

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

<https://emaprice.lneg.pt/>

27 setembro 2022

Equipa LNEG:

Sofia Simões
Cristina Rocha
Justina Catarino
Jorge Alexandre
Filipa Amorim
Carlos Nogueira
Cristina Ferreira

Equipa APA:

Ana Cristina Carrola
Manuela Proença
Lucinda Gonçalves

Equipa Circular:

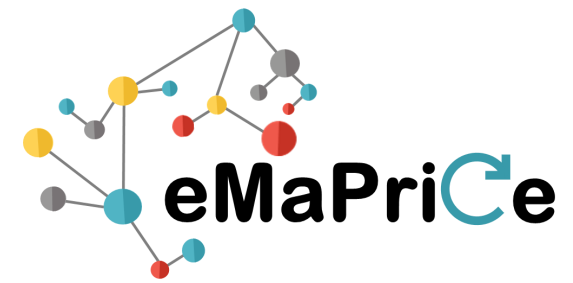
Samuel Niza

FUNDO AMBIENTAL

Ambiente

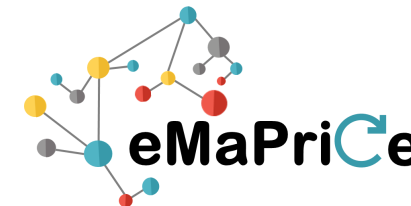


Objetivo



“ **identificar oportunidades de implementação de estratégias de Economia Circular, a fim de evitar que as Matérias Primas Críticas se transformem em resíduos, bem como opções da substituição destas por matérias-primas não críticas** ”

Lista de MPC + cortiça matéria-prima estratégica: 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)

Cortiça natural (estratégica)

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)

Vanádio (V)

***minerais industriais e de construção,
metais de ferro e ligas de ferro,
metais preciosos, terras raras e
materiais biológicos e outros***

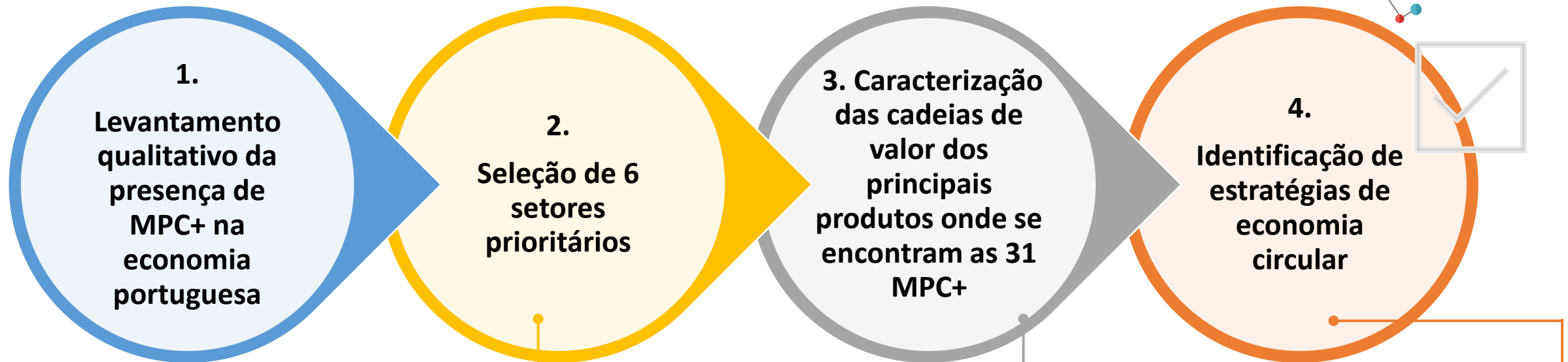
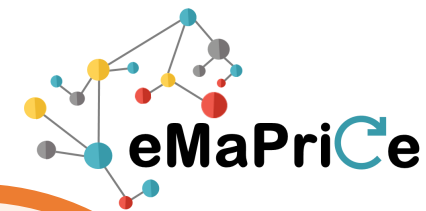
*LREE: lantânio (La), cério (Ce), praseodímio (Pr), neodímio (Nd), promécio (Pm), samário (Sm)

**HREE: ítrio (Y), európio (Eu), gadolínio (Gd), térbio (Tb), disprósio (Dy), hólmio (Ho), érbio (Er), túlio (Tm), itérbio (Yb), lutécio (Lu)

***MGP: ruténio (Ru), ródio (Rh), paládio (Pd), ósmio (Os), irídio (Ir), platina (Pt)



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



Critérios de seleção:

- › Importância estratégica atual/futura PT
- › Impacte ambiental, económico e social
- › Cadeia de valor em Portugal
- › Existência de dados quantitativos
- › Estudos de aplicação de estratégias de EC / potencial EC
- › Massa crítica “I&D” nacional (ex. coLABs, lab associados, infraestruturas científicas, UIs, outros)

Quantificação dos fluxos de MPC+

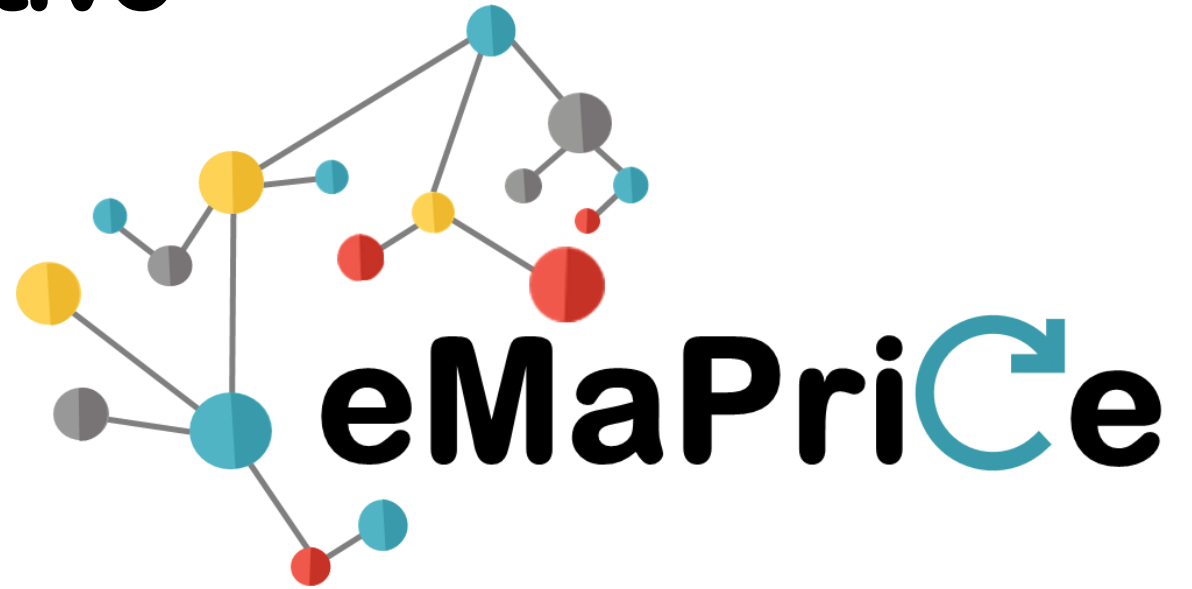
- › Extração/produção nacional
- › Importações
- › Consumo interno
- › Exportações
- › Armazenamento em stock
- › Resíduos gerados em PT (e que foram tratados em PT ou exportados)

Evitar que MPC+ se transformem em resíduos

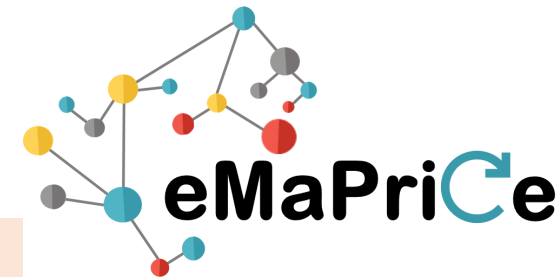
- › Substituição aplicação de estratégias de EC
- › Potencial de desempenho (custo, maturidade tecnológica, impacte ambiental, geração de emprego, etc.)
- › Recomendações para instrumentos de política

Mapeamento qualitativo das MPC+

Caracterização das cadeias de valor das as 31 MPC+ e identificar aplicações em Portugal



Abordagem metodológica



Mapear cada MPC+ (e setor de atividade) considerando

- MPC+ **extraídas** em Portugal (Li, W, cortiça)
- MPC+ utilizadas na **indústria nacional** em processos de fabricação
- MPC+ presentes apenas como **produtos finais**

Identificar quando no país temos atualmente um papel preponderante na gestão de fim de vida dos produtos com MPC+ (são exportados os produtos e/ou resíduos)

Situação atual
ano de 2019

Aplicações de MPC+

A) 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:

- MPC+ é uma **matéria-prima** (ex. cortiça natural no caso do setor da cortiça);
- MPC+ é uma **matéria-prima subsidiária ou um consumível**, não permanecendo presente no produto final;
- MPC+ está **presente num produto intermédio ou semiacabado ou em componentes** e permanece no produto final;

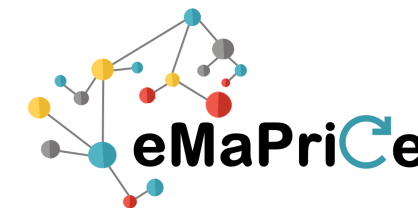
B) em fases de utilização e pós-consumo, ou seja, que integram **produtos finais** em Portugal.

Produtos consumidos pelas famílias, comércio e serviços que irão dar origem a resíduos

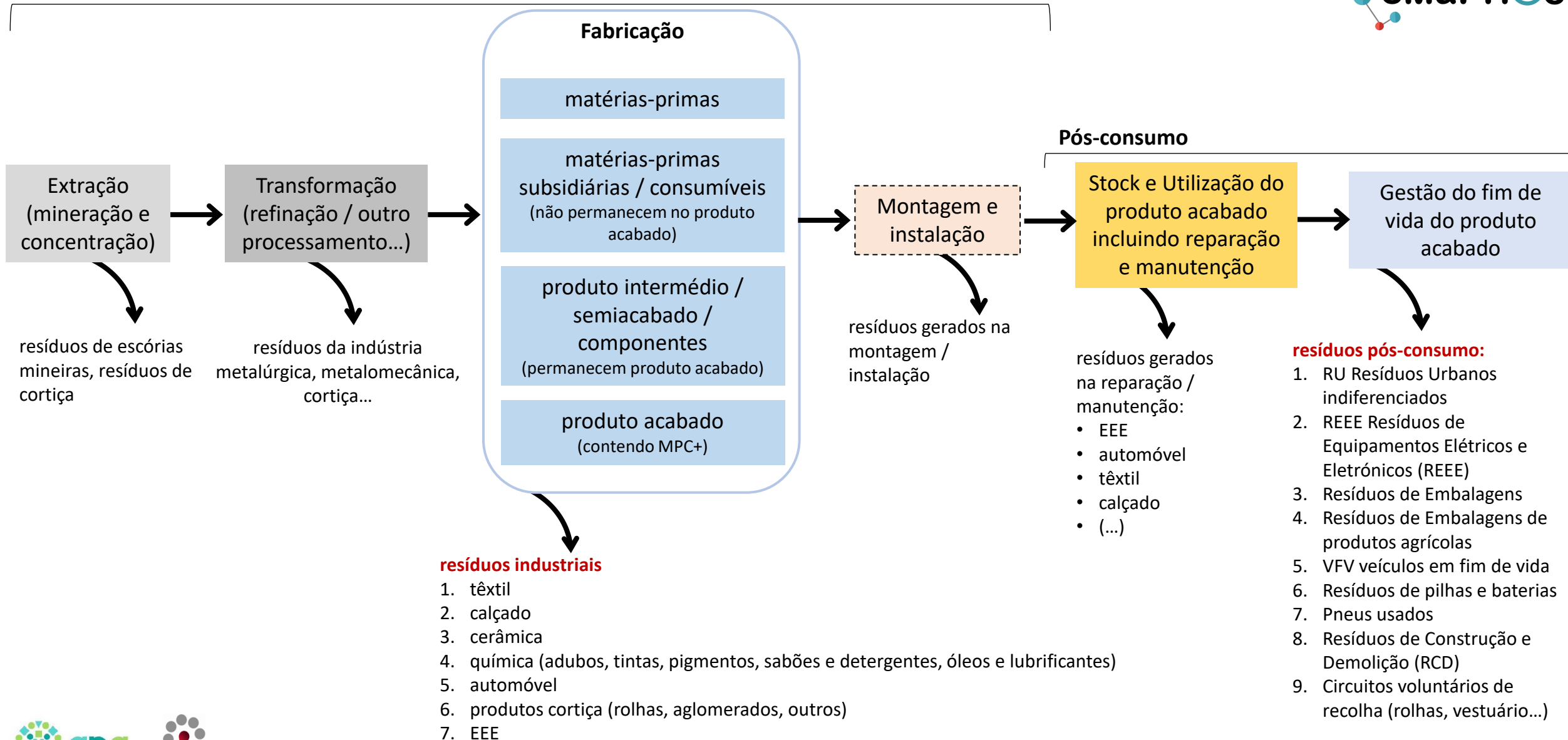
(produtos finais colocados no mercado que se destinam a fabricação de outros produtos (ex. ligas metálicas, aço ou catalisadores químicos) considerados como produtos intermédios, semiacabados ou componentes)



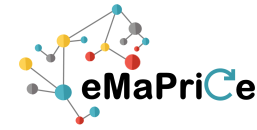
Abordagem – cadeia de valor por MPC+



Pré-consumo



MPC+ utilizadas em Portugal – início do estudo



Sb, Al&Ga, Co, Borracha, Si, Cortiça [#6]



Cortiça, ???? [#]



Hf, Li, Sr, HREE, LREE [#4]



????? [#]



????? [#]



Al&Ga, Be, BO_x, Co, C, Ga, Ge, Hf, In, Li, C, Sc, Si, Ta, Va, PGM, HREE, LREE [#18]



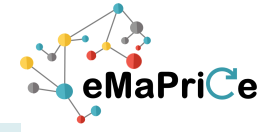
Al&Ga, Be, Bi, BO_x, Co, Ga, Ge, Hf, In, Li, Mg, C, Borracha, Ni, Si, Sr, Ta, Ti, W, MGP, HREE, LREE [#22]



Sb, BaSO₄, Al&Ga, Be, BO_x, Co, C, Ga, Li, Mg, C, Borracha, Sc, Si, Ti, W, Va, MGP, HREE, LREE [#21]

Antimónio (Sb)
Barita (BaSO_x mineral)
Bauxite (Al & Ga)
Berílio (Be)
Bismuto (Bi)
Borato (BO_x compostos de BO₃ ou BO₄)
Borracha Natural
Carvão de coque (CCO)
Cobalto (Co)
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)
Escândio (Sc)
Espatoflúor (CaF₂)
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)
Vanádio (V)

MPC+ utilizadas em Portugal - agora



BaSO_x, Bi, BO_x, **Borracha**, C, **Co**, Cortiça, Ga, Ge, HREE¹, In, **Li**, LREE², Mg, MGP³, P, **Sb, Sc, Sr, Ta, Ti, W** [#22]



Al&Ga, BaSO_x, BO_x, Borracha, CCO, Co, Cortiça, Mg, P, Sb, Si [#11] **X**



Cortiça, Borracha [#2]



BaSO_x, Be, BO_x, **Co**, Hf, HREE⁴, **LREE⁵, Li, Sb, Sc, Sr, V, MGP⁶** [#13]



Li, W [2] **X**



Al&Ga, BaSO_x, Bi, BO_x, C, CCO, CaF₂, Co, **Fosfato**, Ge, Hf, HREE⁸, Li, Mg, MGP¹⁰, Nb, **P**, LREE⁹, Sb, Si, Sr, Ti, V, W [#24] **X**



Al&Ga*, BO_x, **Ga**, Ge, Hf, **HREE¹¹, In, LREE¹², Mg, Nb, Si, Ta, Ti, V, W** [#15]**



Al&Ga, **BaSO_x, Be, Bi, C, CaF₂, Co, Cortiça, Ga, Ge, HREE¹³, In, Li, LREE¹⁴, MGP¹⁵, Mg, Nb, Sb, Sc, Si, Sr, Ta, Ti, W, V** [#25]



Al&Ga, **BaSO_x, Be, Bi, BO_x, Borracha, C, CCO, Co, Ga, Ge, Hf, HREE¹⁶, In, Li, LREE¹⁷, MGP¹⁸, Mg, Nb, Sb, Sc, Sr, Si, Ta, Ti, V, W** [#27]

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, Yb; ¹⁴ La, Ce, Nd, Sm, Pr; ¹⁵ Pd, Pt, Rh;

¹⁶ Dy, Eu, Tb, Y, Gd, Yb; ¹⁷ La, Nd, Pr, Ce, Sm; ¹⁸ Ir, Pt, Pd, Rh, Ru;

* 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

MPC+ em negrito: possível quantificação
Outras MPC+: quantidades não
identificadas e/ou aplicação em Portugal a
confirmar

Antimónio (Sb)
Barita (BaSO_x mineral)
Bauxite (Al & Ga)
Berílio (Be)
Bismuto (Bi)
Borato (BO_x compostos de BO₃ ou BO₄)
Borracha Natural
Carvão de coque (CCO)
Cobalto (Co)
Elementos de Terras Raras Leves (LREE)
Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)
Escândio (Sc)
Espatoflúor (CaF₂)
Estrôncio (Sr)
Fosfato natural
Fósforo (P)
Gálio (Ga)
Germânio (Ge)
Grafite Natural (C)
Háfio (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)
Vanádio (V)

Aplicações de MPC+ por setor de atividade

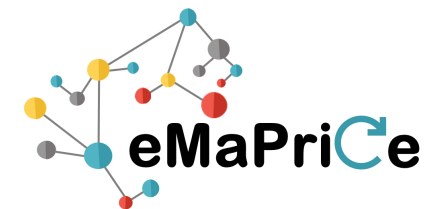


Nº MPC+ utilizadas em Portugal – ver detalhe em: <https://emaprice.lneg.pt/>

Portugal flag Setor estratégico em termos de MPC+ para Portugal

EU flag Setor estratégico em termos de MPC+ para a União Europeia

Aplicações de MPC+ por setor de atividade em Portugal



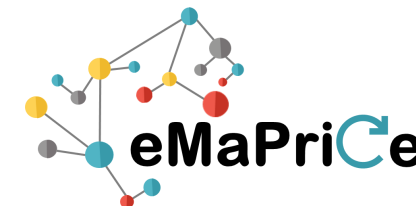
51 Sb antimónio 121,76	83 Bi bismuto 208,98	27 Co cobalto 58,93	CaF₂ espatoflúor	31 Ga gálio 69,72	49 In índio 114,82	41 Nb nióbio 92,91	23 V vanádio 50,94
BaSO₄ barita	BO_x borato BO ₃ /BO ₄	Elementos de Terras Raras Leves (LREE)	38 Sr estrôncio 87,62	32 Ge germânio 72,6	3 Li lítio 6,96	14 Si silício-metal 28,09	74 W tungsténio 183,84
Bauxite Al & Ga	Borracha natural	Elementos de Terras Raras Pesados (HREE)	Fosfato natural	Grafite natural	12 Mg magnésio 24,31	73 Ta tântalo 180,95	Cortiça natural
4 Be berílio 9,012	Carvão de coque	21 Sc escândio 44,96	15 P fósforo 30,97	72 Hf háfnio 178,49	Metais do Grupo de Platina (MGP)	22 Ti titânio 47,87	

praticamente **todas as MPC+ estão presentes na cadeia de valor de pelo menos três dos setores**, sob a forma de matérias-primas, matérias-primas subsidiárias / consumíveis, produtos intermédios ou acabados.

Exceção: fosfato natural que apenas é utilizado na cadeia de valor do setor químico



Algumas das utilizações de MPC+ e da cortiça em Portugal:



têxteis



- › tratamentos e revestimentos de têxtil-lar, vestuário e/ou sobretudo em vestuário técnico
- › *(vários componentes do calçado)*

cerâmica



- › fritas e vidrados, como afinantes, fundentes, pigmentos etc.
- › algumas pastas cerâmicas
- › elemento decorativo na cerâmica decorativa

eq. elétricos e eletrônicos



- › ligas metálicas, retardantes de chama
- › semicondutores, placas de circuito impress
- › condensadores, ímanes, circuitos integrados,
- › vidro de ecrãs (...)

fertilizantes P



- › matéria-prima principal nos fertilizantes P
- › *(corantes e pigmentos, tintas, vernizes e produtos similares, produtos limpeza higiene, óleos e massas lubrificantes, catalisadores', etc.)*

setor automóvel



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

cortiça



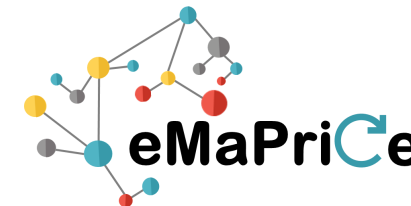
- › matéria-prima principal

energias renováveis



- › materiais semicondutores
- › ímanes permanentes
- › ligas metálicas, etc.

Aplicações de MPC+ por setor de atividade



têxteis e calçado

Produtos/segmentos de

Utilizados em segmentos de

Sb Retardadores de chama
BaSO₄ Produção de pigmentos
Bi Recobrir aventais
BO_x Compostos retardantes
Co Produção de corantes
CCO usada como fertilizante
Cortiça Produção de cortiça
LREE aditivos têxteis
HREE aditivos têxteis
Ga, In Pode ser usado em fibras sintéticas
Ge Fibras sintéticas
TT
Li substâncias aditivas
Mg substâncias corantes
sizing etc V+TL+TT
MGP usado na produção
C usada como fibra
tecidos como fibra
Borracha elastómero
P Retardadores de chama
Ta nano-materiais
Ti como TiO₂ em pigmentos
W para incorporar tintas

Matérias Primas Críticas

BaSO₄, Bi, BO_x, Borracha, CCO, Co, Cortiça, Ga, Ge, C, HREE, In, Li, LREE, Mg,

Matérias Primas Críticas

BaSO₄, Be, BO_x, Co, Hf, HREE, LREE,

Matérias Primas Críticas

Al&Ga, Be, Bi, BO_x, C, CaF₂, Co, Cortiça, Ga, Ge, Hf, HREE, In, Li, LREE, MGP, Mg, Nb, P, Sb, Sc, Si, Sr, Ta, W, V

Matérias Primas Críticas

Sb Retardadores de chama (como Sb₂O₃) usados em plásticos de EEE
BaSO₄ compostos de barita usados em vidros, por exemplo, de telemóveis
Al&Ga em ligas com alumínio, usada em portáteis, telemóveis ou ferramentas elétricas
Be em componentes eletrónicos e informáticos domésticos; em giroscópios (ex. comandos de consolas de gaming)
Bi Usado em ímanes permanentes fortes (com ligas Mn-Bi ou NdFeB) em vários dispositivos eletrónicos
BO_x Usado em semicondutores em circuitos integrados e em ímanes permanentes (ex.: HDD)
C baterias e material condutivo (térmico e elétrico) em várias aplicações digitais (ex: tablets, telemóveis, computadores, etc)
CaF₂ usado na refrigeração e ar-condicionado
Co baterias de íão-Li (LIBs), semicondutores, ímanes permanentes, placas de circuito impresso
Cortiça em componente de telemóveis em Portugal (Iikimobile)
Ga principal aplicação, na forma GaAs, na construção de circuitos integrados e dispositivos optoeletrónicos, como díodos de laser e de LED. o GaN é um semicondutor; em combinação com silício é usado em transístores, painéis fotovoltaicos, outros dispositivos eletrónicos estado sólido
Ge usado em fibra óptica, em electrónica variada como radares, amplificadores de som, em circuitos integrados de alta velocidade (em ligas metálicas SiGe)
HREE Nd em ímanes permanentes (NdFeB); Y, Tb, Eu em pós fluorescentes; Y, Tb, Eu, Gd em tubos de raios catódicos (monitores e TVs)

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC identificados no setor concentram-se na fase de

INOVAÇÃO PARA A CIRCULARIDADE

Os principais exemplos de estratégias de EC

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

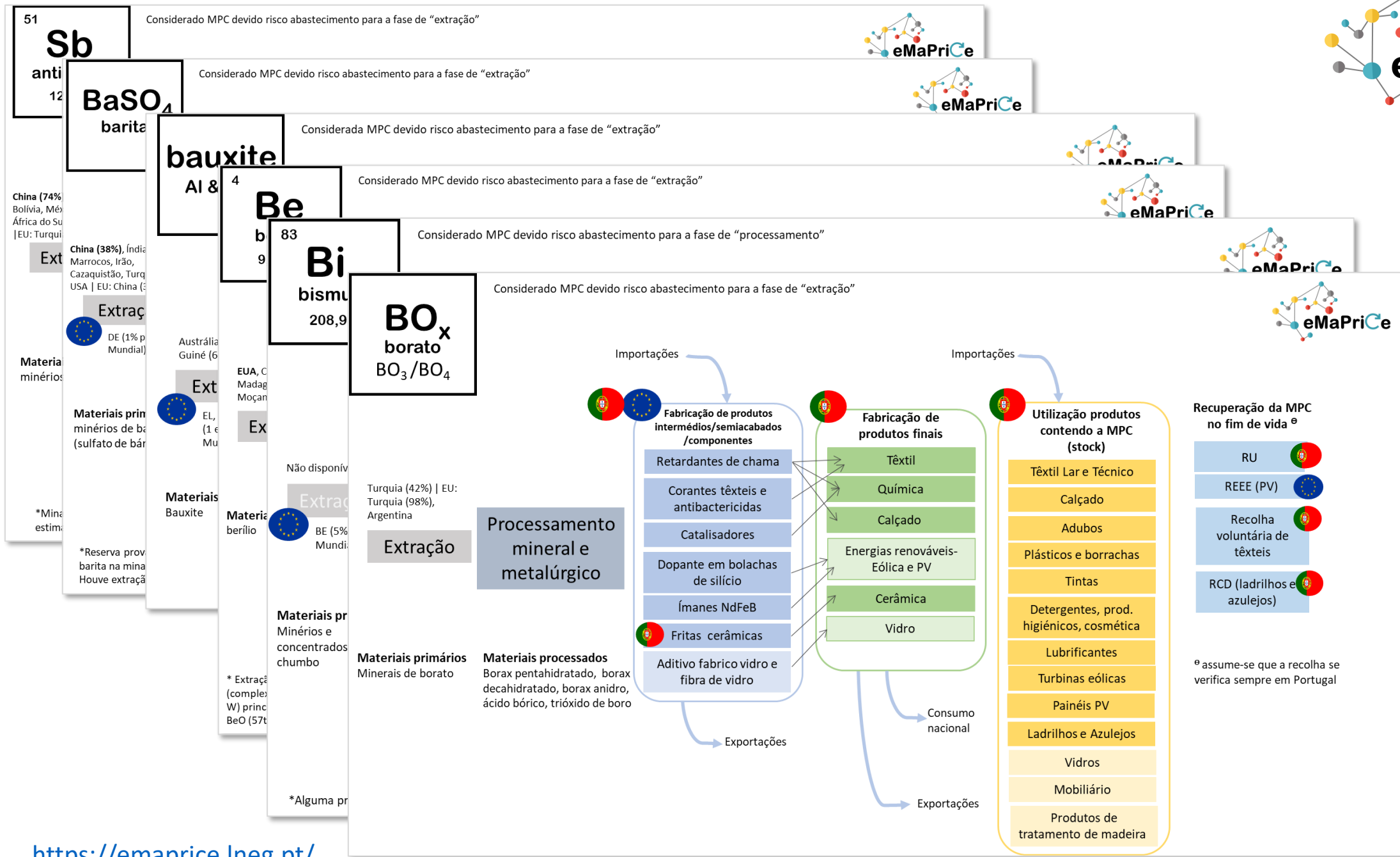
a) pré-consumo

- 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,D15)
 - 74% tratamento físico-químico (D9)

b) pós-consumo

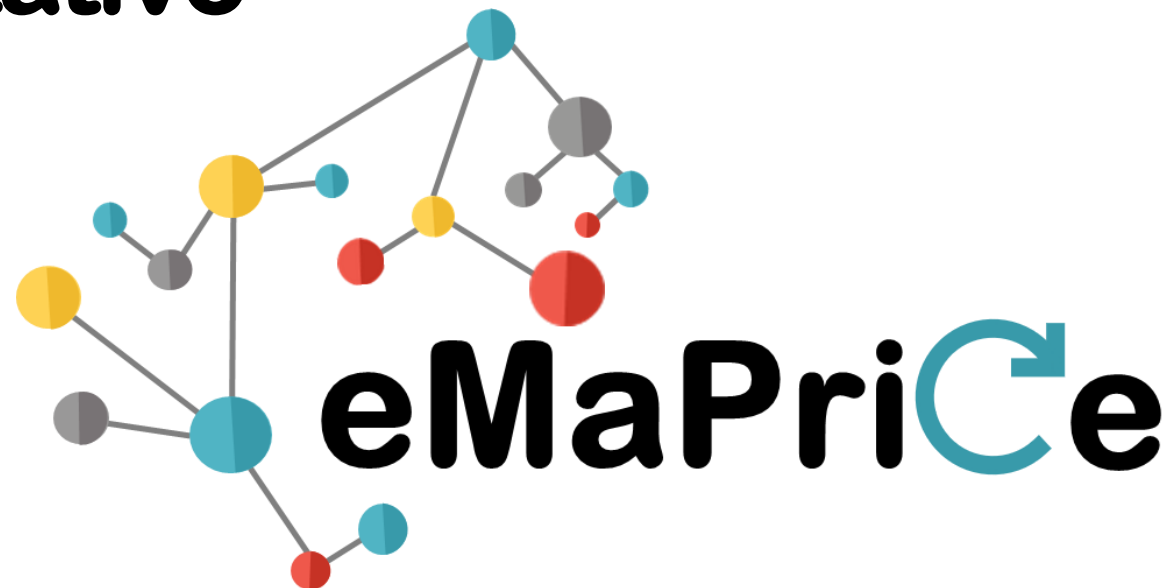
- RU indiferenciados, circuito de recolha voluntário REEE, baterias/acumuladores
- Códigos LER #200399, 200133/4/5/6, 16





Mapeamento quantitativo das MPC+

Caracterização das cadeias de valor dos principais produtos onde se encontram as 31 MPC+



Quantificação dos fluxos de MPC+

- › Extração/produção nacional
- › Importações (em produtos ou isoladamente)
- › Consumo interno
- › Exportações (em produtos ou isoladamente)
- › Stock
- › Resíduos

Produtos tipo considerados

têxteis



- › Peças de vestuário (kg)
- › Peças de têxtil lar (kg)
- › Têxtil técnico (kg)



cerâmica



- › Ladrilhos e pavimentos (m²)
- › Louça sanitária (n.º)
- › Telhas vidradas (n.º)



eq. elétricos e eletrônicos



- › TV (n.º)
- › Computadores, laptops e notebooks (n.º)
- › Telemóveis (n.º)
- › Lâmpadas fluorescentes e LED (n.º)
- › Placas circuito impresso (kg)

fertilizantes P



- › Fertilizantes de fósforo (kg)



setor automóvel



Veículos ligeiros de passageiros

- › Elétricos a baterias (plug-in) (n.º)
- › Híbridos plug-in (n.º)
- › Combustão interna (gasolina, gasóleo, gás natural e GPL) (n.º)



cortiça



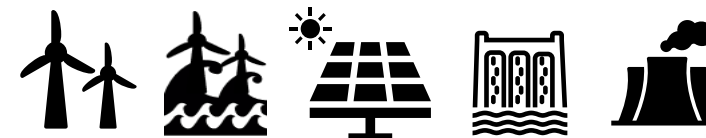
- › Rolhas (de cortiça natural e aglomerada) (t)
- › Pavimentos e revestimentos (t)
- › Isolamentos (t)



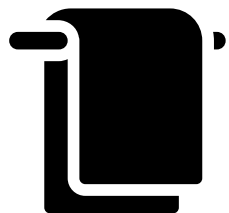
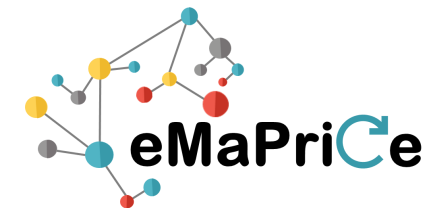
energias renováveis



- › Eólica onshore (MW)
- › Eólica offshore (MW)
- › Solar PV (MW)
- › Hidroelétrica (MW)
- › Geotérmico (MW)



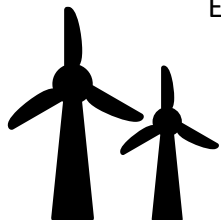
Alguns coeficientes unitários



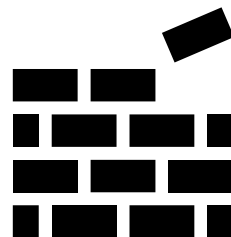
g/kg

0.05 BaSO_x
 0.125 BO_x
 0.00022 Borracha
 0.25 Co
 0.00005 Li
 0.025 Sb
 0.00005 Sc
 0.005 Sr
 0.05 Ti

Empresas do setor e CITEVE
 t/GW



67.00 LREE
 20.00 LREE-Pr
 39.00 LREE-Nd
 8.00 LREE-Pm
 1.00 HREE
 1.00 HREE-Tb



g/m²

3.44 Sb
 38.78 BaSO₄
 42.58 BO_x
 59.83 Co
 5.95 LREE
 5.95 LREE-Pr
 18.30 Li
 19.16 V

Empresas do setor e CTCV



g/equipamento

6.300 Co
 0.06 LREE
 0.010 LREE-Pr
 0.050 LREE-Nd
 0.011 MGP
 0.011 MGP-Pd



g/ veículo

805.11 Al&Ga
 0.03 Be
 8.83 Bi
 25.07 BO_x
 6,444.80 Borr
 8.89 Co
 23.51 LREE
 0.371 LREE-La
 1.52 LREE-Ce
 0.073 LREE-Pr
 21.28 LREE-Nd
 0.27 LREE-Sm
 0.766 HREE
 0.42 HREE-Y
 0.0001 HREE-Eu
 0.0005 HREE-Gd
 0.02 HREE-Tb
 0.34 HREE-Dy
 0.0003 HREE-Yb
 146.46 Sr
 0.27 Ga
 0.003 Ge
 0.005 Hf
 0.213 In
 13.345 Li
 8,593.50 Mg

4.01 MGP
 0.01 MGP-Ru
 0.11 MGP-Rh
 1.92 MGP-Pd
 0.02 MGP-Ir
 1.96 MGP-Pt
 149.89 Nb
 5.59 Ta
 538.91 Ti
 6.21 W
 89.72 V

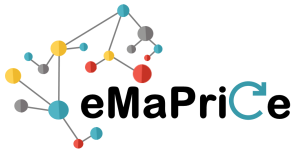


Incerteza substancial nestes valores, não considera diferentes produtos
Não se conseguiu obter coeficientes para todas as MPC+ identificadas

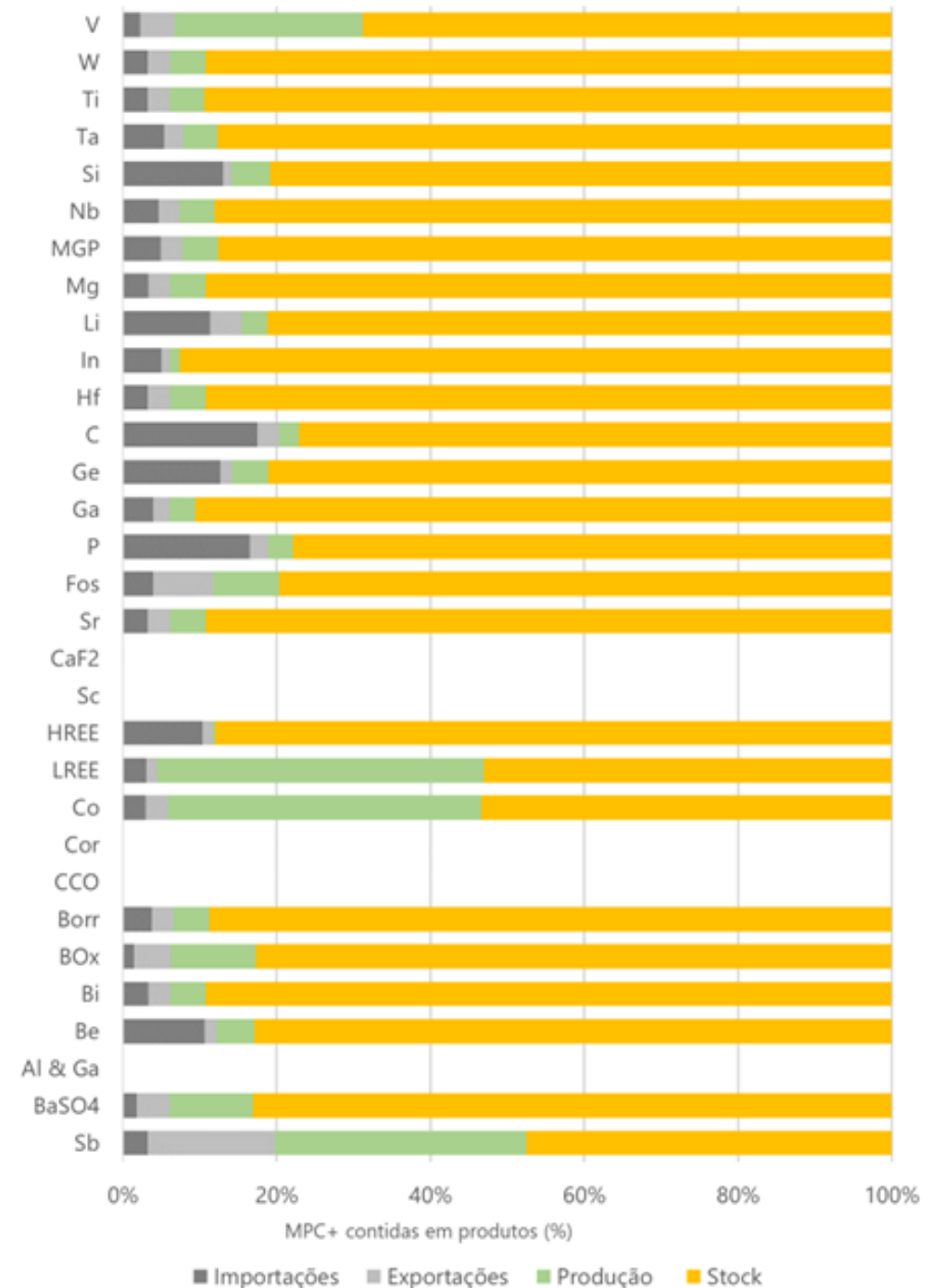
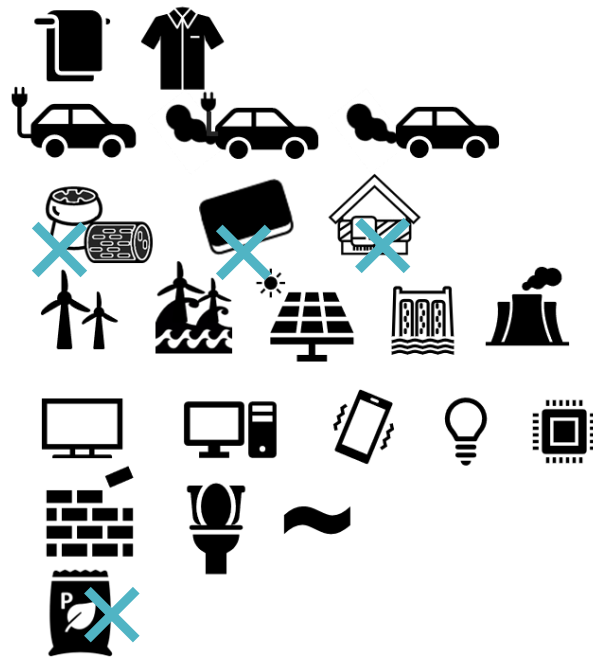


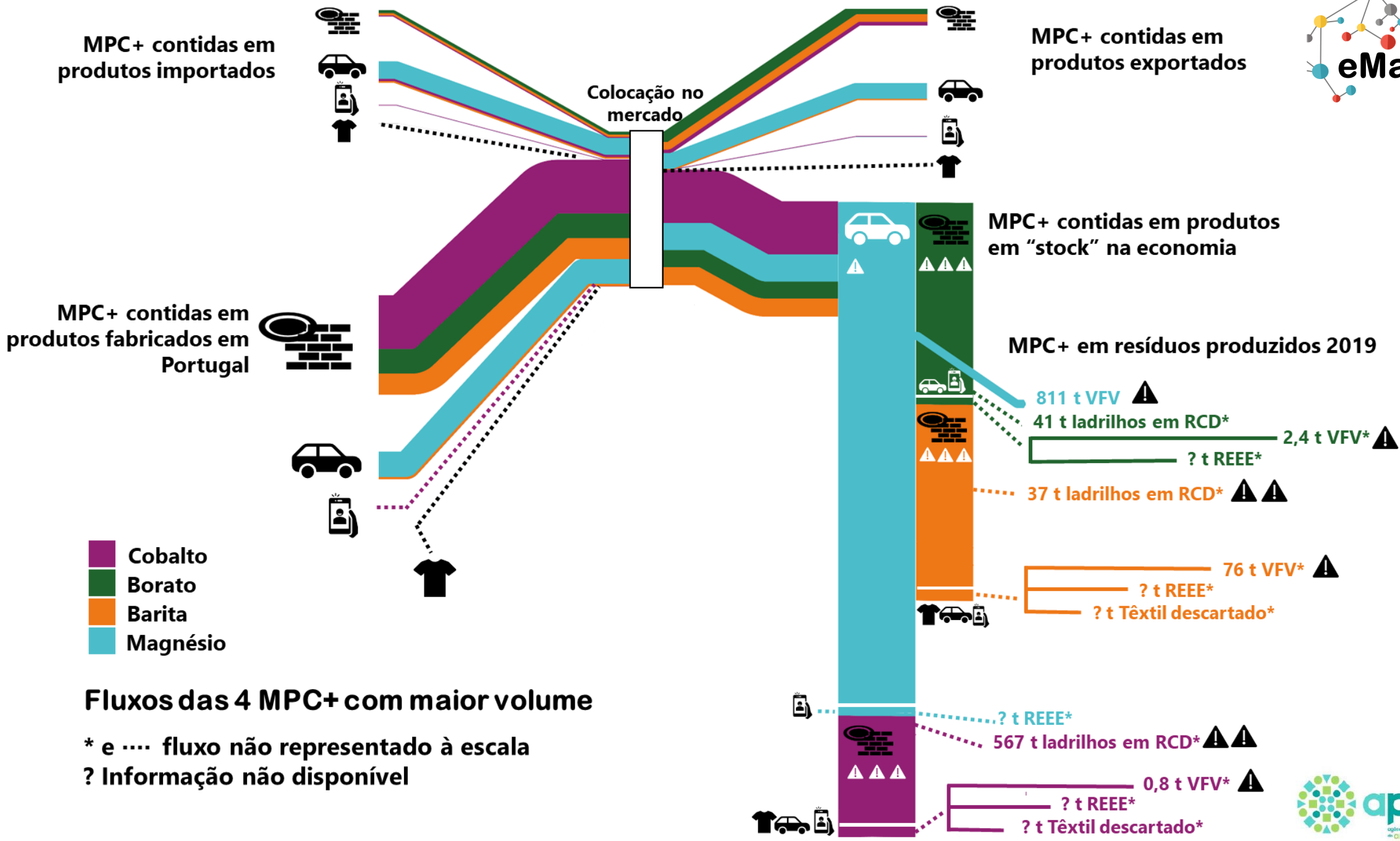
Principais fluxos de MPC+ para alguns produtos (%)

ano de 2019 para I, E e P (sem cortiça e fertilizantes P)



Há uma grande incerteza na estimativa dos valores de "stock" de produtos, especialmente cerâmicas e têxteis. Devem estar sub-estimados.





Extração feldspatos com Li

599,12 t

Li contido em produtos importados

Veículos 207,63 t

Cerâmica 24,44 t

EEE 6,30 t

Li contido em produtos fabricados em Portugal

Cerâmica 62,60 t

Veículos 4,54 t

EEE 1,04 t

Colocação no mercado

Exportação feldspatos com Li

536,56 t

Li contido em produtos exportados

Veículos 3,03 t

EEE 0,97 t

Cerâmica 85,86 t

Li contido em produtos em "stock" na economia

Cerâmica 1 495,76 t

Veículos 193,23 t

34,00 t

Li em resíduos produzidos em 2019

17,48 t ladrilhos em RCD

1,26 t VFV*

?t REEE*

3
Li
lítio
6,96

■ Lítio

Fluxos de Lítio

* e fluxo não representado à escala
? Informação não disponível

Extração W

Concentrados de W exportados

394,25 t

394,25 t

Colocação
no
mercado

W contido em
produtos exportados

1,31 t 
Veículos

W contido em produtos
importados

 1,48 t
Veículos

W contido em produtos
fabricados em Portugal

 2,11 t
Veículos

42,9 t 

W contido em
produtos em "stock"
na economia

W em resíduos produzidos em 2019
0,59 kg VFV (Veículos em Fim de Vida)*



74

W

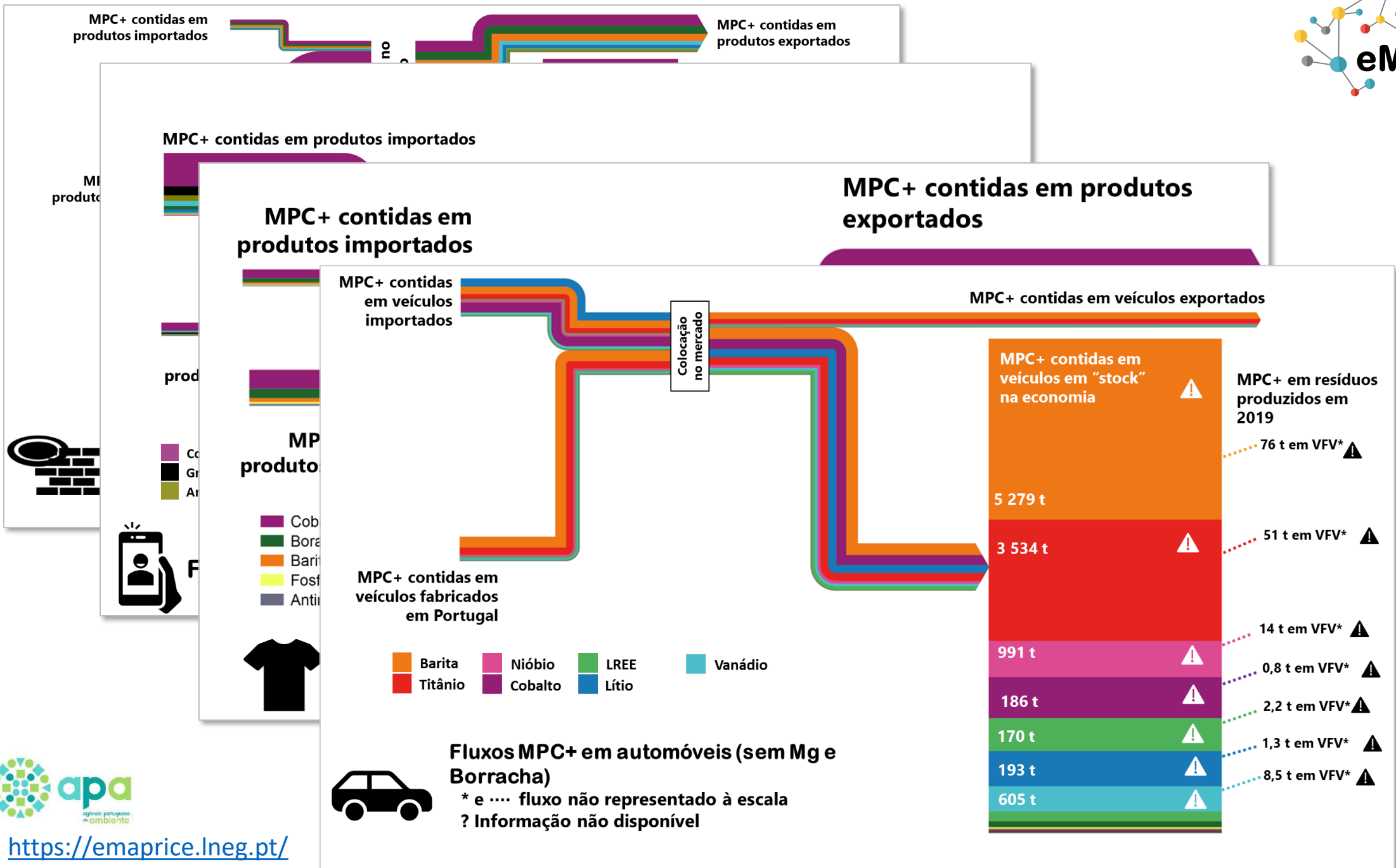
tungsténio

183,84

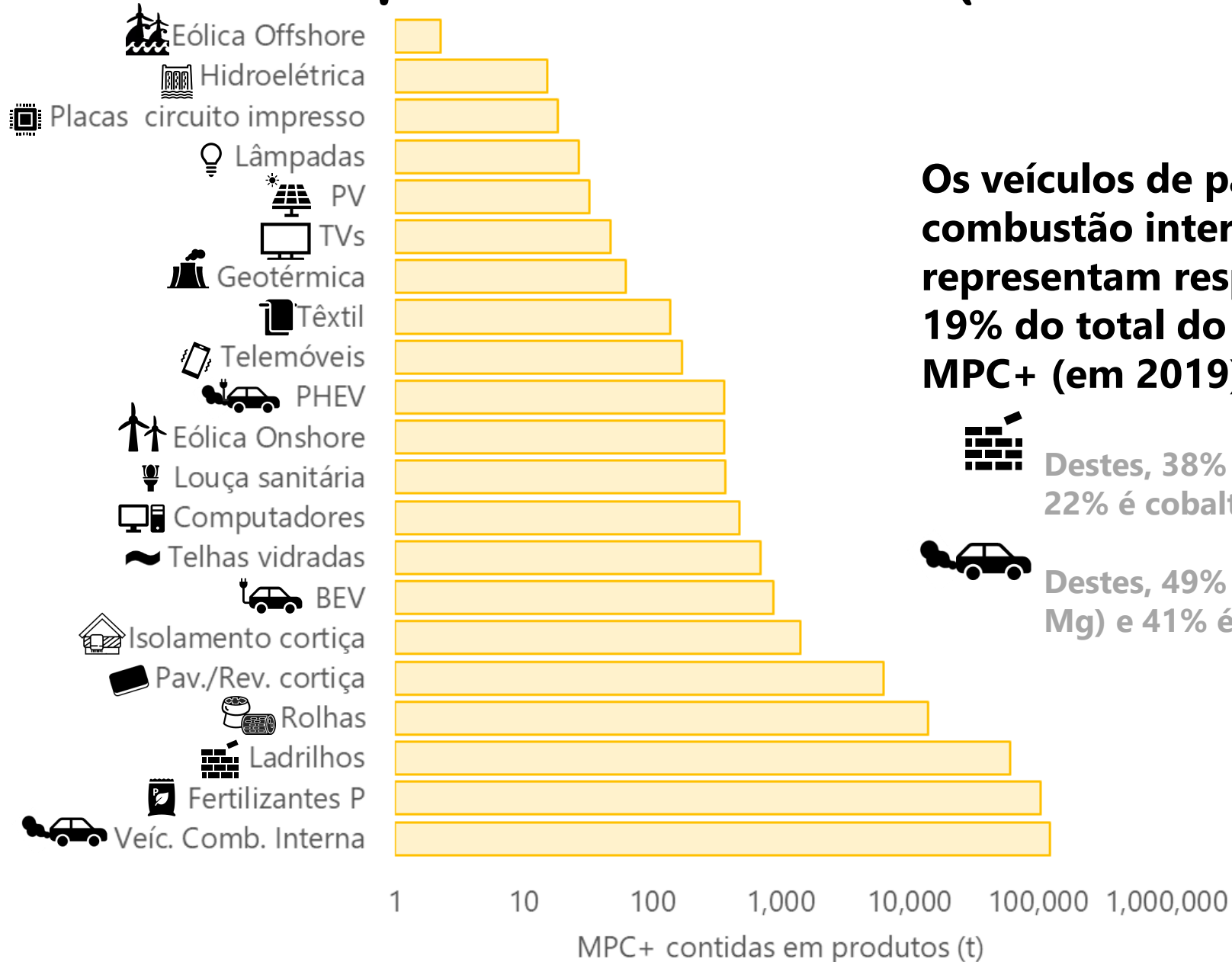
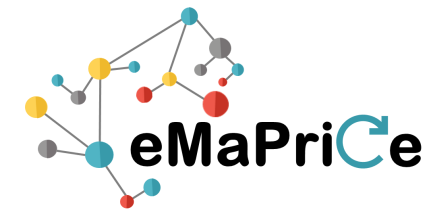
 Tungsténio

Fluxos de Tungsténio

* e.... fluxo não representado à escala



MPC+ contidas em produtos em “stock” (em 2019 em t)



Os veículos de passageiros de combustão interna e os ladrilhos representam respetivamente 39% e 19% do total do stock acumulado de MPC+ (em 2019)



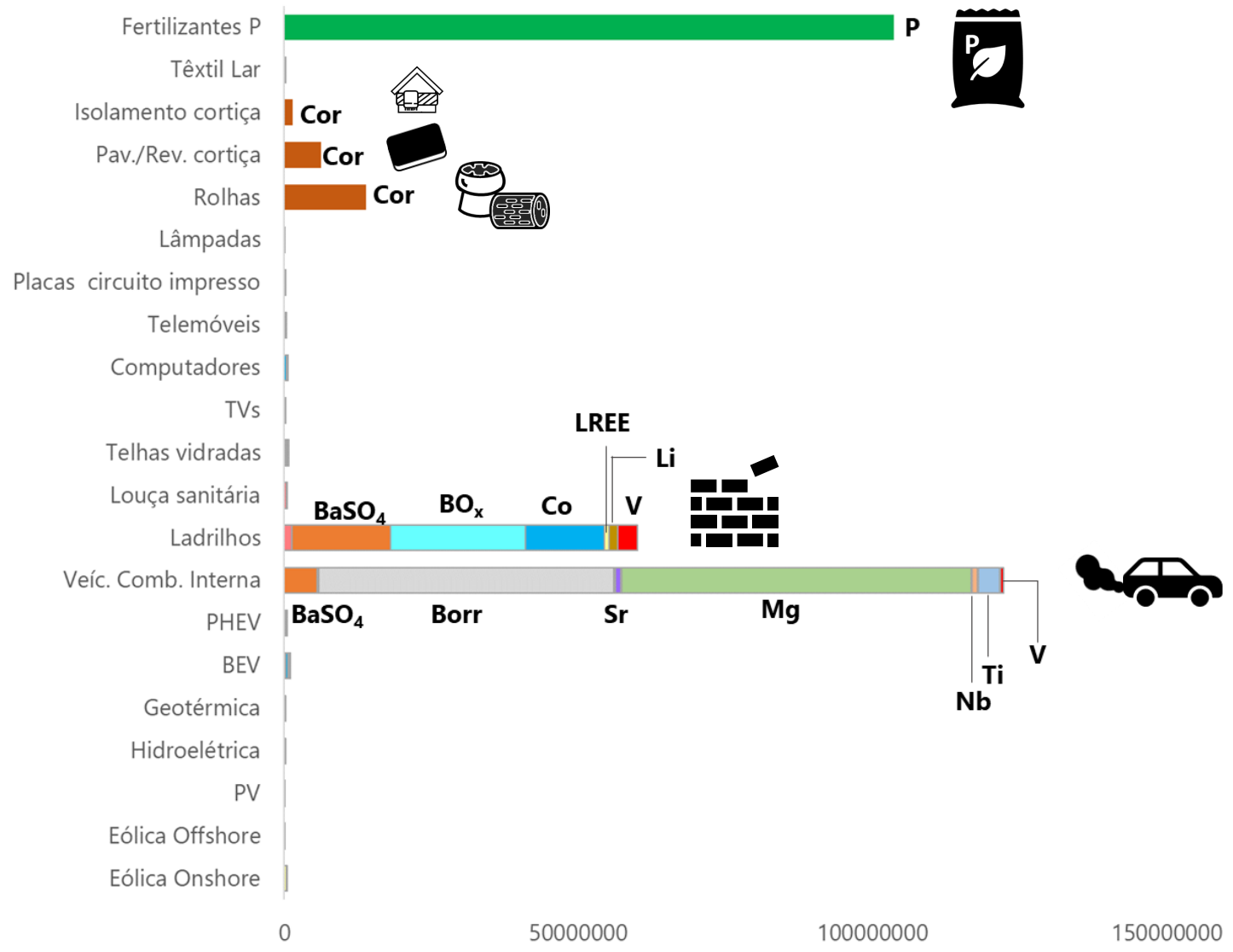
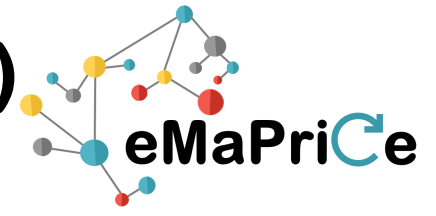
Destes, 38% é borato, 28% é baritae 22% é cobalto (vidrados)



Destes, 49% é magnésio (ligas de Al e Mg) e 41% é borracha natural (pneus)

Obs.: estas estimativas incluem o stock + a variação do stock em 2019

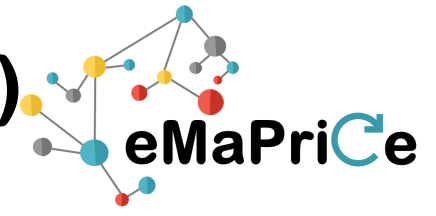
MPC+ contidas em produtos em “stock” (em 2019 em kg)



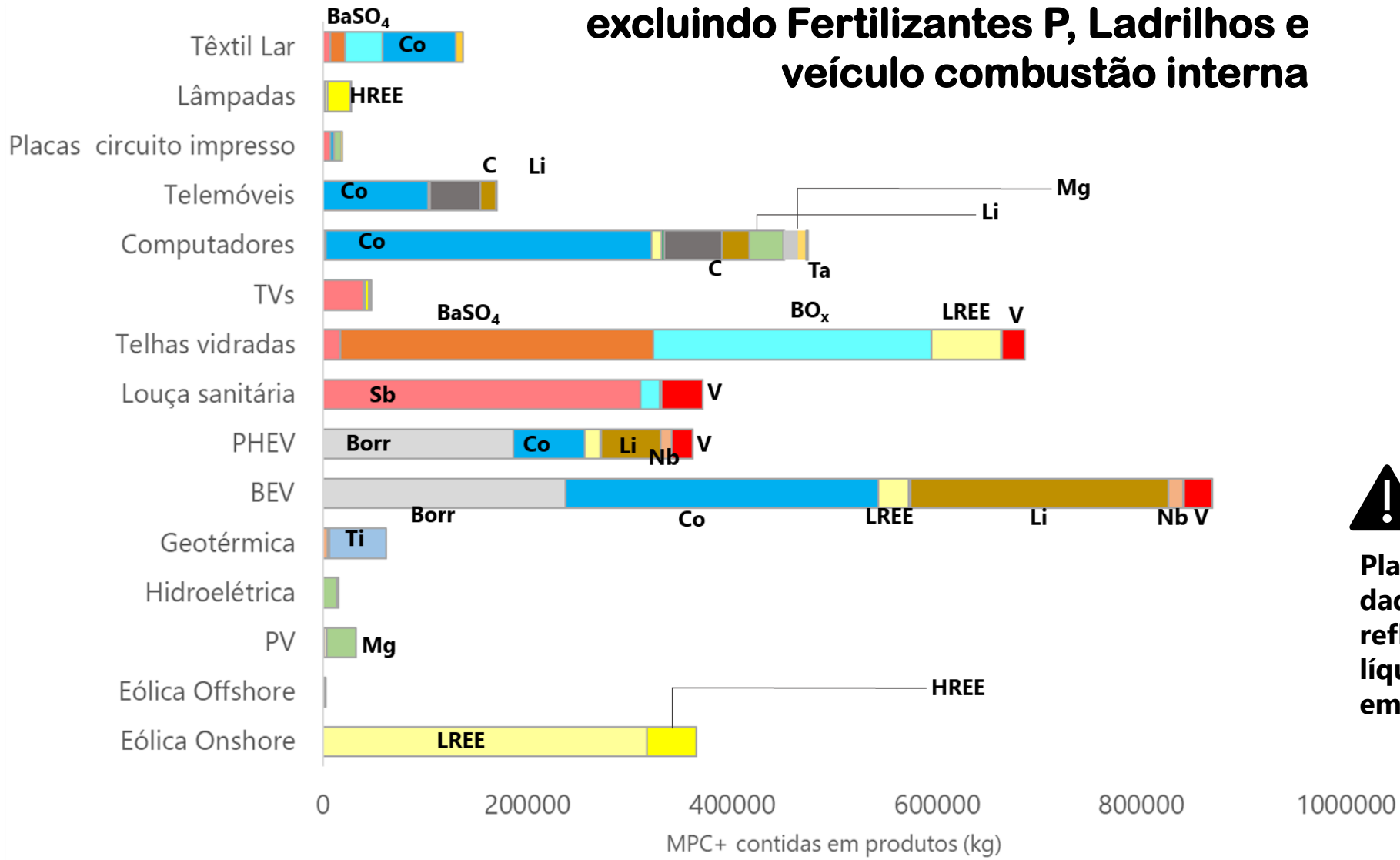
Fertilizantes e cortiça sem dados de stock - valores refletem apenas entradas líquidas no mercado nacional em 2019



MPC+ contidas em produtos em “stock” (em 2019 em kg)



excluindo Fertilizantes P, Ladrilhos e veículo combustão interna

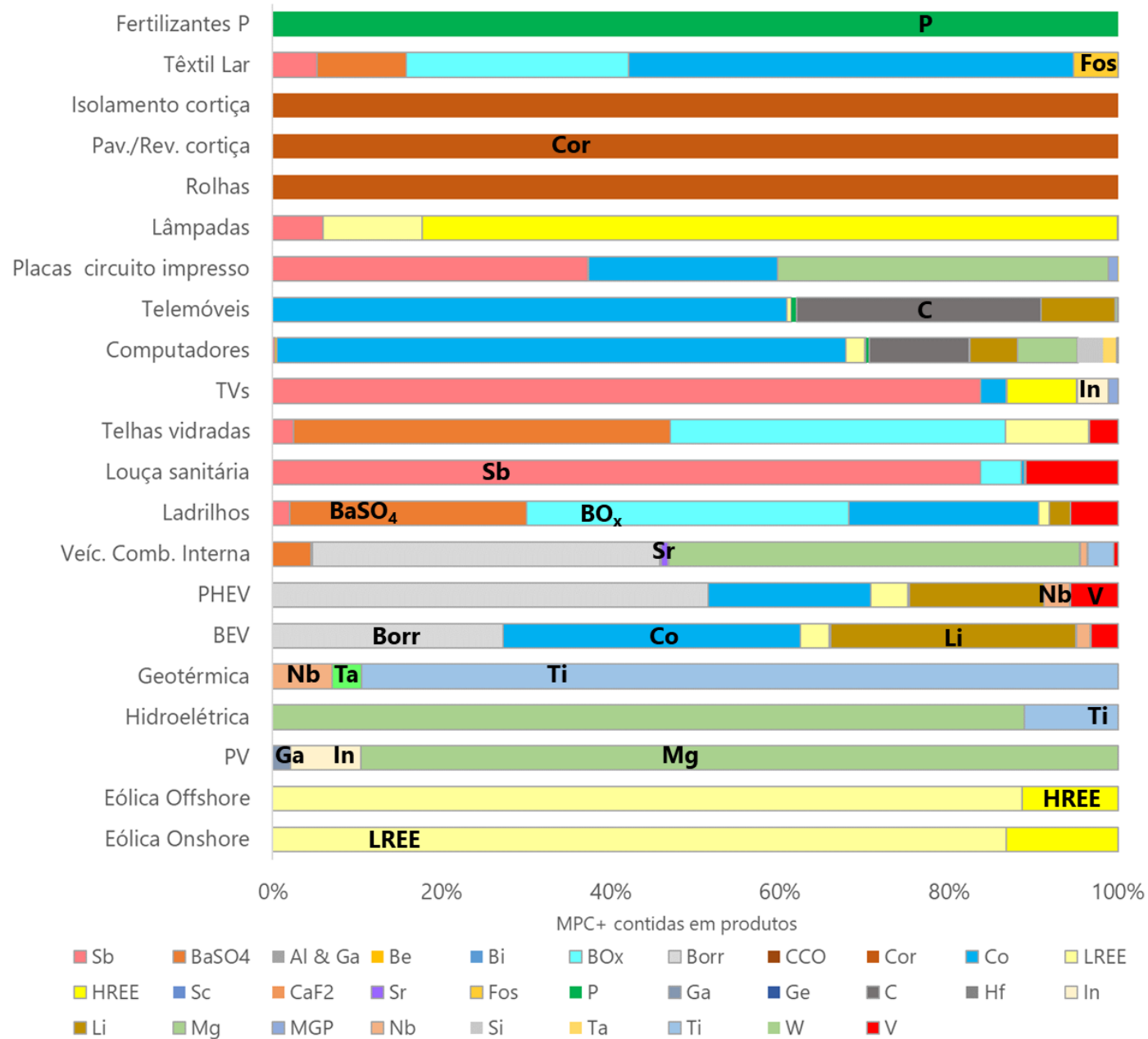
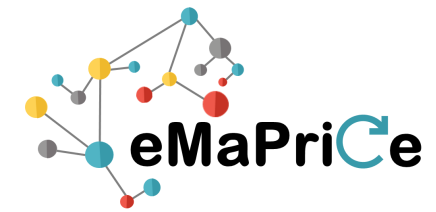


Placas circuito impresso sem dados de stock - valores refletem apenas entradas líquidas no mercado nacional em 2019

- MPC+ contidas em produtos (kg)
- Sb, BaSO₄, Al & Ga, Be, Bi, BO_x, Borr, CCO, Cor, Co, LREE
 - HREE, Sc, CaF₂, Sr, Fos, P, Ga, Ge, C, Hf, In
 - Li, Mg, MGP, Nb, Si, Ta, Ti, W, V



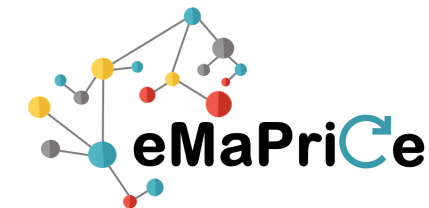
MPC+ contidas em produtos em stock em 2019 (%)



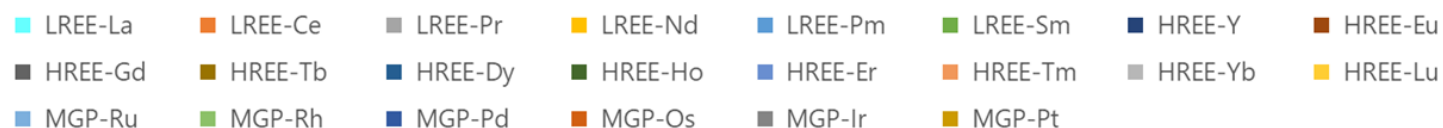
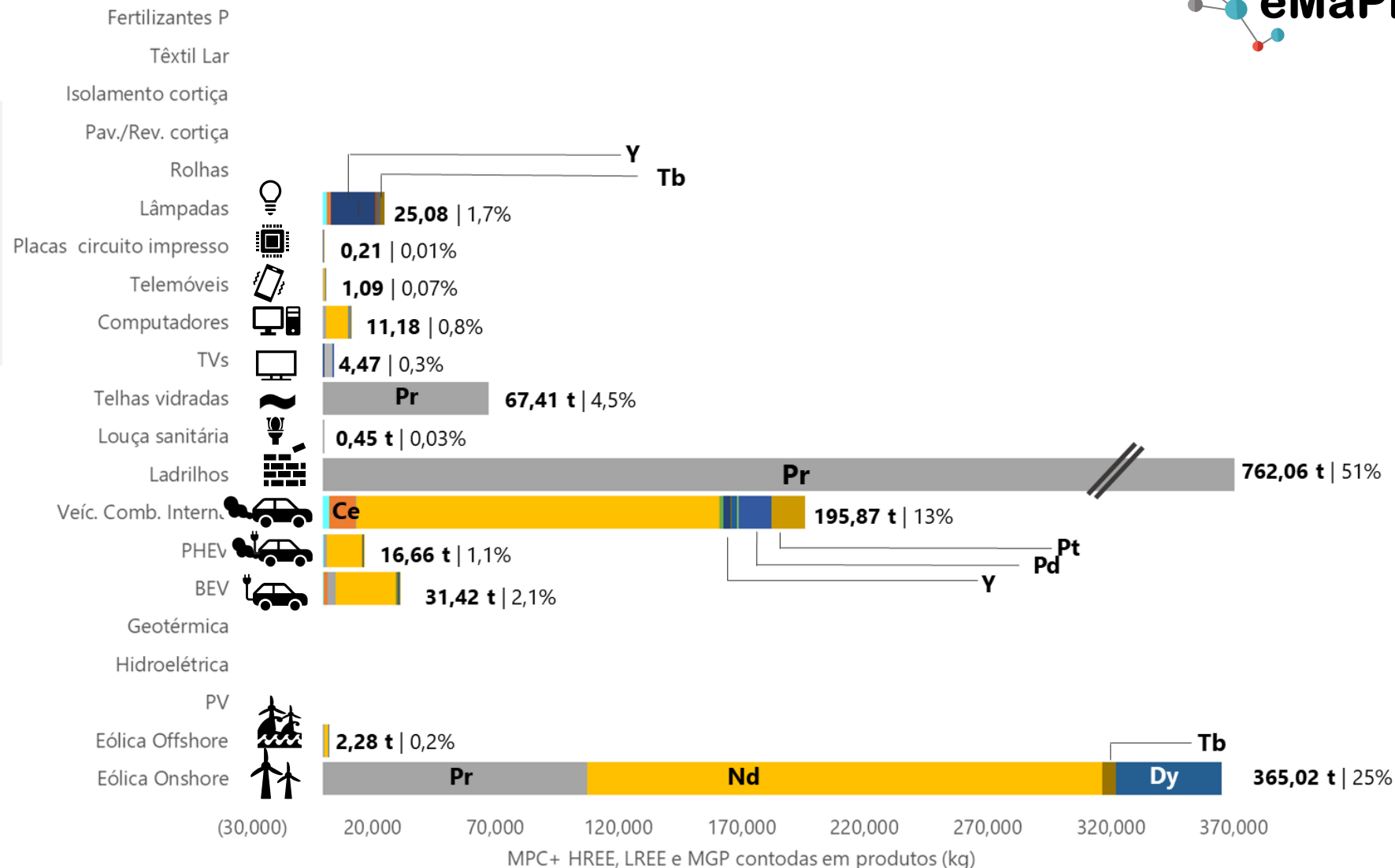
Estas 12 MPC+ representam 99% das MPC+ presentes em produtos em stock em Portugal:
 Antimónio (Sb), Barita (BaSO_x), Borato (BO_x), Borracha (Borr), Cortiça (Cor), Cobalto (Co), Praseodímio (HREE-Pr), Fósforo (P), Lítio (Li), Magnésio (Mg), Titânio (Ti), Vanádio (V)



MPC “raras” (HREE, LREE e MGP) em produtos em “stock” (2019 em kg)



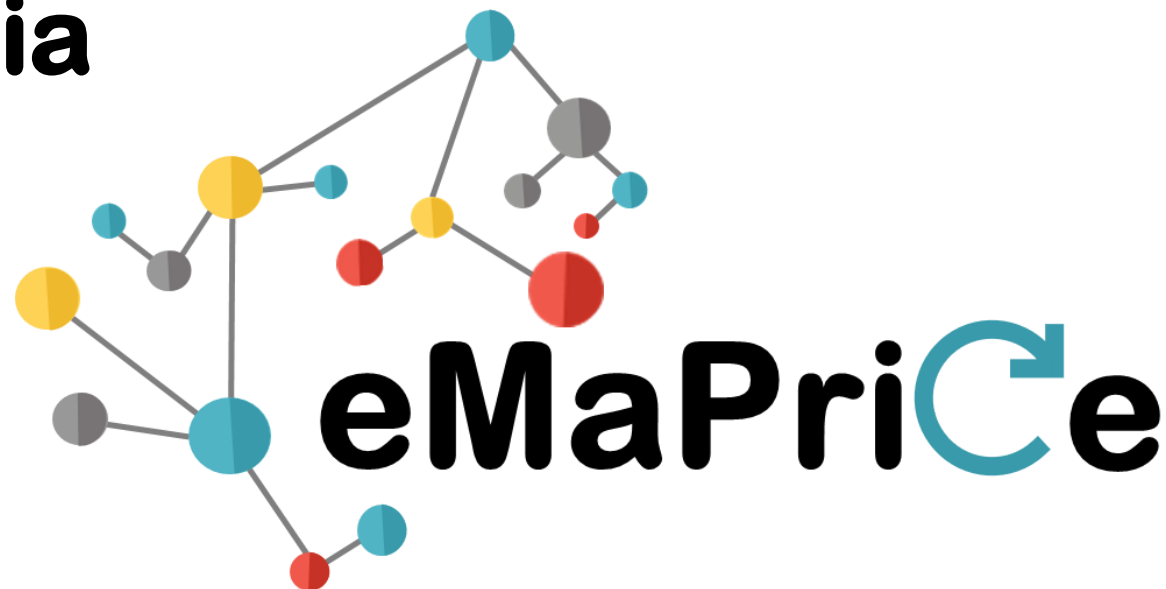
As MPC “raras” representam 0,5% das MPC+ em produtos em stock em Portugal, em 2019. Desses 0,5%, a distribuição por produto estudado (e o peso % no total das MPC “raras”) é a seguinte:



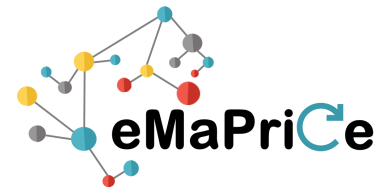
Identificação de estratégias de economia circular

Evitar que MPC+ se transformem em resíduos

- › Substituição aplicação de estratégias de EC
- › Potencial de desempenho (custo, maturidade tecnológica, impacte ambiental, geração de emprego, etc.)
- › Recomendações para instrumentos de política



Estratégias de economia circular (EC)



EC 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” para

diminuir a importação de MPC e aumentar a autossuficiência

Organizadas segundo

potencial na transição para a EC / etapa de intervenção na cadeia de valor

Complementadas por

Estratégias que diminuem a dependência e a criticidade (substituição da MPC+, aumento da produção – caso de MPC+ renováveis)

Caracterização de EC (literatura e consulta aos *stakeholders*)

- Potencial de desempenho
- Implicações a nível do design de produtos (design circular)
- Fatores de implementação como o custo, a maturidade tecnológica, o impacto ambiental, o potencial de geração de emprego, etc.



Extração e transformação

Fabricação

Utilização

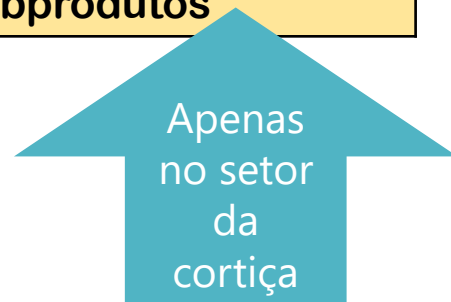
Pós-utilização

Aumentar a produção/extração	A
Maximizar a eficiência dos processos	R2
Valorização de subprodutos	V

Substituir a MPC+ por não crítica	S1
Substituir a MPC+ virgem por secundária	S2
Maximizar a eficiência dos processos	R2
Reciclagem interna	R2
Simbiose industrial	R2
Aumentar a durabilidade (intrínseca) dos produtos	R3
Valorização de subprodutos	V

Reparação, manutenção, atualização	R5
Utilização partilhada do produto	R1
Compra de desempenho	R1
Valorização de subprodutos	V

Reutilização	R4
Restauro e atualização	R6
Remanufatura	R7
Reciclagem	R8
Valorização de subprodutos	V



A: aumentar

S1/S2: substituir

R1: repensar | R2: reduzir | R3: retardar | R4: reutilizar | R5: reparar | R6: recondicionar | R7: remanufaturar | R8: reciclar

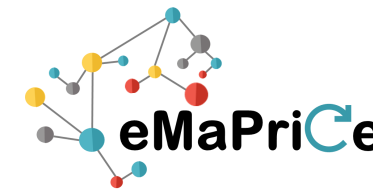
Inovação tecnológica

Inovação / design de produto

Inovação / modelo de negócio

Mudança socioinstitucional

Base de dados de exemplos de estratégias de economia circular MPC+



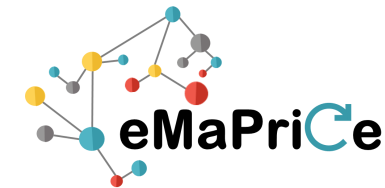
- › Categoria de produto
- › MPC+ presentes
- › MPC+ quantificadas
- › Descrição da estratégia
- › Potencial de poupança de MPC+
- › Intervenção a nível do design de produto
- › Maturidade tecnológica, organizada em 4 níveis
- › Implicações e/ou custo-benefício
- › Impacte ambiental
- › Impacte no emprego
- › Alterações ao sistema: novos atores
- › Alterações ao sistema: novas atividades
- › Observações
- › Fontes bibliográficas

Fabricação

Substituir a MPC por MP não-crítica													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas
Substituir a MPC virgem por MPC secundária													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas
Maximizar a eficiência dos processos													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas
Reciclagem interna													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas
Simbiose Industrial													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas
Aumentar a durabilidade (intrínseca) dos produtos													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas
Valorização de subprodutos													
Categorias de produtos	MPC+ presentes (assinalar as quantificadas com *)	MPC+ quantificadas	Descrição	Potencial de poupança da MPC	Intervenção a nível do design de produto	Maturidade tecnológica	Implicações financeiras e/ou Custo/benefício	Impacte ambiental	Impacte no emprego	Alterações ao sistema: novos atores	Alterações ao sistema: novas atividades	Observações	Fontes bibliográficas



Existem já muitas iniciativas de EC visando as MPC+?



- › Não visando especificamente as MPC+
- › muitos exemplos de **aumento da durabilidade dos produtos**, de **intensificação da sua utilização** e de **aumento da reciclagem** que permitem reduzir o consumo de MPC+

Em que fases do ciclo de vida?

EC especificamente para MPC+:

- **Fabricação:** substituição MPC por não críticas (exemplos raros e por vezes com perdas de desempenho)
- **Pós-utilização:** reciclagem MPC (ainda bastante limitada, principalmente setor automóvel e EEE)

EC com impacto no consumo de MPC+:

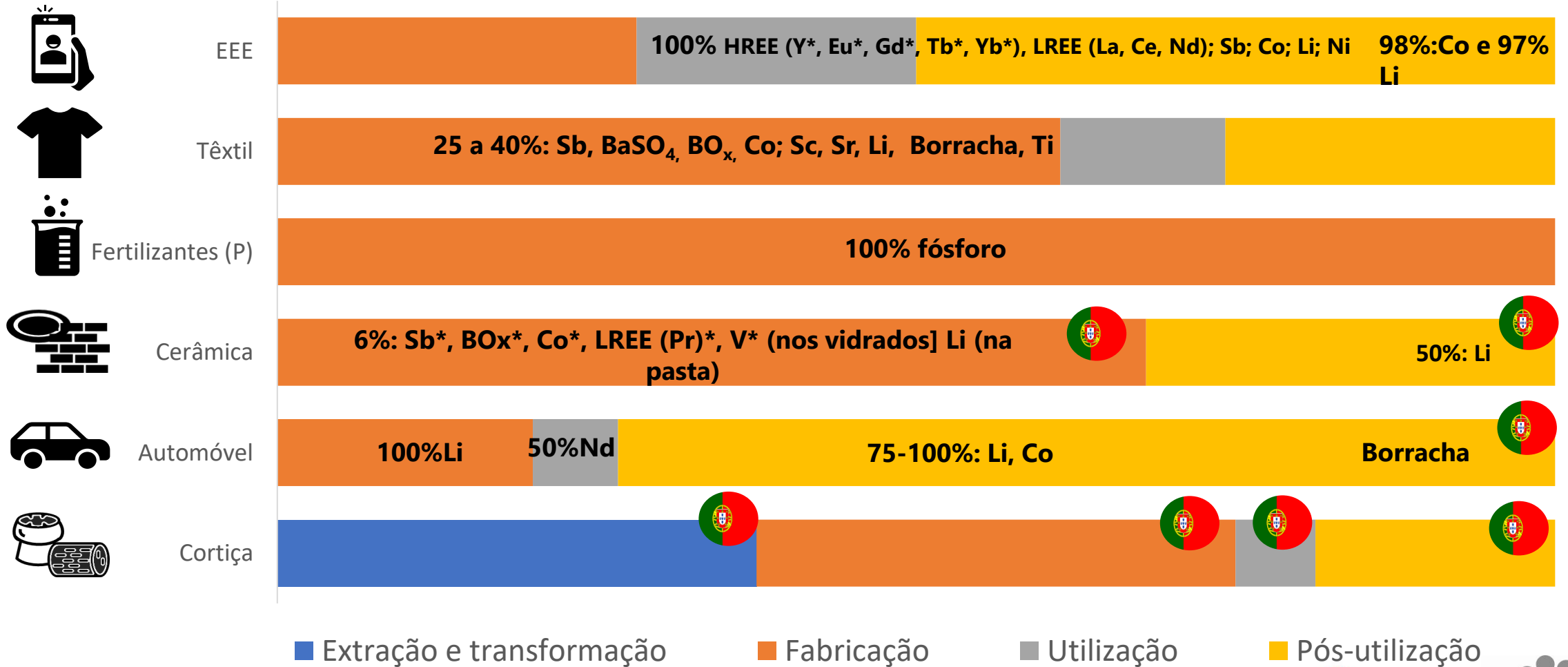
- **Fabricação:** aumento da eficiência dos processos e aumento da durabilidade intrínseca dos produtos
- **Utilização:** reparação e atualização, uso partilhado, aluguer (em crescimento, plataformas digitais são facilitadores, impacto em MPC e *trade-offs* desconhecidos)
- **Pós-utilização:** reutilização, venda em 2ª mão, remanufactura (em crescimento)

Tendência: de produtos premium para outros segmentos



Exemplos de estratégias de EC identificadas

Fase do ciclo de vida e setor



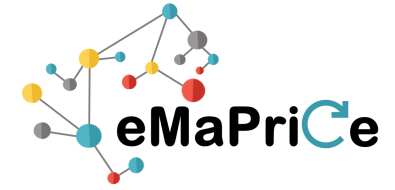
■ Extração e transformação

■ Fabricação

■ Utilização

■ Pós-utilização

Quais as alternativas de substituição de MPC por outras?



Exemplos limitados (n.º, desempenho, potencial de poupança de MPC+)

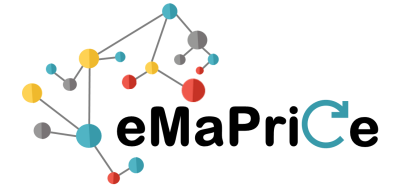
- **Automóvel**
 - baterias de iões de Li sem/baixo teor Co
 - ímanes permanentes (<50% Nd, substituído por outras MPC)
- **EEE**
 - Substituição de baterias de iões de Li por Na
- **Cerâmica**
 - Substituição de BO_x por fostatos
 - Substituição de Co por Ce, Fe, Mn ou V (com perda de desempenho)

**Área de investigação muito dinâmica com muitos novos desenvolvimentos
Devem estar a surgir novos exemplos rapidamente**



Recomendações

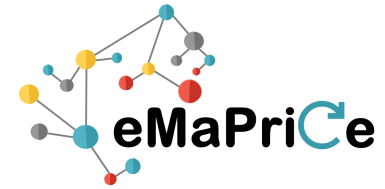
Como evitar que as MPC+ se transformem em resíduos?



- 1) Aplicação de medidas de EC a **novos produtos**
- 2) **Recuperação das MPC+ do stock existente para reciclagem** (fluxos específicos de resíduos, ex.: cortiça, EEE, automóvel, energias renováveis)
- 3) **Valorização de resíduos com MPC+** onde não é possível haver recuperação (ex.: têxteis, cerâmica)



Recomendações políticas - enquadramento



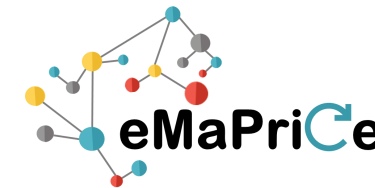
Ponto de partida do eMaPriCE

Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018:

“... 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.**”



Recomendações políticas - enquadramento

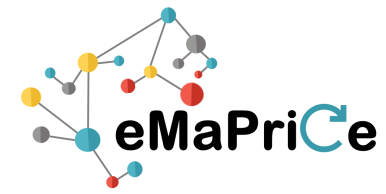


Proposta de Resolução do Parlamento Europeu sobre uma **estratégia europeia para as matérias-primas essenciais** (2021/2011(INI))

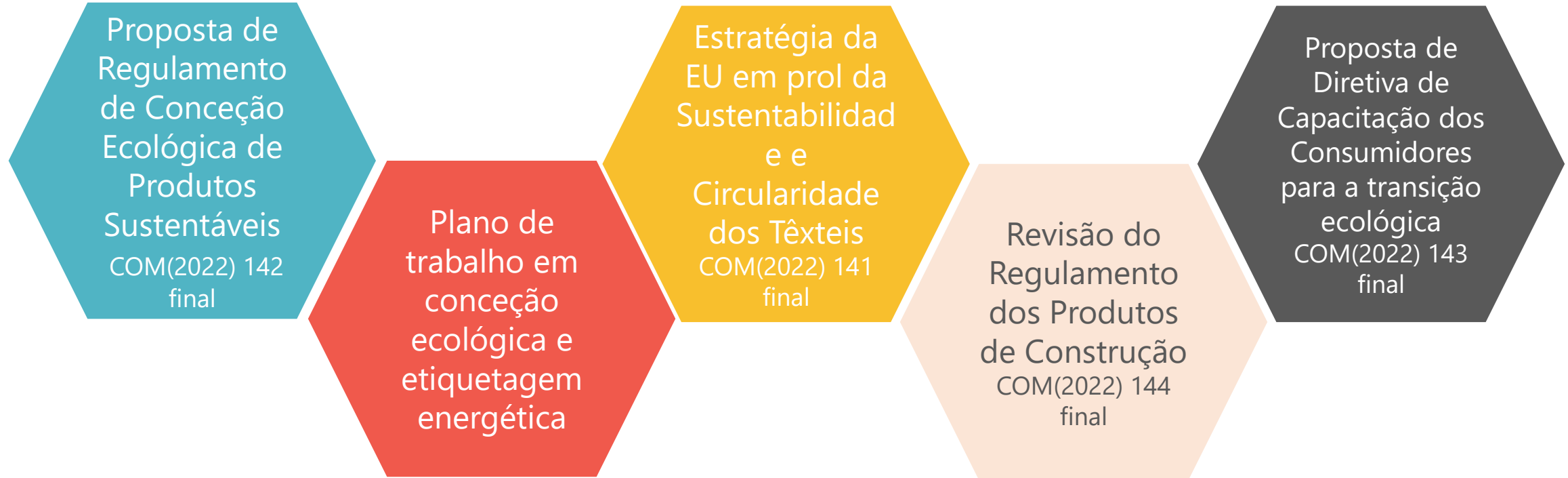
- › **Centrar-se apenas na reciclagem não será suficiente** para dar resposta ao aumento da procura de MPC
- › Embora a **substituição das MPC** tenha limites em termos de eficácia dos produtos, **é um objetivo**
- › É necessária **I&I no que diz respeito à reciclagem e à substituição de MPC, bem como 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**



Recomendações políticas - enquadramento



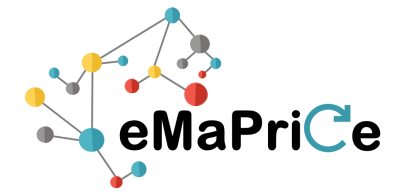
Pacote de propostas de EC centradas no Pacto Ecológico Europeu (30 março 2022)



MPC+ 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”**.








Recomendações de instrumentos de política (*draft* – a discutir)



<p>Promover o design circular de produtos e modelos negócio</p>  	<p>Requisitos relativos a MPC+ na contratação pública</p>  	<p>Introduzir responsabilidade alargada do produtor a novos setores-chave para MPC+</p>    
<p>Infraestruturas/logística para a reutilização, reparação e atualização de produtos contendo MPC+</p>  	<p>Requisitos relativos a MPC+ na rotulagem ecológica</p>  	<p>Aumentar competências sobre reciclagem de MPC+ em PT</p>  
<p>Incentivos financeiros/fiscais para o aumento da durabilidade dos produtos e novos modelos de negócio</p>   	<p>I&D para novas tecnologias de reciclagem de MPC+</p>   	<p>Quantificar a possibilidade de recuperação de MPC+ a partir de resíduos do setor da pedra / extração</p> 
<p>Teor de MPC+ obrigatório nos passaportes digitais</p> 	<p>Promover I&D para encontrar alternativas a MPC+</p>  	<p>Criação mercado(s) para MPC+ secundárias</p>  
<p>Estudos de viabilidade técnica, ambiental e sócio- económica de soluções circulares</p>  	<p>Criação de mercado para produtos em 2ª mão</p> 	

Efeitos esperados

-  Menor quantidade MPC+ na economia
-  Informação e rastreabilidade MPC+
-  Recuperação MPC+ pós consumo
-  Substituição MPC+ por não críticas / 2^{árias}
-  Aumentar disponibilidade MPC+ com origem PT

Recomendações de instrumentos de política – fertilizantes P (*draft* – a discutir)

Análise detalhada do conteúdo de P nas várias correntes identificadas, para permitir fechar balanços mássicos e assim quantificar o seu potencial de valorização.



Controlo analítico e registo das correntes residuais contendo P








Transporte em condições de conservação e com eficiência e eventual adaptação da produção de fertilizantes



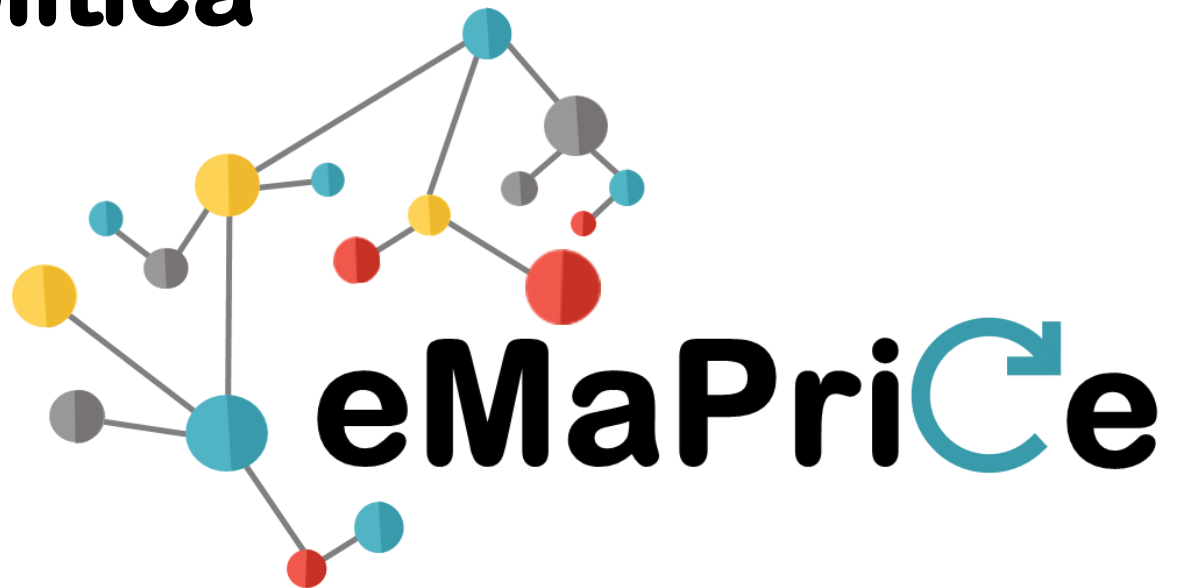
Novas unidades de produção de fertilizantes em locais próximos da geração de resíduos de natureza biodegradável e de aplicação no solo



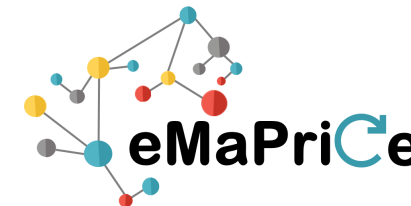
Efeitos esperados

-  Menor quantidade MPC+ na economia
-  Informação e rastreabilidade MPC+
-  Recuperação MPC+ pós consumo
-  Substituição MPC+ por não críticas / 2^{ârias}
-  Aumentar disponibilidade MPC+ com origem PT (EU para fertilizantes P)

Recomendações para instrumentos de política

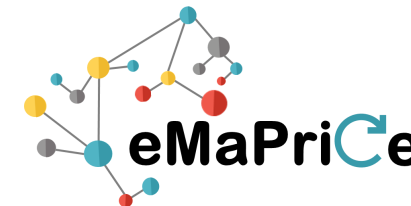


Outras recomendações



- › **Capacitação** para o tema MPC+
- › **Obtenção de informação primária sobre quantitativos** (eventualmente associada a I&D)
 - › Agentes dos setores + empresas gestoras de resíduos **caracterizarem quantitativamente produtos** (análises químicas de produtos acabados como no caso do têxteis) **ou resíduos** (ex. cinzas incineração, lamas ETA e quiçá ETAR) especificamente para MPC+ via análise laboratorial
 - › Agentes dos setores analisam informação em **fichas de segurança dos produtos** (composição de um produto químico)
- › Rever **a estrutura de informação de reporte** e alinhar com tema MPC+
 - › **Resíduos** atualmente orientada para dar resposta a outros temas na área ambiental (i.e. substâncias perigosas).
 - › **Produção industrial** dupla contagem de alguns produtos que reflete valor acrescentado
- › Metabolismos **regionais**
- › Existência de **infraestruturas nacionais para valorização de resíduos** (com MPC+)

Limitações transversais dos resultados



- **Falta de documentação técnico-científica nacional e internacional** sobre a utilização de MPC+ nas empresas dos setores focados, - **incerteza quanto à utilização e tipo de aplicação de MPC+ nestes setores de atividade**
- Tentou-se proceder a um levantamento mais aprofundados da informação, recorrendo a **inquéritos detalhados** aos *stakeholders* nacionais (associações 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 e centros tecnológicos** nesta temática
- Incerteza muito elevada quanto aos **coeficientes unitários de MPC+** utilizados (não consideram diferentes modelos e em alguns casos foi necessário agregar tipos de produtos)
- Dificuldade em associar **nomenclatura INE de importações, exportações e produção nacional** aos produtos considerados, verificando-se ainda duplas contagens em alguns casos e a falta de informação reportada devido a segredo estatístico (ex. caso das rolhas e da produção automóvel)
- Incerteza sobre presença de MPC+ nos resíduos dos setores de atividade 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)**. O mesmo acontece em relação ao formato da informação estatística disponível referente a produtos fabricados em Portugal constante no INE
- Abrangência do trabalho focou alguns **produtos representativos** dos setores com mais relevância

Obrigada pela atenção



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
	 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



Sofia Simões sofia.simoaes@lneg.pt

