



ESTUDO DO CICLO DE VIDA DE UM DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO EM DIFERENTES REALIDADES CULTURAIS

JOSÉ MIGUEL LIMA PAIXÃO MARTINS DE CARVALHO

novembro de 2019

ESTUDO DO CICLO DE VIDA DE UM DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO EM DIFERENTES REALIDADES CULTURAIS

José Miguel Lima Paixão Martins de Carvalho

1141098

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica - DEM



ESTUDO DO CICLO DE VIDA DE UM DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO EM DIFERENTES REALIDADES CULTURAIS

José Miguel Lima Paixão Martins de Carvalho

1141098

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do ISEP e coorientação da Especialista Luísa Maria Gaspar Morgado da Mota, Equiparada a Professor Adjunto do ISEP.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica - DEM



JÚRI

Presidente

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, ISEP

Coorientador

Especialista Luísa Maria Gaspar Morgado de Mota
Professor Adjunto Convidado, ISEP

Arguente

Doutora Ana Margarida Araújo Barros Fonseca
Professora Associada, Universidade Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

À Efacec *Power Solutions* por ter sido e por ser, de momento, a minha casa em termos profissionais, tendo proposto o tema que deu origem a esta dissertação.

Ao Eng.º Filipe Rocha, como meu orientador na empresa, por ter acompanhado a dissertação, no seu decorrer, por ter fornecido todo o material essencial à realização da mesma e por ter intervindo sempre que necessário.

Ao Eng.º Pedro Cruz Lima, chefe da equipa Industrialização do Produto, por ter feito igual acompanhamento e por toda a ajuda que deu na realização da presente dissertação.

Aos colegas da Industrialização do Produto, ora pelas palavras de incentivo, ora pelo seu tempo despendido em toda a ajuda fornecida e no esclarecimento de dúvidas. Aos demais colegas, o meu obrigado, também.

Ao Eng.º Francisco Silva, orientador do ISEP, por toda a ajuda prestada e por nunca me faltar quando surgiu qualquer dúvida ou imprevisto.

À Karin Piekema, responsável de compras do *software SimaPro*, por ter fornecido uma licença, temporária de estudante, para a utilização do mesmo.

À minha família, por toda a ajuda prestada a todos os níveis.

PALAVRAS CHAVE

Análise do Ciclo de Vida, Impacto Ambiental, Portugal, Índia, Disjuntor, Média tensão, Sustentabilidade, Ambiente.

RESUMO

Os disjuntores de média tensão são equipamentos de proteção utilizados em celas de média tensão, com o intuito de protegerem os sistemas elétricos onde estão inseridos, em caso de curto circuito do sistema.

O estudo dos impactos ambientais de um disjuntor de média tensão surge numa auditoria realizada à unidade de negócio da Aparelhagem de Alta e Média Tensão (AMT, Efacec), relativamente à norma NP EN ISO 14001:2015, referente aos aspetos ambientais, que recomendou que passasse a ser incluído em toda a documentação já existente dos produtos, também um documento que contivesse a informação inerente aos aspetos ambientais, na perspetiva do ciclo de vida do produto, no desenvolvimento de novos produtos e nos projetos de reengenharia/industrialização.

Sendo assim, com base nas normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, estabeleceu-se uma metodologia para o estudo do ciclo de vida do disjuntor de média tensão, baseado em quatro fases, estipuladas pelas normas supracitadas: objetivo e âmbito; análise do inventário; análise dos impactos e, por fim, interpretação.

Com a necessidade de se fazer um estudo de ciclo de vida, optou-se por fazer a comparação entre um disjuntor de média tensão produzido na Índia e um produzido em Portugal, uma vez que a Efacec está presente nestas duas realidades e necessita de averiguar e garantir a sustentabilidade dos seus produtos.

Este estudo comparativo serve de guião para se verificarem e corrigirem as lacunas ambientais existentes nos disjuntores de média tensão em questão, garantido uma uniformização da produção dos disjuntores quer na Índia, quer em Portugal.

Conclui-se que, ao fazer a comparação entre o disjuntor de média tensão produzido na Índia e o mesmo produzido em Portugal, este último apresenta menor impacto ambiental que o primeiro. As matérias primas como o aço e o cobre contribuem para um aumento do impacto devido à sua forte presença em quantidade e em processos para a sua transformação. A parcela de transporte correspondente à deslocação entre Índia e Portugal acrescenta um impacto superior, devido aos recursos consumidos pela grande distância percorrida.

KEYWORDS

Life Cycle Assessment, Environmental Impact, Portugal, India, Circuit breaker, Medium voltage, Sustainability, Environment.

ABSTRACT

The medium-voltage circuit breakers are protection equipments, used in the medium-voltage cells, with the aim of protecting the electric systems in which they are inserted, in the short circuit's scenario.

The environmental impacts' study of a medium-voltage circuit breaker arises from an audit made to the Switchgear business unit (AMT, Efacec) concerning the NP EN ISO 14001:2015 standard, referring to the environmental aspects, which recommended to include in all existing documentation related to the products, a document that contained the information inherent to environmental aspects, in the perspective of the product life cycle, in the development of new products and in the re-engineering/industrialization projects.

Thus, based on the ISO 14040:2006 and ISO 14044:2006 standards, it was established a methodology for the study of the life cycle of the medium-voltage circuit breaker, based on four phases, stipulated by the aforementioned standards: goal and scope; inventory analysis; impact analysis and, at last, interpretation.

With the need of doing a life cycle assessment, it was chosen to do a comparison between a circuit breaker produced in India and an equal one produced in Portugal, since Efacec is present in these two realities and needs to verify and assure the sustainability of their products.

This study is meant to be used as a guide to verify and correct the environmental gaps existing in the medium voltage circuit breakers in question, assuring the circuit breaker production's uniformization in India and in Portugal.

It is concluded that, when comparing the medium voltage circuit breaker produced in India and the same produced in Portugal, the latter has less environmental impact than the first. The raw materials such as steel and copper contribute to the impact's increasing because of the strong presence in quantity and in transformation processes. The transport parcel corresponding to the shift from India and Portugal adds a higher impact, due to the resources consumed by the long distance traveled.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Designação
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ACVS	Análise do Ciclo de Vida do ponto de vista Social
AICV	Análise dos Impactos do Ciclo de Vida
AMT	Aparelhagem de Alta e Média Tensão (nomenclatura Efacec)
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APOS U	<i>Allocation at point of substitution - unit</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CH	<i>Switzerland</i>
DAP	Declaração Ambiental do Produto
DE	<i>Deutschland</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
DIVAC	Disjuntor de Vácuo
EC	Economia Circular
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
EFTA	<i>European Free Trade Association</i>
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
EPR	<i>Environmental Producer Responsibility</i>
EPS	<i>Efacec Power Solutions</i>
EU27	<i>European Union 27</i>
FV	Fibra de vidro
GCC	<i>Gulf Cooperation Council</i>
IAI	<i>International Aluminium Institute</i>
ICV	Inventário do Ciclo de Vida

NBR	<i>Nitrile Butadiene Rubber</i>
PA	Poliamida
PBT	Polibutileno Tereftalato
PC	Policarbonato
PIP	Políticas Integradas do Produto
PO SEUR	Programa Operacional Sustentabilidade e Uso Eficiente dos Recursos
PP	Polipropileno
Pt	<i>Points of Impact</i> (nomenclatura do <i>software</i>)
PVC	Policloreto de Vinilo
RAS	<i>Region of Asia</i> (nomenclatura do <i>software</i>)
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
RER	<i>Region of Europe</i> (nomenclatura do <i>software</i>)
RIVM	<i>Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu</i>
RoW	<i>Rest of the World</i> (nomenclatura do <i>software</i>)
SAIC	<i>Scientific Applications International Corporation</i>
SAK	<i>Standard Assembly Kit</i>
SS	<i>Stainless Steel</i>
St	<i>Steel</i>
UE	União Europeia

Lista de Unidades

Unidade	Designação
A	Ampere
DALY	<i>Disability Adjusted Life Years</i>
kBq Co-60 eq	Quilobecquerel de cobalto-60 equivalente
kg	Quilograma
kg 1,4-DCB	Quilograma de 1,4-diclorobenzeno
kg CFC-11 eq	Quilograma de triclorofluormetano equivalente
kg CO₂eq	Quilograma de dióxido de carbono equivalente
kg Cu eq	Quilograma de cobre equivalente
kg N eq	Quilograma de azoto equivalente
kg NO_x eq	Quilograma de óxidos de azoto equivalente
kg oil eq	Quilograma de petróleo equivalente
kg P eq	Quilograma de fósforo equivalente
kg PM_{2.5} eq	Quilograma de partículas atmosféricas equivalente, com diâmetro igual ou inferior a 2,5 micrómetros
kg SO₂ eq	Quilograma de dióxido de enxofre equivalente
m²a crop eq	Quantidade de produção agrícola colhida por unidade de área

m³	Metro cúbico
mm	Milímetro
species.yr	<i>Species year</i>
USD (\$)	Dólar americano
V	Volt

Lista de Símbolos

Símbolos	Designação
®	Marca registada
Al	Alumínio
CO₂	Dióxido de carbono
Cr	Crómio
Cu	Cobre
Cu-ETP	Cobre eletrolítico
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
NH₃	Amoníaco
Ni	Níquel
NO_x	Óxidos de azoto
P	Fósforo
Pb	Chumbo
Sn	Estanho
SO₂	Dióxido de enxofre
Zn	Zinco

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
Abastecimento público de água	A atividade que compreende a captação, o tratamento, a elevação, o transporte, o armazenamento, a distribuição e a utilização da água.
Indicador <i>endpoint</i>	Os indicadores que se baseiam em alterações no final da cadeia causa-efeito, chamam-se métodos <i>endpoint</i> ou métodos de dano.
Indicador <i>midpoint</i>	Os indicadores que se baseiam nas alterações no início da cadeia causa-efeito, chamam-se indicadores <i>midpoint</i> ou métodos de impacto.
Sistema de saneamento de águas residuais em alta	No abastecimento público de água, são designados sistemas em alta os constituídos por um conjunto de componentes a montante da rede de distribuição, fazendo a ligação do meio hídrico ao sistema em baixa.
Sistema de saneamento de águas residuais em baixa	No abastecimento público de água, são designados sistemas em baixa os constituídos por um conjunto de componentes que permitem prestar aos consumidores o serviço de abastecimento de água.
<i>Standard Assembly Kit</i>	<i>Kit</i> de montagem que é comum a outros conjuntos.
<i>Trade-off</i>	Um equilíbrio entre duas componentes desejáveis, mas incompatíveis; um compromisso.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 - OS QUINZE DESAFIOS GLOBAIS PARA A HUMANIDADE, [2].	3
FIGURA 1-2 - OS 17 OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, [4].	4
FIGURA 1-3 - METODOLOGIA DE TRABALHO ADOTADA.	5
FIGURA 2-1 - MAPA LINGUÍSTICO DO ECODESIGN, [28].	20
FIGURA 2-2 - ETAPAS DE UM CICLO DE VIDA, [32].	22
FIGURA 2-3 - CICLO DA ECONOMIA CIRCULAR, [42].	24
FIGURA 2-4 - DIFERENTES PASSOS DA CADEIA DA RECICLAGEM, [45].	25
FIGURA 2-5 - ABORDAGEM TRADICIONAL AO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS E MATERIAIS, [49].	27
FIGURA 2-6 - ABORDAGEM AVANÇADA AO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS E MATERIAIS, [49].	27
FIGURA 3-1 - VISTA AÉREA DA SEDE DA EFACEC (FONTE: HTTPS://WWW.EFACEC.PT/QUEM-SOMOS/).	31
FIGURA 3-2 - SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA, [53].	32
FIGURA 3-3 - FIGURA REPRESENTATIVA DUMA CELA DE NORMACEL, [54].	33
FIGURA 3-4 - FIGURA REPRESENTATIVA DUMA CELA DE QBN7, [54].	33
FIGURA 3-5 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM DISJUNTOR DIVAC, [54].	33
FIGURA 3-6 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM DISJUNTOR OCB, [54].	33
FIGURA 3-7 - FIGURA REPRESENTATIVA DUMA CELA DE NORMAFIX, [54].	34
FIGURA 3-8 - FIGURA REPRESENTATIVA DUMA CELA DE FLUOFIX, [54].	34
FIGURA 3-9 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM REVAC, [54].	34
FIGURA 3-10 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM IATS, [54].	34
FIGURA 3-11 - SECCIONADOR HORIZONTAL, [54].	35
FIGURA 3-12 - SECCIONADOR VERTICAL, [54].	35
FIGURA 3-13 - SECCIONADOR PANTÓGRAFO, [54].	35
FIGURA 3-14 - SECCIONADOR SEMI-PANTÓGRAFO, [54].	35
FIGURA 3-15 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM PUCMET, [54].	36
FIGURA 3-16 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM PUCBET, [54].	36
FIGURA 3-17 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM MAS/MSB, [54].	36

FIGURA 3-18 - FIGURA REPRESENTATIVA DE UM POWERPUC, [54].	36
FIGURA 3-19 - RECOMENDAÇÃO DADA PELA EQUIPA AUDITORA.	36
FIGURA 3-20 - FASES DUMA ACV E RESPECTIVAS APLICAÇÕES, [30].	37
FIGURA 3-21 - FLUXO DE ENTRADAS E SAÍDAS DE UM CICLO DE VIDA, [56].	40
FIGURA 3-22 - PROCEDIMENTOS RELATIVOS À ANÁLISE DO INVENTÁRIO, [31].	40
FIGURA 3-23 - CONCEITO DE INDICADORES DE CATEGORIA, [31].	42
FIGURA 3-24 - RELAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS PERTENCENTES À FASE DE INTERPRETAÇÃO COM AS OUTRAS FASES DA ACV, [31].	44
FIGURA 3-25 - SAK - DIVAC 2416B LONG, (FONTE: <i>SOFTWARE 3D CREO PARAMETRIC</i> ®).	46
FIGURA 3-26 - DIMENSÕES DO DIVAC, [60].	47
FIGURA 3-27 - CONSTITUIÇÃO GERAL DO DIVAC, [59].	48
FIGURA 3-28 - CELA NORMAFIX 24 COM DISJUNTOR DIVAC 2416B, [61].	49
FIGURA 3-29 - FRONTEIRA DO CICLO DE VIDA REAL DEFINIDO PARA O DIVAC.	49
FIGURA 3-30 - FRONTEIRA DO CICLO DE VIDA REAL PROPOSTO PARA O DIVAC.	50
FIGURA 3-31 - RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DA CATEGORIA <i>MIDPOINT</i> E OS INDICADORES DA CATEGORIA <i>ENDPOINT</i> , DA METODOLOGIA RECIPE, [66].	53
FIGURA 3-32 - VISTA EXPLODIDA DO DIVAC.	65
FIGURA 3-33 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS MATERIAIS E QUANTIDADES PRESENTES NO POLO DO DIVAC.	67
FIGURA 3-34 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS MATERIAIS E QUANTIDADES PRESENTES NO GRUPO CHASSI DO DISJUNTOR MONTADO.	68
FIGURA 3-35 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS MATERIAIS E QUANTIDADES TOTAIS PRESENTES NO DIVAC.	70
FIGURA 3-36 - MAPA DO POSSÍVEL TRAJETO ENTRE EFACEC - ÍNDIA E LISBOA, COM PARAGEM NA EFACEC - SEDE, (FONTE: HTTPS://PT.MELHORESROTAS.COM).	70
FIGURA 3-37 - MAPA DO TRANSPORTE ENTRE EFACEC - SEDE E LISBOA, (FONTE: HTTPS://PT.MELHORESROTAS.COM).	71
FIGURA 3-38 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE PRODUÇÃO DO DIVAC - ÍNDIA, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).	76
FIGURA 3-39 - ÁRVORE DE MATERIAIS DO POLO DO DIVAC - ÍNDIA, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).	77
FIGURA 3-40 - COMPARAÇÃO ENTRE O COBRE RAS E O COBRE RER.	78

FIGURA 3-41 - ÁRVORE DE MATERIAIS DA MONTAGEM DO CHASSI DO DIVAC - ÍNDIA, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	79
FIGURA 3-42 - COMPARAÇÃO ENTRE O COBRE RAS E O AÇO ROW.....	80
FIGURA 3-43 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE PRODUÇÃO DO DIVAC - PORTUGAL, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	81
FIGURA 3-44 - ÁRVORE DE MATERIAIS DA MONTAGEM DO CHASSI DO DIVAC - PORTUGAL, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	82
FIGURA 3-45 - COMPARAÇÃO ENTRE O COBRE RER E O AÇO RER.....	82
FIGURA 3-46 - ÁRVORE DE MATERIAIS DO POLO DO DIVAC - PORTUGAL, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	83
FIGURA 3-47 - COMPARAÇÃO ENTRE O COBRE (CENÁRIO ÍNDIA E PORTUGAL) E O AÇO (CENÁRIO ÍNDIA E PORTUGAL).....	84
FIGURA 3-48 - VIDA ELÉTRICA DAS AMPOLAS DE VÁCUO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE MANOBRAS REALIZADAS (N), [60].	84
FIGURA 3-49 - RESULTADO DO IMPACTO AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA DO DIVAC - ÍNDIA, (FONTE: <i>PSOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	89
FIGURA 3-50 - RESULTADO DO IMPACTO AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA DO DIVAC - ÍNDIA, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	90
FIGURA 3-51 - RESULTADOS COMPARATIVOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS, NA FASE DE PRODUÇÃO, DOS DOIS DIVAC, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	91
FIGURA 3-52 - RESULTADOS COMPARATIVOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS, NO CICLO DE VIDA, DOS DOIS DIVAC, (FONTE: <i>SOFTWARE SIMAPRO 9.0</i>).....	92

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2-1 - EIXO I - APOIAR A TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA COM BAIXAS EMISSÕES DE CARBONO EM TODOS OS SETORES, [10].....	12
TABELA 2-2 - EIXO II - PROMOVER A ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E À PREVENÇÃO E GESTÃO DE RISCOS, [10].	13
TABELA 2-3 - EIXO III - PROTEGER O AMBIENTE E PROMOVER A EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS, [10].....	14
TABELA 3-1 - ARTIGOS VENDIDOS, GLOBALMENTE, PELA EFACEC AOS SEUS CLIENTES, DE 2014 A 2018. 45	
TABELA 3-2 - CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DIMENSÕES, [60].	47
TABELA 3-3 - ETAPAS DO CICLO DE VIDA E RESPECTIVAS FRONTEIRAS DEFINIDAS.	50
TABELA 3-4 - TABELA DE INDICADORES <i>MIDPOINT</i> DO MÉTODO RECIPE.....	54
TABELA 3-5 - TABELA DE INDICADORES <i>ENDPOINT</i> DO MÉTODO RECIPE.....	54
TABELA 3-6 - VISÃO GERAL DAS CATEGORIAS <i>ENDPOINT</i> , INDICADORES E FATORES DE CARACTERIZAÇÃO, [67].....	55
TABELA 3-7 - LEVANTAMENTO EFETUADO PARA COMPREENDER AS VARIÁVEIS ESSENCIAIS PARA RECOLHA DE INFORMAÇÃO.	56
TABELA 3-8 - DEFINIÇÃO DE CAMPOS PARA O INVENTÁRIO.....	57
TABELA 3-9 - CORRESPONDÊNCIA ATRIBUÍDA ENTRE OS PROCESSOS REAIS E O <i>SIMAPRO</i> – ÍNDIA.	58
TABELA 3-10 - CORRESPONDÊNCIA ATRIBUÍDA ENTRE OS PROCESSOS REAIS E O <i>SIMAPRO</i> - PORTUGAL.	59
TABELA 3-11 - MATERIAIS QUE COMPÕEM O DIVAC.	60
TABELA 3-12 - EQUIVALÊNCIA ENTRE O MATERIAL DEFINIDO E O MATERIAL NO <i>SIMAPRO</i> – ÍNDIA.	62
TABELA 3-13 - EQUIVALÊNCIA ENTRE O MATERIAL DEFINIDO E O MATERIAL NO <i>SIMAPRO</i> – PORTUGAL.	63
TABELA 3-14 - DEFINIÇÃO DE GRUPOS PARA ALOCAÇÃO DE DADOS NAS VÁRIAS ETAPAS DO CICLO DE VIDA.	66
TABELA 3-15 – MATERIAIS E QUANTIDADES PRESENTES NO GRUPO POLO DO DIVAC.	67
TABELA 3-16 – MATERIAIS E QUANTIDADES PRESENTES NO GRUPO CHASSI DO DISJUNTOR MONTADO.	68

TABELA 3-17 – MATERIAIS E QUANTIDADES PRESENTES NOS GRUPOS DE MENOR DIMENSÃO: DISCO MONTADO, PORCA, ANILHA, REBITE E TRAVESSA SUPERIOR DA FRENTE.....	69
TABELA 3-18 - MATERIAIS E QUANTIDADES TOTAIS PRESENTES NO DIVAC.	69
TABELA 3-19 - CORRESPONDÊNCIA ENTRE OS CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO REAIS E OS DO <i>SOFTWARE</i>	72
TABELA 3-20 - CORRESPONDÊNCIA ENTRE OS CENÁRIOS DE FIM DE VIDA REAIS E OS DO <i>SOFTWARE</i>	73
TABELA 3-21 - RESUMO DOS DADOS CONSIDERADOS PARA O CÁLCULO DA ACV.	74
TABELA 3-22 - ADAPTAÇÃO DOS MATERIAIS DO <i>SOFTWARE</i> AOS MATERIAIS DO DIVAC.	75
TABELA 3-23 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE PRODUÇÃO DO DIVAC - ÍNDIA. ..	75
TABELA 3-24 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE PRODUÇÃO DO DIVAC - PORTUGAL.	80
TABELA 3-25 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE UTILIZAÇÃO DO DIVAC - ÍNDIA...	85
TABELA 3-26 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE UTILIZAÇÃO DO DIVAC - PORTUGAL.	85
TABELA 3-27 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE FIM DE VIDA DO DIVAC - ÍNDIA.	86
TABELA 3-28 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE DE FIM DE VIDA DO DIVAC - PORTUGAL.	86
TABELA 3-29 - MATERIAIS REUTILIZÁVEIS E NÃO REUTILIZÁVEIS DOS POLOS DO DIVAC.	87
TABELA 3-30 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO CICLO DE VIDA DO DIVAC - ÍNDIA.	88
TABELA 3-31 - RESULTADOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO CICLO DE VIDA DO DIVAC - PORTUGAL....	89
TABELA 3-32 - COMPARAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS, NA FASE DE PRODUÇÃO, DOS DOIS DIVAC.	91
TABELA 3-33 - COMPARAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS, NO CICLO DE VIDA, DOS DOIS DIVAC.	92

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Metodologia utilizada	5
1.4	Estrutura da dissertação	5
1.5	Empresa de acolhimento	6
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Cuidados a observar com o ambiente.....	9
2.1.1	Metas ambientais – União Europeia	9
2.1.1.1	Tratado da união europeia	10
2.1.1.2	Estratégia europa 2020.....	10
2.1.2	Metas ambientais – Portugal	11
2.2	Resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos	15
2.2.1	Definição de resíduos elétricos	15
2.2.2	Perigosidade do equipamento elétrico	15
2.2.3	Políticas de redução de resíduos elétricos	16
2.3	Ferramentas para produção sustentável	18
2.3.1	Ecodesign.....	18

2.3.1.1	Introdução	18
2.3.1.2	O conceito de ecodesign	19
2.3.2	Análise de Ciclo de Vida.....	21
2.3.3	Economia circular	23
2.3.4	Política dos 3R's – reciclagem / reuso / redução.....	25
2.3.4.1	Reciclagem	25
2.3.4.2	Reuso	26
2.3.4.3	Redução	28
3.	DESENVOLVIMENTO	31
3.1	Apresentação da empresa e produtos.....	31
3.1.1	A unidade de negócio – Efacec AMT	32
3.1.1.1	Distribuição primária	32
3.1.1.2	Distribuição secundária	33
3.1.1.3	Aparelhagem de alta tensão.....	34
3.1.1.4	Postos de transformação	35
3.2	Definição do problema.....	36
3.3	Caso de estudo - estabelecimento da metodologia.....	37
3.3.1	Definição do objetivo e do âmbito	38
3.3.1.1	Objetivo	38
3.3.1.2	Âmbito	38
3.3.1.3	Função e unidade funcional.....	38
3.3.1.4	Fronteiras do sistema	38
3.3.1.5	Metodologia da AICV e tipos de impactos.....	39

3.3.1.6	Requisitos da qualidade dos dados.....	39
3.3.2	Análise do inventário.....	39
3.3.3	Análise dos impactos.....	41
3.3.3.1	Elementos obrigatórios.....	41
	Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e caracterização dos modelos.....	42
	Atribuição dos resultados da análise de inventário para as categorias de impacto selecionadas (classificação).....	43
	Cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização).....	43
3.3.3.2	Elementos opcionais.....	43
3.3.4	Interpretação.....	44
3.4	Caso de estudo – aplicação da metodologia.....	45
3.4.1	Objetivo e âmbito.....	45
3.4.1.1	Objetivo.....	45
3.4.1.2	Âmbito.....	45
3.4.1.3	Função e unidade funcional.....	46
	DIVAC.....	46
	Normafix.....	48
3.4.1.4	Fronteiras do sistema.....	49
3.4.1.5	Metodologia da AICV e tipos de impactos.....	51
	Análise da escolha de <i>software</i>	51
	<i>Software SimaPro</i>	51
	Métodos de AICV Utilizados.....	52
3.4.1.6	Pressupostos e limitações.....	55
3.4.2	Análise do inventário.....	56

3.4.2.1	Considerações gerais	56
3.4.2.2	Fase de produção.....	57
3.4.2.3	Fase de utilização.....	70
3.4.2.4	Fase de fim de vida	72
3.4.3	Análise dos impactos e interpretação de resultados	73
3.4.3.1	Considerações gerais	73
3.4.3.2	Fase de produção.....	74
	DIVAC Índia	75
	DIVAC Portugal.....	80
3.4.3.3	Fase de utilização.....	84
	DIVAC Índia	85
	DIVAC Portugal.....	85
3.4.3.4	Fase de fim de vida	85
	Materiais não recicláveis.....	86
	Desmontagem.....	87
	Reuso.....	88
3.4.3.5	Ciclo de vida.....	88
	DIVAC Índia	88
	DIVAC Portugal.....	89
3.4.3.6	Comparação entre DIVAC Índia e DIVAC Portugal.....	90
3.4.4	Sugestões de melhoria do produto	93
4.	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	97
4.1	Conclusões	97

4.2	Propostas de trabalhos futuros.....	98
5.	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	101
5.1	Artigos e outras fontes citadas em texto	101
5.2	Normas e diretivas	107
5.2.1	Normas	107
5.2.2	Diretivas.....	107
5.3	Outros.....	107

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA UTILIZADA

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1.5 EMPRESA DE ACOLHIMENTO

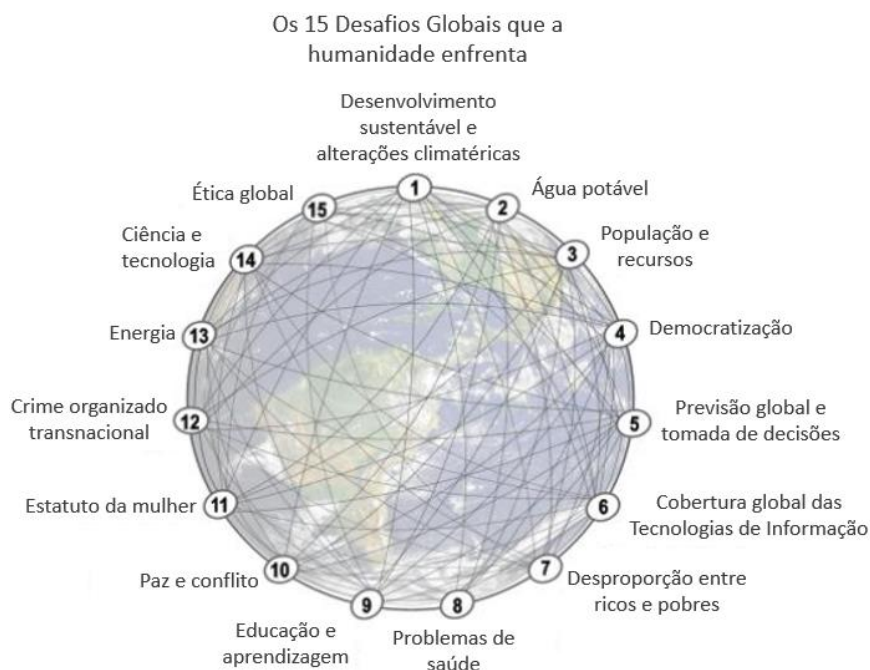
1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A constante evolução do ser humano levou, naturalmente, a um aumento da população, à adoção de um estilo de vida ocidental, ao aumento do fenómeno de globalização e à criação de cadeias de valor lineares. Estas práticas contínuas resultaram em alterações climáticas e aquecimento global; numa utilização intensiva dos recursos, não visando a regeneração dos mesmos; necessidade abrupta da diminuição da pobreza; volatilidade dos mercados, com efeito nos preços; seca; desflorestação; ameaças à biodiversidade; epidemias, entre outros. Como consequência destas ações, a preocupação dos consumidores aumenta, os riscos para as marcas são mais evidentes, os problemas legais e regulamentares intensificam-se e, como resultado, surge a possibilidade de não se assegurar a sobrevivência das gerações futuras [1].

Michael Marien, fundador e editor do *Future Survey*, um guia mensal relativo a livros, relatórios e artigos publicados pela *World Future Society*, relevantes para o futuro, referiu que a temática dos *15 Desafios Globais*, que a humanidade enfrenta, continua a ser a melhor forma de apresentar os assuntos chave do século XXI [2].

Os *15 Desafios Globais* estão representados na Figura 1-1:



Estes são um conjunto de desafios que têm vindo a ser identificados e atualizados através duma análise constante do ambiente, de opiniões de especialistas, do método de *Delphi* e de entrevistas, desde 1996, que fornecem um suporte para avaliar as perspetivas globais e locais para a humanidade [3].

Numa mesma perspetiva, as Nações Unidas definiram os *17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável*, pertencentes a uma nova agenda de ações até 2030 [4], como é possível verificar pela Figura 1-2.



Figura 1-2 - Os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, [4].

Agora a pergunta que se prende é: Como se pode tentar cumprir com estes objetivos e desafios? O correto desenvolvimento, acompanhamento e funcionamento das atividades de investigação, desenvolvimento e inovação, a nível da indústria, devem visar, sempre, o desenvolvimento sustentável do produto, na perspetiva de redução quase total, ou até mesmo total, do impacto ambiental, assegurando-se um ciclo de vida sustentável dos materiais com o foco em conceitos como o ecodesign; a política dos 3R; a economia circular; entre outros.

1.2 OBJETIVOS

Estabeleceu-se como principal objetivo aferir em qual dos países, Índia ou Portugal, seria mais vantajoso, em termos ambientais, na perspetiva do ciclo de vida, a produção do disjuntor de média tensão.

A concretização do proposto permitirá à Efacec auferir vantagem nos seus produtos, uma vez que é uma premissa da mesma implementar uma ideologia de desenvolvimento de produtos cada vez mais sustentáveis ambientalmente.

Assim sendo, com o estudo a efetuar, pretende-se fazer cumprir com o sugerido pela auditoria realizada à unidade de negócio do AMT, relativamente à norma NP EN ISO 14001:2015, referente aos aspetos ambientais, completando o relatório de documentação e ajudando, assim, à redução da pegada ambiental da Efacec no mundo.

1.3 METODOLOGIA UTILIZADA

A Figura 1-3 ilustra a metodologia utilizada, de acordo com os objetivos supracitados.

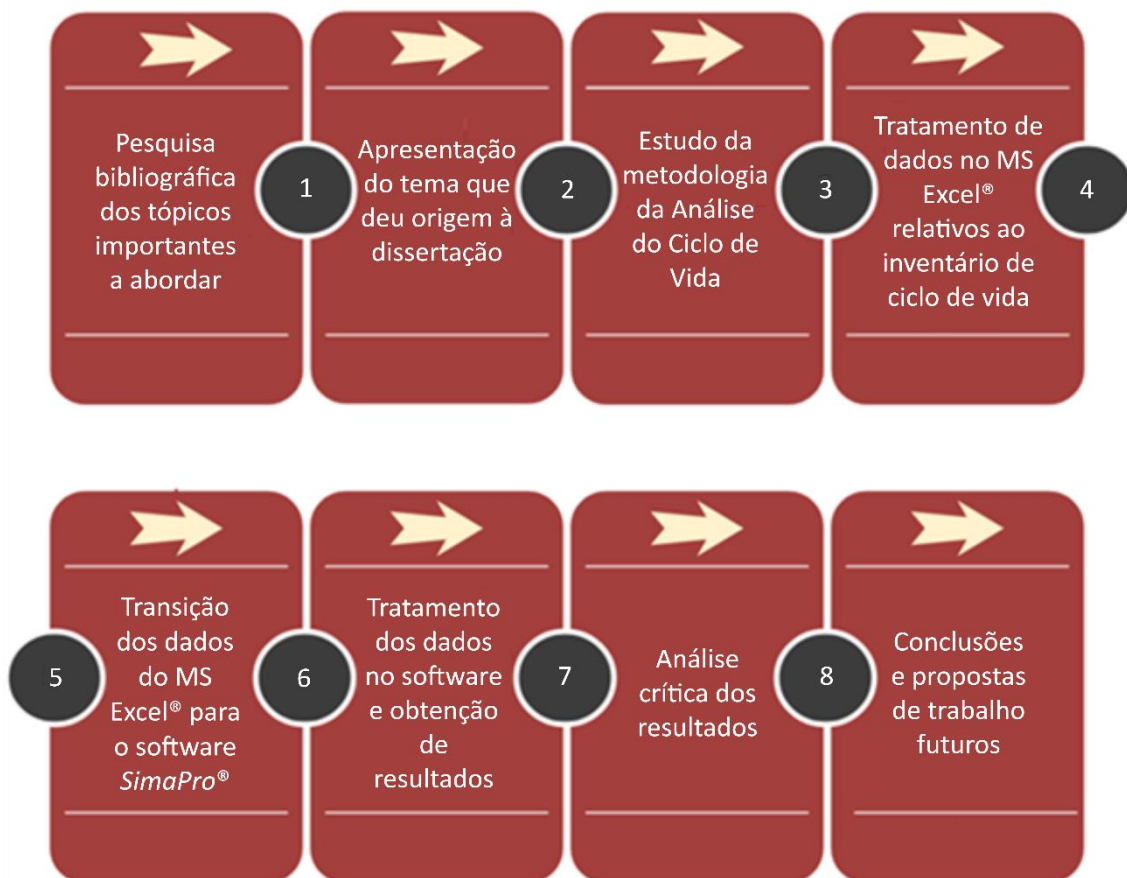


Figura 1-3 - Metodologia de trabalho adotada.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos, nomeadamente:

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma contextualização relativa ao tema da dissertação, são apresentados os objetivos iniciais, propostos; é explicada a metodologia utilizada; como se estruturou e onde foi realizada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aqui são apresentados os tópicos importantes, em forma de enquadramento teórico, relativos ao ciclo de vida do produto. São apresentadas algumas definições que servirão de suporte para o capítulo do desenvolvimento. Deste capítulo fazem parte os seguintes tópicos: cuidados a observar com o ambiente; resíduos elétricos e ferramentas para a produção sustentável.

3 DESENVOLVIMENTO

Apresentação e aplicação da metodologia que deu sustentação à realização do desenvolvimento desta dissertação. É neste capítulo que se insere o núcleo desta. O estudo é realizado sobre um caso específico de um disjuntor de média tensão. Segue-se a apresentação da empresa e dos produtos; definição do problema, isto é, o que deu origem ao tema aqui abordado; estabelecimento da metodologia, referente à análise do ciclo de vida e, por fim, aplicação da mesma. Inclui, ainda, análise e interpretação dos resultados; análise de sustentabilidade ambiental e sugestões de melhoria do produto.

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

São apresentadas as conclusões resultantes de todos os aspetos que se consideram importantes e de todas as fases que envolveram esta dissertação. Apresentam-se, também, as possíveis propostas de trabalhos futuros, a desenvolver, ou ainda no âmbito desta dissertação, ou que, a partir desta, possam resultar em outros trabalhos a desenvolver.

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Apresentação de todo o conteúdo que serviu como suporte à realização da presente dissertação.

1.5 EMPRESA DE ACOLHIMENTO

A empresa onde se realizou o estágio curricular foi a Efacec, mais concretamente na unidade de negócio do AMT, situada no lugar Parque Empresarial da Arroteia (Poente), apartado 1018 – 4466-952, São Mamede de Infesta, Portugal.

O estágio teve início no dia 4 de setembro de 2018 e fim no dia 9 de abril de 2019 e desenvolveu-se sobre a orientação do Eng.º Filipe Rocha.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Cuidados a observar com o ambiente
- 2.2 Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
- 2.3 Ferramentas para produção sustentável

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Toda esta contextualização teórica visa dar resposta ao problema proposto e explicado no capítulo do desenvolvimento.

2.1 CUIDADOS A OBSERVAR COM O AMBIENTE

O organismo em Portugal com a missão de “Propor, desenvolver e acompanhar a gestão integrada e participada das políticas de ambiente e de desenvolvimento sustentável, de forma articulada com outras políticas sectoriais e em colaboração com entidades públicas e privadas que concorram para o mesmo fim, tendo em vista um elevado nível de proteção e de valorização do ambiente e a prestação de serviços de elevada qualidade aos cidadãos” e a visão de “Contribuir para o desenvolvimento sustentável de Portugal, assente em elevados padrões de proteção e valorização dos sistemas ambientais e de abordagens integradas das políticas públicas” é a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) [5].

Esta interpreta um papel de relevo na aplicação das políticas públicas de ambiente e desenvolvimento sustentável em Portugal. Cabe-lhe também divulgar informação relevante sobre questões e temas de âmbito comunitário e internacional, com vista a facilitar o respetivo acompanhamento pelas partes interessadas [6].

2.1.1 METAS AMBIENTAIS – UNIÃO EUROPEIA

Segundo a APA [6], a Europa vê-se atualmente confrontada com o desafio de estimular o crescimento necessário para criar emprego e bem-estar para os seus cidadãos, e de garantir que a qualidade desse crescimento conduza a um futuro sustentável e de baixo carbono.

Ao longo dos últimos 40 anos, foi instituído na União Europeia um amplo leque de legislação ambiental, que contribuiu para o conjunto de normas mais abrangentes e modernas do mundo, contribuindo para progressos consideráveis em muitas áreas. Continuam, no entanto, a ser preocupantes muitas das tendências ambientais observadas e, apesar da luta de muitos face à crise económica, a necessidade de reformas estruturais oferece novas oportunidades para se avançar para uma economia competitiva, verde e inclusiva.

Assim sendo, torna-se relevante a compreensão dos fundamentos da Política de Ambiente e salientar os documentos de referência em que se baseia o conjunto normativo em vigor, e as orientações para as iniciativas a desenvolver nos próximos anos.

De acordo com a APA [6], os dois, dos três, documentos que servem de referência em matéria de ambiente são:

- O Tratado da União Europeia;
- A Estratégia 2020.

2.1.1.1 TRATADO DA UNIÃO EUROPEIA

O Tratado estabelece, no ponto 1 do Artigo 130.º-R, que “a política da Comunidade no domínio do ambiente visará um nível de proteção elevado, tendo em conta a diversidade das situações existentes nas diferentes regiões da Comunidade. Basear-se-á nos princípios da precaução e da ação preventiva, da correção, prioritariamente na fonte, dos danos causados ao ambiente, e do poluidor-pagador. As exigências em matéria de proteção do ambiente devem ser integradas na definição e aplicação das demais políticas comunitárias” [7].

Ainda nos termos do Artigo 130.º-R, referente ao ponto 2, a política de ambiente da União contribui para a “prossecução dos seguintes objetivos”:

- Preservar, proteger e melhorar a qualidade do ambiente;
- Proteger a saúde humana;
- Utilizar prudente e racionalmente os recursos naturais;
- Promover, globalmente, medidas para lidar com problemas ambientais à escala regional ou mundial.

2.1.1.2 ESTRATÉGIA EUROPA 2020

A estratégia Europa 2020, lançada em 2010 como substituta da Estratégia de Lisboa (2000-2010) para os dez anos seguintes, é a estratégia da UE para o crescimento e o emprego. Visa não só a saída da crise, mas também colmatar as deficiências do modelo de crescimento [8].

A estratégia estabelece três prioridades [9]:

- **Crescimento inteligente** – desenvolvimento duma economia baseada no conhecimento e na inovação;
- **Crescimento sustentável** – promoção duma economia eficiente, em termos de recursos, mais verde e mais competitiva;
- **Crescimento inclusivo** – favorecer uma economia com níveis elevados de emprego, assegurando a coesão económica, social e territorial.

A EU define, ainda, cinco objetivos principais a atingir até ao final de 2020. Esses objetivos dizem respeito ao emprego, à investigação e desenvolvimento, ao clima/energia, à educação e à inclusão social e redução da pobreza [9].

Uma vez que a presente dissertação se foca na análise do ciclo de vida (ACV) de um produto e dos impactos ambientais que daqui possam resultar, enfatizar-se-ão os aspetos relativos ao ambiente tratados no documento “Estratégia Europa 2020”.

Como referido, uma das temáticas com objetivos a serem cumpridos é a preservação do clima e a poupança de energia. Os objetivos “20/20/20” referem-se às percentagens associadas ao aumento ou redução de fatores climatéricos e energéticos, nomeadamente, a redução das emissões de gases de efeito de estufa em pelo menos 20% (primeiro “20”), face aos níveis de 1990, ou em 30%, se estiverem reunidas as condições necessárias; aumentar para 20% (segundo “20”) a quota de energias renováveis no consumo final energético e aumentar em 20% (terceiro e último “20”) a eficiência energética.

A UE perspetiva que o cumprimento dos objetivos energéticos poderá gerar uma “poupança de 60 mil milhões de euros em importações de petróleo e gás no horizonte de 2020”. Ainda se acrescenta que é possível ocorrer um aumento do PIB entre os 0,6% e os 0,8% com novos progressos na integração do mercado europeu da energia. O cumprimento do objetivo de 20% de fontes de energia renováveis pode, segundo a UE, “potencialmente criar mais de 600 000 postos de trabalho na EU”. Juntando-se este objetivo com o de 20% de eficiência energética, calcula-se que se esteja perante a criação de “mais de um milhão de novos postos de trabalho” [9].

2.1.2 METAS AMBIENTAIS – PORTUGAL

Segundo a APA [6], “os principais objetivos ambientais nacionais e metas a alcançar até 2020 encontram-se detalhados no “Programa Operacional Sustentabilidade e Uso Eficiente dos Recursos” - PO_SEUR”.

O POSEUR assenta em três eixos prioritários [10]:

- **Eixo 1** - Tabela 2-1: Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os setores;
- **Eixo 2** - Tabela 2-2: Promover a adaptação às alterações climáticas e a gestão e prevenção de riscos;
- **Eixo 3** - Tabela 2-3: Proteger o ambiente e promover a eficiência na utilização dos recursos.

Nas seguintes tabelas, Tabela 2-1, Tabela 2-2 e Tabela 2-3, estão presentes os três eixos acima mencionados, respetivamente, bem como os seus objetivos e metas a cumprir.

Tabela 2-1 - Eixo I - Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os setores, [10].

Eixo	Objetivo Específico	Indicadores de realização	Metas 2023
I Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os setores	Diversificação das fontes de abastecimento energético de origem renovável, aproveitando o potencial energético endógeno, garante-se a ligação das instalações produtoras à rede, e assim reduz-se a dependência energética	Capacidade suplementar de produção de energia renovável	56 MW
		Diminuição anual estimada das emissões de gases com efeito de estufa	28.200 T CO _{2e}
	Aumento da eficiência energética nas infraestruturas públicas no âmbito da Administração Central do Estado	Redução anual do consumo de energia primária nos edifícios públicos	500.000.000 kWh/ano
		Diminuição anual estimada das emissões de gases com efeito de estufa	80.640 T CO _{2e}
	Aumento da eficiência energética no setor habitacional	Número de agregados familiares com consumo de energia melhorado	16.000 Famílias
	Potenciar o aumento da eficiência energética através do desenvolvimento de redes inteligentes que permitam dotar os consumidores da informação e ferramentas necessárias, e criar sinergias, tendo em vista a redução de custos	Eficiência energética: número adicional de utilizadores de energia ligados a redes inteligentes	1.200.000 Utilizadores
	Apoio à implementação de medidas de eficiência energética e à racionalização dos consumos nos transportes	Economias de energia nos projetos apoiados no setor dos transportes	8.000 tep
	Apoio à promoção da utilização de transportes ecológicos e da mobilidade sustentável	Pontos de carregamento da rede de mobilidade elétrica	800 unidades

Tabela 2-2 - Eixo II - Promover a adaptação às alterações climáticas e à prevenção e gestão de riscos, [10].

Eixo	Objetivo Específico	Indicadores de realização	Metas 2023
II Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos	Reforço das capacidades de adaptação às alterações climáticas pela adoção e articulação de medidas transversais, sectoriais e territoriais	Número de municípios com planos de identificação de vulnerabilidades e riscos	77 unidades
	Proteção do litoral e das suas populações face a riscos, especialmente de erosão costeira	Extensão da faixa costeira intervencionada para proteção de pessoas e bens	50 km
	Reforço da gestão face aos riscos, numa perspetiva de resiliência, capacitando as instituições envolvidas	População que beneficia de medidas de proteção contra inundações	1.500.000 Pessoas
		População que beneficia de proteção contra incêndios florestais	5.000.000 Pessoas
		Número de equipamentos aéreos adquiridos	2 unidades

Tabela 2-3 - Eixo III - Proteger o ambiente e promover a eficiência na utilização de recursos, [10].

Eixo	Objetivo Específico	Indicadores de realização	Metas 2023
III Proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos	Valorização dos resíduos, reduzindo a produção e deposição em aterro, aumentando a recolha seletiva e a reciclagem	Capacidade adicional de reciclagem de resíduos	91.000 T/Ano
	Investimentos nos recursos hídricos para satisfazer os requisitos do acervo ambiental da União Europeia e atender às necessidades de investimento identificadas, em particular à melhoria da qualidade das massas de águas	-	-
	Otimização e gestão eficiente dos recursos e infraestruturas existentes, garantindo a qualidade do serviço prestado às populações e a sustentabilidade dos sistemas, no âmbito do ciclo urbano da água	População adicional servida pelas melhorias de abastecimento de água	1.820.000 Pessoas
		População adicional servida pelas melhorias do sistema de saneamento de águas residuais em baixa	2.470.000 Equivalente de população
		População adicional servida pelas melhorias do sistema de saneamento de águas residuais em alta	1.430.000 Equivalente de população
	Conservação, gestão, ordenamento e conhecimento da biodiversidade, dos ecossistemas e dos recursos geológicos	Superfície dos habitats apoiados para atingirem um melhor estado de conservação	200.000 Hectares
		Superfície do território de Sítios de Importância Comunitária (SIC – RN2000) abrangida por cartografia de valores naturais protegidos	1.500.000 Hectares
	Recuperação de passivos ambientais localizados em antigas unidades industriais, mitigando os seus efeitos sobre o ambiente	Reabilitação dos solos: Superfície total de solos reabilitados	122 Hectares
		Superficial total mineira reabilitada	245 Hectares

2.2 RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÓNICOS

2.2.1 DEFINIÇÃO DE RESÍDUOS ELÉTRICOS

Segundo a diretiva 2012/18/EU do Parlamento Europeu e do Conselho [11], **Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE)** entende-se por:

- a) “os equipamentos dependentes de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionarem corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1 000 V para corrente alterna e 1 500 V para corrente contínua”;

Segundo a diretiva 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho [12], **Resíduos** entende-se por:

- b) “quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer”;

Ainda referente à primeira diretiva [11], **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE)** entende-se por:

- c) “equipamentos elétricos e eletrônicos que constituem resíduos”, este último com significado expresso pela diretiva anterior, “incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do produto quando este é descartado”.

2.2.2 PERIGOSIDADE DO EQUIPAMENTO ELÉTRICO

Como em todos os produtos de média ou alta tensão, existe um conjunto de regras a obedecer devido ao nível de perigo associado ao manuseamento e funcionamento dos produtos em questão.

Este tipo de equipamento pode ser controlado à distância e contém, para além de partes sob alta tensão, elementos mecânicos que se movem a grande velocidade.

De uma forma geral, existe um conjunto de regras que se devem respeitar para o correto funcionamento dos equipamentos:

- Não aplicar os garfos dum empilhador, diretamente, no corpo dos equipamentos, uma vez que pode resultar em danos nos materiais que comprometam o funcionamento dos equipamentos;

- Utilizar, para o efeito, a palete fornecida, ou quaisquer;
- Antes da instalação dos equipamentos, assegurar-se que os circuitos principais se encontram sem tensão, evitando-se assim a criação de sobrecargas indesejadas;
- Verificar as ligações dos circuitos (principal, de terra e auxiliares);
- Executar, manualmente, e quando possível, a ativação de certos mecanismos primários, por forma a garantir o seu funcionamento a 100%;
- Acima de tudo, garantir que quaisquer operações são realizadas apenas por pessoal qualificado, devidamente conhecedor das recomendações e instruções contidas nos manuais dos produtos.

Do ponto de vista ambiental, a falta de cuidados de segurança pode resultar em, nomeadamente, curtos circuitos nos sistemas, originando calor em excesso e, conseqüentemente, explosão; libertação de gases nocivos à saúde humana pelo mau manuseamento dos equipamentos [13, 14].

Neste sentido, da não observação das recomendações de segurança, poderão resultar graves danos físicos e materiais, bem como em impactos nefastos para o ambiente, em geral, e para a segurança dos trabalhadores e utilizadores.

2.2.3 POLÍTICAS DE REDUÇÃO DE RESÍDUOS ELÉTRICOS

A UE tem definidas medidas relativamente à redução de resíduos, englobando também os resíduos elétricos. Assim sendo, de seguida apresentam-se as medidas em questão, [15]:

- a) Implementar e apoiar modelos de produção e consumo sustentáveis;
- b) Incentivar a conceção, o fabrico e a utilização de produtos que sejam eficientes em termos de recursos, duradouros, reparáveis, reutilizáveis e atualizáveis;
- c) Incidir sobre produtos que contenham matérias-primas críticas, a fim de evitar que esses materiais se transformem em resíduos;
- d) Estimular a reutilização de produtos e a criação de sistemas que promovam atividades de reparação e reutilização, especialmente de equipamentos elétricos e eletrónicos, têxteis e mobiliário, bem como de materiais e produtos de embalagem e de construção;
- e) Incentivar a disponibilidade de peças sobressalentes, manuais de instruções, informações técnicas ou outros instrumentos, equipamentos ou programas informáticos que permitam a reparação e reutilização de produtos sem comprometer a sua qualidade e segurança;
- f) Reduzir a produção de resíduos em processos relacionados com a produção industrial, a extração de minerais, o fabrico e a construção e demolição, tendo em conta as melhores técnicas disponíveis;
- g) Promover a redução do teor de substâncias perigosas em materiais e produtos, e assegurar que qualquer fornecedor de um artigo providencia a informação sobre as

substâncias presentes nos artigos à Agência Europeia dos Produtos Químicos a partir de 5 de janeiro de 2021;

- h) Reduzir a produção de resíduos, em especial dos resíduos que não são adequados à preparação para a reutilização ou reciclagem.

A Agência Europeia dos Produtos Químicos criou e mantém uma base de dados para guardar a informação relativa às substâncias perigosas, até 5 de janeiro de 2020. A mesma fornece acesso a essa base de dados aos operadores de tratamento de resíduos e aos consumidores, mediante pedido destes últimos.

Os Estados-Membros têm como função monitorizar e avaliar a execução das medidas de prevenção de resíduos. Para o efeito, recorrem a indicadores e metas qualitativos ou quantitativos adequados, nomeadamente quanto à quantidade de resíduos produzidos.

O controlo e avaliação das medidas relativas à reutilização é feito pelos Estados Membros, medindo a reutilização com base numa metodologia comum para a apresentação de relatórios sobre a reutilização dos produtos. Ainda se acrescenta que a Comissão adota atos de execução para estabelecer indicadores para medir a evolução global da execução das medidas de prevenção de resíduos e adota, até 31 de março de 2019, um ato de execução a fim de estabelecer uma metodologia comum para a apresentação de relatórios sobre a reutilização dos produtos.

Definiu-se que até 31 de dezembro de 2024, a Comissão tem de analisar os dados sobre reutilização fornecidos pelos Estados Membros, com o propósito de avaliar a exequibilidade de medidas que levem à reutilização de produtos, incluindo a fixação de metas quantitativas. De igual modo, a Comissão tem de analisar a viabilidade da definição de outras medidas de prevenção de resíduos, incluindo metas de redução dos mesmos. Para esse efeito, a Comissão apresenta ao Parlamento Europeu e ao Conselho um relatório, acompanhado, se for caso disso, duma proposta legislativa [15].

A melhor forma de garantir a redução dos REEE passará sempre pela reutilização dos equipamentos elétricos e eletrónicos [12], apesar de não resultar numa ação que os elimine, mas num adiamento, uma vez que os problemas relacionados com a presença de produtos prejudiciais para o ambiente, metais pesados e outros continuarão a existir. Contudo, o prolongamento da vida dos equipamentos ou componentes evita a produção de novos equipamentos que contenham produtos prejudiciais ao ambiente [16].

Como afirmado por Gabriel Ionut Zlamparet [17], entre outros, a melhor forma de tratar os REEE é reutilizando-os, desde que estes se apresentem num estado funcional. Na situação do equipamento se apresentar num estado não funcional, a alternativa ao seu tratamento passa pela extração dos componentes com o maior valor comercial, com o cuidado devido à sensibilidade de alguns componentes, e aplicá-los nos produtos com baixa cadência de produção

ou na reparação de equipamentos avariados [18]. Na situação de nenhuma das opções referidas puder ser aplicada, o equipamento deve prosseguir para a reciclagem mecânica que, segundo um modelo desenvolvido, propositadamente, por Xianlai Zeng [19], entre outros, para os telemóveis, podia consistir em duas fases distintas: desmontagem manual seguida de reciclagem mecânica. Esta abordagem provou ser bastante válida quando aplicada aos computadores e aos seus periféricos, de acordo com um estudo desenvolvido por Masahiro Oguchi [20], entre outros.

Devido à elevada evolução tecnológica e à especificidade de características de alguns componentes, os REEE não são fáceis de reutilizar, e, portanto, os estudos realizados até à data são essencialmente sobre reciclagem [21]. Estas mesmas razões traduzem a não uniformização de políticas sobre o que fazer com os REEE. De momento, na China, a reutilização não é contemplada nos regulamentos existente para o tratamento dos REEE. Porém, na Europa existe uma diretiva que tem os seus próprios objetivos para o reuso, mas que está integrada nas regulações sobre a reciclagem. Dada a especificidade deste setor, será extremamente importante analisar a evolução das políticas de reutilização e de retirar as devidas conclusões, para tentar padronizar os objetivos e as estratégias para alcançá-los. Dos poucos estudos existentes sobre a reutilização dos REEE, que exploraram essencialmente o potencial de reutilização por categoria de produtos [22], pode-se concluir que será necessário melhorar a política de gestão e de implementação da reutilização deste tipo de resíduos [23]. Ademais, já existem algumas formas de definir o que é a reutilização, que cuidados devem ser tomados na recolha para garantir que os produtos conservam corretamente as suas características para serem reutilizados, entre outros fatores importantes. As preparações para a reutilização, tendo em conta a pré seleção de equipamentos que podem ser incluídos em grupos reutilizáveis, separando-os daqueles que não podem ser reutilizados e que terão de ser reciclados, devem ser vistas como um passo fulcral neste processo [24], a reciclagem e o reuso devem ser claramente distinguíveis, no futuro, por meio de procedimentos bem definidos, e devem-se estabelecer taxas claras para cada tipo de tratamento de resíduos, incentivando a via de reutilização dos REEE como uma prioridade.

2.3 FERRAMENTAS PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.3.1 ECODESIGN

2.3.1.1 INTRODUÇÃO

O Ecodesign é um conceito que integra aspetos multifacetados ao nível do design e das considerações ambientais. Propõe como objetivo a criação de soluções sustentáveis que satisfaçam as necessidades e os desejos humanos.

Segundo Charter e Tischner, [25] o Ecodesign pode ser definido da seguinte forma: “*Sustainable solutions are products, services, hybrids or system changes that minimize negative and maximize positive sustainability impacts - economic, environmental, social and ethical - throughout and beyond the life-cycle of existing products or solutions, while fulfilling acceptable societal demands/needs*”, ou seja, considera-se o Ecodesign como parte de soluções sustentáveis, sendo que estas são produtos, serviços, híbridos ou mudanças de sistema que minimizam os impactos negativos e maximizam os positivos na sustentabilidade, sendo ela económica, ambiental, social e ética, e ao longo e após o ciclo de vida dos produtos ou soluções existentes, cumprindo as exigências/necessidades sociais aceitáveis.

Embora existam muitas outras definições, é possível concluir que o Ecodesign é sobre design dentro e direcionado para um contexto de desenvolvimento sustentável.

Do ponto de vista do mercado dos países economicamente mais ricos, o interesse relativo à funcionalidade dum produto está a diminuir, e o foco na marca a tornar-se prioritário, como descrito por Naomi Klein [26]. O produto é cada vez mais uma parte de um estilo de vida, e o design, bem como o Ecodesign, devem relacionar-se com algo mais do que a função racional de um produto ou serviço. Ainda assim, é possível enfatizar, relativamente ao Ecodesign, as funções dos produtos e serviços, e os benefícios humanos que resultam dessas funções.

O Ecodesign é um aspeto do design, um novo design inteligente para o futuro, em concordância com o relatório *Brundtland* [27], afirmando que o futuro sustentável cumpre a necessidade do Hoje, sem comprometer a possibilidade e a capacidade das gerações futuras alcançarem os seus objetivos. É uma ligação dinâmica entre o presente e o futuro, porque, como afirmado no relatório *Brundtland*, [27], o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança em que a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento técnico e as mudanças institucionais estão em harmonia e aumentam o potencial atual e futuro para atender às necessidades e aspirações humanas.

2.3.1.2 O CONCEITO DE ECODESIGN

O Ecodesign foca-se na integração de considerações ambientais no desenvolvimento de produtos. As avaliações ambientais podem ser feitas a partir duma perspetiva externa e, por exemplo, as prioridades ambientais podem ser introduzidas por meio de leis e regras. O Ecodesign e o conhecimento relacionado com o ambiente também são do interesse, no ponto de vista de negócio interno, duma empresa para uso como orientação, e um método para desenvolver soluções de sistemas de produtos mais inteligentes e eficazes.

Por forma a fazer as coisas acontecerem, as ferramentas do Ecodesign devem ser feitas para os designers de produto e para as situações de trabalho em processos de desenvolvimento de produtos, ou seja, devem-se basear no design e, dentro desse quadro, devem ajudar a estabelecer relações com as considerações ambientais.

O principal objetivo para o desenvolvimento de produtos é a contribuição, ou seja, planejar e organizar/produzir/fornecer, um produto funcional ou, até mesmo, gerar o conforto que um certo número de clientes deseja. O Ecodesign deve basear-se numa base de design e de engenharia, que também está integrada com as ciências ambientais.

A engenharia é bastante pragmática e sintetizadora, enquanto que, nas ciências da Natureza, a análise é mais dominante. O design tem uma base na engenharia e também é mais focada em considerações relativas à função, à estética, à imagem e ao nome duma marca.

Para descrever as semelhanças e as diferenças, design pode ser descrito como uma síntese impulsionada pela visão prospetiva, guiada por análise e regida pela intuição. A engenharia pode ser descrita, em síntese, como sendo orientada para as metas, guiada pela intuição e regida pela análise.

Por forma a perceber a sinergia que está associada ao conceito de Ecodesign, é necessário entender as raízes linguísticas dessa palavra. A palavra “eco” deriva do grego “oikos”, que significa “casa”. Esta mesma palavra relaciona-se com o ambiente em que se vive e com as tarefas de preservação do dia a dia, e como um todo, o Ecodesign é similar a economia e a ecologia, como ilustrado na Figura 2-1:

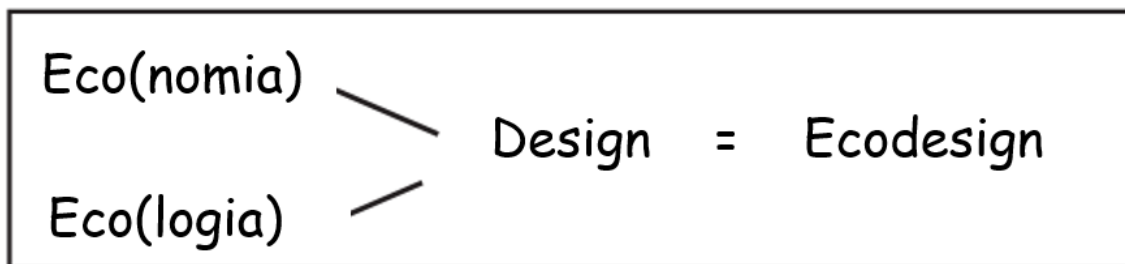


Figura 2-1 - Mapa Linguístico do Ecodesign, [28].

O significado de “Eco” relaciona-se com “Natureza”, incluindo os subsistemas resultantes da atividade humana. Consequentemente, o Ecodesign pode ser interpretado como design com uma inter-relação mais inteligente com a natureza. Olhando para a maneira de trabalhar, um pilar em todo o projeto profissional e em engenharia é trabalhar de tal forma que se obtém um pouco mais de conhecimento de cada assunto, com cada ciclo de design, encarando o trabalho de desenvolvimento do produto como um treino, para, continuamente, o ser humano se tornar melhor projetista e/ou engenheiro. A habilidade para permitir o desenvolvimento sustentável depende duma capacidade análoga de aprender para o futuro com o que se faz, presentemente. Isto é também uma ambição fundamental em sistemas de gestão da qualidade e sistemas de gestão ambiental. Consequentemente, a metodologia de conceção ecológica (Ecodesign) deve promover uma espiral de aprendizagem mais eficaz e deve ser interligada ao desenvolvimento de conhecimentos científicos relacionados.

Outro pilar é que a capacidade de sintetizar em processos de design e desenvolvimento de produtos depende do diálogo e da cooperação que combinam capacidades visionárias, criativas, analíticas e baseadas na experiência. O Ecodesign deve apoiar e promover o desenvolvimento pró-ativo de tais habilidades de síntese. Além disso, a magnitude do desafio nesta síntese tem aumentado, porque, paralelamente ao aumento do bem-estar e das ambições de crescimento; o âmbito do design foi alterado. Como referido por Tim Cooper [29]: “*One can say, ‘The role of the designer has changed from meeting needs to stimulating desires’*”, ou seja, o papel do designer mudou de atender necessidades para estimular desejos. O objetivo da empresa com os produtos não é somente satisfazer as necessidades funcionais, mas também construir imagem e desejo.

Na perspetiva dos negócios dos dias de hoje, a criação de exigências do mercado e a amplificação dos nomes das marcas é muitas vezes considerada como sendo mais básica do que o design funcional e produção eficiente dos produtos. Consequentemente, a ligação com este aspeto imaginativo, no método para o design, parece ser crucial para fazê-la acontecer. Outro aspeto é que o Ecodesign também deve ter uma relação com conceitos como o consumo sustentável, que destaca a necessidade de reduzir o volume de consumo e de reduzir o volume de desejo. Talvez o Ecodesign deva promover o desenvolvimento de tipos sustentáveis de desejos. Como uma palavra que tem relações com ambos os lados, e para produtos e serviços, é possível o foco na satisfação em detrimento do foco no desejo.

Pode-se dizer que o Ecodesign visa permitir uma maior satisfação humana em conjunto com um papel positivo num desenvolvimento sustentável.

2.3.2 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

A ACV é uma ferramenta de decisão ambiental que compila e avalia as entradas, saídas e potenciais impactos ambientais de um sistema de produtos ao longo do seu ciclo de vida desde a extração de matéria-prima até ao seu fim de vida. Esta avaliação pode ser útil na identificação de oportunidades de melhoria de desempenho ambiental de produtos, em vários pontos do seu ciclo de vida; no fornecimento de informação para apoio à tomada de decisão no planeamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reformulação de produtos e/ou processos [30, 31].

Na Figura 2-2 apresentam-se as diferentes etapas que, normalmente, englobam um ciclo de vida completo de um produto, denominado do inglês *cradle-to-grave*, com o seu começo na extração das matérias primas e com o seu término no fim de vida do produto.



Figura 2-2 - Etapas de um Ciclo de Vida, [32].

A ACV pode ajudar quem tem a responsabilidade de tomar decisões, a escolher um produto ou um processo que induz o menor impacto no ambiente. Esta informação, aliada a dados relativos a custos e a desempenho, ajuda na tomada de decisões. Os dados relativos à ACV identificam a possibilidade de relação entre diferentes tipos de impactos ambientais, tais como, eliminar as emissões atmosféricas e substituí-las pelos efluentes de águas residuais e/ou uma etapa de ciclo de vida por outra, como por exemplo, escolher entre reutilizar um dado material ou utilizar uma matéria-prima virgem. Devido à visão integrada fornecida pela ACV, é possível perceber-se os malefícios que o processamento de um dado produto pode apresentar, relativamente a outro, tornando-se bastante importante na sua seleção. Isto torna-se, particularmente, relevante se se pretender escolher entre dois produtos similares, em que num deles ocorre maior produção de resíduos sólidos, comparado ao outro que, apesar de produzir menos, liberta mais químicos prejudiciais para a atmosfera e efluentes. O foco direcionado somente para a quantidade de resíduos produzidos seria um erro, uma vez que, em termos gerais, o segundo produto acaba por ser mais prejudicial ao ambiente. Ao incorporar uma ACV, uma equipa de trabalho pode, [32]:

- Ter, em tempo real, uma noção, precisa, dos impactos ambientais causados por um determinado produto, através de monitorização sistemática;
- Ter os *trade-offs* ambientais relativos a um ou mais produtos/serviços específicos, para influenciar os *stakeholders*, como uma ação estratégica;
- Quantificar a libertação de produtos prejudiciais para o ar, água e terra, tendo em conta, cada etapa do ciclo de vida e/ou processo, para se ser capaz de atuar especificamente num produto ou processo, minimizando os efeitos adversos para o ambiente;

- Auxiliar na identificação de mudanças significativas nos impactos ambientais produzidos por diferentes fases do ciclo de vida de um produto;
- Avaliar os efeitos, na saúde dos cidadãos e ecossistemas, do consumo de matérias primas virgens e da libertação de químicos, gases prejudiciais e efluentes no ambiente, que tem um impacto direto nas comunidades locais, na região e no mundo;
- Ser capaz de comparar os impactos na saúde das pessoas e ecossistemas de dois ou mais produtos/processos competitivos, identificando, especificamente, as possíveis vantagens ou os problemas gerados por cada um, identificando também a fase da sua vida útil ou processo em que a situação é mais grave, permitindo a reflexão em como superar eficazmente o problema;
- Identificar os impactos ambientais numa ou mais áreas específicas de interesse.

Posto isto, a ACV pretende, principalmente, avaliar os impactos ambientais do produto ou processo. Há diferentes abordagens a considerar, endereçadas, por exemplo, ao ciclo de vida completo de um produto, ou somente a uma parte específica. Assim sendo, podem-se considerar, parcialmente, algumas abordagens [32]:

- *Cradle-to-grave*: desde a extração de matéria-prima até ao fim de vida do produto, incluindo processos, transporte e utilização;
- *Cradle-to-gate*: desde a extração de matéria-prima até às portas da fábrica;
- *Gate-to-gate*: análise entre dois pontos da cronologia, considerando o ciclo de vida de um dado produto.

A ACV é, comumente, utilizada para comparar impactos ambientais resultantes de:

- Produtos similares;
- Diferentes processos de tratamento de resíduos;
- Diferentes fases do processamento de um dado produto;
- Diferentes formas de utilização na conceção de um novo produto.

2.3.3 ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de economia circular (EC) tornou-se muito popular desde que foi introduzido por meio de decisores políticos oriundos da China e da União Europeia, como uma solução que permitiria aos países, às empresas e aos consumidores, reduzir os danos para o ambiente e de encerrar o ciclo de vida do produto [33, 34], contrastando com a atividade económica linear, saturada e intensiva, que está a esgotar os recursos do planeta. O modelo linear começou durante a revolução industrial, no século XVII, com a exploração das inovações científicas e tecnológicas que ignoravam os limites dos danos ambientais e que, a longo prazo, estavam a ser causados à sociedade.

A mudança para uma EC requer eco inovações para fechar o ciclo de vida dos produtos, obter produtos valiosos para outros, através do aproveitamento de resíduos, e resolver as necessidades de resiliência ambiental, apesar da tendência para o crescimento económico [35]. Na literatura, o termo eco inovação é, geralmente, entendido como *"the production, application or exploitation of a good, service, production process, organizational structure, or management or business method that is novel to the firm or user and which results, throughout its life cycle, in a reduction of environmental risk, pollution and the negative impacts of resource use (including energy use) compared to relevant alternatives"* [36], isto é, a produção, aplicação ou exploração de um bem, serviço, processo de produção, estrutura organizacional, ou método de gestão ou de negócios, que é novo para a empresa ou para o utilizador, e cujos resultados ao longo do seu ciclo de vida resultam numa redução do risco ambiental, da poluição e dos impactos negativos do uso de recursos (incluindo o uso de energia), em comparação com as alternativas relevantes. Na literatura, Javier Carrillo-Hermosilla, Pablo del Rio e Totti Könnölä [37] vão para além deste conceito e explicam que este tipo de inovação melhora o desempenho ambiental, independentemente da redução dos impactos ambientais ser intencional ou não. Deste modo, a economia circular é a manifestação duma mudança de paradigma, e exigirá mudanças na forma como a sociedade legisla, produz e consome inovações, ao mesmo tempo que utiliza a natureza como inspiração para responder às necessidades sociais e ambientais [38, 39].

De um modo geral, a economia circular é definida, de acordo com a Figura 2-3, como um ciclo de extração, seguido duma transformação de recursos, distribuição, uso e recuperação de bens e materiais [40, 41].



Figura 2-3 - Ciclo da Economia Circular, [42].

Em primeiro lugar, as empresas extraem recursos do ambiente para transformá-los em produtos e serviços. De seguida, distribuem os produtos ou serviços aos consumidores em pontos de venda ou a outras empresas, e os produtos/serviços são utilizados pelos consumidores. Neste ponto, a economia circular propõe fechar o ciclo através da recuperação de mercadorias. Nesta fase, Walter R. Stahel [41], tem reforçado a importância da inovação para recuperar e enriquecer os materiais utilizados, quer através do ambiente ou processamento industrial, em vez de eliminá-los ou simplesmente desperdiçá-los.

2.3.4 POLÍTICA DOS 3R'S – RECICLAGEM / REUSO / REDUÇÃO

As preocupações relativas à sustentabilidade deram início à política dos 3R's, que consiste, essencialmente, nas três componentes seguintes: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. No entanto, há estudos mais recentes que consideram outro R, correspondente à ação de Recuperação.

2.3.4.1 RECICLAGEM

Entende-se por reciclagem a recuperação dos materiais que constituem os produtos que chegaram ao fim de vida e que, conseqüentemente, são coletados como desperdício de uma forma organizada ou aleatória [43]. Mais se acrescenta que, a reciclagem é um dos pilares centrais da denominada “Economia Circular” [44, 45]. Os produtos têm um fim de vida finito e, após esse fim de vida, existe uma longa via a percorrer pela cadeia de reciclagem, como se pode ver pela Figura 2-4:

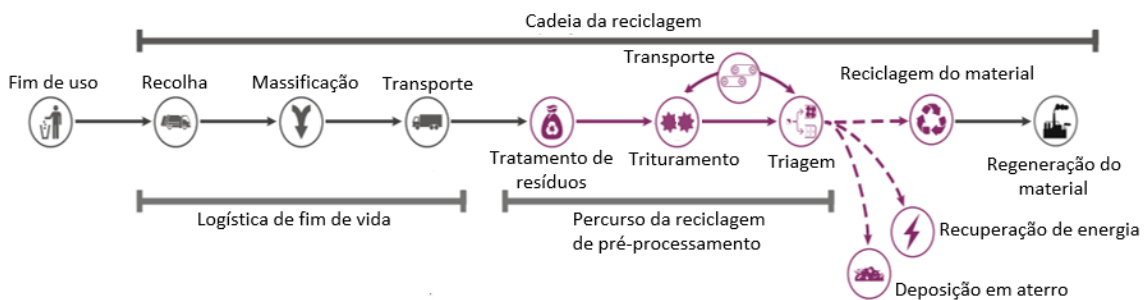


Figura 2-4 - Diferentes passos da cadeia da reciclagem, [45].

A degradação da natureza devido ao lixo gerou sérias alterações climáticas e pode criar graves problemas às gerações futuras. Considerando o aumento populacional, o mundo de hoje deveria preocupar-se com a preservação do que o rodeia: reservas naturais, flora e fauna. Atualmente, existem tecnologias para o tratamento dos resíduos e para a reciclagem dos produtos, que visam não só a melhoria da qualidade de vida, mas também a própria proteção da natureza. Assim sendo, é necessário ter em conta a importância da reciclagem e da eliminação dos resíduos, considerando a prática dos 3R's:

- Reduzir a quantidade de desperdício;

- Reutilizar materiais;
- Reciclar, separando o que é passível de ser reutilizado.

Ao utilizar os recursos que a natureza oferece, é possível ter um ambiente mais limpo e sustentável, considerando que:

- Por cada tonelada de papel reciclado, evita-se o abate de 20 árvores;
- O plástico tem um tempo médio de decomposição entre 200 e 500 anos;
- O alumínio leva 500 anos a decompor-se;
- Por cada tonelada de vidro reciclado, cerca de 1330 kg de areia são poupados;
- As baterias e os acumuladores contêm materiais tóxicos que causam poluição no solo e nos lençóis de água;
- O lixo orgânico é utilizado na produção de fertilizantes orgânicos.

A separação é um dos maiores problemas da reciclagem e pode ser abordada de duas formas diferentes: a segregação inicial, através da separação do operador, ou a segregação que requer a desmontagem e a classificação de cada material. Produtos complexos, tais como dispositivos tecnológicos, normalmente com um tempo de vida reduzido devido à permanente evolução das características oferecidas pelos fabricantes, fazem com que a reciclagem seja muito mais difícil, uma vez que são feitos de vários materiais, desde plásticos a metálicos. De quantos mais materiais um produto for feito, mais difícil se torna a sua segregação. Torna-se ainda mais evidente com a reciclagem das latas das bebidas gaseificadas, que são, normalmente, feitas de um só material, tornando a reciclagem muito mais simples, quando comparada aos produtos tecnológicos supracitados.

Se o fim de vida dos produtos puder ser decomposto em diferentes materiais, tornando mais fácil a obtenção de novos produtos a partir desses, o seu valor de mercado será muito mais elevado [32].

2.3.4.2 REUSO

Na literatura, o termo “reuso” não tem um uso consistente. No entanto, tendo em conta as recomendações lançadas pela Comissão Europeia sobre a Estrutura de Resíduos [12], o reuso refere-se a qualquer operação em que os produtos ou componentes, excetuando resíduos, são usados novamente com o mesmo propósito com que foram projetados.

A reparação, o acondicionamento e o reprocessamento dos produtos, são três atividades que podem levar ao reuso de um bem ou material [46, 47] e que conseguem contribuir, significativamente, para a redução dos impactos, ao, intencionalmente, gerar resíduos, quando o produto ou material ainda consegue ser reutilizado [48].

Na Figura 2-5 apresenta-se uma abordagem mais tradicional relativamente ao ciclo de vida dos produtos e materiais.

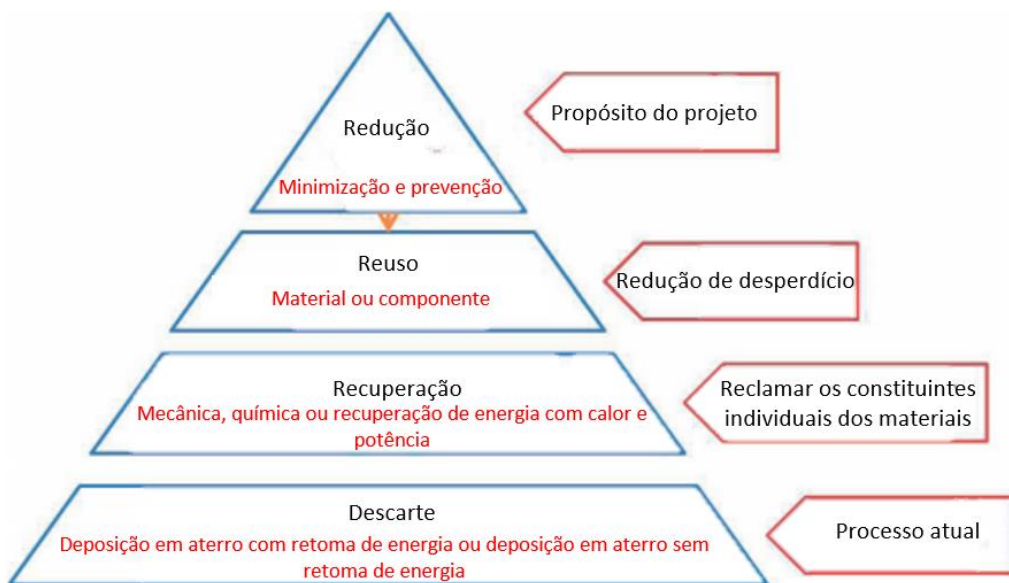


Figura 2-5 - Abordagem tradicional ao ciclo de vida dos produtos e materiais, [49].

Na Figura 2-6, apresenta-se uma abordagem mais avançada relativamente à da Figura 2-5. Ambas ilustram como o reuso pode ser incorporado no ciclo de vida dos produtos e materiais.

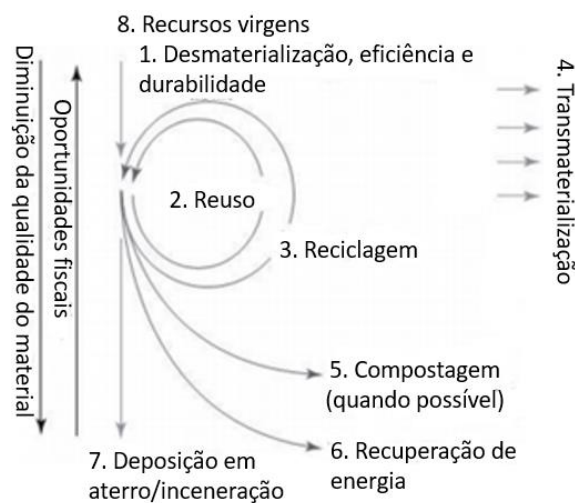


Figura 2-6 - Abordagem avançada ao ciclo de vida dos produtos e materiais, [49].

O reuso de certos bens e/ou equipamentos é uma ferramenta poderosa, que atua numa forma direcionada para a preservação do ambiente. Juntamente com outras ferramentas, pode contribuir para uma redução drástica do consumo exagerado, imposto pelas sociedades, e ajudar à preservação dos recursos naturais, com benefícios, por consequência, para o meio ambiente. O reuso é um tema bastante abrangente, que pode incluir temas desde a água até à indústria ou equipamentos elétricos. Quando devidamente planeado, o reuso pode ser a ação

que gasta a menor quantidade de recursos, por forma a que qualquer bem possa voltar a ter um novo ciclo de vida e, conseqüentemente, salvar o ambiente.

O reuso é uma ação que pode ser eficaz em diferentes formas, mas tem de apontar sempre, por um lado, para a redução da criação de resíduos e, por outro, para a redução do consumo de novos recursos. Existem vários exemplos de que podemos dar um uso novo aos produtos com que se lida diariamente, nomeadamente, aproveitar peças de roupa rasgadas e coser a outras (calças rotas podem ser transformadas em calções); computadores, impressoras e monitores podem ser doados para entidades sociais, com o fim de ajudar pessoas mais necessitadas; vasos e garrafas de plástico podem ser usados como vasos para plantas; papéis escritos de um lado podem ser usados como folhas de rascunho; a borra dos cafés pode ser utilizada para o crescimento das plantas; a água utilizada nas piscinas para crianças, quando precisa de ser renovada, pode ser usada para regar jardins; mobília partida não necessita de ir para o lixo, pode ser reparada ou doada; os livros escolares utilizados num ano podem ser reutilizados por outros nos anos subsequentes; os sacos de plástico mais resistentes podem ser utilizados múltiplas vezes.

2.3.4.3 REDUÇÃO

As ações de redução associadas à política dos 3R's estão diretamente ligadas com o design de produto, bem como a outras ferramentas nesta área, como o Ecodesign ou a Responsabilidade Ambiental do Produtor (EPR - *Environmental Producer Responsibility*).

O projeto dos produtos deve ser concebido por forma a utilizar o menor número de peças, as quais poderão depois resultar na formação de resíduos. As ações de redução são intrínsecas às ações de reutilização, na perspetiva da diminuição das matérias primas consumidas e gastos associados à extração e transformação das mesmas. Neste sentido, a utilização do Ecodesign nas ações de redução, tem como objetivo o design sustentável do produto, vocacionado para a redução dos impactos ambientais e redução dos gastos económicos com os produtos [28].

No mesmo sentido, a utilização do EPR tem, essencialmente, dois objetivos distintos: (1) melhoria do projeto dos produtos e dos sistemas e (2) melhoria do sistema de tratamento do fim de vida, assegurando níveis elevados de recolha, tratamento, reuso e/ou reciclagem dos produtos, enquanto se preserva, adequadamente, o ambiente e a sociedade [50]. No entanto, as empresas dedicaram maior atenção ao segundo ponto, isto é, como o produto é tratado quando chega a fase de fim de vida, em detrimento de assegurar que durante a fase de projeto, os processos utilizados são amigos do ambiente e que o produto pode ser, certamente, reutilizado ou reciclado no seu fim de vida, reduzindo o impacto causado no ambiente. Isto pode acontecer devido a multas pesadas que podem ser aplicadas se as empresas não garantirem o fim de vida devido do produto que não seja passível de causar danos ao meio ambiente [32].

DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E PRODUTOS

3.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

3.3 CASO DE ESTUDO - ESTABELECIMENTO DA METODOLOGIA

3.4 CASO DE ESTUDO – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E PRODUTOS

A história do Grupo Efacec teve início há mais de 100 anos com a fundação, em 1905, de “A Moderna”, Sociedade de Serração Mecânica. Atualmente, e desde 2014, que é denominada por *Efacec Power Solutions* (EPS). Esta passou a ser constituída por um conjunto de empresas com todos os meios de produção, tecnologia e competências para as atividades nos domínios das soluções de Energia, Engenharia, Ambiente, Transportes e Mobilidade Elétrica, incluindo também uma extensa rede de filiais, sucursais e agentes espalhados por quatro continentes. Em Portugal, opera em três locais diferentes: dois situados no Porto e um situado em Lisboa. A Figura 3-1 mostra a vista aérea da sede da Efacec, situado na Arroiteia, Porto.



Figura 3-1 - Vista aérea da sede da Efacec (fonte: <https://www.efacec.pt/quem-somos/>).

Atualmente, o Grupo está presente em mais de 65 países espalhados pelo mundo, contando com cerca de 2330 funcionários na totalidade [51].

Em 2018, o volume de negócios foi de cerca de 457 milhões de euros, sendo que cerca de 74% desse volume é o resultado do perfil fortemente exportador do grupo [52].

Finalmente, de forma a fornecer uma visão mais global da empresa, esta divide-se em três áreas e em oito unidades de negócio [51]:

- Produtos de Energia - transformadores, aparelhagem, *service* e automação;
- Sistemas - energia, ambiente e indústria e transportes;
- Mobilidade - mobilidade elétrica.

3.1.1 A UNIDADE DE NEGÓCIO – EFACEC AMT

A presente dissertação foi realizada no departamento de Industrialização do Produto da Unidade de Negócio de Aparelhagem de Alta e Média Tensão, que se insere na área de atividade de Energia da Efacec. Esta unidade tem como característica o desenvolvimento de soluções para produção, transmissão, distribuição e utilização de energia elétrica em alta e média tensão, esquematizado na Figura 3-2.

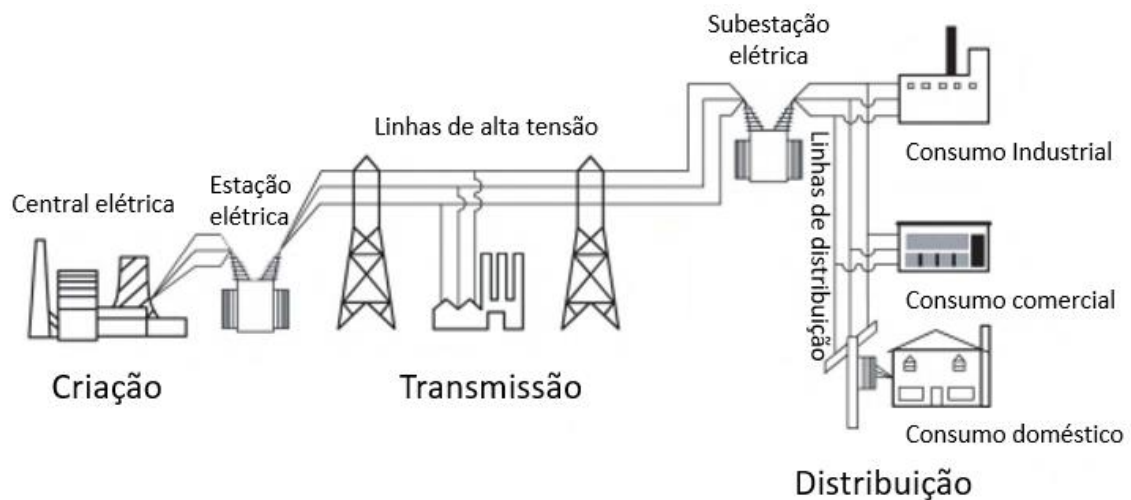


Figura 3-2 - Sistema de distribuição de energia, [53].

Os produtos da unidade de Aparelhagem distribuem-se por quatro categorias:

- Distribuição primária;
- Distribuição secundária;
- Alta tensão;
- Postos de transformação.

3.1.1.1 DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA

A Efacec Aparelhagem coloca à disposição dos seus clientes um portefólio de soluções de Média Tensão. Para aplicações críticas, a gama de Distribuição Primária corresponde às necessidades mais exigentes do cliente. Essas soluções compreendem quadros equipados, cujo isolamento é garantido pelo ar, com disjuntores extraíveis e ainda soluções de exterior (intempérie) [54].

A gama de soluções para a Distribuição Primária é constituída por [54]:

- **Normacel** - Quadros de média tensão até 24 kV
 - A gama de quadros **Normacel**, representada na Figura 3-3, de barramento simples ou duplo, apresenta isolamento pelo meio do ar, de construção modular, compartimentada e facilmente extensível;

- **QBN7** - Quadros de média tensão de isolamento no ar até 36 kV
 - Os quadros **QBN7**, ilustrados na Figura 3-4, são de isolamento no ar com construção modular, compartimentada e facilmente extensível;
- **DIVAC** - Disjuntor de média tensão tripolar
 - O **DIVAC**, como mostra a Figura 3-5, é um disjuntor tripolar com a tecnologia de corte no vácuo;
- **OCB** - Disjuntores de média tensão para exterior até 27 kV
 - Os **OCB**, como apresentado pela Figura 3-6, são soluções para exterior, constituídas por disjuntores de média tensão, encapsulados em invólucros desenhados à medida.



Figura 3-3 - Figura representativa duma Cella de Normacel, [54].



Figura 3-4 - Figura representativa duma cela de QBN7, [54].



Figura 3-5 - Figura representativa de um disjuntor DIVAC, [54].



Figura 3-6 - Figura representativa de um disjuntor OCB, [54].

3.1.1.2 DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA

Existem, à disposição do cliente, soluções para instalação interior ou exterior, como as celas isoladas a gás (RMU), ou isoladas a ar com diversas funções disponíveis. O respeito absoluto pelas orientações ambientais está patente nas soluções desenvolvidas em todo o tempo de vida útil dos equipamentos, desde a sua conceção e produção, até à sua colocação em funcionamento [54].

A gama de soluções para a Distribuição Secundária é constituída por [54]:

- **Normafix** - Quadros modulares, com isolamento no ar até 36 kV
 - O **Normafix**, ilustrado pela Figura 3-7, faz parte dos quadros modulares, com isolamento no ar para colocação em redes de média tensão, bem como nas mais variadas indústrias e aplicações, que lhe conferem uma elevada versatilidade no momento da configuração personalizada em função do projeto;
- **Fluofix** - Celas modulares e compactas até 36 kV e RMU compacto de exterior até 12 kV
 - O **Fluofix**, representado pela Figura 3-8, é um equipamento compacto com isolamento integral em SF6, extremamente fiável e eficaz, podendo ser aplicado nas redes de média tensão até 36 kV;
- **REVAC** - Religador aéreo de corte no vácuo até 36 kV
 - O REVAC, como mostrado na Figura 3-9, foi desenvolvido para operar no exterior (montados em postes), concebido por forma a ser insensível às condições atmosféricas, de fácil montagem e de operação simples;
- **IATS** - Seccionador para montagem em postes até 36 kV
 - O IATS, apresentado na Figura 3-10, é um interruptor seccionador de corte no SF6, para montagem em postes de linhas aéreas, utilizado no exterior, em instalações de distribuição de energia, suportando as condições climáticas mais adversas.



Figura 3-7 - Figura representativa duma cela de Normafix, [54].



Figura 3-8 - Figura representativa duma cela de Fluofix, [54].



Figura 3-9 - Figura representativa de um REVAC, [54].



Figura 3-10 - Figura representativa de um IATS, [54].

3.1.1.3 APARELHAGEM DE ALTA TENSÃO

Para o sistema de energia elétrica em alta tensão, a Efacec Aparelhagem disponibiliza um conjunto de soluções que podem ir até 550 kV. Esta gama de soluções é composta por seccionadores, disjuntores, blocos extraíveis e interruptores [54].

A gama de soluções para a alta tensão é constituída por [54]:

- Seccionadores horizontais, representado na Figura 3-11, e verticais, ilustrados na Figura 3-12, até 245 kV;
- Seccionadores pantógrafos, como mostrado na Figura 3-13, até 420 kV, e seccionadores semi-pantógrafos, apresentados na Figura 3-14, até 550 kV.



Figura 3-11 - Seccionador Horizontal, [54].



Figura 3-12 - Seccionador Vertical, [54].



Figura 3-13 - Seccionador Pantógrafo, [54].



Figura 3-14 - Seccionador Semi-Pantógrafo, [54].

3.1.1.4 POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

As subestações compactas incorporam a maioria dos equipamentos produzidos pelo Grupo Efacec. Atualmente, muito utilizadas pelas energias renováveis, permitem a rápida colocação em funcionamento, bem como a fácil integração no ambiente urbano ou rural [54].

A gama de soluções para as Subestações Compactas é constituída por [54]:

- PUCMET - Centro pré-fabricado metálico de instalação exterior, ilustrado na Figura 3-15;
- PUCBET - Centro pré-fabricado em betão, concebido para instalação no exterior, representado na Figura 3-16;
- MSA/MSB - Centro pré-fabricado compacto para instalação em zonas exteriores, como mostrado na Figura 3-17;
- POWERPUC - Central geradora compacta móvel, apresentada na Figura 3-18.



PUCMET

Figura 3-15 - Figura representativa de um PUCMET, [54].



PUCBET

Figura 3-16 - Figura representativa de um PUCBET, [54].



MSA MSB

Figura 3-17 - Figura representativa de um MAS/MSB, [54].



POWERPUC

Figura 3-18 - Figura representativa de um POWERPUC, [54].

3.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema surgiu numa auditoria realizada à unidade de negócio do AMT, relativamente à norma NP EN ISO 14001:2015, no capítulo 6.1.2. [55], referente aos aspetos ambientais, que recomendou que se fizesse acompanhar de toda a documentação já existente dos produtos, também um documento que contivesse a informação inerente aos aspetos ambientais, na perspetiva do ciclo de vida do produto, no desenvolvimento de novos produtos e nos projetos de reengenharia/industrialização, tal como referido na Figura 3-19.

28	OM	NP EN ISO 14001:2015	6.1.2 Aspetos ambientais
A equipa auditora recomenda a reflexão sobre a identificação dos aspetos ambientais, na perspetiva do ciclo de vida do produto, no desenvolvimento de novos produtos e nos projetos de reengenharia/industrialização (AMT).			

Figura 3-19 - Recomendação dada pela equipa auditora.

Assim sendo, a empresa sentiu a necessidade de se executar uma análise de ciclo de vida, quer a um produto efetuado em Portugal, quer ao mesmo, mas efetuado na Índia.

3.3 CASO DE ESTUDO - ESTABELECIMENTO DA METODOLOGIA

Por forma a entender como se processam as etapas de fim de ciclo do DIVAC, decidiu-se efetuar um estudo recorrendo a uma ACV.

Para modelar uma ACV é necessário seguir um conjunto de princípios e guias. As normas ISO 14040:2006 – *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework* e ISO 14044:2006 - *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines* modelam estes princípios e guias de um processo que é metódico e faseado [30, 31].

Segundo a norma ISO 14040:2006 [30], e como ilustrado na Figura 3-20, as fases que constituem o processo numa ACV são:

- **Definição do objetivo e do âmbito:** Definição e descrição do produto, processo ou atividade, bem como do contexto da avaliação e identificação dos limites e dos impactos ambientais ao serem avaliados;
- **Análise do inventário do ciclo de vida (ICV):** Quantificação e Identificação das entradas (matérias primas consumidas, gastos energéticos, propriedades físicas) e das saídas (emissões atmosféricas, resíduos produzidos) inerentes ao sistema em estudo;
- **Análise dos impactos do ciclo de vida (AICV):** Fornece informação importante para avaliar os resultados do impacto ambiental do ciclo de vida;
- **Interpretação:** Recolha e discussão dos resultados da fase anterior, por forma a formar uma base para as conclusões, recomendações e decisões a tomar, de acordo com a primeira fase do processo de ACV, definição do objetivo e do âmbito.

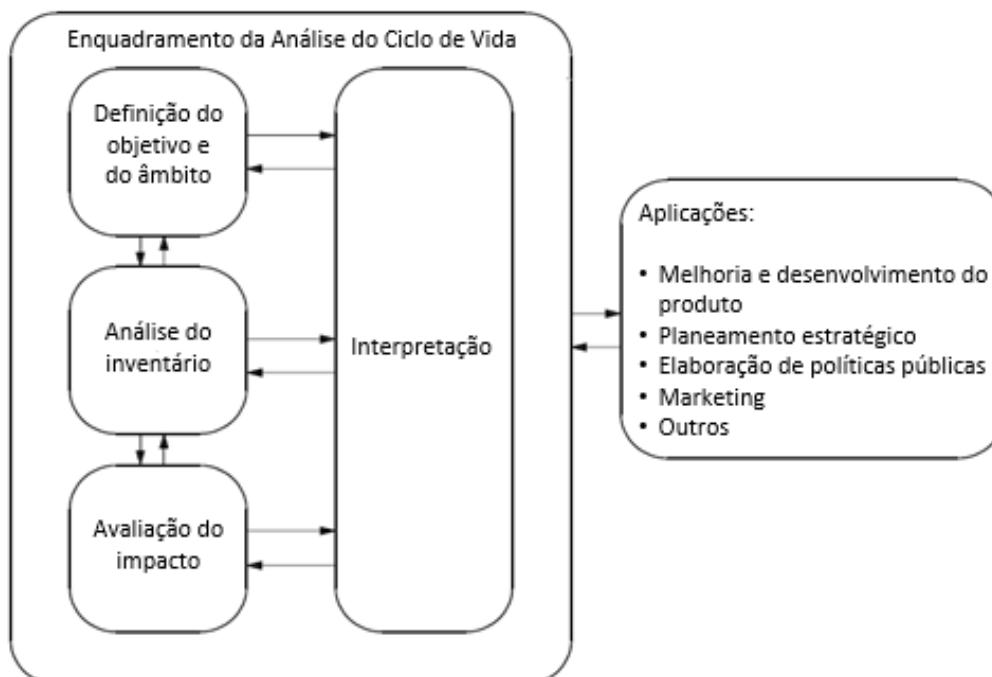


Figura 3-20 - Fases numa ACV e respetivas aplicações, [30].

3.3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E DO ÂMBITO

Esta é a primeira fase do estudo duma ACV. O objetivo e o âmbito duma ACV têm de ser claramente definidos e consistentes com a aplicação pretendida.

Devido à natureza iterativa da ACV, o âmbito poderá sofrer alterações, durante todo o estudo, por forma a estar de acordo com o objetivo inicial [31].

De seguida, são descritos, com maior detalhe, os aspetos mais importantes desta primeira fase.

3.3.1.1 OBJETIVO

A definição do objetivo duma ACV requer que se indique a aplicação pretendida, as razões que originaram o estudo e o público alvo a quem serão comunicados os resultados [31].

3.3.1.2 ÂMBITO

Por forma a assegurar que o nível de detalhe e as fronteiras do sistema se adequam ao objetivo pretendido, é essencial a correta definição do âmbito. Assim sendo, é necessário descrever o produto a ser estudado, bem como as suas funções; a unidade funcional; as fronteiras do sistema; os procedimentos de alocação; a metodologia de AICV utilizada e os tipos de impacto e subsequente interpretação a estudar; os requisitos de dados; os pressupostos a considerar e, conseqüentemente, as limitações do estudo; requisitos de qualidade dos dados; tipo de revisão crítica, se alguma e, por fim, o tipo e o formato do relatório requerido para o estudo [31].

3.3.1.3 FUNÇÃO E UNIDADE FUNCIONAL

O âmbito duma ACV deve especificar, claramente, as funções (características de desempenho) do sistema a ser estudado. A unidade funcional deve ser consistente com o objetivo e o âmbito do estudo. Um dos principais propósitos duma unidade funcional é o de fornecer uma referência para a normalização (matematicamente falando) das entradas e das saídas do sistema. Portanto, a unidade funcional deve ser indubitavelmente definida e mensurável [31].

3.3.1.4 FRONTEIRAS DO SISTEMA

As fronteiras do sistema determinam quais os processos a incluir na ACV. A sua seleção deve ser consistente com o objetivo do estudo, e o critério utilizado deverá ser identificado e explicado.

Será necessário tomar decisões relativas aos processos unitários a incluir no estudo, e o nível de detalhe com que serão estudados.

Evitar a remoção e/ou omissão de etapas do ciclo de vida, processos, entradas ou saídas, para não influenciar as conclusões gerais do estudo. Se, por qualquer razão, se remover e/ou omitir qualquer um dos supra descritos, deve-se apresentar as razões e implicações de tal escolha.

Por fim, deve-se decidir quais as entradas e as saídas a serem incluídas, e qual o nível de detalhe da ACV a ser utilizado [31].

3.3.1.5 METODOLOGIA DA AICV E TIPOS DE IMPACTOS

É necessário escolher e descrever as categorias de impacto, os indicadores de categoria e a caracterização dos modelos a serem incluídos no estudo da ACV, sempre de acordo com o objetivo do estudo [31].

3.3.1.6 REQUISITOS DA QUALIDADE DOS DADOS

À semelhança de todos os tópicos associados ao objetivo e âmbito da ACV, também os requisitos da qualidade dos dados devem ir ao encontro dos mesmos. Aqui, são especificadas as características gerais dos dados necessários para o estudo, bem como as fontes dos dados, os pressupostos e as suposições a efetuar.

Estas informações são importantes para perceber o quão fiáveis são os dados recolhidos, e que tipo de precisão pode ser aplicada à sua interpretação [31].

3.3.2 ANÁLISE DO INVENTÁRIO

A segunda fase de um estudo de ACV caracteriza-se pela quantificação das entradas (energia, matérias primas) e saídas (relativas ao sistema a ser estudado). Envolve a recolha de dados que vão ao encontro do objetivo definido para o estudo [31].

Relativo às entradas, estão associados dados como energia consumida, matérias primas gastas, entre outros. Inerente às saídas estão relacionados dados como emissões atmosféricas e efluentes, desperdícios sólidos, entre outros [56].

A Figura 3-21 ilustra um diagrama de entradas e saídas de um ciclo de vida.

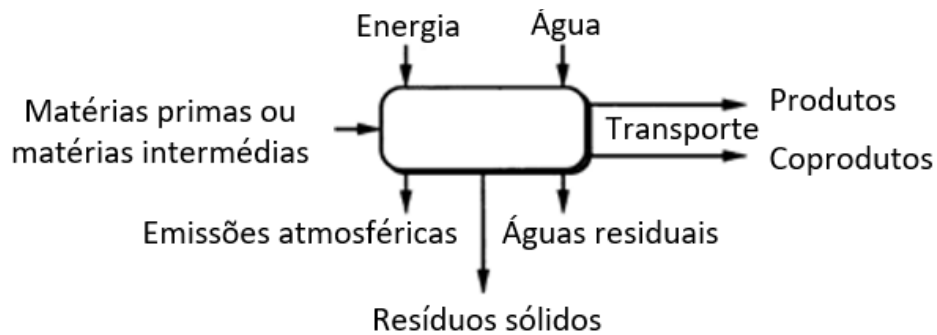


Figura 3-21 - Fluxo de entradas e saídas de um Ciclo de Vida, [56].

Na sua abordagem mais ampla, a análise de inventário começa com a extração das matérias primas e continua até ao consumo do produto e consequente eliminação. É possível que alguns inventários tenham fronteiras de sistema mais restritas, devido à intenção do seu uso [56].

Na Figura 3-22 está ilustrado o procedimento para a análise do inventário.



Figura 3-22 - Procedimentos relativos à análise do inventário, [31].

3.3.3 ANÁLISE DOS IMPACTOS

A terceira parte do ACV é a análise dos impactos. Esta tem como propósito fornecer informação adicional para se poder avaliar os resultados do inventário do ciclo de vida, por forma a compreender o seu significado ambiental.

A AICV difere de outras técnicas, tais como a avaliação do desempenho ambiental, avaliação do impacto ambiental e avaliação do risco, uma vez que é uma abordagem relativa, baseada numa unidade funcional, podendo, ainda assim, utilizar informação conjunta destas outras técnicas.

A fase da AICV deve ser cuidadosamente planeada, para se fazer cumprir com o objetivo e o âmbito de um estudo de ACV. A fase AICV deve ser coordenada com as outras fases da ACV, para se ter em consideração as possíveis omissões e fontes de incerteza, seguidamente apresentadas:

- a) se a qualidade dos dados do ICV é suficiente para conduzir a AICV de acordo com a definição dos objetivos e do âmbito do estudo;
- b) se as decisões sobre as fronteiras do sistema e a percentagem de corte (*cut-off*) dos dados foram suficientemente revistas, por forma a garantir a qualidade da informação necessária ao ICV, para a atribuição dos indicadores da AICV;
- c) se a relevância ambiental dos resultados da AICV diminui devido à determinação da unidade funcional do ICV, largura do sistema, agregação e alocação.

Esta fase inclui, também, a recolha de resultados indicadores para as diferentes categorias de impacto, que representam o perfil da AICV para o produto.

A AICV consiste, ainda, em elementos obrigatórios e opcionais [31].

3.3.3.1 ELEMENTOS OBRIGATÓRIOS

A fase de AICV deve incluir os seguintes elementos obrigatórios, [31]:

- Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e caracterização dos modelos;
- Atribuição dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas (classificação);
- Cálculo dos resultados do indicador de categoria (caracterização).

De seguida são descritos, com maior pormenor, os elementos em cima listados.

Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e caracterização dos modelos

No elemento **seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e caracterização dos modelos**, é necessário fornecer nomes exatos e descritivos. Este elemento deve estar de acordo com o objetivo e com o âmbito da ACV, bem como refletir um conjunto de problemas ambientais que estejam relacionados com o estudo em questão.

O mecanismo ambiental e o modelo de caracterização que relaciona os resultados da análise de inventário com o indicador de categoria, e que fornece uma base para os fatores de caracterização, deve ser descrito [31].

A Figura 3-23 fornece um conceito da relação que existe, relativamente ao supracitado.

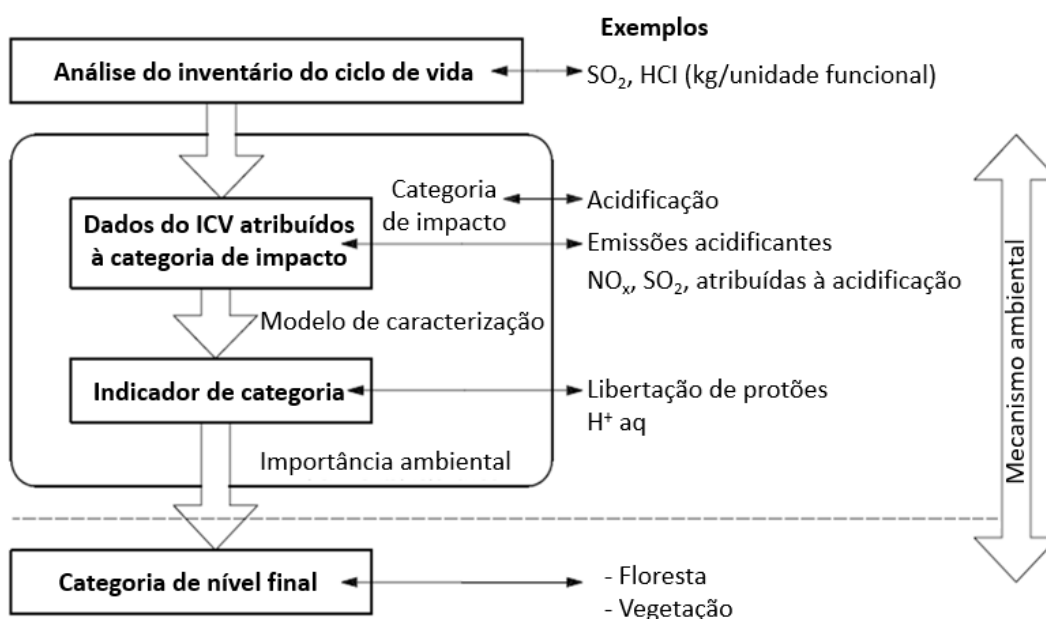


Figura 3-23 - Conceito de indicadores de categoria, [31].

As categorias de impactos dividem-se em dois segmentos: Indicadores de nível médio (*midpoint*) e indicadores de nível final (*endpoint*) [31]. Os indicadores de categorias de impacto mais utilizadas são [57]:

- o aquecimento global;
- a depleção de ozono estratosférico;
- a acidificação;
- a eutrofização;
- a formação de ozono fotoquímico;
- a toxicidade humana;
- a ecotoxicidade;
- diminuição dos recursos bióticos e abióticos;
- o uso do solo.

Os indicadores *midpoint* focam-se mais em problemas ambientais a nível individual, como por exemplo, mudanças ambientais ou acidificação. Os indicadores *endpoint* mostram o impacto ambiental em três categorias agregadas, superiores, em termos de nível, relativamente aos indicadores *midpoint*, que são o Efeito na Saúde Humana, Biodiversidade e Escassez de Recursos.

A conversão dos indicadores *midpoint* em indicadores *endpoint* simplifica a interpretação dos resultados da AICV, no entanto, após cada agregação realizada, a incerteza dos resultados aumenta [58].

Atribuição dos resultados da análise de inventário para as categorias de impacto selecionadas (classificação)

O elemento **atribuição dos resultados da análise de inventário para as categorias de impacto selecionadas (classificação)**, deve assegurar que a atribuição dos resultados da análise do inventário é exclusiva para categoria de impacto, e a identificação dos mesmos se forem comuns a mais que uma categoria de impacto, e.g, o dióxido de enxofre, SO₂, é repartido pelas categorias de acidificação e saúde humana, e os óxidos de azoto, NO_x contribuem, quer para a formação de ozono troposférico, quer para a acidificação [31].

Cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização)

O último elemento obrigatório, **cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização)**, envolve a conversão, por meio de fatores de caracterização, dos resultados da análise do inventário, em unidades comuns, e a agregação dos resultados convertidos, na mesma categoria de impacto. O resultado do cálculo é um indicador numérico [31].

Os fatores de caracterização são fatores de conversão baseados na ciência.

Este cálculo é efetuado por forma a se poderem expressar potenciais impactos, numa forma que possam ser comparados. A título de exemplo, comparar o impacto no aquecimento global do dióxido de carbono, CO₂ e do amoníaco, NH₃, só será possível se forem ambos expressos na mesma unidade [57].

3.3.3.2 ELEMENTOS OPCIONAIS

A fase de AICV inclui, com caráter opcional, os seguintes elementos [31]:

- Normalização: cálculo da magnitude dos indicadores de categoria relativos à informação de referência;
- Agrupamento: ordenação e possível classificação das categorias de impacto;

- Ponderação: conversão e possível agregação dos resultados indicadores, através das categorias de impacto, utilizando fatores numéricos baseados em escolhas de valor; os dados existentes antes da ponderação, devem permanecer disponíveis.

Optou-se, apenas, por uma breve introdução dos elementos supracitados.

3.3.4 INTERPRETAÇÃO

É na quarta e última fase do procedimento da ACV que são sumarizados e discutidos os resultados relativos à análise do inventário e/ou AICV. Devem fazer parte destes os problemas de maior relevo, resultantes das fases de análise de inventário e de AICV, e uma avaliação que considere as verificações de integridade, sensibilidade e consistência das análises mencionadas em cima. Estas informações servirão para formar as conclusões, recomendações e decisões acerca da ACV, sempre de acordo com o objetivo e o âmbito do estudo a realizar [31].

Na Figura 3-24 é possível ver-se a ligação da fase de interpretação com as outras fases da ACV.

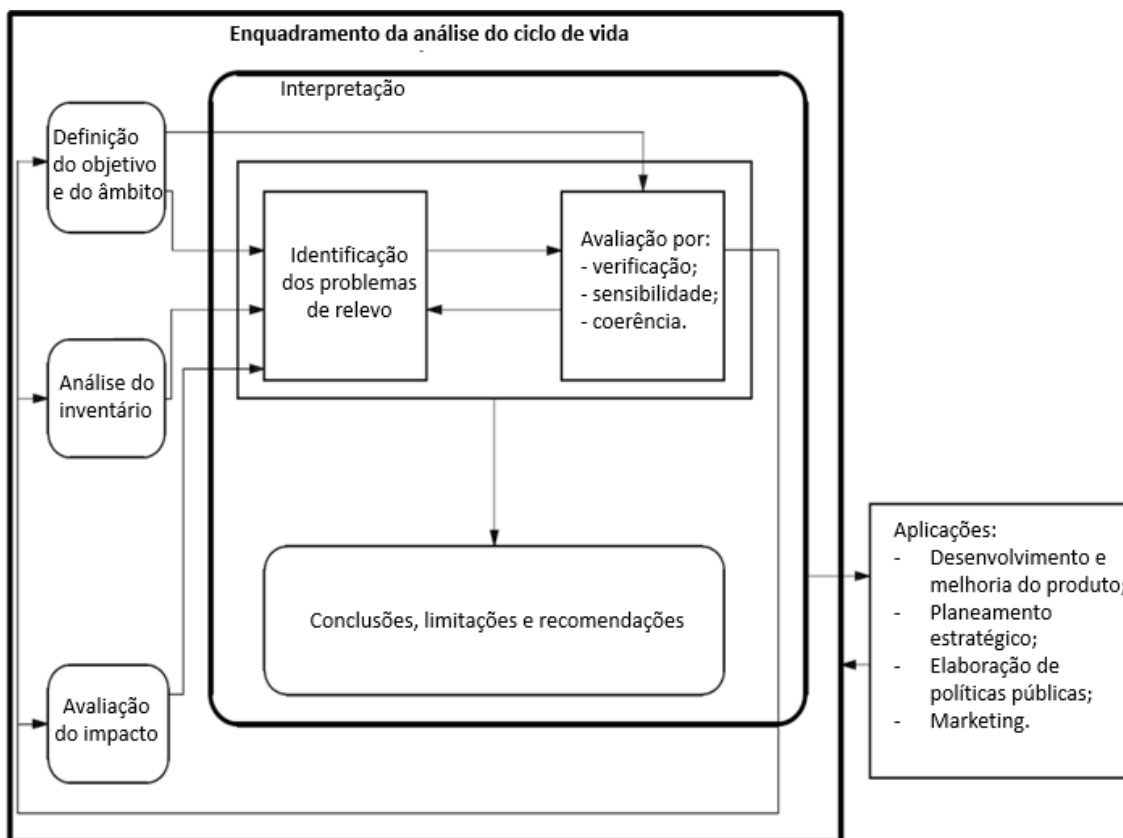


Figura 3-24 - Relação entre os elementos pertencentes à fase de interpretação com as outras fases da ACV, [31].

3.4 CASO DE ESTUDO – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A presente tese vai ser realizada em volta de um produto conhecido por DIVAC (Disjuntor de Vácuo). A escolha deste produto é baseada numa lista de artigos vendidos no decorrer dos anos 2014 a 2018, em que se atribui a maior importância, em termos de escolha, ao artigo mais vendido e, conseqüentemente, menor importância ao artigo menos vendido. Assim sendo, segundo os dados mais recentes disponibilizados pela empresa, a opção incidu na gama de produto de distribuição secundária, NORMAFIX 24, mais precisamente, no *Standard Assembly Kit* (SAK) - DIVAC 2416B Longitudinal, como ilustrado na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - Artigos vendidos, globalmente, pela Efacec aos seus clientes, de 2014 a 2018.

Produto	SAK	Designação	2014	2015	2016	2017	2018	Total
NFIX24	365140150-01	SAK - DIVAC 2416B LONG	128	324	334	323	207	1316
NCEL17	365160150-01	SAK - DISJUNTOR DIVAC 1225D	0	0	0	18	322	340
REVAC	336170016-01	SAK – DIVAC 2416D	0	0	0	149	180	329

3.4.1 OBJETIVO E ÂMBITO

3.4.1.1 OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo principal determinar em qual dos países, Portugal ou Índia, é mais viável, do ponto de vista dos aspetos ambientais, através da análise do ciclo de vida, a produção de um disjuntor de média tensão.

A realização duma ACV permite a identificação, quantificação e avaliação dos impactos ambientais decorrentes dos processos ao longo de ciclo de vida. Após a interpretação dos resultados obtidos, serão retiradas conclusões e apontadas sugestões e oportunidades de melhoria no produto [30, 31].

O público-alvo é o AMT, a Efacec e os seus clientes.

3.4.1.2 ÂMBITO

Como já mencionado no capítulo 3.2, a origem da necessidade de se efetuar uma ACV, surge no âmbito duma auditoria.

O produto em estudo é o DIVAC, mais especificamente o SAK DIVAC 2416B, com a função de corte no vácuo, operando a uma tensão nominal até 24 kV.

3.4.1.3 FUNÇÃO E UNIDADE FUNCIONAL

DIVAC

O DIVAC em estudo, representado pela Figura 3-25, é um disjuntor tripolar que utiliza a tecnologia de corte no vácuo. Esta solução, entre muitas outras aplicações, é utilizada pelas gamas de produtos de Distribuição Primária e Distribuição Secundária.

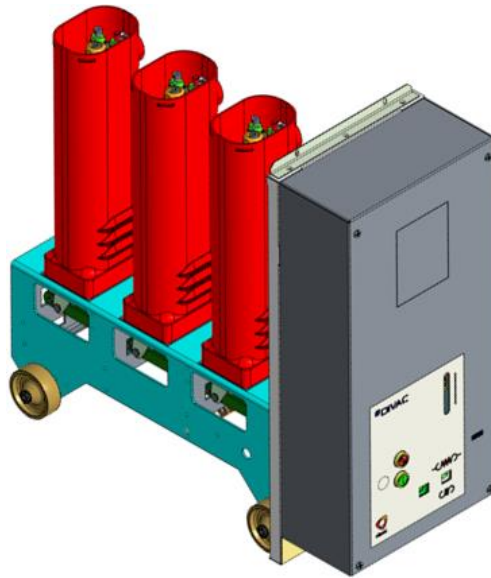


Figura 3-25 - SAK - DIVAC 2416B LONG, (fonte: *software 3D CREO Parametric*[®]).

Caracterizado por ser um equipamento com dimensões reduzidas, o disjuntor DIVAC alcança excelentes prestações elétricas e mecânicas e requer pouca energia para realizar as manobras de fecho/abertura.

A tecnologia utilizada de corte no vácuo, aliada a uma construção simples e robusta, garante-lhe uma elevada fiabilidade.

Características gerais [59]:

- Seguro e fiável;
- *Design* compacto;
- Ideal para todas as aplicações em Média Tensão;
- Excelentes propriedades dielétricas;
- Excelentes propriedades de extinção do arco elétrico;
- Fácil instalação;
- Facilidade de manobra;
- Vida elétrica e mecânica acrescida;
- Sem manutenção;
- Diversas opções disponíveis.

Na Tabela 3-2 estão presentes as características elétricas do DIVAC [60].

Tabela 3-2 - Características elétricas e dimensões, [60].

Características	Unidade	Valor	
Tensão nominal	[kV]	24	
Nível de isolamento	Tensão de choque	[kV]	50
	Frequência industrial (1 min)	[kV]	125
Corrente nominal	[A]	630	
Poder de corte	[kA]	16	
Designação	[-]	Divac 2416B	
Altura (A)	[mm]	894	
Profundidade (P)	[mm]	957	
Largura (L)	[mm]	374	
Distância entre polos (EP)	[mm]	200	

Na Figura 3-26 apresentam-se as dimensões do DIVAC [60].

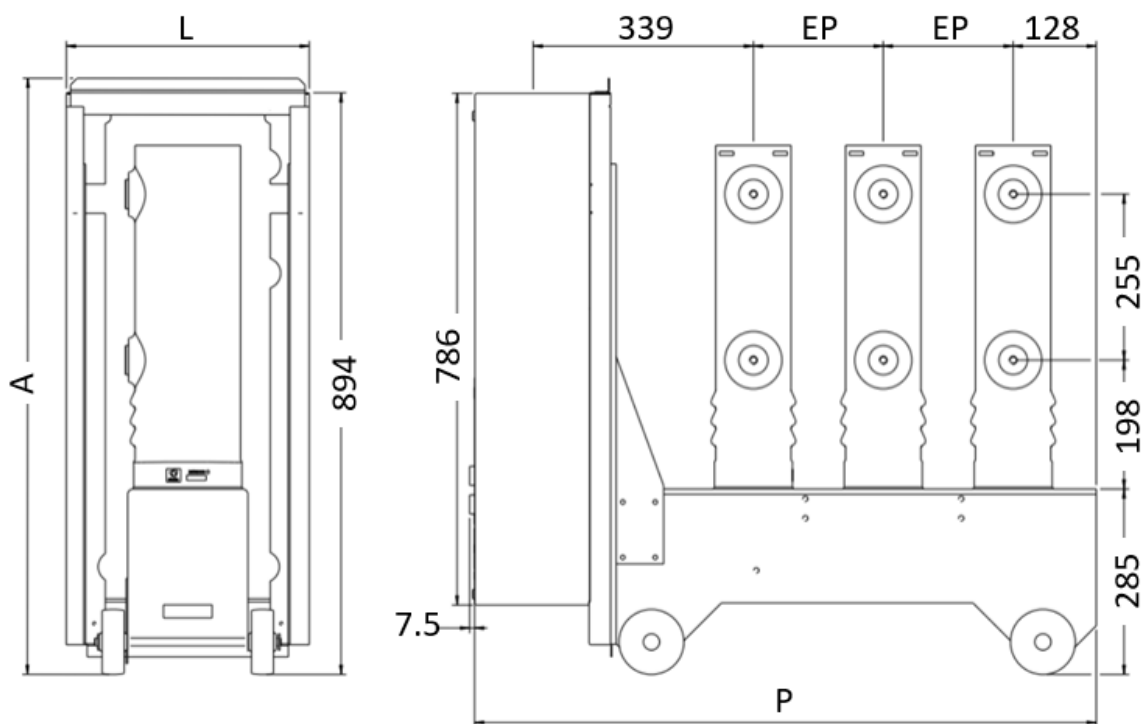


Figura 3-26 - Dimensões do DIVAC, [60].

A Figura 3-27 mostra os componentes gerais que constituem o DIVAC [59].

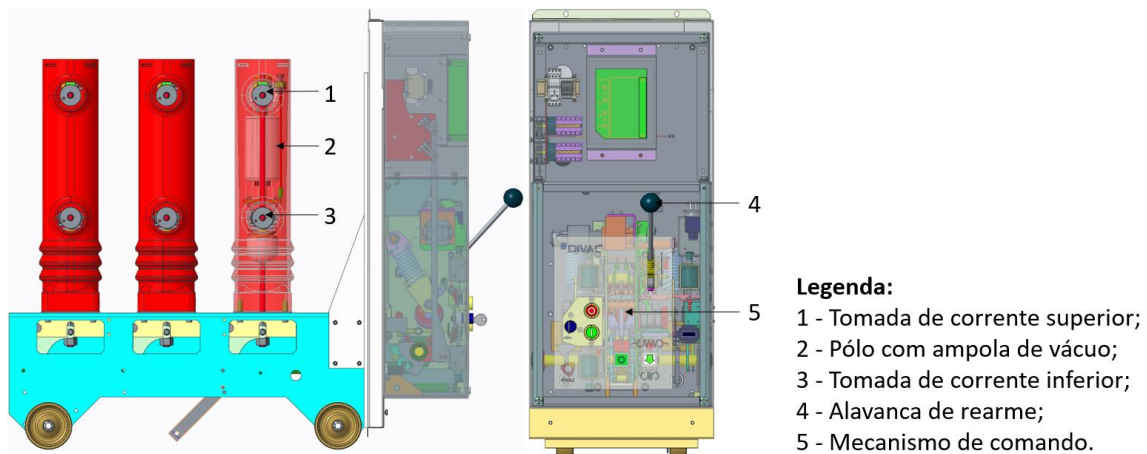


Figura 3-27 - Constituição geral do DIVAC, [59].

Como referido no capítulo 3.3.1.3, numa análise do ciclo de vida, os sistemas de produtos são avaliados numa base funcional equivalente [30, 31]. A unidade funcional normaliza os dados com base no uso equivalente e serve de referência para relacionar as entradas e saídas dos diferentes processos que compõem o ciclo de vida, bem como de termo de comparação dos resultados obtidos pelo estudo. Desta forma, a unidade funcional definida para este caso de estudo foi a Produção e Uso de um disjuntor de vácuo para 24 kV, fabricado na Índia e em Portugal, durante 20 anos ou 10000 manobras [60].

Normafix

Como o produto a ser estudado é o DIVAC e como, neste caso, se insere na gama de produtos Normafix, optou-se por se introduzir este produto. De referir que não vai ser efetuado qualquer estudo de ACV ao Normafix.

A cela Normafix, ilustrada na Figura 3-28 faz parte da gama de quadros modulares, de interior, com isolamento no ar, e a sua aplicação na Distribuição Secundária vai desde a Produção de Energia (eólica, fotovoltaica, entre outras) até à Distribuição de Energia Elétrica para as variadas indústrias e aplicações.

As suas aplicações típicas são:

- Postos de transformação;
- Postos de seccionamento;
- Postos de distribuição pública e privada.

A sua construção estruturada em unidades modulares e equipadas com diversas funções, tais como a inclusão de interruptores e disjuntores, permite a incorporação de várias soluções.



Figura 3-28 - Cella Normafix 24 com disjuntor DIVAC 2416B, [61].

Características construtivas [61]:

- Quadro modular de isolamento no ar;
- Equipado com interruptor seccionador de corte em SF₆;
- Equipado com disjuntor de vácuo;
- Construção modular;
- Simplicidade de instalação e de extensão;
- Desenvolvido de acordo com a norma internacional IEC 62271-200;
- Resistente ao arco interno;
- Vida mecânica e elétrica acrescida (classe E3 M2);
- Possibilidade de análise termográfica (opcional).

3.4.1.4 FRONTEIRAS DO SISTEMA

Para o presente estudo, definiram-se as fronteiras do sistema através da recolha e síntese de informação sobre os fluxos de entrada e de saída durante as várias fases do ciclo de vida do DIVAC. O diagrama obtido para a situação real do equipamento foi definido conforme ilustrado na Figura 3-29.

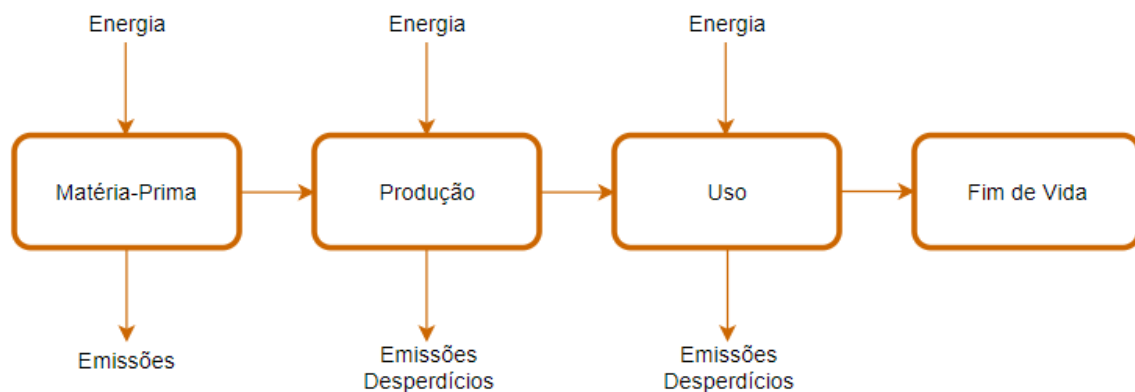


Figura 3-29 - Fronteira do Ciclo de Vida Real definido para o DIVAC.

Após se compreender qual a importância ambiental dos fluxos de entrada e de saída relacionadas com as várias etapas, foram efetuadas algumas considerações no ciclo de vida real definido, por forma a facilitar e agilizar o estudo em questão, sem que em algo modificasse as conclusões do estudo. Deste modo, o novo diagrama de ciclo de vida proposto, encontra-se definido pela Figura 3-30.

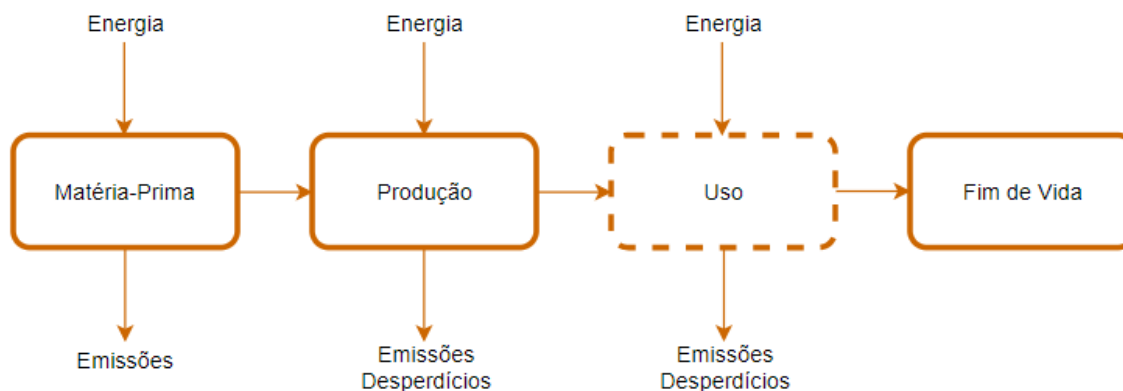


Figura 3-30 - Fronteira do Ciclo de Vida Real proposto para o DIVAC.

Conforme é possível de se verificar, as considerações efetuadas passaram por não considerar a fase de uso, por não ter impacto ambiental significativo, devido à tipologia de funcionamento deste equipamento. Assim sendo, foram definidos, de acordo com cada etapa do ciclo de vida, os fluxos de informação necessários para definir as fronteiras do sistema, conforme se verifica na Tabela 3-3.

Tabela 3-3 - Etapas do ciclo de vida e respetivas fronteiras definidas.

Etapa do ciclo de vida	Informação necessária		
Matéria-prima	Componentes normalizados	Componentes não normalizados	Matéria-prima para fabrico interno
Produção	Processos de transformação internos à matéria-prima adquirida		
Uso	Transporte para o cliente		
Fim de Vida	Reciclagem		

Esta análise inicial teve em conta os dados disponíveis e o conhecimento base sobre o ciclo de vida de aparelhagens elétricas para distribuição secundária, no entanto, como é um processo iterativo, as entradas e saídas serão identificadas de forma mais completa, após serem escolhidos dados adicionais ao longo do estudo.

Outro ponto a ter em conta são os critérios de exclusão para a definição das entradas e saídas, que devido a uma dificuldade inicial, faz sentido que sejam definidos ao longo do estudo, onde a sensibilidade se torna mais evidente, quer por pequenos estudos, quer pelo conhecimento da qualidade dos dados.

3.4.1.5 METODOLOGIA DA AICV E TIPOS DE IMPACTOS

Análise da escolha de *software*

Por forma a entender como se processam as etapas do fim de ciclo do DIVAC e, consequentemente, como medir o seu impacto, decidiu-se efetuar um estudo recorrendo a um *software* de ACV.

A variedade de *softwares* à disposição para a ACV é grande, pelo que a seleção deste *software* incidu sobre três fatores:

- **Fiabilidade**, o facto de se trabalhar com dados da empresa, é motivo para ter este fator em conta;
- **Uso gratuito**, o preço duma licença para este tipo de *software* ronda os milhares de euros, pelo que optar pelo uso gratuito seria em tudo vantajoso;
- **Aconselhamento**, por parte dos orientadores quer da Efacec, quer do ISEP (este último fator corrobora com o primeiro e um acaba por validar o outro).

No seguimento deste último ponto, foi aconselhado por parte dos orientadores os *softwares* de ACV: *SimaPro*, *Gabi*, *CES Edupack* e *openLCA*. Os dois primeiros são *softwares* pagos, o terceiro apesar de ser *software* pago, cuja licença era detida pelo ISEP, mas que no decorrer da corrente tese, não estava disponível.

Após contacto com a *SimaPro*, foi conseguida uma licença provisória para o *software SimaPro 9.0*, versão de estudante, para o desenvolvimento desta dissertação. Este contacto surgiu uma vez que já haviam sido realizados estudos, com vertente académica, na empresa, em que se utilizou o *SimaPro*.

Software SimaPro

As ACV efetuadas na presente dissertação tiveram como suporte o *software* informático *SimaPro 9.0*, desenvolvido pela empresa holandesa *Pré Consultants*, com recurso à base de dados *ecoinvent 3.0*. O *SimaPro* caracteriza-se por ser uma ferramenta profissional, cuja informação é disponibilizada, organizadamente, sob a forma de projetos, que podem compreender múltiplos ciclos de vida de um ou vários produtos, e cujos processos podem ser extraídos das bases de dados disponíveis no programa. Estas bases de dados encontram-se organizadas em sete categorias, nomeadamente, [62]:

- Materiais;
- Energia;
- Transportes;
- Processamento;

- Utilizações;
- Cenário de resíduos;
- Tratamento de resíduos.

Com esta ferramenta, o utilizador pode analisar facilmente ciclos de vida complexos, de modo sistemático, e de acordo com as recomendações da norma ISO 14040:2006. No que respeita à estrutura do ciclo de vida, no *SimaPro* 9.0 esta assenta em três componentes, designadamente [62]:

- **Montagem Principal:** conjunto de processos que conduz ao fabrico, distribuição e utilização do produto ou serviço, em estudo, em que se baseia a ACV;
- **Ciclo de vida:** análise do ciclo de vida dos diferentes produtos ou serviços, contemplando as diferentes fases do ciclo de vida, inclusive, o tratamento de cenários de produtos ou serviços dentro de produtos ou serviços principais;
- **Cenário de fim de vida/resíduos:** situação de tratamento final, onde são descritas as operações às quais o produto ou serviço está sujeito após a sua utilização, e inclui os processos de triagem, reutilização e reciclagem.

Métodos de AICV Utilizados

Como referido anteriormente, o *software* utilizado foi o *SimaPro*. Por si só, o *software* nada faz relativamente à ACV, pois é somente um *software* que agrega métodos de AICV. Assim sendo, é necessário escolher quais os métodos de AICV a utilizar, para determinar os impactos ambientais do DIVAC.

A utilização da metodologia ReCiPe teve por princípio a base de outros trabalhos, previamente realizados na empresa, na medida em que é uma metodologia usada com frequência.

Deste modo, a metodologia ReCiPe 2016, de uso global [63], é parte integrante da AICV, uma das fases da ACV. Foi criada, em 2008, pelo *Netherlands Institute for Public Health and the Environment* (RIVM), pelo *Center of Environmental Science of Leiden University* (CML), pela *Pré Consultants*, pela *University of Radboud*, e pela organização *CE Delft*, dedicada à pesquisa e à consultoria [58, 64].

Esta metodologia apresenta-se como uma fusão entre outras duas metodologias, utilizando os indicadores *midpoint* da metodologia *CML*, e os indicadores *endpoint* da metodologia *Ecoindicator* [65].

Como explicado, as categorias de impacto dividem-se em dois níveis: nos indicadores *midpoint* e nos indicadores *endpoint* [31].

A metodologia ReCiPe calcula dezoito indicadores *midpoint* e três indicadores *endpoint*.

Dos **indicadores *midpoint*** fazem parte a Formação de Partículas; Impacto da formação de ozono troposférico no Homem, Radiação Ionizante; Diminuição da Camada de Ozono Estratosférico, Toxicidade Humana Cancerígena, Toxicidade Humana não Cancerígena, Aquecimento Global, Uso de Água, Ecotoxicidade da Água Doce, Eutrofização da Água Doce, Impacto da formação de ozono troposférico no Ecossistema, Ecotoxicidade Terrestre, Acidificação Terrestre, Ocupação do solo, Ecotoxicidade Marítima, Eutrofização Marítima, Esgotamento dos Recursos Minerais e Esgotamento dos Recursos Fósseis. Dos **indicadores *endpoint*** fazem parte o Dano para a Saúde Humana, Dano para os ecossistemas e o Dano para a disponibilidade de recursos [58].

A Figura 3-31 fornece uma visão geral das categorias de impacto *midpoint* e *endpoint*, que estão cobertas pela metodologia ReCiPe 2016.

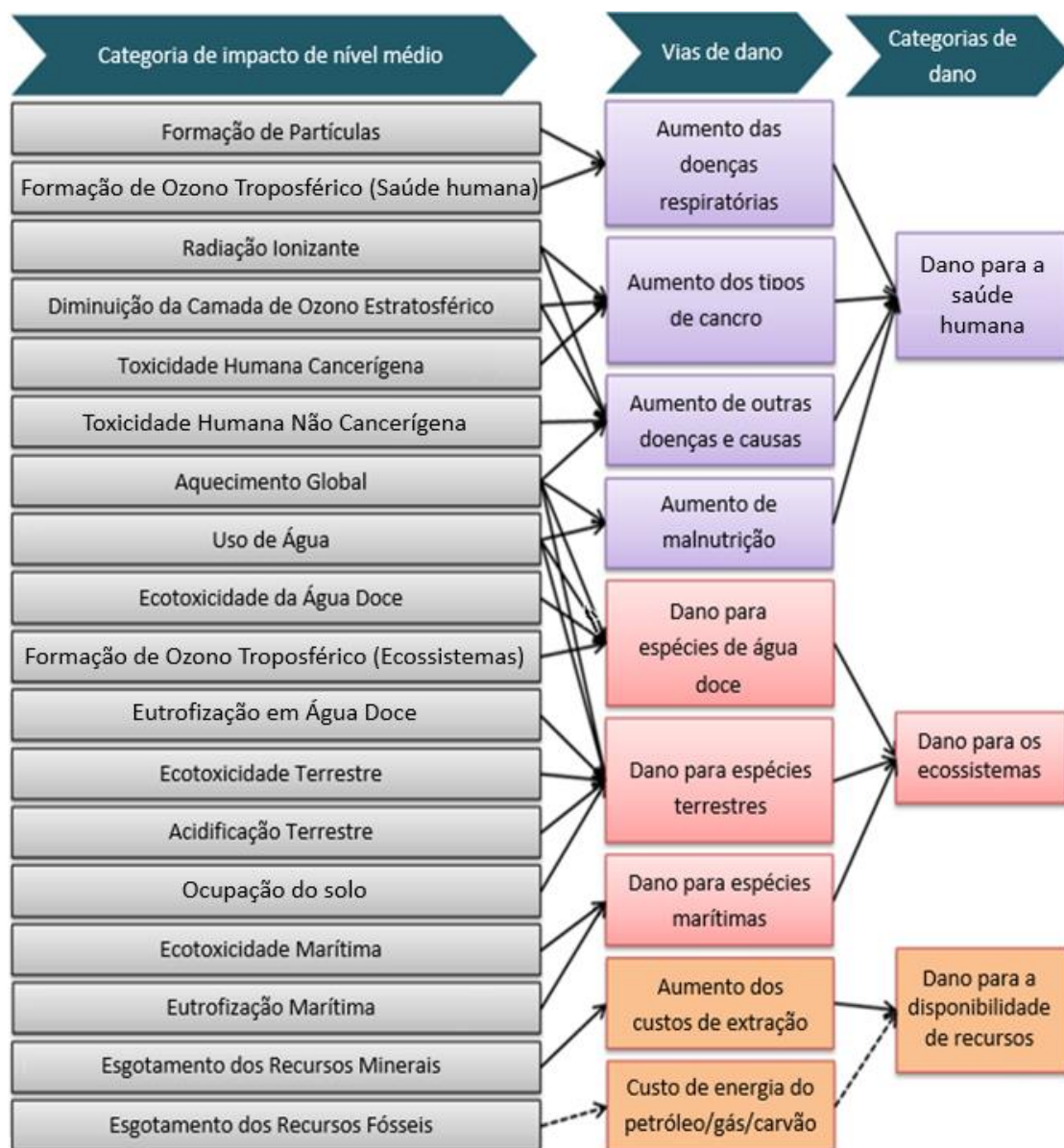


Figura 3-31 - Relação entre os indicadores da categoria *midpoint* e os indicadores da categoria *endpoint*, da metodologia ReCiPe, [66].

A Tabela 3-4 apresenta as unidades em que são expressos os indicadores *midpoint*.

Tabela 3-4 - Tabela de indicadores *midpoint* do método ReCiPe.

Categoria de Impacto	Unidades
Radiação Ionizante	kBq Co-60 eq
Ecotoxicidade Terrestre	
Ecotoxicidade da Água Doce	
Ecotoxicidade Marítima	kg 1,4-DCB
Toxicidade Humana Cancerígena	
Toxicidade Humana Não Cancerígena	
Diminuição da Camada de Ozono Estratosférico	kg CFC-11 eq
Aquecimento Global	kg CO ₂ eq
Esgotamento dos Recursos Minerais	kg Cu eq
Eutrofização Marítima	kg N eq
Formação de Ozono Troposférico (Saúde humana)	kg NO _x eq
Formação de Ozono Troposférico (Ecossistemas)	
Esgotamento dos Recursos Fósseis	kg oil eq
Eutrofização em Água Doce	kg P eq
Formação de partículas	kg PM _{2.5} eq
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq
Ocupação do Solo	m ² a crop eq
Consumo de Água	m ³

A Tabela 3-5 apresenta as unidades em que são expressos os indicadores *endpoint*.

Tabela 3-5 - Tabela de indicadores *endpoint* do método ReCiPe.

Categoria de Dano	Unidades
Saúde humana	DALY
Ecossistemas	species.yr
Recursos	USD (\$)

Os dados relativos à Tabela 3-4 e a Tabela 3-5 foram retirados do *software SimaPro 9.0*.

As unidades da Tabela 3-5 estão relacionadas com as três áreas de categoria de dano, Saúde humana, Ecossistemas e Recursos. A categoria de Saúde humana é expressa pela unidade *Daly* (*disability adjusted life years*) e representa os anos perdidos, ou que uma pessoa está inválida, devido a doença ou acidente; a categoria de Ecossistemas vem expressa na unidade *species.yr* (*species year*) e representa a perda de espécies locais ao longo do tempo; por fim, a categoria de Recursos é expressa em *USD* (*United States Dollar*) ou \$ (símbolo do dólar) e representa os

custos extra envolvidos para a extração de recursos minerais e fósseis. A Tabela 3-6 representa um quadro-resumo com informações relativas às categorias de dano.

Tabela 3-6 - Visão geral das categorias endpoint, indicadores e fatores de caracterização, [67].

Área de proteção	Categoria de dano	Nome	Unidade
Saúde humana	Saúde humana	Invalidez ao longo dos anos	<i>Daly</i>
Ambiente	Qualidade dos ecossistemas	Perda de espécies ao longo dos anos	<i>species × yr</i>
Escassez de recursos	Disponibilidade dos recursos	Custo de recursos	<i>USD (\$)</i>

3.4.1.6 PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES

Os pressupostos admitidos para este estudo estão relacionados com informação incompleta, inexistente e inacessível.

Os principais obstáculos foram a recolha e tratamento dos dados para a fase de inventário, devido à extensão da lista de materiais associada ao produto e a falta de dados relacionados com materiais e/ou componentes, bem como a escolha do *software*, muito porque a maioria dos *softwares* existentes são pagos, assim como as bases de dados que deles fazem parte.

O facto de se utilizar um *software* de versão estudante permite efetuar estudos de elevada qualidade, face ao que seria de esperar duma versão de demonstração. No entanto, quando comparada com a versão profissional do *software*, a versão de estudante apresenta as suas lacunas, nomeadamente um leque de materiais mais reduzido, inexistência de cenários puramente vocacionados para a reciclagem e duma panóplia de cenários de destruição dos produtos mais alargada. Estas lacunas influenciam a qualidade final dos dados resultantes da utilização do *software*, que dependerá, intrinsecamente, da qualidade da análise e tratamento dos dados recolhidos e, posteriormente, inseridos no *software*. As aproximações são, preferencialmente, de evitar, mas quando necessário, serão realizadas.

Existem materiais que, apesar dos impactos ambientais causados, como se irá verificar no capítulo 3.4.3, não podem ser substituídos por representarem componentes essenciais ao funcionamento do equipamento.

A falta de dados foi contrariada com o estabelecimento de critérios que permitiram, por comparação baseada na semelhança da arborescência do produto, obter os dados em falta.

Os cenários, nomeadamente, no fim de vida do produto, são meramente especulativos, uma vez que se torna árdua a tarefa de determinar, num intervalo de tempo de 20 anos, o que o cliente pretende fazer em relação ao seu produto.

O devido fim de vida do produto não é da responsabilidade da Efacec, uma vez que é o cliente que detém posse do produto e fica responsável por contratar um serviço de reciclagem e/ou eliminação para o correto fim de vida dos produtos.

A aplicação duma metodologia a toda a gama de produtos já existente, do AMT, pode não ser possível, muito devido ao facto de alguns produtos existirem há bastantes anos, e de não se fazerem acompanhar da documentação necessária para uma análise sustentável ao seu impacto ambiental.

Quando se utiliza *software*, independentemente da natureza do mesmo, fica-se sujeito às aproximações que estes fazem.

3.4.2 ANÁLISE DO INVENTÁRIO

3.4.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Quando se trata de analisar o potencial do impacto ambiental de sistemas com grau de complexidade como o da tipologia do produto no presente estudo, é necessário recorrer a uma metodologia de recolha de informação bastante consistente e que, de certa forma, permita facilitar a abordagem para a realização de simplificações essenciais.

Seguiu-se, então, uma abordagem de recolha de informação, que passou por se fazer um levantamento, como mostrado na Tabela 3-7, das variáveis iniciais essenciais para proceder à recolha de informação, com vista à construção duma listagem que permita trabalhar e analisar os dados rápida e facilmente.

Tabela 3-7 - Levantamento efetuado para compreender as variáveis essenciais para recolha de informação.

Etapa do ciclo de vida	Informação Necessária			
Matéria-prima	Designação do componente	Nº de componentes	Volume dos componentes	Material dos componentes
Produção	Designação do componente	Processos que o componente irá sofrer	Volume resultante dos processos	Desperdícios do processo
Uso	Distância média de transporte para o cliente final			
Fim de Vida	Distância média de transporte para o mercado em segunda mão			

Como referido no capítulo 2.3.2, o ciclo de vida deve ser realizado por um sistema de *cradle-to-grave*, no entanto, o facto de não se terem considerado os processos que transformam a matéria-prima adquirida em componentes, para o caso dos componentes normalizados e não normalizados, deve-se à existência duma enorme complexidade na recolha de informação e seu respetivo tratamento. Contudo, a contabilização mássica dos componentes adquiridos torna-se

necessária, na medida em que permite perceber a contribuição que estas podem ter no ciclo de vida global.

Desta forma, compreendeu-se que, devido ao volume de dados em causa, era essencial definir-se para o inventário uma tabela de dados, Tabela 3-8, com os seguintes campos:

Tabela 3-8 - Definição de campos para o inventário.

Campo	Descrição do Campo
Nível	Nível da árvore de produto onde se localizam os componentes
Código	Código do componente
Descrição Local	Descrição local do componente
Quantidade	Quantidade de um determinado componente
Volume	Volume do componente
Material	Material de que é feito o componente
Massa	Peso do componente
Operação de transformação	Descrição das várias etapas que a matéria-prima adquirida sofre internamente

De seguida, procedeu-se à análise do inventário segundo as diferentes fases a estudar:

- Fase de produção;
- Fase de utilização;
- Fase de fim de vida.

Estas três fases darão, posteriormente, origem ao ciclo de vida do DIVAC.

3.4.2.2 FASE DE PRODUÇÃO

Referente aos dados da Tabela 3-8, é importante destacar que a metodologia considerada para o cálculo dos parâmetros de produção exigiu que se procedesse a uma correspondência entre os processos reais e os processos a atribuir no *software SimaPro*.

Em termos de modelação dos processos, ou seja, a forma como o *software* os caracteriza, escolheram-se os modelos que melhor se adequavam à realidade dos mesmos. Para o DIVAC feito na Índia, como não havia o modelo indiano, escolheram-se aqueles que melhor se relacionavam com os países da Ásia, ou com a Ásia, por se aproximarem mais à realidade indiana.

Deste modo, o modelo utilizado para a Índia foi o *Rest of the World (RoW)*, porque era o que apresentava mais informação.

Na Tabela 3-9 apresentam-se os equivalentes entre os processos reais e os do *SimaPro* para o produto produzido na Índia. A informação da coluna “Processo atribuído no *SimaPro*” foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-9 - Correspondência atribuída entre os processos reais e o *SimaPro* – Índia.

Processo Real	Processo atribuído no <i>SimaPro</i>	Unidade
Corte	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg
Maquinagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg
Furar	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg
Puncionagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg
Estampagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg
Quinagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg
Esmagamento	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RoW, processing, APOS, U</i>	kg

À semelhança do que se fez para o DIVAC produzido na Índia, também se escolheu um modelo para a região de parametrização dos processos. Como não havia o modelo português, escolheram-se aqueles que melhor se relacionavam com os países da Europa, ou com a Europa, por se aproximarem mais à realidade portuguesa. Deste modo, o modelo utilizado para Portugal foi o *Region of Europe (RER)*, porque era o que apresentava mais informação.

Na Tabela 3-10 apresentam-se os equivalentes entre os processos reais e os do *SimaPro* para o produto produzido em Portugal. A informação da coluna “Processo atribuído no *SimaPro*” foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-10 - Correspondência atribuída entre os processos reais e o *SimaPro* - Portugal.

Processo Real	Processo atribuído no <i>SimaPro</i>	Unidade
Corte	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg
Maquinagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg
Furar	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg
Puncionagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg
Estampagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg
Quinagem	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg
Esmagamento	<i>Metal working, average for steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for aluminium product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for chromium steel product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i> <i>Metal working, average for copper product manufacturing, RER, processing, APOS, U</i>	kg

Foi necessário proceder a esta correspondência para se poder compreender quais os dados que realmente são pedidos pelo *SimaPro*, após análise dos dados do inventário do ciclo de vida. Apesar de existirem processos mais adequados no *SimaPro*, devido à complexidade de recolha de informação para a produção, consideram-se os processos acima descritos, por deterem considerações importantes para a produção, nomeadamente perdas de material e energia utilizada no processo face ao seu peso final.

Relativamente a processos de proteção de peças, como o caso da pintura e da eletrodeposição, foram desprezados em ambos os casos, uma vez que os processos atribuídos contemplam, de certa forma, esta etapa de proteção da peça.

As considerações feitas não invalidam de modo algum o estudo, uma vez que a grande parcela influenciadora do impacto ambiental é o material em si, isto devido à grande quantidade de energia utilizada na extração e materialização.

A atribuição de materiais aos componentes é uma das etapas mais importantes na construção do inventário, uma vez que é através desta escolha que se conseguem obter os valores mássicos

de cada componente, permitindo posteriormente ao *SimaPro* o cálculo do impacto ambiental, aliado à informação dos processos.

Os materiais que constituem o DIVAC, resultante do tratamento das listas de materiais deste, estão apresentados na Tabela 3-11.

Tabela 3-11 - Materiais que compõem o DIVAC.

Material DIVAC	Classe
Acrilonitrilo Butadieno Estireno	ABS
Al 1050A ISO 6362-5 ¹	Al
AluZinc DX51D+AZ150-B-B EN 10215 ²	
Al ₂ O ₃	Alumina
CuZn39Pb2-F43 DIN 17672 ³	Latão
Banda CuSn8P H15 ⁴	Bronze
SINTERTECH-BP25 [®]	
CuAl10Ni DIN 1714 ⁵	Bronze-Al
Cu-ETP HB ISO 1337 ⁶	
Cu-ETP HB ISO 6958	
Cu-ETP HD ISO 6958	Cu-ETP
Cu-ETP HD ISO 7756	
Cu-ETP-O ISO 3487	
Cerâmica	Cerâmica
Durostone EPM [®] 203	Epóxi
Resina Epóxida CY 225/HY 225/P6	
NBR 70 shore A DIN 3770 ⁷	NBR
Nylon 6 30% Fibra de vidro (FV)	Nylon
Poliamida 6 (PA 6)	
Película autocolante de policarbonato	PC
Polipropileno BE375MO	PP
Policloreto de vinilo	PVC

¹ “Al” é o símbolo químico do alumínio

² “Aluzinc” é uma proteção de “Al” e de zinco (Zn)

³ “Cu” é o símbolo químico do cobre e “Pb” para o do chumbo

⁴ “Sn” é o símbolo químico do estanho e “P” o do fósforo

⁵ “Ni” é o símbolo químico do níquel e “DIN” é a abreviatura para Instituto Alemão para a Normalização

⁶ “Cu-ETP” é a abreviatura para o cobre eletrolítico

⁷ “NBR” é a abreviatura de borracha de nitrilo

Silicone	Silicone
Polibutileno Tereftalato	PBT
G-X22CrNi17 DIN 17445	
SS 431 T / X17CrNi16-2 DIN 17740	
SS A2	Aço inoxidável (SS)
SS A2-70	
X5CrNi1810 DIN 17440	
X5CrNiMo17.12.2 DIN 17440	
100Cr6 ⁸	
15NiCr6 DIN 1652 T.3	
16MnCr5 DIN 17200 ⁹	
34CrNiMo6 DIN 17200 ¹⁰	
9SMn28 DIN 1651	
Aço Mola 350-425 HV10	Aço ligado
Aço Mola DIN 17223-1 Classe C	
Calha DIN/ND2	
R St32-2 DIN 17100 ¹¹	
St35 NBK DIN 2391/2	
St37-2K DIN 1652-T.2	
St60-2K DIN 1652-T.2	
C45E DIN 1652-T.4	
Fita aço têmpera - Ck67 H+A DIN 17222	Aço não-ligado
St12 03m DIN 1623/1	
St33 DIN 17100	

Em termos de modelação dos materiais, ou seja, a forma como o *software* os caracteriza, escolheram-se os modelos que melhor se adequavam à realidade dos produtos. Para o DIVAC feito na Índia, como não havia o modelo indiano, escolheram-se aqueles que melhor se relacionavam com os países da Ásia, ou com a Ásia, por se aproximarem mais à realidade indiana.

Deste modo, os modelos utilizados para a Índia foram: *Rest of the World, Region of Asia* (RAS) e por último *International Aluminium Institute Area* (IAI), *Asia, without China* e *Golf Cooperation*

⁸ “Cr” é o símbolo químico do cromo

⁹ “Mn” é o símbolo químico do manganês

¹⁰ “Mo” é o símbolo químico do molibdênio

¹¹ “St” é a abreviatura para aço

Council (GCC). Por uma questão de coerência, e sempre que possível, o modelo utilizado foi o RoW, porque era o que apresentava mais informação.

Os materiais considerados no *SimaPro*, baseados nos materiais do inventário da Tabela 3-11, resultaram na Tabela 3-12, para o produto produzido na Índia. A informação da coluna “Processo atribuído no *SimaPro*” foi transcrita do *software*. A informação da coluna “Equivalente material *SimaPro*” foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-12 - Equivalência entre o material definido e o material no *SimaPro* – Índia.

Material DIVAC	Classe	Equivalente material <i>SimaPro</i>
Acrlonitrilo Butadieno Estireno	ABS	<i>Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, RoW, production, APOS, U</i>
Al 1050A ISO 6362-5	Al	<i>Aluminium, wrought alloy, RoW, treatment of aluminium scrap, new, at remelter, APOS, U</i>
AluZinc DX51D+AZ150-B-B EN 10215		<i>Aluminium alloy, AlMg₃, RoW, production, APOS, U</i>
Al₂O₃	Alumina	<i>Aluminium oxide, IAI Area, Asia, without China and GCC, aluminium oxide production, APOS, U</i>
CuZn39Pb2-F43 DIN 17672	Latão	<i>Brass, RoW, production, APOS, U</i>
Banda CuSn8P H15	Bronze	<i>Bronze, RoW, production, APOS, U</i>
SINTERTECH-BP25®		
CuAl10Ni DIN 1714	Bronze-Al	
Cu-ETP HB ISO 1337		<i>Copper, RAS, production, primary, APOS, U</i>
Cu-ETP HB ISO 6958		
Cu-ETP HD ISO 6958	Cu-ETP	
Cu-ETP HD ISO 7756		
Cu-ETP-O ISO 3487		
Cerâmica	Cerâmica	<i>Ceramic tile, RoW, production, APOS, U</i>
Durostone EPM® 203	Epóxi	<i>Epoxy resin, liquid, RoW, production, APOS, U</i>
Resina Epóxida CY 225/HY 225/P6		
NBR 70 shore A DIN 3770	NBR	<i>Nitrile-compound, RoW, production, APOS, U</i>
Nylon 6 30% FV	Nylon	<i>Nylon 6, glass-filled, RoW, production, APOS, U</i>
PA 6		<i>Nylon 6, RoW, production, APOS, U</i>
Película autocolante de policarbonato	PC	<i>Polycarbonate, RoW, production, APOS, U</i>
Polipropileno BE375MO	PP	<i>Polypropylene, granulate, RoW, production, APOS, U</i>
Policloreto de vinilo	pVC	<i>Polyvinylchloride, bulk polymerised, RoW, polyvinylchloride production, bulk polymerisation, APOS, U</i>
Silicone	Silicone	<i>Tetrafluoroethylene, RoW, production, APOS, U</i>
Polibutileno Tereftalato	PBT	<i>Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, RoW, production, APOS, U</i>
G-X22CrNi17 DIN 17445		

SS 431 T / X17CrNi16-2 DIN 17740		
SS A2		<i>Steel, chromium steel 18/8, RoW, steel production, converter,</i>
SS A2-70	SS	<i>chromium steel 18/8, APOS, U</i>
X5CrNi1810 DIN 17440		
X5CrNiMo17.12.2 DIN 17440		
100Cr6		
15NiCr6 DIN 1652 T.3		
16MnCr5 DIN 17200		
34CrNiMo6 DIN 17200		
9SMn28 DIN 1651		
Aço Mola 350-425 HV10	Aço	<i>Steel, low-alloyed, RoW, steel production, converter, low-alloyed,</i>
Aço Mola DIN 17223-1 Classe C	ligado	<i>APOS, U</i>
Calha DIN/ND2		
R St32-2 DIN 17100		
St35 NBK DIN 2391/2		
St37-2K DIN 1652-T.2		
St60-2K DIN 1652-T.2		
C45E DIN 1652-T.4		
Fita aço tempera - Ck67 H+A DIN 17222	Aço não-	<i>Steel, unalloyed, RER, steel production, converter, unalloyed, APOS, U</i>
St12 03m DIN 1623/1	ligado	
St33 DIN 17100		

Relativamente a Portugal, aplicou-se o mesmo critério, uma vez que não havia o modelo português. Assim sendo, escolheram-se aqueles que melhor se relacionavam com os países da Europa, ou com a Europa, por se aproximarem mais à realidade portuguesa. Sendo assim, os modelos utilizados para Portugal foram: *Region of Europe*, e *IAI area, European Union 27 (EU27)* e *European Free Trade Association (EFTA)*. Por uma questão de coerência, e sempre que possível, o modelo utilizado foi o RER, porque era o que apresentava mais informação.

A Tabela 3-13 representa os materiais considerados no *SimaPro*, para o produto produzido em Portugal. A informação da coluna “Equivalente material *SimaPro*” foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-13 - Equivalência entre o material definido e o material no *SimaPro* – Portugal.

Material DIVAC	Classe	Equivalente material <i>SimaPro</i>
Acrlonitrilo Butadieno Estireno	ABS	<i>Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, RER, production, APOS, U</i>
Al 1050A ISO 6362-5	Al	<i>Aluminium, wrought alloy, RER, treatment of aluminium scrap, new, at remelter, APOS, U</i>

AluZinc DX51D+AZ150-B-B EN 10215		<i>Aluminium alloy, AlMg₃, RER, production, APOS, U</i>
Al₂O₃	Alumina	<i>Aluminium oxide, IAI Area, EU27 & EFTA, aluminium oxide production, APOS, U</i>
CuZn39Pb2-F43 DIN 17672	Latão	<i>Brass, RER, production, APOS, U</i>
Banda CuSn8P H15	Bronze	<i>Bronze, RER, production, APOS, U</i>
SINTERTECH-BP25®		
CuAl10Ni DIN 1714	Bronze-Al	
Cu-ETP HB ISO 1337		<i>Copper, RER, production, primary, APOS, U</i>
Cu-ETP HB ISO 6958	Cu-ETP	
Cu-ETP HD ISO 6958		
Cu-ETP HD ISO 7756		
Cu-ETP-O ISO 3487		
Cerâmica		Cerâmica
Durostone EPM® 203	Epóxi	<i>Epoxy resin, liquid, RER, production, APOS, U</i>
Resina Epóxida CY 225/HY 225/P6		
NBR 70 shore A DIN 3770	NBR	<i>Nitrile-compound, RER, production, APOS, U</i>
Nylon 6 30% FV	Nylon	<i>Nylon 6, glass-filled, RER, production, APOS, U</i>
PA 6		<i>Nylon 6, RER, production, APOS, U</i>
Película autocolante de policarbonato	PC	<i>Polycarbonate, RER, production, APOS, U</i>
Polipropileno BE375MO	PP	<i>Polypropylene, granulate, RER, production, APOS, U</i>
Policloreto de vinilo	PVC	<i>Polyvinylchloride, bulk polymerised, RER, polyvinylchloride production, bulk polymerisation, APOS, U</i>
Silicone	Silicone	<i>Tetrafluoroethylene, RER, production, APOS, U</i>
Polibutileno Tereftalato	PBT	<i>Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, RER, production, APOS, U</i>
G-X22CrNi17 DIN 17445		<i>Steel, chromium steel 18/8, RER, steel production, converter, chromium steel 18/8, APOS, U</i>
SS 431 T / X17CrNi16-2 DIN 17740	SS	
SS A2		
SS A2-70		
X5CrNi1810 DIN 17440		
X5CrNiMo17.12.2 DIN 17440		
100Cr6		
15NiCr6 DIN 1652 T.3		Aço ligado
16MnCr5 DIN 17200		
34CrNiMo6 DIN 17200		
9SMn28 DIN 1651		
Aço Mola 350-425 HV10		

Aço Mola DIN 17223-1 Classe C	
Calha DIN/ND2	
R St32-2 DIN 17100	
St35 NBK DIN 2391/2	
St37-2K DIN 1652-T.2	
St60-2K DIN 1652-T.2	
C45E DIN 1652-T.4	
Fita aço têmpera - Ck67 H+A DIN 17222	Aço não-
St12 03m DIN 1623/1	ligado
St33 DIN 17100	Steel, unalloyed, RER, steel production, converter, unalloyed, APOS, U

Terminado o procedimento de recolha de dados, foi fundamental estabelecer a relação com os processos unitários, e a relação destes com o fluxo de referência da unidade funcional definida.

Esta necessidade levou à implementação de grupos, como apresentado na Figura 3-32, cuja definição está de acordo com a montagem do equipamento, para a alocação de dados do inventário, por três motivos:

- Compreender, na fase de inventário, onde localizar os dados nas várias etapas do ciclo de vida;
- Facilitar a ACV, tornando-se mais fácil verificar a contribuição de cada grupo no impacto geral, possibilitando-se uma análise mais detalhada;
- Permitir a simplificação na introdução de dados no *SimaPro*.

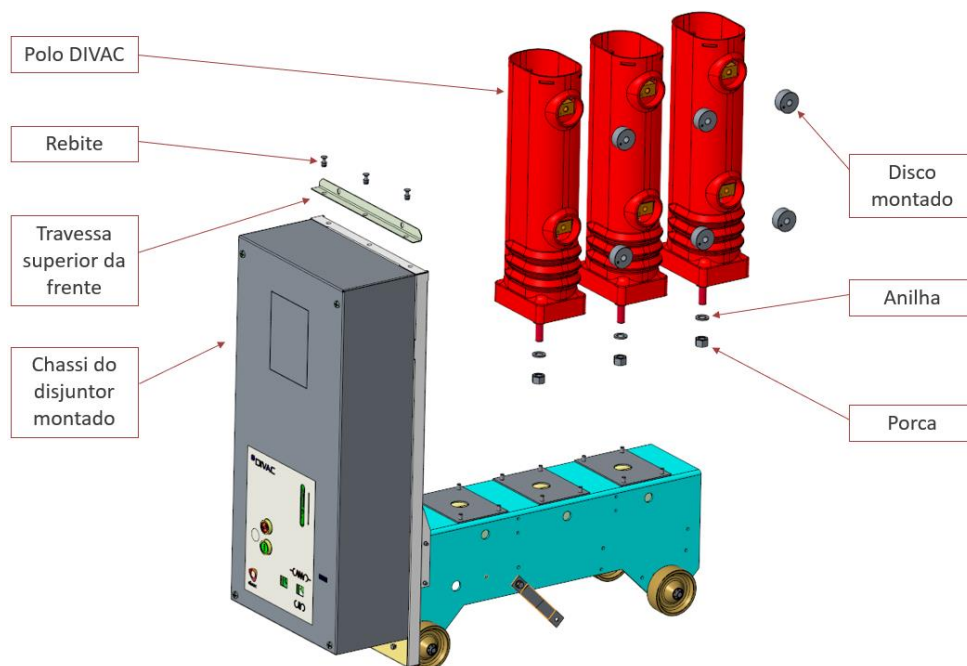


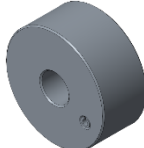
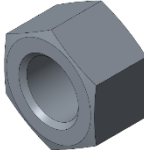

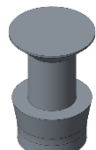
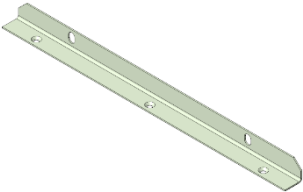


Figura 3-32 - Vista explodida do DIVAC.

Na Tabela 3-14 apresentam-se as quantidades referentes a cada grupo de alocação do DIVAC.

Tabela 3-14 - Definição de grupos para alocação de dados nas várias etapas do ciclo de vida.

Grupos de alocação dos dados	Quantidade	Imagem representativa
Polo DIVAC	3	
Chassi do disjuntor montado	1	
Disco montado	6	
Porca	3	
Anilha	3	
Rebite com anel de cabeça fresada	3	
Travessa superior da frente	1	

A Figura 3-32 e as da Tabela 3-14 foram retiradas do *software* de modelação 3D CAD, denominado por *Creo Parametric*[®], versão 3.0, desenvolvido pela PTC.

Na Tabela 3-15 encontram-se os dados relativos aos materiais presentes no grupo Polo do DIVAC, expressos em *kg* e em percentagem:

Tabela 3-15 – Materiais e quantidades presentes no grupo Polo do DIVAC.

Classe	Peso [kg]	Peso [%]
CU-ETP	11.0421	39.604
EPÓXI	8.3808	30.059
AÇO LIGADO	3.8028	13.639
LATÃO	2.2197	7.961
SS	1.0986	3.940
CERÂMICA	0.6291	2.256
SILICONE	0.5157	1.850
NYLON	0.1566	0.562
BRONZE	0.0195	0.070
NBR	0.0162	0.058
TOTAL	27.8811	100

Na Figura 3-33 encontram-se representados graficamente os dados relativos às classes de materiais presentes no grupo Polo do DIVAC, expressos em *kg* e em percentagem.

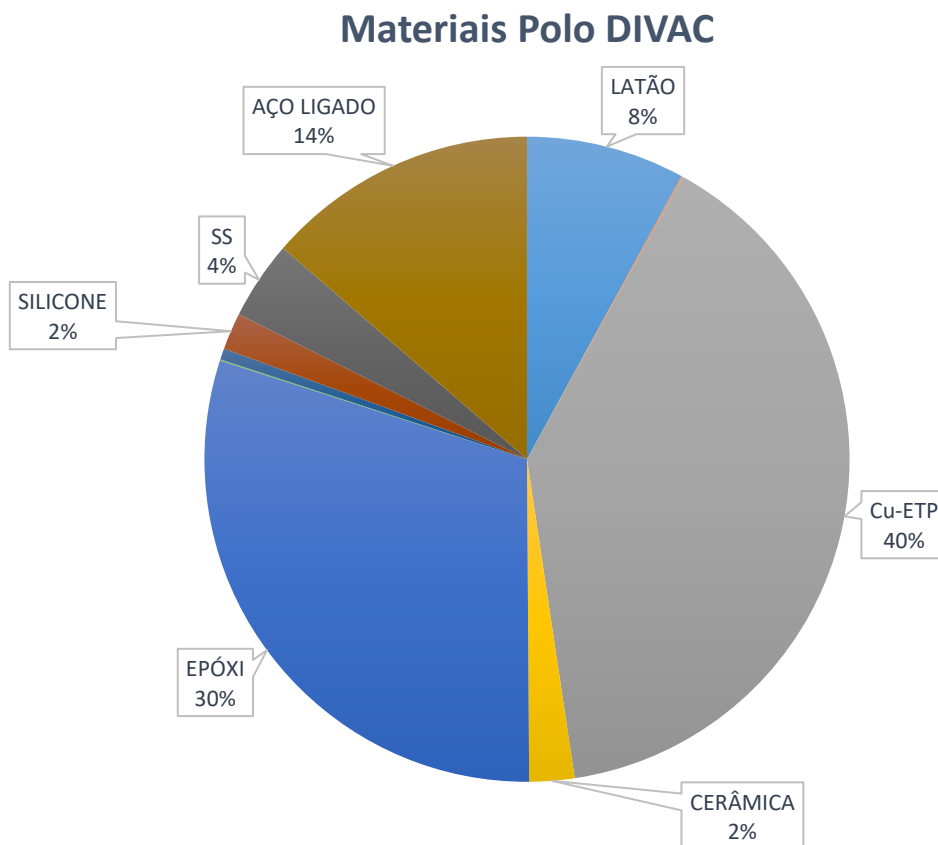


Figura 3-33 - Representação gráfica dos materiais e quantidades presentes no Polo do DIVAC.

Na Tabela 3-16 encontram-se os dados relativos aos materiais presentes no grupo Chassi do disjuntor montado, expressos em *kg* e em percentagem.

Tabela 3-16 – Materiais e quantidades presentes no grupo Chassi do disjuntor montado.

Classe	Peso [kg]	Peso [%]
AÇO LIGADO	43.7063	59.445
AÇO NÃO-LIGADO	21.6077	29.388
Al	5.6522	7.687
SS	1.1779	1.602
PVC	0.3473	0.472
PP	0.3135	0.426
NYLON	0.2307	0.314
LATÃO	0.1283	0.175
Cu-ETP	0.0947	0.129
ALUMINA	0.0912	0.124
BRONZE	0.0838	0.114
PBT	0.0613	0.083
PC	0.0256	0.035
ABS	0.0038	0.005
TOTAL	73.5243	100

Na Figura 3-34 encontram-se representados graficamente os dados relativos às classes de materiais presentes no grupo Chassi do disjuntor montado, expressos em *kg* e em percentagem.

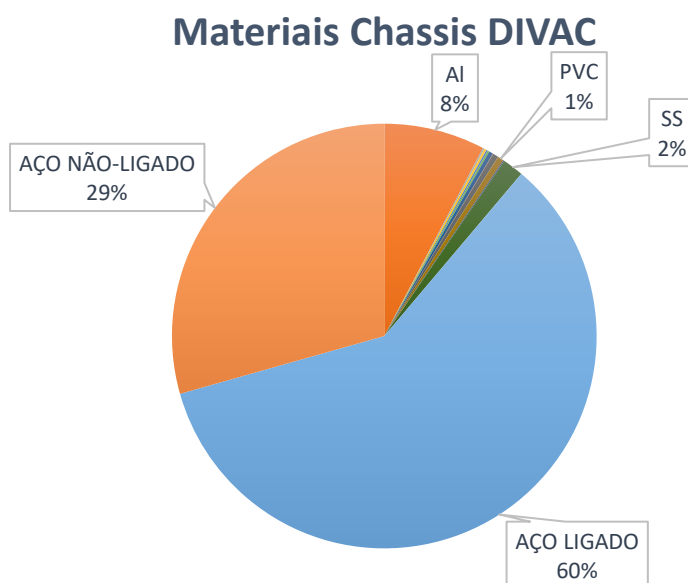


Figura 3-34 - Representação gráfica dos materiais e quantidades presentes no grupo Chassi do disjuntor montado.

Na Tabela 3-17 encontram-se os dados relativos aos grupos que são constituídos por 1 ou 2 materiais, isto é, os grupos de menor dimensão, e que não necessitam de representação gráfica auxiliar, expressos em *kg* e em percentagem.

Tabela 3-17 – Materiais e quantidades presentes nos grupos de menor dimensão: Disco montado, Porca, Anilha, Rebite e Travessa superior da frente.

Grupo	Classe	Peso [kg]	Peso [%]
Disco montado	Cu-ETP	1.5498	99
	AÇO LIGADO	0.0078	1
Travessa da frente superior	AÇO NÃO LIGADO	0.1708	100
Porca	AÇO LIGADO	0.1188	100
Anilha	AÇO LIGADO	0.0252	100
Rebite	SS	0.0095	100

Na Tabela 3-18 encontram-se os dados totais relativos aos materiais presentes no DIVAC, expressos em *kg* e em percentagem.

Tabela 3-18 - Materiais e quantidades totais presentes no DIVAC.

Classe	Peso [kg]	Peso [%]
AÇO LIGADO	47.6610	46.144
AÇO NÃO-LIGADO	21.7785	21.085
Cu-ETP	12.6866	12.283
EPÓXI	8.3808	8.114
AI	5.6522	5.472
LATÃO	2.3480	2.273
SS	2.2860	2.213
CERÂMICA	0.6291	0.609
SILICONE	0.5157	0.499
NYLON	0.3873	0.375
PVC	0.3473	0.336
PP	0.3135	0.304
BRONZE	0.1033	0.100
ALUMINA	0.0912	0.088
PBT	0.0613	0.059
PC	0.0256	0.025
NBR	0.0162	0.016
ABS	0.0038	0.004
TOTAL	103.2873 → 104	100

Na Figura 3-35 encontram-se representados graficamente os dados relativos às classes de materiais presentes no grupo Polo do DIVAC, expressos em kg e em percentagem.

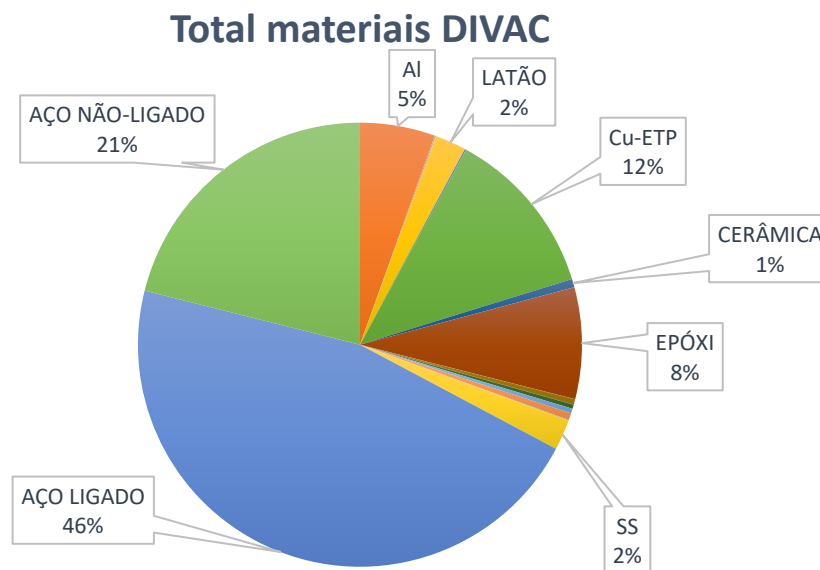


Figura 3-35 - Representação gráfica dos materiais e quantidades totais presentes no DIVAC.

3.4.2.3 FASE DE UTILIZAÇÃO

O produto fabricado pela Efacec na Índia é, primeiramente, transportado para a sede da Efacec, no Porto e, seguidamente, para Lisboa e utilizado a uma distância total de 8518 km do local onde é produzido, que é em *Nashik*. Esta distância engloba a viagem de avião, de cerca de 8200 km até ao Porto, e de camião, de cerca de 318 km, até Lisboa. Na Figura 3-36 é possível ver-se o possível trajeto, meramente ilustrativo, a efetuar entre a Efacec - Índia e Lisboa, com paragem na Efacec - Sede (Porto).



Figura 3-36 - Mapa do possível trajeto entre Efacec - Índia e Lisboa, com paragem na Efacec - Sede, (fonte: <https://pt.melhoresrotas.com>).

O transporte efetuado entre *Nashik* e o Porto é realizado por um avião de mercadoria e o entre Porto e Lisboa é realizado por meio de um camião de mercadoria com 6 metros de comprimento e capacidade de 4300 kg.

O indicador escolhido no *software* para representar este transporte foi um camião com capacidade entre 3,5 e 7,5 toneladas. Os consumos energético e de combustível já se encontram contemplados pelos parâmetros selecionados no *software*.

O produto fabricado em Portugal é utilizado em Lisboa, a uma distância de 318 km do ponto de fabrico, que é na sede da Efacec. O meio de transporte utilizado é de igual forma o camião supramencionado. A Figura 3-37 mostra o possível trajeto a efetuar-se entre a Efacec - Sede e Lisboa.



Figura 3-37 - Mapa do transporte entre Efacec - Sede e Lisboa, (fonte: <https://pt.melhoresrotas.com>).

A unidade de transporte que é utilizada para os processos relativos à utilização é a *tkm*, que traduz o peso do produto em toneladas, a multiplicar pelos quilómetros efetuados. O peso do DIVAC é de 104 *kg*.

A Tabela 3-19 representa os dados que foram tidos em consideração para a formulação da ACV no *software*, relativo à fase de utilização. A informação da coluna “Processo utilizado no *SimaPro*” foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-19 - Correspondência entre os cenários de utilização reais e os do *software*.

Cenário	Processo Real	Processo utilizado no <i>SimaPro</i>	Quantidade [tkm]
Índia	Deslocação entre <i>Nashik</i> e Porto	<i>Transport, freight, aircraft, GLO, market for, APOS, U</i>	852.8
	Deslocação entre Porto e Lisboa	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro4 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4, APOS, U</i>	33.072
Portugal	Deslocação entre Porto e Lisboa	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro4 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4, APOS, U</i>	33.072

O consumo energético do DIVAC não foi contemplado, porque este funciona apenas como um aparelho de segurança dos sistemas elétricos, com o único objetivo de cortar a corrente em caso de alguma anomalia.

3.4.2.4 FASE DE FIM DE VIDA

Relativamente ao *software*, este contempla três cenários em termos de fim de vida: eliminação de resíduos, reuso e desmontagem. Considerou-se que o tratamento dos resíduos resultantes da utilização do DIVAC fabricado na Índia foi feito em Portugal.

A maioria dos componentes que constituem o DIVAC são chapas e elementos de ligação, como parafusos, porcas, anilhas, entre outros. Aquando do fim de vida do DIVAC, e se em boas condições, estes mesmos componentes podem voltar a ser reutilizados. Estes representam cerca de 73% do total de peças que compõem o DIVAC. Assim sendo, tendo por base este raciocínio, considerou-se que cerca de 27% do material era desmontável e 73% reutilizável. As informações relativamente aos valores do fim de vida do DIVAC serão posteriormente apresentadas pela Tabela 3-29 no capítulo 3.4.3.4.

Estabeleceu-se, então, que o produto, no seu fim de vida, retorna à sede da Efacec para poder ser tratado, isto é, para se proceder ao desmantelamento, reuso e ao tratamento dos resíduos. Considerou-se que o meio de transporte utilizado para o efeito foi o mesmo que se utilizou para ir para Lisboa.

Assim sendo, para a escolha dum operador licenciado, capaz de realizar o tratamento dos materiais que compõem o produto, o fator tido em consideração foi a proximidade entre a sede da Efacec e o operador, tentando, desta forma, diminuir os impactos ambientais causados. O mais próximo da área do Porto situa-se na Póvoa de Varzim - LNB Car – Carmo Benta, Lda., a cerca de 32,8 km.

A Tabela 3-20 representa os dados que foram tidos em consideração para a formulação da ACV no *software*, relativo à fase de utilização. A informação da coluna “Processo utilizado no *SimaPro*”, referente ao transporte, foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-20 - Correspondência entre os cenários de fim de vida reais e os do *software*.

Cenário	Processo Real	Processo utilizado no <i>SimaPro</i>	Quantidade [tkm]
Índia	Transporte	<i>Transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland, market for transport, freight, light commercial vehicle, APOS, U</i>	0.2746
	Tratamento de resíduos	Reuso relativo ao DIVAC - Índia	24.168
		Desmontagem relativa ao DIVAC - Índia	8.904
Portugal	Transporte	<i>Transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland, market for transport, freight, light commercial vehicle, APOS, U</i>	0.2746
	Tratamento de resíduos	Reuso relativo ao DIVAC - Portugal	24.168
		Desmontagem relativa ao DIVAC - Portugal	8.904

3.4.3 ANÁLISE DOS IMPACTOS E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

3.4.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Após concluída a análise de inventário, procedeu-se à quantificação dos impactos ambientais, com recurso ao *software SimaPro*, baseado nos dados, em resumo, apresentados na Tabela 3-21, que considera um ciclo de vida de 20 anos.

Tabela 3-21 - Resumo dos dados considerados para o cálculo da ACV.

DIVAC				
Matérias primas	Quantidade de componentes		1018 / 104 kg	
	Materiais	Materiais e massa retirada individualmente por componente		
Produção do equipamento	Produção	Estimativa dos processos produtivos		
Transporte para o cliente	Transporte	Índia > Portugal	Avião	8200 km
		Portugal > Portugal	Camião	318 km
	Fonte	Segundo informação da Efacec		
Fim de vida	Observações	Reciclagem		

Por forma a se poder interpretar os resultados, manifestos em unidades distintas, é necessário expressá-los em unidades iguais. Através da utilização de fatores de normalização e de caracterização, considerando que existem categorias de impacto mais e menos importantes, definidas por cada metodologia, é feita a conversão das unidades de cada categoria para um sistema de pontos, denominados de pontos de impacto (do inglês *points of impact* - Pt).

Os resultados vão ser interpretados por comparação direta entre os *endpoint indicators*, uma vez que estes são mais facilmente compreendidos e comparáveis entre os diferentes estudos. Note-se que o objetivo deste estudo não é analisar minuciosamente os resultados obtidos pelos indicadores *midpoint*, mas sim obter uma visão geral do que causa impacto ambiental no DIVAC.

3.4.3.2 FASE DE PRODUÇÃO

Aqui são identificadas as entradas de materiais que constituem o produto e os processos de fabrico. São atribuídos indicadores aos materiais, transporte e processos. Nos parâmetros escolhidos, já vêm contemplados os valores de consumo de energia.

Como mencionado, o facto de se ter utilizado a versão estudante do *software SimaPro* condicionou a realização da AICV, na medida em que a base de dados estava, efetivamente, incompleta. Assim, os aspetos identificados na ICV, provenientes das bases de dados da empresa, tiveram de ser ajustados à realidade do programa. A Tabela 3-22 descreve as adaptações realizadas nesta fase. A informação da coluna “Equivalente do *software*”, referente ao transporte, foi transcrita do *software SimaPro*.

Tabela 3-22 - Adaptação dos materiais do *software* aos materiais do DIVAC.

Materiais do DIVAC	Cenário	Equivalente do <i>software</i>
NBR	Índia	<i>Nitrile-compound, RoW, production, APOS, U</i>
	Portugal	<i>Nitrile-compound, RER, production, APOS, U</i>
Silicone	Índia	<i>Tetrafluoroethylene, RoW, production, APOS, U</i>
	Portugal	<i>Tetrafluoroethylene, RER, production, APOS, U</i>
PBT	Índia	<i>Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, RoW, production, APOS, U</i>
	Portugal	<i>Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, RER, production, APOS, U</i>

Para os processos de fabrico, considerou-se um conjunto de dados que abrange os processos de transformação de um produto semiacabado para um produto acabado. Inclui valores médios para o processamento das máquinas, bem como das infraestruturas e operações. Também compreende valores de perda de material durante o processamento.

DIVAC Índia

Na Tabela 3-23 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais na fase de produção do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-23 - Resultados dos impactos ambientais na fase de produção do DIVAC - Índia.

	Saúde humana	Ecosistemas	Recursos
	[Pt]	[Pt]	[Pt]
Índia - 36502008-01 - Polo DIVAC	28.02	1.09	0.07
Índia - 365130398-01 - Chassi do disjuntor montado	18.29	1.06	0.24
Índia - 365130307-01 - Disco montado	1.78	0.07	0.00
Índia - 9010044 - Porca	0.03	0.00	0.00
Índia - 9041319 - Anilha	0.01	0.00	0.00
Índia - 37150986 - Rebite	0.00	0.00	0.00
Índia - 322170022-01 - Travessa	0.03	0.00	0.00
	48.15	2.22	0.32

Na Figura 3-38 encontram-se representados graficamente os impactos ambientais da fase de produção do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto.

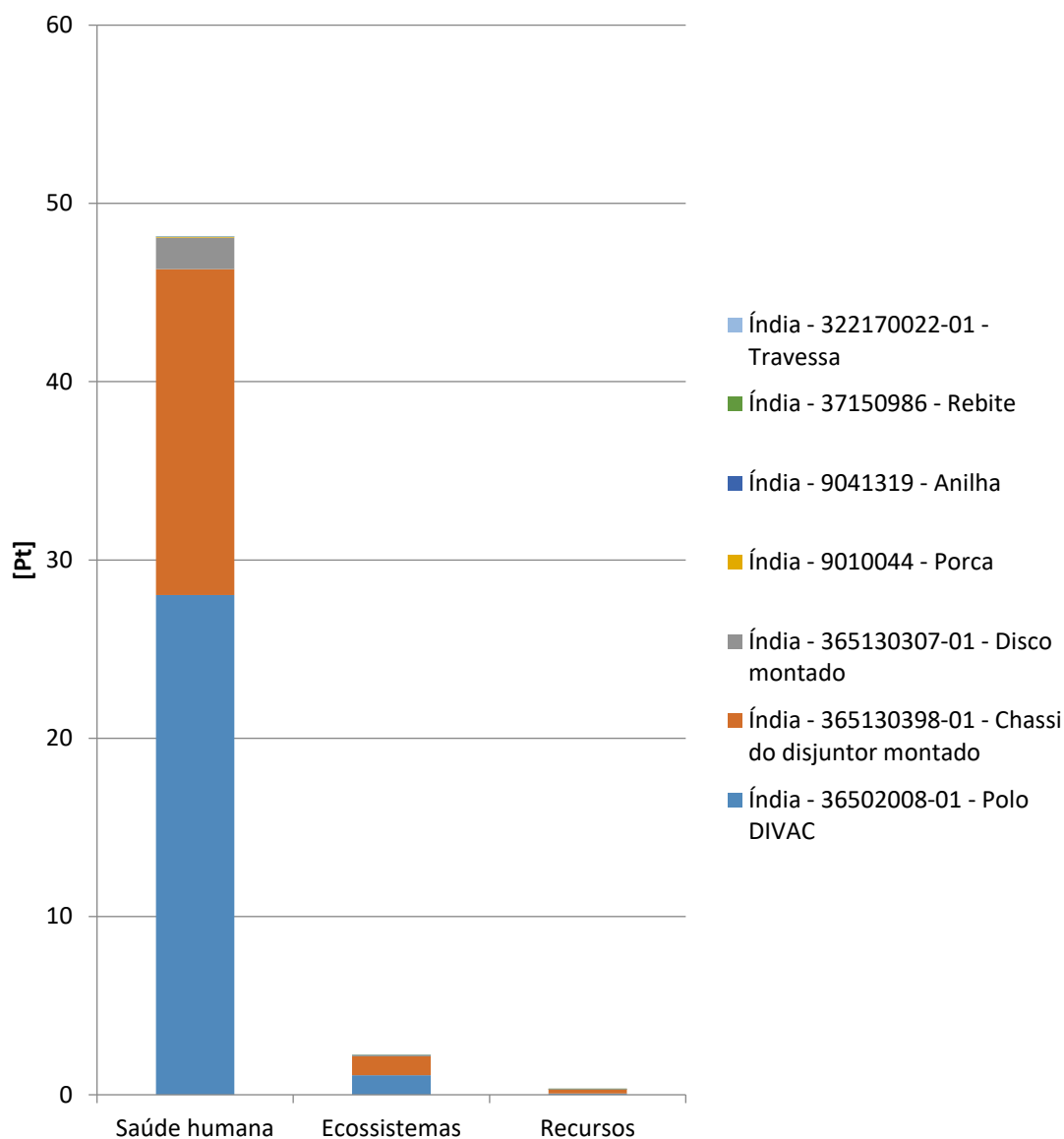


Figura 3-38 - Resultados dos impactos ambientais na fase de produção do DIVAC - Índia, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Observa-se que os grupos *Polo DIVAC* e *Chassi do disjuntor montado* apresentam a maior carga ambiental, devendo-se isto ao facto de serem os dois grupos que são constituídos pelo maior número de materiais e envolvendo o maior número de processos. Entre os dois, o *Polo DIVAC* apresenta o maior dos impactos ambientais, como é possível verificar pelo diagrama da Figura 3-39¹². A informação contida na Figura 3-39 foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

¹² Os diagramas como o da Figura 3-39 são parametrizados pelo *software*, isto é, a grossura das setas é tanto maior quanto maior for o impacto ambiental do parâmetro em questão.

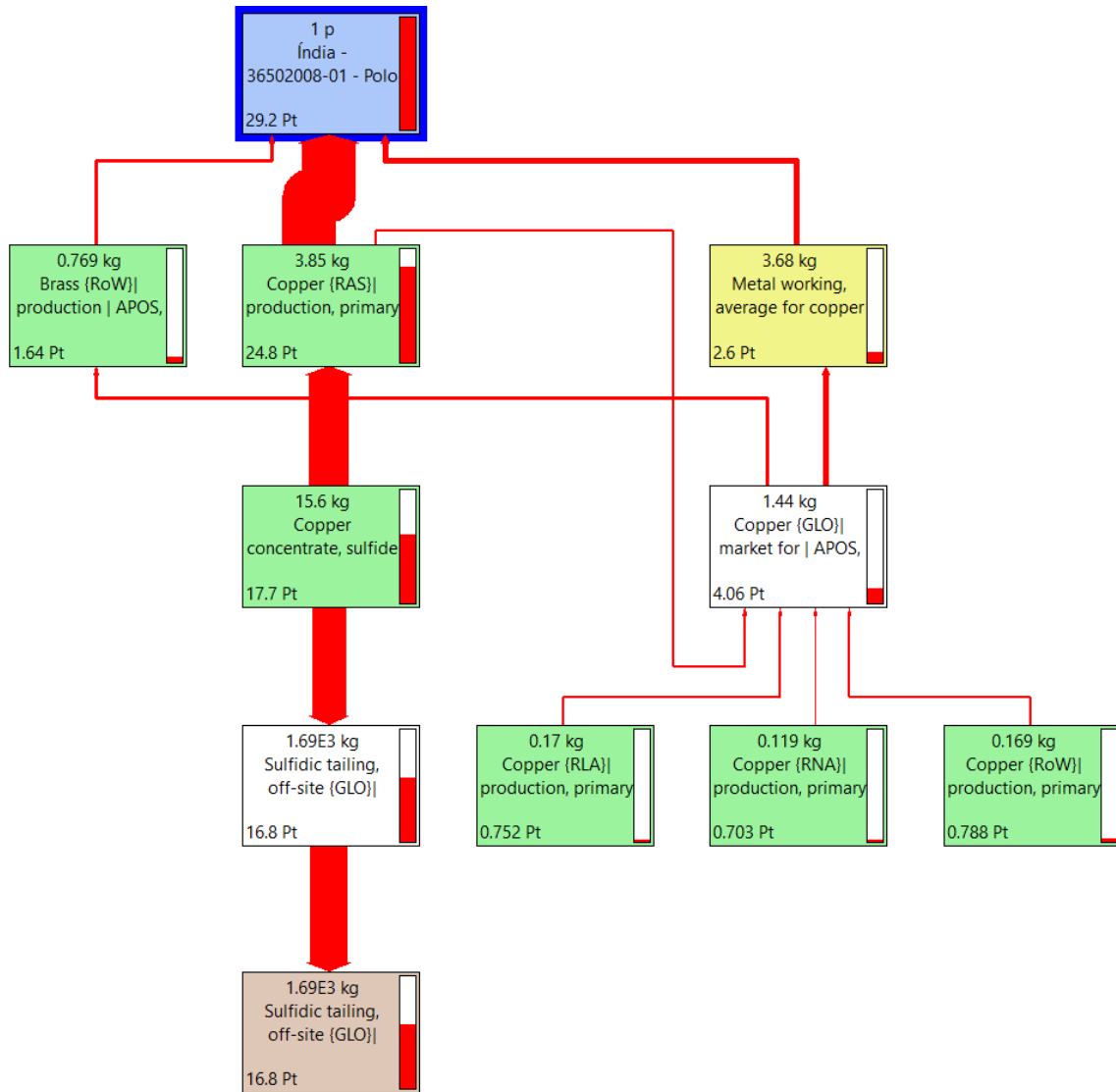


Figura 3-39 - Árvore de materiais do polo do DIVAC - Índia, (fonte: software SimaPro 9.0).

Esta maior carga do cobre deve-se à parametrização efetuada pelo *software*, que considera que o cobre produzido na RAS provoca um maior impacto ambiental do que o mesmo produzido na região europa, tal como ilustrado pela Figura 3-40. A informação referente aos materiais foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

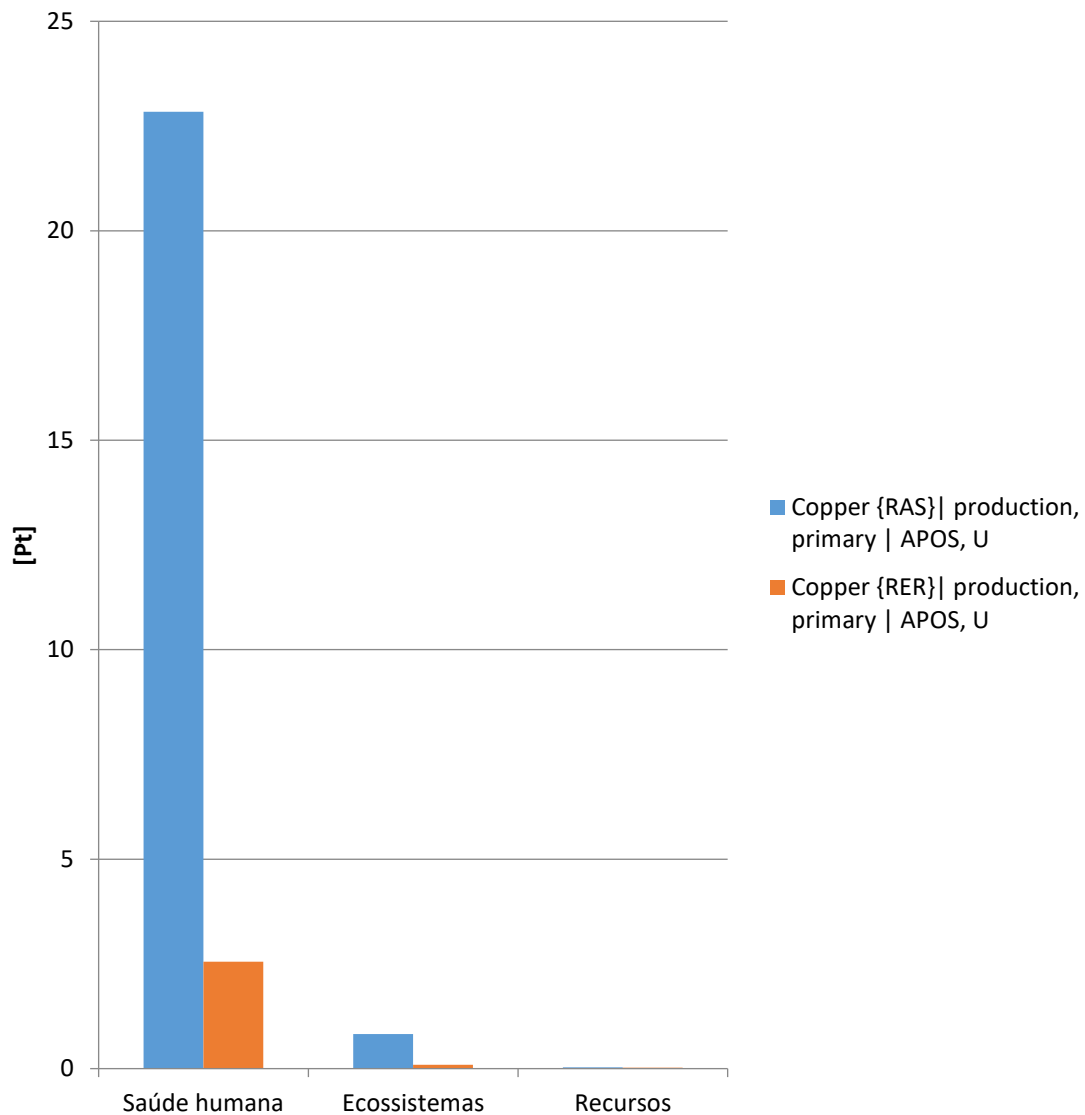


Figura 3-40 - Comparação entre o Cobre RAS e o Cobre RER.

O que acontece em termos reais, é que o material que sobra, resultante das ações de transformação na Índia, não é devidamente armazenado, para, posteriormente, ter o seu devido fim de vida devido, contribuindo para o aumento do impacto ambiental global.

Por outro lado, a maior carga ambiental do *Chassi do disjuntor montado* é causada pelo aço e pelos seus processos de transformação, devido à sua forte presença em quantidade e em processos, como se verifica pelo diagrama da Figura 3-41. A informação contida na Figura 3-41 foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

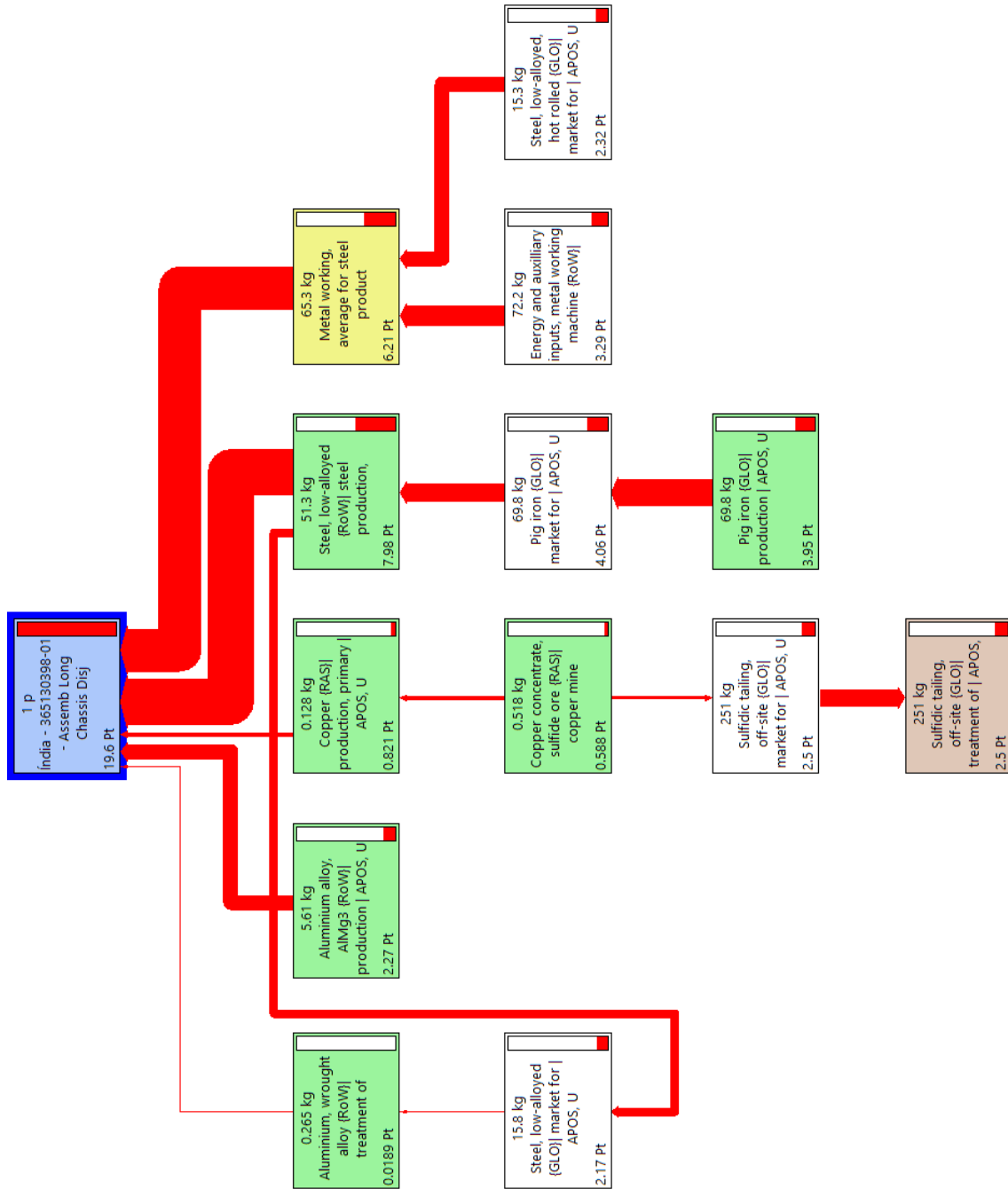


Figura 3-41 - Árvore de materiais da montagem do chassi do DIVAC - Índia, (fonte: software SimaPro 9.0).

Pela Figura 3-42, é possível verificar-se as diferenças em termos de impacto ambiental, dos fatores que contribuem para um maior impacto do *Polo DIVAC* face ao *Chassi do disjuntor montado*. A informação referente aos materiais foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

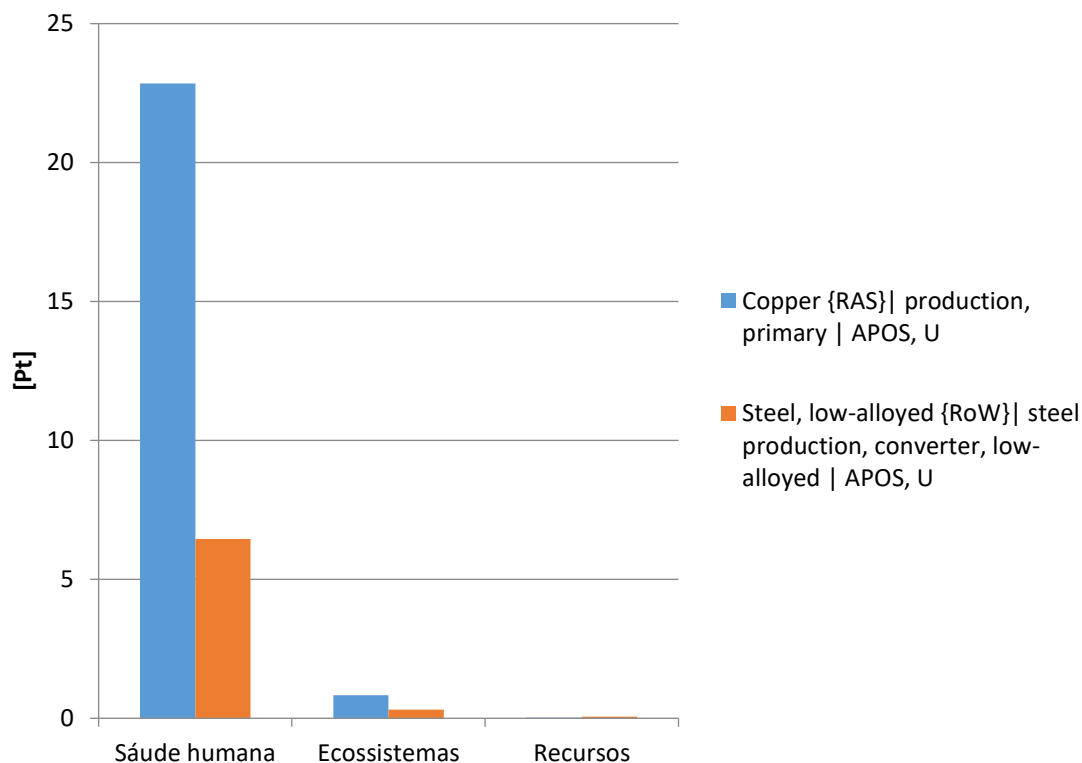


Figura 3-42 - Comparação entre o Cobre RAS e o Aço RoW.

DIVAC Portugal

Na Tabela 3-24 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais na fase de produção do DIVAC - Portugal, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-24 - Resultados dos impactos ambientais na fase de produção do DIVAC - Portugal.

	Saúde humana [Pt]	Ecosistemas [Pt]	Recursos [Pt]
Portugal - 36502008-01 - Polo DIVAC	7.60	0.35	0.07
Portugal - 365130398-01 - Chassi do disjuntor montado	16.23	0.96	0.22
Portugal - 365130307-01 - Disco montado	0.35	0.01	0.00
Portugal - 9010044 - Porca	0.03	0.00	0.00
Portugal - 9041319 - Anilha	0.01	0.00	0.00
Portugal - 37150986 - Rebite	0.00	0.00	0.00
Portugal - 322170022-01 - Travessa	0.02	0.00	0.00
	24.24	1.33	0.29

Na Figura 3-43 encontram-se representados graficamente os impactos ambientais da fase de produção do DIVAC - Portugal, expressos em pontos de impacto.

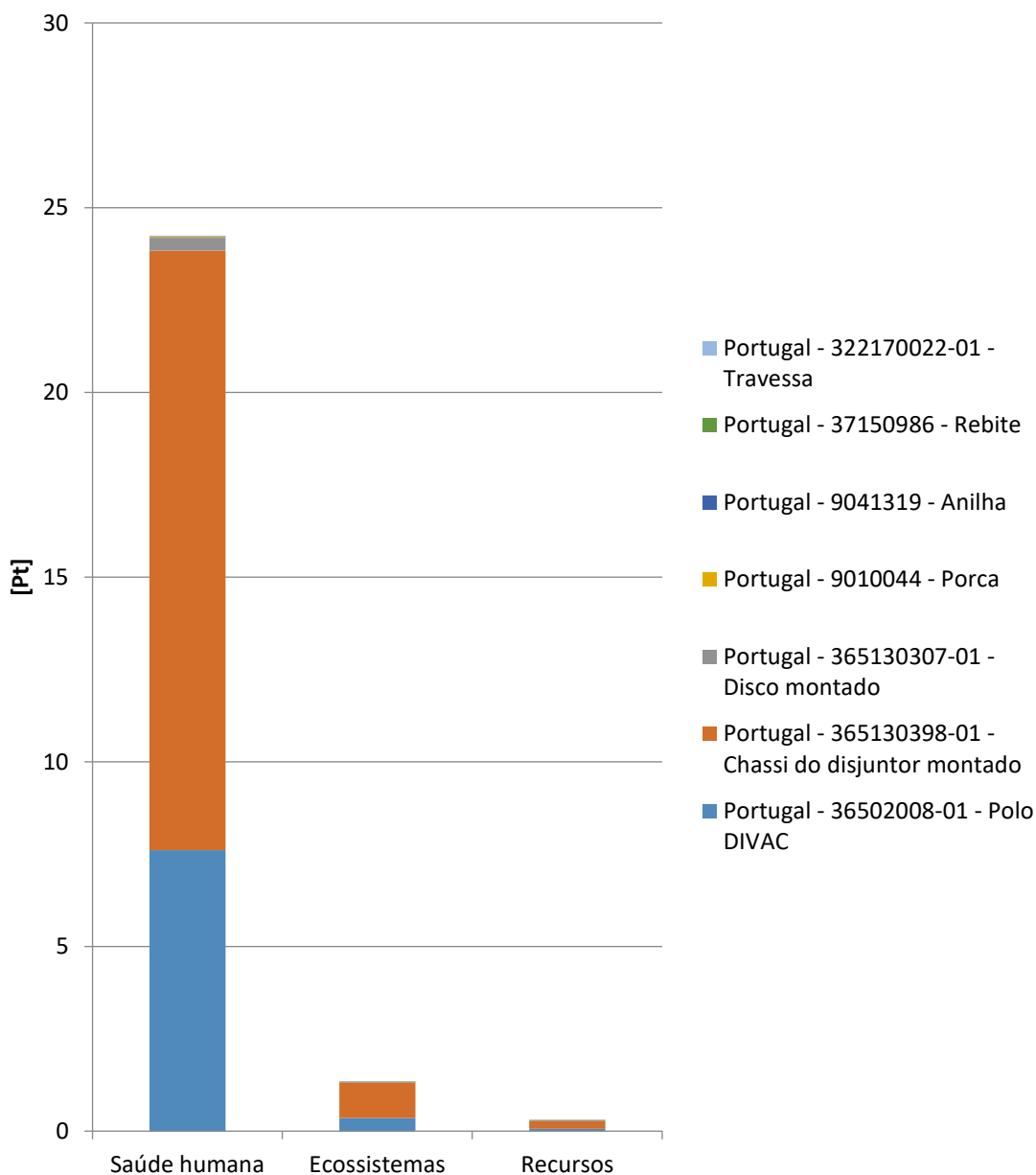


Figura 3-43 - Resultados dos impactos ambientais na fase de produção do DIVAC - Portugal, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Observa-se que os grupos *Chassi do disjuntor montado* e *Polo DIVAC* apresentam a maior carga ambiental, devendo-se isto ao facto de serem os dois grupos que são constituídos pelo maior número de materiais e envolvendo o maior número de processos. Entre os dois, o que causa maior impacto é o *Chassi do disjuntor montado*, por ter o maior número de componentes e processos de transformação, como se verifica pelo diagrama da Figura 3-44. A informação contida na Figura 3-44 foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

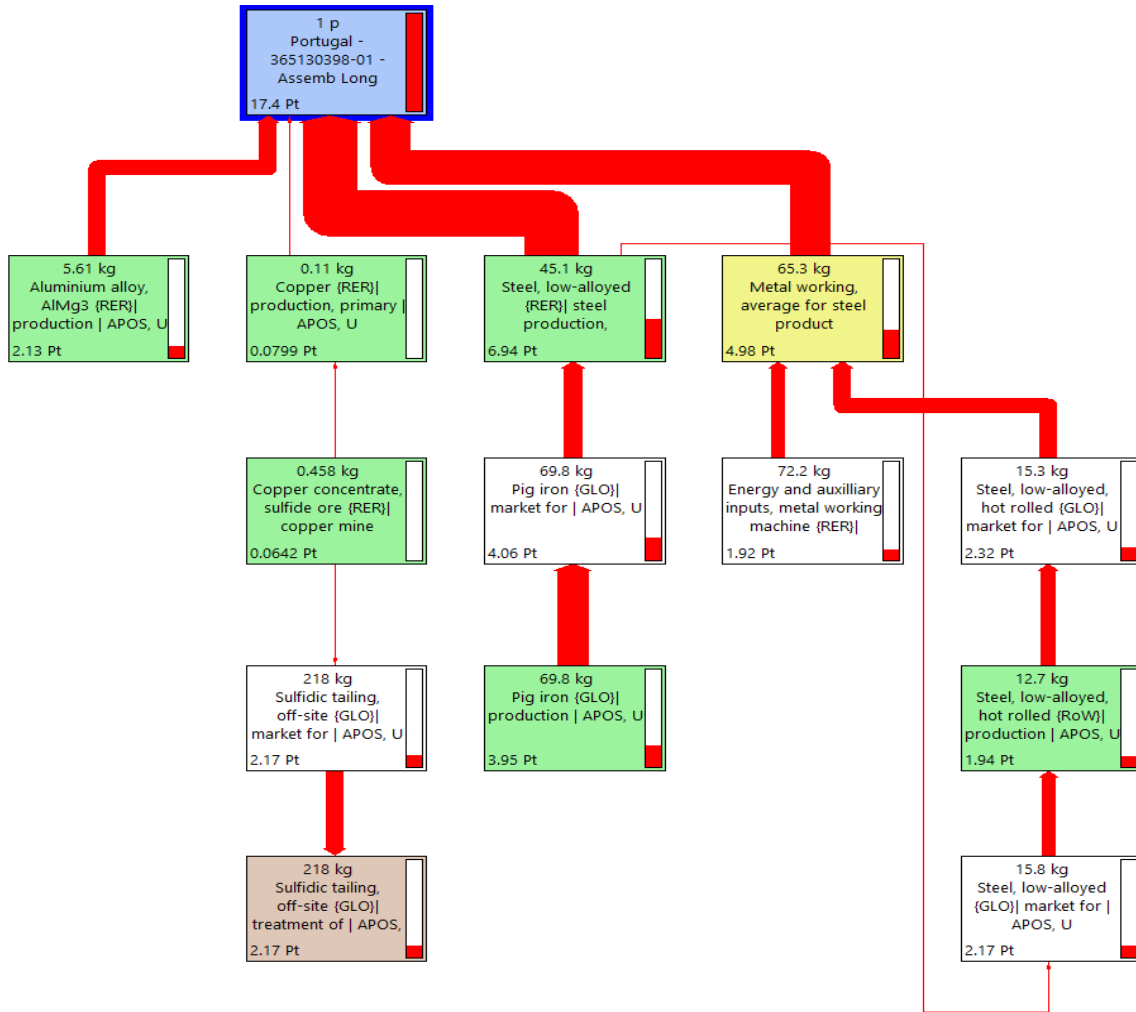


Figura 3-44 – Árvore de materiais da montagem do chassi do DIVAC - Portugal, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Esta maior carga provocada pelo aço, deve-se à uma parametrização mais fraca do cobre produzido na RER face ao aço, produzido na mesma região, como ilustrado pela Figura 3-45. A informação referente aos materiais foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

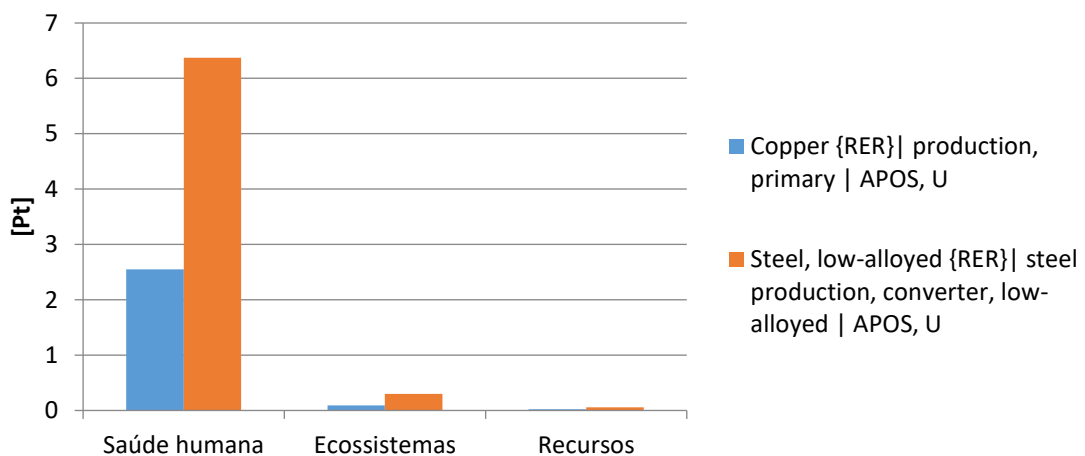


Figura 3-45 - Comparação entre o Cobre RER e o Aço RER.

A maior carga ambiental do *Polo DIVAC* é causada pelo cobre e pelo seu processo de transformação, uma vez que são aqueles que se apresentam em maior quantidade no mesmo, como se verifica pelo diagrama da Figura 3-46. A informação contida na Figura 3-46 foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

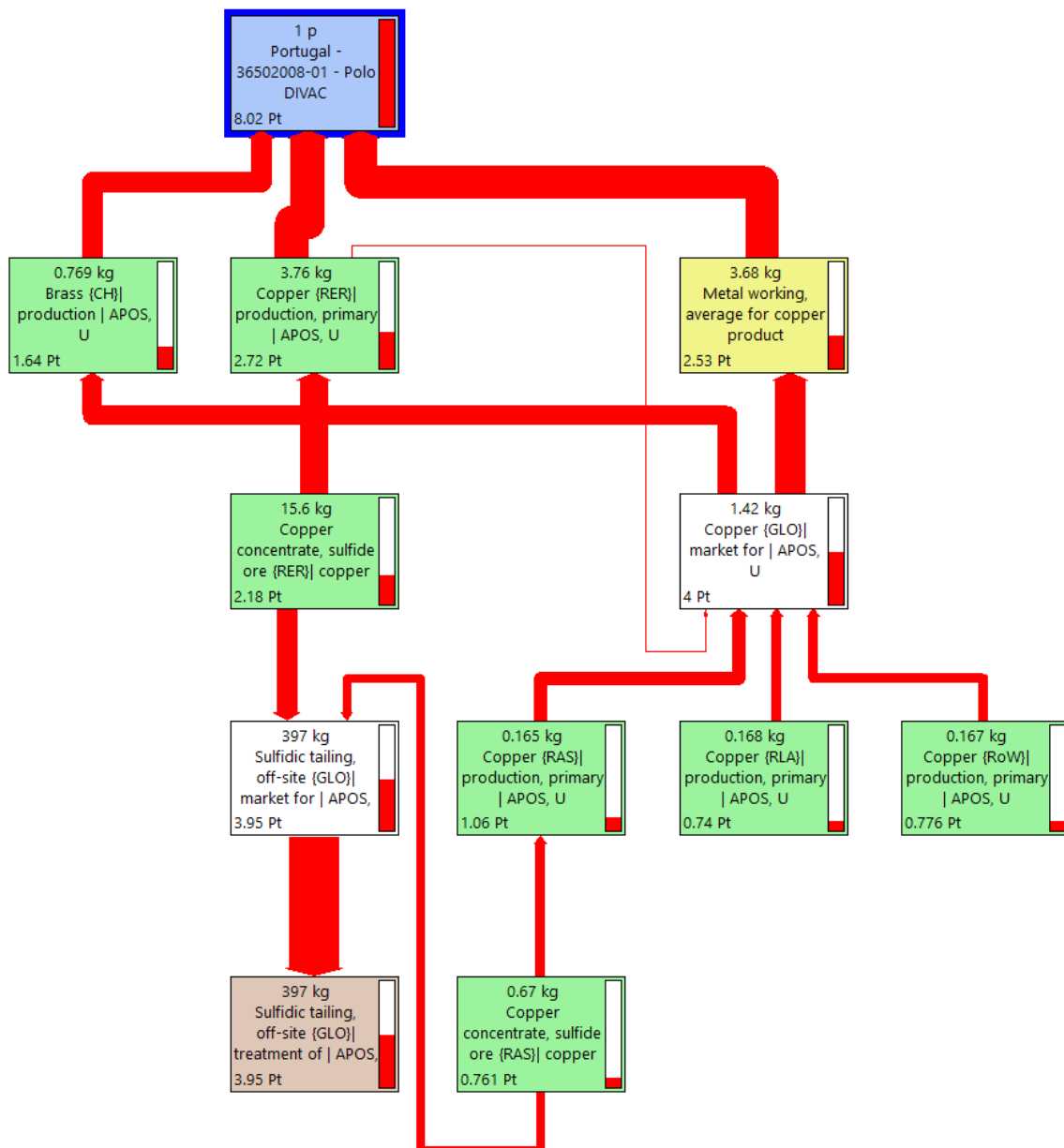


Figura 3-46 - Árvore de materiais do polo do DIVAC - Portugal, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Pela Figura 3-47 é possível comparar-se, lado a lado, os materiais que causam maior impacto nos componentes *Chassi do disjuntor montado* e *Polo DIVAC*. A informação referente aos materiais foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

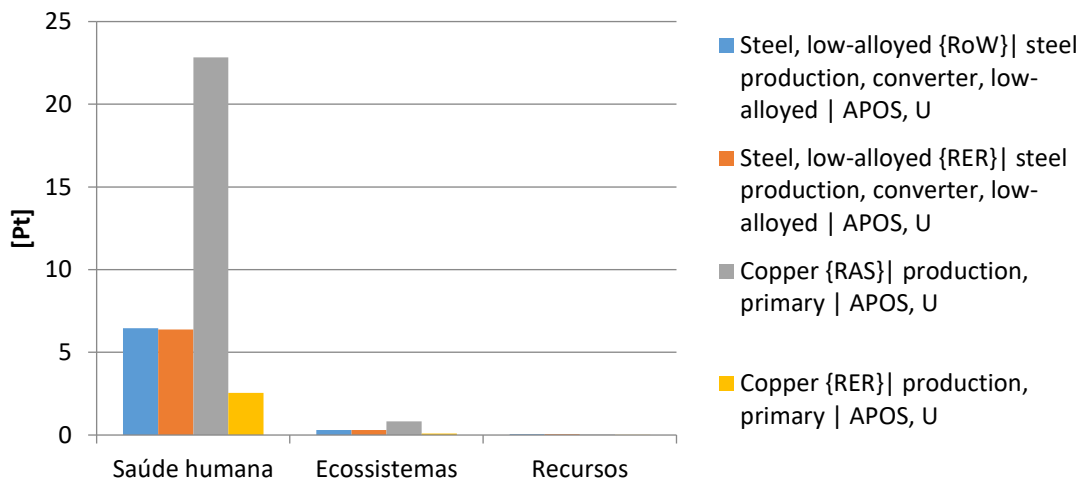


Figura 3-47 - Comparação entre o Cobre (cenário Índia e Portugal) e o Aço (cenário Índia e Portugal).

3.4.3.3 FASE DE UTILIZAÇÃO

Na fase de utilização, apontam-se os resultados referentes aos processos de transporte. Os processos de energia estão contemplados pelos parâmetros do *software*.

Normalmente, a utilização do DIVAC no decorrer dos 20 anos ou 10000 manobras dá-se quando são necessárias fazer ações de manutenção ao sistema elétrico. No caso de ocorrência de corte do mesmo, o DIVAC atua como um agente protetor do sistema, ficando totalmente inutilizável após a sua intervenção [60].

Se ocorrer corte do sistema elétrico, com presença de corrente no valor de 30.000 A, como ilustrado na Figura 3-48, o DIVAC tem de ser imediatamente substituído. Fora destas condições, somente ao fim dos 20 anos ou 10000 manobras é que poderá haver uma eventual substituição das peças com maior desgaste e substituição das ampolas de vácuo, devido à acumulação de partículas ao longo do tempo, as quais podem comprometer o correto funcionamento do equipamento.

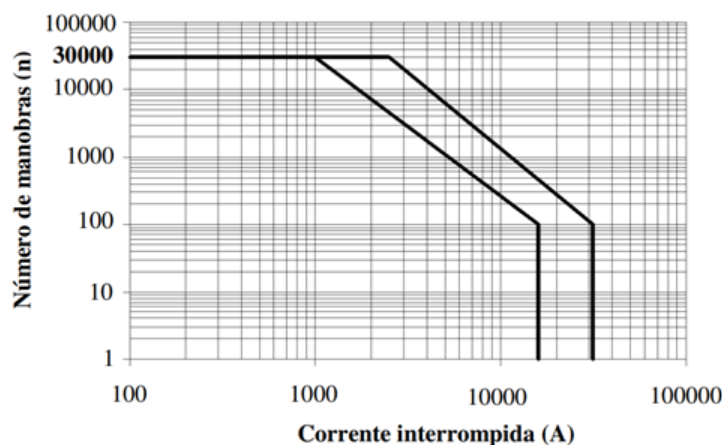


Figura 3-48 - Vida elétrica das ampolas de vácuo em função do número de manobras realizadas (n), [60].

DIVAC Índia

Na Tabela 3-25 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais na fase de utilização do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-25 - Resultados dos impactos ambientais na fase de utilização do DIVAC - Índia.

Cenário	Meio de transporte	Peso [kg]	Distância [km]	Indicador	Resultado [Pt]
Índia	Avião de carga	100	8200 km	Saúde humana	18.73
				Ecosistemas	2.15
				Recursos	1.51
	Camião de carga	100	318 km	Saúde humana	0.42
				Ecosistemas	0.04
				Recursos	0.03

Verifica-se que o impacto causado pela deslocação de avião provoca uma carga ambiental superior ao da deslocação apresentada pelo camião de carga, uma vez que o consumo de combustível é superior, devido à grande diferença de distâncias.

DIVAC Portugal

Na Tabela 3-26 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais na fase de utilização do DIVAC - Portugal, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-26 - Resultados dos impactos ambientais na fase de utilização do DIVAC - Portugal.

Cenário	Meio de transporte	Peso [kg]	Distância [km]	Indicador	Resultado [Pt]
Portugal	Camião de carga	100	318 km	Saúde humana	0.42
				Ecosistemas	0.04
				Recursos	0.03

3.4.3.4 FASE DE FIM DE VIDA

A AICV desta etapa é meramente indicativa e especulativa, uma vez que, como explicado no subcapítulo 3.4.1.6, a responsabilidade do fim de vida do produto é do cliente, pois é este que detém posse do mesmo.

Como mencionado no subcapítulo 3.4.2.4, cerca de 27% do material é desmontável e 73% reutilizável. Do material desmontável, cerca de 65% pode ser reutilizado e o restante é enviado para o centro de tratamento. Considerou-se que, uma vez que a quantidade de material para tratamento é reduzida, cerca de 8%, o meio de transporte utilizado, para chegar ao centro de tratamento, foi uma carrinha comercial.

Na Tabela 3-27 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais na fase do fim de vida do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto. A informação referente ao parâmetro do transporte foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

Tabela 3-27 - Resultados dos impactos ambientais na fase de fim de vida do DIVAC - Índia.

	Saúde humana [Pt]	Ecosistemas [Pt]	Recursos [Pt]
<i>Transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland, market for transport, freight, light commercial vehicle, APOS, U</i>	0.02	0.00	0.00
Índia - Desmontagem_365140150-01 - SAK DIVAC	0.40	0.09	0.00
Índia - Reuso_365140150 - SAK DIVAC	-34.93	-1.60	-0.22
	-34.51	-1.51	-0.21

Na Tabela 3-28 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais na fase do fim de vida do DIVAC - Portugal, expressos em pontos de impacto. A informação referente ao parâmetro do transporte foi retirada diretamente do *software SimaPro*.

Tabela 3-28 - Resultados dos impactos ambientais na fase de fim de vida do DIVAC - Portugal.

	Saúde humana [Pt]	Ecosistemas [Pt]	Recursos [Pt]
<i>Transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland, market for transport, freight, light commercial vehicle, APOS, U</i>	0.02	0.00	0.00
Portugal - Desmontagem_365140150-01 - SAK DIVAC	0.40	0.09	0.00
Portugal - Reuso_365140150-01 - SAK DIVAC	-17.47	-0.95	-0.19
	-17.06	-0.86	-0.19

Os valores negativos, presentes na Tabela 3-27 e na Tabela 3-28, referentes à reutilização dos componentes, representam impacto positivo no ciclo de vida do DIVAC. Assim sendo, verifica-se que a reutilização dos componentes tem um impacto significativo, face aos outros aspetos considerados no fim de vida do DIVAC. O reuso do DIVAC - Índia representa uma parcela maior, em termos de impacto ambiental positivo, do que o DIVAC - Portugal, uma vez que o primeiro é mais poluente que o segundo.

Materiais não recicláveis

O material não reciclável é enviado, para o operador na Póvoa de Varzim, para ser tratado. O cenário escolhido para o tratamento do referido material foi de inceneração, pelo motivo de ser o único cenário que continha dados referentes a Portugal e porque, como esta etapa é

meramente indicativa, existia esse grau de liberdade. É importante referir que esta etapa de fim de vida foi tida em consideração, para se poder fazer um estudo completo do ciclo de vida.

Desmontagem

Refere-se à desmontagem do produto, aquilo que é passível de ser reutilizável, mas que também contém componentes que não são recicláveis.

Desta feita, considerou-se que os polos do DIVAC se inseriam nesta situação de desmontagem, em que 65% dos componentes dos polos davam para ser reutilizados e o restante era enviado para a operadora de resíduos. A Tabela 3-29 apresenta as quantidades de materiais reutilizáveis e não reutilizáveis do polo do DIVAC.

Tabela 3-29 - Materiais reutilizáveis e não reutilizáveis dos polos do DIVAC.

Material Polo DIVAC	Classe	Quantidade [kg]	Reutilizável/ Não reutilizável	Quantidade [kg]	Quantidade [%]
CuZn39Pb2-F43 DIN 17672	LATÃO	0.7399			
SINTERTECH-BP25	BRONZE	0.0065			
Cu-ETP HB ISO 1337	Cu-ETP	0.6940			
Cu-ETP HB ISO 6958	Cu-ETP	0.3779			
Cu-ETP HD ISO 6958	Cu-ETP	2.2175			
Cu-ETP HD ISO 7756	Cu-ETP	0.1918	Separável	18.18	65
Cu-ETP-O ISO 3487	Cu-ETP	0.1995			
SS A2-70	SS	0.0602			
X5CrNi18 10 DIN 17440	SS	0.3059			
9SMn28 DIN 1651	AÇO	0.0577			
Aço Mola 350-425 HV10	LIGADO	0.0003			
R St32-2 DIN 17100		1.2096			
Cerâmica	CERÂMICA	0.2097			
Durostone EPM 203		0.2208			
Resina Epóxida CY225/HY225/P6	EPÓXI	2.5729	Não separável	9.70	35
NBR 70 SHORE A DIN 3770	NBR	0.0054			
PA 6	NYLON	0.0522			
				27.88	100

Reuso

Relativamente ao reuso dos componentes do DIVAC, considera-se que a maioria dos componentes pode ser reutilizado, se não danificados, como chapas, elementos de ligação, tais como parafusos, porcas e anilhas, entre outros.

3.4.3.5 CICLO DE VIDA

Depois das fases do ciclo de vida terem sido analisadas individualmente, torna mais fácil, a partir daqui, a interpretação de todo o ciclo de vida referente ao DIVAC - Índia e ao DIVAC - Portugal, apresentando-se, assim, uma visão geral de todo o ciclo de vida.

DIVAC Índia

Na Tabela 3-30 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais do ciclo de vida do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-30 - Resultados dos impactos ambientais do ciclo de vida do DIVAC - Índia.

	Saúde humana [Pt]	Ecossistemas [Pt]	Recursos [Pt]
Índia - 365140150-01 - SAK DIVAC	48.15	2.22	0.32
<i>Transport, freight, aircraft {GLO} market for APOS, U</i>	18.73	2.15	1.51
<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro4 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 APOS, U</i>	0.42	0.04	0.03
Índia - Fim de vida_365140150-01 - SAK DIVAC	-34.51	-1.51	-0.21
	32.79	2.90	1.64

Na Figura 3-49 encontram-se representados graficamente os impactos ambientais do ciclo de vida do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto.



Figura 3-49 - Resultado do impacto ambiental do ciclo de vida do DIVAC - Índia, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Verifica-se, como se esperava, que a fase de produção e o transporte aéreo têm grande impacto no ciclo de vida do DIVAC - Índia. Por outro lado, o fim de vida do DIVAC representa uma parcela significativa de impacto positivo no mesmo ciclo. Contudo, como não existe uma recuperação a 100% de todo o produto, e como a desmontagem e o tratamento do material não reciclado exigem uso de energia, o fim de vida não é suficiente para anular os impactos negativos existentes.

DIVAC Portugal

Na Tabela 3-31 encontram-se os resultados relativos aos impactos ambientais do ciclo de vida do DIVAC - Portugal, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-31 - Resultados dos impactos ambientais do ciclo de vida do DIVAC - Portugal.

	Saúde humana [Pt]	Ecossistemas [Pt]	Recursos [Pt]
Portugal - 365140150-01 - SAK DIVAC	24.24	1.33	0.29
<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro4 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 APOS, U</i>	0.42	0.04	0.03
Portugal - Fim de vida_365140150-01 - SAK DIVAC	-17.06	-0.86	-0.19
	7.60	0.51	0.12

Na Figura 3-50 encontram-se representados graficamente os impactos ambientais da fase de produção do DIVAC - Índia, expressos em pontos de impacto.

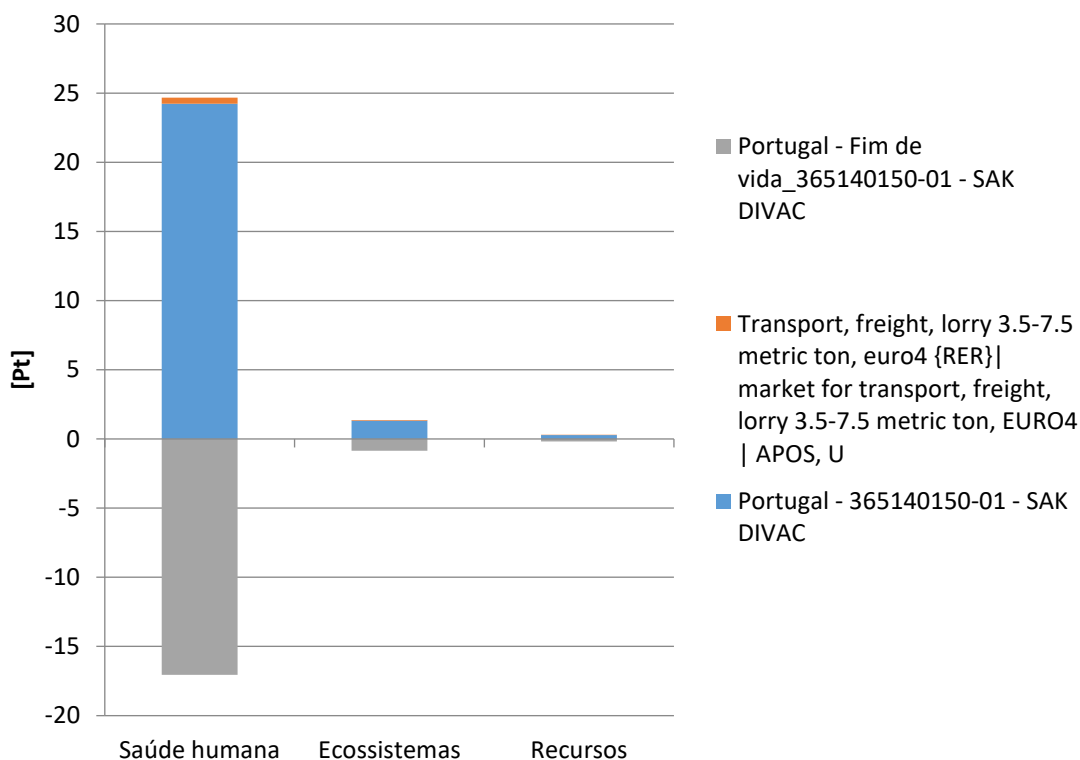


Figura 3-50 - Resultado do impacto ambiental do ciclo de vida do DIVAC - Índia, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Verifica-se, como seria de esperar, que a fase de produção tem grande impacto no ciclo de vida do DIVAC - Portugal. Por outro lado, o fim de vida do DIVAC representa uma parcela significativa de impacto positivo no mesmo ciclo. Contudo, como não existe uma recuperação a 100% de todo o produto, e como a desmontagem e o tratamento do material não reciclado exigem uso de energia, o fim de vida não é suficiente para anular os impactos negativos existentes.

3.4.3.6 COMPARAÇÃO ENTRE DIVAC ÍNDIA E DIVAC PORTUGAL

Até aqui, as fases que compuseram o ciclo de vida e o mesmo de cada um dos cenários, foram analisados de forma individual, para se poderem explicar certos valores obtidos e/ou certas opções tidas em consideração, que resultaram, depois, na construção da análise comparativa do ciclo de vida.

Como o objetivo desta dissertação é o de verificar qual é o cenário mais favorável, entre Índia e Portugal, em termos de menor impacto ambiental, faz agora todo o sentido fazer-se o termo comparativo entre as fases de produção dos dois cenários e o ciclo de vida completo de ambos. Neste sentido, também se optou pela comparação isolada da fase de produção, por esta representar a maior parcela de impactos ambientais na vida do DIVAC, face às outras fases do estudo.

Na Tabela 3-32 encontram-se os resultados relativos à comparação dos impactos ambientais entre o DIVAC - Índia e o DIVAC - Portugal, na fase de produção, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-32 - Comparação dos impactos ambientais, na fase de produção, dos dois DIVAC.

	Saúde humana [Pt]	Ecosistemas [Pt]	Recursos [Pt]
Índia - 365140150-01 - SAK DIVAC	48.15	2.22	0.32
Portugal - 365140150-01 - SAK DIVAC	24.24	1.33	0.29

Na Figura 3-51 encontram-se representados graficamente os resultados relativos à comparação dos impactos ambientais entre o DIVAC - Índia e o DIVAC - Portugal, na fase de produção, expressos em pontos de impacto.

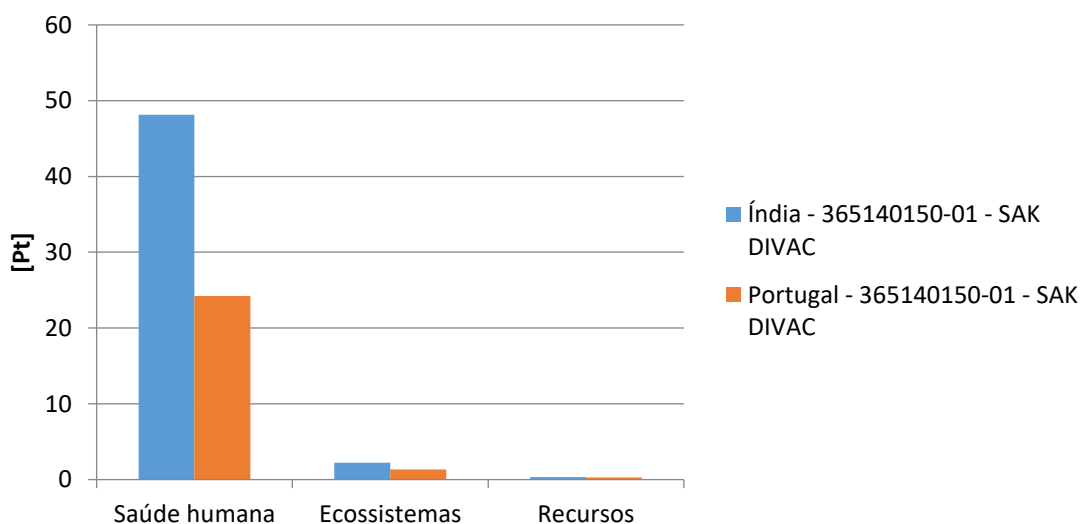


Figura 3-51 - Resultados comparativos dos impactos ambientais, na fase de produção, dos dois DIVAC, (fonte: software *SimaPro* 9.0).

Confirma-se que para as três categorias de dano, na fase de produção, o DIVAC - Índia tem o maior dos impactos ambientais. Como contribuidores para estes resultados, temos que a reciclagem de lixo gerado durante a produção do DIVAC na Índia não é devidamente realizada, tal e qual como acontece em Portugal, ajudando assim para a disparidade entre cenários.

O impacto na saúde humana é bastante mais elevado do que as restantes categorias, muito devido à quantidade elevada de intervenção humana necessária para a construção do DIVAC. Como referido no subcapítulo 3.4.3.2, o aço e o cobre apresentam o maior dos impactos na fase de produção, pela sua forte presença em quantidade no DIVAC. Segundo o *SimaPro*, estes materiais contribuem para um aumento do consumo de água, para a formação de partículas finas, entre outros, que estão diretamente ligados com a categoria de dano Saúde Humana, aumentando o risco para a mesma.

O impacto nos ecossistemas não é tão elevado, porque o produto é utilizado em ambientes controláveis e não diretamente em contacto com os ecossistemas, logo não existe impacto direto nas espécies que coabitam os espaços. A diferença entre os dois cenários deve-se, especialmente, à diferente parametrização efetuada na fase de produção.

Por outro lado, seria de esperar que o impacto relativamente aos recursos fosse maior, uma vez que se utilizam grandes quantidades dos mesmos. Tal pode não ter acontecido, porque se está dependente da parametrização feita pelo *software*.

Na Tabela 3-33 encontram-se os resultados relativos à comparação dos impactos ambientais entre o DIVAC - Índia e o DIVAC - Portugal, no ciclo de vida, expressos em pontos de impacto.

Tabela 3-33 - Comparação dos impactos ambientais, no ciclo de vida, dos dois DIVAC.

	Saúde humana [Pt]	Ecossistemas [Pt]	Recursos [Pt]
Índia - Ciclo de Vida_365140150-01 - SAK DIVAC	32.79	2.90	1.64
Portugal - Ciclo de Vida_365140150-01 - SAK DIVAC	7.60	0.51	0.12

Na Figura 3-52 encontram-se representados graficamente os resultados relativos à comparação dos impactos ambientais entre o DIVAC - Índia e o DIVAC - Portugal, no ciclo de vida, expressos em pontos de impacto.

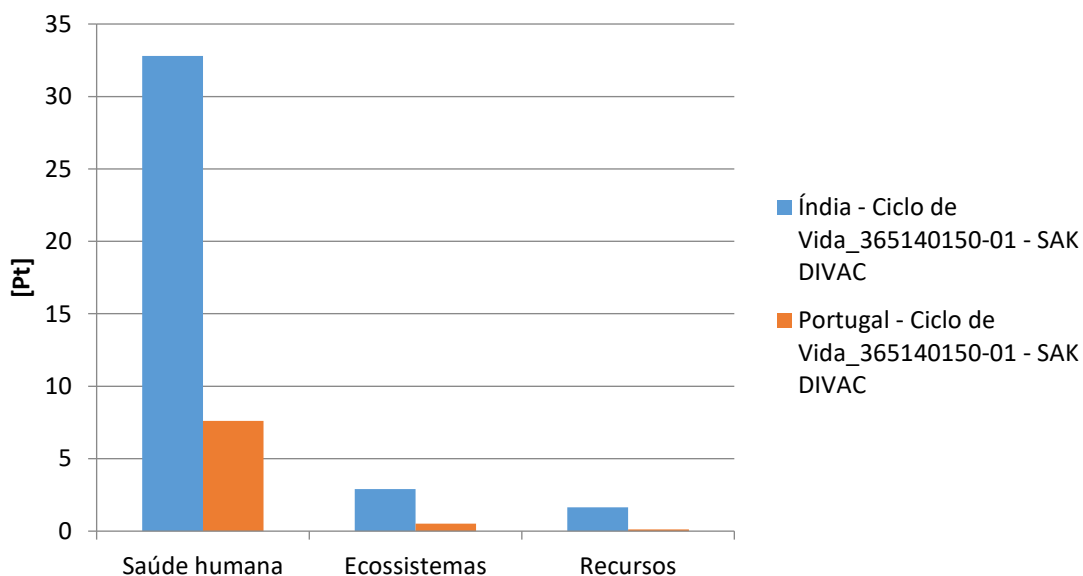


Figura 3-52 - Resultados comparativos dos impactos ambientais, no ciclo de vida, dos dois DIVAC, (fonte: *software SimaPro 9.0*).

Os valores aqui apresentados contemplam todas as fases calculadas para o ciclo de vida do DIVAC. Deste modo, os resultados obtidos para o fim de vida já estão a contribuir positivamente para o impacto ambiental final.

3.4.4 SUGESTÕES DE MELHORIA DO PRODUTO

As sugestões de melhoria do produto podem incidir nos aspetos não abordados ao pormenor nesta dissertação. A análise detalhada dos indicadores *midpoint* podem trazer informações mais específicas do que a análise direcionada para os indicadores *endpoint*, no entanto, o tempo a despendar para fazer uma análise tão exaustiva é muito maior do que o disponível, e do que foi necessário para fazer o estudo com os indicadores *endpoint*.

Com as informações retiradas sobre o estudo realizado, sugere-se uma alternativa com menos impacto ao cobre modelado para o cenário Índia, nomeadamente, a utilização do cobre, mas modelado para o cenário português. É importante referir que o cobre, devido às suas propriedades de bom condutor elétrico, torna-se um produto indispensável à fabricação do DIVAC.

Referente aos impactos causados pela quantidade de aço utilizado e os seus processos de transformação, sugere-se a substituição de componentes maiores por materiais plásticos e/ou a utilização de novas formas de fabrico dos componentes metálicos, tais como a prototipagem rápida. Deste ponto de vista, a implementação do ecodesign nos produtos seria facilmente aplicável, devido á facilidade de criação de peças por este processo de fabrico. Contudo, para além de garantir a sustentabilidade ambiental dos produtos, é necessário também garantir a sustentabilidade financeira e, de momento, a prototipagem rápida de metais é um processo que carece de elevado investimento financeiro.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

A dissertação foi desenvolvida com o intuito de se fornecer informações adicionais, ao nível dos aspetos ambientais, a toda a já existente documentação do disjuntor de média tensão, bem como de determinar em qual dos cenários se tornaria mais vantajoso, Índia ou Portugal, do ponto de vista ambiental, a produção do mesmo.

Considera-se que o objetivo, relativamente à decisão de qual dos cenários de produção do DIVAC seria mais vantajoso, em termos ambientais, foi cumprido, na medida em que se conseguiu determinar qual o cenário mais favorável. O objetivo de integrar este documento nos restantes carece duma revisão por parte duma futura auditoria, a fim de verificar se cumpre com os requisitos da norma NP ISO 14001:2015, relativos aos aspetos ambientais.

O estudo do ciclo de vida revelou ser uma temática complexa, ao nível da definição e atribuição dos parâmetros que fazem parte das quatro fases da ACV, em que, principalmente, o tempo despendido para tratar duma forma o mais meticulosa possível os dados referentes ao ICV, foi elevado, devido à enorme quantidade de dados existente.

Tal como referido no subcapítulo 2.3.2, o ciclo de vida desejado seria “*cradle-to-grave*”, por ser considerado o ciclo de vida mais completo, contudo, a complexidade da recolha de dados fez com que se considerasse somente os processos *in house* e a fase de utilização. A fase de fim de vida foi meramente especulativa.

Da análise efetuada, por meio do *software*, foi possível determinar que a modelação para a produção do DIVAC na Índia tem um impacto ambiental superior ao mesmo produzido em Portugal, com uma parcela grande deste impacto a ser provocada pela distância de deslocação entre a Índia e Portugal. Em termos de impactos provocados pelos materiais utilizados, destaca-se o cobre, modelado para o cenário da Índia, que apresentou um impacto em muito superior a nível da parametrização, aos restantes materiais com mais impacto no ciclo de vida. Referente aos processos utilizados, verificou-se um grande impacto ao nível da transformação dos aços, devido à quantidade elevada presente dos mesmos.

Duas soluções, a ter em conta, para a redução do impacto provocado pelos elementos supracitados, passa pela utilização do cobre modelado para o cenário português no cenário indiano, e pela utilização de novas formas de processamento de peças, como a prototipagem rápida. Abre-se, assim, espaço para a implementação de conceitos como o ecodesign, como

referido no subcapítulo 2.3.1, na perspetiva duma simbiose económico-ambiental na produção dos componentes constituintes do DIVAC.

É importante referir a importância da etapa de reutilização, mesmo apesar do fim de vida ser um cenário especulativo, na redução global do ciclo de vida do DIVAC, onde se verifica que grande parte dos componentes que o constituem podem ser reutilizados, eliminando desta forma uma grande parcela do impacto ambiental que a transformação de matérias primas em novos componentes representa.

Considera-se que os contributos que a presente dissertação teve para a empresa estão diretamente relacionados com a concretização do que foi proposto nos objetivos: por um lado uma garantia de que os produtos se fazem acompanhar de toda a informação necessária para desempenharem as suas plenas funções, e de que os mesmos são projetados com um selo de sustentabilidade ambiental.

4.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Ao nível do DIVAC:

- Alargar o estudo, começando pela análise dos indicadores *midpoint* e finalizando com a dos indicadores *endpoint*;
- Incluir, na ACV, outras metodologias para fazer uma análise comparativa e mais minuciosa dos resultados.

No âmbito dos produtos de média e alta tensão:

- Alargar o estudo do DIVAC para todos os produtos de média e de alta tensão, onde este é utilizado;
- Estender o estudo aos restantes produtos de média e de alta tensão.

Numa perspetiva mais ampla, a nível internacional:

- Realizar estudos de ciclo de vida ao leque de produtos que está inerente à atividade da Efacec, nas restantes zonas do globo onde esta está presente, como América do Sul (Argentina), Europa Central e Sul (República Checa e Espanha, respetivamente), América do Norte (EUA), entre outros.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 ARTIGOS E OUTRAS FONTES CITADAS EM TEXTO

5.2 NORMAS E DIRETIVAS

5.3 OUTROS

5. BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 ARTIGOS E OUTRAS FONTES CITADAS EM TEXTO

- [1] L. Fonseca, “Gestão Empresarial,” Porto, 2017.
- [2] The Millennium Project, “15 Global Challenges,” 2017. [Online]. Available: <http://www.millennium-project.org/15-global-challenges/>. [Acedido em 27 Agosto 2019].
- [3] The Millennium Project, “15 Global Challenges,” 2017. [Online]. Available: <http://www.millennium-project.org/projects/challenges/challenges-history/>. [Acedido em 27 Agosto 2019].
- [4] Nações Unidas, “17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável,” Centro Regional de Informação das Nações Unidas, 2019. [Online]. Available: <https://www.unric.org/pt/17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. [Acedido em 27 Agosto 2019].
- [5] APA, “Agência Portuguesa do Ambiente,” 02 04 2019. [Online]. Available: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=5&subref=633>.
- [6] APA, “Políticas de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Orientações comunitárias e nacionais,” DAI BV, 2015.
- [7] Conselho das Comunidades Europeias, “Tratado da União Europeia,” Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Luxemburgo, 1992.
- [8] EUROPEAN ANTI-POVERTY NETWORK, “A Estratégia Europa 2020,” EUROPEAN ANTI-POVERTY NETWORK, Bruxelas, 2011.
- [9] Comissão Europeia, “EUROPA 2020 - Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo,” European Comission, Bruxelas, 2010.
- [10] POSEUR, “Investimento e Crescimento Sustentável,” Portugal 2020, Lisboa, 2014.

- [11] Parlamento Europeu e Conselho Europeu, “Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE),” *Jornal Oficial da União Europeia*, pp. 38-71, 2012.
- [12] Parlamento Europeu e Conselho Europeu, “Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas,” *Jornal Oficial da União Europeia*, pp. 3-30, 2008.
- [13] S. Januszewski, H. Swiatek e K. Zymmer, “Consequences of internal short-circuits in very high power converters,” em *Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Warsaw, 1996.
- [14] M.-S. Wu, P.-C. J. Chiang, J.-C. Lin e Y.-S. Jan, “Correlation between electrochemical characteristics and thermal stability of advanced lithium-ion batteries in abuse tests—short-circuit tests,” *Electrochimica Acta*, vol. 49, nº 11, pp. 1803-1812, 2003.
- [15] Parlamento Europeu e Conselho Europeu, “Jornal Oficial da União Europeia, L 150, 14 de junho de 2018,” *Jornal Oficial da União Europeia*, pp. 109-140, 2018.
- [16] R. Kuehr, C. Fitzpatrick e C. Luepschen, “United Nations University,” UNU Office of Communications, 21 06 2011. [Online]. Available: <https://unu.edu/publications/articles/e-waste-challenges-re-use-practices-principles-and-standards.html>. [Acedido em 06 10 2019].
- [17] G. I. Zlamparet, W. Ijomah, Y. Miao, A. K. Awasth, X. Zeng e J. Li, “Remanufacturing strategies: A solution for WEEE problem,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 149, pp. 126-136, 2017.
- [18] R. Kissling, C. Fitzpatrick, H. Boeni, C. Luepschen, S. Andrew e J. Dickenson, “Definition of generic re-use operating models for electrical and electronic equipment,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 65, pp. 85-99, 2012.
- [19] X. Zeng, Q. Song, J. Li, W. Yuan, H. Duan e L. Lili, “Solving e-waste problem using an integrated mobile recycling plant,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 90, pp. 55-59, 2015.
- [20] “Fate of metals contained in waste electrical and electronic equipment in a municipal waste treatment process,” *Waste Management*, vol. 32, nº 1, pp. 96-103, 2012.
- [21] K. Parajuly e H. Wenzel, “Potential for circular economy in household WEEE management,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 151, pp. 272-285, 2017.

- [22] M. D. Bovea e V. Pérez-Belis, "A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process," *Journal of Cleaner Production*, vol. 20, nº 1, pp. 61-71, 2012.
- [23] S. Hickey e C. Fitzpatrick, "Reuse Potential – Evaluation of Reuse Opportunities within WEEE Compliance Schemes," United Nations University, Bonn, 2016.
- [24] N. Seyring, M. Kling, J. Weißenbacher, M. Hestin, L. Lecerf, F. Magalini, D. S. Khatriwal e R. Kuehr, "Study on WEEE recovery targets, preparation for re-use targets and on the method for calculation of the recovery targets," European Commission, 2015.
- [25] M. Charter e U. Tischner, *Sustainable Solutions: Developing Products and Services for the Future*, Sheffield, Uk: Greenleaf Publishing, 2001.
- [26] N. Klein, *No Logo: Taking aim at the brand bulies*, Canada: Knopf, 2000.
- [27] World Comission on Environment and Development, "Brundtland Report: Our common Future," Oxford University Press, Oslo, 1987.
- [28] R. Karlsson e C. Luttrupp, "EcoDesign: what's happening?," *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, nº 15-16, pp. 1291-1298, 2006.
- [29] T. Cooper, "Creating an economic infrastructure for sustainable product design," *Journal of Sustainable Product Design*, vol. 8, nº 8, pp. 7-17, 1999.
- [30] International Organization for Standardization, "Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework - (ISO 14040:2006)," ISO copyright office, Switzerland, 2006.
- [31] International Organization for Standardization, "Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines - (ISO 14044:2006)," ISO copyright office, Switzerland, 2006.
- [32] F. J. G. Silva e R. M. Gouveia, *Cleaner Production: Toward a Better Future*, Switzerland: Springer International Publishing, 2019. ISBN: 978-3-030-23165-1.
- [33] A. Murray, K. Skene e K. Haynes, "The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context," *Journal of Business Ethics*, vol. 140, nº 3, p. 369–380, 2015.

- [34] European Comission, "Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe," European Comission, Brussels, 2014.
- [35] C. Scheel, "Beyond sustainability: Transforming industrial zero-valued residues into increasing economic returns," *Journal of Cleaner Production*, vol. 131, pp. 376-386, 2016.
- [36] R. Kemp e P. Pearson , "Final report MEI project about measuring ecoinnovation," UM-MERIT, Maastricht, 2007.
- [37] J. Carrillo-Hermosilla, P. d. Rio e T. Könnölä, "Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies," *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, nº 10-11, pp. 1073-1083, 2010.
- [38] E. Cohen-Rosenthal, "A walk on the human side of industrial ecology," *American Behavioral Scientist*, vol. 44, nº 2, pp. 245-264, 2000.
- [39] N. Hofstra e D. Huisingh, "Eco-innovations characterized: a taxonomic classification of relationships between humans and nature," *Journal of Cleaner Production*, vol. 66, pp. 459-468, 2014.
- [40] J. Park, J. Sarkis e Z. Wu, "Creating integrated business and environmental value within the context of China's circular economy and ecological modernization," *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, nº 15, pp. 1494-1501, 2010.
- [41] W. R. Stahel, "The circular economy," *Nature*, vol. 531, pp. 435-438, 2016.
- [42] V. Prieto-Sandoval, C. Jaca e M. Ormaza, "Towards a consensus on the circular economy," *Journal of Cleaner Production*, vol. 179, pp. 605-615, 2018.
- [43] E. Worrell e M. A. Reuter , HANDBOOK OF RECYCLING - STATE-OF-THE-ART FOR PRACTITIONERS, ANALYSTS, AND SCIENTISTS, Elsevier Inc., 2014.
- [44] J. M. Allwood, "Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies," em *Handbook of Recycling*, Elsevier Inc., 2014, pp. 445-477.
- [45] G. Grimaud, N. Perry e B. Laratt, "Sustainability Performance Evaluation for Selecting the Best Recycling Pathway During Its Design Phase," em *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*, Springer, Cham, 2018, pp. 11-19.

- [46] W. L. Ijomah e M. Danis, "Refurbishment and reuse of WEEE," em *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook*, Woodhead Publishing Limited, 2012, pp. 145-162.
- [47] C. Bakker, F. Wang, J. Huisman e M. d. Hollander, "Products that go round: exploring product life extension through design," *Journal of Cleaner Production*, vol. 69, pp. 10-16, 2014.
- [48] R. Geyer e V. D. Blass, "The economics of cell phone reuse and recycling," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 47, nº 5-8, pp. 515-525, 2010.
- [49] J. P. Snudden, C. Ward e K. Potter, "Reusing automotive composites production waste," *Reinforced Plastics*, vol. 58, nº 6, pp. 20-27, 2014.
- [50] P. Manomaivibool, "Extended producer responsibility in a non-OECD context: The management of waste electrical and electronic equipment in India," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 53, nº 3, pp. 136-144, 2009.
- [51] Efacec Power Solutions, "efacec," 22 Julho 2019. [Online]. Available: <https://www.efacec.pt/>.
- [52] Efacec Power Solutions, "Empowering the future - Relatório e Contas 2018," efacec, Porto, 2018.
- [53] S. W. Blume, "System Overview, Terminology and Basic Concepts," em *Electric Power System Basics - For the Nonelectrical Professional*, New Jersey, John Wiley & Sons, 2007, p. 12.
- [54] Efacec, "Aparelhagem de Alta e Média Tensão - Catálogo de Soluções," Efacec, Porto, 2018.
- [55] Instituto Português da Qualidade, "Sistemas de gestão ambiental - Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização - (NP EN ISO 14001:2015)," IPQ, Portugal, 2015.
- [56] B. W. Vigon, M. A. Curran e Battelle Memorial In, *Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles*, Cincinnati, Ohio: Lewis Publishers, 1993.
- [57] SAIC, "Life Cycle Assessment: Principles and Practice," U.S. Environmental Protection Agency, Washington, Washington, DC, 2006.

- [58] RIVM, "LCIA: the ReCiPe model," RIVM, 08 Abril 2019. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>. [Acedido em 08 Abril 2019].
- [59] Efacec, "Aparelhagem de Alta e Média Tensão - Portefólio de soluções," Efacec, Porto, 2018.
- [60] Efacec, "Manual de instruções: DIVAC - Disjuntores de Vácuo," Efacec, Porto, 2018.
- [61] Efacec, "Quadro Modular de Média Tensão - Isolamento no ar," Efacec, Porto, 2018.
- [62] M. J. B. Pereira, "Avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas para a reabilitação da envolvente exterior dos edifícios," Universidade do Minho, Coimbra, 2015.
- [63] PRé Consultants B.V., "Which impact assessment methods are available in SimaPro?," 10 Abril 2019. [Online]. Available: <https://support.simapro.com/articles/FAQ/Which-impact-assessment-methods-are-available-in-SimaPro>.
- [64] RIVM, "Downloads," 08 Abril 2019. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/downloads>.
- [65] thinkstep, "My GaBi - GaBi LCA Database Documentation - GaBi LCIA Documentation - ReCiPe," GaBi Solutions, 08 Abril 2019. [Online]. Available: <http://www.gabi-software.com/support/gabi/gabi-lcia-documentation/recipe/>. [Acedido em 08 Abril 2019].
- [66] M. Huijbregts, Z. Steinmann, P. Elshout, G. Stam, F. Verones, M. Vieira, A. Hollander, M. Zijp e R. v. Zelm, "ReCiPe 2016 v1.1 - A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level," RIVM - National Institute for Public Health and the Environment, Utrecht, 2017.
- [67] M. Huijbregts, Z. Steinmann, P. Elshout, G. Stam, F. Verones, M. Vieira, A. Hollander, M. Zijp e R. v. Zelm, "ReCiPe 2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level - Report I: Characterization," RIVM, Bilthoven, 2016.

5.2 NORMAS E DIRETIVAS

5.2.1 NORMAS

- **NP EN ISO 14001:2015** - Sistemas de gestão ambiental; Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização (ISO 14001:2015);
- **ISO 14040:2006** - *Environmental Management -- Life Cycle Assessment -- Principles and Framework*;
- **ISO 14044:2006** - *Environmental Management -- Life Cycle Assessment -- Requirements and Guidelines*.

5.2.2 DIRETIVAS

- **2012/18/EU** - relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas, que altera e subsequentemente revoga a Diretiva 96/82/CE do Conselho;
- **2008/98/CE** - relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas.

5.3 OUTROS

- <https://pt.melhoresrotas.com>, acedido em 12 de Agosto de 2019;
- <https://www.efacec.pt/quem-somos/>, acedido em 29 de Agosto de 2019.