



Baterias Lítio-íon (LiB) Perspectivas e Mercado

Raul Beck
CPqD

*TRANSFORMANDO
EM REALIDADE*

Cenário mundial

- Veículos movidos a hidrocarbonetos são um dos agentes que contribuem para a poluição ambiental dos centros urbanos
- Geração de energia elétrica por usinas térmicas (exceto solar) é outro vetor de poluição ambiental
- Movimento mundial na busca de produtos e soluções que reduzam a emissão de gás carbono e ambientalmente amigáveis:
 - Desenvolvimento de veículos elétricos
 - Energias renováveis (solar e eólica) perene e robusta

Densidades de energia por massa

	kJ/kg	Wh/kg
• Gasolina / Diesel	46.000	13.000
• Etanol	30.000	8.300
• Bateria Lítio-íon com nanofios (experimental)	2.600	720
• Célula a Combustível (CaC)	1.600	440
• Bateria de Sódio-Cloreto de níquel (Zebra)	520	150
• Bateria Lítio-íon	500 a 840	140 a 240
• Bateria Zinco-ar (experimental)	400 a 1.700	110 a 470
• Bateria Níquel-hidreto metálico	200	55
• Bateria Níquel-cádmio	140 a 220	40 a 60
• Bateria Chumbo-ácida	90 a 140	25 a 40
• Ar comprimido a 200 bar (24°C)	100	28
• Ultracapacitor	20	6
• Supercapacitor	10	3
• Capacitor eletrolítico	2	0,6

Considerando rendimento energético nas rodas MCI ~ 30% e ME ~ 90%
Densidade energética Gasolina / Diesel ~ 25 x Bateria Lítio-íon

Família das baterias de lítio

» Lítio Cobalto (LCO)

- › Densidade de energia: 140 Wh/kg a 240 Wh/kg
- › Uso primário: eletrônicos consumo
- › Custo: \$200/kWh a \$350/kWh
- › Empresas: Samsung SDI, Panasonic, Lishen, ATL, Sony, LG Chem

» Lítio Níquel Cobalto Alumínio (NCA)

- › Densidade de energia: 160 Wh/kg a 240 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, estacionário
- › Custo: \$180/kWh a \$700/kWh
- › Empresas: Panasonic, Saft

» Lítio Manganês Spinel (LMO)

- › Energy density: 160 Wh/kg a 220 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, estacionário
- › Custo: \$380/kWh a \$600/kWh
- › Empresas: LG Chem, Samsung SDI, AESC

» Lítio Titanato (LTO)

- › Densidade de energia: 60 Wh/kg a 110 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, ônibus
- › Custo: \$800/kWh a \$1.400/kWh
- › Empresas: ATL, Toshiba, Microvast, LeClanché

» Lítio Ar (LO)

- › Densidade de energia: 500 Wh/kg a 4.000 Wh/kg
- › Uso primário: todas aplicações
- › Custo: \$150/kWh a \$1.800/kWh (experimental)
- › Empresas: IBM, Toyota, Samsung

» Lítio Polímero (LiPo)

- › Densidade de energia: 120 Wh/kg a 190 Wh/kg
- › Uso primário: eletrônicos consumo
- › Custo: \$300/kWh a \$500/kWh
- › Fabricantes: Samsung SDI, Lishen, ATL, LG Chem

» Lítio Níquel Manganês Cobalto (NMC)

- › Densidade de energia: 160 Wh/kg a 220 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, estacionário
- › Custo: \$600/kWh a \$900/kWh
- › Empresas: Dow Kokam, JCI, Xalt

» Lítio Ferro Fosfato (LFP)

- › Densidade de energia: 90 Wh/kg a 140 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, estacionário
- › Custo: \$400/kWh a \$800/kWh
- › Empresas: A123, BYD, NEC, Lishen

» Lítio Enxofre (LiS)

- › Densidade de energia: 250 Wh/kg a 500 Wh/kg
- › Uso primário: eletrônicos consumo, aeroespacial
- › Custo: \$100/kWh a \$1.200/kWh (experimental)
- › Empresas: Amprius, Polyplus, Oxis, Sion Power

» Lítio Capacitor (LiC)

- › Densidade de energia: 15 Wh/kg a 40 Wh/kg
- › Uso primário: SSVs, empilhadeiras
- › Custo: \$1.200/kWh a \$8.500/kWh (experimental)
- › Empresas: JSR, Hitachi

Baterias avançadas não-lítio

» Magnésio Ion

- › Densidade de energia: 180 Wh/kg a 280 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, eletrônicos consumo
- › Custo: \$100/kWh a \$900/kWh
- › Empresas: Toyota, Apple, Pellion

» Sódio Metal Haleto (ZEBRA)

- › Energy density: 100 Wh/kg a 160 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, estacionário
- › Custo: \$500/kWh a \$900/kWh
- › Empresas: FIAMM Sonick, GE

» Sódio Ion Aquoso

- › Densidade de energia: 75 Wh/kg a 100 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, estacionário
- › Custo: \$600/kWh a \$1.200/kWh
- › Empresas: Aquion

» Chumbo-ácidas avançadas (bipolar)

- › Densidade de energia: 60 Wh/kg a 80 Wh/kg
- › Uso primário: automotivo, ônibus
- › Custo: \$500/kWh a \$1.200/kWh
- › Empresas: East Penn, Furukawa, Trojan

» Redox (Flow) Vanádio

- › Densidade de energia: 50 Wh/kg a 100 Wh/kg
- › Uso primário: estacionário
- › Custo: \$500/kWh a \$1.100/kWh
- › Empresas: Imergy, Gildemeister, Sumitomo, UET

» Redox (Flow) Zinco

- › Densidade de energia: 50 Wh/kg a 100 Wh/kg
- › Uso primário: estacionário
- › Custo: \$800/kWh a \$1.200/kWh
- › Empresas: RedFlow, ZBB

» Redox (Flow) Ferro Cromo

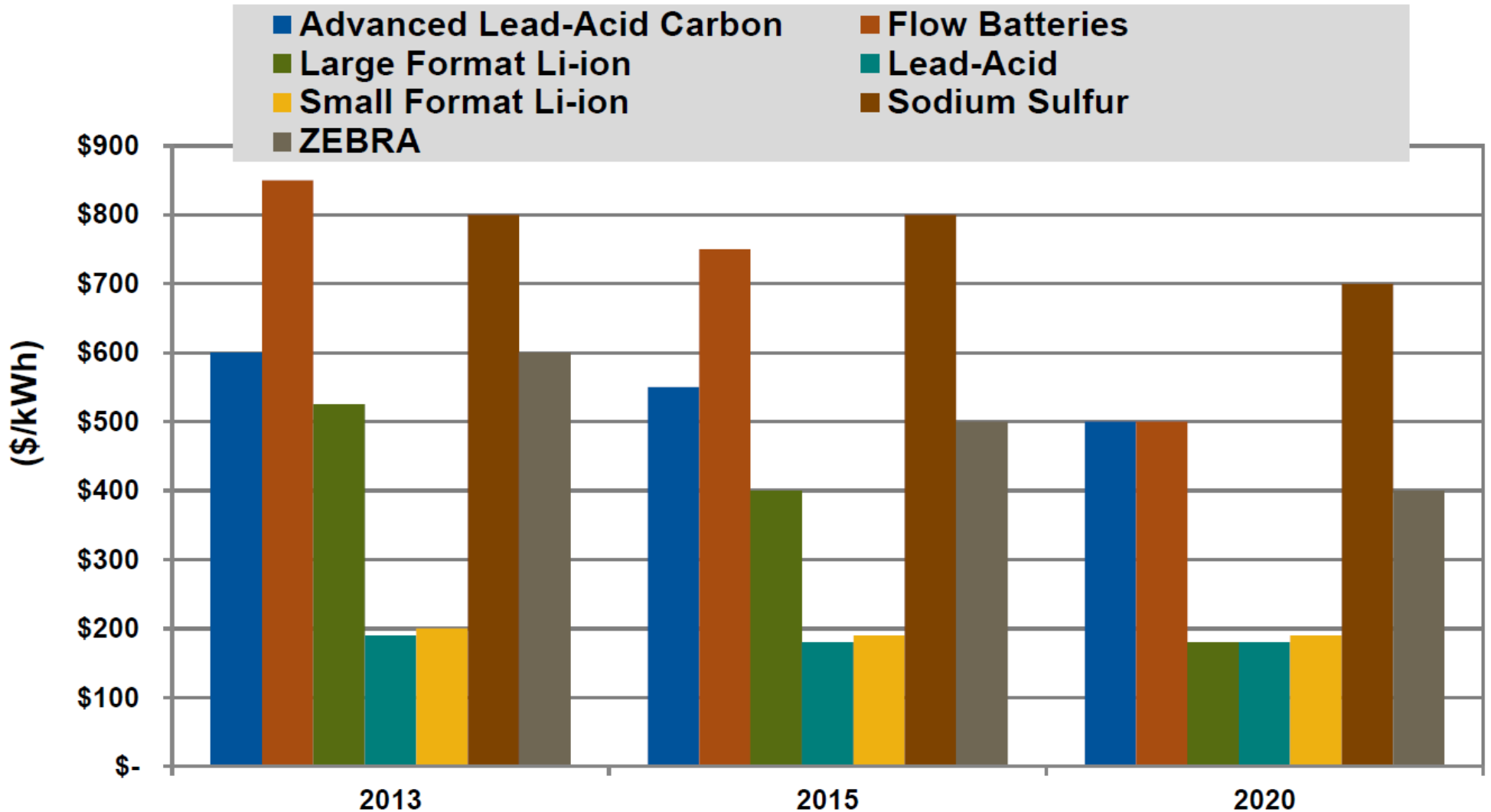
- › Densidade de energia: 140 Wh/kg a 1.200 Wh/kg
- › Uso primário: estacionário
- › Custo: \$500/kWh a \$1.100/kWh
- › Empresas: Imergy, Gildemeister, Sumitomo, UET

» Sódio Ion

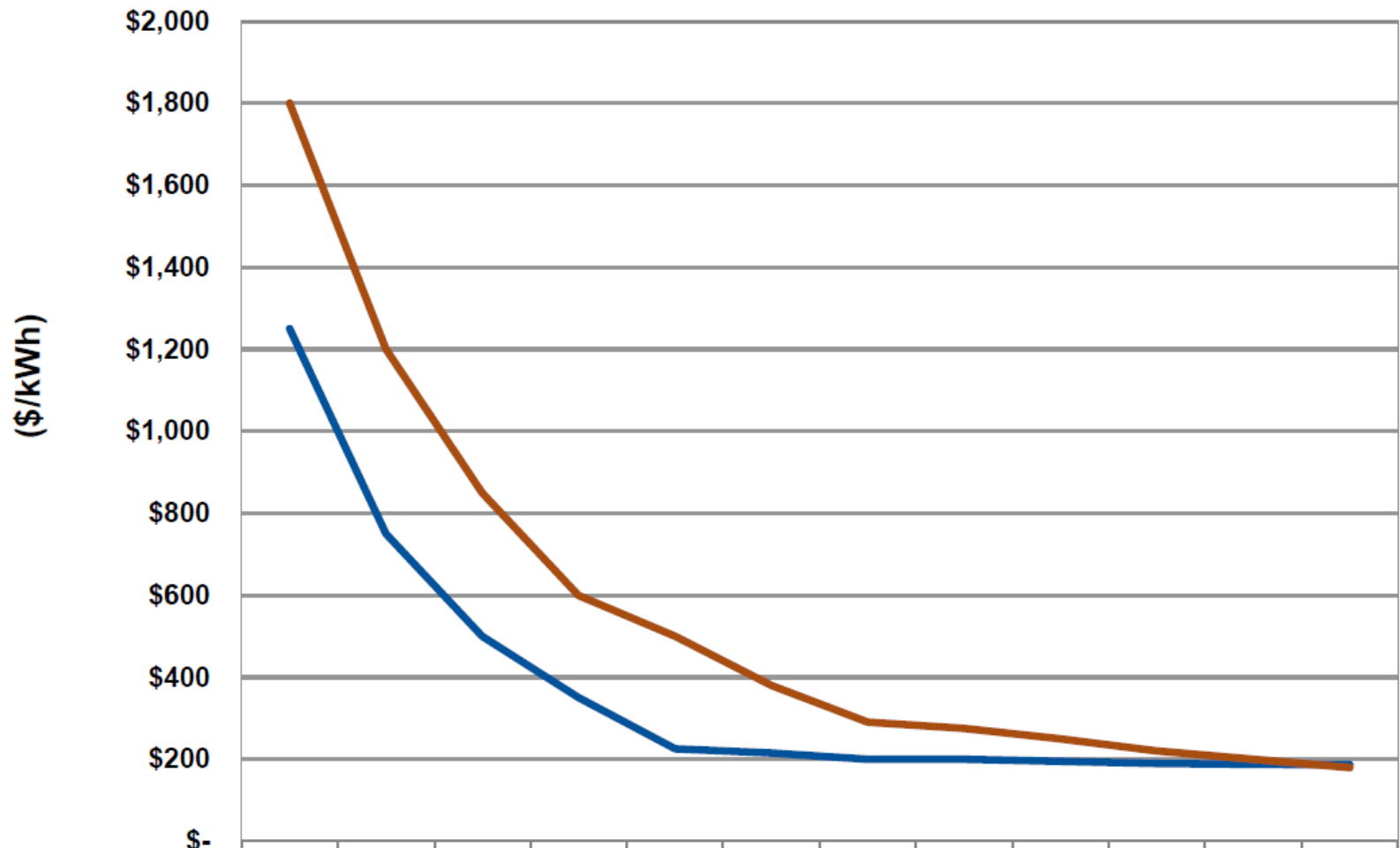
» NMC com anodos de silício

» Eletrólitos Sólidos

Projeção custo baterias avançadas

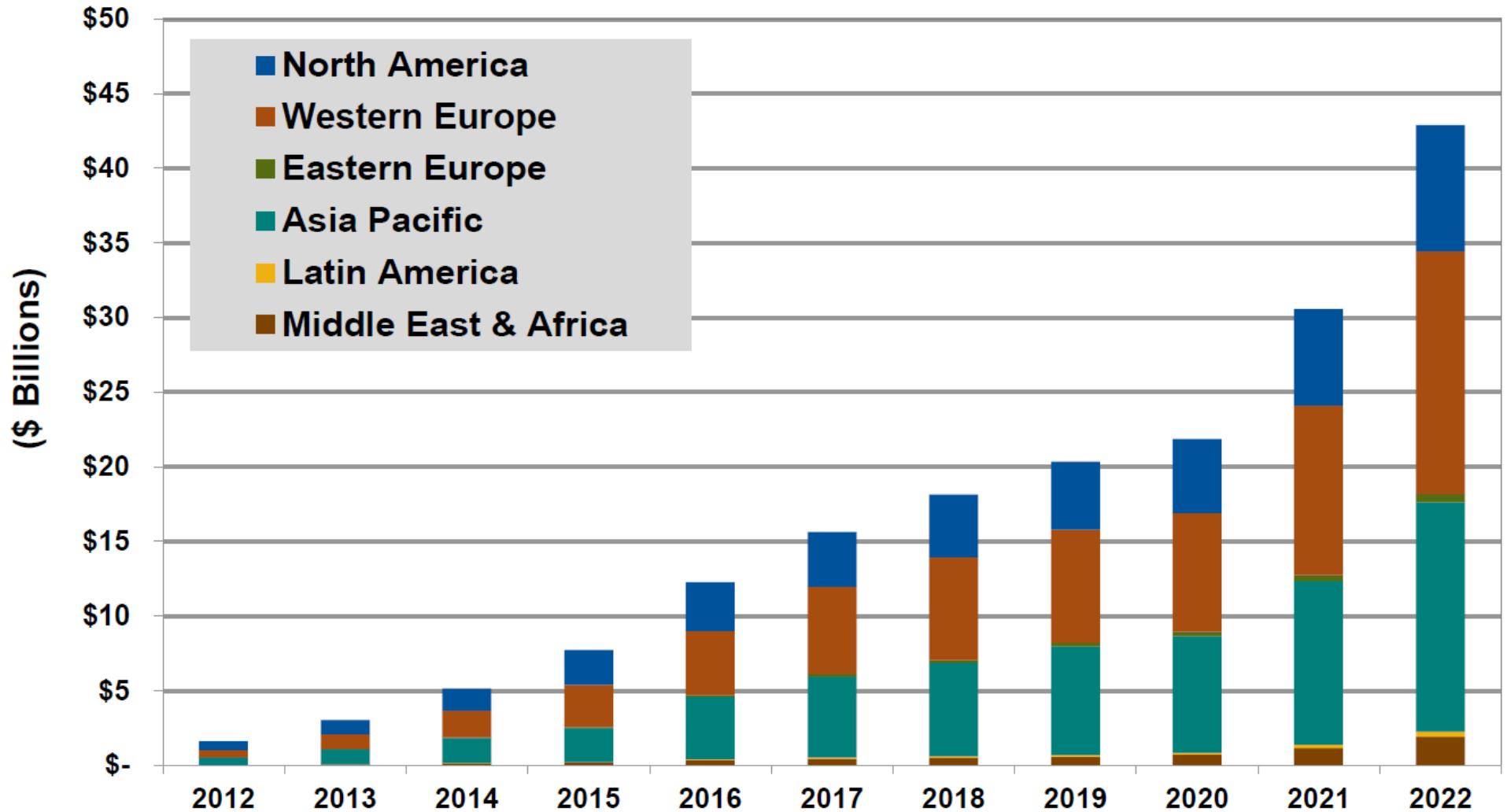


Projeção custo de LiB (consumo e grande porte)

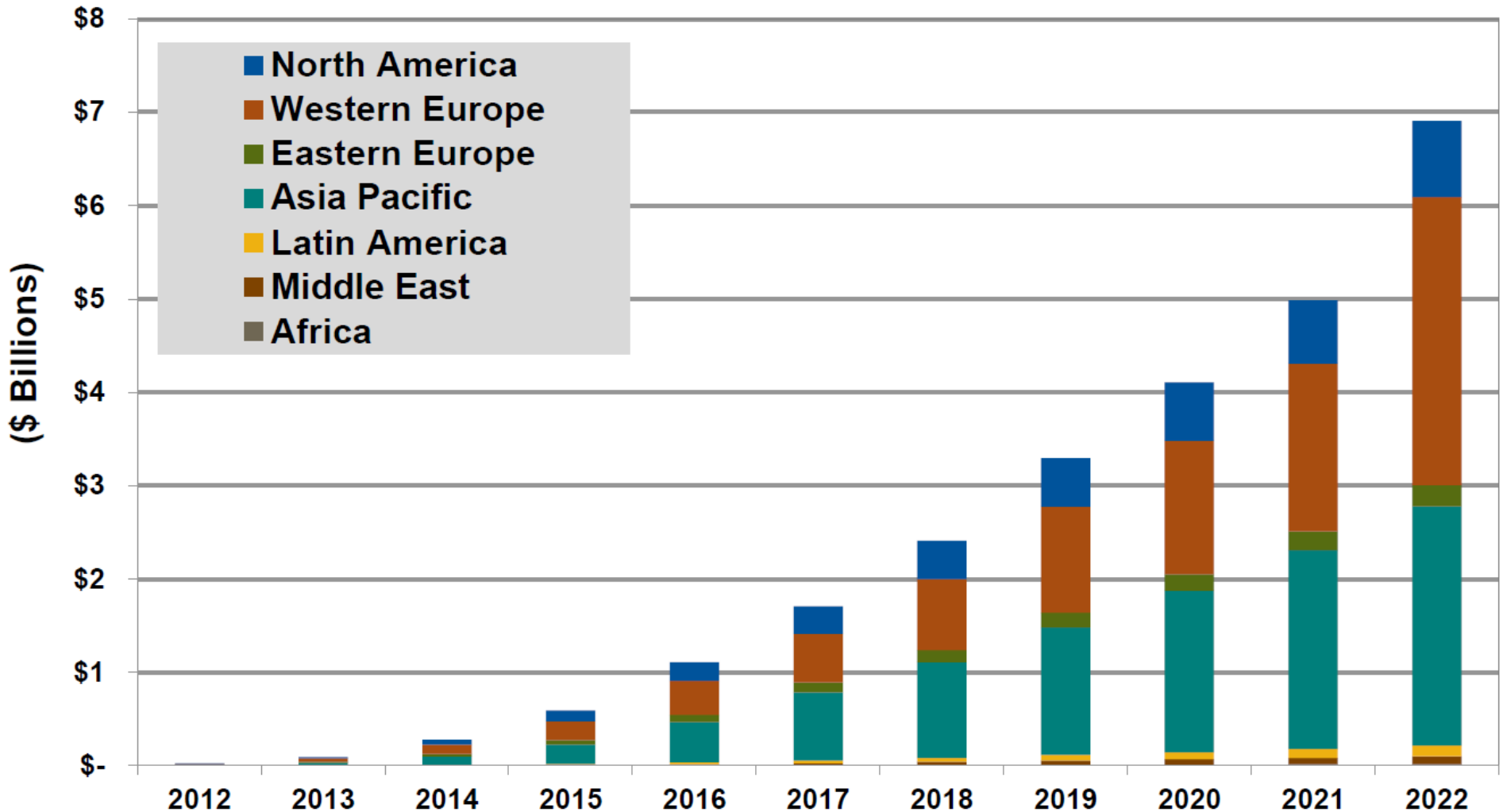


	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumer Electronics Li-ion	1,250	750	500	350	225	215	200	200	195	190	188	187
Large Format Li-ion	1,800	1,200	850	600	500	380	290	275	250	220	200	180

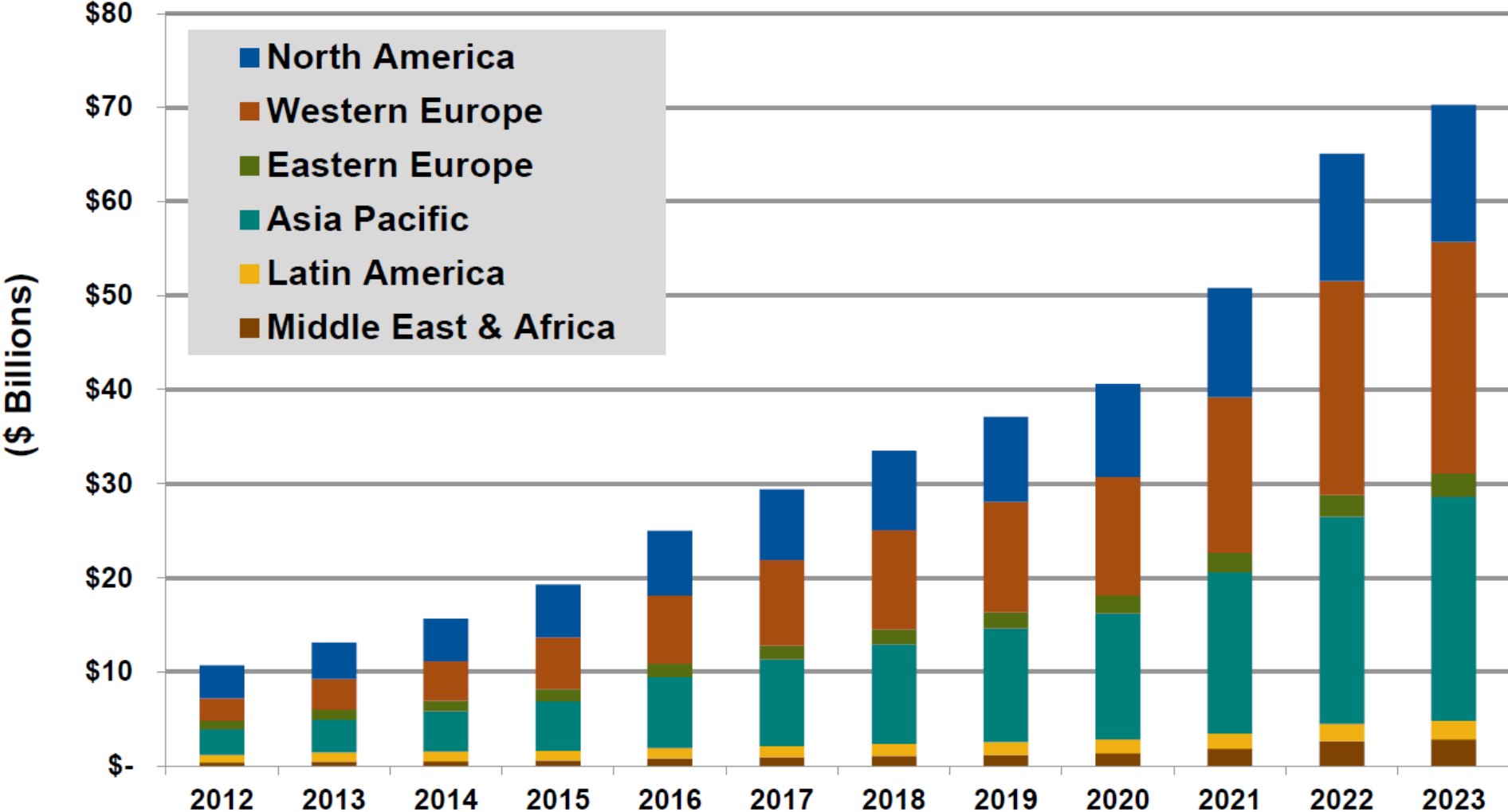
Projeção vendas LiB veículos elétricos (VEs)



Projeção vendas LiB estacionárias (ESS)



Projeção vendas LiB (todas aplicações)



(Source: Navigant Research)

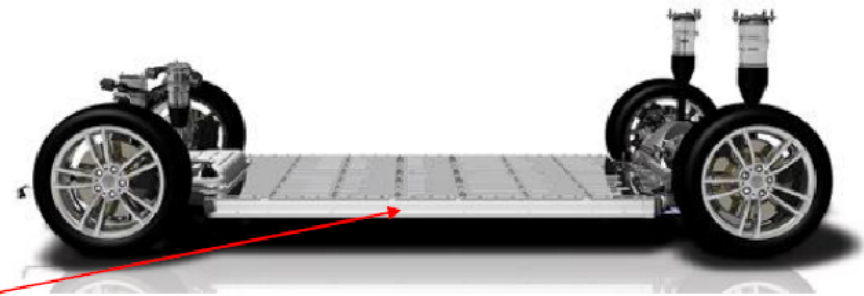
Baterias em veículos elétricos – Tesla Model S

TESLA Model S Battery Pack



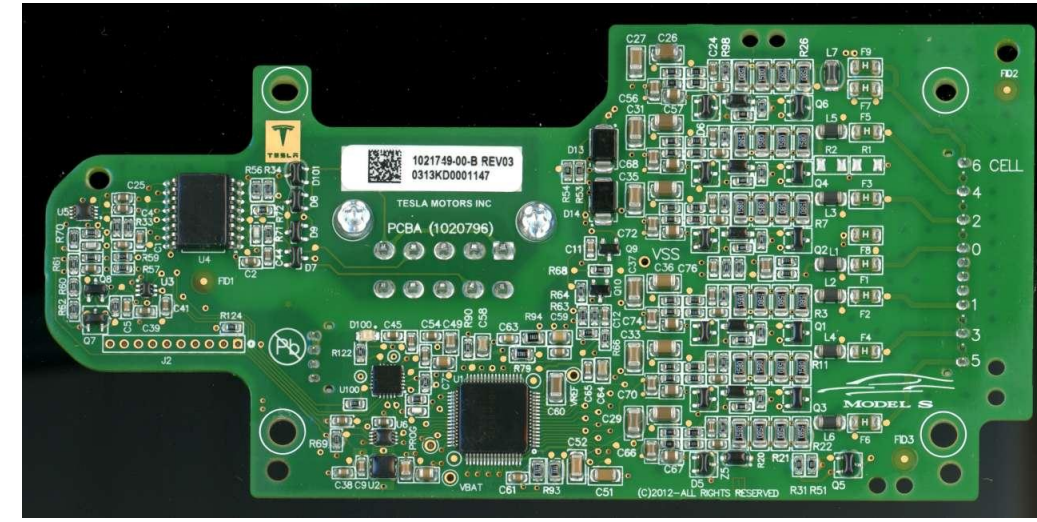
Battery Pack

18650 Panasonic Cells
Configuration 16 Modules in series
Each Module (6S 74P)
Total Cells 7104
Energy 85 KWh
Driving distance 500Km



- Battery packing:** The battery pack in the Model S is flat and part of the frame that supports the car.
- The metal case provides structural support.
- The cell chemistry has the highest energy density on the market.

Baterias em veículos elétricos – Tesla Model S



Baterias em veículos elétricos

Custom-vehicle design allows for simple battery construction



BMW i-3

*Tesla
Model S*



Conversion of ICE platform requires customized (and more expensive) battery construction



Fiat 500

*Chevy
Volt*



Baterias em veículos elétricos (2015)

» Tesla Model S

- › Capacidade 85 kWh (470 U\$/kWh)
- › Células Níquel Cobalto Alumínio (**NCA**) Panasonic 18650
- › Custo estimado células / pack: U\$ 25.000 / U\$ 40.000



» Nissan LEAF

- › Capacidade 25 kWh (640 U\$/kWh)
- › Células Lítio Manganês (**LMO**) AESC
- › Custo estimado células / pack: U\$ 11.000 / U\$ 16.000



» Chevrolet Volt

- › Capacidade 16 kWh (875 U\$/kWh)
- › Células Lítio Manganês (**LMO**) LG Chem
- › Custo estimado células / pack: U\$ 9.000 / U\$ 14.000

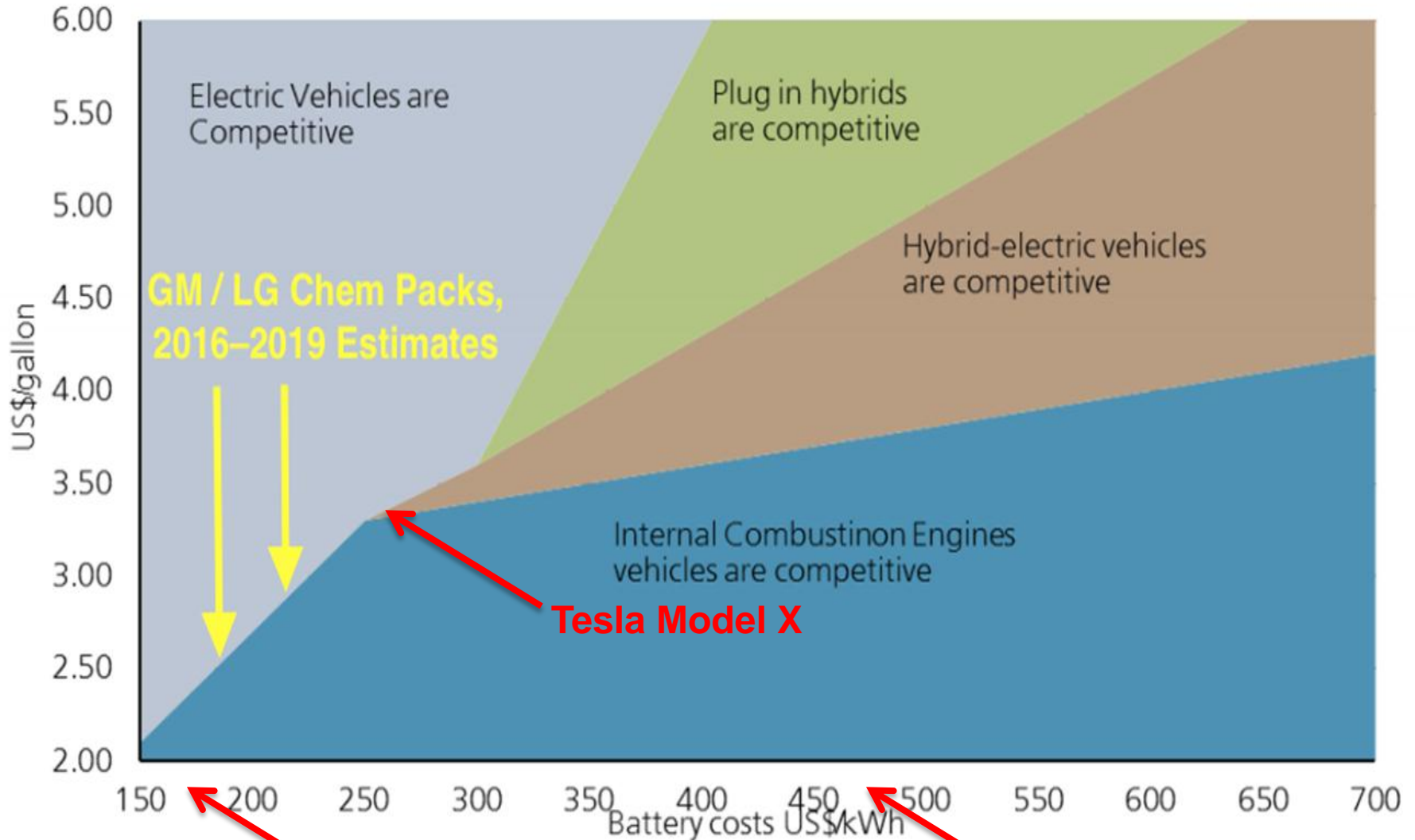


» Toyota Plug-in Prius

- › Capacidade 4,4 kWh (1.360 U\$/kWh)
- › Células Níquel Cobalto Alumínio (**NCA**) Panasonic
- › Custo estimado células / pack: U\$ 3.500 / U\$ 6.000



Competitividade VEs x ICE



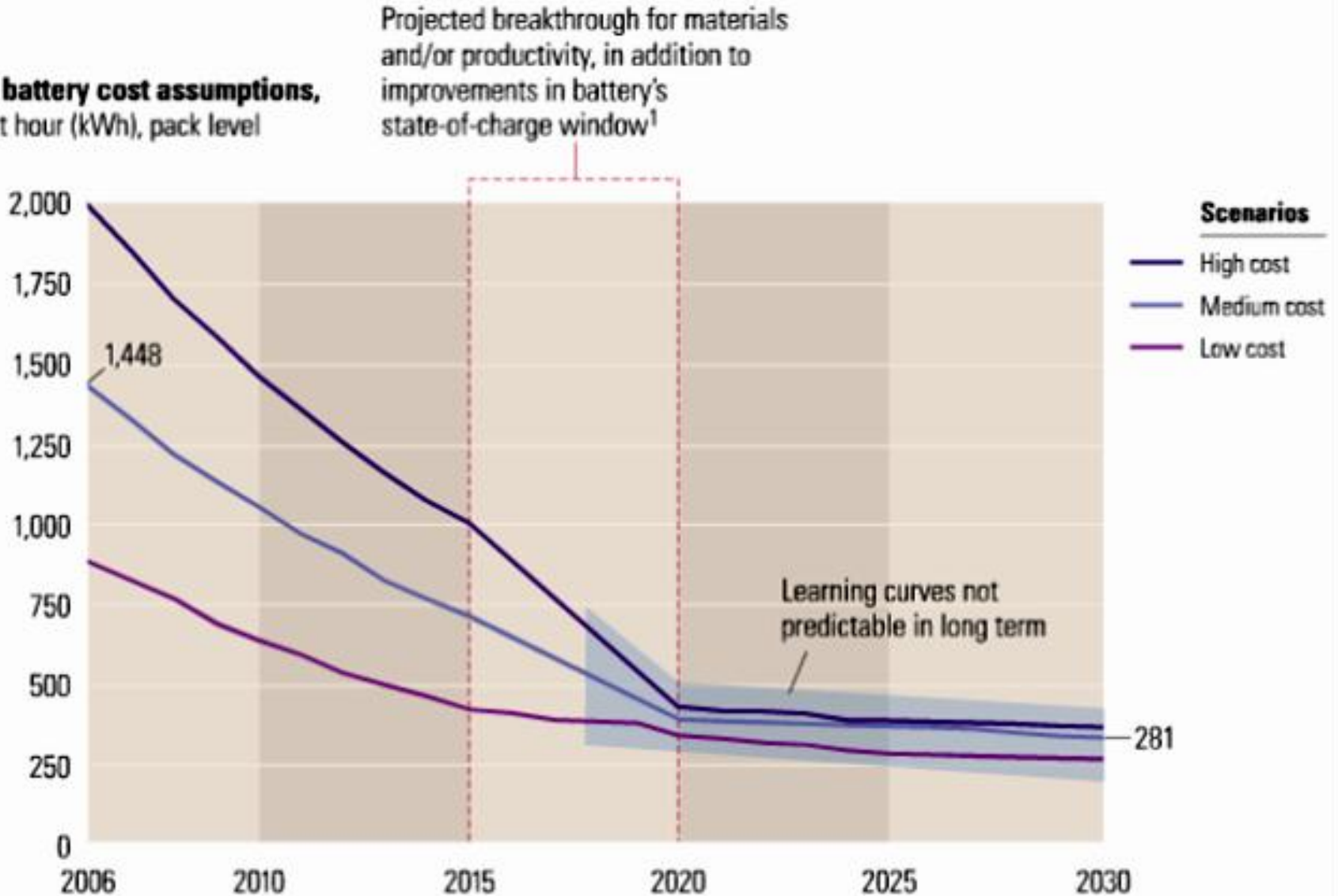
Source: McKinsey, EIA

GIGAFACTORY (2017)

Tesla Model S

Custo da LiB (pack level) – grau automotivo

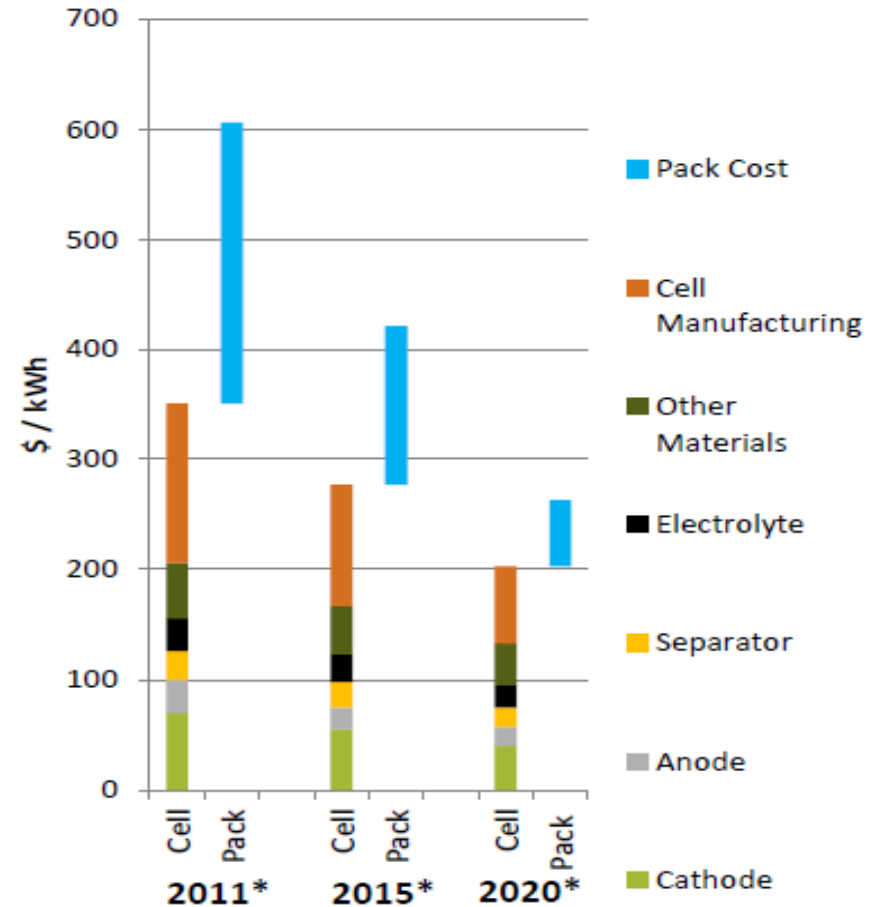
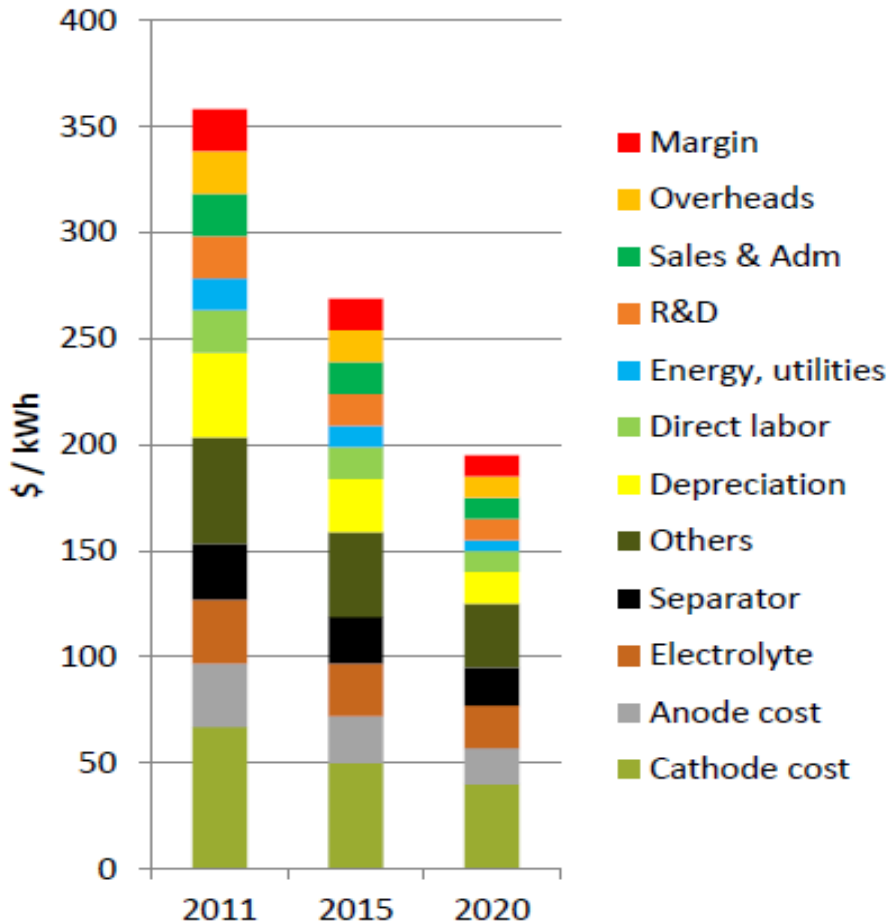
Lithium-ion battery cost assumptions,
\$ per kilowatt hour (kWh), pack level



Custo da LiB – grau automotivo

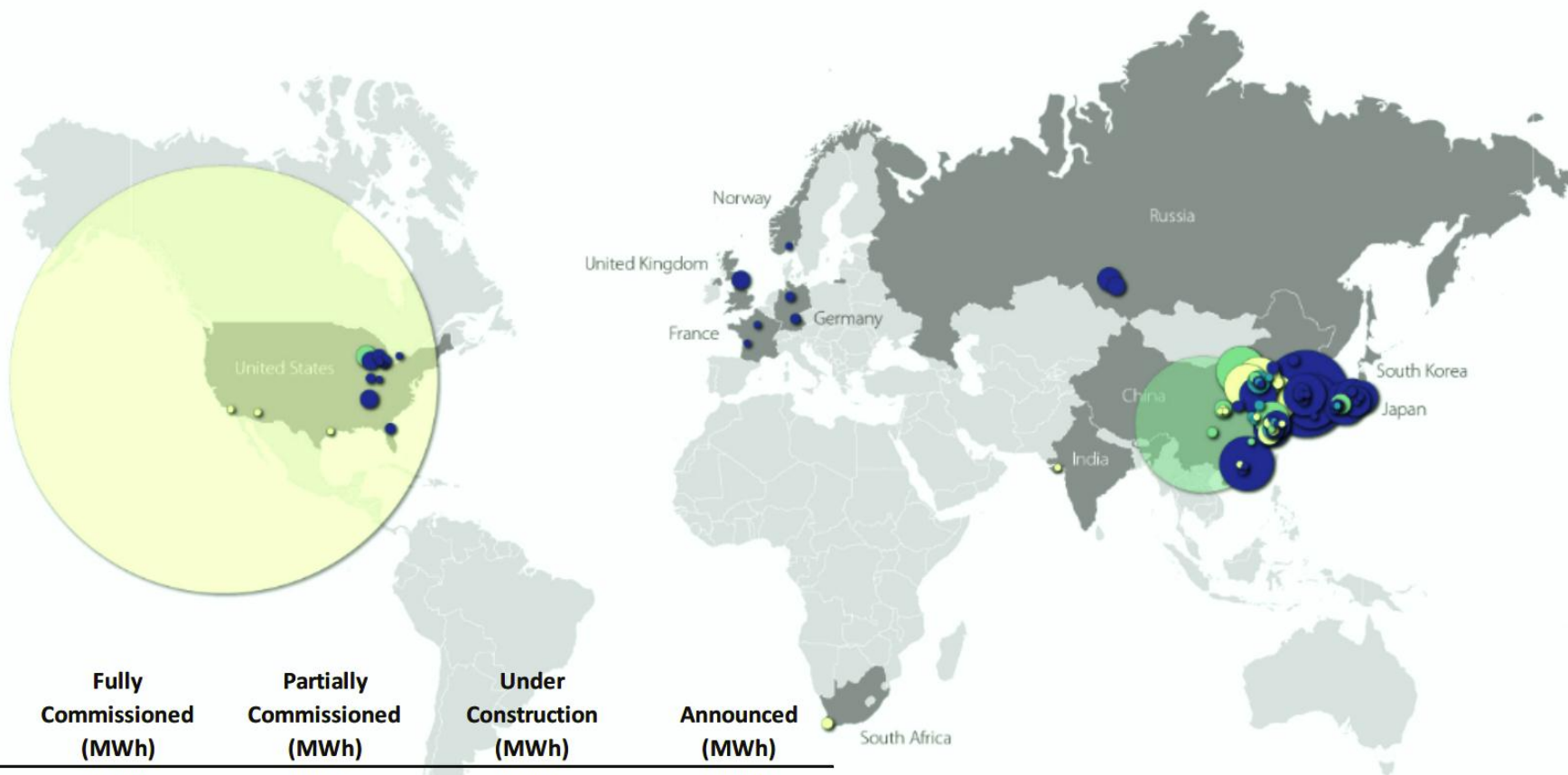
LIB cell average cost
(EV design ; NMC cathode)

LI-ION BATTERY PACK COST
FOR EV



* For Production > 100 000 packs/year

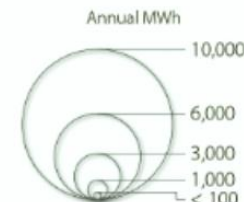
Produção de LiB no mundo



	Fully Commissioned (MWh)	Partially Commissioned (MWh)	Under Construction (MWh)	Announced (MWh)
China	16,704	3,576	18,730	12,847
Japan	10,778	0	1,200	0
Korea	16,059	0	0	0
U.S.	3,770	0	1,200	35,000
EU	1,798	0	0	0
Rest of World	2,440	0	0	564
TOTAL	51,549	3,576	21,130	48,412

Status

- Fully Commissioned
- Partially Commissioned
- Under Construction
- Announced

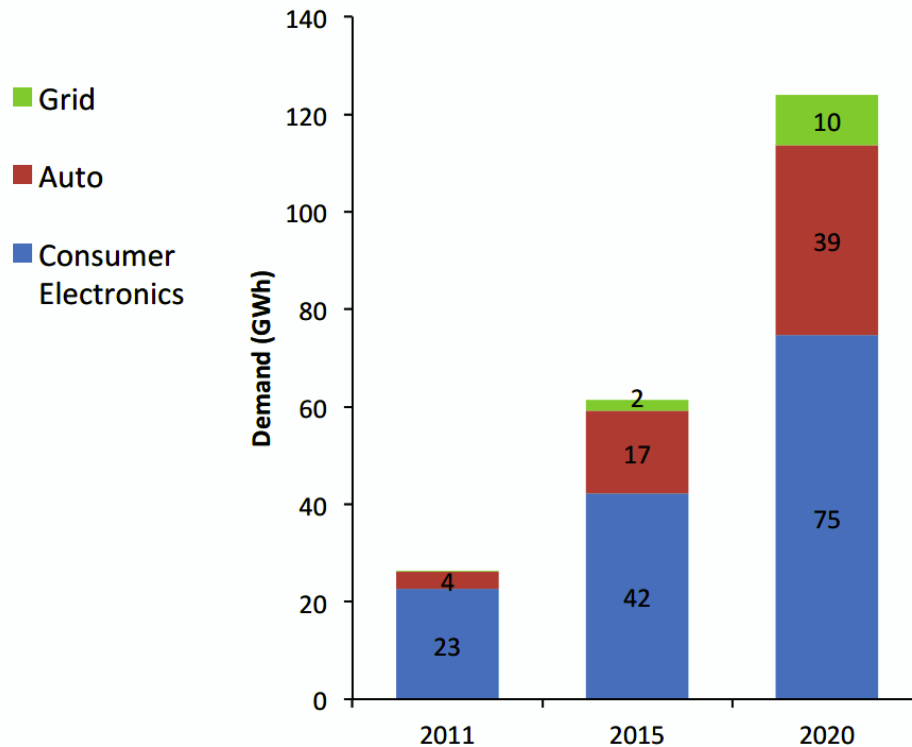


Cartographer: Billy J. Roberts
February 13, 2014

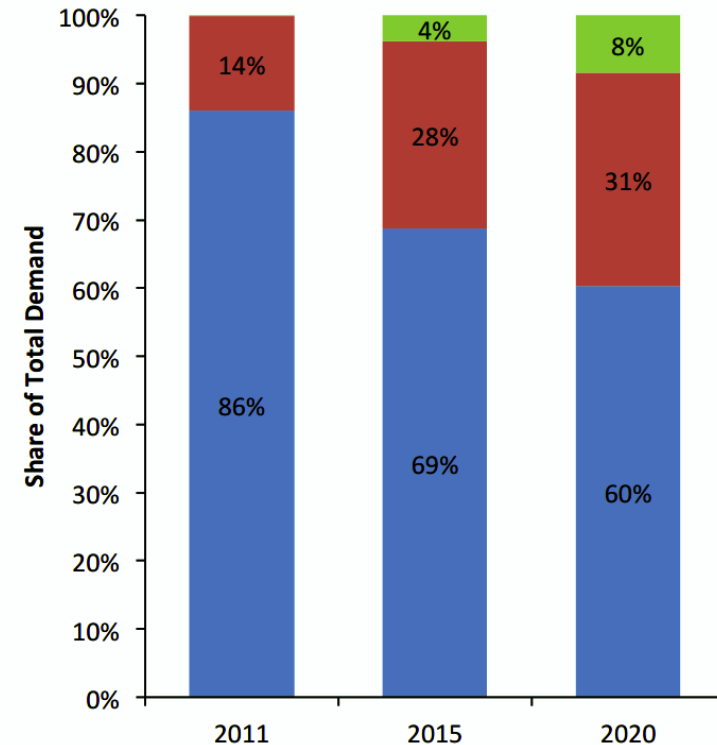
Note: This map includes factories that are fully and partially commissioned, under construction, and announced. Capacity is not disclosed for all factories.
Source: Corporate reporting. Bloomberg New Energy Finance BNEF (2015).

Demanda mundial de LiB

Global LIB Demand, All Applications

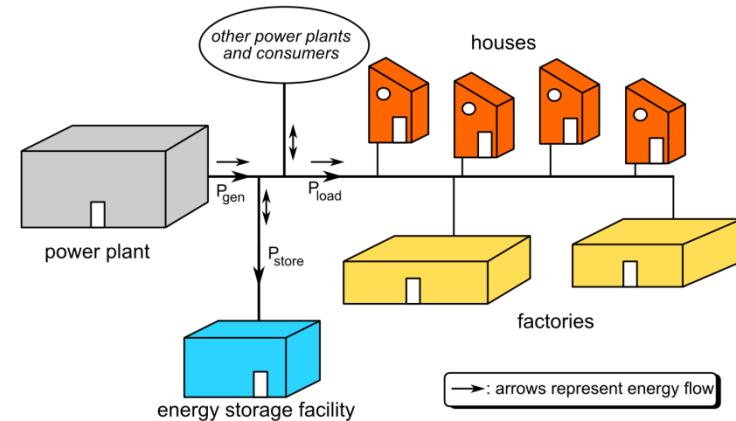
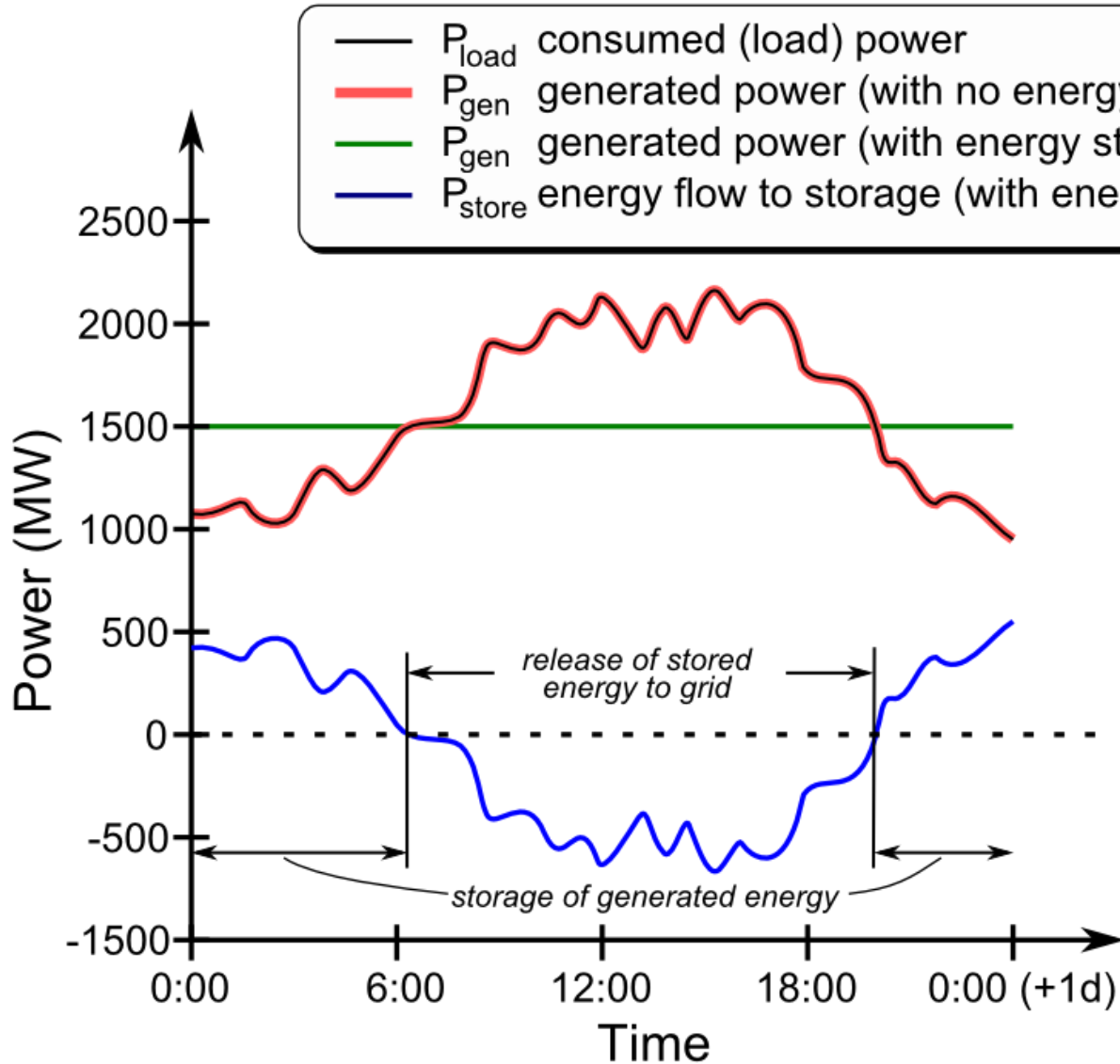


Global LIB Demand Share by Application



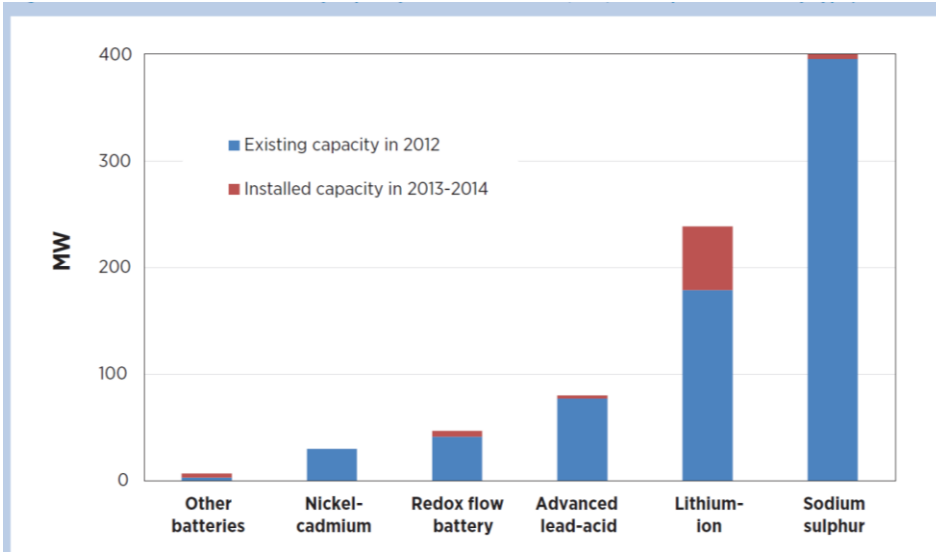
- Competitive advantages for automotive LIB producers emerged from incumbent firms supplying consumer electronics (CE) applications; these advantages may persist, at least in the near-term.
- While automotive demand is expected to grow, the majority of demand for LIBs may continue to be driven by CE applications.

BESS para GD/Storage conectados à rede



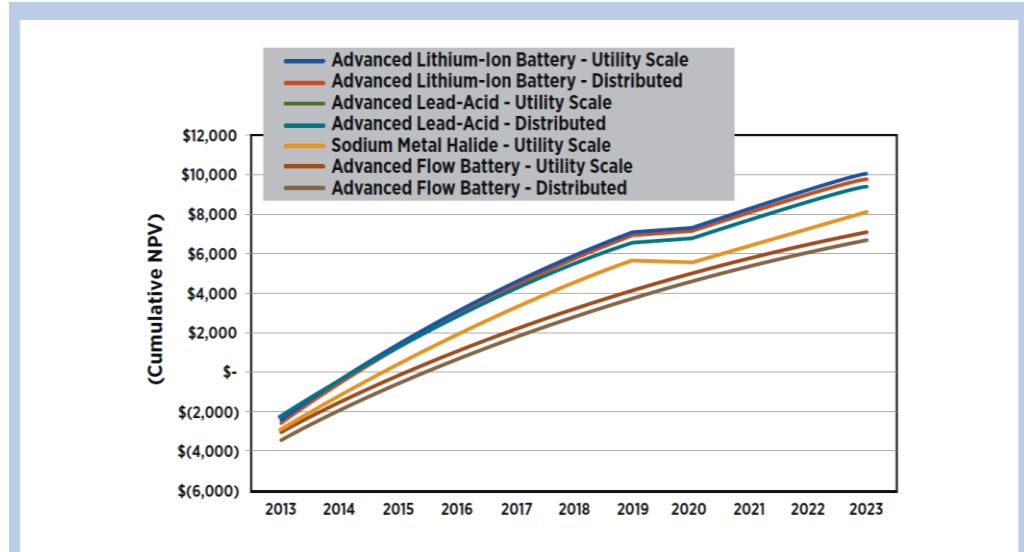
BESS para GD/Storage conectados à rede

Estimativa da capacidade dos BESS instalados no setor elétrico



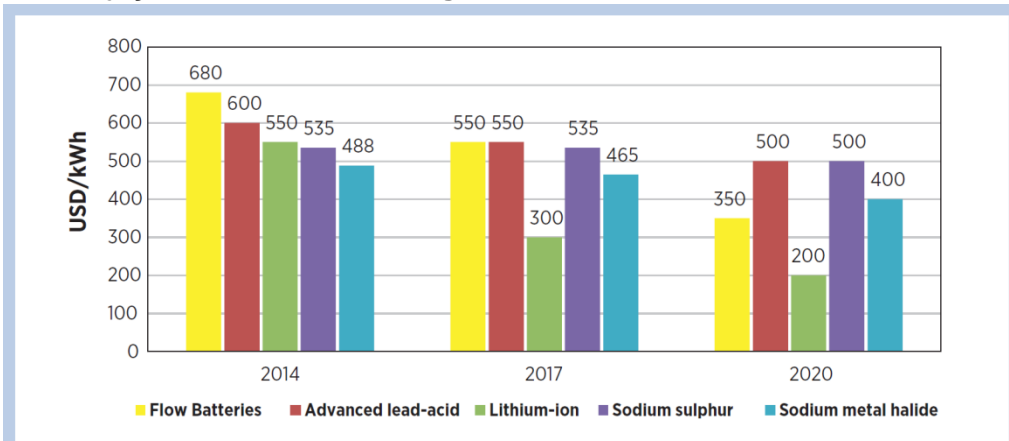
Source: Navigant Research (Dehmana, et al. 2014)

Estimativa NPV (Net Present Value) BESS instalados no setor elétrico



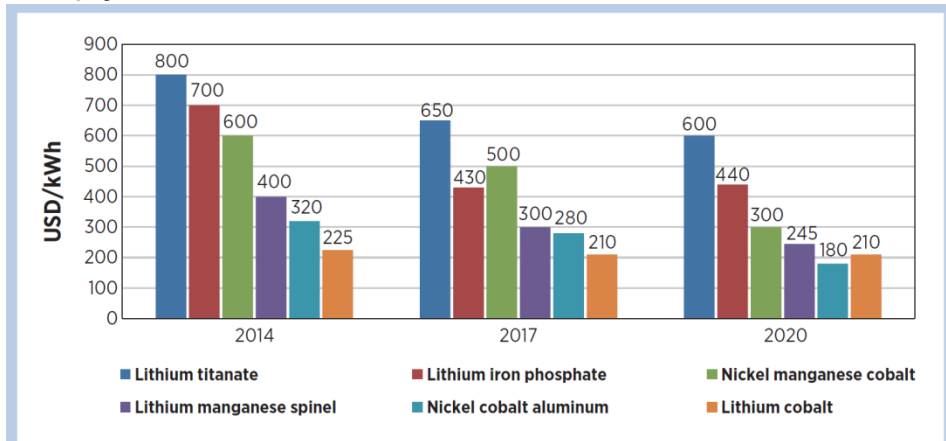
Source: Navigant Research (Dehmana, 2014)

Projeção custo das tecnologias em escala BESS no setor elétrico



Source: Navigant Research (Jaffe and Adamson, 2014)

Projeção custo das células LIB em escala BESS no setor elétrico



Source: Navigant Research (Jaffe and Adamson, 2014)

BESS (LiB) para GD/Storage conectados à rede



EDF 20 MW BESS (BYD America cells) at Illinois in USA



Kokam 56 MW Energy Storage at South Korean



LG Chem 10 MW BESS at Feldheim in Germany



AES Northern Ireland's 10 MW (of 100 MW) BESS

BESS “domésticos” para micro-GD conectados à rede



Sistemas 48 V – CPqD / Furnas Centrais Elétricas



Sistemas de 48 V – CPqD / Embratel



12 12 2012

Sistema 125 V – Projeto CPqD / Eletrosul (CaC)



125 V / 85 Ah

Área de Sistemas de Energia





www.cpqd.com.br

CPqD
Campinas - SP

“The stone age came to an end not for lack of stones
And the oil age will come to an end not for lack of oil”

— *Sheikh Yamani, former Saudi Oil Minister*

A dark blue sports car is driving on a winding asphalt road during sunset. The sun is low on the horizon, creating a bright lens flare and casting long shadows. In the background, there are rolling hills and a large wind turbine. The sky is a mix of blue and orange.

Obrigado !

Raul Beck

(19) 3705.6421

raul@cpqd.com.br