eMaPriCe - Estudo de Matérias-Primas Críticas e estratégicas e economia circular em Portugal

Relatório técnico

Setembro 2022

LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

REPÚBLICA PORTUGUESA
AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA

Apoio

FUNDO AMBIENTAL
Ambiente

apa
agência portuguesa do ambiente

LNEG Relatório técnico

Contactos para mais informações

Nome: Sofia G. Simões, Cristina Rocha, Justina Catarino, Jorge Alexandre
Morada: LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Apartado 7586 – Alfragide, 2610-999 AMADORA, Portugal
Telefone: +351 210 924 600/1
e-mail: sofia.simoes@lneg.pt | cristina.rocha@lneg.pt | justina.catarino@lneg.pt | jorge.alexandre@lneg.pt

© LNEG, 2022

Como citar: Simoes, S.G., Rocha, C., Alexandre, J., Catarino, J., Ferreira, C., Oliveira, P., Amorim, F., Niza, S., Nogueira, C. (2022) eMaPriCe - Estudo de Matérias-Primas Críticas e estratégicas e economia circular em Portugal. Relatório Técnico LNEG, Amadora, Portugal.

Autores

Sofia Simões, Filipa Amorim, Cristina Rocha, Jorge Alexandre, Paula Oliveira **| LNEG – Unidade de Economia de Recursos**

Justina Catarino **| LNEG – Unidade de Eficiência Energética e Energias Renováveis**

Carlos Nogueira, Cristina Ferreira **| LNEG – Unidade de Materiais para a Energia**

Samuel Niza **| Circular - Consultoria em Sustentabilidade**

Apoio da APA: Manuela Proença, Lucinda Gonçalves

Resource Economics Unit

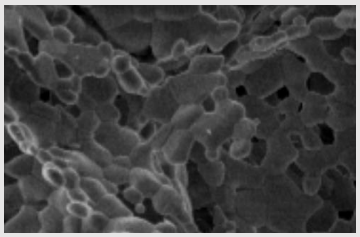
https://www.lneg.pt/en/unit/resource-economics-unit/

LNEG's **Resource Economics Unit** (UER) is crosscutting the Energy and Geology areas of LNEG. It develops I&D&D activities and decision-support for both public policymakers and the private sector on energy and geology resource economics, towards carbon neutrality and sustainable resource exploitation and use. The unit applies **techno-economic & social analytical approaches** in the fields of: (1) Sustainable energy systems, (2) Resource use for energy production and consumption, (3) Classification of national geological deposits and energy resources in a global economy, (4) Economic and social impact of the energy transition, (5) Circular economy, including design of products, services, systems and business models, and (6) Sustainable public procurement.

RENEWABLE ENERGIES AND ENERGY EFFICIENCY UNIT

https://www.lneg.pt/

The Renewable Energies and Energy Efficiency R&D Unit's (UEREE) mission is to conduct R&D and promote Innovation as well as to support the business sector and the application of public policies in the fields of renewable energy, energy efficiency, energy storage and integration of energy systems. UEREE develops technologies for converting solar radiation into thermal and electric (photovoltaic) energy, and integration of solar thermal systems into processes. In Wind and Ocean Energy, R&D in characterizing wind potential in onshore, offshore and urban environments, in the evaluation of performance of wind power converters, waves and in the development of micro-wind technology. In the area of Integration of Renewable Energies into Energy Systems, UEREE develops methodologies for: utilization of renewable resources; conception and modeling of ~100% renewable systems; studying electricity markets with high renewable penetration. In the field of Energy in the Built Environment, the unit carries out R&D in energy efficiency and in Net Zero Energy Buildings, towards the Smart Cities concept, through sustainable energy development of cities, and involving energy flexibility studies including the integration of renewable energies in the urban context. It also develops activity aiming at sustainable construction techniques. Within the LNEG Accredited Laboratory Network, the UER also integrates the Laboratory of Solar Energy.



Materials for Energy Unit

https://www.lneg.pt/en/unit/materials-for-energy-unit/

LNEG's Materials for Energy Unit (UME) develops R&D, Technological Assistance and Support to Sate and Society, in the development of new materials and the study of their functionality, performance and durability, in energy conversion and storage applications. The activities are oriented according to the following strategic principles: Contribution to the promotion and development of renewable energies and energy transition – conversion, storage and energy vectors; Innovative materials for strategic sectors of the economy; Alignment with the issues of criticality of materials: substitution, second-life, recyclability, and Valorizing endogenous resources, in line with national strategies.

Agradecimentos

O trabalho desenvolvido beneficiou dos contributos dos elementos dos grupos consultivo e de stakeholders, do projeto eMaPriCe a quem muito se agradece:

Grupo Consultivo do Projeto eMaPriCe:

- DGAE – Direção Geral das Atividade Económicas do Ministério da Economia
- GEE – Gabinete de Estratégia e Estudos do Ministério da Economia
- ANI – Agência Nacional de Inovação, Luís Ferreira
- FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia
- IMPIC – Instituto dos Mercados Públicos Imobiliário e Construção
- Professor Rodrigo Martins, FCT – Universidade Nova de Lisboa
- Professor Paulo Ferrão, IST – Universidade de Lisboa

Grupo de Stakeholders do Projeto eMaPriCe:

- **Centros Tecnológicos:** CTCV – Centro Tecnológica da Cerâmica e do Vidro, CITEVE – Centro Tecnológico do Têxtil e do Vestuário, CTCOR – Centro Tecnológico da Cortiça
- **Associações empresariais:** APICER – Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e de Cristalaria, ANIVEC/APIV – Associação Nacional das Indústrias de Vestuário e Confecção, ANIT-LAR - Associação Nacional das Indústrias de Têxteis-Lar, ATP- Associação Têxtil e Vestuário de Portugal, APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça, ANIMEE - Associação Portuguesa das Empresas do Sector Elétrico e Eletrónico, AGEFE - Associação Empresarial dos Setores Elétrico, Eletrodoméstico, Eletrónico e das Tecnologias da Informação e Comunicação, AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel, ACAP – Associação Automóvel de Portugal, IEP – Instituto Eletrotécnico Português, APREN – Associação de Empresas de Energia Renovável, APICAPS - Associação Portuguesa Indústria do Calçado, Componentes, Artigos Pele e Sucedâneos
- **Entidades associadas à gestão de resíduos**: AEPSA - Associação das Empresas Portuguesas para o Setor Ambiente, Eletrão, ERP, Valorcar, E-Cycle, Microplásticos
- **Empresas representativas:** Corticeira Amorim, ADP Fertilizantes, AdP/EPAL

Além do apoio enquadrado no âmbito do Grupo de Stakeholders agradece-se em particular os contributos extremamente relevantes de alguns dos seus elementos, bem como de outras organizações que não pertencem ao Grupo de Stakeholders:

- **INE – Instituto Nacional de Estatística**
- **Têxtil**
  - CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e Vestuário de Portugal
  - ATP - Associação Têxtil e Vestuário de Portugal
  - Impetus
  - Aquitex
  - Fulgar
  - Tintex
  - Fiação da Graça
- **Calçado (apenas durante mapeamento qualitativo)**
  - CTCP – Centro Tecnológico do Calçado de Portugal
- **Cerâmica**
  - CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro
  - APICER
  - ITC Instituto de Tecnología Cerámica (Espanha)
  - Escola de Cerâmica das Caldas
- **Química**
  - ANI
  - APEQ -Associação Portuguesa das Empresas Químicas
  - CIP – Confederação Empresarial de Portugal
  - IAPMEI Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas, em particular a gestão do programa *REACH - Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals*
  - APT – Associação Portuguesa das Tintas
  - ADP Fertilizantes (para mapeamento quantitativo)
  - AdP – Águas de Portugal / EPAL
- **Cortiça**
  - CTCOR - Centro Tecnológico da Cortiça, Inovação, Desenvolvimento, Qualidade e Sustentabilidade do Sector Corticeiro
  - APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça
  - Corticeira Amorim
- **Automóvel**
  - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
- **EEE**
  - ANIMEE – Associação Portuguesa das Empresas do Setor Elétrico e Eletrónico
  - IEP Instituto Eletrotécnico Português
  - E-Cycle – Associação de Produtores de EEE
  - Electrão

- Página intencionalmente em branco –

Sumário executivo

O eMaPriCe tem por **objetivo identificar oportunidades de implementação de estratégias de Economia Circular (EC), a fim de evitar que as Matérias-Primas Críticas (MPC) se transformem em resíduos, bem como opções da substituição** destas por matérias-primas não críticas. Este estudo pretende também apresentar estratégias de recuperação das MPC presentes nos resíduos, dando assim resposta à Diretiva-Quadro Resíduos.

O estudo **focou-se nas 30 MPC na lista Europeia, bem como a cortiça natural**, uma matéria-prima estratégica para Portugal, visto ser o seu maior produtor mundial. Estas 31 matérias-primas são designadas como MPC+.

Foi feito uma **identificação das aplicações na economia Portuguesa das MPC+** para os setores Têxteis e calçado; Cerâmica; Cortiça; Exploração mineira; Químicos e fertilizantes; Equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE); Energias renováveis e Automóvel.

Todas as MPC na lista europeia são utilizadas em Portugal para os setores considerados. O setor com maior diversidade na utilização de MPC+ é o setor dos EEE (26 MPC+), seguindo-se os setores químico e automóvel (24 MPC+ cada), e os têxteis (21 MPC+). As energias renováveis e cerâmica utilizam 14 e 13 MPC+, respetivamente, enquanto o calçado utiliza 11 MPC+. Por fim, tanto o setor da cortiça como da exploração mineira recorrem a apenas 2 MPC+ cada.

As **MPC+ são utilizadas das seguintes formas em Portugal**:

- Em tratamentos e revestimentos de **têxtil**-lar, vestuário e/ou sobretudo em vestuário técnico, para alguns segmentos do vestuário, especialmente fibras sintéticas;
- Como matéria-prima (apenas para a cortiça natural) e em tratamentos e revestimentos dos vários componentes do **calçado**;
- Nas fritas e vidrados, como afinantes, fundentes, pigmentos, etc.; por vezes também em pastas **cerâmicas** e, com menor expressão, como elemento decorativo na cerâmica decorativa. Encontram-se MPC+ essencialmente nos produtos cerâmicos para pavimentos e revestimentos, louça sanitária, e com menor expressão, na louça decorativa e em algumas cerâmicas especiais;
- Como matéria-prima principal de todos os produtos de **cortiça**: rolhas, produtos para revestimento, isolamento ou qualquer outro fim, bem como outros artigos de cortiça (naturalmente, apenas para o caso da cortiça natural);
- Como corantes e pigmentos, tintas, vernizes e produtos similares, adubos e compostos azotados, produtos de limpeza e de higiene, óleos e massas lubrificantes, catalisadores e outras aplicações na indústria **química**;
- Em ligas metálicas, retardantes de chama, parte integrante de semicondutores, condensadores, ímanes, circuitos integrados, placas de circuito impresso, vidro de ecrãs (...) presentes em **equipamentos elétricos e eletrónicos** (informáticos, para comunicações e produtos eletrónicos e óticos, etc.)

- Como materiais semicondutores, ímanes permanentes, ligas metálicas nas tecnologias de **eletricidade renovável** (eólica onshore e offshore, solar PV, hidroelétrica, geotérmico, oceânica, hidrogénio);
- Sistema de eletrónica e segurança **automóvel**, iluminação, sistema de direção, transmissão e freio, produtos de fricção diversos, ligas metálicas na carroçaria e chassis, limpa para-brisas e pequenos motores, isolamento sonoro, catalisadores, pneus e ainda nas baterias dos veículos elétricos (entre outras aplicações).

Foram elaboradas **cadeias de valor simplificadas para cada uma das 31 MPC+** estudadas, procurando identificar-se as etapas que se verificam em Portugal e/ou na UE, tendo em conta as etapas: Extração; Processamento das matérias-primas; Fabricação de produtos intermédios e/ou semiacabados e/ou componentes; Fabricação de produtos finais; Utilização de produtos finais e gestão de resíduos contendo MPC+. Em Portugal ocorre **apenas a extração de três MPC+: lítio (Li) e tungsténio (W)**, bem como da **cortiça natural**. A atividade extrativa das minas de Neves-Corvo é dedicada primariamente à extração de concentrados de zinco e estanho, mas além destes existem também quantidades significativas de índio. No entanto, a extração do índio não é reconhecida em Portugal – os concentrados são exportados e o índio é refinado e processado fora do país. Em termos de processamento, apenas se verifica no país o processamento de cortiça natural e, feldspatos de Li.

Foi feita uma **quantificação dos volumes de MPC+ contidos em 21 produtos representativos** dos setores Têxtil; Cerâmica; Cortiça; Químicos e fertilizantes; EEE; Energias renováveis e Automóvel:

1) Eólica Onshore
2) Eólica Offshore
3) Fotovoltaica (PV)
4) Hidroelétrica
5) Geotérmica
6) Veículo Elétrico a Baterias (BEV)
7) Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (PHEV)
8) Veículos de Combustão Interna
9) Ladrilhos
10) Louça sanitária
11) Telhas vidradas
12) Televisões (TVs)
13) Computadores
14) Telemóveis
15) Placas de circuito impresso
16) Lâmpadas
17) Rolhas
18) Pavimentos e Revestimentos de cortiça
19) Isolamento de cortiça
20) Têxtil (simplificação que agrega produtos têxteis de vestuário, têxtil lar e têxtil técnico)
21) Fertilizantes de fósforo (P)

Para cada um destes **estimou-se os valores de MPC+ contidas em produtos importados, exportados e produzidos em Portugal** para o ano de 2019. Estimou-se ainda o **volume de MPC+ contidas em produtos em "stock" em Portuga**l (i.e. nas habitações, em edifícios de serviços, em circulação, etc.) existentes no final de 2018. Os valores de "stock", por se referirem a valores acumulados ao longo de décadas, têm uma magnitude maior do que os fluxos apenas de 2019. Não foi possível estimar o stock de produtos para produtos de cortiça natural, fertilizantes de fósforo, telhas vidradas e placas de circuito impresso, devido a falta de informação. Os valores estimados apresentam incertezas substanciais, devendo estar subestimados.

Estima-se existirem em Portugal, no ano de 2019**, cerca de 168 mil t de MPC+ contidas em "stock" nos 21 produtos analisados, ao qual acresce 64 mil t em produtos importados e 253 mil t de MPC+ em produtos fabricados nesse ano em Portugal** (em grande parte devido à cortiça extraída em 2019 e em anos anteriores). Deverão ter saído do país em **produtos exportados, cerca de 173 mil t de MPC+**. Em termos "líquidos" estima-se **um volume de MPC+ presente em Portugal em 2019 de cerca de 311 mil toneladas de MPC+**.

As MPC+ mais representativas **são claramente a cortiça natural e o fósforo**, presentes em produtos de cortiça e fertilizantes fosfatados. Seguem-se o **magnésio, a borracha natural e o borato**, com respetivamente cerca de 61 mil t, 51 mil t e 23 mil t contidas em produtos em Portugal em 2019. Estima-se existiram cerca de **14 mil t de cobalto e 2 mil t de lítio** contidas em produtos existentes no país. Por fim, existiam ainda cerca de 1 483 t de **terras raras e metais do grupo de platina** contidas nos produtos considerados (o que representa apenas 0,48% de todas as MPC+ quantificadas).

Em termos de **produtos**, os **veículos de passageiros de combustão interna e os ladrilhos cerâmicos representam respetivamente 39% e 19% do total do stock acumulado de MPC+** em 2019. No caso dos veículos, 49% das MPC+ contidas são magnésio (ligas de Al e Mg) e 41% é borracha natural (pneus). Nos ladrilhos cerâmicos 38% das MPC+ contidas são borato, 28% é barita, e 22% cobalto. Os produtos contendo mais MPC+ além destes dois (e sem contabilizar a cortiça e os fertilizantes), são os **veículos elétricos *plug-in*; as telhas vidradas; os computadores, *notebooks* e *tablets*; a louça sanitária e as turbinas eólicas *onshore***.

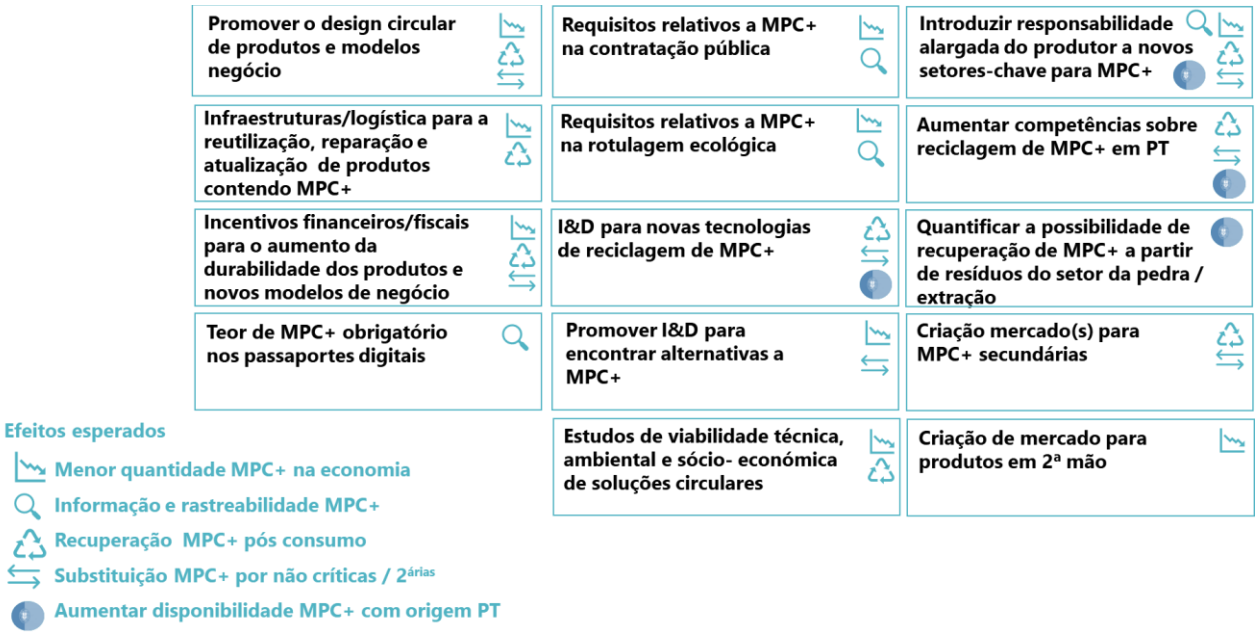
Estimou-se que em 2019 estavam **MPC+ contidas em resíduos de produtos em fim de vida**, nomeadamente cerca **de 180 t de MPC+ em ladrilhos (**antimónio, barita, borato, cobalto, praseodímio, lítio e vanádio) **em resíduos de construção e demolição** e cerca de **932 t de MPC+** (barita, bismuto, borato, cobalto, terras raras estrôncio, lítio, magnésio, nióbio, titânio e vanádio) **em veículos em fim de vida**. Não foi possível estimar valores de MPC+ em resíduos de EEE devido a falta de informação desagregada.

Foram identificas e analisadas **estratégias de circularidade (EC)** que permitem evitar eu as MPC+ se transformem em resíduos e assim diminuir a importação de MPC+ em Portugal, aumentando a autossuficiência do país nestes materiais, nomeadamente:

- **Têxtil**: EC concentram-se na fase de fabricação (18 exemplos de EC) e pós-utilização (9), embora surjam EC nas restantes fases do ciclo de vida. Principais MPC+ abrangidas: Sb; $BaSO_4$; BO_x; Co; Sc; Sr; Li; Borracha; Ti; Fosfato, Ga e In;

- **Cerâmica:** EC concentram-se na fase de fabricação (21 exemplos de EC) com principal incidência na estratégia de simbiose industrial (10). Principais MPC+ abrangidas: Sb, BaSO4, BOx, Co, Li, LREE (Pr) e V;
- **Cortiça:** EC concentram-se nas fases de extração (6 exemplos) e fabricação (6) com implicações equitativas nas estratégias dessas duas fases do ciclo de vida. Principais MPC+ abrangidas: cortiça natural
- **Fertilizantes P:** as estratégias de EC identificados para os fertilizantes P concentram-se na maximização de processos (2 exemplos), na substituição da MPC virgem por MP secundária (3) e na valorização de subprodutos (2). Principais MPC+ abrangidas: P;
- **EEE:** EC concentram-se na fase de pós-utilização (16 exemplos) com principal incidência nas estratégias de reciclagem (10) mas também com enfoque na reparação (7) na fase de utilização. Principais MPC+ abrangidas: Mg, MGP (Rh,t Pd, Pt), LREE (La, Ce, Nd, Pr), HREE (Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Yd), Co, C, Ga, In, P, Li, Sb, Si, Sr, Ta, Ti, W e V;
- **Renováveis:** EC concentram-se nas fases de fabricação (3 exemplos) e pós-utilização (6), com principal incidência na reciclagem, mas também nas vertentes da maximização de processos e reutilização. Principais MPC+ abrangidas: HREE (Tb, Dy), LREE (Pr, Nd), Ga e In;
- **Automóvel:** EC concentram-se na fase de pós-utilização (11 exemplos) com principal incidência nas estratégias de reciclagem (8) e reutilização (3). Principais MPC+ abrangidas: borracha, Co, Ga, Li, HREE (Nd, Dy, Tb), LREE (Pr).

Foram apresentadas diversas **sugestões de políticas públicas para aumentar a circularidade de MPC+ em Portugal**, sistematizados na figura seguinte:



Síntese de propostas de iniciativas de política pública para os setores estudados (exceto fertilizantes de fósforo) e respetivos efeitos esperados.

Índice

Agradecimentos 4
Sumário executivo 7
Índice 11
Índice de Tabelas 17
Índice de Figuras 19
Lista de acrónimos 23
1 Enquadramento 25
1.1 Objetivo e âmbito do estudo 25
1.2 Estrutura do documento 28
2 Metodologia 31
2.1 Mapeamento qualitativo de MPC+ 31
2.2 Seleção de setores chave para análise quantitativa 36
2.3 Mapeamento quantitativo de fluxos MPC+ em alguns produtos em Portugal 41
2.3.1 Produtos representativos selecionados 43
2.3.2 Recolha de informação sobre coeficientes unitários de MPC+ 43
2.3.3 Abordagem para produtos de cortiça 62
2.3.4 Abordagem para fertilizantes fosfatados 66
2.3.5 Estimativa das quantidades dos produtos representativos considerados 75
2.3.6 Cálculo das quantidades de MPC+ contidas nos produtos 78
2.3.7 Sistematização dos produtos importados, exportados e fabricados em 2019 e estimativa dos stocks de produtos contendo MPC+ 79
3 Presença de MPC+ na economia portuguesa 89
3.1 Aplicações de MPC+ por setor de atividade 91
3.1.1 Têxtil 92
3.1.2 Calçado 93
3.1.3 Cerâmica 94
3.1.4 Cortiça 95
3.1.5 Exploração mineira 96

3.1.6 Químicos e fertilizantes ... 97
3.1.7 Equipamentos elétricos e eletrónicos ... 98
3.1.8 Energias renováveis ... 99
3.1.9 Automóvel ... 100
3.2 Utilização transversal de cada MPC+ para os setores estudados ... 101
3.2.1 Antimónio (Sb) ... 103
3.2.2 Barita ($BaSO_4$ mineral) ... 103
3.2.3 Bauxite (Al & Ga) ... 104
3.2.4 Berílio (Be) ... 104
3.2.5 Bismuto (Bi) ... 105
3.2.6 Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4) ... 105
3.2.7 Borracha Natural ... 106
3.2.8 Carvão de coque (CCO) ... 106
3.2.9 Cobalto (Co) ... 107
3.2.10 Cortiça natural (matéria-prima estratégica) ... 107
3.2.11 Elementos de Terras Raras Leves (LREE) ... 108
3.2.12 Elementos de Terras Raras Pesados (HREE) ... 108
3.2.13 Escândio (Sc) ... 109
3.2.14 Espatoflúor (CaF_2) ... 109
3.2.15 Estrôncio (Sr) ... 110
3.2.16 Fosfato natural ... 110
3.2.17 Fósforo (P) ... 111
3.2.18 Gálio (Ga) ... 111
3.2.19 Germânio (Ge) ... 112
3.2.20 Grafite Natural (C) ... 112
3.2.21 Háfnio (Hf) ... 113
3.2.22 Índio (In) ... 113
3.2.23 Lítio (Li) ... 114
3.2.24 Magnésio (Mg) ... 114
3.2.25 Metais do Grupo da Platina (MGP) ... 115
3.2.26 Nióbio (Nb) ... 115

3.2.27 Silício-metal (Si) ... 116
3.2.28 Tântalo (Ta) ... 116
3.2.29 Titânio (Ti) ... 117
3.2.30 Tungsténio ou Volfrâmio (W) ... 117
3.2.31 Vanádio (V) ... 118
4 Cadeias de valor das MPC+ e etapas em Portugal ... 119
4.1 Antimónio (Sb) ... 121
4.2 Barita ($BaSO_4$ mineral) ... 122
4.3 Bauxite (Al & Ga) ... 123
4.4 Berílio (Be) ... 124
4.5 Bismuto (Bi) ... 125
4.6 Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4) ... 126
4.7 Borracha Natural ... 127
4.8 Carvão de coque (CCO) ... 128
4.9 Cobalto (Co) ... 129
4.10 Cortiça natural (matéria-prima estratégica) ... 130
4.11 Elementos de Terras Raras Leves (LREE) ... 131
4.12 Elementos de Terras Raras Pesados (HREE) ... 132
4.13 Escândio (Sc) ... 133
4.14 Espatoflúor (CaF_2) ... 134
4.15 Estrôncio (Sr) ... 135
4.16 Fosfato natural ... 136
4.17 Fósforo (P) ... 137
4.18 Gálio (Ga) ... 138
4.19 Germânio (Ge) ... 139
4.20 Grafite Natural (C) ... 140
4.21 Háfnio (Hf) ... 141
4.22 Índio (In) ... 142
4.23 Lítio (Li) ... 143
4.24 Magnésio (Mg) ... 144
4.25 Metais do Grupo da Platina (MGP) ... 145

4.26 Nióbio (Nb) 146
4.27 Silício-metal (Si) 147
4.28 Tântalo (Ta) 148
4.29 Titânio (Ti) 149
4.30 Tungsténio ou Volfrâmio (W) 150
4.31 Vanádio (V) 151
4.32 Ocorrência, extração/produção de MPC+ em Portugal 152
4.32.1 Síntese das ocorrências e depósitos minerais de MPC em Portugal 158
5 MPC+ em resíduos industriais e em produtos em fim de vida 161
5.1 Resíduos industriais 161
5.1.1 Informação MIRR 161
5.2 1.1 Resíduos de produtos em fim de vida 171
5.2.1 Resíduos de têxteis 171
5.2.2 REEE – Resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos 171
5.2.3 Resíduos de baterias e acumuladores 174
5.2.4 Veículos em fim de vida (VFV) 176
5.2.5 RCD Resíduos de Construção e Demolição 179
5.2.6 Resíduos de Fertilizantes P 180
5.2.7 Resíduos de cortiça 180
6 Quantificação de MPC+ na economia portuguesa 183
6.1 Quantidades por MPC+ 183
6.2 Quantidades MPC+ em "stock" por produto 192
6.3 Representação esquemática de fluxos MPC+ para alguns produtos e setores 201
6.3.1 Fluxos das principais MPC em Portugal para os produtos considerados 202
6.3.2 Fluxos de Lítio em Portugal para os produtos considerados 203
6.3.3 Fluxos de Tungsténio em Portugal para os produtos considerados 204
6.3.4 Têxtil 205
6.3.5 Automóvel 205
6.3.6 EEE 210
6.3.7 Cerâmica 212
6.3.8 Cortiça 214

6.3.9 Fertilizantes P 215
7 Estratégias de circularidade e recomendações 217
7.1 Enquadramento 217
7.2 Abordagem utilizada 218
7.3 Levantamento de exemplos de estratégias de EC 222
7.4 Circularidade das MPC+: Têxtil 223
7.4.1 Fabricação 224
7.4.2 Utilização 225
7.4.3 Pós-utilização 225
7.4.4 Sugestões/recomendações setoriais 227
7.5 Circularidade das MPC+: Cerâmica 228
7.5.1 Fabricação 229
7.5.2 Pós-utilização 229
7.5.3 Sugestões/recomendações setoriais 231
7.6 Circularidade das MPC+: Cortiça 232
7.6.1 Extração e Transformação 232
7.6.2 Fabricação 233
7.6.3 Utilização 233
7.6.4 Pós-Utilização 233
7.6.5 Sugestões/Recomendações setoriais 233
7.7 Circularidade das MPC+: Fertilizantes (P) 234
7.8 Circularidade das MPC+: EEE - Equipamentos elétricos e eletrónicos 237
7.8.1 Fabricação 238
7.8.2 Utilização 238
7.8.3 Pós-Utilização 239
7.8.4 Sugestões/Recomendações setoriais 240
7.9 Circularidade das MPC+: Energias renováveis 241
7.9.1 Fabricação 241
7.9.2 Utilização 242
7.9.3 Pós-Utilização 242
7.9.4 Sugestões/Recomendações setoriais 243

7.10 Circularidade das MPC+: Automóvel 244
7.10.1 Fabricação 245
7.10.2 Utilização 245
7.10.3 Pós-Utilização 246
7.10.4 Sugestões/Recomendações setoriais 247
7.11 Intervenção no design e maturidade tecnológica dos exemplos em todos os setores 247
7.12 Recomendações e sugestões transversais ao nível de EC 249
8 Limitações e notas finais 252
8.1 Limitações gerais 252
8.2 Limitações associadas aos coeficientes unitários MPC+ considerados 253
Anexo I - Lista de MPC+ 256
Anexo II – Delimitação dos setores considerados com base na CAE Rev. 3 257
Anexo III – Quantificação de fluxos de MPC+ 260
Anexo IV – Lista não exaustiva das fontes de informação consultadas para mapeamento de cadeias de valor e quantificação de MPC+ 263
Anexo V – Fontes de informação para as estratégias de circularidade 267
Têxtil 267
Cortiça 269
Fertilizantes P 270
Equipamentos elétricos e eletrónicos 270
Automóvel 271
Renováveis 273

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Lista de matérias-primas críticas para a União Europeia consideradas neste trabalho (adaptado a partir da Comunicação COM(2020) 474 - Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability) 27

Tabela 2 – Identificação dos principais tipos de resíduos para os oito setores considerados 33

Tabela 3 - Caracterização sócio económica sucinta dos setores em estudo. Fontes: SCIE-GEE 2021 (valores de 2019); IAPMEI-Fichas setoriais 2021 37

Tabela 4 – Análise sumária dos setores para cada um dos critérios considerados 40

Tabela 5 – Categorias de produtos representativos selecionados por setor 43

Tabela 6 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor têxtil 43

Tabela 7 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor cerâmico 45

Tabela 8 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor cortiça 47

Tabela 9 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor EEE 50

Tabela 10 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor renováveis 57

Tabela 11 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor automóvel 60

Tabela 12 – Principais pressupostos considerados para os fertilizantes P 67

Tabela 13 – Conteúdo de P (tP/a) considerados em cereais 74

Tabela 14 – Conteúdo de P em Produtos de moagem, malte, etc. 74

Tabela 15 – Conteúdo de P em Sementes e frutos oleaginosos; plantas industriais 75

Tabela 16 – Critérios de seleção de bens do Comércio Internacional a contabilizar 76

Tabela 17 – Informação agregada das importações por NC a 8 dígitos para o grupo de produtos da cerâmica selecionados, 2019 77

Tabela 18 – Exemplo de agregação de informação do INE em categorias de produtos representativos para o setor cerâmico 79

Tabela 19 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – têxtil 80

Tabela 20 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – cerâmica 81

Tabela 21 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – cortiça 82

Tabela 22 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – fertilizantes P 83

Tabela 23 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – EEE 84

Tabela 24 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – renováveis 86

Tabela 25 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – automóvel 86

Tabela 26 – Síntese do nº de aplicações de MPC+ para os setores em estudo 91

Tabela 27 - Classificação da dimensão de depósitos (pequeno, médio, grande em tonelagem*) para as MPC com ocorrências conhecidas em Portugal Continental (D.P.S. De Oliveira et al. 2021) (Daniel P S de Oliveira et al. 2021) 158

Tabela 28 - Nº de ocorrências e depósitos para MPC conhecidos em Portugal Continental (D.P.S. De Oliveira et al. 2021) (Daniel P S de Oliveira et al. 2021) 158

Tabela 29 – Análise sumária dos resíduos de fabricação produzidos em Portugal em 2019 potencialmente contendo MPC+ (resíduos pMPC+) 170

Tabela 30 – Quantidade de têxteis usados recolhidos e tipo de tratamento a que foram sujeitos. 171

Tabela 31 – Total de substâncias perigosas recuperadas em 2020 ao abrigo do DL 152-D/2017 171

Tabela 32 – REEE recolhidos em 2019 (t) 173

Tabela 33 – REEE encaminhados para tratamento e valorização em 2019 (t) 173

Tabela 34 – Pilhas e acumuladores recolhidos e valorizados em 2019 (t) [PAP – pilhas portáteis; BAI – baterias industriais; BAVA – baterias automóveis] 175

Tabela 35 – Indicadores de recolha e tratamento de VFV 177

Tabela 36 – Quantidade potencial de MPC em VFV encaminhados para tratamento (Seleção) [Nota: não inclui a Borracha natural] 178

Tabela 37 – Indicadores de recolha e tratamento de pneus usados e estimativa da borracha natural incluída 178

Tabela 38 – Potencial de MPC+ nos Ladrilhos em RCD 179

Tabela 39 – Quantitativos de MPC+ em toneladas na economia portuguesa incluindo a cortiça natural nos produtos de cortiça e o P nos fertilizantes P. Note-se que não foram estimados valores de stock para produtos de cortiça natural e fertilizantes P. 185

Tabela 40 – Quantitativos de MPC+ em toneladas na economia Portuguesa excluindo a cortiça natural nos produtos de cortiça e o P nos fertilizantes P. 187

Tabela 41 – MPC+ contidas nos produtos analisados (kg) 197

Tabela 42 –Descrição das Estratégias de Circularidade consideradas 221

Tabela 43 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg - Têxteis 260

Tabela 44 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg – Veículos Ligeiros de Passageiros 260

Tabela 45 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg - Cerâmica 261

Tabela 46 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg - EEE 261

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação esquemática da cadeia de valor considerada com indicação dos diversos tipos de resíduos produzidos. A vermelho identificam-se os resíduos considerados mais relevantes para este estudo. Os resíduos gerados na montagem e instalação (na caixa tracejada) não foram contabilizados 32

Figura 2 – Representação esquemática de fluxos de materiais na economia 41

Figura 3 – Representação esquemática dos fluxos de MPC+ contidas em produtos representativos considerados (não se inclui os fluxos não estudados como resíduos da manutenção e instalação) 42

Figura 4 – MPC+ presentes nos diversos setores em estudo para Portugal 89

Figura 5 – Aplicação de cada MPC+ em Portugal para os oito setores em análise 102

Figura 6 – Representação de cadeia de valor exemplificativa para o antimónio com notas explicativas. Considera-se que a gestão resíduos no fim de vida é uma das etapas da cadeia de valor. A figura não procura representar a produção de resíduos nas diversas etapas. 120

Figura 7 – Produção de resíduos industriais por setor e destino final em toneladas em 2019 ... 169

Figura 8 - MPC+ consideradas para a estimativa quantitativa nos vários produtos / setores (a negrito). Nota: os setores indústria extrativa e calçado foram excluídos da fase de análise quantitativa 183

Figura 9 – Principais fluxos de MPC+ para os 21 produtos considerados em toneladas, incluindo cortiça natural e P para produtos de cortiça e fertilizantes P, respetivamente. Ano de 2019 para I, E e P. Dada a variedade de ordens de magnitudes para as diferentes MPC+, utiliza-se uma escala logarítmica 189

Figura 10 - Principais fluxos de MPC+ para os produtos considerados em toneladas, excluindo a cortiça natural e P para produtos de cortiça e fertilizantes P, respetivamente. Ano de 2019 para I, E e P. Dada a variedade de ordens de magnitudes para as diferentes MPC+ utiliza-se uma escala logarítmica 190

Figura 11 – Principais fluxos de MPC+ de HREE, LREE e MGP para os 21 produtos considerados, em toneladas. Ano de 2019 para I, E e P 191

Figura 12 – Importância relativa (%) dos fluxos de MPC+ nos 21 produtos considerados. Ano de 2019 para I, E e P, com (esquerda) e sem produtos de cortiça natural e fertilizantes P (direita) 191

Figura 13 – Total de MPC+ contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado", em toneladas. Não há dados de stock para cortiça e fertilizantes P. 192

Figura 14 – MPC+ desagregadas contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado" em kg 193

Figura 15 – MPC+ desagregadas excluindo Fertilizantes P, Ladrilhos e veículo combustão interna contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado" em kg 194

Figura 16 – MPC+ desagregadas contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado" em % por produto 195

Figura 17 – MPC "raras" (HREE, LREE e MGP) desagregadas contidas em cada um dos produtos considerados no "stock" e em % por produto 196

Figura 18 – Fluxo de MPC na economia Portuguesa em 2019 para Cobalto, Borato, Barita e Magnésio em t para o conjunto dos produtos representativos em todos os setores considerados. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 202

Figura 19 – Fluxo de Lítio na economia Portuguesa em 2019 em t para o conjunto dos produtos representativos em todos os setores considerados. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 203

Figura 20 – Fluxo de Tungsténio na economia Portuguesa em 2019 em t para o conjunto dos produtos representativos em todos os setores considerados. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 204

Figura 21 – Fluxo de MPC+ na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor têxtil em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 205

Figura 22 – Fluxo de borracha natural, magnésio, barita e titânio na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor automóvel em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 206

Figura 23 – Fluxo de MPC+ (exceto borracha natural e magnésio) na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor automóvel em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 207

Figura 24 – Fluxos MPC+ em BEV . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal. Nota: os quantitativos de resíduos representados traduzem o volume total produzido em 2019 deste tipo de resíduos, não estando desagregado por produto 208

Figura 25 – Fluxos MPC+ em PHEV . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal. Nota: os quantitativos de resíduos representados traduzem o volume total produzido em 2019 deste tipo de resíduos, não estando desagregado por produto 208

Figura 26 – Fluxos MPC+ em veículos de combustão interna . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal. Nota: os quantitativos de resíduos

representados traduzem o volume total produzido em 2019 deste tipo de resíduos, não estando desagregado por produto 209

Figura 27 – Fluxos de MPC+ na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor EEE em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 210

Figura 28 – Fluxos MPC+ em telemóveis. * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal 211

Figura 29 – Fluxos MPC+ em computadores . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal 211

Figura 30 – Fluxo de MPC+ na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor cerâmico em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo. 212

Figura 31 – Fluxos MPC+ em ladrilhos cerâmicos. * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal 213

Figura 32 – Principais fluxos de cortiça em produtos de cortiça em Portugal 214

Figura 33 – Fluxos de fósforo em fertilizantes fosfatados e balanço de fósforo em Portugal em toneladas de P/ano. Os (nº) representam as fontes de informação conforme descrito na seção 2.3.4 215

Figura 34 – Pacote de propostas de EC a nível da União Europeia, centradas no Pacto Ecológico Europeu 218

Figura 35 – Economia Circular e Estratégias de Circularidade 219

Figura 36 – Tipificação de Estratégias de Circularidade consideradas 220

Figura 37 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor têxtil por fase do ciclo de vida 224

Figura 38 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor têxtil por tipo de estratégia de economia circular 227

Figura 39 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor cerâmico por fase do ciclo de vida 228

Figura 40 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor cerâmico por tipo de estratégia de economia circular 230

Figura 41 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor da cortiça por fase do ciclo de vida 232

Figura 42 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor da cortiça por tipo de estratégia de economia circular 234

Figura 43 - Esquema com fluxo de Fertilizantes P e possíveis medidas de Economia Circular (em tracejado) em toneladas de P/ano. Os (nº) representam as fontes de informação na seção 2.3.4 236

Figura 44 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor fertilizantes de fósforo por tipo de estratégia de economia circular 237

Figura 45 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor dos EEE por fase do ciclo de vida 238

Figura 46 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor dos EEE por tipo de estratégia de economia circular 240

Figura 47 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor das energias renováveis por fase do ciclo de vida 241

Figura 48 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor das energias renováveis por tipo de estratégia de economia circular 244

Figura 49 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor automóvel por fase do ciclo de vida 245

Figura 50 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor automóvel por tipo de estratégia de economia circular 247

Figura 51 - Repartição percentual e por setor da existência ou não de intervenção no design dos produtos para os exemplos de EC identificados 248

Figura 52 - Repartição percentual e por setor do estado de maturidade tecnológica dos exemplos de EC identificados 248

Figura 53 - Síntese de propostas de iniciativas de política pública para os setores estudados (exceto fertilizantes de fósforo) e respetivos efeitos esperados. 251

Figura 54 - Síntese de propostas de iniciativas de política pública para o setor dos fertilizantes de fósforo e respetivos efeitos esperados. 251

Lista de acrónimos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BEV – Veículo Elétrico a Bateria (*Batery Electric Vehicle)*

CAE REV.3 Classificação das Atividades Económicas - revisão 3

CE – Comissão Europeia

CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e Vestuário de Portugal

CPA Classificação Europeia de Produtos por Atividade Económica

CTCV – Centro Tecnológico– Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

DGEG – Direção Geral da Energia e Geologia

EC – Economia Circular

EEE – Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

eMaPriCE – Estudo das Matérias-Primas Críticas e estratégicas e economia circular em Portugal

HEV – Hybrid Electric Vehicle ou Veículo Elétrico Híbrido

HREEs - Elementos de Terras Raras Pesados

IAPI - Inquérito Anual à Produção Nacional

LREEs - Elementos de Terras Raras Leves

MGP - Metais do grupo da platina

MIRR – Mapa Integrado de Registo de Resíduos

MPC – Matérias-Primas Críticas

MPC+ - Matérias-Primas Críticas e cortiça natural

NC – Nomenclatura Combinada

PAEC – Plano de Ação para a Economia Circular

PHEV - Veículo Elétrico Híbrido Plugin (*Plugin Hybrid Electric Vehicle*)

UE – União Europeia

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RU – Resíduos Urbanos

VFV – Veículos em Fim de Vida

- Página intencionalmente em branco –

1 Enquadramento

Este documento constitui o relatório final do estudo de Matérias-Primas Críticas (MPC) e estratégicas e economia circular em Portugal (eMaPriCe) no qual se descreve a metodologia e os pressupostos usados no trabalho desenvolvido e se apresentam os resultados alcançados.

1.1 Objetivo e âmbito do estudo

O eMaPriCe tem por **objetivo identificar oportunidades de implementação de estratégias de Economia Circular (EC), a fim de evitar que as Matérias-Primas Críticas (MPC) se transformem em resíduos, bem como opções da substituição** destas por matérias-primas não críticas. Este estudo pretende também apresentar estratégias de recuperação das MPC presentes nos resíduos, dando assim resposta à Diretiva-Quadro Resíduos (DQR).

Este trabalho pretende dar resposta ao preconizado no Plano de Ação de Economia Circular (PAEC)[1] (ações 5 e 7) e à Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, segundo a qual "*... os Estados-Membros deverão também tomar medidas para assegurar **a melhor gestão possível dos resíduos que contêm quantidades significativas de matérias-primas críticas** (...). Deverão ainda incluir nos seus planos de gestão de resíduos medidas adequadas a nível nacional no que respeita à recolha, triagem e valorização dos resíduos que contêm quantidades significativas dessas matérias-primas. (...). A Comissão deverá fornecer **informações sobre os grupos de produtos e os fluxos de resíduos** pertinentes a nível da União. O fornecimento dessas informações não impede, todavia, **que os Estados-Membros tomem medidas para outras matérias-primas consideradas importantes** para a sua economia nacional*".

De acordo com a Comunicação COM(2020) 474 - *Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability*[2], existem atualmente 30 MPC, conforme a tabela seguinte e o Anexo I. As MPC+ pertencem a um dos seguintes grupos de materiais:

- Minerais industriais e de construção;
- Metais de ferro e ligas de ferro;
- Metais preciosos;
- Elementos de terras raras;
- Materiais biológicos e outros.

[1] https://eco.nomia.pt/contents/ficheiros/paec-pt.pdf

[2] https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42849

Note-se que para a definição de criticidade são considerados os seguintes elementos[3]:

i. **Importância Económica** (IE) - calculada com base na importância de um determinado material na UE para aplicações de uso final e considerando o desempenho dos seus possíveis substitutos nessas aplicações;
ii. **Risco de Fornecimento ou "Supply Risk"** (SR) - calculado com base em fatores que medem o risco de disrupções na cadeia de abastecimento de um determinado material (por exemplo, concentração de fornecedores, dependência de importações[4], desempenho de governança dos países fornecedores medido pelos Indicadores de Governança Mundial, restrições comerciais e acordos, existência e criticidade dos seus possíveis substitutos).

Para a caracterização do risco de fornecimento são considerados de forma individual o fornecimento de materiais primários extraídos (ex. minério) e o fornecimento de materiais processados, que são designados por "stage I" e "stage II" respetivamente. Em alguns casos a MPC foi considerada crítica devido a apenas uma destas etapas na sua cadeia de valor.

[3] European Commission (2020). European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report. (2020). https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42883/attachments/1/translations/en/renditions/native

[4] Neste estudo entendem-se por importações e exportações todas as entradas e saída de Portugal para países dentro e fora da União Europeia, apesar de na legislação europeia de gestão de resíduos se considerarem apenas como importações e exportações as trocas com países foram da União Europeia.

Tabela 1 – Lista de matérias-primas críticas para a União Europeia consideradas neste trabalho (adaptado a partir da Comunicação COM(2020) 474 - Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability[5])

Antimónio (Sb)**	Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	Índio (In)*
Barita ($BaSO_4$ mineral)	Escândio (Sc)*	***Lítio (Li)****
Bauxite (Al & Ga)	Espatoflúor (CaF_2)	Magnésio (Mg)*
Berílio (Be)*	***Estrôncio (Sr)****	Metais do Grupo da Platina*
Bismuto (Bi)	Fosfato natural	Nióbio (Nb)*
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	Fósforo (P)	Silício-metal (Si)**
Borracha Natural	Gálio (Ga)*	Tântalo (Ta)*
Carvão de coque (CCO)	Germânio (Ge)**	***Titânio (Ti)****
Cobalto (Co)*	Grafite Natural (C)	Tungsténio ou Volfrâmio (W)*
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	Háfnio (Hf)*	Vanádio (V)*

Notas: HREEs - Elementos de Terras Raras Pesados (inclui: ítrio (Y)*, európio (Eu), gadolínio (Gd), térbio (Tb), disprósio (Dy), hólmio (Ho), érbio (Er), túlio (Tm), itérbio (Yb), lutécio (Lu); LREEs - Elementos de Terras Raras Leves (inclui: lantânio (La), cério (Ce), praseodímio (Pr), neodímio (Nd), promécio (Pm)***, samário (Sm)); PGMs = Metais do grupo da platina (inclui: ruténio (Ru), ródio (Rh), paládio (Pd), ósmio (Os), irídio (Ir), platina (Pt)); ***Itálico e negrito*** – novos materiais na lista de MPC de 2020; * Metal (ou metal de transição); ** Metalóide; *** O promécio é um elemento químico da série das terras raras que pode ser obtido artificialmente, mas que não existe na natureza.

Deverá ser referido que a cortiça natural está classificada no mesmo documento da Comissão Europeia (CE) como no limiar da criticidade, estando assim muito próxima de ser considerada como parte da lista europeia de MPC. Dado a sua importância estratégica para Portugal (que é o maior produtor mundial de cortiça), foi assim incluída também no âmbito deste trabalho que desta forma aborda 31 matérias-primas, 30 críticas e uma estratégica, doravante designadas por MPC+.

[5] https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42849

Em termos de abrangência setorial, dado ser impossível no tempo alocado estudar toda a economia portuguesa, este trabalho foca um conjunto de oito setores económicos relevantes para o país, de acordo com um dos seguintes critérios:

a) Setores cuja **cadeia de valor está significativamente representada em Portugal**, ou seja, onde existe fabricação / extração em Portugal, podendo intervir-se nas fases de pré-consumo (ex. design de produtos e processos produtivos), consumo e pós-consumo;
b) Setores **prioritários para as MPC a nível europeu**[6], **onde não se verifica a fabricação em Portugal**, mas em que há um consumo relevante de produtos com MPC+, podendo intervir-se na fase de consumo e pós-consumo. Estes são três setores: energias renováveis; equipamentos elétricos e eletrónicos e setor automóvel.

Com estes dois critérios complementares foram selecionados para uma primeira fase de mapeamento qualitativo, os seguintes setores:

1. Têxteis e calçado
2. Cerâmica
3. Cortiça
4. Exploração mineira
5. Químicos e fertilizantes
6. Equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE)
7. Energias renováveis
8. Automóvel

Destes setores, as energias renováveis, EEE e automóvel são selecionados essencialmente por serem estratégicos para Portugal no que respeita a consumo final de produtos/tecnologias. Ou seja, para estes dois setores existe alguma atividade de fabricação em Portugal, mas a maioria dos produtos/tecnologias abrangidos por cada um deles, é importada.

1.2 Estrutura do documento

As atividades desenvolvidas no âmbito do eMaPriCe - Estudo de Matérias-Primas Críticas e estratégicas e economia circular em Portugal, estruturam-se nas seguintes tarefas:

Tarefa 1 - Levantamento qualitativo da presença de MPC e cortiça natural na economia portuguesa, incluindo os oito setores- chave europeus e outros, tendo como base o PAEC e outros documentos estratégicos nacionais.

Tarefa 2 – Seleção de seis setores prioritários com base nos resultados obtidos na atividade 1, tendo em conta considerar os dois seguintes "tipos" de situação: a) três cuja cadeia de valor está significativamente representada em Portugal e b) três setores prioritários para MPC+

[6] "Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy SWD(2018) 36 final: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/27348/attachments/1/translations/en/renditions/native

a nível europeu, onde a intervenção a nível nacional será possível na fase de consumo e pós-consumo. A seleção tem por base o seguinte conjunto de critérios:

a. Cadeia de valor estar significativamente representada em Portugal;
b. Importância estratégica atual e futura para o país;
c. Impacte ambiental, económico e social do setor;
d. Existência de dados quantitativos para a quantificação de MPC+;
e. Existência de estudos de aplicação de estratégias de EC para o setor;
f. Existência de "massa crítica" no sistema de I&D em Portugal para inovação neste setor (ou na recuperação das MPC+ que o mesmo utiliza).

Tarefa 3 – Caracterização das cadeias de valor dos principais produtos onde se encontram as MPC+ e **quantificação** de: extração/produção nacional, importações (enquanto matérias-primas ou inseridas em componentes ou produtos), o consumo interno, exportações, o a acumulação em stock e as quantidades enquanto resíduos (gerados em Portugal e exportados).

Tarefa 4 – Identificação de estratégias que visam diminuir a dependência de MPC+ através da sua substituição por outras mais abundantes ou da aplicação de estratégias de economia circular. Inclui-se aqui, sempre que possível a quantificação do potencial de desempenho destas estratégias, bem como a identificação de fatores como o seu custo, maturidade tecnológica, impacte ambiental, potencial de geração de emprego, etc. Com base em todos estes elementos, são produzidas recomendações com vista a futuros instrumentos de política.

Tarefa 5 – Elaboração de **Relatório Final**, que inclui um sumário executivo, bem como elementos de **comunicação e divulgação** nomeadamente: 1 vídeo de cerca de 3 minutos, 1 infográfico e 1 brochura (em Português e Inglês).

Tarefa 6 – Organização de um **evento** com participação dos atores setoriais.

Este documento sistematiza a informação resultante da Tarefa 1 a 4, ou seja, o levantamento qualitativo e quantitativo da presença de MPC+ na economia portuguesa para os setores de atividade referidos e para produtos representativos de cada um e a análise de estratégias de circularidade (EC)

Após esta **introdução** apresenta-se a **metodologia** considerada (secção 2), seguindo-se a **identificação qualitativa** de MPC+ nos vários setores estudados, apresentada por setor e por MPC+ (secção 3). Seguidamente apresentam-se **cadeias de valor** simplificadas para cada MPC+(secção 4) e o **tratamento de informação de resíduos** considerada (seção 5). Na seção seguinte apresentam-se os resultados da **análise quantitativa das MPC+** (secção 6) e a síntese das **estratégias de circularidade** aplicáveis (secção 7). Por fim sistematizam-se as principais **limitações e algumas notas finais** (secção 8).

- Página intencionalmente em branco –

2 Metodologia

2.1 Mapeamento qualitativo de MPC+

Conforme referido na secção anterior, a análise qualitativa de MPC+ foca-se nos seguintes oito setores de atividade:

1. Têxteis e calçado
2. Cortiça
3. Cerâmica
4. Exploração mineira
5. Químicos e fertilizantes
6. Energias renováveis
7. Equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE)
8. Automóvel

A **delimitação dos mesmos não é linear, tendo-se procedido à sua definição tendo por base a CAE Rev.3** conforme detalhado no Anexo II. Note-se que no caso das energias renováveis (conforme o Anexo II) o enfoque é na produção de eletricidade renovável, não se considerando a produção de calor renovável, nem o armazenamento de eletricidade.

Ainda em termos do âmbito do estudo, importa referir que **o trabalho foca a situação atual**, com especial ênfase para os dados de 2019, por se tratar do ano mais recente em contexto pré-pandémico. Assim, não são mapeadas possíveis aplicações futuras de MPC+ em Portugal, nem são tidas em conta vetores energéticos emergentes como é o caso do hidrogénio verde (cuja fileira também depende de diversas MPC+).

No que respeita ao levantamento qualitativo das MPC+ para os oito setores considerados na primeira fase, **mapeou-se para cada MPC+ (e setor de atividade) as seguintes situações distintas**:

- as MPC+ extraídas em Portugal;
- as MPC+ utilizadas na indústria nacional em processos de fabricação;
- as MPC+ presentes apenas em produtos finais.

Pretende-se ainda analisar se no país temos atualmente um **papel preponderante na gestão de fim de vida dos produtos com MPC+** (ou seja, se estes originam resíduos que são tratados no território nacional ou exportados). Em complemento, utiliza-se uma abordagem que segue a cadeia de valor dos principais produtos de cada um dos oito setores considerados, em particular identificando as seguintes aplicações de MPC+:

A) **Aplicações de MPC+ em fases de pré-consumo**, ou seja, associadas à atividade de fabricação de um dado setor no seu processo produtivo principal, em um ou mais dos seguintes casos:

1. MPC+ é uma matéria-prima (ex. cortiça natural no caso do setor da cortiça);
2. MPC+ é uma matéria-prima subsidiária ou um consumível, não permanecendo presente no produto final;
3. MPC+ está presente num produto intermédio ou semiacabado ou em componentes, e como tal permanece no produto final;
4. MPC+ presente num produto acabado (como resultado de uma das anteriores).

Com esta definição de âmbito pretende-se focar apenas as aplicações de MPC+ que estão associadas à atividade principal de fabricação. Ou seja, se um determinado setor usa maquinaria com MPC+ para produzir o seu produto final (ex. computadores usados no setor têxtil), este tipo de aplicação não é considerado neste estudo.

B) **Aplicações de MPC+ em fases de utilização e pós-utilização**, ou seja, que integram produtos finais para estes oito setores utilizados em Portugal.

Esta abordagem permite identificar por um lado, os diversos tipos de resíduos potencialmente contendo MPC+ e, por outro, as possibilidades de intervenção no que respeita a estratégias de EC que permitem diminuir a sua importação e aumentar a autossuficiência do país. A figura seguinte apresenta uma representação esquemática da cadeia de valor considerada neste trabalho, com indicação dos tipos de resíduos produzidos.

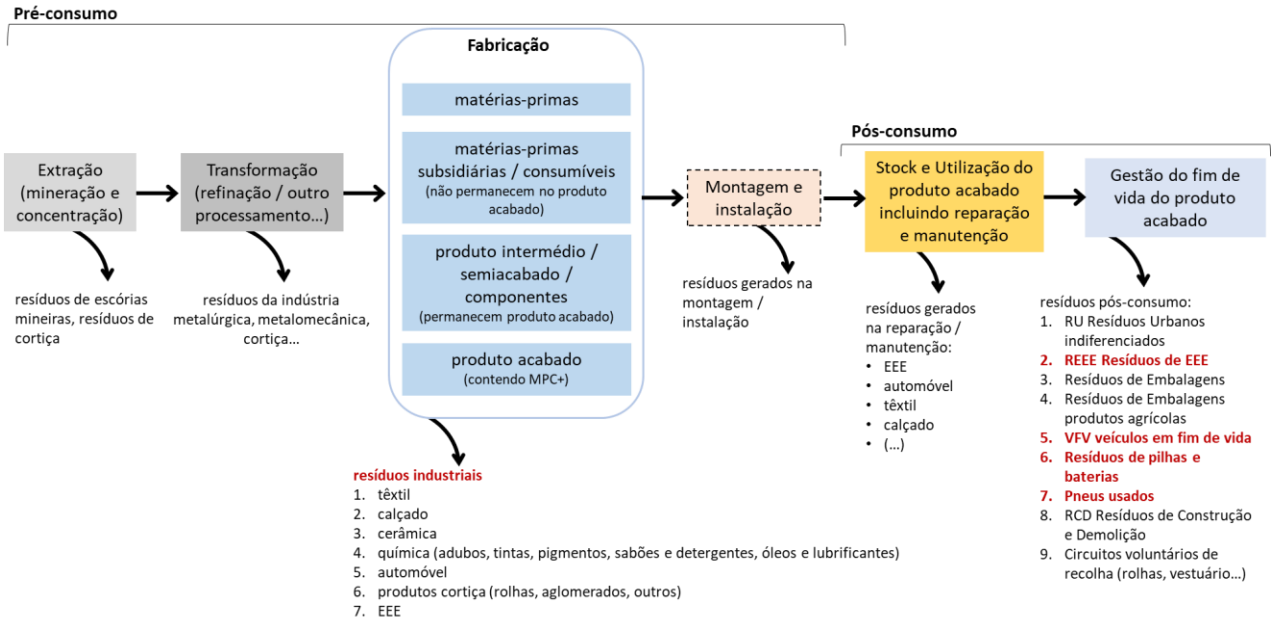


Figura 1 – Representação esquemática da cadeia de valor considerada com indicação dos diversos tipos de resíduos produzidos. A vermelho identificam-se os resíduos considerados mais relevantes para este estudo. Os resíduos gerados na montagem e instalação (na caixa tracejada) não foram contabilizados

A tabela seguinte sistematiza uma identificação dos principais tipos de resíduos potencialmente relevantes para recuperação de MPC+ para os oito setores considerados. Representam-se as diferentes fileiras de resíduos não tendo sido consideradas as seguintes fileiras por se considerar que as quantidades de MPC+ eventualmente presentes seriam desprezáveis: Embalagens e Resíduos de Embalagens (SIGRE); Embalagens e Resíduos de Embalagens e Medicamentos (SIGREM) e Óleos Novos e Óleos Usados (SIGOU).

Tabela 2 – Identificação dos principais tipos de resíduos para os oito setores considerados

Fluxo / Setor	têxteis e calçado	cortiça	cerâmica	exploração mineira	químicos e fertilizantes	energias renováveis	EEE	automóvel
Tempo de vida dos produtos finais (anos)	2-6	2-25	2 - 50	Não aplicável	2 - 50	>20	4-6	14
Processo de fabrico /produção /extração (pré-consumo)								
Resíduos industriais	X	X	X	escórias mineiras	X	não há fabricação em Portugal com MPC+	X	X
Utilização de produtos acabados (pós-consumo)								
Resíduos Urbanos indiferenciados	X	X	X		X sabões, detergentes		X?	
Resíduos de construção e demolição		X	X					
Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos [7]							X	
Resíduos de Pilhas e Acumuladores							X	
Resíduos de Pilhas e Baterias							X	X
Veículos em Fim de Vida								X
Pneus Usados								X
Embalagens e Resíduos de Embalagens em Agricultura					X fertilizantes			

[7] No caso dos REEE de não particulares, os resíduos podem ser geridos fora do SIGREE.

Fluxo / Setor	têxteis e calçado	cortiça	cerâmica	exploração mineira	químicos e fertilizantes	energias renováveis	EEE	automóvel
Valorização semi-voluntária (sem sistemas integrados de gestão)	X	X rolhas						
Resíduos da manutenção e *repowering* de unidades de produção *de* eletricidade renovável (não contabilizados neste estudo)						X		

Deverá referir-se que existem **incertezas substanciais quanto à presença de MPC+ em alguns destes tipos de resíduos**, em particular para os resíduos de Embalagens e Resíduos de Embalagens em Agricultura, que por essa razão não são considerados neste estudo.

Refere-se ainda que os **resíduos da exploração mineira têm um estatuto particular** e não são abrangidos pelas políticas de gestão de resíduos da responsabilidade da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), estando a sua gestão sob a alçada da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Como tal, foram para já também excluídos do âmbito deste relatório.

É ainda importante realçar que para os diferentes produtos finais dos diferentes setores verificam-se **tempos de vida útil bastante diversos**, conforme a tabela anterior, o que implica dinâmicas de produção e gestão de resíduos bastante diferentes.

A informação qualitativa de aplicações de MPC+ teve como **fonte inicial** uma revisão da literatura extensiva, incluindo publicações científicas (artigos em revista científica com revisão por pares), relatórios técnicos de organizações científicas (ex. Joint Research Centre da Comissão Europeia) e publicações diversas de associações setoriais. Destacam-se aqui as principais fontes utilizadas (o Anexo IV apresenta uma lista mais extensiva das fontes de informação consultadas):

- European Commission (2020) **Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report**. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42883/attachments/1/translations/en/renditions/native
- European Commission (2020) **Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Factsheets on Critical Raw Materials**. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42883/attachments/2/translations/en/renditions/native

- European Commission (2020) **Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study**. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882
- European Commission (2018) **Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy**. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://publications.europa.eu/resource/cellar/d1be1b43-e18f-11e8-b690-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1
- SCRREEN (2017) **Report on the current use of critical raw materials** – Deliverable of the SCRREEN (Solutions for Critical Raw Materials- A European Expert Network) Horizon 2020 Research project. Available at: https://scrreen.eu/results/

- SCRREEN (2017) **Report on the current use of critical raw materials** – Deliverable of the SCRREEN (Solutions for Critical Raw Materials- A European Expert Network) Horizon 2020 Research project. Available at: https://scrreen.eu/results/

Além da revisão da literatura referida, foram ainda contactadas as seguintes associações, centros tecnológicos e empresas relevantes para os setores em estudo que acompanharam não só a análise qualitativa mas ainda as outras fases do estudo (com algumas exceções, assinaladas):

- **Têxtil**
  - UBI – Universidade da Beira Interior*
  - CITEVE – Centro Industrial de Tecnologia Têxtil*
  - Impetus*
  - Aquitex*
  - Fulgar*
  - Tintex*
  - Fiação da Graça*
  - ATP
  - ANIT Lar
- **Calçado (apenas durante mapeamento qualitativo)**
  - APICAPS - Associação Portuguesa Indústria do Calçado, Componentes, Artigos Pele e Sucedâneos*
  - CTCP – Centro Tecnológico do Calçado de Portugal*
- **Cerâmica**
  - APICER
  - CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro*
  - Escola Superior de Arte e Design, Instituto Politécnico de Leiria*
  - ITC*
- **Química**
  - APEQ -Associação Portuguesa das Empresas Químicas
  - CIP – Confederação Empresarial de Portugal*
  - IAPMEI Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas, em particular a gestão do programa REACH - Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals
  - APIPE - Associação Portuguesa dos Industriais de Pirotecnia e Explosivos
  - Associação dos Industriais de Cosmética, Perfumaria e Higiene Corporal
  - APT – Associação Portuguesa das Tintas*

  - APCAS - Associação Portuguesa de Colas, Adesivos e Selantes
  - AISDPCL - Associação dos Industriais de Sabões, Detergentes e Produtos de Conservação e Limpeza
  - APIP – Associação Portuguesa da Indústria de Plásticos
  - APIB - Associação Portuguesa de Industriais de Borracha
  - FIOVDE - Federação das Indústrias de Óleos Vegetais, Derivados e Equiparados
  - CIRES (empresa de produção de PVC
  - ADP Fertilizantes (para mapeamento quantitativo)
  - AdP / EPAL
- **Cortiça**
  - CTCOR - Centro Tecnológico da Cortiça, Inovação, Desenvolvimento, Qualidade e Sustentabilidade do Sector Corticeiro*
  - APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça
  - Corticeira Amorim*
- **Automóvel**
  - MOBINOV – Cluster Automóvel de Portugal
  - ACAP – Associação Automóvel de Portugal*
  - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel*
  - VALORCAR
- **Renováveis**
  - APREN Associação Portuguesa de Energias Renováveis
- **EEE**
  - ANIMEE – Associação Portuguesa das Empresas do Setor Elétrico e Eletrónico*
  - IEP Instituto Eletrotécnico Português*
  - AIMMAP - Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal
  - E-Cycle – Associação de Produtores de EEE
  - Electrão*
  - ERP Portugal
  - AEPSA - Associação das Empresas Portuguesas para o Setor Ambiente
  - MicroPlásticos

Apenas foi obtida resposta por parte das entidades assinaladas com um * na listagem anterior. Note-se que uma maioria dos contactados, apesar de transmitirem o interesse pelo tema e pelo trabalho em curso, informaram não ter informação qualitativa ou quantitativa sobre as aplicações de MPC+ para os respetivos setores. A exceção foram os setores da cerâmica, têxtil e calçado que revelaram já ter alguma informação neste tema.

2.2 Seleção de setores chave para análise quantitativa

Conforme referido no Enquadramento, foram considerados os seguintes critérios a seleção dos seis setores **prioritários** que passaram à fase de análise quantitativa:

a. **Cadeia de valor** significativamente representada em Portugal;
b. Importância **estratégica** atual e futura para o país;
c. Impacte **ambiental**, **económico** e **social** do setor;
d. Existência de **dados quantitativos** para a quantificação de MPC+;
e. Existência de estudos de aplicação de **estratégias de EC** para o setor;
f. Existência de "massa crítica" no **sistema de I&D** em Portugal para inovação neste setor (ou na recuperação das MPC+ que o mesmo utiliza).

Por forma a caracterizar o critério b e c foi sistematizada uma breve caracterização sócio económica dos setores em estudo na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização sócio económica sucinta dos setores em estudo. Fontes: SCIE-GEE 2021 (valores de 2019); IAPMEI-Fichas setoriais 2021

Setor	Caracterização socioeconómica sucinta
	› 15 026 empresas (12 325 | 2 701, respetivamente para têxteis e calçado) › 180 411 pessoas ao serviço (136 101 | 44 310) › VAB 3 155 M€ (1,47% PIB) (2 430M€ 1,13%PIB |325M€ 0,34% PIB) › trabalhador/empresa (12,11 |16,4) › Produtividade aparente do trabalho 17k€ (18k€ | 16k€) › 12% valor exportações nacionais (ES, FR, DE) 9% | 3%
	› 852 empresas › 8 692 pessoas ao serviço › VAB 338 M€ (0,16% PIB) › trabalhador/empresa 10 › Produtividade aparente do trabalho 39k€ › 2% valor exportações nacionais (EUA, ES, FR, IT, DE
	› 1 168 empresas › 18 458 pessoas ao serviço › VAB 459 M€ (0,21% PIB) › trabalhador/empresa 16 › Produtividade aparente do trabalho 25k€ › 1% valor exportações nacionais (EUA, ES, FR, DE, RU)
	› 431 empresas › 3 472 pessoas ao serviço* › VAB 99,9 M€ (<0,1 % PIB)* › trabalhador/empresa 8 › Produtividade aparente do trabalho 29k€ › 1% valor exportações nacionais (ES, BE, FI, NO, CN)
	› 836 / 417 empresas, respetivamente para químicos e fertilizantes › 13 623 / 6 577 pessoas ao serviço › VAB 803 / 263 M€ (<0,1 e 12% PIB) › trabalhador/empresa 17 › Produtividade aparente do trabalho 40k€ › 1% valor exportações nacionais (ES, FR, NL)

Setor	Caracterização socioeconómica sucinta
energias renováveis	› 4 183 empresas › 4 594 pessoas ao serviço › VAB 1 263 M€ (0,6% PIB) › trabalhador/empresa 1 › Produtividade aparente do trabalho 275k€ › <0,1% valor exportações nacionais (ES)
eq. elétricos e eletrónicos	› 890 empresas › 1 514 pessoas ao serviço › VAB 1 102 M€ (0,52% PIB) › trabalhador/empresa 2 › Produtividade aparente do trabalho 673k€ › 10% valor exportações nacionais (ES, FR, DE)
setor automóvel	› 689 empresas › 44 328 pessoas ao serviço › VAB 1 722 M€ (0,8% PIB) › trabalhador/empresa 64 › Produtividade aparente do trabalho 39k€ › 15% valor exportações nacionais (ES, FR, DE

No que respeita aos restantes critérios, foi feita uma análise para cada setor conforme apresentada na Tabela 4. Foram adotadas **escalas de classificação dos diferentes critérios** conforme seguidamente apresentado. Os critérios considerados não tiveram todos o mesmo peso na seleção dos setores a considerar na quantificação. Um elemento não considerado nestes critérios e que se revela também importante foi a disponibilidade para colaboração por parte dos representantes do setor (associações e centros tecnológicos).

Localização da cadeia de valor segundo a seguinte escala:

- **Elevado**: extração (das principais matérias-primas), processamento das matérias-primas, fabricação e utilização de produtos finais localizados em Portugal
- **Médio**: fabricação e utilização de produtos finais localizados em Portugal
- **Menor**: apenas utilização de produtos finais localizados em Portugal

Impacte social segundo a seguinte escala:

- **Elevado**: mais de 20 000 pessoas ao serviço
- **Médio**: entre 5 000 e 20 000 pessoas ao serviço
- **Menor**: menos de 5 000 pessoas ao serviço

Impacte económico segundo a seguinte escala:

- **Elevado**: > 9% exportações nacionais e >0,5% PIB
- **Médio**: ≥ 1% exportações nacionais e >0,1% PIB
- **Menor**: < 1% exportações nacionais e <0,1% PIB

Impacte ambiental segundo a seguinte escala:

- **Elevado**: >30% resíduos produzidos em 2019 (MIRR[8]) potencialmente contendo MPC+
- **Médio**: entre 10 a 29% resíduos produzidos em 2019 (MIRR) potencialmente contendo MPC+
- **Menor**: <9% resíduos produzidos em 2019 (MIRR) potencialmente contendo MPC+

"Massa crítica" no sistema de I&D segundo a seguinte escala:

- **Elevado**: mais de 10 projetos de I&D com referência/aplicação ao setor constantes na base de dados da FCT, IP
- **Médio**: até 10 projetos de I&D com referência/aplicação ao setor constantes na base de dados da FCT, IP
- **Menor**: sem projetos de I&D com referência/aplicação ao setor constantes na base de dados da FCT, IP

Estudos setoriais EC focando MPC+ para o setor segundo a seguinte escala:

- **Elevado**: identificados estudos setoriais focando EC e MPC+
- **Médio**: identificados estudos setoriais focando EC
- **Menor**: não foram identificados estudos setoriais focando EC e/ou MPC+

Com base na classificação dos setores considerados no mapeamento qualitativo (ver tabela seguinte), bem como o input do grupo consultivo do projeto, decidiu-se considerar para a fase de mapeamento quantitativo apenas os seguintes setores:

1. Têxtil
2. Cerâmica
3. Cortiça
4. Equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE)
5. Energias renováveis
6. Automóvel

Dada a elevada importância do fósforo enquanto MPC, foi ainda adicionado o subsetor Fertilizantes fosfatados dos setores Químicos e fertilizantes (doravante designado como fertilizantes P).

[8] Mapa Integrado de Registo de Resíduos

Tabela 4 – Análise sumária dos setores para cada um dos critérios considerados

Critério	Têxtil e calçado	Cortiça	Cerâmica	Exploração mineira	Químicos e fertilizantes	Energias renováveis	EEE	Automóvel
Cadeia de valor significativamente representada em Portugal	Médio	Elevado	Elevado	Menor (processamento fora de PT)	Médio	Menor	Médio (mas apenas para alguns EEE)	Médio
Importância estratégica atual e futura para o país	Elevada	Elevada (domina mercado mundial)	Elevada	Baixa (exceto potencialmente o lítio no futuro)	Elevada	Elevada sobretudo no futuro	Média (potencialmente elevada no futuro com fabrico baterias)	Elevada
Impacte ambiental do setor	Elevado	Menor	Médio	Não aplicável*	Elevado	Elevado	Elevado	Elevado
Impacte económico do setor	Elevado	Médio	Médio	Menor	Médio	Menor	Elevado	Elevado
Impacte social do setor	Elevado	Médio	Médio	Menor	Elevado	Menor	Menor	Elevado
Existência de dados para a quantificação de MPC+	Sem coeficientes aplicação MPC+	Sem coeficientes aplicação MPC+	Sem coeficientes aplicação MPC+ [9]	Sem coeficientes aplicação MPC+	Sem coeficientes aplicação MPC+	Coeficientes aplicação MPC+	Coeficientes aplicação MPC+	Coeficientes aplicação MPC+
Existência de estudos setoriais de aplicação de estratégias de EC	Médio	Elevado	Médio	Médio	Elevado	Médio	Elevado[10]	Elevado[8]
Existência de "massa crítica" no sistema de I&D em Portugal**	Menor (Sem projetos)	Elevada (16 projetos)	Elevada (11 projetos)	Elevada (11 projetos)	Médio (1 projeto)	Elevada (19 projetos)	Médio (2 projetos)	Elevada (13 projetos)

* Setor não abrangido pela obrigatoriedade de preenchimento do MIRR, uma vez que os resíduos produzidos não estão sob a alçada da APA. ** Com base no número de Projetos financiados FCT (num total de 325 projetos), com pagamentos efetuados entre 2016 a 2020, em que no respetivo sumário o setor consta como aplicação/referência.

[9] À data de preenchimento desta tabela, na fase de seleção dos setores para a fase de quantificação, o setor da cerâmica não dispunha de informação disponível para tratar os coeficientes de aplicação. Na fase da quantificação o CTCV forneceu informação que foi usada.

[10] Existe um conjunto elevado de estudos setoriais focando a reciclagem de REEE além de existirem diversos casos práticos de implementação de gestão de fim de vida de REEE. O projeto H2020 CEWASTE https://cewaste.eu/ foca a substituição de MPC+ para os EEE.

2.3 Mapeamento quantitativo de fluxos MPC+ em alguns produtos em Portugal

A abordagem utilizada para o mapeamento quantitativo de fluxos de MPC+ é descrita nesta seção. A Figura 2 representa as atividades que geram fluxos de materiais numa economia:

- Importações [a,b e c]
- Extração doméstica [d]
- Processamento ou fabricação [e]
- Consumo final [g]
- Produção de resíduos [f, h, i e j] e
- Exportações [k, l e m])

Apresentam-se ainda os tipos de bens em que os materiais estão incorporados (Matérias-primas, Produtos intermédios e Produtos finais).

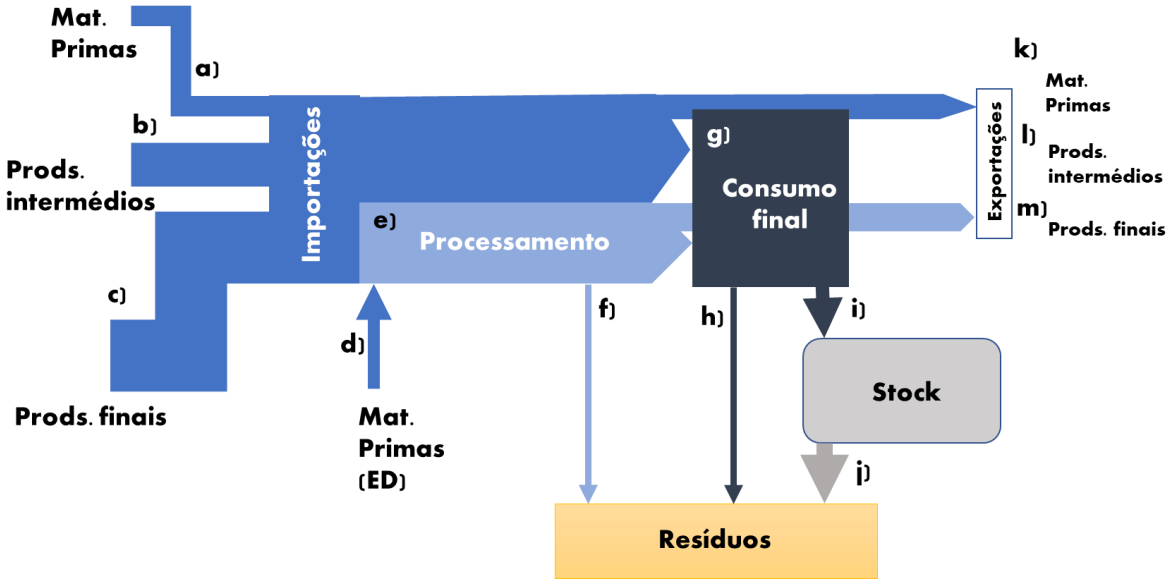


Figura 2 – Representação esquemática de fluxos de materiais na economia

Nesse sentido, procurou-se estimar a adição ao stock de MPC+ para um ano base (2018) e a quantidade de MPC+ incorporadas em resíduos industriais e resíduos de produtos em fim de vida. A adição anual ao stock é calculada somando as importações com a produção nacional e subtraindo as exportações no ano em análise. Adicionalmente procurou-se, sempre que possível, estimar o stock de MPC+ incorporado em produtos em uso na economia. O stock refere-se ao conjunto de MPC+ presente nos produtos existentes em Portugal (nas habitações, nos serviços e em armazém. A este soma-se ainda o acréscimo no ano de 2019 via importações e fabricação nacional menos as exportações). A abordagem seguida é representada na Figura 3.

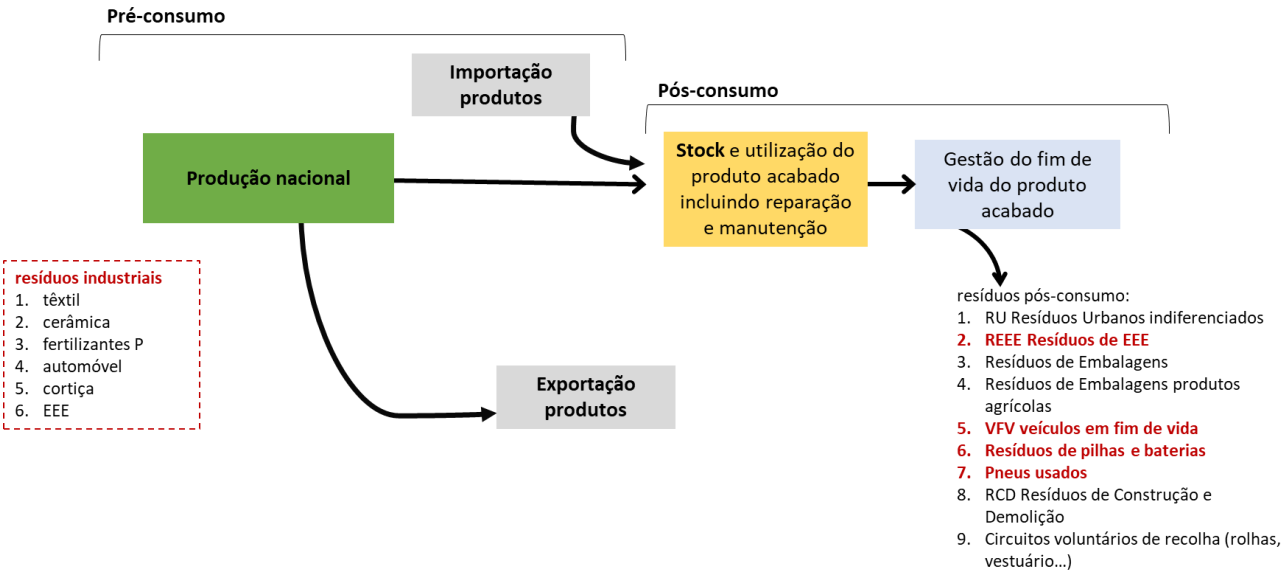


Figura 3 – Representação esquemática dos fluxos de MPC+ contidas em produtos representativos considerados (não se inclui os fluxos não estudados como resíduos da manutenção e instalação)

A estimativa dos fluxos de MPC+ foi realizada através da seguinte sequência de atividades:

1. Recolha de informação sobre **coeficientes unitários de MPC+** para produtos dos diferentes setores considerados (ex. mg MPC+/veículo);
2. Com base na informação disponível, **seleção de produtos representativos** dos diferentes setores que contenham na sua composição MPC+;
3. Estimativa das **quantidades dos produtos selecionados que são importados, produzidos no país e exportados** (para o ano de 2019);
4. Estimativa das **quantidades dos produtos selecionados que existem "em stock"** no país, ou seja, nas habitações, em edifícios de serviços, armazenados, etc. até final de 2018;
5. Cálculo das **quantidades de MPC+ nos produtos** para os fluxos referidos.

Foi ainda recolhida informação e levada a cabo uma estimativa de MPC+ nos **resíduos industriais e nos resíduos urbanos de produtos em fim de vida relevantes**.

Para o caso das MPC+ fósforo, fosfato e cortiça natural foi seguida uma abordagem ligeiramente distinta pelo que estas MPC+ e respetivos setores/produtos são tratados em seções separadas.

Cada uma das atividades e os pressupostos subjacentes às estimativas estão descritos nas seções seguintes.

No que respeita a importações/exportações deve notar-se que o objetivo principal deste estudo é identificar onde e em que quantidade estão as MPC+ no país. A análise de importações/exportações de produtos representativos contendo MPC+ é feita essencialmente para estimar a quantidade de MPC+ contidas que ficaram em Portugal no ano de 2019 e que irão ser adicionadas ao stock de MPC+ contidas em produtos na economia portuguesa.

2.3.1 Produtos representativos selecionados

Partindo dos pressupostos apresentados, foram selecionados os seguintes produtos para estimar as MPC+ incorporadas nos mesmos. A seleção dos produtos foi essencialmente orientada pela existência ou não de informação sobre quantidades unitárias de MPC+ por produto.

Tabela 5 – Categorias de produtos representativos selecionados por setor

Equipamentos para conversão de energia renovável	Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
Eólica Onshore	TV
Eólica Offshore	Computadores
PV	Telemóveis
Hidroelétrica	Placas de circuito impresso
Geotérmica	Lâmpadas (agregado)
Veículos automóveis	**Produtos de cortiça**
Elétricos a baterias (plugin ou BEV)	Rolhas cortiça natural
Híbridos (PHEV)	Rolhas de cortiça aglomerada
Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)	Pavimentos e revestimentos
Produtos cerâmicos	Isolamento de cortiça
Ladrilhos	**Produtos têxteis**
Louça sanitária	Vestuário
Telhas vidradas	Têxtil Lar
Fertilizantes Fosfatados	Têxtil técnico

Nas secções seguintes é detalhada a informação usada sobre coeficientes unitários de MPC+.

2.3.2 Recolha de informação sobre coeficientes unitários de MPC+

Para as categorias de produtos selecionados foi realizado um levantamento da informação disponível relativa aos coeficientes unitários de MPC+ nesses produtos, que se encontra sistematizada nas tabelas seguintes.

2.3.2.1 Produtos têxteis

Tabela 6 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor têxtil

MPC+	Código	Vestuário	Têxtil Lar	Têxtil técnico
Unidade		g/kg	g/kg	g/kg
Antimónio (Sb)	Sb	0,02500	0,02500	0,02500
Barita ($BaSO_4$ mineral)	BaSO4	0,05000	0,05000	0,05000
Bauxite (Al & Ga)	Al & Ga			
Berílio (Be)	Be			
Bismuto (Bi)	Bi			
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	BOx	0,12500	0,12500	0,12500
Borracha Natural	Borr	0,00022		

MPC+	Código	Vestuário	Têxtil Lar	Têxtil técnico
Unidade		g/kg	g/kg	g/kg
Carvão de coque (CCO)	CCO			
Cortiça natural	Cor			
Cobalto (Co)	Co	0,25000	0,25000	0,25000
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	**LREE**			
LREE lantânio (La)	*LREE-La*			
LREE cério (Ce)	*LREE-Ce*			
LREE praseodímio (Pr)	*LREE-Pr*			
LREE neodímio (Nd)	*LREE-Nd*			
LREE promécio (Pm)	*LREE-Pm*			
LREE samário (Sm)	*LREE-Sm*			
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	**HREE**	-	-	-
HREE yttrium (Y)	*HREE-Y*			
HREE europium (Eu)	*HREE-Eu*			
HREE gadolinium (Gd)	*HREE-Gd*			
HREE terbium (Tb)	*HREE-Tb*			
HREE dysprosium (Dy)	*HREE-Dy*			
HREE holmium (Ho)	*HREE-Ho*			
HREE erbium (Er)	*HREE-Er*			
HREE thulium (Tm)	*HREE-Tm*			
HREE ytterbium (Yb)	*HREE-Yb*			
HREE lutetium (Lu)	*HREE-Lu*			
Escândio (Sc)	Sc	0,00005		
Espatoflúor (CaF_2)	CaF2			
Estrôncio (Sr)	Sr	0,00500		
Fosfato natural	Fos		0,02500	0,02500
Fósforo (P)	P			
Gálio (Ga)	Ga			0,00005
Germânio (Ge)	Ge			
Grafite Natural (C)	C			
Háfnio (Hf)	Hf			
Índio (In)	In			0,00005
Lítio (Li)	Li	0,00005		
Magnésio (Mg)	Mg			
Metais do Grupo da Platina (MGP)	**MGP**			
MGP ruténio (Ru)	*MGP-Ru*			
MGP ródio (Rh)	*MGP-Rh*			
MGP paládio (Pd)	*MGP-Pd*			
MGP ósmio (Os)	*MGP-Os*			
MGP irídio (Ir)	*MGP-Ir*			

MPC+	Código	Vestuário	Têxtil Lar	Têxtil técnico
Unidade		g/kg	g/kg	g/kg
MGP platina (Pt)	*MGP-Pt*			
Nióbio (Nb)	Nb			
Silício-metal (Si)	Si			
Tântalo (Ta)	Ta			
Titânio (Ti)	Ti	0,05000		
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	W			
Vanádio (V)	V			

Na determinação dos coeficientes unitários assumiu-se 50% do valor máximo estabelecido na certificação Bluesign https://www.bluesign.com/downloads/bsbl/2021.07/bsbl_v3.0.pdf fornecidos pelas empresas Impetus e Aquitex

2.3.2.2 Produtos cerâmicos

Tabela 7 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor cerâmico

MPC	Código	Ladrilhos	Telhas, de cerâmica	Louça sanitária
Unidade		g/m^2	g/kg	g/kg
Antimónio (Sb)	Sb	2,11	0,04	4,71
Barita ($BaSO_4$ mineral)	$BaSO_4$	30,78	0,078	
Bauxite (Al & Ga)	Al & Ga			
Berílio (Be)	Be			
Bismuto (Bi)	Bi			
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	BO_x	42,58	0,69	0,27
Borracha Natural	Borr			
Carvão de coque (CCO)	CCO			
Cortiça natural	Cor			
Cobalto (Co)	Co	15,22		0,23
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	**LREE**	**0,5**	**0,17**	**0,01**
LREE lantânio (La)	*LREE-La*			
LREE cério (Ce)	*LREE-Ce*			
LREE praseodímio (Pr)	*LREE-Pr*	*0,5*	*0,51*	*0,01*
LREE neodímio (Nd)	*LREE-Nd*			
LREE promécio (Pm)	*LREE-Pm*			
LREE samário (Sm)	*LREE-Sm*			
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	**HREE**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
HREE yttrium (Y)	*HREE-Y*			

MPC	Código	Ladrilhos	Telhas, de cerâmica	Louça sanitária
Unidade		g/m^2	g/kg	g/kg
HREE europium (Eu)	*HREE-Eu*			
HREE gadolinium (Gd)	*HREE-Gd*			
HREE terbium (Tb)	*HREE-Tb*			
HREE dysprosium (Dy)	*HREE-Dy*			
HREE holmium (Ho)	*HREE-Ho*			
HREE erbium (Er)	*HREE-Er*			
HREE thulium (Tm)	*HREE-Tm*			
HREE ytterbium (Yb)	*HREE-Yb*			
HREE lutetium (Lu)	*HREE-Lu*			
Escândio (Sc)	Sc			
Espatoflúor (CaF_2)	CaF2			
Estrôncio (Sr)	Sr			
Fosfato natural	Fos			
Fósforo (P)	P			
Gálio (Ga)	Ga			
Germânio (Ge)	Ge			
Grafite Natural (C)	C			
Háfnio (Hf)	Hf			
Índio (In)	In			
Lítio (Li)	Li	3,00	0,002	
Magnésio (Mg)	Mg			
Metais do Grupo da Platina (MGP)	**MGP**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
MGP ruténio (Ru)	*MGP-Ru*			
MGP ródio (Rh)	*MGP-Rh*			
MGP paládio (Pd)	*MGP-Pd*			
MGP ósmio (Os)	*MGP-Os*			
MGP irídio (Ir)	*MGP-Ir*			
MGP platina (Pt)	*MGP-Pt*			
Nióbio (Nb)	Nb			
Silício-metal (Si)	Si			
Tântalo (Ta)	Ta			
Titânio (Ti)	Ti			
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	W			
Vanádio (V)	V	5,00	0,058	0,614

Os dados respeitantes aos coeficientes unitários foram disponibilizados pelo CTCV.

Para o coeficiente unitário de LREE – Pr para louça sanitária, devido à falta de dados diretamente fornecidos pelo CTCV, calculou-se o coeficiente unitário aqui apresentado dividindo o valor de 800kg Pr para louça sanitária fabricada em Portugal em 2019 (estimado pelo CTCV) pelo nº produtos de louça sanitários fabricados em 2019 (de acordo com INE) e assumindo um peso médio por produto. Para as telhas vidradas considera-se que este tipo de aplicação de Pr apenas deverá ocorrer em cerca de 1% das telhas vidradas, de acordo com dados atualizados fornecidos pelo CTCV.

De notar que o coeficiente unitário para os produtos cerâmicos estudados não inclui o teor de Li na pasta cerâmica, mas apenas nos vidrados. De acordo com informação do CTCV, o Li nas pastas poderá representar um acréscimo ao coeficiente unitário considerado entre 10-21%.

2.3.2.3 Produtos de cortiça

Tabela 8 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor cortiça

MPC	Código	Rolhas cortiça natural	Rolhas de cortiça aglomerada	Pav./Rev. Cortiça	Isolamento cortiça
Unidade		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
Antimónio (Sb)	Sb	-	-	-	-
Barita ($BaSO_4$ mineral)	BaSO4	-	-	-	-
Bauxite (Al & Ga)	Al & Ga	-	-	-	-
Berílio (Be)	Be	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	Bi	-	-	-	-
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	BOx	-	-	-	-
Borracha Natural	Borr	-	-	-	-
Carvão de coque (CCO)	CCO	-	-	-	-
Cortiça natural	Cor	0,997000	0,85000	0,8500	1,00000
Cobalto (Co)	Co	-	-	-	-
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	**LREE**	-	-	-	-
LREE lantânio (La)	*LREE-La*	-	-	-	-
LREE cério (Ce)	*LREE-Ce*	-	-	-	-
LREE praseodímio (Pr)	*LREE-Pr*	-	-	-	-
LREE neodímio (Nd)	*LREE-Nd*	-	-	-	-
LREE promécio (Pm)	*LREE-Pm*	-	-	-	-
LREE samário (Sm)	*LREE-Sm*	-	-	-	-
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	**HREE**	-	-	-	-
HREE yttrium (Y)	*HREE-Y*	-	-	-	-
HREE europium (Eu)	*HREE-Eu*	-	-	-	-
HREE gadolinium (Gd)	*HREE-Gd*	-	-	-	-
HREE terbium (Tb)	*HREE-Tb*	-	-	-	-
HREE dysprosium (Dy)	*HREE-Dy*	-	-	-	-

MPC	Código	Rolhas cortiça natural	Rolhas de cortiça aglomerada	Pav./Rev. Cortiça	Isolamento cortiça
Unidade		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
HREE holmium (Ho)	*HREE-Ho*	-	-	-	-
HREE erbium (Er)	*HREE-Er*	-	-	-	-
HREE thulium (Tm)	*HREE-Tm*	-	-	-	-
HREE ytterbium (Yb)	*HREE-Yb*	-	-	-	-
HREE lutetium (Lu)	*HREE-Lu*	-	-	-	-
Escândio (Sc)	Sc	-	-	-	-
Espatoflúor (CaF_2)	CaF2	-	-	-	-
Estrôncio (Sr)	Sr	-	-	-	-
Fosfato natural	Fos	-	-	-	-
Fósforo (P)	P	-	-	-	-
Gálio (Ga)	Ga	-	-	-	-
Germânio (Ge)	Ge	-	-	-	-
Grafite Natural (C)	C	-	-	-	-
Háfnio (Hf)	Hf	-	-	-	-
Índio (In)	In	-	-	-	-
Lítio (Li)	Li	-	-	-	-
Magnésio (Mg)	Mg	-	-	-	-
Metais do Grupo da Platina (MGP)	**MGP**	-	-	-	-
MGP ruténio (Ru)	*MGP-Ru*	-	-	-	-
MGP ródio (Rh)	*MGP-Rh*	-	-	-	-
MGP paládio (Pd)	*MGP-Pd*	-	-	-	-
MGP ósmio (Os)	*MGP-Os*	-	-	-	-
MGP irídio (Ir)	*MGP-Ir*	-	-	-	-
MGP platina (Pt)	*MGP-Pt*	-	-	-	-
Nióbio (Nb)	Nb	-	-	-	-
Silício-metal (Si)	Si	-	-	-	-
Tântalo (Ta)	Ta	-	-	-	-
Titânio (Ti)	Ti	-	-	-	-
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	W	-	-	-	-
Vanádio (V)	V	-	-	-	-

Para a determinação dos coeficientes unitários dos produtos em cortiça, assumiram-se os seguintes pressupostos:

- As rolhas contêm 90% de cortiça. Este é um teor de cortiça intermédio, considerando as rolhas de cortiça natural (99.7%) e as rolhas de cortiça aglomerada (85%) https://www.amorimcork.com/pt/media-center/noticias/estudo-confirma-pegada-de-carbono-negativa-das-rolhas-de-cortica-amorim/353

- A cortiça em Pavimentos e Revestimentos com aglutinante contém 85% de cortiça.

-- Os produtos para Isolamento contêm 100% de cortiça.

2.3.2.4 EEE

Tabela 9 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor EEE

EEE MPC	Código	TV	Computadores (agregado)	Laptops	Notebooks	Telemóveis	Computadores desktop 1	Computadores desktop 2	Computadores desktop	Placa de circuito impresso	Lâmpadas (agregado)	Lâmpada fluorescente	Lâmpadas LED branca
Unidade		g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/kg de PCI	g/lâmpada	g/lâmpada	g/LED
Antimónio (Sb)	Sb	5,75 (1)	0,11	0,002 (1)			0,39 (1)	0,04 (1)	0,21	1,00 (1)	0,02	0,02	
Barita ($BaSO_4$ mineral)	$BaSO_4$		0,07				0,02 (1)	0,13 (1)	0,07		-		
Bauxite (Al & Ga)	Al & Ga		-						-		-		
Berílio (Be)	Be		0,06					0,06 (1)	0,06		-		
Bismuto (Bi)	Bi		0,03					0,03 (1)	0,03	0,003	-		
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	BO_x		-						-		-		
Borracha Natural	Borr		-						-		-		
Carvão de coque (CCO)	CCO		-						-		-		
Cortiça natural	Cor		-						-		-		
Cobalto (Co)	Co	0,21 (1)	36,41	44,16 (1)	65,00 (1)	6,70 (1)		0,06 (1)	0,06	0,60 (1)	-		
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	**LREE**	**0,01**	**1,19**	**-**	**2,37**	**0,06**	**0**	**0**	**-**	**-**	**0,03**	**0,05**	2E-06
LREE lantânio (La)	*LREE-La*	*0,0034* (2)	*0,00003*		0,0001 (1)				-		*0,02*	*0,02*	
LREE cério (Ce)	*LREE-Ce*	*0,0024* (2)	*0,00005*		*0,0001* (1)				-		*0,02*	*0,03*	2E-06
LREE praseodímio (Pr)	*LREE-Pr*		*0,14*		*0,27* (1)	*0,01* (2)			-		-		
LREE neodímio (Nd)	*LREE-Nd*		*1,05*		*2,10* (1)	*0,05* (2)			-		-		
LREE promécio (Pm)	*LREE-Pm*		-						-		-		
LREE samário (Sm)	*LREE-Sm*		-						-		-		
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	**HREE**	**0,57**	**0,08**	**-**	**0,15**	**0**	**0**	**0,002**	**0,002**	**-**	**0,22**	**0,43**	0,00005

EEE MPC	Código	TV	Computadores (agregado)	Laptops	Notebooks	Telemóveis	Computadores desktop 1	Computadores desktop 2	Computadores desktop	Placa de circuito impresso	Lâmpadas (agregado)	Lâmpada fluorescente	Lâmpadas LED branca
Unidade		g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/kg de PCI	g/lâmpada	g/lâmpada	g/LED
HREE yttrium (Y)	*HREE-Y*	*0,0575* (2)	0,0013		*0,0017* (1)			*0,001* (1)	0,001		0,18	*0,36*	0,00003
HREE europium (Eu)	*HREE-Eu*	*0,0041*(2)	0,0004		*0,0001* (1)			*0,001* (1)	0,001		0,01	*0,02*	0,000001
HREE gadolinium (Gd)	*HREE-Gd*	*0,0028* (2)	0,0002		*0,0004* (2)				-		0,02	*0,03*	0,00002
HREE terbium (Tb)	*HREE-Tb*	*0,0012* (2)	0,00001		*0,00002* (1)				-		0,02	*0,02*	
HREE dysprosium (Dy)	*HREE-Dy*		0,03		*0,06* (1)				-		-		
HREE holmium (Ho)	*HREE-Ho*		-						-		-		
HREE erbium (Er)	*HREE-Er*		-						-		-		
HREE thulium (Tm)	*HREE-Tm*		-						-		-		
HREE ytterbium (Yb)	*HREE-Yb*	*0,50* (1)	*0,05*		*0,009*				-		-		
HREE lutetium (Lu)	*HREE-Lu*		-						-		-		
Escândio (Sc)	Sc		-						-		-		
Espatoflúor (CaF_2)	CaF2		-						-		-		
Estrôncio (Sr)	Sr		0,01				0,01 (1)		0,01		-		
Fosfato natural	Fos		-						-		-		
Fósforo (P)	P		0,21	0,18 (2)	0,28 (3)	0,07 (1)	0,18 (2)	0,18 (2)	0,18		-		
Gálio (Ga)	Ga	0,0025 (2)	0,003		0,001 (1)			0,01 (1)	0,01		0,00003		0,00003
Germânio (Ge)	Ge		0,01					0,01 (1)	0,01		-		
Grafite Natural (C)	C		6,38	5,46 (3)	8,21 (4)	3,18 (3)	5,46 (3)	5,46 (3)	5,46		-		
Háfnio (Hf)	Hf		-						-		-		
Índio (In)	In	0,25 (3)	0,03	0,04	0,04 (5)		0,01 (4)	0,01 (1)	0,01		0,00003		0,00003
Lítio (Li)	Li		2,28	4,57 (4)		0,97 (1)			-		-		
Magnésio (Mg)	Mg		3,83	7,62 (5)		0,03 (1)	0,05 (1)		0,05	1,05 (1)	-		

EEE MPC	Código	TV	Computadores (agregado)	Laptops	Notebooks	Telemóveis	Computadores desktop 1	Computadores desktop 2	Computadores desktop	Placa de circuito impresso	Lâmpadas (agregado)	Lâmpada fluorescente	Lâmpadas LED branca
Unidade		g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/prod	g/kg de PCI	g/lâmpada	g/lâmpada	g/LED
Metais do Grupo da Platina (MGP)	**MGP**	**0,08**	**0,02**	**0,00003**	**0,04**	**0,01**	**0,005**	**0,001**	**0,003**	**0,03**	**-**	**-**	**-**
MGP ruténio (Ru)	*MGP-Ru*		-						-		-		
MGP ródio (Rh)	*MGP-Rh*		*4E-06*					*0,000004* (1)	0,000004		-		
MGP paládio (Pd)	*MGP-Pd*	*0,08* (4)	*0,01*	*0,00003 (1)*	*0,04* (1)	*0,01* (2)	*0,005* (1)	*0,001* (1)	0,003	*0,03* (1)	-		
MGP ósmio (Os)	*MGP-Os*		-						-		-		
MGP irídio (Ir)	*MGP-Ir*		-						-		-		
MGP platina (Pt)	*MGP-Pt*		*0,002*		*0,004* (1)				-	*0,001* (1)	-		
Nióbio (Nb)	Nb		0,001					0,001 (1)	0,001		-		
Silício-metal (Si)	Si		1,64	0,001 (1)			3,28 (1)		3,28		-		
Tântalo (Ta)	Ta		0,88		1,70 (1)			0,06 (1)	0,06	0,0001 (1)	-		
Titânio (Ti)	Ti		0,06					0,06 (1)	0,06		-		
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	W		-						-		-		
Vanádio (V)	V		0,001					0,001 (1)	0,001		-		

Para a determinação dos coeficientes unitários respeitantes aos diferentes equipamentos elétricos e eletrónicos, foram considerados os dados dos vários documentos listados e assumidos vários pressupostos que se apresentam seguidamente.

▪ TV

Valor da massa de TV CRT foi determinado considerando a média dos valores (24.1 e 26.7) publicados em UNEP (2013) Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the Inter-national Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken (https://www.resourcepanel.org/file/313/download?token=JPyZF5_Q ; Appendix B,Table 37)

(1) - Valor máximo considerado para TV CRT, publicado em UNEP (2013) Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the Inter-national Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken (https://www.resourcepanel.org/file/313/download?token=JPyZF5_Q ; Appendix B,Table 37)

(2) - Valor da média entre as quantidades estimadas para LCD (CCFL), publicados em Oeko Institut (2012) Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 6 e Table 8 (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

(3) - Valor médio de teor de índio em TV, publicado em Oeko Institut (2012) Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 4 (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

(4) - Valor da média calculada, considerando o teor de Pd em TV (CRT) publicado em UNEP (2013) Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the Inter-national Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken

(https://www.resourcepanel.org/file/313/download?token=JPyZF5_Q; Appendix B,Table 37) e o valor de Pd existente em matérias-primas críticas cos televisores LCD, publicado em Oeko Institut (2012) Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 13 (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

▪ Computadores (agregado)

Valores resultantes da média entre os valores para Laptops, Notebooks e Computadores desktop.

▪ Laptops

(1) - Valor considerado tendo em conta o artigo: Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium (2016) Resources, Conservation and Recycling (107), pp. 53-64. (http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.032)

(2) - Considerada apenas a bateria de lítio para este tipo de equipamento de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-

ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884).

(3) - Análises laboratoriais do LNEG (UME - Carlos Nogueira), em que a grafite representa cerca de 12% do peso de uma bateria do tipo portátil. Para a conversão de % em g/bateria foi considerado o peso de uma bateria de lítio para este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884.

(4) - Média calculada tendo em conta as seguintes fontes:

a) 7.616 g/equipment - Van Eygen, E., De Meester, S., Tran, H.P., Dewulf, J. (2016) Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium; Resources, Conservation and Recycling Journal (107), pp. 53-64. (http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.032)

b) 1.521 g/equipment - Dados relativos a baterias apenas para este tipo de equipamento, de acordo, com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884)

(5) - Van Eygen, E., De Meester, S., Tran, H.P., Dewulf, J. (2016) Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium; Resources, Conservation and Recycling Journal (107), pp. 53-64. http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.032

▪ **Notebooks**

(1) - Valor relativo ao teor médio de matérias-primas críticas em notebooks (incluindo monitores LCD), publicado em, Oeko Institut (2012), Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 23. (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

(2) - Valor médio entre as quantidades estimadas para LCD (CCFL), publicados em Oeko Institut (2012) Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 6 e Table 8 (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

(3) - Considerado o valor para bateria de lítio respeitante a Notebooks, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884).

(4) - Análises laboratoriais do LNEG (UME - Carlos Nogueira), em que a grafite representa cerca de 12% do peso de uma bateria do tipo portátil. Para a conversão de % em g/bateria foi considerado o peso de uma bateria de lítio para este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884.

(5) - Valor médio do teor de índio em Notebooks publicado em, Oeko Institut (2012) Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 4 (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

▪ Telemóveis

(1) - Considerado o valor apenas para bateria de lítio respeitante a este tipo de equipamento (3 modelos de telemóveis e um smartphone), de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884).

(2) - Considerado o teor médio em smart mobile phones, publicado em, Oeko Institut (2012), Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 25. (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf (does not include the battery)

(3) - Análises laboratoriais do LNEG (UME - Carlos Nogueira), em que a grafite representa cerca de 12% do peso de uma bateria do tipo portátil. Para a conversão de % em g/bateria foi considerado o peso de uma bateria de lítio para este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884.

▪ Computadores desktop 1 (Não inclui o monitor)

(1) - Szałatkiewicz, J. (2014), Metals content in Printed Circuit Board, short communication Pol. J. Environ. Stud. 23(6):2365–2369. (http://www.pjoes.com/pdf-89421-23299?filename=Metals%20Content%20in%20Printed.pdf)

(2) - Considerado o valor apenas para bateria de lítio respeitante a este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884).

(3) - Análises laboratoriais do LNEG (UME - Carlos Nogueira), em que a grafite representa cerca de 12% do peso de uma bateria do tipo portátil. Para a conversão de % em g/bateria foi considerado o peso de uma bateria de lítio para este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884.

(4) - Considerado o mesmo valor de Computadores Desktop 2

▪ Computadores desktop 2 (Não inclui o monitor)

(1) - UNEP (2013) Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the Inter-national Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.

https://www.resourcepanel.org/file/313/download?token=JPyZF5_Q

(2) - Considerado o valor apenas para bateria de lítio respeitante a este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884).

(3) - Análises laboratoriais do LNEG (UME - Carlos Nogueira), em que a grafite representa cerca de 12% do peso de uma bateria do tipo portátil. Para a conversão de % em g/bateria foi considerado o peso de uma bateria de lítio para este tipo de equipamento, de acordo com Morita, Y., Saito, Y., Yoshioka, T., Shiratori, T. (2021) Estimation of recoverable resources used in lithium-ion batteries from portable electronic devices in Japan, Resources, Conservation and Recycling Journal (175) 105884. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105884.

▪ Computadores desktop

Valores resultantes da média entre os valores para Computadores desktop 1 e Computadores desktop 2.

▪ Placa de circuito impresso

(1) Hubau,A.; Chagnes, A; Minier,M.; Touzé, S; Chapron,S.; Guezennec, AG (2019),Recycling-oriented methodology to sample and characterize the metal composition of waste Printed Circuit Boards, Waste Management, 91, 62-71, ISSN 0956-053X, (https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.041).

Teores de Bi obtidos figura 4 do Deliverable 4.4 do projeto CEWASTE que "refere que em 2025 serão gerados mais de 300 000 t de resíduos de placas, com concentração de bismuto de cerca de 1 t, o que corresponde a aproximadamente 0,003 g/kg de placas". CEWASTE (2021). Deliverable 4.4 - Roadmap for the Long-Term Sustainability of the Scheme. CEWASTE - Voluntary certification scheme for waste treatment Project. April 2021. Disponível em: https://cewaste.eu/

▪ Lâmpadas (agregado)

Valores resultantes da média entre os valores para Lâmpada fluorescente e Lâmpadas LED branca

▪ Lâmpada fluorescente

Todos os dados relativos aos elementos considerados nas lâmpadas fluorescentes, foram baseados na seguinte bibliografia:

a) Koen Binnemans, Peter Tom Jones, Bart Blanpain, Tom Van Gerven, Yongxiang Yang, Allan Walton, Matthias Buchert (2013) Recycling of rare earths: a critical review, Journal of Cleaner Production,

Volume 51, Pages 1-22, ISSN 0959-6526, (https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.037).

b) Binnemans, K., Jones, P.T. Solvometallurgy: An Emerging Branch of Extractive Metallurgy. J. Sustain. Metall. 3, 570–600 (2017). (https://doi.org/10.1007/s40831-017-0128-2)

▪ **Lâmpadas LED branca**

Todos os dados relativos aos elementos considerados nas lâmpadas LED brancas, basearam-se em, Oeko Institut (2012), Recycling critical raw materials from waste electronic equipment - Table 35 (https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf)

2.3.2.5 Renováveis

Tabela 10 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor renováveis

MPC+	Código	Eólica Onshore	Eólica Offshore	PV	Hidroelétrica	Geotérmica
Unidade		t/GW	t/GW	t/GW	t/GW	t/GW
Antimónio (Sb)	Sb					
Barita ($BaSO_4$ mineral)	$BaSO_4$					
Bauxite (Al & Ga)	Al & Ga					
Berílio (Be)	Be					
Bismuto (Bi)	Bi					
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	BO_x					
Borracha Natural	Borr					
Carvão de coque (CCO)	CCO					
Cortiça natural	Cor					
Cobalto (Co)	Co					
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	**LREE**	**59,00**	**242,00**	**-**	**-**	**-**
LREE lantânio (La)	*LREE-La*					
LREE cério (Ce)	*LREE-Ce*					
LREE praseodímio (Pr)	*LREE-Pr*	*20,00*	*54,00*			
LREE neodímio (Nd)	*LREE-Nd*	*39,00*	*188,00*			
LREE promécio (Pm)	*LREE-Pm*					
LREE samário (Sm)	*LREE-Sm*					
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	**HREE**	**9,00**	**31,00**	**-**	**-**	**-**
HREE yttrium (Y)	*HREE-Y*					
HREE europium (Eu)	*HREE-Eu*					
HREE gadolinium (Gd)	*HREE-Gd*					
HREE terbium (Tb)	*HREE-Tb*	*1,00*	*7,00*			
HREE dysprosium (Dy)	*HREE-Dy*	*8,00*	*24,00*			
HREE holmium (Ho)	*HREE-Ho*					
HREE erbium (Er)	*HREE-Er*					
HREE thulium (Tm)	*HREE-Tm*					
HREE ytterbium (Yb)	*HREE-Yb*					
HREE lutetium (Lu)	*HREE-Lu*					
Escândio (Sc)	Sc					

MPC+	Código	Eólica Onshore	Eólica Offshore	PV	Hidroelétrica	Geotérmica
Unidade		t/GW	t/GW	t/GW	t/GW	t/GW
Espatoflúor (CaF_2)	CaF2					
Estrôncio (Sr)	Sr					
Fosfato natural	Fos					
Fósforo (P)	P					
Gálio (Ga)	Ga			1,00		
Germânio (Ge)	Ge					
Grafite Natural (C)	C					
Háfnio (Hf)	Hf					
Índio (In)	In			4,00		
Lítio (Li)	Li					
Magnésio (Mg)	Mg			43,00	1,92	
Metais do Grupo da Platina (MGP)	**MGP**	-	-	-	-	-
MGP ruténio (Ru)	*MGP-Ru*					
MGP ródio (Rh)	*MGP-Rh*					
MGP paládio (Pd)	*MGP-Pd*					
MGP ósmio (Os)	*MGP-Os*					
MGP irídio (Ir)	*MGP-Ir*					
MGP platina (Pt)	*MGP-Pt*					
Nióbio (Nb)	Nb					128,00
Silício-metal (Si)	Si					
Tântalo (Ta)	Ta					64,00
Titânio (Ti)	Ti				0,24	1 634,00
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	W					
Vanádio (V)	V					

Eólica onshore e offshore

Dy: Média entre as seguintes fontes

Blagoeva, D.T., Aves Dias, P., Marmier, A., Pavel, C.C. 2016. Assessment of Potential Bottlenecks along the Materials Supply Chain for the Future Deployment of Low-Carbon Energy and Transport Technologies in the EU. Wind Power, Photovoltaic and Electric Vehicles Technologies, Time Frame: 2015-2030. JRC Science for Policy report. doi:10.2790/08169. pp 196. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/materials_supply_bottleneck.pdf

Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy. J. 2011. Critical Metals in Strategic Energy Technologies-Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. JRC Scientific and Policy Report EUR 65592 EN, Luxembourg

Öhrlund, I. 2012. Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to Renewable Energy Systems Final Report. European Parliament

Science and Technology Options Assessment – STOA Unit. PE 471.604. Available at: http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL-JOIN_ET(2011)471604

Nd: Média entre as seguintes fontes

García-Olivares, A., Ballabrera-Poy, J., García-Ladona, E. & Turiel, A. A global renewable mix with proven technologies and common materials. Energy Policy 41, 561–574 (2012).

Kleijn, R. & van der Voet, E. Resource constraints in a hydrogen economy based on renewable energy sources: An exploration. Renew. Sustain. Energy Rev. 14, 2784–2795 (2010).

Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy. J. 2011. Critical Metals in Strategic Energy Technologies-Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. JRC Scientific and Policy Report EUR 65592 EN, Luxembourg

World Bank Group and EGPS. 2017. The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. Working Paper. Report Number 117581. pp. 112. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. New York.

Wilburn, D. R. Wind energy in the United States and materials required for the land-based wind turbine industry from 2010 through 2030. Scientific Investigations Report (2011). doi:10.3133/sir20115036

Pr: Média entre as seguintes fontes

Blagoeva, D.T., Aves Dias, P., Marmier, A., Pavel, C.C. 2016. Assessment of Potential Bottlenecks along the Materials Supply Chain for the Future Deployment of Low-Carbon Energy and Transport Technologies in the EU. Wind Power, Photovoltaic and Electric Vehicles Technologies, Time Frame: 2015-2030. JRC Science for Policy report. doi:10.2790/08169. pp 196. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/materials_supply_bottleneck.pdf

Öhrlund, I. 2012. Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to Renewable Energy Systems Final Report. European Parliament Science and Technology Options Assessment – STOA Unit. PE 471.604. Available at: http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL-JOIN_ET(2011)471604

Tb: World Bank Group and EGPS. 2017. The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. Working Paper. Report Number 117581. pp. 112. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. New York.

Solar PV

Ga: Média entre as seguintes fontes

Blagoeva, D.T., Aves Dias, P., Marmier, A., Pavel, C.C. 2016. Assessment of Potential Bottlenecks along the Materials Supply Chain for the Future Deployment of Low-Carbon Energy and Transport Technologies in the EU. Wind Power, Photovoltaic and Electric Vehicles Technologies, Time Frame: 2015-2030. JRC Science for Policy report. doi:10.2790/08169. pp 196. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/materials_supply_bottleneck.pdf

Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy. J. 2011. Critical Metals in Strategic Energy Technologies-Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. JRC Scientific and Policy Report EUR 65592 EN, Luxembourg

Öhrlund, I. 2012. Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines Investigating the Potential Risk of Disabling a Shift to Renewable Energy Systems Final Report. European Parliament Science and Technology Options Assessment – STOA Unit. PE 471.604. Available at: http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL-JOIN_ET(2011)471604

Kavlak, G., McNerney, J., Jaffe, R.L., Trancik, J.E. (2015) Metal production requirements for rapid photovoltaics deployment. Energy Environ. Sci., 2015, 8, 1651-1659 DOI: 10.1039/C5EE00585J (Analysis)

World Bank Group and EGPS. 2017. The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. Working Paper. Report Number 117581. pp. 112. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. New York.

Zimmermann, T. (2013). Dynamic material flow analysis of critical metals embodied in thin-film photovoltaic cells. (artec-paper, 194). Bremen: Universität Bremen, Forschungszentrum Nachhaltigkeit (artec). https://nbn-resolving.org/ urn:nbn:de:0168-ssoar-58717-1

In, Mg: Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy. J. 2011. Critical Metals in Strategic Energy Technologies- Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. JRC Scientific and Policy Report EUR 65592 EN, Luxembourg

Hidroelétrica

Mg, Ti: Moss, R. L., E. Tzimas, P. Willis, Arendorf, J., Espinoza. L. 2013. Critical Metals in the Path towards the Decarbonisation of the EU Energy Sector. Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. JRC Scientific and Policy Report EUR 25994 EN, Luxembourg, 2013.

Geotérmica

Nb, Ta, Ti: Moss, R. L., E. Tzimas, P. Willis, Arendorf, J., Espinoza. L. 2013. Critical Metals in the Path towards the Decarbonisation of the EU Energy Sector. Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. JRC Scientific and Policy Report EUR 25994 EN, Luxembourg, 2013.

2.3.2.6 Veículos automóveis

Tabela 11 – Coeficientes unitários de MPC+ para produtos do setor automóvel

MPC+	Código	Elétricos a baterias (plugin)	Híbridos (PHEV)	Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)
Unidade		g/veículo elétrico	g/veículo PHEV	g/veículo CI
Antimónio (Sb)	Sb			
Barita ($BaSO_4$ mineral)	$BaSO_4$			805,11
Bauxite (Al & Ga)	Al & Ga			
Berílio (Be)	Be			0,03
Bismuto (Bi)	Bi			8,83
Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)	BO_x			25,07
Borracha Natural	Borr	7 250,40	7 250,40	7 250,40
Carvão de coque (CCO)	CCO			
Cortiça natural	Cor			
Cobalto (Co)	Co	9 330,00	2 712,00	8,89

MPC+	Código	Elétricos a baterias (plugin)	Híbridos (PHEV)	Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)
Unidade		g/veículo elétrico	g/veículo PHEV	g/veículo CI
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	**LREE**	**907,5**	**614,12**	**23,5085**
LREE lantânio (La)	*LREE-La*	*7,38*	*7,38*	*0,371*
LREE cério (Ce)	*LREE-Ce*	*49,67*	*0,15*	*1,52*
LREE praseodímio (Pr)	*LREE-Pr*	*98*	*51,48*	*0,073*
LREE neodímio (Nd)	*LREE-Nd*	*749,3*	*552,79*	*21,28*
LREE promécio (Pm)	*LREE-Pm*			
LREE samário (Sm)	*LREE-Sm*	*3,15*	*2,32*	*0,27*
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	**HREE**	**46,63**	**28,32**	**0,766**
HREE yttrium (Y)	*HREE-Y*	*0,41*	*0,41*	*0,42*
HREE europium (Eu)	*HREE-Eu*	*0,23*	*0,23*	*0,0001*
HREE gadolinium (Gd)	*HREE-Gd*	*0,17*	*0,17*	*0,0005*
HREE terbium (Tb)	*HREE-Tb*	*26,93*	*13,62*	*0,02*
HREE dysprosium (Dy)	*HREE-Dy*	*18,73*	*13,81*	*0,34*
HREE holmium (Ho)	*HREE-Ho*			
HREE erbium (Er)	*HREE-Er*			
HREE thulium (Tm)	*HREE-Tm*			
HREE ytterbium (Yb)	*HREE-Yb*	*0,16*	*0,08*	*0,0003*
HREE lutetium (Lu)	*HREE-Lu*			
Escândio (Sc)	Sc			
Espatoflúor (CaF_2)	CaF2			
Estrôncio (Sr)	Sr			146,46
Fosfato natural	Fos			
Fósforo (P)	P			
Gálio (Ga)	Ga	1,12	0,81	0,27
Germânio (Ge)	Ge	0,08	0,05	0,003
Grafite Natural (C)	C			
Háfnio (Hf)	Hf			0,005
Índio (In)	In	0,38	0,38	0,213
Lítio (Li)	Li	7 709,00	2 242,00	13,345
Magnésio (Mg)	Mg			8 593,50
Metais do Grupo da Platina (MGP)	**MGP**	**5,51**	**6,46**	**4,01**
MGP ruténio (Ru)	*MGP-Ru*			*0,01*
MGP ródio (Rh)	*MGP-Rh*		*0,01*	*0,11*
MGP paládio (Pd)	*MGP-Pd*	*0,0007*	*0,94*	*1,92*
MGP ósmio (Os)	*MGP-Os*			
MGP irídio (Ir)	*MGP-Ir*			*0,02*
MGP platina (Pt)	*MGP-Pt*	*5,51*	*5,51*	*1,96*

MPC+	Código	Elétricos a baterias (plugin)	Híbridos (PHEV)	Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)
Unidade		g/veículo elétrico	g/veículo PHEV	g/veículo CI
Nióbio (Nb)	Nb	426,3	426,3	149,89
Silício-metal (Si)	Si			
Tântalo (Ta)	Ta	10,83	10,83	5,59
Titânio (Ti)	Ti	19,39		538,91
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	W			6,21
Vanádio (V)	V	852,61	790	89,72

Para a determinação dos coeficientes unitários foram considerados os dados publicados no artigo, Ortego et al (2020). *Assessment of strategic raw materials in the automobile sector*. Resources, Conservation & Recycling 161 (2020) 104968. (https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104970)

Quanto aos dados relativos aos veículos de combustão interna, foi assumida a média dos valores respeitantes aos veículos a diesel e a gasolina, tendo em conta o modelo SEAT Leon.

No que respeita à borracha natural foram considerados os seguintes pressupostos:

- O peso médio de um pneu de veículo ligeiro de passageiros de acordo com VALORPNEU https://www.valorpneu.pt/indicadores/

- 41% do peso do pneu é borracha natural e sintética de acordo com, https://www.continental-tires.com/car/tire-knowledge/tire-basics/tire-mixture

- 19% da massa do pneu é borracha natural de acordo com, https://www.ustires.org/whats-tire-0

- 4.5 pneus por viatura

2.3.3 Abordagem para produtos de cortiça

Para a determinação dos quantitativos dos vários produtos em cortiça estudados, que são importados, produzidos no país e exportados, para o ano de 2019, foram tidas diversas considerações que se detalham nesta seção. A representação dos fluxos encontra-se ilustrada na secção 6.3.7.

2.3.3.1 Produção nacional de cortiça e Importações

A quantidade produzida de cortiça natural em Portugal, em 2019, foi de 60 000t, de acordo com o CTCOR (http://www.filcork.pt/wp-content/uploads/2014/10/PRESSE_RELEASE_2019.pdf?b5f5e8)

Da quantidade produzida, 9 825 t destinaram-se à exportação, sendo essa fração composta por cortiça natural em bruto (NC 45011000) e cortiça natural sem crosta (NC 45020000).

Aos restantes 50 174 t de cortiça natural produzida em Portugal em 2019, acresce ainda a produção (20 382 t) e importação (5 418 t) de falca, cujo cálculo teve por base a informação

fornecida pelo CTCOR, em que foram considerados os dados de 2010 (43 000 t), e extrapolado para a proporção semelhante entre produção de cortiça natural e produção de falca de 2010 para 2019. Foi também importada cortiça natural em bruto (NC 45011000) e cortiça natural sem crosta (NC 45020000), cortiça triturada, granulada ou pulverizada (NC 45019000), obras de cortiça natural (NC 45039000) e outras obras de cortiça aglomerada n.e. (NC 45049080). Todos os dados foram publicados pelo INE e são respeitantes a 2019.

A quantidade de cortiça para **produção nacional**, destinou-se ao fabrico de rolhas, de produtos de construção (Isolamentos e Pavimentos e Revestimentos) e outros produtos como obras de cortiça aglomerada e natural.

Relativamente à Produção de rolhas foram assumidos os seguintes pressupostos:

a) uma rolha tem uma massa de 4,5 g;

b) uma rolha contém cerca de 90% de cortiça.

Para determinar a quantidade de rolhas produzidas assumiu-se ainda que a exportação corresponde a 90% da produção (informação CTCOR). Foram assim consideradas as exportações dos seguintes tipos de produtos:

- Rolhas de cortiça natural, cilíndricas (NC 45031010);
- Rolhas de cortiça natural, incluídos os respetivos esboços com arestas arredondadas (exceto cilíndricas) (NC 45031090);
- Rolhas de cortiça aglomerada, cilíndricas, para vinhos espumantes e vinhos espumosos, incluídos os discos de cortiça natural (NC 45041011);
- Rolhas de cortiça aglomerada, cilíndricas (exceto para vinhos espumantes e vinhos espumosos) (NC 45041019);
- Rolhas de cortiça aglomerada (exceto cilíndricas) (NC 45049020).

Quanto aos Produtos de construção (que incluem pavimentos e revestimentos e produtos de isolamento), assumiu-se que a exportação deste tipo de produtos corresponde igualmente a 90% da produção nacional. Foram consideradas as exportações dos seguintes tipos de produtos:

- Para pavimentos e revestimentos: Ladrilhos de qualquer formato, cubos, blocos, chapas, folhas e tiras, cilindros maciços, incluídos os discos, de cortiça aglomerada, com aglutinantes (exceto rolhas) (NC 45041091);
- Para isolamentos: Ladrilhos de qualquer formato, cubos, blocos, chapas, folhas e tiras, cilindros maciços, incluídos os discos, de cortiça aglomerada, sem aglutinantes (exceto rolhas) (NC 45041099)

Assim, tendo por base os dados de 2019 das Exportações, publicados pelo INE - Comércio Internacional, estimou-se que tenham sido produzidos em Portugal 57 946 t de rolhas e 81 052 t

de produtos para a construção, sendo 67 804 t de pavimentos e revestimentos e 13 248 t de isolamentos.

- Relativamente à produção de Outros produtos e subprodutos, foram consideradas obras de cortiça natural, cuja produção foi de 4 712 t, outras obras de cortiça aglomerada, cuja quantificação não foi possível, por falta de dados, e o pó de cortiça, cuja produção estimada corresponde a 25% da produção de cortiça (informação CTCOR).

2.3.3.2 Exportação de produtos de cortiça

Os valores das exportações dos produtos de cortiça basearam-se nos dados publicados pelo INE, os quais foram:

- Rolhas - 52 152 t (NC 45031010, 45031090, 45041011, 45041019 e 45049020)
- Produtos construção – 72 947 t
  - Cortiça para Isolamentos - 11 923 t (NC 45041099)
  - Cortiça com aglutinante para Pavimentos e Revestimentos - 61 024 t (NC 45041091)
- Outros produtos:
  - Cortiça triturada, granulada ou pulverizada (NC 45019000) – 49 708 t
  - Outras obras de cortiça aglomerada n.e (NC 45049080) – 4 504 t
  - Obras de cortiça natural (NC 45039000) – 2 294 t

2.3.3.3 Rolhas utilizadas em engarrafamento

A quantidade de rolhas disponíveis para engarrafamento foi calculada considerando o valor da produção nacional (57 946 t) e as quantidades importadas e exportadas de cada tipo de rolha referidos anteriormente, obtendo-se 9 370 t de rolhas para engarrafamento. Quanto às rolhas não conformes não existem dados disponíveis.

2.3.3.4 Exportação de rolhas em garrafas de vinho

Para determinar a quantidade exportada de Rolhas em garrafas de vinho, assumiu-se que todos os vinhos das NC 220410 e NC 220421 respeitavam a garrafas de 0,75 l, e que os vinhos das NC 220410 e NC 22042106 a NC 22042110 tinham todos rolha de cortiça de 9 g (https://www.amorimcork.com/pt/media-center/noticias/estudo-confirma-pegada-de-carbono-negativa-das-rolhas-de-cortica-amorim/353/). Assumiu-se ainda que 70% das rolhas dos vinhos da NC 220421 (excluindo as atrás consideradas) continham rolha de cortiça com massa de 4,5 g. (CTCOR, https://www.apcor.pt/produtos/rolhas/).

Foram também consideradas as sidras e peradas da NC 22060031 em garrafas de 0,75 l, com rolha de cortiça com massa de 9 g.

2.3.3.5 Consumo nacional

A determinação dos valores quanto ao Consumo nacional de produtos cortiça, nomeadamente rolhas de cortiça, isolamentos com cortiça e pavimentos e revestimentos em cortiça com aglutinante tiveram em conta os seguintes pressupostos:

- **Rolhas**

a) Foram consideradas as rolhas disponíveis para engarrafamento e a importação e exportação de vinho engarrafado.

b) Foi considerado o consumo de vinho em Portugal, que de acordo com os dados do INE disponíveis (período de 1 de Setembro de 2019 a 31 de Agosto de 2020) foi de $4{,}374 \times 10^6$ hl, . Assumiu-se que todo o vinho seria engarrafado em garrafas de 0,75 l, 70% destas tinham rolhas de cortiça com massa de 4.5 g.

- **Produtos de construção**

Considerados os respetivos valores de produção, aos quais se adicionou as importações (Pavimentos e Revestimentos (NC 45041091) – 597 t; Isolamentos (NC 45041099) – 76 t) e se retirou os valores relativos às respetivas exportações, obtendo-se os seguintes valores de quantidade disponível para consumo: Produtos construção: 8 778 t, Isolamentos: 1 401 t e Revestimentos: 7 377 t

2.3.3.6 Resíduos de cortiça

- **Rolhas:** Assumiu-se que as rolhas contêm 90% de cortiça. Este é um teor de cortiça intermédio, considerando as rolhas de cortiça natural (99.7%) e as rolhas de cortiça aglomerada (85%) (https://www.amorimcork.com/pt/media-center/noticias/estudo-confirma-pegada-de-carbono-negativa-das-rolhas-de-cortica-amorim/353/).

- **Produtos de construção:** ▫ assumiu-se que os produtos de isolamento contêm 100% de cortiça (https://daphabitat.pt/assets/Uploads/dap/pdfs/0d76239fc3/Dap_ICB_PT_06-10-2016.pdf) e que nos Pavimentos e Revestimentos se utiliza a cortiça com aglutinante contém 85% de cortiça.

Note-se que não existem dados disponíveis para resíduos de Pó de cortiça com cola depositado em aterro.

Para o total de produtos de cortiça reciclados em fim de vida, foi considerada a seguinte fonte: https://www.amorim.com/xms/files/v1/Sustentabilidade/Relatorios/2019_Amorim_RC_PT_Sustentabilidade_Website.pdf

Não se conhecem dados publicados por outras entidades (informação CTCOR).

2.3.4 Abordagem para fertilizantes fosfatados

Para a determinação da quantidade de fósforo, apenas se contabilizou o fósforo que é importado com vista à **produção de fertilizantes e o fósforo contido nos fertilizantes importados e exportados** do país (para o ano de 2019). Dada o P ser um elemento natural (renovável) que se encontra inserido num ciclo biogeoquímico, **consideraram-se alguns fluxos "naturais" do ciclo do P**, como por exemplo, P importado para alimentação humana e animal e o contido em resíduos do metabolismo humano e animal.

Tabela 12 – Principais pressupostos considerados para os fertilizantes P

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
Importação de Fósforo mineral	Fósforo importado para a produção nacional de fertilizantes	~54 000 tP/a (2, 16, 17)	Valor estimado correspondente à soma do fosforo incorporado nos fertilizantes exportados (1 700 tP/ano (16, 2) e aplicado nos terrenos (17)	(2) Usado o valor de 20% de P_2O_5 nos adubos com base nas especificações de produto de fosfonitro 220 (4861) e fosfonitro 130 da ADP. (16) INE 2020 Estatísticas agrícolas (17) 52 861 t P/ano 2019 Incorporado no solo segundo REA (Balanço de nutrientes (azoto e fósforo) | Relatório do Estado do Ambiente (apambiente.pt)) com dados INE 2021, descontando o P que vem dos fertilizantes importados de 624 tP/a = 52 237 tP/a
Importação de Fertilizantes	Quantidade de fósforo incluído nos fertilizantes importados para uso direto na produção vegetal em Portugal	624 tP/a (2, 23)	Utilizaram-se os valores de importações de adubos fosfatados: 7 147t/ano (INE 2020 Estatísticas Agrícolas) (23) e assumiu-se um teor de 20% de P_2O_5 nos adubos com base na especificação de produto (Fosfonitro 220 (4861) e Fosfonitro 130) ~ 1 429,4 t P_2O_5/ano (=624 tP/a) (2)	(23) Importações de adubos fosfatados: 7 147t/ano (INE 2020 Estatísticas Agrícolas). (2) Assumindo o valor de 20% de P_2O_5 nos adubos com base na especificação de produto (Fosfonitro 220 (4861) e Fosfonitro 130) ~ 1 429,4 t P_2O_5/ano (=624 tP/a)
Exportações de Fertilizantes	Fósforo incorporado nos fertilizantes que são exportados de Portugal	1 700 tP/a (16, 2)	Valor estimado correspondente aos fertilizantes exportados segundo dados do INE 2020 de Estatísticas agrícolas, assumindo 20% P_2O_5 (2)	(2) Usado o valor de 20% de P_2O_5 nos adubos com base na especificação de produto de fosfonitro 220 (4 861) e fosfonitro 130 da ADP. (16) INE 2020 Estatísticas agrícolas
Fertilizantes para produção vegetal	Fósforo incorporado nos fertilizantes que usados para produção vegetal em Portugal	52 237 tP/a (17)	Valor estimado de fertilizantes produzidos em Portugal que são aplicados no solo segundo o Relatório de Estado do Ambiente em 2019 (17)	(17) 52 861 tP/ano 2019 Incorporado no solo segundo REA (Balanço de nutrientes (azoto e fósforo) | Relatório do Estado do Ambiente (apambiente.pt)) com dados INE 2021, descontando o P que vem dos fertilizantes importados de 624 tP/a = 52 237 tP/a
Perdas no ambiente	Perdas de fósforo no ambiente por lixiviação e erosão	23 052 tP/a (18)	Valor estimado de fertilizantes excedente em Portugal segundo o Relatório de Estado do Ambiente em 2019 (18)	(18) Excedente de P. 23 052 tP/ano REA (Balanço de nutrientes (azoto e fósforo) | Relatório do Estado do Ambiente (apambiente.pt)

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
Exportação de cereais e plantas industriais	Quantidade de fósforo incluído cereais, produtos de moagem e sement. e frut. oleaginosos, plant. industriais exportados	1761 tP/a (31)	Valor estimado de fósforo incorporado cereais (capítulo 11 do INE), produtos de moagem e sement. (capítulo 12 do INE) e frut. oleaginosos, plant. industriais (capítulo 13 do INE) exportados de Portugal (31) considerando que os teores em fósforo e de matéria seca são os referidos nas tabelas de Perez et al., 2004. Quando não existia a referência ao produto considerado na estatística INE nas tabelas de Perez et al., 2004 usaram-se os de produtos semelhantes	(31) Usado o valor 1761 t P/ano cf dados INE de Estatísticas agrícolas Edição 2021 - ISSN 0079-4139 - referidas ao ano 2019 quanto a toneladas de produtos exportados e valores de teores em fósforo e de matéria seca das tabelas de Perez et al., 2004. (Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7)
IMP alimentos (grão e cereais)	Quantidade de fósforo importado em grãos e cereais destinados a alimentação humana e a alimentação animal	22451 tP/a (3, 5)	Valores estimados de fósforo importado em grãos e cereais para alimentação humana (15570 tP/a (5)) e para alimentação animal (6881 tP/a (3))	(3) Usado o valor 6881t P/a relativo soma de quantidade de rações vegetais p animais 5234 t P/a (Cruz 2019) (3) com quantidade de rações animais p animais 1647 t P/a (Cruz 2019) (3) cf tese ISA CRUZ, 2019 referente a 2017 (dados INE 2018 e Perez et al., 2004). Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7 (5) Usado o valor 15.569,4 t P/ano cf tese ISA Costa, 2019 referente a 2017 (dados INE 2018 e Perez et al., 2004). Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7
Alimentação animal	Quantidade de fósforo importado em grãos e cereais destinados a alimentação animal	6881 tP/a (3)	Soma dos valores estimados de fósforo importado em grãos e cereais para alimentação animal (6881 tP/a (3))	(3) Usado o valor 6881t P/ano relativo soma de quantidade de rações vegetais p animais 5234 t P/a (Cruz 2019) (3) com quantidade de rações animais p animais 1647 t P/a cf tese ISA CRUZ, 2019 referente a 2017 (dados INE 2018 e Perez et al., 2004). Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
Alimentação humana	Quantidade de fósforo importado em grãos e cereais destinados a alimentação humana	15570 tP/a (5)	Soma dos valores estimados de fósforo importado em grãos e cereais para alimentação humana (15570 tP/a (5))	(5) Usado o valor 15.569,4 t P/ano cf tese ISA Costa, 2019 referente a 2017 (dados INE 2018 e Perez et al., 2004). Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7
IMP Suplementos de P	Quantidade de fósforo importado em suplementos alimentares destinados a alimentação animal	12240 tP/a (14)	Estimativa da quantidade de fósforo incorporado nos produtos substitutos de cereais importados (14)	(14) Prod. Substitutos cereais (2019) – 102 000t (Sector - Consumo | IACA). Considerando 120gP/kg (Feed profile | Tables of composition and nutritional values of feed materials INRA CIRAD AFZ (feedtables.com)) corresponde a 12240tP/a
Fabricação alimentos para animais	Quantidade de fósforo incluído em alimentação para animais produzida em Portugal	17793 tP/a (13, 24)	Estimativa de quantidade de fósforo incluído em alimentação para animais produzida em Portugal, considerando serem produzidos 4236 333t/a (24) com um valor médio de 4,2 gP/kg alimento (13)	(24) Fabricação de alimentos para animais (2019) – 4236 333t/ano produto produzido (INE 2020). Suplemento alimentar??? CaAlFe phosphate 120g/kg – (Feed profile | Tables of composition and nutritional values of feed materials INRA CIRAD AFZ (feedtables.com)) (13) Concentração em P: milho 2,9g/kg (Maize | Tables of composition and nutritional values of feed materials INRA CIRAD AFZ (feedtables.com)), soja -5,7 g/kg (Soybean, whole, toasted, flaked and expanded | Tables of composition and nutritional values of feed materials INRA CIRAD AFZ (feedtables.com)), trigo 3,9g/kg (Wheat, durum | Tables of composition and nutritional values of feed materials INRA CIRAD AFZ (feedtables.com). Média em alimentos: 4,2 gP/kg
Estrumes e chorumes para compostagem	Quantidade de fósforo incluído estrumes e chorumes animais gerados em Portugal e que são encaminhados para compostagem	46,2 tP/a (25, 15)	Considerou-se que cerca de 46,2 tP/a do total dos estrumes e chorumes gerados em Portugal eram encaminhados para compostagem e aplicação no solo (15, 25)	(15) Resultados referentes a efluentes de suinicultura, em mg/L de P, obtidos no projeto Converte POSEUR (25) Valores fornecidos pela APA: 56571 t lamas LER 020106 (Fezes, urina e estrume de animais (incluindo palha suja), efluentes recolhidos separadamente e tratados noutro local) em 2019 vão para compostagem (=56571*847 mgP/L Estimativa usada de valores reais determinados no projeto Converte POSEUR (15) =46,2 tP/a); atendendo a que uma grande parte dos operadores da pecuária ainda não sabe que os estrumes são resíduo, o valor compilado no MIRR (56571 t) não refletirá a realidade da produção dos resíduos

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
				de estrume/chorume (LER 020106) que será bastante superior
Outros estrumes e chorumes	Quantidade de fósforo incluído estrumes e chorumes animais gerados em Portugal e que não são encaminhados para compostagem	3200363 tP/a (25, 20, 15)	Considerou-se que cerca de 3241330 tP/a do total dos estrumes e chorumes gerados em Portugal (20) não eram encaminhados para compostagem e aplicação no solo (15, 25)	(20) Estrumes e Chorumes totais gerados em Portugal: 3200409tP/a, considerando o número de efetivos de bovinos, suínos, ovinos, caprinos e aves Portugal em 2019 (INE Estatísticas agrícolas 2020 - edição 2021) e equídeos (INE, 2021), e a quantidade média estrumes e chorumes (kgP_2O_5/ano.animal) considerada nos coeficientes unitários referidos no Anexo XII da Portaria 259/2012 de 28 de agosto. A este valor subtraiu-se a quantidade de 46tP/a destinada a compostagem (15, 25) (15) Resultados referentes a efluentes de suinicultura, em mg/L de P, obtidos no projeto Converte POSEUR (25) Valores fornecidos pela APA: 56571 t lamas LER 020106 (Fezes, urina e estrume de animais (incluindo palha suja), efluentes recolhidos separadamente e tratados noutro local) em 2019 vão para compostagem (=56571*847mgP/L Estimativa usada de valores reais determinados no projeto Converte POSEUR (15) =46,2 tP/a)
Águas residuais domésticas	Quantidade de fósforo incluído nas águas residuais domésticas geradas em Portugal e que são encaminhados para ETAR	26000 tP/a (19, 21, 22)	Considerou-se ser a soma dos quantitativos de fósforo veiculados na descarga líquida no ambiente, Lamas de ETAR não colocadas no solo e Lamas para solo	(19) Informação APA relativa a quantidade de lamas com LER 190805 que foram sujeitas a operação R3 (Reciclagem/ recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solvente (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas)) e D1 (aterro): 522986 t/ano referente a 2019. Considerando 3,5% P nas lamas desidratadas resulta em ~18300 tP/ano Lamas de ETAR não colocadas no solo (21) 1,8milhões de m^3/dia de águas residuais segundo dados ERSAR 2019 (22) Informação APA relativa a quantidade de lamas com LER 190805 que foram sujeitas a operação R10 (tratamento no solo): 32232t. Considerando 3,5% P nas lamas desidratadas resulta em ~1130 tP/a

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
Descarga líquida no ambiente	Quantidade de fósforo incluído nas águas residuais domésticas geradas em Portugal que são descarregadas no ambiente após ETAR	6570 tP/a (21)	Estimou-se haver 6570 tP/ano nas águas residuais domésticas tratadas, considerando 1,8milhões de m^3/dia de águas residuais (21) com uma concentração média de fósforo de 10mg P/l (limite de descarga de 10mg/l P segundo o ANEXO XVIII do Decreto-Lei nº 236/98)	(21) 1,8milhões de m^3/dia de águas residuais segundo dados ERSAR 2019
Lamas de ETAR não colocadas no solo	Quantidade de fósforo incluído nas lamas de tratamento das águas residuais geradas em Portugal que não são colocadas no solo	~18300 tP/a (19)	Lamas de ETAR não colocadas no solo: 522085 t/a (19). Considerou-se 3,5% P nas lamas desidratadas	(19) Informação APA relativa a quantidade de lamas com LER 190805 que foram sujeitas a operação R3 (Reciclagem/ recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solvente (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas)) e D1 (aterro): 522986 t/ano referente a 2019. Considerando 3,5% P nas lamas desidratadas resulta em ~18300 tP/a Lamas de ETAR não colocadas no solo
Lamas para solo	Quantidade de fósforo incluído nas lamas de tratamento das águas residuais geradas em Portugal que são colocadas no solo	~1130 tP/a (22)	Lamas de ETAR colocadas no solo segundo informação APA e considerando 3,5% P nas lamas desidratadas	(22) Informação APA relativa a quantidade de lamas com LER 190805 que foram sujeitas a operação R10 (tratamento no solo): 32232t. Considerando 3,5% P nas lamas desidratadas resulta em ~1130 tP/a
Resíduos Ind. alimentar	Quantidade de fósforo incluído nos resíduos da indústria alimentar gerados em Portugal, provenientes do processamento de alimentos para consumo humano	4,32 tP/a (26, 27)	Consideraram-se os resíduos totais gerados pela indústria alimentar (26) e que o quantitativo em fósforo seria de 22,2mg P/l ((27) concentração média em efluentes de processamento de azeite e laticínios segundo avaliação efetuada no projeto Converte - POSEUR)	(26) Dados APA relativos aos quantitativos totais de LER 200108, 200201, 20202, 20203, 20204, 20301, 20304, 20305, 20403, 20501, 20502, 20601, 20603, 20704, 20705 referentes a 2019 (27) Resultado médio referente a efluentes de processamento de azeite e lacticínios, em mg/L de P, obtidos no projeto Converte POSEUR
Fração biodegradável cozinhas e cantinas	Quantidade de fósforo incluído na fração biodegradável dos resíduos de cozinhas e cantinas gerados em Portugal, provenientes do processamento de alimentos para consumo humano	43,3 tP/a (27, 28	Considerou-se que em 2019 foram gerados 5282kt de RSU sendo 36,9% bioresíduos (28) e assumiu-se que teriam 22,2mg P/l (concentração média em efluentes de processamento de azeite e laticínios segundo avaliação efetuada no projeto Converte - POSEUR) (27)	(27) Resultado médio referente a efluentes de processamento de azeite e lacticínios, em mg/L de P, obtidos no projeto Converte POSEUR (28) Em 2019 foram produzidos 5281kt de RSU; 36,9% dos RSU são bioresíduos Dados sobre resíduos urbanos | Agência Portuguesa do Ambiente (apambiente.pt)

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
Culturas para alimentação humana	Quantidade de fósforo incluído nas culturas alimentares nacionais usadas para processamento de alimentos para consumo humano em Portugal	35932 tP/a (29)	Utilizaram-se os valores de Cruz, 2019 relativos a cereais, oleaginosas, leguminosas, vegetais, frutas, como fluxo da Produção de Culturas para o Processamento de Alimentos para consumo humano (29), a qual supôs "A produção e o consumo de sementes são assumidos como um ciclo interno dentro da produção agrícola; a fração alimentar das culturas primárias faz parte do fluxo das culturas alimentares da produção agrícola para a produção animal"	(29) Usado o valor 35932 tP/ano cf tese ISA Cruz, 2019 referindo dados INE 2018 e Perez et al., 2004 (Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7)
Culturas para alimentação animal	Quantidade de fósforo incluído nas culturas alimentares nacionais usadas para processamento de alimentos para consumo animal em Portugal	7800 tP/a (7)	Utilizaram-se os valores de Cruz, 2019 relativos a cereais, oleaginosas, leguminosas, como fluxo da Produção de Culturas para a Produção Animal - culturas alimentares (7), a qual supôs "Utilização interna de culturas destinadas à alimentação animal, assumindo que o processamento necessário ocorre no processo de processamento de alimentos destinados à produção animal. "	(7) Usado o valor 7800 t P/ano cf tese ISA Cruz, 2019 referente a 2017 (dados INE 2018 e Perez et al., 2004). Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7
Forragens	Quantidade de fósforo incluído nas forragens usadas para consumo animal em Portugal	11866 tP/a (30)	Utilizaram-se os valores 11866 tP/a assumidos por Cruz, 2019 relativos a milho forrageiro e aveia forrageira, como fluxo da Produção de Culturas para a Produção Animal - forragens (30)	(30) Usado o valor 11866 t P/ano cf tese ISA Cruz, 2019 referente a 2017 (dados INE 2018 e Perez et al., 2004). Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7
IMP Sementes	Quantidade de fósforo incluído nas sementes importadas usadas para produção vegetal em Portugal	322,2 tP/a (4)	Utilizaram-se os valores 322,2 tP/a assumidos por Cruz, 2019 relativos a importação de sementes de culturas e vegetais, como fluxo de importações para a Produção de Culturas (4), na qual supôs "A concentração de fósforo assumida, nas sementes, teve em conta as seguintes equivalências: field crops ≈ wheat, vegetable crops ≈ beans and flowers ≈ rapeseed" e usou ISF, 2016a e ISF, 2016b para a	(4) Usado o valor de 322,2t P/ano (referente a 2016) Contas para o fluxo usado (ISF, 2016a); (ISF, 2016b) e para a concentração de P (White & Veneklaas, 2012); ISF. (2016a). ISF (International Seed Federation), Exports of seed for sowing by country – Calendar year 2016 Country Vegetable Crops Flowers Field Crops Total Vegetable Crops Flowers Field Crops Total Argentina, 1–3. Retrieved from http://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2018/03/Exports_2016_Final.pdf e ISF. (2016b). ISF (International Seed Federation), Imports of seed

Designação	Corrente	Quantidade	Base de estimativa	Referências
			cálculo do fluxo e White & Veneklaas, 2012 para a estimativa da concentração de fósforo	for sowing by country – Calendar year 2016 Imports of seed for sowing by country. Retrieved from http://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2018/03/Imports_2016_Final.pdf. White, P. J., & Veneklaas, E. J. (2012). Nature and nurture: The importance of seed phosphorus content. Plant and Soil, 357(1), 1–8. http://doi.org/10.1007/s11104-012-1128-4
IMP Fertilizantes	Quantidade de fósforo incluído nos fertilizantes importados para uso direto na produção vegetal em Portugal	624 tP/a (2, 23)	Utilizaram-se os valores de importações de adubos fosfatados: 7147t/ano (INE 2020 Estatísticas agrícolas) (23) e assumiu-se um teor de 20% de P_2O_5 nos adubos com base nas especificações de produto (Fosfonitro 220 (4861) e Fosfonitro 130) ~ 1429,4 t P_2O_5/ano (=624 tP/a) (2)	(23) Importações de adubos fosfatados: 7147 t/ano (INE 2020 Estatísticas agrícolas). (2) Assumindo o valor de 20% de P_2O_5 nos adubos com base nas especificações de produto (Fosfonitro 220 (4861) e Fosfonitro 130) ~ 1429,4 tP_2O_5/ano (=624 tP/a)
Fabricação de sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene (CAE 204)	Quantidade de fósforo importado para o CAE 204 não incluído na aproximação efetuada nesta fase do projeto EMAPRICE	81569 tP/a (8)	Utilizou-se o valor de 81 569 tP/a assumidos por Cruz, 2019 relativo ao fluxo da produção não alimentar para o consumo humano - detergente de uso doméstico (Foram tidos em conta detergentes para utilização na lavagem da roupa e da loiça, sendo estes considerados semelhantes), referenciando Wind 2007 para cálculo do fluxo (8)	(8) Usado o valor 81 569 t P/ano cf tese ISA Cruz, 2019 referente a dados de 2016 e referenciando Wind 2007 (Wind, T. (2007). The role of detergents in the phosphate-balance of European surface waters. European Water Management Online, 1–19. Retrieved from http://www.ewa online.eu/tl_files/_media/content/documents_pdf/Publications/E WAter/documents/25_2007_03.pdf + INE https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008856&contexto=bd&selTab=tab2)

(2) Especificação de produto de fosfonitro ADP – Adubos de Portugal.

(16) INE 2020 Estatísticas Agrícolas

(17) Relatório do Estado do Ambiente (apambiente.pt) e INE 2021

(23) INE 2020 Estatísticas Agrícolas

Tabela 13 – Conteúdo de P (tP/a) considerados em cereais

Cereais	Importações		Exportações	
	toneladas	Conteúdo em P (tP/a)	toneladas	Conteúdo em P (tP/a)
Trigo	1 351 200	3 888,21	25 963	74,71
Centeio	23 434	61,37	0	0,00
Cevada	345 738	1 019,17	25 487	75,13
Aveia	9 174	25,86	7 799	21,99
Milho	2 133 585	4 792,89	137 309	308,45
Arroz	183 792	321,27	87 320	152,64
Arroz paddy	30 142	52,69	3 012	5,26
Arroz descascado	123 001	225,76	1 091	2,00
Arroz branqueado ou semi branqueado	26 241	48,16	58 847	108,01
Trincas de arroz	4 408	8,09	24 370	44,73
Sorgo	5 486	13,29	54	0,13
Outros cereais	10 952	(1) 32,62	710	2,11
Alpista	3 529	(2) 10,78	53	0,16

Foram tidos em conta os seguintes pressupostos na estimativa:

- A quantidade expressa em toneladas é referente às estatísticas agrícolas relativas ao ano de 2019;
- - Para o cálculo do conteúdo de P (tP/a), foi considerada a informação de Perez J-M; Tran G; Sauvant D. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA, Edit). (http://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7):
    - Para o cálculo do teor de P (tP/a) em "Outros cereais" foram considerados os valores do "Trigo duro";
    - Para o cálculo do teor de P (tP/a) em "Alpista", foram considerados os valores do "Triticale".

Tabela 14 – Conteúdo de P em Produtos de moagem, malte, etc.

Produtos de moagem, malte, etc.	Importações		Exportações	
	toneladas	Conteúdo em P (tP/a)	toneladas	Conteúdo em P (tP/a)
Farinha de trigo	89 632	284,60	88 613	281,36
Farinha de trigo duro	62 792	199,38	6 716	21,32
Farinha de centeio	1 667	(1) 5,29	5	0,02
Farinha de milho	4 641	18,64	6 364	25,56
Outras farinhas (cevada, aveia)	15 758	(1) 50,03	13 604	43,20
Farinha de arroz	172	0,55	11 699	37,15
Sêmolas de cereais	33 356	(2) 280,20	9 674	81,26
Grãos de cereais (descascados, pelados, etc.)	16 835	(1) 53,45	5 154	16,36
Farinha e flocos de batata	4 270	8,01	268	0,50
Malte	14 989	79,89	19 654	104,76
Amidos e féculas	57 766	380,82	25 786	169,99

<u>Pressupostos considerados para os cálculos de teor P (Importações)</u>:

(1) Para o cálculo do teor de P (tP/a) em "Farinha de centeio", "Outras farinhas (cevada, aveia)" e "Grãos de cereais (descascados, pelados, etc.)", foi considerado o valor do trigo;

(2) Para o cálculo do teor de P (tP/a) em "Sêmolas de cereais" foi considerado o valor de farelo de trigo.

Tabela 15 – Conteúdo de P em Sementes e frutos oleaginosos; plantas industriais

Sementes e frutos oleaginosos; plantas industriais	Importações		Exportações	
	toneladas	Conteúdo em P (tP/a)	toneladas	Conteúdo em P (tP/a)
Soja	1137681	6 193,08	6791	36,97
Amendoim não torrado	6425	34,98	2645	14,40
Sementes de linho	2608	(1) 14,20	18	0,10
Sementes de girassol	258659	2 317,25	13201	118,26
Sementes de algodão	614	(1) 3,34	0	0,00
Sementes de beterraba sacarina	0	0,00	0	0,00
Beterraba sacarina	9	0,01	0	0,00
Alfarroba (incluindo sementes)	412	0,31	16780	12,76

Pressupostos considerados para os cálculos de teor P (Importações):

(1) Para o cálculo do teor de P (tP/a) em "Sementes de linho" e "Sementes de algodão" foi considerado o valor da soja.

2.3.5 Estimativa das quantidades dos produtos representativos considerados

No âmbito deste projeto não foi possível, sobretudo por condicionantes de tempo, contemplar uma recolha de informação personalizada junto de todos os diferentes atores das cadeias de valor dos produtos selecionados. Nesta medida, recorreu-se sobretudo às fontes estatísticas disponibilizadas pelo INE, complementadas por dados providenciados por *stakeholders* envolvidos no projeto, designadamente alguns centros tecnológicos e empresas.

As estatísticas de base consideradas são as do Comércio Internacional de Bens e as do Inquérito Anual à Produção Industrial do INE. Por solicitação da equipa do projeto, o INE disponibilizou os dados dos bens transacionados por via do Comércio Internacional para os grupos de produtos em análise, para os anos 2018 e 2019, de acordo com os critérios de seleção de bens listados na Tabela seguinte.

Tabela 16 – Critérios de seleção de bens do Comércio Internacional a contabilizar

GRUPO	CRITÉRIO DE SELEÇÃO DO APURAMENTO
Cerâmica	Bens pertencentes ao capítulo 69 Produtos cerâmicos da NC – Nomenclatura Combinada[11]
Cortiça	Bens pertencentes ao capítulo 45 Cortiça e suas obras da NC e ao capítulo 22 Bebidas, líquidos alcoólicos e vinagres
Equipamentos elétricos e eletrónicos	Bens classificados nos códigos 27 Equipamento elétrico e 26 Produtos informáticos, eletrónicos e óticos da CPA[12]
Químicos e fertilizantes	Bens pertencentes ao grupo de produtos 4 – Químicos
Setor automóvel	Bens pertencentes ao grupo de produtos 15 - Veículos e Outro Material de Transporte
Têxteis	Bens pertencentes ao grupo de produtos 09 - Matérias Têxteis

Cada linha de informação da tabela fornecida (em formato xls) continha os seguintes elementos:

- ANO (2018, 2019)
- FLUXO (Entrada, Saída)
- Código CAE REV.3 (2 dígitos)
- Designação CAE REV.3 (2 dígitos)
- Código CAE REV.3 (5 dígitos)
- Designação CAE REV.3 (5 dígitos)
- Código CPA (2 dígitos)
- Designação CPA (2 dígitos)
- Código CPA (6 dígitos)
- Designação CPA (6 dígitos)
- Código de Grupo
- Designação de Grupo
- Código NC (2 dígitos)
- Designação NC (2 dígitos)
- Código NC (8 dígitos)
- Designação NC (8 dígitos)
- Unidade Suplementar (US)
- Quantidade em Unidade Suplementar
- Massa - kg

[11] NC – Nomenclatura Combinada: nomenclatura das mercadorias da Comunidade Europeia que satisfaz as exigências das estatísticas do comércio internacional (intra e extracomunitário) e da pauta aduaneira comum, nos termos do artigo 9º do Tratado que institui a Comunidade Económica Europeia

[12] Classificação Europeia de Produtos por Atividade Económica

- Valor -euros
- Agrupamento

Por permitir uma identificação mais clara dos produtos transacionados, os dados foram computados tendo por referência o Código NC a 8 dígitos. Dada a multiplicidade de bens a NC em cada grupo de produtos, foi realizada uma seleção de bens a NC para os quais foi possível recolher informação sobre coeficientes unitários.

A partir da tabela fornecida foram produzidas 12 tabelas de Entradas e Saídas de Bens (1 tabela de Entrada e 1 tabela de Saída por cada grupo de bens), agregando a informação por Código NC a 8 dígitos. Na medida em que cada bem categorizado com o código NC a 8 dígitos pode ser transacionado por diversos CAE a 5 dígitos, para cada NC a 8 dígitos podem existir centenas de entradas e saídas. Foi então necessário realizar os somatórios para cada NC a 8 dígitos, para produzir tabelas de NC agregados. A tabela seguinte apresenta um exemplo do resultado da agregação da informação.

Tabela 17 – Informação agregada das importações por NC a 8 dígitos para o grupo de produtos da cerâmica selecionados, 2019

Cód NC8	DESIG. NC8	US	QT. UNIDADE SUPLEMENTAR	MASSA - kg	VALOR-EUROS
69072100	Ladrilhos e placas (lajes), para pavimentação ou revestimento, de cerâmica, com um coeficiente de absorção de água, em peso = < 0.5 % (exceto produtos refratários, cubos e pastilhas, para mosaicos e peças de acabamento)	m^2	5073577	95301719	50695422
69072200	Ladrilhos e placas (lajes), para pavimentação ou revestimento, de cerâmica, com um coeficiente de absorção de água, em peso > 0.5 % mas = < 10% (exceto produtos refratários, cubos e pastilhas, para mosaicos e peças de acabamento)	M2	908992	16534831	7189346
69072300	Ladrilhos e placas (lajes), para pavimentação ou revestimento, de cerâmica, com um coeficiente de absorção de água, em peso > 10 % (exceto produtos refratários, cubos e pastilhas, para mosaicos e peças de acabamento)	M2	1470705	24257218	10914873
69073000	Cubos, pastilhas e artigos semelhantes, para mosaicos, de cerâmica (exceto produtos refratários e peças de acabamento)	M2	4551	71843	172703
69074000	Peças de acabamento, de cerâmica (exceto produtos cerâmicos refratários)	M2	688628	22767165	8750158
69051000	Telhas	Produto standard (P/ST)	2365636	5800164	971875
69060000	Tubos, algerozes ou calhas e acessórios para canalizações, de cerâmica (exceto de farinhas siliciosas fósseis ou de terras siliciosas semelhantes, produtos de cerâmica refratários,		0	263730	745325

Cód NC8	DESIG. NC8	US	QT. UNIDADE SUPLEMENTAR	MASSA - kg	VALOR-EUROS
	condutores de fumo, tubos especialmente destinados a laboratórios				
69101000	Pias, lavatórios, colunas para lavatórios, banheiras, bidés, sanitários, autoclismos, mictórios e aparelhos fixos semelhantes para usos sanitários, de porcelana (exceto saboneteiras, esponjeiras, porta-escovas de dentes, toalheiros e porta-rolos de		0	10371134	18585019

Na sequência da agregação da informação ao nível do Comércio Internacional de bens, foi processada a informação ao nível da Produção Nacional. Como referido, para o efeito recorreu-se aos dados do Inquérito Anual à Produção Nacional (IAPI) para 2019, fornecidos pelo INE. Os dados do IAPI estão organizados na nomenclatura PRODCOM[13].

Para assegurar o tratamento dos dados referentes aos mesmos produtos selecionados e identificados no Comércio Internacional recorreu-se à tabela de correspondência entre a NC e o PRODCOM na sua versão de 2019. O código PRODCOM tem menos categorias do que a NC pelo que a um código PRODCOM podem corresponder diversos produtos em NC.

Desta forma foi possível organizar a informação para a mesma tipologia de produtos incluindo Importações, Exportações e Produção Nacional. No entanto, não foi possível traçar o fluxo para todos os produtos na medida em que o IAPI é sujeito, em diversas das categorias de produtos, a segredo estatístico, casos esses em que não foi possível obter quantitativos (ex. veículos automóveis). Em alguns casos, contudo, foi possível recorrer a informação recolhida junto de especialistas nacionais da indústria ou junto de associações industriais. No caso dos produtos cerâmicos os quantitativos relativos à produção Nacional foram fornecidos pela APICER.

2.3.6 Cálculo das quantidades de MPC+ contidas nos produtos

A inexistência de coeficientes para o nível de desagregação da NC e dos PRODCOM determinou que os dados destas categorias de nomenclatura tivessem de ser agregados de acordo com as categorias de produto da tabela seguinte. A título de exemplo, as referências foram agrupadas nas categorias de produto apresentadas na Tabela 18 seguinte.

[13] Refere-se à produção de produtos manufaturados efetuada por empresas no território nacional dos países declarantes. O termo vem do francês «PRODuction COMmunautaire» (produção comunitária). A Prodcom abrange as indústrias extrativas, a indústria transformadora e a recuperação de materiais, secções B, C e E da Classificação Estatística das Atividades Económicas na União Europeia (NACE 2). O código PRODCOM de 8 dígitos toma os seus primeiros 4 dígitos da NACE (CAE) e os dígitos 5 e 6 da CPA.

Tabela 18 – Exemplo de agregação de informação do INE em categorias de produtos representativos para o setor cerâmico

Cód NC8	DESIG. NC8	Categoria de produto
69072100	Ladrilhos e placas (lajes), para pavimentação ou revestimento, de cerâmica, com um coeficiente de absorção de água, em peso = < 0.5 % (exceto produtos refratários, cubos e pastilhas, para mosaicos e peças de acabamento)	Ladrilhos
69072200	Ladrilhos e placas (lajes), para pavimentação ou revestimento, de cerâmica, com um coeficiente de absorção de água, em peso > 0.5 % mas = < 10% (exceto produtos refratários, cubos e pastilhas, para mosaicos e peças de acabamento)	
69072300	Ladrilhos e placas (lajes), para pavimentação ou revestimento, de cerâmica, com um coeficiente de absorção de água, em peso > 10 % (exceto produtos refratários, cubos e pastilhas, para mosaicos e peças de acabamento)	
69073000	Cubos, pastilhas e artigos semelhantes, para mosaicos, de cerâmica (exceto produtos refratários e peças de acabamento)	
69074000	Peças de acabamento, de cerâmica (exceto produtos cerâmicos refratários)	
69051000	Telhas	Telhas
69101000	Pias, lavatórios, colunas para lavatórios, banheiras, bidés, sanitários, autoclismos, mictórios e aparelhos fixos semelhantes para usos sanitários, de porcelana (exceto saboneteiras, esponjeiras, porta-escovas de dentes, toalheiros e porta-rolos de	Loiça Sanitária

O mesmo tipo de agregação foi realizado para as referências PRODCOM da produção nacional. Ao resultado da agregação (somatório) de cada categoria foram aplicados os coeficientes unitários de cada MPC para os quais foi possível obter informação. Em resultado obteve-se a quantidade de MPC em cada tipo de produto produzido em Portugal, Importado e Exportado. Por exemplo, foram importadas 28 toneladas de Antimónio em Ladrilhos, foram usadas 218 toneladas de Antimónio em Ladrilhos produzidos em Portugal e foram exportadas 98 toneladas de Antimónio em Ladrilhos transacionados por Portugal para outros países.

2.3.7 Sistematização dos produtos importados, exportados e fabricados em 2019 e estimativa dos stocks de produtos contendo MPC+

A estimativa dos stocks de produtos apenas foi possível para alguns dos produtos considerados. Nesta seção apresentam-se os valores de produtos considerados para os vários fluxos (importações, exportações e fabricação nacional em 2019 e stock).

2.3.7.1 Têxtil

Tabela 19 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – têxtil

Fluxo		Têxtil (simplificação)
A) Stock	***Unidade***	kg
	Valor	273 303 500
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	kg
	Valor	13 398 635
C) Fabricação nacional	***Unidade***	kg
	Valor	29 193 583
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	kg
	Valor	26 945 652

Fonte de dados para estimativa de stock:

1) **Setor residencial**: de acordo com EEA (2019)[14] os europeus consomem em média 26 kg têxteis por pessoa por ano. Para esta estimativa assume-se que o stock de têxteis em Portugal pode ser calculado simplesmente multiplicando 26 kg pela população residente em Portugal[15] em 2018.
2) **Setor do turismo**: Assumiu-se 14 kg têxteis/cama de hotel de acordo com Watson et al. (2019)[16] para um nº de camas em estabelecimentos hoteleiros em Portugal em 2018 de 423 152[17].

O valor de stock assumido deve estar subestimado, dado não considerar outros usos têxteis como por exemplo a restauração, entre outras limitações. Note-se que nesta fase não foi possível desagregar o vestuário e têxtil técnico.

[14] https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy

[15] No caso do setor têxtil, por falta de dados, o stock é considerado igual ao consumo anual. Por esse motivo apresenta uma lógica distinta do que seria o stock tal como foi calculado para os outros setores, ie, correspondendo aos produtos armazenados e em circulação na economia.

[16] Watson, D., Trzepacz, S. (2019). Increasing the Circularity of Hotel Textiles. PlanMiljø ApS For the City of Copenhagen under the EU Urban Waste Programme. 35 pp. http://www.decisive2020.eu/wp-content/uploads/2019/06/Circularity-in-hotel-textiles_report_FINAL.pdf

[17] https://www.pordata.pt/Portugal/Capacidade+dos+alojamentos+turisticos+total+e+por+tipo+de+estabelecimento-2563

2.3.7.2 Cerâmica

Tabela 20 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – cerâmica

Fluxo		Ladrilhos	Louça sanitária	Telhas vidradas[18]
A) Stock	***Unidade***	m^2	nº	kg
	Valor	498 584 547	9 993 412	Não disponível
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	m^2	nº	kg
	Valor	8 146 453	10 371 134	23 656
C) Fabricação nacional	***Unidade***	m^2	nº	kg
	Valor	45 100 000	116 715 000	1 015 133
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	m^2	nº	kg
	Valor	28 620 620	71 144 315	316 322

Fonte de dados para estimativa de stock:

Ladrilhos

1) **Habitações Residenciais**: considera-se 5 953 833 alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º) em 2018 do INE multiplicados por 0.994 (População que tem banheira ou chuveiro e/ou retrete em sua casa (%) em 2018), de acordo com dados do INE, obtendo-se assim o nº WC. Assume 1.5 WCs por alojamento e 25m^2 ladrilhos em cada. Assume-se ainda mais 30 m^2 por alojamento para cozinhas e outras partes da habitação.

2) **Turismo**: considera-se o nº de camas turismo em 2018 de 423 152 (de acordo com dados do INE/PORDATA[19]) e assume-se 35 m^2 ladrilhos por cada duas camas.

3) **Estabelecimentos de saúde**: Considera-se o valor de 344,3 camas em estabelecimentos de saúde em Portugal por 100 mil habitantes (de acordo com dados do INE/PORDATA[20]) e assume-se 40 m^2 ladrilhos por cada cama.

4) **Escolas**: Consideram-se 5 836 estabelecimentos de ensino[21]+ 180 estabelecimentos de ensino superior[22] em Portugal de acordo com INE/PORDATA. Assume-se que existem 6 WCs em cada

[18] De acordo com informação do CTCV estima-se que apenas cerca de 1% das telhas fabricadas em Portugal são vidradas (foi aplicado esta percentual também às telhas importadas e exportadas).

[19] https://www.pordata.pt/Portugal/Capacidade+dos+alojamentos+turisticos+total+e+por+tipo+de+estabelecimento-2563

[20] https://www.pordata.pt/Portugal/Estabelecimentos+de+sa%C3%BAde+camas+por+100+mil+habitantes-602

[21] https://www.pordata.pt/Portugal/Estabelecimentos+nos+ensinos+pr%C3%A9+escolar++b%C3%A1sico+e+secund%C3%A1rio+p%C3%BAblico+total+e+por+n%C3%ADvel+de+ensino-1241

[22] https://www.pordata.pt/Municipios/Estabelecimentos+de+ensino+superior+total+e+por+subsistema+de+ensino-335

estabelecimento escolar e 12 WCs em cada estabelecimento de ensino superior, respetivamente com 12 peças de louça sanitária cada. Cada WC terá com 40 m^2 ladrilhos.

Louça sanitária

1) **Habitações residenciais**: considera-se 5 953 833 alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - n.º) em 2018 do INE multiplicados por 0.994 (População que tem banheira ou chuveiro e/ou retrete em sua casa (%) em 2018 do INE obtendo-se assim o nº WC (assume 1.5 WCs por casa). Em cada WC consideram-se 3 peças de louça sanitária.

2) **Turismo**: considera-se o nº de camas de turismo em 2018 de 423 152 (de acordo com dados do INE/PORDATA[23]) e assume-se 3 peças de louça sanitária por cada duas camas.

3) **Estabelecimentos de saúde**: Considera-se o valor de 344,3 camas em estabelecimentos de saúde em Portugal por 100 mil habitantes (de acordo com dados INE/PORDATA[24]) e assume-se 3 peças de louça sanitária por cada três camas.

4) **Escolas**: Consideram-se 5 836 estabelecimentos de ensino[25] e 180 estabelecimentos de ensino superior[26] em Portugal de acordo com INE/PORDATA. Assume-se que para as escolas existem 6 WCs em cada estabelecimento e 12 WCs em cada estabelecimento de ensino superior, respetivamente com 12 peças de louça sanitária cada.

2.3.7.3 Cortiça

Tabela 21 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – cortiça

Fluxo		Rolhas	Pav./Rev. Cortiça	Isolamento cortiça
A) Stock	***Unidade***	kg	kg	kg
	Valor	n.d.	n.d.	n.d.
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	kg	kg	kg
	Valor	4 137 600		596 719
C) Fabricação nacional	***Unidade***	kg	kg	kg
	Valor	123 033 600		67 804 516
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	kg	kg	kg

[23] https://www.pordata.pt/Portugal/Capacidade+dos+alojamentos+turisticos+total+e+por+tipo+de+estabelecimento-2563

[24] https://www.pordata.pt/Portugal/Estabelecimentos+de+sa%C3%BAde+camas+por+100+mil+habitantes-602

[25] https://www.pordata.pt/Portugal/Estabelecimentos+nos+ensinos+pr%C3%A9+escolar++b%C3%A1sico+e+secund%C3%A1rio+p%C3%BAblico+total+e+por+n%C3%ADvel+de+ensino-1241

[26] https://www.pordata.pt/Municipios/Estabelecimentos+de+ensino+superior+total+e+por+subsistema+de+ensino-335

Fluxo		Rolhas	Pav./Rev. Cortiça	Isolamento cortiça
	Valor	111 676 400		61 024 064

n.d. -não determinado.

Fonte de dados para estimativa de stock: ver seção 2.3.3

2.3.7.4 Fertilizantes P

Tabela 22 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – fertilizantes P

Fluxo		Fertilizantes P
A) Stock	***Unidade***	kg
	Valor	n.d.
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	kg
	Valor	53 624 000
C) Fabricação nacional	***Unidade***	kg
	Valor	51 675 000
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	Kg
	Valor	1 700 000

Não foi possível estimar o stock: n.d. não determinado

2.3.7.5 EEE

Tabela 23 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – EEE

Fluxo		TV	Computadores (agregado)	Telemóveis	Placa de circuito impresso	Lâmpadas (agregado)
A) Stock	***Unidade***	n.º eq.	n.º eq.	n.º eq.	kg	n.º eq.
	Valor	6 148 542	7 239 621	12 361 154		73 751 320
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	n.º eq.	n.º eq.	n.º eq.	kg	n.º eq.
	Valor	843 311	1 162 655	3 771 031	6 272 103	29 370 518
C) Fabricação nacional	***Unidade***	n.º eq.	n.º eq.	n.º eq.	kg	n.º eq.
	Valor	-	449 171	17 000	1 744 730	-
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	n.º eq.	n.º eq.	n.º eq.	kg	n.º eq.
	Valor	97 448	103 621	763 229	1 169 538	4 106 321

Fonte de dados para estimativa de stock:

TVs

1) TVs nos **agregados domésticos** tendo em conta que 98.9% dos agregados domésticos em Portugal têm TV (assumiu-se a % dos agregados com TV para 2015 porque não havia dados para 2018) do INE/PORDATA[27] e considerando o nº de agregados domésticos de 4 144 619 em 2018 do INE[28].

2) mais 50% para TVs em **serviços**, sendo que este valor deve estar subestimado.

Computadores

1) 258 518 **computadores nas escolas** (básico ao secundário) em Portugal (INE/PORDATA[29]) em 2018.

2) **computadores nos agregados domésticos** tendo em conta que 81% dos agregados domésticos em Portugal têm computador. Note-se que se assumiu a taxa de posse como a % dos

---

27 https://www.pordata.pt/Portugal/Agregados+privados+com+os+principais+equipamentos+dom%c3%a9sticos+(percentagem)++-191-565) tendo-se considerado o nº agregados domésticos em Portugal em 2019 do INE de cerca de 4 milhões de agregados https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0007861&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt

28 https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0007861&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt

29 https://www.pordata.pt/Portugal/Computadores+no+ensino+b%c3%a1sico+e+secund%c3%a1rio+total+e+por+n%c3%advel+de+ensino+%e2%80%93+Continente-1112

agregados com internet banda larga para o ano de 2019, uma vez que os dados para computadores só se reportavam ao ano de 2017 (com uma taxa de posse de computadores de 71%). Considerou-se o nº agregados domésticos em Portugal em 2018 de acordo com INE[30] de cerca de 4 milhões de agregados.

3) **computadores no local de trabalho** tendo em conta que 76.8% dos empregados em Portugal usam computador em 2017, dado não haver esta valor para 2018 (INE/PORDATA[31]) e considerando o nº pessoas empregadas em Portugal em 2018 do INE/PORDATA[32] de cerca de 4 718 700 milhões de pessoas

Telemóveis

Considerou-se para a estimativa de nº de telemóveis a taxa de penetração do serviço móvel em 2018 com utilização efetiva (excluindo M2M) de 120,2 por 100 habitantes, reportada em: ANACOM (2019) Serviços Móveis. Maio de 2019. Disponível em: https://www.anacom.pt/streaming/SM_4T2018.pdf?contentId=1472413&field=ATTACHED_FILE

Lâmpadas

1) **Edifícios Residenciais**: assume-se que existem 10 pontos de iluminação em habitações (de acordo com exemplo em "Poupa Energia - Iluminação LED" e consideram-se 5 953 833 alojamentos familiares clássicos (parque habitacional - n.º) do INE em 2018.

2) **Edifícios serviços e outros**: assumem-se 1 295 299 empresas em Portugal em 2018 (Empresas: total Fontes de Dados: INE/PORDATA[33], com 10 lâmpadas por empresa.

3) **Iluminação Pública**: segundo a E-REDES[34] existem em Portugal cerca de 3 154 437 pontos de luz de iluminação pública em Portugal, das quais 29% utilizavam a tecnologia LED. Não se encontra detalhado em que ano se refere esta informação, assumindo-se que se reporte a 2021 ou 2020 e os valores para 2018/2019 sejam menores. As MPC+ encontram-se presentes apenas em lâmpadas fluorescentes e LED, sendo que de acordo com a mesma fonte, cerca de 58% das luminárias existentes seriam ainda a vapor de sódio. Tendo isto presente consideraram-se para 2018 como total de luminárias existentes apenas 3 milhões sendo que apenas 42% teriam potencialmente MPC+.

Note-se que este valor deve estar subestimado.

---

30 https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0007861&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt

31 PORDATA: https://www.pordata.pt/Portugal/Indiv%c3%adduos+com+16+e+mais+anos+que+utilizam+computador+e+Internet+em+percentagem+do+total+de+indiv%c3%adduos+por+condi%c3%a7%c3%a3o+perante+o+trabalho-1140

32 https://www.pordata.pt/Portugal/Popula%c3%a7%c3%a3o+empregada+total+e+a+tempo+completo+e+parcial+-356

33 https://www.pordata.pt/Portugal/Empresas+total-2854

34 https://www.e-redes.pt/pt-pt/historias/iluminacao-publica-um-instrumento-de-cidadania

2.3.7.6 Renováveis

Tabela 24 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – renováveis

Fluxo		Eólica Onshore	Eólica Offshore	PV	Hidroelétrica	Geotérmica
A) Stock	***Unidade***	GW	GW	GW	GW	GW
	Valor	5,368	0,0083	0.673	7,098	0,034
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	GW	GW	GW	GW	GW
	Valor	0	0	0	0	0
C) Fabricação nacional	***Unidade***	GW	GW	GW	GW	GW
	Valor	0	0	0	0	0
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	GW	GW	GW	GW	GW
	Valor	0	0	0	0	0

Fonte de dados para estimativa de stock: DGEG Estatísticas Rápidas de Renováveis, 2020 e para eólica offshore EDP[35]

2.3.7.7 Automóvel

Tabela 25 – Importações, exportações, fabricação nacional e stock – automóvel

Fluxo		Elétricos a baterias (plugin) BEV	Híbridos (PHEV)	Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)
A) Stock	***Unidade***	nº veículos	nº veículos	nº veículos
	Valor	11 246	8 484	6 557 152
B) Importações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	nº veículos	nº veículos	nº veículos
	Valor	21 497	17 276	238 074
C) Fabricação nacional	***Unidade***	nº veículos	nº veículos	nº veículos
	Valor	0	0	340 283
D) Exportações (INE - Comércio Internacional)	***Unidade***	nº veículos	nº veículos	nº veículos
	Valor	1	93	210 660

Fonte de dados para estimativa de stock: A partir de INE[36], para o nº total de "veículos rodoviários motorizados de passageiros (n.º) por tipo de veículo e escalão etário do veículo em 2019". De acordo com Relatório de Estado do Ambiente[37] 2021, assume-se que destes, 56.5% são a gasóleo,

[35] https://www.edp.com/en/innovation/windfloat

[36] https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0007244&selTab=tab0&xlang=pt

[37] https://rea.apambiente.pt/

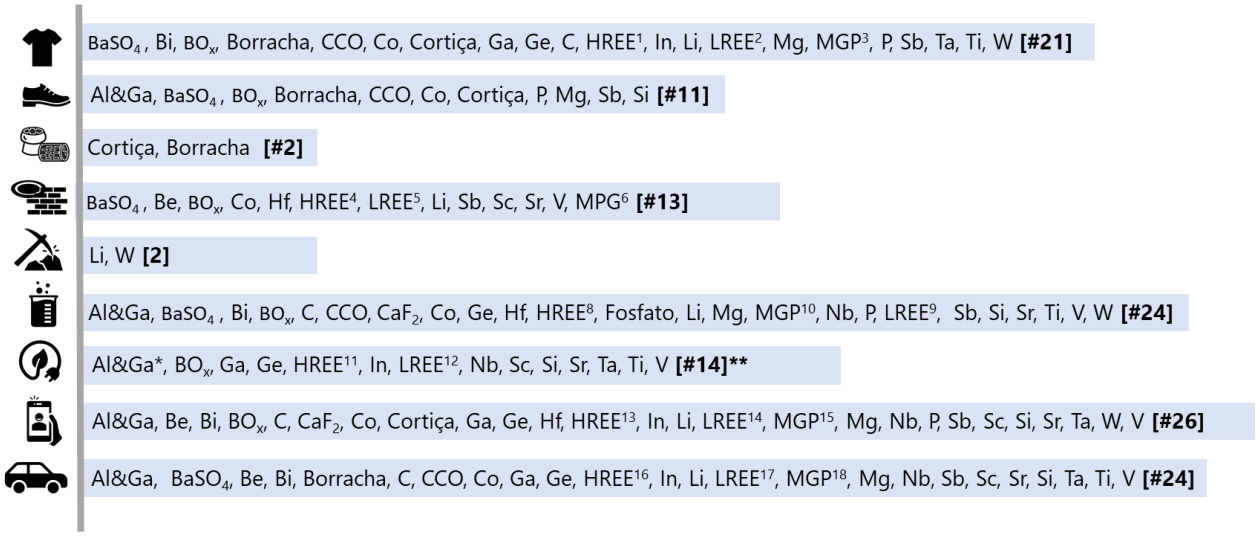
40.3% a gasolina, 1.1% a GPL, o que perfaz 99.7% e o restante para outros veículos. Estes outros assumem-se aqui ser BEV e PHEV (deverão estar sobre estimados). Para calcular a rácio BEV/PHEV usaram-se dados da ACAP de vendas de veículos de combustível alternativo entre 2010 e 2018[38] a partir dos quais se obtém que 57% são BEV e 43% são PHEV.

[38] https://www.acap.pt/pt/noticia/104/mercado-automovel

- Página intencionalmente em branco –

3 Presença de MPC+ na economia portuguesa

Nos setores analisados para Portugal utilizam-se todas as 30 MPC constantes na lista europeia (e ainda a cortiça natural), conforme a Figura 4. Todas as MPC constantes na lista europeia são utilizadas em Portugal para os setores considerados. O setor com maior diversidade na utilização de MPC+ é o setor dos EEE (26 MPC+), seguindo-se os setores químico e automóvel (24 MPC+ cada), e os têxteis (21 MPC+). As energias renováveis e cerâmica utilizam 14 e 13 MPC+[39], respetivamente, enquanto o calçado utiliza 11 MPC+. Por fim, tanto o setor da cortiça como da exploração mineira utilizam apenas 2 MPC+ cada.



[1] Gd, Ho, Yb; [2] Ce, La, Nd, Pm, Pr; [3] não disponível; [4] Y; [5] Pr, Ce, La; [6] Pt, Pd; [8] Pr, ;, [9] Ce, La, Nd; [10] Ru, Ir, Pt, Rh; [11] Dy, Tb; [12] Pr, Nd; [13] Y, Tb, Eu, Gd, Dy, Er; [14] La, Ce, Nd, Sa, Pr; [15] Pd, Pt; [16] Dy, Eu, Tb, Y, Gd, Yb; [17] La, Nd, Pr, Ce, Sm; [15] Pt, Pd, Rh.
* Refere-se à utilização de bauxite já transformada em alumínio que é usado em tecnologias de solar e eólica
** Li e Co são necessários em baterias em armazenagem de eletricidade, mas aqui considerado apenas as tecnologias de geração

Figura 4 – MPC+ presentes nos diversos setores em estudo para Portugal

Abreviaturas: Antimónio (Sb); Barita ($BaSO_x$ mineral); Bauxite (Al & Ga); Berílio (Be); Bismuto (Bi); Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4); Borracha Natural; Carvão de coque (CCO); Cobalto (Co); Elementos de Terras Raras Leves (LREE); Elementos de Terras Raras Pesados (HREE); Escândio (Sc); Espatoflúor (CaF_2); Estrôncio (Sr); Fosfato natural; Fósforo (P); Gálio (Ga); Germânio (Ge); Grafite Natural (C); Háfnio (Hf):; Índio (In); Lítio (Li); Magnésio (Mg); Metais do Grupo da Platina (MGP); Nióbio (Nb); Silício-metal (Si); Tântalo (Ta); Titânio (Ti); Tungsténio ou Volfrâmio (W) e Vanádio (V)

Nesta análise qualitativa optou-se por separar os setores têxtil e calçado, dado utilizarem diferentes MPC+ e também de formas diferentes. Por esse motivo, na próxima secção surge informação para nove setores em vez dos oito inicialmente definidos.

As MPC+ são utilizadas das seguintes formas em Portugal:

[39] No caso da cerâmica, estão aqui identificadas mais MPC+ do que as que estão na seção 6 deste relatório. A diferença deve-se ao facto de estas últimas terem sido calculadas apenas para alguns produtos representativos.

- Em tratamentos e revestimentos de **têxtil**-lar, vestuário e/ou sobretudo em vestuário técnico, para alguns segmentos do vestuário, especialmente fibras sintéticas;
- Como matéria-prima (apenas para a cortiça natural) e em tratamentos e revestimentos dos vários componentes do **calçado**;
- Nas fritas e vidrados, como afinantes, fundentes, pigmentos, etc.; por vezes também em pastas **cerâmicas** e, com menor expressão, como elemento decorativo na cerâmica decorativa. Encontram-se MPC+ essencialmente nos produtos cerâmicos para pavimentos e revestimentos, louça sanitária, e com menor expressão, na louça decorativa e em algumas cerâmicas especiais;
- Como matéria-prima principal de todos os produtos de **cortiça**: rolhas, produtos para revestimento, isolamento ou qualquer outro fim, bem como outros artigos de cortiça (naturalmente, apenas para o caso da cortiça natural);
- Como corantes e pigmentos, tintas, vernizes e produtos similares, adubos e compostos azotados, produtos de limpeza e de higiene, óleos e massas lubrificantes, catalisadores e outras aplicações na indústria **química**;
- Em ligas metálicas, retardantes de chama, parte integrante de semicondutores, condensadores, ímanes, circuitos integrados, placas de circuito impresso, vidro de ecrãs (…) presentes em **equipamentos elétricos e eletrónicos** (informáticos, para comunicações e produtos eletrónicos e óticos, etc.)
- Como materiais semicondutores, ímanes permanentes, ligas metálicas nas tecnologias de **eletricidade renovável** (eólica on e offshore, solar PV, solar CSP, hidroelétrica, geotérmico, oceânica, hidrogénio);
- Sistema de eletrónica e segurança **automóvel**, iluminação, sistema de direção, transmissão e freio, produtos de fricção diversos, ligas metálicas na carroçaria e chassis, limpa para-brisas e pequenos motores, isolamento sonoro, catalisadores, pneus e ainda nas baterias dos veículos elétricos (entre outras aplicações).

A acompanhar este documento entrega-se uma **base de dados** (em ficheiro de Excel) onde se identificaram 281 aplicações das 31 MPC+ em Portugal, conforme a Tabela 26.

Tabela 26 – Síntese do nº de aplicações de MPC+ para os setores em estudo

MPC	Automóvel	Calçado	Cerâmica	Cortiça	EEE	Energias renováveis	Exploração Mineira	Química	Têxtil	Total por MPC+
Antimónio	1	1	2		3			3	1	11
Barita	1	1	3					4	1	10
Bauxite	1	1			1	2		1		6
Berílio	2				2					4
Berílio			1							1
Bismuto	1				1			2	1	5
Borato		1	1		2	2		5	1	12
Borracha natural	1	1		1					1	4
Carvão de coque	1	1						4	1	7
Cobalto	2	1	2		5			6	1	17
Cortiça		1		1	1				1	4
Escândio	1		1		1	1				4
Espatoflúor					1			4		5
Estrôncio	2		1		1	1		2		7
Fosfato natural								14		14
Fósforo		1			1			1	1	4
Gálio	4				6	1			1	12
Germânio	2				2	1		1	1	7
Grafite natural	2				1			3	1	7
Háfnio			1		1			1		3
Índio	6				5	2			1	14
Lítio	1		2		1		1	3	1	9
Magnésio	1	1			1			2	1	6
Metais grupo platina	5		2		5			8	1	21
Nióbio	1				1	2		1		5
Silício-metal	1	1			2	2		6		12
Tântalo	1				2	2			1	6
Terras raras leves	7		3		5	1		4	1	21
Terras raras pesadas	7		2		4	2		2	1	18
Titânio	1					2		4	1	8
Tungsténio					4		1	3	1	9
Vanádio	2		2		1	2		1		8
Total por setor	54	11	23	2	60	23	2	85	21	281

3.1 Aplicações de MPC+ por setor de atividade

Nesta seção apresenta-se de forma sucinta as principais aplicações de MPC+ para os oito setores considerados na primeira fase deste estudo. A informação mais detalhada sobre todas as aplicações pode ser consultada num ficheiro de *EXCEL* que constitui uma base de dados sobre a aplicação de MPC+ em Portugal.

Além da informação relativa às aplicações de MPC+, apresentam-se ainda informações sobre os resíduos relevantes para cada setor no que respeita à presença potencial de MPC+. Em cada ficha-síntese incluem-se ainda notas sintéticas sobre melhoria da circularidade das MPC+ no setor, apenas para os seis setores selecionados para a segunda fase deste estudo. Estas notas sobre a circularidade resultam da análise de estratégias de circularidade (EC) detalhada na seção 7 deste relatório e em particular da compilação de uma base de dados de EC fornecida em formato *excel*, em complemento a este documento. .

3.1.1 Têxtil

têxteis e calçado

Matérias-Primas Críticas

$BaSO_4$, Bi, BO_x, Borracha, CCO, Co, Cortiça, Ga, Ge, C, HREE, In, Li, LREE, Mg, MGP, P, Sb, Ta, Ti, W

Produtos/Aplicações - Vestuário (V); Têxteis Lar (TL) e Têxteis Técnicos (TT)

Utilizados em tratamentos e revestimentos e/ou em vestuário técnico, para alguns segmentos do vestuário, especialmente fibras sintéticas

Sb Retardadores de chama (como Sb_2O_3) e catalisador na produção de fibras têxteis de poliéster– TL + TT
$BaSO_4$ Produção pigmentos brancos, anti-vincos, agentes compactantes, etc. V+TL+TT
Bi Recobrir aventais fazer barreira de proteção dos raios-x, microondas etc. TT
BO_x Compostos retardantes de chama, corantes texteis, antibactericidas TL+TT
Co Produção de corantes V+TL+TT
CCO usada como fibra de carbono
Cortiça Produção de tecidos para moda e decoração (corkfabrics) V+TL
LREE aditivos têxteis: Ce, La, Nd, Pm Pr TT
HREE aditivos têxteis: Gd, Ho, Yb TT
Ga , In Pode ser incorporado para conferir determinadas propriedades (ex. e-textile), nicho de mercado TT
Ge Fibras sintéticas (catalizador de polimerização), algumas fibras anti-estáticas e com propriedades desodorizantes TT
Li substâncias aditivas para tingimento têxtil
Mg substâncias como óxido, cloreto, que vão ser usados por ex como agente antibactericida, auxiliar de tingimento, *sizing* etc V+TL+TT
MGP usado na produção de paraxileno
C usada como fibra de C em texteis técnicos/tecidos que necessitam de boa condutividade elétrica e em certos tecidos como fibra anti-estática TT
Borracha elastómeros, coatings, etc… V+TL+TT
P Retardadores de chama compostos orgânicos que contêm Fósforo V+TL+TT
Ta nano-materiais para aplicação nos têxteis TT
Ti como TiO_2 em pigmentos, tecidos recobertos e delustrante (tirar o brilho) de certas fibras TT
W para incorporar tecidos conferindo-lhe condutividade. TT

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se na fase de fabricação (18) e pós-utilização (9). No entanto, verifica-se que também nas restantes fases do ciclo de vida há uma distribuição equitativa de iniciativas de estratégias de economia circular.

Principais MPC+ abrangidas: Sb; $BaSO_4$; BO_x; Co; Sc; Sr; Li; Borracha; Ti; Fosfato, Ga; In

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- **75 470 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~45% total**
- **resíduos pMPC+ sem circuito de recolha específico**

89% resíduos pMPC+ valorizados
- **94%** operações de valorização intermédias (R12 e R13)
- **6%** reciclagem /recuperação compostos orgânicos (R3) ou outras matérias inorgânicas (R5)
  - 372t (2%) fibras e têxteis exportados (ES, UK) para reciclagem /recuperação (R5)

11% resíduos pMPC+ eliminados
- 59% por deposição em aterro (D1)
- 41% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D15

b) pós-consumo

- **RU indiferenciados e circuito de recolha voluntário (~1 222,54 t eliminadas em 2019)**
- Códigos LER # 200399, 191208, 200110, 200111

3.1.2 Calçado

têxteis e calçado

Matérias-Primas Críticas

Al&Ga, $BaSO_4$, BO_x, Borracha, CCO, Co, Cortiça, P, Mg, Sb, Si

Produtos/Aplicações - CALÇADO

Utilizados como matéria-prima e em tratamentos e revestimentos dos vários componentes do calçado

Al & Ga Agente de acabamento, sobretudo em têxteis
$BaSO_4$ Ingrediente e carga, utilizado sobretudo em borracha e plásticos/polímeros (peças poliméricas e solas)
BO_x Ingrediente e retardante de chama (solas, peles, entre outros)
CCO Matéria-prima utilizada sobretudo em solas
Cortiça Matéria-prima utilizada sobretudo em solas
Co Produção de corantes/pigmentos (materiais e componentes p. ex., solas)
Mg Matéria-prima/carga, utilizada sobretudo em plásticos e borrachas (peças poliméricas e solas)
Borracha Matéria-prima base para solas
P Retardante de chama (solas, acabamentos de peles, entre outros)
Si Constituinte de agentes auxiliares de tingimento e acabamento na industria têxtil (surfactantes e amaciadores)
Sb Retardadores de chama (como Sb_2O_3), catalisador e estabilizante de plásticos (peças poliméricas, solas, revestimentos/acabamentos de peles, entre outros)

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 13 771 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~51% total
- resíduos pMPC+ sem circuito de recolha específic

68% resíduos pMPC+ valorizados
- 100% operações de valorização intermédias (R12 e R1
- 0% reciclagem /recuperação compostos orgânicos (R3 ou outras matérias inorgânicas (R5)
  - Todos os resíduos pMPC+ ficam em PT

32% resíduos pMPC+ eliminados
- 89% por deposição em aterro (D1)
- 11% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D

b) pós-consumo

- RU indiferenciados
- Códigos LER #200399

3.1.3 Cerâmica

cerâmica

Matérias-Primas Críticas

$BaSO_4$, Be, BO_x, Co, Hf, HREE, LREE, Li, Sb, Sc, Sr, V, MGP

Produtos/Aplicações

Utilizadas sobretudo nas fritas e vidrados, como afinantes, fundentes, pigmentos, etc.; por vezes também em pastas cerâmicas.
Subsetores: pavimentos e revestimentos, louça sanitária, louça decorativa, cerâmicas especiais

Sb Afinante nos vidrados
$BaSO_4$ Fundente nos vidrados, pasta de louça sanitária especial, pasta de louça decorativa
Be BeO Componentes cerâmicos de isolamento elétrico
BO_x Composição de fritas e vidrados
Co Pigmentos, tintas e agentes de decoração usados na cerâmica; pigmento na pasta
Hf Materiais cerâmicos refratários
HREE Ítrio: pasta de pavimento e revestimento porcelânico (agente de branqueamento), cerâmica para eletrónica
LREE Cério: Afinante nos vidrados; **Praseodímio**: pigmento amarelo na pasta e nos vidrados
Li Espodumena (lítio) usado na pasta cerâmica
Sc carbonetos de titânio-ândio (cerâmica técnica – nicho), dopantes em vidros e cerâmica
Sr Fritas e vidrados (efeito fluorescente); ímanes de ferrite cerâmica
V (V_2O_5) afinante no fabrico de pasta; composição dos vidrados
MGP Paládio: revestimento em condensadores cerâmicos; **Platina:** louça decorativa (filete prateado)

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se na fase de fabricação (21) com principal incidência na estratégia de simbiose industrial (10).

Principais MPC+ abrangidas: Sb, $BaSO_4$, BO_x, Co, Li, LREE (Pr), V

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 105 366 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~16% total
- resíduos pMPC+ sem circuito de recolha específico

99,9% resíduos pMPC+ valorizados
- 12% operações de valorização intermédias (R12 e R13)
- 86% reciclagem /recuperação de outras matérias inorgânicas (R5)
  - todos resíduos pMPC+ permanecem em PT

0,1% resíduos pMPC+ eliminados
- 84% por deposição em aterro (D1)
- 16% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D15

b) pós-consumo

- RU indiferenciados e RCD - resíduos de construção e demolição
- Códigos LER # 200399, 170106, 170107

3.1.4 Cortiça

cortiça

Matérias-Primas Críticas

Borracha natural, cortiça (MP estratégica)

Produtos/Aplicações

Matéria-prima principal de todos os produtos de cortiça: rolhas, produtos para revestimento, isolamento ou qualquer outro fim, bem como outros artigos de cortiça

Borracha natural Materiais compósitos à base de cortiça, principalmente para a produção de revestimentos e isolamentos

Cortiça *Todos os produtos de cortiça*

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se nas fases de extração (6) e fabricação (6) com implicações equitativas nas estratégias dessas duas fases do ciclo de vida.

Principais MPC+ abrangidas: cortiça natural

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 830 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~2% total
- resíduos pMPC+ sem circuito de recolha específico

100% resíduos pMPC+ valorizados
- 100% operações de valorização intermédias (R12 e R13)
- 0% reciclagem /recuperação compostos orgânicos (R3) ou outras matérias inorgânicas (R5)
  - todos resíduos pMPC+ permanecem em PT

2% resíduos pMPC+ eliminados
- 100% por deposição em aterro (D1)
- 0% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D15)

b) pós-consumo

- RU indiferenciados e circuito de recolha voluntário de rolhas
- Códigos LER # 200399

3.1.5 Exploração mineira

exploração mineira

Matérias-Primas Críticas

Li, W *(In?)*

Produtos/Aplicações

Recursos minerais onde assenta atividade extrativa (mineira)

In A mina de Neves-Corvo produz concentrados de Zn e Sn que terão também quantidades significativas de In, que não são recuperadas em Portugal.
Li existem 8 concessões extrativas de pegmatitos de Li em Portugal, sobretudo para exportação e para utilização nacional na indústria cerâmica
W a mina da Panasqueira com ~250 trabalhadores extraiu em 2020 cerca de 950 t de concentrados de W que são exportados para processamento

Gestão de resíduos

a) pré-consumo (extração)

- Os resíduos da indústria extrativa estão sob a alçada de legislação específica operacionalizada pela DGEG
- têm como destino instalações de tratamento de resíduos ou enchimento de vazios de escavação
- 23 541 t resíduos produzidos em 2019, não sendo para já possível identificar quais destes terão potencialmente MPC+ (pMPC+)
- resíduos pMPC+ com fileira específica (resíduos da indústria extrativa)

b) b) pós-consumo

- Não aplicável

3.1.6 Químicos e fertilizantes

químicos e fertilizantes

Matérias-Primas Críticas

Al&Ga, $BaSO_4$, Bi, BO_x, C, CCO, CaF2, Co, Ge, Hf, HREE, Fosfato, Li, Mg, MGP, Nb, P, LREE, Sb, Si, Sr, Ti, V, W

Produtos/Aplicações

Corantes e pigmentos, tintas, vernizes e produtos similares, adubos e compostos azotados, produtos de limpeza e de higiene, óleos e massas lubrificantes, catalisadores e outras aplicações na indústria química

Sb Retardadores de chama em tintas, plásticos e borrachas, catalisador para produção de PET, estabilizador de calor em PVC
$BaSO_4$ Pigmentos brancos, carga em tintas e plásticos, pigmento em pirotecnia ($BaCl_2$)
Al & Ga produção de sulfato de Al (agente floculante), cloreto de alumínio, fluoreto de alumínio e aluminato de sódio
Bi Pigmento em tintas e cosméticos, rações para animais
BO_x Fertilizantes, retardadores de chama em tintas, plásticos e borrachas, detergentes e produtos de cuidado pessoal, produtos para tratamento de madeira, catalisadores
CCO Fertilizantes, tintas prot. anticorrosiva, prod. químicos diversos
Co Pigmentos em tintas e sabonetes, secante em tintas, coloração de metais, catalisadores
LREE Pigmentos (Pr, Pm), catalisadores (Ce, Pr, Nd, Pr, La)
HREE catalisadores (Y)
CaF_2 Fluoropolímeros, agroquímicos, aerossóis, químicos para decapagem de alumínio, células de espectroscopia
Sr Pigmentos, inibidor de corrosão em tintas, pirotecnia
Fosfato natural Fertilizantes, retardadores de chama, detergentes, lubrificantes, rações animais, fabrico de fósforos e pirotecnia, aditivos alimentares, agentes desincrustantes, tratamento de água industriais, produtos para tratamentos de conversão, catalisadores, outros
P Retardadores de chama, tratamento de águas industriais, agente emulsionante
Ge catalisador de polimerização
C Lubrificantes, retardadores de chama para plásticos, revestimentos e espumas de isolamento, aditivos para melhorar as características tribológicas e condutividade de plásticos
Hf catalisadores
Li lubrificantes, pigmentos, pirotecnia, catalisadores
Mg ânodos, síntese química
MGP catalisadores, outras aplicações químicas
Nb processos industriais
Si Prod. formas primárias plásticos/borracha sintética, prod. tintas, vernizes/revestimentos, tintas de impressão e mastiques, sabões, detergentes, preparações de limpeza/polimento, lubrificantes
Ti Pigmentos em tintas e plásticos, sabonetes, pastas de dentes, aplicações médico-dentárias, outras aplicações domésticas, implantes e próteses
W pigmentos e tintas, catalisadores e outras aplicações químicas
V catalisador químico para produção de ácido sulfúrico

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados para fertilizantes P concentram-se na maximização de processos (2), na substituição da MPC virgem por MP secundária (3) e na valorização de subprodutos (2).

Principais MPC+ abrangidas: P

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 59 185 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~39% total
- resíduos pMPC+ sem circuito de recolha específico

56% resíduos pMPC+ valorizados
- 32% operações de valorização intermédias (R12 e R13)
- 67% recuperação / regeneração de solventes (R2)
- 0,21t (0,001%) solventes exportados (DE, UK) para reciclagem /recuperação metais e ligas (R4)
- 0,1% reciclagem/recup. compostos orgânicos (R3) e refinação /reutilização óleos (R9)

44% resíduos pMPC+ eliminados
- 56% por deposição em aterro (D1)
- 36% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D1
- 8% tratamento físico-químico (D9)

b) pós-consumo

- RU indiferenciados
- Códigos LER # 200399, 200127, 200128, 200129, 200130, 200139

3.1.7 Equipamentos elétricos e eletrónicos

eq. elétricos e eletrónicos

Matérias-Primas Críticas

Al&Ga, Be, Bi, BO_x, C, CaF_2, Co, Cortiça, Ga, Ge, Hf, HREE, In, Li, LREE, MGP, Mg, Nb, P, Sb, Sc, Si, Sr, Ta, W, V

Produtos/Aplicações

Em ligas metálicas, retardantes de chama, parte integrante de semicondutores, condensadores, ímanes, circuitos integrados, placas de circuito impresso, vidro de ecrãs (...) presentes em equipamentos elétricos, informáticos, para comunicações e produtos eletrónicos e óticos

Sb Retardadores de chama (como Sb_2O_3) usados em plásticos de EEE
$BaSO_4$ compostos de barita em vidros, por exemplo, de telemóveis
Al&Ga em ligas com alumínio em portáteis, telemóveis ou ferramentas
Be componentes eletrónicos e informáticos domésticos; giroscópios (ex. comandos de consolas de jogos)
Bi ímanes permanentes fortes (ligas Mn-Bi ou NdFeB), vários disp. eletró.
BO_x semicondut. em circuitos integrados e ímanes permanentes (ex.: HDD)
C baterias e material condutivo (térmico e elétrico) em várias aplicações digitais (ex: tablets, telemóveis, computadores, etc)
CaF_2 usado na refrigeração e ar-condicionado
Co baterias de ião-Li (LIBs), semicondutores, ímanes permanentes, placas de circuito impresso
Cortiça em componente de telemóveis em Portugal (Ikimobile)
Ga principal aplicação (GaAs) em circuitos integrados e dispositivos optoeletrónicos (díodos de laser e de LED), GaN é semicondutor; combinação com Si usado em transístores, PV, outros disp. eletrónicos estado sólido
Ge fibra óptica, usado em electrónica variada como radares, amplificadores de som, em circuitos integrados de alta velocidade (ligas metálicas SiGe)
HREE Nd em ímanes permantes (NdFeB); Y, Tb, Eu em pós fluorescentes; Y, Tb, Eu, Gd em tubos de raios catódicos (monitores e TVs)
Hf superligas para fabricação de equipamentos eletrónicos
In em vidro de LCD, de telemóveis, de células fotovoltaicas; em compostos de semicondutores e em LEDs; soldas (computadores e compostos de semicondutores)
LREE Nd, Pr, Sm,Pd em telemóveis; Dy, Tb e Gd em ímanes permantes (NdFeB); La e Ce em pós fluorescentes (lâmpadas e tubos de raios catódicos, TVs e monitores)
Li baterias de iões de Li (LIBs)
Mg em ligas Al usado em portáteis, telemóveis, ferramentas elétricas
MGP Ru, Rh, Os, Ir e Pt em aplicações elétricas e eletroquímicas várias; Pd em placas de circuito impresso; Pt em vidros de display
Nb alta tecnologia (condensadores, ímanes, supercondutores)
P novos equipamentos de optoeletrónica (black phosphorous)
Si usado em circuitos integrados (chips, semicondutores)
Sc ferrites em elementos de memória de computadores
Sr ímanes de cerâmica com aplicações em barreira de fluxo elétrico
Ta condensadores para dispositivos eletrónicos, incluindo **telemóveis**
Ti ligas leves de alta resistencia telemóveis e outra eletrónica
V incorpora ligas de inox que são componentes nalguns EEE
W telemóveis para o peso excêntrico do vibrador, filamentos lâmpadas incandescentes. Tungstatos Ca em lâmpadas fluorescentes com Mg

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se na fase de pós-utilização (16) com principal incidência nas estratégias de reciclagem (10) mas também com enfoque na reparação (7) na fase de utilização.

Principais MPC+ abrangidas: Mg, MGP (Rh, Pd, Pt), LREE (La, Ce, Nd, Pr), HREE (Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Yd), Co, C, Ga, In, P, Li, Sb, Si, Sr, Ta, Ti, W, V

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 50 949 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~50% total
- resíduos pMPC+ com circuitos de recolha

99% resíduos pMPC+ valorizados
- 76% operações de valorização intermédias (R12 e R13)
- 1% reciclagem /recuperação compostos orgânicos (R3) ou outras matérias inorgânicas (R5) exportados ES
- 23% reciclagem/recuperação de metais e de ligas
  - 1 061t (2%) aparas, poeiras, soldas exportados (ES, DE) para reciclagem /recuperação metais e ligas (R4)

1% resíduos pMPC+ eliminados
- 9% por deposição em aterro (D1)
- 17% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D
- 74% tratamento físico-químico (D9)

b) pós-consumo

- RU indiferenciados, circuito de recolha voluntário REEE, baterias/acumuladores
- Códigos LER #200399, 200133/4/5/6, 16

3.1.8 Energias renováveis

energias renováveis

Matérias-Primas Críticas

Al&Ga, BO_x, Ga, Ge, HREE, In, LREE, Nb, Sc, Si, Sr, Ta, Ti, V

Produtos/Aplicações

Aplicações como materiais semicondutores, ímanes permanentes, ligas metálicas nas tecnologias renováveis (eólica on e offshore, solar PV, solar CSP, hidroelétrica, geotérmico, oceânica, hidrogénio)

Al&Ga PV - ligas da estruturas apoio painéis e inversores; eólica - ligas para construção de naceles
BO_3/BO_4 energia eólica - na composição de ímanes permanentes NdFeB ou como lubrificantes; no PV como dopante (tipo p) na estrutura cristalina das bolachas à base de silício
Co *usado em superligas com aplicações nas tecnologias de CCS ou turbinas de gás*
Ga GaN é um semicondutor. Em combinação com silicio é usado em transístores, painéis fotovoltaicos, outros dispositivos eletrónicos de estado sólido
Ge usado em células PV a-Si, como semicondutor em materiais multi-junção das células fotovoltaicas
HREE Nd e Dy em ímanes permanentes (NdFeB); Ru, Rh, Pd, Os, Ir e Pt em ímanes permanentes para motores elétricos
In semicondutores nas células PV CIGS (Copper Indium Gallium Selenide) e PV ITO (Indium Tin Oxide)
LREE Nd e Pr têm aplicações na tecnologia eólica usados em ímanes permanentes para motores elétricos e geradores de eletricidade; La, Ce, Pm, Sm, Eu, Gd também nestas tecnologias
Nb aplicações nas tecnologias geotérmica e eólica nas ligas de aço
Sc pilhas de combustível de óxido sólido SOFCs
Si aplicações PV como materiais semicondutores em materiais cristalinos ou células solares amorfas; também usadas em componentes eletrónicas
Sr ligas de alumínio para perfis dos sistemas PV
Ta aplicações na tecnologia geotérmica e eólica
Ti aplicações na tecnologia oceânica e geotérmica
V *ligas de aço ou titânio, para produzir pás e discos de turbinas*

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se nas fases de fabricação (3) e pós-utilização (6), com principal incidência na reciclagem, mas também nas vertentes da maximização de processos e reutilização.

Principais MPC+ abrangidas: HREE (Tb, Dy), LREE (Pr, Nd), Ga, In

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 75 470 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~100% total
- resíduos pMPC+ sem circuito de recolha específico

100% resíduos pMPC+ valorizados
- 100% operações de valorização intermédias (R12 e R13)
- todos resíduos pMPC+ permanecem em PT

0% resíduos pMPC+ eliminados

b) pós-consumo

- Circuito de recolha voluntário REEE (PV)
- Códigos LER #200135, 200136

3.1.9 Automóvel

setor automóvel

Matérias-Primas Críticas

Al&Ga, $BaSO_4$, Be, Bi, Borracha, C, CCO, Co, Ga, Ge, HREE, In, Li, LREE, MGP, Mg, Nb, Sb, Sc, Sr, Si, Ta, Ti, V

Produtos/Aplicações

Sistema de eletrónica e segurança automóvel, iluminação, sistema de direção, transmissão e freio, produtos de fricção diversos, ligas metálicas na carroçaria e chassis, limpa para-brisas e pequenos motores, isolamento sonoro, catalisadores, pneus e ainda nas baterias dos veículos elétricos

Al&Ga alumínio para chassis

$BaSO_4$ Isolamento sonoro, tapetes de chão e calços de travões

Be componentes eletrónicos, giroscópios (ex. navegação auto); óxido Be para elevada condutividade térmica, pontos de fusão elevados e isolamento elétrico.

Bi ligas de baixo ponto de fusão (ligas Pb, Sn, Zn); para altas temperaturas (Cu); ligas Mg para jantes automóveis e outras peças

Borracha natural pneus

CCO carvão de coque condutor em elétrodos para baterias de ião-Li (VEs)

C grafite natural usado em produtos de fricção (blocos de freio, sapatas de freio, discos de fricção, discos e revestimentos de embraiagem, lonas de freio, etc) e em componentes de baterias

Co usado em eléctrodos de baterias de tração em VEs - baterias de ião-Li e em ligas de aço especial com cobalto

Ga motor do automóvel, no painel de instrumentos eletrónicos interior do automóvel, na estrutura do assento do automóvel e no sistema de iluminação exterior do veículo.

Ge circuitos integrados: semicondutores e semi-isolantes, iluminação optoeletrónica (LED, LDs, IREDs)

HREE baterias, assento automóvel (Dy), sistema climatização automóvel (Dy, Eu, Yb), sistema direção, transmissão e freio (Dy, Eu, Tb, Y, Gd), sistema iluminação exterior (Eu, Y, Gd), sistema de eletrónica de segurança (Dy), painel instrumentos e interior automóvel (Dy, Gd)

In sistemas de eletrónica de segurança, retenção e airbag, iluminação exterior e de instrumentos no interior automóvel; tem aplicações ainda no vidro e nas baterias

Li uso na bateria, sistemas de direção e transmissão e freio automóvel assim como na eletrónica para segurança

LREE assento automóvel (La, Nd, Pr), sistema climatização automóvel (Nd), sistema transmissão, direção e freio (Ce, La, Nd, Sm), sistema de iluminação exterior automóvel (Ce), sistema de eletrónica de segurança automóvel (Nd,Pr), painel instrumentos e interior automóvel (Pr)

Mg em ligas leves para automóveis. Ex, em ligas com alumínio é usado em jantes de automóveis

MGP tais como o Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt em catalisadores sistema de retenção e airbag (Pt, Rh), sistema de direção, transmissão e freio (Rh), sistema de iluminação exterior automóvel (Ce), sistema de eletrónica de segurança (Pt), painel instrumentos e interior automóvel (Pd)

Nb aplicações em aço de alta resistência e superligas (a confirmar)

Sb telemóveis, baterias de chumbo-ácido (LABs)

Sc Ligas de alumínio-escândio (e Mg)

Si ligas de alumínio usadas na indústria automóvel

Sr dispositivos pirotécnicos (podem ser usados para inflar o sistema de airbag), limpa pára-brisas e pequenos motores

Ta uso no sistema de eletrónica de segurança automóvel

Ti e V ligas Ti/Va para carroçaria

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se na fase de pós-utilização (11) com principal incidência nas estratégias de reciclagem (8) e reutilização (3).

Principais MPC+ abrangidas: borracha, Co, Ga, Li, HREE (Nd, Dy, Tb), LREE (Pr)

Gestão de resíduos

a) pré-consumo

- 545 088 t resíduos produzidos em 2019 potencialmente com MPC+ (pMPC+): ~83% total
- resíduos pMPC+ com circuito de recolha específico

99% resíduos pMPC+ valorizados
- 41% op. de valorização intermédias (R12- PT, AT - e R13)
- 53% para reciclagem /recuperação metais e ligas (R4) em PT e ES (4% moldes, aparas e poeiras)
- 5% tratamento no solo (R10)
- 0,2% reciclagem/recup. compostos orgânicos (R3)

1% resíduos pMPC+ eliminados
- 12% por deposição em aterro (D1)
- 78% operações intermédias de eliminação (D13,D14,D15
- 10% tratamento físico-químico (D9)

b) pós-consumo

- Circuito de recolha voluntário /reciclagem VFV, pneus usados, baterias/acumuladores
- Códigos LER todos dentro de #1601 (VFV), 160601, 160605

3.2 Utilização transversal de cada MPC+ para os setores estudados

A Figura 5 sistematiza os diferentes setores onde são aplicadas cada uma das 31 MPC+ consideradas. Verifica-se que, como seria de esperar, dada a diversidade de MPC+ (minerais industriais e de construção, metais de ferro e ligas de ferro, metais preciosos, terras raras e materiais biológicos e outros) e de atividades económicas consideradas, não há nenhuma MPC+ utilizada por todos os setores analisados.

No entanto, praticamente todas as MPC+ estão presentes na cadeia de valor de pelo menos três dos setores estudados, sob a forma de matérias-primas, matérias-primas subsidiárias / consumíveis, produtos intermédios ou acabados. A única exceção é o fosfato natural que apenas é utilizado na cadeia de valor do setor químico.

Nesta seção apresentam-se ainda 31 fichas por MPC+ sistematizando, para cada uma delas: (i) as principais aplicações nos 8 setores de atividade estudados, (ii) principais países envolvidos na sua extração e transformação, (iii) fileira(s) de resíduos onde poderão potencialmente ser encontrados resíduos contendo MPC+ e por fim (iv) notas sintéticas sobre melhoria da circularidade para cada MPC+, apenas para os seis setores selecionados para a segunda fase deste estudo. Estas notas sobre a circularidade resultam da análise de estratégias de circularidade (EC) detalhada na seção 7 deste relatório e em particular da compilação de uma base de dados de EC fornecida em formato *excel*, em complemento a este documento.

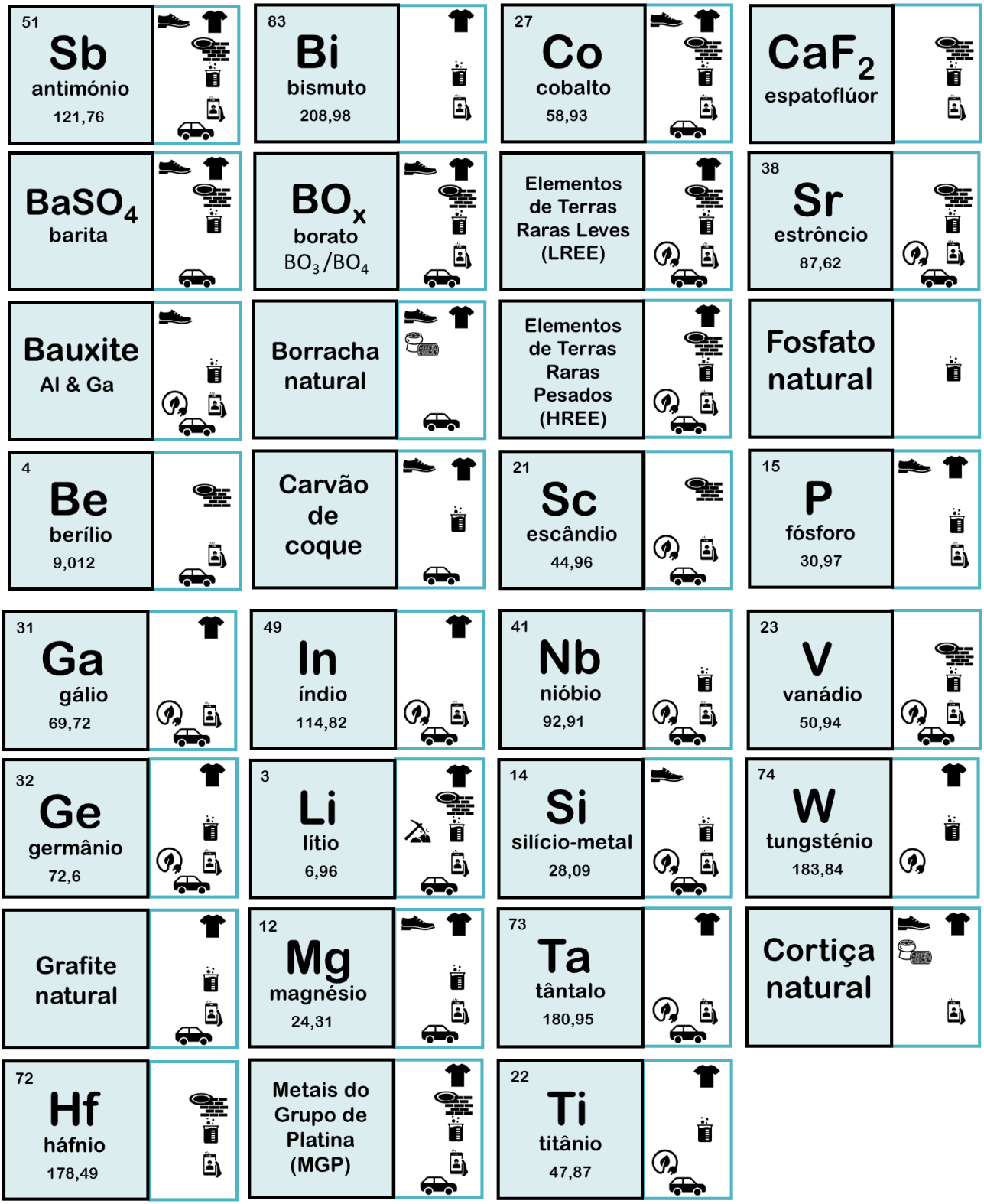


Figura 5 – Aplicação de cada MPC+ em Portugal para os oito setores em análise

3.2.1 Antimónio (Sb)

51
Sb
antimónio
121,76

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Retardantes de chama
- Catalisador na produção de fibras de poliéster

Calçado
- Catalisador e estabilizante de plásticos
- Retardante de chama em peças poliméricas, solas, acabamentos de peles

Cerâmica
- Vidrados (afinante) em vidros e cerâmica

EEE
- Retardantes de chama utilizados nos plásticos de EEE

Química
- Retardantes de chama em tintas e plásticos
- Catalisador e estabilizador de calor em plásticos

Automóvel
- Baterias de chumbo-ácido (LABs, Lead Acid Batteries)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (74%), Austrália, Bolívia, México, Rússia, África do Sul, Tadjiquistão
- % abastecimento mercado EU: Turquia (62%)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: BE, FR, DE (...)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- RU indiferenciado
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos e azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Pilhas, baterias e acumuladores
- Recolha voluntária de têxteis

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

43 exemplos identificados (cerâmica:15; EEE: 7; têxteis: 11) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente maximização dos processos, reutilização, reparação, simbiose industrial e reciclagem) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

3.2.2 Barita ($BaSO_4$ mineral)

$BaSO_4$
barita

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Produção pigmentos brancos, anti-vincos, agentes compactantes, etc

Calçado
- Ingrediente e carga, utilizado sobretudo em borracha e plásticos/polímeros (peças poliméricas e solas)

Cerâmica
- Pasta cerâmica para louças sanitárias especiais e louça decorativa
- Tijolo e telha
- Vidrados (fundente) 10-15%
- Cerâmica eletrónica?

Química
- Pigmento/carga em borracha, plásticos, tintas e papel
- *Agente de ponderação em fluidos/lamas de perfuração de poços petróleo*

Automóvel
- Isolamento sonoro, tapetes de chão e calços de travões

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (38%), Índia, Marrocos, Irão, Cazaquistão, Turquia e USA
- % abastecimento mercado EU: China (38%)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: sem informação

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciados
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos e azulejos, tijolo e telha)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Recolha voluntária de têxteis

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

22 exemplos identificados (cerâmica 9: EEE:2; têxteis:11) (maioritariamente maximização dos processos, reutilização, reparação e simbiose industrial) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

3.2.3 Bauxite (Al & Ga)

bauxite
Al & Ga

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil e calçado
- Agente de acabamento, sobretudo em têxteis para calcado

Química
- produção de sulfato de alumínio (agente floculante), cloreto de alumínio, fluoreto de alumínio e aluminato de sódio

EEE
- em ligas com alumínio é usado em máquinas fotográficas, portáteis, telemóveis, ferramentas elétricas

Energias renováveis
- Ligas para construção de nacelles (eólica)
- estrutura dos paineis + inversores + em ligas para construção e apoio (PV)

Automóvel
- Ligas para chassis

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Austrália (28%)
- % abastecimento mercado EU: Guiné (64%); EU (EL, FR, HU, HR (1 e <1% prod. Mundial)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: sem informação

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciados
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Recolha voluntária de têxteis

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados (nos EEE) com incidência na estratégia de EC de reparação, manutenção e atualização na fase de utilização dos computadores. Soluções que já se encontram no mercado.

3.2.4 Berílio (Be)

4
Be
9,012

Setor/ Produto / Aplicação

Cerâmica
- componentes cerâmicos de isolamento elétrico (óxido de Be)

EEE
- pequenos aparelhos eletrónicos de uso doméstico nas componentes de borracha, plásticos e vidro (ex. telemóveis)

Automóvel
- ligas metálicas não ferrosas, ligas leves com Al, usadas em maxilas de travão em automóveis
- componentes eletrónicos da ind. automóvel (ex. giroscópios)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: EUA, China, Madagáscar, Moçambique
- % abastecimento mercado EU: n/a

Processamento fora UE, UE, PT
Fora UE: Cazaquistão, Japão, China

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados (nos EEE) com incidência na estratégia de EC de reparação, manutenção e atualização na fase de utilização dos computadores. Soluções que já se encontram no mercado.

3.2.5 Bismuto (Bi)

83
Bi
bismuto
208,98

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- para recobrir aventais como barreira de proteção de raios -X e microondas

Química
- pigmento em tintas e cosméticos
- pigmentos em alimentação para animais

EEE
- em ímanes permantentes NdFeB e Mn-Bi

Automóvel
- ligas de baixo ponto de fusão (ligas Pb, Sn, Zn)
- ligas para altas temperaturas (ligas Cu) com aplicações na indústria automóvel
- ligas de Bi-Mg para jantes

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (80% já processado), México, Rússia, BE (5% prod mundial)
- % abastecimento mercado EU: China (49%), USA, Cazaquistão, Japão

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: BE

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados (nos EEE) com incidência na estratégia de EC de reparação, manutenção e atualização na fase de utilização dos computadores. Soluções que já se encontram no mercado.

3.2.6 Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)

BO_x
borato
BO_3 /BO_4

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- compostos retardantes de chama, corantes têxteis, antibactericidas

Calçado
- ingrediente e retardante de chama (solas, peles, entre outros)

Cerâmica
- produção de fritas para esmalte cerâmico (parte da composição das fritas)

Química
- Produtos vários (adubos, detergentes, higiene, tratamento de madeiras, fluídos industriais), Catalisadores, Retardante de chama em plásticos e borrachas, Controlo de viscosidade em tintas, adesivos e cosméticos

EEE
- Ímanes permanentes (ex.: em discos HDD)
- Semicondutores em circuitos integrados

Energias renováveis
- Ímanes permanentes NdFeB ou lubrificantes (eólica)
- Dopantes (tipo p) nas bolcahas de células solares à base de silício

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Turquia (42%)
- % abastecimento mercado EU: Turquia (98%), Argentina

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: sem informação

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciados
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos e azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- Recolha voluntária de têxteis

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

28 exemplos identificados (cerâmica:17; têxteis: 11) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente maximização dos processos, reutilização, simbiose industrial e reciclagem interna) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

3.2.7 Borracha Natural

Borracha natural

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- usado em elastómeros, coatings, etc...

Calçado
- matéria-prima para solas

Cortiça
- materiais compósitos à base de cortiça, principalmente para a produção de revestimentos e isolamentos

Automóvel
- pneus

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (74%), Austrália, Bolívia, México, Rússia, África do Sul, Tadjiquistão
- % abastecimento mercado EU: Turquia (62%)

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: sem informação

Resíduos

Volume de resíduos produzido em 2019 potencialmente contendo a MPC+: *(em preparação)*

Localização final da valorização / deposição de resíduos com a MPC+ (PT, EU, nUE):

% reciclagem em Portugal: 55% dos resíduos (referido aos pneus, não exatamente à MPC)

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado
- Pneus Usados

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

9 exemplos identificados (automóvel:3; têxteis: 6) maioritariamente pelas estratégias de EC de reutilização e reciclagem) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). Estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

3.2.8 Carvão de coque (CCO)

Carvão de coque

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Fibras de carbono

Calçado
- matéria-prima usada em solas

Química
- Fertilizantes
- Produção de fosfato, carboneto de cálcio, carbonato de sódio, lã de rocha
- Tintas (proteção anticorrosiva)
- produtos diversos: gás de coque, sulfato de amónia e enxofre (subprodutos); sais de amónio, ácido nítrico (a partir do gás de amónia); óleo de creosoto, naftaleno, fenol e benzeno, fibras de carbono a partir de alcatrão)

Automóvel
- condutor em elétrodos para baterias de ião-Li (VEs)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (55%), Austrália, Bolívia, México, Rússia, África do Sul
- % abastecimento mercado EU: Austrália (24%)

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: PL, DE, FR (...)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado
- Pilhas, baterias e acumuladores
- Recolha voluntária de têxteis

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

Não foram identificados exemplos de estratégias de EC relacionados com esta MPC

3.2.9 Cobalto (Co)

27
Co
cobalto
58,93

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Produção de corantes

Calçado
- Corante/pigmento de materiais aplicados no calçado

Cerâmica
- Pigmentos, tintas e agentes de decoração usados nos pavimentos
- Pasta cerâmica (cor azul) para louça decorativa
- Pigmentos nas panelas e loiças de vidro azuis

Química
- Tintas e pigmentos (azul-cobalto)
- Catalisadores
- Adesivos de pneus, sabonetes, secadores de tintas
- soluções para coloração electrolítica de metais
- biotecnologia, recuperação mídia, eletrólise

EEE
- Ímanes permanentes (ex.: em discos HDD)
- baterias de ião de lítio
- Semicondutores em circuitos integrados

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Rep. Dem. Congo (59%)
- % abastecimento mercado EU: Rep. Dem. Congo (68%), Finlândia, Guiana Francesa

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: FI, BE, UK (...)

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

41 exemplos identificados (automóvel: 3; cerâmica:14; EEE: 13; têxteis: 11) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente aumentar a durabilidade dos produtos, maximização dos processos, reutilização, reparação, simbiose industrial e reciclagem) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de conceito, protótipo e o mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciados
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Pilhas, baterias e acumuladores
- Pneus usados
- Recolha voluntária de têxteis

3.2.10 Cortiça natural (matéria-prima estratégica)

Cortiça natural

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Tecido de cortiça para moda e decoração (produto corkfabrics)

Calçado
- Matéria-prima utilizada nas solas do calçado

Cortiça
- Rolhas e outros produtos

EEE
- Capas de telemóveis portugueses

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
% abastecimento mercado mundial: Portugal (55%), Espanha (34%), Itália (3%), Marrocos (3%), França, Tunísia, China
- % abastecimento mercado EU: Turquia (62%)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: PT

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

16 exemplos identificados no setor da Cortiça distribuídos maioritariamente pelas estratégias de EC de reciclagem interna e valorização de subprodutos e pelas várias fases do ciclo de vida (extração, fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade tecnológica das EC é já disponível no mercado.

Resíduos

Volume de resíduos produzido em 2019 potencialmente contendo a MPC+: 1.405 toneladas (estimativa apenas para rolhas – pressupostos relatório final secção 5.2.7)
Localização final da valorização / deposição de resíduos com a MPC+ (PT, EU, nUE):
% reciclagem em Portugal em 2019: 485 t reciclada (sem informação para estimar %).

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado
- Sistema voluntário recolha de rolhas
- *REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (pouco relevante)*

3.2.11 Elementos de Terras Raras Leves (LREE)

Elementos de Terras Raras Leves (LREE)

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Aditivos têxteis: Ce, La, Nd, Pm, Pr

Cerâmica
- Pigmento amarelo na pasta e vidrados: Pr
- Vidrados (afinantes): Ce

Química
- Catalisadores: Ce, La, Nd, Pr
- Fertilizantes: La, Ce
- Formulação de tintas: La, Ce, Nd

EEE
- Pós fluorescentes (lâmpadas e tubos de raios catódicos): La, Ce
- Ímanes permanentes NdFeB (ex: motores de ar-condicionado, HDD)

Energias renováveis
- Ímanes permanentes NdFeB (ex: turbinas eólicas): Nd, Pr

Automóvel
- Assento auto (La, Nd, Pr)
- Sistema de climatização Nd
- Sistema de trasmissão, direção e freio (Ce, La, Nd, Sm)
- Sistema de iluminação exterior Ce
- Sistema de eletrónica de segurança auto Nd, Pr
- Painel de instrumentos e interior Pr

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (86%)
- % abastecimento mercado EU: China (99%)

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: sem informação

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

37 exemplos identificados (cerâmica:15; EEE: 18; renováveis: 4) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente reutilização, reparação, simbiose industrial e reciclagem) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de conceito, protótipo e o mercado.

3.2.12 Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)

Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Aditivos têxteis: Gd, Pr, Ho, Yb
- Pigmentos fluorescentes

Cerâmica
- Pasta cerâmica branqueadora:Y
- Cerâmica para eletrónica
- Vidrados (opacificante, composição): Zircónio(!)

Química
- Catalisadores: Y

EEE
- Pós fluorescentes (lâmp e tubos de raios catódicos): Y, Tb, Eu, Gd
- Ímanes permanentes NdFeB (ex: motores de ar-condicionado, HDD)

Energias renováveis
- Gerador de eletricidade eólica: Dy, Tr
- Ímanes permanentes NdFeB (ex: turbinas eólicas): Dy

Automóvel
- Assento auto (Dy)
- Sistema de climatização Dy, Eu, Yb
- Sistema de trasmissão, direção e freio (Dy, Eu, Tb, Y, Gd)
- Sistema de iluminação exterior Eu,Y,Gd
- Sistema de eletrónica de segurança auto Dy
- Painel de instrumentos e interior Dy, Gd

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (86%)
- % abastecimento mercado EU: China (98%)

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: sem informação

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

15 exemplos identificados (EEE: 11; renováveis: 4) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente maximização dos processos, reutilização e reparação) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de conceito e o mercado.

3.2.13 Escândio (Sc)

21
Sc
escândio
44,96

Setor/ Produto / Aplicação

Cerâmica
- Carbonetos de titânio-ândio (cerâmica técnica com aplicação reduzida)
- dopantes em *(vidros)* e produtos cerâmicos

EEE
- Ferrites em elementos de memórias de computadores

Energias renováveis
- *células de combustível de óxido sólido SOFCs*

Automóvel
- Ligas de alumínio-escândio (e magnésio)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
› Apesar de não ser raro, são raros os seus depósitos

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: não disponível

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

14 exemplos identificados nos têxteis distribuídos equitativamente por um número significativo de estratégias de EC e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
› RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
› REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
› VFV - Veículos em Fim de Vida

3.2.14 Espatoflúor (CaF_2)

CaF_2
espatoflúor

Setor/ Produto / Aplicação

Química
- células para espectroscopia
- químicos para a agricultura
- Produção de fluoropolímeros
- químicos para decapagem de alumínio

EEE
- refrigeração e ar condicionado

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
% abastecimento mercado mundial: China (65%)
› % abastecimento mercado UE: Turquia (32%), Itália (29%). França, Espanha

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: não disponível

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

Não foram identificados exemplos de estratégias de EC relacionados com esta MPC

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
› REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

3.2.15 Estrôncio (Sr)

38
Sr
estrôncio
87,62

Setor/ Produto / Aplicação

Cerâmica
- Fritas e vidrados fluorescentes

Química
- Inibidor de corrosão usado em tintas
- Pigmentos fosforescentes

EEE
- ímanes de cerâmica com aplicações em barreira de fluxo elétrico

Energias renováveis
- PV - ligas de alumínio para perfis de sistemas PV

Automóvel
- dispositivos pirotécnicos (usados para inflar o sistema de airbag)
- aplicações em limpa para brisas e pequenos motores

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Espanha (31%)
- % abastecimento mercado EU: Espanha (100%)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: sem informção

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

8 exemplos identificados (EEE: 2; têxteis: 6) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente reutilização, reparação) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

3.2.16 Fosfato natural

Fosfato natural

Setor/ Produto / Aplicação

Química
- Catalisadores químicos
- Fertilizantes
- Adubo
- Compostos para fabrico de fósforos e pirotecnica
- Aditivos alimentares, incluindo alimentação animal
- Detergentes e outros químicos
- Agentes desincrustantes
- Aditivos de lubrificantes
- Retardadores de chama
- Tratamento de águas industriais
- Agentes emulsionantes
- Soluções para niquelagem
- Produtos para tratamento de conversão
- Aditivos plásticos

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (74% já processado)
- % abastecimento mercado UE: Cazaquistão (71% já processado)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: Cazaquistão (71%)

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

7 exemplos identificados nos têxteis distribuídos equitativamente por um número significativo de estratégias de EC e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de protótipo e o mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado

3.2.17 Fósforo (P)

15
P
fósforo
30,97

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Retardantes de chama que são compostos orgânicos que contêm fósforo

Calçado
- Retardantes de chama (solas, acabamentos de peles, entre outros)

Química
- Aplicações químicas variadas (ex: fósforos)

EEE
- eletrónica,candidato para nova geração de equipamentos de optoeletrónica (black phosphorous ou P negro) para eventual substituição de silico

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (74%), Austrália, Bolívia, México, Rússia, África do Sul, Tadjiquistão
- % abastecimento mercado EU: Turquia (62%)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: DE, UK, HU (...)

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

48 exemplos identificados (cerâmica:15; EEE: 21; fertilizantes fosfatados: 7; renováveis: 5) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente maximização dos processos, reutilização, reparação, valorização de subprodutos e reciclagem) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de conceito, protótipo e o mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado
- *REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (pouco relevante)*
- Recolha voluntária de têxteis

3.2.18 Gálio (Ga)

31
Ga
gálio
69,72

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- para conferir determinadas propriedades (ex. e-textile) - nicho de mercado

EEE
- Sensores (termómetros seguros, micro-chips, leitores blue ray)
- células fotovoltaicas (GaAs)
- LED; LD (díodos de laser); IREDs (díodos infra-vermelhos)
- ligas e baterias (incl. aplicações elétricas)
- Amplificador de potência sem fios, dispositivos wireless (ex: telemíveis)
- Circuitos integrados

Energias renováveis
- PV - células fotovoltaicas (GaAs
- Dopantes em semicondutores em células PV CIGS

Automóvel
- motor do automóvel, painel de instrumentos eletrónicos, estrutura do assento do automóvel e no sistema de iluminação exterior do veículo.

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Não disponível mas FI 10%)
- % abastecimento mercado EU: Finlândia (51%), China, UK (já processado)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: FI, UK (...)

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

11 exemplos identificados (EEE: 5; renováveis: 2; têxteis: 4) distribuídos por um número significativo de estratégias de EC (maioritariamente reparação, reutilização e reciclagem) e pelas várias fases do ciclo de vida (fabricação, utilização e pós-utilização). O estado de maturidade das EC varia entre as fases de conceito, protótipo e o mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

3.2.19 Germânio (Ge)

32
Ge
germânio
72,6

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Fibras têxteis sintéticas (catalizador de polimerização), Algumas fibras anti-estáticas e propriedades desodorizantes usam Ge.

Química
- catalisadores de polimerização

EEE
- fibras óticas e aparelhos óticos de infravermelhos (muito usados na TV por cabo e na internet)

Energias renováveis
- PV - células a-Si (amorphous silicon technology); materiais semicondutores para "multi-junction solar cells"
- circuitos integrados: semicondutores e semi-isolantes

Automóvel
- Circuitos integrados: semi-comdutores e semi-isolantes
- iluminação optoeletrónica (LED, LDs, IREDs)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (69%), Índia, Brasil, Coreia, Canadá, Rússia, Turquia
- % abastecimento mercado EU: China (47%)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: não disponível

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados (nos EEE) com incidência na estratégia de EC de reparação, manutenção e atualização na fase de utilização dos computadores. Soluções que já se encontram no mercado.

3.2.20 Grafite Natural (C)

Grafite natural

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- fibra de carbono em têxteis técnicos e tecidos para boa condutividade
- fibra anti-estática
- retardante de chama

Química
- lubrificantes
- retardadores de chama (plásticos, revestimentos, espumas de isolamento)
- Aditivos para as características trobológicas e condutividade de plásticos

EEE
- Material condutivo termo-eletrico em diversas aplicações digitais

Automóvel
- Baterias automóveis
- Produtos de fricção (blocos de freio, discos e revestimentos de embraiagem, lonas de freio, etc)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial:
- % abastecimento mercado EU:

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: FR, CH (...)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Pilhas, baterias e acumuladores

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados (nos EEE) para substituição da MPC virgem por secundária e maximizar eficiência dos processos na fase de fabricação (protótipo ainda). 1 exemplo na fabricação de telemóveis para aumentar a durabilidade, já no mercado e 2 exemplos na utilização de telemóveis visando a reparação

3.2.21 Háfnio (Hf)

72
Hf
háfnio
178,49

Setor/ Produto / Aplicação

Cerâmica
- Material cerâmico refratário

Química
- Catálise (percursor de catalisador)

EEE
- Superligas para a fabricação de equipamentos eletrónicos

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: FR (49%)
- % abastecimento mercado EU: França (84%), USA, Rússia, UK (já processado)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: FR, CH (...)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

Não foram identificados exemplos de estratégias de EC relacionados com esta MPC

3.2.22 Índio (In)

49
In
índio
114,82

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Para têxtil técnico ex. e-textile - Nicho de mercado

EEE
- Soldas (computadores e compostos de semicondutores e LED)
- Monitores de painel plano (televisão, monitores)
- Vidros de LCD
- Células fotovoltaicas e fotónicas

Energias renováveis
- PV - células fotovoltaicas ITO (Indium Tin Oxide)
- PV – semi-condutores em células PV CIGS

Automóvel
- Vidro para automóvel *(e arquitetura)*
- painel de instrumentos e interior, sistema de iluminação exterior, sistema de retenção e airbag, baterias

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China 48%, Coreia Sul 21%; (para In já processado)
- % abastecimento mercado EU: idêntico ao anterior (para In já processado)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: FR, BE, UK, DE

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

20 exemplos identificados (EEE: 5; renováveis: 4; têxteis: 11) distribuídos por diferentes estratégias de EC. Todos os exemplos de EEE são relativos à fase de utilização e já aplicados no mercado, quanto às energias renováveis os exemplos são relativos às fases de reutilização e reciclagem, variando o seu estado de maturidade entre a fase de protótipo e o mercado. Nos têxteis os exemplos de estratégias de circularidade distribuem-se pelas fases de fabricação, utilização e pós-utilização, com um estado de maturidade entre a fase de protótipo e o mercado.

3.2.23 Lítio (Li)

3
Li
lítio
6,96

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- Aditivo para o tingimento têxtil

Cerâmica
- Pasta de cerâmica e fabrico de fritas

Química
- Catalisadores ou iniciadores para produção de borracha sintética , Aditivos em lubrificantes
- Pigmento em pirotecnia

Exploração mineira
- Atividade primária de extração da MPC

EEE
- Baterias de ião de Li (LIBs)

Automóvel
- Baterias, Sistema de direção, transmissão e freio automóvel
- Sistema de eletrónica e segurança automóvel

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Chile (44%)
- % abastecimento mercado UE: Chile (78%), PT (13% extração para UE)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: <1%

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

40 exemplos identificados (automóvel: 2, cerâmica:13; EEE: 11; têxteis: 14) distribuídos por uma grande diversidade de estratégias de EC e pelas várias fases do ciclo de vida. O estado de maturidade varia entre as fases de conceito (apenas um exemplo), protótipo e o mercado, apresentando um número considerável de aplicações.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização :
- RU indiferenciado
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Pilhas, baterias e acumuladores
- Recolha voluntária de têxteis

3.2.24 Magnésio (Mg)

12
Mg
magnésio
24,31

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- em substâncias como óxido, cloreto, etc que vão ser usados por exemplo como agente antibactericida, auxiliar de tingimento, *sizing*, etc...

Calçado
- matéria-prima/carga, usada sobretudo em plásticos e borrachas (peças poliméricas e solas)

Química
- ânodos para proteção de estruturas metálicas
- síntese química industrial

EEE
- ligas de alumínio (ex.: em portáteis, telemóveis, ferramentas elétricas, etc)

Automóvel
- Ligas leves para automóveis (ex.: ligas de alumínio usado em jantes)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China 89%, USA 4%; (para Mg já processado)
- % abastecimento mercado EU: China 93%, UK 2% (para Mg já processado)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: UK 2%, outros<1%

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

10 exemplos identificados (EEE: 10) distribuídos por diferentes estratégias de EC, sendo relativos às fases de fabricação, utilização e pós-utilização. Apenas um exemplo é relativo à fase de protótipo, todos os outros já se encontram aplicados no mercado.

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- RU indiferenciado
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida
- Recolha voluntária de têxteis

3.2.25 Metais do Grupo da Platina (MGP)

Metais do Grupo de Platina (MGP)

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- produção paraxileno (produção intermédia PET para poliéster)

Cerâmica
- Loiça decorativa (Pt), Revestimento de capacitadores cerâmicos (Pd)

Química
- Catalisadores químicos (ex.: ácido tereftálico, peróxido de H_2 outros)
- Catalisadores de processos (ex: síntese da amónio KAAP, outros)
- Produção de fertilizantes e compostos azotados (Pt, Rh)
- Aplicações eletroquímicas (ânodos para prod de cloro e sóda cáustica) Ru

EEE
- ligas de alumínio (ex.: em portáteis, telemóveis, ferramentas elétricas, etc)

Automóvel
- Catalisadores automóveis, sistema de retenção e airbag auto (Pt, Rh), sistema de eletrónica de segurança (Pt), painel de instrumentos e interior auto (Pd)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: África do Sul, Rússia, nota: FI (1% prod mundial)
- % abastecimento mercado EU: África do Sul 76% (Ir, Pt, Rh, Ru), Rússia 40% (Pd).

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: não disponível

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- *RU indiferenciado (pouco relevante)*
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

7 exemplos identificados, todos relativos a EEE, distribuídos por diferentes estratégias de EC, sendo relativos às fases de fabricação, utilização e pós-utilização. Todos os exemplos encontram-se aplicados no mercado.

3.2.26 Nióbio (Nb)

41
Nb
nióbio
92,91

Setor/ Produto / Aplicação

Química
- Processos industriais

EEE
- condensadores, ímanes, supercondutores RMI = Imagem por Ressonância Magnética, etc

Energias renováveis
- elemento da liga de aço de alta resistência para torres de turbinas e aplicações em centrais geotérmicas

Automóvel
- aço de alta resistência e superligas (a confirmar)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Brasil
- % abastecimento mercado EU: Brasil, Canadá, UK

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: UK (1%)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida (a confirmar)

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

Não foram identificados exemplos de estratégias de EC relacionados com esta MPC

3.2.27 Silício-metal (Si)

14
Si
silício-metal
28,09

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil e Calçado
- constituinte de agentes auxiliares de tingimento e acabamento na indústria têxtil (surfactantes e amaciadores) no calçado

Química
- Silicones
- Produção de sabão e detergentes, prod limpeza e polimento
- Formas primárias de borracha sintética, de plástico
- Prod de tintas, vernizes, revestimentos, tintas e impressão
- Silicones, sílica sintética e silanos

EEE
- ligas de aluminio (ex.: em portáteis, telemóveis, ferramentas elétricas, etc)

Energias renováveis
- Materias semicondutores em células PV de Si cristalizado e Si amorfo

Automóvel
- Ligas leves para automóveis (ex.: ligas de aluminio usado em jantes)

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (66%) (já processado), FR (4%), ES (1%)
- % abastecimento mercado EU: China (66%) (já processado)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: Noruega (30%)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- RU indiferenciado
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados, relativos a EEE e respeitantes a reparação, manutenção e atualização, aplicando-se apenas à fase de utilização, já se encontrando implementados no mercado.

3.2.28 Tântalo (Ta)

73
Ta
tântalo
180,95

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- usado em nano-materiais para aplicação em têxteis técnicos

EEE
- condensadores para dispositivos eletrónicos

Energias renováveis
- Superligas com aplicações na energia eólica e geotérmica

Automóvel
- Sistema de eletrónica de segurança automóvel

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Rep. Dem. Congo (33%)
- % abastecimento mercado EU: : Rep. Dem. Congo (36%), nota: FR (1% prod. mundial)

Processamento fora UE, UE, PT
Na UE: não disponível

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados, relativos a EEE e respeitantes a reparação, manutenção e atualização, aplicando-se apenas à fase de utilização, já se encontrando implementados no mercado.

3.2.29 Titânio (Ti)

22
Ti
titânio
47,87

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- usado como dióxido de titânio em pigmentos, tecidos recobertos e delustrantes de certas fibras de têxteis técnicos

Química
- Polímeros para fabrico de plásticos
- Aplicações em pastas de dentes, tinta branca e outras aplicações
- Branqueados de sabões e sabonetes

Energias renováveis
- Aplicações nas tecnologias oceânica e geotérmica

Automóvel
- Ligas leves de alta resistência (Ti-V) com aplicação na indústria automóvel

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: Canada (19%), China (15%), Austrália (13%), África do Sul (12%) são os maiores produtores, (6%) Noruega
- % abastecimento mercado EU:

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: não disponível

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- RU indiferenciado
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

22 exemplos identificados (cortiça:16; EEE: 2; têxteis: 4), distribuídos por diferentes estratégias de EC. Quanto aos EEE são aplicados apenas à fase de utilização, já nos têxteis e cortiça aplicam-se às restantes fases do ciclo de vida, realçando-se que na cortiça são apresentados alguns exemplos respeitantes à fase de extração e transformação. O estado de maturidade varia entre as fases de protótipo e o mercado.

3.2.30 Tungsténio ou Volfrâmio (W)

74
W
tungsténio
183,84

Setor/ Produto / Aplicação

Têxtil
- usado para incorporar em tecidos técnicos conferindo condutividade

Química
- Tintas e pigmentos
- Catalisadores
- Aplicações químicas

EEE
- Transístores em circuitos integrados
- Tubos de raios catódicos (ex: TV, monitores)
- Iluminação e usos eletrónicos. O tungstatos de cálcio e de magnésio são usados em lâmpadas fluorescentes

Exploração mineira
- Ferramentas de fresnar, corte e exploração mineira

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (69%)
- % abastecimento mercado EU: China (26%), PT, ES, PL (1% cada prod mundial)

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: sem informação

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

2 exemplos identificados, relativos a EEE e respeitantes a reparação, manutenção e atualização, aplicando-se apenas à fase de utilização, já se encontrando implementados no mercado.

3.2.31 Vanádio (V)

23
V
vanádio
50,94

Setor/ Produto / Aplicação

Cerâmica
- Afinante no fabrico de pasta (pavimentos e revestimentos)
- Corante em fritas e vidrados (pavimentos e revestimentos)

Química
- Catalisador
- Catalisador químico, fabrico de ácido sulfúrico

EEE
- ligas com o aço (inox) produzem-se *(ferramentas e)* equipamentos resistentes, incluindo de uso doméstico (fogões, frigoríficos, etc)

Energias renováveis
- Aplicações nas tecnologias oceânica e geotérmica

Automóvel
- Ligas leves de alta resistência (Ti-V) com aplicação na indústria automóvel

Cadeia de abastecimento

Principais países produtores (extração)
- % abastecimento mercado mundial: China (39%),
- % abastecimento mercado EU: Áustria (52%), China (32%), Rússia (6%), África do Sul (5%) (já processado)

Processamento fora UE, UE, PT

Na UE: Áustria (52%)

Resíduos

Fileira resíduos / Sistema(s) recolha seletiva /valorização:
- RCD - Resíduos Construção e Demolição (ladrilhos, azulejos)
- REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
- VFV - Veículos em Fim de Vida

INOVAÇÃO PARA CIRCULARIDADE

19 exemplos encontrados (automóvel: 2, EEE: 11, renováveis: 6), distribuídos por diferentes estratégias de EC, aplicáveis às fases de fabricação, utilização e pós-utilização. Apenas existem 3 exemplos em estado de conceito tecnológico, relativamente a automóveis e renováveis, todos os restantes encontram-se em fase de protótipo ou já aplicados no mercado.

4 Cadeias de valor das MPC+ e etapas em Portugal

Esta seção apresenta graficamente uma sistematização das cadeias de valor para cada uma das 31 MPC+ estudadas, procurando identificar-se as etapas que se verificam em Portugal e/ou na EU.

Conforme a Figura 6, apresenta-se um **exemplo explicativo da cadeia de valor** para o antimónio com algumas notas explicativas. As **etapas consideradas** para cada MPC+ são:

(1) Extração;
(2) Processamento das matérias-primas (que pode ou não ser mineral e metalúrgico conforme a MPC+ em questão);
(3) Fabricação de produtos intermédios e/ou semiacabados e/ou componentes
(4) Fabricação de produtos finais
(5) Utilização de produtos finais

Por **produtos finais** entendem-se essencialmente produtos consumidos pelas famílias e empresas (maioritariamente) de comércio e serviços que irão dar origem a resíduos. Os produtos finais colocados no mercado que se destinam a fabricação de outros produtos (ex. ligas metálicas, aço ou catalisadores químicos) foram aqui considerados como produtos intermédios, semiacabados ou componentes.

Na "fabricação de produtos finais" apenas se identificam os oito setores considerados neste estudo, uma vez que os referidos produtos finais são detalhados na "utilização de produtos contendo a MPC".

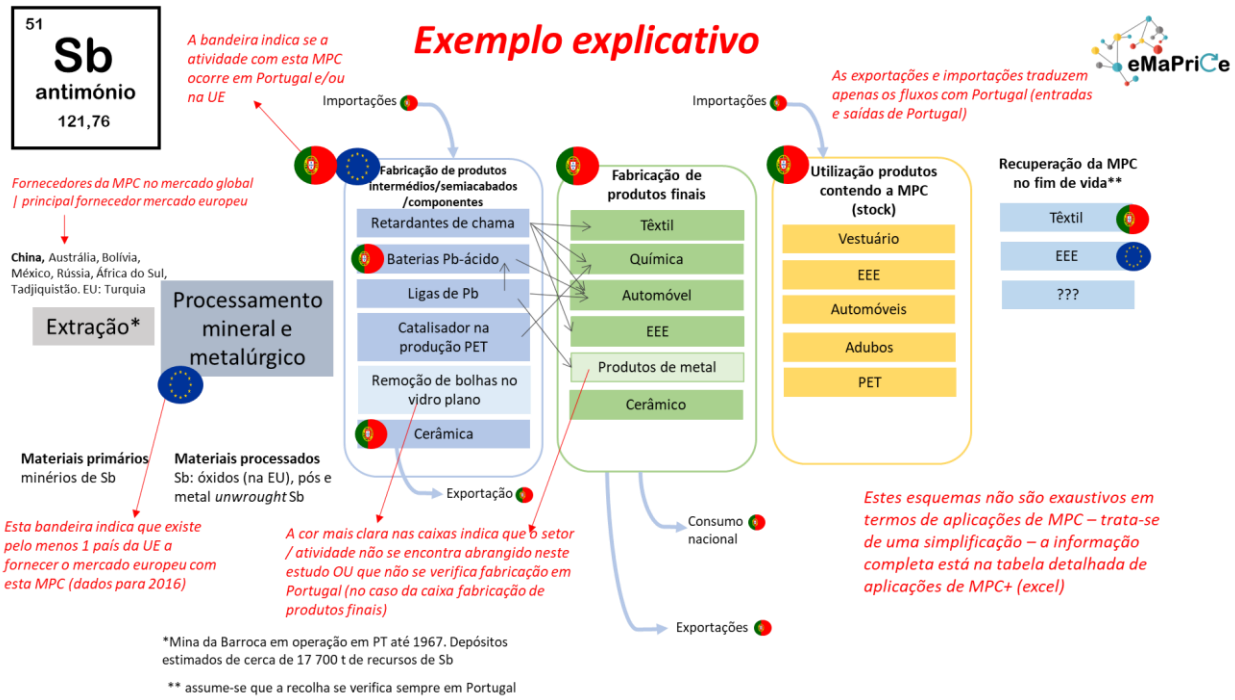
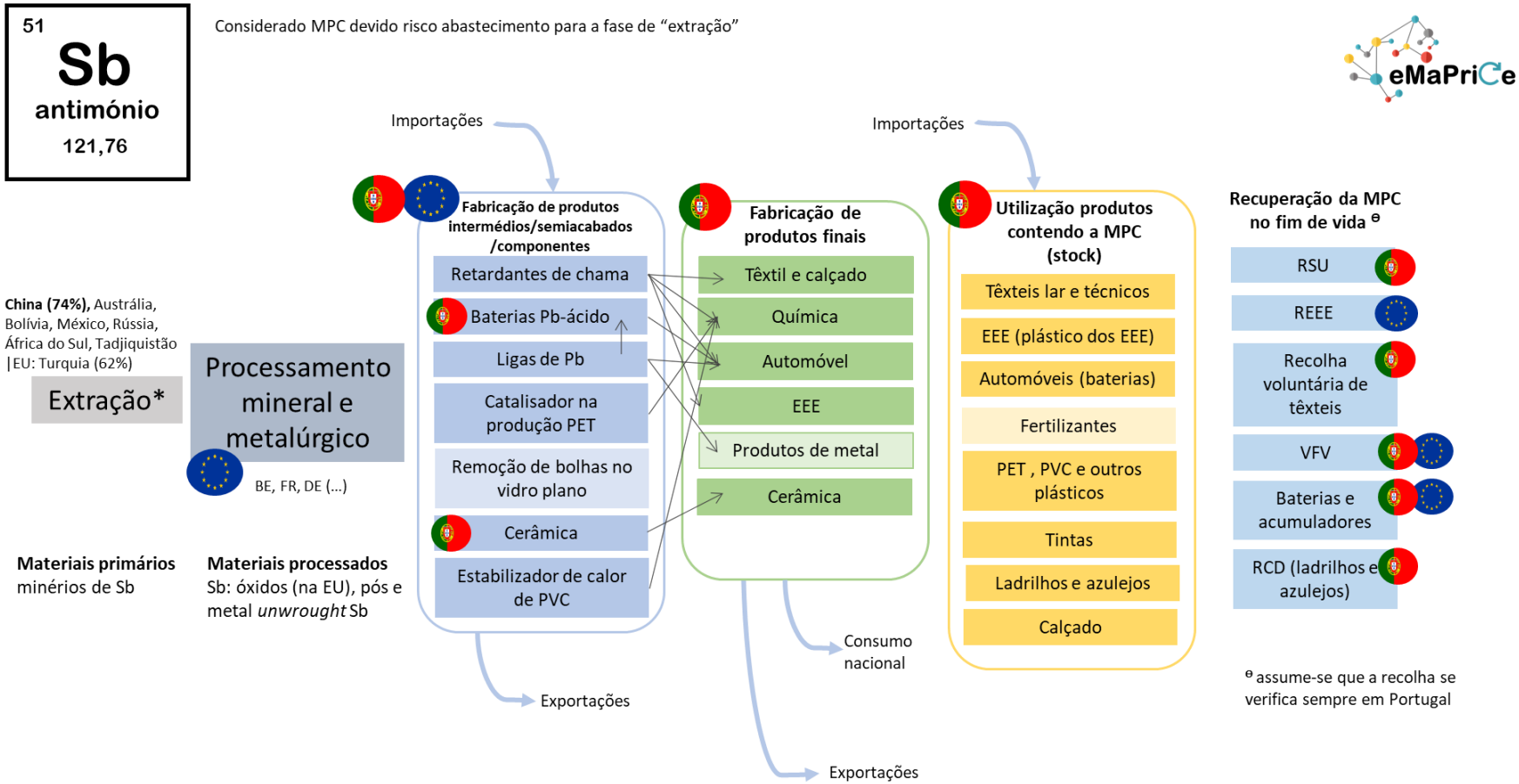


Figura 6 – Representação de cadeia de valor exemplificativa para o antimónio com notas explicativas. Considera-se que a gestão resíduos no fim de vida é uma das etapas da cadeia de valor. A figura não procura representar a produção de resíduos nas diversas etapas.

As % de fornecimento de MPC+ nas etapas de extração e processamento referem-se a valores de quota de mercado global e da EU para a média dos anos 2012 a 2016 conforme o estudo de apoio à lista da EU de MPC+[40] de 2020.

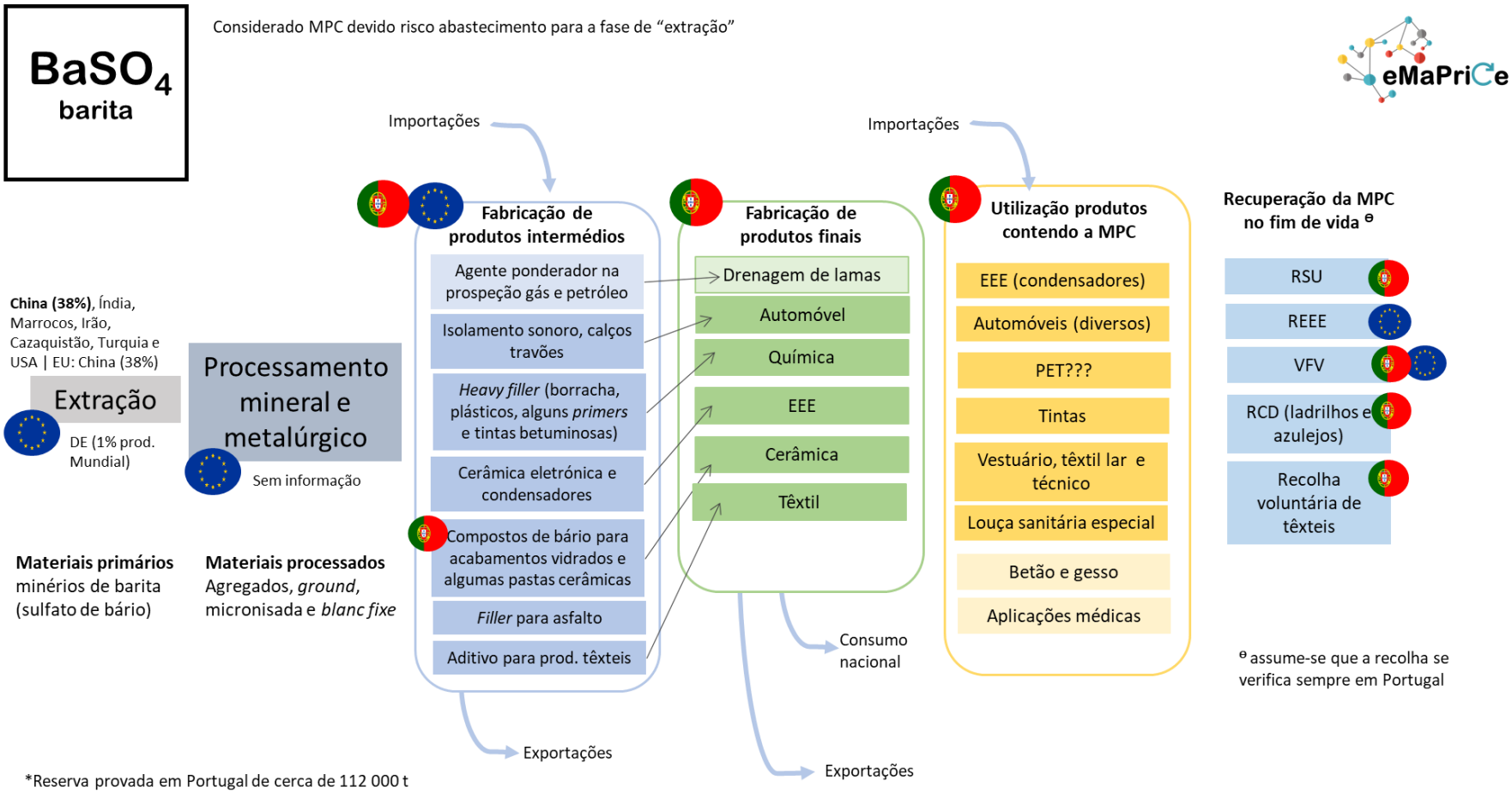
[40] European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report (2020)

4.1 Antimónio (Sb)



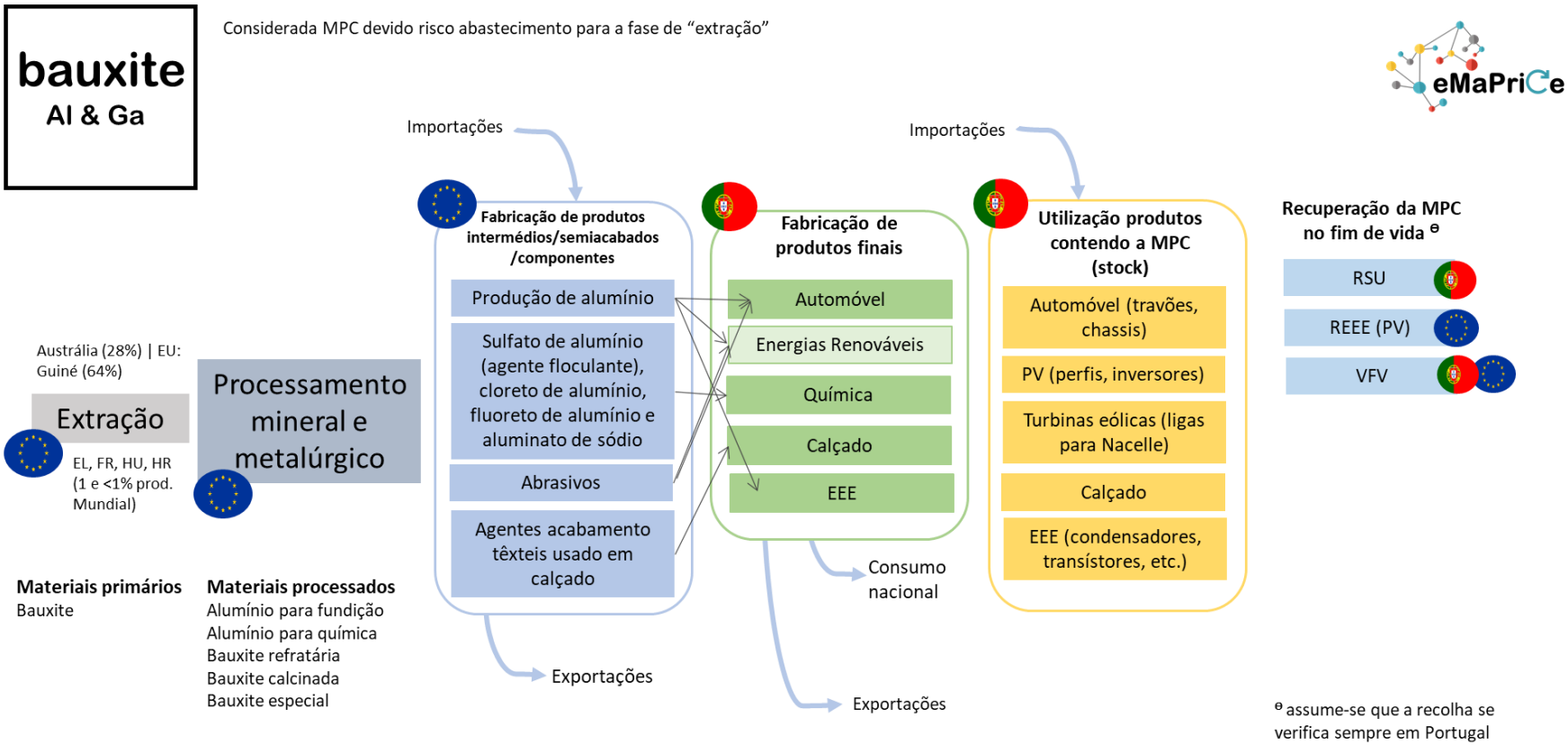
*Mina da Barroca em operação em PT até 1967. Depósitos estimados de cerca de 17 700 t de recursos de Sb

4.2 Barita ($BaSO_4$ mineral)



*Reserva provada em Portugal de cerca de 112 000 t barita na mina de Fe-Mn-barita de Serra da Mina. Houve extração até 2010 (15 t)

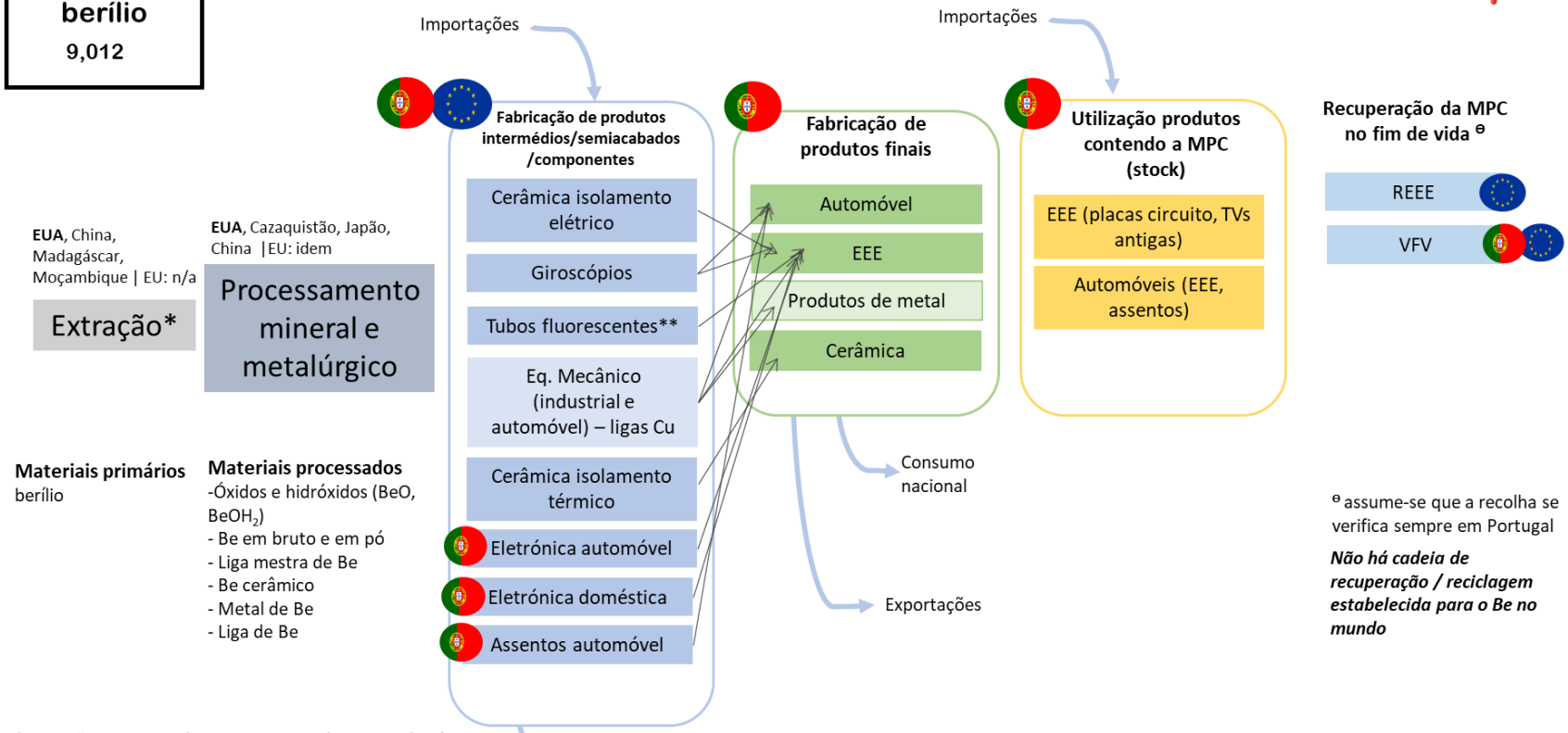
4.3 Bauxite (Al & Ga)



4.4 Berílio (Be)

4
Be
berílio
9,012

Considerado MPC devido risco abastecimento para a fase de "extração"



Materiais primários
berílio

Materiais processados
-Óxidos e hidróxidos (BeO, $BeOH_2$)
- Be em bruto e em pó
- Liga mestra de Be
- Be cerâmico
- Metal de Be
- Liga de Be

ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

Não há cadeia de recuperação / reciclagem estabelecida para o Be no mundo

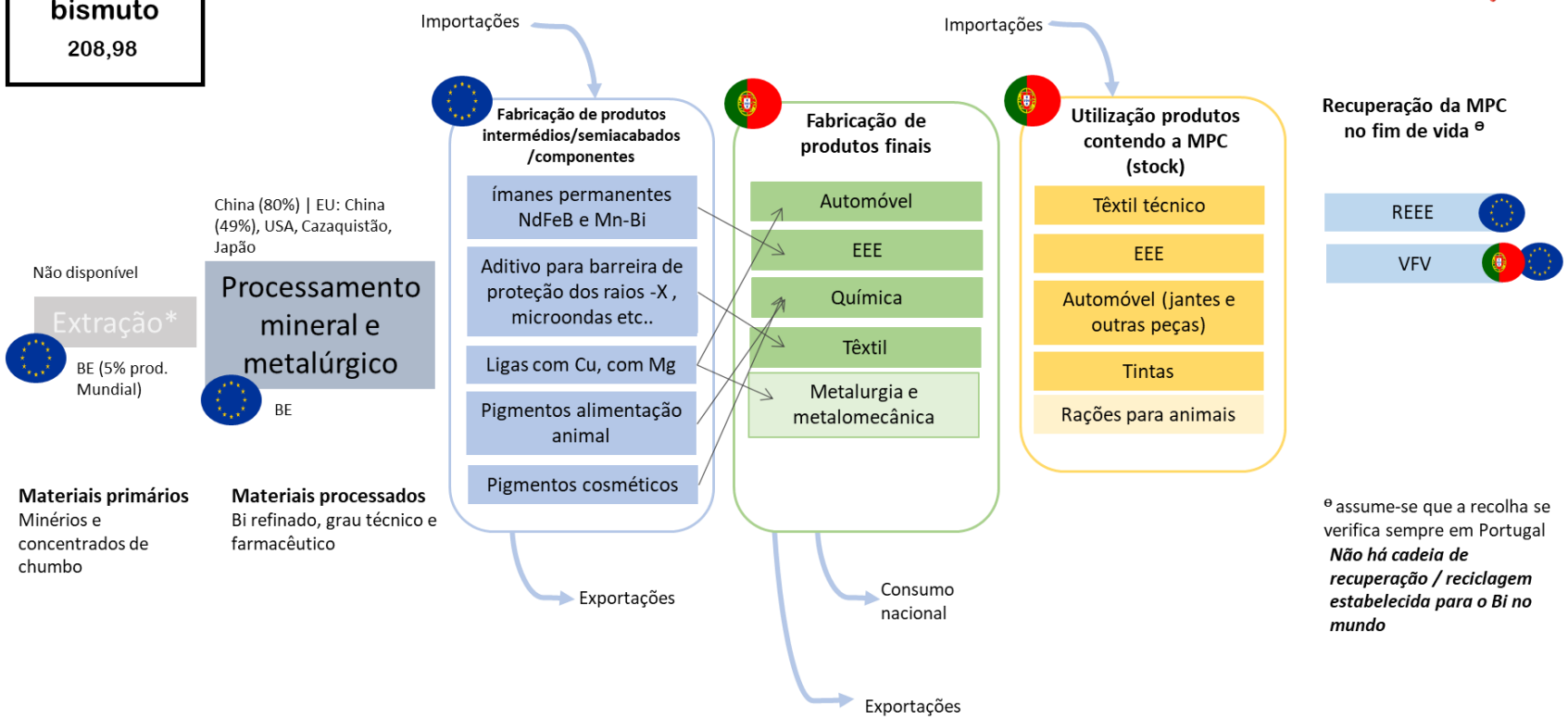
* Extração em Portugal em pequena escala em meados de 1900 (complexos graníticos de pegmatites com Be e ainda Sn, Nb, Ta, e W) principalmente na zona de Viseu. Estimam-se cerca de 159t de BeO (57t Be) em depósitos em Portugal.

** até recentemente Be aplicado em Tubos Fluorescentes

4.5 Bismuto (Bi)

83
Bi
bismuto
208,98

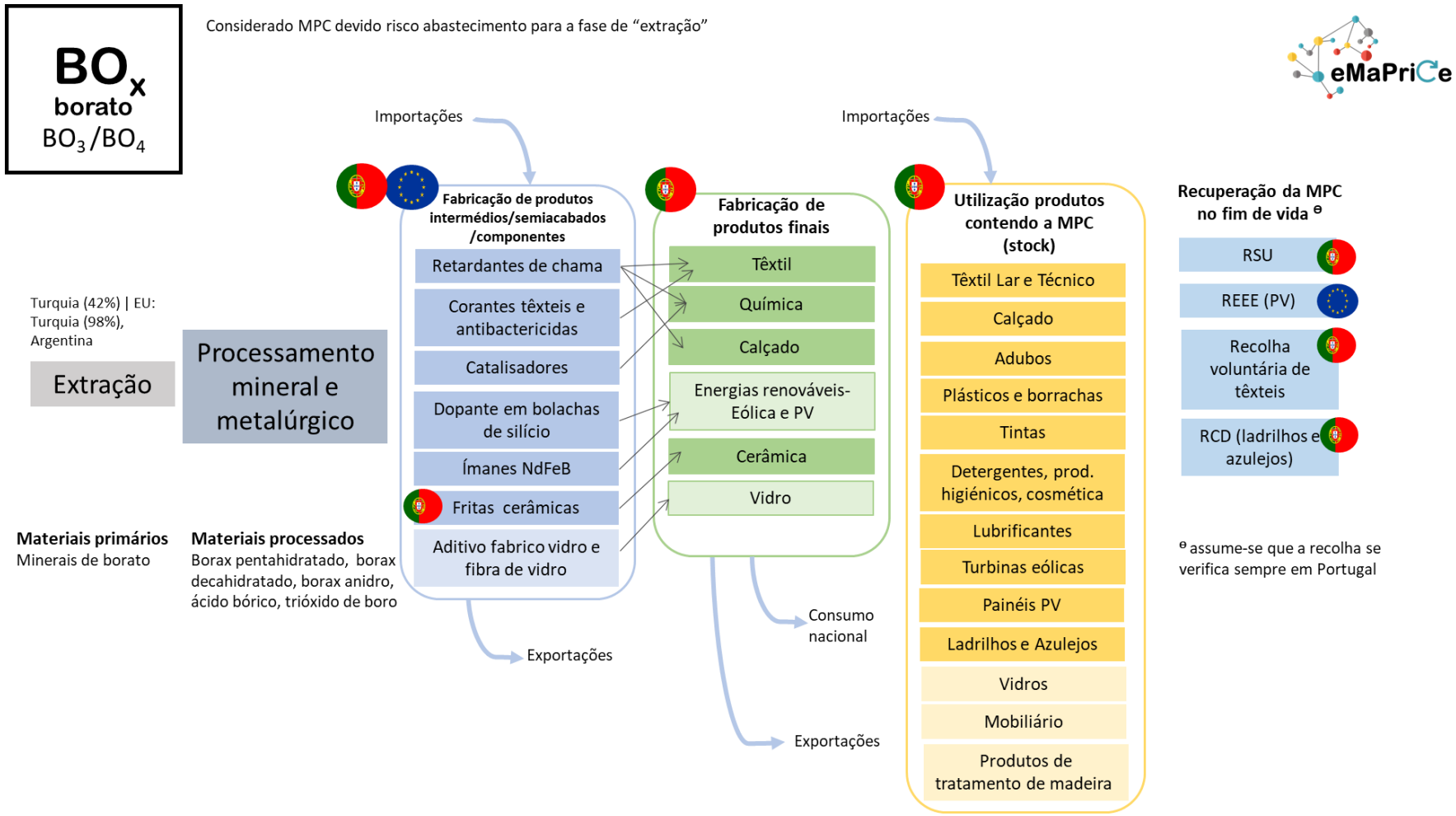
Considerado MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



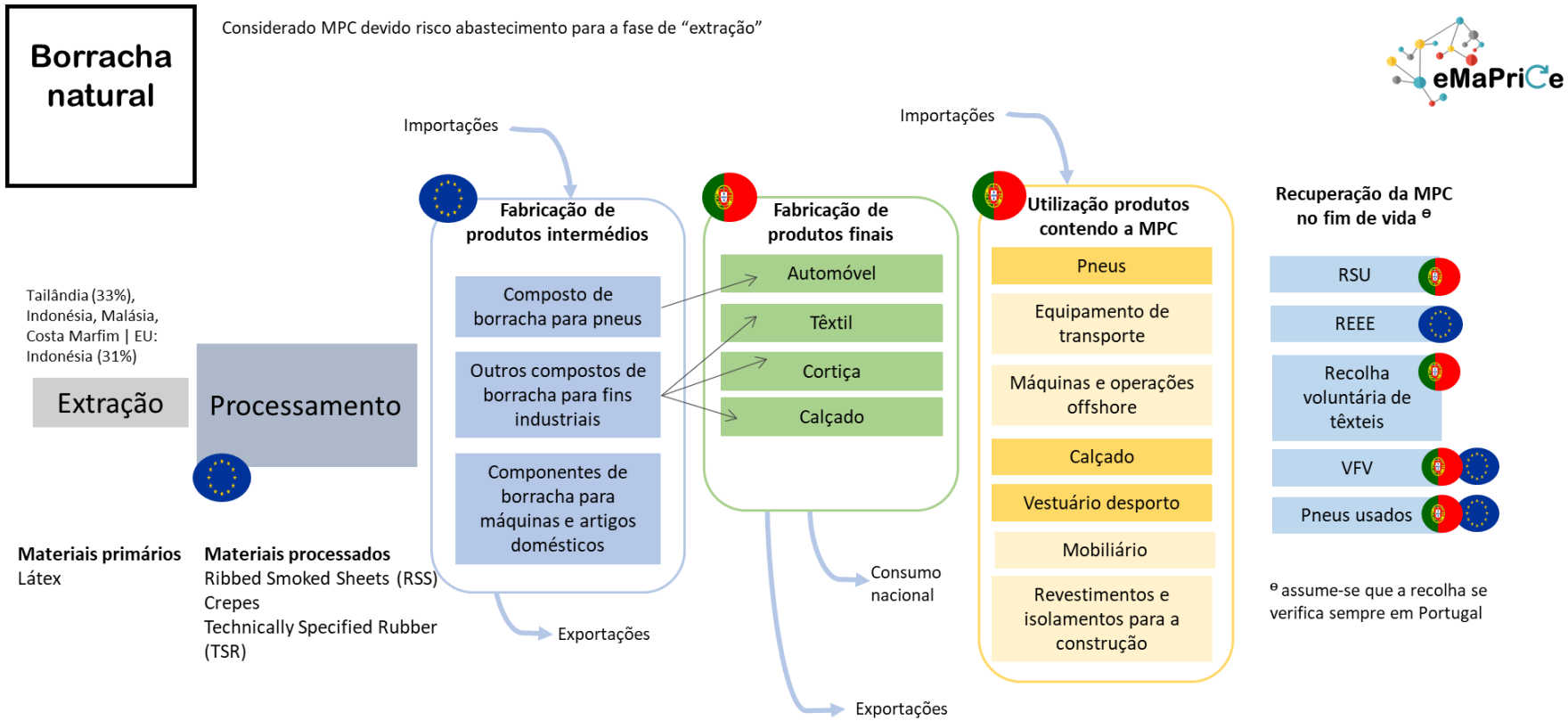
ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal
Não há cadeia de recuperação / reciclagem estabelecida para o Bi no mundo

*Alguma prospeção em Portugal

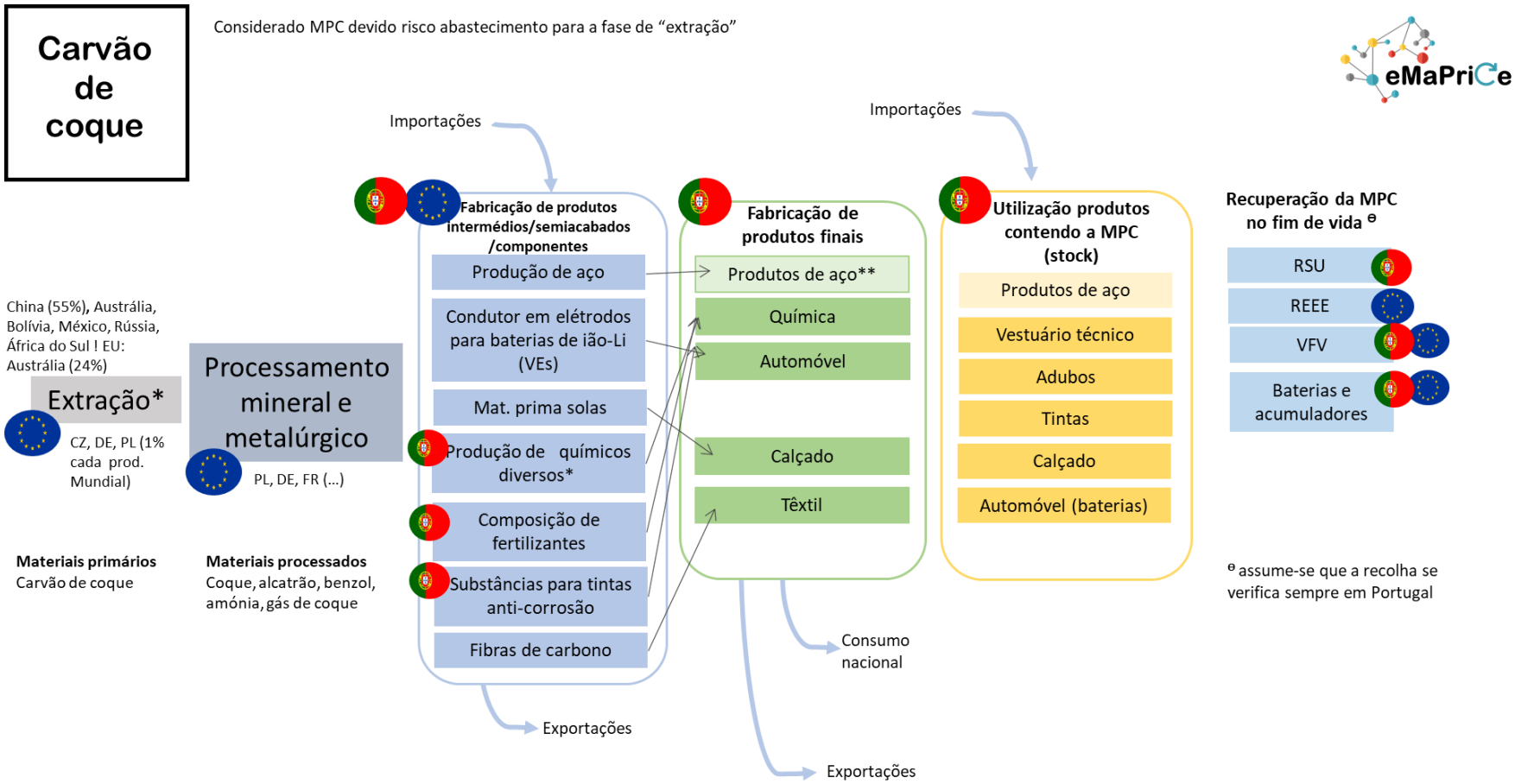
4.6 Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)



4.7 Borracha Natural

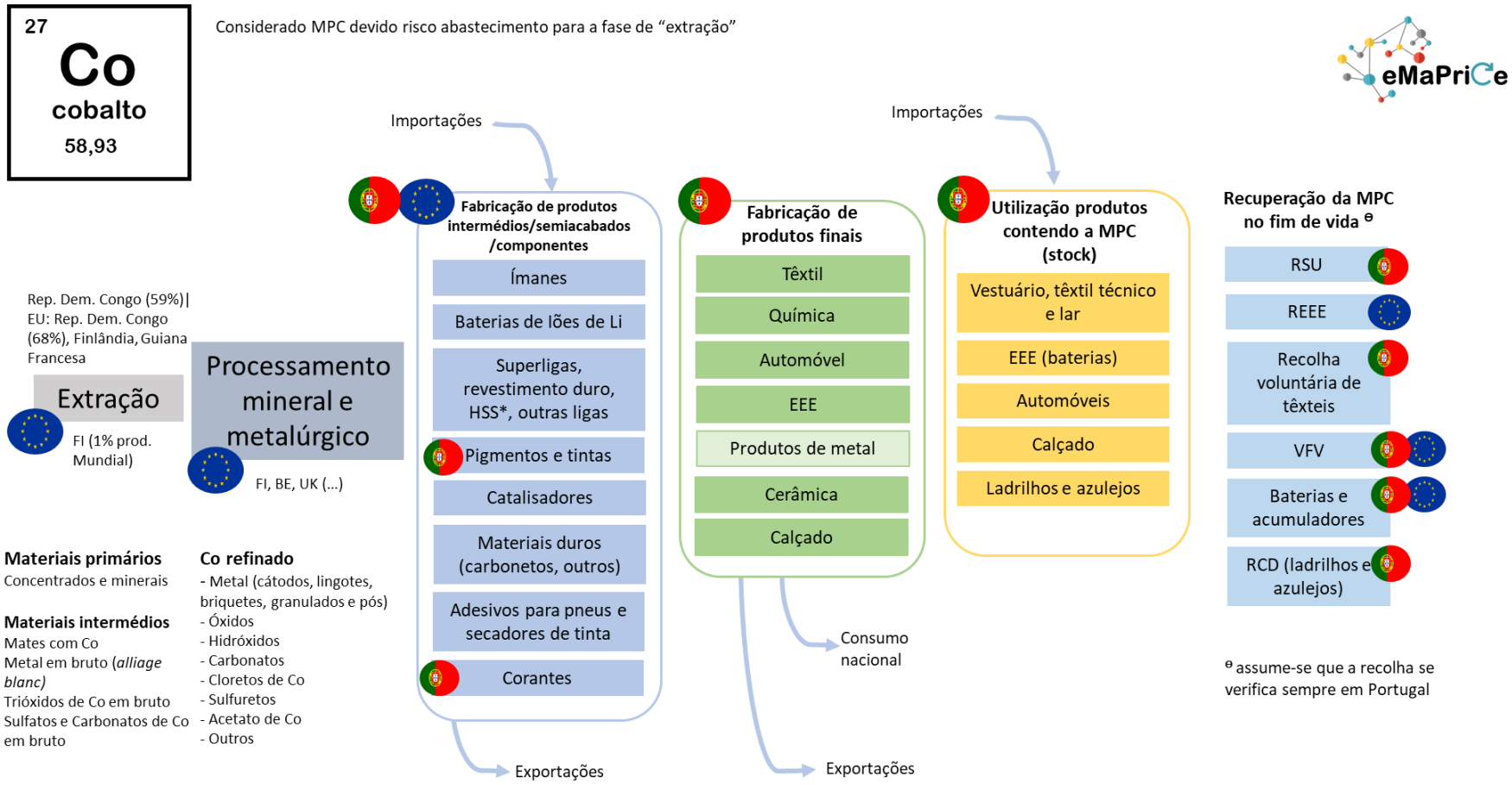


4.8 Carvão de coque (CCO)



* gás de coque, sulfato de amónia e enxofre (subprodutos); sais de amónio, ácido nítrico (a partir do gás de amónia); óleo de creosoto, naftaleno, fenol e benzeno, fibras de carbono (a partir de alcatrão); ** em Portugal a produção de aço não utiliza carvão de coque (todo o aço é produzido com forno de arco elétrico)

4.9 Cobalto (Co)

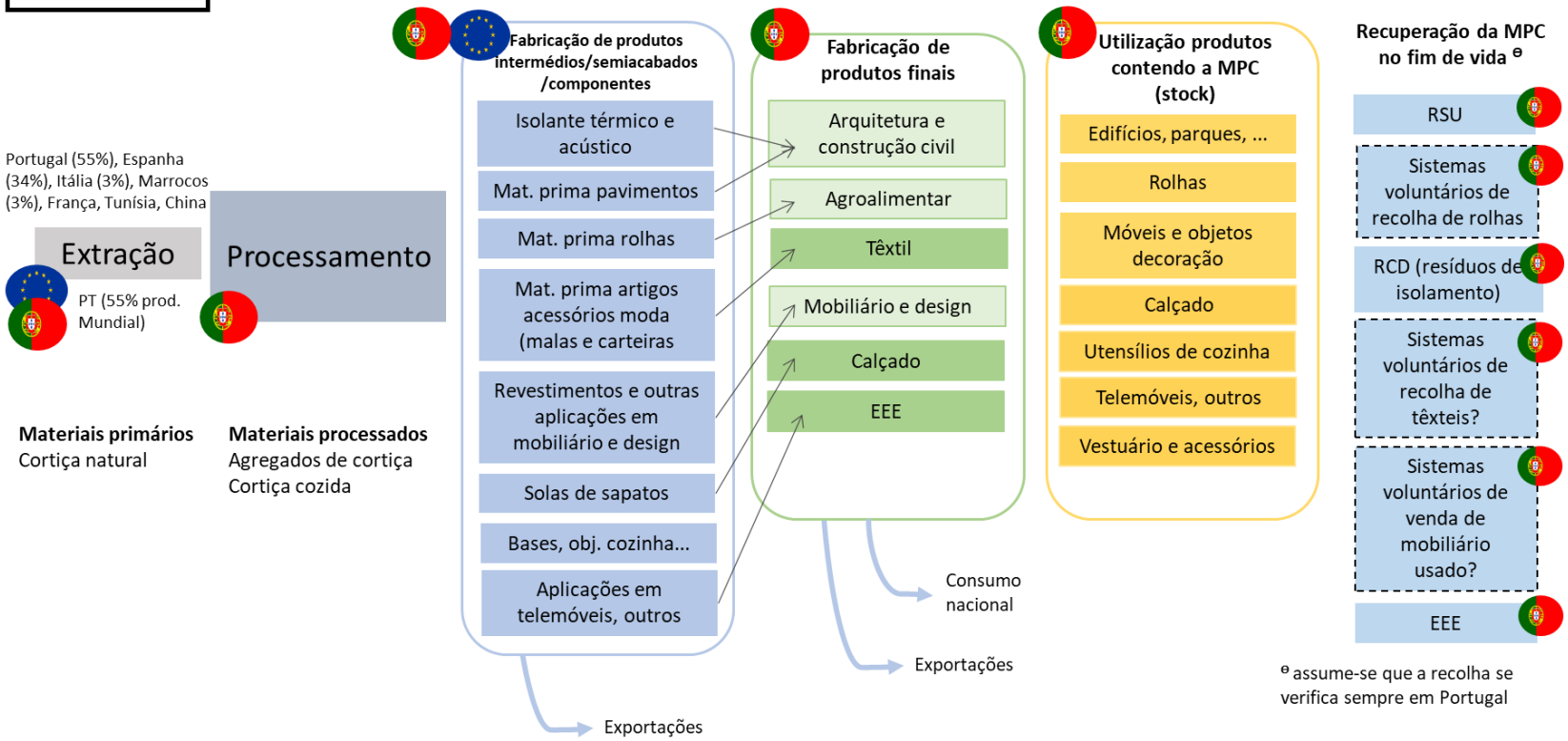


* aço de alta velocidade de revestimento duro (hard facing high speed steel HSS)

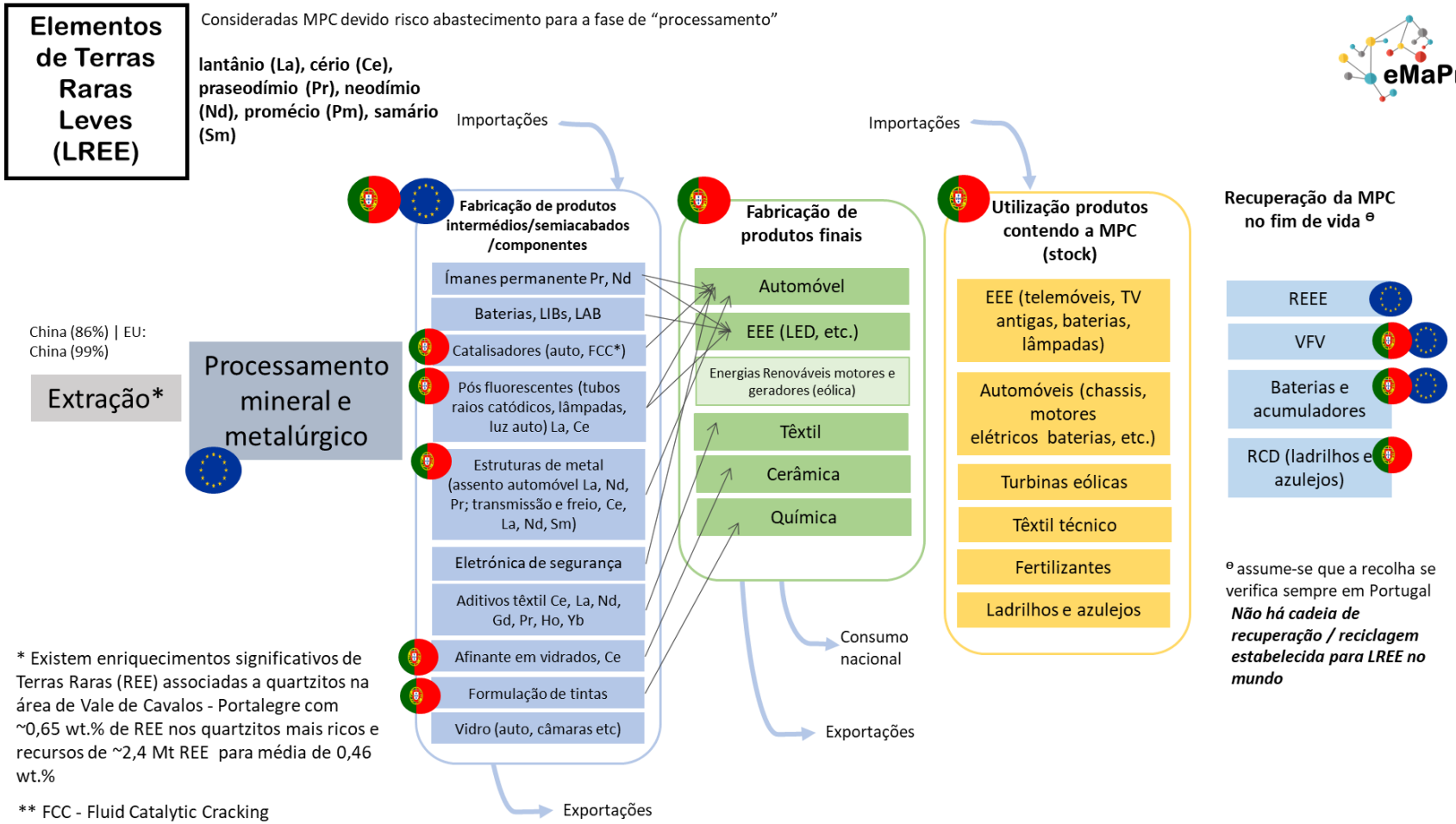
4.10 Cortiça natural (matéria-prima estratégica)

Cortiça natural

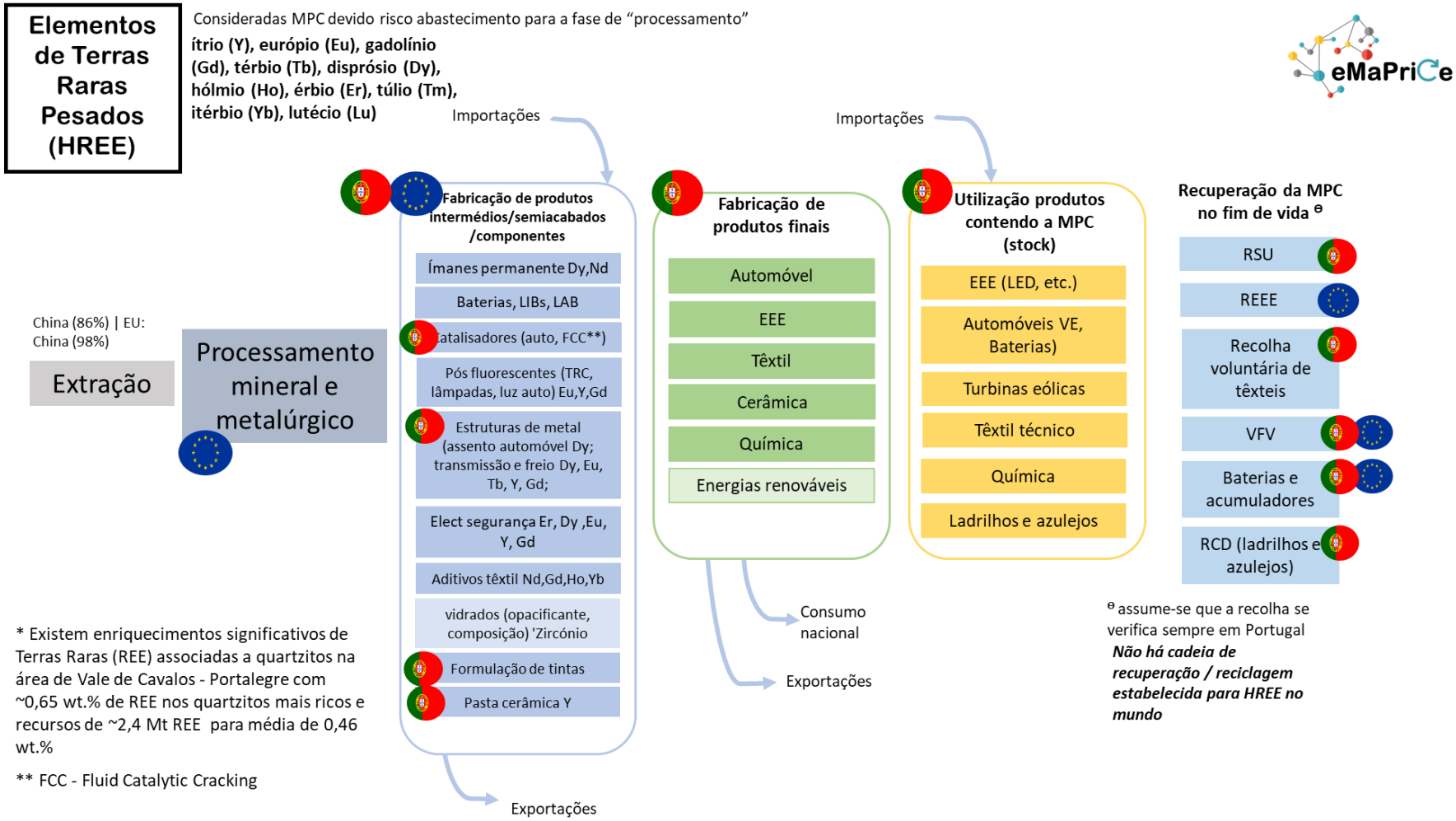
Considerada candidata a MPC devido risco abastecimento para a fase de "extração"



4.11 Elementos de Terras Raras Leves (LREE)



4.12 Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)



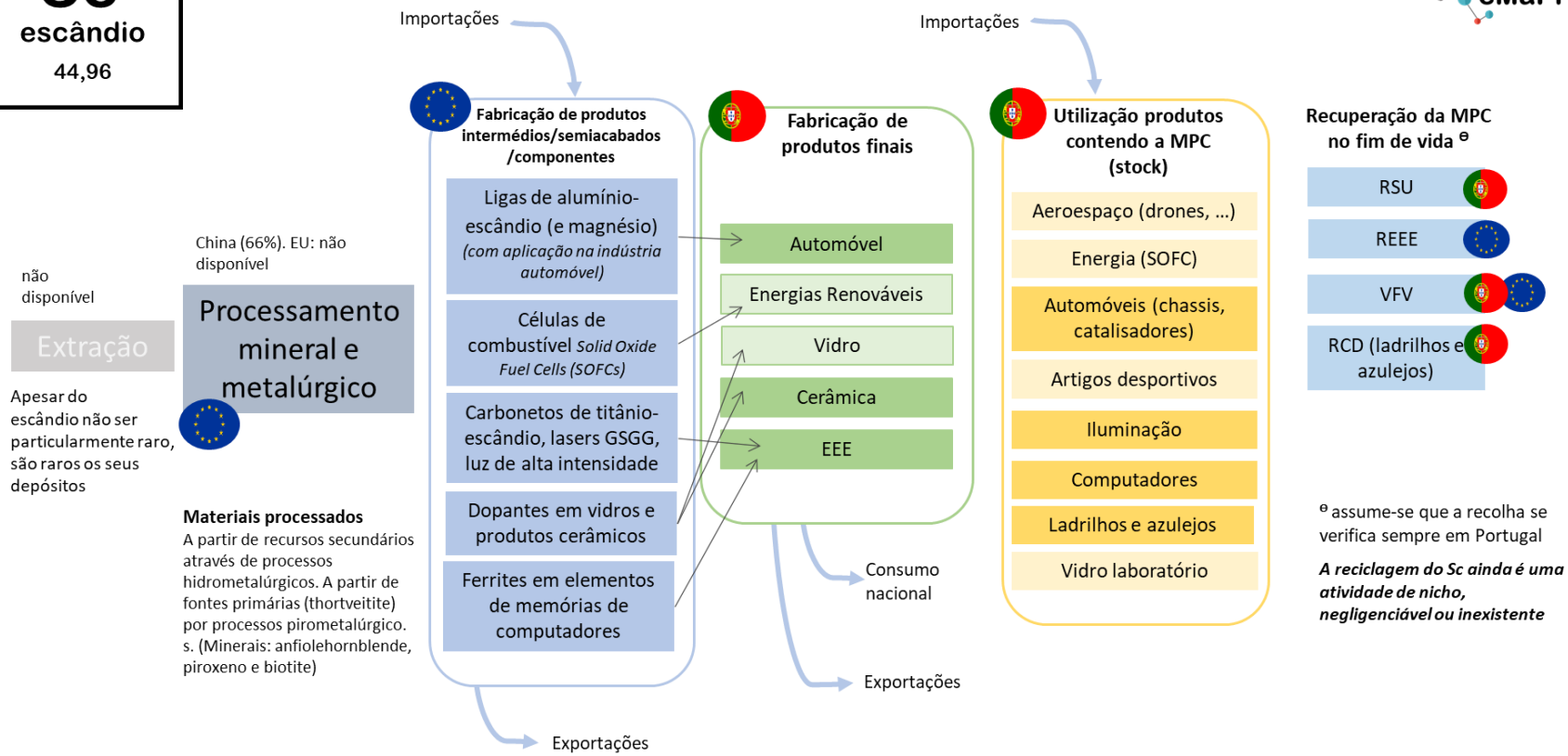
* Existem enriquecimentos significativos de Terras Raras (REE) associadas a quartzitos na área de Vale de Cavalos - Portalegre com ~0,65 wt.% de REE nos quartzitos mais ricos e recursos de ~2,4 Mt REE para média de 0,46 wt.%

** FCC - Fluid Catalytic Cracking

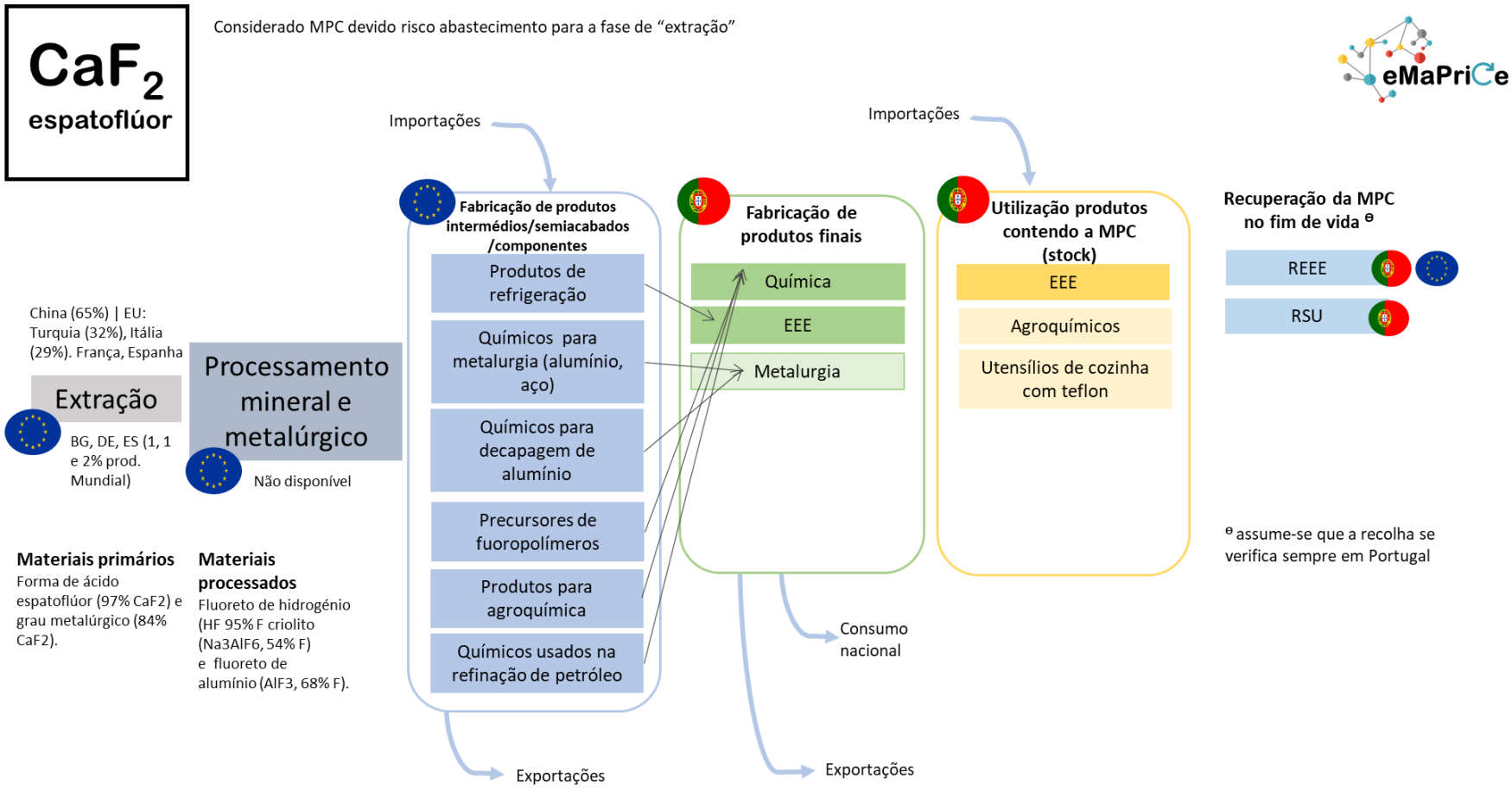
4.13 Escândio (Sc)

21
Sc
escândio
44,96

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



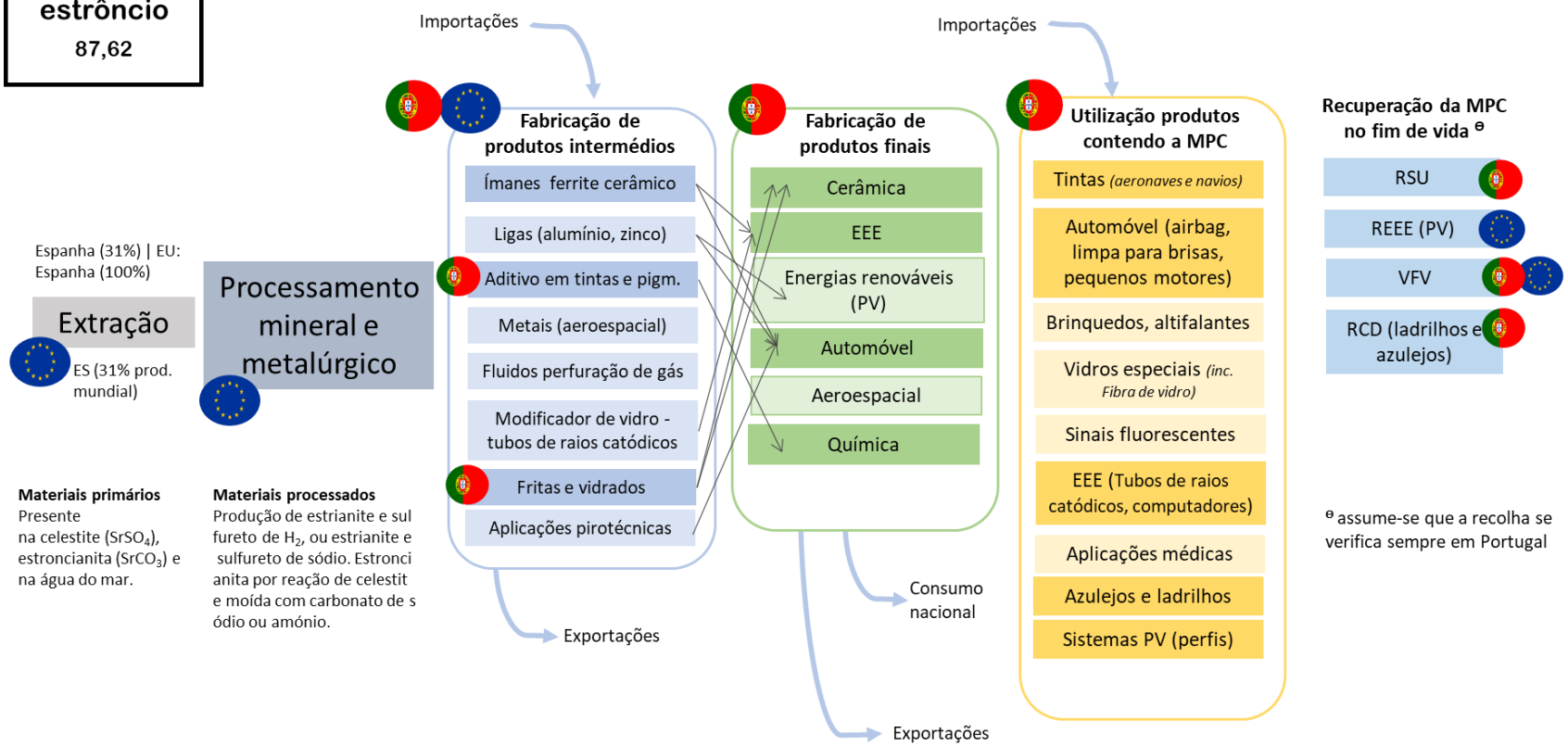
4.14 Espatoflúor (CaF_2)



4.15 Estrôncio (Sr)

38
Sr
estrôncio
87,62

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "extração"

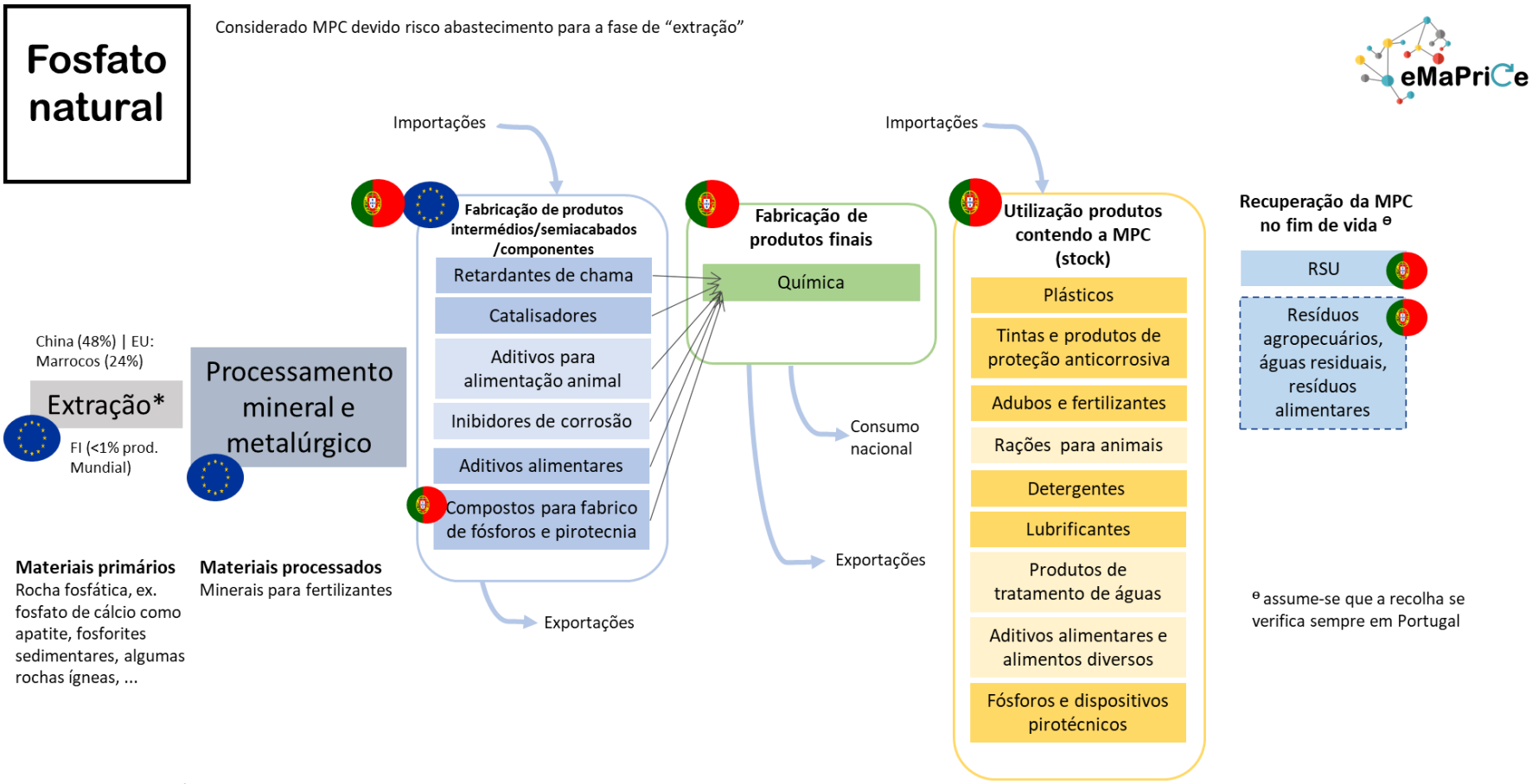


Materiais primários
Presente na celestite ($SrSO_4$), estroncianita ($SrCO_3$) e na água do mar.

Materiais processados
Produção de estrianite e sulfureto de H_2, ou estrianite e sulfureto de sódio. Estroncianita por reação de celestit e moída com carbonato de sódio ou amónio.

ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

4.16 Fosfato natural



*Portugal tem depósitos de fosfato natural (phosphate rock) nas categorias de fosforite e apatite mas não há informação sobre quantidades destes recursos.

4.17 Fósforo (P)

15
P
fósforo
30,97

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"

não disponível

Extração

China (74%) | EU: Cazaquistão (71%)

Processamento mineral e metalúrgico

Materiais primários
Rocha fosfática, ex. fosfato de cálcio como apatite, fosforites sedimentares, algumas rochas ígneas, ...

Materiais processados
P elementar é geralmente transformado e transportado sob a forma de vetores como tricloreto de fósforo (PCl_3) ou sulfuretos, óxidos ou ácido fosfórico muito puro

Importações

Fabricação de produtos intermédios/semiacabados /componentes

- Retardantes de chama
- Catalisadores
- Aditivos para alimentação animal
- Agentes emulsionantes
- Inibidores de corrosão
- Aditivos alimentares
- Asfalto, aditiv. plásticos
- Compostos para fármacos
- Comp. Luminescentes
- Metalomecânica
- Compon. Eletrónicos*

Exportações

Fabricação de produtos finais

- Química
- Farmacêutica
- Agroalimentar
- Agropecuária
- Pirotecnia
- EEE Eletrónica*
- Têxteis e Calçado
- Metalomecânica

Consumo nacional

Exportações

Importações

Utilização produtos contendo a MPC (stock)

- Plásticos
- Tintas e produtos de proteção anticorrosiva
- Adubos e fertilizantes
- Rações para animais
- Detergentes
- Lubrificantes
- Produtos de tratamento de águas
- Aditivos alimentares e alimentos diversos
- Fósforos e dispositivos pirotécnicos
- Equip. Eletrónico
- Fármacos
- Vestuário, têxtil-lar e técnico

Recuperação da MPC no fim de vida [e]

- RSU
- REEE*
- Recolha voluntária de têxteis
- Resíduos agropecuários, águas residuais, resíduos alimentares

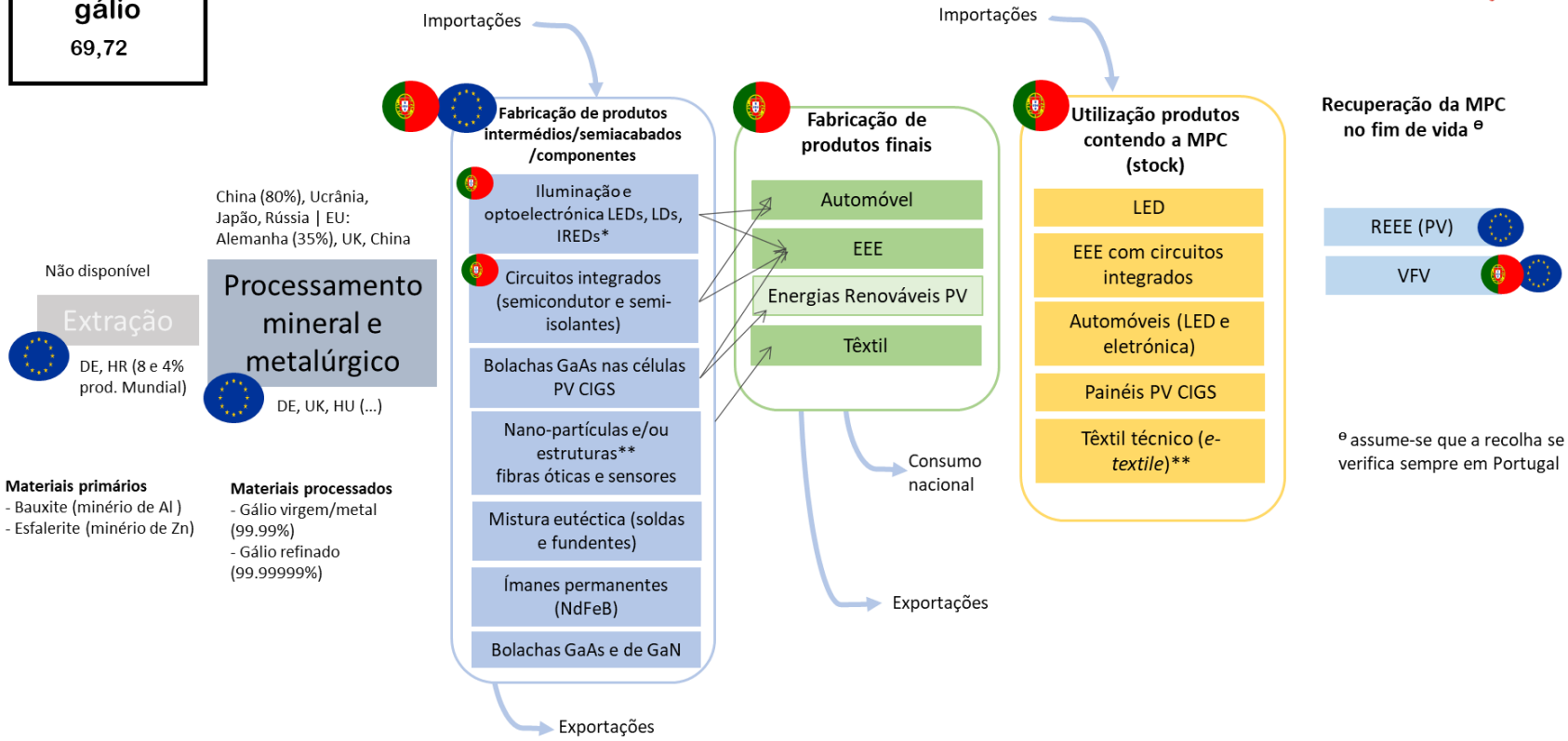
[e] assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

*aplicação emergente de "black phosphorous" ou fosforeno para substituir grafeno em optoelectrónica e transístores

4.18 Gálio (Ga)

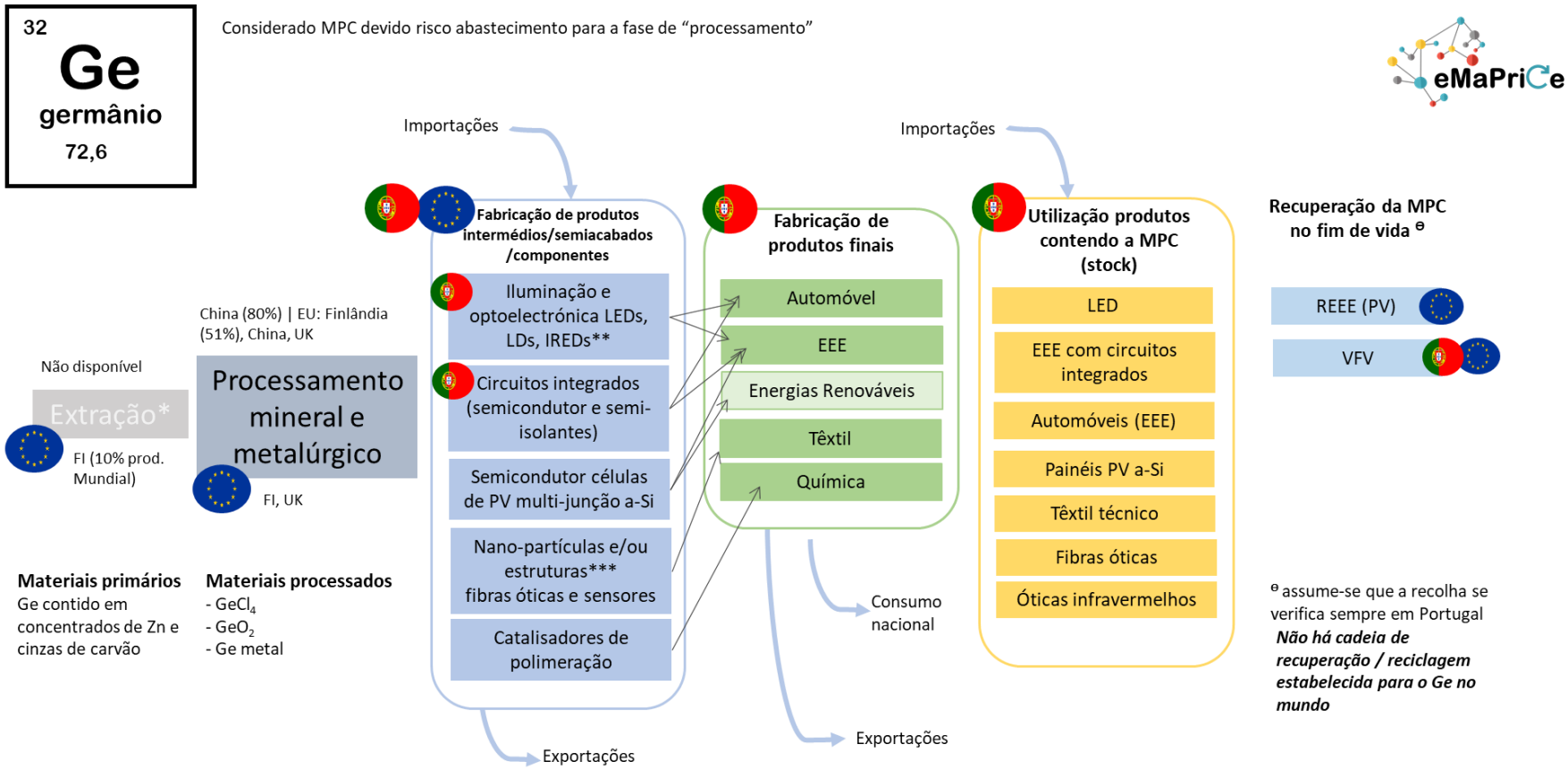
31
Ga
gálio
69,72

Considerado MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



*LED – Light Emitting Diodes ; LD – Laser Diodes ; IREDs – Infra Emitting Diodes **Tendências emergentes

4.19 Germânio (Ge)

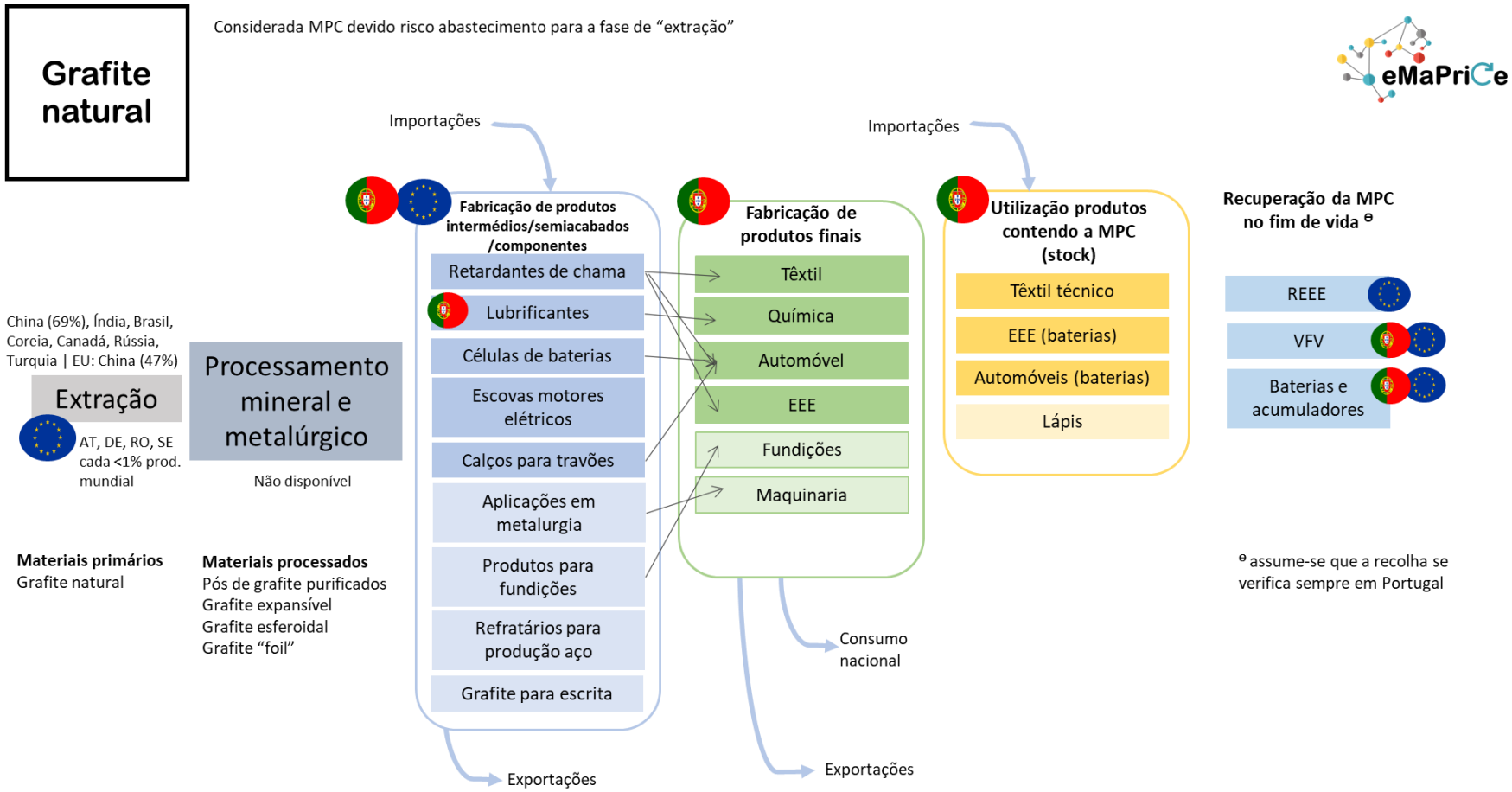


*A faixa piritosa ibérica com depósitos em Neves Corvo e Barrigão tem ocorrências de Ge, atualmente não explorado /recuperado.

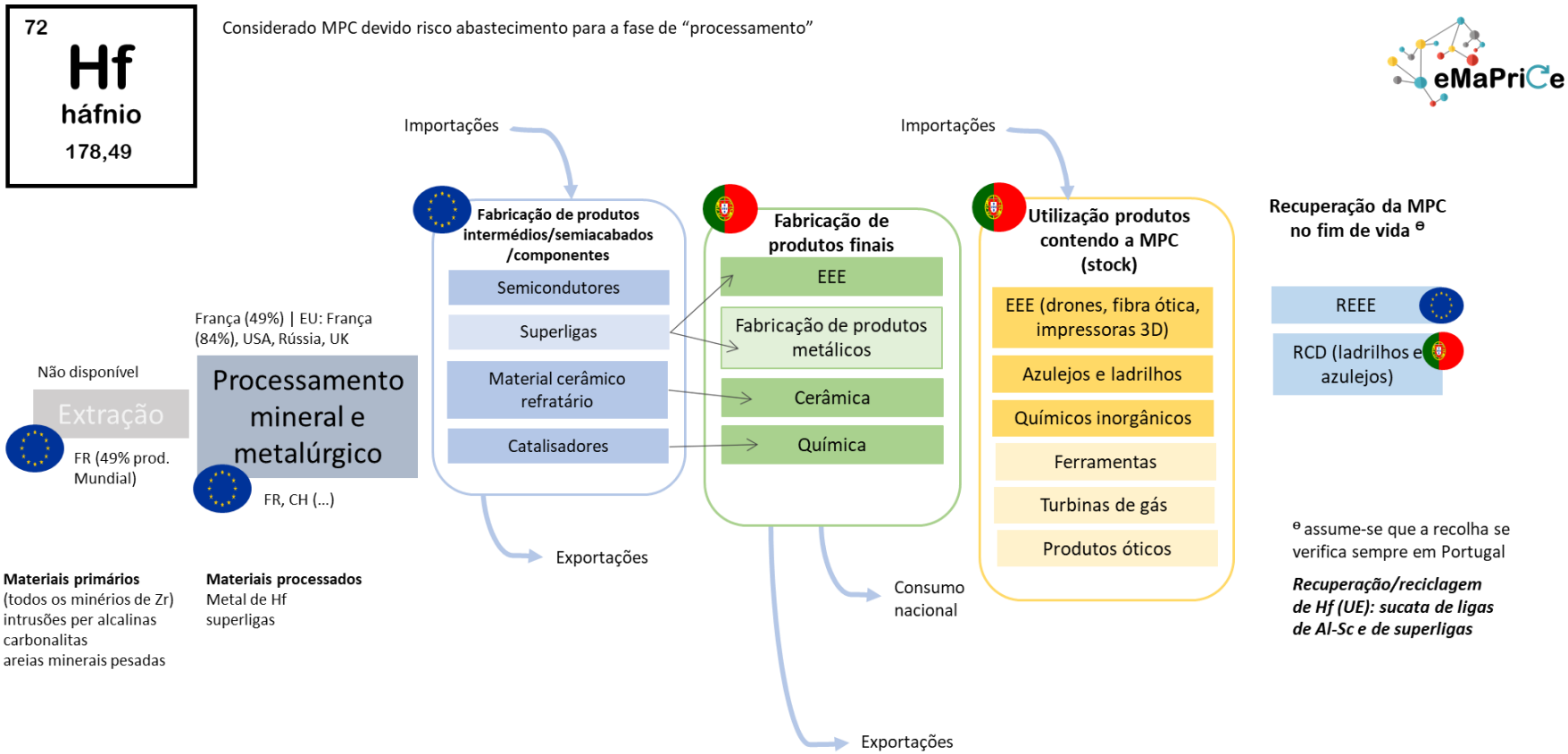
**LED – Light Emitting Diodes ; LD – Laser Diodes ; IREDs – Infra Red Emitting Diodes

*** Tendências emergentes nos têxteis para lhes conferir determinadas propriedades, por exemplo, Electronic textile (e-textile).

4.20 Grafite Natural (C)



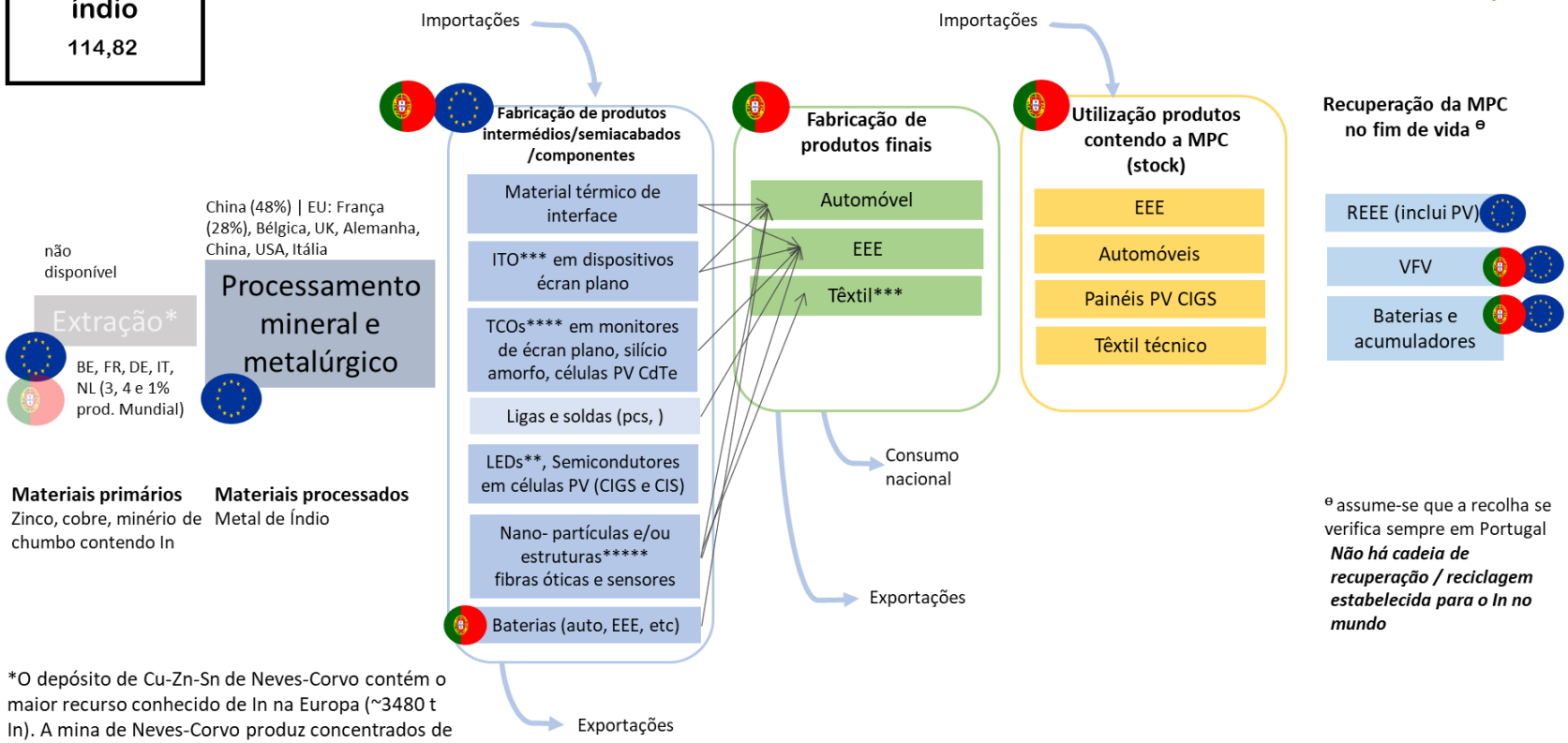
4.21 Háfnio (Hf)



4.22 Índio (In)

49
In
índio
114,82

Considerado MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



Materiais primários
Zinco, cobre, minério de chumbo contendo In

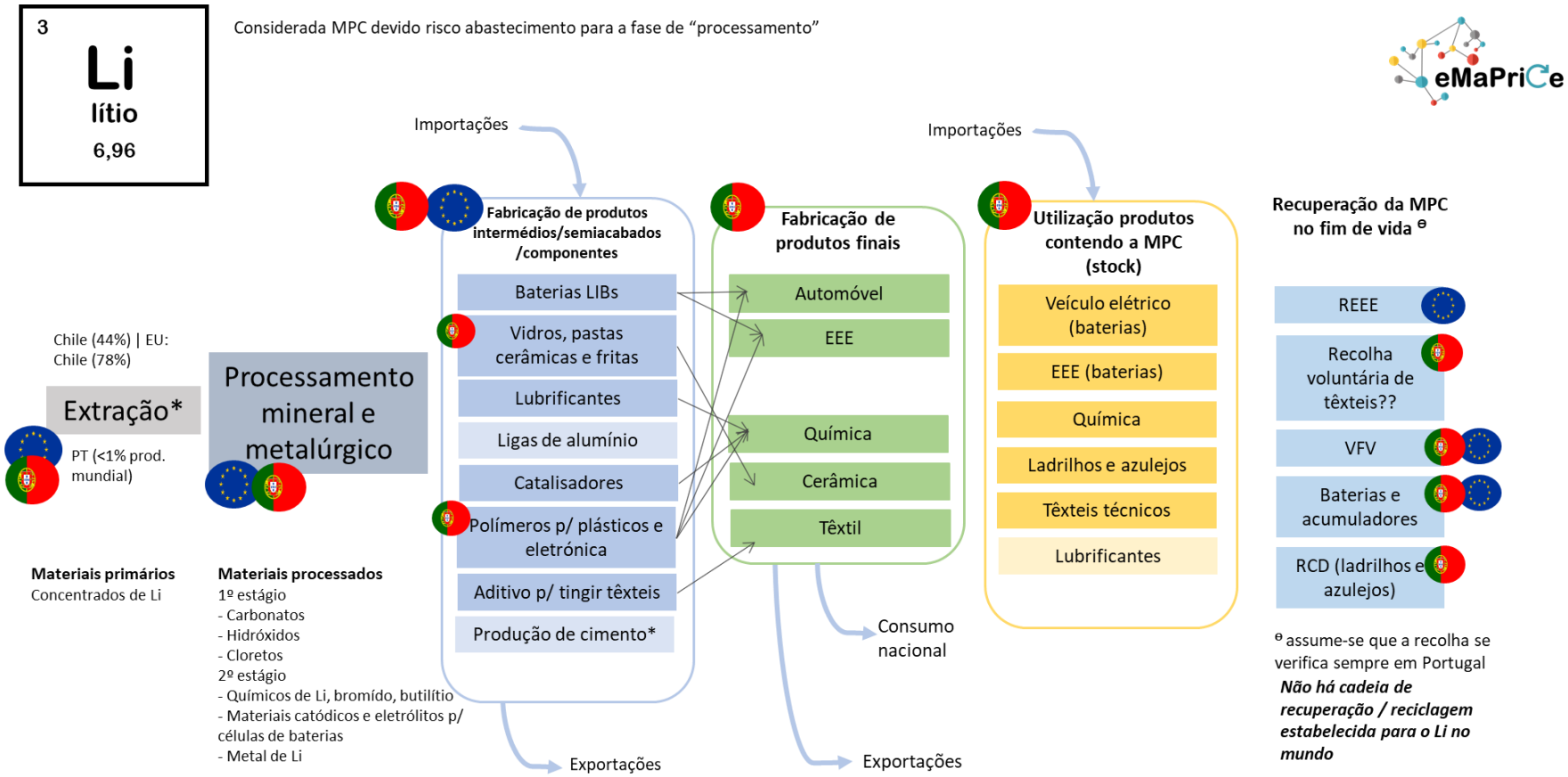
Materiais processados
Metal de Índio

ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal
Não há cadeia de recuperação / reciclagem estabelecida para o In no mundo

*O depósito de Cu-Zn-Sn de Neves-Corvo contém o maior recurso conhecido de In na Europa (~3480 t In). A mina de Neves-Corvo produz concentrados de Zn e Sn que terão também quantidades significativas de In, que não são recuperadas em Portugal. A Lagoa Salgada terá também um depósito de ~12t.

LED – Light Emitting Diodes ; ***ITO Indium-Tin-Oxide; ** TCOs - óxidos condutores transparentes
***** Tendências emergentes nos têxteis para lhes conferir determinadas propriedades, por exemplo, Electronic textile (e-textile).

4.23 Lítio (Li)



* Em Portugal a extração de pegmatito com lítio usado na indústria cerâmica ocorre em vários locais. Foram extraídos entre 17 120-76 818t 2015-'20 (23 185t em 2020). PT é o 7º maior produtor mundial de Li e o país com maiores reservas na EU. Estimam-se recursos de ~1033 kt LCE, estando previstas novas explorações

** O Li acelera o processo de endurecimento do cimento aluminoso (aplicação nicho)

4.24 Magnésio (Mg)

12
Mg
magnésio
24,31

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"

não disponível

Extração

China (89%) | EU: China (93%), UK, Israel, Sérvia, Rússia

Processamento mineral e metalúrgico

<1%

Materiais primários
Encontra-se em diferentes formas nos minerais dolomite, magnesite, carnalite, serpentine, água do mar e concentrados salinos.

Materiais processados
Comercializado como metal puro (Mg puro, grânulos ou pó, *swarfs*) ou como ligas de fundição (alumínio, de Mg)

Importações

Fabricação de produtos intermédios/semiacabados /componentes

- Ligas Mg-Al
- Aplicações para agricultura
- Aplicações eletroquímicas
- Agente dessulfurização

Exportação (Sucata de magnésio; UE-USA, EU-Brasil)

Fabricação de produtos finais

- Automóvel
- Química
- EEE
- Farmacêutica/médicas
- Indústria do aço
- Construção
- Embalagem

Consumo nacional

Exportações

Importações

Utilização produtos contendo a MPC (stock)

- Automóveis (chassis)
- Camiões, comboios, barcos, reversores de impulso *(thrust reversers)*, motores de transmissão de aviões e helicópteros
- Janelas, portas, revestimentos, telhados, escadas
- Embalagens metal, latas
- Bicicletas
- Pequenos aparelhos eletrónicos (câmaras, telemóveis, computadores etc)
- Novos proc impressão 3D
- Produtos forjados

Recuperação da MPC no fim de vida [e]

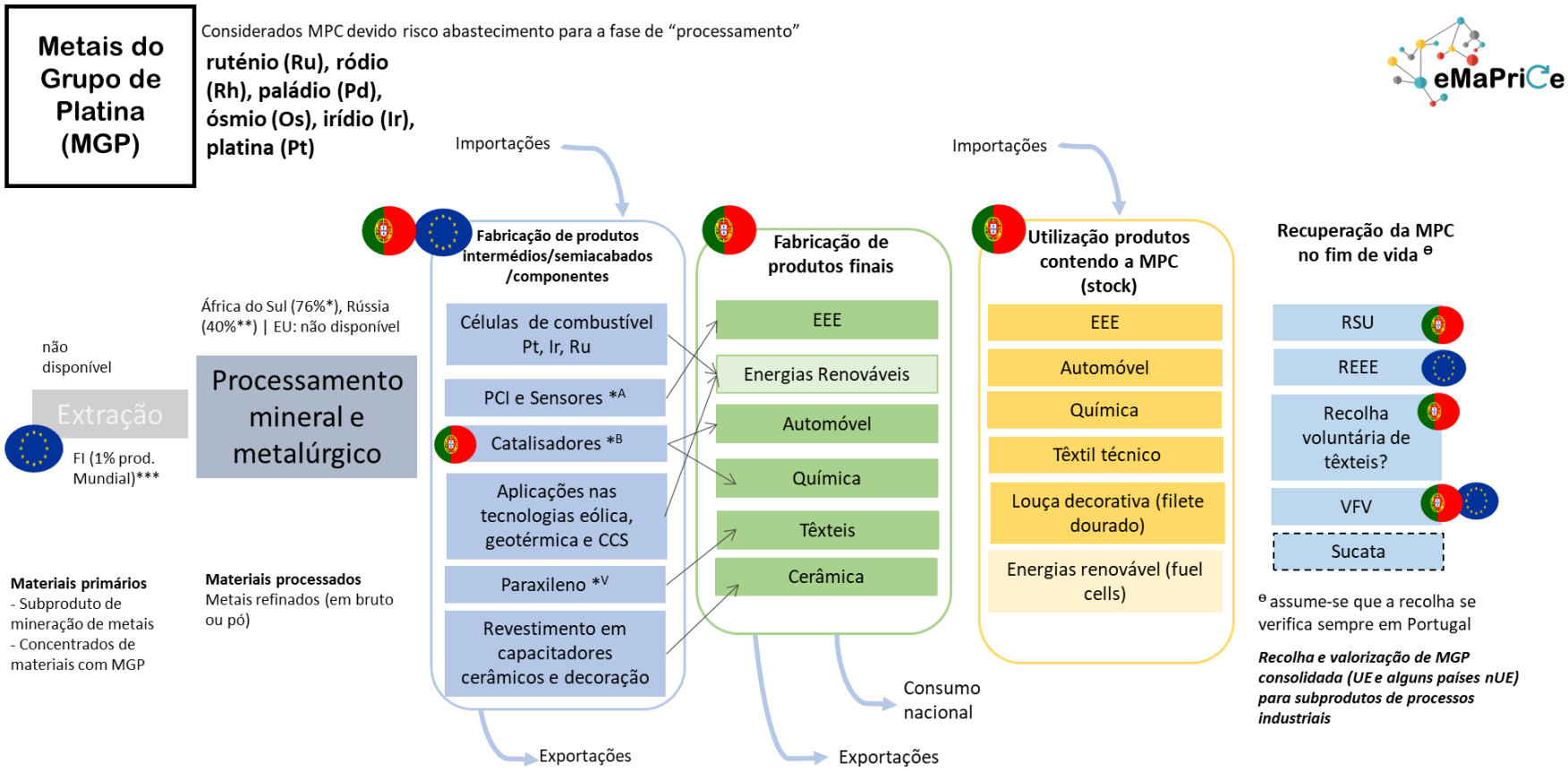
- Sucata de magnésio
- EEE (REE)
- VFV

Exportação (Sucata de Mg; UE-USA, EU-Brasil)

[e] assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

Nota: atividade intensa de R&D utilização de nanopartículas

4.25 Metais do Grupo da Platina (MGP)

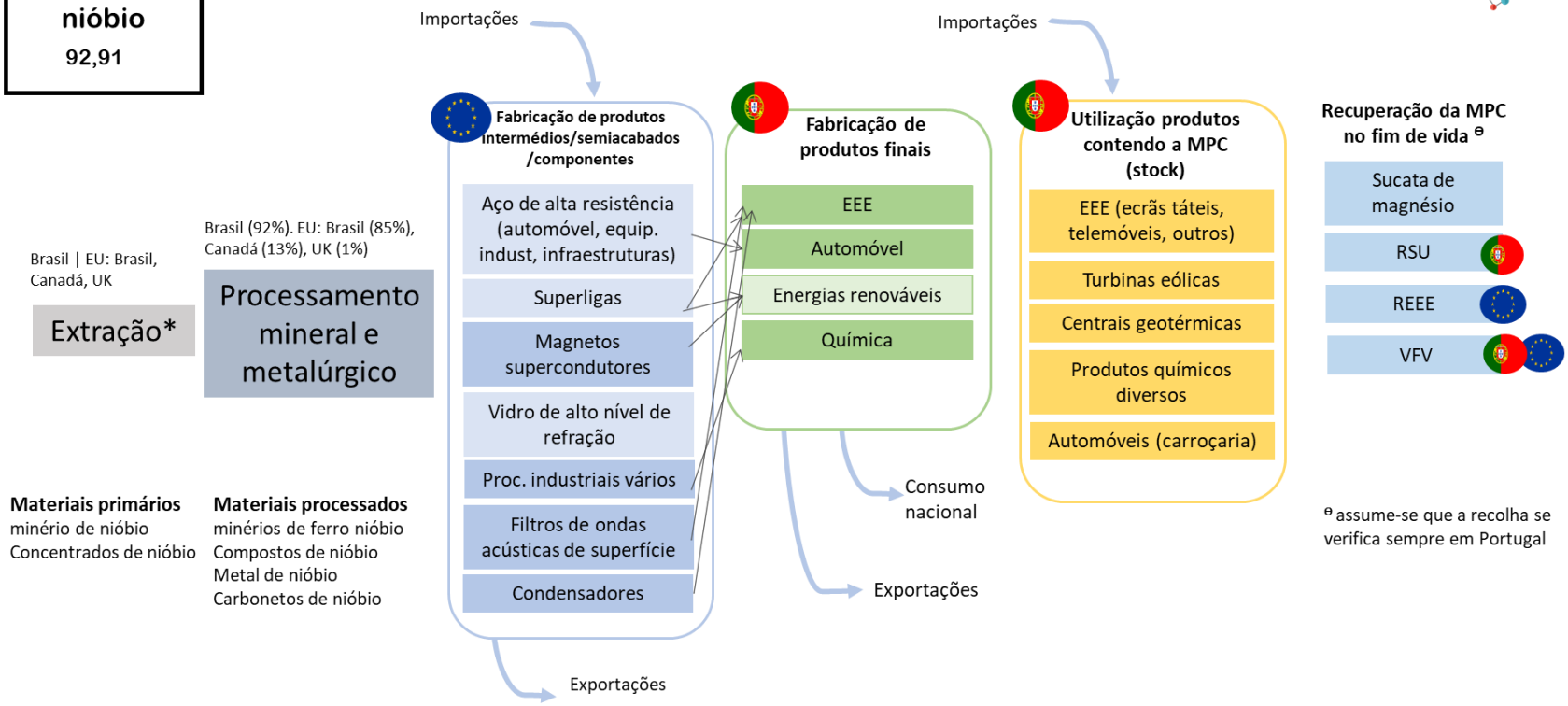


* irídio, platina, ródio, ruténio; ** paládio; ***subproduto da mineração de níquel e cobre. Em Portugal, os depósitos de Ni hospedados por intrusão máfico-ultramáfica podem conter um pequeno potencial de MGP nas zonas Ossa-Morena que podem ser recuperados como subprodutos. *V paraxileno faz parte da produção intermédia do PET utilizado nos têxteis de poliéster; *A placas de circuito impressas *B catalisadores de processo, eletroquímico, vidro e automóveis

4.26 Nióbio (Nb)

41
Nb
nióbio
92,91

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



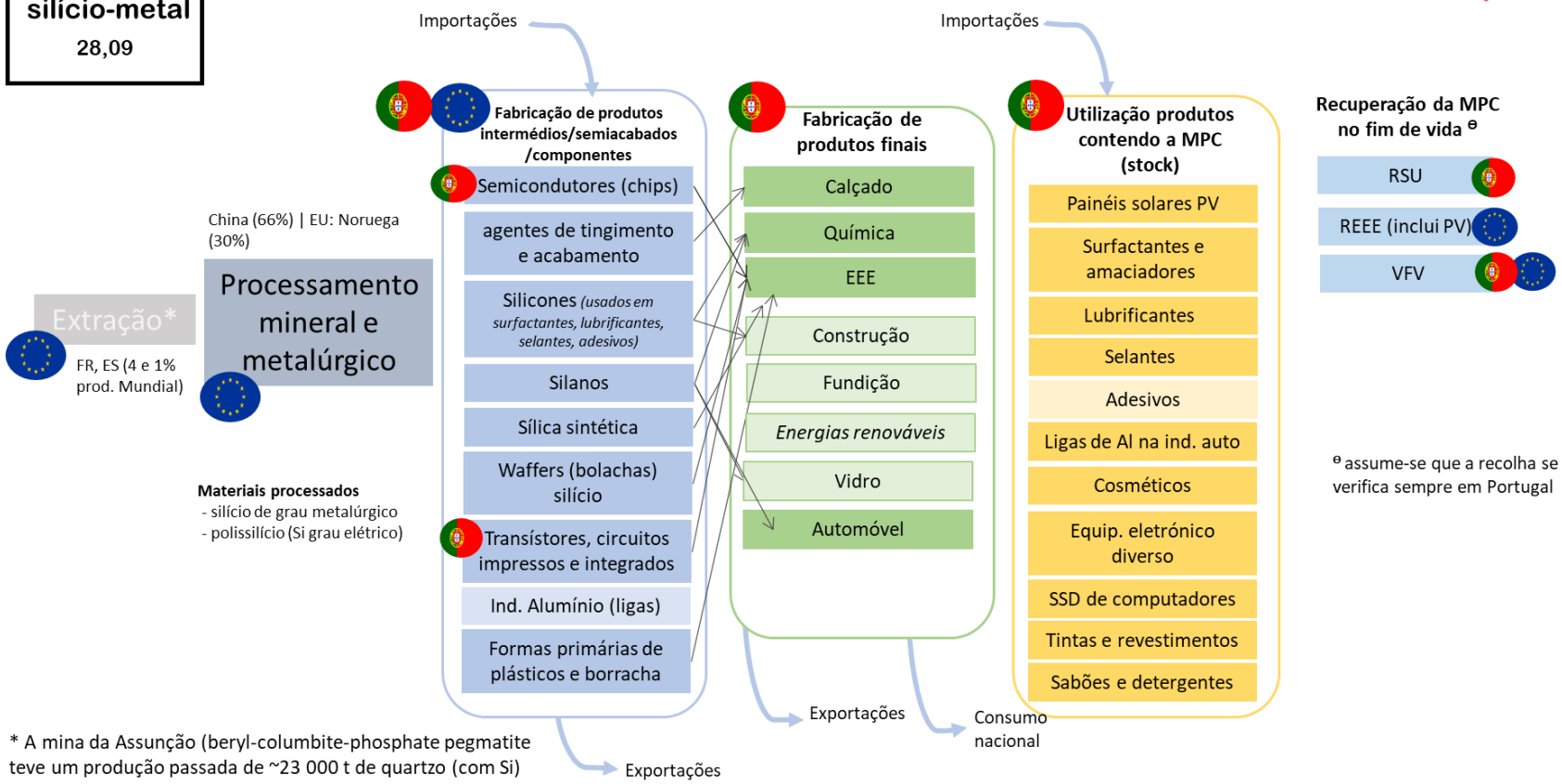
ϴ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

*O depósito de Almendra terá cerca de 350 t Nb_2O_5 e ~290 t Ta_2O_5 . O depósito de Monte da Alvorada terá ~50 t Ta_2O_5.

4.27 Silício-metal (Si)

14
Si
silício-metal
28,09

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



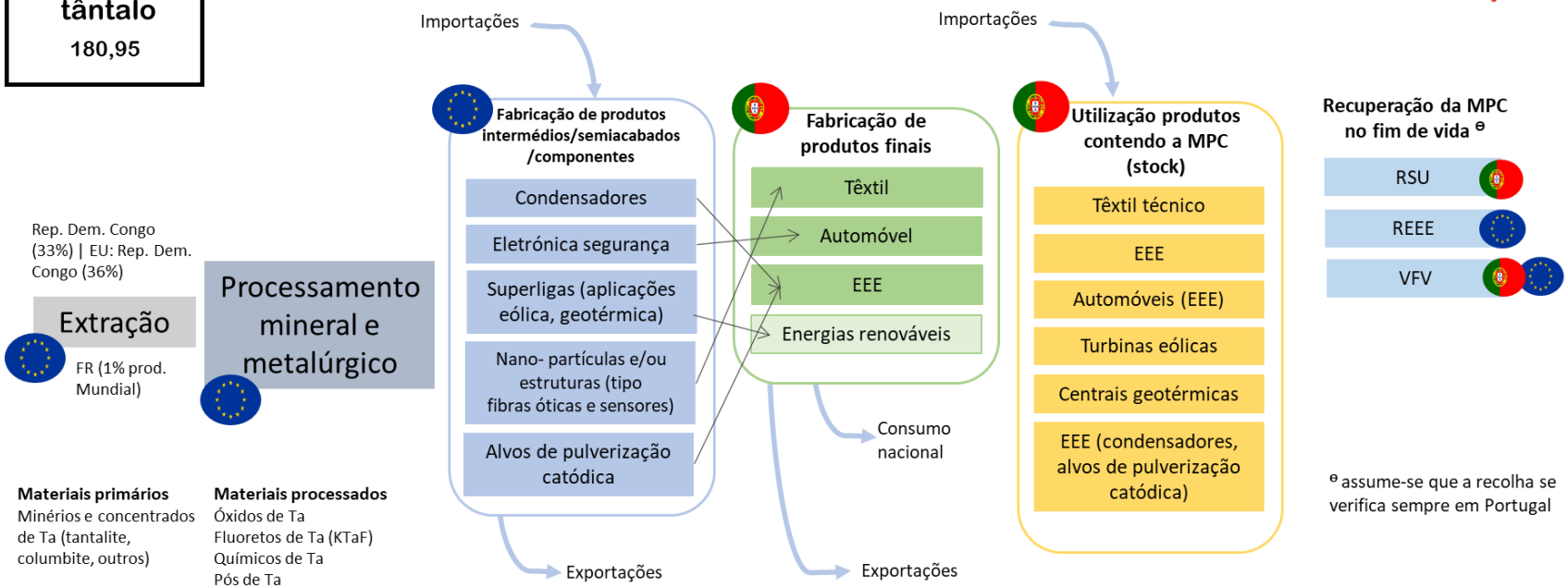
ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

* A mina da Assunção (beryl-columbite-phosphate pegmatite teve um produção passada de ~23 000 t de quartzo (com Si)

4.28 Tântalo (Ta)

73
Ta
tântalo
180,95

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "extração"



Materiais primários
Minérios e concentrados de Ta (tantalite, columbite, outros)

Materiais processados
Óxidos de Ta
Fluoretos de Ta (KTaF)
Químicos de Ta
Pós de Ta
Carbonetos de Ta
Lingotes de Ta

*O depósito de Almendra terá cerca de ~290 t Ta_2O_5 . O depósito de Monte da Alvorada terá ~50 t Ta_2O_5.

4.29 Titânio (Ti)

22
Ti
titânio
47,87

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"

Canada (19%), China (15%), Austrália (13%), África do Sul (12%) são os maiores produtores (6%) Noruega

Extração

China (45%) | EU: não disponível

Processamento mineral e metalúrgico

Importações

Fabricação de produtos intermédios

- Pigmentos inorgânicos
- Polímeros (plásticos)
- Compostos para sabões e produtos de higiene
- Metais (aeroespacial)
- Ligas p/ ind. automóvel
- Metalomecânica
- Produção equipamento médico
- Aplicações militares
- Delustrantes

Exportações

Fabricação de produtos finais

- Química (tintas)
- Química (plásticos)
- Química (higiene)
- Automóvel
- Têxtil
- Energias renováveis

Consumo nacional

Exportações

Importações

Utilização produtos contendo a MPC

- Tintas
- Polímeros (plásticos)
- Sabões, prod. higiene
- Automóvel (chassis)
- Têxtil técnico
- Centrais geotérmicas e ondas
- Dispositivos médicos Implantes, pacemakers
- Motores e quadros de aeronaves, blindagem
- Ferramentas de corte indústria metalomecânica
- Navios de guerra, espaçonaves e mísseis

Recuperação da MPC no fim de vida [e]

- RSU
- VFV

[e] assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

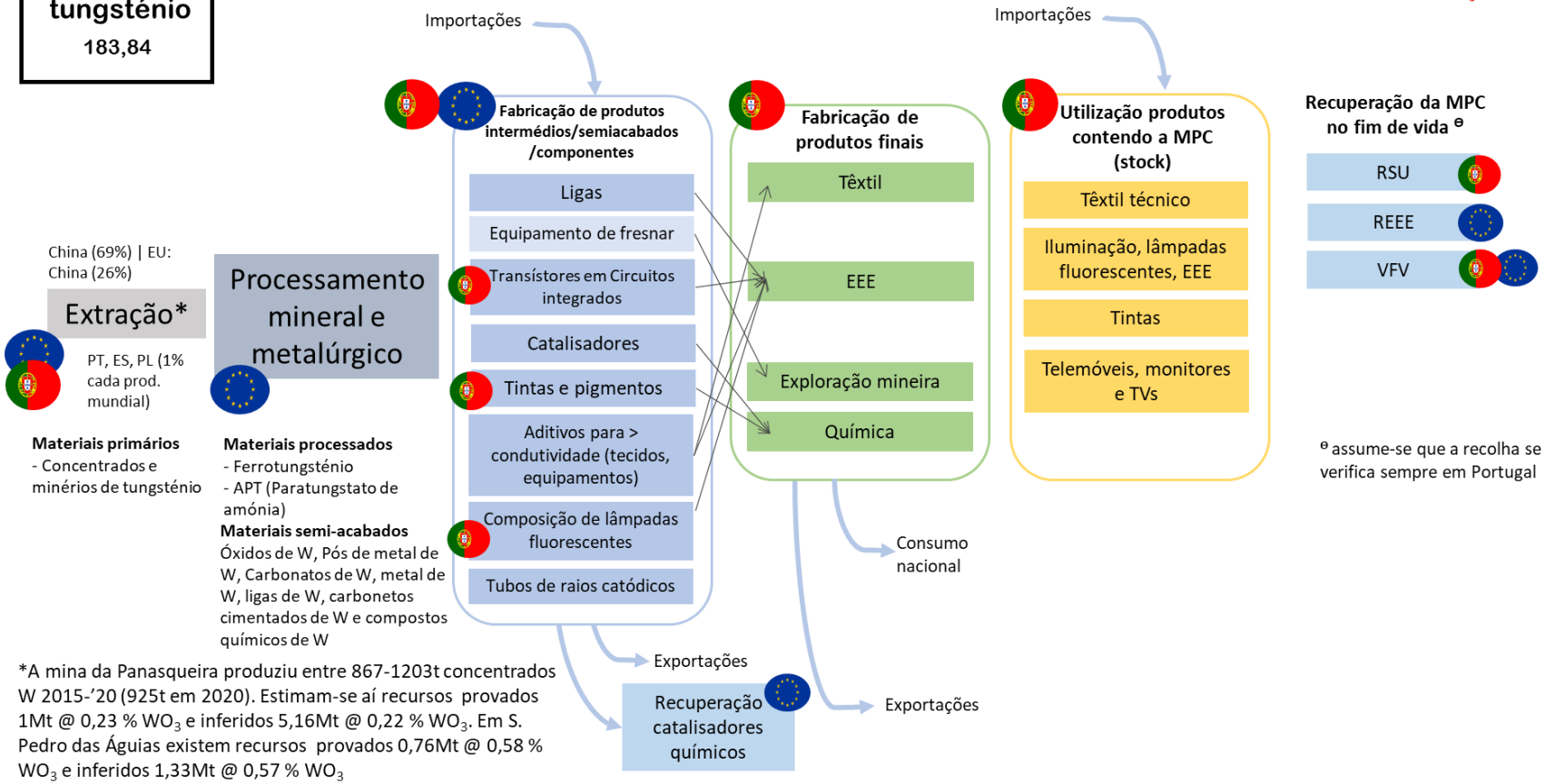
Materiais primários
Encontrado em anatásio, ilmenita e rutilo. Outros minerais contendo titânio incluem perovskita, esfeno e titanita.

Materiais processados
A produção de Ti divide-se em duas categorias: a produção de minérios e concentrados e a produção de titânio metálico.

4.30 Tungsténio ou Volfrâmio (W)

74
W
tungsténio
183,84

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "processamento"



Materiais primários
- Concentrados e minérios de tungsténio

Materiais processados
- Ferrotungsténio
- APT (Paratungstato de amónia)

Materiais semi-acabados
Óxidos de W, Pós de metal de W, Carbonatos de W, metal de W, ligas de W, carbonetos cimentados de W e compostos químicos de W

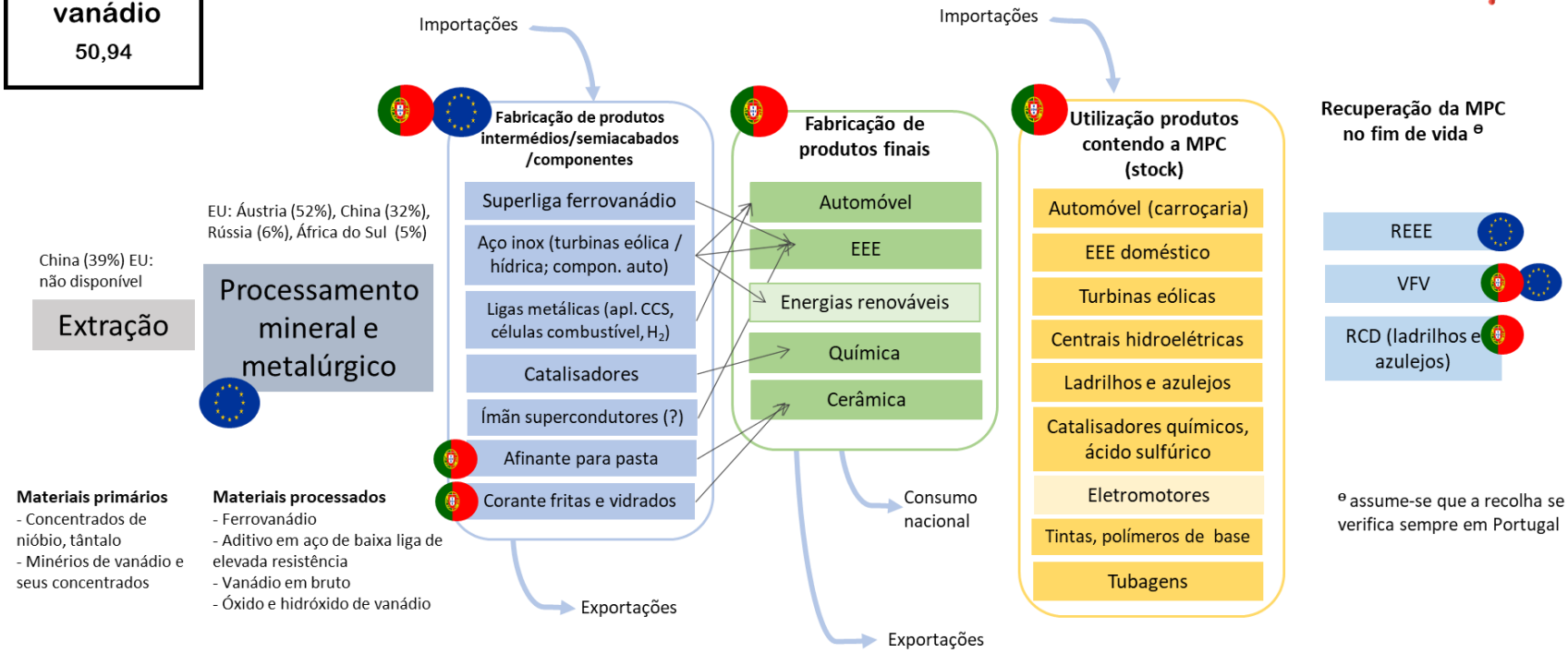
ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

*A mina da Panasqueira produziu entre 867-1203t concentrados W 2015-'20 (925t em 2020). Estimam-se aí recursos provados 1Mt @ 0,23 % WO_3 e inferidos 5,16Mt @ 0,22 % WO_3. Em S. Pedro das Águias existem recursos provados 0,76Mt @ 0,58 % WO_3 e inferidos 1,33Mt @ 0,57 % WO_3

4.31 Vanádio (V)

23
V
vanádio
50,94

Considerada MPC devido risco abastecimento para a fase de "extração"



Materiais primários
- Concentrados de nióbio, tântalo
- Minérios de vanádio e seus concentrados

Materiais processados
- Ferrovanádio
- Aditivo em aço de baixa liga de elevada resistência
- Vanádio em bruto
- Óxido e hidróxido de vanádio

ᵉ assume-se que a recolha se verifica sempre em Portugal

* Há alguma atividade na EU especializada na reciclagem de vanádio. A EoL-RIR ~2% (EC, 2019). O V é recuperado a partir de sucata de aço, catalisadores de processo químicos e a partir de ferramentas em fim de vida.

4.32 Ocorrência, extração/produção de MPC+ em Portugal

Em Portugal existe **apenas a extração de três MPC+: lítio (Li) e tungsténio (W)**, bem como da **cortiça natural**. A atividade extrativa das minas de Neves-Corvo é dedicada primariamente à extração de concentrados de zinco e estanho, mas além destes existem também quantidades significativas de índio. No entanto, a extração do índio não é reconhecida em Portugal – os concentrados são exportados e o índio é refinado e processado fora de Portugal.

O lítio presente nos corpos pegmatíticos é extraído para uso na indústria cerâmica (em Portugal e fora), sendo na verdade um subproduto dos materiais extraídos. O tungsténio é extraído na Mina da Panasqueira (Covilhã- Fundão), que constituiu uma referência mundial neste sector, devido à qualidade e volume de produção, à duração e capacidade de adaptação da exploração, bem como pela qualidade das soluções técnicas adotadas na extração e processamento do minério. Os concentrados de W são exportados. Por fim, a cortiça é extraída e processada em Portugal.

Além destas três MPC+ com etapa de extração em Portugal atualmente, existiram no passado outras minas com extração de MPC+, nomeadamente: antimónio (até 1967), barita (até 2010), berílio (meados de 1900) e silício metal (sem indicação de data de atividade).

Existe ainda informação sobre recursos conhecidos e quantificados das seguintes MPC+ para as quais não decorre atualmente extração em Portugal: antimónio, berílio, índio, nióbio combinado com titânio[41] e terras raras (não há informação discriminando se se trata de elementos de terras raras leves ou pesados)[42]. Existe ainda indicação de que existirão recursos em quantidade desconhecida de germânio[43], silício metálico, metais do grupo da platina[44] e depósitos de fosfato natural (fosforite e apatite).

Seguidamente sistematiza-se a informação sobre ocorrências e depósitos minerais de cada uma das MPC+ em Portugal que tem por base o conhecimento no LNEG até final de 2020. De referir que de acordo com a Lei n.º 54/2015 (que estabelece as bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos):

- "**Depósitos minerais**" são "quaisquer ocorrências minerais que, pela sua raridade, alto valor específico ou importância na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentam com especial interesse económico".

---

[41] O depósito de Almendra terá cerca de 350t Nb_2O_5 e cerca de 290t Ta_2O_5. O depósito de Monte da Alvorada terá ~50t Ta_2O_5.

[42] Existem enriquecimentos significativos de Terras Raras (REE) associadas a quartzitos na área de Vale de Cavalos - Portalegre com ~0,65 wt.% de REE nos quartzitos mais ricos e recursos de ~2,4 Mt REE para uma valor médio de 0,46 wt.%.

[43] Na faixa piritosa ibérica com depósitos em Neves Corvo e Barrigão existem ocorrências de Ge em quantidade desconhecida.

[44] Os depósitos de níquel hospedados por intrusão máfico-ultramáfica poderão conter um pequeno potencial de MGP nas zonas Ossa-Morena que podem ser recuperados como subprodutos.

- Uma "**ocorrência mineral**" é uma concentração de uma ou mais espécies minerais, sendo um termo geralmente aplicado a concentrações minerais de pequeno porte.

Antimónio (Sb)

Mina da Barroca em operação em Portugal até 1967. Depósitos estimados de cerca de 17 700 t de recursos de Sb (Latunussa et al. 2019). 50 ocorrências minerais em Portugal Continental, das quais 43 depósitos pequenos (<2 kt) e 3 médios (2-20 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (74%), Austrália, Bolívia, México, Rússia, África do Sul, Tadjiquistão. *Principais fornecedores do mercado EU*: Turquia (62%) (Latunussa et al. 2019).

Barita ($BaSO_4$ mineral)

Reserva provada em Portugal de cerca de 112 000 t barita na mina de Fe-Mn-barita de Serra da Mina. Houve extração até 2010 (15 t) (Latunussa et al. 2019). 26 ocorrências minerais em Portugal Continental, das quais 23 depósitos pequenos (<50 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (38%), Índia, Marrocos, Irão, Cazaquistão, Turquia e USA. *Principais fornecedores do mercado EU*: China (38%) (Latunussa et al. 2019).

Bauxite (Al & Ga)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: Austrália (28%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Guiné (64%) (Latunussa et al. 2019).

Berílio (Be)

Extração em Portugal em pequena escala em meados de 1900 (complexos graníticos de pegmatites com Be e ainda Sn, Nb, Ta, e W) principalmente na zona de Viseu. Estimam-se cerca de 159 t de BeO (57 t Be) em depósitos em Portugal (Latunussa et al. 2019). 6 ocorrências minerais em Portugal Continental, das quais 2 depósitos pequenos (<100 t) e 2 médios (100-1000 t) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: EUA, China, Madagáscar e Moçambique. *Principais fornecedores do mercado EU*: sem informação (Latunussa et al. 2019).

Bismuto (Bi)

1 ocorrência mineral em Portugal Continental que não constitui um depósito (D.P.S. De Oliveira et al. 2021). Alguma prospeção em Portugal.

Sem informação sobre os principais fornecedores mundiais (Latunussa et al. 2019).

Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: Turquia (42%) . *Principais fornecedores do mercado EU*: Turquia (98%), Argentina (Latunussa et al. 2019).

Borracha Natural

Não há cultivo nem produção em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: Tailândia (33%), Indonésia, Malásia, Costa Marfim. *Principais fornecedores do mercado EU*: Indonésia (31%) (Latunussa et al. 2019).

Carvão de coque (CCO)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: China (55%)**,** Austrália, Bolívia, México, Rússia, África do Sul. *Principais fornecedores do mercado EU*: Austrália (24%) (Latunussa et al. 2019).

Cobalto (Co)

1 ocorrência mineral em Portugal Continental que constitui 1 depósitos pequeno(< 200 t) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: Rep. Dem. Congo (59%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Rep. Dem. Congo (68%), Finlândia, Guiana Francesa (Latunussa et al. 2019).

Elementos de Terras Raras Leves (LREE): lantânio (La), cério (Ce), praseodímio (Pr), neodímio (Nd), promécio (Pm) (não existe na natureza, elemento artificial), samário (Sm)

Existem enriquecimentos significativos de Terras Raras (REE) associadas a quartzitos na área de Vale de Cavalos - Portalegre com ~0,65 wt.% de REE nos quartzitos mais ricos e recursos de ~2,4 Mt REE para média de 0,46 wt.% (Latunussa et al. 2019). 5 ocorrências minerais de terras raras em Portugal Continental que constituem depósitos pequenos (<1,5 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (86%). *Principais fornecedores do mercado EU*: China (98%) (Latunussa et al. 2019).

Elementos de Terras Raras Pesados (HREE): ítrio (Y); európio (Eu), gadolínio (Gd), térbio (Tb), disprósio (Dy), hólmio (Ho), érbio (Er), túlio (Tm), itérbio (Yb), lutécio (Lu)

Existem enriquecimentos significativos de Terras Raras (REE) associadas a quartzitos na área de Vale de Cavalos - Portalegre com ~0,65 wt.% de REE nos quartzitos mais ricos e recursos de ~2,4 Mt REE para média de 0,46 wt.% (Latunussa et al. 2019). 5 ocorrências minerais de terras raras em Portugal Continental que constituem depósitos pequenos (<1,5 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (86%). *Principais fornecedores do mercado EU*: China (98%) (Latunussa et al. 2019).

Escândio (Sc)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Espatoflúor (CaF2)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: China (65%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Turquia (32%), Itália (29%). França, Espanha (Latunussa et al. 2019).

Estrôncio (Sr)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: Espanha (31%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Espanha (100%) (Latunussa et al. 2019).

Fosfato natural

Portugal tem depósitos de fosfato natural (*phosphate rock*) nas categorias de fosforite e apatite mas não há informação sobre quantidades precisas de recursos (Latunussa et al. 2019)**.**

16 ocorrências minerais em Portugal Continental, incluindo 14 depósitos de pequena dimensão (< 50 kt) e 3 grandes (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (48%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Marrocos (24%) (Latunussa et al. 2019).

Fósforo (P)

Ocorrência não aplicável (modificação do Fosfato natural).

Gálio (Ga)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Germânio (Ge)

A faixa piritosa ibérica com depósitos em Neves Corvo e Barrigão tem ocorrências de Ge, atualmente não explorado /recuperado (Latunussa et al. 2019). 1 ocorrência mineral em Portugal Continental que constitui um depósito pequeno (< 5 t) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Grafite Natural (C)

1 ocorrência mineral em Portugal Continental que constitui um depósito pequeno (< 50 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (69%), Índia, Brasil, Coreia, Canadá, Rússia, Turquia. *Principais fornecedores do mercado EU*: China (47%) (Latunussa et al. 2019).

Háfnio (Hf)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Índio (In)

O depósito de Cu-Zn-Sn de Neves-Corvo poderá conter o maior recurso conhecido de In na Europa (~3 480 t In). A mina de Neves-Corvo produz concentrados de Zn e Sn que terão também quantidades significativas de In, que não são recuperadas em Portugal. A Lagoa Salgada terá também um depósito de ~12 t (Latunussa et al. 2019).

Dados mais recentes apontam para apenas 1 ocorrência mineral em Portugal Continental que não constitui um depósito (D.P.S. De Oliveira et al. 2021). *Principais fornecedores do mercado mundial:* não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Lítio (Li)

Em Portugal a extração de pegmatito com lítio usado na indústria cerâmica ocorre em vários locais[45]. Foram extraídos entre 17 120-76 818t 2015-'20 (23 185t em 2020) [46]. PT é o 7º maior produtor mundial de Li e o país com maiores reservas na EU. Estimam-se recursos de ~1033 kt LCE, estando previstas novas explorações[47].

25 ocorrências minerais em Portugal Continental, incluindo 18 depósitos pequenos (<0,15 kt) e 5 grandes (>1,5 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: Chile (78%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Chile (44%) (Latunussa et al. 2019).

Magnésio (Mg)

Ocorrência desconhecida em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Metais do Grupo da Platina (MGP): ruténio (Ru), ródio (Rh), paládio (Pd), ósmio (Os), irídio (Ir), platina (Pt)

Em Portugal, os depósitos de Ni hospedados por intrusão máfico-ultramáfica podem conter um pequeno potencial de MGP nas zonas Ossa-Morena que podem ser recuperados como subprodutos.

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Nióbio (Nb)

O depósito de Almendra terá cerca de 350 t Nb_2O_5 e ~290 t Ta_2O_5 . O depósito de Monte da Alvorada terá ~50 t Ta_2O_5 (Latunussa et al. 2019).

---

[45] DINIS, P. & HORGAN, S. Informação estatística sobre produção de recursos minerais contendo lítio. Evolução no período de 1998 a 2017, Boletim de Minas, 52 – Edição Especial – Lítio – 2017-2018, 125-133. 2018.

[46] https://www.dgeg.gov.pt/media/raxpyq1q/informa%C3%A7%C3%A3o-estat%C3%ADstica-n%C2%BA-23.pdf

[47] DINIS, P. & HORGAN, S. Informação estatística sobre produção de recursos minerais contendo lítio. Evolução no período de 1998 a 2017, Boletim de Minas, 52 – Edição Especial – Lítio – 2017-2018, 125-133. 2018.

24 ocorrências minerais Ta/Nb em Portugal Continental, incluindo 22 depósitos de pequena dimensão (<10 t) e 2 médios (10-200 t) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: Brasil. *Principais fornecedores do mercado EU*: Brasil, Canadá, UK (Latunussa et al. 2019).

Silício-metal (Si)

A mina da Assunção (beryl-columbite-phosphate pegmatite) teve um produção passada de ~23 000 t de quartzo (com Si) (Latunussa et al. 2019).

Atualmente as ocorrências de Si são desconhecidas em Portugal.

Principais fornecedores do mercado mundial: não disponível. *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Tântalo (Ta)

O depósito de Almendra terá cerca de ~290 t Ta_2O_5 . O depósito de Monte da Alvorada terá ~50 t Ta_2O_5 (Latunussa et al. 2019).

24 ocorrências minerais Ta/Nb em Portugal Continental, incluindo 22 depósitos de pequena dimensão (<10 t) e 2 médios (10-200 t) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: Rep. Dem. Congo (33%). *Principais fornecedores do mercado EU*: Rep. Dem. Congo (36%) (Latunussa et al. 2019).

Titânio (Ti)

53 ocorrências minerais em Portugal Continental, incluindo 52 depósitos de pequena dimensão (<1 kt) e 1 médio, (1-500 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: Canadá (19%), China (15%), Austrália (13%), África do Sul (12%), Noruega (6%). *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

Tungsténio ou Volfrâmio (W)

A mina da Panasqueira produziu entre 867-1 203t de concentrados W entre 2015-2020 (925t em 2020[48]). Estimam-se aí recursos provados 1Mt @ 0,23 % WO_3 e inferidos 5,16Mt @ 0,22 % WO_3. Em S. Pedro das Águias existem recursos provados 0,76Mt @ 0,58 % WO_3 e inferidos 1,33Mt @ 0,57 % WO_3 (Latunussa et al. 2019).

372 ocorrências minerais em Portugal Continental, incluindo 308 depósitos de pequena dimensão (<1 kt), 13 médios (1-50 kt) e 1 grande (>50 kt) (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (69%). *Principais fornecedores do mercado EU*: China (26%) (Latunussa et al. 2019).

Vanádio (V)

[48] https://www.dgeg.gov.pt/media/raxpyq1q/informa%C3%A7%C3%A3o-estat%C3%ADstica-n%C2%BA-23.pdf

1 ocorrência em Portugal Continental que não constitui um depósito (D.P.S. De Oliveira et al. 2021).

Principais fornecedores do mercado mundial: China (39%). *Principais fornecedores do mercado EU*: não disponível (Latunussa et al. 2019).

4.32.1 Síntese das ocorrências e depósitos minerais de MPC em Portugal

Tabela 27 - Classificação da dimensão de depósitos (pequeno, médio, grande em tonelagem*) para as MPC com ocorrências conhecidas em Portugal Continental (D.P.S. De Oliveira et al. 2021) (Daniel P S de Oliveira et al. 2021)

MPC	Pequeno	Médio	Grande
Antimónio	< 2 000	2 000-20 000	> 20 000
Barita	< 50 000		
Berílio	< 100	100 – 1 000	> 1 000
Bismuto	< 500		
Cobalto	<200		
Germânio	<5		
Grafite	<50 000		
Índio	<5		
Lítio	< 150	150 – 1 500	> 1 500
Fosfato natural	< 50 000		
Elementos terras raras	< 1 500	1 500 – 15 000	> 15 000
Tântalo \ Nióbio	< 10	10 - 200	> 200
Titânio	< 1000	1 000 – 500 000	> 500 000
Tungsténio	< 1000	1 000 – 50 000	> 50 000
Vanádio	< 500		

Tabela 28 - Nº de ocorrências e depósitos para MPC conhecidos em Portugal Continental (D.P.S. De Oliveira et al. 2021) (Daniel P S de Oliveira et al. 2021)

MPC	N.º Ocorrências	N.º Depósitos		
		Pequeno	Médio	Grande
Antimónio	5	42	3	
Barita	3	23		
Berílio	2	2	2	
Bismuto	1			
Cobalto		1		
Fosfato		12	4	
Germânio		1		
Grafite	3	1		
Índio	1			1
Lítio	2	18		5
Tântalo e Nióbio		22	2	
Terras Raras		5		
Titânio		52	1	
Tungsténio	49	308	13	1

MPC	N.º Ocorrências	N.º Depósitos		
		Pequeno	Médio	Grande
Vanádio	1			
Total	**66**	**487**	**25**	**7**

- Página intencionalmente em branco –

5 MPC+ em resíduos industriais e em produtos em fim de vida

Esta seção compila o ponto de situação, à data, da informação relevante para estimativa de fluxos de MPC+, em posse da APA e das sociedades gestoras dos fluxos específicos de resíduos, tendo em conta as diferentes fontes de informação e nomenclaturas / codificações disponíveis:

1. Nomenclatura Códigos da Lista Europeia de Resíduos (LER)
2. Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR)
3. Tratamento de Resíduos de Equipamento Elétrico e Eletrónico (REEE)
4. Resíduos de Construção e Demolição (RCD)
5. Resíduos de Pilhas e Acumuladores
6. Resíduos de Veículos em Fim de Vida (VFV)

Foram identificados os códigos LER potencialmente mais relevantes por poderem vir a conter MPC+ para os setores em estudo. Os códigos identificados constam de um ficheiro de *excel* anexo a este documento.

5.1 Resíduos industriais

5.1.1 Informação MIRR

Nesta seção identificam-se as tipologias de resíduos reportadas no MIRR para os sete setores em estudo. Excluiu-se a exploração mineira na medida em que a produção de resíduos deste setor não consta do MIRR e a CAE referente à manutenção e reparação dos veículos automóveis, visto que estes resíduos deverão estar abrangidos na fileira referente a veículos em fim de vida.

Para a identificação de resíduos potencialmente contendo MPC+, conforme referido, foram considerados apenas os resíduos associados à atividade de fabricação propriamente dita. Ou seja, não se consideram resíduos de embalagens, papel, resíduos sólidos urbanos, óleos e lubrificantes da manutenção de maquinaria, etc.

5.1.1.1 *Têxtil*

Foi consultada a informação no MIRR relativamente às seguintes CAE:

- 13 Fabricação de têxteis
- 14 Indústria do vestuário

Identificam-se como potencialmente contendo MPC+ os seguintes resíduos (identificados com os códigos LER):

- **13 Fabricação de têxteis**
    a. 040109 Resíduos da confeção e dos acabamentos

b. 040209 Resíduos de materiais compósitos (têxteis impregnados, elastómeros, plastómeros)
c. 040214 Resíduos dos acabamentos, contendo solventes orgânicos
d. 040216 Corantes e pigmentos, contendo substâncias perigosas
e. 040221 Resíduos de fibras têxteis não processadas
f. 040222 Resíduos de fibras têxteis processadas
g. 070201 Líquidos de lavagem e licores-mãe aquosos

- **14 Indústria do vestuário**
  a. 040109 Resíduos da confeção e dos acabamentos
  b. 040209 Resíduos de materiais compósitos (têxteis impregnados, elastómeros, plastómeros)
  c. 040221 Resíduos de fibras têxteis não processadas
  d. 040222 Resíduos de fibras têxteis processadas
  e. 150109 Embalagens têxteis
  f. 200110 Roupas
  g. 200111 Têxteis

5.1.1.2 Cortiça

Foi consultada a informação no MIRR relativamente às seguintes CAE:

- 16293 Indústria de preparação da cortiça
- 16294 Fabricação de rolhas de cortiça
- 16295 Fabricação de outros produtos de cortiça

Os resíduos identificados são compostos essencialmente por resíduos de embalagens, papel, óleos e colas, entre outros, não sendo reportados resíduos de cortiça, à exceção de pó de cortiça. Trata-se de um setor onde há atualmente um elevado grau de valorização interna de cortiça nas próprias instalações ou envio de "restos" de cortiça para outras instalações fabris da mesma empresa onde são utilizados como produtos intermédios. Por sua vez, o pó de cortiça sem cola tem aproveitamento energético nas instalações fabris, enquanto o pó de cortiça com cola é depositado em aterro.

5.1.1.3 Cerâmica

Foi consultada a informação no MIRR relativamente às seguintes CAE:

- 232 Fabricação de produtos cerâmicos refratários
- 233 Fabricação de produtos cerâmicos para a construção
- 234 Fabricação de outros produtos de porcelana e cerâmicos não refratários

Identificam-se como potencialmente contendo MPC+ os seguintes resíduos (identificados com os códigos LER):

- **232 Fabricação de produtos cerâmicos refratários**

   a. 170107 Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidas em 17 01 06
- **233 Fabricação de produtos cerâmicos para a construção**
   a. 101212 Resíduos de vitrificação, não abrangidos em 10 12 11
   b. 170107 Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidas em 17 01 06
- **234 Fabricação de outros produtos de porcelana e cerâmicos não refratários**
   a. 101112 Resíduos de vidro não abrangidos em 10 11 11
   b. 101208 Resíduos do fabrico de peças cerâmicas, tijolos, ladrilhos, telhas e produtos de construção (após o processo térmico)
- Acresce ainda os seguintes resíduos: **101211 526 Resíduos de vitrificação, contendo metais pesados**

5.1.1.4 Exploração mineira

Este tipo de resíduos, conforme referido, não está abrangido pelo MIRR.

5.1.1.5 Químicos e fertilizantes

Foi consultada a informação no MIRR relativamente às seguintes CAE:

- 2012 / 20120 Fabricação de corantes e pigmentos
- 2015 Fabricação de adubos e de compostos azotados
- 2030 Fabricação de tintas, vernizes e produtos similares; mastiques; tintas de impressão
- 204 Fabricação de sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene

Identificam-se como potencialmente contendo MPC+ os seguintes resíduos (identificados com os códigos LER):

- **2012 / 20120 Fabricação de corantes e pigmentos**
   a. 060314 Sais no estado sólido e em solução, não abrangidos em 06 03 11 e 06 03 13
   b. 060314 Sais no estado sólido e em solução, não abrangidos em 06 03 11 e 06 03 13
   c. 160506 (*) Produtos químicos de laboratório, contendo ou compostos por substâncias perigosas, incluindo misturas de produtos químicos de laboratório
- **2015 Fabricação de adubos e de compostos azotados**
   a. 160801 Catalisadores usados contendo ouro, prata, rénio, ródio, paládio, irídio ou platina (exceto 16 08 07)
- **2030 Fabricação de tintas, vernizes e produtos similares; mastiques; tintas de impressão**
   a. 080113 (*) Lamas de tintas e vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas
   b. 080114 Lamas de tintas e vernizes, não abrangidas em 08 01 13

c. 080115 (*) Lamas aquosas contendo tintas e vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas
d. 080116 Lamas aquosas contendo tintas e vernizes não abrangidas em 08 01 15
e. 080117 (*) Resíduos da remoção de tintas e vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas
f. 080119 (*) Suspensões aquosas contendo tintas ou vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas
g. 080120 Suspensões aquosas contendo tintas e vernizes não abrangidas em 08 01 19
h. 080121 (*) Resíduos de produtos de remoção de tintas e vernizes
i. 160303 (*) Resíduos inorgânicos contendo substâncias perigosas
j. 160304 Resíduos inorgânicos não abrangidos em 16 03 03
k. 160506 (*) Produtos químicos de laboratório, contendo ou compostos por substâncias perigosas, incluindo misturas de produtos químicos de laboratório
l. 160508 (*) Produtos químicos orgânicos fora de uso, contendo ou compostos por substâncias perigosas
m. 170203 Plástico

- **204 Fabricação de sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene**
  a. 040222Resíduos de fibras têxteis processadas
  b. 080111(*) Resíduos de tintas e vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas
  c. 080312(*) Resíduos de tintas de impressão, contendo substâncias perigosas
  d. 080317(*) Resíduos de toner de impressão, contendo substâncias perigosas
  e. 130208(*) Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação
  f. 160506(*) Produtos químicos de laboratório, contendo ou compostos por substâncias perigosas, incluindo misturas de produtos químicos de laboratório
  g. 160508(*) Produtos químicos orgânicos fora de uso, contendo ou compostos por substâncias perigosas

5.1.1.6 Energias renováveis

Este setor é delimitado pela CAE 3511 Produção de eletricidade. O mesmo tem relativamente poucos resíduos resultantes de atividade industrial industriais no MIRR com interesse para MPC+ em Portugal. Isto porque apenas existe em operação em, Portugal a unidade de produção de pás de turbinas eólicas, a ENERCON em Viana do Castelo e onde não são usadas MPC+.

Note-se que havia uma unidade de montagem de painéis solar PV em Moura (a MFS - Moura Fábrica Solar detida pela ACCIONA), mas que fechou em janeiro de 2019. Tanto quanto se sabe à data não existem outras empresas a fazer fabricação em Portugal. No que respeita aos resíduos "pós-consumo" estes equipamentos têm um tempo de vida bastante maior (ente 15 a 50 anos) e portanto, a sua produção será mais espaçada no tempo, tanto mais que a maioria dos equipamentos foi instalada há cerca de 10-15 anos e ainda não atingiu o seu fim de vida.

Finalmente, dever referir-se que os painéis fotovoltaicos são considerados REEE e estão incluídos na Categoria 4: Equipamentos de grandes dimensões do Anexo I do Decreto-Lei 102-D/2020 de 10 dezembro (ver seção REE).

5.1.1.7 Equipamentos elétricos e eletrónicos

Este setor é delimitado pelas seguintes CAE:

26 Fabricação de equipamentos informáticos, equipamento para comunicações e produtos eletrónicos e óticos

a) 261 Fabricação de componentes e de placas, eletrónicos
b) 262 Fabricação de computadores e de equipamento periférico
c) 263 Fabricação de aparelhos e de equipamentos para comunicações
d) 264 Fabricação de recetores de rádio e de televisão e bens de consumo similares
e) 265 Fabricação de instrumentos e aparelhos de medida, verificação e navegação; relógios e material de relojoaria
f) 266 Fabricação de equipamentos de radiação, electromedicina e eletroterapêutico
g) 267 Fabricação de instrumentos e de equipamentos, óticos e fotográficos
h) 268 Fabricação de suportes de informação magnéticos e óticos (NOTA: não existe informação MIRR para esta CAE, por não haver registo de empresas)

27 Fabricação de equipamento elétrico

- 271 Fabricação de motores, geradores e transformadores elétricos e fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas
    - 2711 Fabricação de motores, geradores e transformadores elétricos
    - 2712 Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas
    - 27121 Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas de alta tensão
    - 27122 Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas de baixa tensão
- 272 Fabricação de acumuladores e pilhas
- 273 Fabricação de fios e cabos isolados e seus acessórios
    - 2731 Fabricação de cabos de fibra ótica
    - 2732 Fabricação de outros fios e cabos elétricos e eletrónicos
    - 2733 Fabricação de dispositivos e acessórios para instalações elétricas, de baixa tensão
- 274 Fabricação de lâmpadas elétricas e de outro equipamento de iluminação
- 275 Fabricação de aparelhos para uso doméstico
    - 2751 Fabricação de eletrodomésticos
    - 2752 Fabricação de aparelhos não elétricos para uso doméstico
- 279 Fabricação de outro equipamento elétrico

Identificam-se como potencialmente contendo MPC+ os seguintes resíduos (identificados com os códigos LER):

- 70213 Resíduos de plásticos
- 80318 Resíduos de toner de impressão não abrangidos em 08 03 17
- 101003 Escórias do forno
- 101113 (*) Lamas de polimento e retificação de vidro, contendo substâncias perigosas
- 110108 (*) Lamas de fosfatação
- 110109 (*) Lamas e bolos de filtração, contendo substâncias perigosas
- 120101 Aparas e limalhas de metais ferrosos
- 120102 Poeiras e partículas de metais ferrosos
- 120103 Aparas e limalhas de metais não ferrosos
- 120104 Poeiras e partículas de metais não ferrosos
- 120105 Aparas de matérias plásticas
- 120112 (*) Ceras e gorduras usadas
- 120113 Resíduos de soldadura
- 120117 Resíduos de materiais de granalhagem, não abrangidos em 12 01 16
- 120118 (*) Lamas metálicas (lamas de retificação, superacabamento e lixagem) contendo hidrocarbonetos
- 120121 Mós e materiais de retificação usados, não abrangidos em 12 01 20
- 160117 Metais ferrosos
- 160118 Metais não ferrosos
- 160119 Plástico
- 160213 (*) Equipamento fora de uso, contendo componentes perigosos (ver nota 1 do Índice do Anexo da Decisão 2014/955/EU, da Comissão, de 18 de dezembro de 2014) não abrangidos em 16 02 09 a 16 02 12
- 160214 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13
- 160215 (*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso
- 160216 Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15
- 160303 (*) Resíduos inorgânicos contendo substâncias perigosas
- 160304 Resíduos inorgânicos não abrangidos em 16 03 03
- 160601 (*) Acumuladores de chumbo
- 160604 Pilhas alcalinas (exceto 16 06 03)
- 160605 Outras pilhas e acumuladores
- 160606 (*) Eletrólitos de pilhas e acumuladores, recolhidos separadamente
- 170203 Plástico
- 170407 Mistura de metais
- 170411 Cabos não abrangidos em 17 04 10
- 190205 (*) Lamas de tratamentos físico-químicos, contendo substâncias perigosas
- 190904 Carvão ativado usado
- 190905 Resinas de permuta iónica, saturadas ou usadas
- 191202 Metais ferrosos
- 191203 Metais não ferrosos
- 191204 Plástico e borracha
- 200121 (*) Lâmpadas fluorescentes e outros resíduos contendo mercúrio
- 200123 (*) Equipamento fora de uso contendo clorofluorcarbonetos

- 200135(*) Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso, não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23, contendo componentes perigosos (ver nota 1 do Índice do Anexo da Decisão 2014/955/EU, da Comissão, de 18 de dezembro de 2014
- 200136Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35
- 200139Plásticos
- 200140Metais

5.1.1.8 Automóvel

Este setor é delimitado pelas seguintes CAE:

29 Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis

- 291 Fabricação de veículos automóveis
- 292 Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques
- 293 Fabricação de componentes e acessórios para veículos automóveis

a) 2931 Fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis
b) 2932 Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis

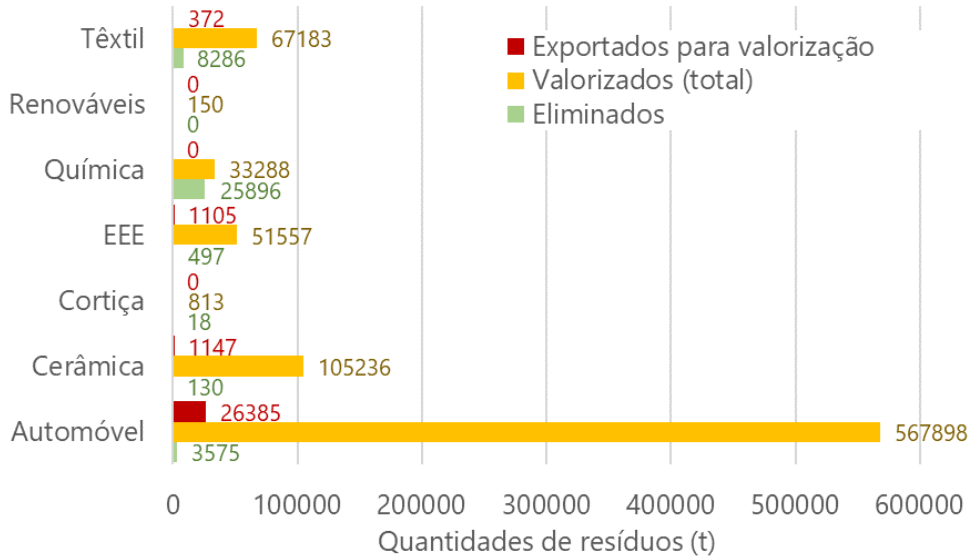
Identificam-se como potencialmente contendo MPC+ os seguintes resíduos (identificados com os códigos LER):

- 100201Resíduos do processamento de escórias
- 100903Escórias do forno
- 100908Machos e moldes de fundição vazados, não abrangidos em 10 09 07
- 101003Escórias do forno
- 120101Aparas e limalhas de metais ferrosos
- 120102Poeiras e partículas de metais ferrosos
- 120103Aparas e limalhas de metais não ferrosos
- 120104Poeiras e partículas de metais não ferrosos
- 120105Aparas de matérias plásticas
- 120113Resíduos de soldadura
- 120116(*) Resíduos de materiais de granalhagem, contendo substâncias perigosas
- 120117Resíduos de materiais de granalhagem, não abrangidos em 12 01 16
- 120118(*) Lamas metálicas (lamas de retificação, superacabamento e lixagem) contendo hidrocarbonetos
- 120120(*) Mós e materiais de retificação usados, contendo substâncias perigosas
- 120121Mós e materiais de retificação usados, não abrangidos em 12 01 20
- 160104(*) Veículos em fim de vida
- 160117Metais ferrosos
- 160118Metais não ferrosos
- 160214Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13
- 160215(*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso
- 160216Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15
- 160601(*) Acumuladores de chumbo

- 160604Pilhas alcalinas (exceto 16 06 03)
- 160605Outras pilhas e acumuladores
- 160606(*) Eletrólitos de pilhas e acumuladores, recolhidos separadamente
- 160801Catalisadores usados contendo ouro, prata, rénio, ródio, paládio, irídio ou platina (exceto 16 08 07)
- 170407Mistura de metais
- 191202Metais ferrosos
- 191203Metais não ferrosos
- 200133(*) Pilhas e acumuladores abrangidos em 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 e pilhas e acumuladores não triados contendo desses acumuladores ou pilhas
- 200134Pilhas e acumuladores não abrangidos em 20 01 33
- 200135(*) Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso, não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23, contendo componentes perigosos (ver nota 1 do Índice do Anexo da Decisão 2014/955/EU, da Comissão, de 18 de dezembro de 2014
- 200136Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35
- 200140Metais
- 040109Resíduos da confeção e dos acabamentos
- 040209Resíduos de materiais compósitos (têxteis impregnados, elastómeros, plastómeros)
- 040215Resíduos dos acabamentos, não abrangidos em 04 02 14
- 040221Resíduos de fibras têxteis não processadas
- 070214(*) Resíduos de aditivos, contendo substâncias perigosas
- 080201Resíduos de revestimentos na forma pulverulenta

5.1.1.9 Resíduos industriais - quantitativos

A informação disponível sobre a produção de resíduos industriais dos setores em análise é apresentada na figura seguinte. O setor automóvel é que o produz uma maior quantidade de resíduos, atingindo aproximadamente as 600 mil toneladas. Segue-se a cerâmica com cerca de 100 mil toneladas de resíduos.



Fonte: APA

Figura 7 – Produção de resíduos industriais por setor e destino final em toneladas em 2019

De assinalar que em praticamente todos os setores, a quantidade de resíduos valorizados supera em muito os resíduos eliminados (excetuando apenas o setor da Química). Também se verifica que a grande maioria dos resíduos é valorizada no país.

Em termos da produção de resíduos que poderão potencialmente conter MPC+ (resíduos pMPC+) foi feita uma análise dos quantitativos produzidos tendo como referência os valores reportados à APA para o ano de 2019 no âmbito do MIRR para as CAE Ver.3 identificadas como delimitando cada um dos setores em estudo (conforme o Anexo II), e ilustrado na tabela seguinte.

Na análise da mesma deve considerar-se que existem quantidades substanciais de resíduos que são sujeitos a operações de tratamento intermédias (por exemplo, armazenagem ou triagem) antes de serem enviados para uma operação final de eliminação ou valorização, não sendo assim possível quantificar com precisão os volumes valorizados para cada um destes setores de atividade considerados.

Tabela 29 – Análise sumária dos resíduos de fabricação produzidos em Portugal em 2019 potencialmente contendo MPC+ (resíduos pMPC+)

Setor	Produção resíduos pMPC+			Valorização			Eliminação		
	t produzidas	% do total resíduos produzido	% resíduos pMPC+ que permanece em Portugal	% resíduos pMPC+ valorizada	% resíduos pMPC+ trocada / acumulada para valorização	% resíduos pMPC+ recuperada / reciclada	% resíduos pMPC+ eliminada	% resíduos pMPC+ eliminados armazenada / misturada / reembalada	% resíduos pMPC+ eliminados por deposição / tratamento no solo
Têxtil	75 469,88	45%	100%	89,0%	94,0%	6,0%	11,0%	40,9%	58,7%
Calçado	13 370,59	51%	100%	67,8%	100,0%	0,0%	32,2%	11,3%	88,7%
Cerâmica	105 366,10	16%	99%	99,9%	8,3%	91,7%	0,1%	16,4%	83,6%
Cortiça	830,01	2%	100%	97,9%	100,0%	0,0%	2,1%	0,0%	100,0%
Químicos e Fertilizantes	59 184,78	39%	100%	56,2%	32,4%	67,6%	43,8%	35,8%	55,9%
EEE	52 053,90	20%	98%	99,0%	76,2%	23,8%	1,0%	16,9%	9,1%
Energias renováveis	149,98	33%	100%	100,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Automóvel	571 472,80	83%	95%	99,4%	41,5%	53,3%	0,6%	78,1%	11,9%
Total	**877 898,04**	**44%**	**97%**	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração do LNEG recorrendo a dados MIRR da APA

Nos parágrafos seguintes descreve-se a situação relativa aos resíduos de produtos em fim de vida – quantidades produzidas e valorizadas - com potencial para aproveitamento de MPC+.

5.2 1.1 Resíduos de produtos em fim de vida

5.2.1 Resíduos de têxteis

A APA forneceu à equipa de trabalho informação sobre resíduos têxteis reportados por três empresas de recolha de têxteis usados. De acordo com a informação disponibilizada, esses resíduos foram encaminhados para empresas de gestão de resíduos e para outras empresas têxteis, para valorização e deposição final, de acordo com o estado dos têxteis.

Tabela 30 – Quantidade de têxteis usados recolhidos e tipo de tratamento a que foram sujeitos.

	Total recolhido (t)	Valorização	Deposição	Exportação	Destino
Empresa A	306,98	99,98%	0,02%	99,89%	Espanha
Empresa B	9,46	99,40%	0,60%	n.d.	n.d.
Empresa C	1799,22	10,86%	89,14%	n.d.	n.d.

Fonte: APA

O facto de não estarem categorizadas as tipologias de materiais têxteis encaminhados pelas empresas inviabiliza a aplicação dos coeficientes unitários (os quais apenas dizem respeito ao têxtil lar) e a estimativa das MPC+ incorporadas nos resíduos referidos.

5.2.2 REEE – Resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos

5.2.2.1 REEE - Tratamento

No que respeita a informação referente a tratamento de REEE (conforme quadro seguinte), será relevante a informação sobre quantitativos de Substâncias perigosas recuperadas para:

- Cat 3 – Lâmpadas – pó de fósforo que contém MPC+ (terras raras)
- Cat 2 - Ecrãs, monitores e equipamentos com ecrãs de superfície) – os tubos de raios catódicos que contêm também MPC+ (terras raras).

Tabela 31 – Total de substâncias perigosas recuperadas em 2020 ao abrigo do DL 152-D/2017

Categoria	Substâncias	(t)
Cat 3 - Lâmpadas	**Pó de fósforo**	20,09
	Mercúrio	19,5
Cat 1 - Equipamentos de regulação da temperatura	**Gases Fluorados (CFC, HCFC, HFC, HC) - Frigorífico**	39,6
	Gases Fluorados (CFC, HCFC, HFC, HC) - Ar Condicionado	2,03
Cat 2 - Ecrãs, monitores e equipamentos com ecrãs de superfície	**Plásticos contendo retardadores de chama bromados**	145,05

Categoria	Substâncias	(t)
	Tubos de raios catódicos	147,08

Fonte: APA

5.2.2.2 Desagregação de informação de resíduos de EEE

O DL 102-D/2020 de 10 dezembro aprova o regime geral da gestão de resíduos, o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, transpondo as Diretivas (UE) 2018/849, 2018/850, 2018/851 e 2018/852. Os EEE estão assim agrupados nas seguintes seis grandes categorias constantes no seu Anexo I:

› Categoria 1: Equipamentos de regulação da temperatura
› Categoria 2: Ecrãs, monitores e equipamentos com ecrãs de superfície superior a 100 cm^2
› Categoria 3: Lâmpadas
› Categoria 4: Equipamentos de grandes dimensões
› Categoria 5: Equipamentos de pequenas dimensões
› Categoria 6: Equipamentos informáticos e de telecomunicações de pequenas dimensões

Os produtos para os quais foi possível obter coeficientes unitários no âmbito do presente estudo dizem respeito às seguintes categorias e produtos abrangidos por estas categorias:

- Categoria 2: Ecrãs, monitores e equipamentos com ecrãs de superfície superior a 100 cm^2 – foram considerados praticamente todos os equipamentos nesta categoria, sobretudo devido à presença de tubos de raios catódicos ou ecrãs LCD;
- Categoria 3: Lâmpadas - foram consideradas todas as lâmpadas sobretudo tendo presente as MPC+ integrando a própria lâmpada. Em alguns casos, algumas lâmpadas poderão ter placas de circuito impresso, mas não foram consideradas nesta fase;
- Categoria 6: foram considerados os telemóveis e os computadores pessoais (desktop e laptop)

A legislação que regula o fluxo de REEE tem por base o princípio da responsabilidade alargada do produtor, sendo atribuída ao produtor do EEE a responsabilidade pela gestão do resíduo quando este atinge o final de vida, podendo esta ser assumida a título individual ou transferida para um sistema integrado. A aplicação das medidas e ações instituídas na legislação nacional concretizou-se através do licenciamento, em abril de 2006, das seguintes entidades gestoras de sistemas coletivos de gestão de REEE: Electrão – Associação de Gestão de Resíduos e ERP Portugal – Associação Gestora de Resíduos. Em 2018 foi atribuída licença a uma nova sociedade gestora, a WEEECYCLE – Associação de Produtores de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos.

O reporte anual a que estas sociedades estão obrigadas permite recolher informação sobre as quantidades de resíduos recolhidas anualmente e o destino desses mesmo resíduos.

De acordo com o reporte[49] das três sociedades gestoras, em 2019 o total de REEE recolhidos foi de cerca de 33,6 mil toneladas.

Tabela 32 – REEE recolhidos em 2019 (t)

Categoria	Electrão	ERP	Weecycle*	Total
1	5884	3 540	28,87	9 452,87
2	3535	1 358	2,54	4 895,54
3	624	73	0,49	697,49
4	4263	3 874	24,27	8 161,27
5	4573	3 538	88,98	8 199,98
6	1535	692	30,16	2 257,16
				33 664,31

Fonte: APA

Entre as categorias que contêm equipamentos que foram avaliados no âmbito do presente projeto:

- Da categoria 2 - Ecrãs, monitores e equipamentos com ecrãs de superfície superior a 100 cm2, o total recolhido foi de cerca de 5 mil toneladas;

- Da categoria 3 – Lâmpadas, o total recolhido foi de cerca de 700 toneladas;

- Da categoria 6 – Equipamentos informáticos e de telecomunicações de pequenas dimensões, o total recolhido foi de cerca de 2,2 mil toneladas.

Dos equipamentos recolhidos, foram tratados e valorizados, cerca de 4 mil toneladas da categoria 2, cerca de 600 toneladas da categoria 3 e 1,8 mil toneladas da categoria 6.

Tabela 33 – REEE encaminhados para tratamento e valorização em 2019 (t)

[49] Electrão: https://www.electrao.pt/relatorios-de-actividade/#1618420047876-cf164ba2-acb6

ERP Portugal: https://erp-recycling.org/pt-pt/wp-content/uploads/sites/16/2020/11/Relatorio-Anual-Atividades-REEE-2019_resumo.pdf

Weecycle: https://www.e-cycle.pt/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio-de-Atividades-e-Contas-2019_WEEECYCLE.pdf

Categoria	Electrão	ERP	Weecycle	Total
1	5 748	3 088	25,3	8 860,85
2	3509	560	1,5	4 070,11
3	624		0,4	624,45
4	4 171	3 466	23,4	7 660,07
5	4 572	3 279	75,2	7 926,56
6	1 345	606	29,3	1 980,00
				31 122,02

Fonte: APA

Não sendo possível desagregar de cada categoria os produtos para os quais foi possível obter coeficientes unitários, pode-se adiantar quais as principais MPC+ envolvidas na valorização dos materiais dos REEE, por identificação dos coeficientes unitários com maiores quantidades. Entre estas destacam-se então, por categoria:

- Categoria 2: Antimónio

- Categoria 3: Elementos de terras raras leves

- Categoria 6: Cobalto, Grafite natural, Lítio e Magnésio

5.2.3 Resíduos de baterias e acumuladores

A informação aqui constante refere-se a resíduos produzidos por todas as utilizações de baterias e acumuladores e não apenas referentes a veículos e EEE.

Em termos de MPC+ as baterias potencialmente mais relevantes são as seguintes:

1. **chumbo ácido** - estas baterias estão sobretudo presentes em veículos com motores de combustão interna (*automotive batteries*), embora haja também alguns equipamentos deste tipo em aplicações estacionárias em alguns edifícios para emergências (falha abastecimento elétrico). Considera-se que este tipo de baterias estará contemplado no fluxo de resíduos dos veículos em fim de vida);
2. **níquel-hidreto (NiMH)** – estas baterias são comummente utilizadas em: (i) aplicações domésticas de pequena dimensão (conhecidas como pilhas recarregáveis em Portugal); (ii) em alguns dos primeiros veículos híbridos colocados no mercado já há 10 anos ou mais (ex. Toyota Prius), e (iii) armazenamento estacionário em edifícios, substituindo por vezes as baterias de chumbo-ácido neste tipo de aplicações;
3. **iões-lítio (LIB)** – LIB portáteis utilizadas em diverso material de comunicações e informático portátil e as LIB ditas industriais que agrega as baterias dos veículos elétricos (inclui-se aqui híbridos mais recentes, híbridos plug-in e veículos 100% elétricos), assim como as LIB para armazenamento estacionário de eletricidade (por ex. associadas a centrais fotovoltaicas).

As **baterias de escoamento REDOX** contêm vanádio e serão sobretudo utilizadas para armazenamento de eletricidade em aplicações estacionárias. No entanto estas ou ainda estão presentes no mercado nacional ou estarão mas de forma muito residual. Como tal não são consideradas aqui.

Em 2019 a produção de resíduos de pilhas e acumuladores foi de mais de 72 mil toneladas (tabela seguinte) e praticamente a mesma quantidade foi sujeita a valorização.

Tabela 34 – Pilhas e acumuladores recolhidos e valorizados em 2019 (t) [PAP – pilhas portáteis; BAI – baterias industriais; BAVA – baterias automóveis]

Indicador	Chumbo-ácido	Níquel Cádmio	Outras
Quantidade de (PAP+BAI+BAVA) colocada no mercado	34 682	50	4 874
Quantidade de (PAP+BAI+BAVA) recolhida	71 750	97	599
Quantidade de (PAP+BAI+BAVA) valorizada	71 313	103*	774*

*A quantidade valorizada é superior à recebida no ano, porque também foi valorizada uma fração em stock do ano anterior.

Fonte: APA - Informação em novembro de 2021 e fevereiro de 2022

A categoria BAVA inclui todas as baterias automóveis, não sendo possível ter informação desagregada apenas para baterias de veículos ligeiros, a categoria de veículos analisada no presente estudo. A categoria BAVA inclui baterias que são trocadas em oficinas e baterias que são separadas de veículos em fim de vida. Assumindo que todos os veículos que chegam ao fim de vida e são recolhidos pela rede da Valorcar possuem uma bateria, então em 2019 terão sido recolhidas cerca de 111 mil baterias a partir de veículos em fim de vida, das quais cerca de 94 mil são de veículos ligeiros de passageiros (ver secção seguinte).

Considerando os resíduos que podem ter um maior potencial de recuperação de MPC, a informação da Valorcar relativamente ao tratamento dos resíduos de baterias e acumuladores de Lítio, "a tecnologia de reciclagem mais usada atualmente é a pirometalúrgica: processo de fundição a alta temperatura (perto dos 1.200 ºC) que permite obter:

• uma liga onde se concentram metais como o Cobre, o Alumínio, o Níquel e o Cobalto. Posteriormente, através de processos hidrometalúrgicos (dissolução em banhos químicos específicos) estes metais são separados e purificados;

• escórias nas quais o Lítio fica retido, não sendo possível voltar a ser utilizado em baterias, mas possibilitando o seu uso, p.e., na construção de estradas.

Atualmente, não existem unidades de reciclagem de RBA de Lítio em Portugal, sendo também escassas na Europa.

Prevê-se que o aumento expectável da quantidade destes RBA nos próximos anos seja acompanhado do surgimento de mais unidades de reciclagem baseadas na tecnologia hidrometalúrgica. Devido a ocorrer a baixas temperaturas, esta tecnologia poderá, para além dos

metais mencionados anteriormente, permitir também a separação de grafite e de compostos de Lítio passiveis de reprocessamento e posterior utilização no fabrico de novas baterias."[50]

Existe, portanto, um potencial a explorar em termos de recuperação de algumas MPC contidas em baterias e acumuladores, potencial esse que aumentará à medida em que aumente a quantidade de veículos elétricos a circular.

5.2.4 Veículos em fim de vida (VFV)

No processo de tratamento dos VFV os operadores têm de separar diversos componentes para tratamento individualizado, seja para garantir a despoluição, seja para promover a reutilização e reciclagem.

1. Operações de tratamento para despoluição dos VFV:

- Remoção dos acumuladores e dos depósitos de gás liquefeito (GPL);
- Remoção ou neutralização dos componentes pirotécnicos (por exemplo, airbags e pré-tensores dos cintos de segurança);
- Remoção do combustível, dos óleos (do motor, da transmissão, da caixa de velocidades e dos sistemas hidráulicos), dos líquidos de arrefecimento, do anticongelante, dos fluidos dos travões, dos fluidos dos sistemas de ar condicionado e quaisquer outros fluidos contidos no VFV, a menos que sejam necessários para efeitos de reutilização das peças visadas;
- Remoção, na medida do possível, de todos os componentes identificados como contendo mercúrio;
- Remoção de todos os componentes e materiais rotulados ou de outro modo indicados nos termos do anexo xvi, no caso dos VFV das categorias M1, N1 e veículos a motor de três rodas, com exclusão dos triciclos a motor.

Operações de tratamento a fim de promover a reutilização e a reciclagem:

- Remoção de todos os componentes suscetíveis de reutilização como peças em segunda mão, quando técnica e economicamente viável;
- Remoção dos catalisadores;
- Remoção dos componentes metálicos que contenham cobre, alumínio e magnésio, se esses metais não forem separados no ato de fragmentação;
- Remoção de pneus;
- Remoção de grandes componentes de plástico (por exemplo, para-choques, painel de bordo, reservatórios de fluidos, etc.) se estes materiais não forem separados no ato de fragmentação;
- Remoção dos vidros.

De entre a informação de resíduos disponível para VFV será relevante as seguintes tipologias de acordo com "Materiais provenientes da despoluição dos VFV de acordo com a diretiva n.º 2000/53/CE":

1. Baterias e acumuladores

[50] https://www.valorcar.pt/pt/reciclagem-de-rba

2. Pneus

Os valores de **baterias usadas** foram descritos na secção anterior e a dos pneus usados é apresentada na presente secção.

As fontes de informação relativas aos VFV são as seguintes:

- https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/FluxosEspecificosResiduos/VFV/Reporte%20comunitario%20VFV%202019.pdf
- https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/FluxosEspecificosResiduos/VFV/Valorcar_Indicadores_VFV_2018_2020.pdf

Segundo o reporte da Valorcar, em 2019 foram recolhidos e tratados cerca de 111 mil veículos em fim de vida, representando cerca de 86 mil toneladas de materiais. Destes, cerca de 70 mil toneladas foram reutilizadas e valorizadas e 7 mil sujeitas a valorização energética.

Tabela 35 – Indicadores de recolha e tratamento de VFV

	2018	2019	2020
VFV recolhidos (n. º)	107 209	111 112	101 378
Peso total de VFV recolhidos (t)	74 571	86 004	85 816
Materiais reutilizados (t)	4 469	5 001	4 977
Materiais reciclados (t)	60 382	70 656	69 155
Materiais valorizados energeticamente (t)	6 716	7 309	7 105
Total reutilizado e valorizado (t)	60 382	75 657	74 152
Reutilização e valorização (%)	96,0	96,5	97,8
Reutilização e reciclagem (%)	87,0	88,0	88,5

Informação disponibilizada pela APA, com base na Plataforma de Emissão de certificados de VFV, indica-nos que, do total de VFV recolhidos 94 384 são ligeiros de passageiros. Assumindo que em 2019 estes são praticamente na sua totalidade Veículos com motores de Combustão Interna, pode-se extrapolar, da Tabela 33, que 88% das MPC incluídas no tratamento dos resíduos de VFV ligeiros de passageiros foram integradas em processos de reutilização e reciclagem e 8% foram integrados em valorização energética.

Aplicando os coeficientes unitários recolhidos para veículos automóveis, os valores potenciais de MPC envolvidos nestes processos de valorização de VFV ligeiros de passageiros são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 36 – Quantidade potencial de MPC em VFV encaminhados para tratamento (Seleção) [Nota: não inclui a Borracha natural]

	Reutilizados e reciclados (kg)	Valorização energética (kg)
Barita ($BaSO_4$ mineral)	66 870,35	6 079,12
Bismuto (Bi)	732,99	66,64
Borato (BO_x)	2 081,85	189,26
Cobalto (Co)	738,38	67,13
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	1 952,57	177,51
Estrôncio (Sr)	12 164,66	1 105,88
Lítio (Li)	1 108,41	100,76
Magnésio (Mg)	713 758,24	64 887,11
Nióbio (Nb)	12 449,14	1 131,74
Titânio (Ti)	44 760,74	4 069,16
Vanádio (V)	7 451,54	677,41
Total	**853 068,87**	**78 551,72**

Em relação aos pneus usados, de acordo com dados da Valorpneu[51] e da APA[52], no ano de 2019 foram recolhidos e tratados por esta sociedade gestora 80 831t de pneus usados. Considerou-se que cerca de 19% do pneu de um veículo automóvel é composto por borracha natural[53], o que significa que foram recolhidas e tratadas cerca de 15 mil toneladas de borracha, sendo que cerca de 9 mil toneladas foram incluídas em processos de reciclagem e 6 mil toneladas foram usadas para valorização energética.

Tabela 37 – Indicadores de recolha e tratamento de pneus usados e estimativa da borracha natural incluída

Indicadores Valorpneu (t)	2019	Borracha Natural (t)
Pneus colocados no mercado	97 948	-
Pneus usados gerados	75 094	-
Pneus enviados para recauchutagem não nominativa	2 148	-
Pneus enviados para reutilização meio-piso	526	-
Pneus enviados para reciclagem	46 498	21 854
Pneus enviados p/ outras formas de valorização material	744	350
Pneus enviados para valorização energética	3 0915	14 530
Pneus enviados para aterro	0	0
Pneus usados recolhidos e tratados no SGPU	8 0831	37 990

Dos pneus reciclados, cerca de 90% foram reciclados em Portugal, 9% em Espanha e 1% na Índia.

[51] https://www.valorpneu.pt/indicadores/

[52] https://www.apambiente.pt/residuos/pneus-usados

[53] https://www.ustires.org/whats-tire-0

Os valores reportados dizem respeito a todos os pneus colocados no mercado para todos os tipos de veículos, extravasando assim os veículos ligeiros que foram considerados neste estudo. Adicionalmente, à semelhança das baterias automóveis, os valores reportados pela Valorpneu, incluem os pneus usados recolhidos em oficinas e os pneus usados separados de veículos em fim de vida.

5.2.5 RCD Resíduos de Construção e Demolição

No que respeita a RCD identificaram-se os códigos LER correspondentes aos resíduos deste tipo que potencialmente poderão conter MPC+. Na prática os RCD mais relevantes correspondem apenas aos vidrados usados em produtos cerâmicos:

- 17 01 03 753 Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
- 17 01 06 754 Misturas ou frações separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, contendo substâncias perigosas
- 17 01 07 Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidas em 17 01 06

O desconhecimento acerca da fração de cada tipo de resíduo nas misturas conduziu a que se selecionasse para estimativa apenas a categoria 17 01 03 753 (Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos).

Recorrendo a um catálogo de venda de Ladrilhos[54] foi possível obter um peso médio por m^2 de produto. Calculando o consumo aparente de ladrilhos no mercado nacional (Importações + Produção Nacional - Exportações) e comparando com o consumo aparente do conjunto de produtos Ladrilhos + Loiça Sanitária + Telhas foi possível estimar uma fração percentual do peso de ladrilhos consumidos no país.

Aplicando os coeficientes unitários obtém-se os seguintes valores de MPC+ processados nos diferentes tipos de operação de gestão de resíduos:

Tabela 38 – Potencial de MPC+ nos Ladrilhos em RCD

MPC+	Eliminados (D)	Valorizados (Total)	Fração reciclagem
Unidade	kg	kg	kg
Antimónio	38,94	3 243,98	6,54
Barita	439,24	36 592,08	73,79
Borato	482,29	40 178,16	81,02
Cobalto	677,70	56 457,03	113,85
LREE praseodímio	*67,40*	*5 615,03*	*11,32*
Lítio	207,30	17 269,76	34,82
Vanádio	217,07	18 083,71	36,47
Total	**2 129,94**	**177 439,75**	**357,81**

[54] https://www.gresart.pt/pt/bedrock_23.html?p=82&dw=30mas

5.2.6 Resíduos de Fertilizantes P

Para o caso dos fertilizantes de fósforo não foi possível quantificar os resíduos de produtos em fim de vida, dado serem aplicados no solo e seguirem um processo natural de absorção sujeito a condicionantes várias.

No entanto, deve referir-se que, conforme detalhado na seção 2.4.4., a estimativa dos valores em fósforo envolvidos nas várias correntes (ver esquema do Fósforo na seção 6.3.9) usou, entre outras fontes, os valores referidos nos registos nacionais de resíduos, como sejam:

- **Estrumes e chorumes para compostagem** – para esta quantificação utilizaram-se os quantitativos associados ao LER 020106 (Fezes, urina e estrume de animais (incluindo palha suja). No entanto, atendendo a que uma grande parte dos operadores da pecuária ainda não considera os estrumes são resíduos, o valor compilado no MIRR não refletirá a realidade da produção dos resíduos de estrume/chorume (LER 020106) que será bastante superior.
- **Outros estrumes e chorumes** - Também para esta corrente se fez referência aos quantitativos de lamas apurados segundo o código LER 020106 (Fezes, urina e estrume de animais (incluindo palha suja) em associação com valores reais determinados no projeto Converte POSEUR.
- **Águas residuais domésticas** - Foi usada informação relativa a quantidade de lamas com LER 190805 que foram sujeitas a operação R3 (Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solvente (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas), D1 (aterro) bem como as que foram sujeitas a operação R10 (tratamento no solo).
- **Lamas para solo** – Utilizou-se informação relativa a quantidade de lamas com LER 190805 que foram sujeitas a operação R10 (tratamento no solo).
- **Resíduos da indústria alimentar** – Foram usados dados relativos aos quantitativos totais de LER 200108, 200201, 20202, 20203, 20204, 20301, 20304, 20305, 20403, 20501, 20502, 20601, 20603, 20704, 20705 referentes a 2019.

5.2.7 Resíduos de cortiça

A estimativa dos resíduos de cortiça foi realizada apenas para o caso das rolhas. Para o efeito foi considerado o consumo de vinho em Portugal entre 1 de setembro de 2019 a 31 de agosto de 2020 (INE), assumindo todo o vinho engarrafado em garrafas de 0,75l. Tendo sido o consumo total de 4,374 $x10^6$ hl, de acordo com o pressuposto perfaz 5,83$x10^8$ garrafas. Assumindo uma fração de 70% dos vinhos embalados com rolhas de cortiça, perfaz 4,08$x10^8$ garrafas com rolhas de cortiça.

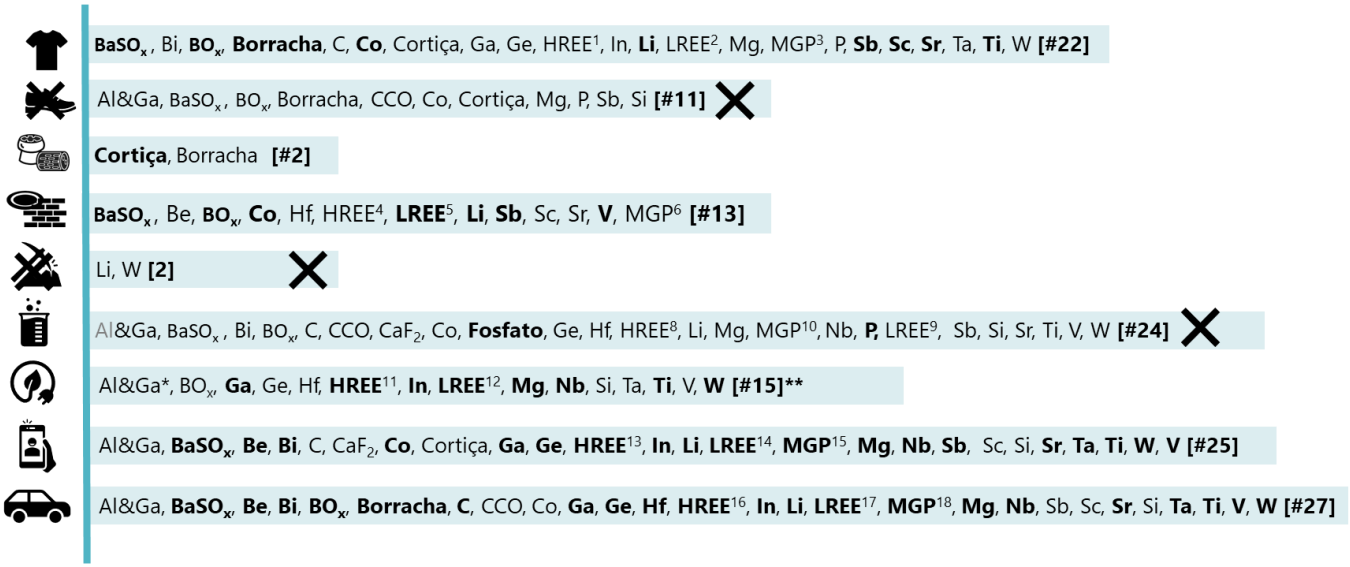
Considerando um peso médio por rolha de 4,5g, o peso total de rolhas é de 1 837t. Assumindo que uma rolha tem em média 90% de cortiça[55] e que 15% do vinho fica em stock, o peso total de cortiça em rolhas de garrafas de vinho consumido (resíduos de cortiça) será de cerca de 1 405 t.

[55] Teor de cortiça médio, considerando rolhas de cortiça natural (99.7%) e rolhas de cortiça aglomerada (85%) fonte: https://www.amorimcork.com/pt/media-center/noticias/estudo-confirma-pegada-de-carbono-negativa-das-rolhas-de-cortica-amorim/353/

- Página intencionalmente em branco –

6 Quantificação de MPC+ na economia portuguesa

Na figura seguinte sistematizam-se as MPC+ consideradas para a quantificação (a negrito). As cruzes indicam setores / produtos que não foram analisados quantitativamente conforme descrito na seção 2.3.



[1] Gd, Ho, Yb; [2] Ce, La, Nd, Pm, Pr; [3] não disponível; [4] Y; [5] Pr, Ce, La; [6] Pt, Pd; [8] Pr, ;, [9] Ce, La, Nd; [10] Ru, Ir, Pt, Rh; [11] Dy, Tb; [12] Pr, Nd; [13] Y, Tb, Eu, Gd, Dy, Er; [14] La, Ce, Nd, Sa, Pr; [15] Pd, Pt; [16] Dy, Eu, Tb, Y, Gd, Yb; [17] La, Nd, Pr, Ce, Sm; [15] Pt, Pd, Rh.
* Refere-se à utilização de bauxite já transformada em alumínio que é usado em tecnologias de solar e eólica
** Li e Co são necessários em baterias em armazenagem de eletricidade, mas aqui considerado apenas as tecnologias de geração

Figura 8 - MPC+ consideradas para a estimativa quantitativa nos vários produtos / setores (a negrito). Nota: os setores indústria extrativa e calçado foram excluídos da fase de análise quantitativa

Abreviaturas: Antimónio (Sb); Barita ($BaSO_x$ mineral); Bauxite (Al & Ga); Berílio (Be); Bismuto (Bi); Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4); Borracha Natural; Carvão de coque (CCO); Cobalto (Co); Elementos de Terras Raras Leves (LREE); Elementos de Terras Raras Pesados (HREE); Escândio (Sc); Espatoflúor (CaF_2); Estrôncio (Sr); Fosfato natural; Fósforo (P); Gálio (Ga); Germânio (Ge); Grafite Natural (C); Háfnio (Hf):; Índio (In); Lítio (Li); Magnésio (Mg); Metais do Grupo da Platina (MGP); Nióbio (Nb); Silício-metal (Si); Tântalo (Ta); Titânio (Ti); Tungsténio ou Volfrâmio (W) e Vanádio (V)

6.1 Quantidades por MPC+

Os quantitativos de MPC+ contidos nos **21 produtos representativos** considerados encontram-se sistematizados na tabela seguinte, para:

1) Eólica Onshore
2) Eólica Offshore
3) Fotovoltaica (PV)

4) Hidroelétrica
5) Geotérmica
6) Veículo Elétrico a Baterias (BEV)
7) Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (PHEV)
8) Veículos de Combustão Interna
9) Ladrilhos
10) Louça sanitária
11) Telhas vidradas
12) Televisões (TVs)
13) Computadores
14) Telemóveis
15) Placas de circuito impresso
16) Lâmpadas
17) Rolhas
18) Pavimentos e Revestimentos de cortiça
19) Isolamento de cortiça
20) Têxtil (note-se que nesta fase o têxtil representa uma simplificação que agrega produtos têxteis de vestuário, têxtil lar e têxtil técnico)
21) Fertilizantes de fósforo (P)

Conforme detalhado na seção 2, os valores de importações, exportações e produção nacional referem-se ao ano de 2019. Os valores de stock referem-se ao teor de MPC+ estimado em produtos em Portugal (nas habitações, em edifícios de serviços, em circulação, etc.) existentes no final do ano de 2018. Como tal, os valores de stock, por se referirem a valores acumulados ao longo de décadas, têm uma magnitude maior do que os fluxos apenas de 2019.

Note-se que **não foi possível estimar os valores de stock para a MPC fósforo (P) e para a matéria-prima estratégica cortiça**, respetivamente presentes nos fertilizantes P e nos produtos de cortiça considerados, devido a falta de informação disponível. Da mesma forma, não foi possível estimar valores de stock para **telhas vidradas e placas de circuito impresso**.

A penúltima coluna nas duas tabelas seguintes representa o balanço entre os fluxos de importações, exportações e produção nacional em 2019, e que é acrescentado ao stock (traduz assim, a variação para o stock do ano seguinte).

Apresentam-se os dois valores "stock" e o "balanço" entre os fluxos para um ano para se ter uma melhor perceção entre:

a) o volume de MPC+ presente em produtos que virão potencialmente a transformar-se em resíduos (ou seja, no "stock") e
b) o volume de MPC+ contido em produtos que são colocados no mercado nacional por ano (ou seja, no "balanço" ou "adição ao stock")

Apesar da enorme incerteza nos valores de stock calculados considera-se que mesmo assim que estes são importantes no âmbito deste trabalho. Ao adicionar o "stock" no final do ano de 2018 e a "adição ao stock" que se verificou durante 2019, obtém-se o valor de "stock acumulado" também representado na última coluna na duas tabelas seguintes.

Note-se que os valores totais de MPC+ apresentados nesta tabela traduzem sobretudo os volumes do balanço de cortiça e P, que se apresentam com duas ordem de grandeza acima dos obtidos para as restantes MPC. Estas duas matérias-primas, mesmo sem ter sido possível obter uma estimativa para o seu stock, são utilizadas em quantidades bastante superiores à da maioria das MPC+. De notar que, ao contrário da maioria das outras MPC+, que são usadas em componentes ou aditivos, a cortiça e o P são as principais matérias-primas dos produtos de cortiça e dos fertilizantes P, o que explica esta diferença de magnitude.

Note-se que estas duas MPC+ são materiais naturais e "renováveis" fazendo parte de ciclos biogeoquímicos. Por esta razão são mostrados resultados com e sem a cortiça natural e P para fertilizantes P (note-se que o P tem outras aplicações que não apenas os fertilizantes, como referido anteriormente).

Tabela 39 – Quantitativos de MPC+ em toneladas na economia portuguesa incluindo a cortiça natural nos produtos de cortiça e o P nos fertilizantes P. Note-se que não foram estimados valores de stock para produtos de cortiça natural e fertilizantes P.

MPC+ (t)	Importações (I)	Exportações (E)	Produção (P)	Stock (S)		I+P-E	S+(I+P-E)
Sb	78,15	398,36	787,82	1 143,28		467,61	1 610,89
$BaSO_4$	443,25	1 052,86	2 708,46	20 639,83		2 098,85	22 738,68
Al & Ga	-	-	-	-		-	-
Be	0,08	0,01	0,04	0,62		0,10	0,72
Bi	2,15	1,87	3,02	58,05		3,30	61,35
BO_x	357,38	1 247,47	2 868,08	21 428,49		1 977,99	23 406,47
Borr	2 007,25	1 528,05	2 467,19	47 685,03		2 946,39	50 631,42
CCO	-	-	-	-		-	-
Cor	4 307,37	164 302,32	181 611,98	-		21 617,02	21 617,02
Co	448,65	455,73	6 240,54	8 190,93		6 233,46	14 424,39
LREE	**42,44**	**20,74**	**600,33**	**749,34**		622,04	**1 371,38**
LREE-La	*0,82*	*0,14*	*0,13*	*3,71*		*0,81*	*4,52*
LREE-Ce	*1,92*	*0,39*	*0,52*	*11,75*		*2,05*	*13,80*
LREE-Pr	*7,40*	*15,47*	*591,89*	*360,29*		*583,81*	*944,10*
LREE-Nd	*32,13*	*4,68*	*7,71*	*371,76*		*35,16*	*406,92*
LREE-Pm	-	-	-	-		-	-
LREE-Sm	*0,17*	*0,06*	*0,09*	*1,83*		*0,21*	*2,03*
HREE	**8,75**	**1,14**	**0,30**	**74,74**		7,91	**82,65**
HREE-Y	*5,47*	*0,83*	*0,14*	*16,40*		*4,77*	*21,18*
HREE-Eu	*0,26*	*0,03*	*0,00*	*0,64*		*0,22*	*0,86*
HREE-Gd	*0,50*	*0,07*	*0,00*	*1,25*		*0,43*	*1,68*
HREE-Tb	*1,30*	*0,07*	*0,01*	*7,15*		*1,23*	*8,39*
HREE-Dy	*0,76*	*0,07*	*0,13*	*45,89*		*0,81*	*46,69*

MPC+ (t)	Importações (I)	Exportações (E)	Produção (P)	Stock (S)		I+P-E	S+(I+P-E)
HREE-Ho	-	-	-	-		-	-
HREE-Er	-	-	-	-		-	-
HREE-Tm	-	-	-	-		-	-
HREE-Yb	*0,48*	*0,05*	*0,02*	*3,40*		*0,45*	*3,85*
HREE-Lu	-	-	-	-		-	-
Sc	-	-	-	-		-	-
CaF_2	-	-	-	-		-	-
Sr	34,88	30,85	49,84	960,41		53,86	1 014,28
Fos	0,33	0,67	0,73	6,83		0,39	7,22
P	53 624,51	1 700,07	51 675,10	2,40		103 599,53	103 601,92
Ga	0,11	0,06	0,09	2,50		0,14	2,65
Ge	0,01	0,00	0,00	0,07		0,01	0,08
C	19,42	3,09	2,92	85,52		19,25	104,77
Hf	0,00	0,00	0,00	0,04		0,00	0,04
In	0,31	0,07	0,09	5,86		0,33	6,19
Li	239,26	89,95	68,53	1 722,98		217,84	1 940,82
Mg	2 057,03	1 811,95	2 927,78	56 419,52		3 172,85	59 592,38
MGP	1,50	0,90	1,43	27,14		2,03	**29,17**
MGP-Ru	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,08*		*0,00*	*0,09*
MGP-Rh	*0,03*	*0,02*	*0,04*	*0,69*		*0,04*	*0,73*
MGP-Pd	*0,78*	*0,46*	*0,71*	*13,28*		*1,04*	*14,32*
MGP-Os	-	-	-	-		-	-
MGP-Ir	*0,00*	*0,00*	*0,01*	*0,12*		*0,01*	*0,12*
MGP-Pt	*0,69*	*0,41*	*0,67*	*12,98*		*0,94*	*13,92*
Nb	52,21	31,61	51,00	995,59		71,60	1 067,19
Si	1,91	0,17	0,74	11,88		2,47	14,35
Ta	2,78	1,27	2,30	45,43		3,80	49,23
Ti	128,79	113,53	183,41	3 591,65		198,67	3 790,31
W	1,48	1,31	2,11	40,69		2,28	42,97
V	100,45	205,85	1 102,68	3 103,63		997,27	4 100,90
Total	**63 960,43**	**172 999,92**	**253 356,48**	**166 992,46**		**144 317,00**	**311 309,46**

* não foi estimado valor de stock para a cortiça e P nos fertilizantes P

Tabela 40 – Quantitativos de MPC+ em toneladas na economia Portuguesa excluindo a cortiça natural nos produtos de cortiça e o P nos fertilizantes P.

MPC+ (t)	Importações (I)	Exportações (E)	Produção (P)	Stock (S)		I+P-E	S+(I+P-E)
Sb	78,15	398,36	787,82	1 143,28		467,61	1 610,89
$BaSO_4$	443,25	1 052,86	2 708,46	20 639,83		2 098,85	22 738,68
Al & Ga	-	-	-	-		-	-
Be	0,08	0,01	0,04	0,62		0,10	0,72
Bi	2,15	1,87	3,02	58,05		3,30	61,35
BO_x	357,38	1 247,47	2 868,08	21 428,49		1 977,99	23 406,47
Borr	2 007,25	1 528,05	2 467,19	47 685,03		2 946,39	50 631,42
CCO	-	-	-	-		-	-
Cor	-	-	-	-		-	-
Co	448,65	455,73	6 240,54	8 190,93		6 233,46	14 424,39
LREE	**42,44**	**20,74**	**600,33**	**749,34**		622,04	**1 371,38**
LREE-La	*0,82*	*0,14*	*0,13*	*3,71*		*0,81*	*4,52*
LREE-Ce	*1,92*	*0,39*	*0,52*	*11,75*		*2,05*	*13,80*
LREE-Pr	*7,40*	*15,47*	*591,89*	*360,29*		*583,81*	*944,10*
LREE-Nd	*32,13*	*4,68*	*7,71*	*371,76*		*35,16*	*406,92*
LREE-Pm	-	-	-	-		-	-
LREE-Sm	*0,17*	*0,06*	*0,09*	*1,83*		*0,21*	*2,03*
HREE	**8,75**	**1,14**	**0,30**	**74,74**		7,91	**82,65**
HREE-Y	*5,47*	*0,83*	*0,14*	*16,40*		*4,77*	*21,18*
HREE-Eu	*0,26*	*0,03*	*0,00*	*0,64*		*0,22*	*0,86*
HREE-Gd	*0,50*	*0,07*	*0,00*	*1,25*		*0,43*	*1,68*
HREE-Tb	*1,30*	*0,07*	*0,01*	*7,15*		*1,23*	*8,39*
HREE-Dy	*0,76*	*0,07*	*0,13*	*45,89*		*0,81*	*46,69*
HREE-Ho	-	-	-	-		-	-
HREE-Er	-	-	-	-		-	-
HREE-Tm	-	-	-	-		-	-
HREE-Yb	*0,48*	*0,05*	*0,02*	*3,40*		*0,45*	*3,85*
HREE-Lu	-	-	-	-		-	-
Sc	-	-	-	-		-	-
CaF_2	-	-	-	-		-	-
Sr	34,88	30,85	49,84	960,41		53,86	1 014,28
Fos	0,33	0,67	0,73	6,83		0,39	7,22
P	0,51	0,07	0,10	2,40		0,53	2,92
Ga	0,11	0,06	0,09	2,50		0,14	2,65
Ge	0,01	0,00	0,00	0,07		0,01	0,08
C	19,42	3,09	2,92	85,52		19,25	104,77

MPC+ (t)	Importações (I)	Exportações (E)	Produção (P)	Stock (S)		I+P-E	S+(I+P-E)
Hf	0,00	0,00	0,00	0,04		0,00	0,04
In	0,31	0,07	0,09	5,86		0,33	6,19
Li	239,26	89,95	68,53	1 722,98		217,84	1 940,82
Mg	2 057,03	1 811,95	2 927,78	56 419,52		3 172,85	59 592,38
MGP	1,50	0,90	1,43	27,14		2,03	**29,17**
MGP-Ru	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,08*		*0,00*	*0,09*
MGP-Rh	*0,03*	*0,02*	*0,04*	*0,69*		*0,04*	*0,73*
MGP-Pd	*0,78*	*0,46*	*0,71*	*13,28*		*1,04*	*14,32*
MGP-Os	-	-	-	-		-	-
MGP-Ir	*0,00*	*0,00*	*0,01*	*0,12*		*0,01*	*0,12*
MGP-Pt	*0,69*	*0,41*	*0,67*	*12,98*		*0,94*	*13,92*
Nb	52,21	31,61	51,00	995,59		71,60	1 067,19
Si	1,91	0,17	0,74	11,88		2,47	14,35
Ta	2,78	1,27	2,30	45,43		3,80	49,23
Ti	128,79	113,53	183,41	3 591,65		198,67	3 790,31
W	1,48	1,31	2,11	40,69		2,28	42,97
V	100,45	205,85	1 102,68	3 103,63		997,27	4 100,90
Total	**6 029,07**	**6 997,59**	**20 069,51**	**166 992,46**		**19 100,98**	**186 093,44**

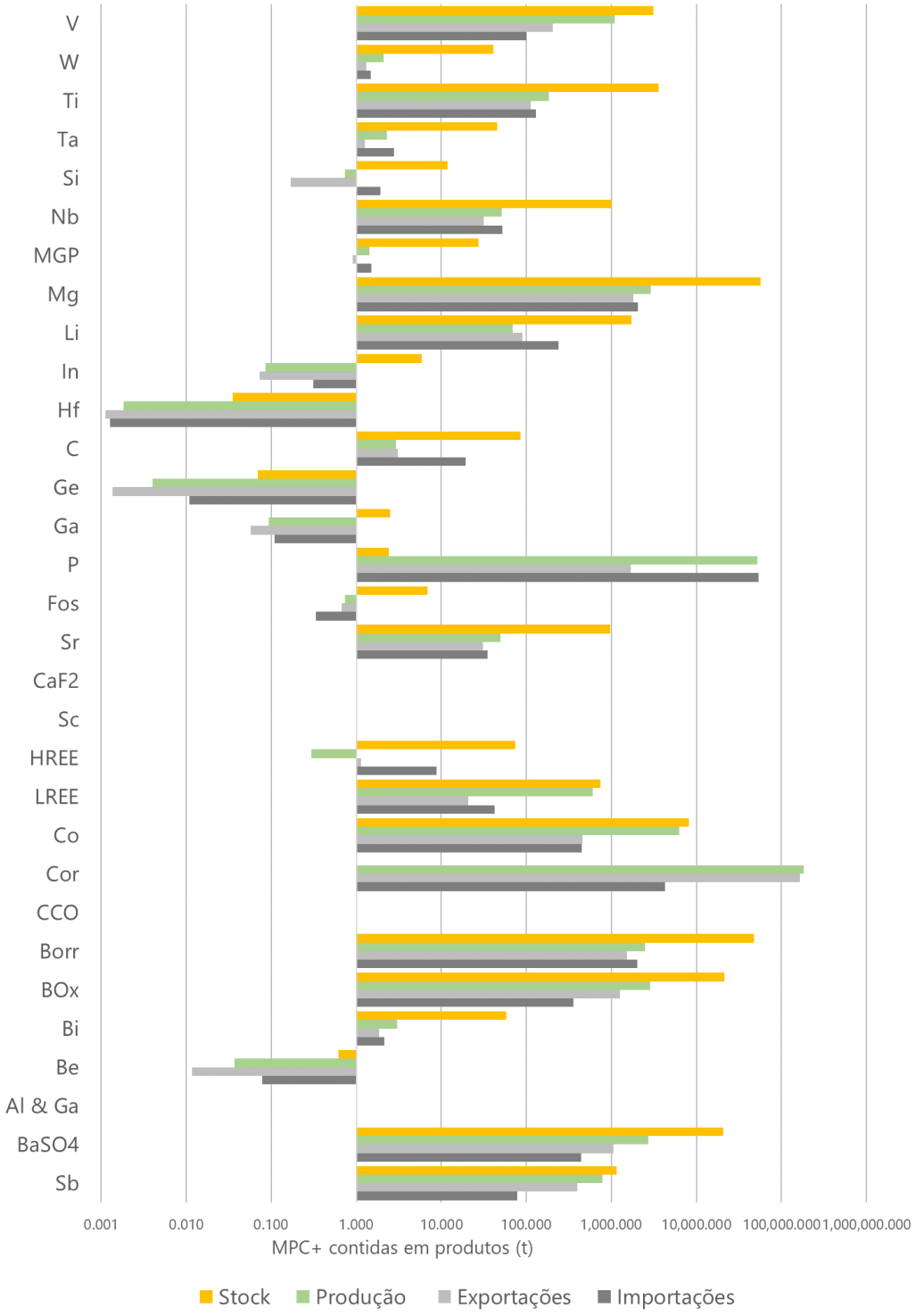


Figura 9 – Principais fluxos de MPC+ para os 21 produtos considerados em toneladas, incluindo cortiça natural e P para produtos de cortiça e fertilizantes P, respetivamente. Ano de 2019 para I, E e P. Dada a variedade de ordens de magnitudes para as diferentes MPC+, utiliza-se uma escala logarítmica

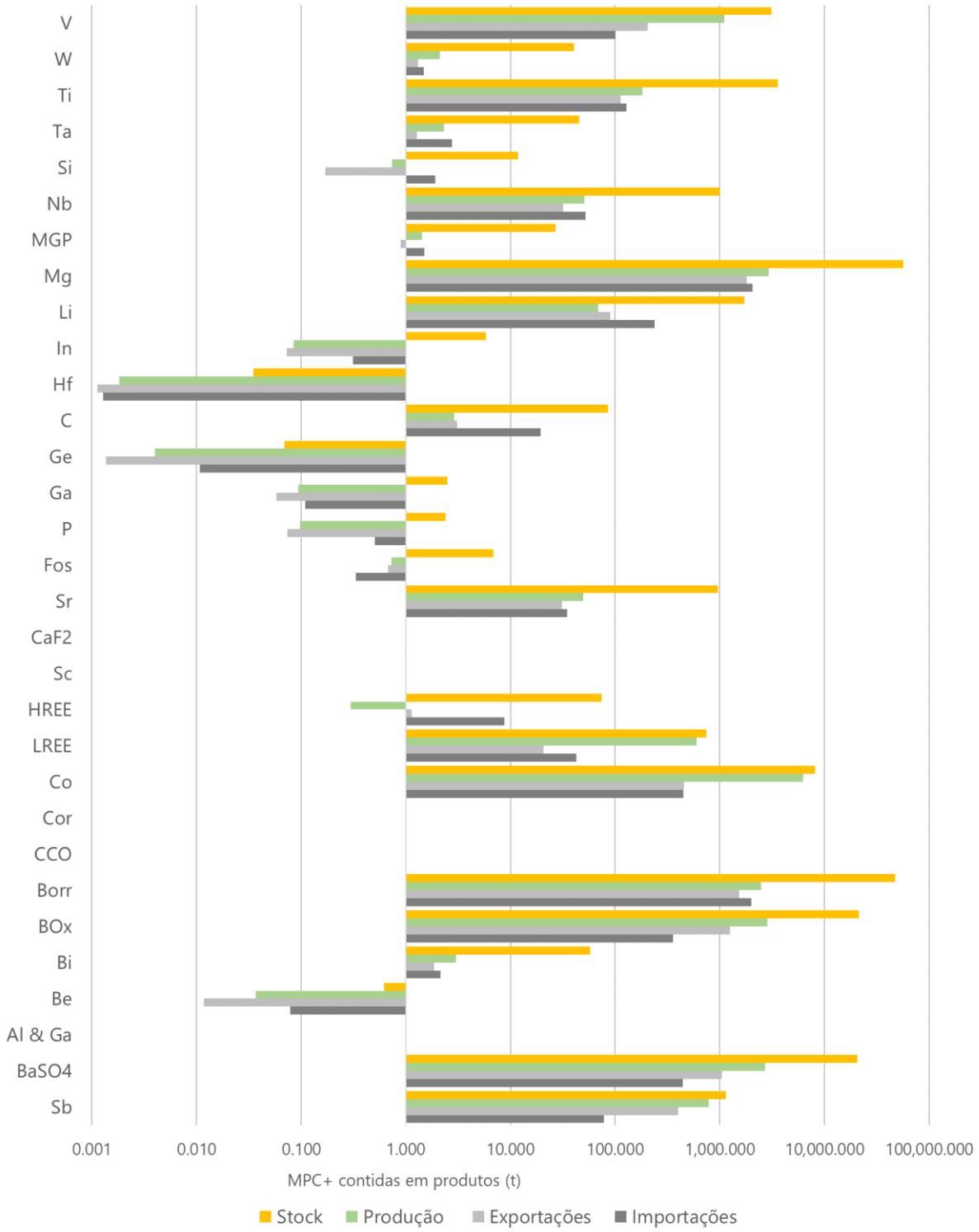


Figura 10 - Principais fluxos de MPC+ para os produtos considerados em toneladas, excluindo a cortiça natural e P para produtos de cortiça e fertilizantes P, respetivamente. Ano de 2019 para I, E e P. Dada a variedade de ordens de magnitudes para as diferentes MPC+ utiliza-se uma escala logarítmica

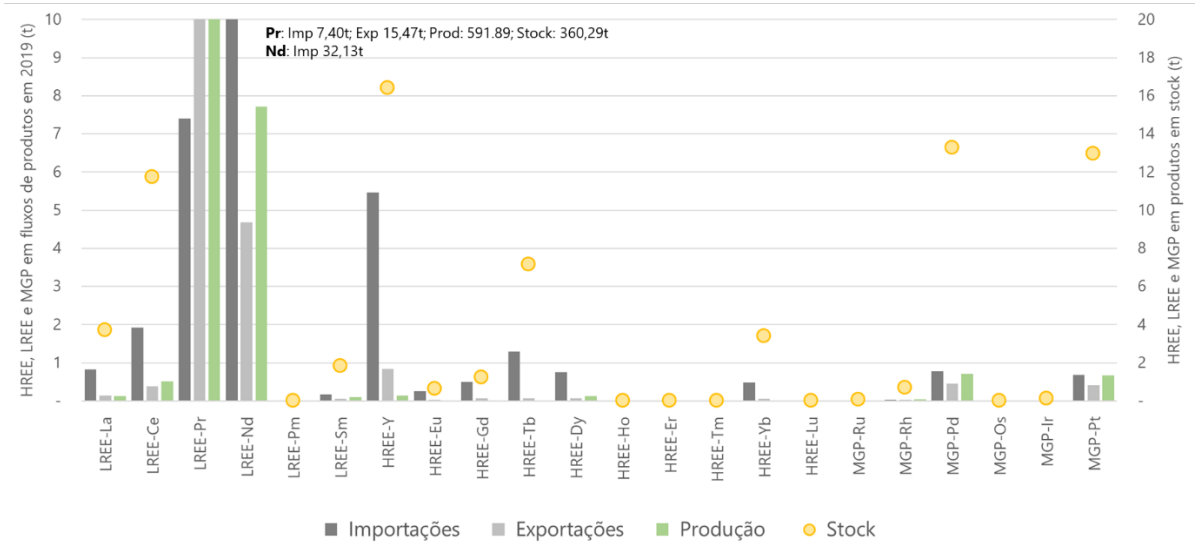


Figura 11 – Principais fluxos de MPC+ de HREE, LREE e MGP para os 21 produtos considerados, em toneladas. Ano de 2019 para I, E e P

Figura 12 – Importância relativa (%) dos fluxos de MPC+ nos 21 produtos considerados. Ano de 2019 para I, E e P, com (esquerda) e sem produtos de cortiça natural e fertilizantes P (direita)

6.2 Quantidades MPC+ em "stock" por produto

Na figura seguinte apresenta-se a repartição do total de MPC+ presente em Portugal por produto tipo estudado. Os valores apresentados referem-se maioritariamente às MPC+ presentes em "stock acumulado" de produtos. Note-se que não existem valores de stock para os produtos de cortiça natural e fertilizantes P, assim como para as placas de circuito impresso e as telhas vidradas.

Apesar da enorme incerteza da estimativa do stock, procurou-se mesmo assim ilustrar o peso relativo dos produtos estudados.

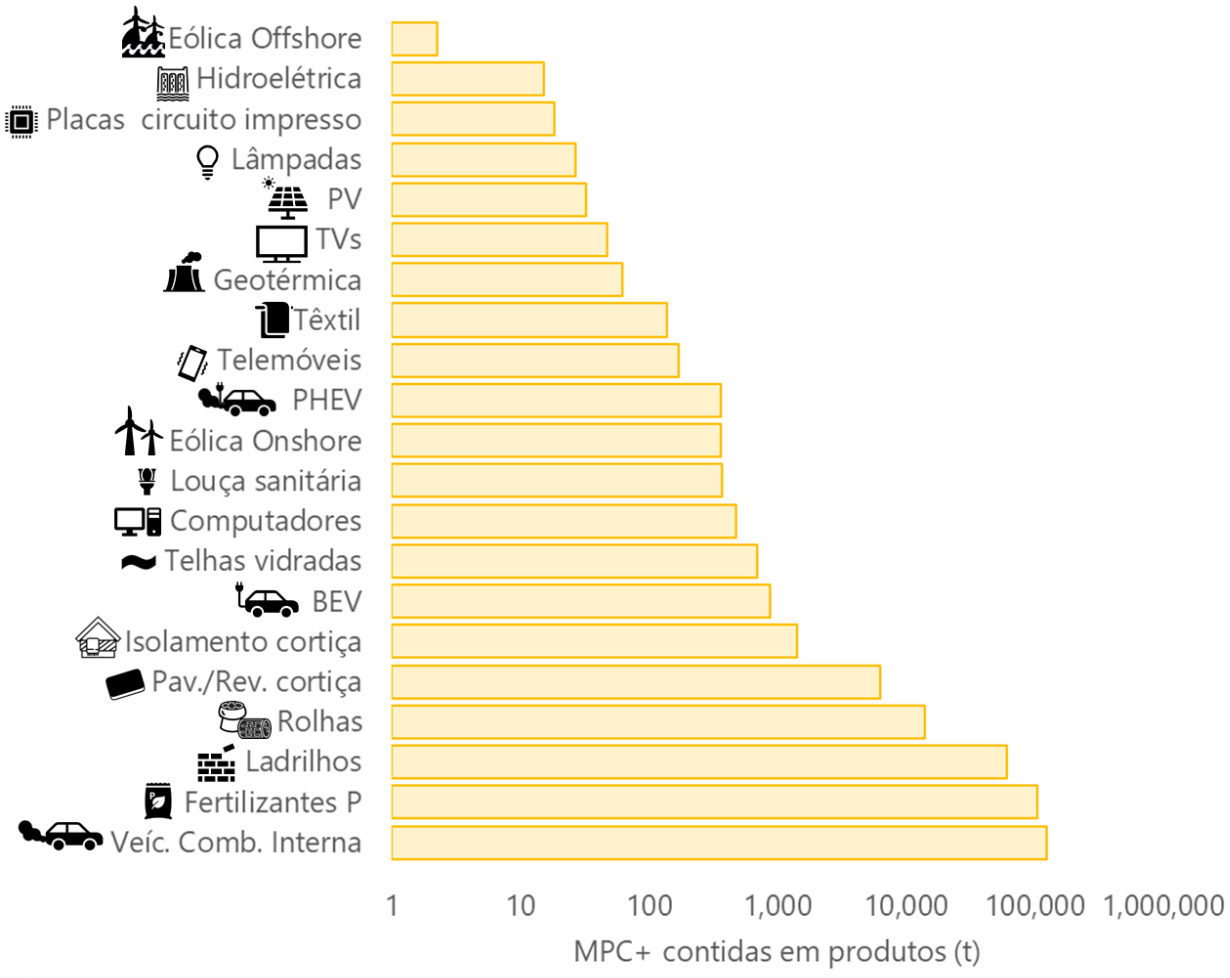


Figura 13 – Total de MPC+ contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado", em toneladas. Não há dados de stock para cortiça e fertilizantes P.

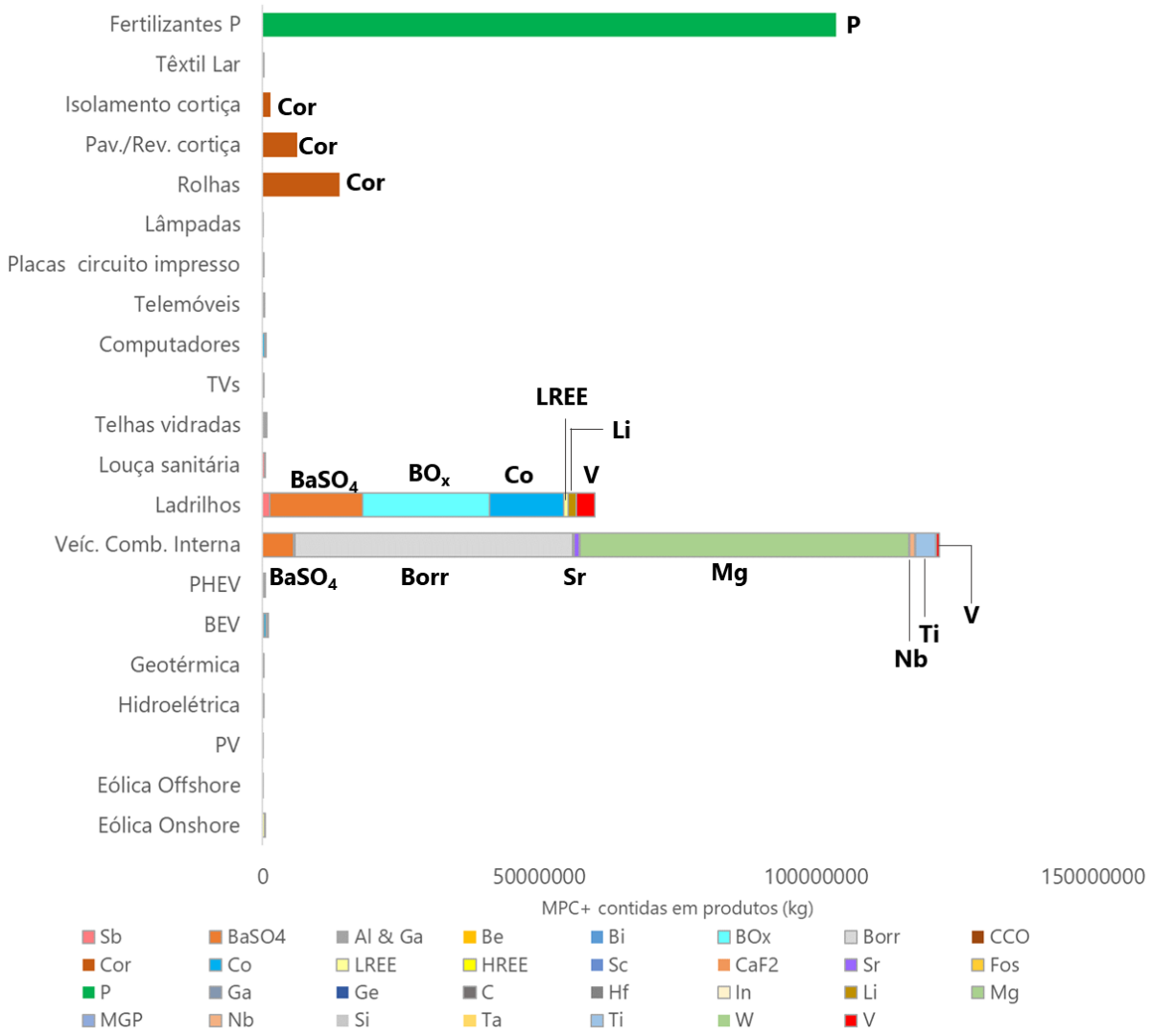


Figura 14 – MPC+ desagregadas contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado" em kg

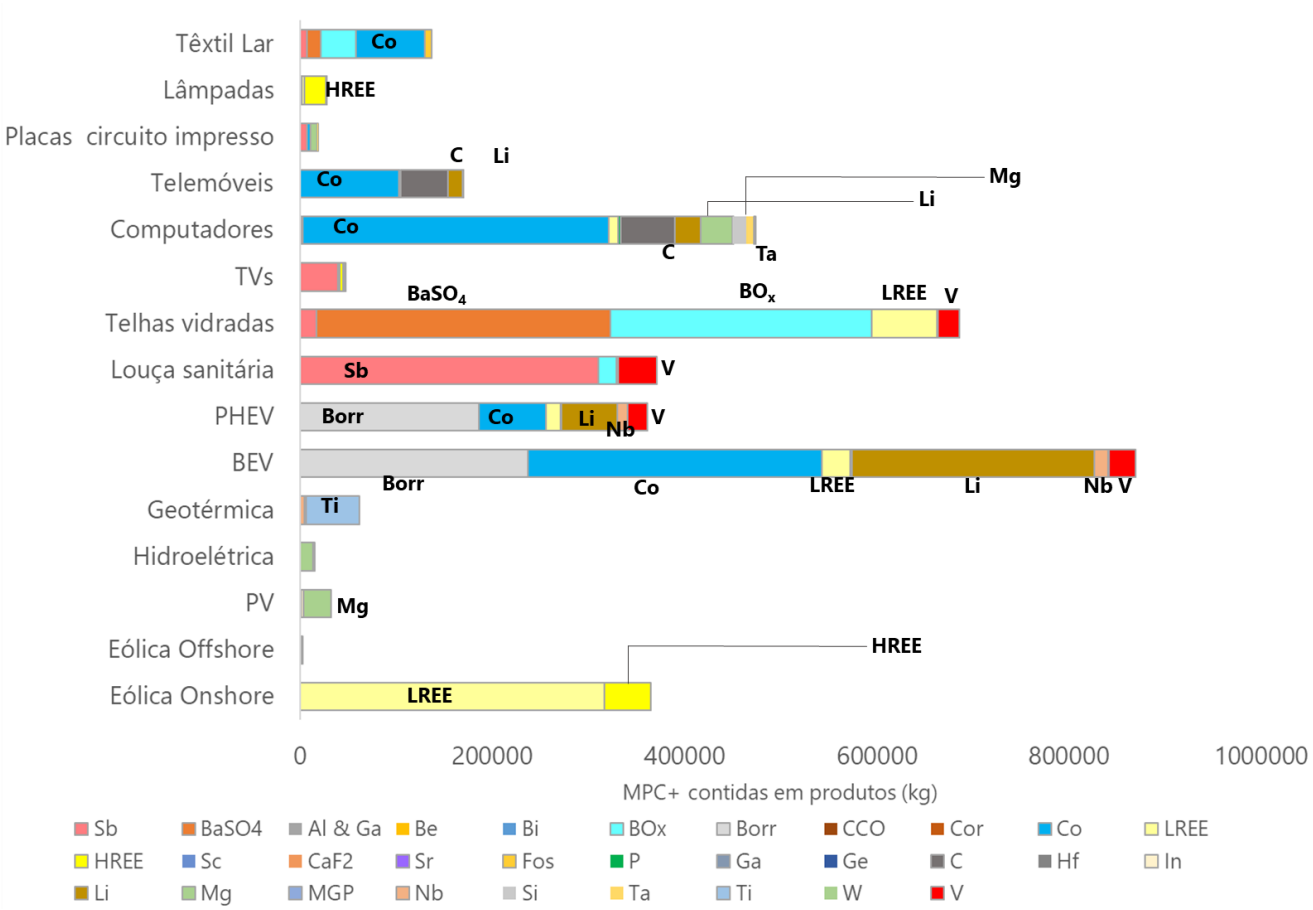


Figura 15 – MPC+ desagregadas excluindo Fertilizantes P, Ladrilhos e veículo combustão interna contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado" em kg

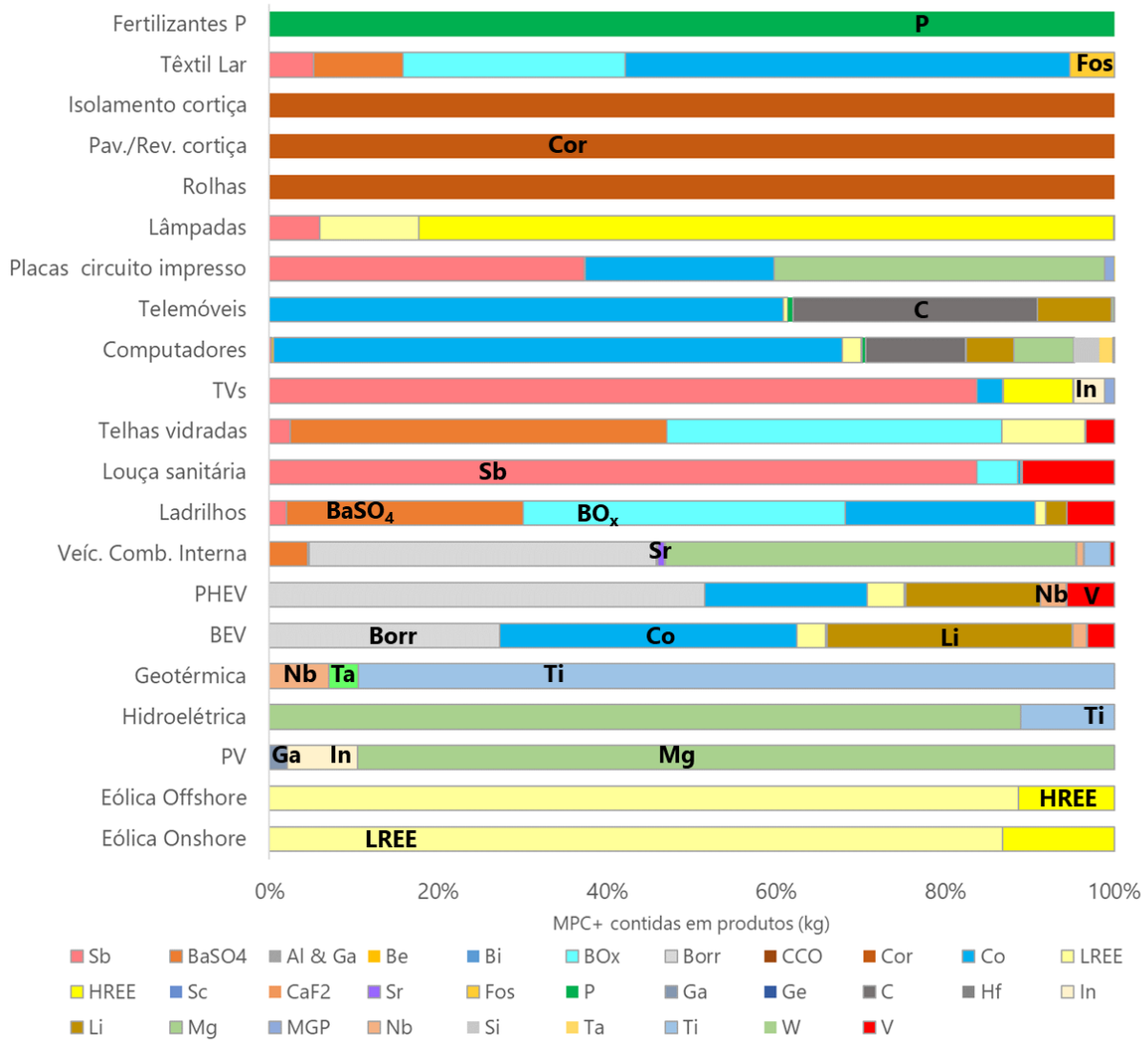


Figura 16 – MPC+ desagregadas contidas em cada um dos produtos considerados no "stock acumulado" em % por produto

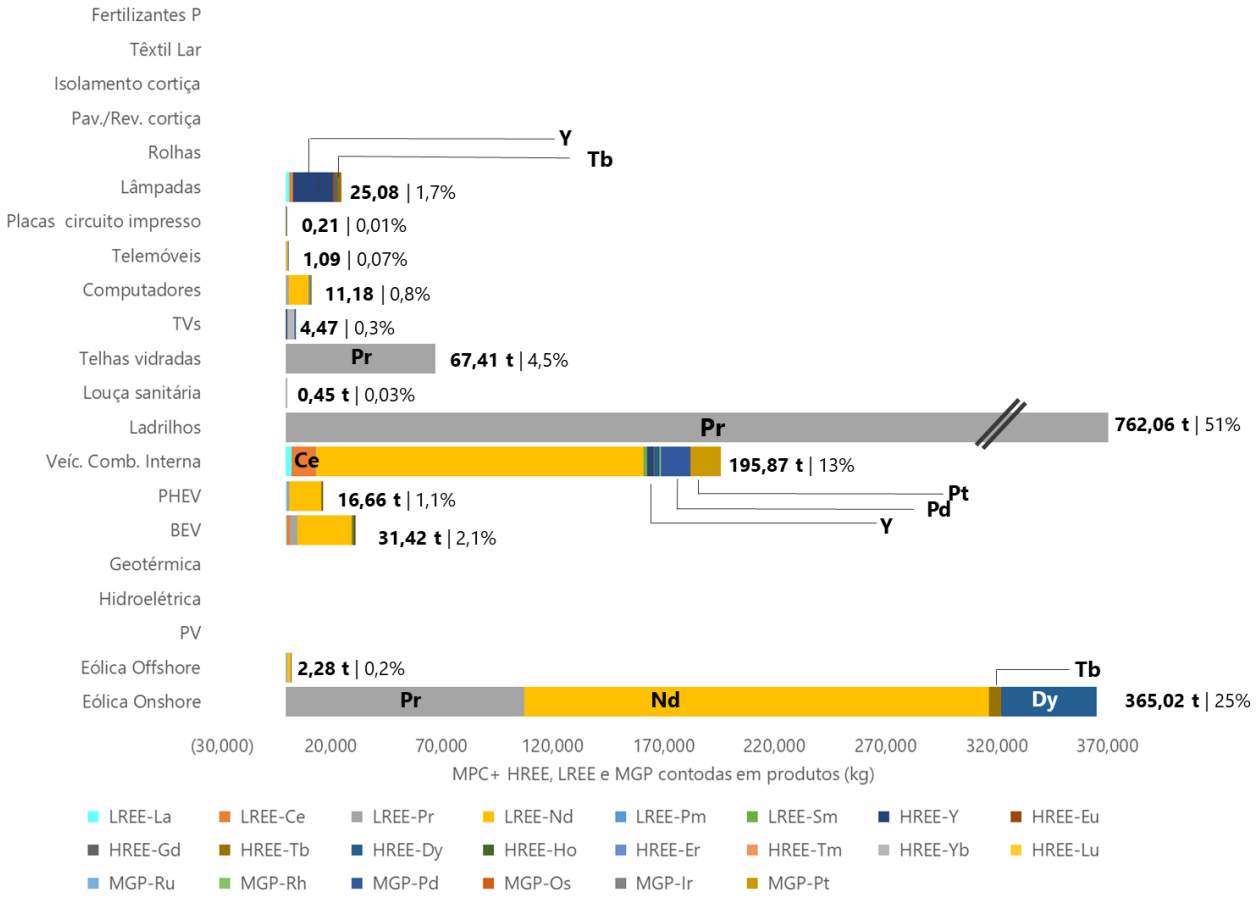


Figura 17 – MPC "raras" (HREE, LREE e MGP) desagregadas contidas em cada um dos produtos considerados no "stock" e em % por produto

Tabela 41 – MPC+ contidas nos produtos analisados (kg)

MPC+ (kg)	Eólica Onshore	Eólica Offshore	PV	Hidroelétrica	Geotérmica	BEV	PHEV	Veíc. Comb. Interna	Ladrilhos	Louça sanitária	Telhas vidradas
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	1 226 812,90	310 878,27	16 950,99
$BaSO_4$	-	-	-	-	-	-	-	5 575 230,84	16 842 237,51	-	306 114,91
Al & Ga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	173,12	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	61 111,80	-	-	-
BO_x	-	-	-	-	-	-	-	173 571,35	22 906 549,45	18 021,11	272 212,93
Borr	-	-	-	-	-	237 396,00	186 097,32	50 207 927,73	-	-	-
CCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	305 487,24	69 609,39	61 561,91	13 486 839,99	1 525,30	-
LREE	*316 712,00*	*2 016,67*	-	-	-	*29 713,79*	*15 762,73*	*162 792,82*	*762 055,19*	*451,94*	*67 414,67*
LREE-La	-	-	-	-	-	241,64	189,42	2 565,66	-	-	-
LREE-Ce	-	-	-	-	-	1 626,32	3,85	10 525,77	-	-	-
LREE-Pr	107 360,00	450,00	-	-	-	3 208,76	1 321,35	505,51	762 055,19	451,94	67 414,67
LREE-Nd	209 352,00	1 566,67	-	-	-	24 533,93	14 188,56	147 326,17	-	-	-
LREE-Pm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LREE-Sm	-	-	-	-	-	103,14	59,55	1 869,71	-	-	-
HREE	*48 312,00*	*258,33*	-	-	-	*1 526,78*	*726,89*	*5 303,05*	-	-	-
HREE-Y	-	-	-	-	-	13,42	10,52	2 873,81	-	-	-
HREE-Eu	-	-	-	-	-	7,53	5,90	0,35	-	-	-
HREE-Gd	-	-	-	-	-	5,57	4,36	3,46	-	-	-
HREE-Tb	5 368,00	58,33	-	-	-	881,75	349,59	103,87	-	-	-
HREE-Dy	42 944,00	200,00	-	-	-	613,27	354,46	2 319,82	-	-	-
HREE-Ho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HREE-Er	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HREE-Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HREE-Yb	-	-	-	-	-	5,24	2,05	1,73	-	-	-

MPC+ (kg)	Eólica Onshore	Eólica Offshore	PV	Hidroelétrica	Geotérmica	BEV	PHEV	Veíc. Comb. Interna	Ladrilhos	Louça sanitária	Telhas vidradas
HREE-Lu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaF_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-	-	1 014 213,44	-	-	-
Fos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ga	-	-	673,00	-	-	36,67	20,79	1 869,71	-	-	-
Ge	-	-	-	-	-	2,62	1,28	22,85	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hf	-	-	-	-	-	-	-	37,05	-	-	-
In	-	-	2 692,00	-	-	12,44	9,75	1 474,99	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	252 411,70	57 545,82	92 412,11	1 496 063,72	-	866,97
Mg	-	-	28 939,00	13 628,16	-	-	-	59 508 692,90	-	-	-
MGP	-	-	-	-	-	*180,43*	*165,81*	*27 772,11*	-	-	-
MGP-Ru	-	-	-	-	-	-	-	86,56	-	-	-
MGP-Rh	-	-	-	-	-	-	0,26	727,11	-	-	-
MGP-Pd	-	-	-	-	-	0,02	24,13	13 261,09	-	-	-
MGP-Os	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MGP-Ir	-	-	-	-	-	-	-	124,65	-	-	-
MGP-Pt	-	-	-	-	-	180,41	141,43	13 572,70	-	-	-
Nb	-	-	-	-	4 352,00	13 958,11	10 941,92	1 037 931,04	-	-	-
Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	2 176,00	354,60	277,98	38 709,91	-	-	-
Ti	-	-	-	1 703,52	55 556,00	634,88	-	3 731 870,56	-	-	-
W	-	-	-	-	-	-	-	42 968,69	-	-	-
V	-	-	-	-	-	27 916,56	20 277,07	621 262,86	3 368 032,43	40 505,45	22 900,38
Total	**365 024,00**	**2 275,00**	**32 304,00**	**15 331,68**	**62 084,00**	**869 631,84**	**361 436,75**	**122 366 910,84**	**60 088 591,20**	**371 382,08**	**686 460,85**

Tabela 41 – MPC+ contidas nos produtos analisados (kg) (cont.)

MPC+ (kg)	TVs	Computad.	Telemóv-	Placas circ. impresso	Lâmpadas	Rolhas	Pav./Rev. cortiça	Isolamento cortiça	Têxtil Lar	Fertilizantes P	Total	Total sem Fert P e Cortiça
Sb	39 642,83	937,09	-	6 847,29	1 596,92	-	-	-	7 223,75	-	1 610 890,05	1 610 890,05
$BaSO_4$	-	645,35	-	-	-	-	-	-	14 447,50	-	22 738 676,11	22 738 676,11
Al & Ga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	549,36	-	-	-	-	-	-	-	-	722,48	722,48
Bi	-	220,45	-	20,54	-	-	-	-	-	-	61 352,78	61 352,78
BO_x	-	-	-	-	-	-	-	-	36 118,76	-	23 406 473,60	23 406 473,60
Borr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50 631 421,05	50 631 421,05
CCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor	-	-	-	-	-	13 945 320,00	6 270 594,98	1 401 107,89	-	-	21 617 022,87	-
Co	1 447,83	318 487,35	103 085,91	4 108,38	-	-	-	-	72 237,52	-	14 424 390,81	14 424 390,81
LREE	*39,99*	*10 366,81*	*923,16*	-	*3 127,41*	-	-	-	-	-	*1 371 377,16*	*1 371 377,16*
LREE-La	23,44	0,24	-	-	1 501,87	-	-	-	-	-	4 522,27	4 522,27
LREE-Ce	16,55	0,39	-	-	1 625,54	-	-	-	-	-	13 798,42	13 798,42
LREE-Pr	-	1 180,96	153,86	-	-	-	-	-	-	-	944 102,24	944 102,24
LREE-Nd	-	9 185,22	769,30	-	-	-	-	-	-	-	406 921,84	406 921,84
LREE-Pm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LREE-Sm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 032,40	2 032,40
HREE	*3 898,41*	*672,62*	-	-	*21 950,53*	-	-	-	-	-	*82 648,62*	*82 648,62*
HREE-Y	396,08	10,93	-	-	17 871,90	-	-	-	-	-	21 176,68	21 176,68
HREE-Eu	28,23	3,85	-	-	817,50	-	-	-	-	-	863,36	863,36
HREE-Gd	18,96	1,66	-	-	1 645,19	-	-	-	-	-	1 679,21	1 679,21
HREE-Tb	7,93	0,09	-	-	1 615,93	-	-	-	-	-	8 385,50	8 385,50
HREE-Dy	-	262,43	-	-	-	-	-	-	-	-	46 693,99	46 693,99
HREE-Ho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HREE-Er	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HREE-Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HREE-Yb	3 447,20	393,65	-	-	-	-	-	-	-	-	3 849,88	3 849,88
HREE-Lu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MPC+ (kg)	TVs	Computad.	Telemóv-	Placas circ. impresso	Lâmpadas	Rolhas	Pav./Rev. cortiça	Isolamento cortiça	Têxtil Lar	Fertilizantes P	Total	Total sem Fert P e Cortiça
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaF_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-	63,91	-	-	-	-	-	-	-	-	1 014 277,35	1 014 277,35
Fos	-	-	-	-	-	-	-	-	7 223,75	-	7 223,75	7 223,75
P	-	1 878,45	1 046,25	-	-	-	-	-	-	103 599 000,00	103 601 924,69	2 924,69
Ga	16,89	26,24	-	-	3,22	-	-	-	-	-	2 646,52	2 646,52
Ge	-	55,99	-	-	-	-	-	-	-	-	82,74	82,74
C	-	55 799,47	48 973,50	-	-	-	-	-	-	-	104 772,96	104 772,96
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,05	37,05
In	1 751,18	246,11	-	-	2,87	-	-	-	-	-	6 189,34	6 189,34
Li	-	26 642,96	14 878,22	-	-	-	-	-	-	-	1 940 821,50	1 940 821,50
Mg	-	33 542,38	384,65	7 189,66	-	-	-	-	-	-	59 592 376,75	59 592 376,75
MGP	*530,87*	*143,23*	*169,25*	*211,58*	-	-	-	-	-	-	*29 173,28*	*29 173,28*
MGP-Ru	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86,56	86,56
MGP-Rh	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	727,40	727,40
MGP-Pd	530,87	125,70	169,25	205,42	-	-	-	-	-	-	14 316,47	14 316,47
MGP-Os	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MGP-Ir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124,65	124,65
MGP-Pt	-	17,50	-	6,16	-	-	-	-	-	-	13 918,20	13 918,20
Nb	-	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1 067 190,08	1 067 190,08
Si	-	14 353,20	-	-	-	-	-	-	-	-	14 353,20	14 353,20
Ta	-	7 710,33	-	0,34	-	-	-	-	-	-	49 229,16	49 229,16
Ti	-	549,36	-	-	-	-	-	-	-	-	3 790 314,32	3 790 314,32
W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42 968,69	42 968,69
V	-	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	4 100 901,75	4 100 901,75
Total	**47 327,99**	**472 904,66**	**169 460,92**	**18 377,80**	**26 680,95**	**13 945 320,00**	**6 270 594,98**	**1 401 107,89**	**137 251,28**	**103 599 000,00**	**311 309 458,70**	**186 093 435,83**

6.3 Representação esquemática de fluxos MPC+ para alguns produtos e setores

Esta seção sistematiza a representação gráfica de fluxos de MPC+ sobre a forma de diagramas de Sankey agregados para conjuntos de produtos representativos considerados. A informação quantitativa detalhada para cada diagrama de Sankey pode ser consultada no Anexo III.

Foram assim elaborados diagramas de Sankey para:

- as 4 principais MPC que circulam na economia nacional em maior volume (excluindo o P e a cortiça natural), ou seja: o cobalto, o borato, a barita e o magnésio;

- as duas MPC extraídas em Portugal, ou seja, o Li e o W;

- as MPC+ contidas no conjunto dos produtos representativos considerados para os seguintes setores: automóvel, têxtil, cerâmica e EEE;

Foram ainda elaboradas representações esquemáticas complementares dos fluxos de MPC+ para alguns produtos individuais considerados, em complemento aos diagramas de Sankey, nomeadamente:

- Veículos automóveis Elétricos a baterias (plugin ou BEV)
- Veículos automóveis Híbridos (PHEV)
- Veículos automóveis Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)
- Telemóveis
- Computadores
- Ladrilhos

6.3.1 Fluxos das principais MPC em Portugal para os produtos considerados

Na figura seguinte representam-se os fluxos das quatro principais MPC em volume (cobalto, o borato, a barita e o magnésio) para o conjunto de produtos representativos para todos os setores considerados no estudo. Alguns dos fluxos não são representados à escala para poderem ser visualizados e procurou-se classificar o grau de incerteza das diferentes estimativas.

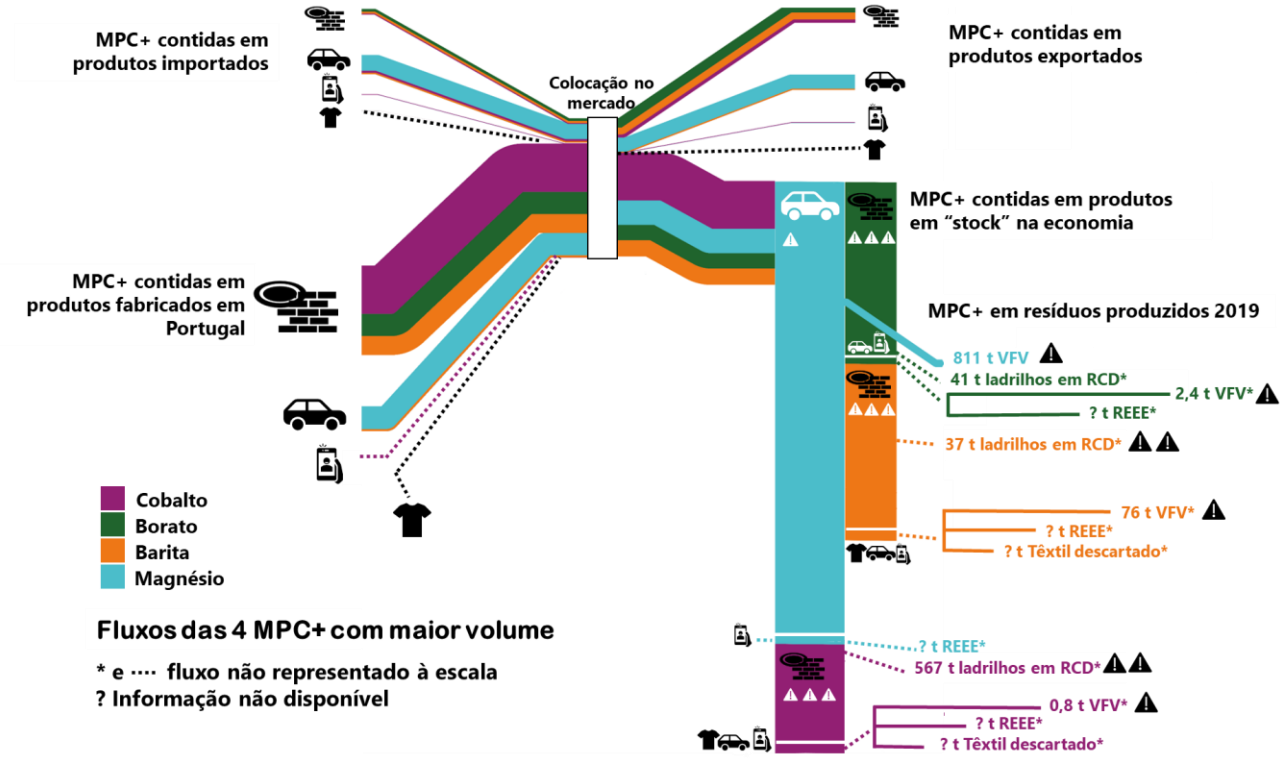


Figura 18 – Fluxo de MPC na economia Portuguesa em 2019 para Cobalto, Borato, Barita e Magnésio em t para o conjunto dos produtos representativos em todos os setores considerados. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

6.3.2 Fluxos de Lítio em Portugal para os produtos considerados

Na figura seguinte representam-se os fluxos lítio para o conjunto de produtos representativos para todos os setores considerados no estudo.

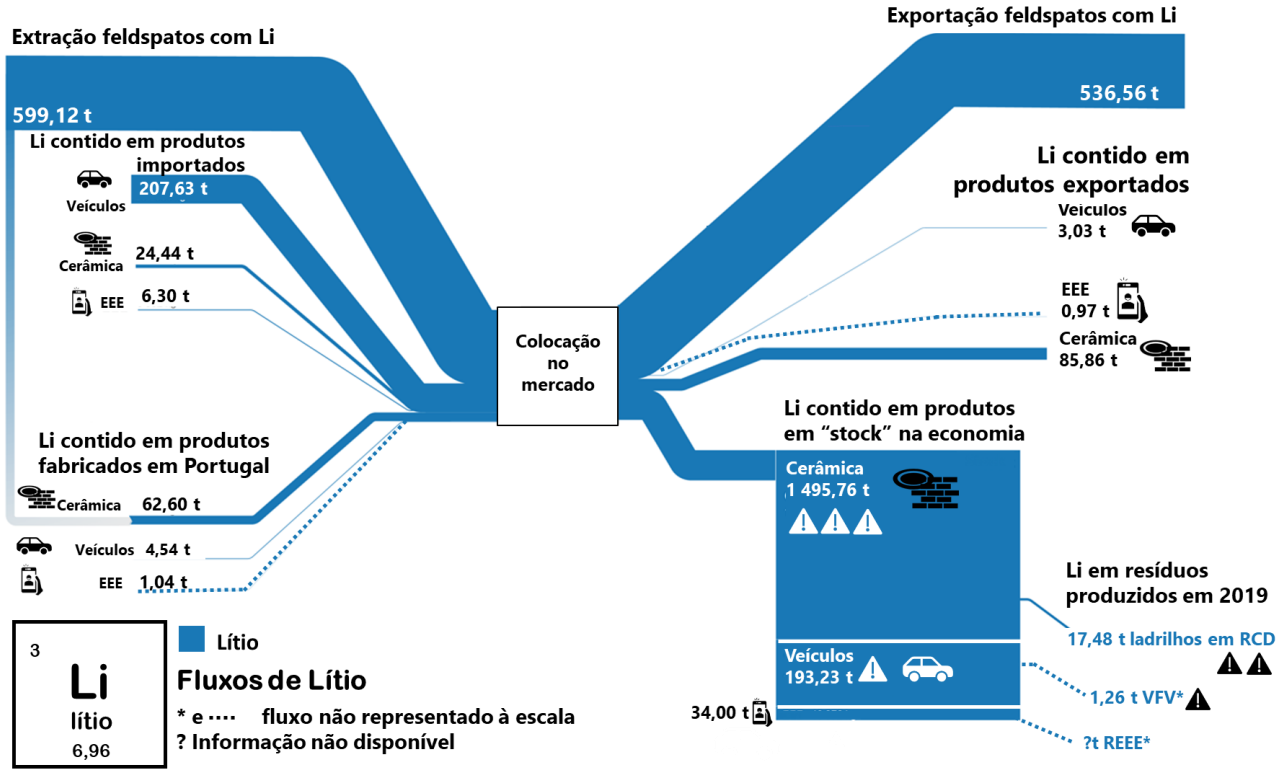


Figura 19 – Fluxo de Lítio na economia Portuguesa em 2019 em t para o conjunto dos produtos representativos em todos os setores considerados. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

6.3.3 Fluxos de Tungsténio em Portugal para os produtos considerados

Na figura seguinte representam-se os fluxos tungsténio para o conjunto de produtos representativos para todos os setores considerados no estudo.

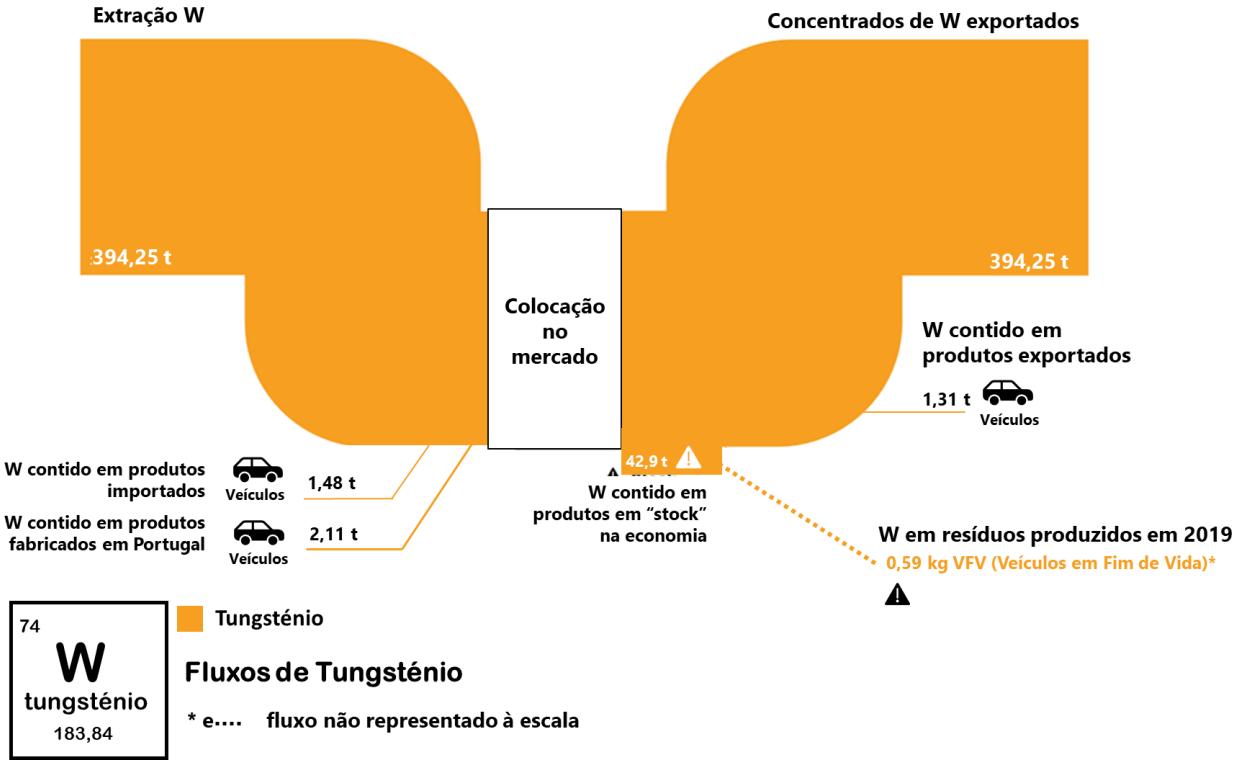


Figura 20 – Fluxo de Tungsténio na economia Portuguesa em 2019 em t para o conjunto dos produtos representativos em todos os setores considerados. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

6.3.4 Têxtil

Na figura seguinte representa-se o diagrama de Sankey com os principais fluxos de MPC para o conjunto dos produtos representativos considerados para o setor têxtil. Não foi possível obter uma estimativa dos quantitativos de têxteis descartados em 2019 em Portugal e como tal não foi possível estimar o tero de MPC+ eventualmente presente nesses resíduos.

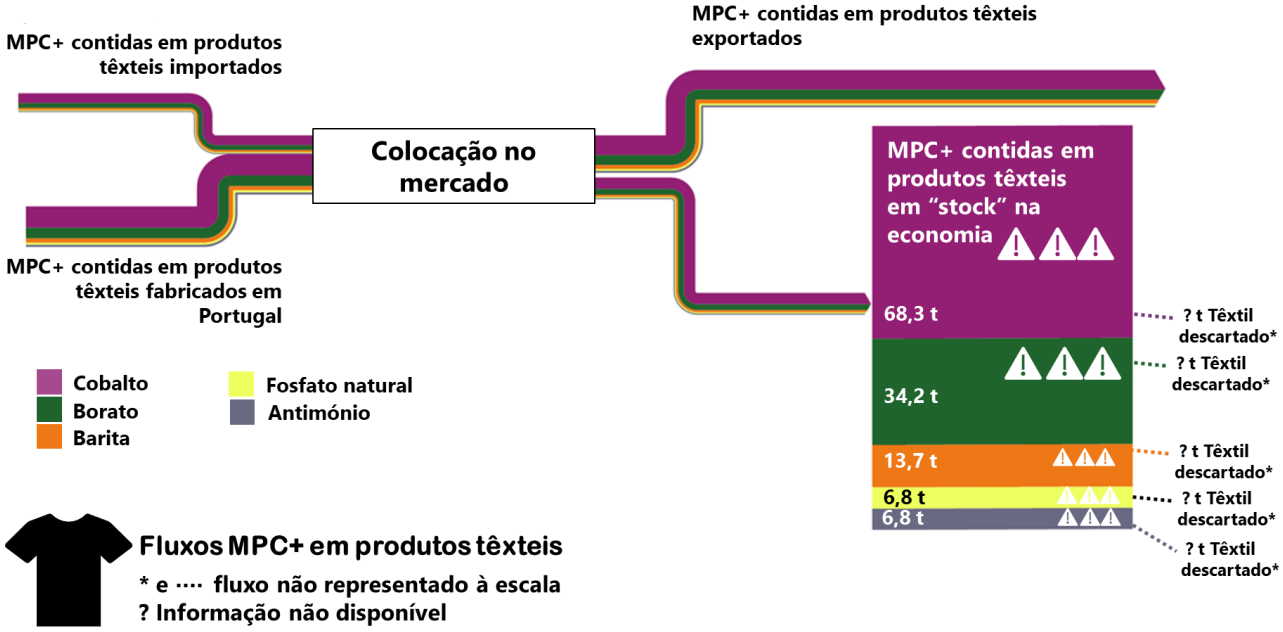


Figura 21 – Fluxo de MPC+ na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor têxtil em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

6.3.5 Automóvel

Nas duas figuras seguintes representam-se os diagramas de Sankey com os principais fluxos de MPC para o conjunto dos produtos representativos considerados para o setor automóvel. Deve notar-se que na estimativa de resíduos apenas se consideram os valores de MPC presentes em veículos em fim de vida (VFV). Não se consideram os valores de baterias e pneus substituídos em veículos em circulação, uma vez que para tal seria necessária uma abordagem diferente da adotada neste estudo, tendo em conta os tempos de substituição e idade dos veículos.

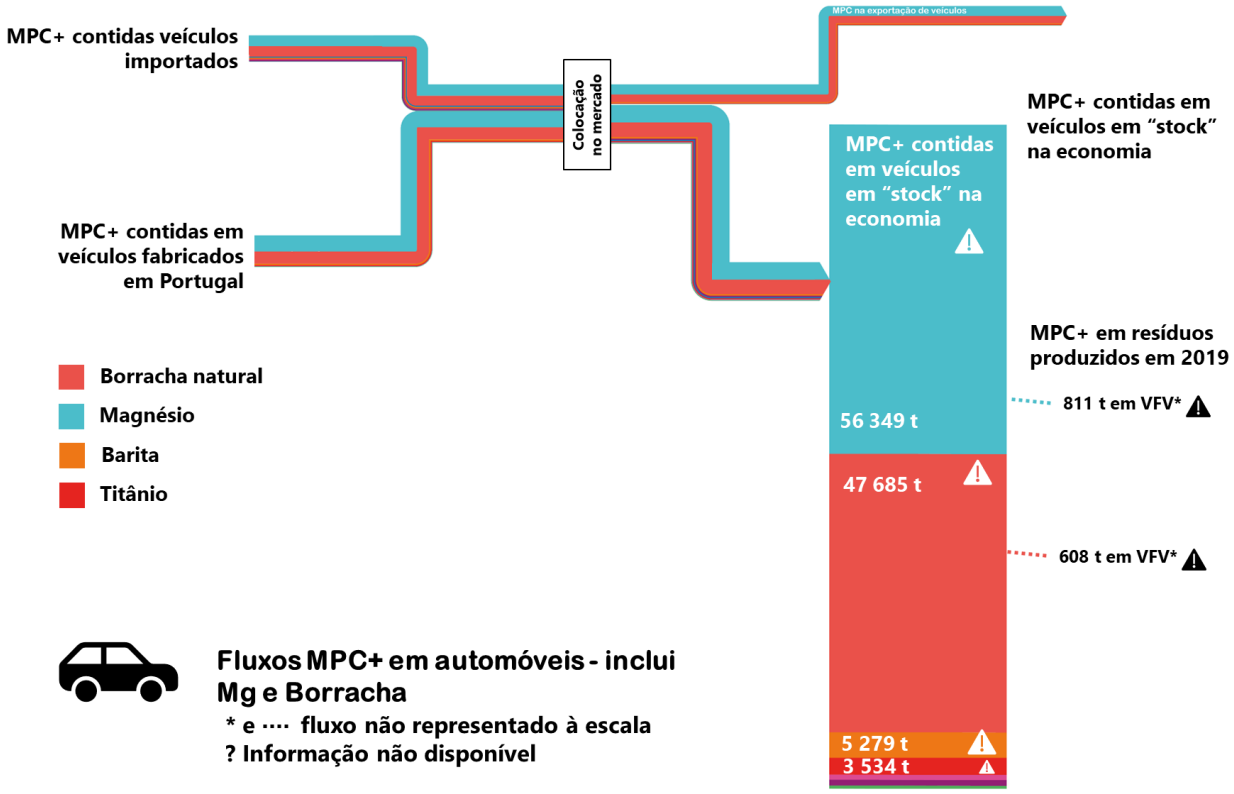


Figura 22 – Fluxo de borracha natural, magnésio, barita e titânio na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor automóvel em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

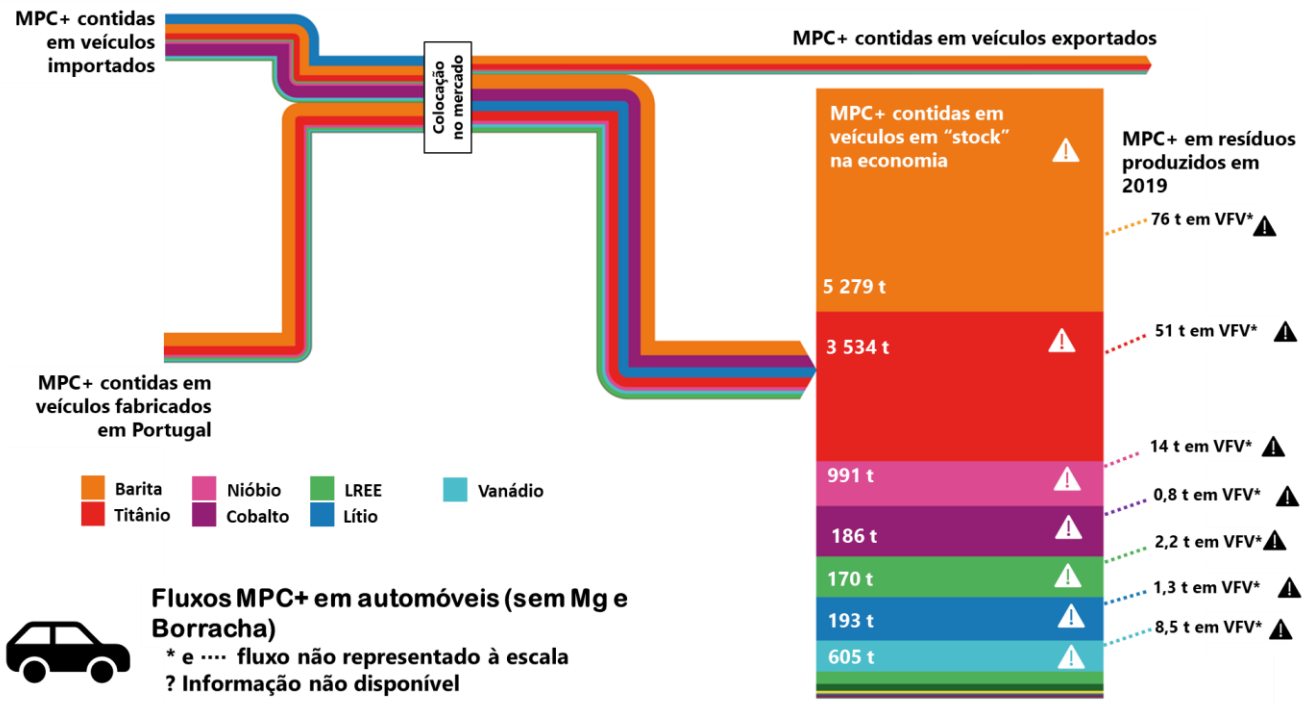


Figura 23 – Fluxo de MPC+ (exceto borracha natural e magnésio) na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor automóvel em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

Nas figuras seguintes representam-se de forma mais detalhada os fluxos de MPC+ para os diferentes produtos representativos no setor automóvel. Deve notar-se que os quantitativos de resíduos a vermelho se referem ao conjunto dos resíduos produzidos para todos os veículos em fim de vida, pneus usados e baterias. Nesta fase não é possível desagregar esta informação para cada um dos tipos de veículos automóveis considerados neste estudo.

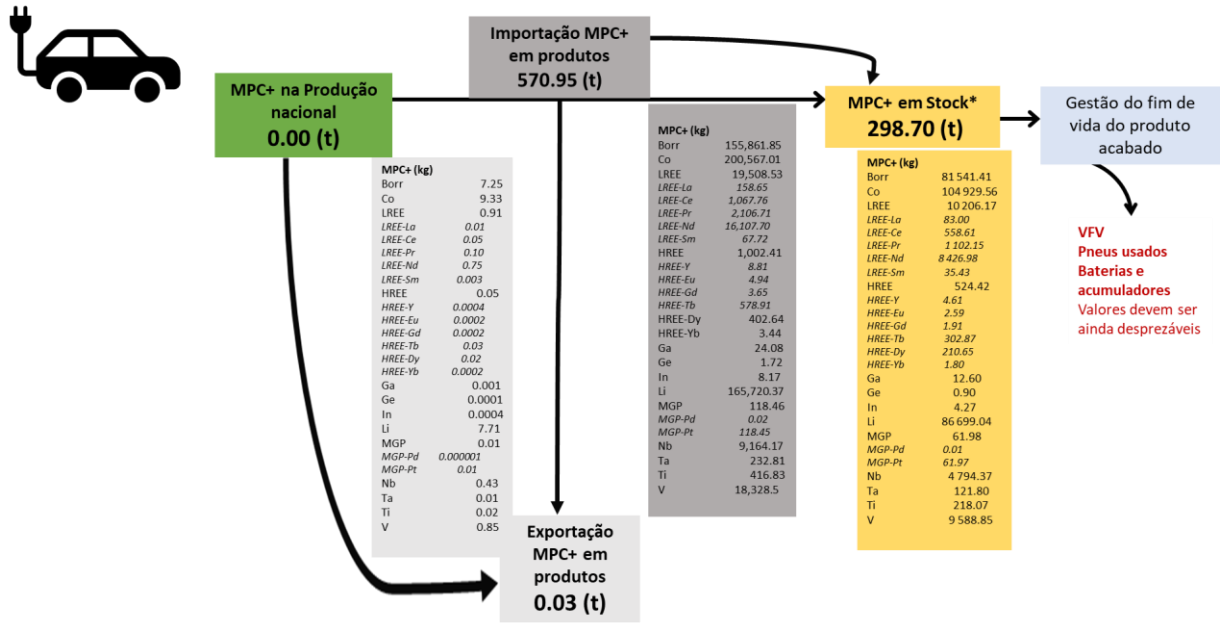


Figura 24 – Fluxos MPC+ em BEV . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal. Nota: os quantitativos de resíduos representados traduzem o volume total produzido em 2019 deste tipo de resíduos, não estando desagregado por produto

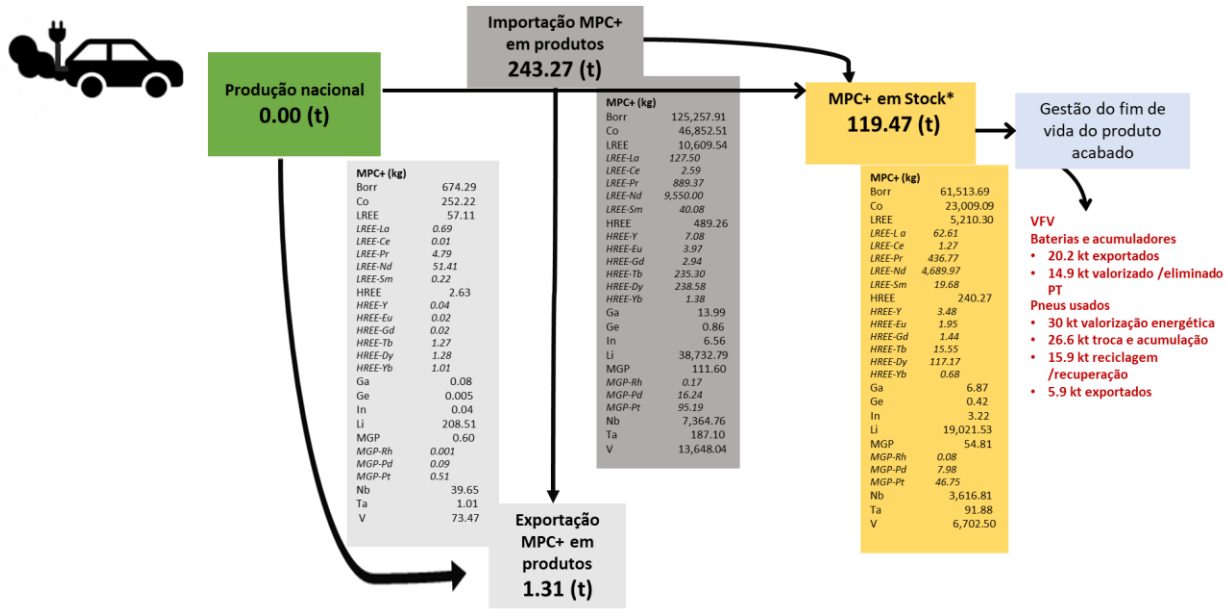


Figura 25 – Fluxos MPC+ em PHEV . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal. Nota: os quantitativos de resíduos representados traduzem o volume total produzido em 2019 deste tipo de resíduos, não estando desagregado por produto

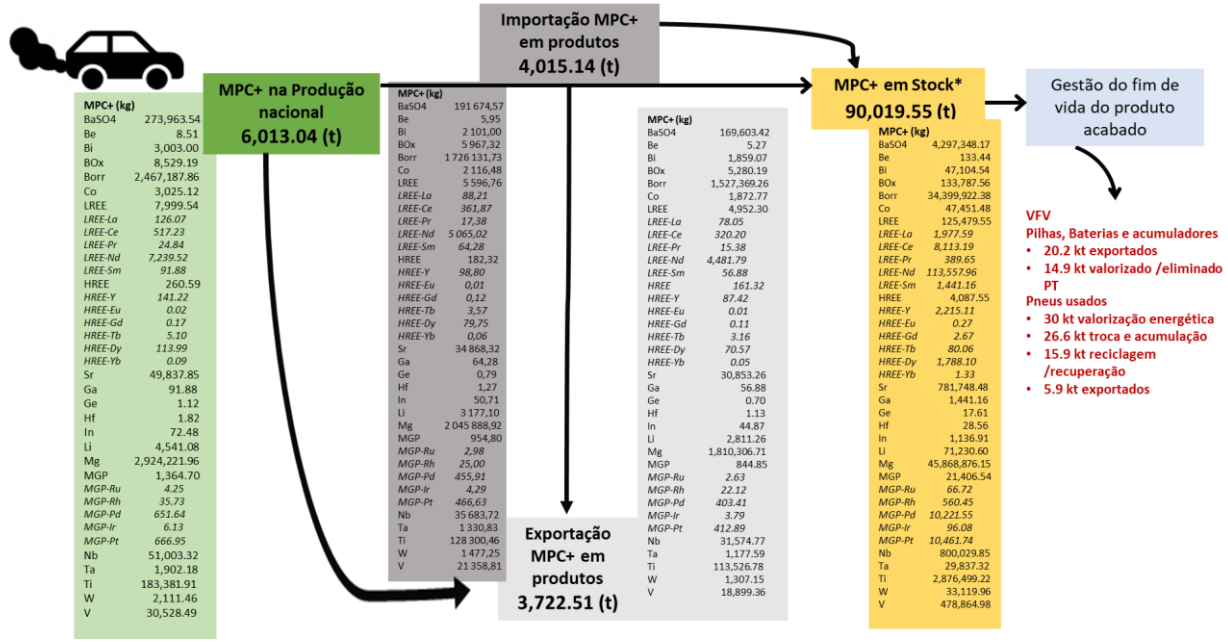


Figura 26 – Fluxos MPC+ em veículos de combustão interna . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal. Nota: os quantitativos de resíduos representados traduzem o volume total produzido em 2019 deste tipo de resíduos, não estando desagregado por produto

6.3.6 EEE

Na figura seguinte representa-se o diagrama de Sankey com os principais fluxos de MPC para o conjunto dos produtos representativos considerados para o setor EEE. Não foi possível estimar as quantidades de MPC+ contidas em REE, devido a falta de informação desagregada sobre o número de diferentes tipos de EEE presentes nos REE (ex. nº de computadores ou telemóveis).

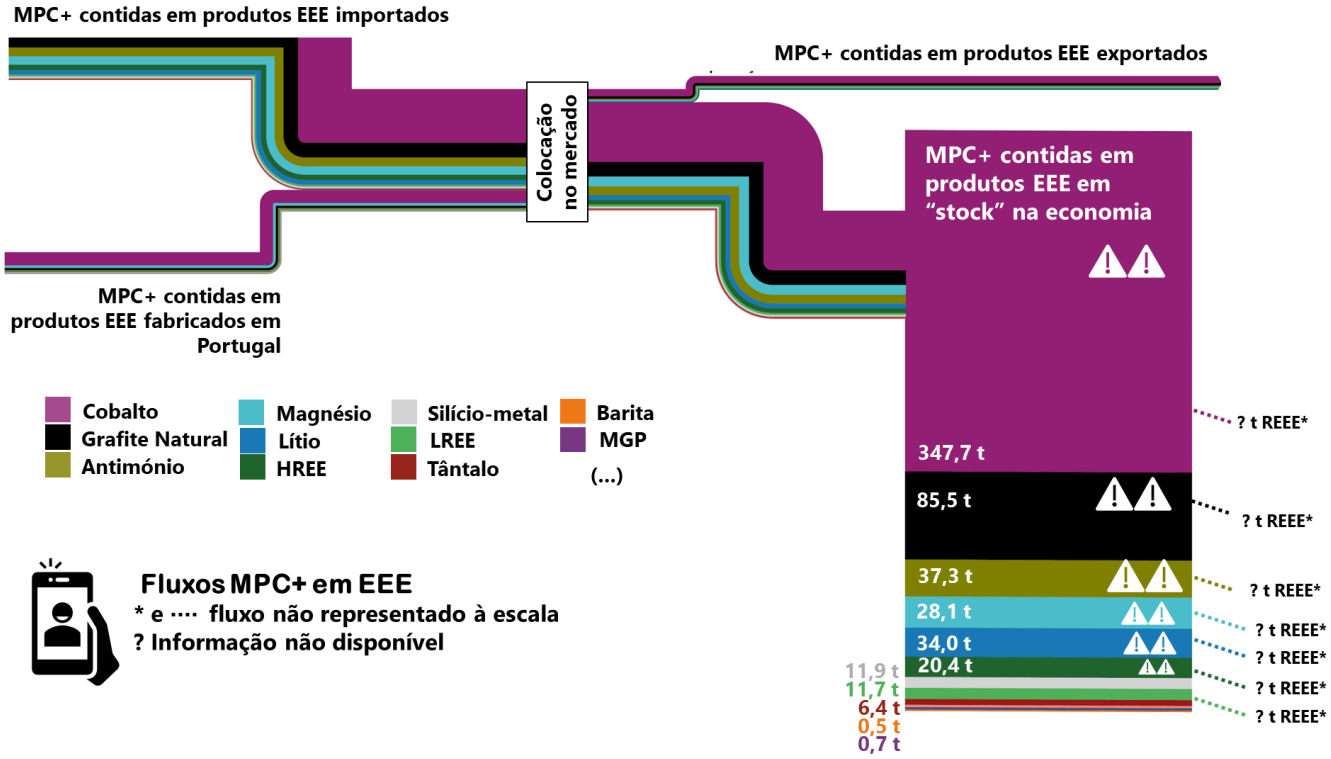


Figura 27 – Fluxos de MPC+ na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor EEE em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

Nas duas figuras seguintes representam-se de forma mais detalhada os fluxos de MPC+ para os dois dos produtos representativos considerados no setor EEE (telemóveis e computadores). Deve notar-se que não foi possível estimar os quantitativos de REEE para estes produtos.

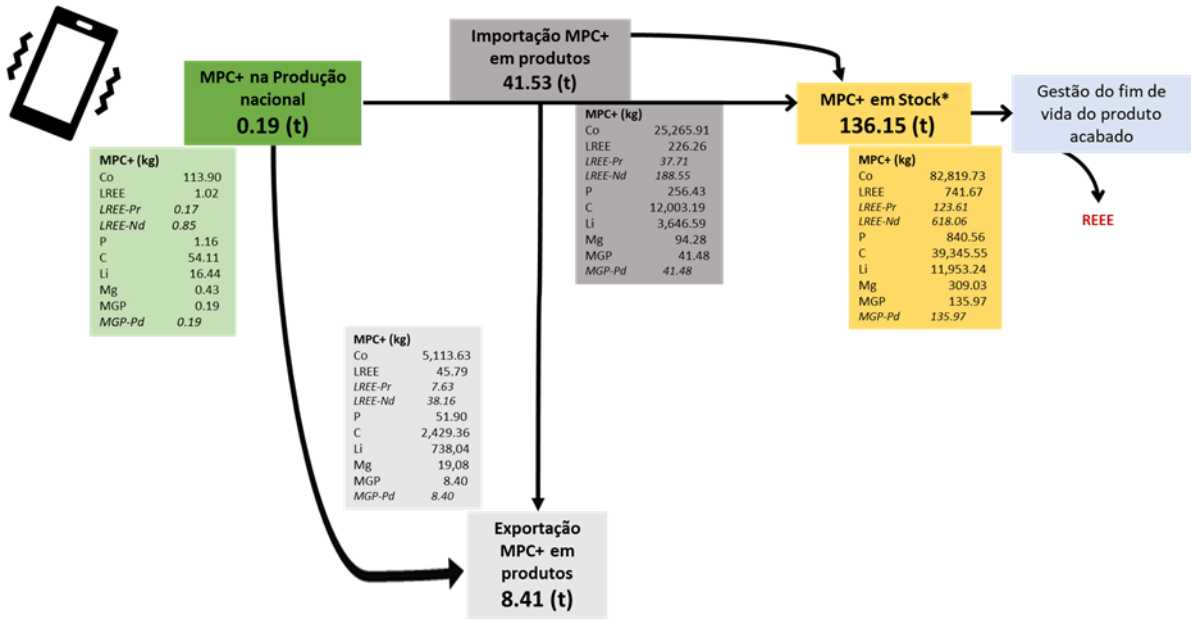


Figura 28 – Fluxos MPC+ em telemóveis. * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal.

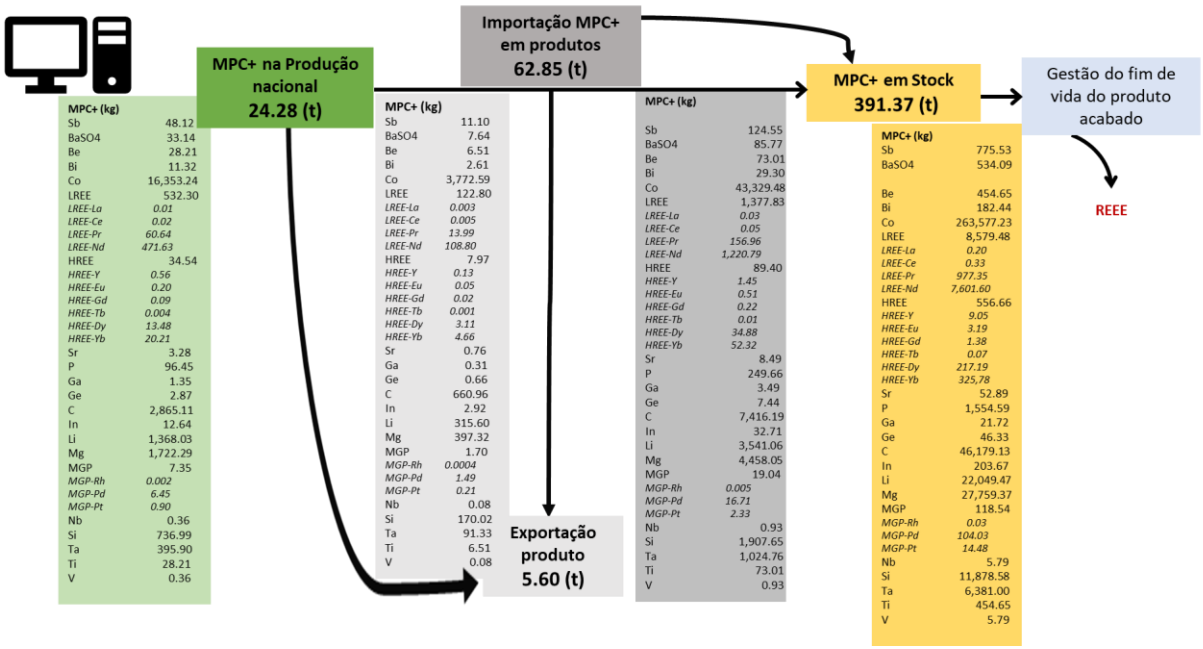


Figura 29 – Fluxos MPC+ em computadores . * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal

6.3.7 Cerâmica

Na figura seguinte representa-se o diagrama de Sankey com os principais fluxos de MPC para o conjunto dos produtos representativos considerados para o setor cerâmico. Na estimativa de resíduos apenas se consideram os valores de MPC presentes em produtos em fim de vida, nomeadamente Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

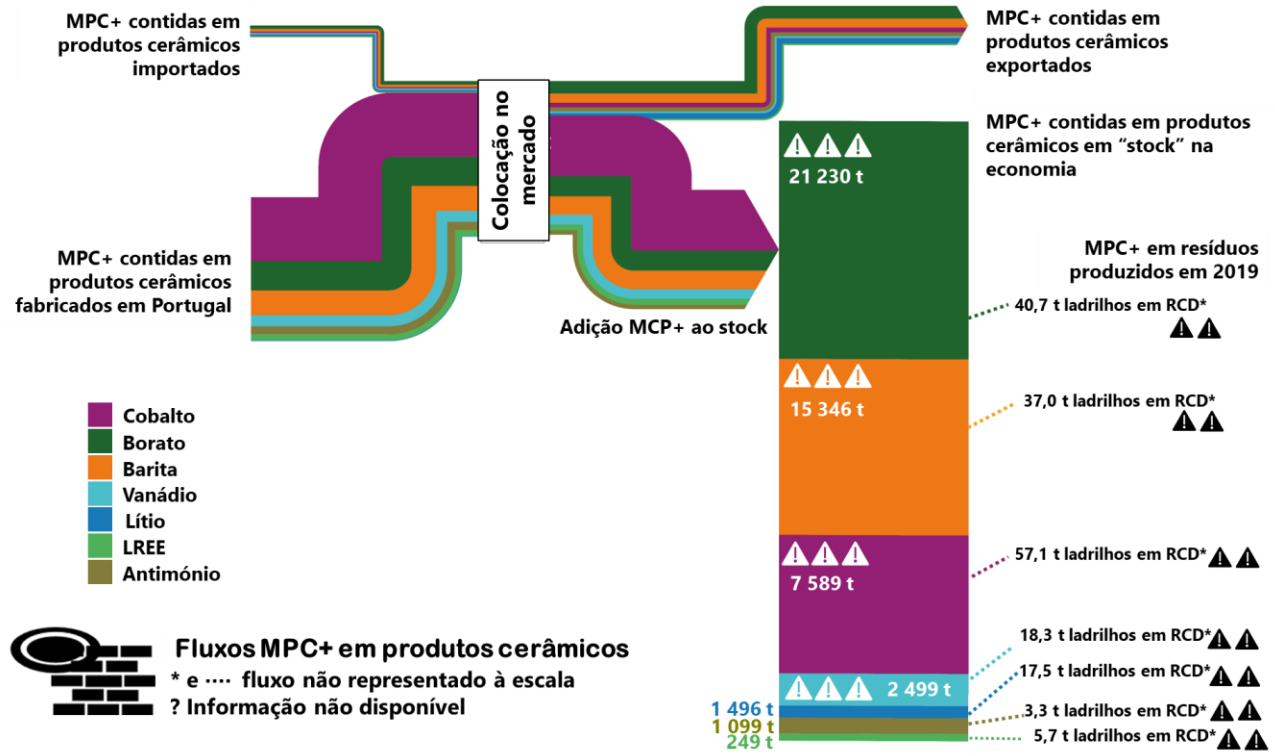


Figura 30 – Fluxo de MPC+ na economia Portuguesa em 2019 para o conjunto dos produtos representativos do setor cerâmico em t. Os triângulos representam os diferentes graus de incerteza associados à estimativa variando entre "extremamente elevada", "muito elevada" e "elevada", respetivamente para três, dois e um triângulo.

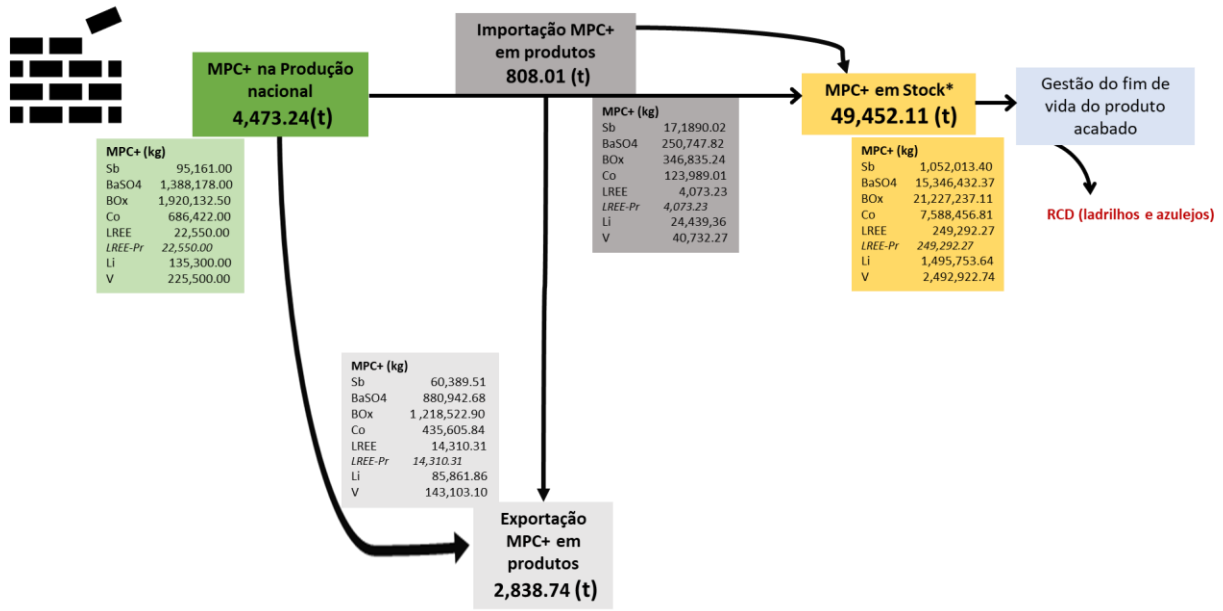


Figura 31 – Fluxos MPC+ em ladrilhos cerâmicos. * Stock refere-se a MPC+ em produtos em circulação ou armazenados em Portugal

6.3.8 Cortiça

Na figura seguinte representam-se os fluxos de cortiça natural nos diversos produtos representativos considerados para o setor da cortiça.

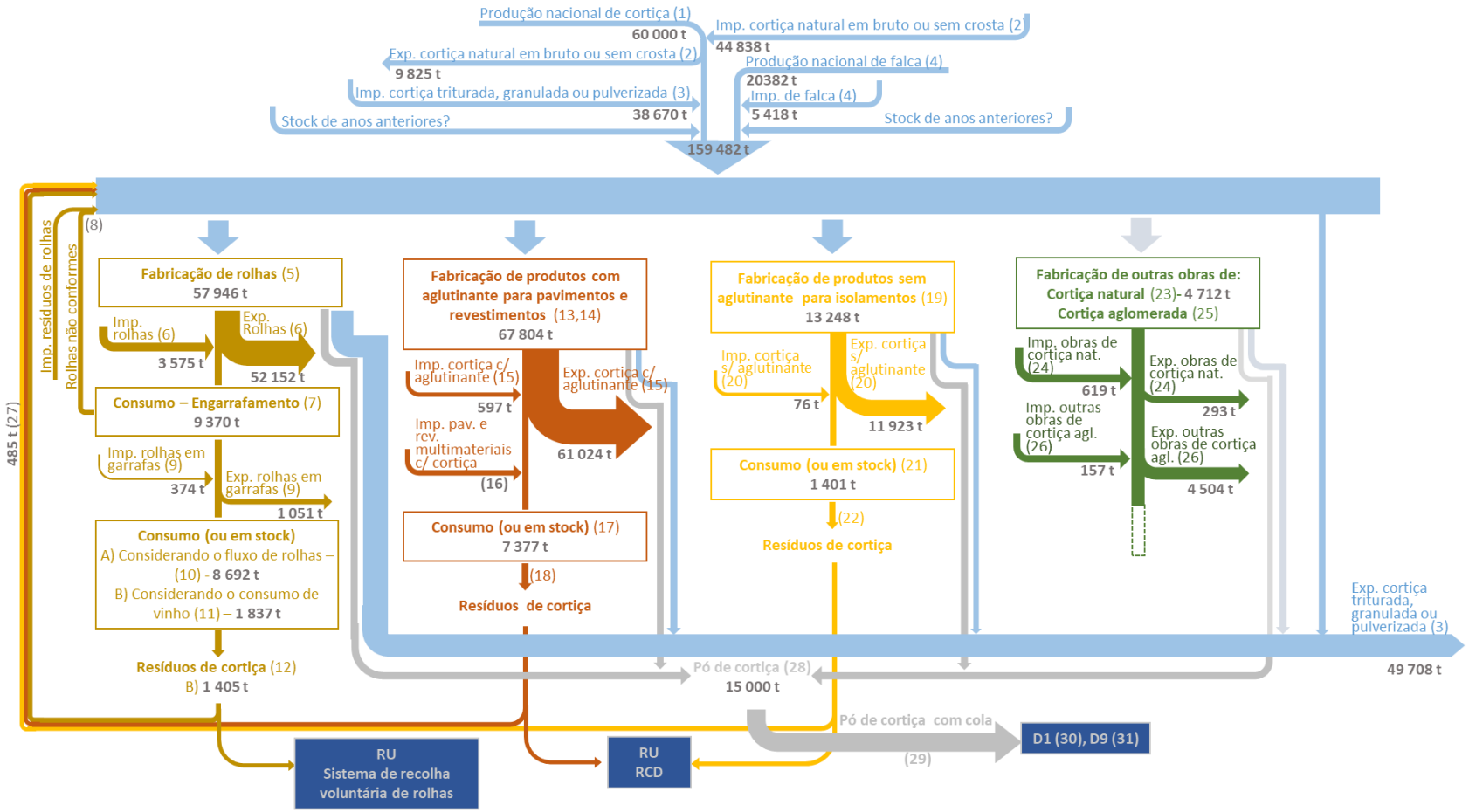


Figura 32 – Principais fluxos de cortiça em produtos de cortiça em Portugal

6.3.9 Fertilizantes P

Na figura seguinte representam-se os fluxos de fósforo associados à produção e aplicação de fertilizantes de P.

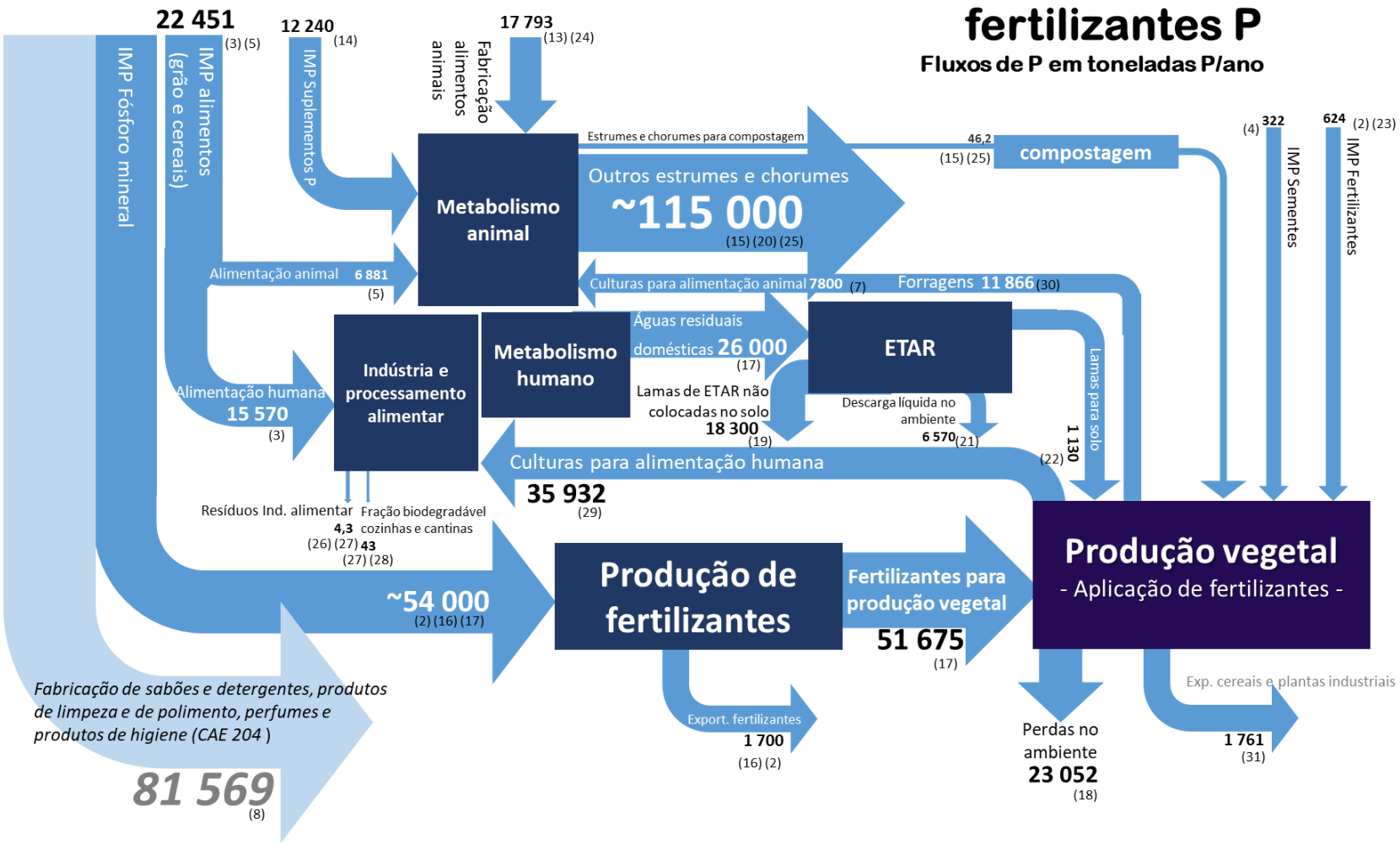


Figura 33 – Fluxos de fósforo em fertilizantes fosfatados e balanço de fósforo em Portugal em toneladas de P/ano. Os (nº) representam as fontes de informação conforme descrito na seção 2.3.4

- Página intencionalmente em branco –

7 Estratégias de circularidade e recomendações

7.1 Enquadramento

O presente estudo prevê como ponto de partida a Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, segundo a qual:

"… os Estados-Membros deverão também tomar medidas para assegurar **a melhor gestão possível dos resíduos que contêm quantidades significativas de matérias-primas críticas** (…). Deverão ainda incluir nos seus planos de gestão de resíduos medidas adequadas a nível nacional no que respeita à recolha, triagem e valorização dos resíduos que contêm quantidades significativas dessas matérias-primas. (…). A Comissão deverá fornecer informações sobre os grupos de produtos e os fluxos de resíduos pertinentes a nível da União. O fornecimento dessas informações não impede, todavia, que os **Estados-Membros tomem medidas para outras matérias-primas consideradas importantes para a sua economia nacional**."

Por sua vez, a Proposta de Resolução do Parlamento Europeu sobre uma **estratégia europeia para as matérias-primas essenciais** (2021/2011(INI)) considera o seguinte:

- **Centrar-se apenas na reciclagem não será suficiente** para dar resposta ao aumento da procura de MPC
- Embora a **substituição das MPC** tenha limites em termos de eficácia dos produtos, **é um objetivo**
- É necessária **I&I no que diz respeito à reciclagem e à substituição de MPC, bem como à conceção de produtos**
- A **transição para a economia circular** deverá ser uma prioridade
- Há que apoiar uma **abordagem de economia circular ao longo da cadeia de valor das tecnologias essenciais para as transições energética, digital e de mobilidade**
- A Comissão e os Estados-Membros deverão **apoiar novos modelos de negócio sustentáveis e circulares na nova Iniciativa Produtos Sustentáveis, incluindo produtos como serviço**

A 30 de março de 2022 foi publicado um pacote de propostas de EC centradas no Pacto Ecológico Europeu, que se apresenta esquematicamente na figura seguinte É de notar que as MPC estão ausentes destes documentos, com exceção do Plano de trabalho em conceção ecológica e etiquetagem energética: "A Comissão avaliará no futuro a possibilidade de estabelecer requisitos acerca de 'matérias-primas escassas, ambientalmente relevantes e essenciais'". Parece haver uma desarticulação, a nível das políticas públicas, entre as medidas a nível da eficiência de recursos e as iniciativas de economia circular.

Figura 34 – Pacote de propostas de EC a nível da União Europeia, centradas no Pacto Ecológico Europeu

Concretamente, a Proposta de Regulamento de Conceção Ecológica de Produtos Sustentáveis (COM(2022) 142 final) contempla novos requisitos de ecodesign para tornar os produtos mais duradouros, fiáveis, reutilizáveis, atualizáveis, reparáveis, fáceis de manter, de recondicionar e de reciclar e mais eficientes em termos de utilização de energia e de recursos. Promover "produtos como serviços". Embora estas medidas não sejam orientadas para MPC+, têm implicações evidentes na taxa de utilização das MPC+ aí incorporadas e foi precisamente com esta lógica que se estruturou o estudo das estratégias de circularidade apresentado no presente capítulo.

Nas secções seguintes sintetiza-se a análise efetuada em termos de estratégias de Economia Circular (EC) das MPC+ nos setores estudados e para os produtos-tipo selecionados. Resulta de um trabalho exaustivo de contacto com os stakeholders e em pesquisa bibliográfica.

7.2 Abordagem utilizada

A Economia Circular, enquanto modelo económico que "promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos através de produtos, processos e modelos de negócio assentes na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais" engloba um conjunto de estratégias que permitem diminuir a importação de matérias-primas críticas e aumentar a autossuficiência.

Fonte: EPA Network, 2017

Figura 35 – Economia Circular e Estratégias de Circularidade

Foi construída uma base de dados das estratégias de circularidade que foram organizadas de acordo com o setor/produtos-tipo consideradas, as fases de ciclo de vida e o "tipo" de estratégia (detalhado nesta seção). Consideraram-se ainda estratégias que diminuem a dependência e a criticidade (substituição da MPC+ e aumento da produção, no caso de MPC+ renováveis). A base de dados está disponível em formato Excel na seção de resultados no site do projeto eMaPriCe: https://emaprice.lneg.pt/ .

As estratégias foram ainda caracterizadas de acordo com a **etapa de intervenção** na cadeia de valor (em que etapa(s) se aplicam), complementadas por e, com base na literatura e consulta aos *stakeholders* (associações industriais, centros tecnológicos, peritos, etc.):

- **Potencial** de desempenho das estratégias
- Implicações a nível do **design** de produtos (design circular)
- **Fatores de implementação** como o custo, a maturidade tecnológica, o impacte ambiental, o potencial de geração de emprego, etc.

Assim, para a análise dos exemplos de economia circular em cada um dos setores/produtos-tipo, recorreu-se a uma sistematização das estratégias de acordo com a figura seguinte.

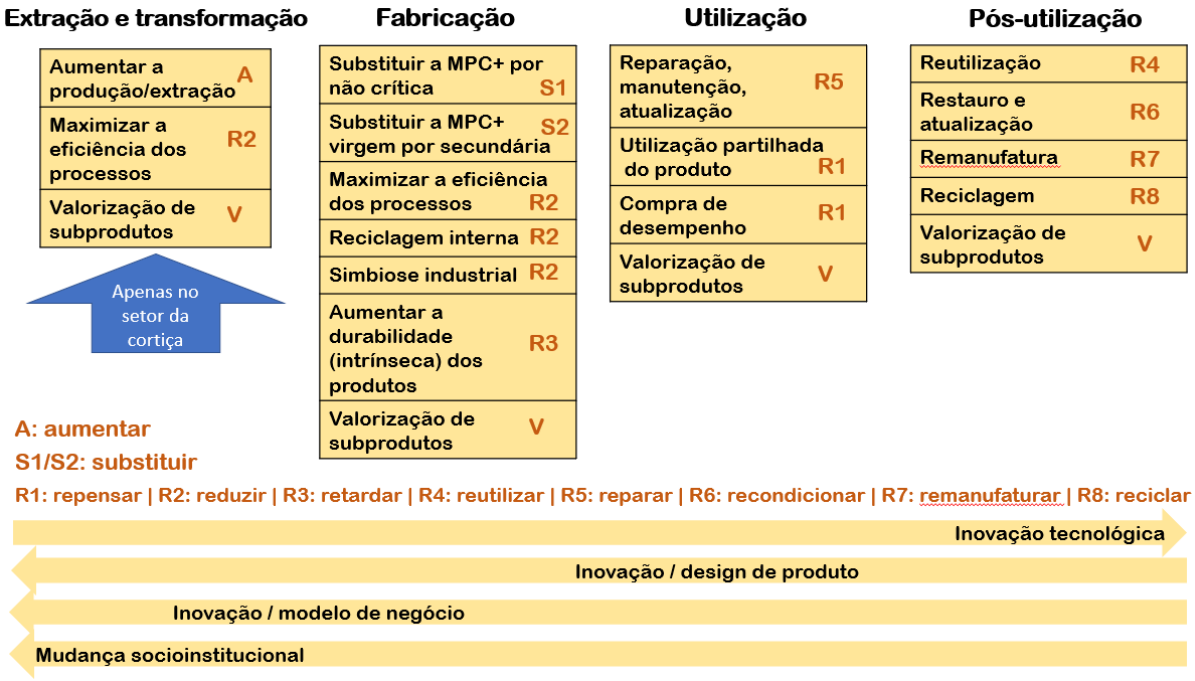


Figura 36 – Tipificação de Estratégias de Circularidade consideradas

Apresenta-se seguidamente uma descrição de cada uma das tipologias de estratégias de circularidade consideradas no estudo.

Tabela 42 –Descrição das Estratégias de Circularidade consideradas

Codi.	Descrição	Fase(s) do ciclo de vida
A	Aumentar a produção/extração: a designação é autoexplicativa e aplica-se em particular a MPC+ renováveis – no caso do presente trabalho, à cortiça.	Extração e transformação
S1	Substituir a MPC+ por não crítica: trata-se de uma medida que vem sendo adotada em vários setores e depende sobretudo de mudanças tecnológicas que visam encontrar alternativas às MPC+, sem prejudicar as características do produto.	Fabricação
S2	Substituir a MPC+ virgem por secundária, isto é, MPC+ resultante de um processo de reciclagem, de forma a diminuir a necessidade de extrair novas MPC+.	Fabricação
R1	Repensar: intensificar a utilização dos produtos através da sua utilização partilhada ou da venda de desempenho. Desta forma, serão necessários menos produtos (e, consequentemente, menos MPC+ neles contidas) para satisfazer as necessidades dos utilizadores.	Utilização
R2	Reduzir: reduzir a quantidade de MPC+ utilizadas por unidade de produto, através do aumento da eficiência dos processos industriais (menos desperdício), da reciclagem interna ou de simbiose industrial (que permitem a incorporação de resíduos na fabricação do produto e reduzem o consumo de MPC+).	Extração e transformação Fabricação
R3	Retardar: Aumentar a durabilidade (intrínseca) dos produtos, prolongando o seu tempo de vida (e, consequentemente, diminuir o consumo de MPC+), através da colocação no mercado de produtos comparativamente mais duráveis (mais resistentes ao desgaste, com menos avarias, etc.)	Fabricação
R4	Reutilização: trata-se de dar uma nova vida aos produtos que contêm MPC+, diminuindo a necessidade de produção de novos produtos. Quando a reutilização implica restauro e atualização, v. R6	Pós-utilização
R5	Reparação, manutenção e atualização: o objetivo é igualmente prolongar o tempo de vida dos produtos, ainda durante a fase de utilização, reduzindo assim a necessidade de produzir novos (e consumir MPC+). Tipicamente, o design de produto tem de viabilizar técnica, económica e ambientalmente estas operações.	Utilização
R6	Restauro e atualização: enquadram-se aqui medidas de intervenção no produto (após a sua 1ª vida) para permitir a sua reutilização, com consequente redução da necessidade de MPC+.	Pós-utilização
R7	Remanufactura: é uma estratégia adotada por muitas empresas, quando o valor residual do produto é elevado e compensa recuperá-lo para reutilizar componentes no fabrico de novos produtos, assegurando a sua fiabilidade "como novo". Para efeitos do presente estudo, interessa a aplicação de componentes contendo MPC+ em processos de remanufactura, e não outros componentes.	Pós-utilização
R8	Reciclagem: trata-se da recuperação da MPC+ após o fim de vida dos produtos através de processos industriais, de forma a permitir o seu retorno ao ciclo produtivo, com uma qualidade superior (upcycling), igual ou inferior (downcycling) à original.	Pós-utilização
V	Valorização de subprodutos: aqui enquadram-se medidas que não se integram nas categorias anteriores, tipicamente a valorização noutras cadeias de valor, o que evita que a MPC+ se transforme em resíduo.	Todas

7.3 Levantamento de exemplos de estratégias de EC

Para os setores e produtos estudados de forma quantitativa foi feito um levantamento sistemático de exemplos publicados na bibliografia científica e outras fontes, de forma a obter uma panorâmica geral das estratégias de circularidade com mais expressão, considerando as tipologias apresentadas no ponto anterior. Este levantamento encontra-se em anexo e, para cada setor e fase do ciclo de vida, as tabelas estão organizadas do seguinte modo:

- Categoria de produto
- MPC+ presentes
- MPC+ quantificadas
- Descrição da estratégia
- Potencial de poupança de MPC+
- Intervenção a nível do design de produto
- Maturidade tecnológica, organizada em 4 níveis (TRL 1-3, 4-7, 8-9[55] e disponível no mercado)
- Implicações e/ou custo-benefício
- Impacte ambiental
- Impacte no emprego
- Alterações ao sistema: novos atores
- Alterações ao sistema: novas atividades
- Observações
- Fontes bibliográficas

Com exceção da cortiça, **não se estudaram exemplos de estratégias de EC para a fase de extração e transformação**. Conforme referido, além da matéria prima estratégica cortiça, são extraídas em Portugal apenas duas MPC, o Li e W:

- O **Li** é atualmente extraído por se encontrar em associação com o quartzo e o feldspato, necessários para os vidrados das cerâmicas. Apesar de o Li extraído ser relevante como fundente para baixar o ponto de fusão (diminuindo assim o consumo energético) não é extraído atualmente enquanto Li e, como, tal não foram estudadas EC para extração de Li *per se*.
- A extração de **W** em Portugal é atualmente uma referência mundial ao nível de eficiência dos processos. Por esse motivo, considerou-se haver reduzida margem de melhoria ao nível da sua circularidade, não sendo esse tópico abordado nesta análise de estratégias de circularidade

A **informação sobre EC compilada corresponde a exemplos ou casos de estudo** encontrados na bibliografia e não a recomendações de possíveis medidas de circularidade baseadas no conhecimento da equipa de trabalho. Todos os exemplos de aplicação de estratégias de circularidade para os setores e produtos-alvo do estudo estão disponíveis na Base de Dados anexa a este relatório conforme referido. Trata-se de um ficheiro Excel interativo, com filtros que permitem maior facilidade de consulta por setor, produto, tipologia de EC, etc.

Tal como anteriormente referido, o levantamento resultou de pesquisa bibliográfica e da consulta a entidades e especialistas relevantes. No entanto, a equipa de projeto está ciente de que haverá

limitações à abrangência dos exemplos aqui coligidos dada a enorme diversidade de possíveis fontes (científicas, de divulgação e outras), sendo que são raríssimos os casos que se aplicam a MPC+ especificamente.

Dentro de cada setor/produtos-tipo, encontraram-se **exemplos que se aplicam a mais do que uma categoria de produtos**. Uma vez que o objetivo seria, tanto quanto possível, quantificar a poupança potencial de MPC+ e os teores destas variam de produto para produto, optou-se por se repetir o exemplo tantas vezes quantas as categorias de produtos a que se aplica.

Quanto aos **exemplos que se encontram implementados, disponíveis no mercado**, foram identificadas duas situações:

- Exemplos que estão totalmente **banalizados e largamente adotados** e são, portanto, do conhecimento de toda a cadeia de valor – não foram incluídos na tabela por não constituírem novidade nem potencial de aumento da circularidade;
- Exemplos que, estando já no mercado, têm **potencial de expansão** e de contribuírem para o aumento da circularidade das MPC+ - foram incluídos na tabela.

Seguidamente apresenta-se uma síntese das EC identificadas para os produtos considerados em cada setor de atividade.

7.4 Circularidade das MPC+: Têxtil

Foram analisados os seguintes produtos, onde se identificaram as seguintes MPC+:

- **Vestuário**: Sb*; $BaSO_4$*; BO_x*; Co*; Sc*; Sr*;Li*; Borracha*; Ti*
- **Têxtil lar**: Sb*; $BaSO_4$*; BO_x*; Co*; Fosfato*;
- **Têxtil técnico**: Sb*; $BaSO_4$*; BO_x*; Co*; Fosfato*; Ga*; In*

(quantificadas)*

Deve ter-se presente que a **cadeia de valor do setor têxtil é ampla e extremamente variada** sendo por isso muito **difícil fazer extrapolações que sirvam de igual modo para os três grupos de produtos** que foram analisados neste estudo, quer ao nível das quantificações, mas também das diferentes estratégias de economia circular.

No caso dos têxteis as **MPC+ podem entrar e ser incorporadas em diferentes fases até chegar ao produto final**, desde a composição do fio/fibra, passando pelos processos de tingimento e tratamento de superfícies, estampagem, etc. As MPC+ vão entrando na cadeia de valor com funções distintas ao longo do processo e passam a fazer parte intrínseca do produto final. Umas percentagens dessas MPC+ incorporadas perde-se nos próprios processos (fabricação) e outra vai-se perdendo com o uso e lavagens (utilização). Desse modo, existe um desfasamento significativo entre a quantidade de MPC+ inicialmente introduzidas e aquelas que o produto transporta na sua estrutura até ao seu fim de vida útil.

Foram encontradas **estratégias de circularidade** para as seguintes fases da cadeia de valor:

- Fabricação

- Utilização
- Pós-utilização

Como se pode observar na figura seguinte, predominam exemplos na fase de fabricação onde há maior potencial de inovação desde a escolha dos materiais, passando pelo design e culminando na produção.

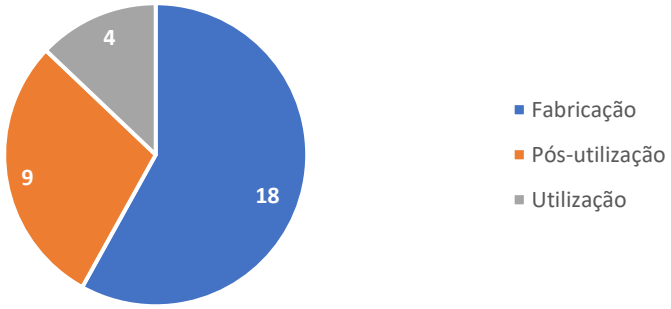


Figura 37 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor têxtil por fase do ciclo de vida

7.4.1 Fabricação

- Na literatura **não existem estudos específicos sobre a utilização de MPC+ em têxteis**, mas dado o aumento de preço das MPC+ e dadas as restrições a nível das certificações do setor, cada vez exigentes em termos da restrição da percentagem de substâncias nocivas em contacto com a pele humana, há uma tendência para os reduzir, eliminar (quando possível) ou encontrar alternativas de substituição. Estão atualmente a ser feitos vários estudos nesse sentido.
- Existem já alguns casos de **empresas que começam a incorporar uma percentagem de fios/fibras recicladas**, em percentagens restritas, nos seus processos de fabrico de produtos. Há produtos que admitem uma maior percentagem de matéria-prima reciclada do que outros. No entanto esta introdução faz com exista uma menor necessidade utilização de MPC+ virgem. É um mercado com potencial e em ascensão.
- Restrito para já a um conjunto de produtos e a setores *premium* do mercado, existem já **produtos que oferecem alto desempenho em termos de durabilidade**. Não só pelo tipo de produto: estilos não sazonais, roupas de trabalho, roupas íntimas etc., ou ainda outros que associado ao seu elevado preço permitem substituição de componentes. Há que trazer estes princípios para outros nichos de mercado mais massificados e que permitam manter o produto em utilização durante mais tempo sem necessidade de descarte e consumo de recursos virgens nomeadamente MPC+.
- As **empresas do setor têxtil têm sido das que mais se adaptam as exigências atuais de mercado e de gestão de recursos** e por isso incorporam todas as iniciativas no sentido

de otimizar o seu processo produtivo e os custos a ele inerentes, nomeadamente na vertente de valorização interna de todas as MPC+ utilizadas e desperdiçadas no processo.

- Os **têxteis encontram-se em variadíssimas cadeias de valor**: automóvel; mobiliário; isolamentos e revestimentos, etc. por isso existem já circuitos de aproveitamento de sobras de produção que são direcionados para esses setores. Atualmente, pela sua composição, o setor têxtil também se encontra em estreita colaboração com o setor dos polímeros, tirando partido de todas essas sinergias.

7.4.2 Utilização

- Principalmente em vestuário de gama *premium* e em vestuário técnico (ex. fardamento; equipamento de proteção etc.) onde face ao custo associado se justifica proceder a **operações de reparação, manutenção e atualização** já existem no mercado empresas que prestam este serviço, o que permite a manutenção do produto em funcionamento durante mais tempo, não sendo descartado prematuramente.
- Existe já um conjunto de **consumidores e de produtos que utilizam o mercado de aluguer**, quer ao nível do vestuário, quer ao nível de têxteis para eventos (tapetes e outros têxteis por exemplo). E já existem inclusivamente sistemas de aluguer de curta duração e sistemas de aluguer por subscrição mensal que dá direito ao uso de um conjunto definido de vestuário.
- Surgem também iniciativas/plataformas ao nível do bairro que permitem a **troca de roupa** durante um determinado período. Onde cada um dos inscritos da plataforma partilha o conjunto de roupa que pretende trocar ficando disponível assim para seleção por outros membros. Pelo facto de ser uma iniciativa local o processo de deslocação entre emprestadores é realizado a pé. Não gerando assim nenhum impacto ambiental negativo.
- Já os outros sistemas associados a um conjunto de serviços na fase de utilização têm que ser avaliados de modo que a **carga transportada em cada viagem seja otimizada**, assim como todos os consumos relacionados com os processos limpeza (consumo de água, energia, detergentes, etc.).
- Para que a maioria destas estratégias sejam viáveis elas têm de ser consideradas logo na **fase de design dos produtos.**
- Na fase de utilização **não foram identificadas** na bibliografia nenhuma iniciativa relacionada com as estratégias: compra de desempenho em vez de produto e valorização de subprodutos.

7.4.3 Pós-utilização

Existem dois cenários de pós utilização: após o 1º uso e após múltiplos usos (fim de vida). O primeiro aponta para a possibilidade de manter o valor do produto durante o maior tempo possível, mantendo a sua integridade no todo ou em parte. O segundo encaminha o produto para aproveitamento com perda de valor através de integração em outros produtos ou reencaminhamento para reciclagem.

- Vão surgindo novas **plataformas de venda de vestuário em 2ª mão**, o que permite chegar a um público mais vasto do que uma loja física. Deste modo amplia a vida dos produtos através de uma 2ª ou 3ª vidas mantendo o seu valor e sem haver descarte prematuro, retardando assim a necessidade de novas aquisições e respetivos consumos de novas MP e MPC.
- Têm sido montados também pequenas **empresas que aproveitam partes de produtos têxteis para produzir outros produtos** de curta tiragem ou peças únicas, como por exemplo peças de marroquinaria, artesanato, etc. Temos assim iniciativas de reutilização dos produtos para o mesmo fim e para outros fins.
- Se os **produtos forem concebidos para, caso exista essa necessidade, serem restaurados, ou atualizados**, ou mesmo tendo a capacidade de ser customizados de forma a se adaptar aos diferentes gostos dos clientes de modo que permita uma ligação afetiva com o mesmo e assim a manutenção em serviço por mais tempo.
- No caso do vestuário técnico, nomeadamente fardamento e vestuário de proteção já se encontram em utilização em pequena escala, **tecnologias que permitem a separação de vários componentes sem deterioração do produto**, permitindo, entre outras, ações de remanufactura parcial ou total limpeza e atualização.
- O recurso à **informação digital sobre o produto e seus componentes**, nomeadamente através de passaporte de materiais ou outro tipo de sistema de informação vai auxiliar a gerir todas estas estratégias de economia circular inclusivamente a nível dos sistemas de gestão de resíduos têxteis que necessariamente vão ter de ser implementados, com a colaboração integrada de um conjunto de atores da sociedade.
- **Não foram encontrados** na bibliografia exemplos para a estratégia de valorização de subprodutos nesta fase.

Deve ter-se presente as seguintes considerações válidas para a todas as fases estudadas:

- Nenhum dos exemplos descritos indica explicitamente o **potencial de poupança de MPC+**; este pode ser estimado a partir da redução do consumo produtos têxteis, mas com uma grande incerteza.
- Para além dos exemplos que estão disponíveis no mercado e, portanto, serão viáveis, de uma forma geral **desconhecem-se as implicações financeiras das medidas propostas**, nomeadamente para os clientes e consumidores.
- Quanto ao impacte ambiental, verifica-se que são enumerados de forma maioritariamente **qualitativa benefícios no consumo de recursos e geração de resíduos**, no entanto, **não se referem impactes negativos** associados a processos industriais e/ou logística requeridos para a sua implementação.
- As fontes consultadas são geralmente omissas quanto ao **impacte no emprego e à necessidade de novos atores e novas atividades** para a adoção das medidas de EC.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

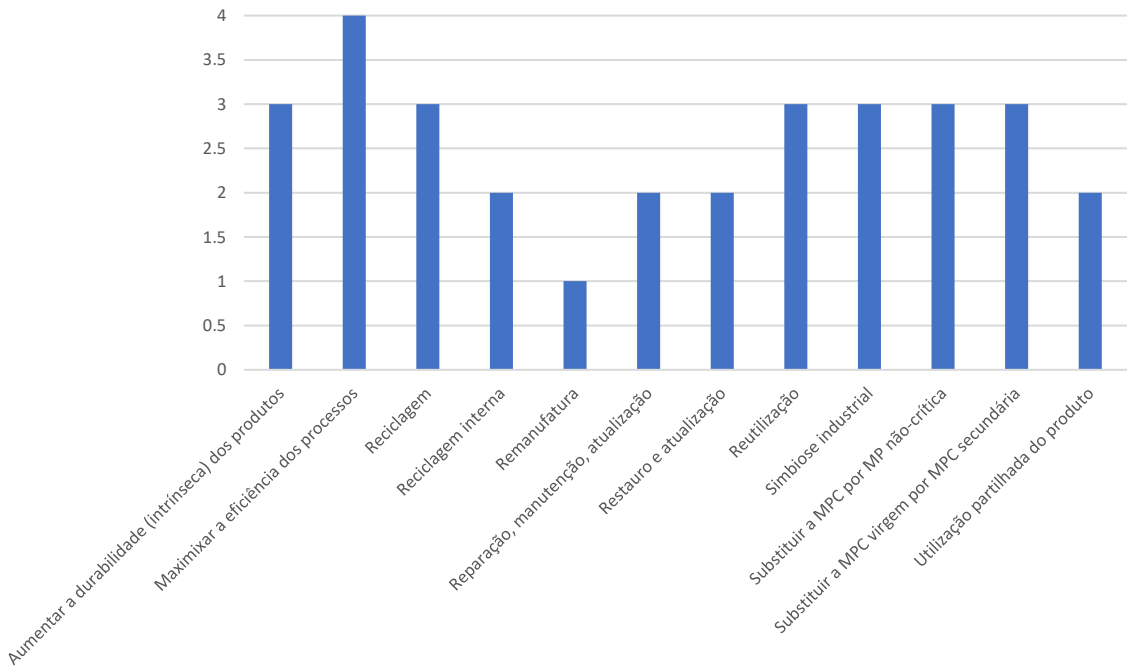


Figura 38 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor têxtil por tipo de estratégia de economia circular

Como se pode observar na figura anterior, no caso do setor têxtil os exemplos encontrados distribuem-se, quase equitativamente, por um conjunto alargado de estratégias de economia circular.

7.4.4 Sugestões/recomendações setoriais

- Delinear de forma consistente e partilhada um **sistema de gestão de resíduos têxteis** tendo em conta o vasto conjunto de partes interessadas envolvidas (empresas; autarquias; legisladores; consumidores; novas empresas; entidades de I&D; etc.);
- **Incentivos à reutilização** de vestuário (ex. em grandes espaços comerciais existirem lojas de 2ª mão ou áreas de venda em 2ª mão dentro das grandes lojas);
- Estudo do potencial de **simbioses entre a indústria têxtil e outras indústrias** (mobiliário, automóvel, etc.) e não esquecer a grande proximidade atual entre têxteis e polímeros;
- Incluir critérios na **Contratação Pública** que promovam a utilização de têxteis mais sustentáveis e circulares (ex.: hospitais, escolas e defesa, são grandes consumidores de têxteis);

7.5 Circularidade das MPC+: Cerâmica

Foram analisados os seguintes produtos onde se identificaram as seguintes MPC+:

- **Ladrilhos**: Sb*, $BaSO_4$*,BO_x*, Co*, LREE-Pr*, Li*, V* + Li (pasta clara)
- **Telhas vidradas**: Sb*, $BaSO_4$*,BO_x*, LREE-Pr*, Li*, V* + Li (pasta clara, de modo residual)
- **Louça sanitária**: Sb*,BO_x*, Co*, LREE-Pr*, V* + Li (pasta clara, em situações especiais)

(quantificadas)*

Deve referir-se que as estratégias de circularidade mais relevantes do ponto de vista das MPC+ são as que têm implicações a nível dos **vidrados** (ou do produto como um todo). No entanto, e após consulta do CTCV, incluíram-se também estratégias aplicáveis à pasta cerâmica. É de referir que houve grande **dificuldade em obter dados** e deverá proceder-se no futuro a um estudo mais aprofundado sobre a presença de outras MPC+, encontradas na bibliografia internacional (nomeadamente, Co, Y, Pr, V (de acordo com a informação em CRM_2020_Factsheets).

Foram encontradas **estratégias de circularidade** para as seguintes fases da cadeia de valor:

- Fabricação
- Pós-utilização

Como se pode observar na figura seguinte, predominam exemplos na fase de fabricação principalmente relacionados com formulação/composição dos produtos.

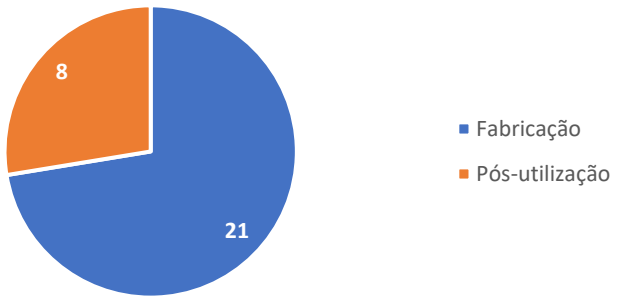


Figura 39 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor cerâmico por fase do ciclo de vida

A **estratégia de reparação/manutenção/atualização não se aplica a peças de cerâmica de construção individualmente** (ou seja, pode reparar-se por exemplo. um pavimento substituindo alguns ladrilhos, mas não peças individuais). Na ausência de qualquer mecanismo (com exceção dos autoclismos), esta estratégia não se aplica. Quanto aos autoclismos, existe a atividade generalizada da sua reparação, mas não se encontraram exemplos de *designs* para a

reparação/atualização que constituam novidade ou avanço neste aspeto para a extensão do tempo de vida do produto.

Quanto à **utilização partilhada do produto ou venda de desempenho**, existem exemplos na indústria de construção que poderiam ser transpostos para a cerâmica. No entanto, não se encontraram quaisquer exemplos nas fontes consultadas.

7.5.1 Fabricação

- A maioria dos exemplos encontrados nesta fase diz respeito a **simbioses industriais** (muitas no âmbito de projetos do CTCV), em que se estudou a viabilidade técnica de incorporação de resíduos de outras indústrias na pasta cerâmica de ladrilhos e/ou telhas, com percentagens de incorporação baixas (inferior a 3%) e a necessitar de mais investigação. Como exceção e dignos de nota tem-se o projeto WINCER, em que a incorporação de resíduos permite substituir completamente os feldspatos, e um outro projeto de produção de esmaltes cerâmicos coloridos a partir de resíduos industriais com metais. Seguem-se exemplos de reciclagens internas de resíduos, alguns com resultados muito expressivos e já no mercado, finalmente, são de referir exemplos de aumento da eficiência dos processos.
- Encontraram-se na literatura dois exemplos de **substituição de MPC+** (BO_x e Co) por não críticas, mas no caso do Co levando a perda de desempenho.
- Não se encontrou **nenhum exemplo de aumento da durabilidade** (intrínseca) dos produtos, o que não é de estranhar, uma vez que os produtos são geralmente muito duráveis.

7.5.2 Pós-utilização

- Nesta fase encontraram-se alguns exemplos associados à **reutilização**, uma das tendências a privilegiar na construção circular e sustentável. Enquadram-se aqui instrumentos de fomento da reutilização de produtos de construção (como é o caso das auditorias de pré-demolição e dos passaportes de materiais de construção) e um exemplo nacional de design de um ladrilho para a reutilização.
- Quanto a **restauro e atualização**, identificou-se um caso de recolha de telhas que são tratadas e colocadas de novo no mercado, prolongando assim o seu tempo de vida.
- Uma vez que neste setor as MPC+ são incorporadas no corpo cerâmico ou nos vidrados, não se encontrou **nenhuma tecnologia que permita a sua recuperação e reciclagem**. Isto mostra que para o setor da cerâmica se tornar menos dependente de MPC+ será necessário adotar outras medidas (ver recomendações).
- Finalmente, existem exemplos de medidas que, não diminuindo o consumo de MPC+, permitem **valorizar produtos cerâmicos** e evitar que estes (e as respetivas MPC+) se transformem em resíduos.

Deve ter-se presente as seguintes considerações válidas para a todas as fases estudadas:

- Nenhum dos exemplos descritos indica explicitamente o **potencial de poupança de MPC+** que pode ser estimado a partir da redução do consumo de vidrados e/ou pasta, mas com uma grande incerteza.
- Para além dos exemplos que estão disponíveis no mercado e, portanto, serão viáveis para os fabricantes, de uma forma geral **desconhecem-se as implicações financeiras** das medidas propostas, nomeadamente para os clientes e consumidores.
- Quanto ao **impacte ambiental**, verifica-se que são enumerados de forma maioritariamente qualitativa benefícios no consumo de recursos e geração de resíduos (por vezes também de consumo de energia na produção); no entanto, não se referem impactes negativos associados a processos industriais e/ou ao transporte requeridos para a sua implementação.
- As fontes consultadas são geralmente **omissas quanto ao impacte no emprego** e à necessidade de novos atores e novas atividades para a adoção das medidas de EC; no entanto, as simbioses indústrias implicam geralmente novas parcerias entre a indústria cerâmica e outras indústrias.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

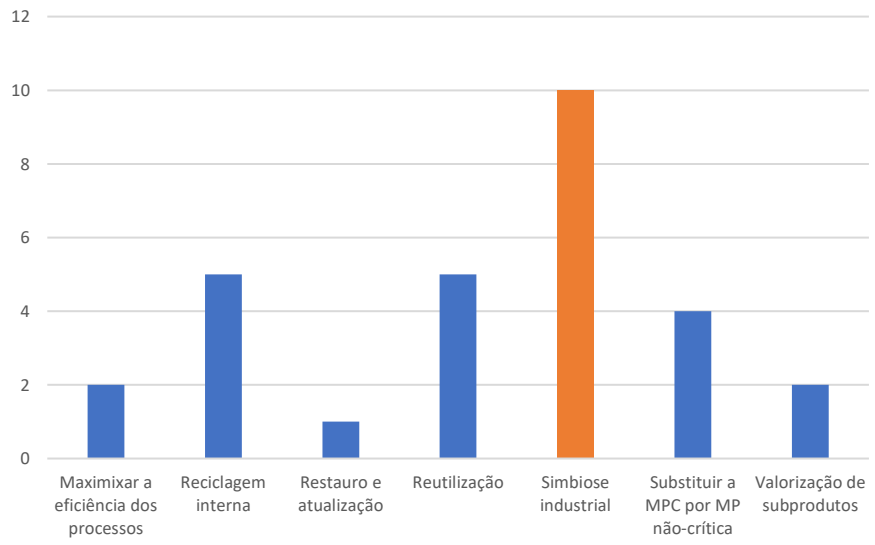


Figura 40 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor cerâmico por tipo de estratégia de economia circular

Como se pode constatar pelos exemplos e pelo gráfico anterior, no setor cerâmico existe já um conjunto de iniciativas orientadas para a incorporação de resíduos ou subprodutos de outros setores nas pastas cerâmicas numa ótica de simbiose industrial.

7.5.3 Sugestões/recomendações setoriais

A análise de estratégias de circularidade para os produtos cerâmicos considerados permite elaborar as seguintes considerações:

- Os produtos cerâmicos têm uma **elevada durabilidade intrínseca** e muitas substituições ocorrem por questões estéticas ou de alterações de layout e não porque os produtos tenham atingido o seu fim de vida técnico. Isto aplica-se principalmente aos ladrilhos e louça sanitária.
- Assim, quaisquer medidas que permitam a **reutilização** destes produtos têm o potencial de reduzir o consumo de MPC+. Isto irá alterar o modelo de negócio e implica uma nova mentalidade no setor da construção em Portugal e nos países importadores dos produtos cerâmicos de construção estudados
- Acresce que, ao contrário do que acontece noutros setores em que é possível **isolar as MPC+** e reciclá-las, no caso da cerâmica essa abordagem parece ser **inviável** e é mais um argumento para se apostar quer na substituição de MPC+ por não críticas, quer na reutilização.
- Dado o caráter fortemente **exportador** do setor, a reutilização de produtos cerâmicos de construção apresenta **desafios de inovação** a nível do modelo de negócio e da criação de infraestruturas e novas parcerias que a viabilizem.

Assim, apresentam-se as seguintes recomendações setoriais:

- Promover as **opções de substituição de MPC+ por não críticas**, junto dos fornecedores de fritas e vidrados (esta ação tem de ser concertada à escala internacional)
- Tornar disponível **informação sobre a presença de MPC+** nos produtos cerâmicos (fritas e vidrados, pastas, produto final)
- Promover a **reutilização** dos produtos cerâmicos de construção:
    - Desconstrução em vez de demolição
    - Passaportes de materiais
    - Infraestruturas de recolha, processamento e disponibilização de produtos para reutilização
    - Criar uma cultura de projeto orientado para a flexibilidade dos edifícios e desconstrução não destrutiva
- **Simbioses industriais**:
    - Mais investigação para verificar a viabilidade ambiental, técnica e económica das medidas propostas e o desenvolvimento de novas soluções.
- Novos modelos de negócio:
    - Transição de **produtos para serviços**, à semelhança do que acontece com outros produtos de construção (nomeadamente pavimentos – alcatifas), o que permite uma gestão mais racional da utilização dos produtos. Este modelo de negócio poderia ser aplicado às três categorias de produtos estudados, conquanto no caso dos ladrilhos se adotasse uma instalação sem uso de colas ou argamassas, para assegurar a sua viabilidade ambiental e económica.
- De uma forma geral: **quantificar o potencial de redução do consumo do MPC+** deste tipo de medidas e possíveis *trade-offs* ambientais e socioeconómicos.

7.6 Circularidade das MPC+: Cortiça

Foram analisados os seguintes produtos onde se identificou apenas a presença da matéria-prima (MP) estratégica cortiça natural:

- Rolhas
- Isolamento em cortiça
- Pavimentos e revestimentos em cortiça

Foram encontradas **estratégias de circularidade** para as seguintes fases da cadeia de valor:

- Extração e transformação
- Fabricação
- Pós-utilização
- Utilização

Como se pode observar na figura seguinte, predominam exemplos nas fases de extração e transformação e fabricação.

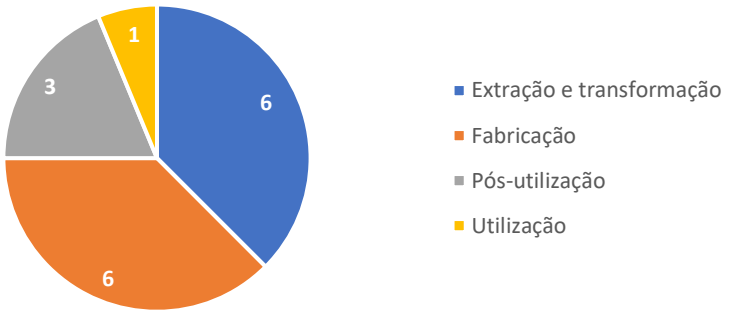


Figura 41 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor da cortiça por fase do ciclo de vida

A informação disponível sobre estratégias de circularidade no sector da cortiça é muito **reduzida, desconhecendo-se a extensão da sua aplicação no sector**, bem como o seu **potencial concreto** de poupança de MPC+, as implicações financeiras e os impactos ambiental e no emprego.

7.6.1 Extração e Transformação

Foram identificadas estratégias para maximizar a **eficiência** dos processos, **valorizar subprodutos** e **incrementar a produção/extração** de matéria-prima por aumento do número de sobreiros plantados.

7.6.2 Fabricação

São referidas estratégias para **substituir** a **matéria-prima virgem por MP secundária** (incorporação de MP reciclada), de **reciclagem interna** (incorporação de subprodutos ou resíduos gerados no processamento) e de **simbiose industrial** (utilização de materiais reciclados de outras indústrias), esta última não aplicável a rolhas.

7.6.3 Utilização

Nesta fase da cadeia de valor foi identificada a estratégia de **reparação e manutenção**, aplicável apenas a produtos de construção.

7.6.4 Pós-Utilização

Nesta fase foi identificada a estratégia de **reciclagem**, consistindo na recolha voluntária de rolhas e de produtos de construção para integração no processo produtivo de aglomerados.

7.6.5 Sugestões/Recomendações setoriais

Fabricação

- Substituir borracha natural por borracha sintética na fabricação de pavimentos e revestimentos.
- Utilizar nos pavimentos e revestimentos colas de origem natural, com menor impacto ambiental, que permitam a reciclagem dos resíduos e subprodutos (atualmente o pó de cortiça com cola não pode ser reciclado).
- Intensificar a incorporação de material reciclado pré-consumo na produção de aglomerados.
- Intensificar a incorporação de material reciclado (rolhas, produtos de construção).
- Introduzir melhorias nos processos de fabrico para diminuição da quantidade de resíduos.
- Design dos produtos e seleção de materiais que permitam o seu reaproveitamento e/ou que facilitem a separação destes e consequentemente permitam restauro/remanufactura/reciclagem.
- Investir em I&D para diversificar e valorizar as aplicações de granulado (ex. sistemas de filtração, produção de compósitos para aplicações de elevado valor acrescentado) e de pó de cortiça (ex. obtenção de polióis e de compostos com interesse farmacológico, produção de compósitos).

Utilização

- Intensificar a reparação e manutenção de produtos de construção.
- Fomentar o aluguer de pavimentos e revestimentos para estruturas temporárias, à semelhança do que se faz com outros produtos.

Pós-utilização

- Recolha seletiva em Portugal de rolhas residuais e de produtos de construção para tratamento, trituração e integração no processo produtivo particularmente em aglomerados.
- Retorno internacional de rolhas residuais e de produtos de construção para tratamento, trituração e integração no processo produtivo particularmente em aglomerados.
- Utilizar rolhas residuais em compostagem, como material de enchimento.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

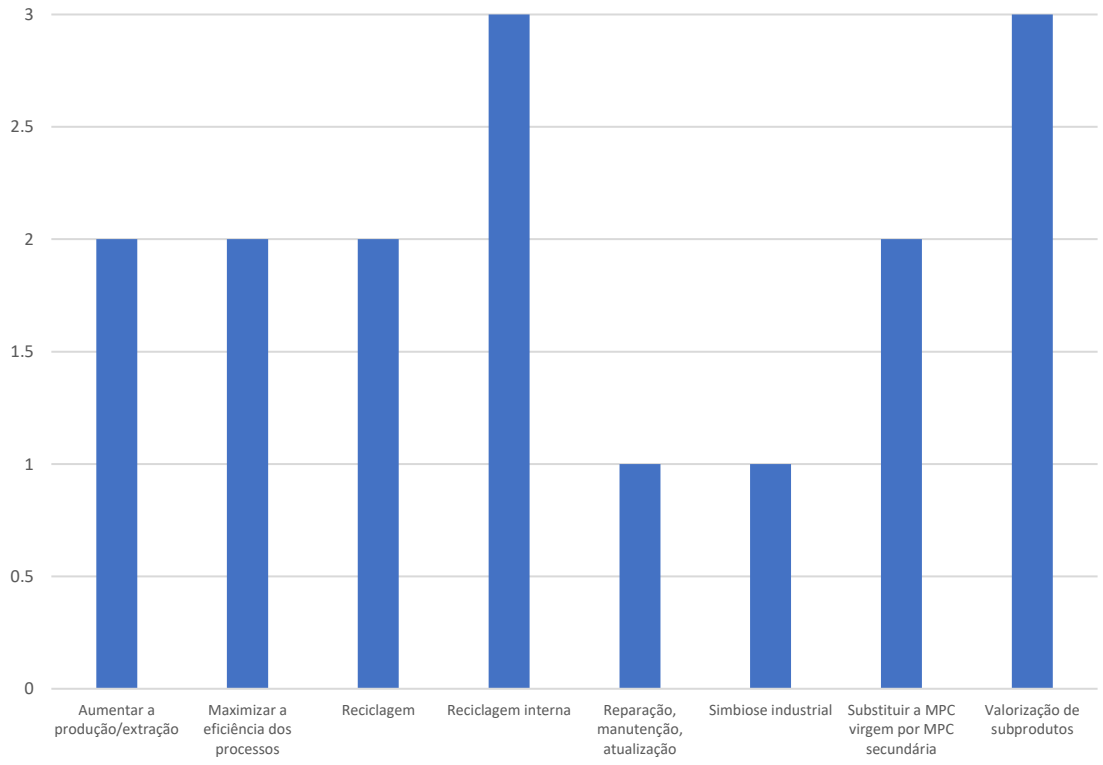


Figura 42 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor da cortiça por tipo de estratégia de economia circular

Neste setor encontra-se uma distribuição equitativa dos exemplos pelas principais estratégias de EC relevantes para o setor.

7.7 Circularidade das MPC+: Fertilizantes (P)

Para o caso do fósforo/fosfatos não foi seguida a mesma lógica de ciclo de vida dos produtos realizada para as restantes MPC+, **enquadrando-se o problema de uma forma sistémica** (ver

figura seguinte). Esta abordagem faz sentido uma vez que o P é um elemento abrangido por um ciclo biogeoquímico.

Foi considerada como categoria de produtos abordada os **fertilizantes fosfatados**. As estratégias de circularidade sistematizadas encontram-se representadas na figura seguinte.

A principal estratégia delineada prende-se com a pretensão da **diminuição da dependência externa de fósforo**, **valorizando correntes residuais** e **melhorando a produção vegetal** em Portugal.

Sabe-se que o fósforo desempenha um papel fundamental no ***nexus água-energia-alimentos*** sendo um elemento essencial para a produção de culturas vegetais destinadas essencialmente à alimentação humana e animal. Pode constituir uma ameaça para a segurança hídrica através da degradação da qualidade da água – eutrofização. Neste contexto, a aposta para a melhoria da sua circularidade passa pelas **opções de valorização do conteúdo do fósforo presente em estrumes e chorumes, resíduos alimentares, lamas** (**e *side streams*) de ETAR** para a produção de fertilizantes. Para esta última, equaciona-se ainda a **otimização das ETAR** com vista à recuperação e redução da descarga de fósforo no ambiente, através de um maior enfoque na otimização de processos, separação de correntes mais concentradas em fósforo, e outros processos complementares, como por exemplo a utilização de algas que retêm o fósforo.

Também a redução da perda de fósforo na atividade agrícola/florestal será de encarar, sugerindo-se que se proceda a uma **maximização da eficiência da aplicação de fertilizantes no solo**, com a consequente redução das necessidades de fósforo para essa função e ainda por forma a minimizar as perdas no ambiente com consequências graves ao nível da eutrofização.

A lógica da adoção destas estratégias passará pelo enquadramento de **sistemas simbióticos**, focados em **soluções integradas a nível regional** e não deixará de equacionar não só a questão do **azoto**, também presente nas correntes residuais em causa, como também a reflexão sobre a valorização do conteúdo energético das referidas correntes para a produção de **biocombustíveis**.

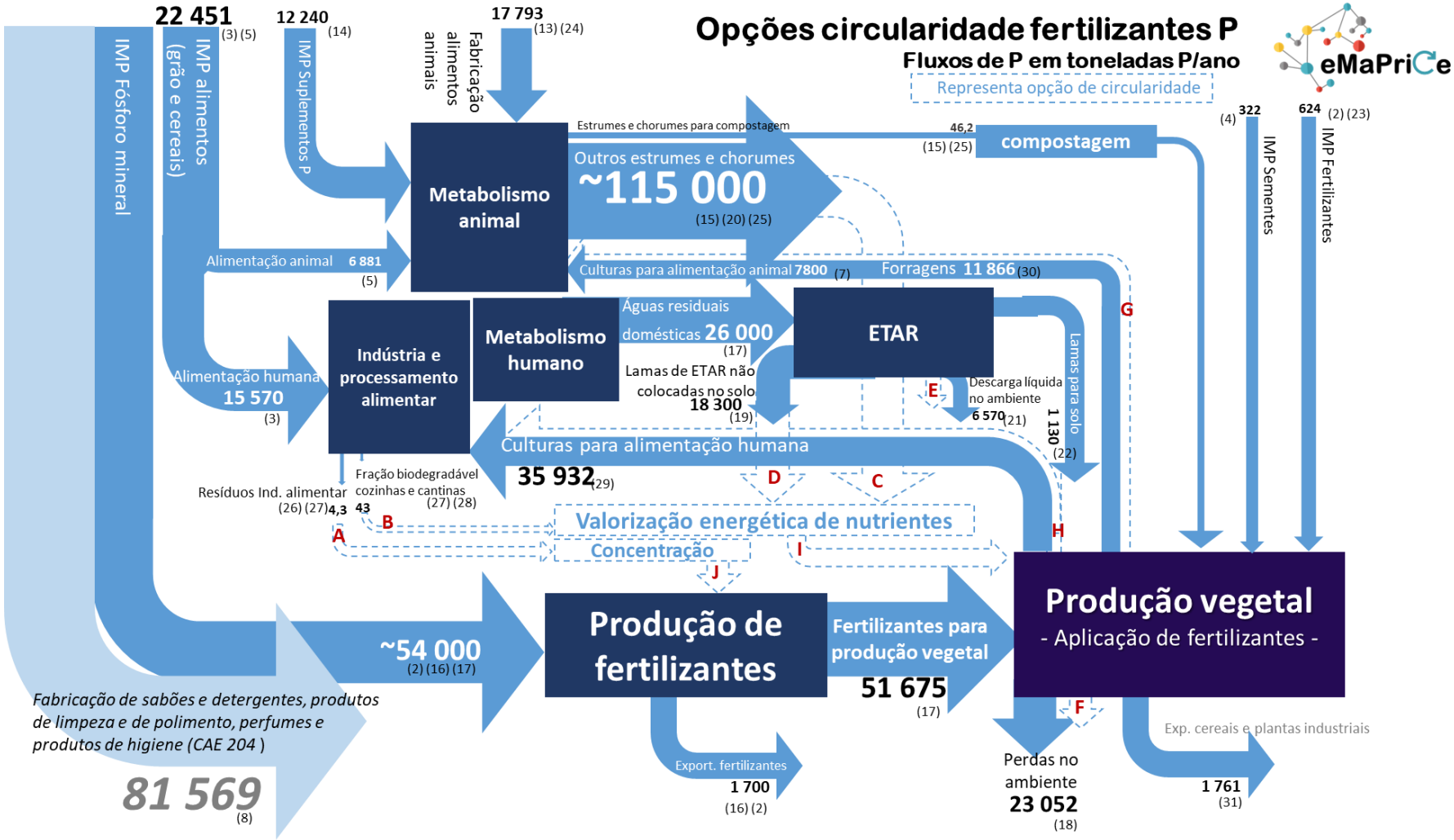


Figura 43 - Esquema com fluxo de Fertilizantes P e possíveis medidas de Economia Circular (em tracejado) em toneladas de P/ano. Os (nº) representam as fontes de informação na seção 2.3.4

Podem referir-se desde já as seguintes **recomendações e sugestões** com vista a aumentar a circularidade do P:

- **Análise mais detalhada** do conteúdo de fósforo nas várias correntes identificadas na sociedade, por forma a permitir fechar balanços mássicos por forma a quantificar o seu potencial de valorização.
- **Controlo e registo das correntes residuais** contendo fósforo, em termos analíticos.
- Equacionar o **transporte em condições de conservação e com eficiência** e eventual adaptação de processos de produção de fertilizantes.
- Equacionar a conceção de **novas unidades de produção de fertilizantes** em locais próximos da geração de resíduos de natureza biodegradável e de aplicação no solo, reduzindo custos de transporte e melhorando o emprego em zonas agrícolas.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

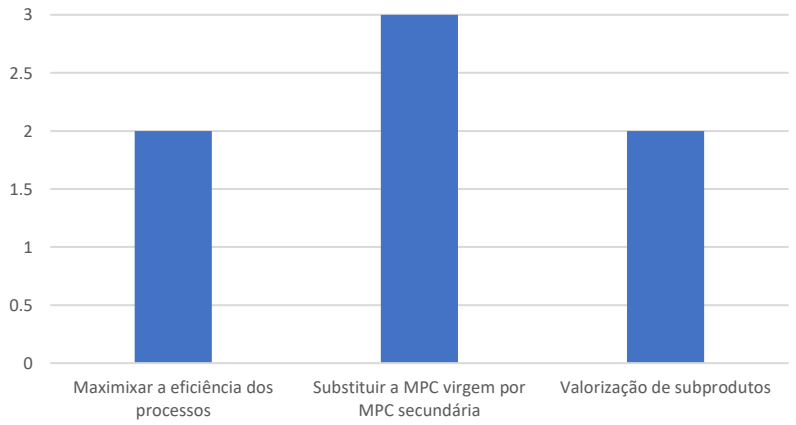


Figura 44 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor fertilizantes de fósforo por tipo de estratégia de economia circular

Existe uma distribuição equitativa centrada nas 3 estratégias da figura acima.

7.8 Circularidade das MPC+: EEE - Equipamentos elétricos e eletrónicos

Foram analisados os seguintes produtos onde se identificaram as seguintes MPC+:

- **TV:** Sb*, Co*, LREE (La*, Ce*), HREE (Y*, Eu*, Gd*, Tb*, Yb*), Ga*, In*, MGP (Pd*), W
- **Computadores, laptops e notebooks (i.e. "computadores"):** Sb*, $BaSO_4$*, BO_x, Al & Ga*, Be*, Bi*, Co*, LREE (La*, Ce*, Pr*, Nd*), HREE (Y*, Eu*, Gd*, Tb*, Dy*, Yb*), Sr*, P*, Ga*, Ge*, C*, In*, Li*, Mg*, MPG (Rh*, Pd*, Pt*), Si*, Ta*, Ti*, W*, V*
- **Telemóveis:** Mg*, MGP (Pt, Pd*), LREE (Nd*, Pr*, Sm), In, HREE (Er; Dy; Eu; Y; Tb; Gd), Co*, Bi, Be, Ga, C*, Al & Ga, W, Ta, Sb, P*, Li*

- **Lâmpadas fluorescentes e LED (i.e. "lâmpadas"):** Sb*, LREE (La*, Ce*), HREE (Y*, Eu*, Gd*, Tb*), Ga*, In*, W
- **Placas circuito impresso:** Sb*, Bi*, Co*, Mg*, MPG (Pd*, Pt*), Ta*

(quantificadas)*

Foram encontradas **estratégias de circularidade** para as seguintes fases da cadeia de valor:

- Fabricação
- Utilização
- Pós-utilização

Como se pode observar na figura seguinte, predominam exemplos na fase de pós-utilização dos produtos.

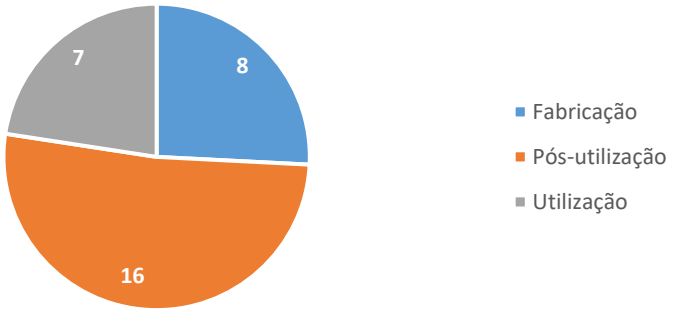


Figura 45 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor dos EEE por fase do ciclo de vida

7.8.1 Fabricação

- Na fabricação tem havido diversas iniciativas focando as **baterias de iões de Li** (LIB), pervasivas em muitos EEE. Estas incluem por exemplo: (i) a substituição do Li por sódio (Na), (ii) o novo design das células e "packs" com vista a melhorar a monitorização da operação, a reciclabilidade e ainda o prolongamento do seu tempo de vida, (iii) a substituição de grafite de base fóssil por grafite com base em biomassa.
- Ao nível da fabricação de **telemóveis** é de destacar a empresa Fairphone que desenha, produz e comercializa smartphones concebidos para uma maior longevidade (5,5 anos), facilidade de reparação e com a possibilidade de atualizações modulares nos vários componentes (ex. câmara, bateria ou microfone). Esta empresa não opera em Portugal. Importa ainda referir a empresa Portuguesa IkiMobile que fabrica telemóveis com componentes de cortiça. No entanto, estes produtos mantêm a utilização de MPC+, sendo apenas substituída a capa do telemóvel.

7.8.2 Utilização

- Foram identificadas várias opções ao nível da **reparação, manutenção, atualização**, nomeadamente os "Repair Cafés" que já têm expressão em Portugal, sobretudo na Área Metropolitana de Lisboa e onde os participantes recuperam os seus EEE com o apoio de voluntários especializados. De destacar ainda a

iniciativa Portuguesa CREW – A Circular Approach to Electrical and Electronic Equipment, uma parceria entre a LIPOR e a ERP. Nesta, foi criado uma organização dedicadas à reparação de EEE doados que são depois novamente doados a IPSS. A reparação é feita por voluntários em centros dedicados e devidamente equipados. Note-se que não é claro que esta iniciativa ainda esteja em curso.

- Na fase de utilização não foram identificadas na bibliografia iniciativas relacionadas com as estratégias: **utilização partilhada do produto**, **compra de desempenho** em vez de produto e **valorização de subprodutos**

7.8.3 Pós-Utilização

- Ao nível de **reutilização**, já existe a operar em Portugal uma empresa que atua ao nível da comercialização e reutilização de smartphones seminovos (i.e. com uso de pequena duração ou de exposição em loja). Estes são submetidos a uma inspeção técnica rigorosa antes da sua venda.
- No que respeita a **restauro e atualização**, algumas grandes empresas de retalho de EEE a operar em Portugal também oferecem produtos em 2ª mão, atribuindo o seu selo de garantia aos equipamentos (sobretudo telemóveis). Existem exemplos de outros países onde surgiram empresas criadas especificamente para este tipo de revisão/revenda de telemóveis e tablets / notebooks / computadores de marcas conhecidas no mercado. Não foi possível encontrar informação sobre empresas deste tipo a operar em Portugal.
- Ao nível da **remanufactura** apenas se identificou nesta fase a recuperação dos ímanes de NdFeB intactos, provenientes de discos rígidos dos computadores, para reutilização noutros produtos que necessitem destes componentes (em "axial flux gap motors").
- A **reciclagem** é a estratégia que apresenta maior número de iniciativas para MPC+ nos EEE, ao nível das baterias, das terras raras (HREE e LREE) em lâmpadas fluorescentes e tubos de raios catódicos, e ainda de MGP preciosos como a Pt e Pd. De referir o modelo de negócio inovador de "**offset" de REEE** em que é oferecido aos clientes empresariais a recolha e reciclagem de REEE equivalente (em África) aos telemóveis adquiridos (na Europa e América do Norte).
- Apenas foram encontrados na bibliografia dois exemplos da estratégia de **valorização de subprodutos** (óxidos de REE e ímanes permanentes de NdFeB).

A análise de estratégias de circularidade para os EEE considerados permite elaborar as seguintes considerações:

- De entre os exemplos descritos é **explicitamente referido o potencial de poupança** de apenas algumas MPC (nomeadamente, a recuperação de 98% de Co e 97% de Li em baterias).
- Para além dos exemplos que estão disponíveis no mercado e, portanto, serão potencialmente viáveis, de uma forma geral **desconhecem-se as implicações financeiras** das medidas propostas, nomeadamente para os clientes e consumidores. Deve ter-se presente que em muitos das estratégias identificadas o âmbito de aplicação é noutros países, com outro tecido socioeconómico que não o de Portugal.

- Quanto ao **impacte ambiental**, verifica-se que são enumerados de forma maioritariamente qualitativa benefícios na redução de emissões de gases de efeito de estufa (GEE). Não se referem impactes negativos associados a processos industriais e/ou logística requeridos para a sua implementação.
- As fontes consultadas são geralmente omissas quanto ao **impacte no emprego** e à necessidade de novos atores e novas atividades para a adoção das medidas de EC.
- Deverá ter-se em consideração alguns **riscos de segurança na reciclagem** de alguns componentes dos REEE, nomeadamente as baterias de iões de Li.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

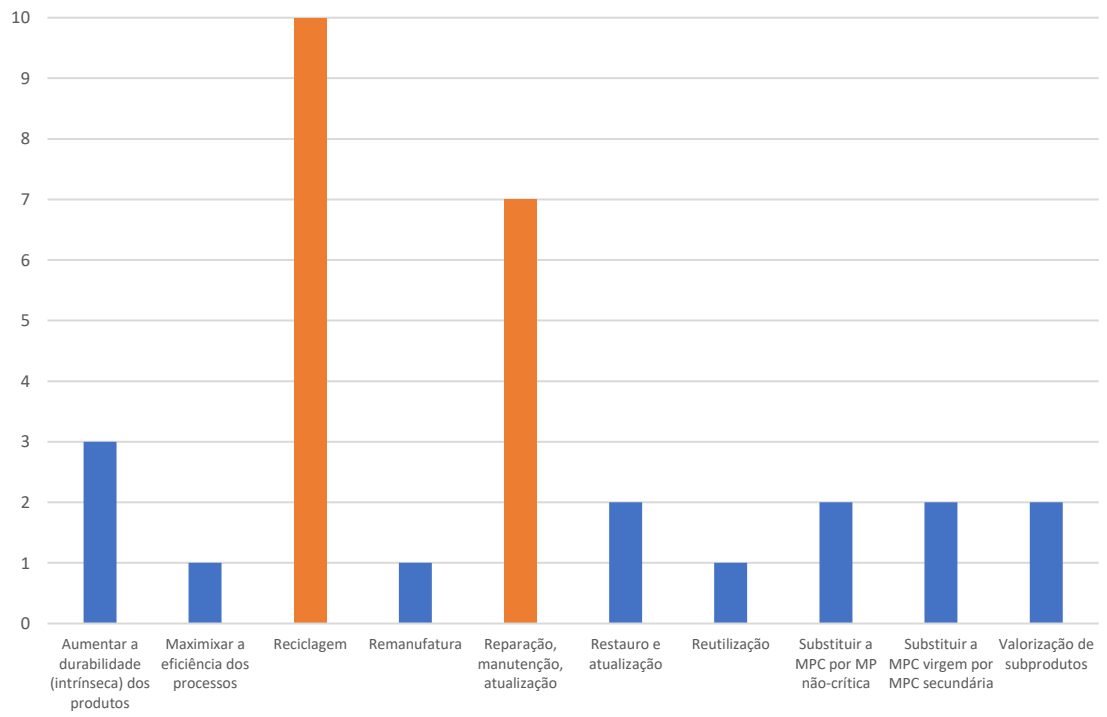


Figura 46 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor dos EEE por tipo de estratégia de economia circular

No caso dos EEE destacam-se largamente um conjunto de iniciativas nos capítulos da reciclagem e da reparação, manutenção e atualização. Não sendo, contudo, de descurar existirem outras para algumas estratégias de EC igualmente relevantes.

7.8.4 Sugestões/Recomendações setoriais

- Incentivos à **reutilização** de EEE (ex. em grandes espaços comerciais existirem lojas de 2ª mão ou áreas de venda em 2ª mão dentro das grandes lojas);
- Fomentar sistemas de **"offset" de REEE** noutros países, eventualmente da CPLP;
- Apesar de ser um tema ligeiramente distinto do enfoque dado neste estudo, deverá considerar-se as questões da **sustentabilidade de toda a cadeia de abastecimento das MPC+ usadas nos EEE**, sem descurar as questões **éticas e sociais**, a par das ambientais e económicas. A atual insustentabilidade a impactos negativos no ambiente e direitos humanos em alguns países fornecedores das

MPC+ e/ou dos próprios EEE, deve ser vista como mais um fator motivador da implementação da circularidade neste setor.

7.9 Circularidade das MPC+: Energias renováveis

Foram analisados os seguintes produtos onde se identificaram as seguintes MPC+:

- **Eólica onshore**: LREE - Pr*, LREE - Nd*, LREE - Pm*, HREE - Tb*
- **Eólica Offshore:** LREE - Pr*, LREE - Nd*, HREE - Tb*, HREE - Dy*
- **Solar PV**: Ga*, In*, Mg*
- **Hidroelétrica:** Mg*, Ti*
- **Geotérmico:** Nb*, Ta*, Ti*

(quantificadas)*

Foram encontradas **estratégias de circularidade** para as seguintes fases da cadeia de valor:

- Fabricação
- Pós-utilização
- Utilização

Como se pode observar na figura seguinte, predominam exemplos na fase de pós-utilização.

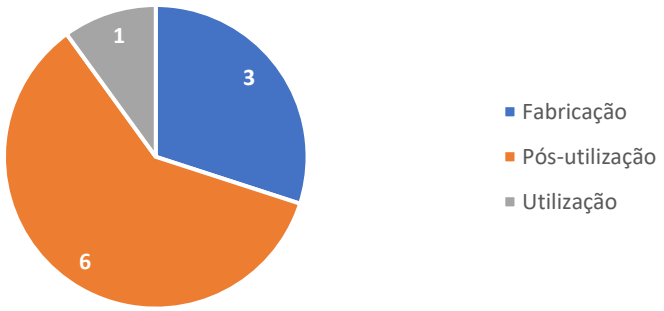


Figura 47 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor das energias renováveis por fase do ciclo de vida

7.9.1 Fabricação

- Na literatura foram encontrados 3 exemplos associados à fase de fabricação, sendo 2 relativos aos **ímanes permanentes das turbinas eólicas**, em que é possível em ambos um potencial de poupança das MPC presentes de 100%, e outro relativo a **novos materiais para aplicação em hidroelétricas**, o que permite um aumento da vida útil do equipamento e por consequência uma poupança em MPC.
- Quanto às **implicações financeiras** relativamente aos exemplos encontrados, existe redução dos custos em ambos os exemplos respeitantes às turbinas

eólicas. Num caso pela não utilização de ímanes permanentes de terras raras e no outro devido à redução do custo associado ao gerador. Quanto às hidroelétricas, a implementação de alguns dos novos materiais está ainda limitada pelo seu alto custo comparativamente com os materiais tradicionais.

- Para todos os exemplos é desconhecido o **impacto ambiental.**
- No que respeita aos ímanes permanentes das eólicas, existe intervenção a nível do **design de produto**, uma vez que há alteração do sistema ao nível do gerador.
- As fontes consultadas não referem informação quanto ao **impacte no emprego** e à necessidade de novos **atores** e novas **atividades**.

7.9.2 Utilização

- Apresenta-se apenas um exemplo respeitante à fase de utilização, e que diz respeito à **substituição de determinados componentes da turbina eólica** durante o seu ciclo de vida, uma vez que estes se desgastam ou partem completamente durante a vida útil de uma turbina eólica, devido às pressões e forças extremas a que estão sujeitas. A caixa de engrenagens, o gerador e as pás do rotor são as peças mais substituídas, com uma taxa média de substituição anual de 3,1% para a caixa de engrenagens, 2,9% para o gerador e 2,2% para cada pá.
- O potencial de poupança, as implicações financeiras, o impacto ambiental e o impacto no emprego são desconhecidos.
- Quanto à **maturidade tecnologia**, o procedimento de substituição de componentes danificados é uma prática comum.

7.9.3 Pós-Utilização

- Nesta fase identificaram-se 2 exemplos associados à **reutilização**. Um respeitante aos **painéis fotovoltaicos** (células solares de perovskita (PSC) e outro relativo às **turbinas eólicas**.
- Foram também identificados alguns exemplos de processos de **reciclagem** associados aos painéis fotovoltaicos e aos ímanes permanentes NdFeB das turbinas eólicas.
- Apenas um dos exemplos não indica o **potencial de poupança** de MPC.
- Quanto às **implicações financeiras**, apenas num dos exemplos é referido que existe redução de custos, sendo a relação custo/benefício positivo. Nos restantes exemplos são desconhecidos os custos/ benefícios dos processos.
- O **impacto ambiental** é desconhecido para quase todos os exemplos apresentados, à exceção de 2: um relativo aos painéis fotovoltaicos em que é evitado o uso de vários solventes, o que torna o processo ambientalmente mais limpo, e outro relativo à reutilização de eólicas (na íntegra ou apena de algumas partes da sua constituição), em que o desperdício de materiais é reduzido em 50% devido ao prolongamento da vida útil.

- As fontes consultadas são omissas quanto ao **impacte no emprego**, à necessidade de **novos atores** e **novas atividades**.

7.9.4 Sugestões/Recomendações setoriais

- Reduzir a **extração de matérias-primas** através do aumento do uso de matérias-primas secundárias na fabricação. Isso pode ser caracterizado por meio de critérios de teor mínimo de material reciclado em novos produtos geradores de energia (circuito fechado); ou pelo fornecimento de resíduos para uso em outros setores fabris (circuito aberto).
- Aplicar **princípios de design circular** para facilitar a reciclagem e reutilização e melhorar significativamente a durabilidade, separabilidade e reciclabilidade da futura infraestrutura de energia.
- Considerar o **potencial de reciclagem e a perigosidade** dos materiais usados aquando da elaboração do design do produto.
- Aplicar práticas de **fabricação eficientes** em recursos e abordagens de logística otimizadas. Implementar passaportes digitais de produtos para equipamentos para fornecer informações sobre materiais constituintes e destacar a presença de materiais de alto impacto.
- **Prolongar a vida útil** da infraestrutura por meio de manutenção preventiva; reparação de componentes defeituosos; e atualização faseada de componentes modulares.
- **Remanufaturar e reutilizar** equipamentos desativados para aplicações de nível inferior. Devem ser evitados o despejo de tecnologias inadequadas em países terceiros e a exportação de equipamentos para locais onde as práticas de gestão de resíduos possam ser insuficientes.
- Garantir uma **gestão eficaz de resíduos** para infraestruturas em fim de vida através de altas taxas de recolha e processamento adequado. O rápido crescimento do setor indica uma necessidade premente de expansão da capacidade e desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento.
- Maximizar a **reciclagem de componentes e materiais** para fornecer matérias-primas secundárias para novas infraestruturas de energia e para outros setores de fabrico. A implementação de normas europeias para o tratamento de REEE e outros resíduos é fundamental para garantir materiais reciclados consistentes e de alta qualidade.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

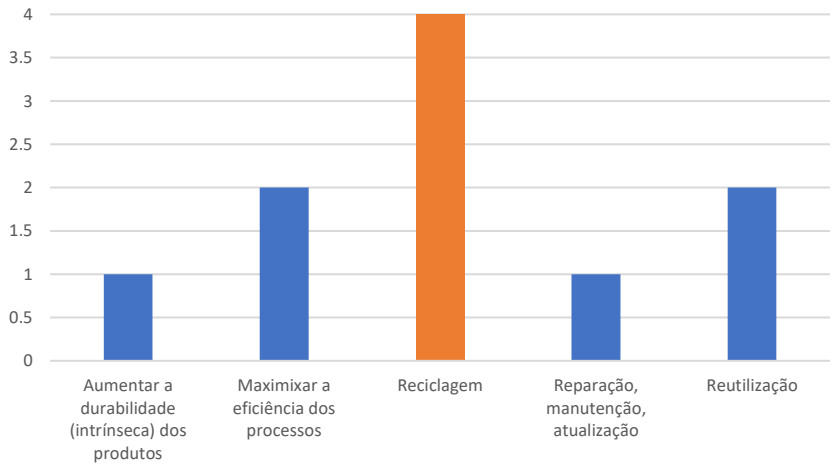


Figura 48 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor das energias renováveis por tipo de estratégia de economia circular

No setor das energias renováveis os exemplos encontrados distribuem-se por 5 estratégias de EC com destaque para a componente da reciclagem, existindo, contudo, iniciativas relevantes de reutilização e eficiência dos processos.

7.10 Circularidade das MPC+: Automóvel

Foram analisados os seguintes produtos onde se identificaram as seguintes MPC+:

- **Veículos elétricos a baterias (plug-in)**: Borr*, Co*, LREE-La*, LREE-Ce*, LREE-Pr*, LREE-Nd*, LREE-Sm*, HREE-Y*, HREE-Eu*, HREE-Gd*, HREE-Tb*, HREE-Dy*, HREE-Yb*, Ga*, Ge*, In*, Li*, MGP-Pd*, MGP-Pt*, Nb*, Ta*, Ti*, V*
- **Veículos Híbridos plug-in:** Borr*, Co*, LREE-La*, LREE-Ce*, LREE-Pr*, LREE-Nd*, LREE-Sm*, HREE-Y*, HREE-Eu*, HREE-Gd*, HREE-Tb*, HREE-Dy*, HREE-Yb*, Ga*, Ge*, In*, Li*, MGP-Rh*, MGP-Pd*, MGP-Pt*, Nb*, Ta*, V*
- **Veículos de Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL)**: BaSO4*, Be*, Bi*, Box*, Borr*, Co*LREE-La*, LREE-Ce*, LREE-Pr*, LREE-Nd*, LREE-Sm*, HREE-Y*, HREE-Eu*, HREE-Gd*, HREE-Tb*, HREE-Dy*, HREE-Yb*, Sr*, Ga*, Ge*, Hf*, In*, Li*, Mg*, MGP-Ru*, MGP-Rh*, MGP-Pd*, MGP-Ir*, MGP-P*t, Nb*, Ta*, Ti*, W*, V*

(quantificadas)*

Foram encontradas **estratégias de circularidade** para as seguintes fases da cadeia de valor:

- Fabricação
- Utilização
- Pós-utilização

Como se pode observar na figura seguinte, predominam exemplos na fase de pós-utilização.

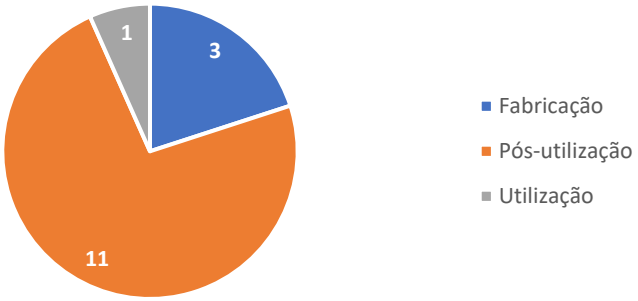


Figura 49 - Distribuição dos exemplos de aplicação de estratégias de circularidade no setor automóvel por fase do ciclo de vida

7.10.1 Fabricação

- Na literatura foram encontrados vários exemplos associados à fase de fabricação: fabrico de **baterias de iões de lítio não contendo a MPC+ Co** ou contendo baixo teor deste metal; fabrico de **ímanes permanentes**, sendo feita a substituição de uma determinada quantidade de MPC+ por outras de custo inferior e o fabrico de **baterias de iões de lítio**, em que são utilizadas apenas conexões mecânicas (sem soldas ou adesivos), facilitando o processo de desmontagem.
- Apenas um dos exemplos indica o **potencial de poupança** de MPC+ e para todos os exemplos são desconhecidas as implicações financeiras. Apenas dois dos exemplos referem um **menor impacte ambiental** devido à diminuição do teor de MPC+.
- As fontes consultadas não referem quanto ao impacte no **emprego** e à necessidade de novos atores e novas atividades.

7.10.2 Utilização

- Apresenta-se apenas um exemplo respeitante à fase de utilização, e que diz respeito a uma **rede europeia de recolha, reutilização e reciclagem de baterias de veículos elétricos e híbridos**, onde é feita a reparação de baterias que retornam ao veículo elétrico. Este exemplo não refere o potencial de poupança de MPC+, as implicações financeiras, nem o impacto ambiental.
- Quanto à **utilização partilhada do produto**, não existem dados concretos quanto ao potencial de poupança de MPC+, no entanto existem exemplos respeitantes aos veículos automóveis nomeadamente, redes para a partilha de automóvel: *carpooling* e *carsharing*.
    - No ***carpooling*** o veículo privado é partilhado como tal. Esta tendência internacional conta com cada vez mais aplicações e plataformas digitais, em que condutores e passageiros podem partilhar os gastos num mesmo

veículo. Nestas aplicações, o condutor regista a oferta da viagem e estabelece o ponto de partida e de destino, e o preço por passageiro. O utilizador efetua uma busca na aplicação e escolhe o trajeto desejado, pagando o montante estabelecido. A "Blablacar" e a "Amovens" são das redes mais utilizadas na Península Ibérica.

- No ***carsharing*** o veículo pertence a uma empresa. Estes serviços assentam na oferta de uma frota de automóveis ao público, para que este possa utilizá-los com uma tarifa que depende do tempo de utilização. As empresas mais conhecidas, a nível ibérico, são a "Bluemove", que oferece veículos por algumas horas, ou frotas de empresas como a "Emov", "DriveNow", "Car2go", "ZITY" ou "WIBLE", em que a tarifa é cobrada ao minuto e ronda os 0,25-0,30 €/min. A desvantagem deste tipo de serviços é que apenas operam no centro das grandes cidades, e a sua disponibilidade depende da procura[56].

7.10.3 Pós-Utilização

- Nesta fase identificaram-se exemplos associados a processos de **reutilização**, nomeadamente de baterias no final do seu ciclo de vida automóvel, para armazenamento de energia estacionária; reutilização de pneus usados (dependendo do estado), existindo uma grande variedade de aplicações para a sua valorização e a recuperação direta e consequente reutilização de materiais das baterias sem ser necessário qualquer processamento.

- Foram também encontrados vários exemplos de processos de **reciclagem** de MPC+ associados a baterias de iões de lítio; aos pneus e a ímanes permanentes.

- Alguns dos exemplos apresentados indicam o **potencial de poupança de MPC+** mas quanto às **implicações financeiras**, apenas num dos exemplos é referido que existe redução de custos, sendo a relação custo/benefício positivo.

- Quanto às implicações no ambiente, verifica-se que apenas em dois dos exemplos é referido que o **impacto ambiental é positivo**, sendo o menor impacto ambiental devido à recuperação de reagentes;

- As fontes consultadas são **omissas quanto ao impacte no emprego** e à necessidade de novos atores e novas atividades.

De uma forma global, os exemplos encontrados apresentam a seguinte distribuição por estratégia de EC:

[56] "As novas formas de partilhar automóvel". Disponível em: https://www.autonews.pt/auto-news/43803-as-novas-formas-de-partilhar-automovel/

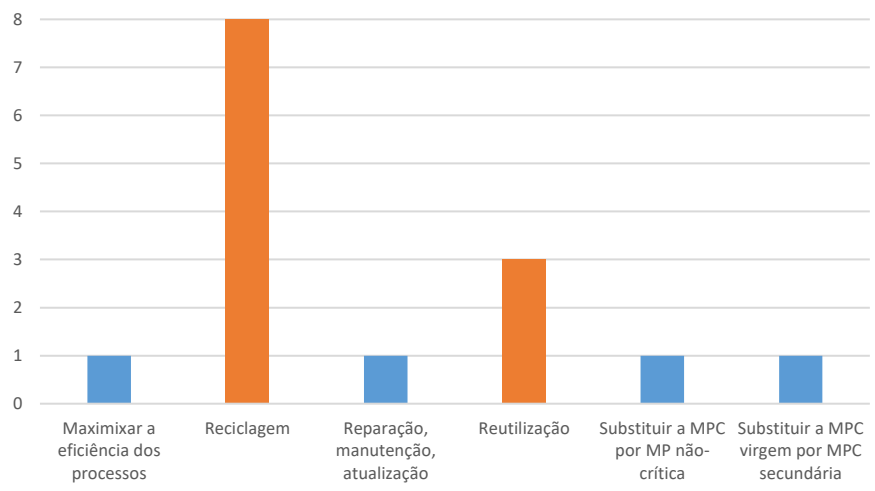


Figura 50 - Distribuição das iniciativas identificadas no setor automóvel por tipo de estratégia de economia circular

A reciclagem destaca-se neste setor como estratégia mais identificada nos exemplos encontrados, havendo também já alguns que se debruçam sobre o potencial de reutilização de produtos ou componentes do setor automóvel.

7.10.4 Sugestões/Recomendações setoriais

- Criar infraestruturas e procedimentos para promover a **aplicações de segunda vida de baterias** de veículos elétricos e híbridos;
- No caso dos **ímanes permanentes** seria muito útil que os mesmos fossem identificados e classificados numa primeira etapa de forma a evitar que no processo de reciclagem, o material de partida tivesse uma composição química e propriedades físicas muito diversa. O mesmo se aplicando a outros equipamentos.

7.11 Intervenção no design e maturidade tecnológica dos exemplos em todos os setores

Dois aspetos relevantes para este estudo incidem sobre de que forma as iniciativas influenciam o **design dos produtos**. Uma intervenção a montante da cadeia de valor e logo a partir do design terá efeitos subsequentes e positivos em toda a cadeia de valor e ciclo de vida dos produtos. Muitos dos exemplos encontrados, ao contrário do que se poderia esperar estão já no mercado, muitos não em Portugal, estando a sua alargada disseminação muitas vezes dependente da implementação de um sistema integrado à escala regional, nacional e internacional.

Na figura seguinte consegue-se perceber a forma como as iniciativas identificadas impactam ou não o **design dos produtos**. Há em todos os setores um largo conjunto de práticas que não interferem com essa vertente. É, no entanto, importante identificar

e estudar de que modo as que interferem com o design do produto se refletem na gestão eficiente das MPC+.

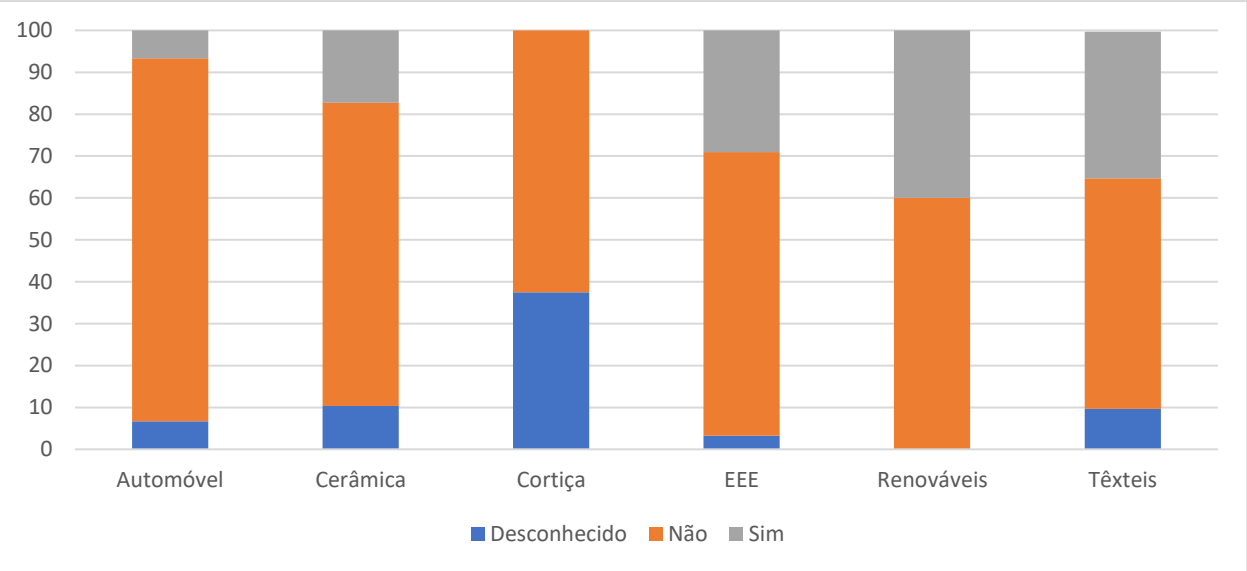


Figura 51 - Repartição percentual e por setor da existência ou não de intervenção no design dos produtos para os exemplos de EC identificados

A figura seguinte permite identificar o grau de **maturidade tenológica** das EC. Verifica-se que um conjunto grande de iniciativas setoriais no domínio da economia circular se encontram já no mercado ou em fase de protótipo, o que poderá permitir: (a) a sua replicação em Portugal quando a cadeia de valor existir a nível nacional, ou (b) vir a potenciar parcerias externas de modo a explorar práticas já em curso e que só se justificam a uma escala economicamente viável e ambientalmente favorável.

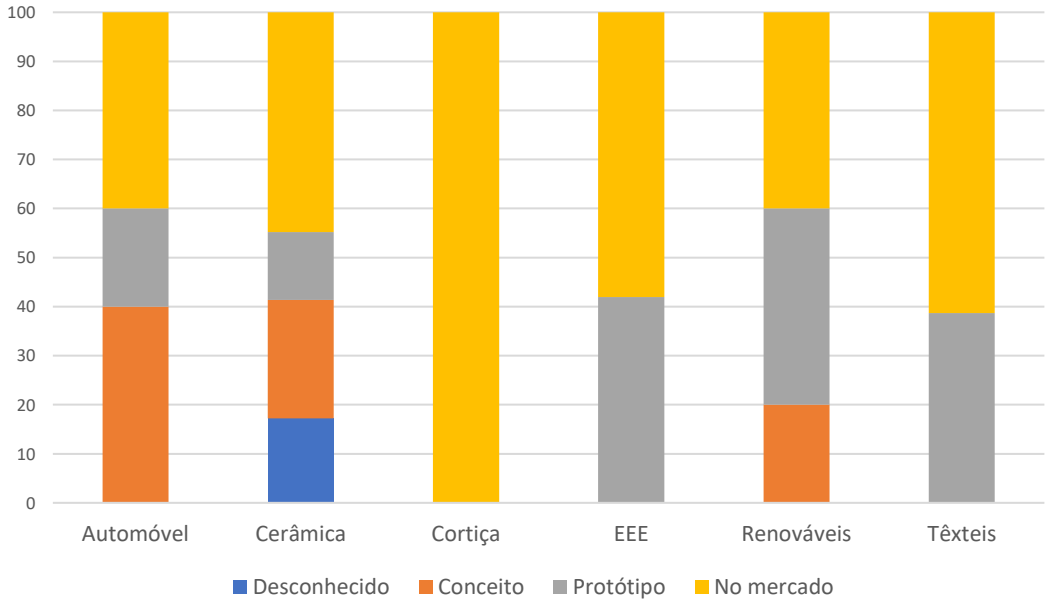


Figura 52 - Repartição percentual e por setor do estado de maturidade tecnológica dos exemplos de EC identificados

É muito importante nesta vertente a **partilha de conhecimento** entre as várias entidades que atuam no domínio da I&ID e os atores do tecido económico (empresas, entidades públicas, etc.) de modo que muitas das iniciativas que ainda se encontram em conceito ou em protótipo consigam chegar ao mercado com sucesso.

7.12 Recomendações e sugestões transversais ao nível de EC

A listagem de EC sintetizada nesta seção não é exaustiva, sobretudo tendo em conta o grande dinamismo neste tema, com novas EC a surgirem rapidamente. No entanto, com base na informação analisada à data é possível fazer as seguintes recomendações e sugestões, comuns a mais de um setor/produtos estudados:

- Continuar a **trabalhar conjuntamente com os setores** para desenvolver recomendações de política adequadas focando a circularidade das MPC+. Trata-se de um tema muito específico a cada setor e que só pode ser devidamente aprofundado com envolvimento dos stakeholders respetivos;
- Para tal será relevante promover a **capacitação dos diversos stakeholders para o tema MPC+** (o que são, aplicações e implicações da sua criticidade);
- Apoiar **projetos de I&D&D** para explorar o uso de alternativas às funções atualmente desempenhadas pelas MPC+;
- Incentivar **projetos de tecnologias/sistemas de aproveitamento** de MPC+, como do desenvolvimento e implementação de **processos de produção mais eficientes** do ponto de vista dos recursos e ecologicamente inovadores, para reduzir a dependência de MPC+.
- Quantificar a possibilidade de **recuperação de MPC+ a partir de resíduos de exploração mineira**, **do setor da rocha ou como subprodutos de minerais extraídos** em Portugal.
- Criação de um **mercado para MPC+ secundárias;**
- Avaliar de que forma as boas práticas da **Responsabilidade Alargada do Produtor** podem ser transportadas/adaptadas de outros setores para os setores estudados que ainda não estão sujeitos a esse tipo de atividades;
- Desenvolver um **passaporte digital de produto** aliado a um sistema de digitalização para facilitar identificações, quantificações e fluxos de matérias-primas em geral e MPC+ em particular que irá auxiliar em todas as fases do ciclo de vida do produto;
- Apoiar o **desenvolvimento regional de casos piloto de estratégias de circularidade ao nível da utilização** (ex.: aluguer, partilha, reparação, etc.);
- Apostar em **sistemas de rotulagem clara** que auxiliem o comprador/utilizador a fazer as escolhas mais adequadas em termos de sustentabilidade, economia circular e incorporação de MPC+;
- Desenvolver e implementar **novos sistemas de recolha seletiva** para resíduos de produtos de cortiça e têxteis;

- Continuar a envidar esforços para **aumentar a taxa de recolha seletiva e reciclagem** dos resíduos de produtos em fim de vida com circuitos existentes.
- Incentivar o **desenvolvimento em Portugal de competências na reciclagem de MPC+,** procurando evitar que as componentes mais valiosas dos "nossos" resíduos de produtos em fim de vida sejam exportadas e recuperadas fora do país.

Numa escala um pouco diferente, seria ainda relevante envidar esforços (à escala Europeia) para **rever a atual estrutura de informação de reporte de resíduos** por forma a tornar mais transparente a presença de MPC+, dado que esta, até ao momento, orientada para dar resposta a outros temas na área ambiental (i.e., substâncias perigosas). Esta sugestão também se aplica ao **formato da informação estatística disponível referente a produtos fabricados** em Portugal no INE que em alguns casos representam uma dupla contagem de alguns produtos. Isto sucede porque a abordagem do INE reflete a geração de valor acrescentado e nem sempre o número físico de produtos, mas torna-se impeditiva da contabilização de fluxos de materiais e MPC+.

É relevante referir que algumas estratégias de circularidade implicam **alterações sistémicas do sistema económico atualmente em vigor** (ex. para o caso dos fertilizantes-P, a promoção de modelos regionais de produção agrícola). Neste trabalho não foi possível estudar aprofundadamente essas alterações. Deverá de qualquer forma se avaliar a exequibilidade de **completar balanços de massa fechados** na economia nacional em particular para o fósforo.

É fundamental desenvolver e implementar um conjunto de **modelos de negócio que promova a circularidade das MPC+ ao longo da cadeia de valor** e das várias fases de vida de produtos, desde a fase de extração, design e até à gestão dos resíduos dos produtos em fim de vida (entre outros). A reciclagem da maioria das MPC+ é mais cara do que de outros materiais, uma vez que as MPC+ são quase sempre utilizadas em quantidades muito menores e se encontram assim mais dispersas nos resíduos de produtos em fim de vida.

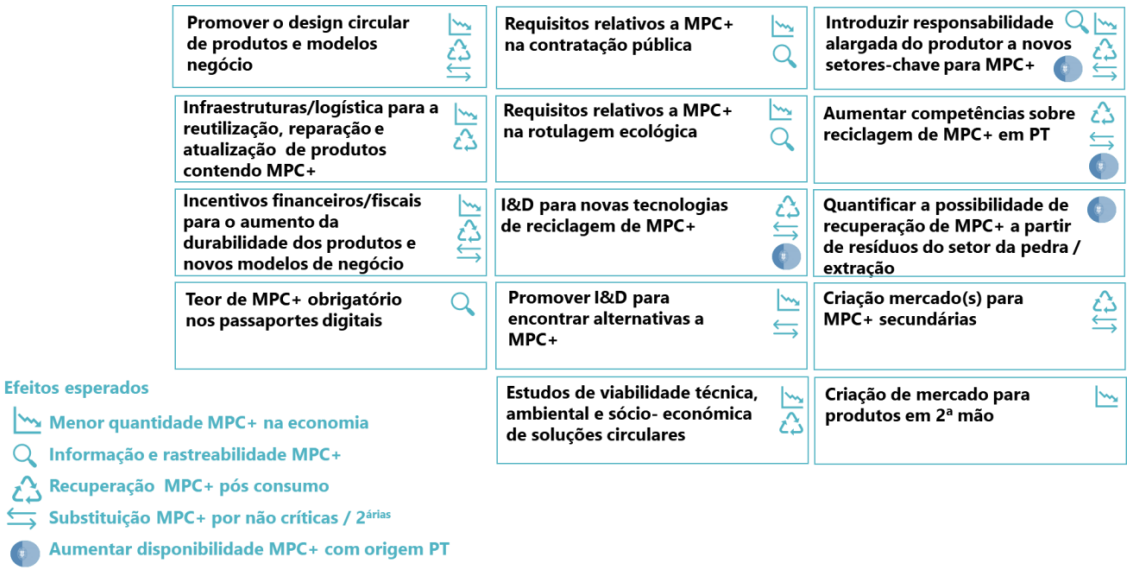


Figura 53 - Síntese de propostas de iniciativas de política pública para os setores estudados (exceto fertilizantes de fósforo) e respetivos efeitos esperados.

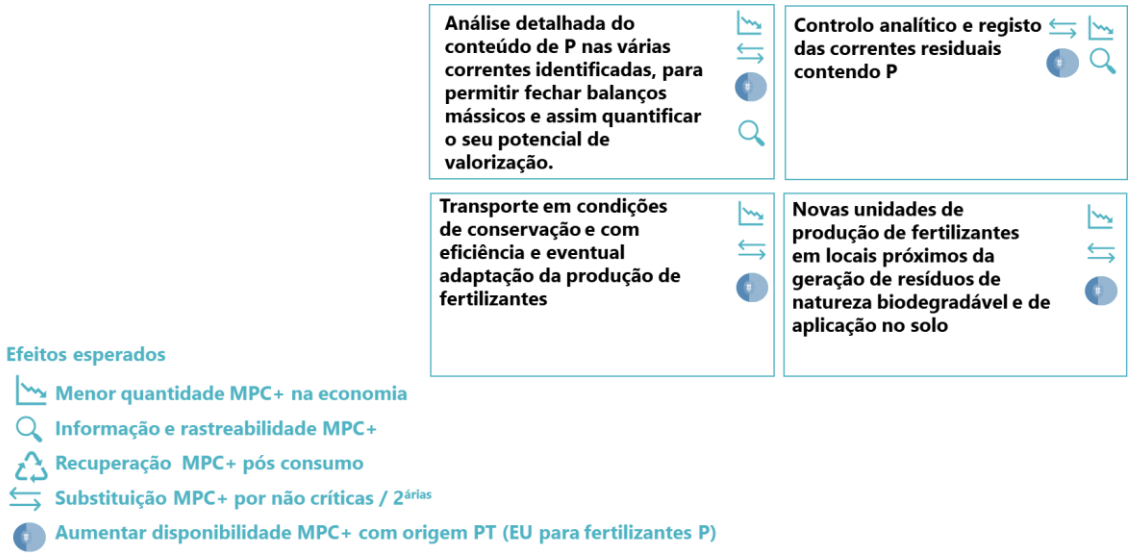


Figura 54 - Síntese de propostas de iniciativas de política pública para o setor dos fertilizantes de fósforo e respetivos efeitos esperados.

8 Limitações e notas finais

O trabalho efetuado mapeia as utilizações na economia portuguesa das 30 matérias-primas identificadas como críticas pela União Europeia, e ainda a cortiça, uma matéria-prima considerada estratégica (MPC+), para os setores: têxtil e calçado, cerâmica, químicos e fertilizantes, automóveis, equipamentos elétricos e eletrónicos, produção de eletricidade renovável (Energias renováveis) e exploração mineira. Note-se que toda a fileira da cortiça está assente numa matéria-prima principal que esteve prestes a ser considerada crítica pela UE. Após o mapeamento foi feita a quantificação de MPC+ para produtos representativos dos setores; têxtil, cerâmica, fertilizantes P, automóveis, equipamentos elétricos e eletrónicos e produção de eletricidade renovável.

Este trabalho **foca a situação atual**, tendo sido selecionado o ano de 2019 como ano referência no que respeita à produção de resíduos que potencialmente poderão conter MPC+, assim como para análise das importações, exportações e produção nacional de produtos que contém MPC+.

Conclui-se que **todas as 31 MPC+ estudadas estão presentes na economia portuguesa** em várias etapas da cadeia de valor, embora **predominantemente na fase de fabricação de produtos finais e na utilização de produtos (que também podem ter sido importados)**. Em Portugal apenas são extraídas e exploradas atualmente as matérias-primas críticas tungsténio (ou volfrâmio) e lítio, (além da cortiça), embora existam reservas de outras destas MPC+[57].

8.1 Limitações gerais

Deverá referir-se que foram identificadas **várias limitações** que determinam a incerteza dos resultados apresentados:

- **Falta de documentação técnico-científica nacional e internacional** sobre a utilização de MPC+ nas empresas dos setores focados, o que leva a que o estudo efetuado seja pautado por uma **incerteza substancial quanto à utilização de MPC+ nestes setores de atividade** (não só em Portugal como também para aplicações noutros países), dada a novidade de abordagem ao tema e a multiplicidade de materiais e aplicações envolvidos;
- Os **esquemas apresentados das cadeias de valor não são exaustivos**, apenas pretendendo representar os fluxos mais importantes nas várias etapas consideradas para as MPC+. Trata-se de uma primeira aproximação ao desenho das cadeias de valor em que as MPC+ estão incluídas, devendo existir uma afinação da informação aí contida, em termos dos processos de produção e transformação das MPC+, das suas importações e exportações, da presença das MPC+ nos produtos finais usados na economia e ainda dos processos de gestão de fim de vida, tanto em Portugal como na Europa;
- Tentou-se proceder a um levantamento mais aprofundados da informação, recorrendo a **inquéritos detalhados** aos *stakeholders* nacionais (associações

[57] https://www.lneg.pt/wp-content/uploads/2021/02/CRM-MAP-URMG2021_LNEG-Policy-brief-2021_PT.pdf

industriais, centros tecnológicos e empresas-chave) em alguns setores, mas mesmo assim a informação obtida foi muito limitada;

- Verifica-se de forma praticamente generalizada **desconhecimento das associações setoriais, centros tecnológicos e empresas** nesta temática;
- Incerteza muito elevada quanto aos **coeficientes unitários de MPC+** utilizados para a quantificação de fluxos de MPC+ (por exemplo, não se considera diferentes modelos de produtos e em alguns casos foi necessário agregar tipos de produtos);
- Dificuldade em associar a **nomenclatura INE de importações, exportações e produção nacional** aos produtos considerados, verificando-se ainda duplas contagens em alguns casos, bem como algumas falhas na informação reportada devido a segredo estatístico (ex. caso das rolhas e da produção automóvel);
- A estimativa dos **dados de stock dos produtos** representativos considerados apresenta incerteza muito elevada, em particular para o setor cerâmico e o setor têxtil. Por exemplo, no caso dos produtos do setor têxtil, por falta de dados, o stock de têxtil no setor doméstico é considerado igual ao consumo anual de têxteis per capita na Europa. Por esse motivo, a estimativa de stock de produtos representativos (e MPC+ nele contidas) apresenta uma lógica distinta do que seria o stock refletindo a acumulação ao longo de vários anos tal como foi calculado para os outros setores (i.e., correspondendo aos produtos armazenados e em circulação na economia). Acresce que para os fertilizantes-P e os produtos do setor da cortiça, não foi possível calcular o stock de todo, por falta de dados;
- Incerteza sobre presença de MPC+ nos resíduos dos setores estudados em Portugal, **dado a estrutura de informação de reporte de resíduos estar, até ao momento, orientada para dar resposta a outros temas na área ambiental (i.e. substâncias perigosas)**;
- A abrangência do trabalho focou alguns **produtos representativos** dos setores com mais relevância, ficando em falta muitos outros – os quantitativos apresentados deverão estar subestimados.

8.2 Limitações associadas aos coeficientes unitários MPC+ considerados

Além das limitações gerais referidas, sistematizam-se aqui algumas especificamente relacionadas com os coeficientes unitários utilizados.

Renováveis

- A revisão literatura não permite identificar informação de todas as MPC+
- Não é feita distinção entre tecnologias com diferentes dimensões e *vintage*

Automóvel

- Apenas uma única fonte na literatura e que não permite identificar informação de todas as MPC+

- Valores reportam-se a amostra reduzida e no caso dos veículos de combustão interna referem-se a automóveis SEATs unicamente
- Não foi possível considerar separadamente HEV que estão agregados com veículos com motores de combustão interna

Cerâmica

- Estimativas feitas com base nos dados fornecidos pela indústria, relativamente aos vidrados, obtidos a partir de consultas do CTCV junto da indústria havendo limitações em termos representatividade
- Não foram considerados nesta fase os dados relativos às MPC+ (Li) nas pastas cerâmicas

EEE

- A revisão literatura não permite identificar informação de todas as MPC+
- Os valores reportam-se a amostra reduzida, sem especificar modelos e dimensões
- As limitações de informação com base nos produtos disponíveis no INE tornou necessário agregar coeficientes para diferentes tipos de lâmpadas, bem como para desktops, laptops e notebooks

Cortiça

- Os teores de cortiça de rolhas naturais e aglomeradas têm origem nos dados de uma única empresa.
- Por informação insuficiente, na quantificação das rolhas de cortiça foram consideradas rolhas em geral, tendo-se assumido um teor de 90% de cortiça, valor intermédio entre o de rolhas de cortiça natural (99.7%) e rolhas de cortiça aglomerada (85.0%).
- Foi assumido um teor de cortiça de 85% (idêntico ao de rolhas aglomeradas) para pavimentos e revestimentos, por falta de informação disponível.
- Não foi quantificada a borracha natural presente em pavimentos e revestimentos, por falta de informação disponível.

Têxtil

- MPC+ entram na cadeia incorporadas em produtos químicos que são utilizadas em várias fases da produção (ex. composição do fio, tecido/malha, peças finais) ao longo das quais são introduzidos outras MPC (ex. corantes, tratamentos de superfície, etc.) e as várias empresas contactadas não têm esta informação - apenas sobre a função de cada MPC.
- considerados 50% dos valores máximos existentes na certificação *Bluesign*. Com base na aplicação das diferentes MPC aos diferentes grupos de produtos foram admitidos os valores para aplicações idênticas e os específicos de cada grupo de produtos quando devidamente identificados

Fertilizantes P

- Não se considerou separadamente o fósforo e o fosfato natural, tendo-se reduzido os vários valores envolvidos em quantidades anuais de fósforo elementar
- Assumiram-se valores com base em referências bibliográficas de diversas fontes, nem sempre referentes ao mesmo período temporal, não tendo permitido fechar os balanços mássicos

Não obstante as limitações referidas, considera-se que este estudo constitui **uma base de trabalho relevante a ser melhorada e aprofundada** resultando em propostas estratégicas para a economia circular e para a redução da dependência das mesmas.

Anexo I - Lista de MPC+

- Antimónio (Sb)
- Barita ($BaSO_4$ mineral)
- Bauxite (Al & Ga)
- Berílio (Be)
- Bismuto (Bi)
- Borato (BO_x compostos de BO_3 ou BO_4)
- Borracha Natural
- Carvão de coque (CCO)
- Cobalto (Co)
- *Cortiça natural (matéria-prima estratégica)*
- Elementos de Terras Raras Leves (LREE)
  1) lantânio (La)
  2) cério (Ce)
  3) praseodímio (Pr)
  4) neodímio (Nd)
  5) promécio (Pm) (não existe na natureza, elemento artificial)
  6) samário (Sm)
- Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)
  1) ítrio (Y)
  2) európio (Eu)
  3) gadolínio (Gd)
  4) térbio (Tb)
  5) disprósio (Dy)
  6) hólmio (Ho)
  7) érbio (Er)
  8) túlio (Tm)
  9) itérbio (Yb)
  10) lutécio (Lu)
- Escândio (Sc)
- Espatoflúor (CaF_2)
- Estrôncio (Sr)
- Fosfato natural
- Fósforo (P)
- Gálio (Ga)
- Germânio (Ge)
- Grafite Natural (C)
- Háfnio (Hf)
- Índio (In)
- Lítio (Li)
- Magnésio (Mg)
- Metais do Grupo da Platina (MGP)
  1) ruténio (Ru)
  2) ródio (Rh)
  3) paládio (Pd)
  4) ósmio (Os)
  5) irídio (Ir)
  6) platina (Pt)
- Nióbio (Nb)
- Silício-metal (Si)
- Tântalo (Ta)
- Titânio (Ti)
- Tungsténio ou Volfrâmio (W)
- Vanádio (V)

Anexo II – Delimitação dos setores considerados com base na CAE Rev. 3

A tabela sistematiza a delimitação dos setores com base na CAE Rev3.

#	Setor	Principais CAE Rev3	Categorias de "produtos" ou "unidades funcionais" considerados para quantificar MPC+
1	**Têxteis**	13 Fabricação de têxteis 14 Indústria do vestuário	Têxteis fabricados (kg) Peças de vestuário (kg) Têxtil-Lar (kg) INE
	Calçado	15 Indústria do couro e dos produtos do couro 1520 Indústria do calçado	Não considerado para quantificação de MPC+
2	**Cortiça**	16 Indústrias da madeira e da cortiça e suas obras, exceto mobiliário 16293 Indústria de preparação da cortiça 16294 Fabricação de rolhas de cortiça 16295 Fabricação de outros produtos de cortiça	Rolhas de cortiça natural (kg) Outras obras de cortiça natural (kg) Cortiça aglomerada; outras obras de cortiça aglomerada, n.e. (inclui rolhas (exceto cilíndricas), juntas, artigos de decoração e de isolamento) (kg) INE
3	**Cerâmica**	23 Fabricação de outros produtos minerais não metálicos 232 Fabricação de produtos cerâmicos refratários 233 Fabricação de produtos cerâmicos para a construção 234 Fabricação de outros produtos de porcelana e cerâmicos não refratários	Produtos cerâmicos refratários (kg) Produtos cerâmicos para a construção (kg) Outros produtos cerâmicos (kg) INE
4	**Exploração mineira**	07 Extração e preparação de minérios metálicos 07100 Extração e preparação de minérios de ferro 072 Extração e preparação de minérios metálicos não ferrosos 07210 Extração e preparação de minérios de urânio e de tório 07290 Extração e preparação de outros minérios metálicos não ferrosos 08 Outras indústrias extrativas 081 Extração de pedra, areia e argila 0811 Extração de rochas ornamentais e de outros materiais para construção, de calcário, de gesso, de cré e de ardósia 08111 Extração de mármore e outras rochas carbonatadas	Não considerado para quantificação de MPC+
5	**Químicos e fertilizantes**	20 Fabricação de produtos químicos e de fibras sintéticas ou artificiais, exceto produtos farmacêuticos 2012 20120 Fabricação de corantes e pigmentos 2015 Fabricação de adubos e de compostos azotados 2030 Fabricação de tintas, vernizes e produtos similares; mastiques; tintas de impressão 204 Fabricação de sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene	Adubos e fertilizantes (kg) Tintas e pigmentos (kg) Sabões e detergentes (kg) INE Na fase de quantificação apenas se consideraram os fertilizantes de P

#	Setor	Principais CAE Rev3	Categorias de "produtos" ou "unidades funcionais" considerados para quantificar MPC+
6	**Energias renováveis**	35 Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio 3511 Produção de eletricidade 35111 Produção de eletricidade de origem hídrica 35113 Produção de eletricidade de origem eólica, geotérmica, solar e de origem, n.e.	Eólica onshore (MW) Eólica offshore (MW) Solar PV (MW) Hidroelétrica (MW) Geotérmica (MW) DGEG
7	**EEE**	26 Fabricação de equipamentos informáticos, equipamento para comunicações e produtos eletrónicos e óticos 261 Fabricação de componentes e de placas, eletrónicos 262 Fabricação de computadores e de equipamento periférico 263 Fabricação de aparelhos e de equipamentos para comunicações 264 Fabricação de recetores de rádio e de televisão e bens de consumo similares 265 Fabricação de instrumentos e aparelhos de medida, verificação e navegação; relógios e material de relojoaria 266 Fabricação de equipamentos de radiação, electromedicina e eletroterapêutico 267 Fabricação de instrumentos e de equipamentos, óticos e fotográficos 268 Fabricação de suportes de informação magnéticos e óticos 27 Fabricação de equipamento elétrico 271 Fabricação de motores, geradores e transformadores elétricos e fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas 2711 Fabricação de motores, geradores e transformadores elétricos 2712 Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas 27121 Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas de alta tensão 27122 Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas de baixa tensão 272 Fabricação de acumuladores e pilhas 273 Fabricação de fios e cabos isolados e seus acessórios 2731 Fabricação de cabos de fibra ótica 2732 Fabricação de outros fios e cabos elétricos e eletrónicos 2733 Fabricação de dispositivos e acessórios para instalações elétricas, de baixa tensão 274 Fabricação de lâmpadas elétricas e de outro equipamento de iluminação 275 Fabricação de aparelhos para uso doméstico 2751 Fabricação de electrodomésticos 2752 Fabricação de aparelhos não elétricos para uso doméstico 279 Fabricação de outro equipamento elétrico	1. **Ecrãs, monitores e equipamentos com ecrãs de superfície superior a 100 cm^2** ▪ Ecrãs, Televisões, monitores, laptop, Notebook, etc. 2. **Lâmpadas** ▪ Fluorescentes, fluorescentes clássicas, compactas, descarga de alta intensidade, etc. 3. **Equipamentos informáticos e de telecomunicações de pequenas dimensões (com nenhuma dimensão externa superior a 50 cm)** ▪ Telemóveis, computadores pessoais

#	Setor	Principais CAE Rev3	Categorias de "produtos" ou "unidades funcionais" considerados para quantificar MPC+
8	**Automóvel**	29 Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis 291 Fabricação de veículos automóveis 292 Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques 293 Fabricação de componentes e acessórios para veículos automóveis 2931 Fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis 2932 Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis	Veículos ligeiros de passageiros (n.º), se possível desagregado por: 1. Elétricos a baterias 2. Híbridos 3. Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL INE

Anexo III – Quantificação de fluxos de MPC+

Este anexo sistematiza os fluxos de MPC+ quantificados nos diagramas de Sankey na seção 6.3. para o conjunto dos produtos nos setores Têxteis, Automóveis, Cerâmica e EEE.

Tabela 43 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg - Têxteis

MPC+(kg)	Importações	Produção Nacional	Exportações	Adição ao Stock	Stock	Resíduos
Antimónio (Sb)	334,97	729,84	673,64	391,16	6 832,59	n.d.
Barita ($BaSO_4$ mineral)	669,93	1 459,68	1 347,28	782,33	13 665,18	n.d.
Borato (BO_x)	1 674,83	3 649,20	3 368,21	1 955,82	34 162,94	n.d.
Cobalto (Co)	3 349,66	7 298,40	6 736,41	3 911,64	68 325,88	n.d.
Fosfato Natural	334,97	729,84	673,64	391,16	6 832,59	n.d.

n.d. – não determinado devido a falta de informação

Tabela 44 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg – Veículos Ligeiros de Passageiros

MPC+(kg)	Importações	Produção Nacional	Exportações	Adição ao Stock	Stock	Resíduos
Barita ($BaSO_4$ mineral)	191 674,57	273 963,54	169 603,42	296 034,69	5 279 196,14	75 989,03
Berílio (Be)	5,95	8,51	5,27	9,19	163,93	2,36
Bismuto (Bi)	2 101,00	3 003,00	1 859,07	3 244,93	57 866,87	832,94
Borato (BOx)	5 967,32	8 529,19	5 280,19	9 216,33	164 355,02	2 365,73
Borracha Natural	1 784 223,55	2 193 055,88	1 358 267,38	2 619 012,04	47 685 032,51	608 286,00
Cobalto (Co)	249 536,00	3 025,12	2 134,31	250 426,80	186 231,73	839,07
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	35 714,83	7 999,54	5 010,32	38 704,05	169 565,29	2 218,83
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	1 673,98	260,59	164,00	1 770,56	5 786,16	72,28
Estrôncio (Sr)	34 868,32	49 837,85	30 853,26	53 852,90	960 360,53	13 823,48
Gálio (Ga)	102,35	91,88	56,95	137,27	1 789,90	25,48
Germânio (Ge)	3,37	1,12	0,70	3,79	22,96	0,31
Háfnio (Hf)	1,27	1,82	1,13	1,97	35,08	0,50
Índio (In)	65,44	72,48	44,91	93,02	1 404,16	20,10
Lítio (Li)	207 630,26	4 541,08	3 027,47	209 143,87	193 225,77	1 259,55
Magnésio (Mg)	2 045 888,92	2 924 221,96	1 810 306,71	3 159 804,17	56 348 888,73	811 088,90
Metais do Grupo da Platina (MGP)	1 184,86	1 364,70	845,46	1 704,11	26 414,25	378,53
Nióbio (Nb)	52 212,65	51 003,32	31 614,85	71 601,12	991 229,96	14 146,75
Tântalo (Ta)	1 750,75	1 902,18	1 178,61	2 474,32	36 868,16	527,61
Titânio (Ti)	128 717,29	183 381,91	113 526,80	198 572,40	3 533 933,04	50 864,48

MPC+(kg)	Importações	Produção Nacional	Exportações	Adição ao Stock	Stock	Resíduos
Tungsténio ou Volfrâmio (W)	1 477,25	2 111,46	1 307,15	2 281,56	40 687,13	585,65
Vanádio (V)	53 335,41	30 528,49	18 973,68	64 890,21	604 566,27	8 467,66

Tabela 45 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg - Cerâmica

MPC+ (kg)	Importações	Produção Nacional	Exportações	Adição ao Stock	Stock	Resíduos
Antimónio (Sb)	66 091,88	785 300,00	395 881,08	455 510,80	1 099 131,38	3 282,92
Barita ($BaSO_4$ mineral)	250 819,36	2 433 000,00	881 899,31	1 801 920,05	15 346 432,37	37 031,33
Borato (BOx)	349 733,45	2 855 900,00	1 238 818,41	1 966 815,04	21 229 968,46	40 660,44
Cobalto (Co)	124 228,93	6 212 700,00	437 251,64	5 899 677,29	7 588 687,99	57 134,73
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	4 191,63	591 800,00	15 430,59	580 561,04	249 360,77	5 682,43
Lítio (Li)	24 439,56	62 602,05	85 864,57	1 177,04	1 495 753,64	17 477,07
Vanádio (V)	47 108,83	1 072 147,70	186 880,18	932 376,35	2 499 061,91	18 300,78

Tabela 46 – Fluxos de MPC+ considerados no diagrama de Sankey em kg - EEE

MPC+ (kg)	Importações	Produção Nacional	Exportações	Adição ao Stock	Stock	Resíduos
Antimónio (Sb)	11 719,38	1 792,85	1 807,19	11 705,03	37 319,11	n.d.
Barita ($BaSO_4$ mineral)	85,77	33,14	7,64	111,26	535,09	n.d.
Berílio (Be)	73,01	28,21	6,51	94,72	454,65	n.d.
Bismuto (Bi)	29,30	11,32	2,61	38,01	182,44	n.d.
Cobalto (Co)	71 535,74	17 513,98	9 608,41	79 441,31	347 688,15	n.d.
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	2 536,65	533,32	298,86	2 771,12	11 686,25	n.d.
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	7 077,33	34,54	973,39	6 138,48	20 383,09	n.d.
Estrôncio (Sr)	8,49	3,28	0,76	11,02	52,89	n.d.
Fósforo (P)	506,09	97,61	74,15	529,55	2 395,15	n.d.
Gálio (Ga)	6,51	1,35	0,68	7,17	39,18	n.d.
Germânio (Ge)	7,44	2,87	0,66	9,65	46,33	n.d.
Grafite Natural (C)	19 419,38	2 919,22	3 090,32	19 248,28	85 524,68	n.d.
Índio (In)	247,76	12,64	27,79	232,61	1 767,54	n.d.
Lítio (Li)	6 302,38	1 042,46	974,74	6 370,10	34 002,71	n.d.
Magnésio (Mg)	11 138,03	3 554,68	1 644,42	13 048,29	28 068,40	n.d.
Metais do Grupo da Platina (MGP)	319,26	61,45	53,73	326,98	727,95	n.d.
Nióbio (Nb)	0,93	0,36	0,08	1,21	5,79	n.d.
Silício-metal (Si)	1 907,65	736,99	170,02	2 474,62	11 878,58	n.d.
Tântalo (Ta)	1 025,08	395,99	91,39	1 329,67	6 381,00	n.d.
Titânio (Ti)	73,01	28,21	6,51	94,72	454,65	n.d.

MPC+ (kg)	Importações	Produção Nacional	Exportações	Adição ao Stock	Stock	Resíduos
Vanádio (V)	0,93	0,36	0,08	1,21	5,79	n.d.

n.d. – não determinado devido a falta de informação

Anexo IV – Lista não exaustiva das fontes de informação consultadas para mapeamento de cadeias de valor e quantificação de MPC+

Alves Dias, Patricia, Darina Blagoeva, Claudiu Pavel, and Nikolaos Arvanitidis. 2018. Cobalt: Demand-Supply Balances in the Transition to Electric Mobility. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/97710.

APCOR Associação Portuguesa da Cortiça. 2015. "Guia de Normalização Cortiça Da Comissão Técnica de Normalização CT16."

APCOR Associação Portuguesa da Cortiça. 2015. Manual técnico – Rolhas. https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2016/01/ManualRolhas_PT_VF.pdf

APCOR Associação Portuguesa da Cortiça. 2019. "Cork 2019". https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2019/02/CORTI%C3%87A-em-n%C3%BAmeros_PT.pdf

APCOR Associação Portuguesa da Cortiça. 2020. "A Fileira da Cortiça: Da Floresta ao Consumidor".https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2020/12/APCOR_-estudo_caraterizacao_2020.pdf.

APCOR Associação Portuguesa da Cortiça. 2020. "Cork 2020". https://www.apcor.pt/portfolio-posts/boletim-estatistico-2020/.Ardente, Fulvio, and Fabrice Mathieux. 2014. "Identification and Assessment of Product's Measures to Improve Resource Efficiency: The Case-Study of an Energy Using Product." Journal of Cleaner Production 83: 126–41. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.058.

Babbitt, Callie W., Shahana Althaf, Fernanda Cruz Rios, Melissa M. Bilec, and T. E. Graedel. 2021. "The Role of Design in Circular Economy Solutions for Critical Materials." One Earth 4 (3): 353–62. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.014.

Blengini, Gian Andrea, Fabrice Mathieux, Lucia Mancini, Maria Nyberg, Helena Cavaco Viegas, Justin Salminen, Elena Garbarino, Glenn Orveillion, and Hans Saveyn. 2019. "Recovery of Critical and Other Raw Materials from Mining Waste and Landfills." https://doi.org/10.2760/600775.

Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J. (co-lead), Mathieux, F., Pavel, C. (co-lead). 2020. "Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU." https://doi.org/10.2873/865242.

Bobba, Silvia, Isabella Bianco, Umberto Eynard, Samuel Carrara, Fabrice Mathieux, and Gian Andrea Blengini. 2020. "Bridging Tools to Better Understand Environmental Performances and Raw Materials Supply of Traction Batteries in the Future EU Fleet." Energies 13 (10). https://doi.org/10.3390/en13102513.

Carrara, Te, Alves Dias, and C. Plazzotta, B., Pavel. 2020. "Raw Materials Demand for Wind and Solar PV Technologies in the Transition towards a Decarbonised Energy System." https://doi.org/10.2760/160859.

CEWASTE. 2021. A Contribution to Future Critical Raw Materials Recycling.

Christian, Beverley, Alexandre Romanov, Irina Romanova, and Laura J. Turbini. 2014. "Elemental Compositions of over 80 Cell Phones." Journal of Electronic Materials 43 (11): 4199–4213. https://doi.org/10.1007/s11664-014-3310-3.

Cullbrand, Klas, and Olof Magnusson. 2012. "The Use of Potentially Critical Materials in Passenger Cars." Gothenburg.

Domingues, V.F., Priolo, G., Alves, A.C., Cabral, M.F., Delerue-Matos, C. 2007. Adsorption behavior of α -cypermethrin on cork and activated carbon. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 42: 649-654. https://doi.org/10.1080/03601230701465635

Elshkaki, Ayman. 2013. "An Analysis of Future Platinum Resources, Emissions and Waste Streams Using a System Dynamic Model of Its Intentional and Non-Intentional Flows and Stocks." Resources Policy 38 (3): 241–51. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.04.002.

Eurostat. 2019. "Material Flows in the Circular Economy." Eurostat - Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material_flows_in_the_circular_economy#Circularity_rate.

FILCORK Associação Interprofissional da Fileira da Cortiça. 2019. Boletim Estatístico da Fileira da Cortiça. 2019. http://www.filcork.pt/wp-content/uploads/2021/02/Boletim_estatistico_2019.pdf?6c7e98&b5f5e8

Ford, Patrick, Eduardo Santos, Paulo Ferrão, Fernanda Margarido, Krystyn J. Van Vliet, and Elsa Olivetti. 2016. "Economics of End-of-Life Materials Recovery: A Study of Small Appliances and Computer Devices in Portugal." Environmental Science and Technology 50 (9): 4854–62. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00237.

Forti, Vanessa, Cornelis Peter Baldé, Ruediger Kuehr, and Garam Bel. 2020. The Global E-Waste Monitor 2020. http://ewastemonitor.info/.

Gil, Luís. 2015. A cortiça como material de construção: Manual Técnico. https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2015/10/Caderno-Tecnico-F-PT.pdf.

Gil, Luis, and Carlos Pereira. 2007. "A Fórmula Da Cortiça." Tecnologia e Vida, 2007.

Goe, Michele, and Gabrielle Gaustad. 2014. "Identifying Critical Materials for Photovoltaics in the US: A Multi-Metric Approach." Applied Energy 123: 387–96. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.01.025.

Göswein, Verena, José Dinis Silvestre, Cláudia Sousa Monteiro, Guillaume Habert, Fausto Freire, and Francesco Pittau. 2021. "Influence of Material Choice, Renovation Rate, and Electricity Grid to Achieve a Paris Agreement-Compatible Building Stock: A Portuguese Case Study." Building and Environment 195 (September 2020). https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107773.

Hache, Emmanuel, Gondia Sokhna Seck, Marine Simoen, Clément Bonnet, and Samuel Carcanague. 2019. "Critical Raw Materials and Transportation Sector Electrification: A Detailed Bottom-up Analysis in World Transport." Applied Energy 240 (November 2018): 6–25. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.057.

Huisman, J., T. Ciuta, F. Mathieux, S. Bobba, K. Georgitzikis, D. Pennington, and European Commission. Joint Research Centre. n.d. RMIS, Raw Materials in the Battery Value

Chain: Final Content for the Raw Materials Information System: Strategic Value Chains: Batteries Section.

Hund, K, D La Porta, T Fabregas, T Laing, and J Drexhage. 2020. "Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition." Climate Smart Mining Initiative - The World Bank Group. http://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf.

J. Huisman, T. Ciuta, F. Mathieux, S. Bobba, and D. Pennington K. Georgitzikis. 2019. "RMIS – Raw Materials in the Battery Value Chain." Joint Research Center - European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. https://doi.org/10.2760/239710.

Kim, Junbeum, Bertrand Guillaume, Jinwook Chung, and Yongwoo Hwang. 2015. "Critical and Precious Materials Consumption and Requirement in Wind Energy System in the EU 27." Applied Energy 139 (2015): 327–34. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.003.

Lewicka, Ewa, Katarzyna Guzik, and Krzysztof Galos. 2021. "On the Possibilities of Critical Raw Materials Production from the Eu's Primary Sources." Resources 10 (5). https://doi.org/10.3390/RESOURCES10050050.

Lithium, Battery Metals. 2020. "Battery Metals Report 2020."

Liu, Weitong, Patrick Ford, Hugo Uvegi, Fernanda Margarido, Eduardo Santos, Paulo Ferrão, and Elsa Olivetti. 2019. "Economics of Materials in Mobile Phone Preprocessing, Focus on Non-Printed Circuit Board Materials." Waste Management 87: 78–85. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.044.

McKinsey&Company. 2018. "Mining Productivity and the Evolving Market for Battery Materials Contents."

Mislata, A.M., Puxeu, M., Ferrer-Gallego, R. 2020. "Aromatic Potential and Bioactivity of Cork Stoppers and Cork By-Products". Foods 9:133. http://dx.doi.org/10.3390/foods9020133

No, Relatório Recimp. 2009. "DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTO ELECTRÓNICO."

Nogueira, Carlos. 2019. "Baterias e Mobilidade Elétrica: Materiais, Tecnologias e Desafios."

Ortego, Abel, Guiomar Calvo, Alicia Valero, Marta Iglesias-Émbil, Antonio Valero, and Mar Villacampa. 2020. "Assessment of Strategic Raw Materials in the Automobile Sector." Resources, Conservation and Recycling 161 (June): 104968. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104968.

Reis, S.F., Lopes, P., Roseira, I., Cabral, M., Mateus, N., Freitas, V. 2019. "Recovery of added value compounds from cork industry by-products" Industrial Crops and Production 140: 111599. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111599

Sebastiaan, Deetman, Nabeel Mancheri, Arnold Tukker, Teresa Brown, Evi Petavratzi, and Luis Tercero Espinoza. 2017. "Report on the Future Use of Critical Raw Materials."

Sierra-Pérez, Jorge, Jesús Boschmonart-Rives, Ana C. Dias, and Xavier Gabarrell. 2016. "Environmental Implications of the Use of Agglomerated Cork as Thermal Insulation

in Buildings." Journal of Cleaner Production 126: 97–107. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.146.

Sierra-Pérez, J., Garcia-Pérez, S., Blanc, S., Boschmonart-Rives, J., Gabarrell, X. 2018. "The use of forest-based materials for the efficient energy of cities: Environmental and economic implications of cork as insulation material." Sustainable Cities and Society 37: 628–636. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.008

Silva, A.F.O. 2015. Novos Aglomerados de Cortiça com outros Materiais. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.Smith Stegen, Karen. 2015. "Heavy Rare Earths, Permanent Magnets, and Renewable Energies: An Imminent Crisis." Energy Policy 79: 1–8. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.12.015.

Sonter, Laura J., Marie C. Dade, James E.M. Watson, and Rick K. Valenta. 2020. "Renewable Energy Production Will Exacerbate Mining Threats to Biodiversity." Nature Communications 11 (1): 6–11. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17928-5.

Sousa, Rui, Violeta Ramos, Alexandra Guedes, Fernando Noronha, Ana Botelho De Sousa, Mário Machado Leite, Reimar Seltmann, and Alla Dolgopolova. 2018. "The Alvarrões-Gonçalo Li Project: An Example of Sustainable Lithium Mining." Advances in Geosciences 45: 1–5. https://doi.org/10.5194/adgeo-45-1-2018.

Velenturf, Anne P.M., Phil Purnell, and Paul D. Jensen. 2021. "Reducing Material Criticality through Circular Business Models: Challenges in Renewable Energy." One Earth 4 (3): 350–52. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.016.

Anexo V – Fontes de informação para as estratégias de circularidade

Têxtil

Ellen MacArthur Foundation (2017), A new textiles economy: Redesigning fashion's future,(2017), Available at: http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications)

Piller, L. (2021). Bason's 4 credos of design thinking may frame an alternative, circular and sustainable approach to the way we design, produce and use clothes. Academia Letters, Article 2720. https://doi.org/10.20935/AL2720

Ellen MacArthur Foundation, Circular business models: redefining growth for a thriving fashion industry (2021). Available at: https://ellenmacarthurfoundation.org/fashion-business-models/overview

Chen, X. et al (2021). Circular Economy and Sustainability of the Clothing and Textile Industry. Materials Circular Economy (2021) 3: 12, https://doi.org/10.1007/s42824-021-00026-2

DESIGN4CIRCLE (2018). Circular Economy in the textile and footwear industry – skills and competences for a sector renewal. Erasmus+ Project. Available at: https://design4circle.eu/

PCIAW (2021). Circular Textiles for a Sustainable future – the how and why. Available at: https://pciaw.org/the-circular-textiles-for-a-sustainable-future/

EURATEX (2020). Circular Textiles - Prospering in the Circular Economy. Available at: https://euratex.eu/wp-content/uploads/EURATEX-Prospering-in-the-Circular-Economy-2020.pdf

PACE (2021). Circular Economy Action Agenda for Textiles. Available at: https://pacecircular.org/sites/default/files/2021-02/circular-economy-action-agenda-textiles.pdf

EUNOMIA (2022). Driving a Circular Economy for textiles through EPR. Available at: https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/driving-a-circular-economy-for-textiles-through-epr/

CCDRN (2020). Economia Circular, agenda regional do norte – Têxtil. Available at: https://www.ccdr-n.pt/pagina/agenda-regional-para-economia-circular-no-setor-textil

ECOS (2021). Durable, repairable and mainstream – how ecodesign can make our textiles circular. Available at: https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2021/04/ECOS-REPORT-HOW-ECODESIGN-CAN-MAKE-OUR-TEXTILES-CIRCULAR.pdf

Wardrobe Change. EEB (2021). Recommendations for the EU Strategy for sustainable textiles – from environmental civil society organisations. Available at:

https://wardrobechange.eu/wp-content/uploads/2021/06/Environmental-CSOs-Recommendations-for-the-EU-Strategy-for-Sustainable-Textiles-June-2021.pdf

EURATEX (2020). Facts & Key Figures of the European textile and clothing industry. Available at: https://euratex.eu/facts-and-key-figures/

EURATEX (2022). Facts & Key Figures of the European textile and clothing industry. Available at: https://euratex.eu/wp-content/uploads/EURATEX_FactsKey_Figures_2022rev-1.pdf

Schumaker, Kelsea; Forster, Amanda. NIST (2022). Facilitating a Circular Economy for Textiles - workshop Report. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1500-207

United Nations (2021). Fashion Industry Charter for Climate Action. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Fashion%20Industry%20Carter%20for%20Climate%20Action_2021.pdf

GIZ (2019). Circular Economy in the Textile Sector - Study for the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ): Available at: https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/GIZ_Studie_Kreislaufwirtschaft_Textilsektor_2019_final.pdf

Holland Circular Hotspot (2021). Manufacturing the future is circular – Netherlands. Available at: https://hollandcircularhotspot.nl/wp-content/uploads/2021/06/Manufacturing-the-future-is-circular-April2021-1.pdf

Fontell, Paula & Heikillä, Pirjo. (2017). Model of circular business ecosystem for textiles. Available at: https://www.ethica.fi/wp-content/uploads/2020/09/Model-of-circular-business-ecosystem-for-textiles-11-2017.pdf

ATP (2019). Pode a ITV ser circular? Available at. https://atp.pt/wp-content/uploads/2020/04/Pode-a-ITV-ser-circular_-1.pdf

EEA (2021). Progress towards preventing waste in Europe — the case of textile waste prevention. EEA Report Nº 15/2021. Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/progressing-towards-waste-prevention-in

EURATEX (2020). ReHubs – a joint initiative for industrial upcycling of textile waste streams & circular materials. Available at: https://euratex.eu/wp-content/uploads/Recycling-Hubs-FIN-LQ.pdf

EC (2022). Sustainable and Circular Textiles by 2030. EU factsheet - 30 march. Available at: https://globalcompact-th.com/Util/downloadfile/news-0-960?noallheader=1

Niinimäki, Kirsi (2018). Sustainable Fashion in a circular economy. Available at: https://core.ac.uk/download/pdf/301138773.pdf

Eionet (2019). Textiles and the environment in a circular economy. Eionet Report - ETC/WMGE 2019/6, Available at: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/textiles-and-the-environment-in-a-circular-economy

IVA (2020). Textiles – from waste to resource by 2030 - A sector report from the IVA project Resource Effectiveness and the Circular Economy (ReCE). Available at: https://www.iva.se/globalassets/bilder/projekt/resurseffektivitet-och-cirkular-ekonomi/202002-iva-rece-branschrapport-textil-english-b.pdf

EEA (2019). Textiles in Europe's circular economy. Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy

Angelova, Radostina A. (2020). The circular economy: a new paradigm for the textile and clothing industries. PEPM'2020. E3S Web of Conferences 207, 03008 (2020). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020703008

Alves, Luís et al (2022). Towards circular economy in the textiles and clothing value chain through blockchain technology and IoT: A review. Waste Management & Research 2022, Vol. 40(1) 3–23. https://doi.org/10.1177%2F0734242X211052858

UN Environment Programme (2020). Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain - Global Stocktaking. Nairobi, Kenya. Available at: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34184

Ley, Katrin et al. (2021). Unlocking the trillion-dollar fashion decarbonization opportunity: Existing and innovative solutions. Available at: https://apparelimpact.org/reports/unlocking-the-trillion-dollar-fashion-decarbonisation-opportunity-report/

Muthu, S.S., (2019), Cicular Economy in textiles and apparel – Processing, Manufacturing and Design, Elsevier, https://doi.org/10.1016/C2017-0-03221-4

McKinsey & Company. The state of fashion 2022. Available At: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/retail/our%20insights/state%20of%20fashion/2022/the-state-of-fashion-2022.pdf

EEA (2022). Textiles and the environment: the role of design in Europe's circular economy. Avaliable at: https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-and-the-environment-the

Cortiça

APCOR (2015). Manual técnico – Rolhas. Available at https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2016/01/ManualRolhas_PT_VF.pdf

Corticeira Amorim (2019). Relatório de sustentabilidade. Available at https://www.amorim.com/xms/files/v1/Sustentabilidade/Relatorios/2019_Amorim_RC_PT_Sustentabilidade_Website.pdf

Ecorkwaste (2018). Integrated, sustainable waste management for the cork industry. LIFE+ Project. Available at http://www.ecorkwaste.eu/en/

Mateus, M.M., Bordado, J.M. & Santos, R.G. (2017). Ultimate use of Cork – Unorthodox and innovative applications. Ciencia & Tecnologia dos Materiais, 29(2), 65-72. https://doi.org/10.1016/j.ctmat.2016.03.005.

Fertilizantes P

Di Capuaa, F., Sarioa, S., Ferraroa, A., Petrellaa, A., Raceb, M., Pirozzic, F., Fratinoa, U., Spasianoa, D., 2022. Phosphorous removal and recovery from urban wastewater: Current practices and new directions. Science of The Total Environment, Volume 823, 1 June 2022, 153750. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153750

Jarvie H. P., Sharpley A. N., Flaten D., Kleinman P. J., Jenkins A., Simmons T. (2015). The pivotal role of phosphorus in a resilient water–energy–food security nexus. Journal of environmental quality, 44(4), 1049-1062. doi:10.2134/jeq2015.01.0030

Mayer B. K., Baker L. A., Boyer T. H., Drechsel P., Gifford M., Hanjra M. A., Parameswaran P., Stoltzfus J., Westerhoff P., Rittmann B. E. (2016). Total value of phosphorus recovery. Environmental science & technology, 50(13), 6606-6620. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.10.076.

Pr. Lena SUNDQVIST OEQVIST, Xianfeng Hu, Johan Eriksson, Joanna Kotnis, Yongxiang Yang, Elina Yli-Rantala, John Bacher, Henna Punkkinen, Teodora Retegan, María González Moya, Michal Drzazga, 2018. Production technologies of CRM from secondary resources. SCRREEN - Contract Number: 730227 - Solutions for CRitical Raw materials - a European Expert Network Dimitrios Biliouris

Rita Ribeiro, Catarina Silva, Maria João Rosa, 2017. Estratégia para recuperação de fósforo de águas residuais urbanas. Revista APESB Série IV nº2 pp 38-50 doi: 10.22181/aer.2017.0204.

Equipamentos elétricos e eletrónicos

Ahamad, N. (2021). Impact and Sustainable Growth in Social Initiatives: Lipor's Crew Project. Work Project, presented as part of the requirements for the Award of a Master's degree in Management from the Nova School of Business and Economics. Available at: https://run.unl.pt/bitstream/10362/139035/1/12908_nasser_mohez_ahamad_impact_and_sustainable_growth_in_social_initiatives_lipors_crew_project_211803_2135119686-1.pdf

CEWASTE (2021). Deliverable 4.4 - Roadmap for the Long-Term Sustainability of the Scheme. CEWASTE - Voluntary certification scheme for waste treatment Project. April 2021. Available: https://cewaste.eu/

CTL (2022) CTL: a service for zero waste ICT. Available at: https://www.closingtheloop.eu/

Fairphone (2022) Fairphone: Sustainability at full power - Designed to last, with fair and recycled materials. Available at: https://www.fairphone.com/en/

Fairphone (2022) Fairphone's Impact 2021: Change is in your hands. Available at: https://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2022/06/Fairphone-Impact-Report-2021.pdf

Holland Circular Hotspot (2021) BINK lampen – Refurbished lighting are lights for life. Available at: https://hollandcircularhotspot.nl/case/bink-lampen-refurbished-lighting-are-lights-for-life/

Holland Circular Hotspot (2021) Renewd – Giving a second life to electronic devices. Available at: https://hollandcircularhotspot.nl/case/renewd-giving-a-second-life-to-electronic-devices/

IkiMobile (2022). IkiMobile. Available at: https://ikimobile.com/pt/cortica

INEMI (2019) Value Recovery Project, Phase 2. INEMI - International Electronics Manufacturing Initiative. 85pp. August 2019. Available: http://thor.inemi.org/webdownload/2019/iNEMI-Value_Recovery2_Report.pdf

Kallitsis, E., Lander, L., Edge, J., Bravo Diaz, L., Brown, A., Kelsall, G., Offer, G., Korre, A. (2022) Safe and sustainable lithium-ion batteries. doi: 10.25561/95548. Available at: https://www.imperial.ac.uk/energy-futures-lab/reports/white-papers/sustainable-batteries/

Oko-Institut e.v. (2012) Recycling critical raw materials from waste electronic equipment. Commissioned by the North Rhine-Westphalia State Agency for Nature, Environment and Consumer Protection. Darmstadt. Germany. Available at: https://www.oeko.de/oekodoc/1375/2012-010-en.pdf

Pollard, J., Osmani, M., Cole, C., Grubnic, S., Coswill, J. (2021) A circular economy business model innovation process for the electrical and electronic equipment sector. Journal of Cleaner Production (305) 12721. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127211

Portal Eco.nomia (2022). Forallphones - Entregue o antigo, compre o renovado. Available at: https://eco.nomia.pt/pt/exemplos/forallphones

Renewd (2022). Sustainability at Renewed. Available at: https://www.renewd.com/sustainability

Repair Café (2022) Repair Café – Toss it? No way? Available at: https://www.repaircafe.org/en/

X. Chen, D. Kang, L. Cao, J. Li, T. Zhou, H. Ma, Separation and recovery of valuable metals from spent lithium ion batteries: simultaneous recovery of Li and Co in a single step, Separ. Purif. Technol. 210 (2019) 690–697. Available: https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.08.072

Automóvel

Auto Recycling World – News and information for the vehicle recycling industry, The value in EV Rotor Permanent Magnet Recycling, March 2, 2020. Disponível em: https://autorecyclingworld.com/the-value-in-ev-rotor-permanent-magnet-recycling/

BESTON GROUP CO., LTD., PROCESSO DE PIRÓLISE DE PNEUS.

c&en Chemical and engineering news, It's time to get serious about recycling lithium-ion batteries. Disponível em: https://cen.acs.org/materials/energy-storage/time-serious-recycling-lithium/97/i28

Davide Castelvecchi, ELECTRIC CARS: THE BATTERY CHALLENGE, Nature, Vol 596, 19 August 2021

Disponível em: https://revistadospneus.com/pt/2020/04/16/michelin-e-enviro-associam-se-para-transformar-pneus-usados-em-materias-primas/

Disponível em: https://www.bestongroup.com/pt/pyrolysis-plant-for-sale/process/

Jonas Neumann, Martina Petranikova, Marcel Meeus, Jorge D. Gamarra, Reza Younesi, Martin Winter, and Sascha Nowak, Recycling of Lithium-Ion Batteries—Current State of the Art, Circular Economy, and Next Generation Recycling, Adv. Energy Mater. 2022, 12, 2102917

Oliver Diehl, Mario Schönfeldt, Eva Brouwer, Almut Dirks, Karsten Rachut, Jürgen Gassmann, Konrad Güth, Alexander Buckow, Roland Gauß, Rudolf Stauber, Oliver Gutfleisch, Towards an Alloy Recycling of Nd–Fe–B Permanent Magnets in a Circular Economy, Journal of Sustainable Metallurgy (2018) 4:163–175

Omar Velázquez-Martínez, Johanna Valio, Annukka Santasalo-Aarnio, Markus Reuter, Rodrigo Serna-Guerrero, A Critical Review of Lithium-Ion Battery Recycling, Processes from a Circular Economy Perspective, Batteries 2019, 5, 68; doi:10.3390/batteries5040068

Pagliaro, M.; Meneguzzo, F. Lithium battery reusing and recycling: A circular economy insight. Heliyon 2019, 5, e01866

Patricia Wamea, Mica L. Pitcher,Joy Muthami, Amir Sheikhi, Nanoengineering cellulose for the selective removal of neodymium: Towards sustainable rare earth element recovery, Chemical Engineering Journal 428 (2022) 131086

Reiner Sojka, Qiaoyan Pan, Laura Billmann, Comparative study of Li-ion battery recycling processes, ACCUREC Recycling GmbH, Sept 2020

Renos - Tailor-made solutions for end-of-life Li-ion batteries across Europe. Disponível em: (https://www.reneos.eu/case/how-battery-repair-centres-extend-the-life-cycle-of-ev-batteries)

Richard Backhaus, Battery Raw Materials - Where from and where to?, ATZ worldwide 09/2021. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8390110/

RP - Revista dos Pneus, Michelin e Enviro associam-se para transformar pneus usados em matérias-primas.

Toyota Develops New Magnet for Electric Motors Aiming to Reduce Use of Critical Rare-Earth Element by up to 50%, Toyota Motor Corporation, 2019. Disponível em: (https://global.toyota/en/newsroom/corporate/21139684.html)

Valorpneu – RECICLAGEM. Disponível em: https://www.valorpneu.pt/informacao-tecnica/solucoes-para-pneus-usados/reciclagem/#:~:text=Os%20granulados%20mais%20finos%20podem%20ser%20incorporados%20no,com%20Borracha%29%20para%20constru%C3%A7%C3%A3o%20ou%20repara%C3%A7%C3%A3o%20de%20estradas

Valorpneu - REUTILIZAÇÃO PARA OUTROS FINS. Disponível em: (https://www.valorpneu.pt/informacao-tecnica/solucoes-para-pneus-usados/reutilizacao-para-outros-fins/)

Wangda Li, Steven Lee, and Arumugam Manthiram, High-Nickel NMA: A Cobalt-Free Alternative to NMC and NCA Cathodes for Lithium-Ion Batteries, Adv.Mater.2020, 32, 2002718

Renováveis

Aarti Kumaria, Manish Kumar Sinha, Swati Pramanika Sushanta, Kumar Sahuab, Recovery of rare earths from spent NdFeB magnets of wind turbine: Leaching and kinetic aspects, Waste Management, Volume 75, May 2018, Pages 486-499. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.033

Bobins Augustine, Kari Remes, Gabriela S. Lorite, Jobin Varghese, Tapio Fabritius, Recycling perovskite solar cells through inexpensive quality recovery and reuse of patterned indium tin oxide and substrates from expired devices by single solvent treatment, Solar Energy Materials and Solar Cells 194 (2019) 74–82. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.solmat.2019.01.041

Braeton J. Smith, Roderick G. Eggert, Multifaceted Material Substitution: The Case of NdFeB Magnets, 2010–2015, JOM, Vol. 68, No. 7, 2018 . Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-016-1913-2~

Emanuele Quaranta, Peter Davies. Emerging and Innovative Materials for Hydropower Engineering Applications: Turbines, Bearings, Sealing, Dams and Waterways, and Ocean Power. Engineering 8 (2022) 148–158. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.06.025

Fan-Wei Liu, Tzu-Min Cheng, Yen-Jung Chen, Kai-Chieh Yueh, Shin-Yi Tang, Kuangye Wang, Chia-Lung Wu, Hsu-Sheng Tsai, Yi-Jen Yu, Chih-Huang Lai, Wei-Sheng Chen, Yu-Lun Chu, High-yield recycling and recovery of copper, indium, and gallium from waste copper indium gallium selenide thin-film solar panels, Solar Energy Materials and Solar Cells 241 (2022) 111691. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111691

Flavia C.S.M. PadoanPietro AltimariFrancesca Pagnanelli, Recycling of end of life photovoltaic panels: A chemical prospective on process development,Solar Energy 177 (2019) 746–761. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.12.003

Kiran Tota-Maharaj, Alexander McMahon, Resource and waste quantifcation scenarios for wind turbine decommissioning in the United Kingdom, Waste Disposal & Sustainable Energy (2021) 3:117–144. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s42768-020-00057-6

Reza Zeinali, Ozan Keysan, A Rare-Earth Free Magnetically Geared Generator for Direct-Drive Wind Turbines, Energies 2019, 12, 447 . Disponível em: https://doi.org/10.3390/en12030447

Spyridoula Karavida, Reet Nõmmik, Waste management of end-of-service wind turbines, Aalborg University, 2015. Disponível em: https://projekter.aau.dk/projekter/files/213319772/Waste_management_of_end_of_service_wind_turbines.pdf

Vasiliki Savvilotidou, Evangelos Gidarakos, Pre-concentration and recovery of silver and indium from crystalline silicon and copper indium selenide photovoltaic panels, Journal

of Cleaner Production, 250 (2020) 119440. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119440.

Cerâmica

Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (2016). *Projeto LIFE CERAM. Zero waste in ceramic tile manufacture. LIFE12 ENV/ES/230-LIFE CERAM*. Disponível em: https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4675

Ceramica.info. The ceramic product and production process and the Circular Economy. The current state of aspects consistent with the Circular Economy. Disponível em https://www.ceramica.info/en/articoli/ceramic-process-circular-economy/

CTCV (2020). Centro de Recursos Economia Circular. Boas Práticas – Tijolos e Telhas. https://www.ctcv.pt/economiacircular/bpraticas-tt-e1.html

CTCV (2020). Centro de Recursos Economia Circular. Boas Práticas – Pavimento e Revestimento. https://www.ctcv.pt/economiacircular/bpraticas-pr-e1.html

CTCV (2020). Centro de Recursos Economia Circular. Boas Práticas – Porcelanas e Louças. https://www.ctcv.pt/economiacircular/bpraticas-pl-e1.html

CTCV (2020). Centro de Recursos Economia Circular. Boas Práticas – Esmaltes. https://www.ctcv.pt/economiacircular/bpraticas-e-e1.html

Duratex. Duratex recicla peças de louças sanitárias. Cerâmicas são reaproveitadas e transformadas em matéria-prima para a confecção de novos produtos. https://www.dex.co/Arquivos/Download/2159-Duratex-Recicla-Pecas-Loucas-Sanitarias-03042017.pdf

E. Rambaldi et al. (2007). Recycling of polishing porcelain stoneware residues in ceramic tiles, ScienceDirect, *Journal of the European Ceramic Society* 27 (2007) 3509-3515, Elsevier, April 2007.

European Commission (2018). *Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. EU Construction and Demolition Waste Management*.

Porcelanosa (2020). NEWS - The PORCELANOSA Group moves its production toward the circular economy. Disponível em: https://www.porcelanosa.com/trendbook/en/circular-economy/

Tercero, L. et al. (2018). *SCRREEN - Solutions for Critical Raw materials - a European Expert Network. Critical Raw Material Substitution Profiles*. Coordination and Support Action (CSA). D5.1-CRM-profiles.pdf

Valadares. *Inovação*. Disponível em: https://archvaladares.com/inovacao/

LNEG, under the slogan “Building a cleaner and better future”, has as its mission to contribute independently to economic development and improving the quality of life, putting knowledge at the service of society.

Its Vision is to be a reference institution capable of contributing with excellent solutions for a decarbonised economy.

LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

Geology and Geological Risk
Mineral Technology
BUILDING A **STRONGER AND CLEANER FUTURE**
Resource Economics
Geo-Information
Geological Resources
Bioenergy and Biorefineries
Energy in the Built Environment
Integration of Renewable Energies in the Energy System
LNEG
Materials for Energy
Renewable Energies

http://www.lneg.pt
LNEG Estrada da Portela
Bairro do Zambujal
Apartado 7586, Alfragide
2610-999 Amadora
Portugal
+351 210 924 600 / 1
info@lneg.pt

REPÚBLICA PORTUGUESA
AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA