

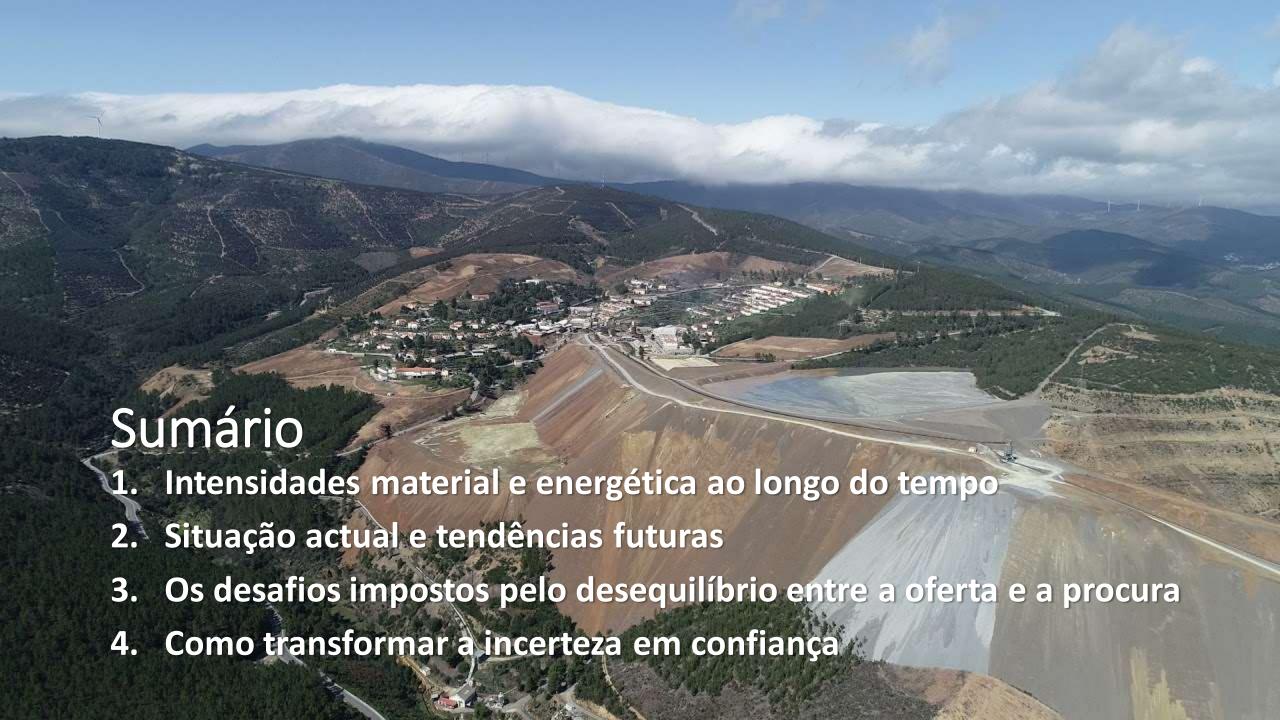


A inevitabilidade da prospecção mineral e mineração nas etapas futuras do desenvolvimento da Civilização Humana

A. Mateus







# Civilização

Civilização Agrícola

Lavoura

Domesticação

Aumento da população

Desarmonias regionais (função geo/biodiversidade)

Civilização Mecanizada/ Industrial

Maior produtividade

Maior eficiência

Aumento da população

Maior consumo e descarte

**Maiores impactos** 

**Assimetrias sociais** 

Disrupções ecológicas

Civilização Sustentável

Maior eco-eficiência
Mais e melhor tecnologia
Menor consumo
Menores impactos
Maior reutilização e
reciclagem
Maior consciência social e
ambiental

A (r)evolução tecnológica em curso procura suportar modelos de crescimento socio-económico com menor intensidade carbónica e maior ênfase nos paradigmas que consubstanciam o conjunto das transformações associadas ao movimento conhecido como "Indústria4.0".

Civilização Primitiva

Tecnologia básica

**Baixo Consumo** 

Forte dependência das intermitências naturais

# **Todos** os caminhos orientados para a:

- Transição energética
- Transformação digital
- Indústria 4.0, em todas as suas dimensões
- Reorganização social e
- Práticas consequentes de ordenamento sustentável do território

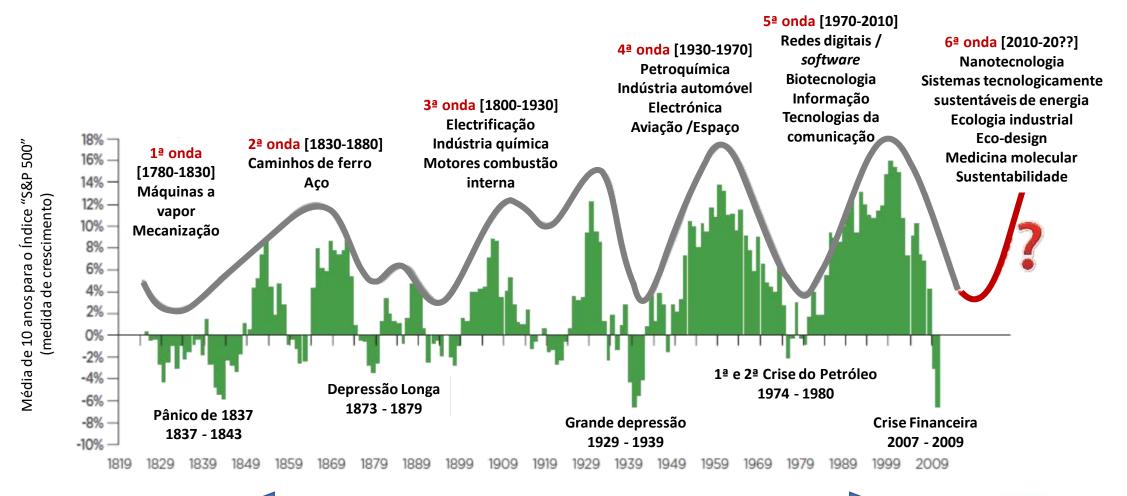
# **CONDUZEM** a:

- Aumento do consumo de metais
- Maior diversidade de metais
- Maior exigência quanto à sua qualidade



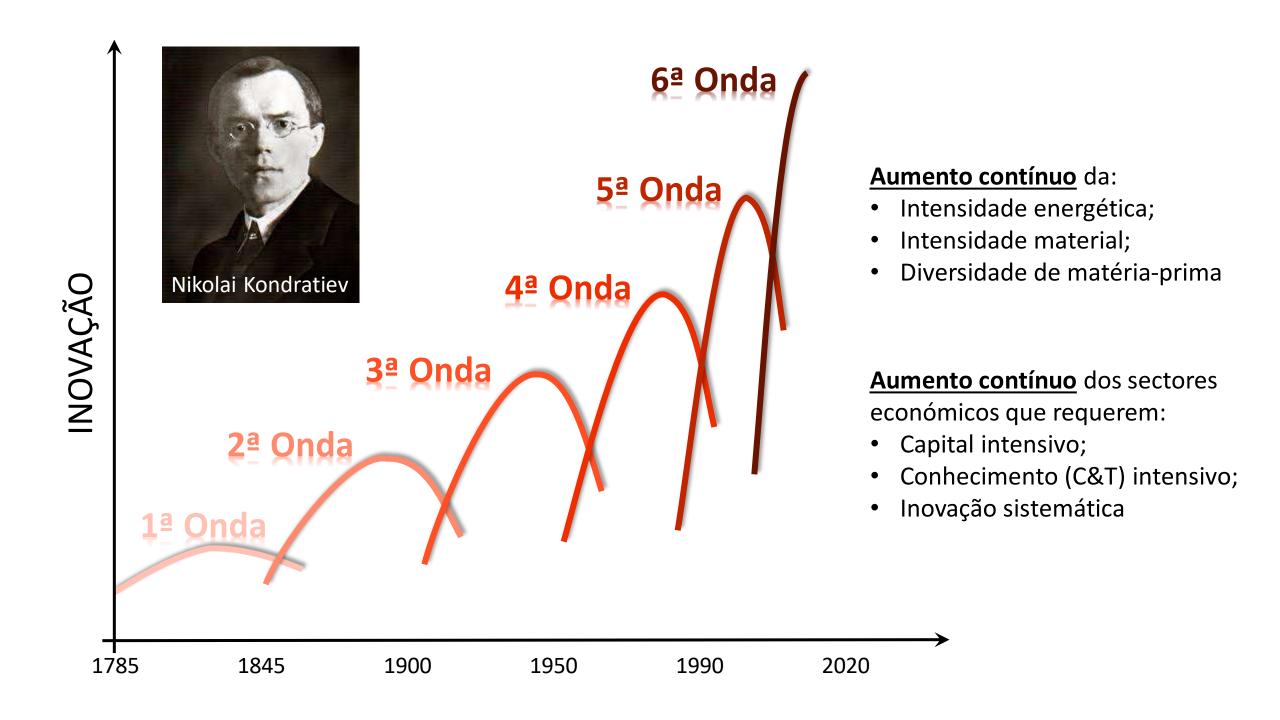


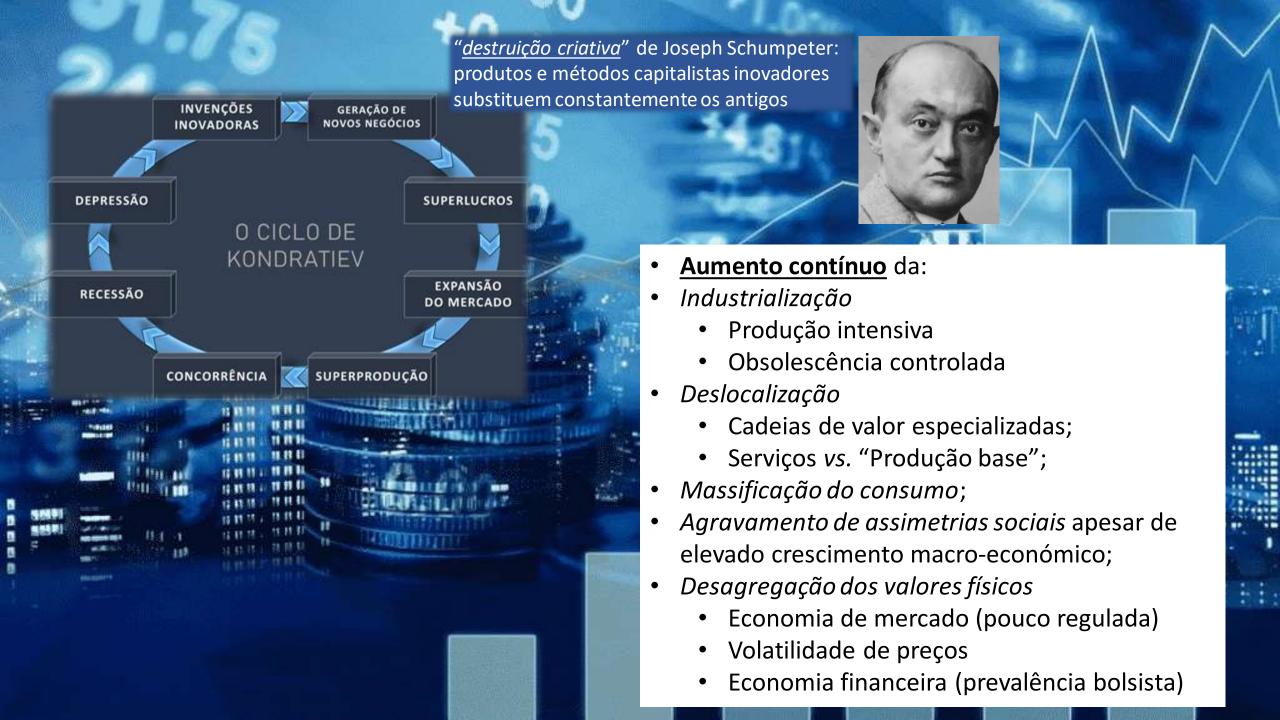
Intensidades material e energética ao longo do tempo Brevissima retrospectiva histórica da produção e consumo



Todos os 5 ciclos de crescimento global, marcados por sucessivas ondas de inovação, acederam a recursos primários (materiais e energéticos) baratos

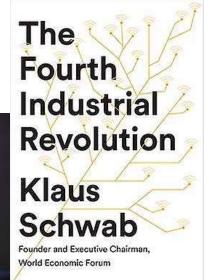






#### 6ª onda (ou ciclo) 4ª Revolução Industrial Indústria 4.0





1st Industrial Revolution 18th Century Steam-based Machines

3rd Industrial Revolution

(1st Information Revolution) Late 20th Century Computer and Internet-based Knowledge



Artificial Intelligence Information Technology Intelligence A.I. SW Information Big Data IoT

**PROGRAMING** 

**ENGINEER** 

ELLIGENCE

4th Industrial Revolution (2nd Information Revolution) Early 21st Century Desmateralização/Miniaturização

TECHNOLOG)

**FACTORY** 

BUILDING

SCIENCE

Robotização/Automação/IA

PROGRAM BUSINESS

- Aceleração conectividade digital
- Big data e Machine Learning

Descarbonização & Economia Circular

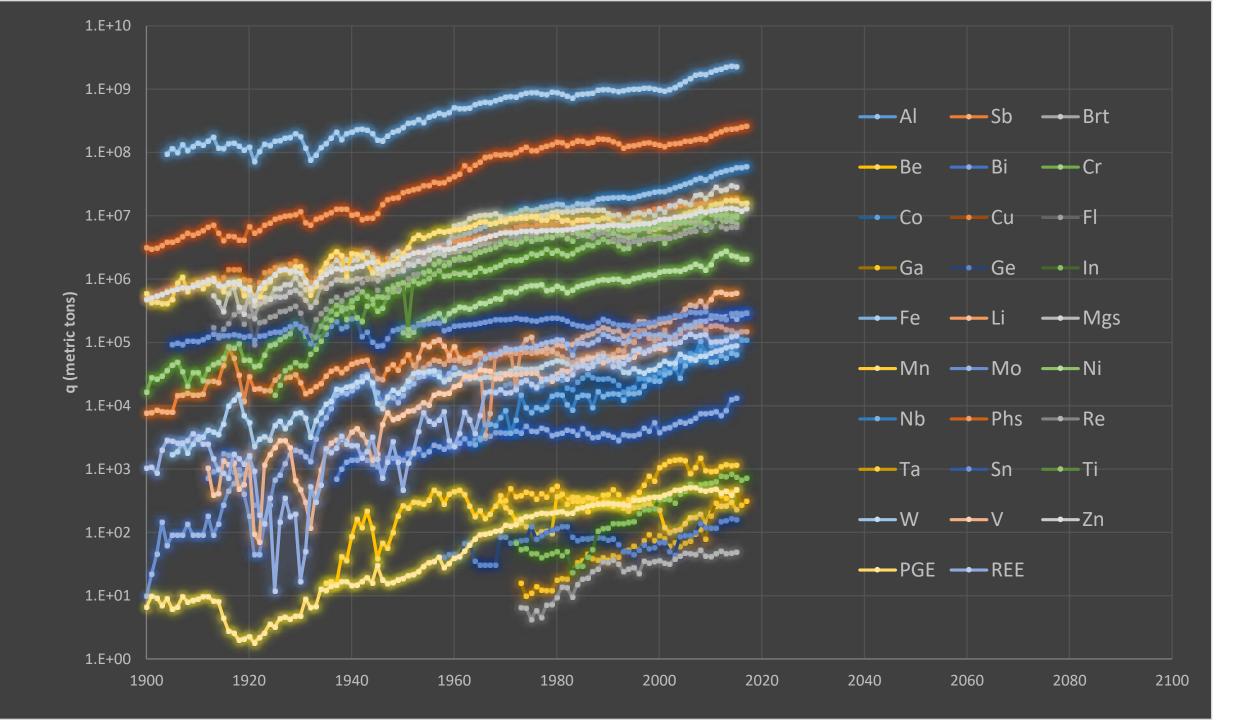
Dever de due diligence em ESG (Environmental, Social and Governance)

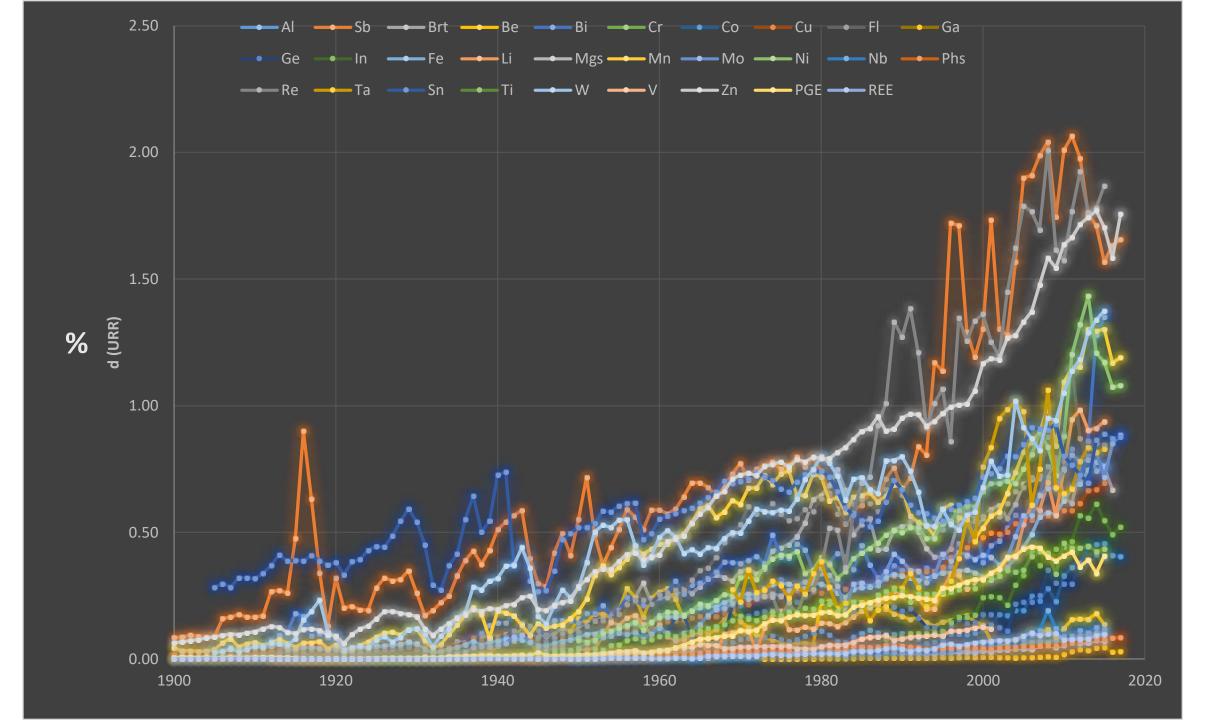
2nd Industrial Revolution

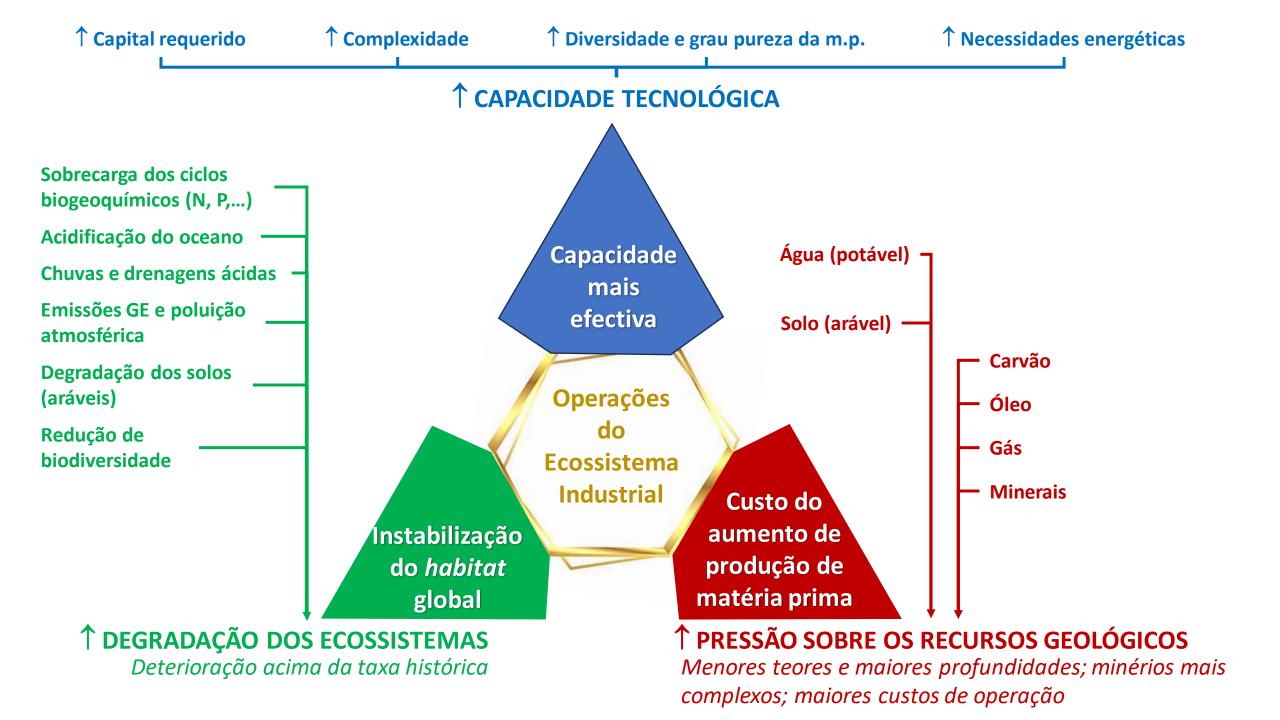
19th-20th Century Electrical Energy-based Mass Production

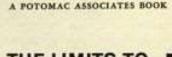












# growth

A REPORT FOR THE CLUB OF ROME'S PROJECT ON THE PREDICAMENT OF MANKIND

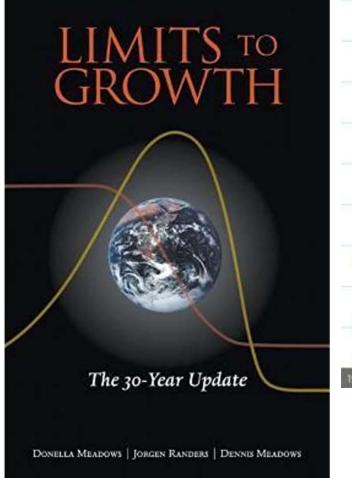
Donella H. Meadows Dennis L. Meadows Jørgen Randers William W. Behrens III

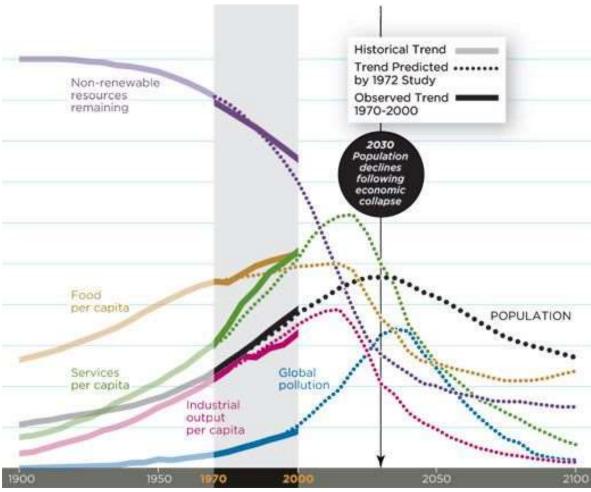


Universe Books

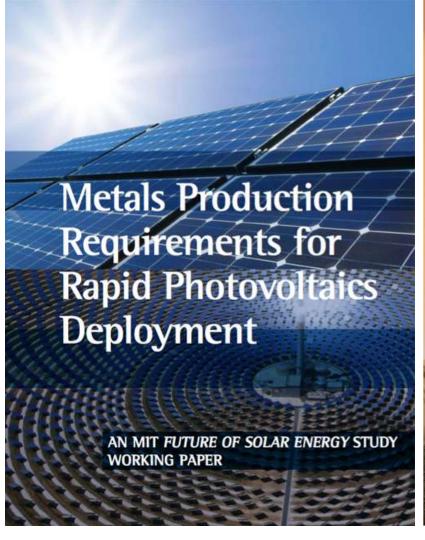


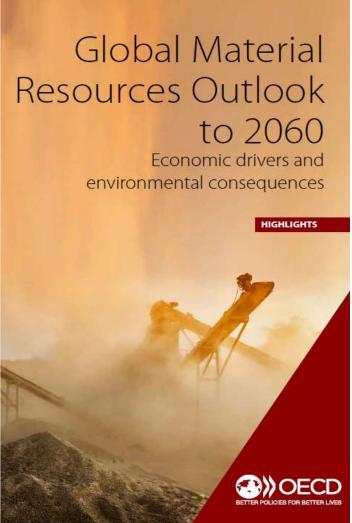


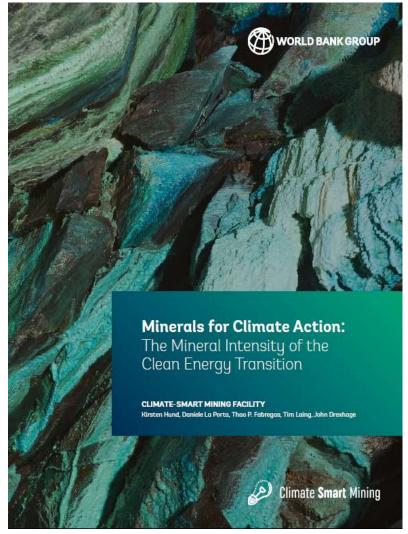














# A evolução recente da procura em matéria-prima mineral é devida:

1) Aumento das necessidades de países emergentes;

2) Rápida inovação industrial (tec. verde, equipamentos digitais,

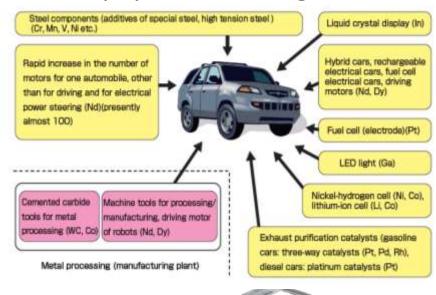
mobilidade eléctrica, etc.)











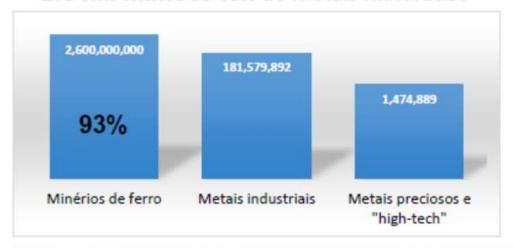
Co, Ga, In, Nb, Ta, W, PGE, REE, Cu, Ni, Pb, Bi, Li, Ag, Au

Enorme perplexidade quanto ao futuro desde o início do século XXI

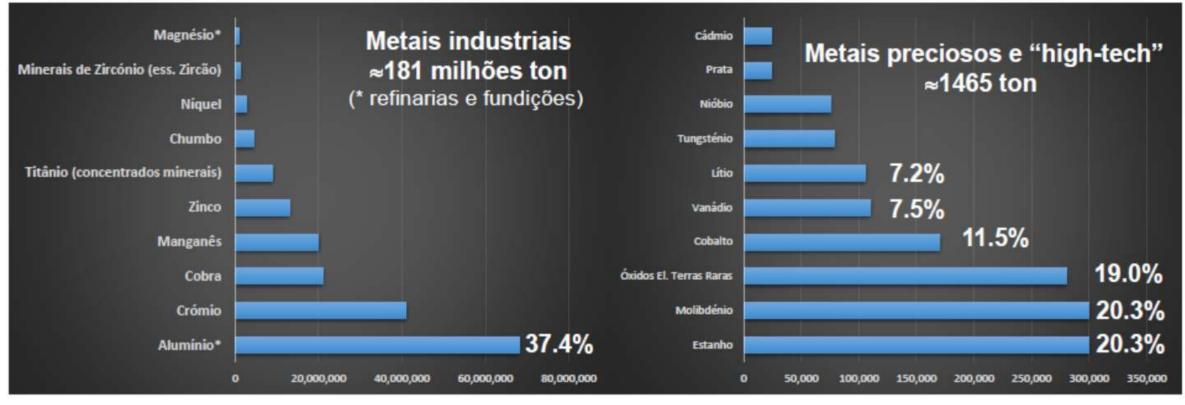
- "Bug" do milénio (que não aconteceu!)
- > 11 de Setembro 2001 e efeitos subsequentes
- > Adesão da China à Organização Mundial do Comércio
- ➤ Crise Económica e Financeira 2008/09
- > Eclosão da Primavera Árabe
- > Fluxos migratórios e fortes instabilidades sociais
- > Crescente consciencialização da crise climática e ambiental
- > Pandemia COVID19
- > Aumento dos ciber ataques e crescente influência das redes sociais
- > Crises geopolíticas agudas (e novos focos de guerra) impactando a segurança e o abastecimento energético e de matérias-primas
- Inflação galopante (iminência de nova crise económica?)....



#### 2.8 mil milhões ton de metais minerados



2021





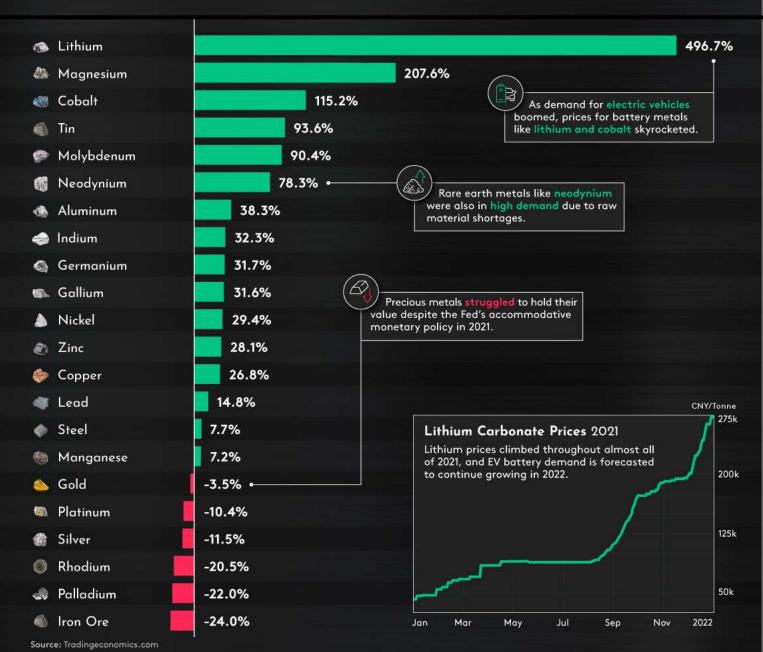
The Earth's natural resources power our everyday lives. VC Elements breaks down the building blocks of the universe.

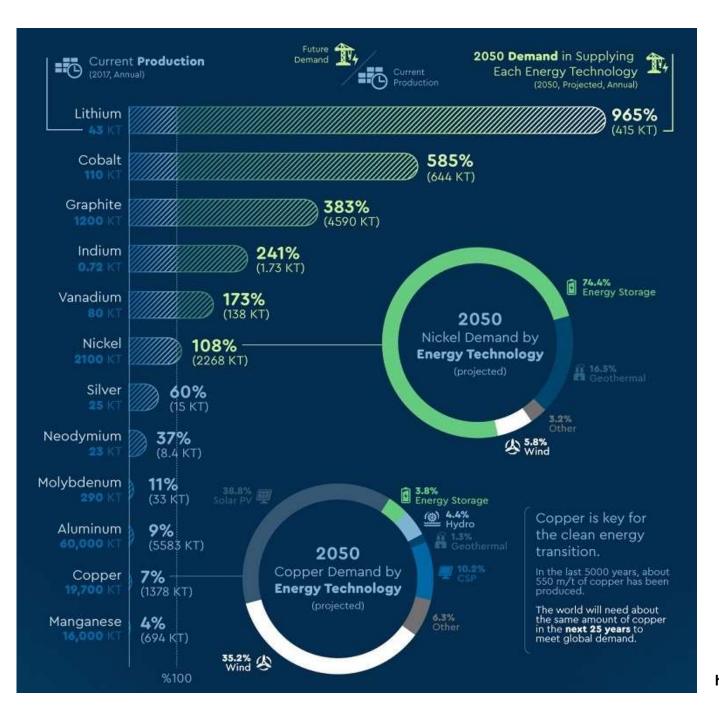
We live in a material world.

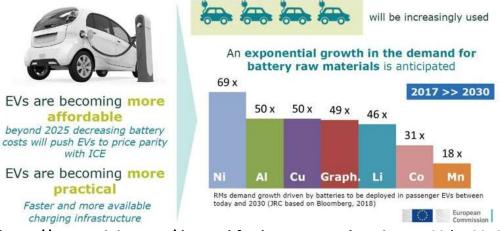
#### BASE METALS RALLY GAINS MOMENTUM



### How Metals Prices Performed in 2021







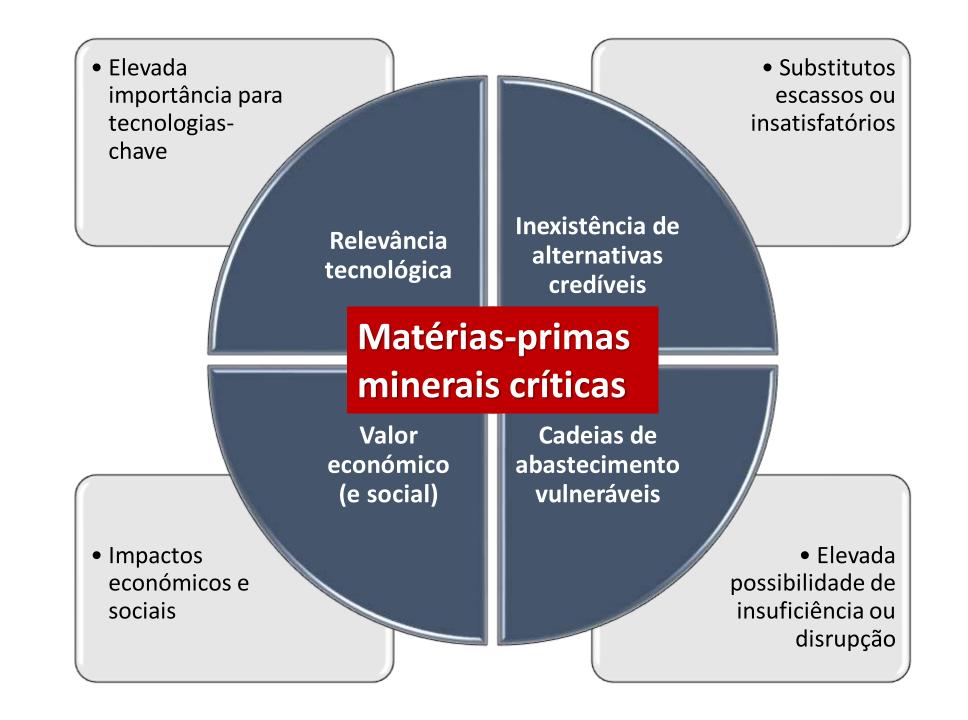
https://www.mining.com/demand-for-battery-metals-to-jump-500-by-2050/

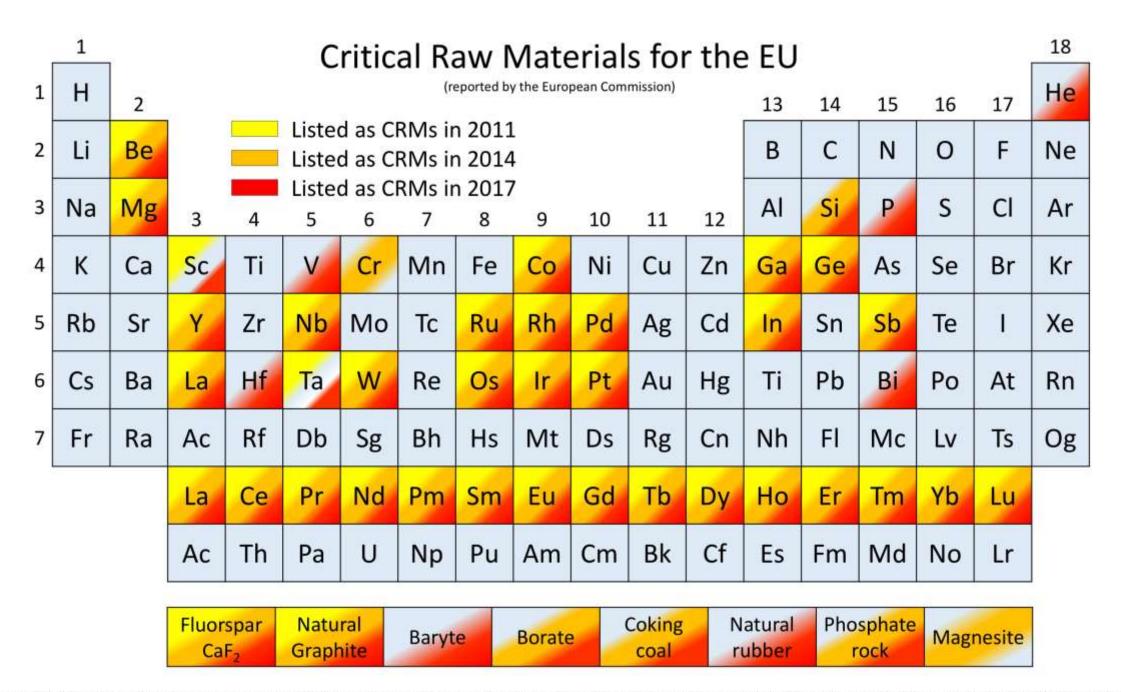


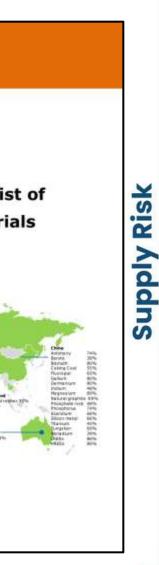
https://www.oryktosploutos.net/2019/07/europes-dependence-on-critical-raw/

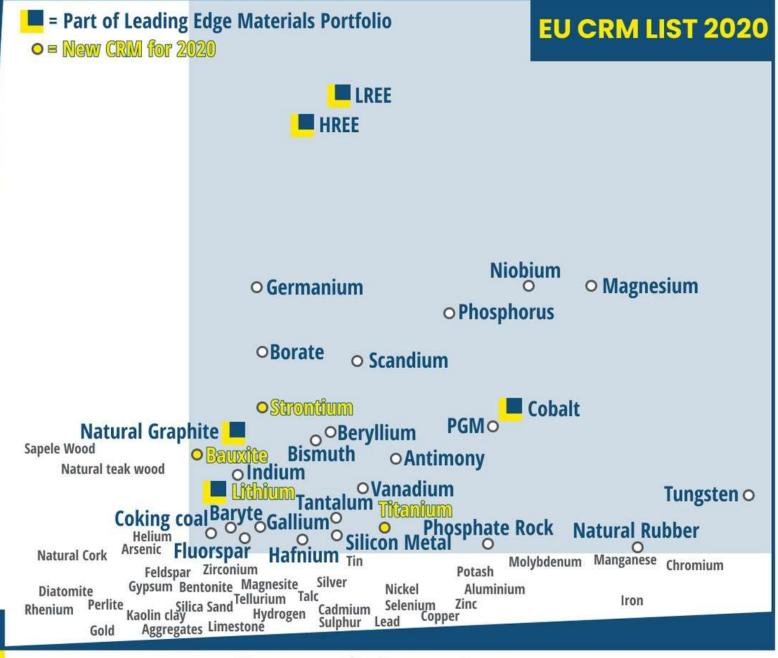


- Aplicações conhecidas e de uso massificado (crescimento linear)
  Inovações tecnológicas ⇒ soluções disruptivas que moldarão o futuro (aumento exponencial )
- Taxas de reciclagem baixas/moderadas: tempos de residência moderados/altos; factores de diluição/dispersão; deficientes sistemas de recolha seleccionada; nem sempre viável
- Substituição difícil; nem sempre economicamente favorável e sem prejuízo das características pretendidas para o produto
- Vulnerabilidades nas cadeias globais de abastecimento  $\Rightarrow$  possíveis disrupções  $\Rightarrow$  matérias-primas críticas

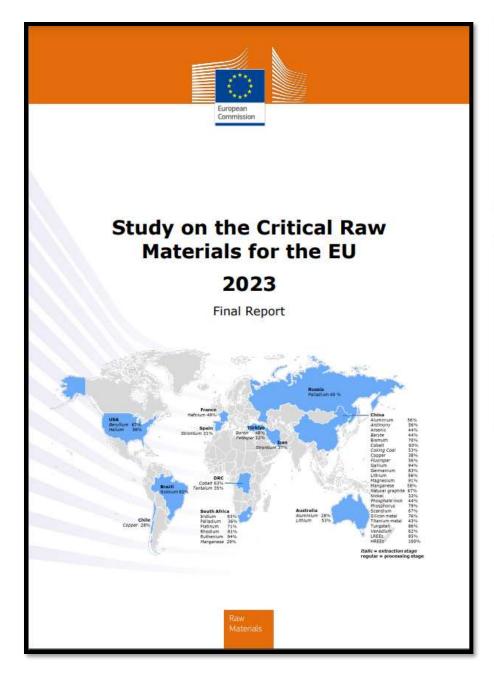








#### **Economic Importance**



The following 34 raw materials are proposed for the CRM list 2023:

2023 Critical Raw Materials (new CRMs in italics)				
aluminium/bauxite	coking coal	lithium	phosphorus	
antimony	feldspar	LREE	scandium	
arsenic	fluorspar	magnesium	silicon metal	
baryte	gallium	manganese	strontium	
beryllium	germanium	natural graphite	tantalum	
bismuth	hafnium	niobium	titanium metal	
boron/borate cobalt	helium HREE	PGM phosphate rock copper*	tungsten vanadium nickel*	

aluminium/bauxite	coking coal	lithium	phosphorus
antimony	feldspar	LREE	scandium
arsenic	fluorspar	magnesium	silicon metal
baryte	gallium	manganese	strontium
beryllium	germanium	natural graphite	tantalum
bismuth	hafnium	niobium	titanium metal
boron/borate	helium	PGM	tungsten
cobalt	HREE	phosphate rock	vanadium
		copper*	nickel*

<sup>\*</sup> Copper and nickel do not meet the CRM thresholds, but are included as Strategic Raw Materials.

2023 CRMs vs. 2020 CRMs						
aluminium/bauxite	gallium	phosphate rock	vanadium			
antimony	germanium	phosphorus	arsenic			
baryte	hafnium	PGM	feldspar			
beryllium	HREE	scandium	helium			
bismuth	lithium	silicon metal	manganese			
borate	LREE	strontium	copper			
cobalt	magnesium	tantalum	nickel			
coking coal	natural graphite	titanium metal	indium			
fluorspar	niobium	tungsten	natural rubber			

Legend

Black: CRMs in 2023 and 2020

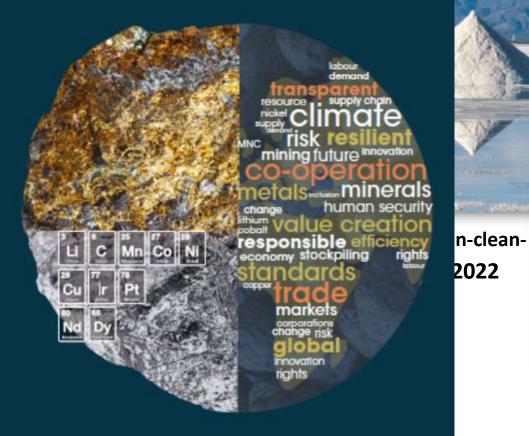
Red: CRMs in 2023, non-CRMs in 2020
Strike Non-CRMs in 2023 that were critical in 2020



lea

# The Ro **Miner**

### **GEOPOLITICS OF** THE ENERGY TRANSITION CRITICAL **MATERIALS**



**Critical Minerals** 



Market Review 2023

https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023 11 Julho 2023

Transi

World Energy O

https:// energy-



- Vendas de carros elétricos aumentaram 60% em 2022, ultrapassando 10 milhões de unidades.
- Capacidade dos sistemas de armazenamento de energia duplicou em 2022.
- Instalações fotovoltaicas continuam a crescer a ritmo (muito) elevado.
- Instalações eólicas retomam a marcha ascendente após dois anos de crescimento moderado.

Rápido crescimento da procura cria novas oportunidades para o sector mineiro, mas a combinação de:

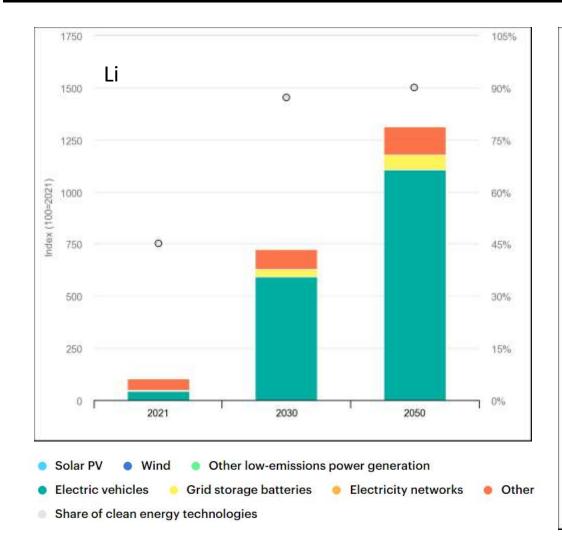
- Maior volatilidade dos preços,
- Condicionamentos diversos nas cadeias de abastecimento e
- Preocupações geopolíticas

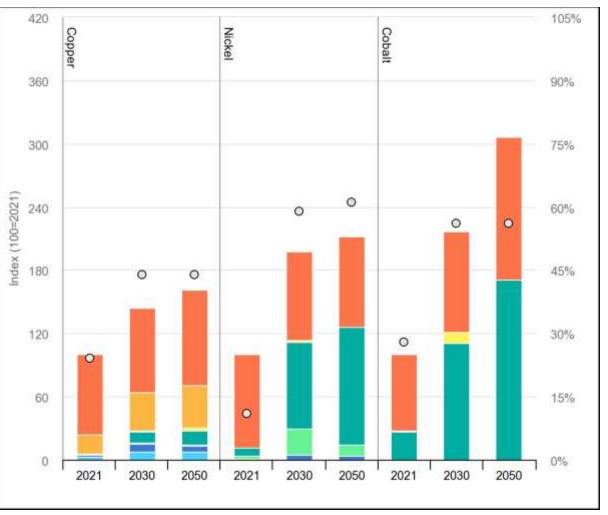
potencia riscos para transições energéticas seguras e rápidas.

Acções políticas em diferentes jurisdições para aumentar a diversidade e confiabilidade dos abastecimentos

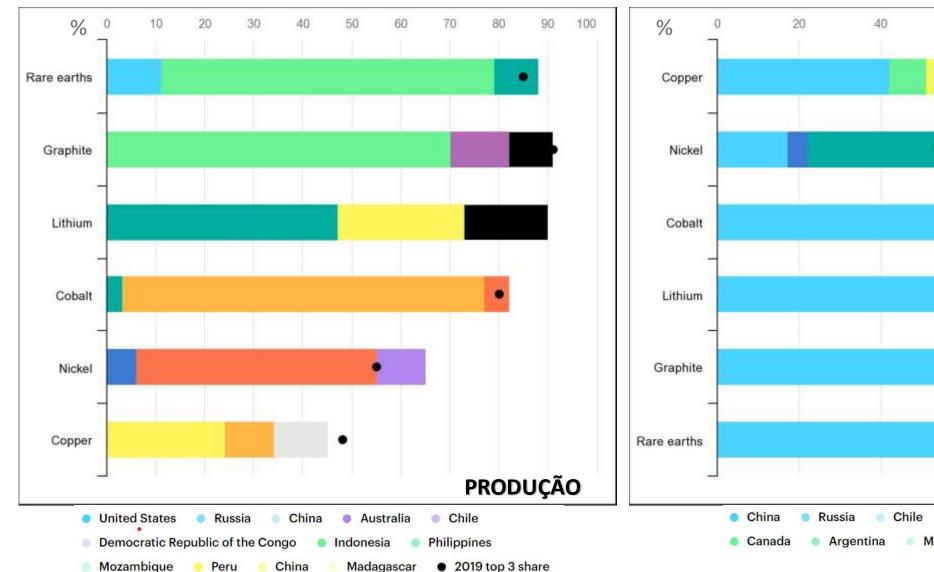
- Grandes produtores (e.g., Indonésia, Namíbia, Zimbabwe) introduziram medidas para banir exportação de minérios não transformados/beneficiados.
- Globalmente, as restrições às exportações de "minerais críticos" aumentaram 5× desde 2009.

- Entre 2017 e 2022, o sector energético foi o principal responsável pela subida da procura de Li (300%), Co (70%), Ni (40%).
- Em 2022, a participação das aplicações de energia limpa na procura total de Li, Co e Ni atingiu 56%, 40% e 16%, respectivamente, acima das cotas de 30%, 17% e 6% estabelecidas cinco anos atrás.
- No cenário de "neutralidade carbónica" (2021-2050), a projecção da AIE para a procura destes metais será:

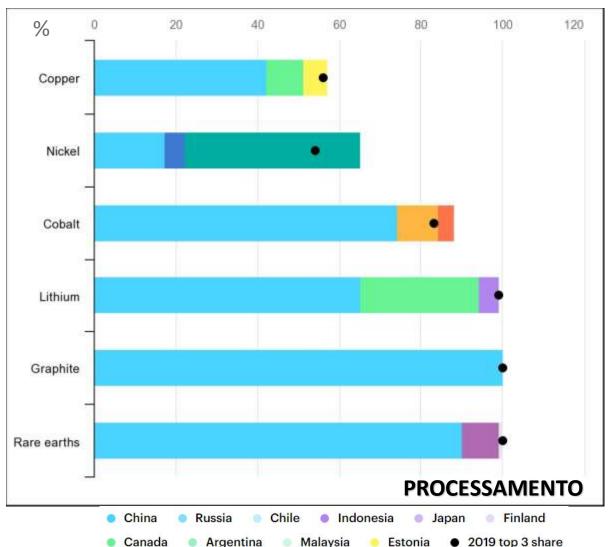


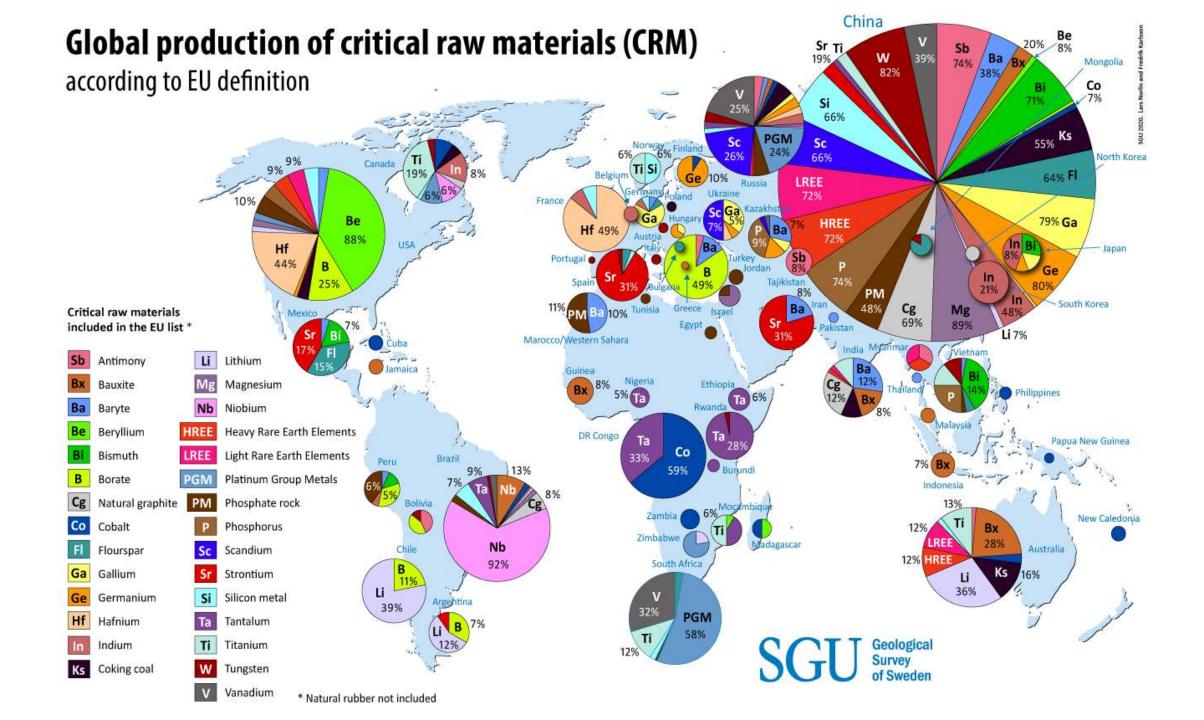


Progressos limitados na desejável diversificação das fontes de abastecimento; para alguns casos, a situação piorou!



Madagascar





# European Critical Raw Materials Act (2023)

#### SETTING 2030 BENCHMARKS FOR STRATEGIC RAW MATERIALS



#### **EU EXTRACTION**

At least **10%** of the EU's annual consumption for extraction



#### **EU PROCESSING**

At least **40%** of the EU's annual consumption for processing



#### **EU RECYCLING**

At least **15%** of the EU's annual consumption for recycling

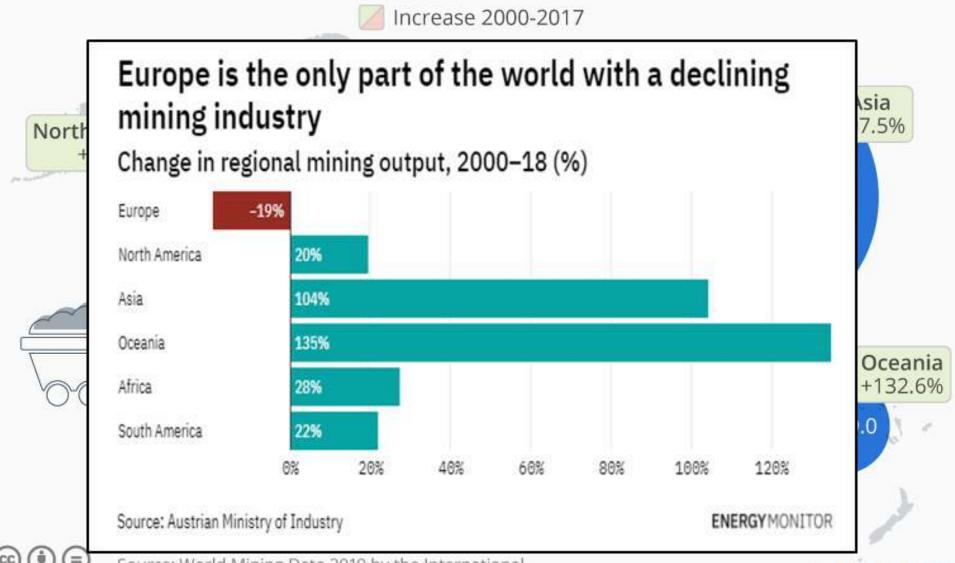


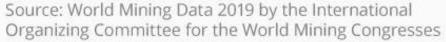
#### **EXTERNAL SOURCES**

of the EU's annual consumption of each strategic raw material at any relevant stage of processing from a single third country

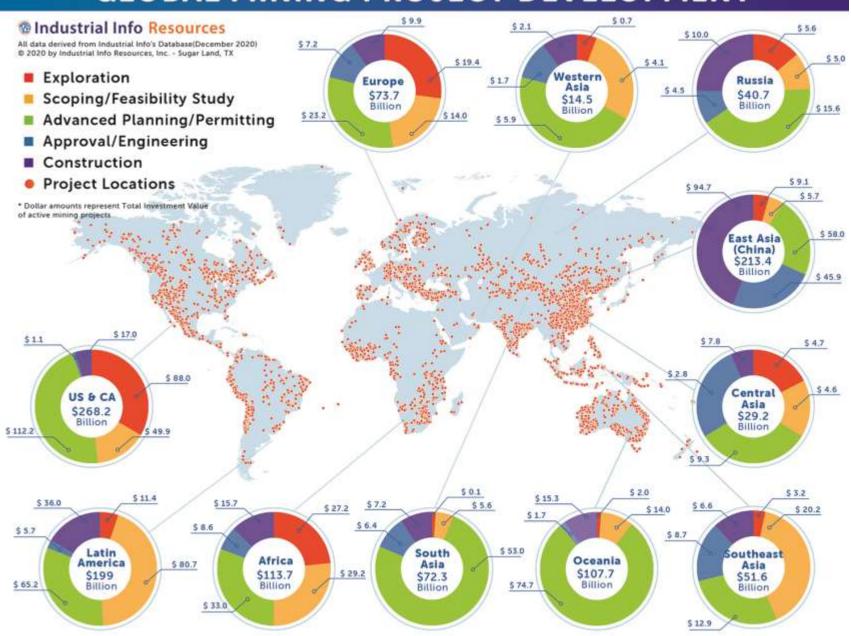
## Where Mining is Thriving

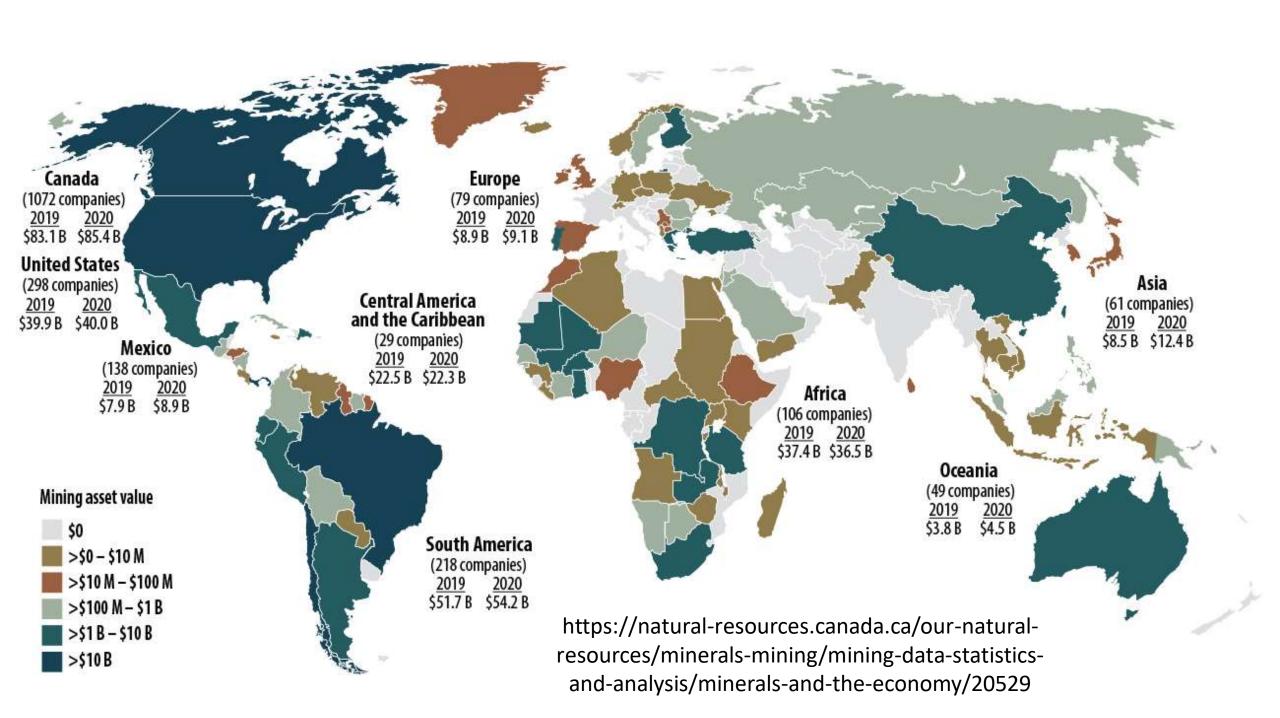
Extraction of mining products in 2017 (in million metric tons) and increase, by continent





## **GLOBAL MINING PROJECT DEVELOPMENT**







#### To substitute or not to substitute?



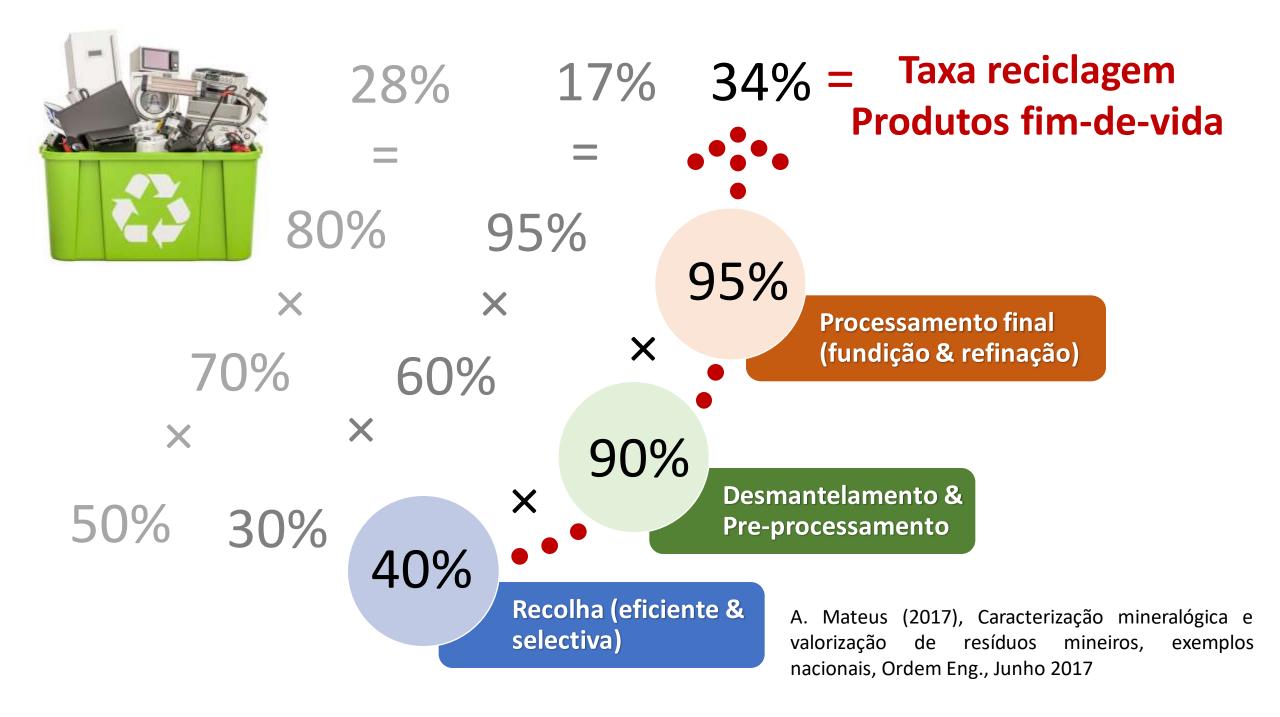
- R&D on substitution is a long term investment
- New materials require 10 years or more from lab scale to industrial production
- Quest may become obsolete by
  - new materials
  - new products
  - change in customer needs
  - new resources found
  - successful recycling techniques

Taxas de substituição muito lentas

4

Caminhos bem-sucedidos e economicamente viáveis para sua concretização imprevisíveis

- Muitas soluções possíveis; apenas adoptadas as de maior maturação tecnológica;
- > Importantes (pontualmente decisivas) a médio-longo prazo para algumas aplicações;
- > Dependentes da viabilidade económica; integração rápida a custo suportável nas cadeias de manufactura;
- > Eventuais pressões sobre outros materiais/minerais.



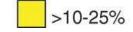
Graedel et al. (2011) What do we know about metal recycling rates? J. Industrial Ecology 15, 355-366.

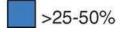
1 H	https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00342.x												2 He				
3 Li	4 Be 5 6 7 8 9 B C N O F											10 Ne					
11	12											18					
Na	Mg											<b>A</b> r					
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
<b>K</b>	<b>Ca</b>	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	<b>K</b> r
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	<b>Tc</b>	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	<b>I</b>	<b>Xe</b>
55	56	*	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
<b>Cs</b>	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	TI	Pb	Bi	Po	<b>At</b>	<b>R</b> n
87	88	**	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	(117)	118
<b>Fr</b>	<b>Ra</b>		<b>Rf</b>	<b>Db</b>	Sg	Bh	Hs	<b>M</b> t	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	(Uus)	Uuo

* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 <b>Pm</b>		63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	<b>Ac</b>	Th	<b>Pa</b>	U	<b>N</b> p	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	Cm	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	Es	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	Lr











#### RECYCLING RATES OF SMARTPHONE METALS

COLOUR KEY: 0 < 1% RECYCLE RATE 1-10% RECYCLE RATE 10 1-25% RECYCLE RATE 25-50% RECYCLE RATE 25-50% RECYCLE RATE NON-METAL (OR RECYCLE RATE UNKNOWN) SCREEN O O ELECTRONICS TOUCH: INDIUM TIN OXIDE WIRING & MICROELECTRONICS ln Used in a transparent film over Copper is used for wiring, and for the phone's screen that conducts micro-electrical components along electricity. This allows the screen to with gold and silver. Tantalum is Sį̈́n function as a touch screen. This is the major component in microthe major use of indium. capacitors. **GLASS: ALUMINA & SILICA** MICROPHONES & VIBRATIONS On most phones the glass is Nickel is used in the microphone aluminosilicate glass, a mix of and for electrical connections. aluminium oxide & silicon dioxide. Rare earth element alloys are used It also contains potassium ions in magnets in the speaker and which help strengthen it. microphone, and the vibration unit. THE SILICON CHIP **COLOURS: RARE EARTH METALS** Τb La Pure silicon is used to manufacture A variety of rare earth metalthe chip, which is then oxidised to containing compounds are used produce non-conducting regions. to help to produce the colours in Other elements are added to allow a smartphone's screen. Some of Eu the chip to conduct electricity. these compounds are also used to help reduce light penetration into the phone. Many of the 'rare • Gd CONNECTING ELECTRONICS earths' occur commonly in the Earth's crust, but often at levels too Tin & lead were used in older low to be economically extracted. solders: newer, lead-free solders use a mix of tin, copper & silver. **BATTERY O** Magnesium alloy is used to make some phone Most phones use lithium ion batteries, composed cases, whilst many others are made of plastics, of lithium cobalt oxide as a positive electrode which are carbon-based. Plastics will also include and graphite (carbon) as the negative electrode. Sometimes other metals, such as manganese, are flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce used in place of cobalt. The battery casing is often





**CASING** 

Br

Ta

Gd

Ga

Νi

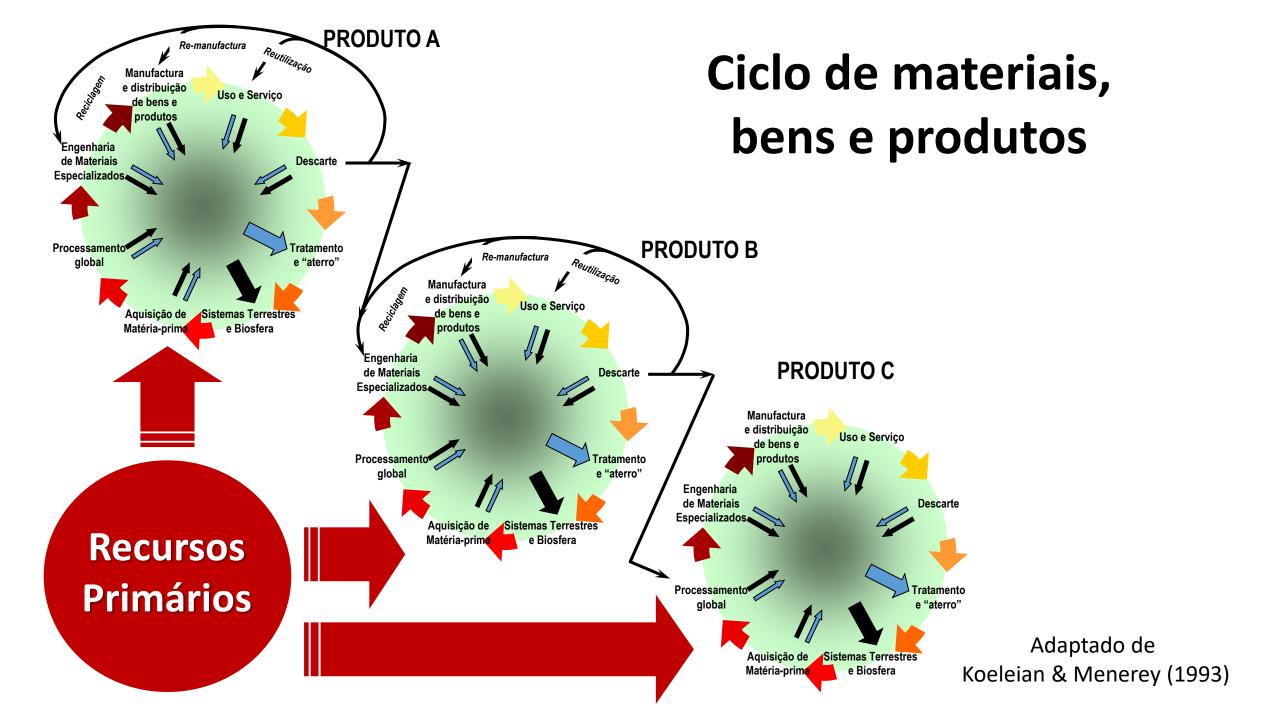
Nd

made of aluminium.

electromagnetic interference.

Admitindo incrementos significativos dos processos de recolha seleccionada e reprocessamento:

- ▶ O limite superior de reciclagem é sempre determinado pelo que vem da sociedade, ou seja o que foi consumido/utilizado nas últimas décadas (havendo tempos de residência muito variáveis, em muitos casos superando 15 anos).
- ➤ Actualmente, a reciclagem satisfaz 10-20% da demanda global e menos de 1% da procura de Ga, In, Ta, Li, REE.
- Mesmo na presença de índices melhorados, o "recurso urbano/industrial" é muito pequeno em relação aos montantes necessários para atender ao aumento previsto da procura.



#### The Elements According to Relative Abundance

A Periodic Chart by Prof. Wm. F. Sheehan, University of Santa Clara, CA 95053 Ref. Chemistry, Vol. 49, No. 3, p 17-18, 1976 Colors suggest relative electronegativity He Be BT Ni Cu Zn Pt Au Hg 1970 Wm. F. Sheehan All Rights Reserved Reprinted from 1978 Calendar.

Roughly, the size of an element's own niche ("I almost wrote square") is proportioned to its abundance on Earth's surface, and in addition, certain chemical similarities (e.g., Be and AI, or B and Si) are sug-

gested by the positioning of neighbors. The chart emphasizes that in real life a chemist will probably meet O, Si, AI, . . . and that he better do something about it. Periodic tables based upon elemental abundance would, of course, vary from planet to planet . . . W.F.S.

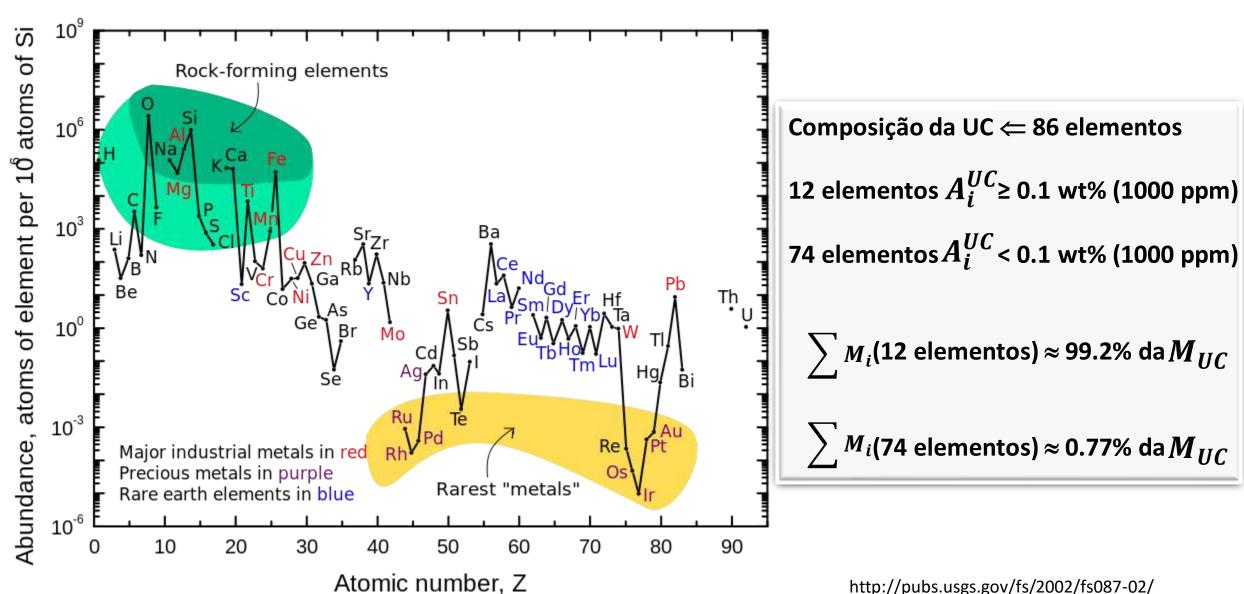
$$A_i^{UC} = \frac{M_i}{M_{UC}}$$

 $A_i^{UC}$  = Abundância de um elemento *i* na crosta superior

 $M_i$  = Massa total do elemento i

 $M_{UC}$  = Massa total da crosta superior

### Abundância dos elementos químicos na crusta continental da Terra em função do número atómico



#### **Considerando:**

 $M_{UC,1km\ prof.} = 4.2 \times 10^{17} t$ 

E os valores estimados de  $A_i^{UC}$  (e.g. Tratado de Geoquímica, 2014)

Uma estimativa grosseira da  $M_i$  existente no 1º km de prof. da crosta continental pode ser realizada:

$$M_i = A_i^{UC} \times M_{UC}$$

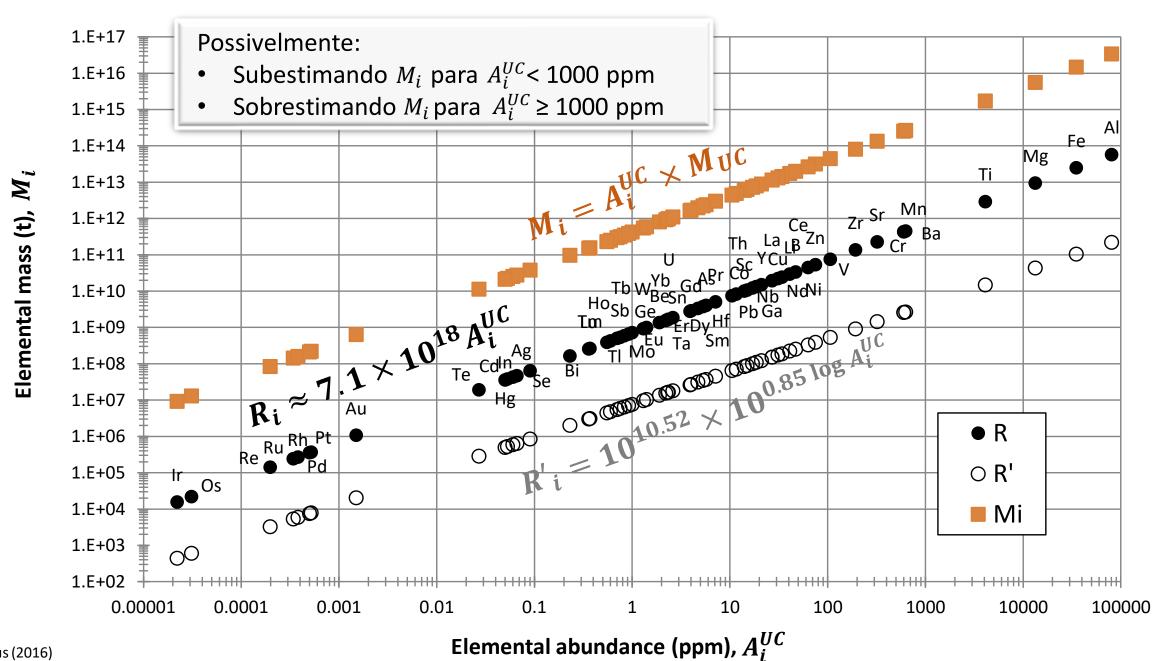
A abordagem de Menaker (1978) e de Godinho (1982):

$$R_{i} = 10^{-2}b \left[ \int_{\ln(x_{i}^{min})}^{\ln(x_{i}^{max})} e^{-(\ln x_{i})^{2}/(\ln x_{i}^{max} - \ln x_{i})} d\ln x_{i} \right] M_{UC}A_{i}^{UC}$$

A média de  $M_i$  teoricamente concentrada em recursos minerais na crosta continental superior,  $R_i$ ,

$$R_i = 10^{-2} v M_{UC} A_i^{UC} \approx 10^{-2} [(17 \pm 7) \times 10^{-4}] M_{UC} A_i^{UC} \approx 7.1 \times 10^{18} A_i^{UC}$$

A função que relaciona  $A_i^{UC}$ e a <u>média</u> de  $M_i$  contida em recursos conhecidos ou potenciais  $(=R'_i)$  (incluindo a produção passada):  $R'_i = 10^{10.52} \times 10^{0.85} \log A_i^{UC}$ 

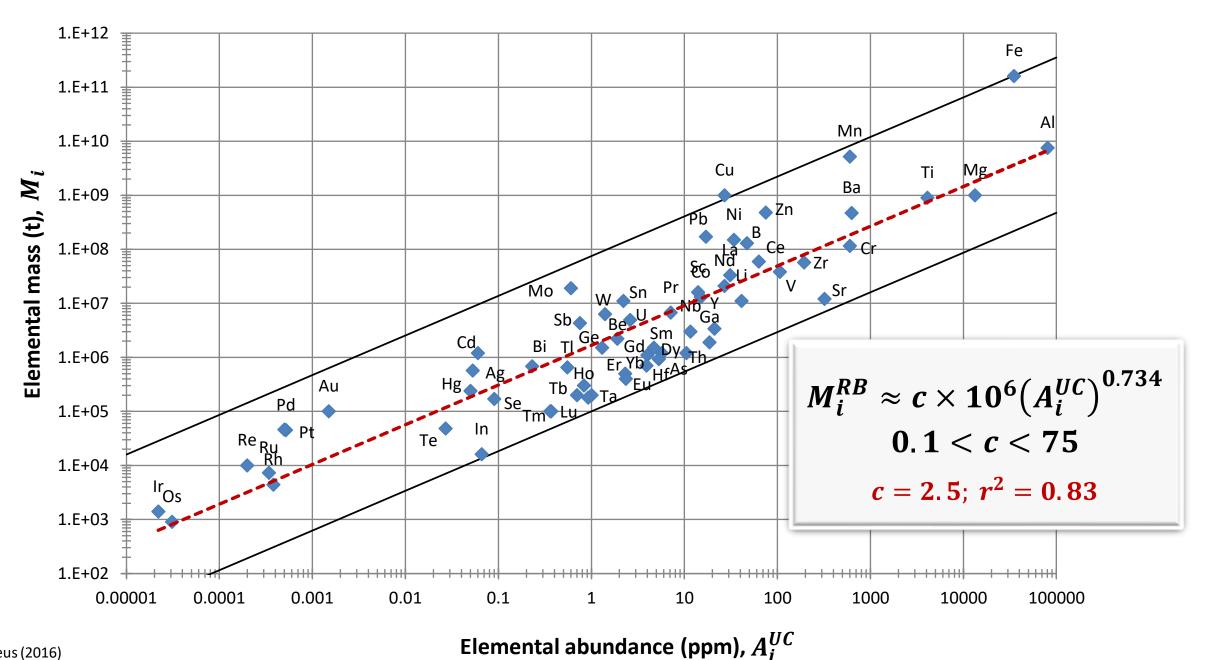


#### Considerando agora

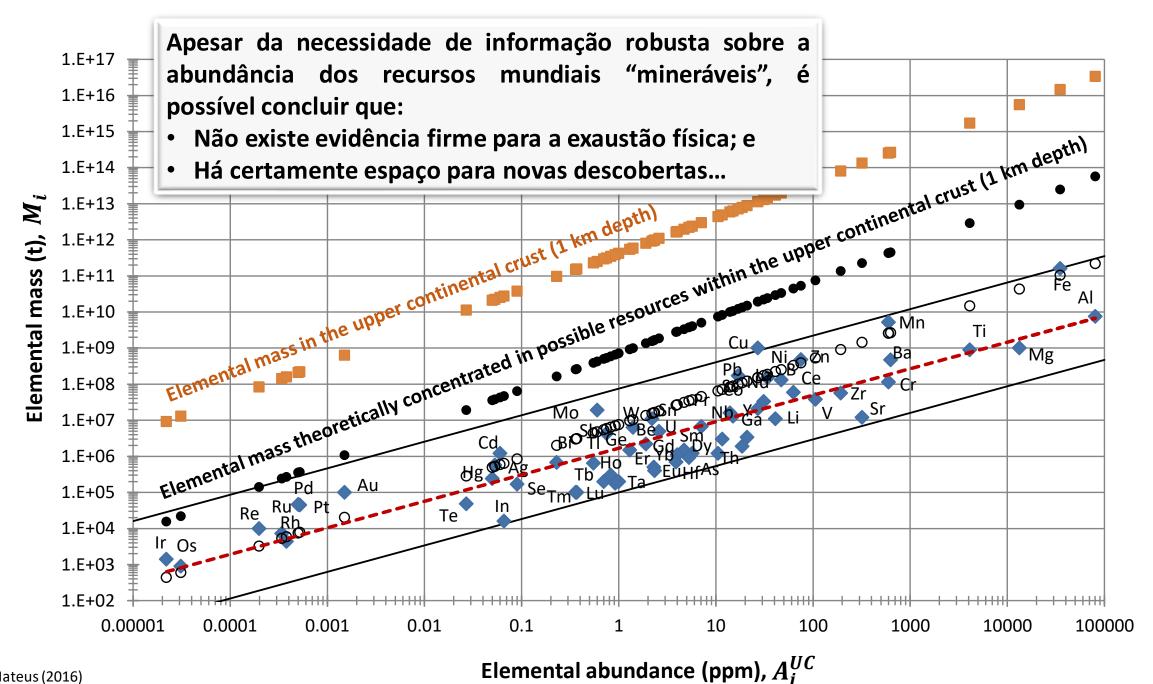
**Reserva base**: a parte do recurso identificado que satisfaz o mínimo de critérios físicos e químicos específicos impostos por práticas de mineração e produção correntes (*e.g.* teor, qualidade, espessura, profundidade, *etc.*). **USGS (2009)** 

Para uma determinada matéria prima mineral, a **reserva base** estima o limite inferior do recurso global passível de exploração

Dados em Graedel & Nassar (2014)

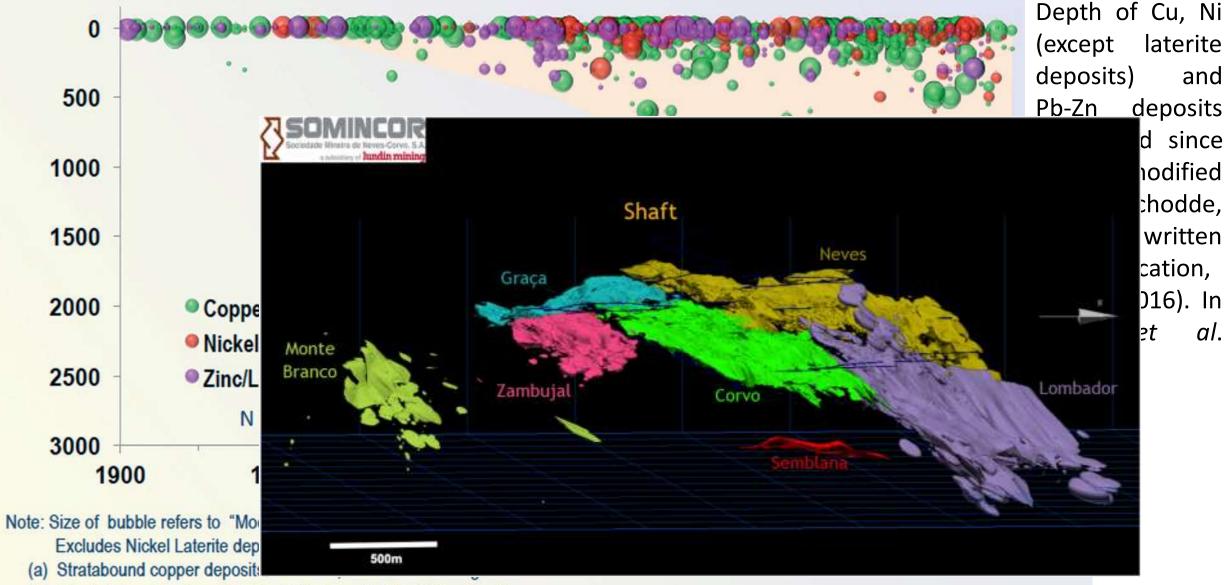


Mateus (2016)
PORTUGAL INTERNATIONAL MINING BUSINESS & INVESTMENT SUMMIT



#### Base Metal Deposits Found in the World Between 1900 and 2015

Depth of Cover (Metres)



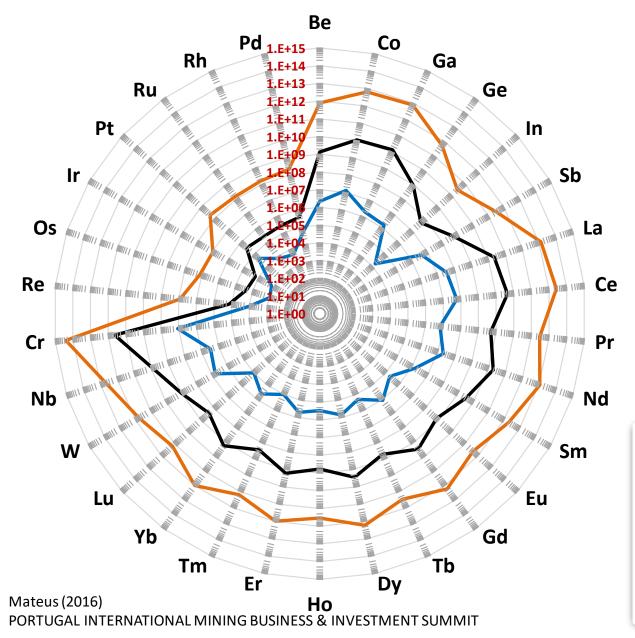
laterite

and

al.

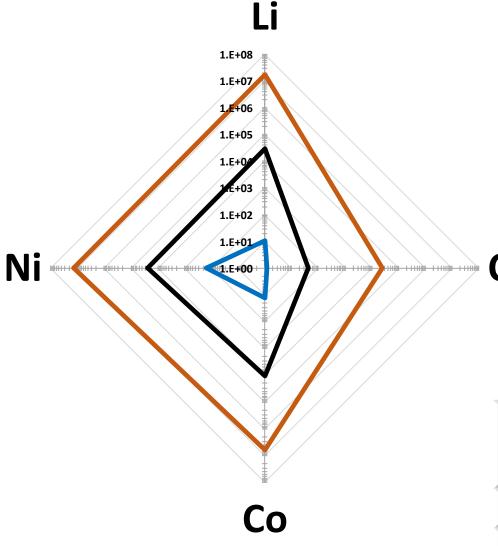
(b) Admiral Bay zinc deposit in Australia, found while drilling for oil

#### Para algumas matérias-primas críticas (UE,2013):



- $M_i^{R(in\ UC)}$  não está uniformemente distribuída!
- □Salvaguardar o acesso a depósitos conhecidos e alvos promissores;
- □ Aumentar os investimentos em P&P, fazendo uso de meios avançados e de novos modelos prospectivos 3D e 4D;
- □Suportar continuadamente I&D, reduzindo riscos de investimento e aumentando o Conhecimento existente sobre a disponibilidade a longo prazo dos recursos minerais.

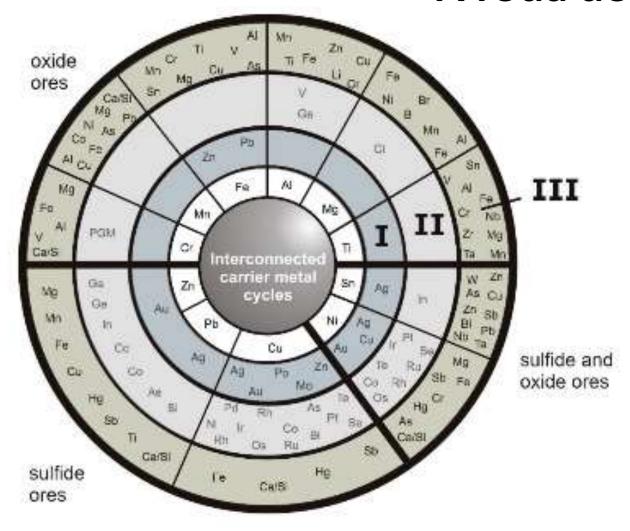
 $M_i^{UC}$  - Média de  $M_i$  total no 1º km prof. da UC (t)  $M_i^{R(in\ UC)}$  - Média de  $M_i$  teoricamente concentrada em sistemas mineralizantes potenciais no 1º km prof. da UC (t)  $M_i^{RB(in\ UC)}$  - Reserva base de  $M_i$  (t, fonte de dados USGS, 2009)



A. Mateus (2017) *Recursos globais de lítio;* situação actual e perspectivas futuras. Seminário DEGGE, FCUL (23 Março)

	$A_i^{UC}$	$M_i^{RB(UC)}$	$M_i^{R(UC)}$	$M_i^{UC}$			
	(ppm)	(Mt)	(Mt)	(Mt)			
Li	41	11	29110	17220000			
Cd	0.06	1.2	42.6	25200			
Co	15	13	10650	6300000			
Ni	34	150	24140	14280000			

#### A roda dos metais



Anel I: Co-elementos com infraestrutura produtiva própria considerável. Valor económico moderado a alto; alguns usados em aplicações de alta tecnologia.

Anel II: Co-elementos que não têm infraestrutura própria de produção ou, a existir, é bastante limitada. Maioritariamente metais de elevado valor, usados em aplicações de alta tecnologia (essenciais em componentes electrónicos).

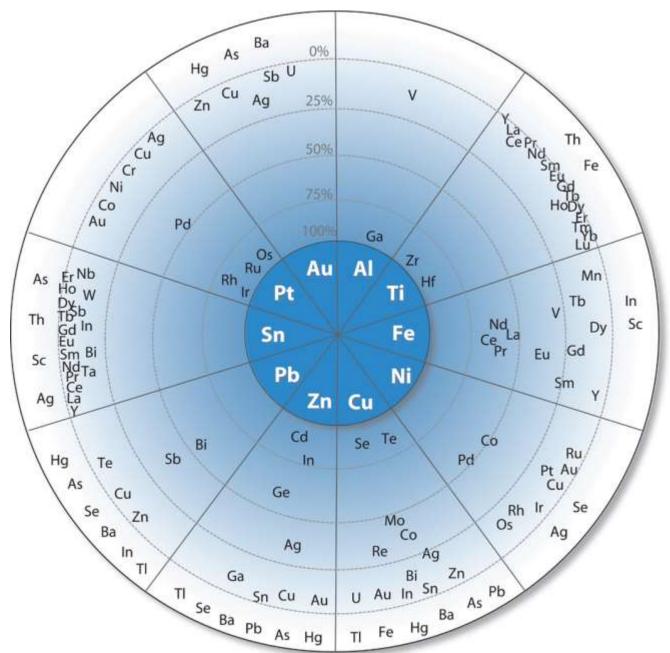
**Anel III**: Co-elementos que acabam em resíduos ou como emissões. Frequentemente onerosos, impondo medidas específicas na gestão integrada de resíduos.

carrier elements



The Feedback Control Cycle of Mineral Supply, Increase of Raw Material Efficiency, and Sustainable Development

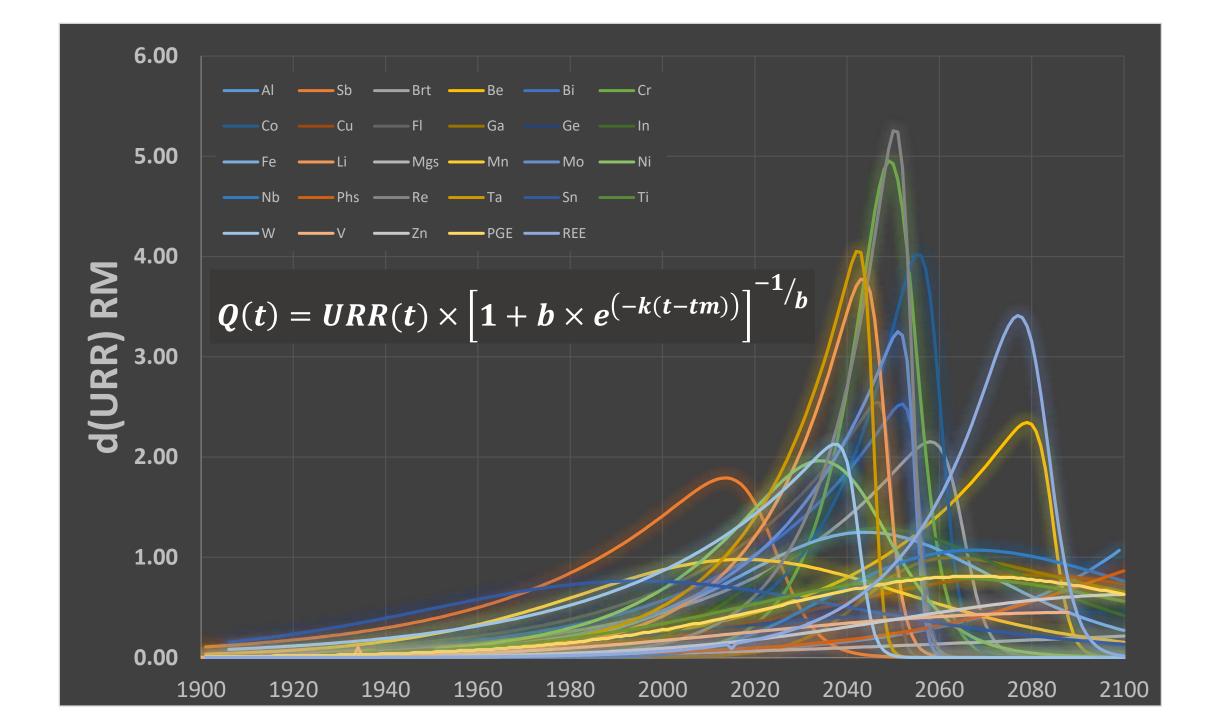
F.-W. Wellmer and C. Hagelüken *Minerals* 5 (4), 2015

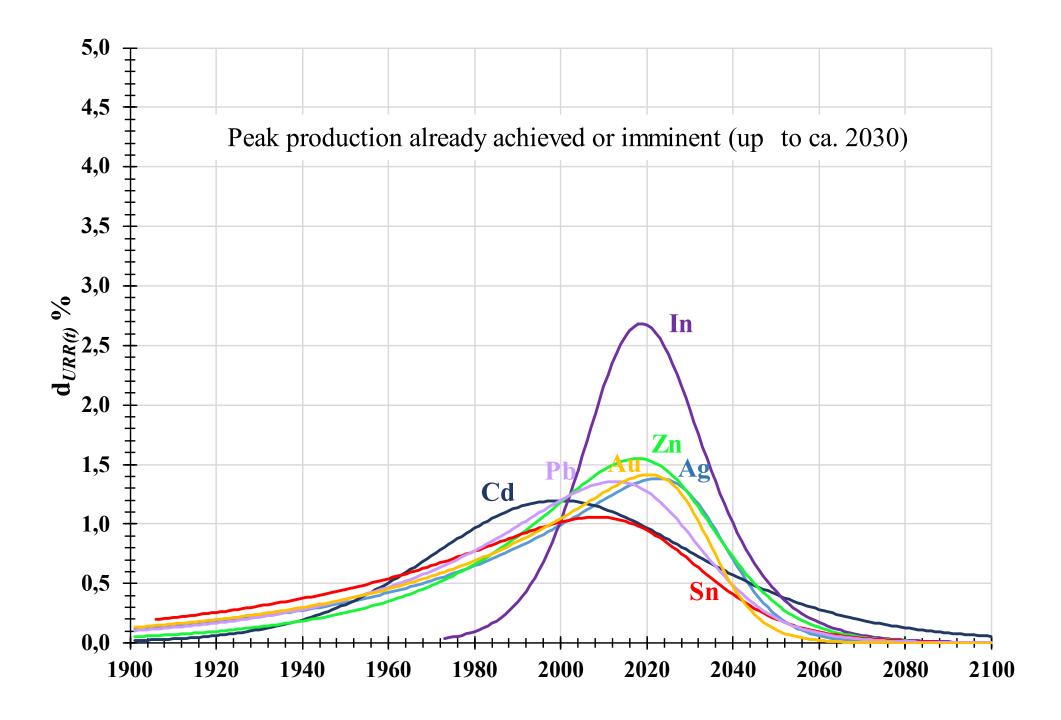


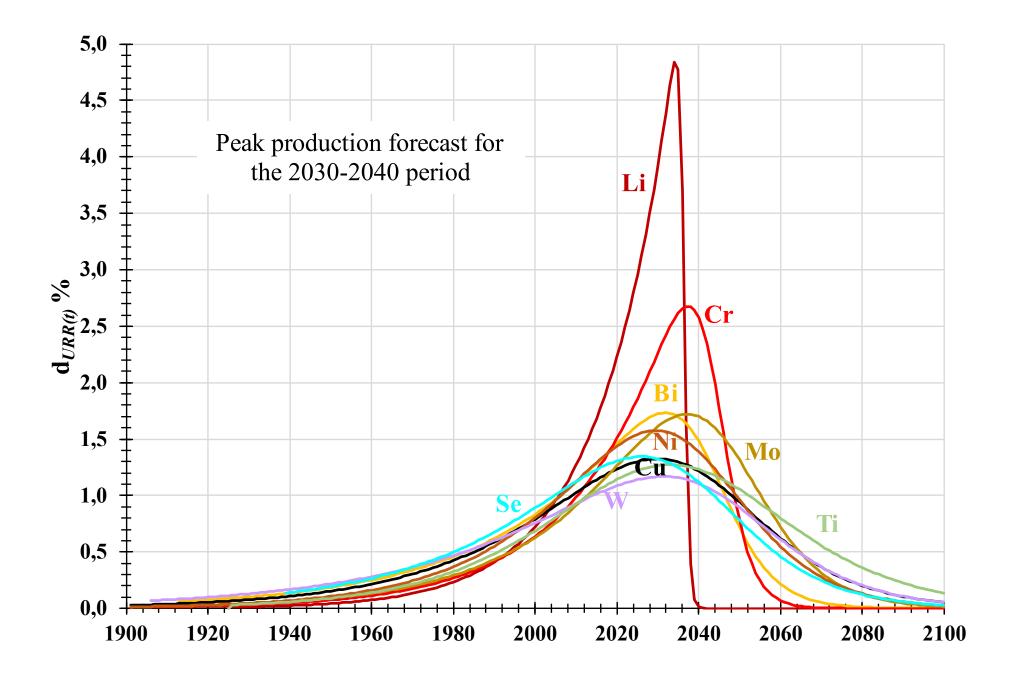
Elementos acompanhantes no círculo periférico a distância proporcional à percentagem da sua produção primária (de 100 a 0%) originada com o metal principal indicado. Na área a branco do círculo externo posicionam-se os elementos acompanhantes cuja percentagem de produção conjunta com o metal principal permanece desconhecida.

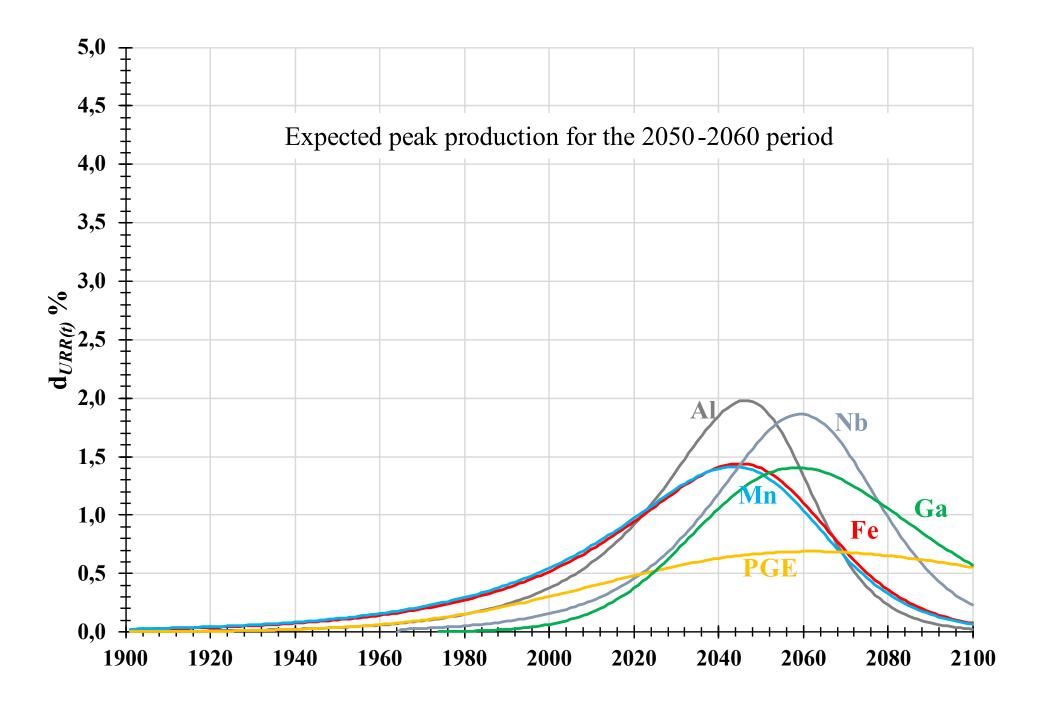
# By-product metals are technologically essential but have problematic supply

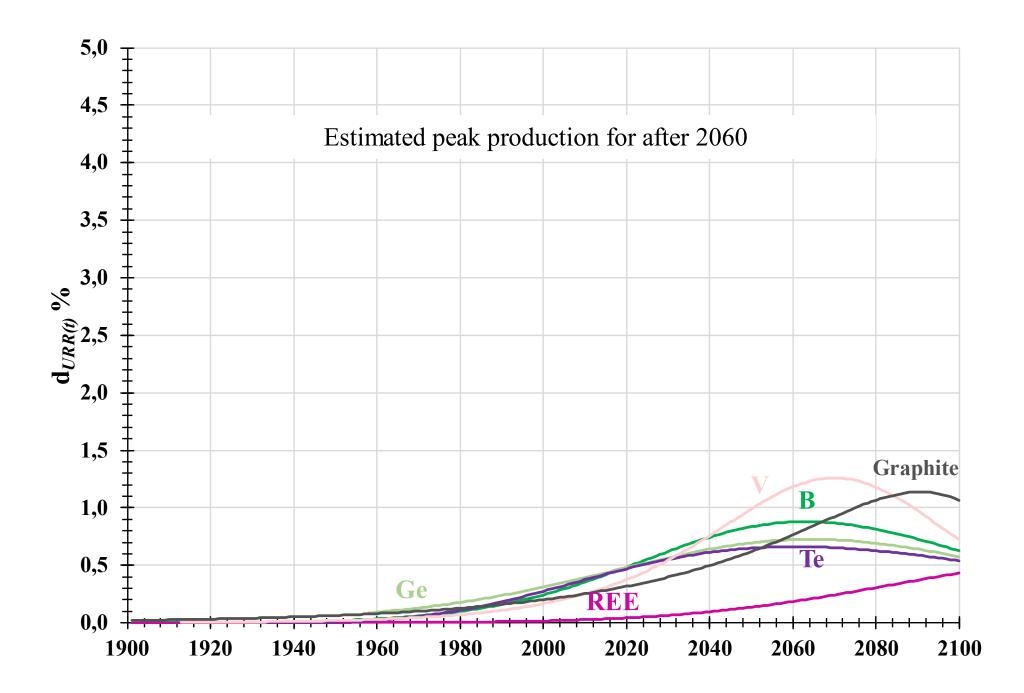
N. T. Nassar, T. E. Graedel & E. M. Harper *Science Advances* 1 (3), 2015

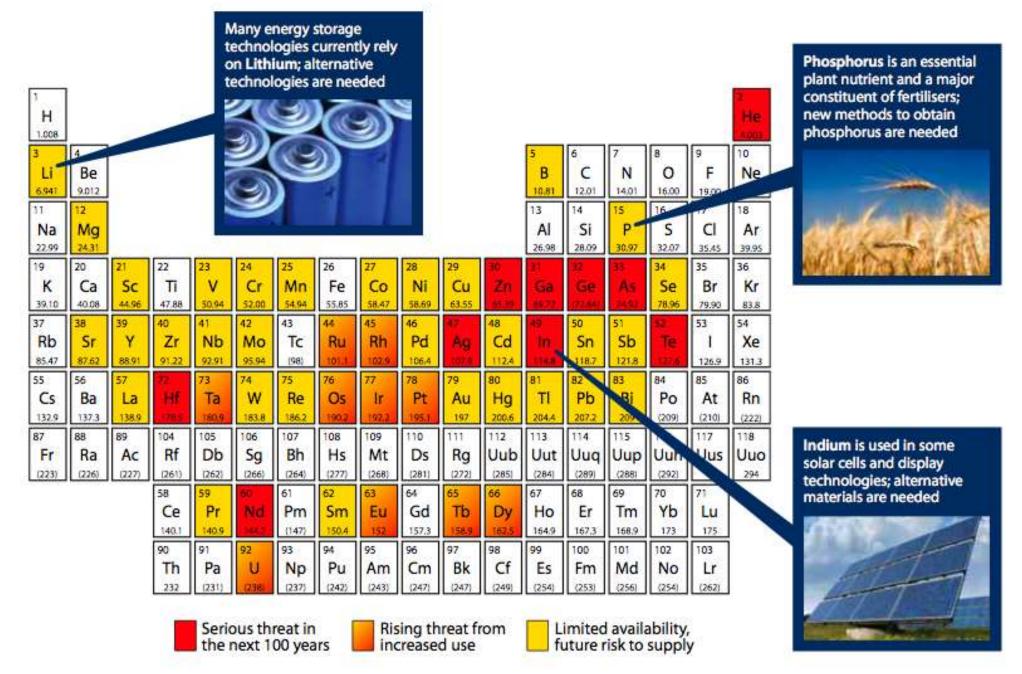






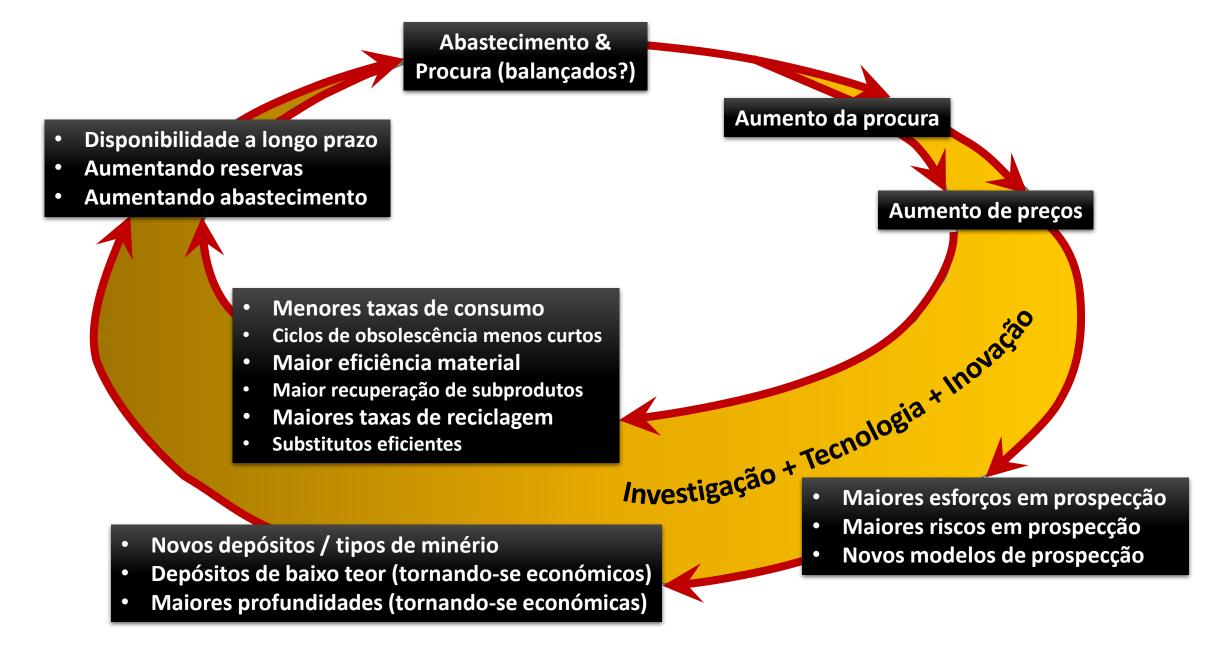




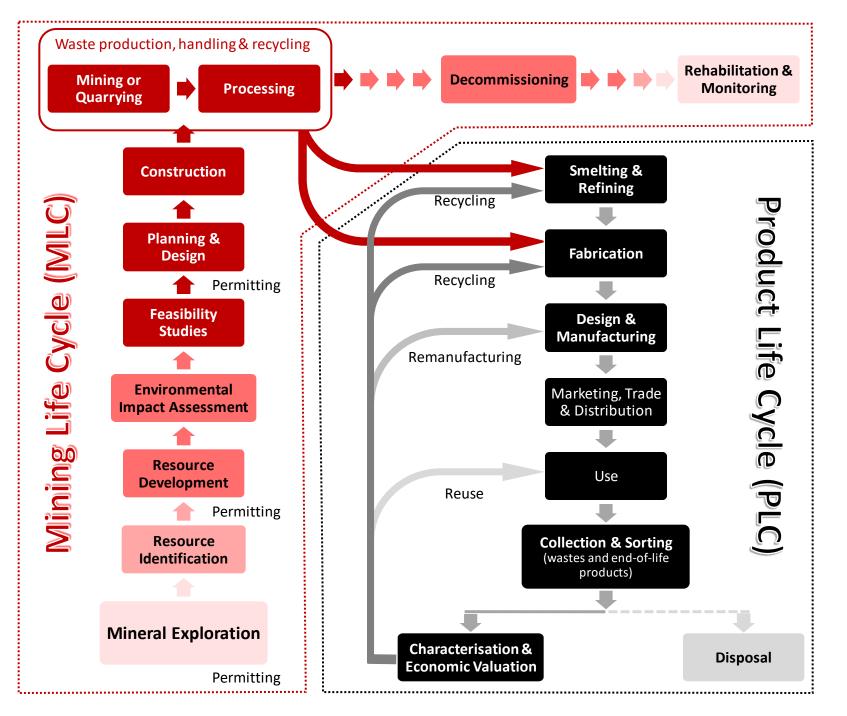


https://www.thesolutionsjournal.com/article/endangered-elements-conserving-the-building-blocks-of-life/





A. Mateus (2017) The relevance of primary mineral resources in circular economy models. Encontro Ciência'17, Lisboa.



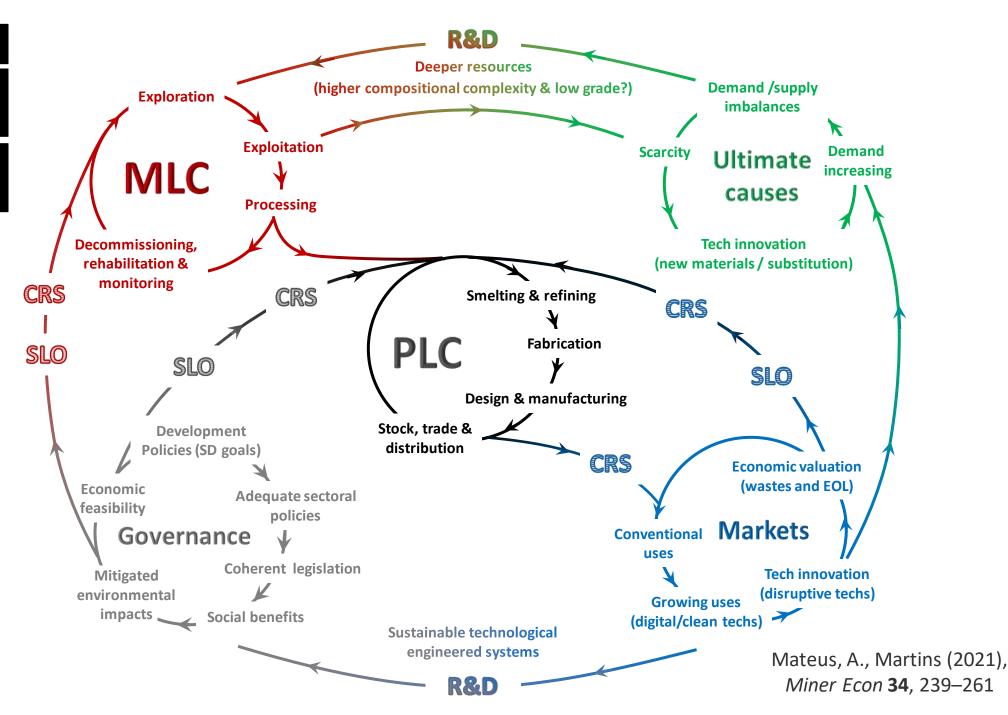
Mateus, A., Martins, L. Building a mineral-based value chain in Europe: the balance between social acceptance and secure supply. *Miner Econ* **34**, 239–261 (2021). https://doi.org/10.100 7/s13563-020-00242-3

**Need for:** 

Minerals Metals

Affordable Energy

Clean environment ndividual/communal wellbeing Fransparency & proficiency





Sem meios avançados e campanhas de prospecção fortemente apoiadas em I&D a possibilidade de sucesso será bastante limitada!...



"HAVE YOU COME ACROSS ANY OF THE RARE.

EARTHS — PRASEODYMIUM, GADOLINIUM, DYSPROSIUM—
STUFF LIKE THAT?"

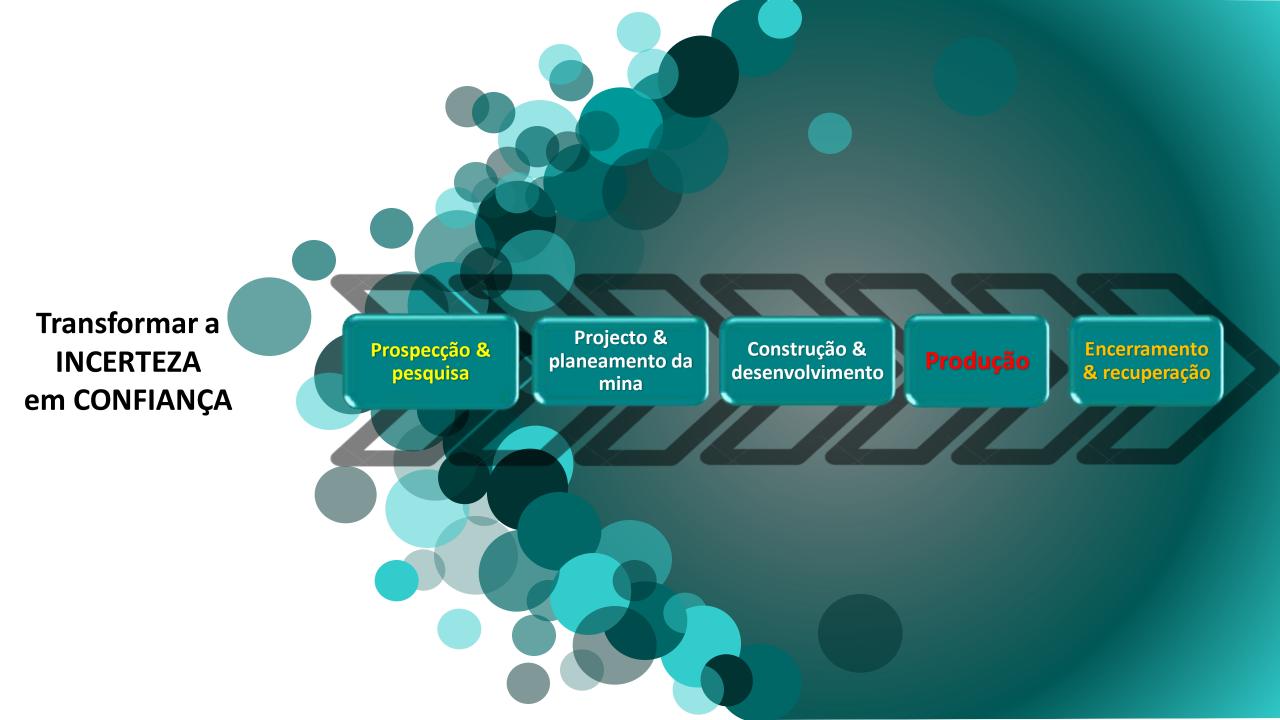
# NÃO DESCONTINUAR INVESTIMENTO EM CONHECIMENTO GEOLÓGICO

Transformar a INCERTEZA



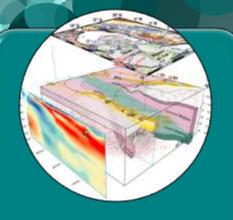
**Em CONFIANÇA** 

NÃO DESCONTINUAR INVESTIMENTO EM PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL



#### Perspectivas inovadoras





Modelação dos "Sistemas Minerais"



Novas abordagens e tecnologias em P&P



Processamento integrado de diferentes fontes de dados

Conhecimento + Tecnologia + Inovação = PROGRESSO

Cientificamente "up-to-date"

## Melhor gestão:

Desempenho

**Expectativas** 

Prospecção & Pesquisa Mineral

Planeamento & Desenvolvimento Mineiro

Recursos

Engenharia & Construção

Operação & Logística

Rentabilidade & Responsabilidade

- Análise integrada de dados geológicos, geoquímicos e geofísicos.
- Teste/validação de novos indicadores e vectores para mineralizações ocultas.
- Caracterização aprofundada de recursos e, sobretudo, das reservas base.

- Sistemas avançados de desenvolvimento e integração.
- Optimização de fluxos materiais e energéticos; melhores equipamentos.
- Sistemas de monitorização sistemática de impactos e respectiva mitigação.

- Redução dos custos de funcionamento e manutenção.
- Disponibilização de melhores soluções tecnológicas.
- Minimização de impactos e maximização de segurança.
- Aumento da digitação e automação.

- Melhorias na antecipação de desvios/falhas.
- Monitorização sistematica dos processos operacionais e sua eficiência.
- Optimização dos processos e redução de resíduos/emissões.
- Aumento da digitação e automação.

 Transformações do modelo operacional, criando condições para: (i) integrar preocupações sociais e ambientais de maior exigência; (ii) subir na cadeia de valor; (iii) redistribuir riqueza; e (iv) aumentar o escrutínio e transparência.

Transformar a INCERTEZA em CONFIANÇA



- ACCOUNTABLE
- ADVANTAGEOUS
- ADVANCED

Mateus, A. (2020) Changing Social Perceptions on Mining-Related Activities: A Key Challenge in the 4th Industrial Revolution. Aspects in Mining & Mineral Science 10.31031/AMMS.2020.05.000608





# Muito obrigado pela vossa atenção e paciência!

A. Mateus amateus@fc.ul.pt



