

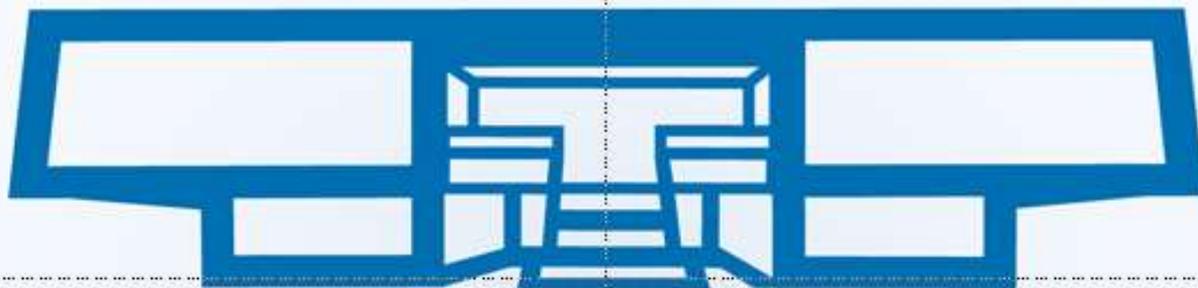


A Exploração de Minério de Lítio no Vale do Jequitinhonha

**REUNIÃO CONJUNTA COMISSÕES DE FINANÇAS E TRIBUTAÇÃO;
MINAS E ENERGIA – ABR 2023**

Paulo F. A. Braga, D. Sc.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL



CETEM

A NOSSA TECNOLOGIA FAZ A DIFERENÇA!

ATUAÇÃO NACIONAL

CETEM – o **único** instituto de pesquisa público no Brasil com foco em **tecnologia mineral e ambiental relacionadas à mineração**.

Atua no desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável dos recursos minerais brasileiros desde abril de 1978.



Empresas

APLs de base mineral

Garimpos

Governo

MISSÃO (PDU 2017-2022)



Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

LÍTIO

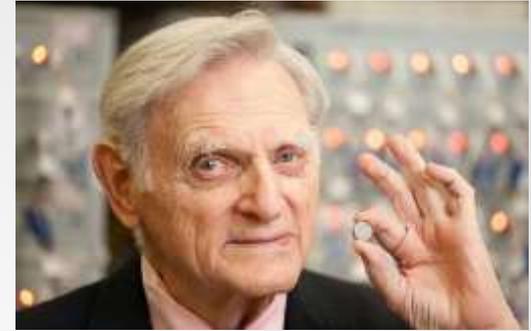


- Metal branco-prateado (mais duro que o Na; mais macio que o Pb).
- Não ocorre como um elemento puro na natureza (depósitos minerais ou de sais e na água do mar), com 0,004% na crosta terrestre.
- Concentração de lítio é baixa, logo, poucos recursos são viáveis.
- Baixo coeficiente de expansão térmica e elevado poder calorífico ➡ recobrimento cerâmicos - fritas (cooktops).
- Grande potencial eletroquímico e baixa densidade (pilhas e baterias).
- Mais leve de todos os metais ($\rho = 0,534 \text{ g/cm}^3$).
- Forma liga muito leve e resistente com o alumínio (indústria aeronáutica).



HISTÓRICO MODERNO DA PRODUÇÃO DE LÍTIU

- **2007** – Mercado de baterias de íon-Li torna-se o principal consumidor de lítio.
- **2008** – Desenvolvido o primeiro carro elétrico comercial (baterias de íon Li).
- **2019** – O Brasil inicia **(AMG)** exportação de concentrado de espodumênio para China.
- **2023** – Início de operação da **Sigma Lithium** de espodumênio 270.000 t/ano.



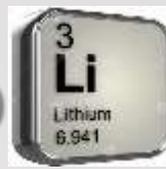
John Bannister Goodenough
Nobel de Química em 2019

Baterias recarregáveis representam **60%** da demanda mundial do lítio.

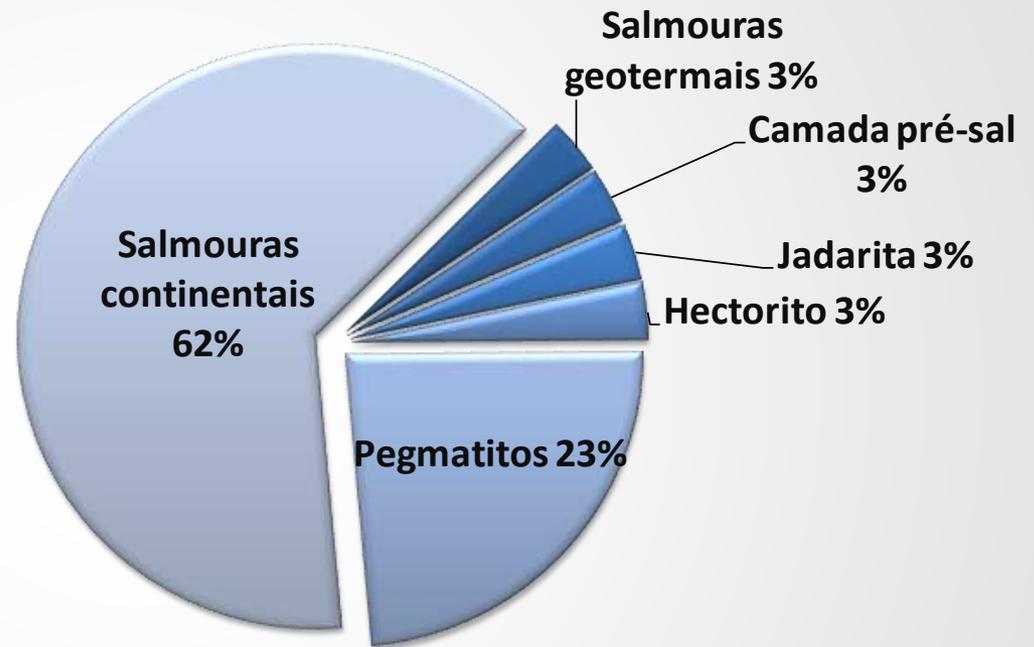
Lítio produzido de **fontes minerais**, representa **68%** do *market share* mundial.



RECURSOS E RESERVAS MUNDIAIS DE LÍTIO



Salar do Uyuni



Fonte: Metal Bulletin Research (2013)

58% dos recursos : Argentina e Chile

56% das reservas: Argentina, Chile e Bolívia

PEGMATITOS LITINÍFEROS (aglomerado de minerais de lítio)

- Existem mais de 150 minerais portadores de lítio, mas apenas o espodumênio, ambligonita, lepidolita e petalita podem ser aproveitados economicamente.

Minerais	Fórmula	Dureza	Densidade	%Li ₂ O	
				Teórica	Típica
Ambligonita	LiAl(PO ₄)(F,OH)	3	5,5-6	11,9	5
Lepidolita	K(Li,Al ₃)(Si,Al) ₄ O ₁₀ (F,OH) ₂	2,8-3,3	2,5-3	3,3-7,8	3,0-4,0
Petalita	LiAl(Si ₄ O ₁₀)	2,3-2,5	6-6,5	4,9	3,0-4,5
Espodumênio	LiAl(Si ₂ O ₆)	3-3,2	6,5-7,5	8	1,5-7,0

Fonte: Harben (2002).

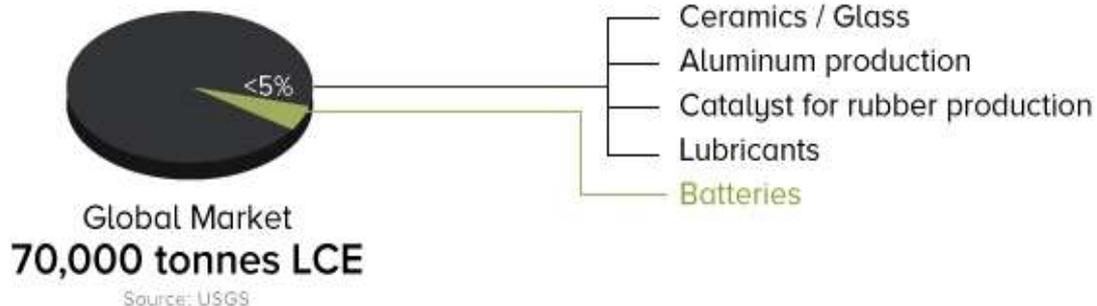


MERCADO MUNDIAL (market share)

2001

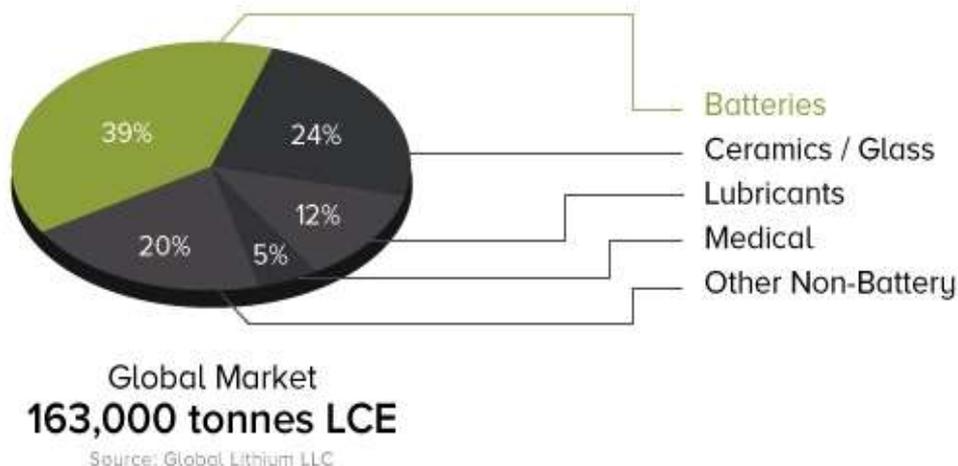
Many years ago, lithium was used in a variety of industrial purposes.

Non-Battery // Battery



2015

Today, the major use by far is batteries.



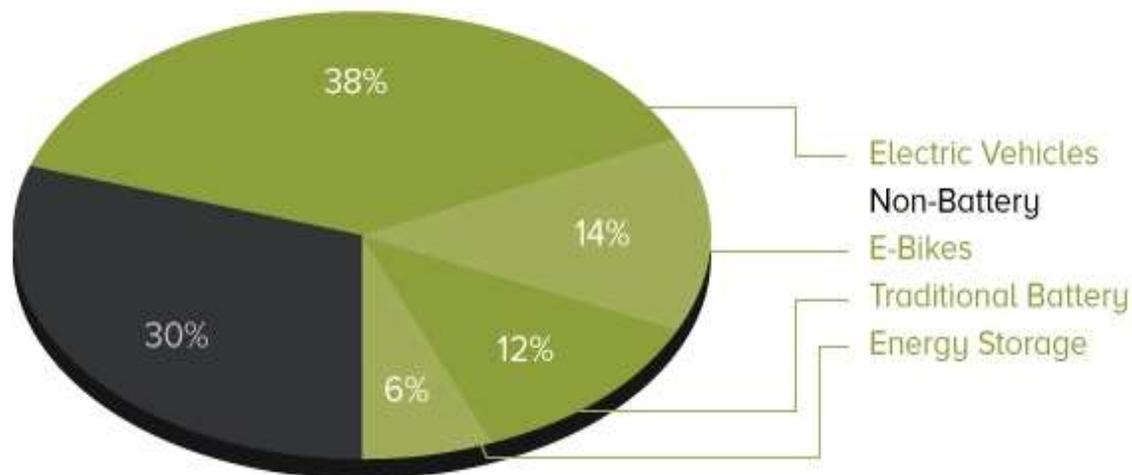
[Infographic: Lithium is the Fuel of the Green Revolution \(visualcapitalist.com\)](http://visualcapitalist.com)

MERCADO MUNDIAL ATUAL (market share)

And in the future?

2025

The battery market alone will be almost **2x bigger** than the entire lithium market today.



Global Market
534,000 tonnes LCE

Source: Deutsche Bank

[Infographic: Lithium is the Fuel of the Green Revolution \(visualcapitalist.com\)](https://visualcapitalist.com)

PANORAMA NACIONAL

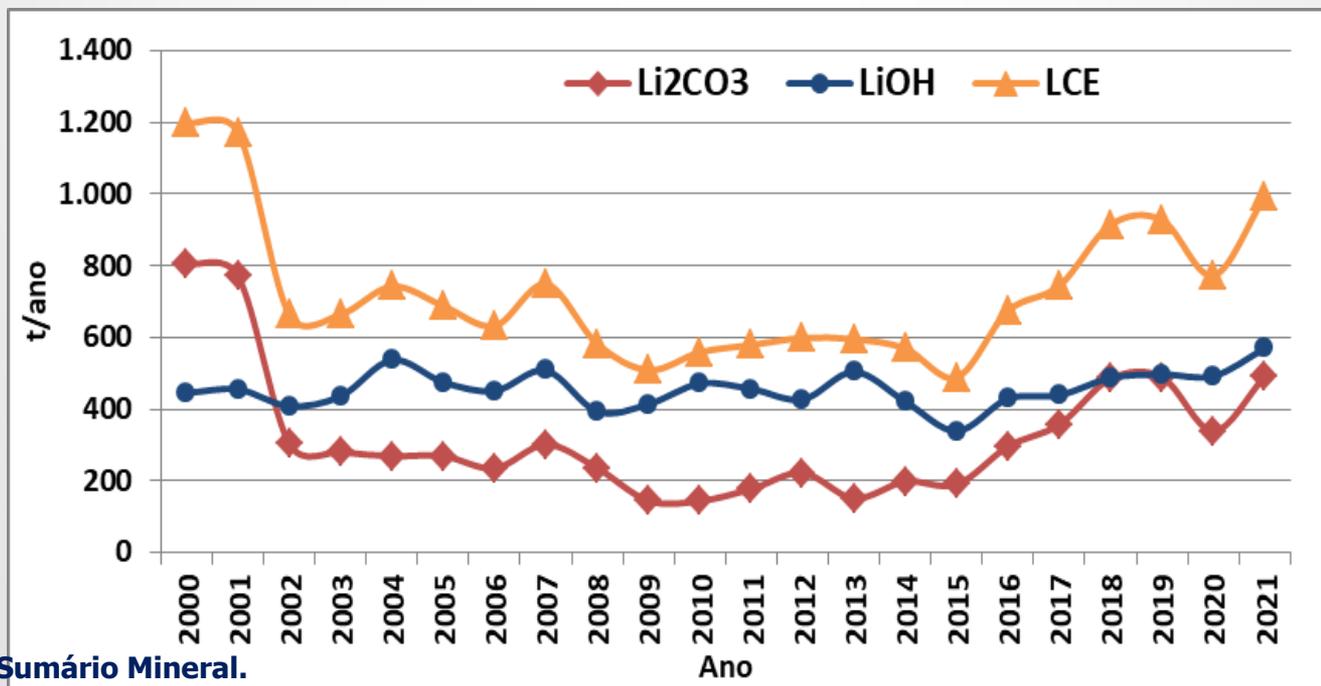
LÍTIO BRASIL – RESERVAS E RECURSOS

- No Brasil, as principais reservas (95.000 t) estão localizadas nos Estados de MG, CE, RN e PB



PRODUÇÃO NACIONAL (breve histórico)

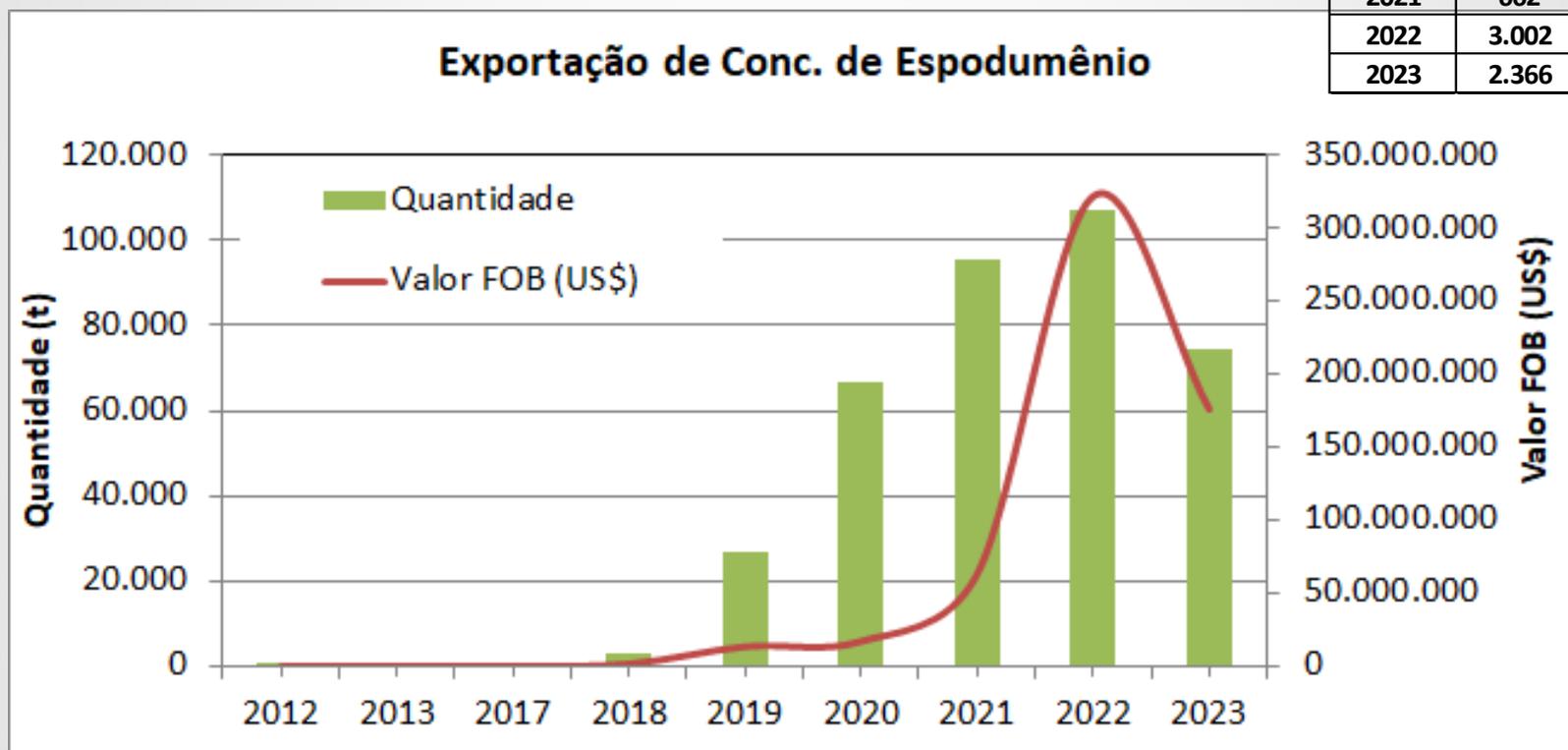
- Na década de 70 o Brasil já utilizava, petalita, lepidolita e espodumênio, na fabricação de cerâmicas, esmaltes e vidros especiais;
- A ambligonita era utilizada na fabricação de sais de lítio pela Nuclemon, para uso na indústria de alumínio e de graxas;
- 1987 – Nuclemon encerra as operações: suprimento de minério (baixa qualidade e sazonal) e problemas ambientais (centro da cidade de São Paulo);
- 1992 – Início da produção industrial de Li_2CO_3 e LiOH a partir do minério de espodumênio do **Vale do Jequitinhonha**.



Fonte: ANM, Sumário Mineral.

COMÉRCIO EXTERIOR – Conc. de espodumênio

Ano	US\$/t
2020	258
2021	662
2022	3.002
2023	2.366

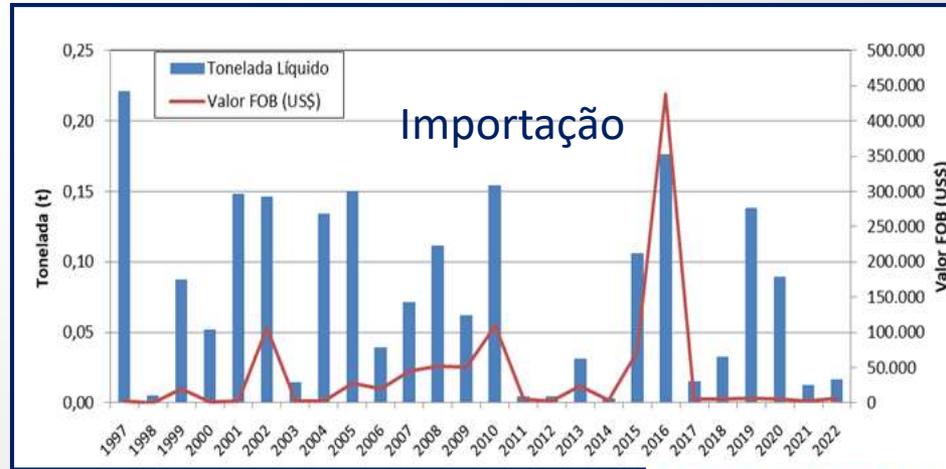


Fonte: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

COMÉRCIO EXTERIOR Li_2CO_3



COMÉRCIO EXTERIOR LiOH



Fonte: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

PREÇO DE CONCENTRADO DE ESPODUMÊNIO (5,8 a 6,0 % Li_2O)



PLS ASX Chart

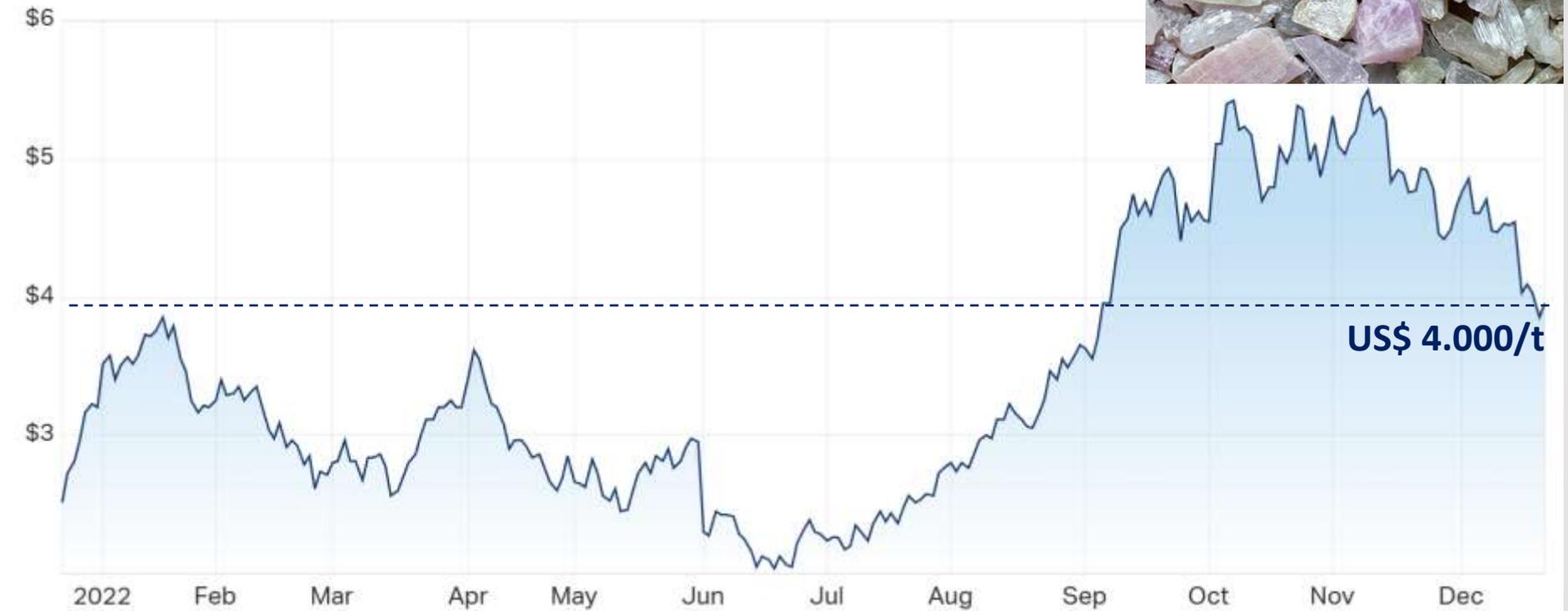
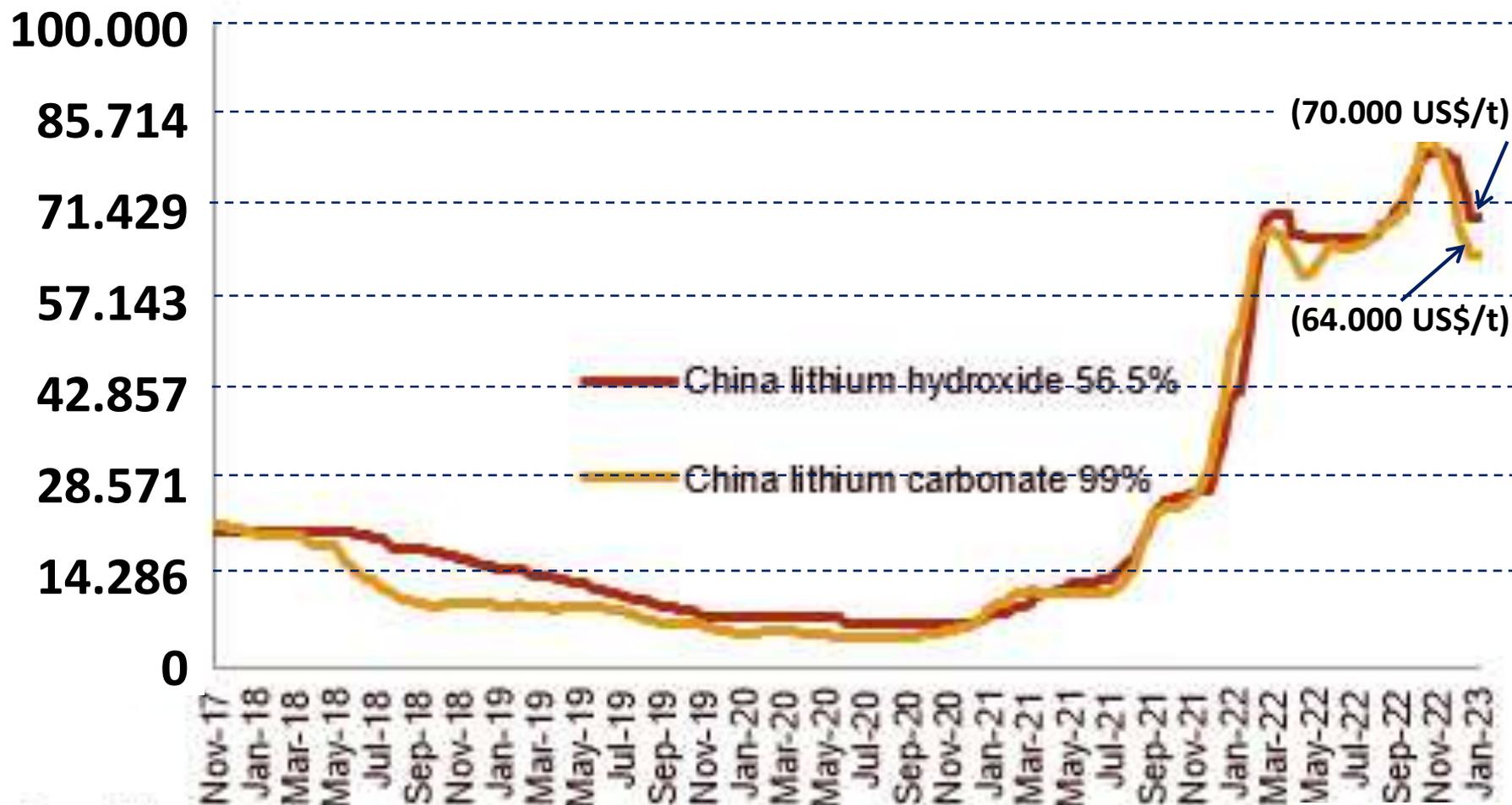


Gráfico de preços de 12 meses da Pilbara Minerals

<https://www.marketindex.com.au/news/pilbara-minerals-lifts-lithium-spodumene-offtake-prices-to-ususd6-300#:~:text=Market%20prices%20for%20spodumene%20was,the%20company's%20FY22%20results%20presentation>

PREÇOS DE CARBONATO E HIDRÓXIDO DE LÍTIO

China lithium prices (US\$/t)



Source: Bloomberg

CONSIDERAÇÕES SOBRE PREÇO

1 t de **conc. de espodumênio** com 6% Li_2O , contém → **28 kg de Li**

1 t de **conc. de espodumênio** custa **~4.000 US\$**, Li contido equivale **143 US\$/kg**

1 t de **carbonato de lítio** com 99,5% pureza, contém → 190 kg de Li

1 t de **carbonato de lítio** custa **~64.000 US\$**, Li contido equivale **337 US\$/kg**.

MERCADO SECUNDÁRIO DE LÍTIO NO BRASIL

Produto	2020	2021	2022
	Valor FOB (US\$)	Valor FOB (US\$)	Valor FOB (US\$)
Baterias de Li-íon (300 cm ³ max.)	12.117.571	18.112.236	19.455.735
Outras Li-íon baterias	1.922.148	2.669.821	3.318.334
Acumuladores eletricos de Li-íon	344.484.705	415.729.431	505.021.415
E-Bikes e produtos similares	13.052.171	15.789.881	27.044.916
Mobiles e smartphones	618.640.854	497.362.969	159.775.204
Câmeras digitais	53.707.030	69.219.137	16.690.457
Tablets	88.364.785	113.107.518	101.757.247
Notebooks	72.556.202	102.867.682	119.859.235
Outras máquinas com UCP	29.388.879	39.845.591	7.455.716
Tablets até 140 cm ²	30.310.026	33.915.826	20.782.230
EVs (veículos elétricos)	26.106.054	108.348.755	250.853.818
Total	1.290.650.425	1.416.968.847	1.232.014.307



Carro Elétrico
1-40KG



Ferramenta Elétrica
40-60G



Laptop
30-40G



Tablet
20-30G



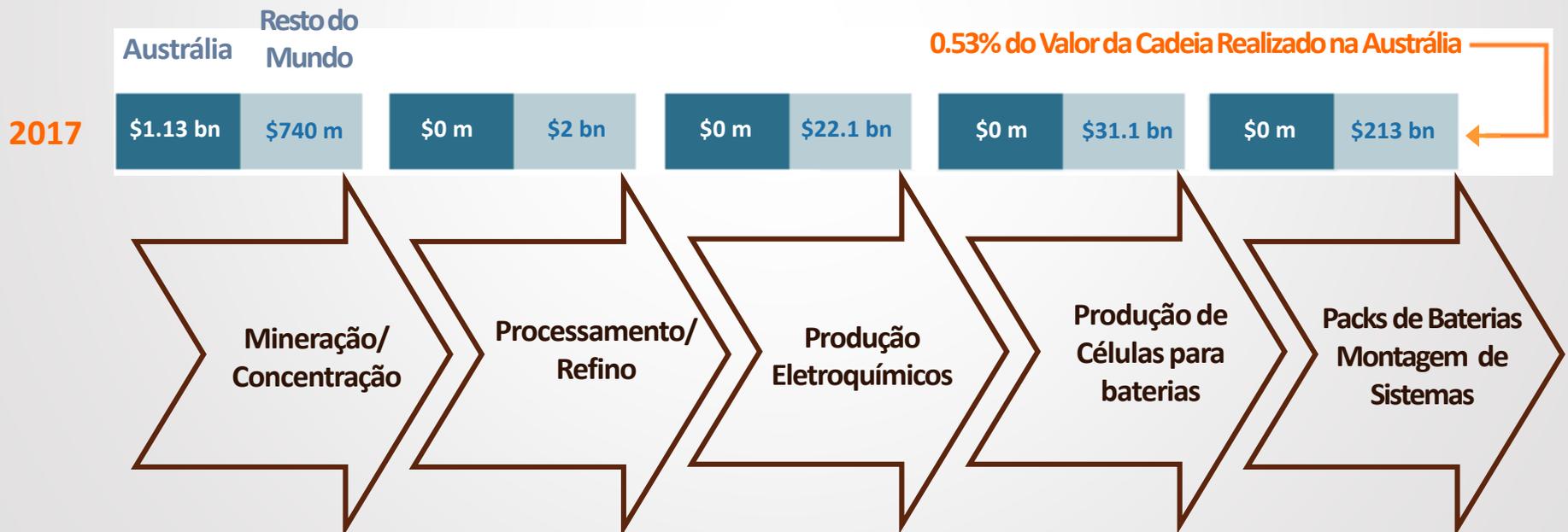
Smartphone
2-3G

Fonte: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

Em termos de LCE (equivalente em carbonato de lítio)

A CADEIA DA INDÚSTRIA DO LÍCIO NA AUSTRÁLIA

- Austrália participa apenas com 0,53% do referente ao minério exportado (US\$ 1,13 bilhão). Cerca de 99,5% do valor do minério de lítio australiano são adicionados a um mercado de valor estimado de US\$ 213 bilhões.
- São necessárias cerca de 2,5 t de minério para produzir aproximadamente 650 kg de concentrado com 6% Li₂O (~80% de recuperação de lítio).

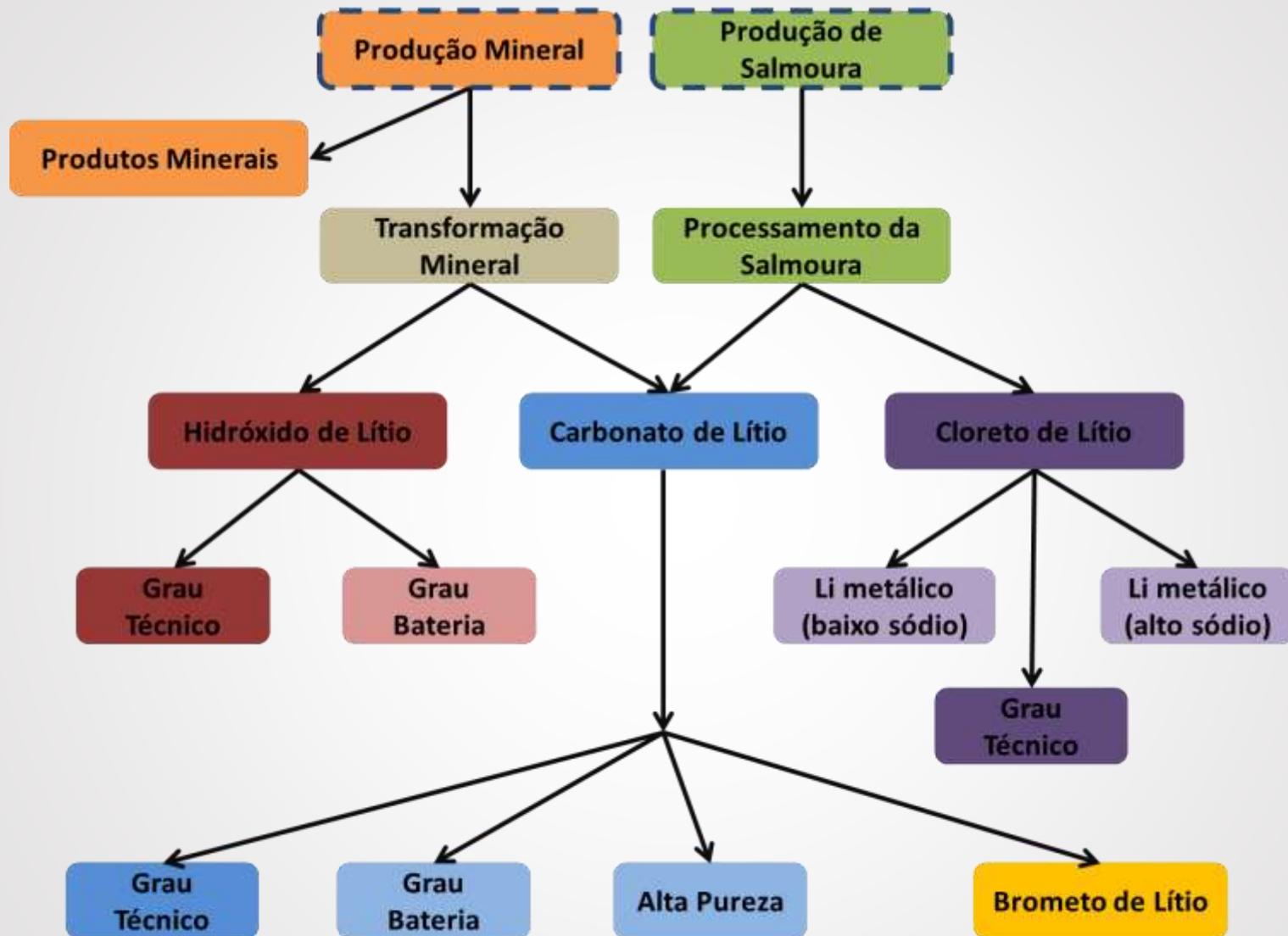


Fonte: Adaptado de Future Smart Strategies, 2018.

TECNOLOGIAS



FONTES DE LÍTIO E PRODUTOS



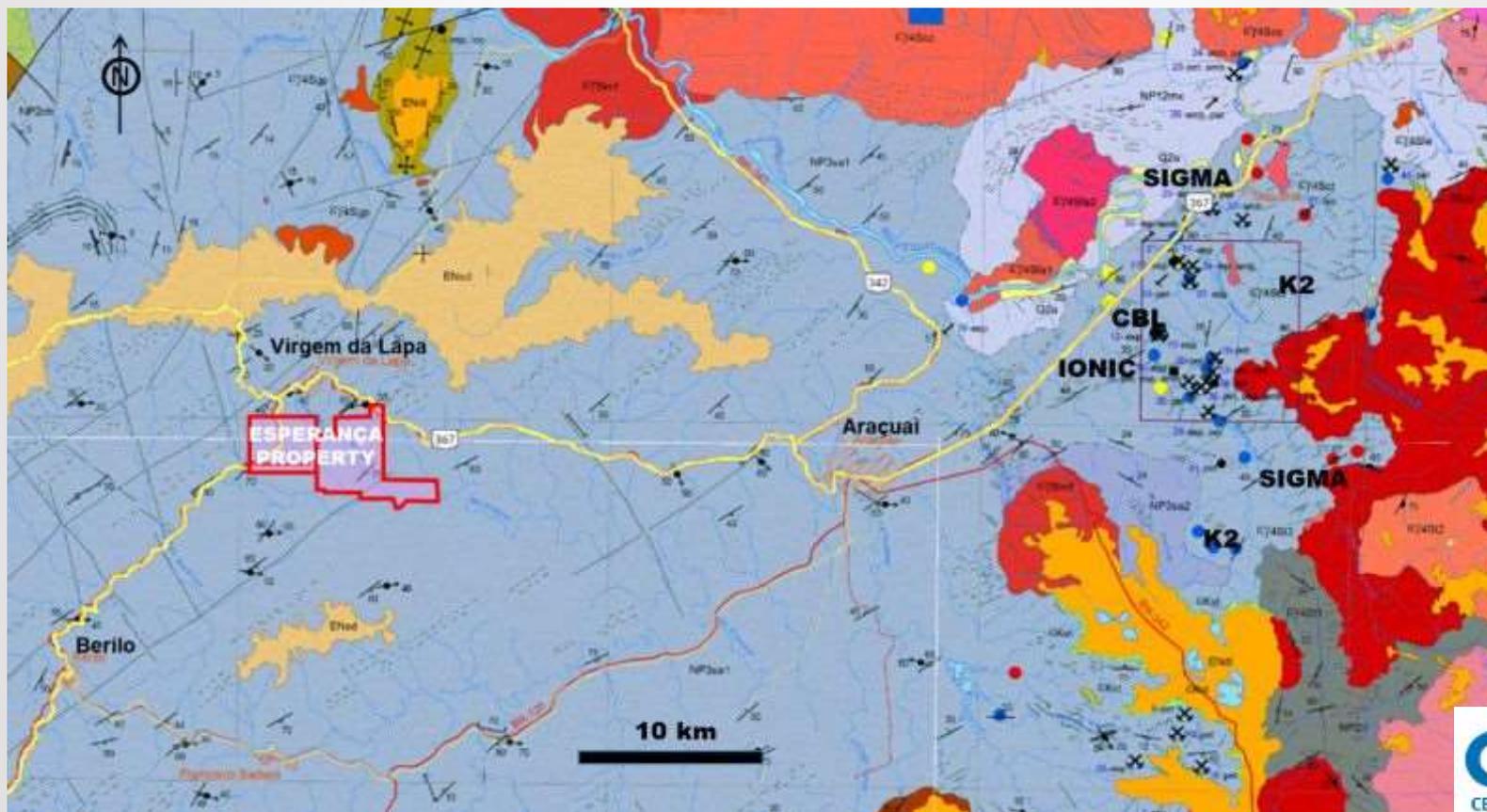
Fonte: Roskil¹

CUSTOS DE PRODUÇÃO

	Salmouras (Evaporitos)	Minérios
Pesquisa mineral	Baixo custo, reservas são difíceis de calcular	Alto custo devido a sondagens, fácil mensuração
Localização	América do Sul (Plateau de Puna)	Austrália, Canadá, Portugal, Brasil, Zimbábwe
Processo	Bombeamento de salmouras p/ piscinas de evaporação e concentração (12 a 18 meses) Produção de co-produto (KCl) Precipitação do lítio em outra região	Usinas modernas e atualizadas É necessário a conversão mineral a 1050°C (alta energia)
Vantagens	Baixo OPEX	Baixo CAPEX
Desvantagens	Não escalonável Tempo de implantação Baixa recuperação Depende de condições climáticas	Alto OPEX devido a intensidade de energia e o custo de lavra
Qualidade do produto final	Inferior devido a presença de diversos íons (K^+, Na^+, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-})	Superior (preferido por fabricantes de baterias)

NOVOS PROJETOS e PESQUISAS NO LITHIUM VALLEY BRASIL

- Latin Resources;
- Atlas Lithium;
- Lithium Ionic;
- DeepRock Minerals_(Esperança Lithium).



MiBI GT-7 GRUPO DE BATERIAS DE ÍON LÍTIO

Rede Colaborativa para Aumento da Produtividade e da Competitividade do Setor Automotivo Brasileiro, denominada Made in Brasil Integrado (MiBI) – instituída pela **PORTARIA SEPEC/ME Nº 9.035, DE 17 DE SETEMBRO DE 2021** .

Objetivo Geral

- Produzir em até 3 anos Baterias de íons lítio com alto grau de nacionalização para atender à demanda industrial brasileira.

Objetivos Específicos

- Identificar os desafios tecnológicos no ciclo de vida das baterias de íon-Li;
- Propor e testar soluções para os desafios tecnológicos identificados;
- Mapear e simular recursos e insumos para atender à demanda nacional de baterias de íon-Li;
- Montar uma unidade produtiva pré-industrial para validação de insumos/matéria-prima nacional nas baterias de íon-Li.

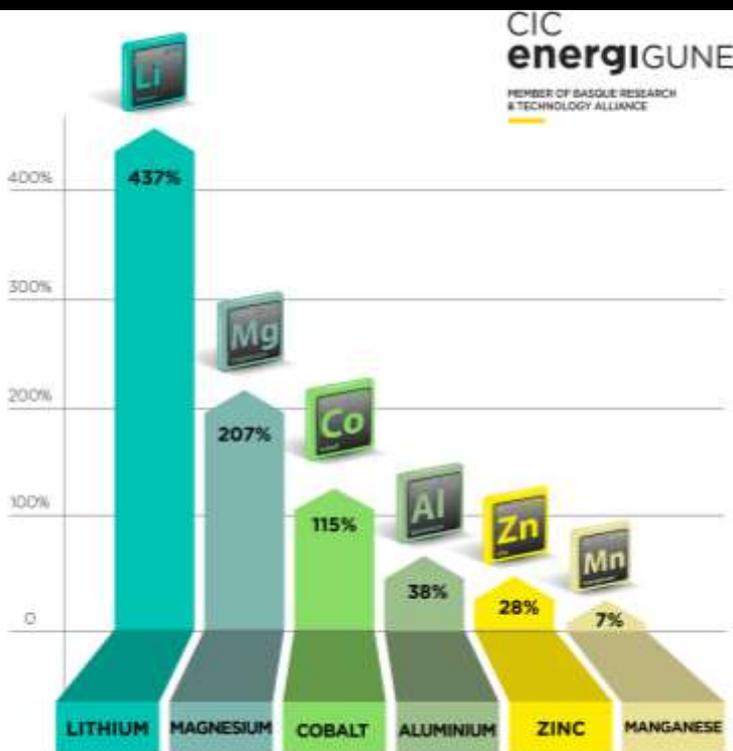
CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A indústria nacional de lítio existe desde a década de 70 (NUCLEMON) e atualmente conta com players como CBL, AMG e Sigma.
- Existe pouco desenvolvimento tecnológico, não obstante a troca da matriz mineral (amblygonita /espodumênio).
- As reservas/recursos nacionais de lítio são potenciais (o aumento ou diminuição é função de novas pesquisas e projetos) existem diversos novos projetos.
- Já existe exportação de concentrado de lítio (**107.168 t em 2022**).
- Brasil está em estágio de desenvolvimento do lítio, com novos 2 players (AMG e SIGMA) e diversos projetos de pesquisa.
- Para um projeto de lítio, a partir de um mineral, ser sustentável ⇒ aproveitar, integralmente todo o pegmatito (quartzo, feldspato e mica) e o resíduo da extração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Desenvolver produtos de lítio (carbonato e hidróxido) grau bateria, para atender futuros projetos de baterias íon-Li.
- BYD, produz baterias de íon-Li em Manaus, porém com lítio importado.

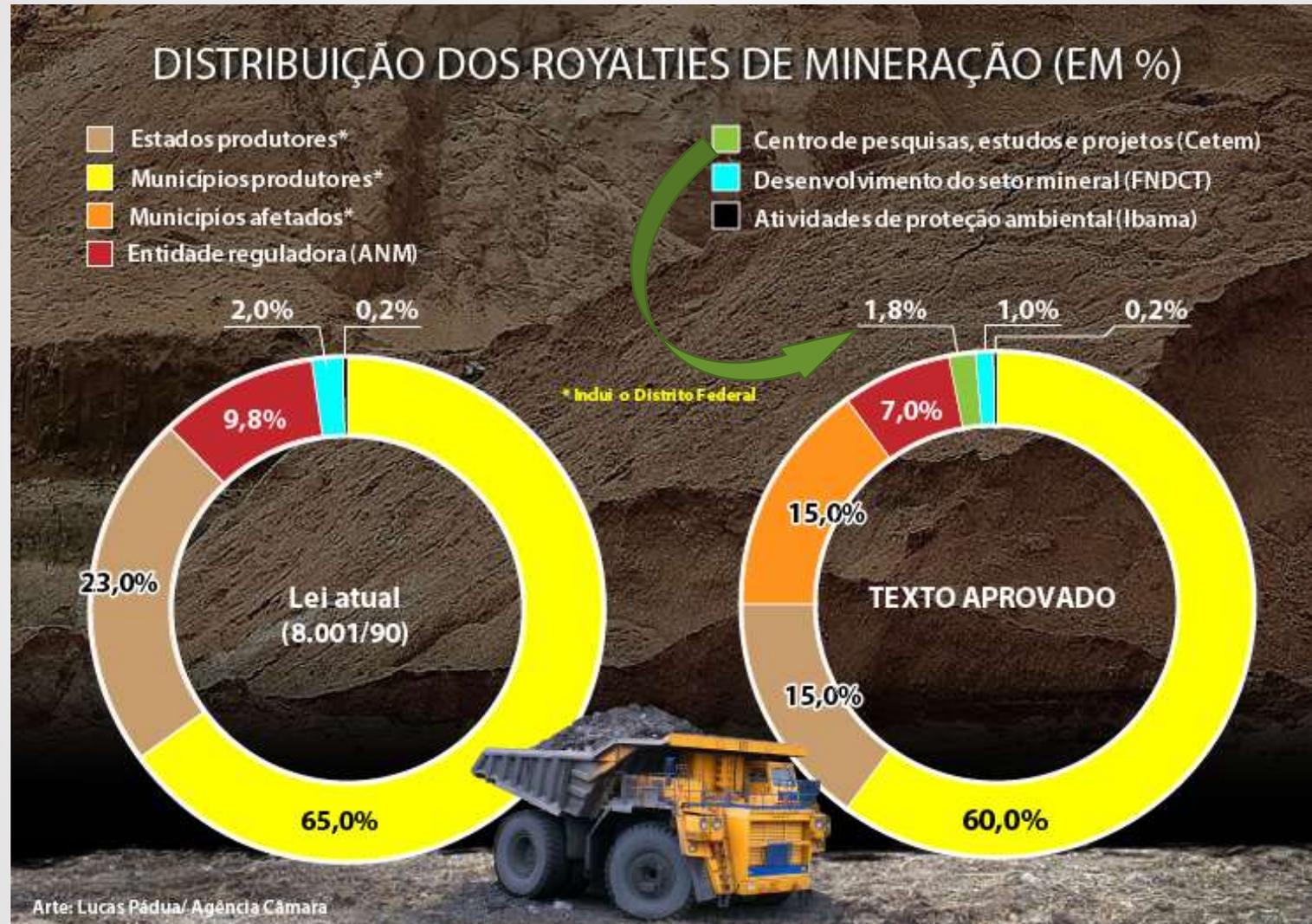
Valorização (2021) dos materiais das baterias



Source: Trading Economics

- Interesse real e imediato de empresas (Moura e WEG ??) de produzirem baterias de íon Li no Brasil, de preferência, com lítio nacional.
- Necessidade de implantação de um programa para reciclagem de baterias de íon-Li, em 2022 ~4.000 t de LCE importadas.

COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO MINERAL – CFEM



- Royalties da mineração (Lei 13.540, 18/12/2017 destinou 1,8% da CFEM para o CETEM.



Obrigado!

pbraga@cetem.gov.br

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
Av. Pedro Calmon 900 – Cidade Universitária
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: 55 21 3865-7222

