



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
2017/2018**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO MODELO DE SAPATO
“MEN’S GOLF COOL” PRODUZIDO NA ECCO’LET
PORTUGAL**

FREDERICO PINHEIRO MOREIRA

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Orientadora académica: Belmira Almeida Ferreira Neto
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co – orientador académico: Sílvia Cardinal Pinho
Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Metalúrgica e
Materiais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Orientador na empresa: José Carlos Tavares
Coordenador do Setor de Ambiente, Higiene e Segurança da ECCO’let
Portugal

Orientadora na empresa: Luísa Arantes
Responsável dos Sistemas de Gestão do Grupo ECCO’let Portugal

março, 2018

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a todas as pessoas envolvidas na realização desta dissertação, sem as quais não seria possível a sua elaboração.

Queria agradecer à minha orientadora académica, Professora Belmira Neto, bem como à minha co-orientadora, a Professora Sílvia Pinho por todo o apoio e disponibilidade que mostraram em todas as etapas da elaboração desta dissertação.

Gostaria de agradecer aos meus orientadores na ECCO'let, os engenheiros José Carlos Tavares e Luísa Arantes por todo o apoio que me foi dado e por me ajudarem a compreender melhor como é realizada a produção de calçado.

Um especial obrigado a todos os colaboradores de ECCO'let pela simpatia, paciência e pela ajuda que se revelou essencial na realização desta dissertação.

A todos os docentes, colegas e coordenadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que contribuíram para a minha formação académica e crescimento pessoal.

A todos os meus amigos da Faculdade de Engenharia, com os quais partilhei estes cinco anos e meio e que tornaram este percurso extremamente gratificante. Um especial agradecimento aos meus amigos Alexander Uzcategui, Mariana Pinto, Francisca Braga, Mafalda Brandão e Luísa Oliveira por serem das melhores pessoas que tive o prazer de conhecer durante este percurso.

Ao Ricardo Ribeiro e André Dantas, por serem das melhores pessoas que alguma vez conheci, pela amizade que me demonstraram ao longo destes anos e por serem das pessoas que mais contribuíram para o meu crescimento pessoal.

Um especial obrigado à Inês Frada por ser das pessoas que está presente na minha vida há mais de 10 anos e com a qual partilhei muitos momentos que não vou esquecer.

Um obrigado ao Joaquin Pereira, André Marques e Rui Fonseca por terem tido um impacto significativo na vida e por terem sido verdadeiros amigos ao longo deste percurso.

Aos meus amigos Miguel Paiva, Inês Bonnet Sequeira, Catarina Amaro, Francisco Costa, Liliana Igreja, Diogo Barros, Daniano Vasconcelos Caires, Filipa Jesus, Margarida Cruz e Catarina Neves com os quais passei dos melhores momentos da minha vida e criei memórias que vão ficar comigo para sempre.

Às minhas amigas Andreia Rodrigues e Sofia Ribeiro por todas as memórias que partilhamos e pela amizade que me demonstraram desde os tempos de secundário.

Por fim, gostaria de agradecer à minha família, especialmente aos meus pais e irmão por tudo o que fizeram por mim e espero um dia, poder retribuir todo o apoio que me deram.

Resumo

Neste trabalho foi realizada a avaliação do ciclo de vida da produção de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” na ECCO’let Portugal. Esta avaliação incluiu a análise da produção do par de gáspeas, dos processos de montagem e acabamento realizados na ECCO’let, do transporte de gáspeas desde a ECCO localizada na Tailândia até à ECCO’let e o transporte do par de sapatos desde a ECCO’let até à empresa de distribuição no pólo da Maia.

Em primeiro lugar foi realizada uma introdução teórica de modo a obter-se um maior entendimento da produção de calçado, quer no contexto nacional, e no contexto internacional e os materiais utilizados no seu fabrico ao longo dos anos. Em seguida o foco é a avaliação do ciclo de vida, sendo descrita a metodologia usada. De modo a realizar a avaliação do ciclo de vida do par de sapatos, recorreu-se ao programa SimaPro 8, o que permitiu avaliar o impacte ambiental global associados às fases de produção do calçado, nomeadamente, a produção de gáspeas, a produção do sapato, os transportes das gáspeas desde a ECCO Tailândia até à ECCO’let Portugal e o transporte de sapatos desde a ECCO’let Portugal até à empresa de distribuição no pólo da Maia.

Conclui-se que os processos de montagem e acabamento apresentam uma maior contribuição para a depleção de combustíveis fósseis, aquecimento global, ecotoxicidade aquática, oxidação fotoquímica, acidificação e eutrofização. A produção de gáspeas apresenta um impacte dominante na depleção abiótica, toxicidade humana e ecotoxicidade terrestre. Por último, o transporte por via aérea apresenta um impacte significativo na depleção da camada de ozono, devido ao uso de querosene.

Foi também concluído que, globalmente, os processos de montagem/acabamento apresentam uma maior contribuição para a maior parte das categorias de impacte ambiental.

A produção de poliuretano associada aos processos de montagem é um grande contribuidor para o impacte ambiental, mais especificamente devido ao polioli usado na sua produção, de modo a reduzir o impacte ambiental dos

processos de montagem/acabamento, é necessário atuar recorrendo por exemplo à utilização de Termopoliuretanos (TPU) biodegradáveis.

Abstract

In this work was carried out the evaluation of the life cycle of the production of a pair of shoes of the model "Men's Golf Cool" in ECCO'let Portugal. This assessment included the analysis of the production of the upper pair, the assembly and finishing processes carried out at ECCO'let, the transport of uppers from ECCO located in Thailand to ECCO'let and the transport of the pair of shoes from ECCO ' let to the distribution company located in Maia.

In the first place, a theoretical introduction was made in order to obtain a better understanding of the production of footwear, both in the national context and in the international context and the materials used in its manufacture over the years. Next, the focus is the evaluation of the life cycle and the description of the methodology used. The evaluation of the life cycle of the pair of shoes was based on the SimaPro 8 program, which allowed assessing the overall environmental impact associated with the footwear production phases, namely, the production of uppers, shoe production, transport of uppers from ECCO Thailand to ECCO'let Portugal and the transport of shoes from ECCO'let Portugal to the distribution company located in Maia.

It was reached the conclusion that the processes of assembly and finishing present a greater contribution to the depletion of fossil fuels, global warming, aquatic ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification and eutrophication. Upper production has a dominant impact on abiotic depletion, human toxicity and terrestrial ecotoxicity. Finally, air transport has a significant impact on depletion of the ozone layer due to the use of kerosene.

It was also concluded that, overall, assembly / finishing processes make a greater contribution to most environmental impact categories. The production of polyurethane associated with the assembly and finishing processes is a major contributor to the environmental impact, more specifically due to the polyol used in its production. In order to reduce the environmental impact of the assembly / finishing processes, it is necessary to use, for example, biodegradable TPUs.

Índice

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introdução..... | 1 |
| 1.1 | Relevância do estudo..... | 1 |
| 1.2 | Objetivos do trabalho..... | 2 |
| 1.3 | Estrutura da dissertação..... | 3 |
| 2 | Estado de arte..... | 5 |
| 2.1 | Contextualização do sector do calçado em Portugal..... | 5 |
| 2.2 | Produção de calçado..... | 6 |
| 2.2.1 | Materiais utilizados na produção de calçado..... | 7 |
| 2.3 | Avaliação de ciclo de vida (ACV)..... | 10 |
| 2.4 | O ciclo de vida de um produto..... | 11 |
| 2.5 | Metodologia da ACV..... | 12 |
| 2.5.1 | Definição de objetivo e âmbito..... | 12 |
| 2.5.2 | Análise de Inventário..... | 13 |
| 2.5.3 | Avaliação de Impactes Ambientais..... | 16 |
| 2.5.4 | Interpretação dos resultados..... | 20 |
| 2.6 | Softwares, ferramentas e bases de dados utilizados na avaliação do ciclo de vida..... | 21 |
| 2.6.1 | Exemplos de softwares de avaliação de ciclo de vida (ACV)..... | 21 |
| 2.6.2 | Exemplos de bases de dados utilizadas na avaliação de ciclo de vida..... | 22 |
| 2.6.3 | Software e bases de dados utilizados neste estudo..... | 22 |
| 2.6.4 | Método CML – IA..... | 23 |
| 2.7 | Limitações, vantagens do processo de avaliação do ciclo de vida..... | 24 |
| 2.8 | Uso de ACV para comparação entre estudos..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.9 Estudos de ACV envolvendo avaliação de ciclo de vida do calçado | 25 |
| 3 Avaliação de ciclo de vida do modelo de sapatos da Ecco'let..... | 27 |
| 3.1 Definição do objetivo e âmbito..... | 27 |
| 3.2 Análise de Inventário do ciclo de vida | 32 |
| 3.3 Avaliação de impactes | 43 |
| 3.3.1 Contribuição relativa de cada processo para o impacte ambiental .. | 43 |
| 3.3.2 Contribuição individual de cada um dos processos estudados..... | 51 |
| 4 Conclusão e limitações..... | 63 |
| 5 Propostas de redução de impactes ambientais..... | 65 |
| Referências Bibliográficas | 67 |
| Anexos..... | 71 |
| Anexo A: Bases de dados usadas na modelação | 71 |
| Anexo B: Materiais utilizados nos processos de montagem/acabamento..... | 74 |
| Anexo C: Amostras de materiais utilizados na produção de gáspeas | 81 |
| Anexo D: Percursos do transporte de um par de gáspeas do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO Tailândia até À ECCO Portugal por via marítima e terrestre..... | 96 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-------------------------------------|
| <i>Figura 1 - ECCO'let (Portugal), Fábrica de Sapatos, Lda</i> | 2 |
| <i>Figura 2 - Consumo em Portugal, por tipo de calçado, em Portugal no ano de 2016</i> | 6 |
| <i>Figura 3 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida (ISO 14040:2006)</i> | 11 |
| <i>Figura 4 - Esquema da tipologia de entradas e saídas de um processo unitário (Baumann, H. e Tillman, 2004)</i> | Erro! Marcador não definido. |
| <i>Figura 5 - Fases obrigatórias da avaliação de impactes de ciclo de vida de acordo com a Norma ISO 14040 (2006)</i> | 16 |
| <i>Figura 6 - Fases opcionais da avaliação de ciclo de vida (de acordo com a Norma ISO 14040 (2006))</i> | 17 |
| <i>Figura 7 - Resultados do estudo de 1998 realizado relativamente às categorias de impacte analisadas (caracterização)</i> | 25 |
| <i>Figura 8 - Modelo "Men's Golf Cool", artigo nº 13010450054, cor negra, número 43</i> | 27 |
| <i>Figura 9 - Fronteira do sistema em estudo, considerando as fases e os fluxos de entradas e saídas por fase para o modelo de sapatos Men's Golf Cool" da ECCO'let Portugal</i> | 29 |
| <i>Figura 10 - Etapas do processo de montagem</i> | 31 |
| <i>Figura 11 - Etapas do processo de acabamento</i> | 31 |
| <i>Figura 12 - Contribuição de cada processo por categoria de impacte para a produção de um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" (caracterização)</i> | 45 |
| <i>Figura 13 - Avaliação comparativa por processo modelado (caracterização)</i> | 47 |
| <i>Figura 14 - Impacte ambiental dos materiais utilizados na produção de gáspeas por cada categoria de impacte analisada (caracterização)</i> | 52 |
| <i>Figura 15 - Impacte ambiental nos processos de montagem/acabamento por categoria de impacte analisada (caracterização)</i> | 56 |
| <i>Figura 16 - Impacte do transporte de gáspeas entre ECCO e ECCO'let por via marítima e terrestre (caracterização)</i> | 58 |
| <i>Figura 17 - Impacte do transporte de gáspeas entre ECCO e ECCO'let por via aérea e terrestre (caracterização)</i> | 62 |

Figuras em Anexo

| | |
|---|----|
| <i>Figura B. 1 - Twinlock 125 mm</i> | 74 |
| <i>Figura B. 2 - Half sock lining</i> | 74 |
| <i>Figura B. 3 - Sticker "Made in Portugal"</i> | 75 |
| <i>Figura B. 4 - divisor de espuma ("foam divider")</i> | 75 |
| <i>Figura B. 5 - Confort layer surround - Gore</i> | 76 |
| <i>Figura B. 6 - Chopstick</i> | 77 |
| <i>Figura B. 7 - Pitões ("spikes")</i> | 77 |
| <i>Figura B. 8 - Etiqueta constituída por goretex ("Hang tag goretex surround")</i> | 78 |
| <i>Figura B. 9 - Surround Gasket</i> | 78 |
| <i>Figura B. 10 - Inlaysole Golf Cool Men</i> | 79 |
| <i>Figura B. 11 - Papel de seda ("Silkpaper")</i> | 79 |
| <i>Figura B. 12 -High gloss label 70x155 mm</i> | 80 |
| <i>Figura B. 13 - Mould pulp men filler</i> | 80 |
| <i>Figura B. 14 - Grade de poliuretano com haste e tubos TPU</i> | 81 |
| | |
| <i>Figura C. 1 - Top dry (Goretex) 0,4 mm</i> | 81 |
| <i>Figura C. 2 - Stiffener</i> | 82 |
| <i>Figura C. 3 - Label pictogram (3)</i> | 82 |
| <i>Figura C. 4 - Cordão (Lace flat) 6 mm "A pleasant walk"</i> | 83 |
| <i>Figura C. 5 - Poliéster "braid"</i> | 83 |
| <i>Figura C. 6 – "Silicone logo goretex surround men"</i> | 84 |
| <i>Figura C. 7 - Fio de poliéster 40/3 cor 850</i> | 84 |
| <i>Figura C. 8 - Fita de reforço ("reinforcement tape")</i> | 85 |
| <i>Figura C. 9 - Fita de rede elástica ("Elastic net ribbon")</i> | 85 |
| <i>Figura C. 10 - Fio de poliéster 40/3 cor 4000</i> | 86 |
| <i>Figura C. 11 - Fio de poliéster 80/3</i> | 86 |
| <i>Figura C. 12 - "Woven label" ECCO</i> | 87 |
| <i>Figura C. 13 - "TPU Logo 4 Dots for Biom Golf Men"</i> | 87 |
| <i>Figura C. 14 - "Blind Square Eyelet" 7x3,5 mm</i> | 88 |
| <i>Figura C. 15 - "Heat Transfer "Golf ECCO on Roll"</i> | 88 |
| <i>Figura C. 16 – "Eyelet ECCO Golf w/ washer" 2.7 mm</i> | 89 |
| <i>Figura C. 17 - "Ribbon Welding"</i> | 89 |
| <i>Figura C. 18 - "Eyelet Reinforcement"</i> | 90 |
| <i>Figura C. 19 - "Gore Lining XCR Prism"</i> | 90 |
| <i>Figura C. 20 - Microfibra</i> | 91 |

| | |
|---|------------|
| <i>Figura C. 21 - "Gore Lining Stretch Rattler"</i> | <i>91</i> |
| <i>Figura C. 22 – Componente de corte "Bioactive"</i> | <i>92</i> |
| <i>Figura C. 23 - Espuma ("foam") 55kg/m³ 4 mm</i> | <i>92</i> |
| <i>Figura C. 24 - "Artifical Hulex"</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura C. 25 - "Reinforcement Lining Mill" 0,6 WR.....</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura C. 26 - Espuma ("foam") 55 kg/m³ perfurada.....</i> | <i>94</i> |
| <i>Figura C. 27 - "Toe Cap"</i> | <i>94</i> |
| <i>Figura C. 28 - "Reinforcement" 0.2 mm.....</i> | <i>95</i> |
| | |
| <i>Figura D. 1 - Transporte de um par de gáspeas entre ECCO e Porto Internacional de Banguécoque</i> | <i>96</i> |
| <i>Figura D. 2 - Transporte de um par de gáspeas por via marítima entre o Porto Internacional.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Figura D. 3 - Transporte de um par de gáspeas entre Bremen e Frankfurt por via terrestre</i> | <i>97</i> |
| <i>Figura D. 4 - Transporte de um par de gáspeas entre Frankfurt e ECCO'let por via terrestre</i> | <i>98</i> |
| <i>Figura D. 5 - Transporte de um par de gáspeas entre ECCO e Aeroporto Internacional de Banguécoque.....</i> | <i>98</i> |
| <i>Figura D. 6 - Transporte de um par de gáspeas por via aérea entre Aeroporto Internacional de Banguécoque e Aeroporto Sá Carneiro</i> | <i>99</i> |
| <i>Figura D. 7 - Transporte de um par de gáspeas entre Aeroporto Sá Carneiro e ECCO'let por via terrestre.....</i> | <i>99</i> |
| <i>Figura D. 8 - Transporte de um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" desde a ECCO'let</i> | <i>100</i> |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| <i>Tabela 1 - Materiais utilizados na produção de calçado ao longo dos anos</i> | 8 |
| <i>Tabela 2 - Materiais frequentemente utilizados na produção de calçado</i> | 9 |
| <i>Tabela 3 - Passos da avaliação de impactes ambientais de acordo com a Norma ISO 14040 (2006)</i> | 17 |
| <i>Tabela 4 - Exemplos de softwares utilizados na avaliação de ciclo de vida (adaptado de Building Ecology, 2018)</i> | 21 |
| <i>Tabela 5 - Bases de dados utilizadas na avaliação de ciclo de vida (adaptado de Building Ecology, 2018)</i> | 22 |
| <i>Tabela 6 - Resumo dos objetivos e resultados obtidos no estudo de ACV revisto</i> | 26 |
| <i>Tabela 7 - Componentes das gáspeas, sua composição e eletricidade usada na produção de um par de gáspeas</i> | 34 |
| <i>Tabela 8 - Materiais utilizados na montagem</i> | 35 |
| <i>Tabela 9 - Quantidade de COV e vapor água envolvidos na produção de um par de "Men's Golf Cool"</i> | 36 |
| <i>Tabela 10 - Produtos que apresentam compostos orgânicos voláteis na sua constituição</i> | 36 |
| <i>Tabela 11 - Produtos utilizados na etapa de acabamento e quantidade usada por par de sapatos "Men's Golf Cool"</i> | 38 |
| <i>Tabela 12 - Agentes utilizados no processo de acabamento e sua composição</i> | 39 |
| <i>Tabela 13 - Destino final de certos materiais utilizados durante o processo de montagem e acabamento</i> | 40 |
| <i>Tabela 14 - Transporte do par de gáspeas e do par de sapatos</i> | 42 |
| <i>Tabela 15 - Contribuição de cada processo para o impacto ambiental global para a etapa de caracterização usando a metodologia CML - IA baseline V3.4. EU25.</i> | 44 |
| <i>Tabela 16 - Processos e substâncias que apresentam uma maior contribuição para o impacto ambiental na produção de um par de sapatos "Men's Golf Cool"</i> | 48 |

Tabelas em Anexo

| | |
|--|----|
| <i>Tabela A. 1 - Bases de dados utilizadas na modelação do processo e produção das gáspeas</i> | 71 |
| <i>Tabela A. 2 - Bases de dados utilizadas para os componentes utilizados na etapa de montagem</i> | 72 |
| <i>Tabela A. 3 - Bases de dados utilizadas para os agentes utilizados na etapa de acabamento</i> | 72 |
| <i>Tabela A. 4 - Bases de dados utilizadas para os diferentes meios de transporte selecionados</i> | 73 |

Lista de Abreviaturas

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

AICV – Análise de Inventário de Ciclo de Vida

C – Couro

LR – Borracha de Látex

NR – Borracha Natural

EVA – Acetato de Etileno-Vinilo

VR – Borracha Vulcanizada

NR – Borracha Natural

TPE – Elastómeros Termoplásticos

PU – Poliuretano

PS - Poliestireno

PVC – Policloreto de vinilo

Bio TPU - TPUs Biodegradáveis

TPU – Poliuretano Termoplástico

TR – Borracha Termoplástica

1 INTRODUÇÃO

1.1 Relevância do estudo

Globalmente são produzidos mais de 20 biliões pares de sapatos por ano (APICCAPS, 2017). De acordo com APICCAPS, no ano de 2016, na Ásia foram produzidos 87 % de pares de sapatos, sendo a China responsável por aproximadamente 60 % da produção e 70 % das exportações mundiais. A Europa é o principal destino de importação de calçado, sendo que 48 % das importações mundiais de calçado destinaram-se a países europeus. As importações de calçado para a União Europeia (UE) são provenientes do continente europeu e da Ásia, sendo que estas representam cerca de 58 % e um quinto das importações, respetivamente (APICCAPS, 2017).

A elevada produção de sapatos tem como consequência uma elevada produção de resíduos. Estes resíduos têm impacte quer no meio ambiente quer na saúde humana e por esse motivo requerem uma gestão eficiente e adequada.

Um dos maiores impactes ambientais ocorre na etapa de produção de sapatos, sendo que esta gera elevadas emissões de dióxido de carbono, o que contribui seriamente para o aquecimento global e as alterações climáticas. Nesta etapa é necessário a utilização de combustíveis fósseis bem como outras fontes de energia necessárias para o funcionamento de um conjunto de equipamentos utilizados na produção de calçado.

Neste contexto, avaliação do ciclo de vida da produção de calçado é essencial para detetar em que etapa ou etapas do ciclo de vida o impacte ambiental é mais significativo e quais os materiais responsáveis por este impacte, de modo a minimizá-lo bem como posteriormente, encontrar formas de reduzir esse impacte ambiental.

Deste modo, a avaliação de ciclo de vida é uma ferramenta de decisão ambiental extremamente importante para minimizar o impacto da produção de calçado no meio ambiente.

1.2 Objetivos do trabalho

O objetivo deste trabalho consistiu na avaliação dos impactos ambientais resultantes da produção de um par de sapatos utilizando a avaliação de ciclo de vida e na proposta de medidas de redução desses impactos.

O trabalho foi realizado na empresa ECCO'let e foi escolhido um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool", servindo este de referência para os restantes pares de sapatos produzidos na ECCO'let.

A ECCO'let Portugal, Fábrica de Sapatos Lda. pertencente ao grupo internacional ECCO, fundado em 1693 na Dinamarca, produz para mais de 90 países e emprega cerca de 18.500 trabalhadores. A fábrica situada em Portugal, mais especificamente, localiza-se em Santa Maria da Feira, Aveiro e emprega cerca de 1200 funcionários (Figura 1).



Figura 1 - ECCO'let (Portugal), Fábrica de Sapatos, Lda

A instalação divide-se em 4 pólos, dedicados ao processo de armazenamento, montagem e

acabamento. O processo de produção de gáspeas encontra-se, de momento, inativo por não ser rentável para o grupo (Grupo ECCO). Estas passaram a ser fabricadas na unidade da Indonésia, sendo que a montagem dos restantes componentes do calçado continuaram a ser realizadas na ECCO'let Portugal.

No presente trabalho será avaliada a produção de gáspeas na fábrica na Tailândia e a montagem/acabamento efetuada na fábrica situada em Portugal.

Na avaliação de ciclo de vida, foram incluídos os processos de produção de gáspeas, o seu transporte desde a ECCO situada na Tailândia até ECCO'let, os processos de montagem e acabamento ocorridos na ECCO'let e o transporte de sapatos desde a ECCO'let até à empresa de distribuição no polo da Maia.

Na avaliação de ciclo de vida, foi necessário definir o objetivo e o âmbito do estudo, realizar a análise de inventário e a avaliação de impactes e, por fim, proceder à interpretação dos resultados obtidos. Na fase da interpretação dos resultados realizou-se uma avaliação dos diferentes meios de transporte utilizados para transportar um par de gáspeas desde a ECCO (Tailândia) até à ECCO'let e para transportar um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" desde a ECCO'let até à empresa de distribuição no polo da Maia, da produção de gáspeas e os processos de montagem e acabamento.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em 5 partes, sendo que no primeiro capítulo é realizada uma abordagem geral do tema de estudo e os objetivos do trabalho.

No segundo capítulo é apresentado o estado de arte, que inclui informação acerca da produção de calçado a nível nacional, dos seus componentes e dos materiais utilizados na produção. Este inclui também informação relativa à avaliação de ciclo de vida, incluindo definição de objetivo e âmbito, análise de inventário, avaliação de impactes ambientais e interpretação de resultados, descrição da norma ISO 14040:2006 utilizada como referência, softwares e métodos utilizados na avaliação de ciclo de vida (nomeadamente SimaPro 8) utilizados para avaliar os impactes e a estudos realizados com o foco na avaliação de ciclo de vida da produção de calçado. Este capítulo também inclui informação relativa às limitações do ciclo de vida e as suas vantagens do processo.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia usada e os resultados obtidos na avaliação do ciclo de vida do par de sapatos “Men’s Golf Cool da empresa ECCO’let Portugal.

O quarto capítulo apresenta as conclusões com base nos resultados obtidos os resultados obtidos com outros estudos com incidência na produção de calçado. São identificadas as limitações sentidas durante a realização deste estudo.

O quinto capítulo consiste em propostas de redução de impactes ambientais que possam tornar a produção de calçado mais vantajosa a nível ambiental.

2 ESTADO DE ARTE

2.1 Contextualização do sector do calçado em Portugal

O cluster do calçado concentra-se distribuído em dois polos principais (APICCAPS, 2017): um pólo na Região Norte constituído por Felgueiras, Guimarães e alguns concelhos limítrofes; um pólo na Região Centro constituído pelos concelhos da Feira, Oliveira de Azeméis, São João da Madeira e outros com menor representatividade.

Em 2015, o concelho de Felgueiras empregou mais de um terço (37 %) das pessoas na indústria calçado. Se a esta percentagem for adicionada o emprego do concelho de Guimarães (10 %), constata-se que quase metade do emprego nesta indústria está localizada nestes dois concelhos do polo mais a norte do cluster. Dado que a população empregada na Feira, Oliveira de Azeméis e São João da Madeira representa 28 % do total do emprego do fabrico de calçado, três em cada quatro trabalhadores desta indústria operam num destes cinco concelhos, distribuídos pelos dois polos anteriormente identificados (APICCAPS, 2017).

O cluster do calçado é predominantemente composto por microempresas, especialmente na Região Norte, sendo que metade das empresas que compõem o cluster empregam entre 1 e 9 trabalhadores. Relativamente às pequenas, médias e grandes empresas, estas representam, respetivamente, 39 %, 11 % e 1 % da indústria do calçado (APICCAPS, 2017).

Segundo a APICCAPS, no ano de 2016 o consumo de calçado manteve a tendência de crescimento dos dois anos anteriores, tendo-se registado um consumo de mais 3 milhões de pares de sapatos, quando comparado com o consumo de sapatos no ano de 2015, tendo o consumo médio ultrapassado os 5 pares de sapatos.

O consumo nacional é dominado pelo calçado em plástico e em matérias têxteis, representando dois terços dos sapatos vendidos em Portugal (APICCAPS, 2017).

Quanto às quantidades vendidas, as categorias mais significativas nos últimos cinco anos foram as do calçado unissexo e do calçado de desporto, seguidas do calçado de senhora (APICCAPS, 2017).

Na Figura 2 está apresentado o consumo, por tipo de calçado, em Portugal no ano de 2016.

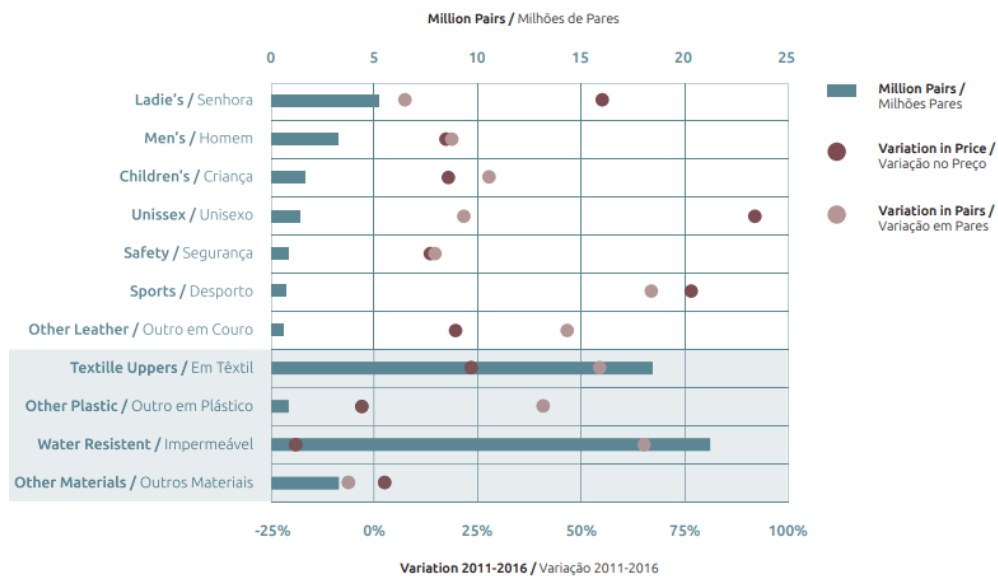


Figura 2 - Consumo em Portugal, por tipo de calçado, em Portugal no ano de 2016

2.2 Produção de calçado

A produção de calçado tem início com o fornecimento de materiais, sendo que estes materiais incluem matérias-primas como: couro; produtos semi-acabados e componentes.

O calçado pode ser dividido nos seguintes componentes (Staikos e Rahimifard, 2007):

- A parte superior (gáspea), que inclui todas as partes do sapato acima da sola, que são costurados ou unidos para se tornar uma unidade e em seguida, anexados à palmilha e sola exterior do sapato;
- A parte inferior do sapato, incluindo a palmilha, a sola e a sola exterior do sapato;

- Por último, temos os materiais que são incorporados no sapato e não pertencem à parte superior ou inferior do sapato, “stiffener” e “eyelets”.

Muitas vezes, os materiais usados na produção de calçado são fabricados em separado usando diferentes metodologias de produção. Esses materiais são inspecionados e modificados para atender aos requisitos de qualidade da indústria do calçado.

A união da parte superior e inferior do calçado é efetuada usando diferentes técnicas de montagens (Staikos e Rahimifard, 2007). Existem, normalmente, três técnicas principais de montagem usadas na indústria do calçado (Staikos e Rahimifard, 2007):

- Montagem da parte superior e inferior do sapato utilizando adesivos;
- Injeção de material diretamente na parte superior do sapato;
- Costura, da parte superior e inferior do sapato;

2.2.1 Materiais utilizados na produção de calçado

De modo a acomodar os gostos dos consumidores e das necessidades do sector industrial, a indústria do calçado utiliza uma grande variedade de materiais e componentes. Hoje em dia são utilizados mais de 40 tipos de materiais agrupados por grandes grupos de materiais como couro, borracha, termoplásticos, espumas, têxteis e componentes metálicos, contudo verifica-se que os materiais utilizados no calçado dependem muito da utilização final e dos aspectos de design dos modelos, pelo que as suas características estarão ligadas a estes aspectos (Silva e Oliveira, 2012).

Entre as várias características dos termoplásticos, a produção mais eficiente de solas, o menor consumo de matérias – primas e a quantidade de resíduos produzida destacam-se entre os fatores mais apelativos ao seu uso. Isto leva a uma redução de custos devido à utilização de equipamento de

processamento automatizado (Silva e Oliveira, 2012). Desde o início do século, tem-se verificado uma utilização vasta de TPU na produção de solados, devido à sua flexibilidade, resistência à abrasão e maciez. O consumo de TPU é maioritário no setor do calçado, seguido pelo setor da engenharia, ramo automóvel e construção.

Atualmente têm sido desenvolvidas novas tipologias de polímeros mais sofisticados, quer em termos de desempenho quer em termos ambientais, formados a partir da combinação de plásticos e de borrachas. Entre os vários materiais é possível destacar compósitos e nanocompósitos, materiais biodegradáveis e de origem natural, “blends” e laminados (constituídos por camadas de polímeros) (Silva e Oliveira, 2012).

Na Tabela 1 estão apresentados os materiais utilizados na produção de calçado ao longo dos anos.

Tabela 1 - Materiais utilizados na produção de calçado ao longo dos anos

| Materiais utilizados na produção de calçado | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1930 | 1940 | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| | VR | VR | VR | VR | VR | VR | VR | VR | VR |
| | | | PVC | PVC | PVC | PVC | PVC | PVC | PVC |
| | | | TR | TR | TR | TR | TR | TR | TR |
| | | | | PU | PU | PU | PU | PU | PU |
| | | | | TPU | TPU | TPU | TPU | TPU | TPU |
| | | | | | EVA | EVA | EVA | EVA | EVA |
| | | | | | | LR | LR | LR | LR |
| | | | | | | | TPE | TPE | TPE |
| | | | | | | | | | Bio TPU |

Legenda:

C – Couro
 LR – Borracha de Látex
 NR – Borracha Natural
 EVA – Acetato de Etileno-Vinilo
 VR – Borracha Vulcanizada NR – Borracha Natural
 TPE – Elastómeros Termoplásticos
 PU – Poliuretano
 PVC – Policloreto de vinilo
 Bio TPU - TPUs Biodegradáveis
 TPU – Poliuretano Termoplástico
 TR – Borracha Termoplástica

Na Tabela 2 encontram-se sistematizados os materiais usados frequentemente na produção de calçado:

Tabela 2 - Materiais frequentemente utilizados na produção de calçado

| Materiais frequentemente utilizados na produção de calçado | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------|--|
| Parte superior do sapato (gáspea) | Material | Parte inferior do sapato | Material |
| Espelho | Couro, têxteis e sintéticos | Biqueira | Aço, alumínio ou materiais compósitos |
| Pala Gola | | Sola Rasto | Borracha, poliuretano (PU), borracha termoplástica (TR), acetato de vinil etileno (EVA), policloreto de vinilo (PVC), poliuretano termoplástico (TPU). |
| Corte | | Palmita de proteção | Aço, Kevlar |
| Talão | | Tacão Salto | Borracha, poliuretano e termoplásticos Madeira, termoplásticos rígidos |

É possível observar na tabela 2 que a maior parte dos polímeros utilizados são direcionados para a parte inferior do calçado. Para além das características gerais, podem existir outras características que os materiais devem suprir dependendo do uso final, relacionadas com os efeitos barreira a que o calçado está sujeito. Como exemplo, o calçado de bombeiro que deve ter em consideração a resistência à chama ou ao calor (Silva e Oliveira, 2012).

A seleção dos materiais é efetuada de acordo com o processo de fabrico. Se o processo envolver injeção direta, os materiais termoplásticos são preferenciais; contudo, no processo de colagem da sola ao corte, já não existe qualquer restrição no que se refere aos materiais necessários ao seu fabrico.

Comparando os materiais termoplásticos e as borrachas, os materiais termoplásticos apresentam uma maior aplicação em tipologias de calçado onde a exigência em termos de propriedades físicas é menor (Silva e Oliveira, 2012).

Os materiais termoplásticos, sendo termofundíveis, não apresentam um comportamento irreversível como se pode constatar no caso das borrachas. Contudo, a aplicação destes materiais é limitada, já que não apresentam

propriedades físicas semelhantes às borrachas e também devido ao aspeto visual.

Existe uma perceção nos utilizadores de calçado que borracha é o melhor material para calçado, pelo que os materiais que apresentam brilho “plástico” são associados a calçado mais barato e de qualidade inferior.

Apesar de se estar a tentar minimizar este brilho através de vários processos, na produção de calçado com solados termoplásticos, como, por exemplo, o acabamento com mateante, o avanço tecnológico destes materiais decorre no sentido de que estes se aproximem o mais possível das borrachas. Esta tendência apresenta-se não só em termos de propriedades físicas, mas sobretudo no aspeto visual, com a procura de materiais termoplásticos como por exemplo os termoplásticos vulcanizados (TPV), que têm um aspeto semelhante às borrachas (Silva e Oliveira, 2012).

2.3 Avaliação de ciclo de vida (ACV)

A ISO 14040:2006 foi preparada pelo comité técnico ISO/TC 207 e está direcionada para gestão ambiental.

Segundo a Norma ISO 14040 (ISO, 2006a), a ACV é composta por quatro fases: definição de objetivo e âmbito, análise de inventário, avaliação de impactes ambientais e interpretação. (ISO 14040:2006)

A partir de 2006, as normas ISO 14040 (1997), ISO 14041 (1998), ISO 14042 (2000) e ISO 14043 (2000) foram compiladas nas normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006):

- ISO 14040. Avaliação do Ciclo de Vida. Princípios e Estrutura (2006);
- ISO 14044. Avaliação do Ciclo de Vida. Requisitos e Diretrizes (2006).

2.4 O ciclo de vida de um produto

O ciclo de vida de um produto consiste em todas as etapas, desde a extração do material até à produção e uso e, por fim, à gestão dos resíduos gerados durante os vários processos. A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta usada para avaliar os impactos ambientais e recursos utilizados ao longo da vida de um produto, a partir da aquisição de matéria-prima através da produção, uso e disposição final, sendo fundamental para gestão tanto na indústria como na política ambiental (EEA, 1998). A Figura 3 apresenta a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida.

A avaliação do ciclo de vida é composta por quatro fases (EEA, 1998):

- Definição de objetivo e âmbito;
- Análise de inventário;
- Avaliação de impactes;
- Interpretação.

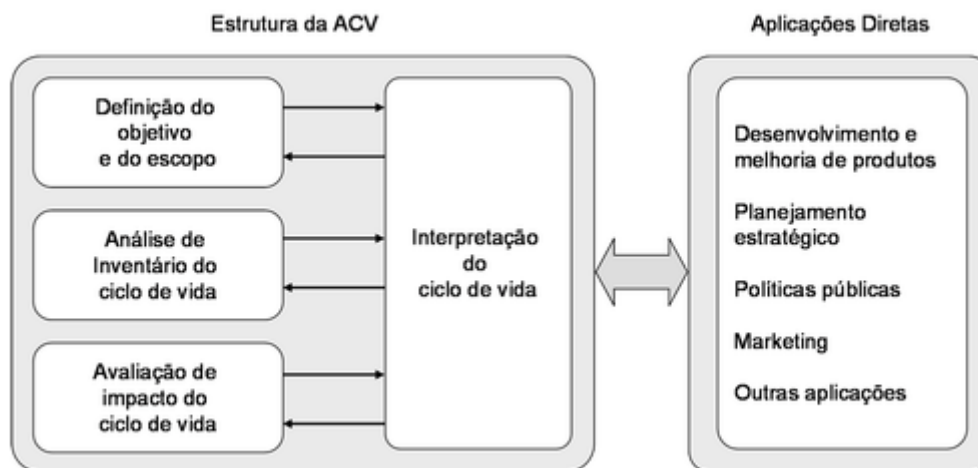


Figura 3 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida (ISO 14040:2006)

2.5 Metodologia da ACV

2.5.1 Definição de objetivo e âmbito

A definição de objetivo e âmbito determina o objeto de estudo. Esta fase é crucial para estudos de avaliação de ciclo de vida, já que diferentes fins requerem diferentes objetivos e vice-versa (Baumann e Tillman, 2004).

O objetivo do estudo deve apresentar as razões do estudo e buscar a identificação dos pontos críticos e a aplicação destinada a determinado público-alvo e o âmbito tem como propósito a definição do sistema a ser estudado. A definição de âmbito contempla as características de desempenho de um produto e a quantificação da sua unidade funcional, o estabelecimento de fronteiras do sistema e a especificação dos requisitos de qualidade dos dados e dos critérios utilizados para inclusão ou exclusão de informações relativas a entradas e saídas (ISO 14040:2006).

A unidade funcional deve ser claramente definida e consistente com o objetivo e âmbito do estudo. Ela deve incluir tanto uma descrição quantitativa, como qualitativa (Wenzel et al., 1997).

Relativamente ao estabelecimento de fronteiras do sistema, estas determinam quais os processos e fluxos que serão incluídos na avaliação de ciclo de vida. Os limites do sistema que devem ser especificados são os limites geográficos, temporais, técnicos e os limites relacionados com os sistemas naturais (Baumann e Tillman, 2004).

Devem ser considerados alguns elementos, pertencentes a vários estágios do ciclo de vida como (ISO 14040:2006):

- Fluxos de entrada de materiais e energia e fluxos de saída de emissões e resíduos;
- Distribuição e transporte;
- Produção/ uso de combustíveis, eletricidade e calor;
- Uso de produtos;
- Recuperação de produtos usados, como reuso, reciclagem de materiais e recuperação de energia;
- Outras considerações relacionadas à avaliação de impactos.

É de notar que certos processos e fluxos que não são incluídos devem ser propriamente justificados.

Em relação aos requisitos de qualidade dos dados, esses devem ser caracterizados utilizando aspetos quantitativos e qualitativos.

Os aspetos qualitativos envolvem parâmetros:

- Temporais, relativos ao período de obtenção dos dados e a idade dos mesmos;
- Geográficos, relacionados com aspetos locais, regionais, nacionais, continentais ou globais;
- Tecnológicos, referentes às tecnologias utilizadas em determinado processo.

Torna-se também necessário especificar a origem dos dados, seja ela de fontes publicadas, ou obtida por meio de dados obtidos em campo, e se os mesmos foram medidos, calculados ou estimados (ISO 14040:2006).

2.5.2 Análise de Inventário

A análise de inventário é, por norma, a fase mais exaustiva de todo o processo de avaliação do ciclo de vida, devido ao número de dados que devem ser obtidos. Contudo, esta fase pode ser simplificada dependendo do objetivo e âmbito do estudo (Rebitzer et al., 2004).

Realizar uma análise de inventário consiste em construir um modelo de fluxo de um sistema técnico. Este modelo é um balanço de massa e energia incompleto sobre o sistema, onde apenas os fluxos ambientais relevantes são considerados (Baumann e Tillman, 2004).

Atividades do inventário do ciclo de vida consistem em:

- Recolha de dados para todas as atividades no sistema de produto, seguida pela sua documentação dos dados obtidos;
- Cálculo de cargas ambientais (uso de recursos e emissões poluentes) do sistema em relação à unidade funcional.

A análise de inventário, como a maior parte das atividades relacionadas com a avaliação do ciclo de vida, é um processo cumulativo e iterativo, o que significa que, quando mais se vai aprendendo acerca do sistema aquando da obtenção de dados, mais elaborado o gráfico de fluxo se tornará, o que resultará numa avaliação de inventário mais completa, o que, por sua vez, leva a uma avaliação de ciclo de vida mais próxima da realidade (Baumann e Tillman, 2004).

Em relação à obtenção de dados, pode-se afirmar que este é um dos processos mais demorados e exaustivos do processo de avaliação do ciclo de vida. Contudo, muito pouco tem sido estudado acerca do modo como realizar a obtenção de dados.

Os tipos de dados analisados são quantitativos. Os dados quantitativos consistem nos dados relacionados com todos as entradas para todas as atividades modeladas e as saídas” (Baumann e Tillman, 2004). A Figura 4 apresenta um exemplo tipologia de entradas e saídas de um processo unitário.

Quando os dados relativamente a transporte estão a ser recolhidos, necessitamos de saber as distâncias e rotas, sendo depois estes dados usados em conjunto com os dados genéricos relativos à energia e emissões de diferentes modos de transporte.



Figura 4 - Esquema da tipologia de entradas e saídas de um processo unitário (Baumann, H. e Tillman, 2004)

Quando uma avaliação do ciclo de vida é realizada numa empresa, é frequente recorrer aos fornecedores de modo a obter informação relacionada com as matérias – primas adquiridas, de modo a proceder à realização da

análise de inventário. É igualmente importante obter dados para a fase de uso e gestão de resíduos. Tais dados podem ser recolhidos diretamente dos clientes e empresas de gestão de resíduos (ou instalações de tratamento de águas residuais) (Baumann e Tillman, 2004).

Por muito minucioso que seja o praticante da avaliação de ciclo de vida, haverá sempre lacunas em avaliações de inventário de ciclo de vida, sendo que estas podem ser corrigidas usando aproximações e estimativas.

Relativamente à validação de dados, esta pode ser realizada através de comparação com outras fontes de dados e balanços de massa e energia. Verificar os requisitos da qualidade dos dados formulados na definição de objetivo e âmbito é importante também, especialmente se os dados são relevantes para o uso pretendido (Baumann e Tillman, 2004).

Por fim, realiza-se o cálculo das cargas ambientais, o qual é realizado após a construção do fluxograma e a obtenção dos dados necessários. Um inventário de ciclo de vida é calculado realizando os seguintes passos: (Baumann, H.; Tillman, A.M., 2004)

- Normalização dos dados obtidos;
- Calcular os fluxos que conectam as atividades no fluxograma usando o fluxo que representa a unidade funcional como referência;
- Calcular os fluxos que passam a fronteira do sistema;
- Identificar os recursos usados e emissões para o ambiente para todo o sistema;
- Documentar os cálculos

2.5.3 Avaliação de Impactes Ambientais

A fase de avaliação de impactes ambientais do ciclo de vida tem como objetivo descrever as consequências ambientais das cargas ambientais quantificadas na fase de análise de inventário. A avaliação de impactes é obtida convertendo as cargas ambientais da análise de inventário em categorias de impactes ambientais, incluindo por exemplo, a acidificação e a depleção abiótica (Baumann e Tillman, 2004).

Um dos objetivos da avaliação é o de tornar os resultados mais ambientalmente relevantes, compreensíveis e mais fáceis de comunicar. Outro propósito desta avaliação é melhorar a legibilidade dos resultados. A análise de impactes ambientais do ciclo de vida permite reduzir o número de parâmetros avaliados através da categorização em impactes ambientais permitindo que os resultados sejam mais fáceis de interpretar (Baumann e Tillman, 2004). A análise de impactes ambientais também é muito útil para tornar os resultados mais comparáveis, sendo que a comparabilidade é um problema quando alternativas tem perfis ambientais muito distintos.

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentadas as diferentes fases de avaliação de impactes do ciclo de vida, obrigatórias e opcionais.

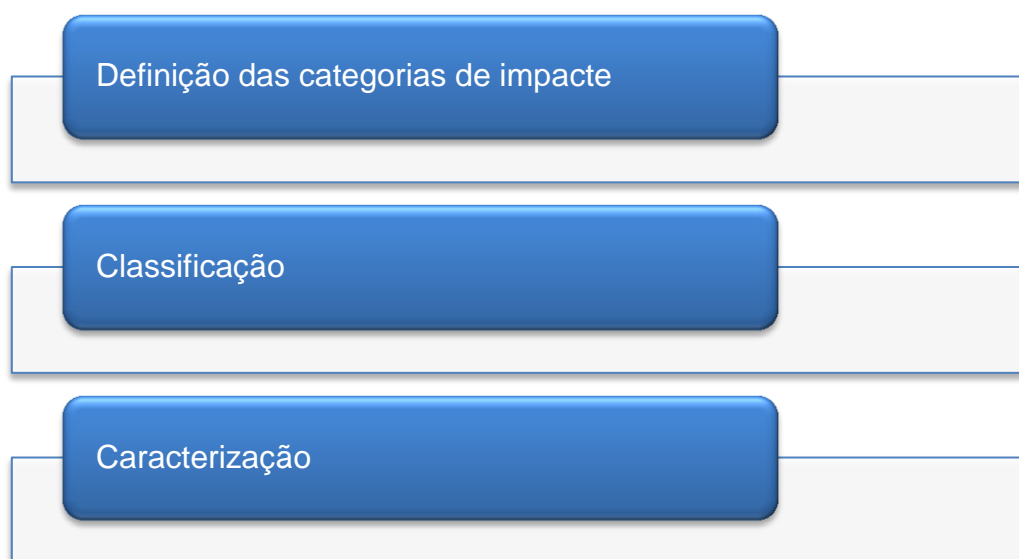


Figura 5 - Fases obrigatórias da avaliação de impactes de ciclo de vida de acordo com a Norma ISO 14040 (2006)

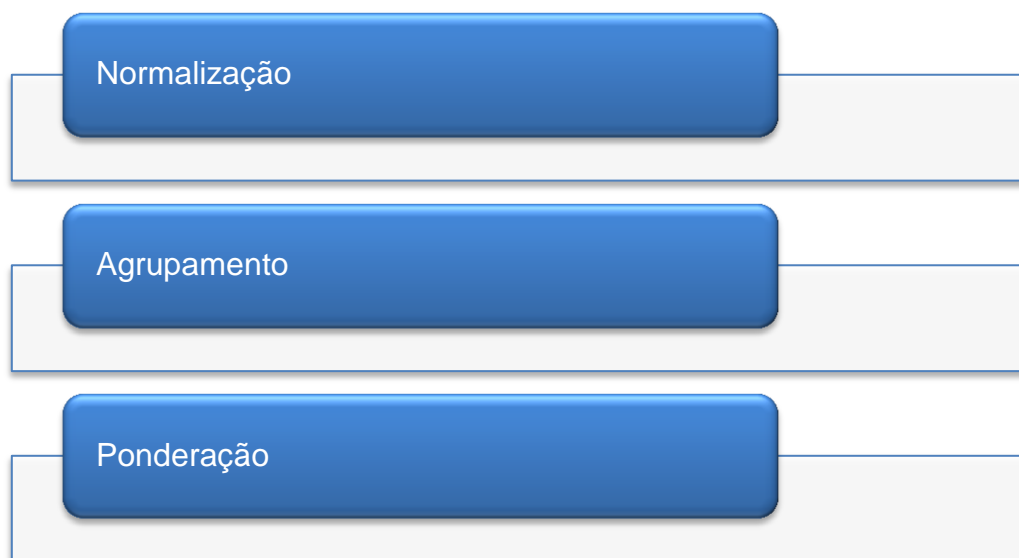


Figura 6 - Fases opcionais da avaliação de ciclo de vida (de acordo com a Norma ISO 14040 (2006))

Os passos usados na avaliação de impactos são descritos na Tabela 3. É de notar que as fases de normalização, agrupamento e ponderação não foram realizadas no âmbito deste estudo.

Tabela 3 - Passos da avaliação de impactos ambientais de acordo com a Norma ISO 14040 (2006)

| | |
|-------------------------------------|--|
| Definição das categorias de impacte | Identificação e seleção das categorias de impacte, modelos de cadeias de causa-efeito e os pontos que marcam a conclusão de um processo ou fase de um processo; |
| Classificação | Atribuição dos parâmetros dos resultados da análise de inventário do ciclo de vida às suas respetivas categorias de impacte |
| Caracterização | Cálculo da extensão dos impactos ambientais por categoria; |
| Normalização | Permite avaliar a importância relativa dos resultados da caracterização, dividindo os resultados da caracterização por valores de referência, para cada categoria de impacte selecionada |
| Agrupamento | Este processo consiste em agrupar as categorias de impacte em um ou mais conjuntos, envolvendo a classificação das categorias de acordo com as suas características e a ordenação das categorias de acordo com uma determinada hierarquia. |
| Ponderação | Atribuição de pesos relativos a cada categoria de impacte, com o objetivo de calcular um indicador de impacte único para cada produto/processo analisado. |
| Análise da qualidade de dados | Inclui análise de sensibilidade, entre outras coisas, de modo a ter um melhor entendimento da confiabilidade dos resultados da avaliação de impactos ambientais do ciclo de vida. |

A depleção de recursos é um dos tópicos mais debatidos quando se refere à forma como a avaliação de impactes deve ser realizada. Modelos de caracterização difere consoante o tipo de recurso. Os recursos podem-se dividir em renováveis e não-renováveis ou em recursos abióticos e bióticos. Recursos abióticos são, por exemplo, energia eólica, petróleo bruto e minérios de ferro, enquanto recursos bióticos consistem em, por exemplo, florestas, animais e plantas (Baumann e Tillman, 2004).

Em relação ao aquecimento global, as mudanças que estão a ocorrer o clima podem levar a uma grande variedade de impactes no ecossistema e na sociedade, mas gases de efeito de estufa têm uma propriedade em comum, o que é útil para os modelos de caracterização em avaliações do ciclo de vida.

A caracterização dos gases de efeito de estufa é baseada na capacidade que eles têm de absorver radiação infravermelha.

O dióxido de carbono não é o único gás que causas alterações no clima. Gases como o metano, clorofluorcarbonetos (CFCs), óxido nitroso e outros também absorvem radiação infravermelha, sendo a absorção por estes gases bem mais eficiente que pelo dióxido de carbono.

O potencial de contribuição de uma substância para a alteração do clima é expresso como o seu Potencial de Aquecimento Global, sendo em inglês designado por Global Warming Potencial (GWP). O GWP de uma substância é definido como a relação entre o aumento da absorção de radiação infravermelha causado pela substância e o aumento da absorção de radiação infravermelha causado por 1 kg de dióxido de carbono. (Baumann e Tillman, 2004).

A depleção de ozono é uma categoria de impacte importante, já que o ozono é um poluente prejudicial na camada inferior da atmosfera, danificando plantas, a saúde da população e edifícios. Contudo, é uma substância essencial na camada superior da atmosfera (estratosfera), onde previne mais de 99% da radiação ultravioleta de entrar na camada inferior da atmosfera. A depleção de ozono consiste na diminuição da espessura da camada de ozono estratosférica como resultado do uso de várias substâncias contendo cloro e bromo, como CFCs e halogenetos (Harrison, 1990). A camada de ozono é

mantida através de uma série complexa de reações químicas, onde o ozono é produzido através da absorção de radiação UV pelas moléculas de oxigénio. Este é depois destruído por substâncias denominadas catalisadoras (H, OH, NO, Cl e Br), radiação ultravioleta e luz visível. A concentração acentuada destes catalisadores leva ao aumento da destruição do ozono durante o período em que eles permanecem na estratosfera. O efeito oposto é obtido pelo aumento das emissões de dióxido de carbono, o que leva à diminuição da temperatura na camada estratosférica, levando à diminuição das reações que levam à destruição de ozono. (Baumann e Tillman, 2004).

A toxicidade é uma categoria de impacte complicada, com vários métodos de caracterização, sendo uma das razões o facto de incluir vários tipos de impactes e muitas substâncias. Por exemplo, solventes orgânicos, metais pesados e pesticidas causam diferentes tipos de impacte tóxico; algumas substâncias causam danos neurológicos, outras são carcinogénicas, outras são mutagénicas, etc.

A ecotoxicidade é dividida em toxicidade humana e ecotoxicidade. A ecotoxicidade, pode, por sua vez, ser dividida em ecotoxicidade aquática e ecotoxicidade terrestre. Para além disso, ecotoxicidade aquática pode ser dividida em toxicidade de água doce e toxicidade marinha. Conceitos importantes na caracterização de substâncias tóxicas são o seu destino final, exposição e efeito. A maior diferença entre as várias técnicas de caracterização diz respeito à definição de efeito e até que ponto o destino das substâncias está incluído. (Baumann e Tillman, 2004).

Relativamente à oxidação fotoquímica, os foto-oxidantes são poluentes secundários formados na camada inferior da atmosfera a partir de NO_x e hidrocarbonetos na presença de luz solar. Estas substâncias são características do chamado nevoeiro fotoquímico, causador de problemas como irritação respiratória e danos na vegetação. O ozono é um dos foto-oxidantes mais importantes, sendo também o nitrato de peroxiacetilo (PAN), peróxido de hidrogénio e vários aldeídos (Baumann e Tillman, 2004). Relativamente à acidificação, os poluentes que mais contribuem para a acidificação são o CO_2 , NO_x , HCl e NH_3 , sendo que a formação de chuvas ácidas é apenas uma forma em que a deposição ácida ocorre.

A eutrofização é associada, de uma forma geral, aos impactes ambientais resultantes da presença de níveis elevados de nutrientes. Em métodos de avaliação do ciclo de vida, a categoria da eutrofização envolve não apenas os impactes dos nutrientes, mas também dos poluentes orgânicos degradáveis. (Baumann e Tillman, 2004).

A eutrofização é um fenómeno que pode influenciar ecossistemas terrestres e aquáticos, sendo nutrientes como o azoto (N) e fósforo (P) os que mais influenciam este processo. Os potenciais de eutrofização são expressos como equivalentes de PO_4^{3-} , sendo que estes podem ser convertidos em equivalentes de NO_3^- e O_2 (Baumann e Tillman, 2004).

2.5.4 Interpretação dos resultados

O processo final na avaliação do ciclo de vida, segundo a norma ISO 14040:2006, e que consiste na avaliação dos resultados é designado de interpretação, sendo também a avaliação da robustez das conclusões retiradas também incluídas nesta fase (Muthu, 2013).

De forma a avaliar a confiabilidade dos resultados do estudo, deve-se assegurar a relevância, a disponibilidade e a integridade dos dados; a sensibilidade dos resultados, a qual é consequência da incerteza dos dados e a consistência das suposições, métodos e dados relativamente ao objetivo e âmbito do estudo (ISO 14040, 2006).

Na última fase são elaboradas as conclusões, sendo que estas devem ser consistentes com o objetivo e âmbito do estudo e com os requisitos de qualidade de dados e suposições realizadas. As recomendações finais devem estar em conformidade com as conclusões do estudo e com a aplicação em mente.

2.6 Softwares, ferramentas e bases de dados utilizados na avaliação do ciclo de vida

2.6.1 Exemplos de softwares de avaliação de ciclo de vida (ACV)

Na Tabela 4 estão apresentados exemplos de softwares utilizados na avaliação do ciclo de vida, incluindo o software SimaPro utilizado neste estudo.

Tabela 4 - Exemplos de softwares utilizados na avaliação de ciclo de vida (adaptado de Building Ecology, 2018)

| Software de Avaliação do Ciclo de Vida SimaPro |
|---|
| (BEES) |
| Building Life-Cycle Cost (BLCC) |
| CMLCA |
| Eco-Indicator 99 |
| ECO-it 1.3 |
| EcoScan 3.0 |
| Economic Input-Output Life Cycle Assessment (EIO-LCA) |
| EPS 2000 Design System |
| GaBi 4 Software System and Databases |
| LCAiT 4 |
| LCAPIX |
| MIET 3.0 - Missing Inventory Estimation Tool |
| REGIS |
| SPOLD Data Exchange Software |

2.6.2 Exemplos de bases de dados utilizadas na avaliação de ciclo de vida

Na Tabela 4 estão apresentados exemplos de bases de dados utilizadas na avaliação de ciclo de vida.

Tabela 5 - Bases de dados utilizadas na avaliação de ciclo de vida (adaptado de Building Ecology, 2018)

| Bases de dados |
|--|
| Ecoinvent |
| European Life Cycle Database (ELCD) |
| U.S. Life Cycle Inventory Database (LCI) |
| Athena Database |
| Bousted Model 5.0 |
| GEMIS |
| IDEMAT |
| IVAM LCA Data 40. |

2.6.3 Software e bases de dados utilizados neste estudo

O SimaPro é um programa utilizado para realizar a avaliação de impactes de um ciclo de vida de um determinado produto. Em primeiro lugar, é necessário desenhar o projeto e selecionar as bases de dados que serão utilizadas no projeto, que nos fornecem informação acerca dos vários produtos necessários à realização da avaliação do ciclo de vida. No caso do projeto em questão foram utilizadas, maioritariamente as bases de dados “Ecoinvent” e em alguns casos pontuais a base de dados “ELCD”.

A biblioteca “Ecoinvent 3” contém dados de inventário de vários setores, como produção de energia, transporte, materiais de construção, produção de produtos químicos, produção de metais e frutas e vegetais. O banco de dados completo consiste em mais de 10000 conjuntos de dados

interligados, cada um dos quais descreve um inventário de ciclo de vida em um nível de processo. O SimaPro fornece na base de dadosecoinvent.

Após a seleção das bases de dados ter sido efetuada, é realizada a escolha dos materiais necessários para formar os componentes necessários para realização do trabalho. No caso deste trabalho em particular, foi necessário selecionar os materiais constituintes das gáspeas e dos produtos utilizados na montagem/acabamento e a respetiva massa de cada material. Nesta etapa também foi incluído o consumo de energia em cada processo.

De seguida, temos as fases do produto onde podemos incluir o transporte, produção do sapato a partir dos componentes obtidos, entre outros. Com esta informação já vai ser possível analisar e comparar as várias fases do ciclo de vida de modo a poder concluir sobre a contribuição de cada uma delas para o impacte ambiental.

2.6.4 Método CML – IA

O método de avaliação de impactes utilizado neste estudo foi o CML - IA baseline V3.4. EU25, implementado no programa SimaPro 8. Este método de avaliação é definido para a abordagem de ponto médio (*“midpoint approach”*). Os métodos “midpoint” apresentam resultados mais fidedignos que os métodos “endpoint”, contudo os métodos “endpoint são utilizados com mais frequência já que são de mais fácil compreensão (Mendes et al, 2013). A diferença entre estes dois métodos é o uso de indicadores. Enquanto os métodos “midpoint” convertem emissões e extrações de recursos naturais numa abordagem de ponto médio, os métodos “endpoint” empregam categorias de impacte no ponto final.

2.7 Limitações, vantagens do processo de avaliação do ciclo de vida

O processo de avaliação de ciclo de vida apresenta, segundo a norma ISO 14040:2006, algumas limitações que levam a complicações aquando da realização da avaliação de ciclo de vida. Algumas dessas limitações estão relacionadas com a necessidade de complementar os resultados obtidos no estudo com outras ferramentas de gestão ambiental de modo a poder ser tomada uma decisão mais acertada, a natureza subjetiva das escolhas feitas ao longo do estudo de ACV e a disponibilidade dos dados e a sua acessibilidade o que, por sua vez, pode afetar a qualidade dos dados. O tempo de estudo também pode afetar a qualidade dos resultados da avaliação de ciclo de vida (ISO 14040:2006).

Contudo, apesar destas limitações, a avaliação de ciclo de vida apresenta várias vantagens. Entre elas podemos destacar a sua utilidade na tomada de decisão, na análise de certos produtos ou processos, com o objetivo de reduzir o impacte ambiental resultante da sua produção e identificar a etapa no ciclo de vida que apresenta maior impacte ambiental, na quantificação de descargas ambientais para água, ar e solo; também podemos destacar a sua utilidade na reformulação de produtos e processos e na identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental (ISO 14040:2006).

2.8 Uso de ACV para comparação entre estudos

Se o estudo for destinado a ser usado para avaliação comparativa com divulgação pública, então será necessário conduzir uma revisão crítica por um painel incluindo partes interessadas. No entanto, na prática, será difícil para os revisores julgarem qualquer reivindicação ambiental de valores absolutos e relativos de diferentes estudos ICV e AICV feitos por diferentes praticantes (Guldbrandsson, 2012).

Para poder conseguir resultados comparáveis em condições admissíveis, seria necessário especificar fatores como vida útil, perfil de uso, consumo de energia padrão de medição para uso, entre outros. Se isso for feito, condições provavelmente comparáveis poderiam ser definidas para

categoria de produto específica, no entanto, a relevância de resultados para o produto específico e seus processos seria baixa e o conhecimento sobre as diferenças reais do impacto para produtos alternativos seria limitado (Guldbrandsson, 2012).

2.9 Estudos de ACV envolvendo avaliação de ciclo de vida do calçado

Existem escassos estudos sobre ACV do calçado. Mila et al. (1998) realizou um estudo, extremamente detalhado e aprofundado, sobre a aplicabilidade da avaliação de ciclo de vida ao calçado. Este estudo teve como objetivo principal identificar as etapas, do ciclo de vida do calçado, que mais contribuem para o impacto no meio ambiente. As principais fases do ciclo de vida estudadas vão desde o berço ao túmulo, incluindo criação de gado, matadouro, curtimento, processos de fabrico, uso, distribuição e gerenciamento de resíduos. Na avaliação e impactos apenas foram considerados os passos de classificação e caracterização. A unidade funcional assumida para este estudo foram 1000 horas de proteção de pés, e, a esta unidade foi deduzido ainda mais uma taxa de consumo de 3,7 pares de sapatos por ano, considerando o número médio de horas por ano que um par de sapatos de mulheres é usado.

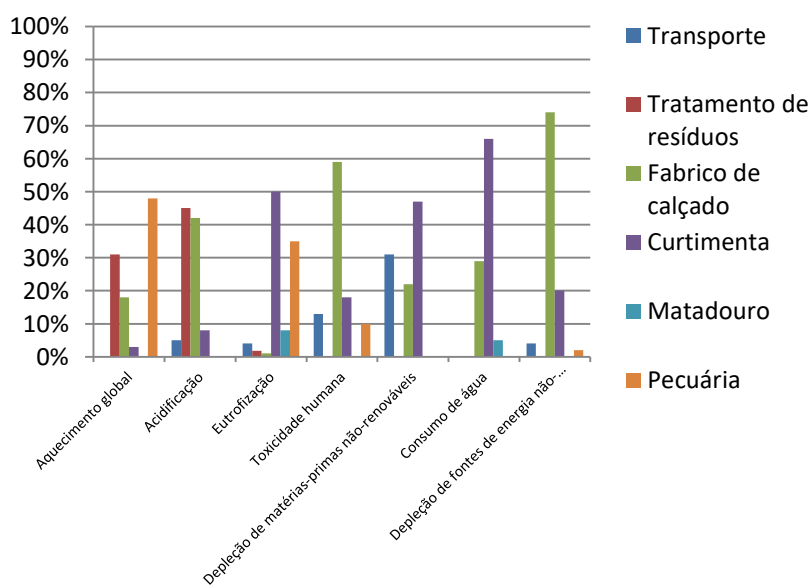


Figura 7 - Resultados do estudo de 1998 realizado relativamente às categorias de impacto analisadas (caracterização)

Os resultados foram calculados para sete categorias de impactes, incluindo não-renováveis, depleção de matérias-primas, depleção de fontes de energia não-renováveis, potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização e potencial de toxicidade humana (PTH). Os resultados evidenciaram que a fase agrícola, mais especificamente a utilização de fertilizantes, é o principal fator responsável pelo aquecimento, acidificação e eutrofização. Verificou-se que esse fator foi responsável por cerca de 40% do impacto total do ciclo de vida. Verificou-se também que a produção de eletricidade e o seu uso na fase de produção e fase de gestão de resíduos são grandes contribuidores para o impacto ambiental, e descobriu-se que a fase de curtimenta de pele foi a principal responsável por impactes relacionados com o consumo de água e matérias-primas não renováveis, já que a grande parte destes recursos são consumidos durante esta fase.

O estudo também fez algumas recomendações para melhorar o processo.

Tabela 6 - Resumo dos objetivos e resultados obtidos no estudo de ACV revisto

| Autores | Caso de estudo | Resultados da avaliação do ciclo de vida |
|--------------------|---|--|
| Mila et al. (1998) | Aplicabilidade da avaliação do ciclo de vida ao calçado, com o objetivo de localizar as etapas, no ciclo de vida, que mais contribuem para o impacto ambiental. | Os resultados evidenciaram o aspeto relacionado com a fase agrícola, mais especificamente a utilização de fertilizantes, como principal fator responsável pelo aquecimento, acidificação e eutrofização. Verificou-se que esse fator foi responsável por cerca de 40% do impacto total. Verificou-se também que a geração de eletricidade e o seu uso na fase de produção e fase de gestão de resíduos também criou um grande impacto ambiental, e descobriu-se que a fase de curtimenta foi a principal responsável por impactes relacionados com o consumo de água e matérias-primas não renováveis. |

3 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO MODELO DE SAPATOS DA ECCO'LET

3.1 Definição do objetivo e âmbito

Nesta secção é apresentada a unidade funcional, a qual fornece uma referência em relação à qual os dados de entrada e saída estão relacionados.

Neste trabalho, a unidade funcional escolhida foi um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" para homem (Figura 8). De entre todos os modelos disponíveis para estudo, este foi o selecionado baseado na quantidade de materiais utilizados na produção deste modelo em específico e pelo facto de apresentar materiais em comum com vários dos modelos produzidos na ECCO'let. Deste modo é possível estabelecer uma certa relação de comparabilidade relativamente aos impactes ambientais dos modelos produzidos.



Figura 3 - Modelo "Men's Golf Cool", artigo nº 13010450054, cor negra, número 43

Neste estudo foram considerados os seguintes processos no ciclo de vida:

- Produção de um par de gáspeas, correspondendo à parte superior do sapato. A produção de gáspeas não é realizada na ECCO'let Portugal;
- Transporte de um par de gáspeas desde ECCO (Banguécoque) até ECCO'let;
- Processos de montagem e acabamento na ECCO'let Portugal, correspondendo à união das partes superior e inferior do par de sapatos;
- Transporte de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO'let até à empresa de distribuição no polo da Maia, situada na Maia.

Contudo, podemos destacar os processos de montagem e acabamento utilizados na ECCO'let de modo a produzir o par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool”.

Alguns processos não foram considerados na avaliação de ciclo de vida. O uso pelo consumidor não foi incluído no processo já que é muito difícil seguir o percurso de um par de sapatos desde que sai da ECCO'let até ser entregue ao consumidor. Por estes motivos considerou – se que o ciclo de vida se iniciava na produção de um par de gáspeas na ECCO e terminava no transporte de um par de sapatos desde a ECCO'let até à empresa de distribuição no pólo da Maia, situada na Maia. Também não foi considerado o processo de fim de vida do par de sapatos pelo mesmo motivo que foi referido relativamente ao uso pelo consumidor.

No entanto, foi considerado o destino final de materiais usados nos processos de montagem e acabamento utilizados na produção de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool”, como deposição em aterro e reciclagem.

A Figura 9 apresenta os processos avaliados no estudo de Avaliação do Ciclo de Vida para o par de sapatos em foco.

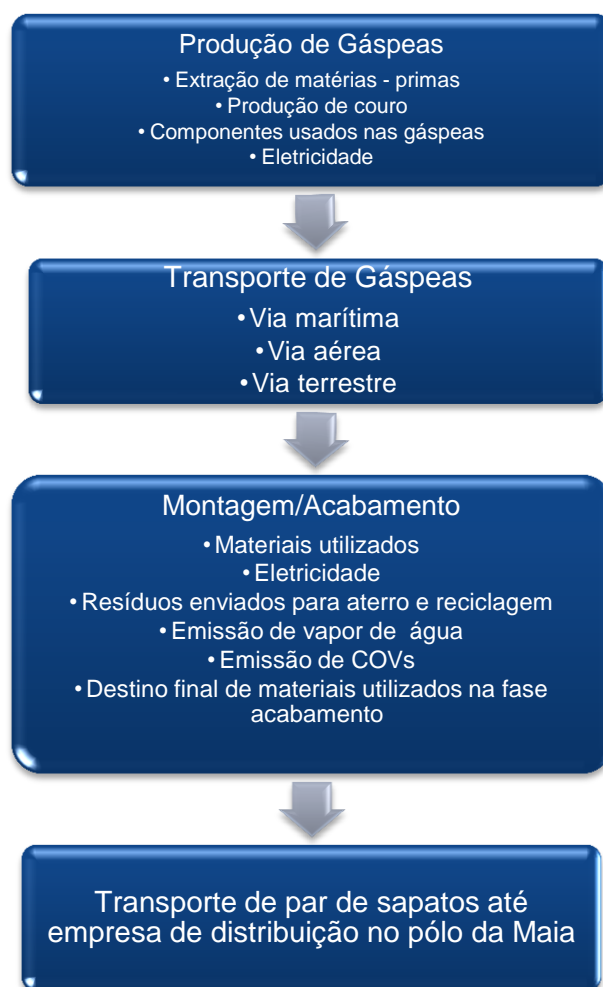


Figura 4 - Fronteira do sistema em estudo, considerando as fases e os fluxos de entradas e saídas por fase para o modelo de sapatos Men's Golf Cool" da ECCO'let Portugal

Na produção de gáspeas foram incluídos os materiais utilizados (pele, poliéster, algodão, poliuretano, latão, silicone, borracha, poliestireno e nylon) e emissões resultantes da sua produção (Anexo A, Tabela A.1). As emissões resultantes da produção de gáspeas associadas aos ciclos de vidas dos componentes do sapato foram, consideradas pois integram as bases de dados "Ecoinvent" e "ELCD" usadas na modelação. Alguns materiais presentes em bases de dados existentes no software SimaPro utilizadas neste estudo ("Ecoinvent e "ELCD") apresentam informação relativa à extração de matérias – primas e à sua produção, pelo que é importante incluir no estudo.

Neste estudo em particular, a extração de matérias - primas é apenas considerada para o poliestireno e nylon, utilizados na produção de gáspeas.

Contudo, o transporte de matérias-primas usadas na produção de gáspeas para a ECCO (Tailândia) foi excluído do processo.

Relativamente ao couro utilizado na produção de gáspeas, a base de dados utilizada fornece informação relativa à produção bovina, o que também inclui a quantidade e o tipo de alimento necessário fornecer ao gado, bem como todos os materiais utilizados na construção do equipamento necessário à produção de couro. A base de dados seleccionada inclui também a energia necessária à produção de couro, bem como as fontes de energia utilizadas. O tratamento de desperdícios resultantes da produção de couro também está incluído na base de dados.

As Figuras 10 e 11 apresentam, respetivamente, as etapas referentes aos processos de montagem e acabamento do modelo “Men’s Golf Cool” realizadas na ECCO’let Portugal.

A montagem (Figura 12) ocorre após a produção de gáspeas e é nesta fase que os restantes componentes dos sapatos são incluídos. No caso do modelo “Men’s Golf Cool” e dos restantes modelos produzidos na ECCO’let, a parte inferior do sapato não é costurada, mas é sim realizado um processo designado de injeção direta, onde a sola de poliuretano é moldada diretamente na parte superior do sapato. De modo a realizar injeção direta, a parte superior do calçado é fixada dentro de um molde antes da injeção. Desta forma, elimina-se a necessidade de colar ou costurar como forma de produzir um calçado acabado. Esta tecnologia é denominada “FLUIDFORM” e permite criar solas ergonomicamente avançadas. Também é importante a utilização de um agente desmoldante com o objetivo de modo a não afetar a qualidade do couro utilizado. De notar que nem todos os modelos de sapatos produzidos apresentam as mesmas etapas de montagem. Como por exemplo, para o modelo “Men’s Golf Cool” a etapa de corte do reforço para a cambrela (strobel) e a colocação de pitões não é realizada.

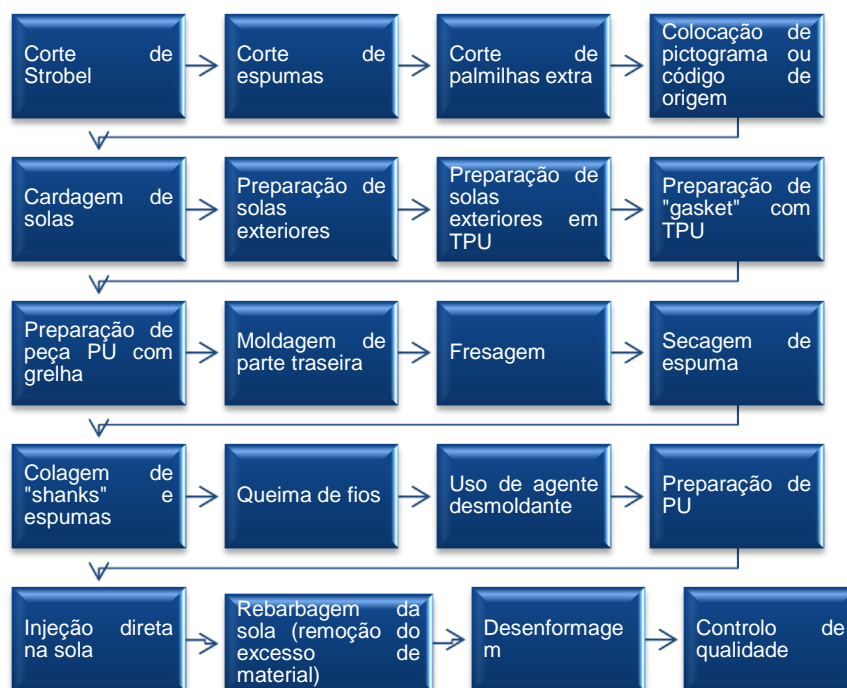


Figura 5 - Etapas do processo de montagem

Na etapa de acabamento (Figura 11), o calçado é desenformado e são aplicados certos produtos como repelentes de água e óleos, ceras para dar brilho e outros retoques finais ao sapato. Também nesta etapa está incluído o empacotamento.

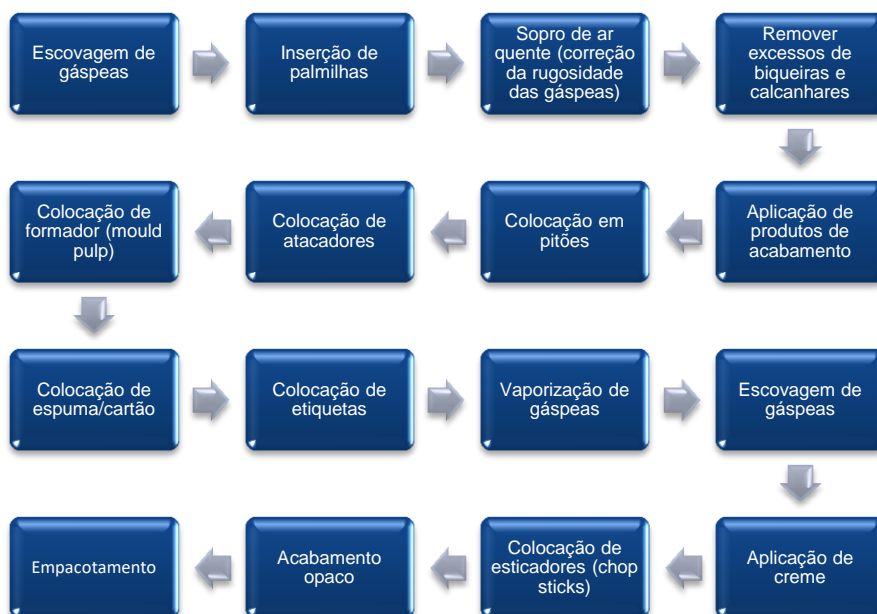


Figura 6 - Etapas do processo de acabamento

3.2 Análise de Inventário do ciclo de vida

A Tabela 7 lista a composição e as quantidades de materiais usados na produção das gáspeas usadas no modelo de sapatos em estudo. As gáspeas são produzidas na ECCO, situada em Bangucoque, na Tailândia .

As gáspeas são produzidas usando na sua composição os seguintes materiais: poliéster, poliuretano, poliestireno, nylon, algodão, latão, silicone e borracha. Alguns materiais como PTFE (Politetrafluoroetileno) e colas usadas não foram incluídos na avaliação de ciclo de vida já que não foi possível encontrar uma correspondência nas bases de dados existentes. Relativamente aos processos e impactes associados à extração de matérias-primas utilizadas para fabricar os componentes utilizados na produção de gáspeas, algumas bases de dados existentes no SimaPro já apresentam informação relativa a esta fase. Os valores relativos aos materiais utilizados na produção de gáspeas foram fornecidos pela ECCO'let e são relativos ao mês de Outubro de 2017.

Com o objetivo de calcular as massas de certos componentes utilizados na produção de gáspeas, foi necessário, em primeiro lugar, obter amostras de cada componente. Foi necessário realizar este passo visto que o software SimaPro apenas considera unidades de massa para certos materiais e as unidades de medida de certos componentes referenciadas na “BoM” (“Bill of Materials”), a qual é uma ficha técnica que apresenta todos os materiais utilizados na produção de um par de gáspeas, eram m (metros) e metros quadrados (m^2) para certos componentes. Deste modo, foi necessário converter esses valores em unidade de massa com o propósito de poderem ser introduzidos no software.

Com o objetivo de calcular as massas dos componentes que apresentassem como unidade de medida metros quadrados (m^2) foram realizadas duas etapas:

- Obtenção da massa de cada amostra;
- Obtenção da área de cada amostra.

Com estes dois fatores é possível determinar a massa volúmica de cada componente analisado. Com este valor foi possível calcular o valor da massa dos componentes.

No caso dos componentes que apresentassem como unidade de medida metros (m), o processo foi similar, sendo a única diferença o facto de não ter sido necessário calcular a área da amostra, mas sim apenas medir uma porção desta. Podemos dar como exemplo deste caso os fios de poliéster utilizados na produção.

No que se refere à produção de gáspeas, está incluída a eletricidade necessária para a produção destas. Como não foi possível obter o valor referente à eletricidade utilizada na fábrica localizada na Tailândia, foi feita uma estimativa com base nos dados da parte de produção existente na ECCO'let. De modo a obter a quantidade de energia necessária para a produção de gáspeas foi necessário recorrer a informação relativa ao período de tempo em que a produção de gáspeas ocorria na ECCO'let, o que já não acontece. Foram utilizados valores referentes à produção de eletricidade de seis linhas de costura utilizadas quando estão ainda estavam em funcionamento, tendo depois sido realizada uma média destes valores, durante um mês. Este valor foi depois admitido como uniforme ao longo do período de Setembro de 2016 a Setembro de 2017. De seguida, foi dividido o valor da energia utilizada (kW) pelo número de pares de gáspeas produzidos do modelo "Men's Golf Cool". De modo a obter o valor da eletricidade em kWh, o valor obtido foi dividido pelo número de horas de funcionamento diário das linhas de costura.

Na Tabela 7 podemos encontrar a quantidade de cada componente utilizado na produção de gáspeas, bem como a energia utilizada na sua produção

Tabela 7 - Componentes das gáspeas, sua composição e eletricidade usada na produção de um par de gáspeas

| Composição dos componentes usados nas gáspeas | Quantidades usadas por par de gáspeas do modelo "Men's Golf Cool" (unidades em g e para eletricidade (em kWh) |
|---|---|
| Couro | 92,0 |
| Poliéster | 34,5 |
| Poliestireno | 25,5 |
| Poliuretano (PU) | 10,4 |
| Algodão | 7,6 |
| Nylon | 34,3 |
| Latão | 3,7 |
| Silicone | 2,8 |
| Borracha | 1,2 |
| TPU (Termopoliuretano) | 0,6 |
| Eletricidade | $3,1 \times 10^{-6}$ (kWh) |

No Anexo A (Tabela A.1.) são apresentadas as bases de dados usadas na modelização do processo de produção de gáspeas.

A Tabela 8 lista a composição e as quantidades de materiais usados na montagem/acabamento e empacotamento para o modelo de sapatos em estudo. Os valores foram cedidos pela ECCO'let e referem-se a dados da produção desde Setembro de 2016 a Setembro de 2017. Nesta tabela está apresentado também o valor da energia utilizada no processo de montagem.

Como podemos observar, na etapa de montagem são usados os seguintes materiais:, poliéster, poliestireno, nylon, poliuretano (composto por polioliol, catalisadores e isocianato) e fibra de vidro. Podemos observar que a grande maioria dos materiais utilizados são compostos por poliuretano, poliéster e poliestireno. De modo a calcular as massas de certos componentes

foi utilizado o mesmo método usado na obtenção da massa de certos componentes utilizados na produção de gáspeas.

Tabela 8 - Materiais utilizados na montagem e electricidade utilizada

| Composição dos componentes utilizados nos processos de montagem | Quantidades usadas por par de sapato do modelo "Men's Golf Cool" (g) e electricidade utilizada (kWh) |
|---|--|
| Poliuretano PU | 478,51 |
| Termopoliuretano (TPU) | 206 |
| Fibra de vidro | 11,07 |
| Poliéster | 4,2 |
| Poliestireno (PS) | 3,1 |
| Nylon | 5,4 |
| Electricidade utilizada | 2,4x10 ⁻⁵ kWh |

A electricidade utilizada na parte de montagem foi obtida utilizando os valores mensais de energia desde setembro de 2016 a setembro de 2017 em kWh, os quais foram fornecidos pela ECCO'let. Estes valores incluem o consumo de electricidade por parte dos compressores, da linha utilizada para produzir o par de sapatos do modelo Men's Golf Cool, situada no pavilhão 2, e da iluminação desta. Após se terem obtido os valores de consumo de electricidade mensais, estes foram, posteriormente, divididos pelo número de modelos produzidos na ECCO'let durante o mesmo período. De modo a saber a quantidade de energia necessária para produzir apenas um par de sapatos, este valor foi dividido pela quantidade de pares de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" produzidos na ECCO'let de setembro de 2016 a Setembro de 2017. De modo a converter este valor em kWh, o valor anterior foi dividido pelo número de horas diárias em que a linha onde foram produzidos os modelos "Men's Golf Cool" se encontrava em funcionamento.

No caso da montagem ainda podemos encontrar informação relativa à quantidade de vapor de água utilizado durante o processo de montagem e quantidade de compostos orgânicos voláteis emitidos na Tabela 9.

Tabela 9 - Quantidade de COV e vapor água envolvidos na produção de um par de "Men's Golf Cool"

| | Quantidade de COVs emitidos (g) | Vapor de água emitido (g) |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Montagem/Acabamento | 12,1 | 5,9 |

A informação relativa à quantidade de COVs emitidos foi fornecida pela ECCO'let, sendo que estes compostos são libertados nas etapas de injeção e acabamento. As fontes de compostos orgânicos voláteis analisadas foram a cabine exterior, as máquinas 1 e 2 existentes no pavilhão 2.

Na Tabela 10 estão apresentados os produtos usados que apresentam, na sua constituição compostos orgânicos voláteis.

Tabela 10 - Produtos que apresentam compostos orgânicos voláteis na sua constituição

| Produtos | Etapas do processo |
|------------------------|--------------------|
| Poliol e isocianato | Injeção |
| Pastas de cor | Injeção/acabamento |
| Agentes desmoldantes | Injeção |
| Endurecedores | injeção |
| Produtos de acabamento | Acabamento |
| Termopoliuretano (TPU) | injeção |

A quantidade de compostos orgânicos voláteis (COVs) emitidos foram obtidos através de duas etapas. Em primeiro lugar foi realizado o cálculo das quantidades de solventes orgânicos, através da determinação das quantidades

de produtos consumidos durante o ano de 2016 e a quantidade de compostos orgânicos voláteis presentes nos produtos (através dos dados fornecidos pelas fichas de segurança, fichas técnicas e informação enviada pelos fornecedores).

De modo a obter a quantidade de solventes orgânicos, foi multiplicada a percentagem de solventes existente em cada produto pela quantidade total de produto consumido, sendo esta etapa efetuada para todos os produtos utilizados.

Após a obtenção da quantidade de solventes em todos os produtos consumidos, este valor foi, posteriormente dividido pelo número de sapatos produzidos no ano de 2016. Verificou – se que a emissão total de compostos orgânicos voláteis (COVs) para o ano de 2016 foi 12,1 gramas por par de sapato, sendo este valor menor que o Valor Limite de Emissão (VLE), expresso em gramas de solvente emitido por par de calçado completo produzido (25 g/par), presente no Decreto – Lei nº 127/2013 de 30 de Agosto.

Relativamente à quantidade de vapor de água utilizada, este valor foi calculado realizando a diferença entre a massa de uma embalagem de plástico vazia e a mesma embalagem de plástico após ser sujeito a vapor de água durante um período de tempo de 4 segundos, sendo obtido o valor de 5,88 g por par de sapatos. Este vapor de de água é utilizado para promover a reativação do couro e permitir que o par de gáspeas consiga ser inserido no molde,

No Anexo A (Tabela A.2.) são apresentadas as bases de dados usadas na modelização do processo de montagem.

No acabamento são usados utilizados materiais constituídos por plástico, papel, poliestireno e cartão. São também utilizados agentes desmoldantes, repelentes e ceras. A Tabela 11 apresenta e quantifica os produtos utilizados na etapa de acabamento.

Tabela 11 - Produtos utilizados na etapa de acabamento e quantidade usada por par de sapatos "Men's Golf Cool"

| Produtos utilizados na etapa de acabamento | Quantidade usada por par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" (g) |
|---|---|
| Cartão | 320 |
| Plástico | 5,7 |
| Papel | 3,8 |
| Agente desmoldante RT 17/2 | 3 |
| Espuma | 2 |
| Creme DEE 1005 – NEUTRAL (Agente utilizado para brilho) | 2 |
| Defender WB com protetor SCOTHGARD™ (Agente utilizado para repelir água, óleos e manchas) | 1,5 |
| Reiniger CO 20 (Agente utilizado para remoção manchas resultantes de óleos e gorduras) | 1 |

Relativamente aos agentes desmoldantes, repelentes e ceras referidas, informação relativa a alguns destes produtos foi difícil de obter já que as fichas de segurança fornecidas não apresentam componentes essenciais na produção destes produtos. Deste modo foi necessário utilizar informação relativa a outros produtos, admitindo que estes eram equivalentes aos produtos utilizados na etapa de acabamento do par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" (Tabela 12).

Tabela 12 - Agentes utilizados no processo de acabamento e sua composição

| Agentes utilizados na etapa de acabamento | Composição |
|---|---|
| Agente desmoldante RT 17/2 | Nafta |
| Defender WB com protector SCOTHGARD™ (Agente utilizado para repelir água, óleos e manchas) | Acetona, Isopropanol, nafta, dióxido de carbono líquido |
| Reiniger CO 20 (Agente utilizado para remoção manchas resultantes de óleos e gorduras) | Acetato de etilo, acetona, ciclohexanona |
| Creme DEE 1005 – NEUTRAL (Agente utilizado para brilho) | Nafta |

No que se refere aos resíduos produzidos, a maior parte destes é enviado para reciclagem, sendo que os restantes produtos são enviados para deposição em aterro sanitário. Alguns resíduos resultantes do corte de certos materiais durante o processo de montagem e os resíduos produzidos durante a produção de gáspeas não foram contabilizados, já que não havia dados referentes a estes resíduos.

Na Tabela 13 são apresentados certos materiais utilizados nos processo de montagem e empacotamento e o seu destino final.

Tabela 13 - Destino final de certos materiais utilizados durante o processo de montagem e acabamento

| Materiais usados (incluindo a designação dada na fábrica) | Massa de cada elemento (g) por par de sapatos produzido | Destino final |
|--|---|---------------|
| Caixa de sapatos de cartão | 284 | Reciclagem |
| Cartão ("Mould pulp filler") | 36 | Reciclagem |
| Excesso de poliuretano utilizado no processo de injeção direta | 11,35 | Aterro |
| Poliestireno ("Chopstick") | 5 | Reciclagem |
| Papel de seda | 2 | Reciclagem |
| Espuma ("Foam Divider") | 2 | Aterro |
| Etiqueta de papel ("High Gloss") | 1,84 | Reciclagem |
| Papel ("Hang tag") | 0,636 | Reciclagem |
| Poliestireno ("Twinlock") | 0,0536 | Reciclagem |
| Etiqueta de papel ("Made in Portugal") | 0,0178 | Reciclagem |

No Anexo A (Tabela A.3) são apresentadas as bases de dados usadas na modelização do processo de acabamento.

Transporte

As distâncias indicadas para todos os transportes realizados foram calculadas usando o software “SeaRates” (Searates, 2018) que permite obter a distância entre o ponto de origem e o destino seja por via terrestre, marítima ou aérea.

O transporte de gáspeas entre a ECCO (Tailândia) e a ECCO’let pode ser realizado de duas formas, ambas modelizadas para o caso em estudo.

- Via marítima e via terrestre (80% do total de gáspeas transportadas);
- Via aérea e via terrestre (20% do total de gáspeas transportadas).

Para o transporte por *via terrestre* foi considerado como meio de transporte um camião com um peso que varia entre 16 e 32 toneladas métricas; para o transporte por via marítima foi adotado como meio de transporte um navio transoceânico transportando um contentor 20’ standard (o valor 20 refere-se à unidade pés, que corresponde a 6 metros). Para o transporte por *via aérea* foi considerado um avião que realiza percursos intercontinentais.

O transporte de gáspeas por via marítima e terrestre pode dividir-se em:

- Transporte por via terrestre desde ECCO (Tailândia) a Porto Internacional de Banguécoque (96,73 km);
- Transporte por via marítima desde o Porto Internacional de Banguécoque até Bremen (Alemanha) (17321,47 km).
- Transporte por via terrestre desde Bremen (Alemanha) até Frankfurt (Alemanha) e desde Frankfurt até ECCO’let (2586,34 km).

O transporte de gáspeas por via aérea e terrestre pode ser dividido em:

- Transporte por via terrestre desde ECCO (Tailândia) até Aeroporto Internacional de Bangucoque (107,46 km);
- Transporte por via aérea desde Aeroporto Internacional de Bangucoque até Aeroporto Sá Carneiro (10562,8 km);
- Transporte por via terrestre entre Aeroporto Sá Carneiro até ECCO'let (41,73 km).

O transporte do par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO’let até à empresa de distribuição no pólo da Maia é realizado por via terrestre numa frota de camiões com um peso que varia entre 16 e 32 toneladas métricas, percorrendo uma distância correspondente a 40,77 km.

Na Tabela 14 estão apresentadas as distâncias percorridas por via aérea, marítima e terrestre, bem como o valor do transporte (expresso em kg*km) para cada percurso.

Tabela 14 - Transporte do par de gáspeas e do par de sapatos

| | | Distância (km) | Transporte de par de gáspeas (kgkm) | Transporte do par de sapatos “Men’s Golf Cool” (kgkm) |
|------------------------------|---|----------------|-------------------------------------|---|
| Transporte por via terrestre | ECCO – Porto Internacional de Bangucoque | 96,73 | 20,51 | - |
| | ECCO – Aeroporto Internacional de Bangucoque | 107,46 | 22,98 | - |
| | Bremen - Frankfurt | 2586,34 | 93,4 | - |
| | Frankfurt – ECCO'let | | | - |
| | Aeroporto Sá Carneiro – ECCO'let | 41,73 | 8,85 | - |
| | ECCO'let - empresa de distribuição no pólo da Maia | 40,77 | - | 40,6 |
| Transporte por via marítima | Porto Internacional de Bangucoque - Bremen | 17321,47 | 3672,2 | - |
| Transporte por via aérea | Aeroporto Internacional de Bangucoque – Aeroporto Sá Carneiro | 10562,8 | 2239,2 | - |

No Anexo A (Tabela A.4) são apresentadas as bases de dados usadas na modelização nos transportes.

3.3 Avaliação de impactes

Nesta secção são apresentados os impactes de cada processo incluído na produção de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool”. Isto inclui cada material utilizado na produção de um par de gáspeas, os processos de montagem e acabamento, transporte de um par de gáspeas desde ECCO (Tailândia) até à ECCO’let (Portugal) e transporte de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO’let (Portugal) até à empresa de distribuição no pólo da Maia, relativamente a cada categoria de impacte analisada:

- Depleção de matérias – primas;
- Depleção de combustíveis fósseis;
- Aquecimento global;
- Depleção da camada de ozono;
- Toxicidade humana;
- Ecotoxicidade em água doce
- Ecotoxicidade aquática marinha;
- Ecotoxicidade terrestre;
- Oxidação fotoquímica;
- Acidificação;
- Eutrofização.

De modo a proceder à avaliação de impactes foi utilizado o software Simapro e o método CML – IA. Em primeiro lugar foi realizada uma análise geral dos impactes resultantes da produção de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool”, sendo depois analisado cada processo individualmente.

3.3.1 Contribuição relativa de cada processo para o impacte ambiental

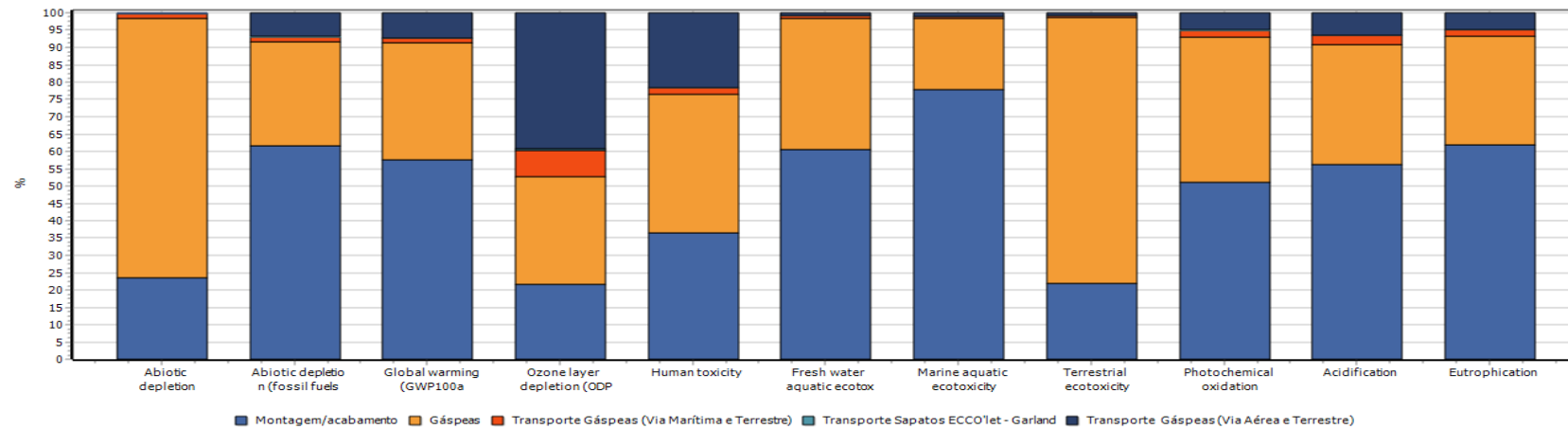
Nesta secção foram explorados os impactes de cada processo envolvido na produção de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” em cada categoria de impacte analisada. Foram analisados os impactes totais, ou seja, da soma de todos os impactes resultantes dos processos e os impactes resultantes de cada processo individualmente.

Na Tabela 15 podem ser encontrados os impactes ambientais associados aos vários processos estudados na avaliação do ciclo de vida do par de sapatos o que inclui a produção de gáspeas, montagem/acabamento e os processos de transporte de gáspeas (que inclui os processos utilizando a via marítima e a via aérea) e do produto final. Como se pode observar, o impacte na ecotoxicidade aquática marinha é o mais significativo de todos os analisados, estando este ligado principalmente aos processos de montagem/acabamento.

Tabela 15 - Contribuição de cada processo para o impacte ambiental global para a etapa de caracterização usando a metodologia CML - IA baseline V3.4. EU25.

| Categoria de impacte | Total | Montagem/ acabamento | Gáspeas | Transporte Gáspeas (Via Marítima e Terrestre) | Transporte Sapatos ECCO'let - empresa de distribuição no pólo da Maia | Transporte Gáspeas (Via Aérea e Terrestre) |
|--|---------|-------------------------|---------|---|--|---|
| Depleção abiótica(kg Sb eq) | 1,9E-05 | 4,4E-06 | 1,4E-05 | 2,1E-07 | 1,8E-08 | 5,3E-08 |
| Depleção de combustíveis fósseis (MJ) | 1,1E+02 | 6,6E+01 | 3,2E+01 | 1,5E+00 | 1,1E-01 | 7,4E+00 |
| Aquecimento Global (kg CO ₂ eq) | 6,8E+00 | 3,9E+00 | 2,3E+00 | 9,2E-02 | 0,006633 | 4,9E-01 |
| Depleção da camada de ozono (kg CFC-11 eq) | 2,3E-07 | 4,9E-08 | 7,1E-08 | 1,7E-08 | 1,3E-09 | 9,0E-08 |
| Toxicidade humana (kg 1,4-DB eq) | 1,7E+00 | 6,2E-01 | 6,9E-01 | 3,0E-02 | 2,2E-03 | 3,7E-01 |
| Ecotoxicidade aquática em água doce (kg 1,4-DB eq) | 1,2E+00 | 7,4E-01 | 4,7E-01 | 8,3E-03 | 5,8E-04 | 1,1E-02 |
| Ecotoxicidade aquática marinha (kg 1,4-DB eq) | 4,6E+03 | 3,6E+03 | 9,7E+02 | 2,8E+01 | 1,8E+00 | 4,6E+01 |
| Ecotoxicidade terrestre (kg 1,4-DB eq) | 2,2E-02 | 4,7E-03 | 1,7E-02 | 1,4E-04 | 9,7E-06 | 1,6E-04 |
| Oxidação fotoquímica (kg C ₂ H ₄ eq) | 1,6E-03 | 8,0E-04 | 6,6E-04 | 2,9E-05 | 1,2E-06 | 7,9E-05 |
| Acidificação (kg SO ₂ eq) | 2,9E-02 | 1,6E-02 | 1,0E-02 | 7,9E-04 | 3,4E-05 | 1,9E-03 |
| Eutrofização (kg PO ₄ ⁻ eq) | 7,1E-03 | 4,4E-03 | 2,2E-03 | 1,3E-04 | 7,9E-06 | 3,4E-04 |

Na Figura 12 podemos encontrar a mesma informação, mas em forma de gráfico, sendo mais facilmente interpretável desta forma. A produção de gáspeas apresenta maior impacto na depleção abiótica, ecotoxicidade terrestre e toxicidade humana. Os processos de montagem e acabamento são os maiores contribuidores para as restantes categorias de impacto ambiental analisadas, com a única exceção sendo na categoria de depleção da camada de ozono onde o transporte por via aérea é o mais significativo.

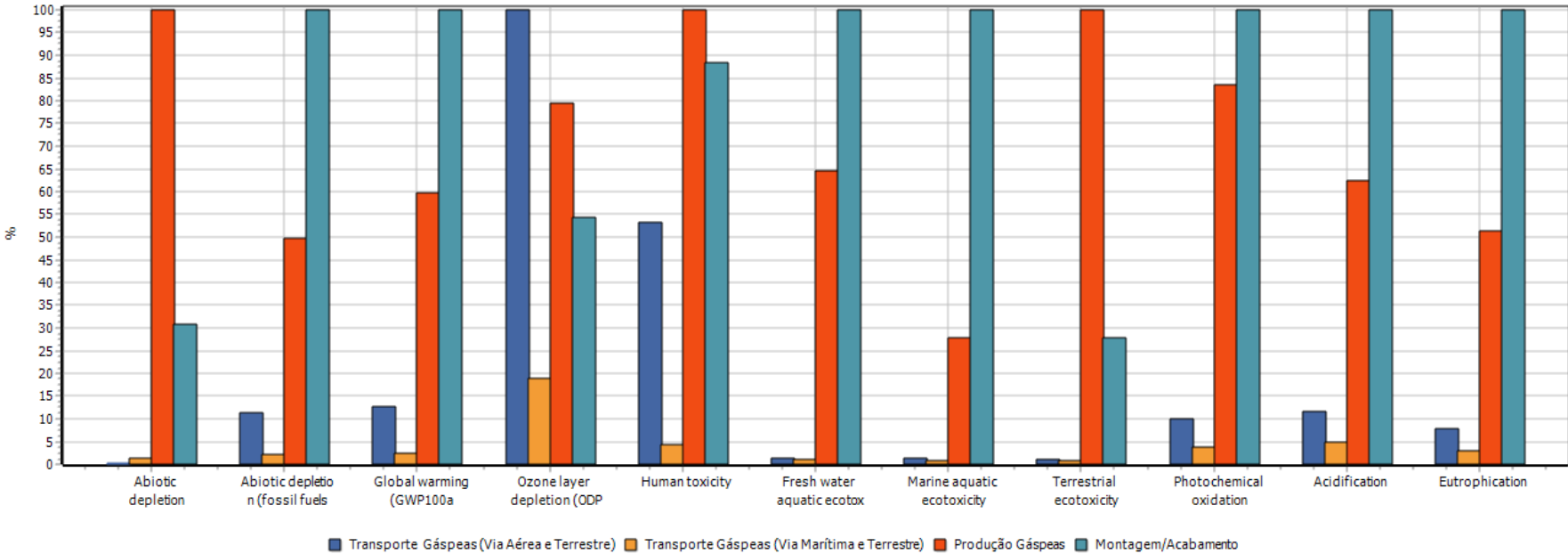


A analisar 1 p 'LCA Golf Cool'; Método: CML-IA baseline V3.04 / EU25 / Caracterização

Figura 7 - Contribuição de cada processo por categoria de impacto para a produção de um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" (caracterização)

A Figura 13 apresenta uma avaliação comparativa por processo para o par de sapatos “Men’s Golf Cool”. Quando se compara o transporte por via predominantemente marítima e o transporte por via predominantemente aérea, podemos ver que, globalmente, o transporte por via aérea apresenta um impacto significativamente maior.

Como também podemos ver pela Figura 13, ao comparar os processos de montagem/ acabamento com a produção de gáspeas, pode-se verificar que os processos de montagem e acabamento apresentam maior contribuição para um maior número de categorias de impacto, incluindo a depleção de combustíveis fósseis, aquecimento global, ecotoxicidade aquática em água doce e ecotoxicidade marinha aquática, oxidação fotoquímica, acidificação e eutrofização. A produção de gáspeas apresenta uma contribuição dominante para a depleção abiótica, ecotoxicidade terrestre e toxicidade humana.



A comparar 0,2 p 'Transporte Gáspeas (Via Aérea e Terrestre)', 0,8 p 'Transporte Gáspeas (Via Marítima e Terrestre)', 1 p 'Produção Gáspeas' e 1 p 'Montagem/Acabamento'; Método: CML-IA baseline V3.04 / EU25 / Caracterização

Figura 8 - Avaliação comparativa por processo modelado (caracterização)

Na Tabela 16 estão apresentados os processos e as respetivas substâncias presentes no processo que mais contribuem para cada uma das categorias de impacto ambiental analisadas.

Tabela 16 - Processos e substâncias que apresentam uma maior contribuição para o impacto ambiental na produção de um par de sapatos “Men’s Golf Cool”

| Categoria de impacto | Fase do ciclo de vida e substância com maior contribuição relativa para o impacto ambiental |
|--|---|
| Depleção abiótica | Produção de gáspeas ➤ Cádmió |
| Depleção abiótica (combustíveis fósseis) | Montagem/Acabamento ➤ Gás natural |
| Aquecimento Global (GWP100a) | Montagem/Acabamento ➤ Emissão de dióxido de carbono |
| Depleção da camada de ozono | Transporte avião Tailândia – Portugal ➤ Halon 1301 |
| Toxicidade humana | Produção de gáspeas ➤ Selénio |
| Ecotoxicidade aquática (água doce) | Montagem/Acabamento ➤ Berílio |
| Ecotoxicidade aquática marinha | Montagem/Acabamento ➤ Berílio |
| Ecotoxicidade terrestre | Produção de gáspeas ➤ Aldicarbe |
| Oxidação fotoquímica | Montagem/Acabamento ➤ Dióxido de enxofre |
| Acidificação | Montagem/Acabamento ➤ Dióxido de enxofre |
| Eutrofização | Montagem/Acabamento ➤ Fosfatos |

O cádmio é um subproduto da produção de zinco e é um componente tóxico, tendo a sua utilização vindo a diminuir ao longo dos anos. No caso do modelo “Men’s Golf Cool”, o cádmio presente na produção de gáspeas tem como origem a produção de zinco que é, por sua vez, em conjunto com o cobre, utilizado para produzir latão. O latão é, posteriormente, utilizado na produção de produtos que consistem em buracos perfurados na parte superior

do sapato que são, normalmente, reforçados com metal, sendo, neste caso, o latão (são designados na fábrica por eyelets).

Relativamente à depleção de combustíveis fósseis, o gás natural utilizado nos processos de montagem/acabamento é o combustível fóssil que apresenta o maior consumo e impacte na produção de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool”, O gás natural provém da refinação do petróleo e é utilizado na produção de eletricidade, necessária para o funcionamento do processo.

Quando o impacte no aquecimento global está em questão, a emissão de dióxido de carbono resultante dos processos de montagem e acabamento apresenta o impacte mais significativo no ambiente. Neste caso, a emissão de dióxido de carbono resulta da utilização de combustíveis fósseis na produção de eletricidade.

O processo que apresenta uma maior contribuição para a camada de ozono é transporte de gáspeas por via aérea entre o Aeroporto Internacional de Banguedoque e o Aeroporto Sá Carneiro, mais especificamente a substância designada Halon 1301. Esta substância é um haleto orgânico utilizado em refrigeração; o Halon 1301 é uma substância conhecida por provocar a depleção da camada de ozono, mas também é tóxica para humanos, podendo levar a danos no sistema nervoso central e afetar outras funções corporais. Esta substância é usada em aviões, mais especificamente em sistemas de refrigeração.

Relativamente à toxicidade humana, O selénio produzido aquando da produção de materiais utilizados na produção gáspeas é a substância que apresenta o maior impacte. Este é um resíduo de lixiviação produzido aquando da refinação de minérios. Neste caso de estudo, o selénio foi produzido como subproduto de refinação do cobre utilizado na produção de latão.

Em relação à ecotoxicidade aquática em água doce e à ecotoxicidade aquática marinha, o berílio produzido nos processos de montagem/acabamento resultante do processo de produção de polioli utilizado na produção de poliuretano apresenta o maior impacte ambiental.

Relativamente à ecotoxicidade terrestre, o aldicarbe é o que apresenta o maior impacto no ambiente. Este é uma substância usada mundialmente como pesticida, contudo é um composto extremamente tóxico para o ambiente. No caso de estudo, o aldicarbe foi utilizado como pesticida na produção de algodão usado na produção de gáspeas, mais especificamente na produção de reforços (designado por “Reinforcement Lining Mill”).

A oxidação fotoquímica e a acidificação apresentam o dióxido de enxofre emitido aquando dos processos de montagem/acabamento como a substância que apresenta a maior contribuição para o impacto ambiental. O dióxido de enxofre é um poluente secundário aéreo resultante da queima de combustíveis e solventes que pode causar efeitos significativamente negativos na saúde humana, bem como a vida animal e vegetal. No caso em estudo a emissão de dióxido de enxofre pode ter tido como origem a queima de compostos orgânicos voláteis nos processos de montagem e/ou nos combustíveis fósseis utilizados para produzir eletricidade.

Por fim, os fosfatos são os principais responsáveis pelo impacto da eutrofização no meio ambiente. Os fosfatos são os agentes limitantes da eutrofização, logo uma quantidade elevada destes compostos leva a um aumento de nutrientes, levando a um crescimento exagerado de plantas e algas. Após a morte destes organismos, a degradação bacteriana da sua biomassa leva ao consumo do oxigénio na água, levando a um estado de hipoxia. O sector industrial, neste caso o sector do calçado contribui para o aumento da eutrofização devido à utilização de fosfatos como retardadores de chama na produção de poliuretano.

3.3.2 Contribuição individual de cada um dos processos estudados

Esta secção apresenta o impacto de cada material utilizado na produção de um par de gáspeas, nos processos de montagem e acabamento e no transporte de um par de gáspeas da ECCO (Tailândia) até à ECCO'let (Portugal) e no transporte de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO'let até à empresa de distribuição no pólo da Maia.

Em primeiro lugar foi realizada a avaliação de impactos dos materiais e energia envolvidos na produção de gáspeas, sendo seguida pela avaliação dos materiais envolvidos nos processos de montagem e acabamento, o que também inclui a energia, emissões e destino final de certos materiais. Por fim, foi feita a avaliação de impactos do transporte de um par de gáspeas e de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool”.

3.3.2.1 Produção de gáspeas

Em primeiro lugar foi realizada avaliação de impactos na produção de gáspeas, incluindo também a eletricidade utilizada. Como podemos observar, na produção das gáspeas, os materiais que apresentam a maior contribuição para o maior impacto ambiental são o latão relativamente à depleção de matérias-primas, toxicidade para humanos, ecotoxicidade de água doce, ecotoxicidade marinha e eutrofização (sendo que a pele de couro também apresenta uma contribuição semelhante na eutrofização).

Na depleção da camada de ozono, o material que apresenta a maior contribuição para o maior impacto é a resina de poliéster. Relativamente ao couro, este apresenta um maior impacto na depleção de combustíveis fósseis, no aquecimento global, na oxidação fotoquímica, acidificação e eutrofização.

Por fim, o impacto do algodão é maior relativamente à ecotoxicidade em água doce e ecotoxicidade terrestre.

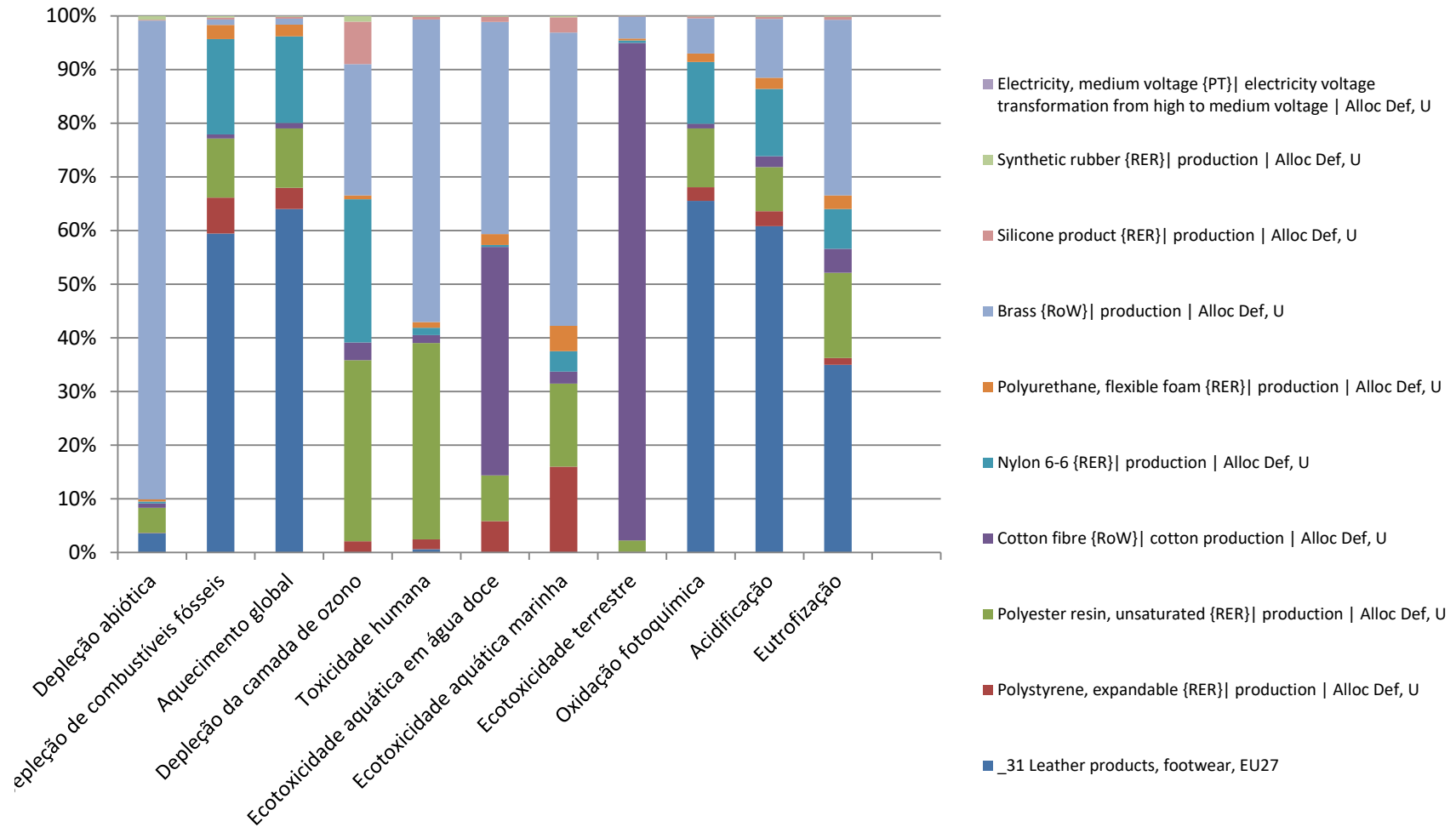


Figura 9 - Impacte ambiental dos materiais utilizados na produção de gáspas por cada categoria de impacte analisada (caracterização)

Pela Figura 14 verifica-se que o latão é a substância que mais contribui para o impacto na depleção de matérias-primas. De modo a produzir o latão é necessário cobre e zinco, sendo o zinco o maior contribuinte para o impacto ambiental.

Em relação aos combustíveis fósseis, a produção de pele é o fator que mais contribui para esta categoria, sendo que os processos causadores deste impacto são a refinação do crude e a produção de gás a partir deste. O mesmo pode ser dito para o aquecimento global, sendo a produção de pele o fator determinante na contribuição.

Na depleção da camada de ozono, a produção de latão, nylon, poliéster e silicone são os processos mais contribuidores. Em relação ao latão, o material presente na sua produção e que mais contribui para o impacto ambiental é o cobre. Relativamente ao poliéster, o material que apresenta um maior impacto na sua produção é o propileno que é um hidrocarboneto insaturado, resultante do processamento do petróleo. Relativamente ao silicone, o material presente na sua produção que mais contribui para a depleção na camada de ozono é o clorometano.

Relativamente à toxicidade para humanos, o latão e o poliéster são os materiais que mais contribuem para o impacto ambiental. Tal como acontece na depleção da camada de ozono, o cobre é o material constituinte do latão que apresenta um fator mais determinante no impacto ambiental e o propileno no caso do poliéster. Aquando da produção de cobre, ocorre a produção de materiais sulfídricos, que consistem em materiais rejeitados da produção de cobre.

Em relação à ecotoxicidade em água doce, o latão, poliéster e o algodão são os materiais que mais contribuem para o impacto ambiental, sendo o algodão o fator mais determinante. Também ocorre a rejeição de materiais sulfídricos resultantes da produção de cobre.

Relativamente à ecotoxicidade aquática marinha, o latão é o fator mais determinante, sendo a produção de poliéster e nylon também significativa. Neste caso, a produção de resíduos sólidos municipais resultante da produção de poliestireno apresenta um maior impacto.

Em relação à ecotoxicidade terrestre, a produção de algodão é o processo que mais contribui para o impacto ambiental, sendo a produção de poliéster também significativa.

Na oxidação fotoquímica e acidificação, o fator mais significativo é a produção de pele, sendo que a produção de poliéster e nylon também são grandes contribuidores para o impacto ambiental.

Os materiais que mais contribuem para a eutrofização são a pele, o poliéster e o latão. Na produção de pele, o fator mais determinante no impacto ambiental é a produção de carne usada na alimentação do gado.

3.3.2.2 Processos de montagem/acabamento

Nesta etapa da avaliação de impactes, o foco está direcionado para os processos de montagem e acabamento. Mais especificamente:

- Materiais envolvidos;
- Energia utilizada pela ECCO'let;
- Tratamento de materiais para os quais é conhecido o destino final.

Como se pode observar pela Figura 15, o poliuretano é o maior contribuidor para o impacte ambiental dos processos de montagem e acabamento. Sendo que, especificamente o polioli envolvido na síntese de poliuretano é o composto que apresenta a maior contribuição. O polioli é um dos componentes utilizados para formar o poliuretano utilizado para formar o material solado do sapato. O poliuretano utilizado é obtido através de uma reação de polimerização entre um isocianato e um polioli, apresentando um tempo de degradação longo.

Pode – se também destacar o impacte da produção de poliéster na depleção da camada ozono e na toxicidade humana, bem como o impacte da produção de fibra de vidro na depleção da camada de ozono, toxicidade humana e depleção de matérias – primas.

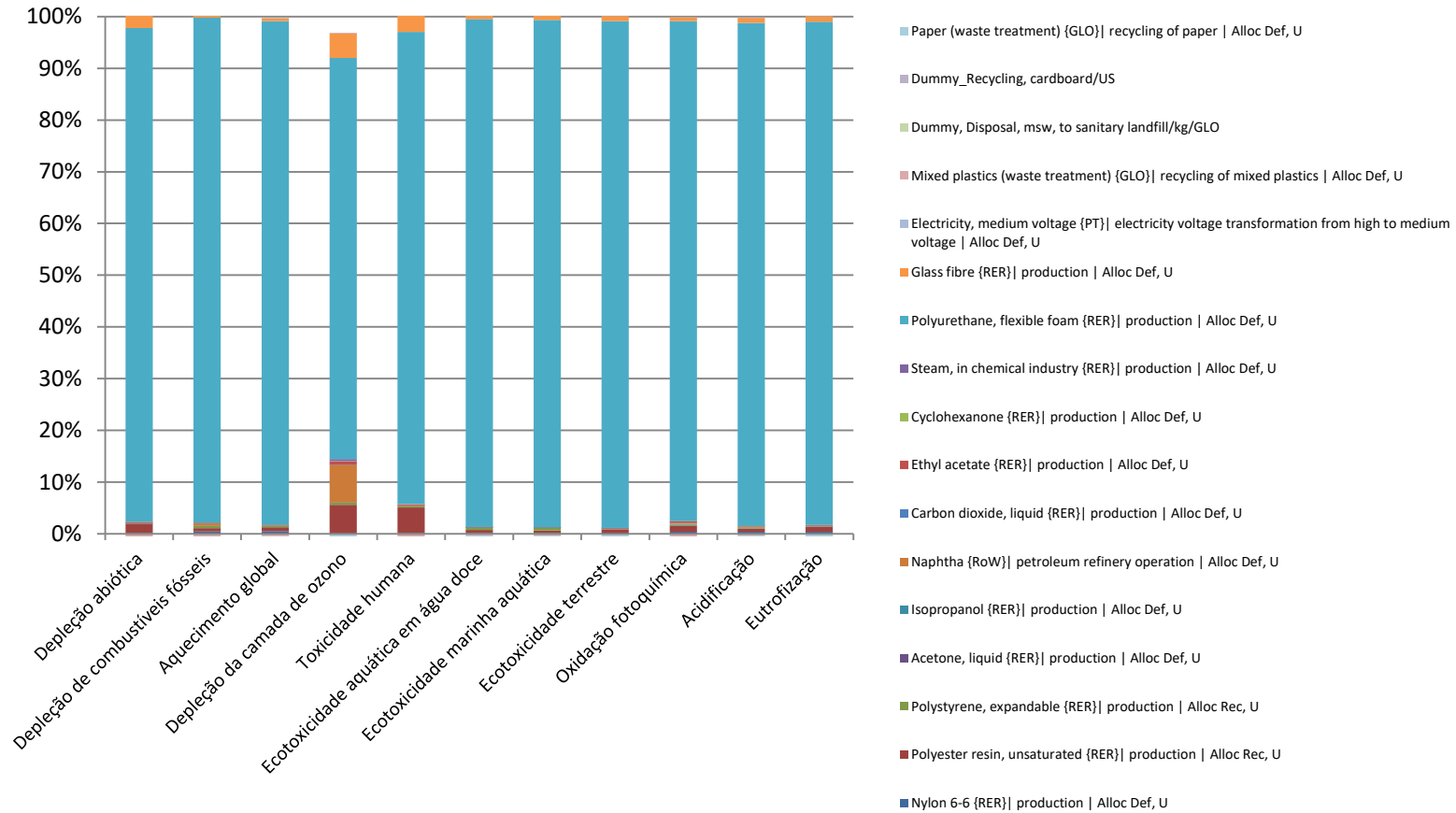


Figura 10 - Impacte ambiental nos processos de montagem/acabamento por categoria de impacto analisada (caracterização)

3.3.2.3 Transporte de gáspeas entre ECCO Tailândia e ECCO let Portugal

Nesta secção é avaliado o impacte ambiental do transporte de gáspeas entre a ECCO (Tailândia) e a ECCO'let (Portugal). Podemos dividir o transporte de gáspeas em:

- Transporte por via aérea e terrestre;
- Transporte por via marítima e terrestre.

O transporte por via aérea e terrestre inclui:

- Transporte por via terrestre entre ECCO (Tailândia) e Aeroporto Internacional de Bangucoque;
- Transporte por via aérea entre Aeroporto Internacional de Bangucoque e Aeroporto Sá Carneiro (Porto);
- Transporte por via terrestre entre Aeroporto Sá Carneiro (Porto) e ECCO'let (Portugal).

O transporte por via marítima e terrestre inclui:

- Transporte por via terrestre desde ECCO (Tailândia) até o Porto Internacional de Bangucoque;
- Transporte por via marítima desde o Porto Internacional de Bangucoque até Bremen (Alemanha)
- Transporte por via terrestre entre Bremen e Frankfurt (Alemanha);
- Transporte por via terrestre entre Frankfurt e ECCO'let (Portugal).

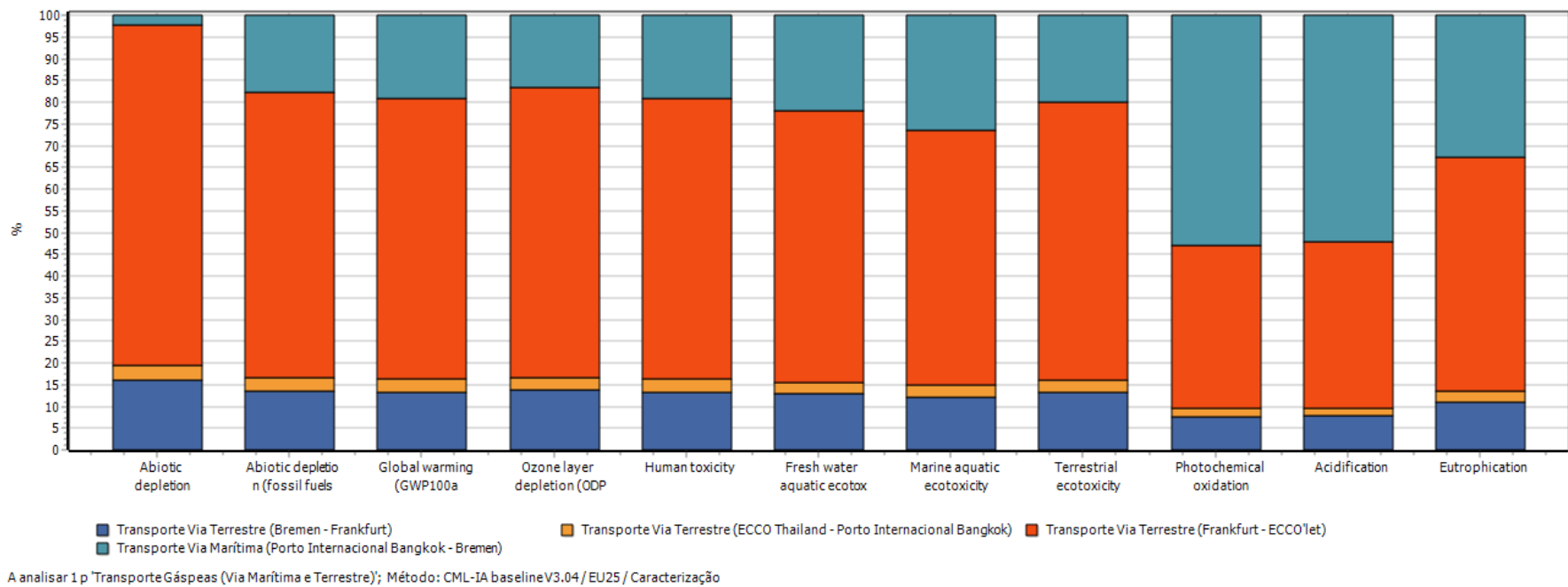


Figura 11 - Impacte do transporte de gáspeas entre ECCO e ECCO'let por via marítima e terrestre (caracterização)

Como podemos observar pela Figura 16, o transporte por via terrestre entre Frankfurt e a ECCO'let é o que mais contribui para o maior impacto ambiental de todos os meios de transporte avaliados, sendo seguido pelo transporte por via marítima desde o Porto Internacional de Banguécoque até Bremen, transporte por via terrestre entre Bremen e Frankfurt e por último entre a ECCO Thailand e o Porto Internacional de Banguécoque.

O transporte por via terrestre entre Frankfurt e a ECCO'let apresenta o impacto ambiental mais significativo na depleção abiótica, ocorrendo o mesmo para a grande maioria dos impactos avaliados, sendo a única exceção o caso da oxidação fotoquímica. Relativamente aos camiões usados no transporte, a manutenção destes apresenta um impacto significativo no ambiente, tendo esta também um impacto elevado no transporte entre Bremen e Frankfurt. Os aparelhos eletrónicos incorporados nos camiões também apresentam um impacto ambiental significativo no transporte entre Frankfurt e ECCO'let, mais precisamente a produção de ouro e cobre que os constituem.

Como seria de esperar, o impacto do consumo de combustíveis fósseis é menor no transporte por via terrestre entre ECCO e o Porto Internacional de Banguécoque, já que a distância é reduzida quando comparada com as restantes distâncias percorridas no decorrer no transporte de gáspeas. O transporte entre Frankfurt e ECCO'let apresenta o maior impacto ambiental, sendo seguido pelo transporte por via marítima entre o Porto Internacional de Banguécoque e Bremen e pelo transporte por via terrestre entre Bremen e Frankfurt. O consumo de diesel, obtido a partir do petróleo é o fator que contribui mais para o impacto ambiental resultante da depleção de combustíveis fósseis. O mesmo acontece quando se fala na contribuição para o aquecimento global.

Relativamente à contribuição para a depleção da camada de ozono, o consumo de diesel continua a ser o fator mais predominante, contudo não podemos esquecer o impacto do asfalto utilizado aquando da construção de estradas, sendo este mais significativo no transporte entre Frankfurt e ECCO'let. Quando falamos na toxicidade de certos produtos para humanos, podemos referir o mesmo que foi dito anteriormente relativamente ao diesel,

contudo há que considerar também elevado impacte ambiental causado pelas emissões de desgaste dos travões dos camiões.

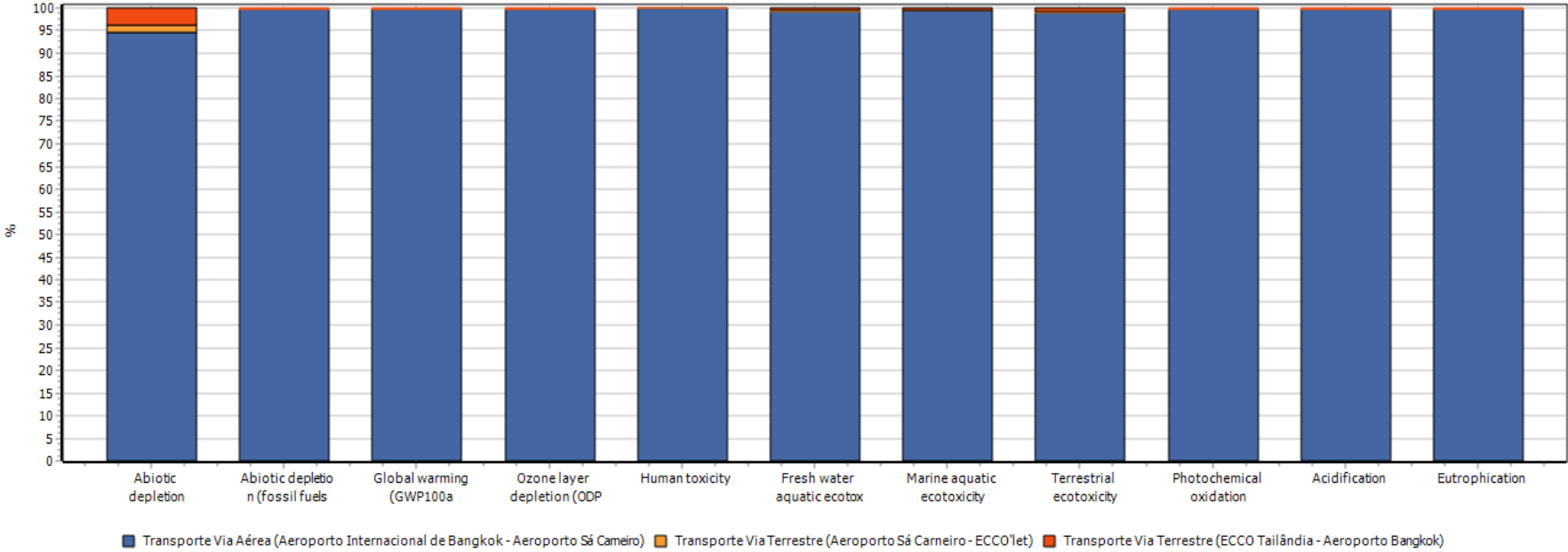
O transporte entre Frankfurt e ECCO'let é o que apresenta um maior impacte quando falamos de ecotoxicidade em água doce, sendo que o impacte causado pelo transporte por via marítima também apresenta um impacte significativo no ambiente, mais precisamente o impacte causado pelas infraestruturas presentes no Porto Internacional de Banguécoque. O impacte da construção de estradas, mais precisamente a produção de materiais para sucata e o impacte da manutenção dos camiões também apresentam um impacte significativo no ambiente. Os danos causados pela produção de lenhite (carvão) e a produção de resíduos sulfídricos resultantes da separação da fração economicamente viável da fração economicamente viável do material. Outro tipo de resíduo que apresenta um impacte ambiental significativo na ecotoxicidade em água doce são as escórias resultantes da fundição de níquel ferroso, usado na produção de aço utilizado para fabricar reforços de aço presentes nos camiões.

O transporte entre Frankfurt e ECCO'let é o que mais contribui para a ecotoxicidade aquática marinha, seguido pelo transporte por via marítima (infraestruturas presentes no Porto), sendo igual para a ecotoxicidade terrestre. A produção de diesel utilizado nos camiões, a manutenção dos camiões e a produção de materiais utilizados em estradas são os maiores contribuidores para a ecotoxicidade aquática marinha, podendo também se acrescentar o a produção de alumínio utilizado para formar ligas de alumínio presentes em camiões. Relativamente à ecotoxicidade terrestre, pode-se acrescentar que as emissões de desgaste de pneus e as emissões de desgaste de travões apresentam um impacte ambiental significativo. A produção de ferro fundido utilizado em camiões apresenta também um impacte ambiental elevado.

O impacte provocado pela oxidação química e pela acidificação é maior pelo transporte por via marítima, sendo seguido pelo transporte por via terrestre desde Frankfurt até ECCO'let, tendo o transporte entre Bremen e Frankfurt um impacte reduzido. Relativamente ao transporte por via terrestre, a produção de diesel apresenta um impacte ambiental significativo.

Por fim, a eutrofização tem maior impacto quando o transporte é realizado por via terrestre entre Frankfurt e ECCO'let (diesel), sendo seguido pelo transporte por via marítima entre o Porto Internacional de Banguécoque e Bremen.

Como podemos ver pela Figura 17, o impacto causado pelo transporte por via aérea é predominante quando comparado com o transporte por via terrestre. A produção de querosene a partir da refinação do petróleo e o seu uso em aviões são os maiores responsáveis pelo impacto ambiental causado pelo transporte por via aérea.



A analisar 1 p Transporte Gáspeas (Via Aérea e Terrestre); Método: CML-IA baseline V3.04 / EU25 / Caracterização

Figura 12 - Impacte do transporte de gáspeas entre ECCO e ECCO'let por via aérea e terrestre (caracterização)

4 CONCLUSÃO E LIMITAÇÕES

Os processos de montagem/acabamento são os que apresentam maior contribuição para um grande número de categorias de impacto, nomeadamente, a depleção de combustíveis fósseis, aquecimento global, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática, oxidação fotoquímica, acidificação e eutrofização, sendo que a produção de gáspeas tem maior contribuição para a depleção de matérias – primas e ecotoxicidade terrestre. Relativamente aos processos de transporte, o transporte por via aérea, que representa cerca de 20% do transporte de gáspeas, apresenta um impacto significativo na depleção da camada de ozono, devido ao uso de querosene e ao elevado impacto que este provoca no ambiente.

Podemos tirar algumas conclusões quando comparamos o estudo realizado na ECCO'let Portugal com o estudo de Mila et al. (1998). Em relação ao estudo realizado na ECCO'let Portugal, podemos concluir que a etapa de montagem/acabamento contribui para um maior número de categorias de impacto quando comparada com os outros processos. No estudo de Mila et al. (1998) a produção de couro e todos os processos associados são responsáveis por uma contribuição significativa para o impacto ambiental. Ao observarmos a produção de gáspeas do estudo realizado na ECCO'let Portugal, a qual inclui a produção de couro, verifica-se que o impacto deste processo é muito menor que o dos processos de montagem/acabamento. A razão para tal carece de um estudo mais aprofundado sobre a base de dado usada neste estudo para a produção de couro.

Neste trabalho foram detetadas algumas dificuldades, mais especificamente na obtenção de dados relativos à produção de gáspeas e a certos produtos utilizados nos processos de montagem/acabamento, nomeadamente produtos específicos utilizados no acabamento, já que houve a necessidade de, por vezes, utilizar outros produtos com componentes similares como referência. Destes pode-se dar como exemplo agentes desmoldantes

(RT 17/2) e sprays repelentes de óleos e água (Defender WB com protetor SCOTHGARD™ e Reiniger CO 20. Como algumas empresas não apresentavam a informação total relativa aos componentes utilizados nos seus produtos, foi necessário realizar estimativas. Em relação à produção de gáspeas, as maiores dificuldades encontradas foi a estimativa das massas usadas.

Relativamente à produção de gáspeas, apesar de ter sido possível obter os materiais que as constituíam, foi difícil obter informação relativa ao desperdício ocorrido durante a produção.

5 PROPOSTAS DE REDUÇÃO DE IMPACTES AMBIENTAIS

De modo a reduzir o impacto ambiental produzido pela produção do par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” é necessário atuar nos processos de montagem/acabamento.

No que respeita aos processos de montagem e acabamento, encontrar uma alternativa ao poliuretano seria benéfico. Mais especificamente o polioliol que se utiliza para produzir o poliuretano. Uma possível solução é a utilização de Termopoliuretano produzido a partir de materiais biodegradáveis (bio TPU). O polioliol utilizado para a produção deste composto é obtido através de óleos vegetais, sendo, desta forma, possível reduzir o impacto ambiental, já que os TPUs serão compostos entre 20% e 90% de materiais de origem natural (Silva e Oliveira, 2012)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albers K, Canepa P. and Miller J. Analyzing the Environmental Impacts of Simple Shoes: A life Cycle Assessment of the Supply Chain and Evaluation of End-of-life Management Options, The Donald Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, 2008
- APICCAPS, Monografia Estatística Calçado, Componentes e Artigos de Pele, 2017
- Ayres, R. U.; Ayres, L.; Råde, I. The Life Cycle of Copper, Its Co-Products and Byproducts. 2003
- Baumann, H.; Tillman, A.M. The Hitch Hiker's Guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur, 2004.
- Bernard F., McGillen M., Fleming E., Jackman C., Burkholder J., Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Volume 306, Junho 2015, 13-20
- Building Ecology, Informação relativa a bases de dados e softwares utilizados na avaliação do ciclo de vida, disponível em <http://buildingecology.com>, acedido em 12/02/2017
- Ease Release® 2251-5, 2305, 2617-5, 2770, 2831, 2910-5, 205, 305, 405, 1705, 2687-5, 2251 Bulk Concentrate. 2191-5, 6577-5; Permaseal® 010 Primer, 650, 3481-5, Safety Data Sheet, 2015
- ECCO, Plano de Gestão de Solventes, 2016

- ECCO Portugal, Fórum de Administradores e Gestores de Empresas, 2015
- European Environment Agency, Life Cycle Assessment: A Guide to Approaches, Experiences and Information Sources, Copenhagen, EEA, 1998.
- Grupo ECCO, Informação relativa à produção de sapatos no grupo ECCO, disponível em <http://group.ecco.com>, acedido em 25/01/2017
- Guinée, J.B. et al.; Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. Part III: Scientific background. 2002
- Guldbrandsson F., Opportunities and Limitations of Using Life Cycle Assessment Methodology in the ICT Sector, 2012
- Hogan, C. Michael."Abiotic factor" in Encyclopedia of Earth. Emily Monosson and C. Cleveland (eds.). National Council for Science and the Environment. Washington DC. 2010
- ISO. International Organization for Standardization. ISO 14040. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva: ISO, 2006a.
- ISO 14044. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. Geneva: ISO, 2006b.
- ISO/TR 14047. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples of Application of ISO 14042. 2000a.
- ISO/TS 14048. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Data Documentation Format. 2001.

- ISO/TR 14049. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples of Application of ISO 14041 for goal and scope definition and inventory analysis. 2000
- Kurian J., N. Nithya, Journal of Cleaner Production, Volume 17, Issue 7, 2009, 676-682.
- Mendes, N., Bueno, C., & Ometto, A. Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. Production. 2013.
- Mila L, Domenech X, Rieradevall J, Fullana P and Puig R 'Application of life cycle assessment to footwear', International Journal of the LCA, 3(4), 1998, 203–208.
- Perdijk E. W. et al., Eco-label for Footwear. Background report; CEA, Communication and consultancy on Environment and Energy, Centrum TNO Leather and Shoes; Rotterdam, January 1994.
- PRé Sustainability. (2016). SimaPro Database Manual - Methods Library. Holanda: PRé Sustainability. 2016
- Procedia Engineering, Volume 2, Issue 2, June 2010, 2789-2793
- Public Health Statement: Selenium; Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2009
- Rebitzer, G. et al. Life Cycle Assessment: Part 1: Framework, Goal and Scope Definition, Inventory Analysis and Applications. Environment International, n. 30, 701-720, 2004.

- S.S. Muthu, Handbook of Footwear Design and Manufacture, 2013, 266-279
- SimaPro, 2017. Informação relativa a bases de dados presentes no software SimaPro, disponível em <https://simapro.com>, acedido em 11/01/2017)
- Scotchgard™ Fabric Protector, Safety, DataSheet, 2016
- Searates,2018. Distâncias de transportes. Disponível em <http://www.searates.com>, consultado a 25/12/2017
- Silva R. e Oliveira A., Evolução dos Materiais Termoplásticos na Indústria do Calçado, novembro 2012
- Staikos T, Rahimifard S. An end-of-life decision support tool for product recovery considerations in the footwear industry. International Journal of Computer Integrated Manufacture 2007a;20(6):602– 15.
- The Extension Toxicology Network, "Aldicarb". Pesticide Information Profiles. Junho 1996
- United States Environmental Protection Agency, Sulfur Dioxide 2016
- Wenzel, H. et al., Environmental Assessment of Products. Volume 1: methodology, tools and case studies in product development. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997

ANEXOS

Anexo A: Bases de dados usadas na modelação

Tabela A. 1 - Bases de dados utilizadas na modelação do processo e produção das gáspeas

| Componentes utilizados na produção de gáspeas | Bases de dados utilizadas |
|---|---|
| Couro | _31 Leather products, footwear, EU27 |
| Poliestireno | Polystyrene, expandable {RER} production Alloc Def, U |
| nylon | Nylon 6-6 {RER} production Alloc Def, U |
| Algodão | Cotton fibre {RoW} cotton production Alloc Def, U |
| Poliéster | Polyester resin, unsaturated {RER} production Alloc Def, U |
| Poliuretano (PU) | Polyurethane flexible foam E |
| Latão | Brass {RoW} production Alloc Def, U |
| TPU (Termopoliuretano) | Polyurethane, flexible foam {RER} production Alloc Def, U |
| Silicone | Silicone product {RER} production Alloc Def, U |
| Borracha | Synthetic rubber {RER} production Alloc Def, U |

Tabela A. 2 - Bases de dados utilizadas para os componentes utilizados na etapa de montagem

| Composição dos componentes utilizados nos processos de montagem | Bases de dados utilizadas |
|---|---|
| Poliéster | Polyester resin, unsaturated {RER} production Alloc Def, U |
| Poliestireno (PS) | Polystyrene, expandable {RER} production Alloc Def, U |
| nylon | Nylon 6-6 {RER} production Alloc Def, U |
| TPU | Polyurethane, flexible foam {RER} production Alloc Def, U |
| PU | Polyurethane flexible foam E |

Tabela A. 3 - Bases de dados utilizadas para os agentes utilizados na etapa de acabamento

| Agentes utilizados na etapa de acabamento | Bases de dados utilizadas |
|---|--|
| Agente desmoldante RT 17/2 | Naphtha {RoW} petroleum refinery operation Alloc Def, U |
| Defender WB com protector SCOTHGARD™ (Agente utilizado para repelir água, óleos e manchas) | Acetone, liquid {RER} production Alloc Def, U, Isopropanol {RER} production Alloc Def, U, Naphtha {RoW} petroleum refinery operation Alloc Def, U, Carbon dioxide, liquid {RER} production Alloc Def, U |
| Reiniger CO 20 (Agente utilizado para remoção manchas resultantes de óleos e gorduras) | Ethyl acetate {RER} production Alloc Def, U, Acetone, liquid {RER} production Alloc Def, U, Cyclohexanone {RER} production Alloc Def, U |
| Creme DEE 1005 – NEUTRAL (Agente utilizado para brilho) | Naphtha {RoW} petroleum refinery operation Alloc Def, U |

Tabela A. 4 -Bases de dados utilizadas para os diferentes meios de transporte selecionados

| | | Distância (km) | Base de dados selecionada |
|---------------------------------|--|-------------------|---|
| Transporte por via terrestre | ECCO – Porto Internacional de Banguecoque | 96,73 | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} Alloc Def, U |
| | ECCO – Aeroporto Internacional de Banguecoque | 107,46 | |
| | Bremen - Frankfurt | 2586,34 | |
| | Frankfurt – ECCO'let | | |
| | Aeroporto Sá Carneiro – ECCO'let | 41,73 | |
| | ECCO'let - empresa de distribuição no pólo da Maia | 40,77 | |
| Transporte por via marítima | Porto Internacional de Banguecoque - Bremen | 17321,47 | Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO} processing Alloc Def, U |
| Transporte por via aérea | Aeroporto Internacional de Banguecoque – Aeroporto Sá Carneiro | 10562,8 | Transport, freight, aircraft {RoW} intercontinental Alloc Def, U |

Anexo B: Materiais utilizados nos processos de montagem/acabamento

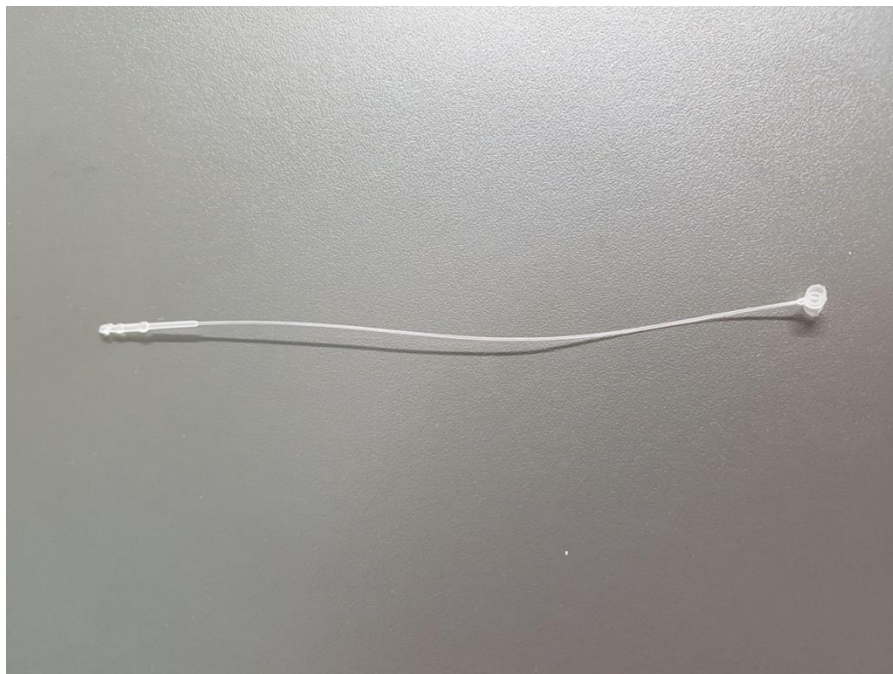


Figura B. 1 - Twinlock 125 mm



Figura B. 2 - Half sock lining



Figura B. 3 - Sticker "Made in Portugal"

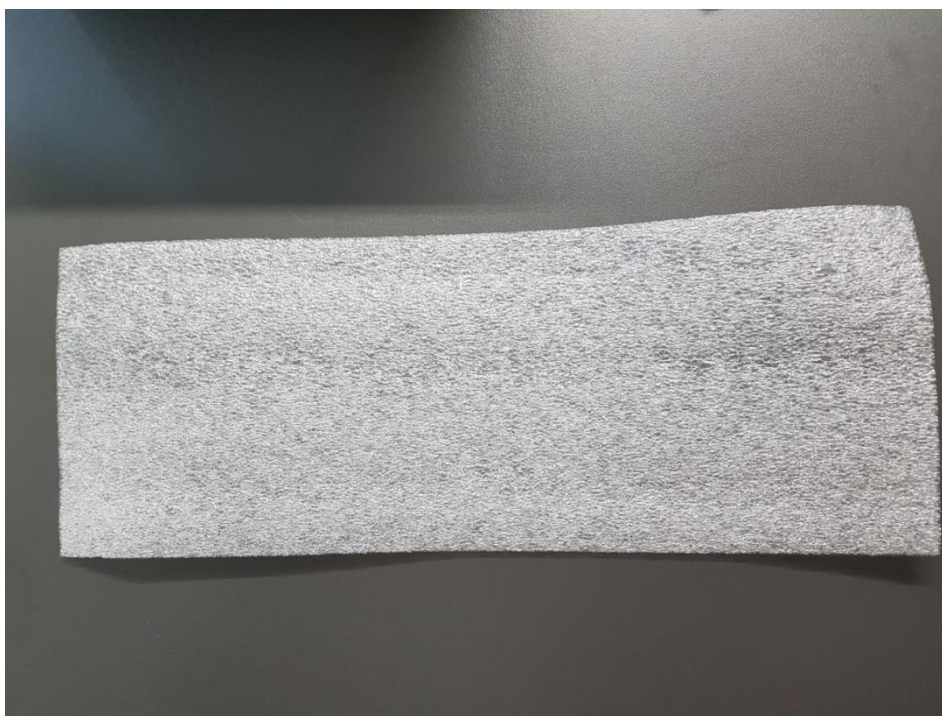


Figura B. 4 - divisor de espuma ("foam divider")

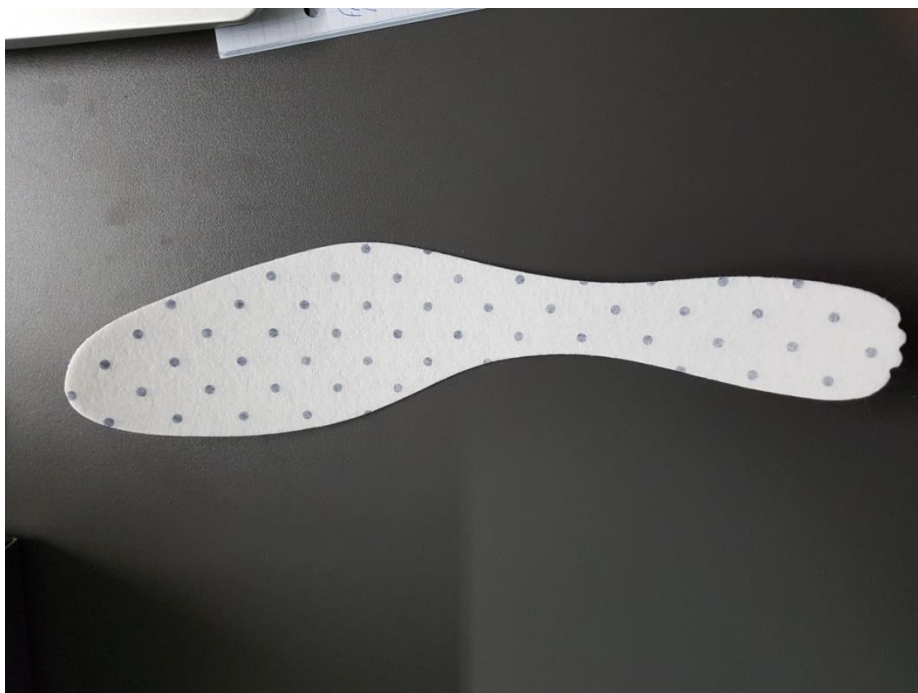


Figura B. 5 - Confort layer surround - Gore



Figura B. 6 - TPU outsole Men's Golf Cool



Figura B. 6 - Chopstick



Figura B. 7 - Pitões ("spikes")



Figura B. 8 - Etiqueta constituída por goretex ("Hang tag goretex surround")

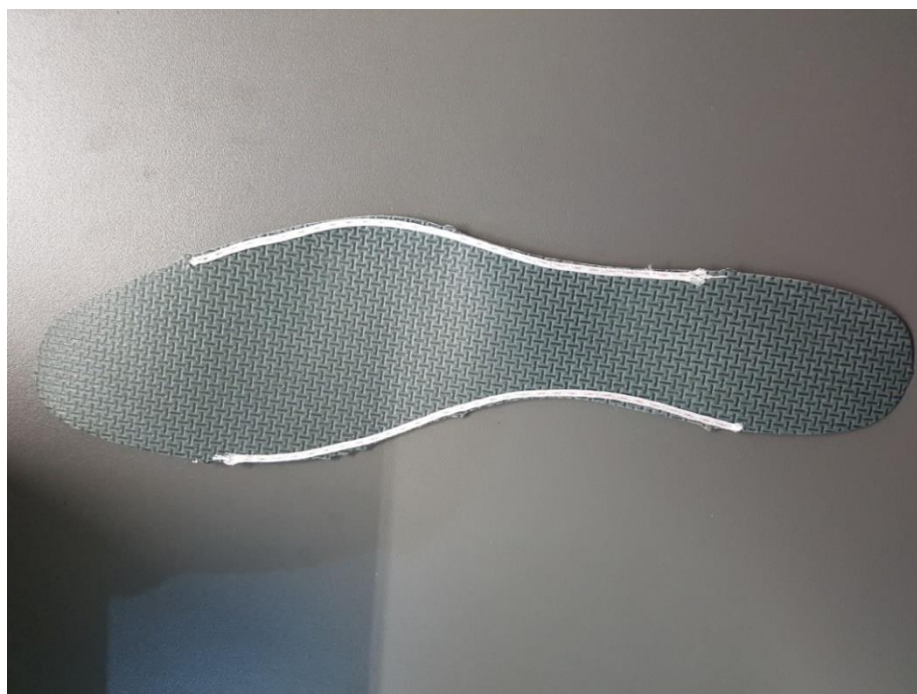


Figura B. 9 - Surround Gasket



Figura B. 10 - Inlaysole Golf Cool Men



Figura B. 11 - Papel de seda ("Silkpaper")

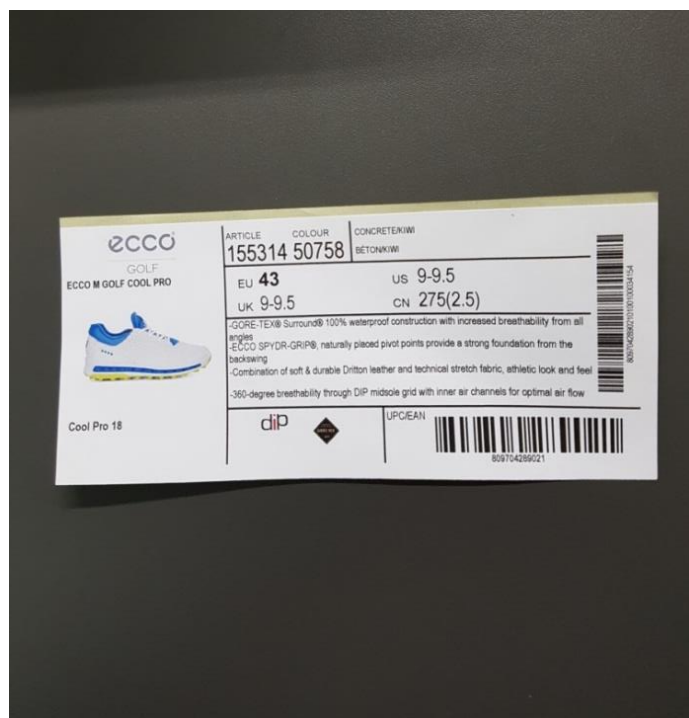


Figura B. 12 -High gloss label 70x155 mm



Figura B. 13 - Mould pulp men filler

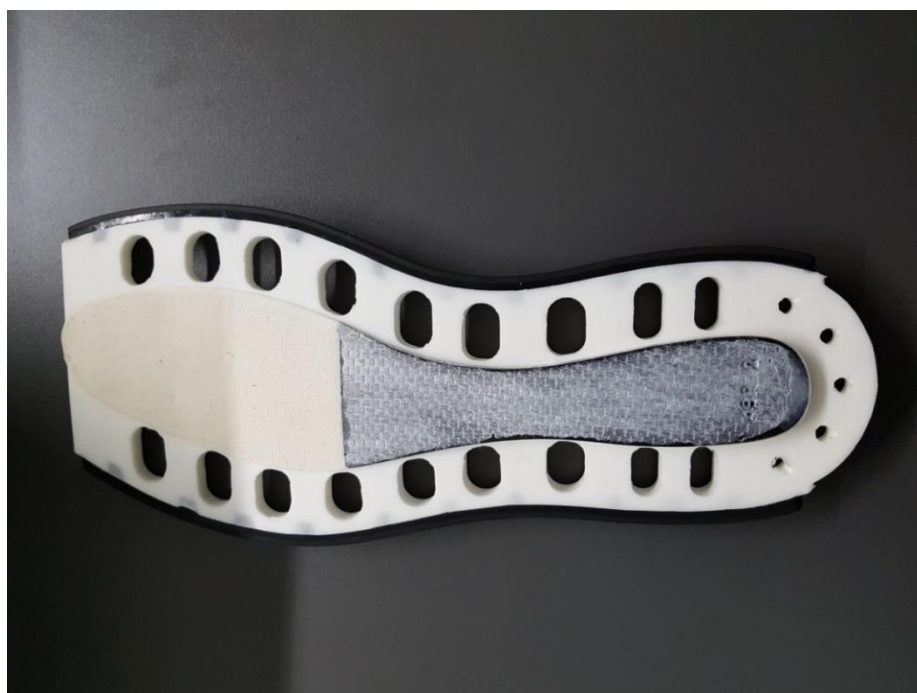


Figura B. 14 - Grade de poliuretano com haste e tubos TPU ("PU grid with shank and TPU tubes")

Anexo C: Amostras de materiais utilizados na produção de gáspeas

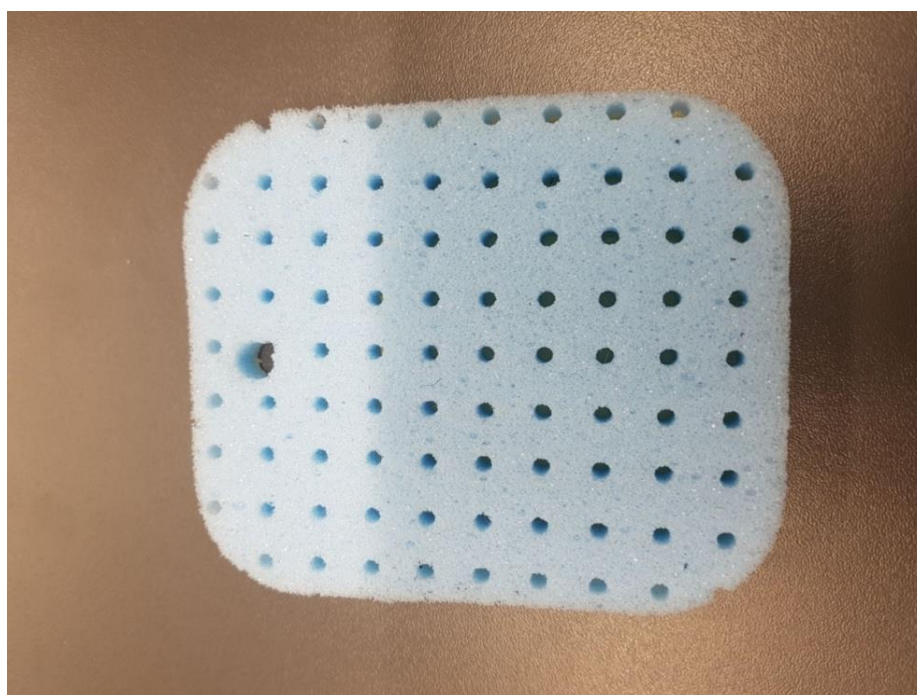


Figura C. 1 - Top dry (Goretex) 0,4 mm



Figura C. 2 – Stiffener

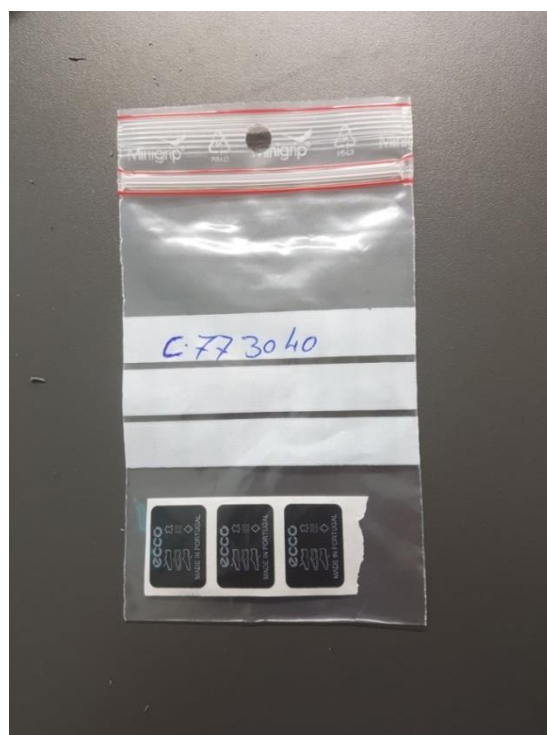


Figura C. 3 - Label pictogram (3)



Figura C. 4 - Cordão (Lace flat) 6 mm "A pleasant walk"

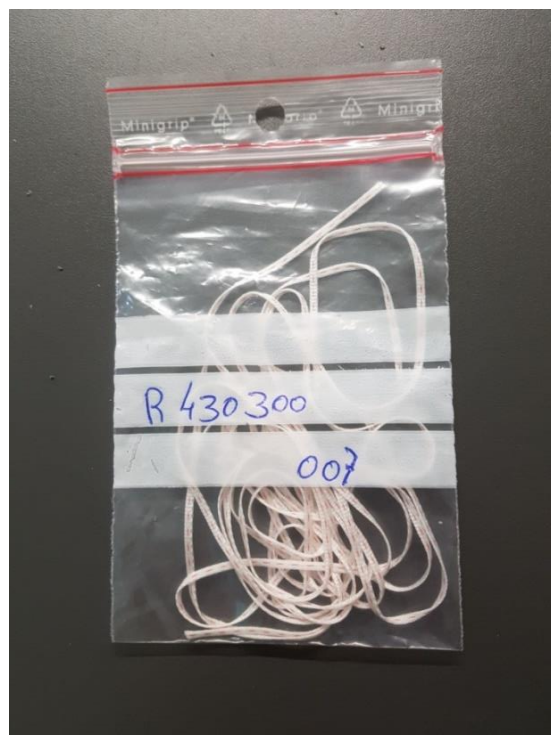


Figura C. 5 - Poliéster "braid"

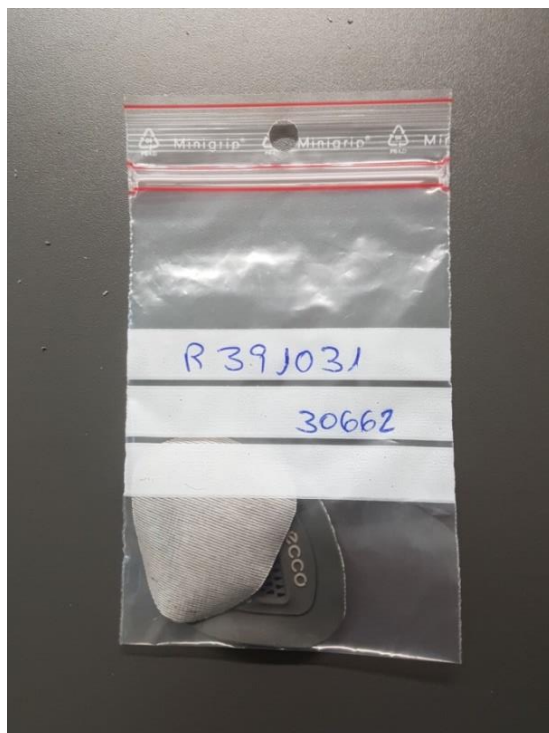


Figura C. 6 – “Silicone logo goretex surround men”

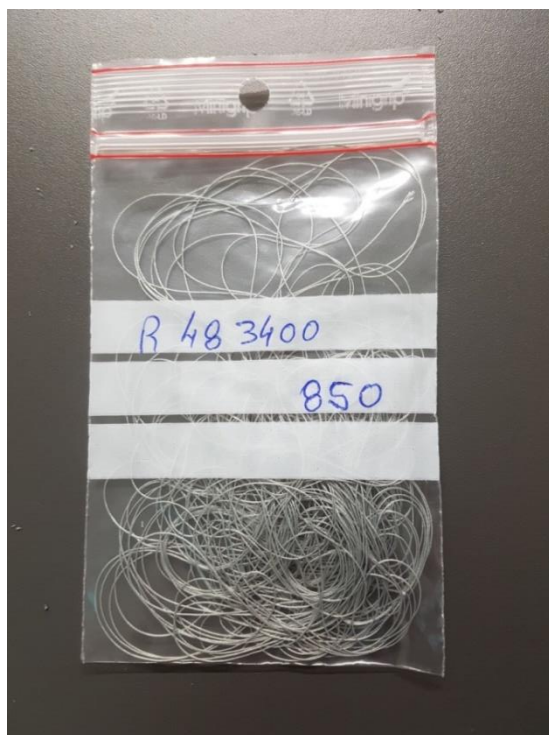


Figura C. 7 - Fio de poliéster 40/3 cor 850

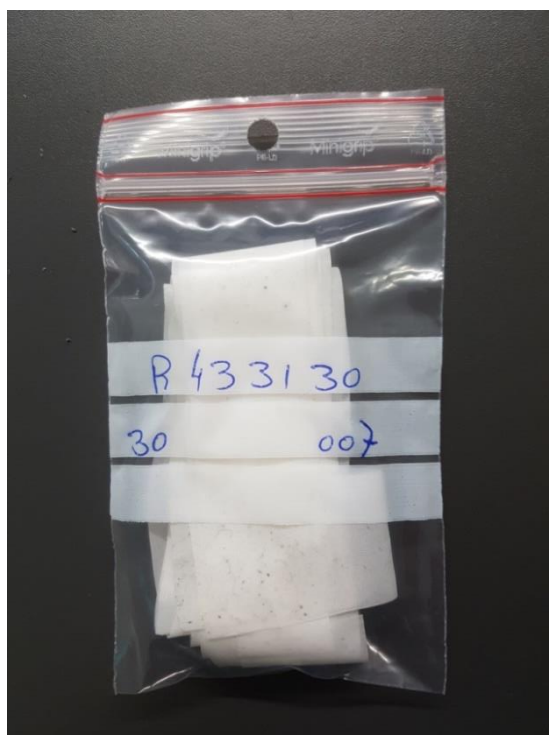


Figura C. 8 - Fita de reforço ("reinforcement tape")

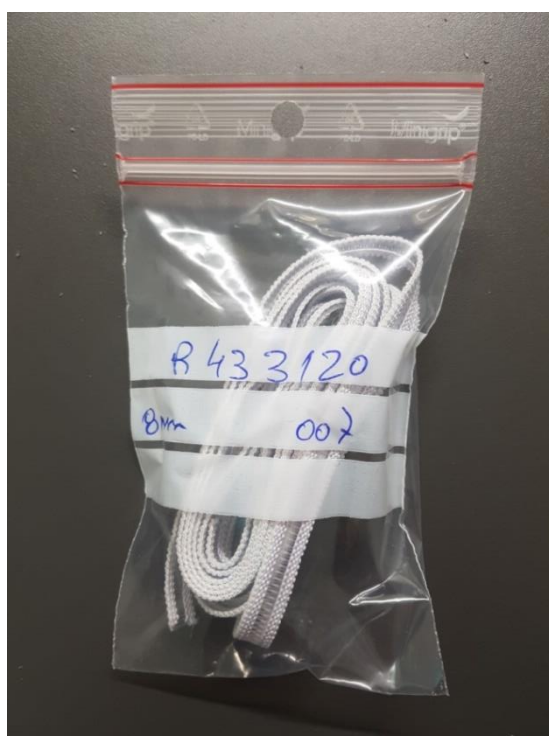


Figura C. 9 - Fita de rede elástica ("Elastic net ribbon")

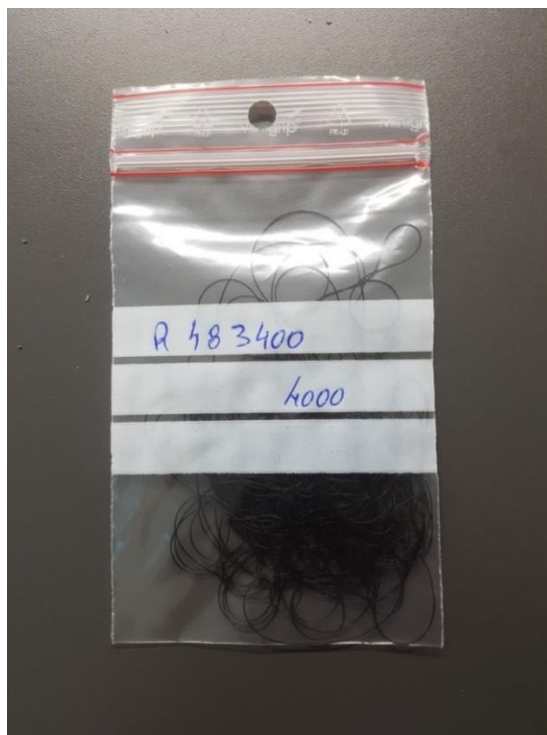


Figura C. 10 - Fio de poliéster 40/3 cor 4000

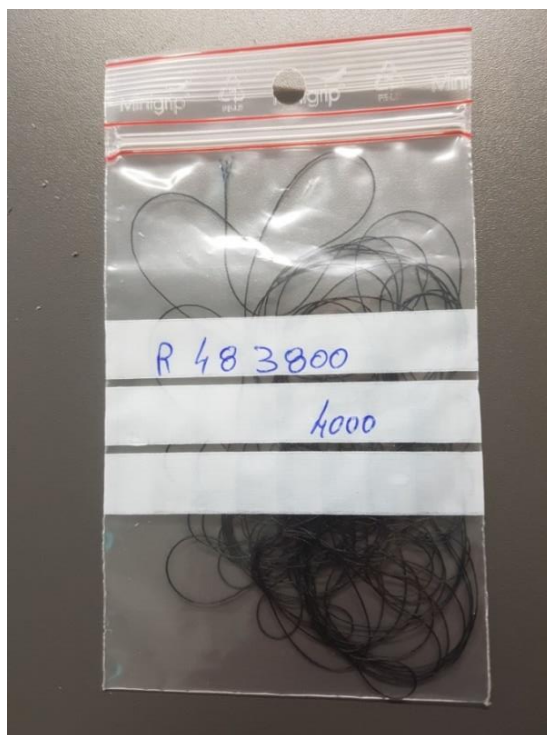


Figura C. 11 - Fio de poliéster 80/3



Figura C. 12 - "Woven label" ECCO

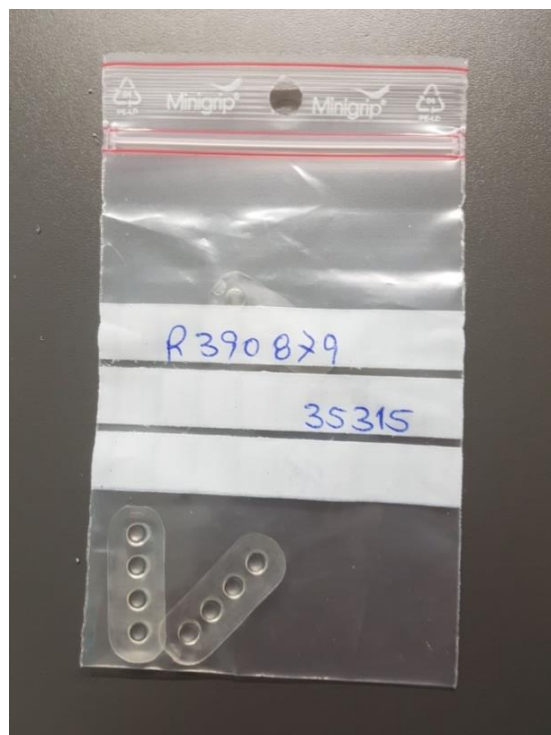


Figura C. 13 - "TPU Logo 4 Dots for Biom Golf Men"



Figura C. 14 - "Blind Square Eyelet" 7x3,5 mm

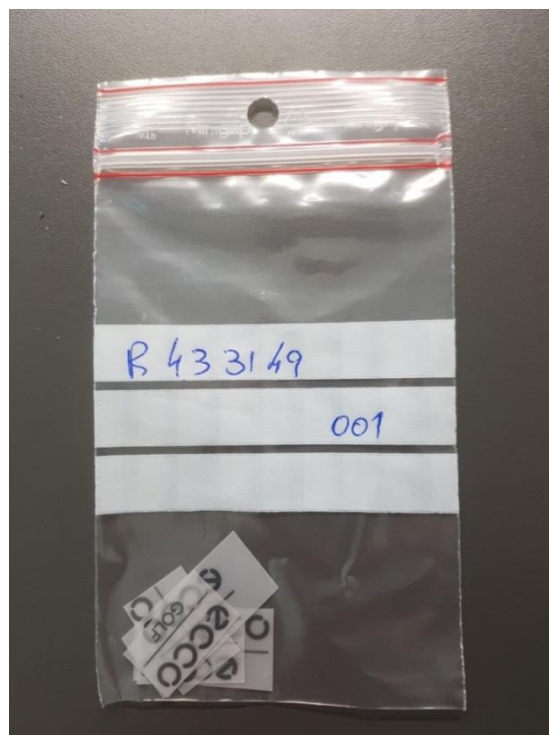


Figura C. 15 - "Heat Transfer "Golf ECCO on Roll"



Figura C. 16 – “Eyelet ECCO Golf w/ washer” 2.7 mm
(14 peças)

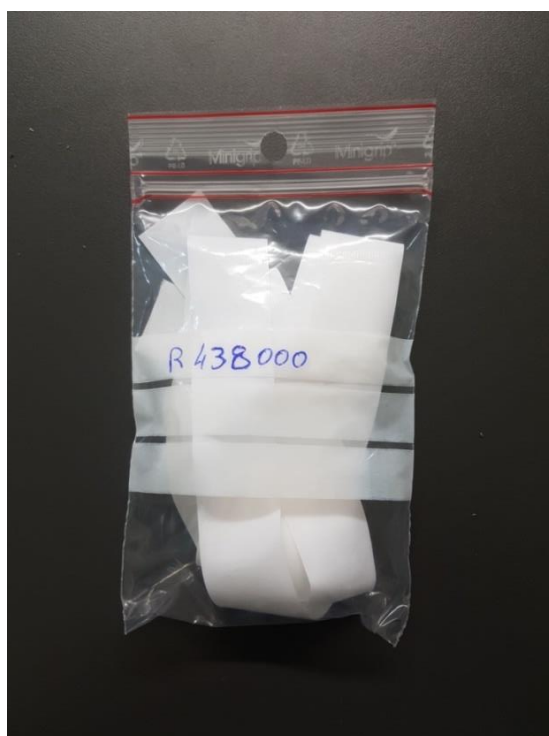


Figura C. 17 - “Ribbon Welding”

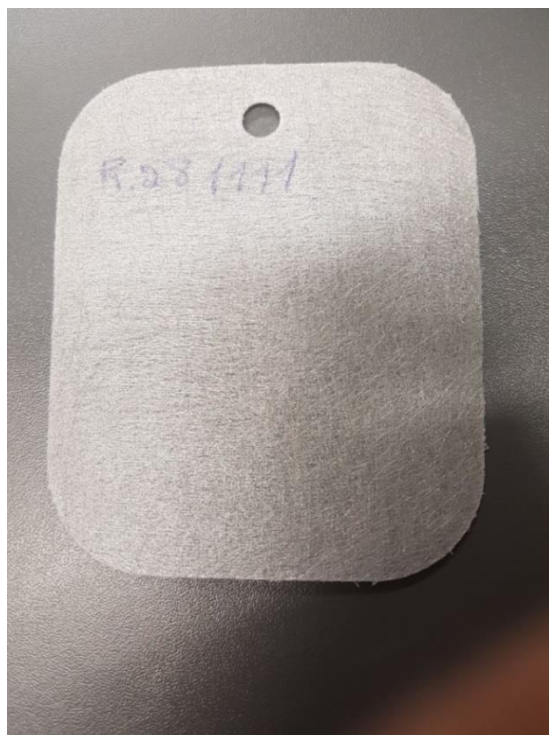


Figura C. 18 - "Eyelet Reinforcement"



Figura C. 19 - "Gore Lining XCR Prism"



Figura C. 20 - Microfibra



Figura C. 21 - "Gore Lining Stretch Rattler"



Figura C. 22 – Componente de corte "Bioactive"

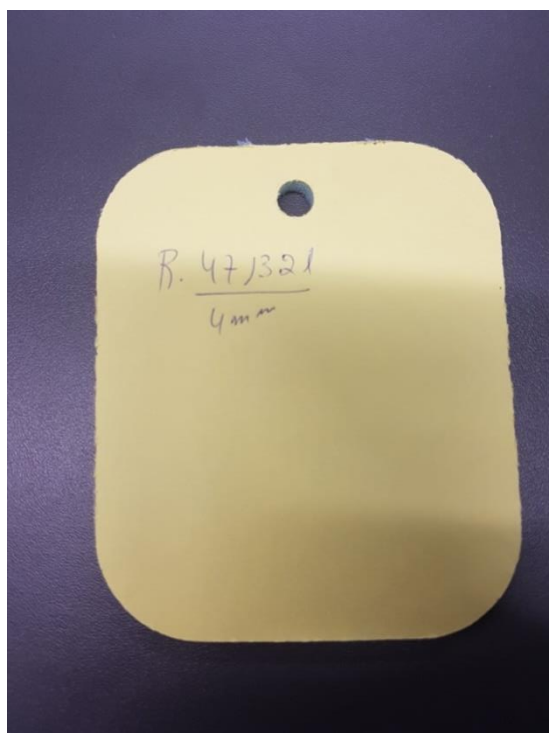


Figura C. 23 - Espuma ("foam") 55kg/m³ 4 mm

com adesivo



Figura C. 24 - "Artificial Hulex"



Figura C. 25 - "Reinforcement Lining Mill" 0,6 WR

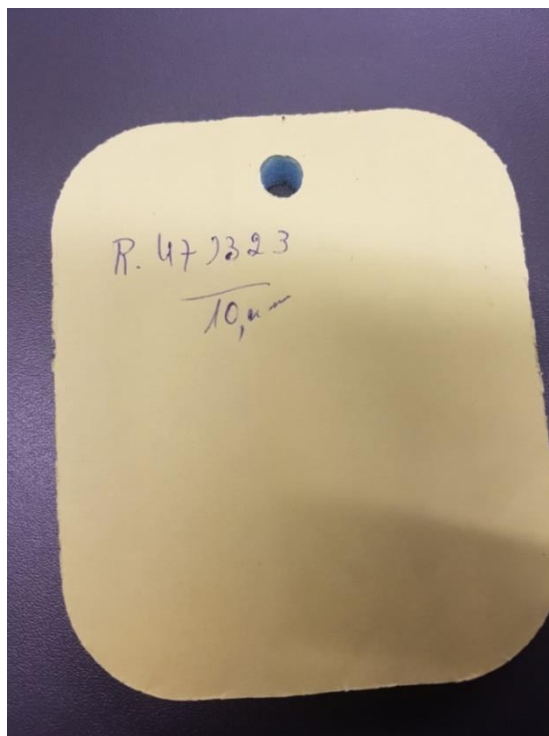


Figura C. 26 - Espuma ("foam") 55 kg/m³ perfurada
com tira ADH

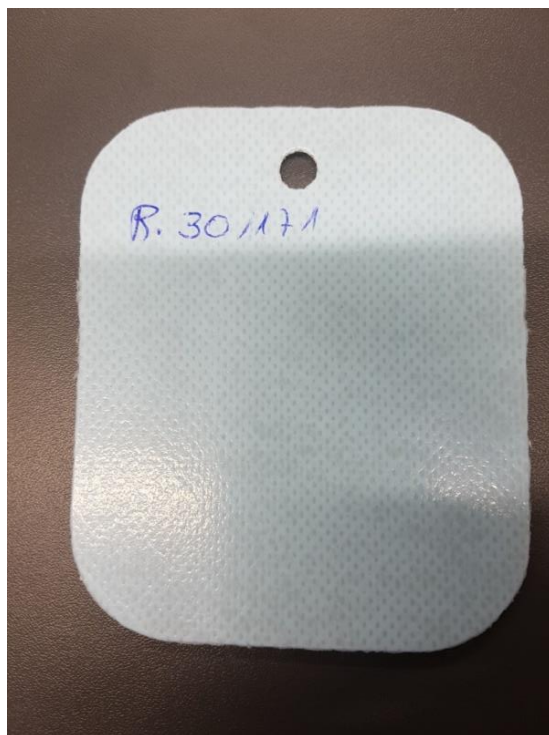


Figura C. 27 - "Toe Cap"



Figura C. 28 - "Reinforcement" 0.2 mm

Anexo D: Percursos do transporte de um par de gáspeas do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO Tailândia até À ECCO Portugal por via marítima e terrestre

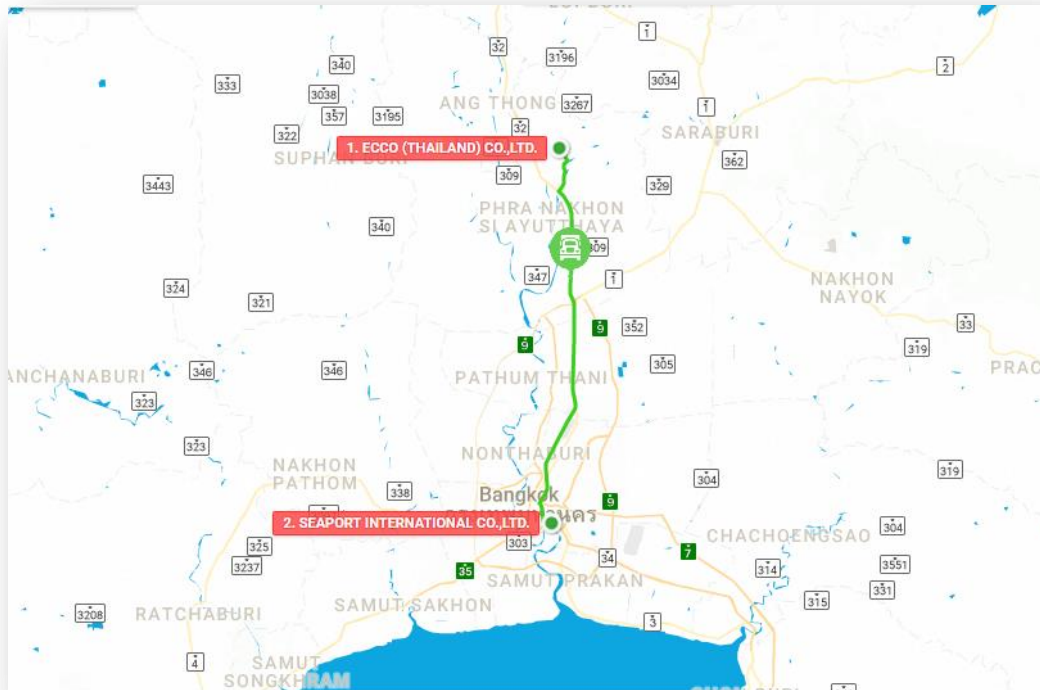


Figura D. 1 - Transporte de um par de gáspeas entre ECCO e Porto Internacional de Banguecoque por via terrestre



Figura D. 2 - Transporte de um par de gáspeas por via marítima entre o Porto Internacional de Bangucoque e Bremen



Figura D. 3 - Transporte de um par de gáspeas entre Bremen e Frankfurt por via terrestre



Figura D. 4 - Transporte de um par de gáspeas entre Frankfurt e ECCO'let por via terrestre

Percursos do transporte de um par de gáspeas do modelo “Men’s Golf Cool” desde a ECCO Tailândia até À ECCO Portugal por via aérea e terrestre

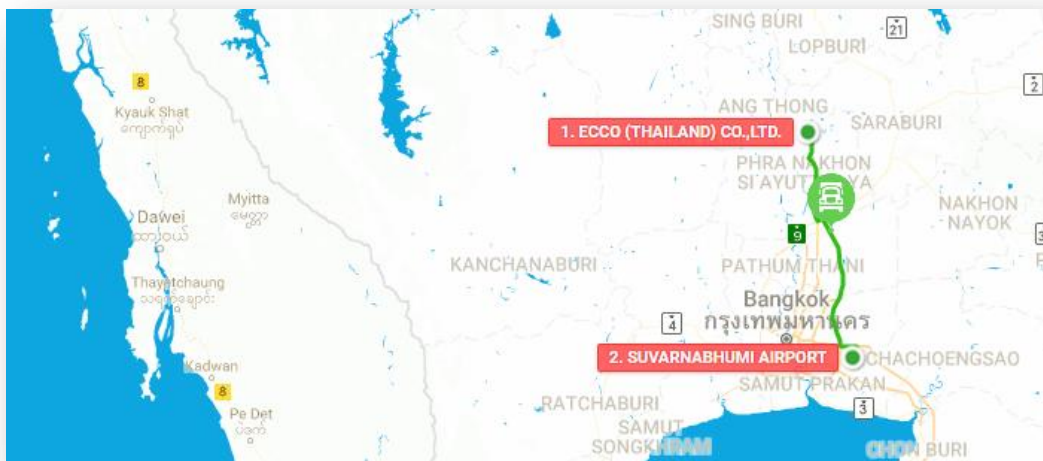


Figura D. 5 - Transporte de um par de gáspeas entre ECCO e Aeroporto Internacional de Banguecoque por via terrestre

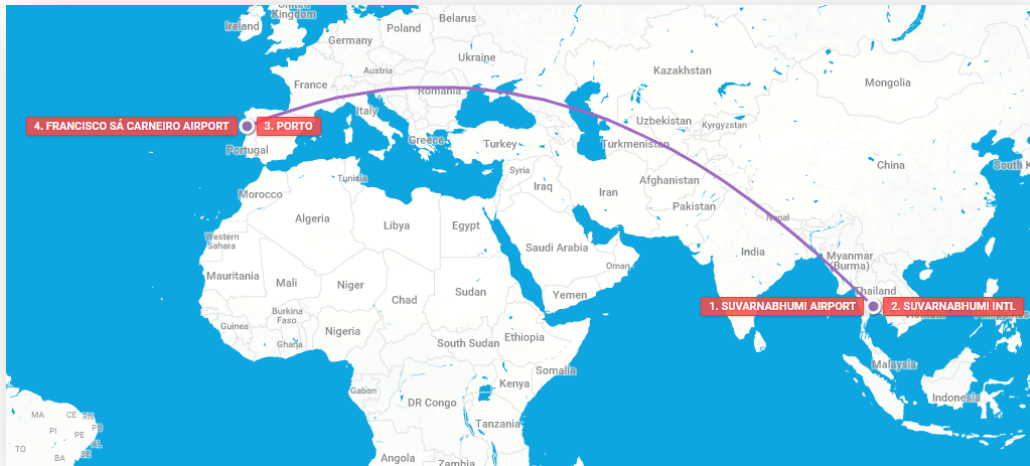


Figura D. 6 - Transporte de um par de gáspeas por via aérea entre Aeroporto Internacional de Banguecoque e Aeroporto Sá Carneiro



Figura D. 7 - Transporte de um par de gáspeas entre Aeroporto Sá Carneiro e ECCO'let por via terrestre

Transporte de um par de sapatos do modelo “Men’s Golf Cool” por via terrestre desde a ECCO’let até à empresa de distribuição no pólo da Maia

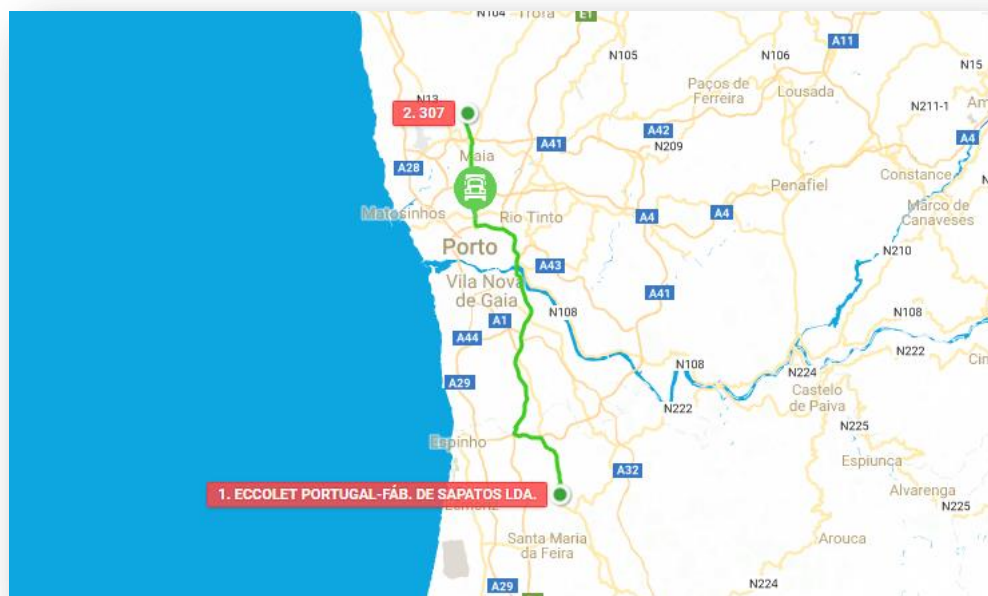


Figura D. 8 - Transporte de um par de sapatos do modelo "Men's Golf Cool" desde a ECCO'let até à empresa de distribuição no pólo da Maia