



**ANA ISABEL
GOMES CARRIZO
MOREIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM RELATÓRIO DE SUPORTE À
DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO – PERFIS DE
ALUMÍNIO**



**ANA ISABEL
GOMES CARRIZO
MOREIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM RELATÓRIO DE SUPORTE À
DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO – PERFIS DE
ALUMÍNIO**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, equiparada a Investigadora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e coorientação do Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja, Professor Associado com Agregação aposentado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

Dedico aos meus pais, António e Alice, e ao meu irmão, Luís. Dedico também ao meu namorado João Pedro e a toda a família.

o júri

Presidente

Professora Doutora Teresa Filomena Vieira Nunes

Professora Associada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Víctor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias

Equiparada a Investigadora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Expresso o meu agradecimento à Doutora Ana Cláudia Dias que me orientou e ajudou na realização deste Relatório de Estágio.

Agradeço à Extrusal S.A. a oportunidade de me proporcionar o desenvolvimento do estágio que me fez crescer tanto a nível pessoal como profissional. A todos os profissionais que me acompanharam ao longo do meu estágio. À Engenheira Carolina Almeida por toda a disponibilidade e apoio em todas as atividades desenvolvidas.

O meu grande agradecimento vai para os meus pais e irmão que sempre estiveram presentes e me apoiaram em todos os momentos e decisões da minha vida e pela confiança que depositam em mim.

Agradeço ao meu namorado por todo o apoio e por toda a dedicação ao longo desta etapa.

Agradeço a todos os meus pela presença, amizade e companhia nesta etapa importante da minha vida.

Palavras-chave

Avaliação do Ciclo de Vida, Declaração Ambiental de Produto, DAPHabitat, Perfil de Alumínio

Resumo

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) considera todo o ciclo de vida do produto, desde a extração e obtenção da matérias-primas, passando pela produção e fabrico de materiais e energia, até ao tratamento de fim de vida e destino final do produto. As Declarações Ambientais de Produto (DAP) são declarações ambientais Tipo III que apresentam um conjunto de informação quantificada e fidedigna, que funciona como uma excelente ferramenta de comunicação relativa ao desempenho ambiental do produto ao longo do seu ciclo de vida.

Este relatório de estágio visa, por um lado, analisar os impactes ambientais no decurso do processo de produção do perfil de alumínio sujeito ao tratamento acetinado 20 natural (AC20NA) e, por outro, elaborar um relatório de suporte, que servirá de base para o desenvolvimento da DAP do perfil de alumínio AC20NA a submeter ao sistema DAPHabitat. O relatório foi elaborado tendo por base a norma EN 15804 e inclui as fases obrigatórias (A1-A3).

Desta forma, utilizou-se ao *software SimaPro* para a análise dos impactes ambientais das várias fases do processo de fabrico do perfil de alumínio em estudo. As fases consideradas foram a extrusão, a anodização (tratamento de superfície), a Estação de Tratamento de águas Residuais Industriais (ETARI) e a embalagem.

A fase que mais contribui para as diferentes categorias de impacte é a extrusão, uma vez que é nesta fase que é utilizada a matéria-prima para a produção dos perfis de alumínio.

Keywords

Life Cycle Assessment, Environmental Product Declaration, DAPHabitat, Aluminium Profile

Abstract

The Life Cycle Assessment (LCA) considers the entire product life cycle, involving the extraction and acquisition of raw materials, the production of materials and energy and the treatment of end of life and disposal of the product. Environmental Product Declaration (EPDs) are Type III environmental declarations that present a set of quantitative, reliable information, which is as an excellent communication tool regarding the environmental performance of the product throughout its life cycle.

This internship report aims, on one hand, to analyze the environmental impacts as a result of the production process of the aluminum profile subjected to satin treatment 20 natural (AC20NA) and, on the other hand, to develop a background report, which will form the basis for the development of the AC20NA aluminum profile EPD of the DAPHabitat system. The report was prepared based on the standard EN 15804 and includes the mandatory stages (A1-A3).

We used the SimaPro software for analysing the environmental impact of the various stages of the production process of the aluminum profile. The analysis includes the four following phases: extrusion, anodizing (surface treatment), the Industrial Wastewater Treatment and packaging.

Extrusion is the phase that contributes most to the different impact categories, since the raw material used for the production of aluminum profiles is used in this phase.

Índice

Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vii
Termos e definições	ix
Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Enquadramento e objetivo	3
1.3. Estrutura do relatório.....	3
Capítulo 2. Alumínio.....	5
2.1. Obtenção de Alumínio	5
2.2. Características e aplicações do alumínio	7
2.3. Processo de produção de perfil de alumínio.....	7
Capítulo 3. Avaliação do Ciclo de Vida	9
3.1. Definição do objetivo e do âmbito.....	9
3.1.1. Unidade Funcional.....	10
3.1.2. Fronteira do sistema	10
3.2. Inventário do ciclo de vida	10
3.3. Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida	11
3.4. Interpretação do ciclo de vida.....	15
Capítulo 4. Declarações Ambientais de Produto.....	17
4.1. Declarações Ambientais	17
4.1.1. Rótulo Ecológico.....	17
4.1.2. Auto Declaração	17
4.1.3. Declarações Ambientais de Produto	18
4.2. Regras de Categoria de Produto	21
4.3. Sistema DAPHabitat	21
Capítulo 5. Estudo de Caso: Perfil de Alumínio.....	25
5.1. Caracterização da Extrusal S.A.	25
5.2. Metodologia do estudo.....	27
5.3. Objetivo do estudo.....	27
5.4. Âmbito.....	27
5.4.1. Função do produto.....	27
5.4.2. Unidade declarada	28
5.4.3. Fronteiras do sistema.....	28

5.4.4. Critérios de Exclusão	29
5.4.5. Desenvolvimento de cenários ao nível do produto	29
5.5. Inventário de Ciclo de Vida	30
5.5.1. Recolha de dados	30
5.5.2. Procedimento de cálculo.....	31
5.5.3. Regras de alocação.....	31
5.5.4. Dados do inventário para os módulos informativos A1, A2 e A3	31
5.5.5. Extrusão.....	31
5.5.6. Anodização	37
5.5.7. ETARI	41
5.5.8. Embalagem.....	43
5.5.9. Transporte interno	45
5.6. Avaliação de Impacte de Ciclo de Vida.....	45
Capítulo 6. Análise do ICV e impactes estimados	47
6.1. Indicadores para análise do inventário do ciclo de vida tendo por base a norma EN 15804:2012	47
6.1.1. Indicadores da análise do ICV que descrevem o uso de recursos.....	47
6.1.2. Indicadores de análise do ICV que representam diversas categorias de resíduos ...	51
6.1.3. Indicadores que representam fluxos de saída de materiais	52
6.2. Indicadores para a avaliação de impacte segundo a norma EN 15804:2012 e interpretação	52
6.3. Extrusão.....	54
6.4. Anodização	55
6.5. ETARI	56
6.6. Embalagem.....	58
Capítulo 7. Conclusões e trabalho futuro	61
Referências Bibliográficas	63
Anexos.....	67

Índice de Figuras

Figura 1- Extrusal S.A.....	3
Figura 2- Ciclo de vida do alumínio (EAA 2011)	5
Figura 3- Obtenção de bauxite (Norsk Hydro 2015)	6
Figura 4- Fases da Avaliação do Ciclo de vida (adaptado ISO 14040:2008)	9
Figura 5- Procedimento Simplificado para o Inventário (adaptado da ISO 14044:2010)	11
Figura 6- Elementos da fase de AICV (adaptado da ISO 14040:2008)	14
Figura 7- Interpretação do Ciclo de Vida (adaptado da ISO 14040:2008)	15
Figura 8- Símbolo do rótulo ecológico europeu.....	17
Figura 9- Exemplo de auto declarações	17
Figura 10- Fluxograma geral da produção do perfil de alumínio AC20NA e os dados de entrada e de saída de cada processo	20
Figura 11- Procedimento para elaboração de declarações ambientais de produto (Fonte: DAPHabitat).....	23
Figura 12- Etapas importantes da caracterização da Extrusal	26
Figura 13- Edifício com caixilharia Extrusal, especificamente com o tratamento AC20NA (Fonte: Extrusal S.A.).....	28
Figura 14- Esquema genérico dos estágios A1, A2 e A3.....	29
Figura 15- Representação esquemática do processo de extrusão (Ribeiro 2012).....	32
Figura 16- Processo de extrusão de produção de um perfil de alumínio	33
Figura 17- Esquema geral da anodização.....	38
Figura 18- Fluxograma do funcionamento da ETARI.....	41
Figura 19- Processo de embalagem e distribuição	43
Figura 20- Contribuição relativa das fases de produção de perfil de alumínio para os impactes totais.....	53
Figura 21- Categorias de impacte extrusão.....	54
Figura 22- Categorias de impacte anodização	55
Figura 23- Categorias de impacte ETARI	57
Figura 24- Categorias de impacte embalagem.....	58

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tabela resumo dos processos de produtos de alumínio.....	8
Tabela 2- Categorias de impacte e Escalas geográficas	12
Tabela 3- Etapas do ciclo de vida representada por módulos (Fonte: DAPHabitat 2015b).....	19
Tabela 4- Classe da espessura da camada (Fonte: Extrusal S.A.).....	20
Tabela 5- Dados de entrada na produção de 1 kg de perfil de alumínio na extrusão	34
Tabela 6- Tipos de transporte dos dados de entrada da extrusão por kg de perfil de alumínio	35
Tabela 7- Dados de saída e emissões para produção de 1 kg de perfil de alumínio na extrusão	36
Tabela 8- Tipo de transporte dos resíduos produzidos na extrusão por kg de perfil de alumínio	37
Tabela 9- Dados de entrada na produção de 1kg de perfil de alumínio na anodização	39
Tabela 10- Tipos de transporte dos produtos químicos utilizados na anodização por kg de perfil de alumínio.....	39
Tabela 11- Emissões do gás natural das caldeiras por kg de perfil de alumínio na anodização .	40
Tabela 12- Dados de saída na produção de 1 kg de perfil de alumínio na anodização	40
Tabela 13- Tipos de transporte dos resíduos produzidos na anodização por kg de perfil de alumínio.....	40
Tabela 14- Dados de entrada na produção de 1 kg de perfil de alumínio na ETARI.....	42
Tabela 15- Transporte dos produtos químicos da ETARI por kg de perfil de alumínio.....	42
Tabela 16- Dados de saída na produção de 1 kg de perfil de alumínio na ETARI	42
Tabela 17- Características do efluente por kg de perfil de alumínio	43
Tabela 18- Transporte das lamas produzidas na ETARI por kg de perfil de alumínio.....	43
Tabela 19- Dados de entrada por kg de perfil de alumínio na embalagem	44
Tabela 20- Tipo de transporte dos fornecedores da embalagem por kg de perfil de alumínio .	44
Tabela 21- Dados de saída da embalagem por kg de perfil de alumínio	44
Tabela 22- Transporte dos resíduos produzidos na embalagem por kg de perfil de alumínio...	45
Tabela 23- Consumo de combustível expresso por kg de perfil de alumínio	45
Tabela 24- Indicadores utilizados para o inventário do ciclo de vida – uso de recursos	47
Tabela 25- Dados utilizados no cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas”	48
Tabela 26- Indicadores de recursos renováveis utilizados na análise do ICV e respetivas quantidades por kg de produto	49
Tabela 27- Dados utilizados no cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas”	49
Tabela 28- Indicadores de recursos não renováveis utilizadas na análise do ICV e respetivas quantidades por kg de produto	50
Tabela 29- Indicadores que descrevem o uso de recursos nos módulos de A1-A3.....	51
Tabela 30- Indicadores de categorias de resíduos.....	51
Tabela 31- Total dos indicadores de categoria de resíduos por kg de resíduos	51
Tabela 32- Indicadores do ICV que descrevem os fluxos de saída de materiais.....	52
Tabela 33- Indicadores do ICV que descrevem os fluxos de saída de materiais e respetivas quantidades por kg de perfil produzido.....	52
Tabela 34- Resultados da AICV da produção de perfil de alumínio expressos em kg	53
Tabela 35- Substâncias que contribuem para as categorias de impacte na produção de billetes	55

Tabela 36- Substâncias que contribuem para as categorias de impacto dos processos mais relevantes da anodização.....	56
Tabela 37- Substâncias que contribuem para as categorias de impacto dos processos mais relevantes da ETARI.....	58
Tabela 38- Substâncias que contribuem para as categorias de impacto dos processos mais relevantes da embalagem.....	59
Tabela A1- Resultados da AICV da extrusão	69
Tabela A2- Resultados da AICV da extrusão	69
Tabela A3- Resultados da AICV da extrusão	70
Tabela A4- Resultados da AICV da extrusão	70
Tabela A5- Resultados da AICV da anodização	71
Tabela A6- Resultados da AICV da anodização	71
Tabela A7- Resultados da AICV da anodização	72
Tabela A8- Resultados da AICV da ETARI	73
Tabela A9- Resultados da AICV da embalagem.....	74
Tabela A10- Resultados da AICV da embalagem.....	74
Tabela A11- Processos da base de dados <i>Ecoinvent</i> – versão 3.01.....	75

Lista de Abreviaturas

A – Acidificação

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

AG – Aquecimento global

AICV – Avaliação de Impacte de Ciclo de Vida

CML – *Institute of Environmental Science, Faculty of Science, Leiden University*

COV's – Compostos Orgânicos Voláteis

DAP – Declaração Ambiental de Produto

DCO – Depleção da Camada de Ozono

DRAE – Depleção de Recursos Abióticos - Elementos

DRACF – Depleção de Recursos Abióticos - Combustíveis Fósseis

E – Eutrofização

EN – *European Norm*

EPD – *Environmental Product Declarations*

ETARI – Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais

IBU – *Institut Bauen und Umwelt*

ICV – Inventário de Ciclo de Vida

IPQ – Instituto Português da Qualidade

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

ISO – *International Organization for Standardization*

LCA – *Life Cycle Assessment*

NP – Norma Portuguesa

OF – Oxidação Fotoquímica

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCR – *Product Category Rules*

RCP – Regras de Categoria de Produto

UV – Ultra Violeta

Termos e definições

Alocação: imputação de fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e um ou mais outros sistemas de produto.

Avaliação do Ciclo de Vida: compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactes ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida: fase de avaliação do ciclo de vida com o objetivo de compreender e avaliar a magnitude e significância dos impactes ambientais potenciais para um sistema de produto ao longo do ciclo de vida do produto.

Categoria de Impacte: classe que representa questões ambientais dignas de preocupação à qual os resultados do inventário de ciclo de vida poderão ser atribuídos.

Categoria de Produto: grupo de produtos que podem desempenhar funções equivalentes.

Ciclo de Vida: etapas consecutivas e interligadas de um sistema de produto, desde a obtenção de matérias-primas ou sua produção a partir de recursos naturais até ao destino final.

Declaração Ambiental: alegação que indica os aspetos ambientais de um produto ou serviço.

Declaração Ambiental do tipo III: declaração ambiental que apresenta dados ambientais quantificados da utilização de parâmetros predeterminados e, onde for relevante, informação ambiental adicional.

Entrada: fluxo de produto, material ou energia que entra num processo unitário.

Fronteira do Sistema: conjunto de critérios que especificam que processos unitários são parte de um sistema de produto.

Impacte Ambiental: qualquer alteração do ambiente, adversa ou benéfica, resultante, total ou parcialmente, dos aspetos ambientais de uma organização.

Indicador de categoria de Impacte: representação quantificável de uma categoria de impacte.

Interpretação do Ciclo de Vida: fase de Avaliação do Ciclo de Vida na qual os resultados, quer do inventário, quer da avaliação de impacte, ou ambas, são avaliados de acordo com o objetivo e âmbito definidos, com vista à obtenção de conclusões e recomendações.

Inventário do Ciclo de Vida: fase da Avaliação do Ciclo de Vida que envolve a compilação e quantificação de entradas e saídas para um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Matéria-prima: material primário ou secundário que é utilizado para produzir um produto.

Operador do Programas: organismo ou organismos que realizam um programa de declaração ambiental de produto.

Produto: qualquer bem ou serviço.

Regras de Categoria de Produto: conjunto de regras, requisitos e linhas de orientação específicas para o desenvolvimento de declarações ambientais Tipo III para uma ou mais categorias de produto.

Saída: fluxo de produto, material ou energia que sai de um processo unitário.

Unidade funcional: desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como unidade de referência.

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento

O alumínio é o terceiro elemento metálico mais abundante na crosta terrestre e apresenta diferentes propriedades que são bastante importantes em diferentes indústrias (Tan & Khoo 2005). As principais propriedades do alumínio são a leveza, a resistência à corrosão, a maleabilidade e a elevada condutividade elétrica (Tan & Khoo 2005). Nas últimas décadas tem havido um grande aumento na utilização do alumínio, como por exemplo nos veículos, construções e engenharia elétrica, devido às suas propriedades, apresentadas anteriormente (Gang & Muller 2012).

O alumínio pode ser dividido em alumínio primário e alumínio secundário. No que diz respeito ao alumínio primário este é fornecido principalmente pela bauxite, acarretando a necessidade de utilizar uma grande quantidade de energia (Ferretti et al. 2007; Tan & Khoo 2005; Norgate et al. 2007). No que se refere ao alumínio secundário, este é obtido pela reciclagem de sucata de alumínio permitindo assim que haja uma menor quantidade de matéria-prima e energia utilizadas (Ferretti et al. 2007). O menor consumo de energia para se obter o alumínio secundário acontece pelo facto de o alumínio não estar a ser consumido mas sim reutilizado (Ferretti et al. 2007).

Nos últimos tempos tem havido um aumento de pressão para que haja uma utilização eficiente dos recursos, redução de emissões e produção de resíduos (Norgate et al. 2007) e nesse sentido têm surgido ferramentas de gestão ambiental, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e as Declarações Ambientais de Produto (DAP), que permitem apoiar a tomada de decisão.

A ACV e as DAP são ferramentas utilizadas de forma a que seja possível escolher o material ou produto que apresenta o melhor desempenho ambiental em relação a outros materiais ou produtos que apresentam um desempenho ambiental pior (IPQ 2009).

A ACV é uma ferramenta metodológica utilizada para estimar e avaliar os impactes ambientais atribuídos ao ciclo de vida de um produto, tais como: as alterações climáticas, a depleção da camada de ozono estratosférico, a formação do ozono troposférico (smog), a eutrofização, a acidificação, o *stress* toxicológico na saúde humana e no ecossistema, a depleção de recursos, o uso de água, o uso de solo, o ruído, entre outros (Rebitzer et al. 2004).

Apesar de a ACV ser uma ferramenta que avalia o ciclo de vida dos produtos desde a sua produção até à sua deposição final, esta necessita de uma grande quantidade de dados sobre os impactes ambientais de forma a obter uma ACV o mais realista possível (Torgal & Jalali 2010; Ferreira 2004).

O estudo de uma ACV é dividido em quatro fases, sendo elas a definição do objetivo e do âmbito, o inventário do ciclo de vida (ICV), a avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) e a interpretação do ciclo de vida (IPQ 2008). O objetivo e o âmbito de uma ACV fornecem a descrição do sistema de produto em termos de fronteira do sistema e unidade funcional, entre outros (Rebitzer et al. 2004;

Garrido 2014). Através do ICV realiza-se a compilação e análise preliminar de todas as trocas ambientais (emissões, consumo de recursos, etc), entre outros (Rebitzer et al. 2004). Na AICV calculam-se e interpretam-se os indicadores potenciais de impacte associados às trocas com o ambiente natural (Rebitzer et al. 2004). Por fim, a interpretação da ACV tem como objetivo fornecer resultados que sejam consistentes com o objetivo e âmbito definidos e que permitam obter conclusões, explicar limitações e indicar recomendações (Rebitzer et al. 2004).

O ciclo de vida de um determinado produto pode ser dividido em três estágios, nomeadamente (Norgate et al. 2007):

- ⇒ Do berço ao portão ("*cradle to gate*") - considera as de obtenção da matéria-prima até ao fabrico do produto;
- ⇒ Do portão ao portão ("*gate to gate*") - engloba o processo de fabrico do produto;
- ⇒ Do berço ao túmulo ("*gate to grave*") - contém a utilização do produto, a reciclagem e a deposição final.

As DAP são uma ferramenta de desempenho ambiental do material ou produto que disponibiliza informação sobre o desempenho ambiental do material ou produto analisado (IPQ 2009). As DAP tem como objetivo apresentar informação baseada na ACV do produto, ajudar os comparadores e utilizadores a efetuar comparações informadas sobre o produto, incentivar à melhoria do desempenho ambiental e fornecer informação para a avaliação dos impactes ambientais durante o respetivo ciclo de vida (IPQ 2009).

As DAP podem ser divididas em três estágios principais (CEN 2012):

- ⇒ Primeiro estágio: descrição do produto e do fabricante;
- ⇒ Segundo estágio: descreve o desempenho ambiental do produto. Esta etapa é baseada na ACV e considera todos os processos desde a extração até a deposição final;
- ⇒ Terceiro estágio: contém informação da empresa e do organismo certificador (nome e endereço da pessoa a contactar e do organismo certificador, período de validade da certificação).

As DAP Tipo III são realizadas tendo por base as Regras de Categoria de Produto (RCP) que são um conjunto de regras, requisitos e linhas de orientação específicas para uma ou mais categorias de produto (IPQ 2009). As RCP são utilizadas para se realizar a ACV dos produtos, para a elaboração das DAP e comunicação do desempenho ambiental dos produtos, sendo possível garantir a transparência no processo de elaboração das DAP e facilitando a comparabilidade entre DAP's (Ferreira 2013b). O documento das RCP identifica e documenta o objetivo e âmbito da informação baseada na ACV para a categoria de produto e as regras utilizadas na produção de informação ambiental adicional para a categoria de produto e ainda deve determinar quais as fases do ciclo de vida a serem incluídas, os

parâmetros a serem abrangidos, a forma pela qual os parâmetros devem ser compilados e apresentados e as categorias de impacto a considerar (IPQ 2009).

1.2. Enquadramento e objetivo

O estágio foi realizado na empresa Extrusal S.A. (ver Figura 1), que se localiza em Aveiro, e teve como objetivo desenvolver um relatório de suporte à DAP do perfil de alumínio acetinado 20 natural (AC20NA). De forma a se obter uma DAP foi necessário realizar uma ACV do processo de fabrico do perfil de alumínio em estudo (AC20NA) identificando os impactes ambientais desde a extração da matéria-prima até à obtenção do perfil para ser entregue ao cliente, passando pela extrusão, pelo tratamento de superfície (anodização), pela ETARI e pela embalagem.



Figura 1- Extrusal S.A.

1.3. Estrutura do relatório

O relatório encontra-se organizado em 7 diferentes capítulos.

No Capítulo 1 é descrito o enquadramento e o objetivo do presente relatório de estágio.

No Capítulo 2 é abordado o tema sobre o alumínio, onde é descrita a obtenção de alumínio, as suas características e aplicações, e os diferentes processos de obtenção do alumínio.

O Capítulo 3 contém o tema ACV, onde é descrita a definição do objetivo e do âmbito e são identificadas as diferentes fases de uma avaliação ciclo de vida como o ICV, AICV e a interpretação.

No Capítulo 4 será abordado o tema das DAP, sendo realizada a distinção entre o rótulo ecológico, a autodeclaração e a declaração ambiental de produto. Ainda neste capítulo será abordado o tópico sobre as RCP, as etapas para se elaborar um documento RCP e o Sistema DAPHabitat.

No Capítulo 5 é apresentado o estudo de caso, a caracterização da empresa, a metodologia do estudo utilizada e os objetivos do estudo. Neste capítulo também são apresentados o ICV, que contém informação sobre os dados recolhidos para o processo de produção de perfil de alumínio, e a AICV.

No Capítulo 6 é realizada a análise do ICV e os impactes estimados e, como tal, serão abordados os indicadores que se encontram descritos nas regras de categoria de produto. Neste capítulo também serão analisados os resultados obtidos.

O Capítulo 7 contém a conclusão do relatório, onde são indicadas as conclusões do relatório, algumas limitações e são propostos trabalhos futuros.

Capítulo 2. Alumínio

2.1. Obtenção de Alumínio

O alumínio foi descoberto no ano de 1825, em Copenhaga, e é um metal bastante abundante na crosta terrestre, constituindo cerca de 8,5% da mesma (APAL 2013; Born 2007). A produção de alumínio é realizada a partir da extração do minério de bauxite que vai ser transformado em alumina (constituída por óxidos metálicos, nomeadamente óxido de alumínio (Al_2O_3)) para posteriormente se obter o alumínio (Born 2007).

O alumínio obtido pode ser primário ou secundário. O alumínio primário provém diretamente do minério da bauxite enquanto que o alumínio secundário provém da reciclagem do alumínio.

O ciclo de vida do alumínio apresenta um conjunto de fases, tais como (Norsk Hydro 2015; Born 2007): a extração de bauxite, a produção de alumina, a produção de alumínio primário, a produção de semiacabados, o fabrico de produtos, a utilização e por fim a reciclagem. As três primeiras etapas são fundamentais para obtenção do alumínio. As diferentes fases de produção de alumínio encontram-se esquematizadas na Figura 2.

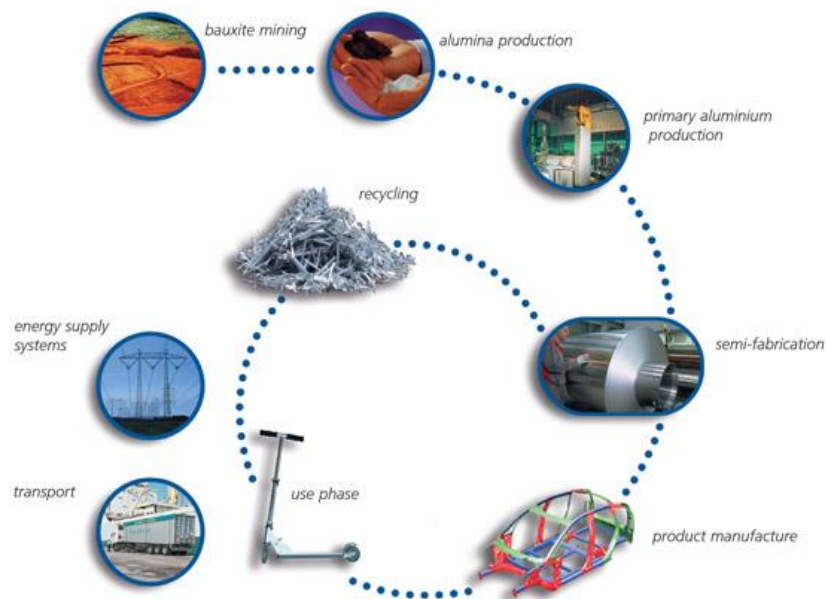


Figura 2- Ciclo de vida do alumínio (EAA 2011)

a) Extração de bauxite

A bauxite é normalmente encontrada na linha do Equador, contendo cerca de 15-25% de alumínio. Normalmente, a bauxite encontra-se depositada em camadas perto da superfície e costuma estar misturada com diferentes materiais como, por exemplo, o óxido de ferro e o dióxido de titânio (Norsk Hydro 2015). Para a extração da bauxite é necessário proceder à remoção do coberto vegetal e das camadas superficiais, que contêm, por exemplo, argilas. Depois de extraída, a bauxite é encaminhada

para uma central para se proceder à trituração e lavagem (para remover o teor de sílica presente) antes de ser encaminhada para a transformação/processamento (Norsk Hydro 2015; Born 2007). A lama rejeitada é posteriormente utilizada para restabelecer a vegetação natural. A Figura 3 indica os passos utilizados para a obtenção da bauxite.

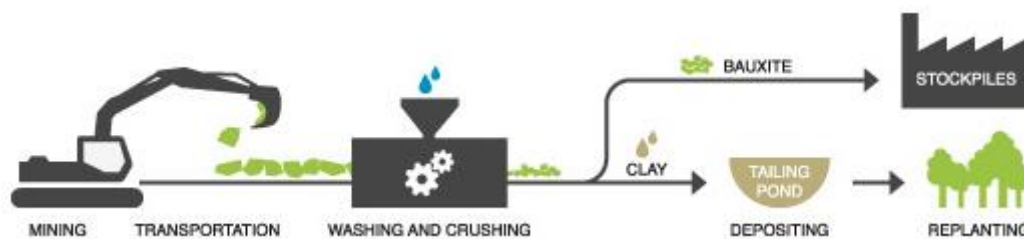


Figura 3- Obtenção de bauxite (Norsk Hydro 2015)

b) Obtenção de alumina

A produção de alumina (óxido de alumínio) é realizada quando se separa a alumina da bauxite. Para se obter a alumina é necessário passar por um conjunto de etapas, tais como (Norsk Hydro 2015; Born 2007):

- A alumina é separada da bauxite através da utilização de uma solução aquecida de hidróxido de sódio (soda caustica) e óxido de cálcio (cal);
- A soda cáustica dissolve a alumina, que se precipita da solução saturada.
- A alumina é, lavada e aquecida para a remoção da água.
- Ocorre filtração do material de forma a remover e recuperar a solução cáustica.
- A alumina é seca até atingir a forma de pó branco.

c) Obtenção do alumínio

No que se refere à produção de alumínio primário, o átomo do alumínio encontrado na alumina está ligado ao oxigênio e, de forma a produzir o alumínio, essas ligações devem ser quebradas através do processo de eletrólise (Norsk Hydro 2015). A alumina possui um elevado ponto de fusão e vai ser convertida no processo de eletrólise. Durante o processo de eletrólise, uma corrente atravessa o cátodo (polo negativo) e o ânodo (polo positivo), sendo que o ânodo vai ser consumido durante o processo quando reagem com o oxigênio que provém da alumina (AZO 2013). No processo de eletrólise a alumina é dissolvida num banho eletrolítico dando origem ao alumínio líquido que pode ser fundido em diferentes tipos de biletos utilizados para extrusão, laminação e fundição (Norsk Hydro 2015; Born 2007).

d) Reciclagem do alumínio

A última fase do ciclo de vida do alumínio é a reciclagem, onde o alumínio pode ser reciclado infinitamente sem perder as suas propriedades e onde é apenas necessário 5% da energia inicialmente utilizada para a produção de alumínio primário (Norsk Hydro 2015).

2.2. Características e aplicações do alumínio

Nos dias de hoje, o alumínio apresenta uma grande importância uma vez que se encontra presente numa grande variedade de aplicações. Desta forma, o alumínio apresenta um conjunto de características fundamentais que nos guiam para a sua escolha (Born 2007; Fontinha & Salta 2004):

- Leveza (peso inferior cerca de 2/3 em relação ao cobre, bronze e latão);
- Resistência mecânica;
- Resistência à corrosão e, como tal, é um material bastante utilizado a nível da construção civil;
- Boa ductilidade/maleabilidade;
- Elevada condução elétrica e térmica.

Nos últimos anos a utilização de alumínio tem vindo a aumentar e, de forma a melhorar a sua resistência à corrosão e de proporcionar um bom aspeto estético aos produtos, foram desenvolvidos tratamentos de superfície. Estes tratamentos são a lacagem e a anodização que são utilizados de forma a conservar os elementos de construção de alumínio que se encontram sujeitos à exposição atmosférica (Born 2007; Fontinha & Salta 2004).

No que diz respeito às aplicações do alumínio estas são bastante diversificadas (Born 2007; Fontinha & Salta 2004):

- Bens de consumo, máquinas e equipamentos (utensílios, móveis, decoração e eletrodomésticos);
- Indústria automóvel (alumínio utilizado para contruir para-choques, estruturas de chassis, entre outros);
- Construção Civil (revestimento de fachadas e coberturas);
- Embalagens (grande capacidade de impermeabilidade);
- Indústria elétrica (fios e cabos para transmissão e distribuição de energia).

2.3. Processo de produção de perfil de alumínio

Quando o alumínio chega ao mercado apresenta uma grande variedade de formas como por exemplo tubos, chapas, perfis, lingotes para fundição, entre outros. Para se obterem essas formas comerciais o alumínio tem de passar por um conjunto de processos tecnológicos como a laminagem, fundição e

extrusão (Teixeira 1998). A Tabela 1 contém um resumo dos processos utilizados para obtenção de produtos de alumínio.

Tabela 1- Tabela resumo dos processos de produtos de alumínio

Processo	Descrição
Laminagem	Processo de redução da secção transversal por compressão do metal, através da passagem entre dois cilindros de aço com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos (ABAL 2007). Existem dois processos básicos de laminagem, sendo eles a laminagem a quente e a laminagem a frio. A laminagem a quente é utilizada quando se pretende obter grandes reduções da secção transversal (inferior a 1 mm) e ocorre a uma temperatura de cerca de 350 °C (ABAL 2007). A laminagem a frio é realizada com temperaturas inferiores à laminagem a quente e utiliza o material que provém da laminagem a quente (ABAL 2007).
Fundição	Processo que ocorre a elevada temperatura (superior a 600 °C) fazendo com que o alumínio passe ao estado líquido. Após estar no estado líquido o alumínio apenas necessita de ser colocado em moldes, para adquirir uma forma, onde irá arrefecer (ABAL 2007).
Extrusão	Processo que consiste na passagem de um bilete de alumínio por pressão e temperatura elevada, através de uma matriz de forma a se obter a forma desejada (ABAL 2007).

A extrusão é o processo de obtenção de alumínio utilizado na Extrusal S.A. e, como tal, é este o processo que vai ser abordado neste relatório. De forma geral, a extrusão é um processo de transformação mecânica que envolve grandes forças, e normalmente temperaturas elevadas, de forma a se obterem perfis de alumínio (ABAL 2007). Como é necessária grande força para produzir os perfis de alumínio, normalmente são utilizadas por todo o mundo prensas hidráulicas com uma capacidade de forças de 1200 a 2400 toneladas. É de salientar que ainda existem prensas de maior capacidade, de 15000 toneladas, e de menor capacidade, de 500 toneladas. No caso haja necessidade de produzir perfis de alumínio de grandes dimensões e com elevada complexidade geométrica é possível utilizar prensas de 15000 toneladas e se for necessário produzir perfis mais leves utiliza-se prensas de 500 toneladas (ABAL 2007). Ao longo do processo de extrusão serão necessários equipamentos como fornos de aquecimento, equipamentos que possibilitem “esticar” os perfis, equipamentos de corte dos perfis e equipamentos de transporte de perfis (ABAL 2007).

Capítulo 3. Avaliação do Ciclo de Vida

A ACV aborda os aspetos ambientais e os potenciais aspetos ambientais associados ao ciclo de vida do produto (IPQ 2008). A ACV tem em conta todo o ciclo de vida do produto, desde a obtenção das matérias-primas, produção, utilização, tratamento no fim de vida, reciclagem e deposição final, ou seja, desde o berço até ao túmulo (*cradle-to-grave*) (IPQ 2008).

A utilização de uma ACV é bastante útil quando se pretendem identificar oportunidades de melhoria do desempenho ambiental dos produtos ao longo do seu ciclo de vida, na informação aos decisores da indústria, na seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes (IPQ 2008).

De acordo com a norma ISO 14040:2008 a ACV apresenta as seguintes quatro fases:

- I. Definição do objetivo e do âmbito;
- II. Inventário;
- III. Avaliação de impacte;
- IV. Interpretação.

Na Figura 4, encontram-se representadas as fases da ACV.

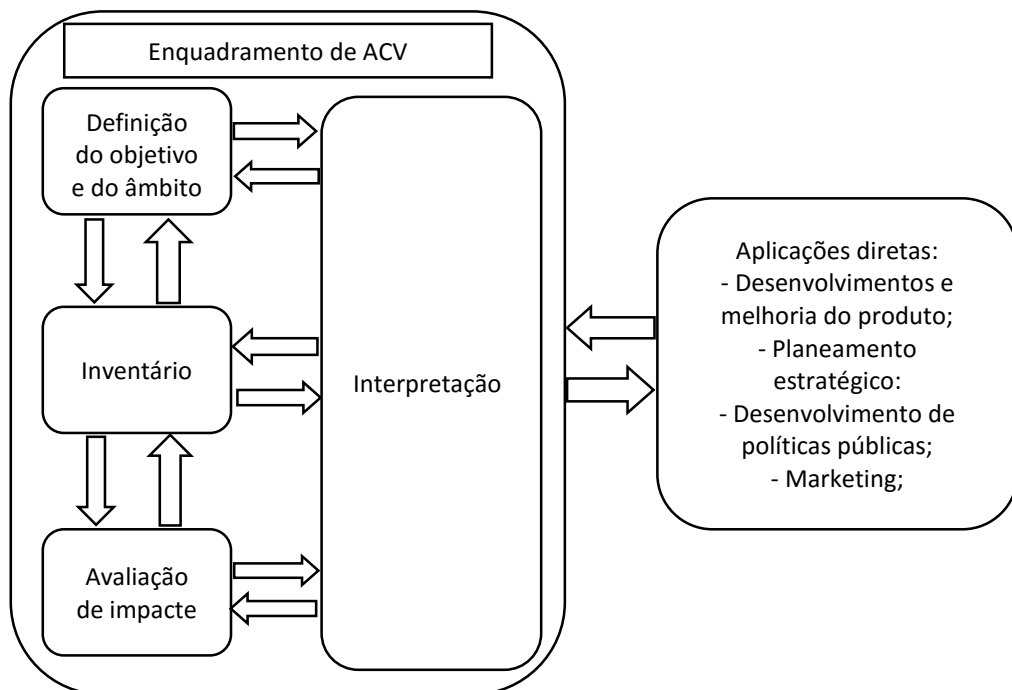


Figura 4- Fases da Avaliação do Ciclo de vida (adaptado ISO 14040:2008)

3.1. Definição do objetivo e do âmbito

O objetivo e o âmbito de uma ACV devem ser claramente definidos e consistentes com a aplicação pretendida. Devido à natureza iterativa da ACV, o objetivo e o âmbito poderão ser revistos devido a

limitações imprevistas, a informação adicional ou a condicionalismos. Todas as modificações efetuadas devem ser justificadas e documentadas (IPQ 2010).

Quando se define o objetivo de uma ACV devem-se ter em conta os seguintes elementos de forma inequívoca: a aplicação pretendida, as razões para realizar o estudo, público-alvo, e se os resultados se destinam a ser utilizados em declarações comparativas para divulgação pública (IPQ 2010).

No que diz respeito à definição do âmbito de uma ACV, os seguintes elementos devem ser abordados de forma clara: o sistema de produto a ser estudado, as funções do sistema, a unidade funcional, a fronteira do sistema, o procedimento de alocação, a metodologia de AICV e tipos de impacto, a interpretação a ser utilizada, os requisitos dos dados, os pressupostos, as limitações, os requisitos de qualidade dos dados, o tipo de revisão crítica e o tipo e formato do relatório requerido para o estudo (IPQ 2010).

3.1.1. Unidade Funcional

O âmbito de uma ACV deve especificar claramente as funções do sistema em estudo. A unidade funcional deve ser consistente com o objetivo e âmbito do estudo. Uma das principais finalidades de uma unidade funcional é a de fornecer uma referência em relação à qual os dados de entrada e saída são normalizados. Como tal, a unidade funcional deve ser claramente definida e mensurável (IPQ 2010).

3.1.2. Fronteira do sistema

A fronteira do sistema determina que processos unitários devem ser incluídos na ACV. Os critérios utilizados para se estabelecer a fronteira do sistema devem ser identificados e explicados (IPQ 2010). Devem ser decididos que processos unitários devem ser incluídos no estudo e o nível de pormenor a que estes processos unitários devem ser estudados (IPQ 2010). A eliminação de etapas do ciclo de vida, de processos, de entradas e saídas apenas é permitida se não alterar significativamente as conclusões globais do estudo. Quaisquer decisões sobre a omissão de etapas do ciclo de vida, processos, entradas e saídas, devem ser claramente relatadas, devendo ser explicadas as razões e implicações da sua omissão (IPQ 2010).

3.2. Inventário do ciclo de vida

A definição do objetivo e do âmbito do estudo fornece o plano inicial para realizar a fase de ICV de uma ACV. Na execução do plano para o ICV, deverão ser seguidos os passos da Figura 5 (IPQ 2010).

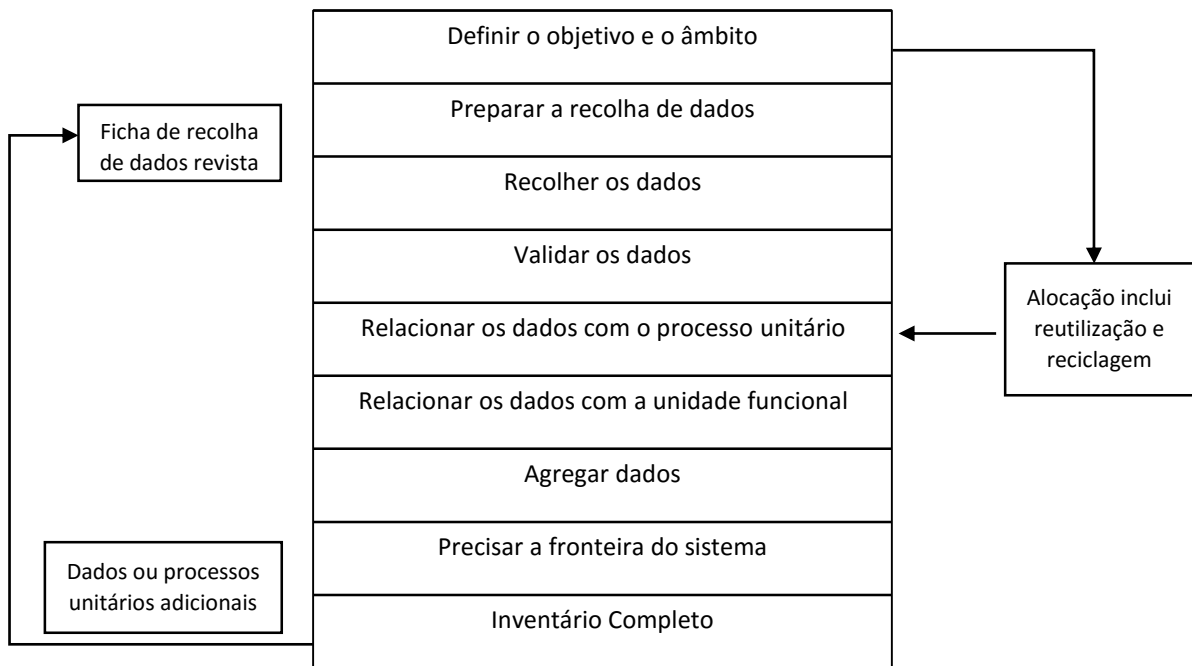


Figura 5- Procedimento Simplificado para o Inventário (adaptado da ISO 14044:2010)

A fase de ICV apresenta um procedimento de recolha de dados de forma a que seja possível quantificar as entradas e saídas do processo (IPQ 2010). O tipo de dados recolhidos pode ser classificado em categorias, tais como: entradas de energia, entradas de matérias-primas, entradas de matérias auxiliares, resíduos, emissões para o ar, descargas para o solo.

Para o cálculo dos dados, todos os procedimentos devem estar documentados e bem explicados. No que se refere à alocação¹, a soma das entradas e saídas alocadas de um processo unitário deve ser igual às entradas e saídas do processo unitário antes da alocação (IPQ 2010).

3.3. Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida

A AICV é diferente de outras técnicas (por exemplo avaliação de risco, avaliação de impacte ambiental, entre outras) por apresentar uma abordagem relativa baseada numa unidade funcional (IPQ 2010). Esta fase da ACV é bastante importante uma vez que tem como finalidade avaliar a significância dos impactes ambientais potenciais através da utilização dos resultados provenientes do ICV (IPQ 2008).

Existem diversas categorias de impacte, sendo seguidamente apresentadas alguns exemplos:

- ⇒ Aquecimento global (AG);
- ⇒ Depleção da camada de ozono (DCO);
- ⇒ Acidificação dos recursos hídricos e do solo (A);

¹ Imputação dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e um ou mais sistemas de produto.

- ⇒ Eutrofização (E);
- ⇒ Oxidação fotoquímica (OF);
- ⇒ Depleção de recursos abióticos (elementos) (DRAE);
- ⇒ Depleção de recursos abióticos (combustíveis fósseis) (DRACF).

A inter-relação entre emissões e impactos ambientais e os variados impactos e as suas consequências diferem de uma substância para outras substâncias (Stranddorf et al. 2005). Na ACV, as categorias de impacto podem apresentar as seguintes escalas geográficas (Stranddorf et al. 2005):

- ❖ Efeito global – espaço geográfico de um país;
- ❖ Efeito regional – espaço geográfico de uma cidade ou região vizinha;
- ❖ Efeito local – espaço geográfico de um espaço urbano (cidade).

Tabela 2- Categorias de impacto e Escalas geográficas

Categoria de impacto	Escala Geográfica
Aquecimento Global	Global
Depleção da Camada de Ozono	Global
Oxidação Fotoquímica	Regional/Local
Acidificação	Regional/local
Eutrofização	Regional/local
Depleção Abiótica	Global

I. Aquecimento global

Este indicador resulta em efeitos negativos sobre o ecossistema, saúde humana e bens materiais e ainda está relacionado com as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera (IPCC 2007). Os fatores de caracterização são apresentados como Potencial de Aquecimento Global para um horizonte de 100 anos. A nível de abrangência geográfica, este indicador tem uma ação de escala global (Pré 2015; Pargana 2012).

II. Depleção da Camada de Ozono

Devido à depleção da camada de ozono estratosférico há uma grande quantidade de radiação UV-B que chega à superfície terrestre provocando danos no ser humano, nos organismos e no ecossistema. A abrangência geográfica deste indicador é à escala global e com um horizonte infinito (Pré 2015; Pargana 2012).

III. Oxidação fotoquímica

A formação de foto-oxidantes resulta no desenvolvimento de substâncias reativas, principalmente o ozono, que é prejudicial para a saúde humana e ecossistemas (Pré 2015). Na zona urbana há uma

maior concentração de ozono que é provocada pelo NO_x . Estas concentrações normalmente estão relacionadas com as emissões que provém dos tubos de escape dos automóveis (APIS 2014).

No que diz respeito à abrangência geográfica, este indicador alterna entre a escala local e a escala regional e apresenta um horizonte de 5 dias (Pré 2015; Pargana 2012).

IV. Acidificação

Uma vasta gama de impactes sobre os solos, águas subterrâneas, águas superficiais, organismos, ecossistemas e materiais de construção são causadas por substâncias acidificantes que são transportadas pelo vento. As substâncias acidificantes podem ser divididas em ácidos fortes (HCl e H_2SO_4), ácidos anidridos (SO_2 , SO_3 e NO_x), NH_3 e ácidos orgânicos (Stranddorf et al. 2005). No que diz respeito a este indicador, a escala geográfica varia entre a escala local e a escala regional (Pré 2015; Pargana 2012).

V. Eutrofização

A eutrofização está relacionada com a libertação excessiva de nutrientes para a atmosfera, água e solos devido nível de macronutrientes no ambiente. O excesso de nutrientes provoca um crescimento excessivo de plantas e algas, limitando assim os fatores necessários para que ocorra a fotossíntese, como a luz solar, o CO_2 e os nutrientes. A nível de escala geográfica, este indicador varia entre a escala local e a escala regional (Pré 2015; Pargana 2012).

VI. Depleção abiótica

Esta categoria de impacte está envolvida na proteção da saúde humana, no bem-estar humano e na saúde do ecossistema. Isto diz respeito à extração de minerais e combustíveis fósseis. O Potencial de Depleção Abiótica é calculado para cada extração mineral e para cada combustível fóssil. Este indicador tem uma escala geográfica global (Pré 2015; Pargana 2012).

A fase da AICV deve ser planeada de forma cuidada a fim de ser possível o cumprimento do objetivo e do âmbito do estudo da ACV. Esta fase deve ainda ser coordenada com as outras fases da ACV para se ter em conta possíveis fontes de incerteza, como por exemplo (IPQ 2010):

- ⇒ Se a qualidade dos dados e resultados do ICV é suficiente para efetuar a AICV de acordo com a definição do objetivo e do âmbito do estudo;
- ⇒ Se a fronteira do sistema e as decisões de exclusão de dados foram suficientemente revistas para assegurar com a disponibilidade dos resultados do ICV necessários para calcular os resultados do indicador para a AICV;

⇒ Se a relevância ambiental dos resultados da AICV foi reduzida devido ao cálculo da unidade funcional, ao cálculo de médias, agregações e alocações à escala do sistema.

A AICV é composta por elementos obrigatórios e elementos opcionais e estes encontram-se representados na Figura 6.

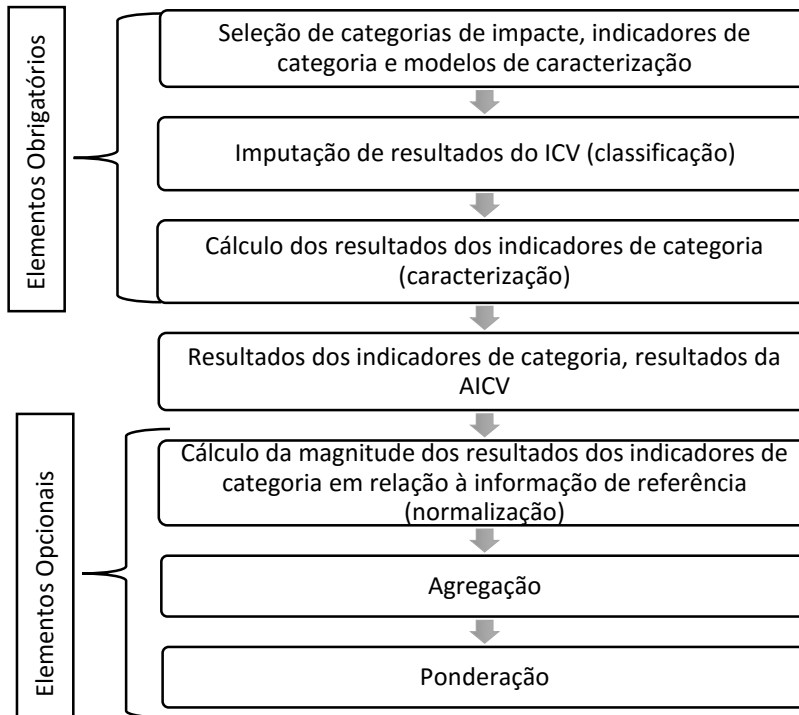


Figura 6- Elementos da fase de AICV (adaptado da ISO 14040:2008)

Nos elementos obrigatórios, sempre que a categoria de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização são selecionadas numa ACV devem ser referenciadas as informações e as fontes relacionadas (IPQ 2010). A seleção das categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização devem ser justificadas e coerentes com o objetivo e âmbito da ACV (IPQ 2010). Para a imputação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas (classificação) é necessário ter em conta a imputação dos resultados do ICV que são exclusivos de uma categoria de impacto e a identificação dos resultados do ICV que se relacionam com mais do que uma categoria de impacto (IPQ 2010).

O cálculo dos resultados do indicador (caracterização) envolve a conversão dos resultados do ICV em unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos na mesma categoria de impacto. O resultado final do cálculo resulta num indicador numérico (IPQ 2010).

Os elementos opcionais da AICV podem ser utilizados tendo em conta o objetivo e âmbito da ACV. Os elementos opcionais são a normalização, a agregação e a ponderação.

A normalização é o cálculo da magnitude dos resultados do indicador de categoria relativos à informação de referência. Pode ser útil para verificar a existência de inconsistências, fornecer e comunicar informação acerca da significância relativa dos resultados do indicador, preparar para procedimentos adicionais, tais como, agregação, ponderação e interpretação do ciclo de vida (IPQ 2010).

A agregação apresenta dois procedimentos possíveis: ordenação e hierarquização das categorias de impacto. Por fim, a ponderação converte e agrega os resultados do indicador nas categorias de impacto utilizando fatores numéricos baseados em escolhas de valor (IPQ 2010).

3.4. Interpretação do ciclo de vida

A fase de interpretação do ciclo vida incide sobre os elementos que provêm do ICV ou AICV, ou ambos, sendo esses elementos os seguintes (IPQ 2010):

- ⇒ Identificação dos aspetos significativos tendo por base os resultados obtidos das fases de ICV e de AICV da ACV;
- ⇒ Avaliação que considere controlos de integralidade, sensibilidade e coerência;
- ⇒ Conclusões, limitações e recomendações.

Na Figura 7 encontra-se representada a fase de interpretação da ACV.

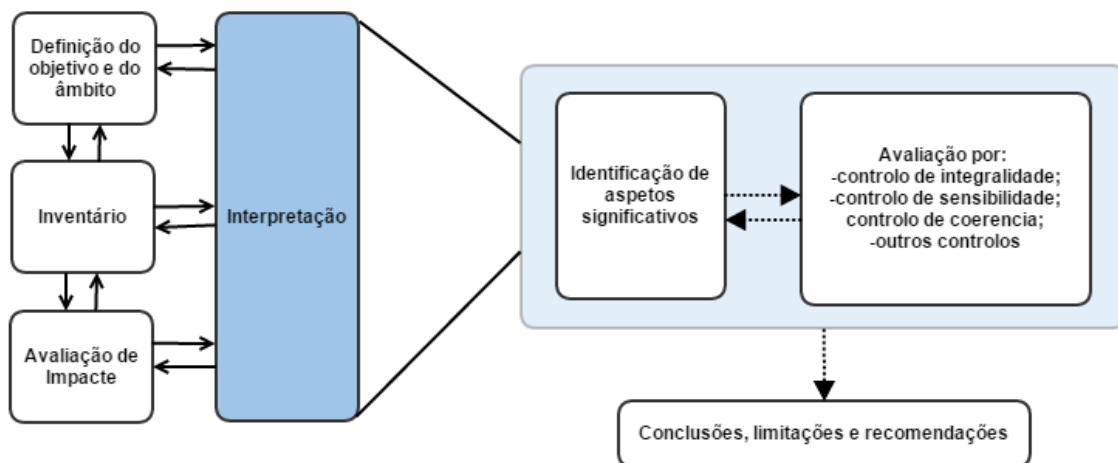


Figura 7- Interpretação do Ciclo de Vida (adaptado da ISO 14040:2008)

A identificação dos aspetos significativos é fundamental para que seja possível estruturar os resultados das fases de ICV e AICV, tendo por base a definição dos objetivos e o âmbito. Como exemplo de aspetos significativos apresentam-se as emissões, as descargas, o ruído, entre outros (IPQ 2010).

A avaliação (Figura 7) é bastante importante para que se consiga melhorar a confiança e a fiabilidade dos resultados, sendo que estes devem ser apresentados de forma compreensível e clara. Durante a avaliação são apresentadas três técnicas importantes, sendo elas:

- I. O controlo da integralidade;
- II. O controlo da sensibilidade;
- III. O controlo da coerência.

No controlo da integralidade é necessário assegurar que toda a informação e dados estão completos e disponíveis. Para o controlo da sensibilidade é essencial avaliar a fiabilidade dos resultados finais e conclusões e ainda devem ser realizadas análises de sensibilidade e análises de incerteza. Por fim, no controlo de coerência deve-se verificar se os métodos e os dados são coerentes com os objetivos e âmbito (IPQ 2010).

A última etapa da fase da interpretação da ACV tem como finalidade indicar as conclusões retiradas do estudo realizado, identificar as limitações metodológicas do estudo e indicar as recomendações tendo em consideração as conclusões finais (IPQ 2010).

Capítulo 4. Declarações Ambientais de Produto

4.1. Declarações Ambientais

Existem três tipos de declarações ambientais, sendo elas do Tipo I, II e III. As declarações ambientais do Tipo I dizem respeito aos rótulos ecológicos, as do Tipo II são as auto declarações e as do Tipo III são as declarações ambientais de produto (IPQ 2005).

4.1.1. Rótulo Ecológico

As declarações do Tipo I são os rótulos ecológicos onde se pretende promover os produtos que podem reduzir os impactos negativos no ambiente comparativamente a outros produtos da mesma categoria (IPP 2008). Os rótulos ecológicos apresentam como vantagem a promoção de transparência e a simplicidade. Estas baseiam-se em critérios que devem ser cumpridos, mas essa capacidade de cumprimentos apenas é aplicada a uma determinada parte do mercado (IPQ 2006).



Figura 8- Símbolo do rótulo ecológico europeu

4.1.2. Auto Declaração

As declarações do Tipo II são as auto declarações. Este tipo de declaração é preparada por produtores, importadores ou distribuidores de forma a comunicar informação sobre aspetos ambientais dos seus produtos ou serviços (IPP 2008). Estas declarações não são certificadas por uma terceira parte, mas têm vindo a ser cada vez mais utilizadas de forma a promover a melhoria do desempenho ambiental dos produtos para que seja possível atrair os potenciais consumidores (IPQ 2014).



Figura 9- Exemplo de auto declarações

4.1.3. Declarações Ambientais de Produto

Atualmente tem vindo a aumentar a preocupação com o desempenho ambiental dos produtos. Como tal, verifica-se uma maior necessidade de se implementarem medidas que minimizem a pressão ambiental provocada pelos processos de extração de matéria-prima, fabrico dos produtos, aplicação, utilização e manutenção até a sua deposição final e eliminação. Desta forma, as DAP contêm informação sobre os aspetos ambientais dos produtos que facilitam a sua caracterização ambiental (DAPHabitat 2015a).

As declarações ambientais do tipo III representam as DAP, que são ferramentas objetivas e precisas no que diz respeito à informação ambiental dos produtos, apoiando-se na ACV dos produtos tendo por base os fluxos de entrada e saída. As DAP são realizadas tendo em conta as RCP, uma vez que é este documento que indica as regras para cada categoria de produto (Minkov et al. 2015; Ferreira 2013a).

O principal objetivo para se realizar uma DAP é determinar o desempenho ambiental de um determinado produto, tendo por base a ACV. Através do registo das DAP é possível verificar o desempenho ambiental dos produtos estimulando a melhoria contínua dos mesmos através da identificação e redução dos impactes negativos (DAPHabitat 2015a).

As DAP estão divididas em três partes. Na primeira parte são descritos os produtos e os fabricantes. A unidade funcional reflete a função real do produto e pode ser definida na primeira parte ou na segunda parte (Steen et al. 2008). Na segunda parte é descrito o desempenho ambiental de um produto através da ACV do produto e, como tal, é necessário considerar todo o processo desde a extração até a deposição final do produto (Steen et al. 2008). A terceira, e última, parte inclui a informação sobre a empresa (nome e endereço), o organismo de certificação e o período de validade da mesma (Steen et al. 2008).

As DAP encontram-se em conformidade com as normas ISO 14025 e EN 15804. Este tipo de declaração normalmente é realizada por iniciativa própria da empresa e incluem informações gerais dos produtos e ACV. Apresentam um conjunto de informação que é validada por uma terceira parte, funcionando como uma ferramenta de comunicação do desempenho ambiental de um determinado produto ao longo do seu ciclo de vida (IBU 2015).

A informação a declarar numa DAP inclui todas as etapas do ciclo de vida, ou seja, do “berço ao túmulo”, no entanto, assume-se que uma DAP deverá reportar no mínimo as etapas do ciclo de vida que se referem do “berço ao portão” (módulo A1-A3) (DAPHabitat 2015b).

As etapas do ciclo de vida serão reportadas na DAP na forma de módulos. Os módulos encontram-se representados na Tabela 3.

Tabela 3- Etapas do ciclo de vida representada por módulos (Fonte: DAPHabitat 2015b)

Módulos		Informação de cada módulo
Módulo A1-A3 Etapa do produto	A1 – Extração e processamento de matérias-primas	A etapa produto finaliza quando o produto está pronto para entrega. A emissão de calor residual encontra-se associado indiretamente ao consumo de energia e, como tal, não necessita de ser declarada. Os resíduos que são reintroduzidos no processo produtivo substituem matérias-primas primárias e, como tal, têm de ser incluídas nos limites do sistema.
	A2 – Transporte	
	A3 – Produção	
Módulo A4-A5 Etapa do processo de construção	A4 – Transporte	Corresponde à etapa do processo de construção e é uma etapa opcional que inclui informação sobre o transporte do produto para o local de construção e a sua instalação no edifício.
	A5 – Processo de construção e instalação	
Módulo B Etapa de utilização	B1 – Utilização	O Módulo B representa a etapa de utilização e também é uma etapa opcional. Esta etapa abrange o período desde a entrega do edifício ou trabalho de construção até a sua demolição.
	B2 – Manutenção	
	B3 – Reparação	
	B4 – Substituição	
	B5 – Reabilitação	
	B5 – Reabilitação	
	B6 – Energia consumida em fase operacional	
B7 – Água consumida em fase operacional		
Módulo C Etapa de fim de vida	C1 – Desconstrução e demolição	Representa a etapa de fim de vida do produto. Esta etapa tem início quando o produto é substituído, desconstruído ou demolido, não apresentando qualquer funcionalidade.
	C2 – Transporte do produto	
	C3 – Processamento de resíduos	
	C4 – Eliminação dos resíduos	
Módulo D Benefícios e cargas ambientais para além da fronteira do sistema	D – Potencial de reutilização, reciclagem e valorização	Refere os benefícios ou cargas para o ambiente que são gerados pelos produtos reutilizáveis, materiais recicláveis e transferência de energia para o exterior do sistema de produto.

No presente relatório de estágio foi utilizado o módulo A1 – A3 referente à etapa do produto que inclui o fornecimento de matéria-prima, o transporte até ao fabricante e o fabrico do produto.

A Figura 10 representa o fluxograma geral da produção do perfil de alumínio AC20NA e os dados de entrada e de saída de cada processo.

No perfil de alumínio AC20NA, o AC (acetinado) representa o tratamento químico a que o perfil de alumínio será submetido, o 20 (20 micros) indica que o perfil de alumínio pode ser utilizados em ambientes elevadamente agressivos (Tabela 4) e o NA (natural) representa a cor final do perfil de alumínio.

Tabela 4- Classe da espessura da camada (Fonte: Extrusal S.A.)

Aplicação	Agressividade do Ambiente	Classe (μm)
Interior	Baixo	10
	Médio	15
Exterior	Elevado	20
	Muito elevado	25

O processo de extrusão é o primeiro processo pelo qual o bilete passa de forma a se obter o perfil de alumínio, que depois segue para o tratamento de superfície (anodização). Na anodização o perfil de alumínio vai sofrer um tratamento químico e vai apresentar a sua cor natural no final do tratamento. No decorrer do tratamento de superfície são gerados efluentes que serão encaminhados para a ETARI da empresa para serem sujeitos ao tratamento necessário para posteriormente serem descarregados no meio ambiente. Após a anodização, o perfil de alumínio é encaminhado para a embalagem para ser embalado e encaminhado para o respectivo cliente.

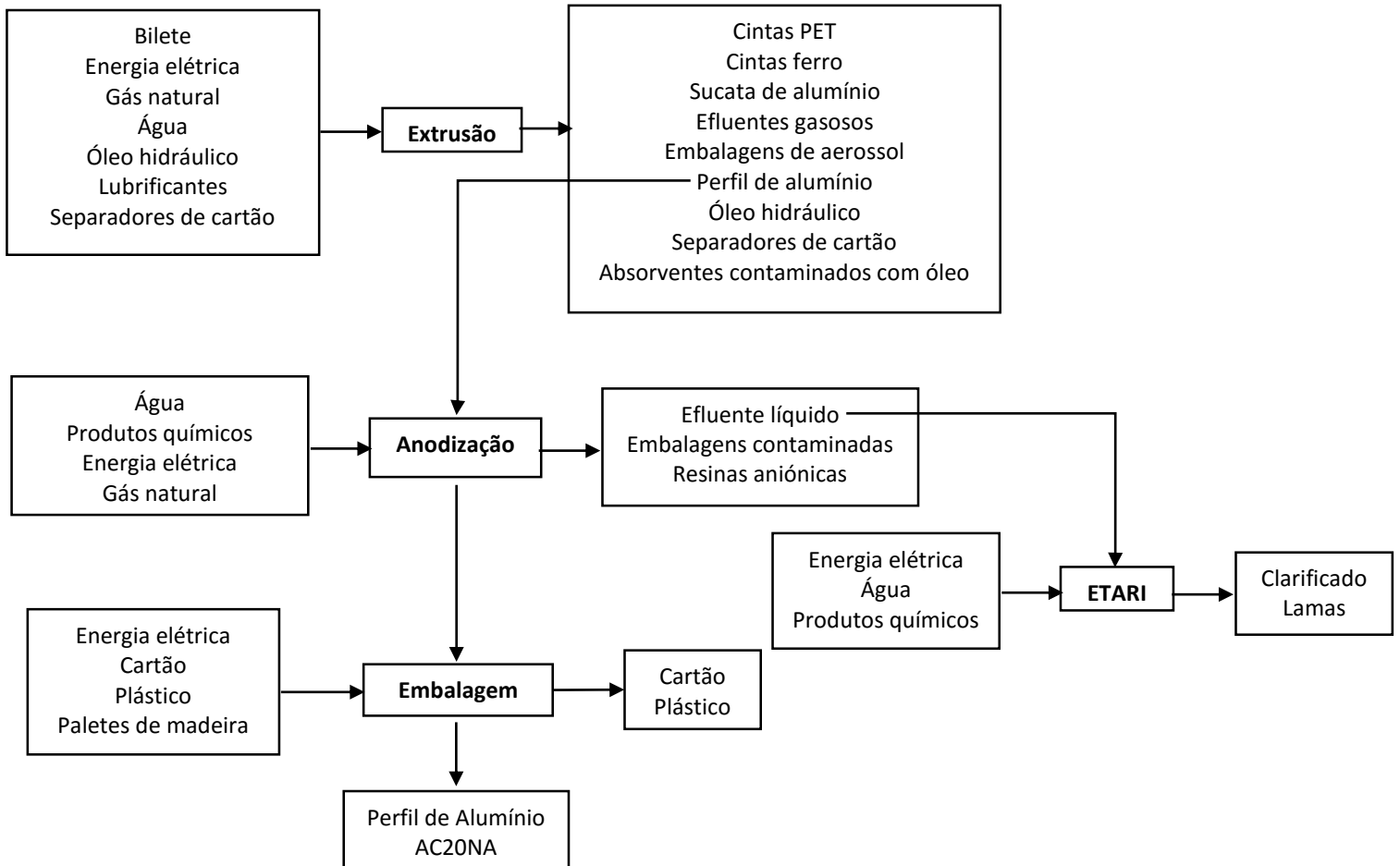


Figura 10- Fluxograma geral da produção do perfil de alumínio AC20NA e os dados de entrada e de saída de cada processo

4.2. Regras de Categoria de Produto

As RCP são documentos utilizados de forma a garantir transparência no processo de elaboração de uma DAP, assim como permite que se realizem comparações entre diferentes DAPs (DAPHabitat 2015c).

Os documentos RCP são documentos que contêm um conjunto de regras e linhas de orientação específicas que devem ser seguidas de forma a se proceder à elaboração de uma DAP.

De acordo com a norma ISO 14025 as RCP devem apresentar uma estrutura que indique o objetivo e o âmbito tendo por base o estudo da ACV para uma determinada categoria de produto. O documento RCP deve ainda incluir (IPQ 2009):

- ⇒ Definição e descrição da categoria de produto;
- ⇒ Definição do objetivo e do âmbito da ACV do produto;
- ⇒ Resultado da análise do inventário;
- ⇒ Seleção da categoria de impacte e regras de cálculo (se aplicável);
- ⇒ Parâmetros predeterminados para apresentação de dados ACV;
- ⇒ Requisitos para a disponibilização de informação adicional;
- ⇒ Materiais e substâncias a serem declaradas;
- ⇒ Instruções para a produção de dados para a elaboração da declaração;
- ⇒ Instruções sobre o conteúdo e formato das DAP;
- ⇒ Informação sobre as etapas que não são consideradas (caso a declaração não seja baseada numa ACV que cubra todas as etapas do ciclo de vida);
- ⇒ Período de validade do documento.

Caso alguns dos parâmetros não seja considerado deve ser devidamente justificada a sua ausência.

4.3. Sistema DAPHabitat

O sistema DAPHabitat é um sistema nacional de registo de DAPs de produto e serviços do habitat que permite que qualquer empresa ou entidade interessada proceda ao registo da DAP (DAPHabitat 2015a).

A criação do sistema DAPHabitat foi realizada de forma a facilitar a comunicação do desempenho ambiental dos produtos entre fabricantes e produtores. Assim, através da DAP é possível competir no mercado nacional e internacional uma vez que estas são ferramentas de gestão ambiental e fornecem informação sobre um determinado produto ou serviço de carácter ambiental global ou específico, sendo esta informação útil para que os clientes possam seleccionar os produtos que mais interesse apresentam (DAPHabitat 2015a).

O sistema de registo DAPHabitat apresenta (Ferreira 2013b):

- ⇒ O operador de programa;
- ⇒ As instruções do sistema DAPHabitat incluindo os documentos com as regras de funcionamento;
- ⇒ A comissão técnica (constituída por 12 elementos qualificados para a revisão e aprovação das RCP e para fornecer apoio ao operador do programa);
- ⇒ O procedimento de verificação que é realizado por um organismo independente;
- ⇒ O desenvolvimento das RCP;
- ⇒ Apoio às empresas que realizam o desenvolvimento das DAP;
- ⇒ O fórum onde é possível debater ideias e consultar os documentos.

Através do sistema de registo português DAPHabitat (sistema adotado no presente relatório de estágio para desenvolvimento de um relatório de suporte à DAP), as DAP são criadas tendo como objetivo promover a transparência e envolver ao máximo possível o público e terceiras-partes independentes, para que seja possível intensificar a confiança nas DAP como um meio de avaliação em relação à sustentabilidade (DAPHabitat 2015a).

Quando se pretende elaborar uma DAP é necessário considerar os seis passos seguintes (Ferreira 2013b):

- 1) Verificar se existe RCP para a categoria de produto em estudo;
- 2) Realizar a ACV do produto;
- 3) Com os resultados da ACV elaborar a DAP;
- 4) Submeter a DAP e a ACV a um organismo de certificação reconhecido pelo sistema DAPHabitat para que seja possível proceder à sua verificação;
- 5) Após a validação pelo organismo de certificação, é necessário contactar o Sistema DAPHabitat para efetuar o registo da DAP;
- 6) Após o registo, a DAP encontra-se disponível ao público.

De forma a ser possível registar uma DAP no sistema DAPHabitat, a DAP deve ter sido realizada através da utilização de um RCP específico, ou caso não seja possível, deve ser utilizada a norma EN 15804 (DAPHabitat 2015b).

Na Figura 11 encontra-se representado o esquema utilizado para a elaboração de DAP de acordo com o sistema DAPHabitat.

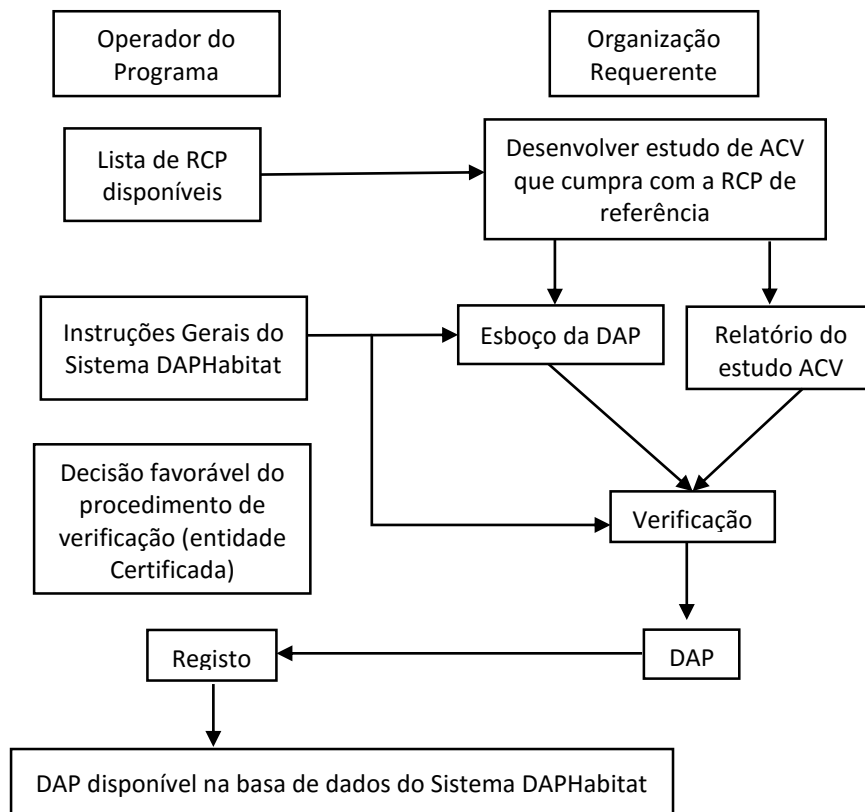


Figura 11- Procedimento para elaboração de declarações ambientais de produto (Fonte: DAPHabitat)

A realização de uma DAP apresenta as seguintes vantagens (DAPHabitat 2015a):

- ⇒ Torna visível a informação detalhada sobre o desempenho ambiental de produto;
- ⇒ Incentiva à aquisição de produtos acompanhados de informação fidedigna;
- ⇒ Pode estimular a melhoria contínua dos produtos de construção comercializados;
- ⇒ Permite que os comerciantes conheçam de forma mais detalhada o desempenho ambiental do produto.

A nível europeu, a norma EN 15804 é bastante utilizada quando se pretende realizar uma DAP para produtos de construção, sendo esta norma parte integrante de um conjunto de normas que é utilizada na avaliação da sustentabilidade de trabalhos de construção (DAPHabitat 2015a).

Capítulo 5. Estudo de Caso: Perfil de Alumínio

5.1. Caracterização da Extrusal S.A.

No ano de 1972, a 31 de março nasce a Extrusal – Companhia Portuguesa de Extrusão S.A²., empresa especializada na extrusão de perfis de alumínio, para serem aplicados na construção e indústria em geral (Extrusal 2011).

O Grupo Extrusal é constituído por um grande número de empresas que se localizam em Portugal (11 empresas), Angola, Cabo Verde e Moçambique, sendo que é em Aveiro que se encontra localizada a sua sede e é onde são produzidos e tratados os perfis de alumínio.

A elevada procura de perfis de alumínio que se verificou no mercado português, levou à necessidade de se instalarem duas novas prensas adicionais, sendo uma instalada em 1978 e outra no ano de 1983 (Extrusal 2011).

A Extrusal sempre demonstrou uma grande preocupação com a qualidade e, como tal, procedeu à certificação dos seus produtos. Em 1982, a Extrusal instalou a primeira linha de anodização e no ano seguinte, em 1983, procede à certificação dos perfis anodizados com o selo da qualidade da **Qualanod** e no ano de 1988 a capacidade de anodização da empresa foi duplicada com a instalação de uma nova linha de anodização. Em 1994, foi instalada a linha automática de lacagem, completando assim os tratamentos de superfície que são oferecidos pela empresa. Em 1995 os perfis lacados foram certificados pela **Qualicoat**. No ano de 2005, a Extrusal obteve a certificação **Qualideco** obtendo dessa forma licença de marca de qualidade para os produtos de decoração do tipo madeira (Extrusal 2011). A Figura 12 resume as etapas importantes da caracterização da Extrusal S.A.

² Por razões de simplicidade, doravante a empresa será referida como Extrusal.

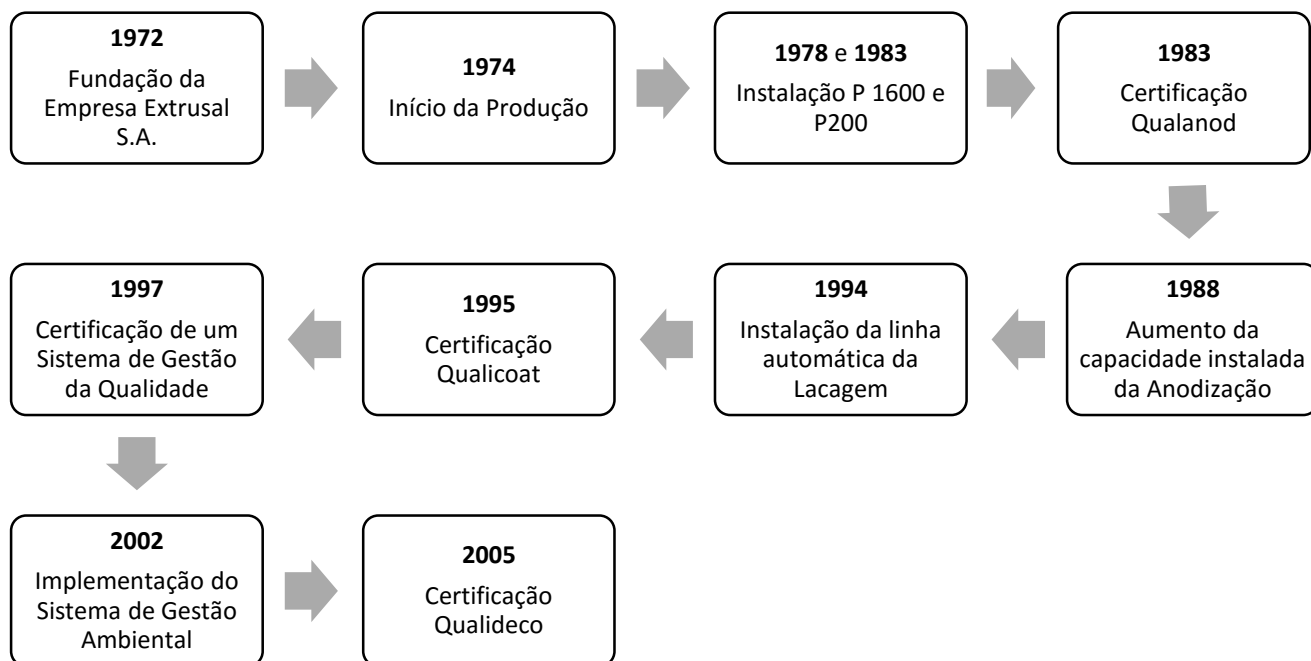


Figura 12- Etapas importantes da caracterização da Extrusal

A nível europeu, em 1997, a Extrusal passou a ser a primeira empresa portuguesa a obter o certificado no sistema de gestão da qualidade global (**NP EN ISO 9002**) nas áreas de fabrico de matrizes, extrusão, anodização e termoplacagem de perfis de alumínio (Extrusal 2011).

A nível da certificação ambiental, a Extrusal também sempre demonstrou a sua preocupação e dessa forma, em 2002, implementou um Sistema de Gestão Ambiental obtendo assim a certificação ambiental (**NP EN ISO 14001**) em todas as áreas de atividade (Extrusal 2011).

Atualmente, a Extrusal desenvolve os seguintes processos produtivos (Extrusal 2011).

- Matrizes para extrusão de perfis de alumínio;
- Perfis de alumínio por extrusão;
- Anodização e lacagem de perfilados, laminados e acessórios de alumínio;
- Decoração sobre produtos lacados, denominada por decoração madeira;
- Lacagem de produtos com pré-anódico;
- Desoxidação de perfis de alumínio;
- Polimento de perfis de alumínio;
- Aplicação de películas de corte térmico nos perfis de alumínio, denominada por “RPT”, rotura do ponto térmico;
- Maquinação.

5.2. Metodologia do estudo

Para a realização da ACV do caso em estudo, foram seguidas os seguintes decretos e normas:

- ISO 14040:2008 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e enquadramento (IPQ 2008)
- ISO 14044:20010 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e linhas de orientação (IPQ 2010)
- ISO 14025:2009 – Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos (IPQ 2009)
- EN 15804:2012 – Sustentabilidade de Obras – Declarações Ambientais de Produto – Regras Fundamentais para a Categoria de Produto dos Produtos de Construção (CEN 2012)
- Instruções Gerais do Sistema DAPHabitat (DAPHabitat 2015a)
- Regras para a Categoria de Produto (RCP) – Modelo Base – Produtos e Serviços de Construção
- CEN/15941:2010 – Sustentabilidade das Obras de Construção – Declarações Ambientais de Produto – Metodologia para a seleção e Utilização de Dados Genéricos (CENTR 2010)
- ISO 21930:2007 – Sustentabilidade na Construção Civil – Declaração Ambiental de Produtos de Construção (ISO 2007)

5.3. Objetivo do estudo

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os impactos ambientais associados ao processo de fabrico do perfil de alumínio AC20NA produzido na Extrusal S.A.. Desta forma, depois de realizados os cálculos e interpretados os resultados foram identificadas as fases mais problemáticas do processo de forma a tornar o produto mais sustentável e amigo do ambiente. Com este estudo também se pretende obter a DAP do produto. Através deste estudo pretende-se realizar um relatório de suporte à DAP para posteriormente se obter a DAP do produto.

5.4. Âmbito

5.4.1. Função do produto

O Grupo Extrusal possui uma vasta gama de soluções para a Arquitetura, de acordo com as necessidades dos seus clientes: sistemas de batente e de correr, com ou sem rutura de ponte térmica, sistemas de portadas, portas e guarda-corpos, de revestimento e de sombreamento de edifícios.

A Extrusal tem à disposição dos seus clientes uma variada gama de sistemas, podendo escolher os que melhor se adaptam ao estilo arquitetónico da obra e às características climatéricas da região, selecionando o de tratamentos de superfície anodização. A ACV apresentada, com objetivo de

elaboração de uma DAP, é válida para qualquer solução arquitetónica, no comprimento *standard* de 6 m, com o tratamento de anodização AC20NA.

Na Figura 13 encontra-se um exemplo onde pode ser aplicado o perfil de alumínio AC20NA.



Figura 13- Edifício com caixilharia Extrusal, especificamente com o tratamento AC20NA (Fonte: Extrusal S.A.)

5.4.2. Unidade declarada

A unidade declarada é obrigatória para uma DAP do “berço ao túmulo” e fornece informação relativa à quantificação do desempenho ambiental do produto (DAPHabitat 2015b).

No caso de um produto para a construção, a unidade funcional é definida segundo a função que determinado produto desempenha no edifício ou no trabalho de construção. A unidade funcional é baseada na vida útil de referência ou na vida útil de referência do produto em estudo. A vida útil de referência é fornecida pelo fabricante (DAPHabitat 2015b).

A unidade declarada definida foi 1 kg de perfil de alumínio de acordo com o RCP, permitindo assim que seja possível realizar comparação entre os perfis de alumínio.

5.4.3. Fronteiras do sistema

Os módulos que serão incluídos na ACV serão determinados pela fronteira do sistema, sendo que os critérios utilizados para estabelecer a fronteira devem ser identificados e fundamentados no relatório do projeto (DAPHabitat 2015b).

Através da definição da fronteira do sistema, existem três tipologias de DAP que podem ser criadas (DAPHabitat 2015b):

- ⇒ DAP do “berço ao portão”: apenas é obrigatório considerar os módulos de A1 a A3;
- ⇒ DAP do “berço ao portão com opções”: apenas é obrigatório considerar os módulos de A1 a A3, sendo depois selecionados os módulos opcionais;
- ⇒ DAP do “berço ao portão”: são obrigatórios todos os módulos de A a C.

No presente relatório foi realizada uma DAP do “berço ao portão” e, como tal, é apenas necessário utilizar os módulos de A1 a A3 que correspondem à etapa de produto que incluem as seguintes etapas:

- A1 – extração e processamento de matéria-prima, processamento de material de entrada secundária;
- A2 – transporte até ao fabricante;
- A3 – fabrico

Esta etapa do produto inclui o fornecimento de todos os materiais, produtos e energia, assim como o processamento de resíduos até ao fim do estatuto do resíduo.

Na Figura 14 encontra-se representado o esquema genérico dos estágios A1, A2 e A3 das fases do processo de fabrico do produto.

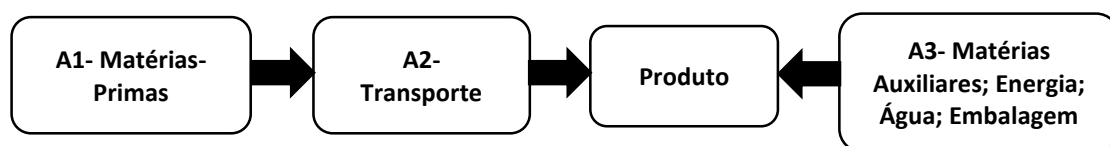


Figura 14- Esquema genérico dos estágios A1, A2 e A3

5.4.4. Critérios de Exclusão

Os critérios de exclusão de entradas e saídas da ACV, dos módulos de informação e outro tipo de informação, estabelecem os fluxos de material e de energia, associados a um sistema de produto que devem ser excluídos ou considerados (DAPHabitat 2015b).

Para a realização do ciclo de vida foram utilizados todos os dados disponíveis para a produção do perfil de alumínio. Para a produção deste perfil não foi contabilizado o consumo de energia das áreas administrativas, do laboratório, assim como os consumos de água e de resíduos gerados nessas secções. É necessário referir também que não foram contabilizadas as infraestruturas (por exemplo: edifícios e meios de transporte), o fabrico dos equipamentos e o desgaste do material (por exemplo as matrizes).

5.4.5. Desenvolvimento de cenários ao nível do produto

Numa ACV pode ser necessária realização de cenários. Isto acontece quando na ACV são consideradas mais etapas do que a etapa do produto (A1-A3) e, como tal, a avaliação de desempenho ambiental do produto deve ser especificada por cenários apropriados que deverão ser descritos em pormenor na DAP (DAPHabitat 2015b). Neste caso a criação de cenários não será necessária uma vez que apenas será utilizado o módulo da etapa de produto.

5.5. Inventário de Ciclo de Vida

Para se realizar o ICV é necessário proceder à recolha de dados de forma a quantificar as entradas e saídas relevantes do sistema do produto.

5.5.1. Recolha de dados

Os dados que são necessários recolher para o inventário podem ser medidos, calculados ou estimados e apresentam como objetivo quantificar as entradas e saídas de um processo unitário. Os dados recolhidos podem apresentar diferentes fontes e, como tal, é necessário documentar a origem e o ano de referência (DAPHabitat 2015b).

No que diz respeito à seleção de dados é fundamental utilizar sempre que possível dados reais e específicos dos processos unitários, ou dados médios obtidos a partir de processos de produção específicos. Caso exista ausência de dados específicos é possível utilizar dados genéricos que se encontram nas bases de dados. A base de dados utilizada foi a *Ecoinvent*. Os dados utilizados no presente relatório foram fornecidos pela empresa e o ano de referência é de 2014.

Os requisitos de qualidade dos dados, deve estar de acordo com a norma EN 15804 e CEN/TR 15941.

Os seguintes requisitos específicos são aplicáveis ao perfil de alumínio em estudo (CEN/TR 2010):

- ⇒ Idade dos dados: os dados específicos do fabricante são referentes ao ano de 2014. No que diz respeito aos dados utilizados a partir da base de dados *Ecoinvent* 3.0.1 devem ter sido atualizados nos últimos 10 anos de forma a garantir que são apropriados para serem utilizados numa ACV ou DAP.
- ⇒ Cobertura tecnológica: os dados utilizados refletem a realidade física e a tecnologia utilizada. Para cada processo foi utilizado, sempre que possível, conjuntos de dados representativos de tecnologias utilizadas.
- ⇒ Cobertura regional: os dados utilizados no processo de modelação provenientes de bases de dados devem ser baseados em dados europeus, sempre que possível. Se os conjuntos de dados com estes requisitos não se encontram disponíveis, deve-se optar por um conjunto de dados mais aproximados. No caso do processo foram utilizados dados reais.
- ⇒ Plausibilidade: de forma a verificar a plausibilidade dos dados sempre que existam diferentes processos para a produção de um mesmo produto foi efetuada uma comparação de forma a selecionar o mais apropriado (por exemplo os produtos químicos e o óleo lubrificante).
- ⇒ Abrangência: a falta de dados das emissões dos empilhadores foi colmatada pela utilização de fatores de emissão obtidos na bibliografia (Winther et al. 2013).
- ⇒ Consistência: os critérios para a utilização de dados genéricos e dados obtidos a partir da bibliografia foram aplicados de forma consistente ao longo do estudo.

- ⇒ Confiança: todas as fontes de dados foram analisadas e apenas foram utilizadas as fontes consideradas de confiança.
- ⇒ Significância e representatividade: sempre que estavam disponíveis diferentes conjuntos de dados para os mesmos processos, foram determinadas as diferenças, de forma a utilizar os mais adequados e que se adaptassem à sua finalidade.

5.5.2. Procedimento de cálculo

Todos os procedimentos de cálculo devem ser bem documentados ao longo do relatório do projeto. Esses procedimentos são aplicados segundo os requisitos e linhas de orientação apresentados na ISO 14044 (DAPHabitat 2015b).

5.5.3. Regras de alocação

Na extrusão, anodização e embalagem foi efetuada uma alocação mássica uma vez que as cargas ambientais foram repartidas pelos diferentes produtos proporcionalmente à sua massa. No que diz respeito à ETARI foi realizada uma alocação volúmica uma vez que as cargas ambientais foram repartidas pelos diferentes tipos de efluentes gerados proporcionalmente ao seu volume.

5.5.4. Dados do inventário para os módulos informativos A1, A2 e A3

Nos próximos subtópicos (desde o subtópico 5.5.5 até ao subtópico 5.5.9) serão representadas as entradas de matéria primas, matérias auxiliares, energia elétrica, gás natural, água, saída de perfil de alumínio, resíduos e emissões.

Para que fosse possível modelar o transporte de matérias-primas foi tida em conta a informação sobre o tipo de camião e respetiva capacidade (carga máxima), sendo que esta informação foi fornecida pela empresa. O consumo de combustível (*diesel*) será considerado nas cargas ambientais. É necessário ter em conta se o camião realiza a viagem de volta vazio, uma vez que se isso acontecer a distância alocada ao camião será o dobro da distância que esta realiza até ao fabricante, isto porque é assumido que as cargas do transporte das viagens de volta são associados aos produtos que são transportados até ao fabricante. Caso o camião realize a viagem de volta carregado na totalidade então apenas foi considerada a distância entre o fornecedor e o fabricante.

5.5.5. Extrusão

O processo de extrusão consiste na passagem de um billete de alumínio por pressão e temperatura elevada (cerca de 500 °C), através de uma matriz, para que se obtenha um perfil de alumínio com a

forma desejada. À medida que surge a secção extrudida, esta vai sendo arrefecida e cortado com o comprimento desejado (ALU 2012).

Os biletos que chegam à Extrusal S.A. são constituídos por diferentes ligas de alumínio porque há diferentes exigências de propriedades mecânicas para arquitetura e indústria. Estes biletos quando chegam à empresa são armazenados, a céu aberto, no parque de matérias-primas (Extrusal 2011).

As linhas de extrusão apresentam um sistema de alimentação completamente automático, sendo alimentadas por biletos de ligas diferentes que foram previamente encomendados.

De seguida, os biletos são movimentados para os fornos de aquecimento, onde passam por uma etapa de escovagem mecânica e aquecimento num forno a gás natural. Após esta etapa, os biletos são cortados e colocados na entrada da extrusora, de forma a que a punção da prensa hidráulica o pressione contra a matriz fazendo com que o mesmo, devido ao seu estado plástico, flua por entre os espaços de formação do perfil, formando assim um perfil contínuo à saída da mesma, o qual é indexado por um sistema de tração de velocidade controlada, para o conduzir até ao final da linha (Extrusal 2011).

Cada perfil é retirado automaticamente da linha para ser conduzido para o processo de tração de rigidez, tendo em vista a uniformização das tensões internas do perfil (reduzir tensões mecânicas).

Com a conclusão desta operação, o perfil será submetido à operação de corte de acordo com as medidas estabelecidas no programa (Extrusal 2011).

Realizadas todas as operações, os perfis são colocados em contentores apropriados para serem conduzidos para as estufas de envelhecimento tendo em vista a homogeneização das características do material, nomeadamente de uniformização molecular e das micro-tensões internas (Extrusal 2011). Na Figura 15 encontra-se uma representação esquemática do processo de extrusão.

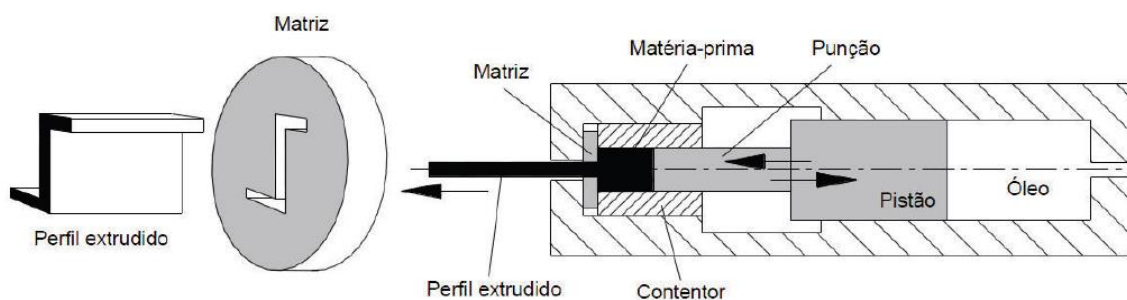


Figura 15- Representação esquemática do processo de extrusão (Ribeiro 2012)

Na Extrusal existem duas prensas, a Prensa 1700 e a Prensa 2000. Todo o processo descrito anteriormente corresponde à Prensa 1700, que é completamente automatizada. No que diz respeito à Prensa 2000, o funcionamento é semelhante à Prensa 1700, mas é semiautomática e, como tal, é

necessário utilizar recursos humanos para serem realizados os seguintes processos de movimentação (Extrusal 2011):

- Movimentação de alguns perfis para se processar a tração de uniformização e desempenho;
- A própria operação de indexação de tração é feita manualmente;
- O agrupamento dos perfis para corte;
- A aplicação dos perfis em contentores;
- A movimentação dos contentores através de pontes rolantes;
- A alimentação e a descarga dos contentores nas estufas de envelhecimento.

A Figura 16 esquematiza o processo de extrusão de produção de um perfil de alumínio.

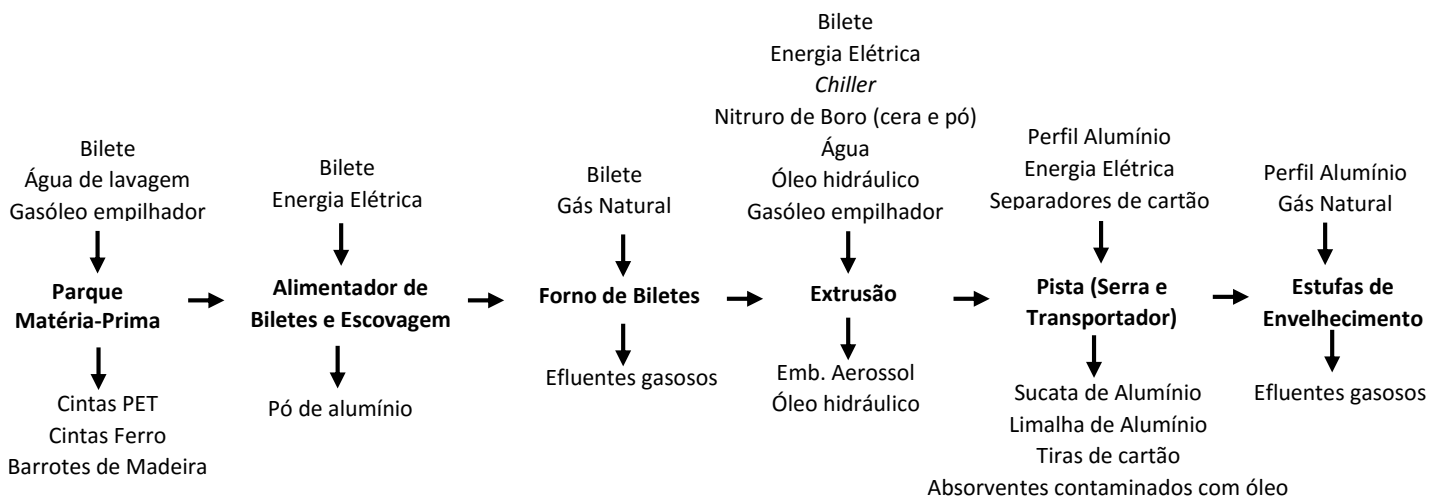


Figura 16- Processo de extrusão de produção de um perfil de alumínio

A Tabela 5 representa os consumos de materiais, energia e água para produzir 1 kg de perfil de alumínio na extrusão. Os dados *Ecoinvente* representam a designação dos processos retirados da base de dados *Ecoinvent* relativos à produção de entrada.

Tabela 5- Dados de entrada na produção de 1 kg de perfil de alumínio na extrusão

Entradas	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Bilete	Aluminium, primary, ingot {ROW} production Alloc Def, U	1,20E+00	kg
Energia Elétrica	Electricity, medium voltage {PT} market for Alloc Def, U	3,28E-01	kWh
Gás Natural	Natural gas, low pressure {RoW} market for Alloc Def, U	3,55E-02	m ³
Água	-	1,47E-01	kg
Lubrificante (óleo hidráulico e nitrato de boro)	Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U	8,25E -04	kg
Gasóleo Empilhador	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} production Alloc Def, U	4,44E-04	kg
Separadores de cartão	Core board {RER} production Alloc Def, U	7,39E-04	kg

Os fornecedores da matéria-prima transportam os biletos através de dois tipos de meio de transporte, sendo eles os navios e os camiões. Por vezes, os fornecedores necessitam de utilizar mais do que um navio e mais do que um camião para transportarem a matéria-prima até à Extrusal. Os navios quando chegam a Portugal e efetuam a operação de descarga para o respetivos camiões. No que diz respeito aos camiões estes chegam cheios à empresa mas após realizada a descarga saem da empresa vazios. Na Tabela 6 encontram-se representados os tipos de transporte utilizados e a distância percorrida por cada um dos fornecedores.

Tabela 6- Tipos de transporte dos dados de entrada da extrusão por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quant.	Un.
Fornecedor A	1º Navio Distância: 2206 km	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} processing Alloc Def, U	1,44E+00	tkm
	2º Navio Distância: 1667 km	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} processing Alloc Def, U	1,09E+00	tkm
	Camião Distância: 81 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	5,28E-02	tkm
Fornecedor B	Navio Distância: 2835 km	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} processing Alloc Def, U	1,30E+00	tkm
	Camião Distância: 298 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,36E-01	tkm
Fornecedor C	1º Navio Distância: 8804 km	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} processing Alloc Def, U	7,75E-01	tkm
	2º Navio Distância: 963 km	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} processing Alloc Def, U	8,48E-02	tkm
	Camião Distância: 257 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,26E-02	tkm
Nitrato de boro	Camião Distância: 3868 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,03E-04	tkm
Óleo hidráulico	Camião Distância: 52 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	4,15E-05	tkm
Diesel	Camião Distância: 158 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	7,00E-05	tkm

A Tabela 7 representa a quantidade de resíduos e as emissões de efluentes gasosos por 1 kg de perfil de alumínio produzido na extrusão.

Tabela 7- Dados de saída e emissões para produção de 1 kg de perfil de alumínio na extrusão

Saídas		Quantidade	Un.
Cintas PET e Cintas Ferro		4,31E-05	kg
Sucata de alumínio (inclui limalha e pó)		1,98E-01	kg
Embalagem aerossol		1,03E-05	un
Óleo hidráulico		3,73E-04	kg
Separadores de cartão		7,39E-04	kg
Absorventes contaminados com óleos (trapos e cartão)		1,53E-04	kg
Água		5,88E-02	kg
Efluentes gasosos	NO _x	6,17E-05	kg
	CO	3,14E-04	kg
	COV	1,10E-03	kg
	CO ₂	1,59E-01	kg
Empilhadores	CH ₄	2,44E-08	kg
	CO	4,76E-06	kg
	CO ₂	1,40E-06	kg
	N ₂ O	5,99E-08	kg
	NH ₃	3,55E-09	kg
	NMVOC	1,50E-06	kg

Os resíduos que provém da extrusão são encaminhados para os respectivos destinatários de forma a seres sujeitos aos respetivos tratamentos. As cintas PET, as cintas ferro e a sucata de alumínio são sujeitos ao tratamento de valorização energética. As embalagens de aerossol e os separadores de cartão são encaminhados para a reciclagem e o óleo hidráulico é encaminhado para regeneração.

É de salientar que a sucata de alumínio e os separadores de cartão são encaminhados para diferentes destinatários. Os camiões utilizados chegam à empresa vazios.

Na Tabela 8 encontram-se representados o tipo de transporte e respetivas distância percorridas de forma a encaminhar os resíduos para os respetivos destinatários.

Tabela 8- Tipo de transporte dos resíduos produzidos na extrusão por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quant.	Un.
Sucata (Destinatário A)	Camião Distância: 1230 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,36E-02	tkm
Sucata (Destinatário B)	Camião Distância: 122 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,13E-02	tkm
Sucata (Destinatário C)	Camião Distância: 1220 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,00E-01	tkm
Sucata (Destinatário D)	Camião Distância: 528 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,10E-03	tkm
Sucata (Destinatário E)	Camião Distância: 104 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,05E-05	tkm
Sucata (Destinatário F)	Camião Distância: 32 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,08E-05	tkm
Sucata (Destinatário G)	Camião Distância: 44 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	6,16E-05	tkm
Separadores de cartão	1º Camião Distância: 22 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	8,13E-06	tkm
	2º Camião Distância: 102 km		3,77E-05	tkm

5.5.6. Anodização

A anodização é um processo eletrolítico que forma sobre o perfil de alumínio um óxido com uma espessura determinada. Este tratamento pode ser dividido em dois tipos de acabamento, como o acabamento polido que resulta de um tratamento mecânico e o acabamento acetinado que resulta de um tratamento químico. Na anodização o perfil pode apresentar uma grande variedade de cores ou apresentar a sua cor natural (Extrusal 2011).

Dos perfis de alumínio que seguem para os tratamentos de superfície apenas uma percentagem seguem para a anodização. O acabamento escolhido para este estudo foi o acetinado.

De forma a ser realizado o tratamento químico devem ser seguidas as seguintes etapas:

- Desengorduramento
- Lavagens
- Acetinagem
- Neutralização
- Anodização
- Colmatagem

A primeira etapa a realizar é o desengorduramento. Esta etapa consiste na remoção de óleos e gorduras que possam existir no perfil de alumínio (Figueiredo et al. 2000). As lavagens que são realizadas ao longo do processo são fundamentais para evitar os resíduos da etapa anterior e para que não haja contaminação das etapas seguintes. A acetinagem confere o efeito “mate” ao perfil de alumínio (Figueiredo et al. 2000). A neutralização consiste em eliminar da superfície do alumínio os hidróxidos insolúveis que foram libertados pelos pré-tratamentos alcalinos e cuja presença provocaria defeitos durante a oxidação anódica (Figueiredo et al. 2000). A anodização propriamente dita consiste em criar uma película de alumina espessa e impermeável (Fontinha & Salta 2004). Na colmatagem a película formada é porosa e, como tal, necessita de ser impermeabilizada e por isso os perfis de alumínio são mergulhados num banho de água em ebulição (Teixeira 1998).

Os efluentes produzidos durante este processo são encaminhados para a ETARI da empresa. Este processo encontra-se descrito mais adiante. A Figura 17 representa o fluxograma da anodização.

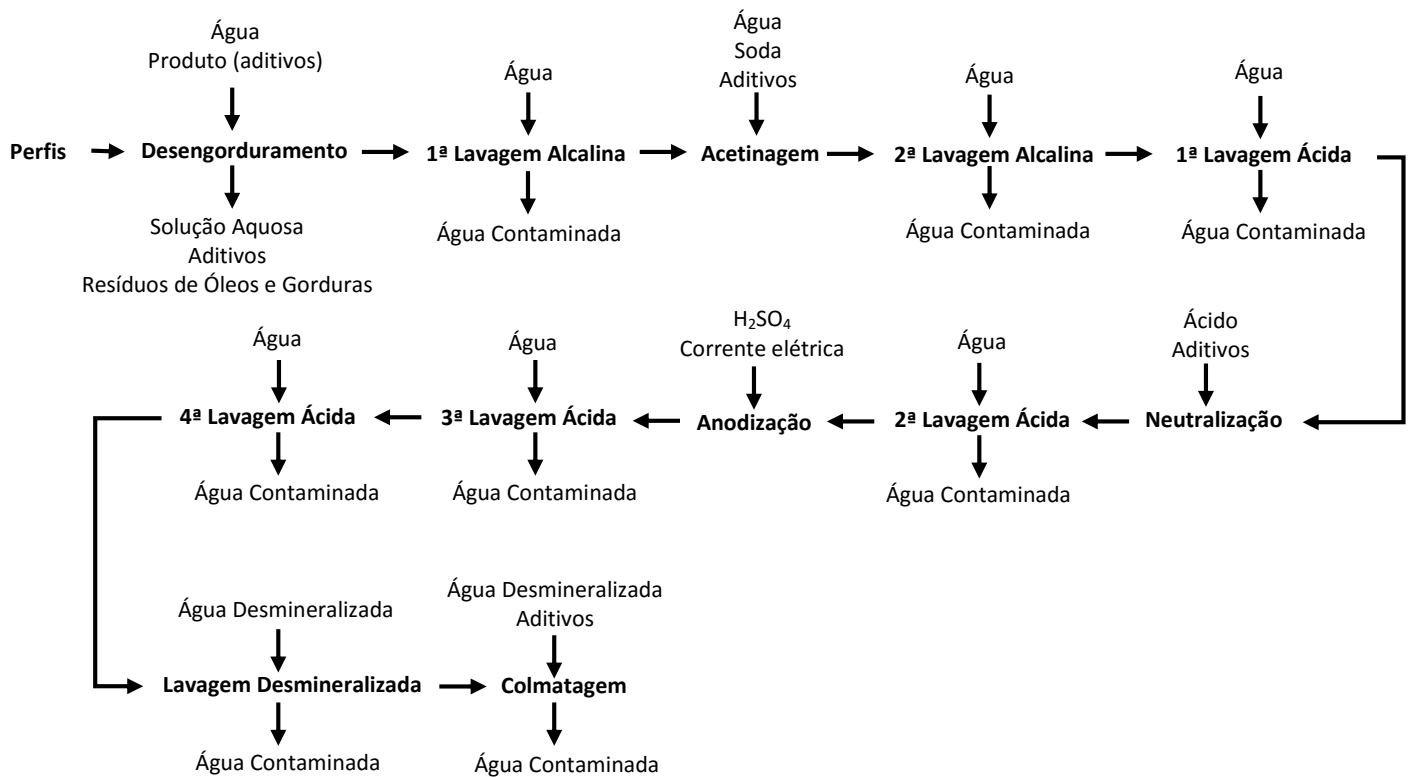


Figura 17- Esquema geral da anodização

O tratamento AC20NA representa 15,48% dos perfis de alumínio que são encaminhados para a anodização. Na Tabela 9 encontra-se a informação sobre os dados de entrada da Anodização.

Tabela 9- Dados de entrada na produção de 1kg de perfil de alumínio na anodização

Entradas	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Energia Elétrica	Electricity, medium voltage {PT} market for Alloc Def, U	1,12E+00	kWh
Gás Natural	Natural gas, low pressure {RoW} market for Alloc Def, U	5,38E-02	m ³
Água	-	1,80E-02	kg
Resinas Aniônicas	Anionic resin {RoW} production Alloc Def, U	1,80E-05	kg
Produto Químico A	Sulfuric acid {RER} production Alloc Def, U	5,25E-02	kg
Produto Químico B	Neutralising agent, sodium hydroxide-equivalent {GLO} sodium hydroxide to generic market for neutralising agent Alloc Def, U	6,44E-02	kg
Produto Químico C	Ammonia, liquid {RER} ammonia production, partial oxidation, liquid Alloc Def, U	2,20E-07	kg
Produto Químico D	Window frame, aluminium, U=1.6 W/m ² K {RER} production Alloc Def, U	3,78E-03	m ²
Produto Químico E	Hydrochloric acid, without water, in 30% solution state {RER} hydrochloric acid production, from the reaction of hydrogen with chlorine Alloc Def, U	3,32E-03	kg
Produto Químico F	Powder coat, aluminium sheet {RER} powder coating, aluminium sheet Alloc Def, U	4,10E-02	m ²
Produto Químico G	Sodium carbonate from ammonium chloride production, at plant/GLO U	9,28E-04	kg

Na Tabela 10 encontram-se os tipos de transportes dos fornecedores dos produtos químicos utilizados na anodização e as respectivas distâncias percorridas. Os caminhões chegam à empresa cheios e saem vazios.

Tabela 10- Tipos de transporte dos produtos químicos utilizados na anodização por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Produto Químico A	1º Camião Distância: 245 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,29E-02	tkm
	2º Camião Distância: 21 km		1,10E-03	tkm
Produto Químico B	1º Camião Distância: 245 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	3,16E-02	tkm
	2º Camião Distância: 21 km		2,71E-03	tkm
Produto Químico C	Camião Distância: 92 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,02E-08	tkm
Produto Químico D	Camião Distância: 982 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	3,72E-03	tkm
Produto Químico E	Camião Distância: 21 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,33E-04	tkm
Produto Químico F	Camião Distância: 566 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,32E-02	tkm
Produto Químico G	Camião Distância: 1134 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,05E-03	tkm

No processo de anodização é necessário proceder ao aquecimento da água e, como tal, as caldeiras utilizadas contribuem com emissões para a atmosfera. Na Tabela 11 encontram-se as emissões do gás natural que provém das caldeiras do processo de anodização por kg de perfil de alumínio produzido.

Tabela 11- Emissões do gás natural das caldeiras por kg de perfil de alumínio na anodização

Emissões	Quantidade	Un.
Caldeira 1		
CO	2,60E-04	kg
CO₂	9,26E-01	kg
NO_x	3,90E-04	kg
COV	8,60E-05	kg
Caldeira 2		
CO	1,13E-02	kg
CO₂	1,65E+00	kg
NO_x	7,60E-04	kg
COV	7,59E-03	kg

A Tabela 12 contém a informação sobre os dados de saída da anodização, ou seja, das embalagens contaminadas que provêm dos produtos químicos utilizados durante a anodização e a quantidade de resinas aniónicas.

Tabela 12- Dados de saída na produção de 1 kg de perfil de alumínio na anodização

Saída	Quantidade	Un.
Embalagens Contaminadas	5,75E-04	kg
Resinas aniónicas	1,16E-04	kg
Efluente	1,80E-02	m ³

O camião que transporta as embalagens contaminadas para o respetivo tratamento chega à Extrusal vazio e chega ao destinatário cheio. As embalagens contaminadas são encaminhadas para reciclagem. Na Tabela 13 encontra-se o tipo de transporte e a distância percorrida para encaminhar as embalagens contaminadas para reciclagem.

Tabela 13- Tipos de transporte dos resíduos produzidos na anodização por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Resinas Aniónicas	Camião Distância: 44 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,58E-05	tkm
Embalagens Contaminadas	Camião Distância: 44 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,52E-05	tkm

5.5.7. ETARI

Os efluentes gerados no tratamento de superfície têm de ser tratados e, como tal, são encaminhados para a ETARI da empresa.

O efluente chega à ETARI e fica no tanque de receção de ácidos e bases. De seguida, o efluente segue para o tratamento primário que se realiza no tanque de neutralização. Neste tanque é realizada a neutralização do efluente através da adição de produtos químicos. Posteriormente, é realizado o tratamento secundário que ocorre no tanque de floculação. Este tratamento consiste na adição de produtos químicos que promovem a aglutinação das partículas para que estas aumentem de tamanho, de forma a promover a decantação.

Depois de se formarem os flocos, por ação da gravidade, estes vão-se depositando no fundo do tanque dando origem ao clarificado (na parte superior do tanque) e à produção de lamas (na parte inferior do tanque). As lamas produzidas são secas em filtro, prensadas e desidratadas em secadores para serem encaminhadas para a valorização material. O clarificado obtido é descarregado no meio ambiente.

A Figura 18 representa o fluxograma do funcionamento da ETARI.

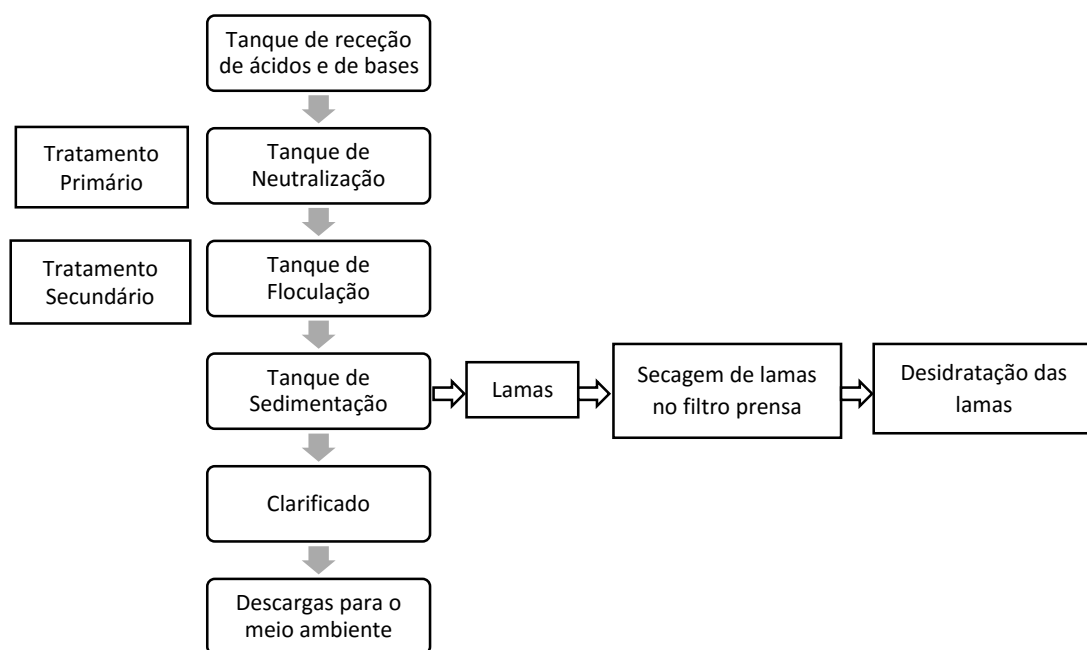


Figura 18- Fluxograma do funcionamento da ETARI

Os dados da ETARI contemplam o afluente que provém da anodização e também da lacagem, uma vez que, os produtos químicos são utilizados em simultâneo para tratar o afluente da anodização e da lacagem, não sendo possível determinar apenas a quantidade de produtos químicos utilizados apenas para o tratamento dos afluentes que provêm da anodização. Desta forma, decidiu-se que seriam utilizados para o cálculo as quantidades (em m³) de afluente que chega a ETARI. Não é possível obter-

se o consumo de água, por exemplo água utilizada para as lavagens, da ETARI por falta de contador de água nessa zona.

Na Tabela 14 encontram-se representados os consumos dos produtos por m³ de efluente.

Tabela 14- Dados de entrada na produção de 1 kg de perfil de alumínio na ETARI

Entradas	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Energia Elétrica	Electricity, medium voltage {PT} market for Alloc Def, U	1,46E+01	kWh
Floculante	Chemical, organic {GLO} production Alloc Def, U	6,85E-03	kg
Corretor pH	Lime, hydrated, loose weight {RoW} production Alloc Def, U	1,57E+00	kg

Pela análise da tabela anterior (Tabela 14) verifica-se que há um grande consumo de energia elétrica. Tal facto acontece uma vez que na ETARI é realizada a secagem e a desidratação de lamas o que leva a que haja um consumo energético muito significativo.

Na Tabela 15 encontram-se representados o tipo de transporte utilizado para transportar os produtos químicos utilizados na ETARI e as respetivas distâncias percorridas. Os transportes utilizados chegam à Extrusal cheios e saem vazios.

Tabela 15- Transporte dos produtos químicos da ETARI por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Floculante	Camião Distância: 2252 km	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	1,54E-02	tkm
Corretor pH	Carrinha Distância: 44 km	Transport, freight, light commercial vehicle {Europe without Switzerland} processing Alloc Def, U	6,92E-02	tkm

Na Tabela 16 encontram-se representadas as saídas da ETARI, como a quantidade de lamas produzidas e a quantidade de clarificado que é descarregado no meio ambiente.

Tabela 16- Dados de saída na produção de 1 kg de perfil de alumínio na ETARI

Saída	Quantidade	Un.
Clarificado	1,80E-02	m ³
Lama Seca	1,14E+01	kg

Na Tabela 17 encontram-se as características medidas do efluente.

Tabela 17- Características do efluente por kg de perfil de alumínio

Caract. do efluente	Quantidade	Un.
Nitrito	6,80E-04	kg
Fósforo	1,00E-04	kg
Azoto total	1,30E-02	kg
CQO	9,70E-02	kg

As lamas são desidratadas na própria ETARI da empresa e são posteriormente encaminhadas para valorização (como subproduto). O caminhão chega à Extrusal vazio para carregar o contentor das lamas seguindo depois com a carga para o destino final. No entanto, posteriormente necessita de regressar novamente para entregar o contentor vazio.

Na Tabela 18 encontra-se o tipo de transporte utilizado para transportar as lamas até ao seu destino final assim como a respetiva distância percorrida pelo caminhão até ao destino final das lamas.

Tabela 18- Transporte das lamas produzidas na ETARI por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Lamas	Camião Distância: 228 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,58E+00	tkm

5.5.8. Embalagem

Nesta etapa, os perfis de alumínio que foram para o tratamento de superfície acetinado 20 natural seguem para a embalagem de forma a ficarem prontos para serem entregues aos respetivos clientes. Na embalagem são utilizados plásticos, cartão e paletes originando como resíduo o cartão. Na Figura 19 encontra-se representado o fluxograma da embalagem.

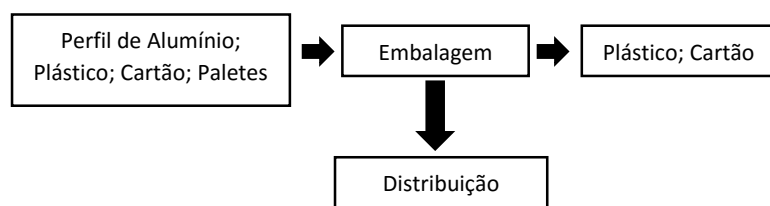


Figura 19- Processo de embalagem e distribuição

Através da Tabela 19 é possível verificar a quantidade de cada material que foi utilizado na embalagem.

Tabela 19- Dados de entrada por kg de perfil de alumínio na embalagem

Entradas	Dados Ecoinvent	Quant.	Un.
Energia Elétrica	Electricity, medium voltage {PT} market for Alloc Def, U	1,23E-02	kWh
Cartão	Kraft paper, unbleached {RER} production Alloc Def, U	1,13E-02	kg
Plástico	Polyethylene, low density, granulate {RER} production Alloc Def, U	6,87E-04	kg
Paletes	EUR-flat pallet {RER} production Alloc Def, U	2,63E-04	kg

Os fornecedores das paletes de madeira chegam à Extrusal em camiões cheios e regressam ao seu destino de origem com os camiões vazios. O plástico e o cartão apresentam um funcionamento diferente, ou seja, a sua distribuição é realizada por grupagem. A grupagem é utilizada de forma a maximizar a utilização do camião e, como tal, o camião sai do seu ponto de origem e desloca-se aos diversos pontos intermédios (incluindo a Extrusal) e posteriormente regressa ao seu ponto de origem. Durante a grupagem, o camião descarrega apenas o material necessário que tem de deixar no ponto intermédio e podem ou não carregar uma nova carga nesse ponto intermédio. É de salientar que o cartão e plástico têm mais do que um fornecedor.

Na Tabela 20 encontram-se representados os tipos de camião dos diferentes fornecedores da embalagem e das diferentes distâncias percorridas.

Tabela 20- Tipo de transporte dos fornecedores da embalagem por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Cartão	1º Camião Distância: 51 km	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	5,69E-04	tkm
	2º Camião Distância: 98 km		1,10E-05	tkm
	3º Camião Distância: 22 km		6,99E-07	tkm
Plástico	1º Camião Distância: 74 km	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,42E-05	tkm
	2º Camião Distância: 105 km		1,53E-07	tkm
	3º Camião Distância: 3,5 km		1,25E-06	tkm
	4º Camião Distância: 56 km		2,36E-09	tkm
Paletes de madeira	Camião Distância: 98 km	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,56E-05	tkm

Na Tabela 21 encontra-se a informação sobre os resíduos produzidos na embalagem.

Tabela 21- Dados de saída da embalagem por kg de perfil de alumínio

Saída	Quantidade	Un.
Cartão	1,10E-03	kg
Plástico	4,87E-03	kg

Os resíduos de cartão têm como destino final a reciclagem. É de salientar que os resíduos de cartão apresentam dois destinatários diferentes. Na Tabela 22 encontra-se o tipo de transporte utilizado e a distância percorrida até ao destino final dos resíduos da embalagem.

Tabela 22- Transporte dos resíduos produzidos na embalagem por kg de perfil de alumínio

Produto	Tipo de transporte	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
Cartão	1º Camião Distância: 71 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	5,84E-04	tkm
	2º Camião Distância: 246 km		7,57E-04	tkm
Plástico	1º Camião Distância: 71 km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U	2,85E-05	tkm
	2º Camião Distância: 246 km		7,01E-05	tkm

5.5.9. Transporte interno

O transporte interno dos materiais é realizado por empilhadores, sendo o consumo de combustível utilizado pelos respetivos empilhadores considerado no inventário. O consumo do combustível utilizado pelos empilhadores encontra-se representado na Tabela 23.

Tabela 23- Consumo de combustível expresso por kg de perfil de alumínio

Combustível	Dados Ecoinvent	Quantidade	Un.
<i>Diesel</i>	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} production Alloc Def, U	4,43E-04	kg

O combustível utilizado pelos empilhadores chega à Extrusal em camiões com carga e regressa ao seu ponto de origem vazio (consultar Tabela 6).

5.6. Avaliação de Impacte de Ciclo de Vida

Através dos resultados do inventário do ciclo de vida é possível realizar a Avaliação de Impacte do Ciclo que Vida. A AICV avalia a significância dos potenciais impactes ambientais e essa avaliação de impactes associados aos dados do inventário a categorias específicas de impacte ambiental e a indicadores de categoria de forma a se compreender melhor os impactes. As categorias de impacte consideradas são as seguintes (DAPHabitat 2015 b):

- ⇒ Aquecimento global (AG);
- ⇒ Depleção da camada de ozono (DCO);
- ⇒ Acidificação dos recursos hídricos e do solo (A);
- ⇒ Eutrofização (E);
- ⇒ Oxidação fotoquímica (OF);

- ⇒ Depleção de recursos abióticos (elementos) (DRAE);
- ⇒ Depleção de recursos abióticos (combustíveis fósseis) (DRACF).

Capítulo 6. Análise do ICV e impactes estimados

Os resultados obtidos da AVC serão apresentados em tabela, de acordo com o RCP, assim como a análise dos indicadores estimados do ciclo de vida.

6.1. Indicadores para análise do inventário do ciclo de vida tendo por base a norma EN 15804:2012

6.1.1. Indicadores da análise do ICV que descrevem o uso de recursos

Na Tabela 24 encontram-se representados os indicadores ambientais que serão utilizados para o ICV no que se refere ao uso de recursos.

Tabela 24- Indicadores utilizados para o inventário do ciclo de vida – uso de recursos

Indicador	Unidade
Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso total dos recursos energéticos primários renováveis (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matéria-prima)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de recursos energéticos primários não renováveis excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso total de recursos energéticos primários não renováveis (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Usos de materiais secundários	kg
Uso de combustíveis secundários renováveis	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de combustíveis secundários não renováveis	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso líquido de água doce	m ³

a) Recursos renováveis

De forma a calcular os recursos renováveis são utilizados os seguintes indicadores:

- Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima;
- Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas;
- Uso total dos recursos energéticos primários renováveis (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matéria-prima);

O *software* SimaPro 8.0 utilizado não permite que seja realizada a distinção de uso energético e uso como matéria-prima de recursos renováveis. O *software* também não permite quantificar o uso de energia primária renovável, tanto na forma de combustível como na forma de matéria-prima, para a totalidade do sistema em análise. Tendo em consideração estas limitações, os indicadores de uso de recursos foram calculados apenas para o processo de fabrico do produto em análise e não para a totalidade dos processos “*cradle to gate*”.

O indicador “Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima” é considerado zero, uma vez que não é utilizado nenhum recurso de energia renovável como fonte de energia.

Para o cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas” foi considerada a quantidade de madeira e cartão incorporados no produto (embalagem), multiplicadas pelos respetivos Poderes Caloríficos Inferiores (PCI). Na Tabela 25 encontram-se os dados utilizados para o cálculo do indicador referido anteriormente.

Tabela 25- Dados utilizados no cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas”

Material	Unidade	Quantidade
Madeira		
Consumo de paletes	kg de paletes/ kg de perfil de alumínio	2,63E-04
PCI da madeira	MJ/ kg	1,55E+01
Energia	MJ/ kg de perfil de alumínio	4,08E-03
Cartão		
Consumo de cartão	kg de cartão/ kg de perfil de alumínio	1,13E-02
PCI do cartão	MJ/ kg	1,55E+01
Energia	MJ/ kg de perfil de alumínio	1,75E-01

O indicador “Uso total dos recursos energéticos primários renováveis (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matéria-prima)” foi determinado através da soma dos indicadores “Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima” e “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas”.

Na Tabela 26 encontram-se representadas os resultados associados ao uso de recursos.

Tabela 26- Indicadores de recursos renováveis utilizados na análise do ICV e respectivas quantidades por kg de produto

Indicador	Unidade	Quantidade
Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima	MJ	0
Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas	MJ	1,79E-01
Uso total dos recursos energéticos primários renováveis (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matéria-prima)	MJ	1,79E-01

b) Recursos não renováveis

De forma a calcular os recursos não renováveis são utilizados os seguintes indicadores:

- Uso de recursos energéticos primários não renováveis excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas;
- Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas;
- Uso total de recursos energéticos primários não renováveis (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas).

O indicador “Uso total de recursos energéticos primários não renováveis (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)” foi calculado através da utilização do método “*Cumulative Energy Demand*” (CED), que se encontra disponível no *SimaPro 8.0*, e inclui os recursos não renováveis fósseis (141,65 MJ) e os recursos nucleares (5,90 MJ).

O *software SimaPro 8.0* utilizado não permite que seja realizada a distinção de uso energético e uso como matéria-prima de recursos não renováveis. Tendo em consideração esta limitação, para o cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas” foi necessário considerar a quantidade de plástico incluído no produto (na embalagem) multiplicado pelo respetivo PCI. Na Tabela 27 encontram-se os dados utilizados no cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas”.

Tabela 27- Dados utilizados no cálculo do indicador “Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas”

Material	Unidade	Quantidade
Plástico		
Consumo de plástico	kg de plástico/ kg de perfil de alumínio	6,87E-04
PCI do plástico	MJ/ kg	4,20E+01
Energia	MJ/ kg de perfil de alumínio	2,89E-02

Desta forma é possível determinar o indicador “Uso de recursos energéticos primários não renováveis excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas” através

da diferença entre o indicador “Uso total de recursos energéticos primários não renováveis (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)” e do indicador “Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas”. A Tabela 28 contém os indicadores de recursos não renováveis utilizadas na análise do ICV e as respectivas quantidades.

Tabela 28- Indicadores de recursos não renováveis utilizadas na análise do ICV e respectivas quantidades por kg de produto

Indicador	Unidade	Quantidade
Uso de recursos energéticos primários não renovável excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ	1,48E+02
Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ	2,89E-02
Uso total de recursos energéticos primários não renováveis (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ	1,48E+02

c) Uso de materiais secundários, combustíveis secundários renováveis e combustíveis secundários não renováveis

Os indicadores “Uso de materiais secundários”, “Uso de combustíveis secundários renováveis” e “Uso de combustíveis secundários não renováveis” são iguais a zero.

d) Uso líquido de água doce

O indicador “Uso líquido de água doce” refere-se ao uso consumptivo de água doce. Através da base de dados *Ecoinvent 3.01* não é possível calcular o indicador e, como tal, apenas será calculado para o processo de fabrico do perfil de alumínio. É necessário salientar que todo o efluente regressa à mesma bacia hidrográfica de onde a água foi captada, não ocorrendo incorporação desta água no produto. Apesar de ocorrerem perdas de água por evaporação, estas as perdas são consideradas insignificantes. Desta forma, o consumo total de água é igual à quantidade de efluente descarregado para a bacia hidrográfica, pelo que o “Uso líquido de água doce” é zero.

Na Tabela 29 encontram-se os resultados obtidos dos diferentes indicadores que descrevem o uso de recursos nos módulos de A1-A3.

Tabela 29- Indicadores que descrevem o uso de recursos nos módulos de A1-A3

Indicador	Unidade	Resultados de A1-A3
Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima	MJ	0
Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas	MJ	1,79E-01
Uso total dos recursos energéticos primários renováveis (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matéria-prima)	MJ	1,79E-01
Uso de recursos energéticos primários não renovável excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ	1,48E+02
Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ	2,89E-02
Uso total de recursos energéticos primários não renováveis (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ	1,48E+02
Usos de materiais secundários	Kg	0
Uso de combustíveis secundários renováveis	MJ	0
Uso de combustíveis secundários não renováveis	MJ	0
Uso líquido de água doce	m ³	0

6.1.2. Indicadores de análise do ICV que representam diversas categorias de resíduos

Os indicadores de análise do ICV que representam diversas categorias de resíduos encontram-se na Tabela 30.

Tabela 30- Indicadores de categorias de resíduos

Categoria de resíduos	Unidades
Resíduos perigosos eliminados	kg
Resíduos não perigosos eliminados	kg
Resíduos radioativos eliminados	kg

Na Tabela 31 encontram-se os resultados obtidos para os indicadores que descrevem as categorias de resíduos referentes aos módulos de A1-A3 expressos por kg de perfil de alumínio. Os restantes módulos não foram considerados.

Tabela 31- Total dos indicadores de categoria de resíduos por kg de resíduos

Categoria de resíduos	Resultado A1-A3	Unidade
Resíduos perigosos eliminados	7,66E-04	kg
Resíduos não perigosos eliminados	1,49E+00	kg
Resíduos radioativos eliminados	4,41E-04	kg

Os resultados referentes os resíduos perigosos, resíduos não perigosos e radioativos foram obtidos tendo em conta o método EDIP 2003, que se encontra disponível no *SimaPro*. Através da utilização

deste método foi considerado que todos os resíduos são depositados em aterro e referem-se à totalidade dos processos considerados nos módulos A1-A3.

6.1.3. Indicadores que representam fluxos de saída de materiais

Na Tabela 32 encontram-se os indicadores que serão calculados e que descrevem os fluxos de saída para os módulos A1-A3

Tabela 32- Indicadores do ICV que descrevem os fluxos de saída de materiais

Indicador	Unidade.
Componentes para reutilização	kg
Material para reciclagem	kg
Materiais para recuperação de energia	kg
Energia exportada	MJ

Na Tabela 33 encontram-se os resultados obtidos para os indicadores que descrevem os fluxos de saída referentes aos módulos de A1-A3 expressos em kg de perfil de alumínio. Os restantes módulos não foram considerados.

Tabela 33- Indicadores do ICV que descrevem os fluxos de saída de materiais e respetivas quantidades por kg de perfil produzido

Indicador	Resultado A1-A3	Unidades
Componentes para reutilização	0	kg
Material para reciclagem	2,00E-01	kg
Materiais para recuperação de energia	0	kg
Energia exportada	0	MJ

Todos os indicadores acima apresentados são referentes apenas aos fluxos produzidos durante o processo de produção de perfil de alumínio. O valor da categoria “material para reciclagem” foi calculado tendo em conta a sucata de alumínio, as cintas PET e as cintas de ferro, as embalagens de aerossol, as tiras de cartão, as embalagens contaminadas e os absorventes utilizados durante a produção de perfis de alumínio.

6.2. Indicadores para a avaliação de impacto segundo a norma EN 15804:2012 e interpretação

A Tabela 34 contém os resultados da AICV para as diferentes categorias de impacto de todo o processo de produção de um perfil de alumínio. As categorias de impacto encontram-se definidas na norma EN 15804.

Tabela 34- Resultados da AICV da produção de perfil de alumínio expressos em kg

Categoria de Impacte	Unidades	Total	Extrusão	Anodização	ETARI	Embalagem
Depleção de Recurso Abióticos (elementos) (DRAE)	kg Sb eq	4,96E-06	9,70E-07	3,90E-06	1,22E-08	7,79E-08
Depleção de Recurso Abióticos (combustível fóssil) (DRACF)	MJ	1,41E+02	9,59E+01	4,33E+01	2,19E+E00	-1,29E-02
Aquecimento Global (AG)	kg CO ₂ eq	1,47E+01	8,29E+00	6,25E+00	1,77E-01	1,28E-02
Depleção da Camada de Ozono (DCO)	kg CFC-11 eq	1,13E-06	8,37E-07	2,75E-07	1,26E-08	2,32E-09
Oxidação Fotoquímica (OF)	kg C ₂ H ₄ eq	9,07E-03	7,05E-03	1,96E-03	5,17E-05	4,65E-06
Acidificação (A)	kg SO ₂ eq	1,23E-01	9,08E-02	3,07E-02	1,22E-03	1,15E-04
Eutrofização (E)	kg (PO ₄) ³⁻ eq	2,04E-02	1,34E-02	6,44E-03	4,34E-04	1,75E-04

Encontram-se nos Anexos as tabelas (tabela A1 até à tabela A10) com os resultados da AICV de todas as fases de produção dos perfis de alumínio.

A Figura 20 apresenta a contribuição relativa das fases de produção de perfil de alumínio para os impactes totais.

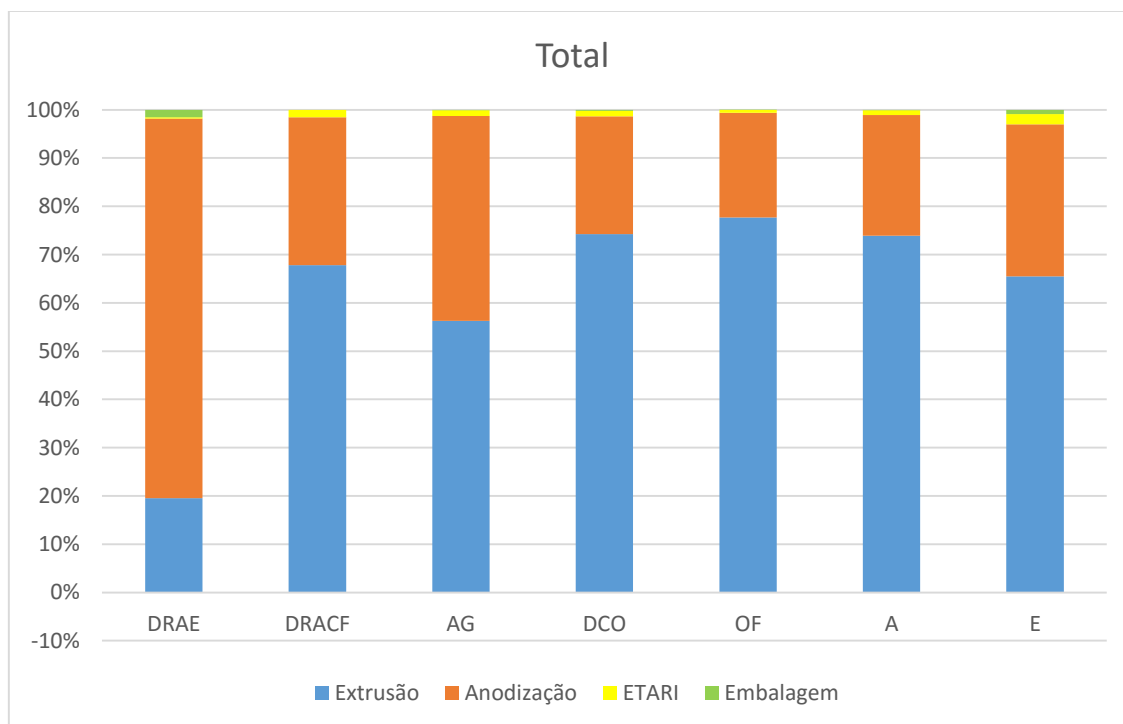


Figura 20- Contribuição relativa das fases de produção de perfil de alumínio para os impactes totais

Analisando a Figura 20 verifica-se que a extrusão é a etapa que mais contribui para as diferentes categorias. A sua contribuição varia entre 56% e 78%, com a exceção da categoria de impacto depleção abiótica – elementos que apresenta uma contribuição de cerca de 20%.

A anodização é a segunda etapa que mais contribui para as categorias de impacto, com uma contribuição que varia entre 22% e 42%, com a exceção da categoria de impacto Depleção Abiótica – elementos que apresenta uma contribuição de 79%.

No que diz respeito à ETARI e à embalagem verifica-se que ambas as etapas não apresentam contribuições relevantes para as categorias de impacto, sendo essas contribuições inferiores a 2% para ambas as etapas.

6.3. Extrusão

Como referido anteriormente, a extrusão é a etapa que mais contribui para as diferentes categorias de impacto uma vez que é nesta etapa que é utilizada a matéria-prima para a produção dos perfis de alumínio, cuja produção acarreta impactos ambientais significativos.

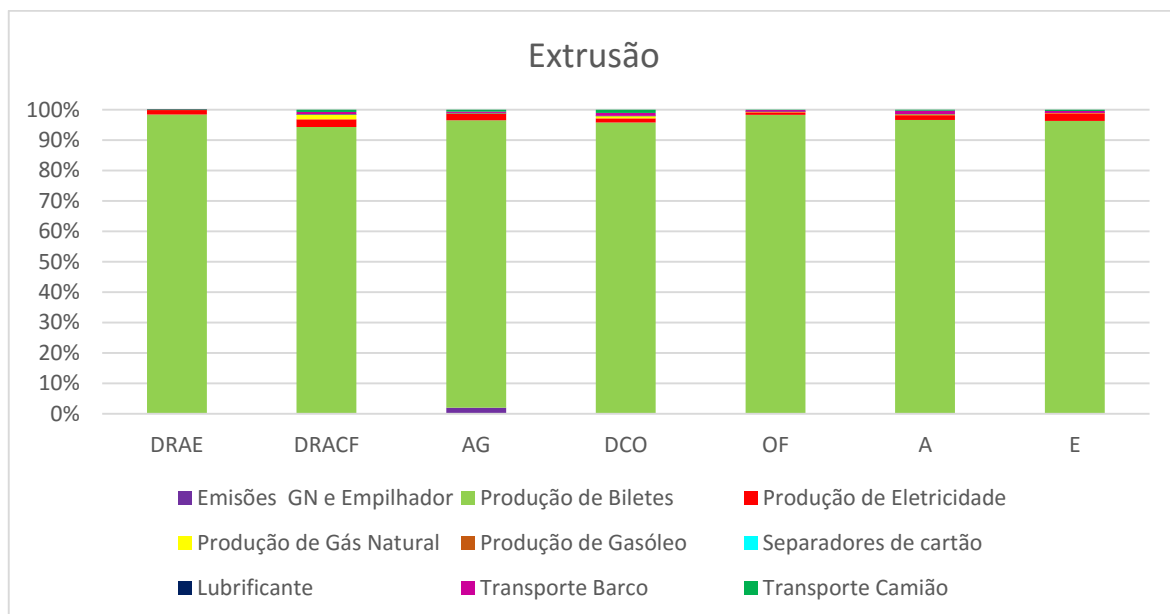


Figura 21- Categorias de impacto extrusão

Na Figura 21 encontram-se os impactos calculados para a etapa de extrusão. Facilmente se verifica que a produção de biletas é o processo que mais contribui para as categorias de impacto, apresentando uma contribuição que varia entre 94% e 99% para todas as categorias de impacto. Tal facto acontece uma vez que os biletas de alumínio são a matéria-prima utilizada para a produção dos perfis de alumínio.

Na Tabela 35 apresentam-se as substâncias que contribuem com mais de 10% para os impactos associados à produção de billetes.

Tabela 35- Substâncias que contribuem para as categorias de impacto na produção de billetes

Cat. de impacto	Prod. de Billetes
DRAE	Ouro (36%)
	Cobre (18%)
DRAE	Petróleo (47%)
	Carvão (37%)
	Gás Natural (18%)
AG	Dióxido de carbono, fóssil (91%)
DCO	Halon 1301 (67%)
	CFC-10 (13%)
OF	Monóxido de carbono, fóssil (49%)
	Dióxido de enxofre (44%)
A	Dióxido de enxofre (85%)
	Óxidos de azoto (13%)
E	Fosfato (56%)
	Óxidos de azoto (24%)

6.4. Anodização

Na Figura 22 encontram-se os resultados da AICV da anodização.

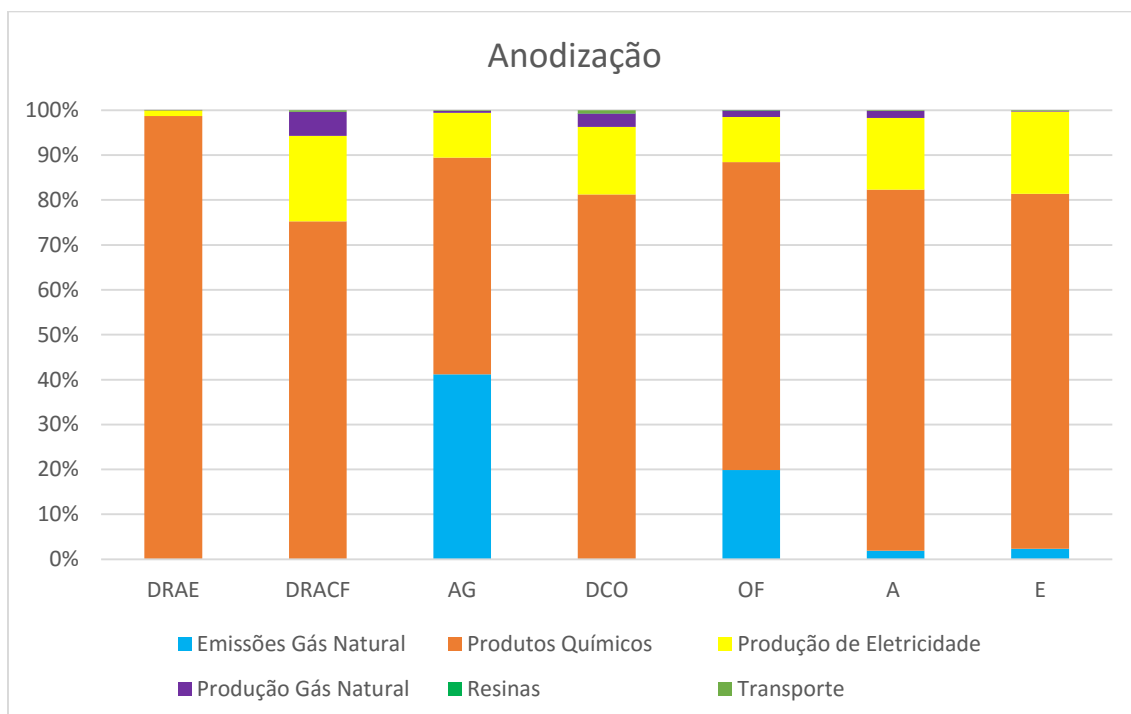


Figura 22- Categorias de impacto anodização

Analisando a Figura 22 verifica-se que a produção de produtos químicos, as emissões da queima do gás natural e a produção de eletricidade são os que mais contribuem para as categorias de impacte. A contribuição da produção dos produtos químicos para as categorias de impacte varia entre 48% e 99%. Tal acontece porque os produtos químicos são utilizados para o tratamento dos perfis de alumínio de forma a prolongar a sua duração.

A contribuição das emissões resultantes da queima do gás natural para o aquecimento dos banhos varia entre 20% e 41%, apenas para as categorias OF e AG. Para as restantes categorias a contribuição das emissões resultantes do gás natural são insignificantes.

A contribuição da produção de eletricidade também é significativa, variando entre 10% e 19% para todas as categorias com a exceção da DRAE que apresenta uma contribuição insignificante de cerca de 1%.

Na Tabela 36 apresentam-se as substâncias que contribuem com mais de 10% para os impactes associados aos processos mais relevantes referidos anteriormente.

Tabela 36- Substâncias que contribuem para as categorias de impacte dos processos mais relevantes da anodização

Cat. de impacte	Emissão do GN	Produtos Químicos	Prod. de Eletricidade
DRAE	-	Cobre (16%)	Cobre (34%)
		Crómio (15%)	Estanho (28%)
		Cádmio (12%)	
DRACF	-	Petróleo (38%)	Gás Natural (50%)
		Gás Natural (35%)	Carvão (32%)
		Carvão (22%)	Petróleo (17%)
AG	Dióxido de carbono, fóssil (100%)	Dióxido de carbono, fóssil (91%)	Dióxido de carbono, fóssil (92%)
DCO	-	Halon 1301 (42%)	Halon 1301 (57%)
		CFC-10 (28%)	Halon 1211 (19%)
		Halon 1211 (22%)	CFC-14 (13%)
OF	Monóxido de carbono, fóssil (92%)	Dióxido de enxofre (68%)	Dióxido de enxofre (86%)
A	Dióxido de azoto (100%)	Dióxido de enxofre (82%)	Dióxido de enxofre (86%)
		Óxidos de azoto (15%)	Óxidos de azoto (13%)
E	Dióxido de azoto (100%)	Fosfato (35%)	Nitrato (54%)
		Nitrato (30%)	Fosfato (29%)
		Óxidos de azoto (18%)	Óxidos de azoto (15%)

6.5. ETARI

A Figura 23 apresenta os resultados obtidos para as diferentes categorias de impacte da ETARI.

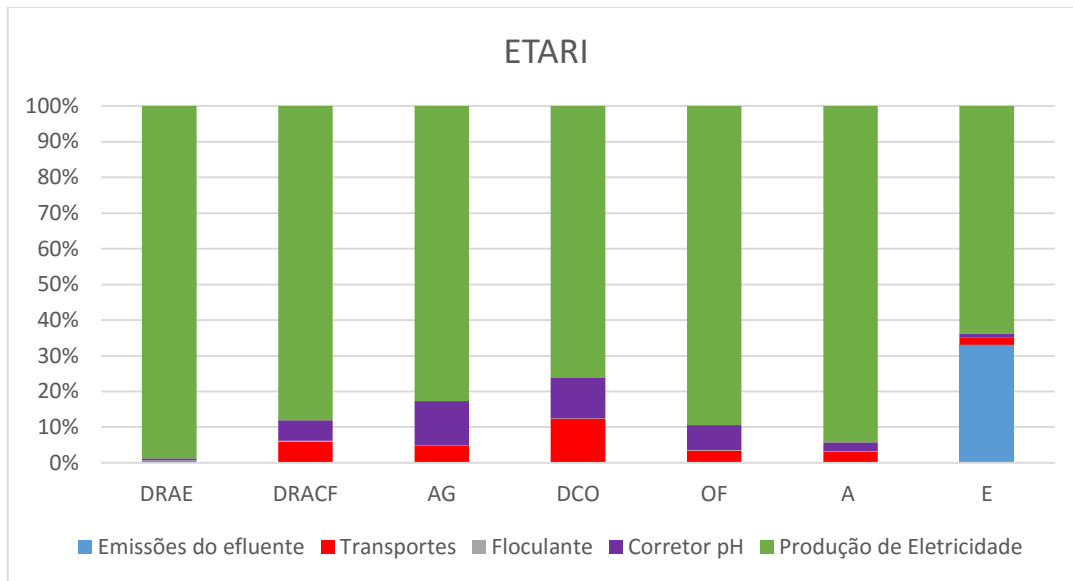


Figura 23- Categorias de impacte ETARI

Analisando, de uma forma geral, a Figura 23, verifica-se que a produção de energia elétrica apresenta o contributo maioritário para as diferentes categorias de impacte, sendo seguida pelos transportes, pela produção do corretor de pH e pelas emissões associadas ao efluente.

A contribuição da produção de eletricidade varia entre 64% e 99% para todas as categorias de impacte. Tal facto acontece uma vez que na ETARI é realizada a secagem e a desidratação de lamas, o que dá origem a um consumo energético significativo.

A contribuição dos transportes é relevante apenas para a categoria de impacte DCO com cerca de 12%. A contribuição da produção do corretor de pH apenas é relevante para as categorias AG e DCO, com cerca de 12% para cada categoria. As emissões do efluente apenas contribuem para a categoria de impacte eutrofização com cerca de 33%.

Na Tabela 37 apresentam-se as substâncias que contribuem com mais de 10% para os impactes associados aos processos mais relevantes referidos anteriormente.

Tabela 37- Substâncias que contribuem para as categorias de impacto dos processos mais relevantes da ETARI

Cat. de impacto	Emissões do Efluente	Transportes	Corretor pH	Prod. de Eletricidade
DRAE	-	Cobre (35%)	Cobre (24%)	Cobre (34%)
		Estanho (13%)	Estanho (11%)	Estanho (28%)
DRACF	-	Petróleo (95%)	Petróleo (88%)	Gás Natural (50%)
				Carvão (32%)
				Petróleo (17%)
AG	-	Dióxido de carbono, fóssil (97%)	Dióxido de carbono, fóssil (99%)	Dióxido de carbono, fóssil (92%)
DCO	-	Halon 1301 (99%)	Halon 1301 (97%)	Halon 1301 (57%)
				Halon 1211 (19%)
				CFC-114 (13%)
OF	-	-	-	Dióxido de enxofre (76%)
A	-	Óxidos de azoto (69%)	Dióxido de enxofre (74%)	Dióxido de enxofre (86%)
		Dióxido de enxofre (30%)	Óxidos de azoto (25%)	Óxidos de azoto (13%)
E	Azoto total (69%)	Óxidos de azoto (84%)	Óxidos de azoto (39%)	Nitrato (54%)
	CQO (27%)		Fosfato (26%)	Fosfato (29%)
			Nitrato (22%)	Óxidos de azoto (15%)
			CQO (11%)	

6.6. Embalagem

Na Figura 24 encontram-se representadas os diferentes impactos da embalagem. O cartão, o plástico e as paletes de madeira são os materiais utilizados no embalamento dos perfis de alumínio.

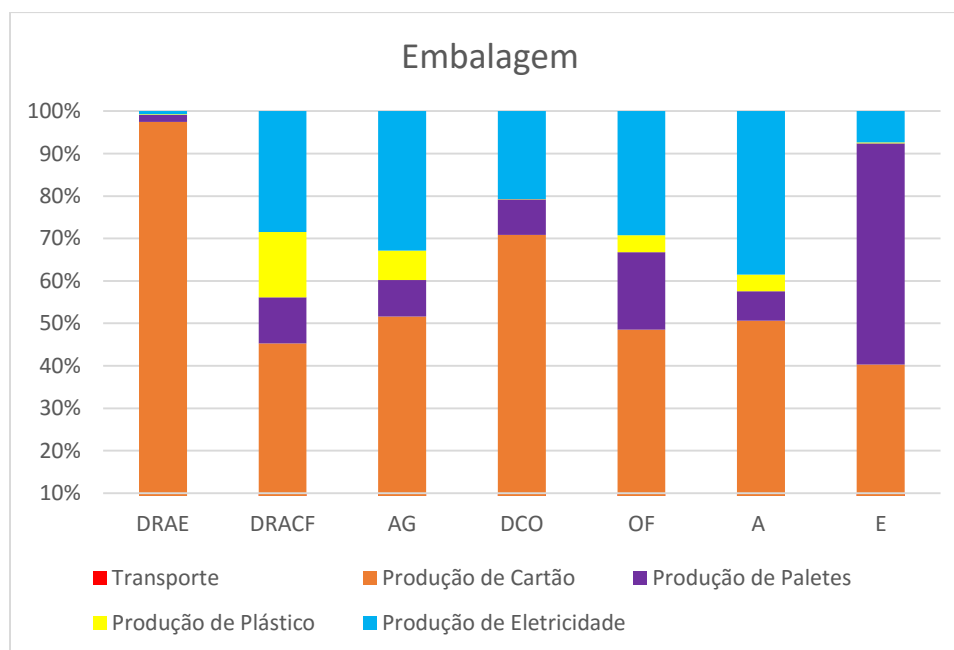


Figura 24- Categorias de impacto embalagem

Analisando a Figura 24 verifica-se que é a produção de cartão que mais contribui para as categorias de impacto, sendo seguida pela produção de eletricidade, pela produção de paletes e pela produção de plástico.

A produção de cartão tem uma contribuição que varia entre os 41% e os 98% para todas as categorias de impacto. O cartão é o material mais utilizado para a embalagem dos perfis de alumínio.

A produção de eletricidade tem uma contribuição que varia entre 22% e 40%, com as exceções da eutrofização e da DRAE que tem uma contribuição insignificante de 8% e 1%, respetivamente.

A produção de paletes tem uma contribuição significativa para as categorias E, OF e DRACF com uma contribuição de 53%, 19% e 11%, respetivamente.

A produção de plástico apenas é relevante para a categoria de impacto DRACF, com uma contribuição de cerca de 16%.

Na Tabela 38 apresentam-se as substâncias que contribuem com mais de 10% para os impactes associados aos processos mais relevantes referidos anteriormente.

Tabela 38- Substâncias que contribuem para as categorias de impacto dos processos mais relevantes da embalagem

Cat. de impacto	Prod. de Cartão	Prod. de Plástico	Prod. de Paletes	Prod. de Eletricidade
DRAE	Cádmio (49%)	-	-	Cobre (34%)
	Chumbo (33%)			
	Cobre (30%)			
	Prata (10%)			
DRACF	Petróleo (41%)	Petróleo (55%)	Petróleo (53%)	Gás Natural (50%)
	Gás Natural (28%)	Gás Natural (42%)	Gás Natural (27%)	Carvão (32%)
	Carvão (20%)		Carvão (17%)	Petróleo (17%)
AG	Dióxido de carbono, fóssil (90%)	Dióxido de carbono, fóssil (80%) Metano, fóssil (19%)	Dióxido de carbono, fóssil (90%)	Dióxido de carbono, fóssil (92%)
DCO	Halon 1301 (50%)	Halon 1301 (33%)	Halon 1301 (71%)	Halon 1301 (57%)
	CFC-114 (23%)	CFC-10 (11%)	CFC-114 (11%)	Halon 1211 (19%)
	Halon 1211 (16%)			CFC-114 (13%)
OF	Dióxido de enxofre (54%)	Dióxido de enxofre (57%)	Dióxido de enxofre (17%)	Dióxido de enxofre (86%)
	Monóxido de carbono, fóssil (11%)	Monóxido de carbono, fóssil (19%)	Monóxido de carbono, fóssil (16%) Monóxido de carbono, biogénico (11%)	
A	Dióxido de enxofre (69%)	Dióxido de enxofre (76%)	Dióxido de enxofre (63%)	Dióxido de enxofre (86%)
	Óxidos de azoto (28%)	Óxidos de azoto (24%)	Óxidos de azoto (36%)	Óxidos de azoto (13%)
E	Nitrato (54%)	Óxidos de azoto (75%)	Nitrato (97%)	Nitrato (54%)
	Fosfato (24%)	Fosfato (16%)		Fosfato (29%) Óxidos de azoto (15%)

Capítulo 7. Conclusões e trabalho futuro

De uma forma geral, verifica-se que é o processo de extrusão aquele que mais contribui para as diferentes categorias de impacto, uma vez que é nesta etapa que é utilizada a matéria-prima para a produção dos perfis de alumínio, cuja produção acarreta impactos ambientais significativos.

A anodização também apresenta contributos importantes para as categorias de impacto devido, principalmente, à produção de produtos químicos necessários que são utilizados para o tratamento dos perfis de alumínio.

No que diz respeito à ETARI e à embalagem, ambas apresentam contribuições reduzidas para as categorias de impacto, inferior a 5% para ambas. Embora a contribuição seja reduzida, é o consumo de eletricidade que mais contribui para as categorias de impacto da ETARI, devido à secagem e desidratação das lamas. No que diz respeito à embalagem, é o consumo de cartão que mais contribui para as categorias de impacto.

A metodologia ACV permite que seja realizada uma análise de todas as fases do ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até ao fim de vida do produto. No entanto, é de referir que, neste relatório de estágio, apenas se utiliza uma abordagem *cradle-to-gate*, ou seja, apenas foi realizado o estudo para a fase de produção do produto (perfil de alumínio) até à porta da fábrica, isto é, até o produto estar pronto para a distribuição.

O processo de desenvolvimento das RCP deveria envolver a participação dos fabricantes de *softwares* de ACV, de forma a garantir que todos os indicadores requeridos possam ser calculados, independentemente do *software* que é utilizado.

Com o *software* utilizado neste estudo (SimaPro), em alguns casos, não foi possível o cálculo dos indicadores do ICV para a totalidade do sistema.

É necessário referir que apenas foi realizada para a fase de caracterização na fase de AICV, uma vez que, para a elaboração da DAP, não são requeridas as fases de normalização e ponderação.

No que diz respeito a estudos futuros, recomenda-se incluir as fases de aplicação do produto nos edifícios, a sua manutenção ao longo do seu ciclo de vida e o seu desmantelamento e ainda alargar o estudo a outros tipos de tratamento de superfície (como a lacagem e a decoração “tipo madeira”) aplicados aos perfis de alumínio.

Para concluir, é de salientar a importância da integração em ambiente de estágio curricular na empresa Extrusal S.A., uma vez que proporcionou um crescimento pessoal e profissional, adquirindo um maior sentido de responsabilidade, experiência de trabalho em ambiente empresarial, trabalho em equipa e contacto com os colaboradores da empresa.

Referências Bibliográficas

- ABAL, 2007. *Fundamentos e Aplicações do Alumínio*. [livro eletrónico] Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em: <http://www.abal.org.br/biblioteca/publicacoes/fundamentos-e-aplicacoes-do-aluminio/> [Data de acesso: 8 março 2015].
- ALU, 2012. *Aluminium for Future Generation*. The International Aluminium Institute. Disponível em: <http://primary.world-aluminium.org/index.php?id=289> [Data de acesso: 1 janeiro 2015].
- APAL, 2013. *Alumínio – 100% a favor*. Associação Portuguesa do Alumínio. Disponível em: <http://www.aluminio100porcento.com> [Data de acesso: 11 março 2015].
- APIS, 2014. *Impacts of Photochemical Oxidants (Ozone)*. Air Pollution Information System. Disponível em: http://www.apis.ac.uk/overview/issues/overview_PhotoOx.htm [Data de acesso: 1 janeiro 2015].
- AZOM, 2013. *Aluminium and Aluminium Alloys - Life Cycle of Aluminium*. AZO Materials. Disponível em: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=3529> [Data de acesso: 5 outubro 2015].
- Born, M., 2007. *Relatório de Sustentabilidade da Indústria do Alumínio*. Associação Brasileira do Alumínio. Brasil.
- CEN, 2012. *EN 15804:2012 - Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*. European Committee for Standardization. Bélgica.
- CEN/TR, 2010. *CEN/TR 15941:2010 - Sustainability of construction works - Environmental product declaration - Methodology for selection and use of generic data*. European Committee for Standardization. Bélgica.
- DAPHabitat, 2015a. *Instruções Gerais do Sistema DAPHabitat*. Centro DAPHabitat - Plataforma para a Construção Sustentável. Portugal.
- DAPHabitat, 2015b. *Regras de Categoria de Produto - Modelo Base - Produtos e Serviços de Construção*. Centro DAPHabitat - Plataforma para a Construção Sustentável. Aveiro.
- DAPHabitat, 2015c. *Sistema DAPHabitat - Programa de registo de Declarações Ambientais de Produto para o habitat*. Disponível em: <http://www.daphabitat.pt> [Data de acesso: 10 fevereiro 2015].
- EEA, 2011. *Sustainability of the European Aluminium Industry 2010*. European Aluminium Association. Bélgica.
- Extrusal, 2011. EXTRUSAL - Companhia Portuguesa de Extrusão, S.A..Disponível em: <http://www.extrusal.pt/> [Data de acesso: 25 janeiro 2015].
- Ferreira, J., 2004. *Análise de ciclo de vida dos produtos*. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico de Viseu. Portugal.

- Ferreira, V., 2013a. *Seminário – A sustentabilidade como fator de competitividade*. Centro DAPHabitat - Plataforma para a Construção Sustentável. Portugal.
- Ferreira, V., 2013b. *Seminário – Materiais para Reutilização Sustentável*. Centro DAPHabitat - Plataforma para a Construção Sustentável. Portugal.
- Ferretti, I., Zanoni, S., Zavanella, L., Diana, A., 2007. *Greening the aluminium supply chain*. International Journal of Production Economics, 108, pp. 236–245.
- Figueiredo, J.M., Delma, F., Gonçalves, L., Diniz, C., 2000. *Guia técnico - Setor dos Tratamentos de Superfície*. Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – INETI. Portugal.
- Gang, L. & Muller, D.B., 2012. *Addressing sustainability in the aluminum industry: A critical review of life cycle assessments*. Journal of Cleaner Production, 35, 108–117.
- Garrido, A., 2014. *Avaliação do ciclo de vida de um pavimento flutuante de cortiça*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal.
- IBU, 2015. *Types of declaration*. Institut Bauen und Umwelt e.V.. Disponível em: <http://construction-environment.com/hp653/Types-of-declarations.htm> [Data de acesso: 3 fevereiro 2015].
- IPCC, 2007. *Global Warming Potentials and Other Metrics for Comparing Different Emissions*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10.html [Data de acesso: 20 setembro 2015].
- IPP, 2008. *Rotulagem Ambiental*. Integrated Product Policy. Disponível em http://www.startipp.gr/toolkit3_pt.htm [Data de acesso: 11 março 2015].
- IPQ, 2005. *ISO 14020:2005 - Rótulos e declarações ambientais - Princípios Gerais*. Instituto Português da Qualidade. Portugal.
- IPQ, 2006. *ISO 14024:2006 - Rótulos e declarações ambientais - Rotulagem ambiental Tipo I - Princípios e procedimentos*. Instituto Português da Qualidade. Portugal.
- IPQ, 2008. *ISO 14040:2008 - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e Enquadramento*. Instituto Português da Qualidade. Portugal.
- IPQ, 2009. *ISO 14025:2009 - Declarações ambientais Tipo III - Princípios e procedimentos*. Instituto Português da Qualidade. Portugal.
- IPQ, 2010. *ISO 14044:2010 - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e linhas de orientação*. Instituto Português da Qualidade. Portugal.
- IPQ, 2014. *ISO 14021:2014 - Rótulos e declarações ambientais - Auto declarações ambientais (Rotulagem ambiental Tipo II)*. Instituto Português da Qualidade. Portugal.
- ISO, 2007. *ISO 21930:2007 – Sustentabilidade na Construção Civil – Declaração Ambiental de Produtos de Construção*. Suíça.

- Fontinha, I. & Salta, M., 2004. *Comportamento do alumínio anodizado à corrosão atmosférica - Influência do tipo colmatagem*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Portugal.
- Minkov, N., Schneider, L., Lehmann, A., Finkbeiner, M., 2015. *Type III Environmental Declaration Programmes and harmonization of product category rules: status quo and practical challenges*. Journal of Cleaner Production, 94, pp. 235–246.
- Norgate, T.E., Jahanshahi, S., Rankin, W. J., 2007. *Assessing the environmental impact of metal production processes*. Journal of Cleaner Production, 15(8-9), pp. 838–848.
- Norsk Hydro, 2015. *Aluminium life cycle*. Norsk Hydro ASA. Disponível em <http://www.hydro.com/en/About-aluminium/Aluminium-life-cycle> [Data de acesso: 23 março 2015].
- Pargana, N., 2012. *Environmental impacts of the life cycle of thermal insulation materials of buildings*. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Portugal.
- Pré, 2015. *Simapro Database Manual - Methods library*. Creative Commons. Holanda.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.P., Suh, S., Weidema, B.P., Pennington, D.W., 2004. *Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications*. Environment International, 30(5), pp. 701–720.
- Ribeiro, J., 2012. *Sustentabilidade dos produtos de construção-aplicação da análise do ciclo de vida a um perfil de alumínio*. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. Portugal.
- Steen, B., Gärling, A., Imrell, A.M., Sanne, K., 2008. *Development of interpretation keys for environmental product declarations*. Journal of Cleaner Production, 16(5), 598–604.
- Stranddorf, H., Hoffmann, L., Schmidt, A., 2005. *Impact categories, normalisation and weighting in LCA*. Environmental News. Dinamarca.
- Tan, R.B.H. & Khoo, H.H., 2005. *An LCA study of a primary aluminum supply chain*. Journal of Cleaner Production, 13, pp. 607–618.
- Teixeira, A., 1998. *Caixilharia de Alumínio - Guia do Formando*. Instituto do Emprego e Formação Profissional – IEF. Portugal.
- Torgal, F. & Jalali, S., 2010. *A sustentabilidade dos materiais de construção*. 2ª Edição. TecMinho, 2010. 978-972-8600-22-8.
- Winther, M., Samaras, Z., Zierok, K.H., Lambrecht, U., 2013. *EMEP/EAA air pollutant emission inventory guidebook 2013 - Technical guidance to prepare national emission inventories*. European Environment Agency. Dinamarca.

Anexos

Tabela A1- Resultados da AICV da extrusão

Categorias de Impacte	Unidades	Total	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Gasóleo	Transporte Gasóleo	Eletricidade	Gás Natural
DRAE	kg Sb eq	9,70E-07	5,20E-07	3,65E-07	7,01E-08	7,62E-12	4,86E-14	1,50E-08	5,58E-11
DRACF	MJ	9,59E+01	4,92E+01	3,46E+01	6,64E+00	2,50E-02	1,50E-04	2,40E+00	1,53E+00
AG	kg CO ₂ eq	8,29E+00	4,27E+00	3,00E+00	5,76E-01	2,27E-04	9,75E-06	1,83E-01	1,62E-02
DCO	kg CFC-11 eq	8,37E-07	4,37E-07	3,06E-07	5,89E-08	3,04E-10	1,82E-12	1,20E-08	5,33E-09
OF	kg C ₂ H ₄ eq	7,05E-03	3,77E-03	2,65E-03	5,09E-04	1,43E-07	1,49E-09	5,77E-05	1,86E-05
A	kg SO ₂ eq	9,08E-02	4,77E-02	3,35E-02	6,44E-03	2,36E-06	4,78E-08	1,44E-03	3,13E-04
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	1,34E-02	7,02E-03	4,92E-03	9,47E-04	3,01E-07	1,06E-08	3,46E-04	5,94E-06

Tabela A2- Resultados da AICV da extrusão

Categorias de Impacte	Unidades	Camião Fornecedor A	Camião Fornecedor B	Camião Fornecedor C	Emissões	Lubrificante	Separadores de Cartão	Camião óleo hidráulico	Camião nitrato de boro
DRAE	kg Sb eq	3,67E-11	9,46E-11	1,57E-11	0	3,03E-11	1,92E-10	2,88E-14	7,12E-14
DRACF	MJ	1,13E-01	2,93E-01	4,85E-02	0	6,53E-02	2,27E-03	8,91E-05	2,20E-04
AG	kg CO ₂ eq	7,35E-03	1,90E-02	3,15E-03	1,59E-01	7,93E-04	1,89E-04	5,78E-06	1,43E-05
DCO	kg CFC-11 eq	1,38E-09	3,55E-09	5,89E-10	0	7,82E-10	1,72E-11	1,08E-12	2,67E-12
OF	kg C ₂ H ₄ eq	1,13E-06	2,91E-06	4,83E-07	1,03E-05	3,83E-07	7,56E-08	8,86E-10	2,19E-09
A	kg SO ₂ eq	3,60E-05	9,30E-05	1,54E-05	3,09E-05	6,43E-06	1,11E-06	2,83E-08	7,00E-08
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	8,01E-06	2,07E-05	3,43E-06	8,04E-06	1,71E-06	5,88E-07	6,30E-09	1,56E-08

Tabela A3- Resultados da AICV da extrusão

Categorias de Impacte	Unidades	1º Barco Fornecedor C	2º Barco Fornecedor C	Barco Fornecedor B	1º Barco Fornecedor A	2º Barco Fornecedor A	Camião Sep. Cartão	Camião Sep. Cartão	Resinas Aniónicas
DRAE	kg Sb eq	2,04E-11	2,23E-12	3,41E-11	3,78E-11	2,86E-11	7,16E-15	3,32E-14	1,10E-11
DRACF	MJ	1,07E-01	1,17E-02	1,80E-01	1,99E-01	1,51E-01	2,21E-05	1,03E-04	1,02E-03
AG	kg CO ₂ eq	6,97E-03	7,63E-04	1,17E-02	1,29E-02	9,79E-03	1,45E-06	6,71E-06	6,40E-05
DCO	kg CFC-11 eq	1,30E-09	1,42E-10	2,18E-09	2,41E-09	1,82E-09	2,69E-13	1,25E-12	3,09E-09
OF	kg C ₂ H ₄ eq	5,53E-06	6,04E-07	9,25E-06	1,03E-05	7,75E-06	2,12E-10	9,84E-10	1,89E-08
A	kg SO ₂ eq	1,75E-04	1,92E-05	2,94E-04	3,26E-04	2,46E-04	6,76E-09	3,14E-08	2,47E-07
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	1,52E-05	1,66E-06	2,54E-05	2,82E-05	2,13E-05	1,50E-09	6,94E-09	7,00E-08

Tabela A4- Resultados da AICV da extrusão

Categorias de Impacte	Unidades	Camião Destinatário A	Camião Destinatário B	Camião Destinatário C	Camião Destinatário D	Camião Destinatário E	Camião Destinatário F	Camião Destinatário G
DRAE	kg Sb eq	1,64E-11	7,83E-12	6,95E-11	7,66E-13	7,29E-15	1,44E-14	4,27E-14
DRACF	MJ	5,07E-02	2,42E-02	2,15E-01	2,37E-03	2,25E-05	4,46E-05	1,32E-04
AG	kg CO ₂ eq	3,29E-03	1,57E-03	1,39E-02	1,54E-04	1,46E-06	2,89E-06	8,57E-06
DCO	kg CFC-11 eq	6,15E-10	2,94E-10	2,61E-09	2,87E-11	2,74E-13	5,42E-13	1,60E-12
OF	kg C ₂ H ₄ eq	5,04E-07	2,41E-07	2,14E-06	2,35E-08	2,24E-10	4,44E-10	1,31E-09
A	kg SO ₂ eq	1,61E-05	7,70E-06	6,83E-05	7,53E-07	7,16E-09	1,42E-08	4,20E-08
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	3,58E-06	1,71E-06	1,52E-05	1,67E-07	1,59E-09	3,15E-09	9,33E-09

Tabela A5- Resultados da AICV da anodização

Categorias de Impacte	Unidades	Total	Produto Químico A	Produto Químico B	Produto Químico C	Produto Químico D	Produto Químico E	Produto Químico F	Produto Químico G	Resinas
DRAE	kg Sb eq	3,90E-06	1,26E-10	5,41E-09	4,93E-15	3,71E-06	4,95E-10	1,38E-07	1,07E-11	9,51E-16
DRACF	MJ	4,33E+01	3,29E-01	9,32E-01	1,07E-05	2,92E+01	4,69E-02	2,08E+00	1,31E-02	4,43E-06
AG	kg CO ₂ eq	6,25E+00	3,09E-03	7,90E-02	6,22E-07	2,78E+00	3,42E-03	1,44E-01	8,63E-04	2,95E-07
DCO	kg CFC-11 eq	2,72E-07	3,47E-09	4,93E-08	1,29E-13	1,48E-07	2,51E-09	1,78E-08	9,55E-11	5,19E-14
OF	kg C ₂ H ₄ eq	1,96E-03	1,67E-05	2,15E-05	2,12E-10	1,25E-03	6,90E-07	5,27E-05	1,31E-07	9,41E-11
A	kg SO ₂ eq	3,07E-02	4,16E-04	5,39E-04	4,47E-09	2,32E-02	1,60E-05	4,72E-04	3,04E-06	2,21E-09
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	6,44E-03	9,98E-06	1,80E-04	3,26E-10	4,58E-03	2,01E-05	2,96E-04	2,45E-06	4,98E-10

Tabela A6- Resultados da AICV da anodização

Categorias de Impacte	Unidades	Emissões	Camião 1 PQ A	Camião 2 PQ A	Camião 1 PQ B	Camião 2 PQ B	Camião PQ C	Camião PQ D	Camião PQ E
DRAE	kg Sb eq	0	5,45E-12	4,67E-13	1,34E-11	1,15E-12	1,40E-17	2,58E-12	1,61E-13
DRACF	MJ	0	2,77E-02	2,37E-03	6,80E-02	5,83E-03	4,34E-08	7,97E-03	4,99E-04
AG	kg CO ₂ eq	2,57E+00	1,80E-03	1,54E-04	4,42E-03	3,79E-04	2,82E-09	5,17E-04	3,24E-05
DCO	kg CFC-11 eq	0	3,35E-10	2,87E-11	8,22E-10	7,05E-11	5,27E-16	9,68E-11	6,06E-12
OF	kg C ₂ H ₄ eq	3,90E-04	2,81E-07	2,41E-08	6,90E-07	5,91E-08	4,32E-13	7,93E-08	4,96E-09
A	kg SO ₂ eq	5,75E-04	8,94E-06	7,66E-07	2,20E-05	1,88E-06	1,38E-11	2,53E-06	1,59E-07
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	1,5E-04	1,90E-06	1,63E-07	4,67E-06	4,00E-07	3,07E-12	5,63E-07	3,53E-08

Tabela A7- Resultados da AICV da anodização

Categorias de Impacte	Unidades	Camião PQ F	Camião Resinas	Camião PQ G	Camião Emb. Cont.	Energia Elétrica	Gás Natural
DRAE	kg Sb eq	1,61E-11	1,10E-14	7,30E-13	1,75E-14	5,13E-08	8,46E-11
DRACF	MJ	4,98E-02	3,39E-05	2,26E-03	5,41E-05	8,23E+00	2,32E+00
AG	kg CO ₂ eq	3,23E-03	2,20E-06	1,46E-04	3,51E-06	6,25E-01	2,45E-02
DCO	kg CFC-11 eq	6,04E-10	4,12E-13	2,74E-11	6,57E-13	4,09E-08	8,08E-09
OF	kg C ₂ H ₄ eq	4,95E-07	3,38E-10	2,24E-08	5,38E-10	1,97E-04	2,81E-05
A	kg SO ₂ eq	1,58E-05	1,08E-08	7,17E-07	1,72E-08	4,91E-03	4,74E-04
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	3,52E-06	2,40E-09	1,60E-07	3,83E-09	1,18E-03	9,00E-06

Tabela A8- Resultados da AICV da ETARI

Categorias de Impacte	Unidades	Total	Emissões	Camião Floculante	Camião Corretor pH	Camião Lamas Secas	Floculante	Corretor pH	Energia Elétrica
DRAE	kg Sb eq	6,70E-07	0	1,36E-11	1,00E-09	1,80E-09	1,70E-09	3,70E-09	6,67E-07
DRACF	MJ	1,21E+02	0	4,20E-02	1,56E+00	5,53E+00	4,10E-01	6,95E+00	1,07E+02
AG	kg CO ₂ eq	9,81E+00	0	2,75E-03	1,02E-01	3,59E-01	1,31E-02	1,22E+00	8,12E+00
DCO	kg CFC-11 eq	7,00E-07	0	5,10E-10	1,90E-08	6,70E-08	8,50E-10	8,00E-08	5,30E-07
OF	kg C ₂ H ₄ eq	2,87E-03	0	4,03E-07	4,20E-05	5,50E-05	5,80E-06	2,01E-04	2,56E-03
A	kg SO ₂ eq	6,76E-02	0	1,28E-05	3,70E-04	1,76E-03	6,00E-05	1,69E-03	6,37E-02
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	2,41E-02	7,97E-03	2,84E-06	7,70E-05	3,90E-04	1,20E-05	2,80E-04	1,54E-02

Tabela A9- Resultados da AICV da embalagem

Categorias de Impacte	Unidades	Total	Emissões	Cartão	Camião 1 Cartão	Camião 2 Cartão	Camião 1 Cartão (Reciclagem)	Camião 2 Cartão (Reciclagem)	Cartão (Reciclagem)	Paletes de Madeira	Camião Paletes
DRAE	kg Sb eq	7,79E-08	0	7,61E-08	9,73E-15	6,16E-16	4,05E-13	5,25E-13	-2,3E-10	1,29E-09	2,27E-14
DRACF	MJ	-1,29E-02	0	1,38E-01	3,01E-05	1,90E-06	1,25E-03	1,63E-03	-8,12E-03	3,43E-02	7,02E-05
AG	kg CO ₂ eq	1,28E-02	0	1,04E-02	1,96E-06	1,24E-07	8,12E-05	1,05E-04	-6,10E-04	1,78E-03	4,58E-06
DCO	kg CFC-11 eq	2,32E-09	0	1,47E-09	3,65E-13	2,31E-14	1,52E-11	1,97E-11	-8,80E-11	1,81E-10	8,52E-13
OF	kg C ₂ H ₄ eq	4,65E-06	0	3,54E-06	2,88E-10	1,82E-11	1,25E-08	1,62E-08	-2,40E-07	1,35E-06	6,72E-10
A	kg SO ₂ eq	1,15E-04	0	6,91E-05	9,18E-09	5,81E-10	3,98E-07	5,17E-07	-5,50E-06	9,66E-06	2,14E-08
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	1,75 E-04	0	7,06E-05	2,03E-09	1,29E-10	8,85E-08	1,15E-07	-2,70E-06	9,15E-05	4,74E-09

Tabela A10- Resultados da AICV da embalagem

Categorias de Impacte	Unidades	Eletricidade	Plástico	Camião 1 Plástico	Camião 2 Plástico	Camião 3 Plástico	Camião 4 Plástico	Plástico (Reciclagem)	Camião 1 Plástico (Reciclagem)	Camião 2 Plástico (Reciclagem)
DRAE	kg Sb eq	5,62E-10	1,55E-10	2,13E-14	1,35E-16	1,10E-15	2,08E-18	4,85E-11	1,98E-14	4,86E-14
DRACF	MJ	9,00E-02	4,85E-02	6,59E-05	4,17E-07	3,41E-06	6,43E-09	-3,21E-01	6,12E-05	1,50E-04
AG	kg CO ₂ eq	6,84E-03	1,44E-03	4,31E-06	2,72E-08	2,23E-07	4,20E-10	-7,43E-03	3,97E-06	9,76E-06
DCO	kg CFC-11 eq	4,48E-10	6,83E-13	8,01E-13	5,06E-15	4,15E-14	7,81E-17	2,51E-10	7,43E-13	1,83E-12
OF	kg C ₂ H ₄ eq	2,16E-06	2,90E-07	6,32E-10	3,99E-12	3,27E-11	6,16E-14	-2,50E-06	6,09E-10	1,50E-09
A	kg SO ₂ eq	5,37E-05	5,47E-06	2,01E-08	1,27E-10	1,04E-09	1,96E-12	-1,90E-05	1,95E-08	4,78E-08
E	kg (PO ₄) ³⁻ eq	1,29E-05	4,54E-07	4,46E-09	2,82E-11	2,31E-10	4,35E-13	1,42E-06	4,33E-09	1,06E-08

Tabela A11- Processos da base de dados *Ecoinvent* – versão 3.01

Nome do processo	Atividades incluídas/cobertura geográfica e tecnológica	Idade dos dados
Aluminium, primary, ingot {RoW} production Alloc Def, U	<p>Included activities start: The unit process begins with the unloading of process material to their storage areas on site. The operations covered by this dataset include:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pre-treatment of hot metal - recovery and handling of internal process scrap - batching, metal treatment and casting operations - homogenizing, sawing and packaging activities - maintenance and repair of plant and equipment - treatment of process air, liquids and solids. - production of infrastructure (through rough estimate) was also added. <p>Included activities end: The output of this unit process is packaged aluminium ingots, wrought alloy.</p> <p>Geography: Rest of world Technology: 3 Current (default)</p>	<p>Start date: 2012-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Ammonia, liquid {RER} ammonia production, partial oxidation, liquid Alloc Def, U	<p>Manufacturing process starting with heavy fuel oil, air and electricity is considered, plus auxiliaries, energy, transportation, infrastructure and land use, as well as wastes and emissions into air and water. Transport of the raw materials, auxiliaries and wastes is included, transport and storage of the product are not included. Carbon Dioxide is the byproduct generated. Transient or unstable operations are not considered, but the production during stable operation conditions. Emissions to air are considered as emanating in a high population density area. Emissions into water are assumed to be emitted into rivers. Values are taken principally from EFMA 2000 and Frischknecht 1999 (see report). Inventory refers to 1 kg 100% ammonia, at plant.</p> <p>Geography: European average values Technology: mostly present state of the art technology used in european ammonia production plants</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Chemical, organic {GLO} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: A general module for organic chemicals is established, based on the modules of several organic substances from the ecoinvent database</p> <p>Geography: General module, based on chemicals from Europe, Switzerland and Global level, used as a global average.</p> <p>Technology: Present technology for the production of the different included chemicals (for details, see datasets of the respective chemical substance)</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Core board {RER} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: Material input, water (cooling & process) consumption, energy consumption, emissions to air and water. Estimations for transports and infrastructure. No waste reported.</p> <p>Geography: Data based on one finnish plant from Corenso Ltd. Representing here average European data Technology: presently used technology in a modern plant in Finland</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: additional energy use for production, no process specific emissions and material use.</p> <p>Geography: Estimation for the European situation.</p>	<p>Start date: 2005-01-01 End date: 2014-12-31</p>

	Technology: Different technologies might be used to reduce the sulphur content, e.g. better catalysts, new hydrodesulphurisation process, higher storage capacities, separate transport systems.	
Electricity, medium voltage {PT} market for Alloc Def, U	<p>Included activities start: This activity starts from 1kWh of electricity fed into the medium voltage transmission network.</p> <p>Included activities end: This activity ends with the transport of 1 kWh of medium voltage electricity in the transmission network over aerial lines and cables.</p> <p>This dataset includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - electricity inputs produced in this country and from imports and transformed to medium voltage - direct emissions to air (SF₆ from the insulation gas in the high voltage level switchgear are allocated to the electricity demand on medium voltage). - electricity losses during transmission <p>This dataset doesn't include:</p> <ul style="list-style-type: none"> - electricity losses during transformation from high to medium voltage or medium to low, as these are included in the dataset for transformation - leakage of insulation oil from cables and electro technical equipment (transformers, switchgear, circuit breakers) because this only happens in case of accidental release - SF₆ emissions during production and deconstruction of the switchgear, as these are accounted for in the transmission network dataset. <p>Geography: Portugal</p> <p>Technology: Average technology used to transmit and distribute electricity. Includes underground and overhead lines, as well as air-, vacuum- and SF₆-insulated high-to-medium voltage switching stations. Electricity production according to related technology datasets.</p>	<p>Start date: 2008-01-01</p> <p>End date: 2014-12-31</p>
EUR-flat pallet {RER} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: Includes only the materials and not the process of construction. The examined system is from gate to gate and as in most cases the pallets have a long life-span the waste treatment is not included. It must be included in the packing module.</p> <p>Geography: Europe</p> <p>Technology: Standard composition of materials</p>	<p>Start date: 2000-01-01</p> <p>End date: 2014-12-31</p>
Hydrochloric acid, without water, in 30% solution state {RER} hydrochloric acid production, from the reaction of hydrogen with chlorine Alloc Def, U	<p>Included activities start: From the reception of hydrochloric acid at the factory gate.</p> <p>Included activities end: This activity ends with 1 kg of hydrochloric acid,100% at the factory gate. The dataset includes the input materials, energy uses, infrastructure and emissions.</p> <p>Energy values: Undefined (default)</p> <p>Geography: RER</p> <p>Technology: Most of the produced HCl directly enters into other processes, and that relatively little is actually sold on the market (net sales in 1995 amounted to only 15% of the total demand). For the sake of simplicity, this report will assume that HCl originating from the EDC/VCM process is captive, i.e. resembles a closed-loop system. It is not sold on the open market.</p>	<p>Start date: 1997-01-01</p> <p>End date: 2014-12-31</p>

Kraft paper, unbleached {RER} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: This module includes the European production of unbleached kraft paper in an integrated mill - including transports to paper mill, wood handling, chemical pulping, paper production, energy production on-site and internal waste water treatment.</p> <p>Geography: Data from one European producer and from a finnish database used as European average data</p> <p>Technology: Average of present used technology</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Lime, hydrated, loose weight {RoW} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: Includes the processes: slaking, crushing, dust abatement (cyclone), transportation and storing. A part of the total heating energy for "production" and "administration" is included. Equipment included in the infrastructure: 1 swing hammer crusher, 2 cyclone dust catchers, 1 lime slaking plant, 2 conveyor worms, and 1 silo.</p> <p>Geography: data are from only one company in Switzerland (KFN), for some exchanges RER-modules have been used as proxy</p> <p>Technology: The company KFN works on a technically high level. Effective dust control systems are installed.</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Lubricating oil {RER} production Alloc Def, U	<p>Included activities start: From the reception of diesel at the factory gate.</p> <p>Included activities end: This activity ends with 1 kg of lubricating oil at the factory gate. The dataset includes the input materials, energy uses, infrastructure and emissions.</p> <p>Geography: Data used has no specific geographical origin (stoichiometry). Average european processes for raw materials, transport requirements and electricity mix used.</p> <p>Technology: Above image represents the typical yields of the different cuts from a conventional lubricating oil refining process</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Natural gas, low pressure {RoW} market for Alloc Def, U	<p>Included activities end: This dataset describes the energy requirements and the emissions of the low pressure distribution network in Switzerland.</p> <p>Geography: Energy requirements is based on Swiss statistics. Total leakages are specific for CH, ND-leakages are calculated out of the total with German data.</p> <p>Technology: The quantity of gas delivered in the ND network is estimated. Residential and half of commercial and of others are assumed to be ND.</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Neutralising agent, sodium hydroxide-equivalent {GLO} sodium hydroxide to generic market for neutralising agent Alloc Def, U	<p>Included activities start: Activity starting with the input of sodium hydroxide</p> <p>Included activities end: Activity ends with the proper conversion of soda ash to neutralising agent in NaOH-equivalents.</p> <p>Geography: based on geographical validity of datasets producing sodium hydroxide in chlor-alkali electrolysis.</p> <p>Technology: based on technology validity of datasets producing sodium hydroxide in chlor-alkali electrolysis.</p>	<p>Start date: 2000-01-01 End date: 2014-12-31</p>
Polyethylene, low density, granulate {RER} production Alloc Def, U	<p>Included activities end: Aggregated data for all processes from raw material extraction until delivery at plant</p> <p>Geography: 27 European production sites</p> <p>Technology: polymerization out of ethylene at high pressure and high temperature</p>	<p>Start date: 1999-01-01 End date: 2014-12-31</p>

<p>Powder coat, aluminium sheet {RER} powder coating, aluminium sheet Alloc Def, U</p>	<p>Included activities end: Chromatising of the aluminium sheet, powder coating and heat curing. No transports of the aluminium sheet to the coating plant or back are inventoried. Geography: Swiss waste treatment assumed Technology: Chomatising, coating and heat curing. Treatment of the waste water is assumed.</p>	<p>Start date: 1996-01-01 End date: 2014-12-31</p>
<p>Sulfuric acid {RER} production Alloc Def, U</p>	<p>Included activities end: Inventory Includes the obtention of SO₂-containing gas (by means of oxidation of the sulphur containing raw materials: elemental sulphur, pyrites, other sulphide ores or spent acids). It includes also the conversion of SO₂ to SO₃ and the absorption of SO₃ into solution (sulfuric acid in water) to yield Sulphuric acid. Geography: European average values Technology: part of the sources consider the average technology used in European sulphuric acid production plants. The others consider the state-of-the-art technology in Europe.</p>	<p>Start date: 2001-01-01 End date: 2014-12-31</p>
<p>Transport, freight, light commercial vehicle {Europe without Switzerland} processing Alloc Def, U</p>	<p>Included activities end: operation of vehicle; production and maintenance of vehicles; construction of road. In the energy use and combustion emissions dataset, fuel consumption is included. Direct airborne emissions of gaseous substances, particulate matters and heavy metals are accounted for. Particulate emissions comprise exhaust- and abrasions emissions. Heavy metal emissions to soil and water caused by tyre abrasion are included. Geography: The data for vehicle operation and road infrastructure reflect Swiss conditions. Technology: Petrol, various emission treatment standards. Diesel and petrol vehicles</p>	<p>Start date: 2005-01-01 End date: 2014-12-31</p>
<p>Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Def, U</p>	<p>Included activities start: From combustion of fuel in the engine. The dataset takes as input the infrastructure of the lorry and road network, the materials and efforts needed for maintenance of these and the fuel consumed in the vehicle for the journey. Included activities end: The activity ends with the transport service of 1tkm and the emissions of exhaust and non-exhaust emissions into air, water and soil. Geography: The data for road infrastructure reflect Swiss conditions. Data for vehicle operation, manufacturing and maintenance represents generic European data. Data for the vehicle disposal reflect the Swiss situation. Technology: Diesel and diesel engine. Lorry transport is further differentiated with respect to vehicle weight and emission technology standard (EURO-standard); classifications are based on those used widely within the works of the European Environment Agency, particularly in the Emissions Inventory Guidebook.</p>	<p>Start date: 2009-01-01 End date: 2014-12-31</p>
<p>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U</p>	<p>Included activities start: From combustion of fuel in the engine. The dataset takes as input the infrastructure of the lorry and road network, the materials and efforts needed for maintenance of these and the fuel consumed in the vehicle for the journey. Included activities end: The activity ends with the transport service of 1tkm and the emissions of exhaust and non-exhaust emissions into air, water and soil. Geography: Europe Technology: Lorry transport is further differentiated with respect to vehicle weight and emission technology standard (EURO-standard).</p>	<p>Start date: 2009-01-01 End date: 2014-12-31</p>

<p>Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} processing Alloc Def, U</p>	<p>Included activities end: The dataset ends with the service of transporting 1 ton over a distance of 1 km. The dataset includes the production, operation and maintenance of one transoceanic ship and construction of one port. The activity of energy use and combustion emissions ends with the service of transporting 1 ton over a distance of 1 km. The dataset includes the consumption of fuel, airborne gaseous emissions, particulate emissions, heavy metal emissions, persistent organic compounds (POPs) emissions, tributyltin compounds emissions to water and until and including the disposal of bilge oil.</p> <p>Geography: Data from one port in Netherlands is employed as an estimate for international water transportation. Data of the energy use and operation emissions is of global scope.</p> <p>Technology: The data of the transoceanic ship represents a ship with a tank size of approximately 50'000 dwt and an average of slow speed engine and steam turbine propulsion. And the data of the port represents the conditions at the Port of Rotterdam in Netherlands. The data of the energy use and combustion emissions represent an average between steam turbine (5%) and diesel engine (95%) propulsion. The fuel used is heavy fuel oil. Fuel consumption and emissions are representative for freight ship with a tank size of approximately 50'000 dwt. Exhaust emissions from marine diesel engines comprise carbon dioxide, carbon monoxide, oxides of sulphur and nitrogen, partially reacted and non-combusted hydrocarbons and particles. Metals and organic micro-pollutants are emitted in very small quantities. The data represents solid bulk transport.</p>	<p>Start date: 1992-01-01 End date: 2014-12-31</p>
<p>Window frame, aluminium, U=1.6 W/m2K {RER} production Alloc Def, U</p>	<p>Included activities end: Included processes are section bar rolling for steel parts and fittings, section bar extrusion for aluminium parts, extrusion of HDPE plastic, surface treatment (powder coating), all the road transport at different production phases, the heat waste and the disposal of the plastic cuttings.</p> <p>Geography: Window frames produced and sold in Switzerland and Germany</p> <p>Technology: The dataset describes highly automated technology processes in window frame manufacturing.</p>	<p>Start date: 1996-01-01 End date: 2014-12-31</p>