



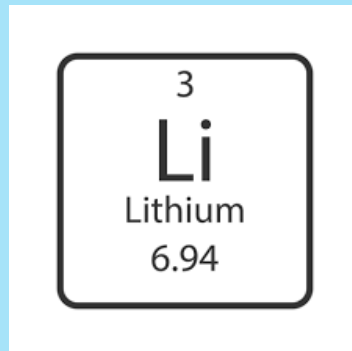
**CLUBES  
CIÊNCIA VIVA  
NA ESCOLA**



**ESCOLA  
SECUNDÁRIA  
DE AMORA**

# Lítio: herói ou vilão?

Um breve olhar



Professor Paulo Abreu  
(Física e Química, ESA)

3.º Ciclo do Ensino Básico  
Ensino Secundário

# Índice

## 1. Elemento Lítio

- Na História, como chegámos aqui

## 4. Extração e purificação

- Como se produz o lítio que usamos no dia-a-dia

## 2. Importância Industrial

- Para que serve o lítio

## 5. Reciclagem

- Desafios e vantagens

## 3. Onde e quanto?

- Que quantidade existe e onde estão as maiores reservas

## 6. O Futuro

- Horizontes e perspectivas

# 1. Elemento Lítio

- Metal alcalino (grupo 1 da T.P.)
  - Mais leve de todos os metais sólidos
  - Metal macio, que oxida facilmente em contato com o ar
  - Reage de forma intensa com a água, produzindo soluções alcalinas/básicas
  - Não ocorre livre na natureza
  - Foi produzido na altura do Big Bang e é produzido nas estrelas

Propriedades	
Número atómico	3
Massa atómica	6,941
Ponto de fusão	180,5 °C (453,65 K)
Ponto de ebulição	1342 °C (1615,15 K)
Densidade relativa	0,534 a 20°C
Número de oxidação	+1
Distribuição eletrónica	$1s^2 2s^1$

# 1. Elemento Lítio

## Breve História



José Bonifácio de  
Andrade e Silva

Johan August  
Arfwedson

Jons Jakob  
Berzelius

Johan August  
Arfwedson

W.T. Brande  
Sir Humphry Davy

R. Bunsen  
A. Matthiessen

1800

1817

1818

1818

1821

1855

Petalita  
( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ )

Estudo do  
mineral petalita



*“lithion/lithina”*  
(a partir do  
grego “lithos”)

Espudomeno  
Lepidolite



Eletrólise do  
hidróxido de lítio

Eletrólise do  
cloreto de lítio

© geology.com

# 1. Elemento Lítio

## Breve História

Metallgesellschaft AG

John Cade

Guerra Fria

Operação "Influencer"

1923

Produção industrial

1949

Lítio em medicamentos de tratamento de transtorno bipolar



1945  
-  
1991

Lítio-6 e Lítio-7 na produção de trítio

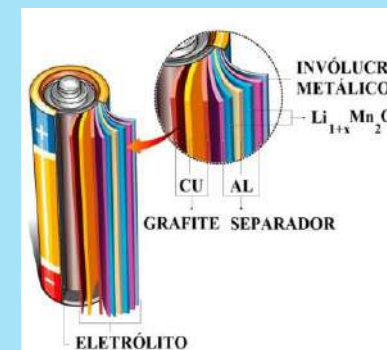
1990's

Produção a partir da água de lagos salgados



2007

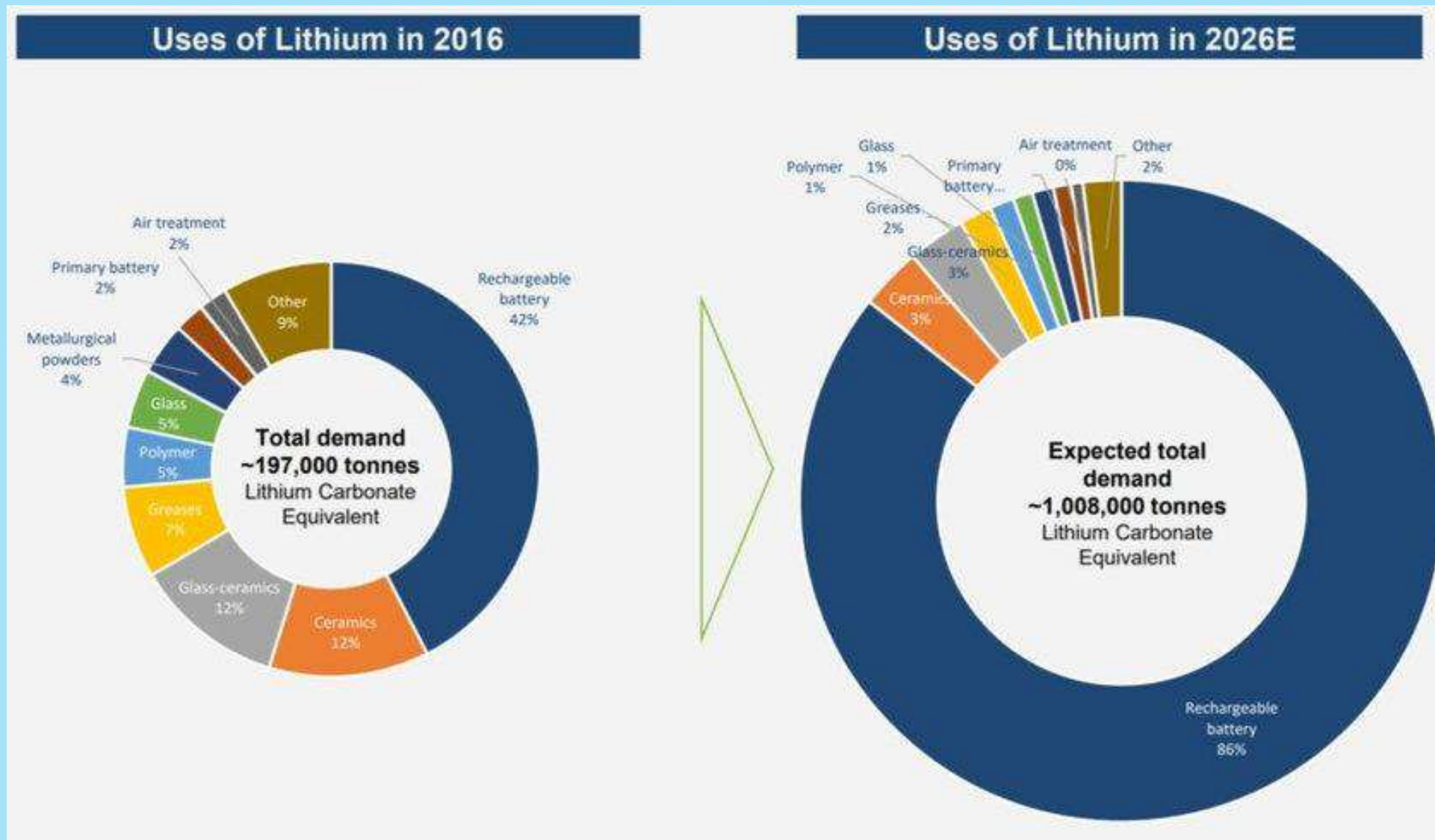
Baterias de íões de lítio



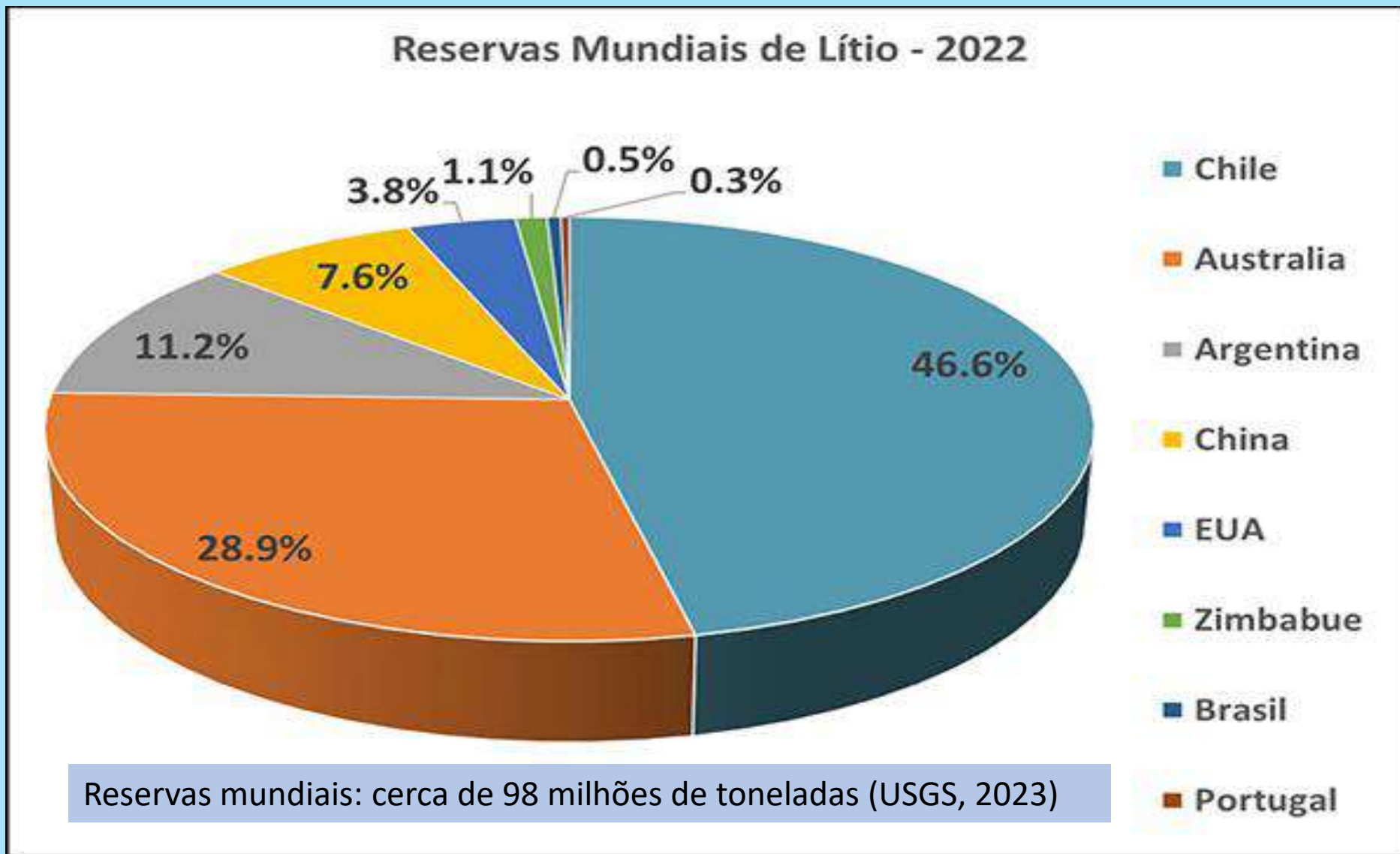
2023

Escândalo da concessão de explorações de lítio

## 2. Importância Industrial



### 3. Onde e quanto?



### 3. Onde e quanto?

Posição	País	Produção em 2021 (toneladas)	% do Total
1	Austrália	55.416	52%
2	Chile	26.000	25%
3	China	14.000	13%
4	Argentina	5.967	6%
5	Brasil	1.500	1%
6	Zimbabué	1.200	1%
7	Portugal	900	1%
8	Estados Unidos	900	1%
	Resto do mundo	102	0,1%
	<b>Total</b>	<b>105.984</b>	<b>100%</b>

Fonte: BP Statistical Review of World Energy

# 4. Extração e purificação

- A extração comercial do lítio assenta em dois grandes processos
  - Evaporação de águas salgadas
    - “Lithium Fields” na mina Salar de Atacama, Sul do Chile



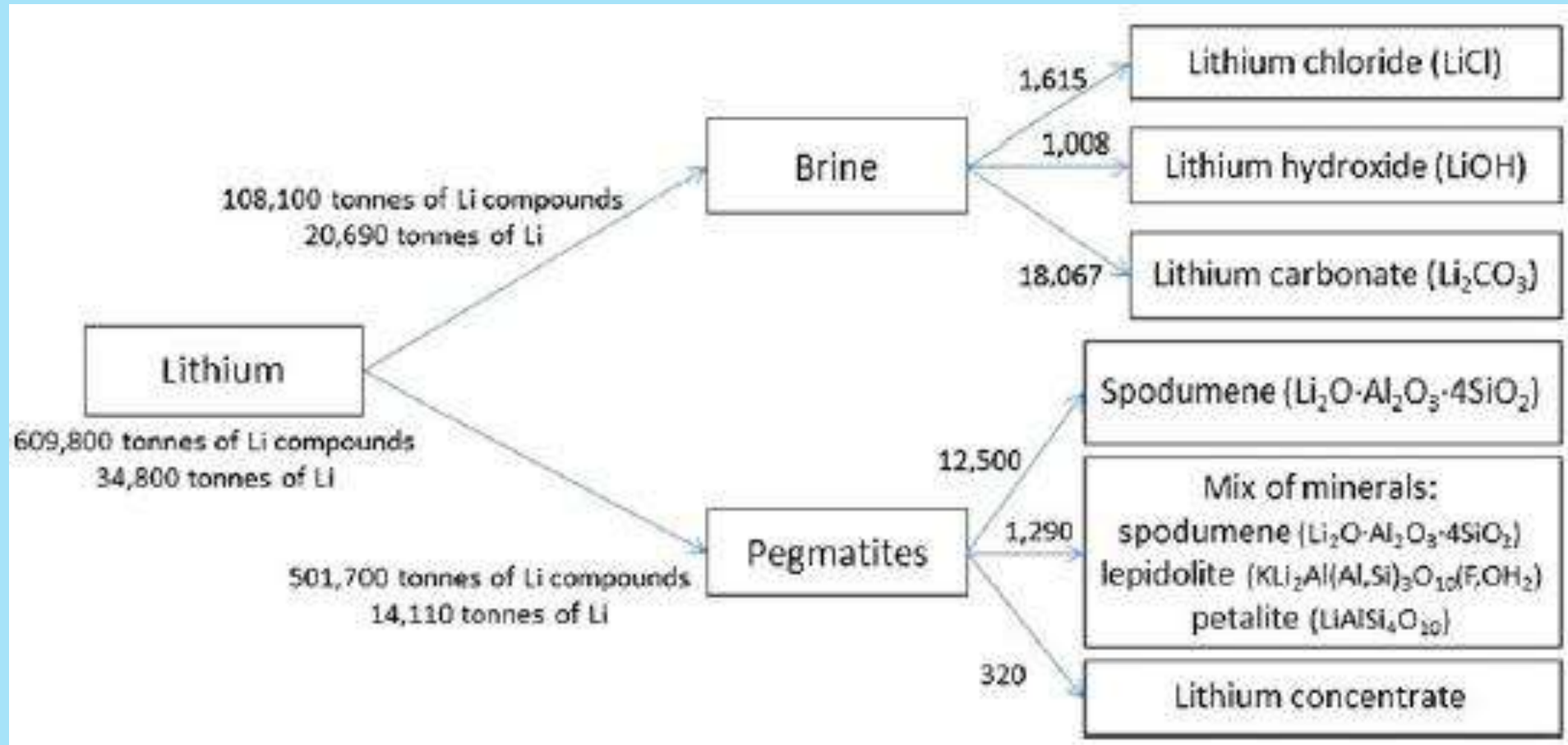
<https://www.euronews.com/green/2022/02/01/south-america-s-lithium-fields-reveal-the-dark-side-of-our-electric-future>

## 4. Extração e purificação

- A extração comercial do lítio assenta em dois grandes processos
  - Minas a céu aberto
    - Maior mina do mundo: Greenbushes Mine (Austrália)

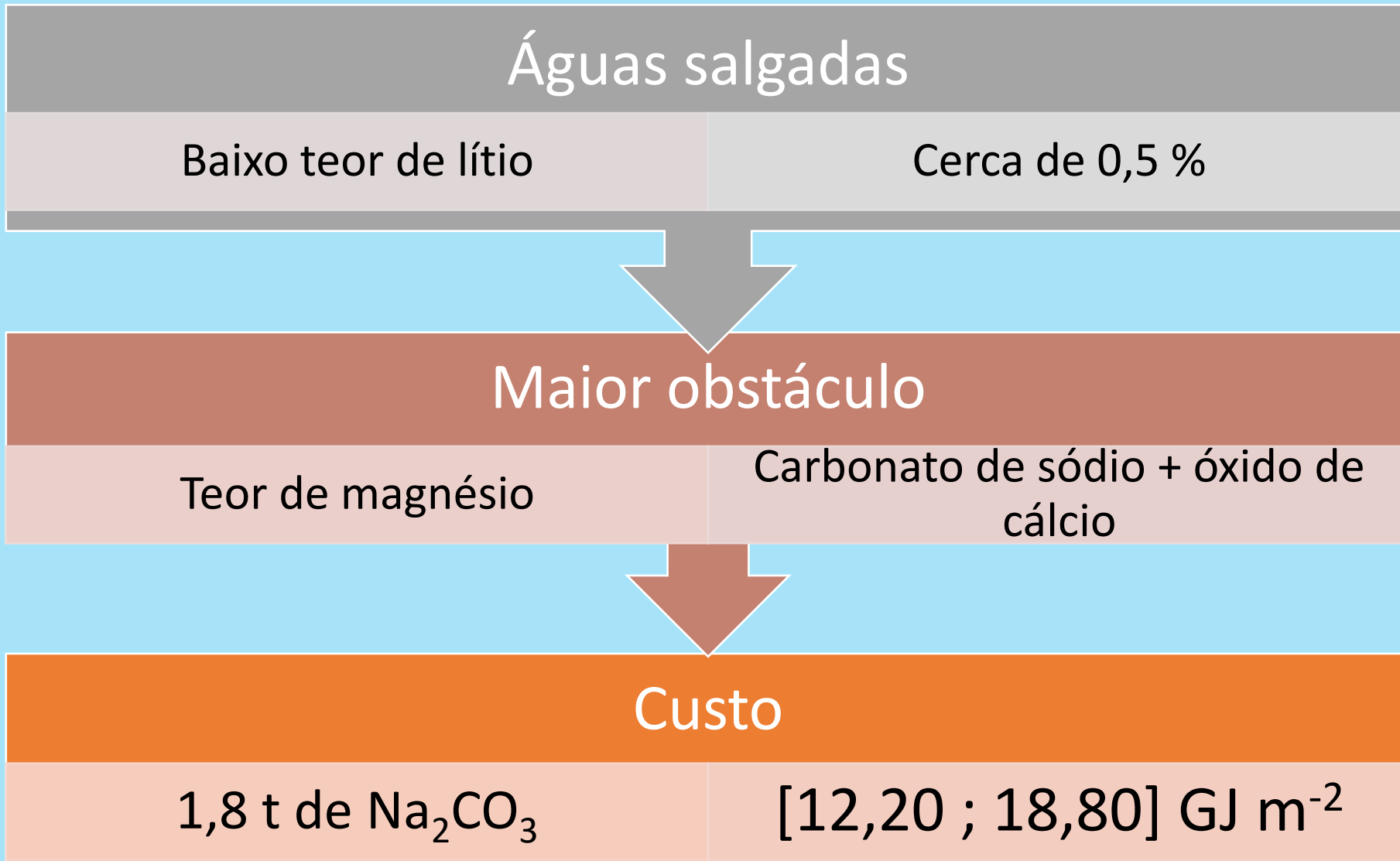


# 4. Extração e purificação



Talens Peiró, L., Villalba Méndez, G. & Ayres, R.U. Lithium: Sources, Production, Uses, and Recovery Outlook. JOM 65, 986–996 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11837-013-0666-4>

## 4. Extração e purificação



## 4. Extração e purificação

Minérios tipo pegmatitas/espudomeno

Baixo teor de lítio

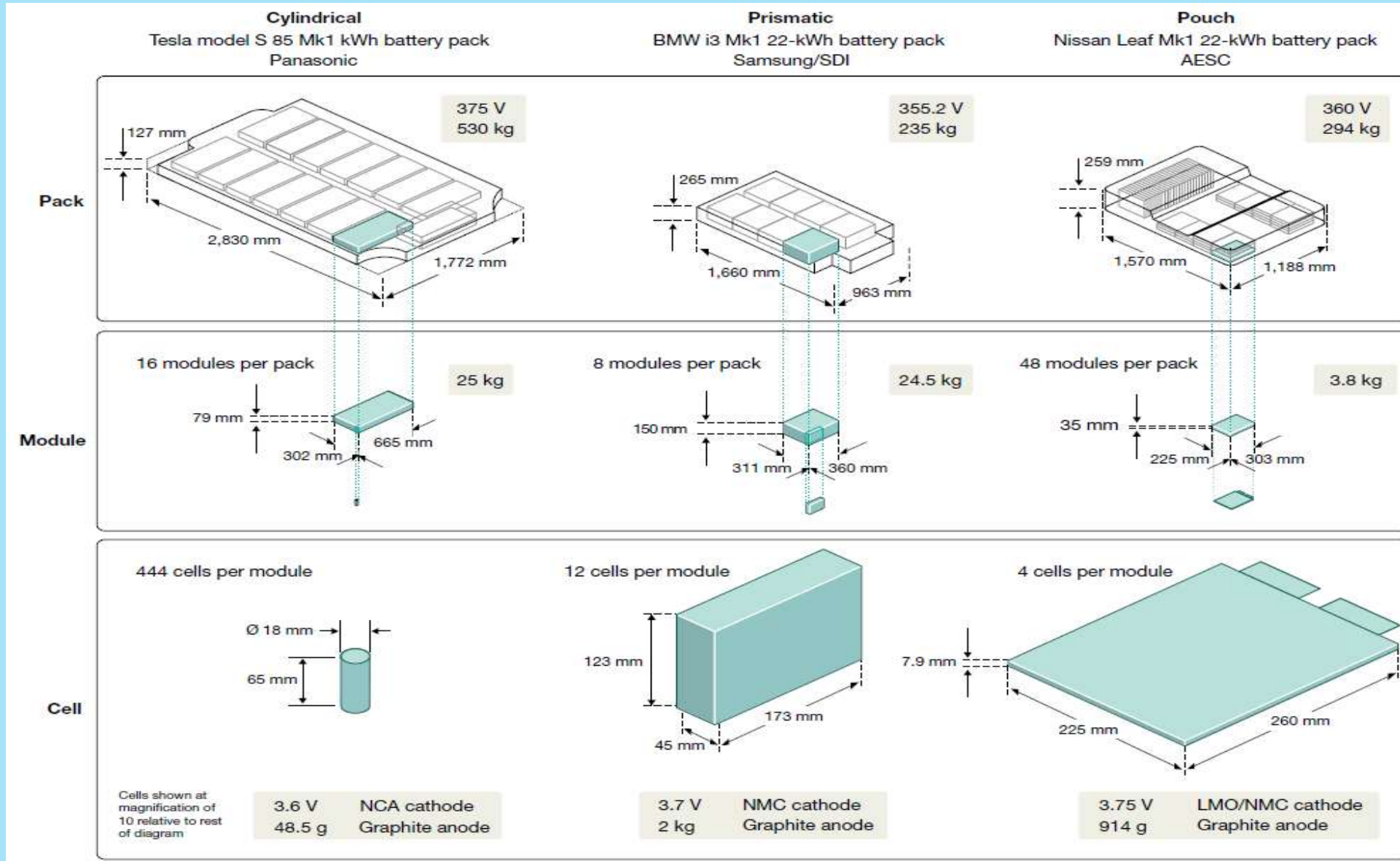
1 a 8 %

**Table I. Material and energy inputs for the production of 1 tonne of lithium carbonate from Spodumene<sup>62</sup>**

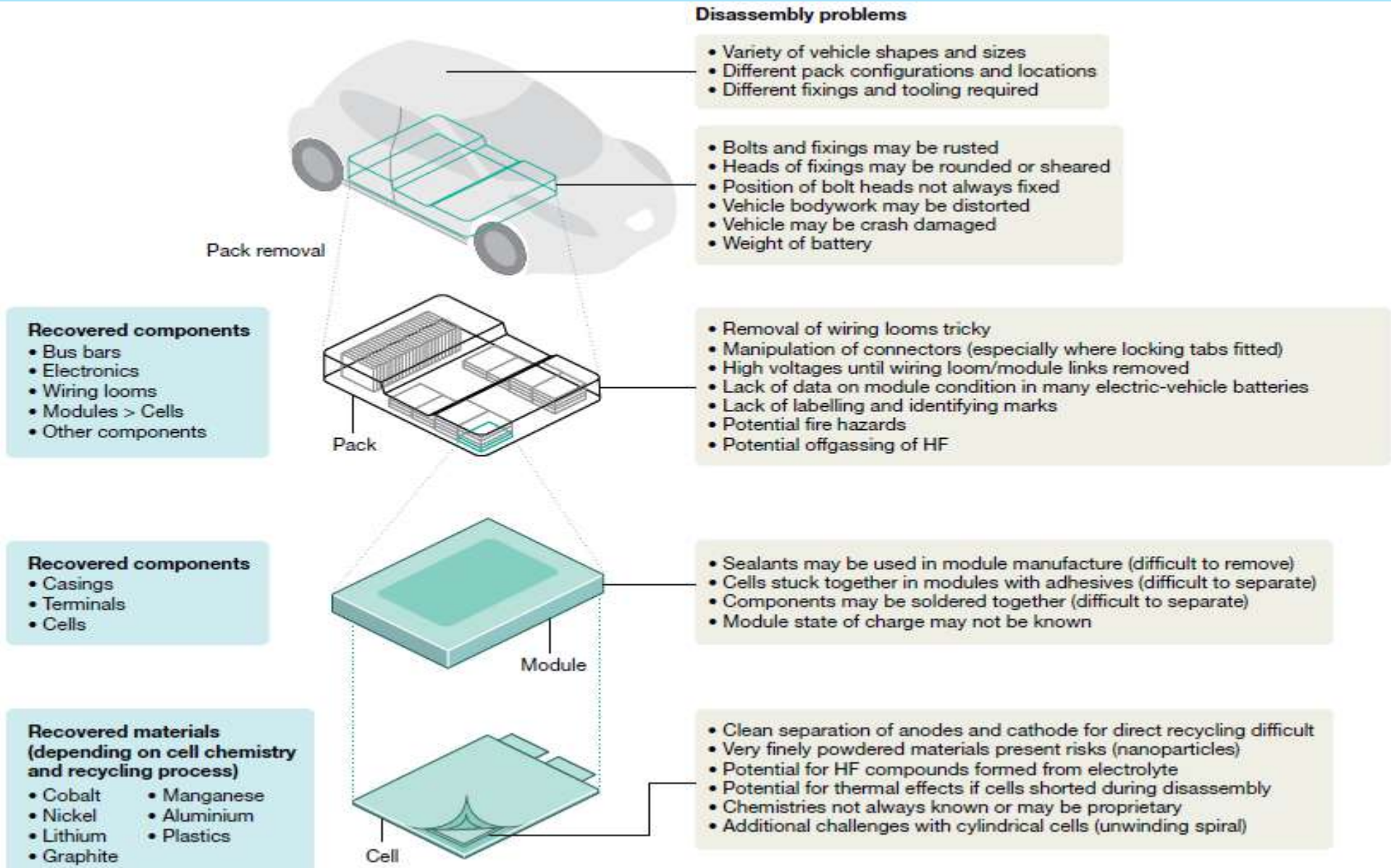
Materials	Amount	Units
Spodumene ( $\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ )	1.34	tonnes
Sulfuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	0.48	tonnes
Soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	0.52	tonnes
Water ( $\text{H}_2\text{O}$ )	24.00	tonnes
Utilities		
Natural gas	1.66	GJ
Electricity*	1.01	GJ

\*Electricity is given based on the mix in the European Union

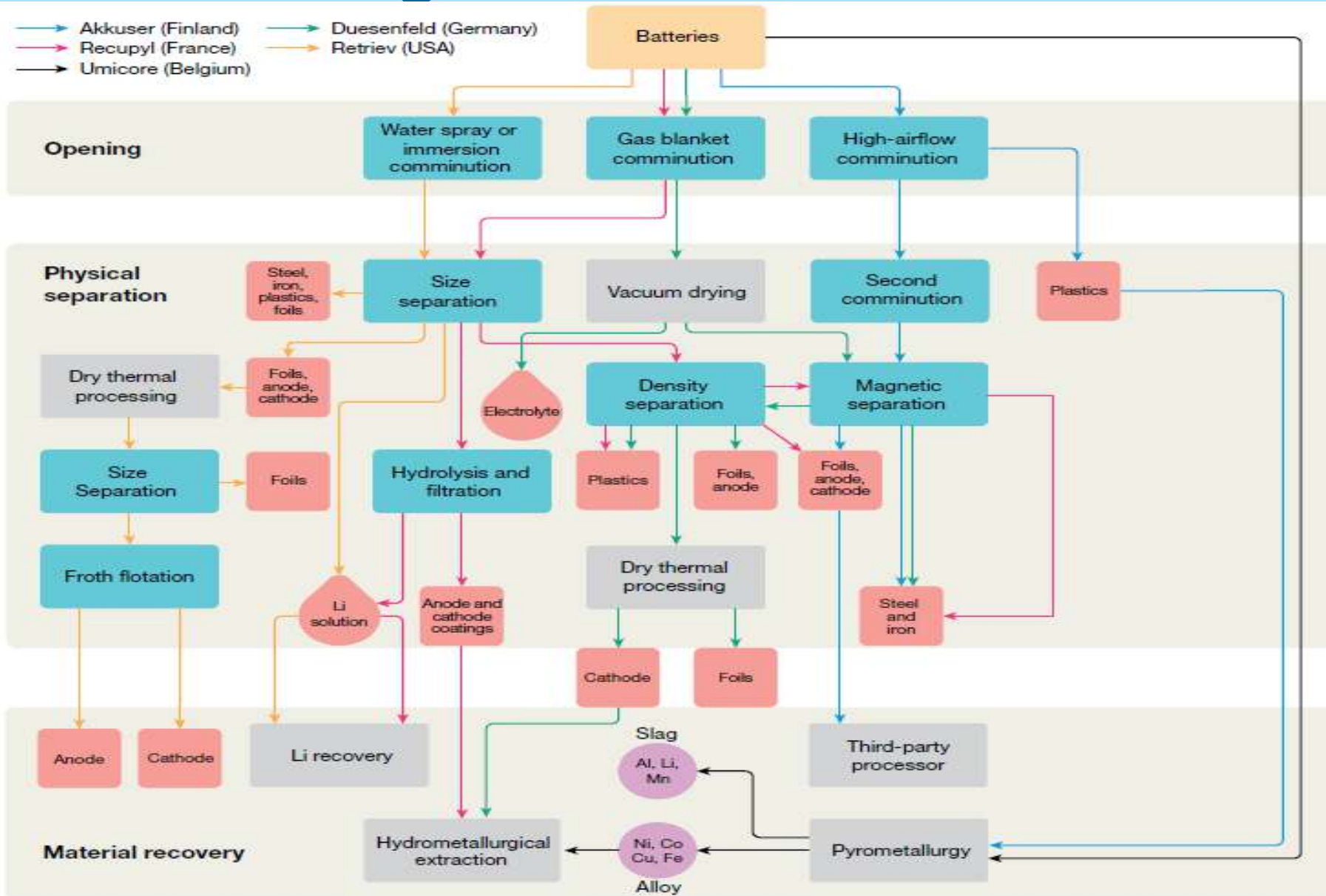
# 5. Reciclagem



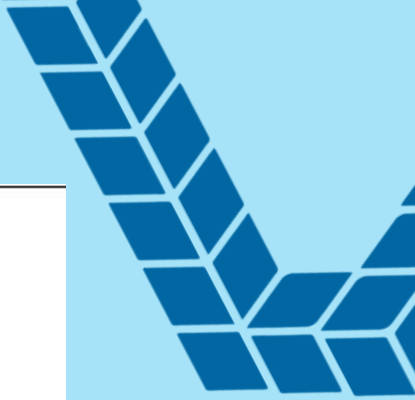
# 5. Reciclagem



# 5. Reciclagem



# 5. Reciclagem



Comparison of different LiB recycling methods



	Technology readiness	Complexity	Quality of recovered material	Quantity of recovered material	Waste generation	Energy usage	Capital cost	Production cost
Pyrometallurgy	•••••	•••••	•	•••	••	•	•	•••••
Hydrometallurgy	•••••	••••	••••	•••••	••••	••••	••••	••••
Direct recycling	••	•	••	•••••	•••••	••••	••••	•

	Presorting of batteries required	Cathode morphology preserved	Material suitable for direct re-use	Cobalt recovered	Nickel recovered	Copper recovered	Manganese recovered	Aluminium recovered	Lithium recovered
Pyrometallurgy	•••••	No	No	•••••	•••••	•••••	••	No	•
Hydrometallurgy	•••••	No	No	•••••	•••••	•••••	••••	•••••	••••
Direct recycling	•	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••

Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E. *et al.* Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature* 575, 75–86 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>



## 6. O Futuro

- Reservas mundiais: cerca de 98 milhões de toneladas (USGS, 2023)
  - **cerca de 100 anos aos níveis atuais de consumo**
- Avanços na reciclagem: aposta declarada na reciclagem direta (mais virada para a recuperação quase total das matérias primas das baterias)
  - **Maiores custos energéticos, mas redução da pressão ambiental**
- Preocupação com a substituição do lítio em certas aplicações industriais
  - **Maior uso do cálcio, magnésio, mercúrio, zinco, alumínio, sódio e potássio**
- Reaproveitamento das primeiras gerações de baterias de grande capacidade
  - **Questão da degradação e acumulação de materiais contaminantes**
- Limite das explorações mineiras

## 6. O Futuro

### Reservas

- São fixas e conhecidas
- Extração e purificação complicadas e caras
- Reciclagem complicada e cara

### Consumo

- Subida exponencial da procura mundial
- Incerteza nas cadeias de distribuição

### Alternativas

- Redução das aplicações do lítio
- Novas arquiteturas de baterias (novos materiais)

## 6. O Futuro



# Referências Bibliográficas

- <https://www.britannica.com/science/lithium-chemical-element>
- <https://geology.com/minerals/lepidolite.shtml>
- <https://corecase.com.br/pt/2022/07/29/litio-entenda-o-motivo-desse-elemento-ser-cada-vez-mais-relevante-na-mineracao/>
- <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=38729>
- <https://www.sgb.gov.br/litio/nomundo.html>
- U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2023 (<https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/lithium-statistics-and-information>)
- Talens Peiró, L., Villalba Méndez, G. & Ayres, R.U. Lithium: Sources, Production, Uses, and Recovery Outlook. *JOM* **65**, 986–996 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11837-013-0666-4>
- Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E. *et al.* Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature* **575**, 75–86 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>
- <https://www.euronews.com/green/2022/02/01/south-america-s-lithium-fields-reveal-the-dark-side-of-our-electric-future>
- <https://www.researchgate.net/figure/Uses-of-Lithium-in-2016-and-2026-Retrieved-from-Lithium-2018-p-11-fig7-330684297>



**OBRIGADO!**

