETAR da Érius Print é completamente automatizada e de dimensões inferiores. As ETAR's resultam em consumos energéticos, devido às bombas de ar comprimido e outros aparelhos elétricos fundamentais para as monitorizações e restante funcionamento dos equipamentos.

Finalmente, a etapa de confeção da cadeia têxtil, que ocorre na Valérius Sede, resulta no consumo de energia elétrica adquirida à rede. Os equipamentos utilizados nesta fase do processo são as máquinas de corte e costura.

Em adição aos consumos energéticos das empresas, estas emitem GEE devido ao consumo de gásóleo por parte da sua frota de veículos, que englobam desde veículos ligeiros a pesados de mercadorias e de passageiros, possuem também empilhadores elétricos e a gásóleo, sendo os empilhadores elétricos contabilizados juntamente com os consumos energéticos gerais.

3.3. Fronteiras do Sistema

O objeto de estudo desta dissertação consiste num total de 6 empresas, representadas pela Valérius HUB, que englobam todo o ciclo produtivo da indústria têxtil. Na Figura 12, encontram-se as 6 empresas representadas pela Valérius HUB englobadas na PCC, os processos da cadeia produtiva realizados nas mesmas e a localização das empresas consideradas.

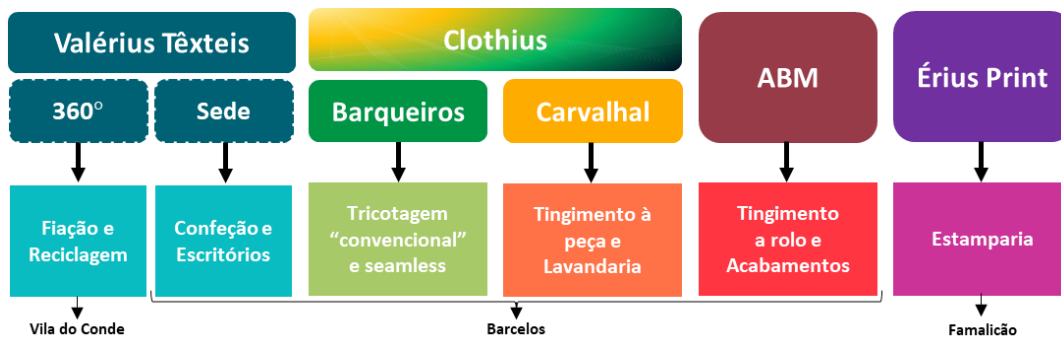


Figura 12. Empresas da Valérius HUB consideradas no cálculo da PCC.

De seguida, procedeu-se à estipulação das fronteiras do sistema (limites organizacionais e operacionais), de acordo com as linhas orientadoras do Protocolo GHG. Ao definir os limites organizacionais, foi utilizada a abordagem de controlo operacional. Ao optar pela abordagem de controlo operacional, foram consideradas apenas atividades sobre as quais a empresa possui controlo completo, o que garante, à empresa em estudo, liberdade total para agir sobre emissões de GEE de atividades nas quais a PCC revele oportunidades para redução de emissões.

Os limites operacionais considerados no cálculo da PCC foram o âmbito 1 e 2, isto é, as emissões diretas de fontes pertencentes à empresa e as emissões indiretas da geração de eletricidade, calor e vapor adquirido. O âmbito 3 não foi considerado no cálculo, devido às limitações temporais e à dificuldade em recolher informação que permitisse uma estimativa real da contribuição da maioria das categorias do âmbito 3, como por exemplo, as viagens de trabalho dos funcionários da empresa. Na Figura 10, encontram-se os limites operacionais definidos e as respetivas fontes de emissão consideradas.

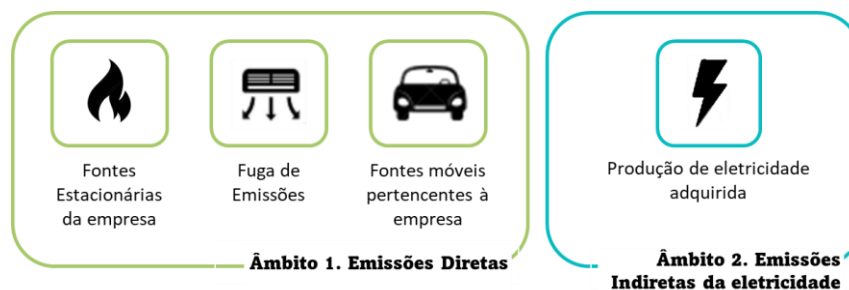


Figura 13. Definição dos limites operacionais e identificação das fontes de emissões.

Através da Figura 13, é possível observar que apenas três das quatro principais atividades geradoras de emissões de âmbito 1, mencionadas no ponto 2.2.1., foram consideradas, tendo sido excluídas as emissões resultantes do processamento físico ou químico associados aos acabamentos têxteis. Estes processos dão origem a emissões como, por exemplo, os vapores libertados por máquinas durante os processos de acabamento e estamparia (ex: râmolas, estufas e secadores). Excluíram-se as emissões do processamento físico ou químico, que, no setor têxtil, ocorrem apenas no processo de tinturaria, acabamento e estamparia, pois, os gases emitidos nestes processos (como por exemplo os COVs) não são contabilizados com base na metodologia do protocolo GHG, isto é, não estão incluídos no protocolo de Quioto (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs e SF_6). Adicionalmente esta exclusão é também suportada pelo facto de estes poluentes não serem quantificados de modo individualizado pelas empresas, dificultando uma estimativa realista destas emissões.

Após definição das fronteiras iniciou-se a recolha dos dados das atividades, durante esta verificou-se limitações na recolha de informações referentes aos anos de 2020 e 2021. Em 2020, foi necessário, proceder à exclusão da contabilização das atividades de transporte (Fontes móveis) e das Fuga de gases fluorados de sistemas de climatização (Fuga de emissões), devido à não monitorização destas atividades em 2020, por parte da empresa. A contabilização das atividades de, por exemplo, transporte de colaboradores, material, desperdícios e produtos (Fontes móveis) só foi considerada para a PCC total das seis empresas, representadas pela Valérius HUB, não tendo sido possível considerar esta atividade por empresa, devido à ausência da informação que permita a associação individual do valor do consumo de combustível às empresas avaliadas Na ABM não se procedeu à monitorização da Fuga de gases fluorados de sistemas de refrigeração (Fuga de

emissões), em 2021, pelo que nesse ano esta atividade também não foi contabilizada nesta empresa. . No ponto 3.4., desta dissertação, são apresentadas as fontes de emissões consideradas para cada uma das três atividades do âmbito 1 consideradas e para o âmbito 2, juntamente com os respetivos dados recolhidos.

Com o intuito de comparar o processo produtivo da fiação com o da reciclagem e identificar qual possui o maior contributo para as emissões, procedeu-se à divisão das emissões resultantes das necessidades energéticas (consumo de gás natural e eletricidade adquirida) pelas atividades do processo produtivo da Valérius 360° (Figura 3), empresa que realiza ambos os processos, designadamente, a reciclagem têxtil e a fiação. Para isto, foi necessário recorrer à recolha das potências e o tempo de funcionamento de cada etapa do processo da 360°, as quais foram, respetivamente, obtidas a partir de medições realizadas nas instalações e fornecidas pelo engenheiro responsável pela fábrica.

Aquando desta divisão o ar comprimido e o ar condicionado, necessários ao processo, foram considerados numa categoria designada por Outros Consumos, juntamente com a iluminação. Isto, deveu-se ao facto da estimativa do consumo energético anual destes equipamentos possuir elevada imprecisão. Por sua vez, o consumo energético associado à prensa de desperdício têxtil, também foi incluído nos Outros Consumos, pois não foi possível estimar com certeza razoável a quantidade de material que passou por esta etapa em 2021.

Após finalização da recolha dos dados das atividades, seguiu-se a recolha dos FE, recorrendo aos inventários de FE das seguintes organizações: Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e Agência Europeia do Ambiente (EEA). A seleção dos FE foi realizada optando por FE específicos para Portugal ou Europa, de modo a garantir uma pegada de carbono representativa da realidade das empresas. Foi também necessário proceder à recolha de fatores de conversão para converter os dados de atividades recolhidos para as unidades necessárias, que permitam a multiplicação destes pelos FE de CO₂ eq e assim obter as emissões resultantes de cada atividade.

Finalmente, procedeu-se ao cálculo da PCC de cada empresa, através da soma das emissões de todas as atividades consideradas para cada empresa, para cada ano estudado, e ao cálculo da PCC do universo da Valérius HUB considerado através da soma das emissões de todas as atividades consideradas para as seis empresas consideradas, para cada ano estudado.

3.4. Identificação, Recolha e Tratamento de Informação

Como observado na Figura 13, apresentada no capítulo anterior, as categorias de emissões diretas (âmbito 1) da empresa consideradas no cálculo da PCC foram as fontes estacionárias da empresa, as fontes móveis da empresa e a fuga de emissões.

No que diz respeito às fontes estacionárias pertencentes à empresa foram incluídas no inventário as emissões resultantes da queima de gás natural em caldeiras localizadas nas instalações das unidades fabris consideradas. Na Tabela 2, é possível observar o consumo de gás natural no ano de 2020 e 2021, das empresas da Valérius HUB selecionadas, obtido a partir dos mapas de consumo de cada empresa.

Tabela 2. Consumo de gás natural nas instalações, para 2021 e 2022

Ano		Consumo de gás natural em 2020 (kWh)	Consumo de gás natural em 2021 (kWh)
Valérius	360	0	40 034
	Sede	3 547	0
Clothius	Barqueiros	0	0
	Carvalhal	7 316 573	10 659 084
ABM		24 547 996	31 391 896
Érius Print		320 970	505 984
Total		32 189 086	42 596 998

O consumo de gás natural na Valérius 360°, em 2021, é devido à sua utilização no vaporizador (etapa do processo de fiação), para geração de energia térmica. O Anexo I lista o consumo mensal de gás natural das empresas consideradas para o ano de 2020 e 2021. As emissões associadas a este consumo, apresentadas no capítulo 4.1., foram calculadas através da equação 1.

$$Emissões_{Gás\ Natural} = \sum FE_{GN} \times C_{GN} \quad \text{equação 1}$$

Em que FE_{GN} é o fator de emissão de uma caldeira a gás natural, obtido do (APA, 2022b) e C_{GN} é o consumo gás natural nas instalações da empresa.

Nas fontes móveis pertencentes à empresa, foram incluídas no cálculo da PCC os veículos de transporte de mercadoria da empresa e os veículos de transporte de passageiros utilizados pelos colaboradores para deslocações laborais. Além disso, foram também incluídos os empilhadores movidos a gásóleo utilizados no transporte de materiais no interior da fábrica. Na Tabela 3, é possível observar os valores do consumo de gásóleo e gasolina recolhidos, para o ano de 2021, para a totalidade das empresas consideradas.

Tabela 3. Consumo de combustíveis por fontes móveis, para as seis empresas da Valérius HUB (2021).

Gásóleo (L)					Gasolina (L)
Passageiros		Mercadorias		Empilhadores	Passageiros
Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados		Ligeiro
19 164	4 028	344 570	62 188	7 000	10 186

As empresas representadas pela Valérius HUB não monitorizaram os dados das fontes móveis relativos a 2020, pelo que, as emissões de GEE emitidas por fontes móveis só foram contabilizadas para o ano de 2021.

Para converter os valores de consumo de combustíveis por fontes móveis, expressos em litros (L) para emissões de CO₂ equivalente, procedeu-se à multiplicação do volume de gásóleo e gasolina pelos respetivos fatores de emissão, obtidos do EMEP/EEA (EEA, 2019). Tendo em consideração que os FE estão expressos em kg de CO₂ eq por kg de combustível, foi necessário proceder à multiplicação do volume de gásóleo e gasolina pelos respetivos fatores de conversão (kg/L) (ver Anexo II). As emissões de GEE de fontes móveis, apresentadas no capítulo 4.1., foram então obtidas a partir da equação 2.

$$Emissões_{Fontes\ móveis} = \sum FE_{c,e} \times V_c \times FC_c \quad \text{equação 2}$$

Em que $FE_{c,e}$ é o fator de emissão do combustível (c) para o emissor (e), expresso em kg/kg de combustível, V_c é o volume de determinado combustível (c), expresso em L, e FC_c é o fator de conversão do combustível (c), expresso em kg/L.

No cálculo das emissões GEE fugitivas, procedeu-se à contabilização dos equipamentos de climatização, pois no interior destes equipamentos circulam gases de refrigeração, com um elevado PAG. Quando se dá a ocorrência de fugas nos sistemas de ar condicionado (AC), verifica-se a libertação destes gases.

Para proceder à contabilização dos equipamentos de AC existentes nas unidades fabris, foi necessário, devido à falta de monitorização das fugas existentes, assumir um valor percentual estimado de fugas anuais, com base na bibliografia. Estudos relativos a fugas de ar condicionado concluíram que 10 a 30 % do gás condicionado dentro de um sistema de AC comum escapa das condutas. Pelo que se assumiu um valor de fugas anuais destes gases nos sistemas de AC das empresas de 20 % (Sholahudin et al., 2020).

Na Tabela 5, é possível observar os tipos de combustíveis e a respetiva quantidade (kg) de gases nos sistemas de AC, recolhidos do registo de equipamentos de cada unidade fabril para o ano de 2021. Além disso, é também apresentado na Tabela 5 a quantidade estimada de gás refrigerante libertado por empresa.

Tabela 4. Emissões resultantes de fugas de emissões no ar condicionado, em 2021.

Empresa		Gases de Refrigeração	GEE do GHG Protocol?	Quantidade Armazenada (kg)	Quantidade de fugas estimada (kg)
Valérius	360	R32	Sim	3,6	0,7
		R407c	Sim	6,8	1,4
	Sede	R410a	Sim	91,15	18,2
		R407c	Sim	5,2	1,0
		R32	Sim	0,7	0,1
		R134A	Sim	0,3	0,1
		R600a a)	Não	0,062	-
Clothius	Barqueiros	Não possui sistema de AC.			
	Carvalhal	R32	Sim	33,7	6,74
		R404A	Sim	0,65	0,13
		R407C	Sim	3,35	0,67
		R22	Sim	7,5	1,5
ABM		Não possui monitorização.			
Érius	R410A	Sim	2,03	0,406	
	R134	Sim	0,19	0,038	

^{a)} Gás refrigerante natural (isobutano) não foi contabilizado.

As empresas não possuem os dados relativos à quantidade de gás refrigerante existente no depósito dos sistemas de ar condicionado, em 2020, pelo que, as emissões de GEE

resultantes de fugas de emissões dos sistemas de ar condicionados só foram contabilizadas no ano de 2021. Para proceder ao cálculo das emissões de CO₂, resultantes das fugas de emissões de AC, apresentadas no capítulo 4.1., recorreu-se à equação 3.

$$Emissões_{Fugas} = Q_{armazenada,gr} \times \%fuga \times PAG_{gr} \quad \text{equação 3}$$

Em que $Q_{armazenada,gr}$ é a quantidade de gás refrigerante (gr) armazenada no sistema de AC, $\%fuga$ é o valor médio anual assumido (20 %) e PAG_{gr} é o potencial do gás de refrigeração (gr), apresentados no Anexo II.

No **Âmbito 2**, referente às emissões indiretas resultantes da eletricidade adquirida da rede pela empresa, isto é, aquela comprada pela empresa a um fornecedor de energia. Procedeu-se à recolha do consumo de eletricidade adquirida à rede, a partir de faturas de eletricidade, para o ano de 2020 e 2021. Para proceder à conversão dos dados de eletricidade adquirida em kWh para toneladas CO₂ equivalente, recorreu-se à equação 4, abaixo apresentada.

$$Emissões_{\text{Âmbito 2}} = FE_{eletricidade} \times C_{eletricidade adquirida} \quad \text{equação 4}$$

Em que $FE_{eletricidade}$ é o fator de emissão da eletricidade da rede nacional portuguesa disponibilizado pela (APA, 2022a) e $C_{eletricidade adquirida}$ é o consumo de eletricidade adquirida, obtido a partir das faturas elétricas.

Na Tabela 6, é possível observar o consumo de eletricidade adquirida à rede nacional por empresa, no ano de 2020 e 2021, das empresas da Valérius HUB consideradas.

Tabela 5. Consumo de eletricidade adquirida da rede nas várias empresas avaliadas

Ano		Consumo de eletricidade adquirida da rede 2020 (kWh)	Consumo de eletricidade adquirida da rede 2021 (kWh)
Valérius	360 *	83 723	189 668
	Sede	329 613	337 911
Clothius	Barqueiros	1 028 349	1 216 159
	Carvalhal	817 169	1 076 245
ABM		4 761 060	4 819 185
Érius Print		376 073	400 346
Total		7 395 987	8 039 514

* A Valérius 360° iniciou o seu funcionamento a julho de 2020, pelo que o valor de eletricidade adquirida em 2020 é significativamente inferior ao de 2021.

No Anexo I, pode-se observar o consumo mensal de eletricidade adquirida à rede nacional pelas empresas consideradas para o ano de 2020 e 2021.

Em adição ao cálculo da pegada de carbono da Valérius 360°, procedeu-se à divisão das necessidades energéticas (consumo de gás natural para geração de energia térmica e consumo de eletricidade adquirida à rede), pelas etapas do processo de fiação e reciclagem. Na Tabela 7, é possível observar as potências e o tempo de funcionamento das máquinas de cada etapa necessárias para calcular o consumo elétrico total (consumo da eletricidade adquirida à rede, apresentado na Tabela 5, e dos painéis solares da empresa) de cada etapa do processo da Valérius 360°, também visível na Tabela 7. Os valores de consumo de eletricidade apresentados nesta tabela diferem dos

Tabela 7. Dados recolhidos na empresa por etapa e resultados obtidos.

Etapa do processo	Potência (kW)	Tempo de funcionamento (h)	Consumo eletricidade Total (kWh)
Cortadeira	25,0	334	8 341
Câmara de Amaciamento	2,1	951 ^{a)}	1 998
Esfarrapadeira e Enfardar	113,2	618	69 913
Linha de Abertura	25,2	556	14 007
Balança Misturadora	50,5	1 112	56 140
Carda	5,3	6 948	36 825
Laminador	2,7	3 474	9 380
Open-end	46,8	1 853	86 712
Vaporizador	10,4	386	4 014
Consumos gerais	-	-	74 381

a) silo funciona em simultâneo com a cortadeira e a esfarrapadeira, pelo que o seu tempo de funcionamento diz respeito ao da cortadeira mais o da esfarrapadeira

Para obtenção do consumo de eletricidade adquirida à rede, por etapa do processo ($C_{eletricidade\ da\ rede, etapa}$), recorreu-se à equação 5 apresentada de seguida.

$$C_{eletricidade\ da\ rede, etapa} = Potência \cdot t_{funcionamento} \cdot \left(\frac{100 - \%Renovável}{100} \right) \quad \text{Equação 5}$$

Na qual, a *Potência* corresponde à potência das máquinas de determinada etapa (kW), o $t_{funcionamento}$ corresponde ao tempo de funcionamento das máquinas em cada etapa (h) e a $\%Renovável$ corresponde à percentagem de energia de fonte renovável produzida pela Valérius 360°, através dos painéis fotovoltaicos (46,7 % - ver Anexo III). É necessário subtrair

à eletricidade calculada, a percentagem de energia de fonte renovável produzida pela Valérius 360°, pois a energia utilizada, em 2021, nas etapas do processo não provém apenas da rede nacional, mas também da central fotovoltaica existente nas instalações da empresa a funcionar em regime de autoconsumo.

No Anexo IV, são apresentados os cálculos realizados para obter as emissões associadas a cada fase do processo produtivo da Valérius 360°, apresentada no Capítulo 4.1.

Todos os FE e PAG utilizados para proceder à conversão dos dados deste sub-capítulo encontram-se descritos no Anexo II. Os PAG utilizados foram os do *4th Assessment Report* (IPCC, 2007), pois apesar de estes terem sido atualizados no *5th Assessment Report* (IPCC, 2013)), a decisão de usar os PAG da quarta avaliação (IPCC, 2007) deveu-se ao facto de o fator de emissão da eletricidade em Portugal ter sido calculado recorrendo ao AR4. Foi recolhida a produção de cada fábrica para os anos analisados (Tabela 8).

Tabela 6. Produções de 2020 e 2021, das empresas estudadas.

Empresa	Unidade	2020	2021
Valérius 360°	massa de fio (kg)	27 550	555 843
Valérius Sede	nº de peças confeccionadas	12 907 631	2 219 798
Clothius Barqueiros	massa de malha produzida (ton)	1 306	1 489
Clothius Carvalhal	massa de peças tingidas (ton)	841	20 273
ABM	massa de malha tingida (ton)	3 036	3 612
Érius Print	nº de peças estampadas	983 044	2 098 606

Verifica-se uma tendência de aumento da produção de 2020 para 2021 em todas as fábricas, à exceção da Valérius Sede. O aumento registado resulta do facto que, enquanto, em 2021, as peças confeccionadas eram, predominantemente, peças de vestuário (t-shirts, *sweats*, ...), em 2020, devido à pandemia de Covid-19, a fábrica produziu, peças de vestuário e máscaras. As máscaras por serem peças de confeção mais fácil, resultou num aumento do nº de peças confeccionadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo, encontra-se subdividido em dois subcapítulos. No primeiro subcapítulo, onde é realizada a avaliação da pegada de carbono, procedeu-se à apresentação de um resumo das emissões de GEE, seguido da avaliação individual das pegadas de carbono das empresas e por fim apresenta a análise da pegada de carbono da cadeia têxtil da Valérius HUB.

No segundo subcapítulo são apresentadas algumas sugestões de medidas de prevenção e ações para reduzir a pegada de carbono.

4.1. Avaliação da Pegada de Carbono

Este capítulo avalia a pegada de carbono corporativa para as empresas selecionadas e representadas pela Valérius HUB, que perfazem a totalidade das fases que integram o processo têxtil, para os anos de 2020 e 2021. O ano de 2020 foi um ano atípico para a indústria têxtil que, tal como muitas outras, registou grandes quebras no setor, devido aos confinamentos causados pela pandemia de Covid-19. Dadas estas condicionantes a comparação do ano 2020 com o de 2021 foi afetada e algo comprometida.

Na Tabela 9, encontram-se as pegadas de carbono obtidas para as seis empresas selecionadas e a soma das mesmas para a Valérius HUB, relativa aos anos de 2020 e 2021. A categoria “Gás Natural nas Instalações” corresponde às emissões resultantes do consumo de gás natural para produção de energia térmica, a categoria “Frota Própria” diz respeito às emissões resultantes do consumo de combustíveis por veículos e empilhadores pertencentes à empresa, a categoria “Fuga de Gases Fluorados” diz respeito às emissões fugitivas dos sistemas de ar condicionado nas instalações das empresas e finalmente a categoria “Eletricidade da rede”, diz respeito, à energia elétrica comprada pela empresa a fornecedores de energia.

É possível verificar, através da Tabela 9, que o processo com maior PC das empresas da Valérius HUB, em ambos os anos é a tinturaria e acabamentos (ABM), seguida da tinturaria a peça (Clothius Carvalhal). Isto vai de acordo aos resultados do estudo Quantis (2018),

discutido na revisão bibliográfica, o qual concluiu que a fase de tinturaria e acabamentos são os principais responsáveis pela contribuição da indústria global de vestuário para o aquecimento global. As emissões deste processo devem-se, na sua maioria, à dependência do processo do gás natural, necessário para suprir as necessidades energéticas térmicas, resultantes das elevadas quantidades de água quente e vapor utilizados.

Tabela 7. Pegadas de carbono corporativas da Valérius HUB obtidas - Emissões por fonte e âmbito.

Empresas	Valérius		Clothius		ABM	Érius Print	Total das 6 empresas avaliadas da Valérius HUB
	360	Sede	Barqueiros	Carvalhal			
Processo Produtivo	Fiação e Reciclagem	Confeção	Tricotagem	Tinturaria e Lavandaria	Tinturaria e Acabamentos	Estamparia	
Unidades	ton CO ₂ eq	ton CO ₂ eq	ton CO ₂ eq	ton CO ₂ eq	ton CO ₂ eq	ton CO ₂ eq	kton CO ₂ eq
Ano	2020						
Âmbito 1	0	0,7	0	1493,2	5009,7	65,5	6,6 (84 %)
Gás Natural nas Instalações	0	0,7	0	1493,2	5009,7	65,5	6,6
Frota própria	n.d.						n.d.
Fugas de gases fluorados	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Âmbito 2	14,7	57,7	180,0	143,0	833,2	65,8	1,3 (16 %)
Eletricidade da rede	14,7	57,7	180,0	143,0	833,2	65,8	1,3
Total de Emissões	14,7	58,4	180,0	1636,2	5842,9	131,3	7,9
Ano	2021						
Âmbito 1	11,1	40,1	0	2184,3	6406,4	104,2	10,0 (88 %)
Gás Natural nas Instalações	8,2	0	0	2175,3	6406,4	103,3	8,7
Frota própria	1174,6						1,2
Fugas de gases fluorados	2,9	40,1	0	9	n.d.	0,9	0,1
Âmbito 2	33,2	59,1	212,8	188,3	843,4	70,1	1,4 (12 %)
Eletricidade da rede	33,2	59,1	212,8	188,3	843,4	70,1	1,4
Total de Emissões	44,3	99,2	212,8	2372,6	7249,8	174,2	11,4

Nota: n.d. – dados não disponíveis por não terem sido monitorizados na empresa; 0 – empresa não possui emissões nesta categoria devido à ausência de fontes emissoras nas instalações da empresa.

A definição de um indicador que permita de forma clara e objetiva comparar a evolução da pegada de carbono corporativa, é dificultada pela grande variedade de *outputs* da cadeia têxtil, pelo que foi necessário definir indicadores individuais para cada empresa, obtidos através da divisão da PC de cada empresa pela respetiva produção, para cada ano estudado. Adicionalmente, procedeu-se à avaliação da distribuição das emissões por fontes emissoras

para cada uma das empresas estudadas, a qual é necessária devido ao facto da Valérius HUB englobar uma grande variedade de processos da cadeia têxtil que são distintos.

Primeiramente, focou-se na pegada de carbono obtida para a Valérius 360°, empresa de fiação e reciclagem, que em 2020 foi de 14,7 ton CO₂ eq e em 2021 foi de 44,3 ton CO₂ eq. Na Figura 14, é apresentada a distribuição da pegada de carbono da Valérius 360° por fontes de emissão de GEE avaliadas. Esta empresa não se encontrava em pleno processo de produção, em 2020, pelo que, este ano não é representativo da pegada de carbono do processo (empresa), e consequentemente a comparação de um ano com o outro foi afetada.

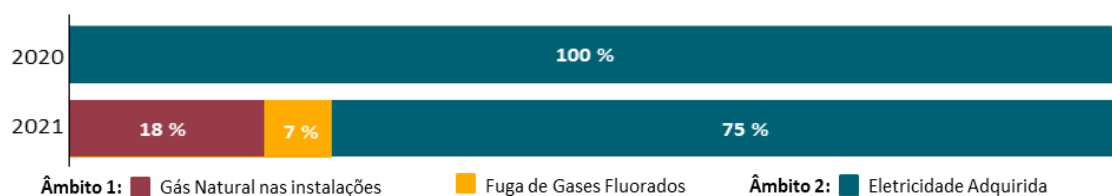


Figura 14. Distribuição das PC da Valérius 360° por fontes, para 2020 e 2021.

A partir da Figura 14, é possível verificar que o maior contribuinte para a PCC desta empresa é a eletricidade adquirida da rede, correspondendo, em 2020 e 2021, respetivamente, a 100 % e 75 % da PCC total. É também possível observar que em 2021 a empresa iniciou o consumo de gás natural no processo, mais especificamente no vaporizador, resultante do início da produção contínua de fio para venda.

A PC obtida por unidade de produção na Valérius 360° em 2020 e 2021 foi, respetivamente, 0,53 e 0,08 kg de CO₂ eq por kg de fio produzido. Analisando os valores dos indicadores obtidos para a Valérius 360°, verifica-se que apesar da sua PCC ter, de 2020 para 2021, mais que duplicado (ver Tabela 9), as emissões emitidas por massa de fio produzido, de um ano para o outro, diminuíram tendo então diminuído o impacte no aquecimento global do produto. Isto deve-se não só ao facto de 2020 ter sido um ano atípico e de se ter verificado um aumento da recolha de dados de 2020 para 2021, mas também ao facto da Valérius

360° ter iniciado o seu consumo a meio de 2020, mas só ter havido produção de fio, resultante de testes⁵, nos últimos 3 meses do ano.

Para a Valérius 360°, em adição à avaliação da distribuição da pegada de carbono por fontes e da comparação dos indicadores de 2020 com o de 2021, procedeu-se à comparação das emissões do processo produtivo da fiação com o da reciclagem considerando apenas as emissões associadas ao consumo de gás natural e da eletricidade adquirida. Não foi contabilizado a fuga de gases fluorados, uma vez que, estas emissões não resultam do processo produtivo. Para proceder à comparação foram analisadas individualmente as etapas destes processos, das emissões resultantes das necessidades energéticas, isto é, da queima de gás natural para geração de energia térmica e do consumo de eletricidade adquirida à rede, apresentado na Figura 15.

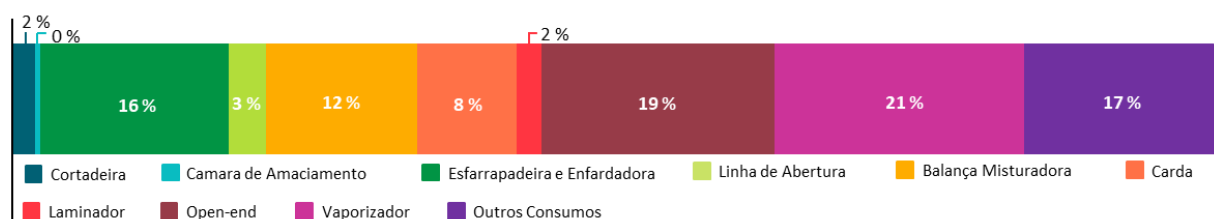


Figura 15. Contribuição das etapas da 360° para as emissões.

Esta análise permitiu a identificação das emissões que o processo de reciclagem adiciona à fase de fiação. Através da Figura 15 é possível verificar que a linha Laroche, onde se dá a reciclagem de desperdício de malha (engloba a cortadeira, camara de amaciamento, esfarrapadeira e enfardadora), é responsável por 18 % das emissões de GEE, enquanto a linha de fiação é responsável por 65 % e os Outros Consumos pelos restantes 17 %.

Na reciclagem, a etapa de maior intensidade carbónica é a do esfarrapador e enfardadeira, enquanto na fiação é a do vaporizador, devido ao consumo de gás natural. No geral, a etapa com maior intensidade carbónica é o vaporizador, como seria de esperar, seguida do Open-end.

⁵ Como a Valérius 360° foi inaugurada a meio do ano de 2020, durante esse ano a produção realizada resultava de testes para garantir a qualidade do produto e a eficácia do processo.

Após análise da PC da Valérius 360°, focou-se, de seguida na Valérius Sede, cuja PCC foi, em 2020, de 58,4 ton CO₂ eq e, em 2021, de 99,2 ton CO₂ eq. Na Figura 16, é apresentada a distribuição da pegada de carbono da Valérius Sede por fontes. Esta empresa realiza o processo de confeção.

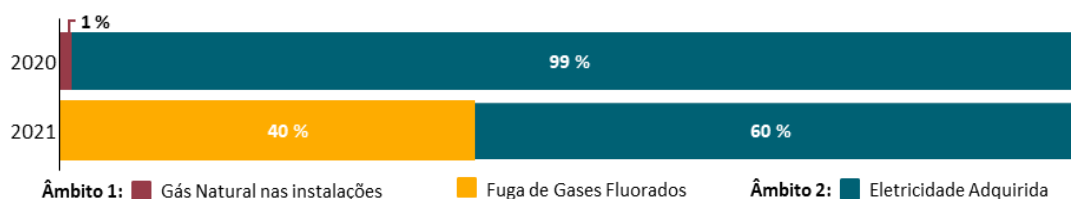


Figura 16. Distribuição da PC da Valérius sede por fontes, para 2020 e 2021.

A partir da Figura 16, é possível verificar que o maior contribuidor para a PCC desta empresa é a eletricidade adquirida da rede, correspondendo, em 2020 e 2021, respetivamente, a 99 % e 60 % da PCC total. A preponderância da cor amarela, correspondente à categoria “Fuga de Gases Fluorados”, em 2021, deve-se ao facto de as instalações da empresa albergarem um elevado número de sistemas de aquecimento, pelo que a quantidade estimada de gases refrigerantes emitidos, com PAG elevados, foi significativa.

As PC obtida por unidade de produção na Valérius Sede em 2020 e 2021 foi, respetivamente, 0,005 e 0,045 kg de CO₂ eq por peça produzida. O aumento do indicador, atribuiu-se à diminuição da produção de 2020 para 2021, resultante da alteração do tipo de peças confeccionadas (de peças de vestuário para máscaras) de um ano para o outro.

Focou-se, seguidamente, na PCC da Clothius Barqueiros, cuja PCC foi, em 2020, de 180 ton CO₂ eq e de 212,8 ton CO₂ eq, em 2021. Na Figura 17, é apresentada a distribuição da pegada de carbono por fontes da Clothius Barqueiros, na qual se realiza o processo de tricotagem.

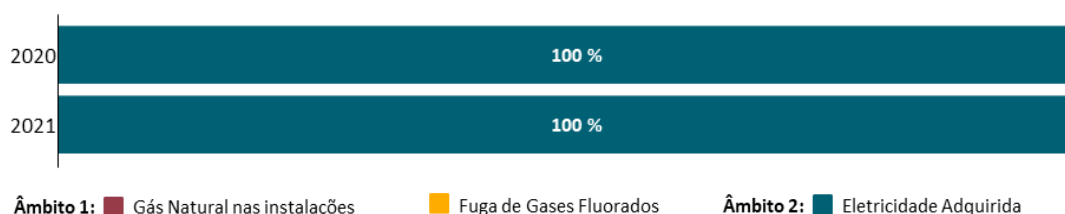


Figura 17. Distribuição da PC da Clothius Barqueiros por fontes, para 2020 e 2021.

A partir da Figura 17, é possível verificar que o maior contribuinte para a PCC desta empresa é a eletricidade adquirida da rede, correspondendo, em ambos os anos estudados, a 100 %

da PCC total. A inexistência de um sistema de AC nesta empresa e falta de necessidade de energia térmica do processo de tricotagem justifica este resultado.

A PC obtida por unidade de produção na Clothius Barqueiros em 2020 e 2021 foi, respetivamente, 138 e 143 kg de CO₂ eq por ton de malha produzida, este aumento pode ter resultado de alterações do tipo de malha ou tipo peças *seamless* produzidas, de um ano para o outro, podendo em 2021, ter-se fabricado maior número de produtos com maiores gastos energéticos por unidade de massa de produto produzido.

Depois focou-se na Clothius Carvalhal, cuja PCC foi, em 2020, de 1 636,2 ton CO₂ eq e em 2021 de 2 372,6 ton CO₂ eq. Na Figura 18, é apresentada a distribuição da pegada de carbono da Clothius Carvalhal por fontes. Esta empresa realiza o processo de tingimento à peça e lavagem.

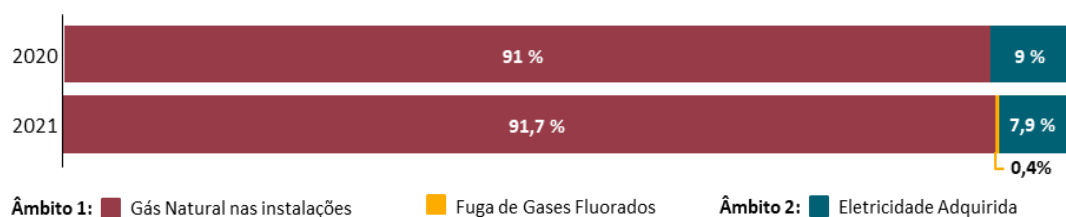


Figura 18. Distribuição da PC da Clothius Carvalhal por fontes, para 2020 e 2021.

A partir da Figura 18, é possível verificar que o maior contribuidor para a PCC desta empresa é o consumo de gás natural nas instalações para geração de energia térmica, mais especificamente, aquecimento de água para banhos de tingimento. A contribuição da queima de gás natural nas instalações correspondeu, em 2020 e 2021, respetivamente a 91 % e 91,7 % da PCC total.

A PC obtida por unidade de produção na Clothius Carvalhal em 2020 e 2021 foi, respetivamente, 1945 e 117 kg de CO₂ eq por ton de peças tingidas. A diminuição do indicador de 2020 para 2021, resultou do facto da produção registada na empresa em 2020 ser muito inferior à de 2021, devido às quebras no setor resultantes da pandemia.

Focou-se, de seguida, na ABM, cuja PCC foi, em 2020, de 5 842,9 ton CO₂ eq e em 2021 de 7 249,8 ton CO₂ eq. Na Figura 19, é apresentada a distribuição da pegada de carbono da ABM por fontes. Nesta empresa realiza-se o processo de tinturaria a rolo e acabamentos

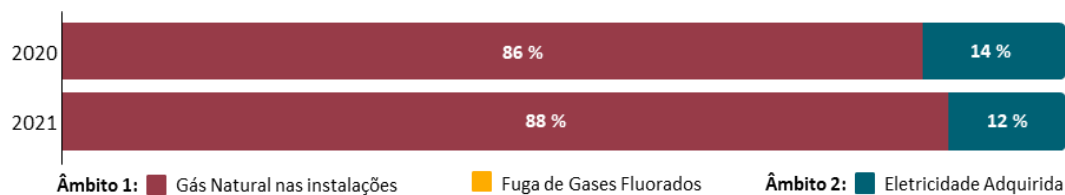


Figura 19. Distribuição da PC da ABM por fontes, para 2020 e 2021.

A partir da Figura 19, é possível verificar que o maior contribuidor para a PCC desta empresa é o consumo de gás natural nas instalações para geração de energia térmica, mais especificamente, aquecimento de água para banhos de tingimento e geração de vapor para processos de acabamento. O gás natural nas instalações correspondeu, em 2020 e 2021, respetivamente a 86 % e 88 % da PCC total.

A PC obtida por unidade de produção na ABM em 2020 e 2021 foi, respetivamente, 1925 e 2007 kg de CO₂ eq por ton de malha tingida. Este aumento pode ser resultado de uma alteração do tipo de malha produzida em 2021, ou seja, da composição da malha, das cores tingidas ou do tipo de processos de acabamento realizados. Isto afeta as emissões pois, diferentes cores e processos de acabamento requerem diferentes temperaturas (energia térmica) e a composição da malha pode alterar o nº de banhos de tingimento necessários, o que pode incorrer em mais ou menos emissões por massa de produto gerado.

Focou-se, seguidamente, na Érius Print, empresa de estampagem, cuja PCC foi, em 2020, de 131,3 ton CO₂ eq e em 2021, de 174,2 ton CO₂ eq. Na Figura 20, é apresentada a distribuição da pegada de carbono da Érius Print por fontes.

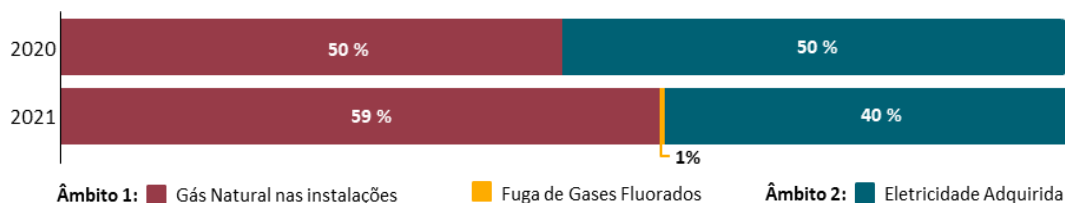


Figura 20. Distribuição da PC da Érius Print por fontes, para 2020 e 2021.

A partir da Figura 20, é possível verificar que o maior contribuidor para a PCC desta empresa é o consumo de gás natural nas instalações para geração de energia térmica, mais especificamente, geração de calor para secagem das peças estampadas. O gás natural nas instalações correspondeu, em 2020 e 2021, respetivamente a 50 % e 59 % da PCC total. Em

2020, contribuição para as emissões da eletricidade adquirida à rede era semelhante à do consumo de gás natural, devido ao facto de muitos dos consumos de eletricidade (como ar condicionado serem consumos gerais) não se sentindo nesta categoria tanto o efeito da diminuição de produção.

A PC obtida por unidade de produção na Érius Print em 2020 e 2021 foi, respetivamente, 0,13 e 0,08 kg de CO₂ eq por ton de peças estampadas. A diminuição do indicador de 2020 para 2021, é devido à diminuição da produção em 2020, resultante dos confinamentos do Covid-19.

Conclui-se que os valores das emissões, das empresas quando são expressos em função da produção da empresa por ano, permitem, em alguns casos, verificar se a tendência demonstrada pela pegada de carbono corporativo das empresas individuais nesse ano corresponde a um aumento real. Após a avaliação das distribuições das emissões por empresa e dos indicadores, procedeu-se à avaliação da PCC para o total das empresas representadas pela Valérius HUB consideradas. Sendo para isso, apresentada na Figura 21 a distribuição das emissões por fonte e a contribuição de cada âmbito, para a PCC da Valérius HUB, em 2020 e 2021.

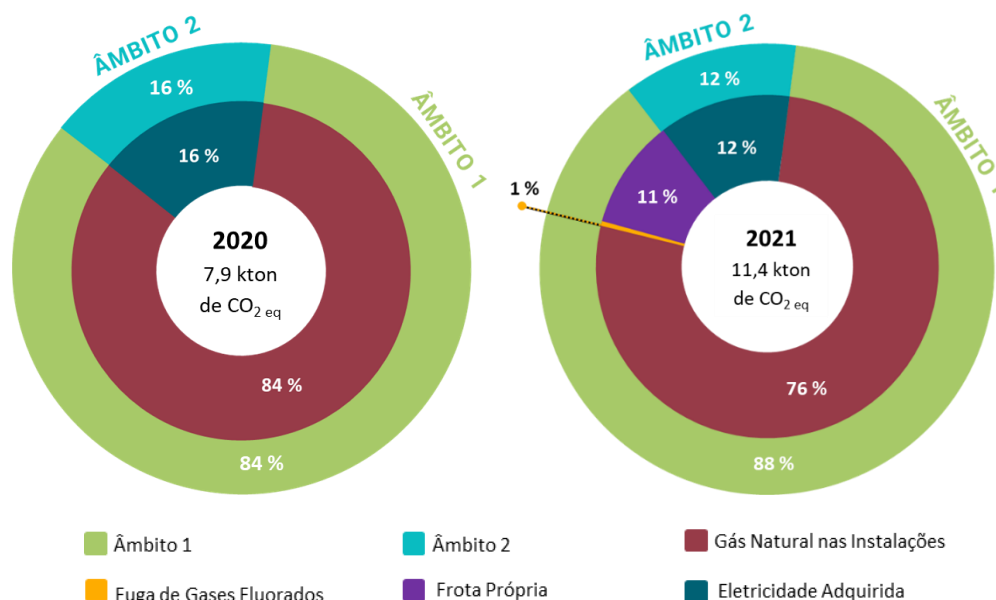


Figura 21. Distribuição das emissões da Valérius HUB de 2020 e 2021. A pegada associada à fuga de gases fluorados apenas foi contabilizada em 2021.

Como era de esperar, verificou-se um aumento geral da PCC de 2020 para 2021. O aumento de recolha de informação nas empresas Valérius HUB verificado em 2021, que conduziu, nesse ano, à consideração de categorias no âmbito 1 não consideradas previamente, mais especificamente, o consumo de combustíveis por veículos pertencentes à empresa (Frota própria) e as fugas de emissões em sistemas de ar condicionado (Fugas de gases fluorados). Juntamente, com o facto de que, em 2020, se verificou uma diminuição da produção na indústria têxtil, a qual resultou em consumos de gás natural e eletricidade adquirida da rede mais baixos para esse ano, justifica o aumento, de 2020 para 2021, da pegada e âmbitos na Valérius HUB.

Das emissões resultantes das necessidades energéticas, isto é, da queima de gás natural para geração de energia térmica e do consumo de eletricidade adquirida à rede, verifica-se que, em ambos os anos, o consumo de gás natural para produção de energia térmica (utilizada para aquecimento de águas e produção de vapor e calor) correspondia à maior fonte de emissões. As emissões totais da queima de gás natural nas instalações, foram em 2020 e 2021, respetivamente, responsáveis por 84 % dos 100 % e 76 % dos 88 %.

Conclui-se, então que a ITV possui processos com elevadas necessidades energéticas, sendo o maior contribuidor, para as emissões da Valérius HUB, as emissões resultantes da queima do gás natural para geração de energia térmica, seguida pelas emissões resultantes da produção da eletricidade adquirida.

Verifica-se que a pegada de carbono corporativa obtida para a Valérius HUB representa a contribuição de cada uma das seis empresas avaliadas pertencentes ao universo da Valérius HUB para a emissão de GEE. No entanto, realça-se que a PC é fortemente dependente dos processos e tecnologias das empresas avaliadas, pelo que as atividades que causam a maior contribuição para a PC podem ser distintas e variam em função destes processos. Isto era de esperar, devido ao facto indústria têxtil englobar processos muito distintos.

4.2. Identificação de Medidas de Prevenção e Ações para reduzir a Pegada de Carbono

A ITV possui processos com elevadas necessidades energéticas, sendo os maiores contribuintes para as emissões das fábricas da Valérius HUB a eletricidade e o gás natural, como foi possível verificar. A avaliação da pegada de carbono permite ter uma visão geral dos contribuintes para as emissões de GEE e definir as categorias em que a atuação para redução das suas emissões é mais importante.

Em 2020, foram emitidas devido às necessidades energéticas cerca de 8 kton de CO₂ eq pelas empresas selecionadas da Valérius HUB, destes cerca de 84 % resultaram da queima de gás natural para produção de energia térmica. Por sua vez, em 2021 das cerca de 10 kton de CO₂ eq emitidas, devido às necessidades energéticas, 86 % foram utilizadas na queima de gás natural para geração de energia térmica. Tendo em consideração, a elevada contribuição do gás natural, utilizado para geração de energia térmica presume-se que o desenvolvimento e aplicação de medidas sobre este consumo, de modo a promover a recuperação da energia térmica gerada, diminuir a quantidade de energia necessária ou substituir este combustível por outro de menor impacto, resultaria em reduções de maior amplitude. No que diz respeito ao consumo de energia elétrica, esta é uma categoria também em que é importante agir especialmente quando se fala em processos dependentes, apenas ou maioritariamente, desta energia como é o caso da fiação e tricotagem.

As empresas representadas pela Valérius HUB têm vindo a promover uma série de medidas que promovem um uso mais eficiente da energia, de modo a reduzir os custos associados ao consumo energético e o impacto ambiental da sua atividade, algumas das quais incluem:

- Instalação de painéis solares, para autoconsumo, em várias empresas⁶ como é o caso da Valérius 360°, da Clothius Barqueiros e da ABM - em 2021, foram evitadas a

⁶ No Anexo III é possível observar informação detalhada acerca do autoconsumo e emissões evitadas.

emissão de 140,4 ton de CO₂ eq a partir dos painéis solares instalados em 3 das 6 fábricas consideradas;

- Instalação de um sistema de recuperação do calor dos gases de exaustão emitidos pelas máquinas, ex: râmola, da tinturaria (ABM);
- Desenvolvimento de uma aplicação que permita o fácil acesso à informação energética das empresas, e também a outra informação útil, como consumos de água, produção e destino de resíduos industriais;
- Aquisição de uma caldeira de biomassa para funcionar como substituto do gás natural.

De modo a promover a redução da pegada de carbono são, de seguida, sugeridas algumas ações e medidas de redução da PCC, que contribuam para a obtenção do máximo de eficiência energética possível nos processos têxteis.

No que diz respeito à energia elétrica teve-se duas vias em consideração: a contínua instalação de painéis solares nas unidades industriais, proporcionaria uma energia alternativa à da rede, diminuindo a contribuição do âmbito 2, ou como alternativa, a substituição das caldeiras a gás natural já existentes nas fábricas por unidades de cogeração, o que resultaria numa geração adicional de eletricidade, e consequente diminuição da energia elétrica necessária obter da rede, isto é, diminuição da contribuição do âmbito 2.

Uma unidade de cogeração produz simultaneamente energia elétrica e térmica, a aplicação desta requer um estudo cuidadoso, pois a vantagem desta tecnologia consiste no facto de proceder ao aproveitamento da energia térmica da combustão que não é transformada em eletricidade. Uma caldeira convencional, utilizada para gerar energia térmica, como é o caso das caldeiras existentes nas empresas estudadas, são mais eficientes (DGEG, 2022). É necessário o estudo cuidadoso desta opção para cada caso, de modo, a garantir que a diminuição da eficiência térmica é compensada pela energia elétrica gerada adicionalmente. Ao contrário da opção relativa à instalação de painéis solares a qual é

adequada para aplicar em qualquer empresa do grupo, a segunda opção relativa à unidade de cogeração seria adequada apenas para as tinturarias ABM e Clothius Carvalhal.

Adicionalmente para reduzir o consumo de energia elétrica, utilizada para manter a temperatura e a humidade elevadas na etapa de fiação, é sugerida a redução do volume do espaço onde ocorre a fiação, por exemplo através de um teto falso.

Por sua vez, no que diz respeito à redução das necessidades térmicas, especificamente da tinturaria ABM e, potencialmente, da Clothius Carvalhal, existe a possibilidade de proceder à recuperação do potencial térmico dos efluentes industriais. Este processo consiste na utilização de permutadores de calor para aproveitar a energia térmica da água dos banhos, para pré-aquecer a água do novo banho, diminuindo a quantidade de energia térmica necessária fornecer para aquecer o novo banho, e consequentemente o consumo de gás natural (Âmbito 1). Pode também ser instalados coletores térmicos para pré-aquecer a água necessária para os banhos ou para gerar vapor diminuindo mais uma vez a energia térmica que esta necessita para atingir o estado gasoso ou a temperatura desejada do banho.

Adicionalmente, proceder à manutenção do circuito de ar comprimido e ar condicionado, em todas as fábricas que os possuem, iria permitir a deteção e reparação de fugas nos circuitos evitando que a existência de tubagens mal isoladas, resultem num aumento dos custos energéticos destes sistemas. Adicionalmente a deteção e reparação de fugas nos circuitos de ar condicionado influencia diretamente a pegada de carbono pois pode diminuir as fugas de gases fluorados (Âmbito 1).

Outras medidas podem ser aplicadas para promover a redução da pegada de carbono, como é o caso da realização da conversão dos gases de refrigeração com elevado PAG dos sistemas de AC, por outros, com menor ou nenhum PAG. Porém, em 2021, a fuga de gases fluorados contribui apenas em 1 % para a PCC total das seis empresas consideradas, pelo que a atuação nesta categoria pode incorrer em custos muito superiores ao retorno económico.

É então de vital importância que todas as medidas de redução sugeridas ou a implementar sejam alvo de uma análise em profundidade de modo a avaliar a sua eficácia e viabilidade

a nível económico. Para isso, deverá proceder-se ao cálculo do tempo de retorno de investimento e quantidade de redução de consumo energético e, consequentemente, de custo e impacto no aquecimento global. Poderá também recorrer-se a análise do custo-eficácia.

De modo geral, recomenda-se a implementação e melhoramento contínuo dos sistemas de recolha e monitorização para agilizar a recolha de dados no futuro, aumentar a precisão dos dados e prestar apoio à decisão para as medidas a tomar na mitigação da PC.

5. LIMITAÇÕES, CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

A avaliação da pegada de carbono na Valérius HUB, trouxe à luz algumas limitações, como a necessidade de complementação desta ferramenta com outra, como por exemplo, da metodologia de *Life Cycle Sustainability Assessment*, que possibilita uma avaliação combinada de três das dimensões da sustentabilidade (Ambiente, Económico e Social) para obtenção de uma visão mais completa da sustentabilidade da empresa. Esta relaciona-se com o facto de a pegada de carbono apenas contabilizar emissões de GEE e não contabilizar outros aspetos ambientais cujo consumo causa consequências que podem possuir impactos negativos no ambiente, como é o caso do consumo de água. Adicionalmente, existem limitações relacionadas com a não existência de uma unidade única de medida para comparação dos resultados entre empresas e com a dificuldade de recolha de informação e repartição dos consumos por cada empresa avaliada. De modo a promover o aumento da precisão da pegada de carbono corporativa reportada é necessário proceder ao aumento da monitorização dos dados nas empresas do grupo, da facilidade de acesso à informação e da uniformização no reporte dos resultados, através da definição de uma base comum como, por exemplo, o volume de faturação ou massa de malha produzida.

A partir da avaliação da pegada de carbono corporativa total de seis empresas selecionadas representadas pela Valérius HUB, que perfazem a totalidade da cadeia têxtil, concluiu-se que o setor têxtil é um setor com elevados consumos energéticos, sendo as emissões do

âmbito 1, em específico, as resultantes do consumo de gás natural para geração de energia térmica, as que mais contribuem para a pegada de carbono corporativa da Valérius HUB. Adicionalmente aferiu-se que a tinturaria e acabamentos, fases da ultimação, possuem a maior contribuição para a pegada de carbono da cadeia têxtil.

Conclui-se que apesar de a metodologia usada possibilitar a comparação da pegada de carbono do ano 2020 com o de 2021, esta comparação foi comprometida, devido às grandes quebras de produção no setor verificadas no ano de 2020, resultantes dos confinamentos causados pela pandemia de Covid-19.

Prevê-se uma diminuição da pegada de carbono corporativa da Valérius HUB, em 2022, devido aos projetos de sustentabilidade e medidas de redução das emissões que as empresas representadas pela Valérius HUB têm vindo a desenvolver e que promovem um uso mais eficiente da energia, de modo a reduzir os custos e o impacto ambiental da sua atividade.

Para o futuro, sugere-se a complementar este estudo, alargando as fronteiras consideradas para englobar as outras empresas representadas pela Valérius HUB e o âmbito 3, de forma a analisar qual o efeito que as iniciativas de sustentabilidade, como a do reaproveitamento de desperdício de fases da cadeia têxtil, possui sobre as emissões do âmbito 3 da Valérius HUB. Recomenda-se também o contínuo estudo, desenvolvimento e implementação de medidas e iniciativas de redução do impacte da Valérius HUB a nível do aquecimento global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2021a). Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). Retrieved June 13, 2022, from <https://apambiente.pt/clima/comercio-europeu-de-licencas-de-emissao-cele>
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2021b). Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas - UNFCCC. Retrieved June 13, 2022, from <https://apambiente.pt/clima/convencao-quadro-das-nacoes-unidas-sobre-alteracoes-climaticas-unfccc>
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2022a). Fator de Emissão GEE da Eletricidade Produzida em Portugal. Retrieved from <https://apambiente.pt/clima/fator-de-emissao-de-gases-de-efeito-de-estufa-para-eletricidade-produzida-em-portugal>
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2022b, April 1). National Inventory Report 2022 Portugal. Retrieved June 12, 2022, from https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/NIR20220415.pdf
- Akhtar, S., Fatima Baig, S., Saif, S., Mahmood, A., Rashid Ahmad, S., & Author, C. (2017). Five Year Carbon Footprint of a Textile Industry: A Podium to incorporate Sustainability. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(1), 125–132. Retrieved from www.neptjournal.com
- APCER. (2021). *Compensação e Neutralidade Carbónica*. Retrieved from <https://apcergroup.com/pt/>
- Araújo, M. e M., & Castro, M. M. (1984). *Manual de Engenharia Têxtil I*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Carbon Trust. (2018). Carbon footprinting: Introductory guide. Retrieved from <https://www.carbontrust.com/resources/carbon-footprinting-guide>
- Carbon Trust. (2020). Carbon Trust Conversion Factors. Retrieved from <https://www.carbontrust.com/resources/conversion-factors-energy-and-carbon-conversion-guide>
- Caro, D. (2018). Carbon footprint. In *Encyclopedia of Ecology* (pp. 252–257). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.10752-3

- CCDRN. (2020). Economia Circular: agenda regional do norte. Retrieved from https://www.ccdr-n.pt/storage/app/media/2021/textil_arec_mar2021.pdf
- CLIMATE-DATA.ORG. (2021). Clima Vila do Conde (Portugal). Retrieved June 30, 2022, from <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/vila-do-conde/vila-do-conde-7083/>
- Costa, C., Azoia, N. G., Silva, C., & Marques, E. F. (2020). Textile Industry in a Changing World: Challenges of Sustainable Development. *U. Porto Journal of Engineering*, 6(2), 86–97. doi:https://doi.org/10.24840/2183-6493_006.002_0008
- Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA). (2013, April 9). Measuring and reporting environmental impacts: guidance for businesses.
- Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). (2022). Cogeração. Retrieved June 24, 2022, from <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/cogeracao/>
- Direção-Geral das Atividades Económicas (DGAE). (2018). *Sinopse. Indústria Têxtil e Vestuário*. Retrieved from <https://www.dgae.gov.pt/gestao-de-ficheiros-externos-dgae-ano-2019/sinopse-textil-vestuario-17-04-2019.aspx>
- Direção-Geral das Atividades Económicas (DGAE). (2020). *Indústrias de Têxteis e Vestuário*. Retrieved from https://www.dgae.gov.pt/gestao-de-ficheiros-externos-dgae-ano-2020/infg_cae_14_industria_do_vestuário-pdf.aspx
- Elhawary, I. A. (2015). Chapter 9 - Fibre to Yarn: Staple-Yarn Spinning. In R. Sinclair (Ed.), *Textiles and Fashion* (pp. 191–212). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00009-X>
- Ellen Macarthur Foundation. (2017). *A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future*. Retrieved from <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future*. Retrieved from www.ellenmacarthurfoundation.org
- European Commission (EC). (2022). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Textiles Industry*. Retrieved from <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>.
- European Environment Agency (EEA). (2019). *Textiles in Europe's circular economy*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy>
- European Environment Agency (EEA). (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. Retrieved June 12, 2022, from <http://efdb.apps.eea.europa.eu/>

- FENC. (2020). *Inventing New Century. 2020 Sustainability Report*. Retrieved from <http://csr.fenc.com/?lang=en>
- GHG Protocol. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. (Revised Edition). USA. Retrieved from <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- Gomes, P., Santos, G., Ferreira, F., Carvalho, M., & Blattmann, S. (2005). *Manual do Formando Módulo 1: Tecnologia de Confeção - Nível Básico*. Vila Nova de Famalicão: CITEVE - Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal. Retrieved from https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/49826/mod_resource/content/0/25614_ManualFormandoNivBasicoTecnologiaConfeccaoModulo1.pdf
- Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). (2016). *Global Warming Potential Values*. Retrieved from <https://ghgprotocol.org/>
- H&M Group. (2022). *How We Report: Reporting Scope 2021*. Retrieved April 17, 2022, from <https://hmgroup.com/sustainability/sustainability-reporting/how-we-report/>
- ILO. (2021). *Reducing the footprint? How to assess carbon emissions in the garment sector in Asia. ILO Asia-Pacific report*. Retrieved from https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/publication/wcms_781938.pdf
- Inditex. (2021). *Inditex Anual Report 2021*. Retrieved from <https://www.inditex.com/investors/investor-relations/annual-reports>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Fourth Assessment Report*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Fifth Assessment Report*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

- ISO. (2012a). *ISO 14064-1. Greenhouse Gas - Part 1: specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2012b). *ISO 14064-2:2012 Greenhouse gases — Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2012c). *ISO 14064-3:2012. Greenhouse gases — Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions*. International Organization for Standardization.
- Levi Strauss & Co. (2018). *Climate Action Strategy 2025*. Retrieved from https://www.levistrauss.com/wp-content/uploads/2018/07/LSCO_Climate_Action_Strategy_2025.pdf
- Matthews, H. S., Hendrickson, C. T., & Weber, C. L. (2008, August 15). The importance of carbon footprint estimation boundaries. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es703112w
- Ministério da Agricultura do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território. Decreto-Lei n.º 127/2013 (2013). Diário da República n.º 167/2013.
- Ministério da Indústria e Energia. Portaria n.º 228/1990 (1990). Diário da República n.º 72/1990. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/228-1990-333086>
- Monteiro, P. (2020). *VALÉRIUS 360º: FLUXOGRAMA*.
- Muthu, S. S. (2014). Textile processing and greenhouse gas emissions: methods for calculating the product carbon footprint (PCF) of textile products. *Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain*, 57–77. doi:10.1533/9781782421122.57
- Parlamento Europeu. (2021). Combater as Alterações Climáticas. *Fichas Técnicas Sobre a União Europeia*. Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU_2.5.2.pdf
- Peters, G., Svanström, M., Roos, S., Sandin, G., & Zamani, B. (2016). Energy footprints in the textile industry. In *Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing* (pp. 31–61). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00761-7>

- Portugal 2020. (2021, July 1). Aprovada Lei Europeia do Clima. Retrieved April 18, 2022, from <https://portugal2020.pt/aprovada-lei-europeia-do-clima/>
- Quantis. (2018). *Measuring Fashion 2018: Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries Study*. Retrieved from <https://quantis-intl.com/report/measuring-fashion-report/>
- Sadowski, M., Yan, C., & Aden, N. (2019). *Apparel and Footwear Sector: Science-Based Targets Guidance*. Retrieved from <https://www.wri.org/research/apparel-and-footwear-sector-science-based-targets-guidance>
- Sholahudin, Giannetti, N., Yamaguchi, S., Saito, K., Tanaka, K., & Ogami, H. (2020). A cost effective and non-intrusive method for performance prediction of air conditioners under fouling and leakage effect. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 42, 100856. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100856>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2000). *Emergency Planning and Community Right-To-Know Act Section 313 Reporting Guidance for the Textile Processing Industry*. Washington DC. Retrieved from <https://www.epa.gov/epcra>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2021). GHG Inventory Development Process and Guidance. Retrieved May 23, 2022, from <https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-inventory-development-process-and-guidance>
- Valérius HUB. (2020a). Embracing Circularity. Retrieved March 15, 2022, from <https://valeriushub.com/sustainability/>
- Valérius HUB. (2020b). Welcome to Valérius HUB – sustainable fashion makers. Retrieved March 15, 2022, from <https://valeriushub.com/welcome-to-valerius-hub-sustainable-fashion-makers/>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A Definition of Carbon Footprint. *CC Pertsova, Ecological Economics Research Trends*, 2, 55–65.

ANEXO I – VALORES MENSAIS DE ELETRICIDADE E GÁS NATURAL

Neste anexo são apresentados os valores mensais de eletricidade e gás natural para todas as empresas selecionadas representadas pela Valérius HUB. Estes valores foram utilizados para obter os valores anuais de eletricidade adquirida e gás natural (secção 3.4.)

Na Tabela I-1, abaixo apresentada encontram-se os valores mensais de eletricidade adquirida da rede em 2020 e 2021.

Tabela I-1. Valores do consumo mensal de eletricidade adquirida, em kWh.

Empresa	Valérius		Clothius		Érius Print	ABM
	360°	Sede	Carvalho	Barqueiros		
jan/20		31 502	81 353	101 381	31 609	405 002
fev/20		24 204	65 155	86 246	27 459	365 484
mar/20		26 464	71 259	76 389	32 390	416 298
abr/20		23 412	44 676	62 292	23 810	214 874
mai/20		27 325	45 429	72 099	28 166	290 781
jun/20		25 824	80 421	59 405	26 843	427 661
jul/20	26620	37 476	80 019	88 799	42 142	475 763
ago/20		23 538	59 742	69 347	24 576	408 283
set/20		23 437	67 381	89 398	25 338	405 922
out/20	18 561	27 039	80 559	114 366	38 938	524 519
nov/20	20 031	29 239	72 426	106 364	42 504	435 443
dez/20	18 511	30 153	68 749	102 263	32 298	391 030
Total 2020	83723	329613	817169	1028349	376073	4761060
jan/21	19 868	39 294	89 826	115 596	34 269	487 809
fev/21	16 730	29 892	86 032	100 001	30 306	421 195
mar/21	17 394	32 874	93 090	116 508	39 686	408 131
abr/21	16 668	26 782	86 651	103 055	37 083	351 279
mai/21	17 133	25 781	78 259	82 093	37 348	342 907
jun/21	15 375	26 454	82 062	88 661	34 821	312 323
jul/21	14 381	30 806	109 182	107 143	34 498	400 054
ago/21	17 003	22 509	69 311	60 651	24 454	222 406
set/21	14 708	21 841	82 501	88 025	31 990	391 171
out/21	16 893	24 501	92 437	109 648	29 461	504 154
nov/21	17 393	30 003	106 097	124 367	34 131	503 648
dez/21	6 122	27 174	100 797	120 411	32 299	474 108
Total 2021	189 668	337 911	1 076 245	1 216 159	400 346	4 819 185

Na Tabela I-2, abaixo apresentada encontram-se os valores mensais de gás natural em 2020 e 2021.

Tabela I- 2. Valores do consumo mensal de gás natural, em kWh.

Empresa	Valérius		Clothius		Érius Print	ABM
	360	Sede	Carvalhal	Barqueiros		
jan/20		-813	741 235	0	23 223	2 271 729
fev/20		871	563 433	0	21 826	1 971 082
mar/20		3 427	650 814	0	14 975	2 155 335
abr/20		80	413 597	0	15 998	619 084
mai/20		-3 888	392 578	0	27 993	1 023 953
jun/20		160	548 469	0	29 007	2 171 152
jul/20	0	520	761 195	0	39 547	2 243 371
ago/20	0	422	581 976	0	26 688	1 966 439
set/20	0	313	606 473	0	19 160	2 198 074
out/20	0	323	730 934	0	28 595	3 143 117
nov/20	0	1 427	631 156	0	42 383	2 691 619
dez/20	0	705	694 713	0	31 577	2 093 041
Total 2020	0	3 547	7 316 573	0	320 970	24 547 996
jan/21	0	0	963 041	0	35 863	X
fev/21	0	0	973 850	0	29 085	X
mar/21	0	0	1 025 953	0	55 500	X
abr/21	24	0	909 679	0	58 387	X
mai/21	553	0	834 856	0	40 964	X
jun/21	4 687	0	880 288	0	53 861	X
jul/21	1 941	0	1 078 708	0	51 098	X
ago/21	437	0	655 971	0	28 718	X
set/21	2 390	0	727 408	0	36 346	X
out/21	6 410	0	737 580	0	36 359	X
nov/21	10 328	0	943 520	0	41 485	X
dez/21	13 264	0	928 230	0	38 318	X
Total 2021	40 034	0	10 659 084	0	505 984	31 391 896

Nota: X – apenas estava disponível o consumo anual

ANEXO II – FATORES DE EMISSÃO E DE CONVERSÃO

Na Tabela II-1, encontram-se os fatores de conversão de GJ em kWh e de volume (litros, L) de gasóleo e gasolina para massa (toneladas, t).

Tabela II- 1. Fatores de Conversão.

	Fator conversão
Energia ^{a)}	1 GJ = 277,8 kWh
Gasóleo ^{b)}	1 L = 0,835 kg
Gasolina normal ^{b)}	1 L = 0,720 kg

A fonte de informação é ^{a)} (Carbon Trust, 2020) ^{b)} (Ministério da Indústria e Energia, 1990)

Na Tabela II-2, é possível observar os fatores de emissão, utilizados para proceder à conversão dos dados das atividades em emissões de CO_{2eq}.

Tabela II- 2. Fatores de Emissão. Adaptado de (APA, 2022b; EEA, 2019; APA, 2022)

Âmbito 1: Emissões Diretas						
Nome	Categoria	Unidades	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO _{2eq}
Gás natural	Caldeiras Médias ^{a)}	Kg/GJ	56,40	0,0010	0,0010	56,72
		Kg/kWh	0,203	3,60x10 ⁻⁶	3,60x10 ⁻⁶	0,2041
Gasóleo Passageiros ^{b)}	Ligeiros	Kg/kg de combustível	3,140	-	8,7x10 ⁻⁵	3,166
	Pesados ^{d)}	Kg/kg de combustível	3,140	-	-	3,140
Gasóleo Mercadorias ^{b)}	Ligeiros	Kg/kg de combustível	3,140	-	5,6x10 ⁻⁵	3,157
	Pesados	Kg/kg de combustível	3,140	-	5,1x10 ⁻⁵	3,155
Gasóleo ^{b)}	Empilhador ^{d)}	Kg/kg de combustível	3,140	-	-	3,140
Gasolina E5 Passageiros ^{b)}	Ligeiros ^{e)}	Kg/kg de combustível	3,125	-	-	3,125
Âmbito 2: Emissões Indiretas de Eletricidade Adquirida.						
Portugal Continental ^{c)}	Eletricidade	kg/kWh	-	-	-	0,175

^{a)} (APA, 2022b) ^{b)} (EEA, 2019); ^{c)} (APA, 2022); ^{d)} Para os fatores de emissão dos veículos pesados de passageiros e empilhadores a gasóleo foi considerado o fator de emissão de CO₂, para todo o tipo de veículos a gasóleo existente na EMEP/EEA. ^{e)} Fatores de emissão apresentado para veículos ligeiros de passageiros de gasolina o existente na EMEP/EEA para todo o tipo de veículos a gasolina E5 - gasolina com 5% de etanol.

O fator de emissão expresso em CO₂ equivalente (FE CO_{2eq}) foi obtido através da multiplicação dos fatores de emissão individuais de GEE considerados (CO₂; CH₄ e N₂O),

apresentados na Tabela II-2, pelos Potenciais de Aquecimento Global (PAG) de cada GEE considerado, apresentados na Tabela II-3, recorrendo à equação II-1.

$$FE\ CO_{2eq} = \sum FE_g \times PAG_g \quad \text{Equação II- 1}$$

Em que FE_g consiste no fator de emissão de determinado gás (g) e PAG_g corresponde ao potencial de aquecimento global de determinado gás (g).

A Tabela III-3 apresenta os potenciais de aquecimento global, para um horizonte temporal de 100 anos, relativos ao CO₂. Na Tabela encontram-se os PAG do IPCC Fifth Assessment Report (AR5) de 2014, porém também estão presentes os PAG do Fourth Assessment Report (AR4) de 2007.

Devido ao fator de emissão relativo ao mix energético da eletricidade adquirida, em Portugal continental, ter sido calculado recorrendo aos PAG do AR4 e de só se possuir o fator de emissão relativo à quantidade de CO_{2 eq} emitido, foi necessário utilizar no cálculo da pegada os PAG do AR4 ao invés dos do AR5 (mais recentes), de modo a garantir a uniformização nos PAG utilizados.

Tabela II- 3. Potenciais de aquecimento global relativos ao CO₂. Adaptado de (GHG Protocol, 2016)

Nome		Unidades	PAG (AR4)	PAG (AR5)
Dióxido de Carbono, CO ₂		kg CO _{2 eq} /kg CO ₂	1	1
Metano, CH ₄		kg CO _{2 eq} /kg CH ₄	25	28
Óxido Nitroso, N ₂ O		kg CO _{2 eq} /kg N ₂ O	298	1.1. 265
Potenciais Aquecimento Global Gases Refrigerantes				
Gás	Composição	Unidades	PAG (AR4)	PAG (AR5)
R22	HFCF-22	kg CO _{2 eq} /kg R22	1810	1760
R32	HFC-32	kg CO _{2 eq} /kg R32	675	677
R125	HFC-125	kg CO _{2 eq} /kg R125	3500	3170
R134	HFC-134	kg CO _{2 eq} /kg R134	1100	1120
R134a	HFC-134 ^a	kg CO _{2 eq} /kg R134a	1430	1300
R143a	HFC-143 ^a	kg CO _{2 eq} /kg R143a	4470	4800
R404A	Mistura de 44 % de R-125, 52% de R-143a e 4 % de R-134a.	kg CO _{2 eq} /kg 404 ^a	3921,6	3942,8

R407C	Mistura de 52 % de R134a, 25 % de R125 e 23 % de R32	kg CO ₂ eq/kg R407C	1773,85	1624,21
R410A	Mistura do 50 % de R32 e 50 % de R125	kg CO ₂ eq/kg R410A	2087,5	1923,5

ANEXO III – AUTOCONSUMO E EMISSÕES EVITADAS

Foram construídas, em 2021, centrais fotovoltaicas nas instalações da Valérius 360°, da Clothius Barqueiros e da ABM, para geração de eletricidade para autoconsumo. Na Tabela IV-1 é possível verificar o consumo da eletricidade adquirida à rede, a produção de eletricidade a partir de painéis fotovoltaicos para consumo próprio (autoconsumo), o consumo total de eletricidade e as respectivas emissões, para as 3 empresas. É também possível verificar a percentagem do consumo total de eletricidade das empresas, que, em 2021, foi adquirida à rede ou gerada nos painéis solares da empresa. O consumo total de eletricidade, apresentado na Tabela III-1, corresponde à soma da eletricidade adquirida à rede pelas empresas com a eletricidade gerada por painéis solares nas instalações, em regime de autoconsumo.

Tabela III- 1. Autoconsumo e emissões evitadas, em 2021.

	ABM	Clothius Barqueiros	Valérius 360°
Consumo Eletricidade da Rede	4 819 185 kWh (89%)	1 216 159 kWh (99%)	189 668 kWh (52%)
Emissões de CO₂ eq totais	843 357 ton CO ₂ eq	212 828 ton CO ₂ eq	33 192 ton CO ₂ eq
Autoconsumo a partir dos painéis fotovoltaicos da empresa	616 877 kWh (11%) ^{a)} Consumo iniciado em junho de 2021	13 250 kWh (1%) ^{a)} Consumo iniciado em outubro de 2021	172 042 kWh (48%) ^{b)} Consumo iniciado em julho de 2021
Consumo Total de eletricidade	5 436 062 kWh	1 229 409 kWh	361 710 kWh
Emissões de CO₂ eq evitadas	108,0 ton CO ₂ eq	2,3 ton CO ₂ eq	30,1 ton CO ₂ eq

^{a)} Valores obtidos a partir dos sistemas de monitorização da eletricidade gerada pelos painéis solares da empresa;

^{b)} Valores estimados, visto a empresa não possuir sistema de monitorização da eletricidade gerada pelos painéis solares.

As emissões evitadas por cada uma das três empresas, em 2021, foram obtidas multiplicando a eletricidade gerada a partir da central fotovoltaica existente nas instalações de cada empresa para autoconsumo pelo fator de emissão da eletricidade da rede.

Para o total de empresas avaliadas verifica-se que, para 2021, o total de emissões evitadas é de 140,4 ton CO₂ eq devido ao consumo da eletricidade gerada nas centrais fotovoltaicas. A este valor corresponde uma diminuição nas emissões resultantes do consumo energético das seis empresas representadas pela Valérius HUB de cerca de 9 % do total de emissões geradas pelas seis empresas da Valérius HUB com origem no consumo de eletricidade da

rede nacional. A percentagem de emissões evitadas pela totalidade das seis empresas da Valérius HUB, em 2021, foi obtida dividindo a soma das emissões de CO₂ eq evitadas (pelas 3 empresas que possuem centrais fotovoltaicas - ver tabela III-1), pelas emissões totais resultantes da eletricidade adquirida à rede, na totalidade das seis empresas da Valérius HUB (ver tabela 6).

Prevê-se um aumento da percentagem de emissões evitadas para 2022, visto as três centrais fotovoltaicas consideradas não terem funcionado durante a totalidade do ano de produção de 2021, como é possível ver na Tabela III-1. Pelo que, se os painéis fotovoltaicos funcionarem durante todo o ano de produção de 2022, a eletricidade produzida pelos mesmos será maior e, conseqüentemente, será maior a percentagem de emissões evitadas.

A central fotovoltaica da Valérius 360° ainda não possui sistema de monitorização, pelo que foi necessário estimar a energia elétrica produzida pelos painéis fotovoltaicos da Valérius 360°. De seguida, é possível observar o cálculo da estimativa da eletricidade produzida para autoconsumo, pela Valérius 360°.

- **Estimativa da produção de eletricidade na central fotovoltaica da Valérius 360°, em regime de autoconsumo, entre julho e dezembro de 2021**

Tendo em consideração que a eficiência dos painéis é cerca de 11 %, que a potência instalada é de 998,25 kW e que desde julho de 2021 (mês de início de produção) houve, aproximadamente, 1436,2 h de sol (CLIMATE-DATA.ORG, 2021). É possível estimar a produção de eletricidade nos painéis solares da Valérius 360° para autoconsumo, recorrendo equação III-1.

$$Autoconsumo_{360} = 0,11 \cdot 998,25 \cdot 1436,2 = 172042 \text{ kWh} \quad \text{Equação III-1}$$

O valor obtido foi subestimado, não tendo sido considerado um ano total de produção, pois o funcionamento dos painéis solares iniciou-se apenas em julho.

ANEXO IV — EMISSÕES DAS ETAPAS DO PROCESSO DA VALÉRIUS 360°

Este anexo engloba os cálculos necessários à obtenção das emissões resultantes das necessidades energéticas para cada etapa do processo da Valérius 360°.

- **Cálculo das emissões associadas às etapas do processo produtivo da Valérius 360°**

É possível proceder à obtenção das emissões de GEE, resultantes do consumo energético, para cada etapa do processo produtivo da Valérius 360°, através da equação IV-1.

$$Emissões_{etapa} = Emissões_{eletricidade,etapa} + Emissões_{gás\ natural,etapa} \quad \text{Equação IV-1}$$

Na qual, $Emissões_{eletricidade,etapa}$, diz respeito às emissões resultantes do consumo elétrico para determinada etapa do processo produtivo da Valérius 360° e $Emissões_{gás\ natural,etapa}$, diz respeito às emissões resultantes do consumo térmico para determinada etapa do processo produtivo da Valérius 360°.

As emissões resultantes do consumo elétrico para determinada etapa do processo produtivo da Valérius 360°, necessária para a equação IV-1, pode ser obtida através da equação IV-2 e da informação apresentada na Tabela 7 e 8.

$$Emissões_{eletricidade,etapa} = C_{eletricidade\ da\ rede,etapa} \cdot FE_{eletricidade} \quad \text{Equação IV-2}$$

Na qual $C_{eletricidade\ da\ rede,etapa}$ corresponde ao consumo de eletricidade adquirida à rede nacional em cada etapa, apresentado na Tabela 7 do capítulo 3.4., e $FE_{eletricidade}$ corresponde ao fator de emissão da eletricidade da rede nacional de Portugal disponibilizado pela (APA, 2022a)

As emissões resultantes do consumo de gás natural para determinada etapa do processo produtivo da Valérius 360°, necessária para a equação IV-1, pode ser obtida através da equação 1, apresentada no ponto 3.4. desta dissertação.