

MARIA DE FÁTIMA ROSOLEM
FUNDAÇÃO CPQD



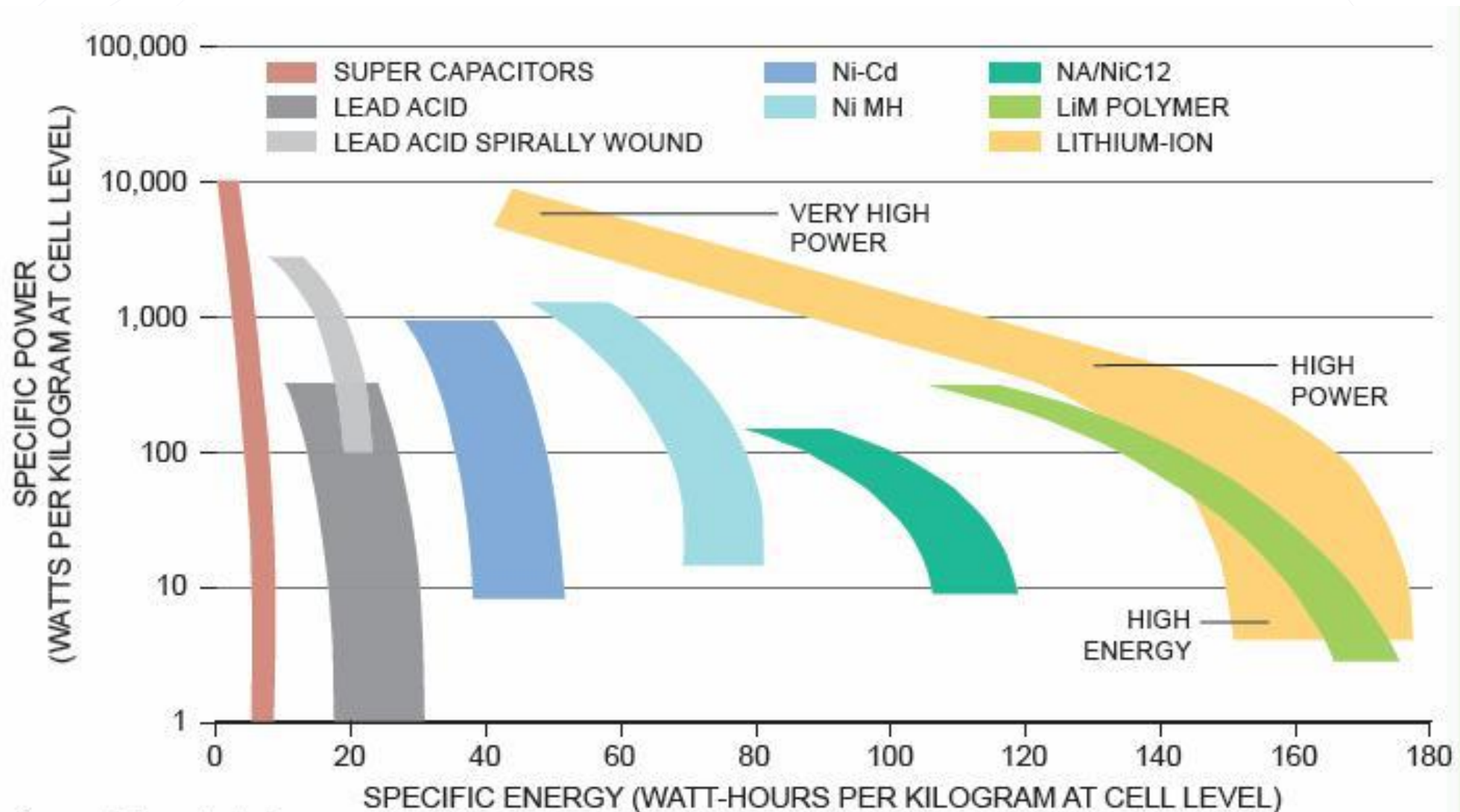
ESTADO DA ARTE DE BATERIAS PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Cenário mundial

- Desenvolvimento de produtos e soluções que reduzam a emissão de gás carbônico e que sejam ambientalmente amigáveis
- Veículos movidos a combustíveis fósseis são um dos agentes que contribuem para a poluição ambiental dos grandes centros urbanos
- Movimento mundial:
 - Energias renováveis (solar e eólica)
 - Desenvolvimentos dos veículos híbridos e elétricos
 - Novos sistemas de acumulação de energia

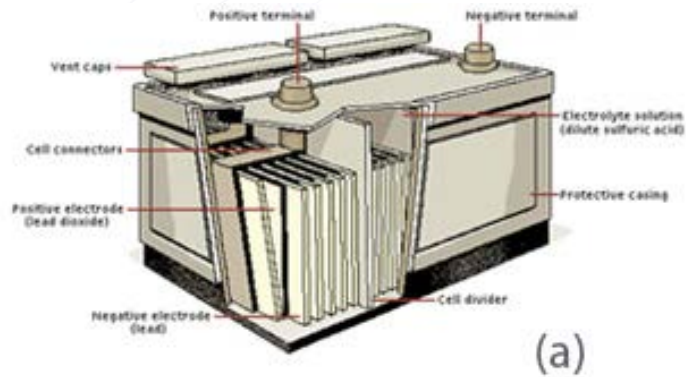


Densidade energética (Curva Ragone)

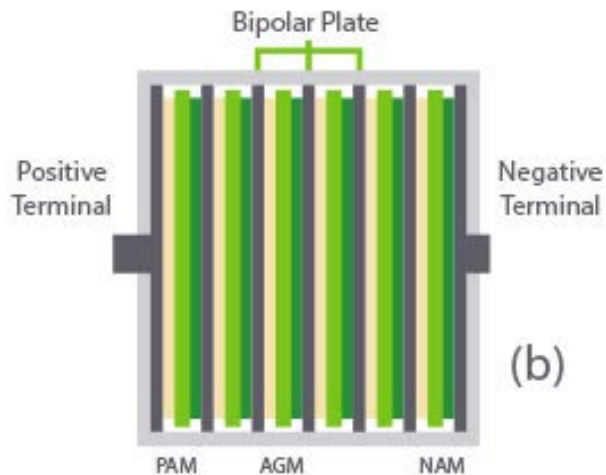


Source: Johnson Controls.

Baterias chumbo-ácidas avançadas



(a)



(b)

Bipolar Cross Section

Figure 1: Traditional prismatic lead-acid (a) and a bipolar battery (b).

Tensão: 2 V

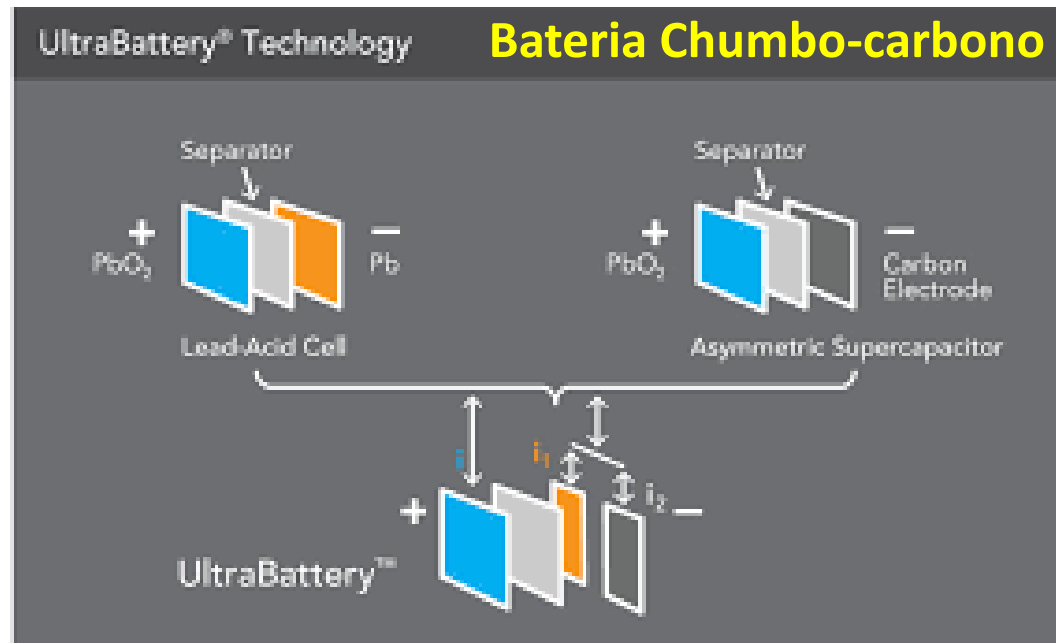
Energia: entre 10 Wh/kg a 40 Wh/kg

Placa negativa: chumbo, carbono

Placa positiva: peróxido de chumbo

Eletrólito: solução aquosa ácido sulfúrico (imobilizado)

Bateria Bipolar: placa positiva e negativa numa mesma estrutura

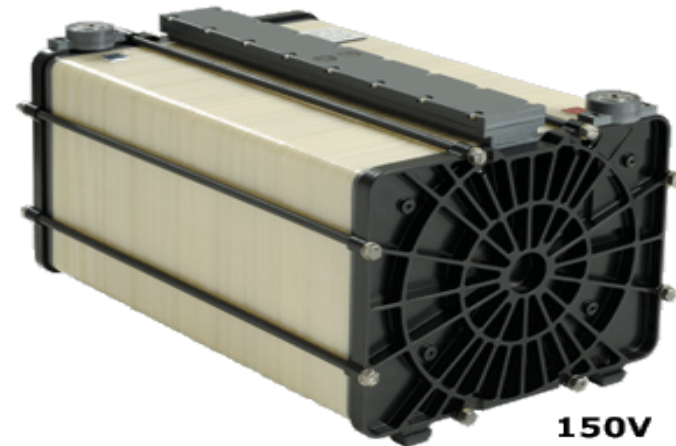


Baterias chumbo-ácidas avançadas

Chumbo-carbono



Bipolar



Bat erias chumbo-ácidas avançadas

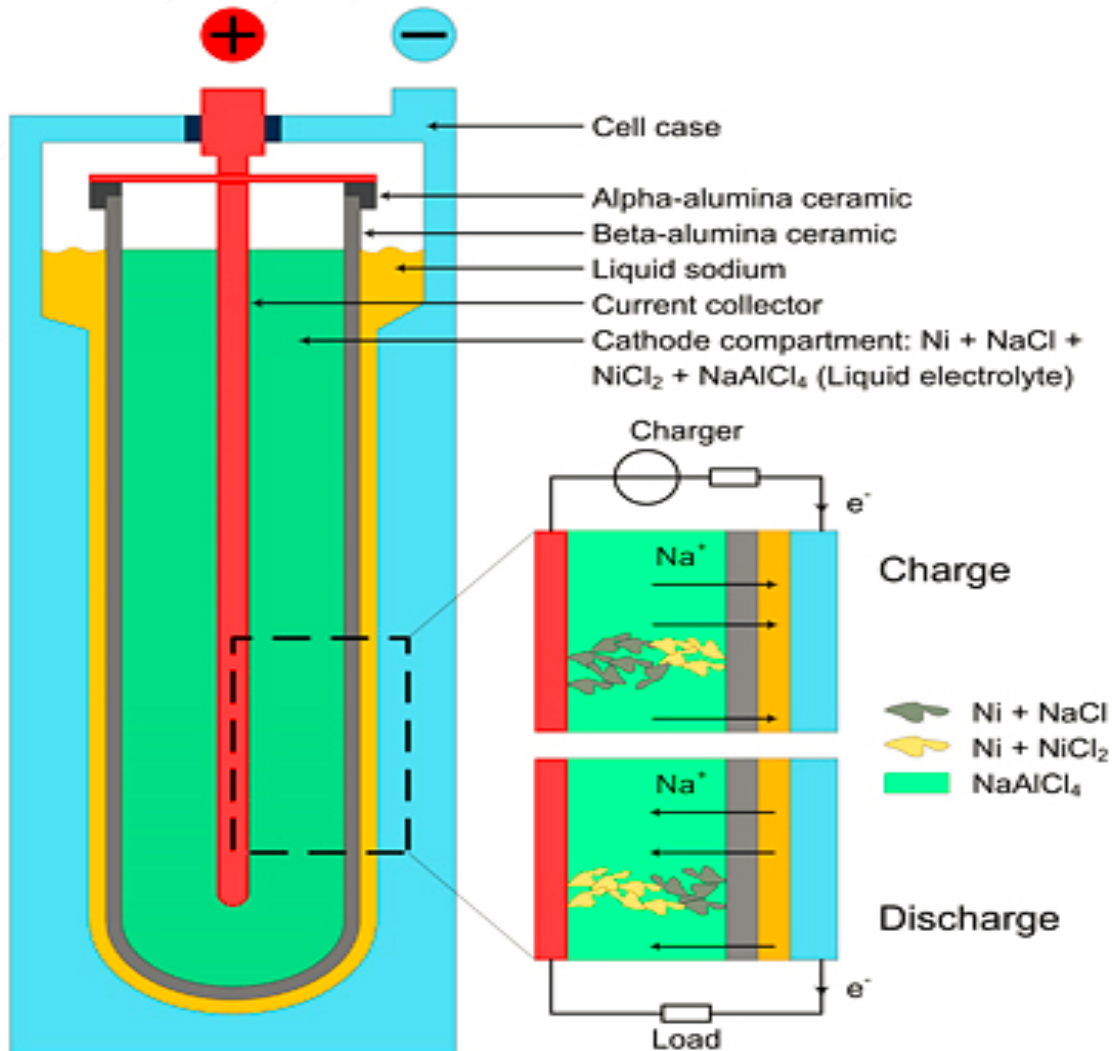
Vantagens

- Baixa emissão de gases
- Suporta maiores picos de corrente na recarga
- Menor demanda de manutenção
- Tecnologia madura (evolução)

Desvantagens

- Mais sensível às condições operacionais (tensão elevada, temperatura, etc.)
- Risco de avalanche térmica
- Contém metal pesado

Bateria de níquel-sódio (NaNiCl)



Bateria de níquel-sódio

Tensão: 2,58 V

Energia: entre 90 Wh/kg a 150 Wh/kg

Placa negativa: sódio (fundido)

Placa positiva: cloreto de níquel

Eletrólito: NaAlCl₄ (fundido)

Temperatura operação: 250 a 300°C

Bateria de níquel-sódio (NaNiCl)



Bateria de níquel-sódio (NaNiCl)

Vantagens

- Possui sistema de monitoração e gestão na bateria (BMS)
- Pouca demanda de manutenção
- Larga faixa de temperatura de operação: -30°C a $+60^{\circ}\text{C}$
- Operação em temperatura elevada

Desvantagens

- Elevada autodescarga (1 semana)
- Tempo de recarga de 8 a 12 hs
- Parte da energia da bateria é utilizada para seu aquecimento

Bateria de lítio-íon (LiB)

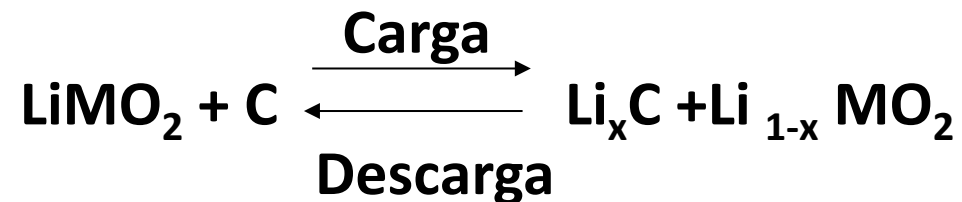
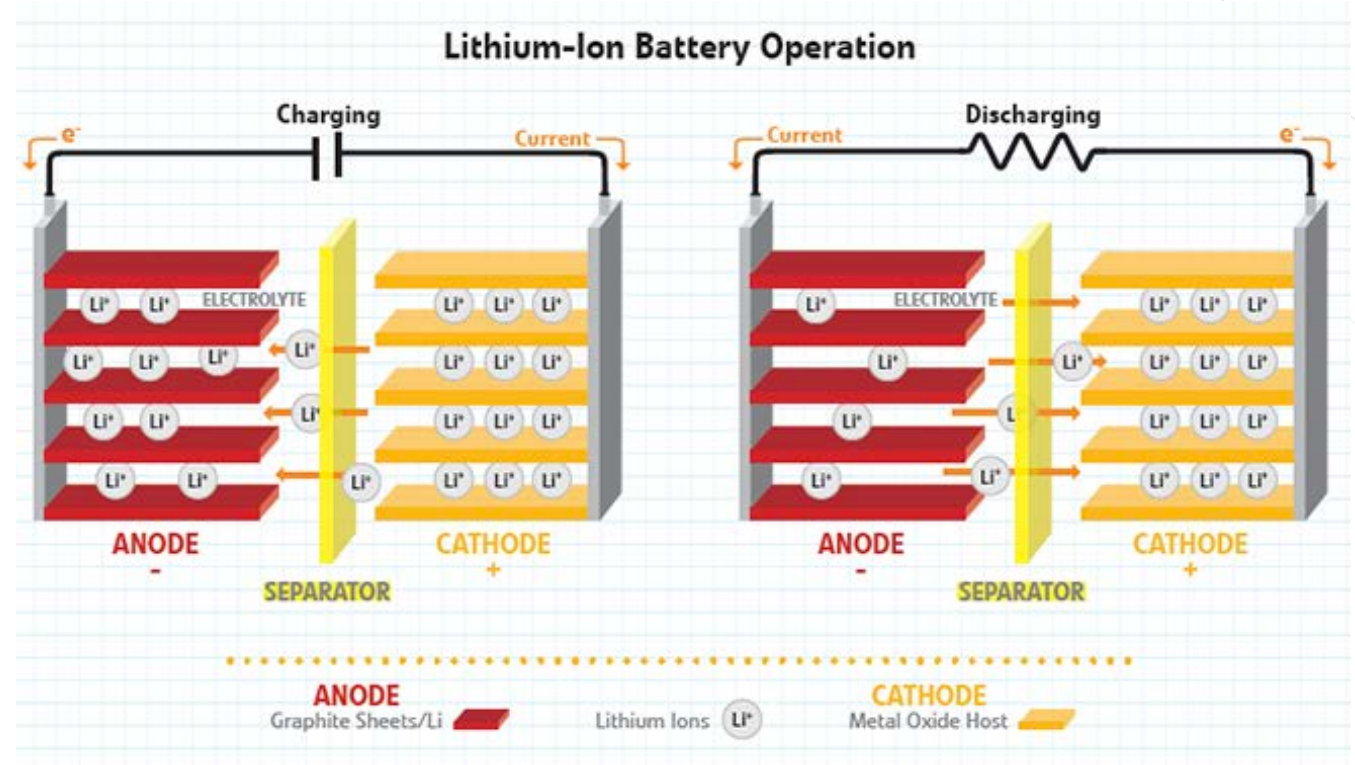
Tensão: cerca de 3,6 V

Energia: 100 Wh/kg a 250 Wh/kg

Placa negativa: grafite

Placa positiva: óxido metálico de lítio
(p.ex. LiCoO_2 , LiMO_2 , etc.)

Eletrólito: sal de lítio (LiPF_6) misturado em solventes orgânicos (geralmente a base de carbonatos) embebido num separador



Bateria de Lítio-íon (LiB)



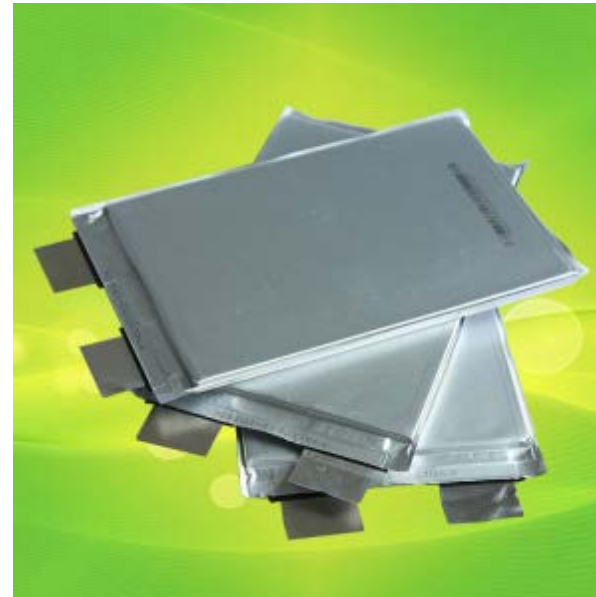
Prismática



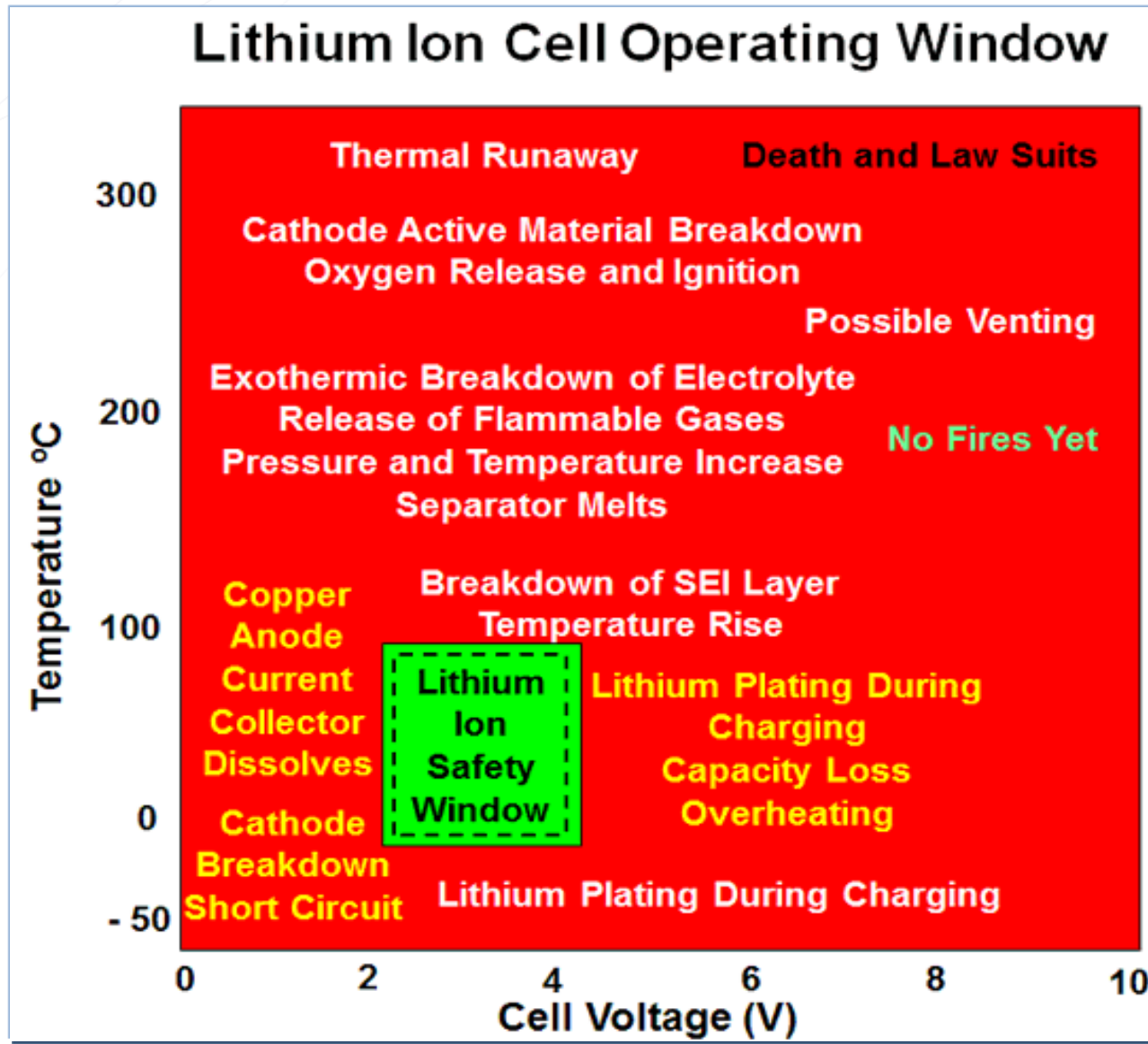
Cilíndrica



Pouch



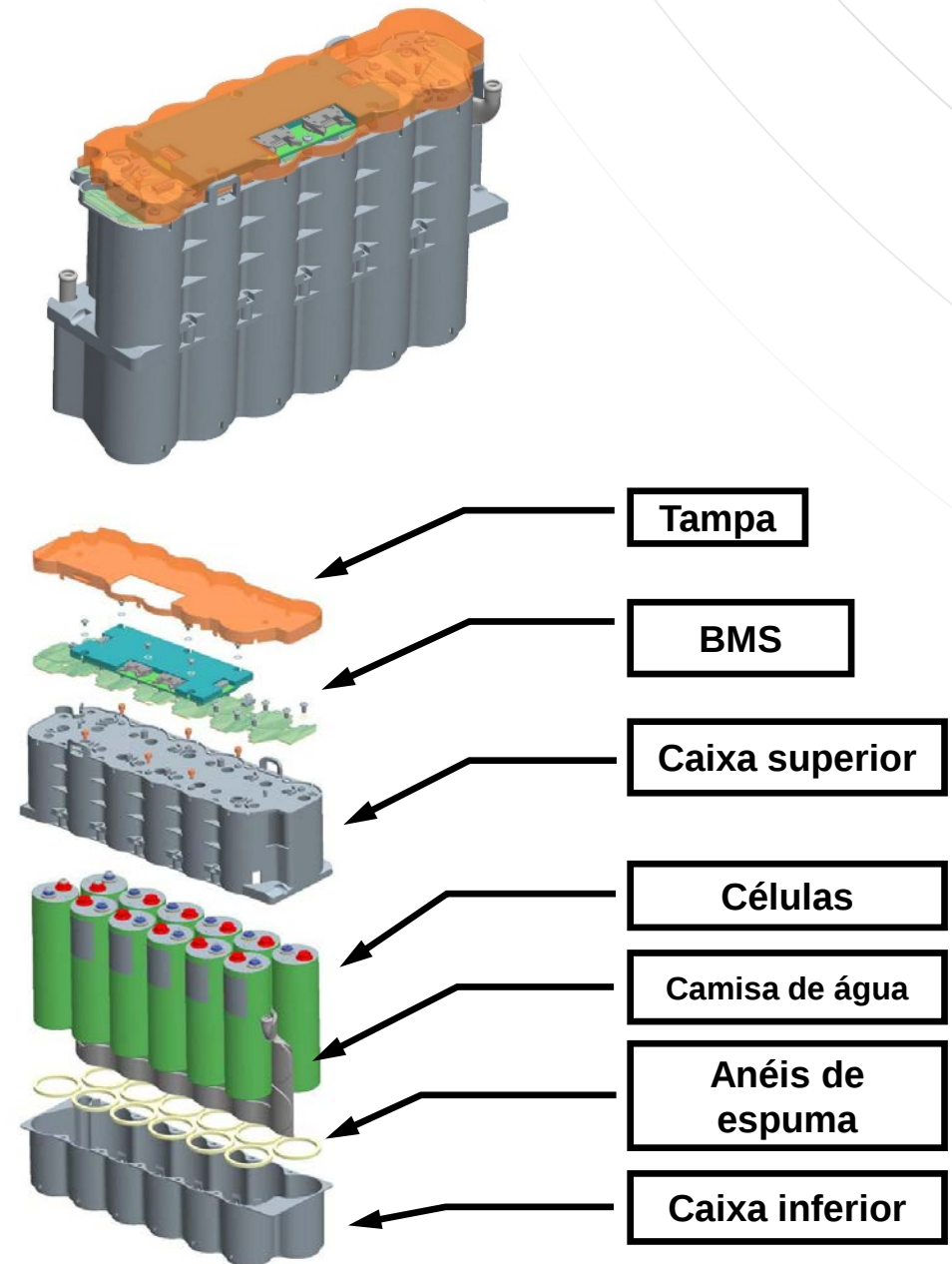
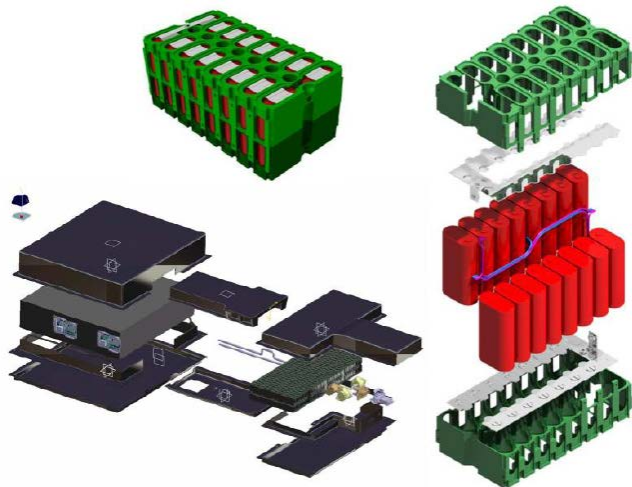
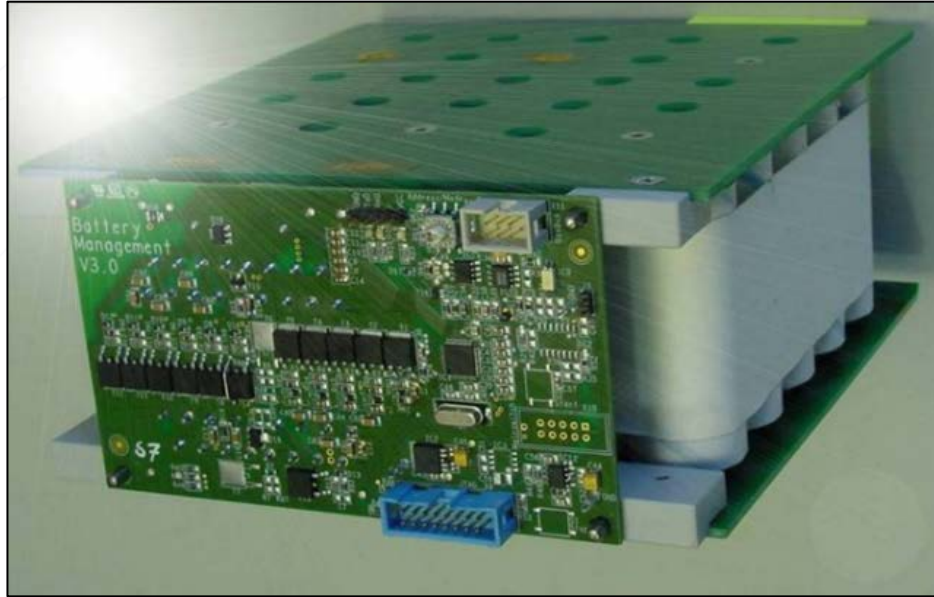
Limites operacionais



BMS

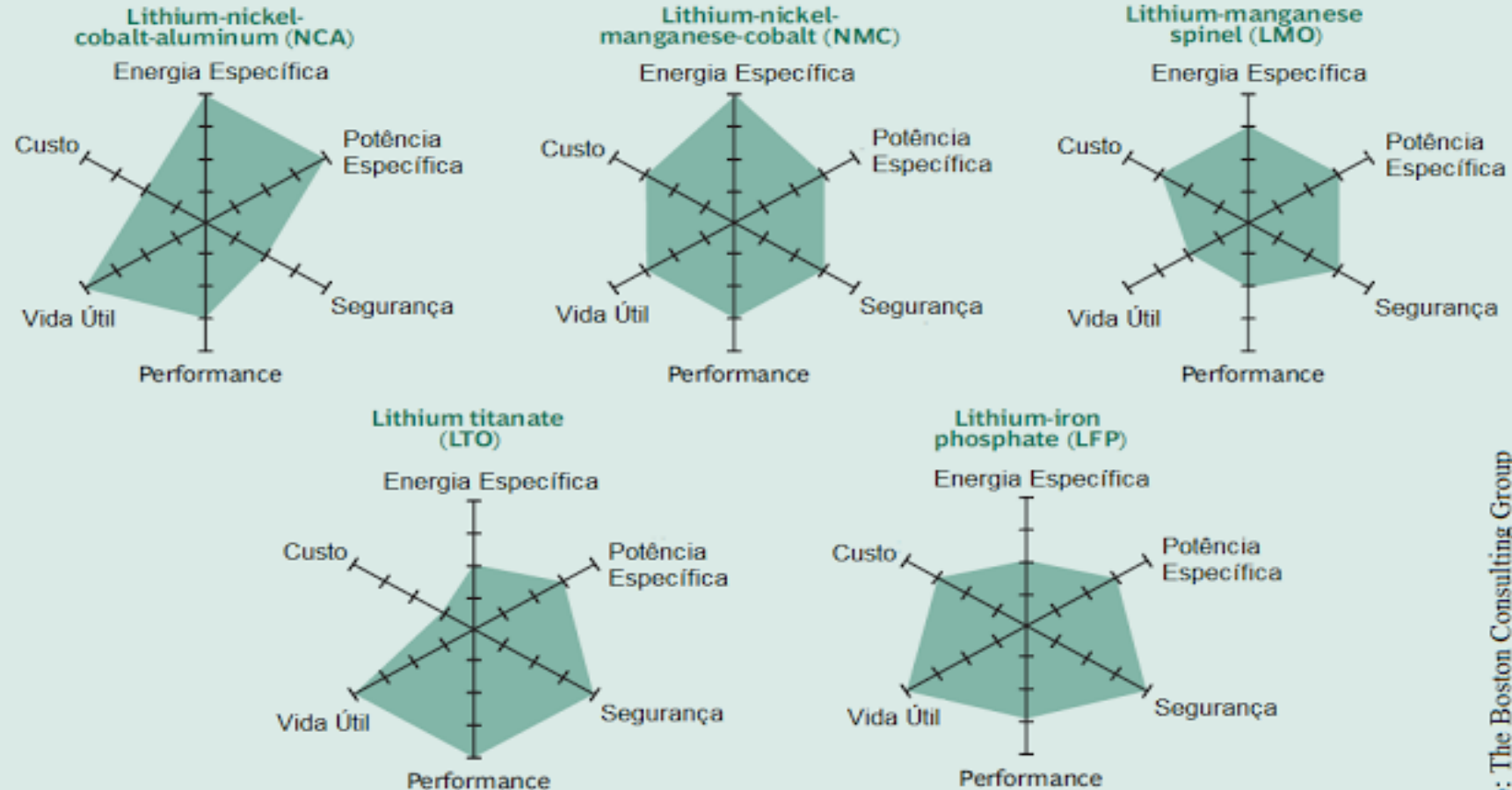
- Imprescindível
 - ✓ Segurança
 - ✓ Vida útil

“*Pack*” de bateria



Resumo comparativo de diferentes LiBs

Há Vantagens e Desvantagens entre os Cinco Principais Tecnologias de Baterias de Íons de Lítio



Note: Quanto mais a forma colorida se estende ao longo de um determinado eixo, melhor o desempenho ao longo daquela dimensão

Fonte: The Boston Consulting Group

Resumo comparativo de diferentes LiBs

Table II Summary of the Main Lithium-ion Variants

	Cell level energy density, Wh kg^{-1}	Cell level energy density, Wh l^{-1}	Durability cycle life, 100% DoD	Price estimate, $\text{US\$ Wh}^{-1}$	Power C-rate	Safety thermal runaway onset, $^{\circ}\text{C}$	Potential, V	Temperature range in ambient conditions, $^{\circ}\text{C}$
LiCoO_2	170–185	450–490	500	0.31–0.46	1 C	170	3.6	–20 to 60
LiFePO_4 (EV/PHEV)	90–125	130–300	2000	0.3–0.6	5 C cont. 10 C pulse	270	3.2	–20 to 60
LiFePO_4 (HEV)	80–108	200–240	2000	0.4–1.0	30 C cont. 50 C pulse	270	3.2	–20 to 60
NCM (HEV)	150	270–290	1500	0.5–0.9	20 C cont. 40 C pulse	215	3.7	–20 to 60
NCM (EV/ PHEV)	155–190	330–365	1500	0.5–0.9	1 C cont. 5 C pulse	215	3.7	–20 to 60
Titanate vs. NCM/LMO	65–100	118–200	12,000	1–1.7	10 C cont. 20 C pulse	Not susceptible	2.5	–50 to 75
Manganese spinel (EV/ PHEV)	90–110	280	>1000	0.45–0.55	3–5 C cont.	255	3.8	–20 to 50

Bateria de Lítio-íon (LiB)

Vantagens

- Alta densidade de energia → ocupa pouco espaço
- Possui sistema eletrônico de controle e monitoração na bateria
- Suporta elevados picos de corrente
- Excelente desempenho em aplicações de ciclagem
- Baixo tempo de recarga (1 a 3 h)
- Elevada eficiência de carga

Desvantagens

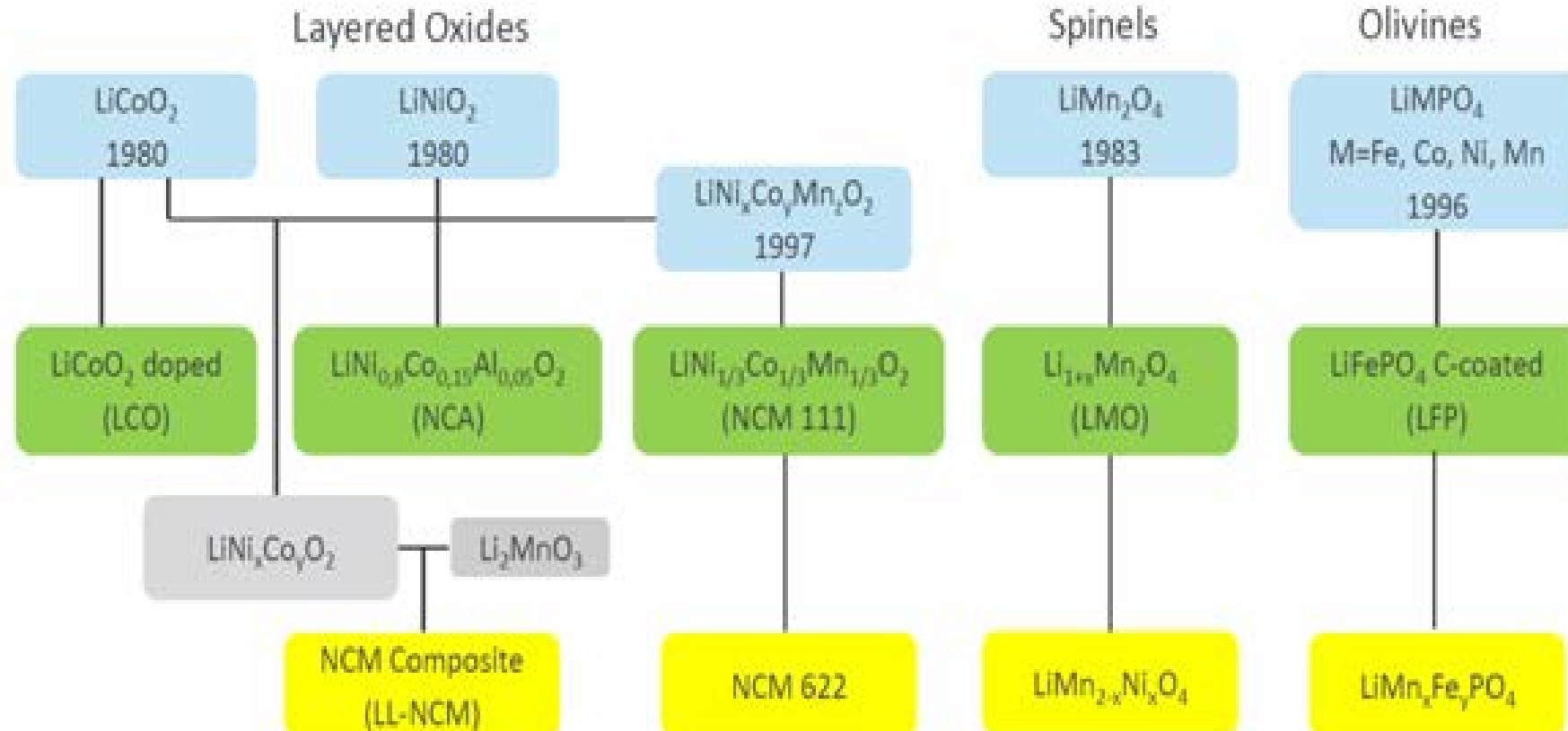
- Imprescindível possuir BMS confiável e com desempenho adequado
- Pequenos desvios da tensão de operação pode reduzir sua vida útil
- Avalanche térmica

Novas gerações de cátodo

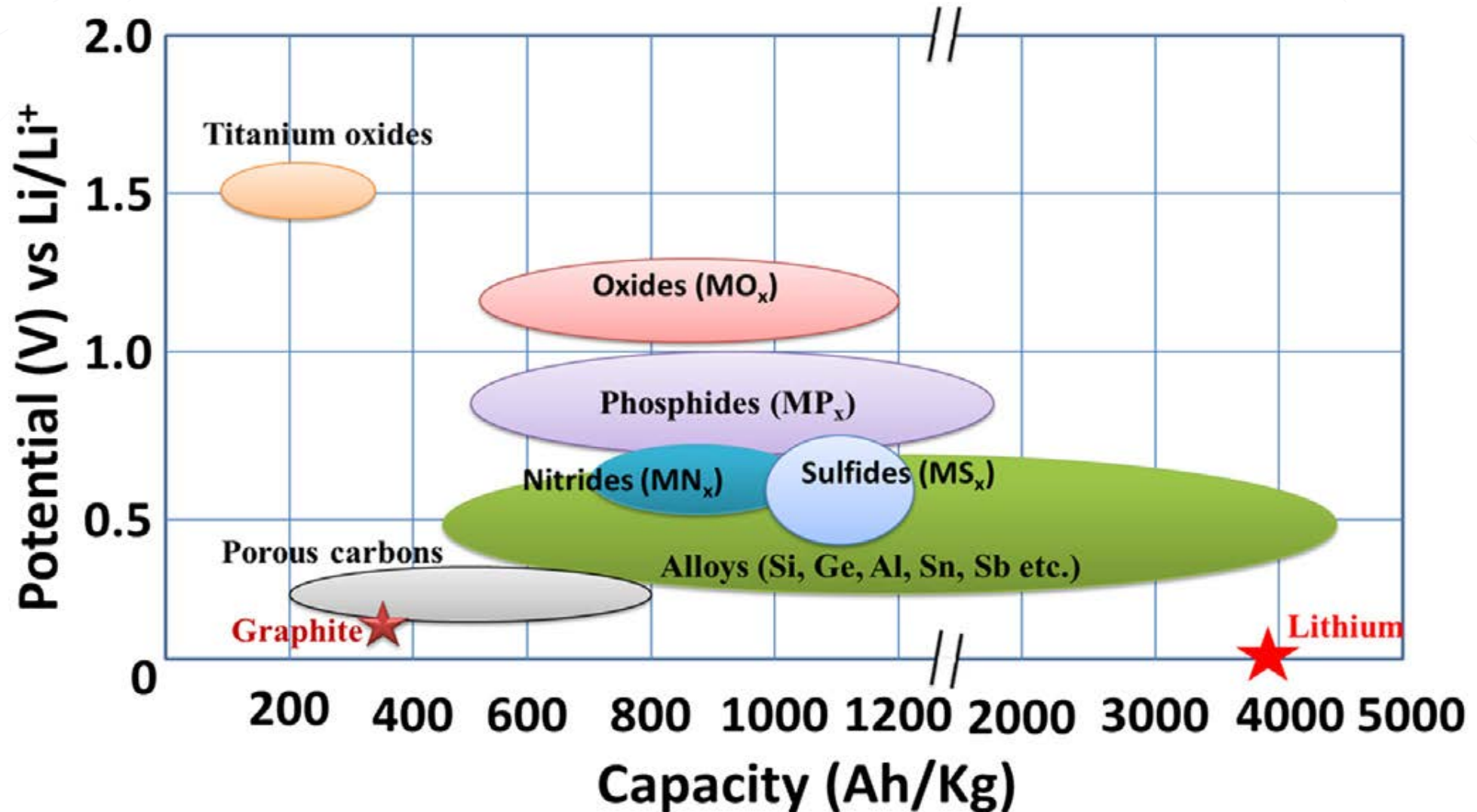
Next Generation Cathode Materials



Johnson Matthey



Novas gerações de ânodo

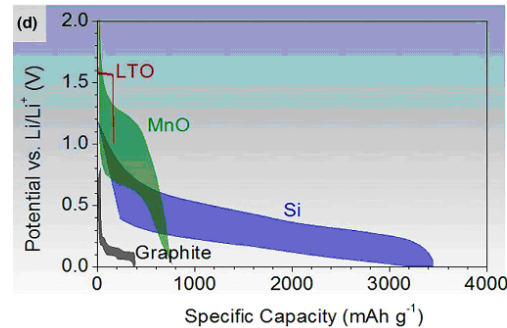


Roadmap famílias de LiB

Próximos 5 anos

Cátodos de metais de transição enriquecidos com Ni e Mg (NMC compostos)

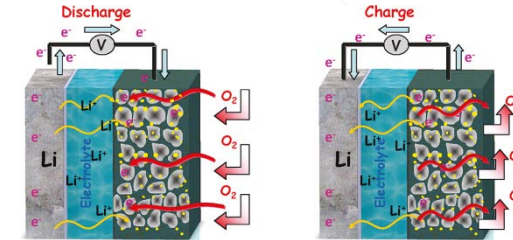
Li-íon - com ânodo de Si



Próximos 10 anos

Li-S

Li-ar



• Desafios

- Estabilidade dos materiais
- Ciclabilidade

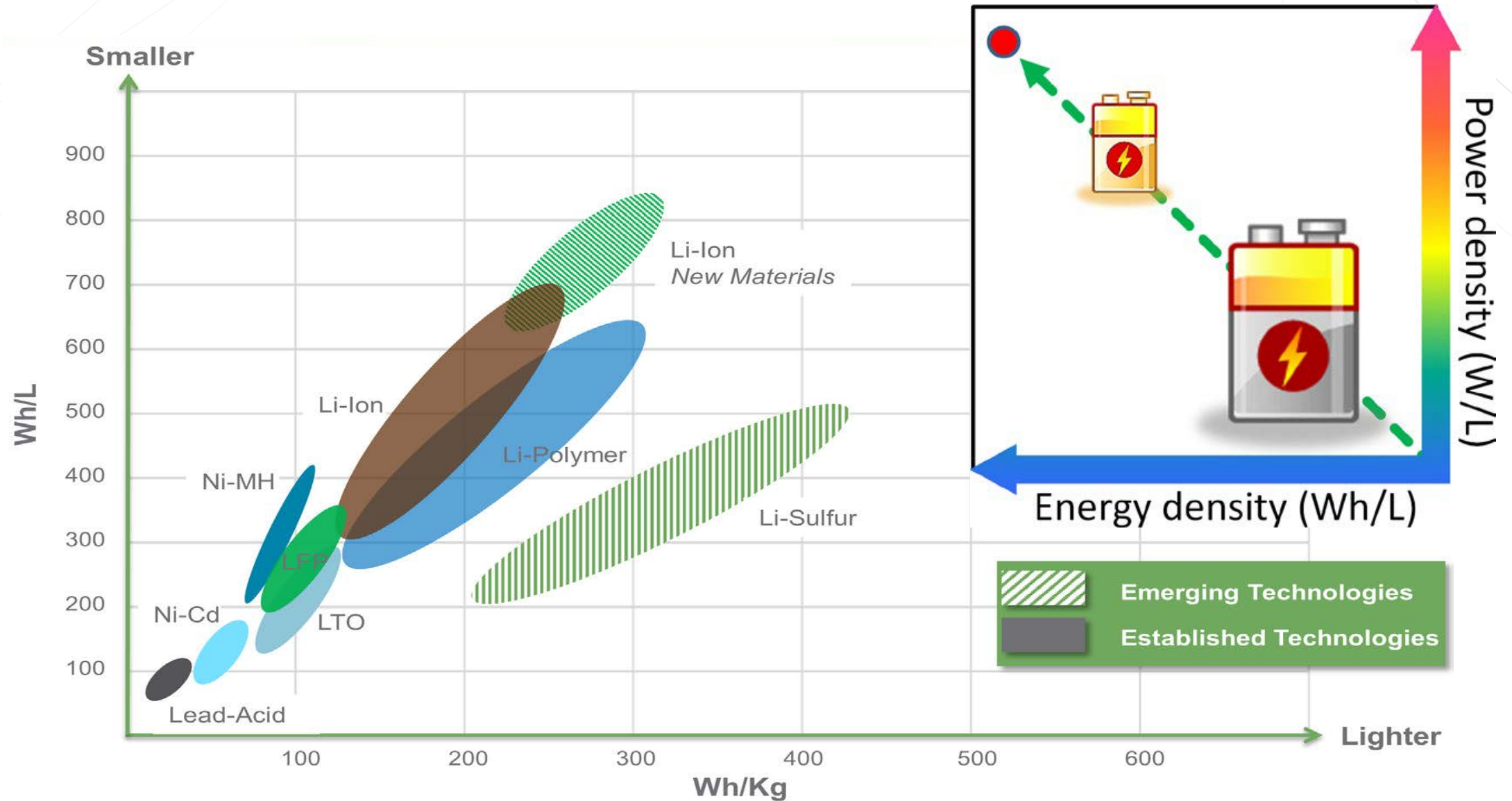
• Soluções em estudos

- Nanoestruturas
- Misturas de compostos
- Coberturas das superfícies
- Eletrólitos sólidos

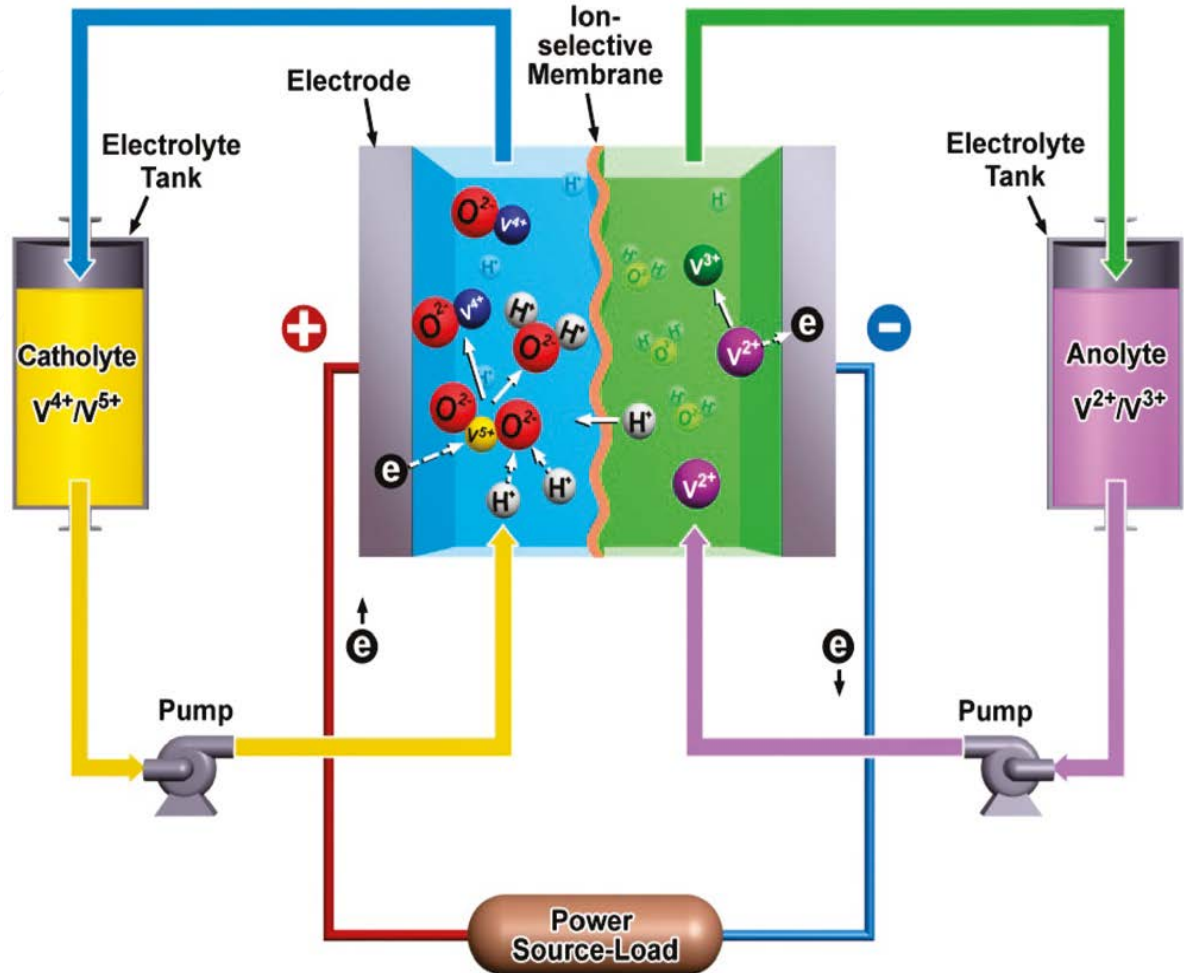
• Desafios

- Formação de dendritas
- Estabilidade dos materiais
- Segurança
- Ciclabilidade

Roadmap famílias de LiB



Bateria de Fluxo de Vanádio



Tensão: 1,4 V

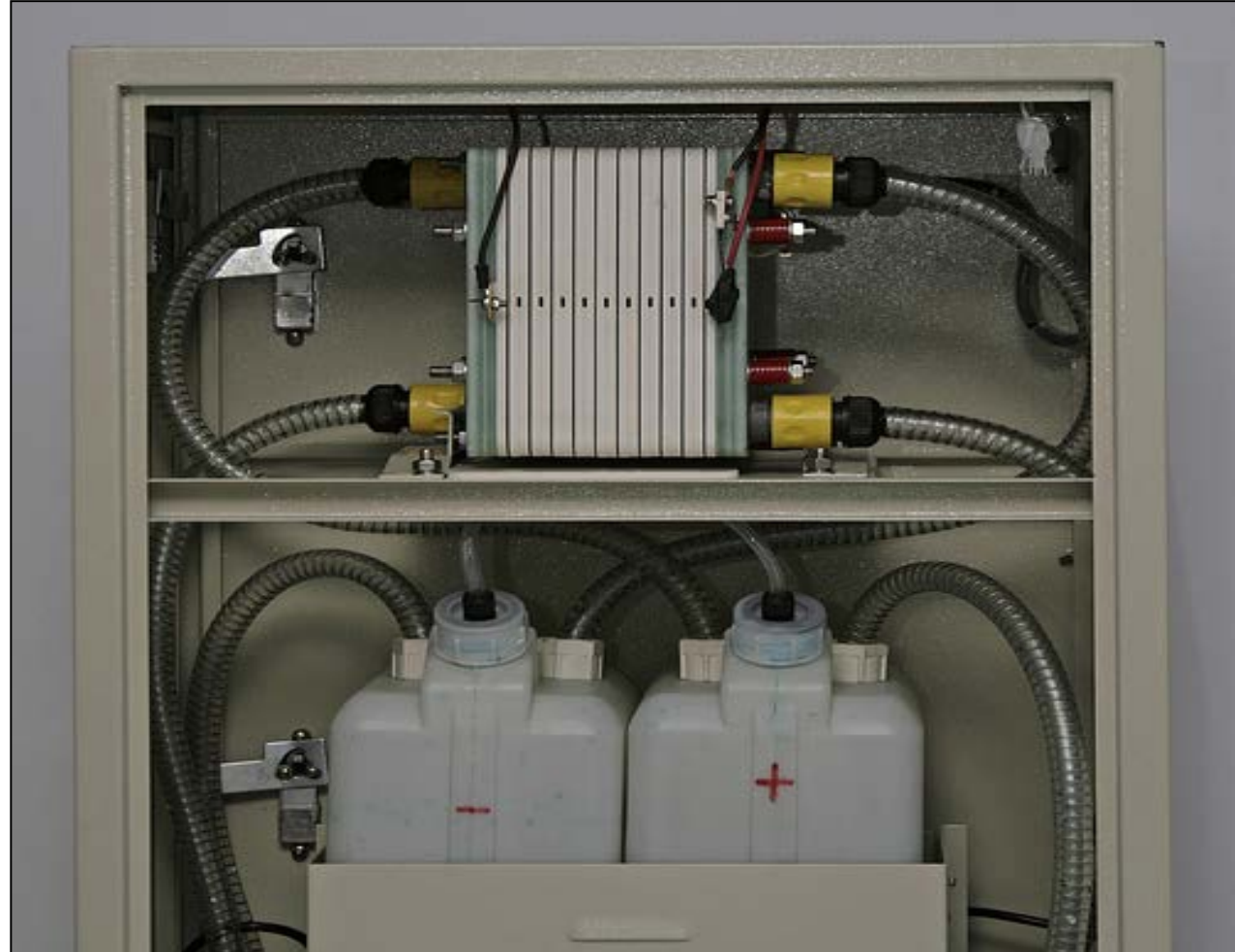
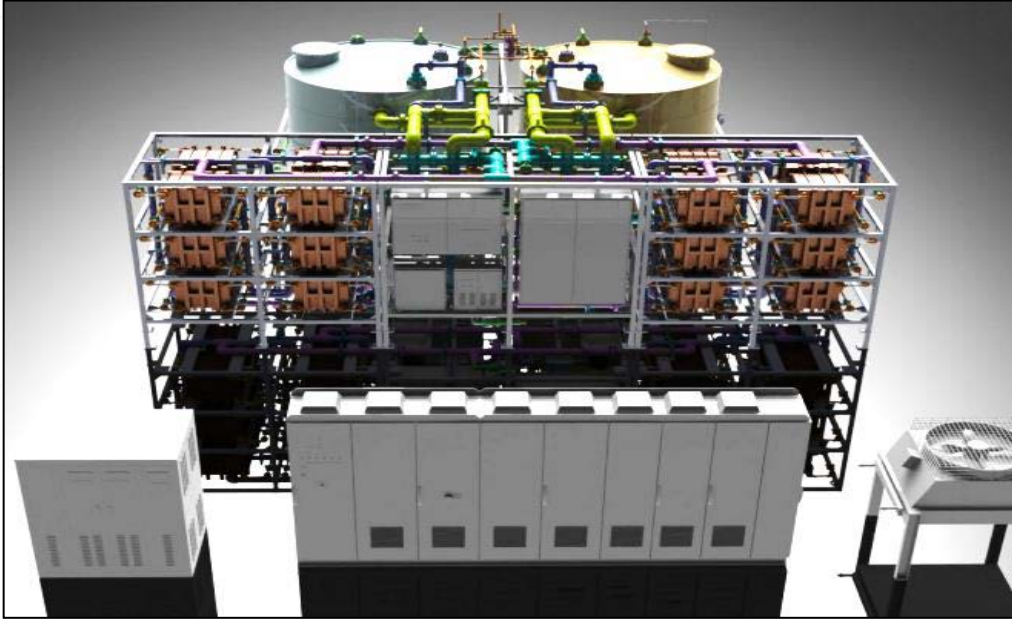
Energia: entre 10 Wh/kg a 20 Wh/kg

Placa negativa: Composto de vanádio com valência $+4$

Placa positiva: Composto de vanádio com valência $+2$

Eletrólito: Solução aquosa ácido sulfúrico

Bateria de Fluxo de Vanádio



Bateria de Fluxo de Vanádio

Vantagens

- Elevada autonomia
- Possui sistema de monitoração embutido na bateria (BMS)
- Menor impacto ambiental - não possui metal pesado

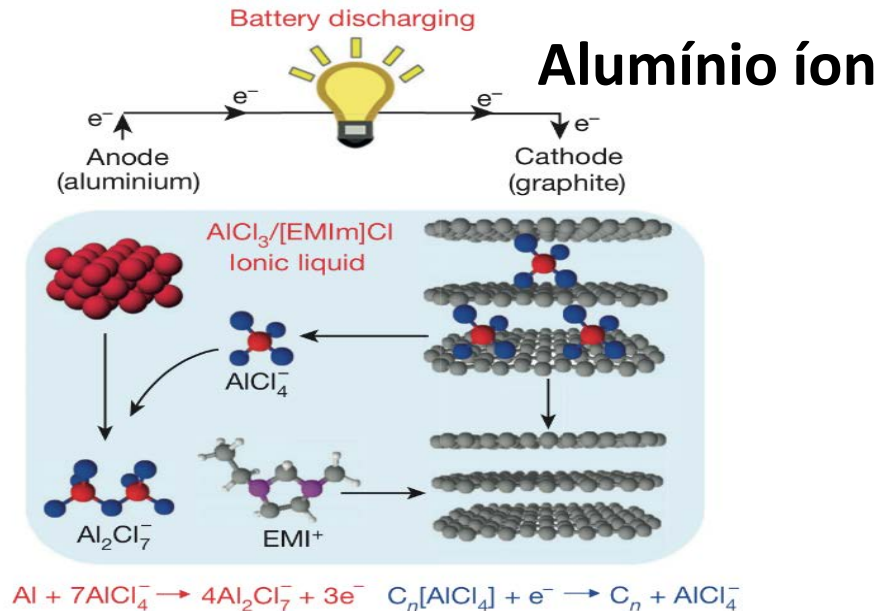
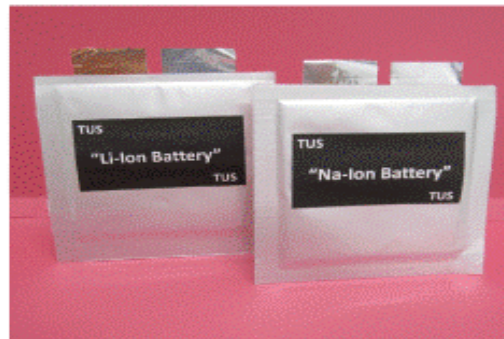
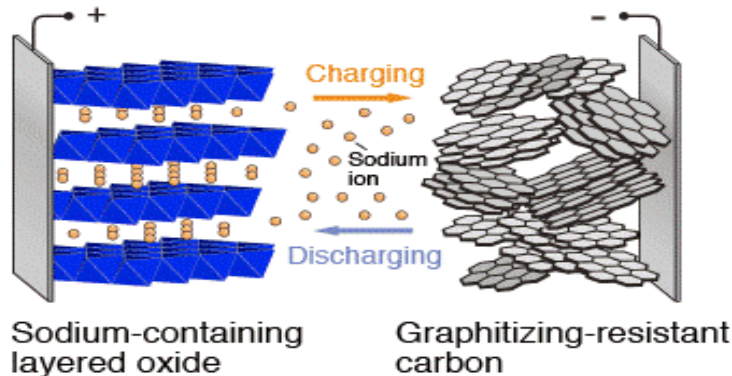
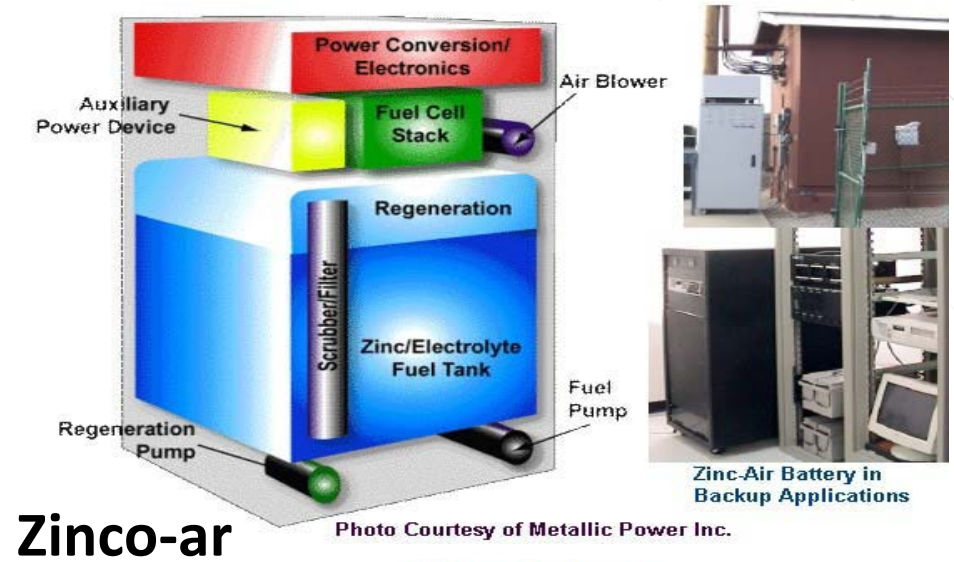
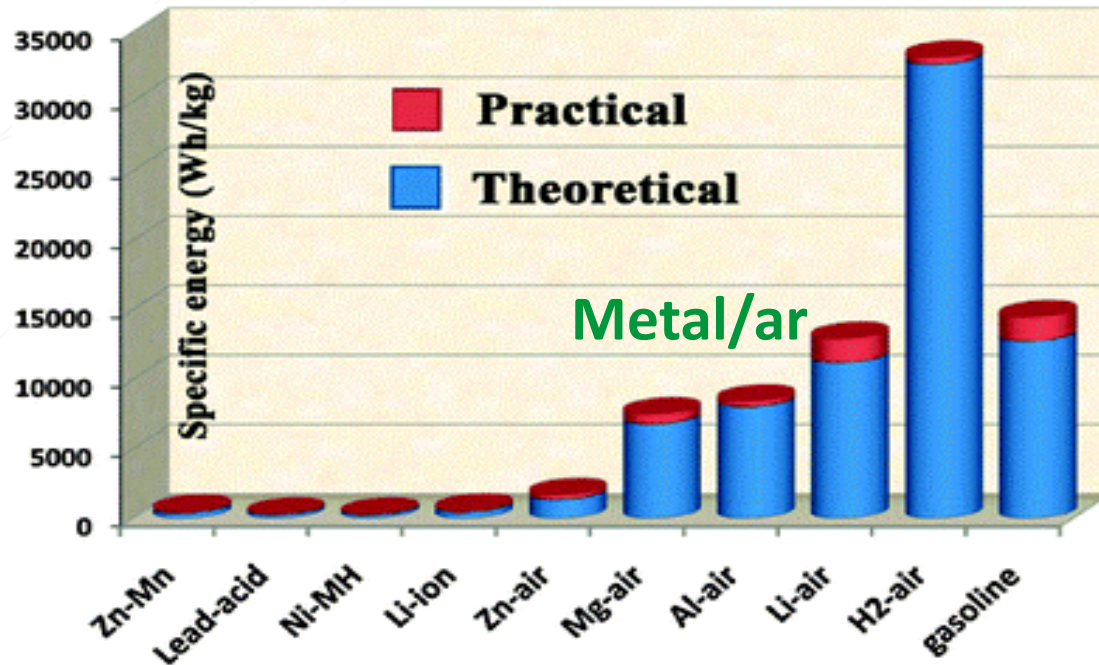
Desvantagens

- Ocupa maior espaço
- Manutenção mais complexa
- Tecnologia em desenvolvimento
- Vanádio é um metal caro e raro

Comparativo das tecnologias de bateria

Bateria	Pb-ácida VRLA	Na/NiCl ₂	Lítio-íon	Fluxo Vanádio
Tensão nominal (V)	2,0	2,6	3,2 a 3,8	1,4
Densidade de energia (Wh/kg)	25 a 50	90 a 150	100 a 200	10 a 20
Temp. de operação (°C)	- 10 a +40	- 30 a +60	-25 a +45	+10 a +40
Eficiência (%)	80 a 85	82 a 91	90 a 95	60 a 74
Vida cíclica (ciclos)	500 a 2.000	+4.500	+5.000	+10.000
Vida projetada (anos)	10	+10	+20	10 a 15

Tendências futuras



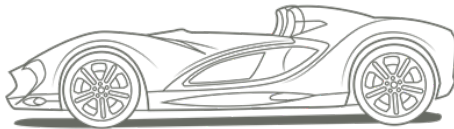
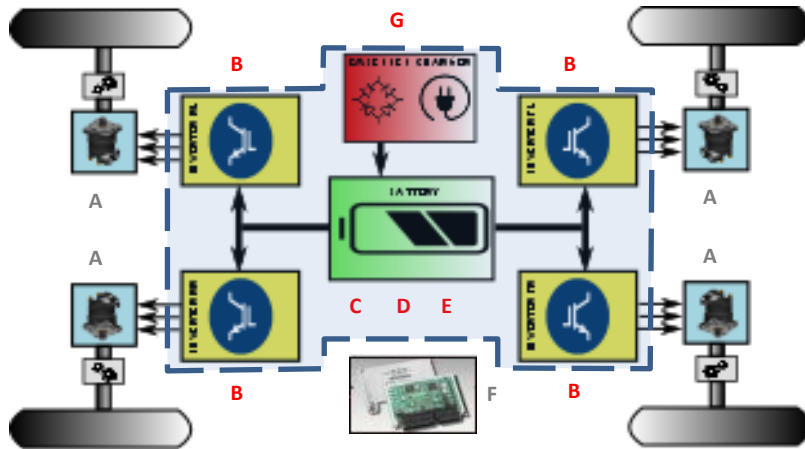
Conclusões

- Grandes investimentos, a nível mundial, em pesquisa e desenvolvimento de acumuladores elétricos para uso em armazenamento de energia (grid) e veículo elétrico
- Preços das baterias estão reduzindo
- É um caminho sem volta

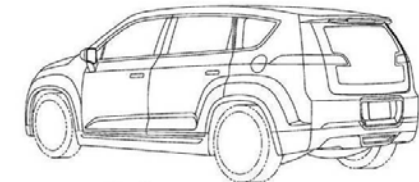
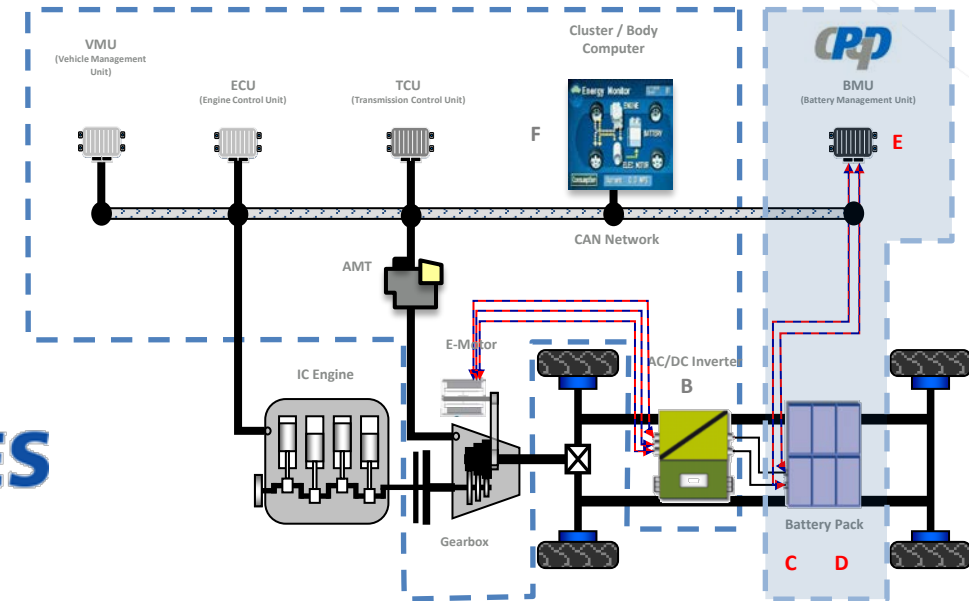


Tecnologias Armazenamento e Gestão de Energia

Desenvolvimento de Inversor, Recarregador e Bateria+BMS para VEP de alto desempenho

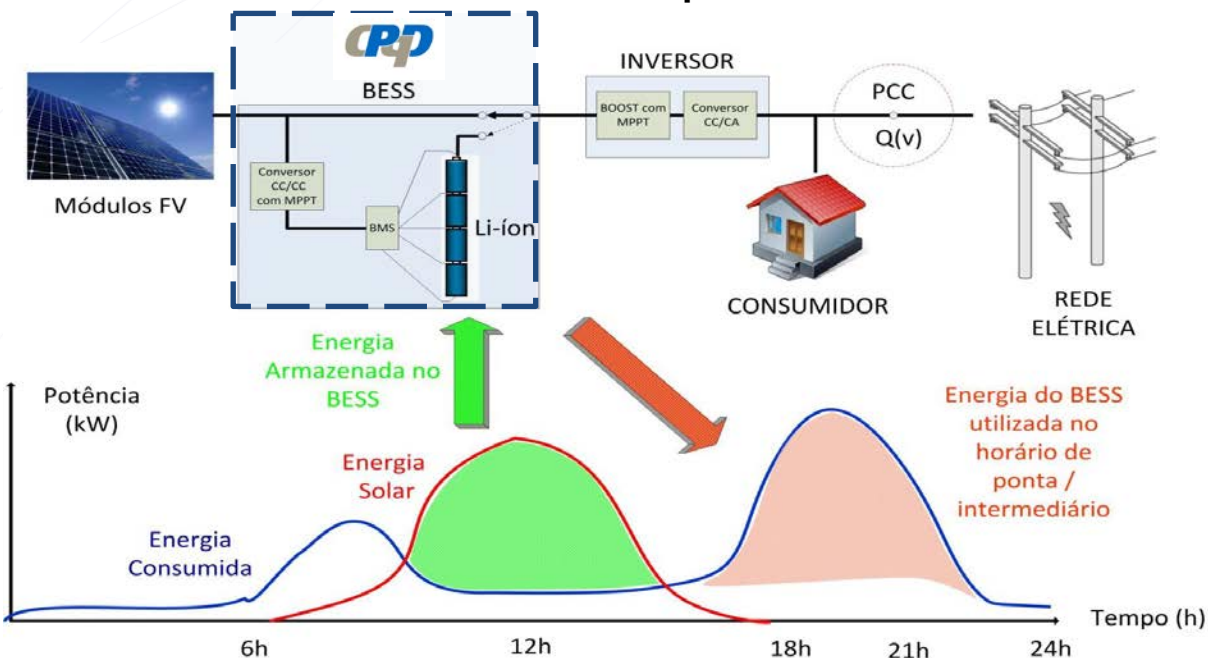


Desenvolvimento de Bateria+BMU para VEH comercial

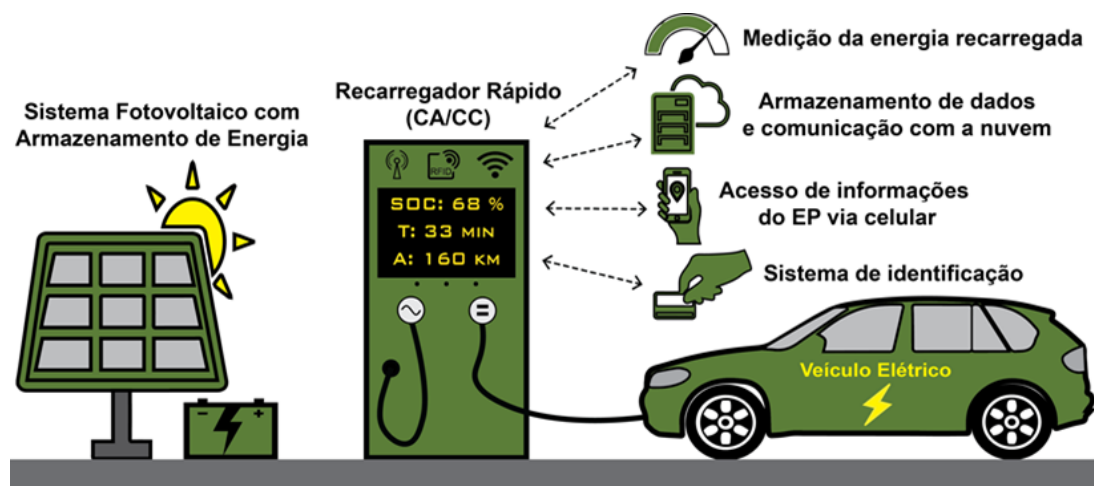
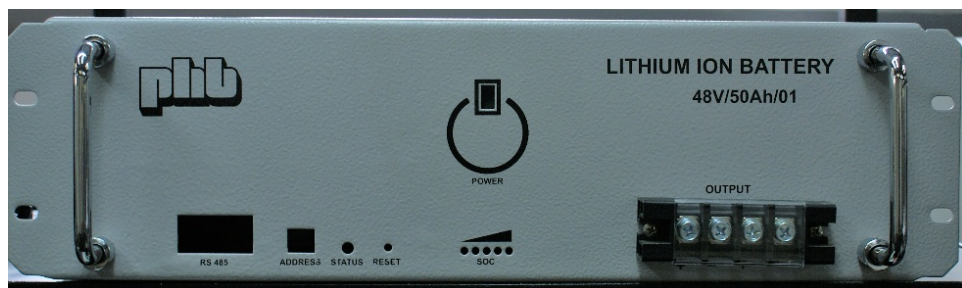


Tecnologias Armazenamento e Gestão de Energia

Desenvolvimento de Baterias de Lítio para Armazenamento Fotovoltaico



Desenvolvimento de Infraestrutura de Recarga para VEs



Projetos pilotos CPqD - Furnas, Embratel, Eletrosul



12 12 2012



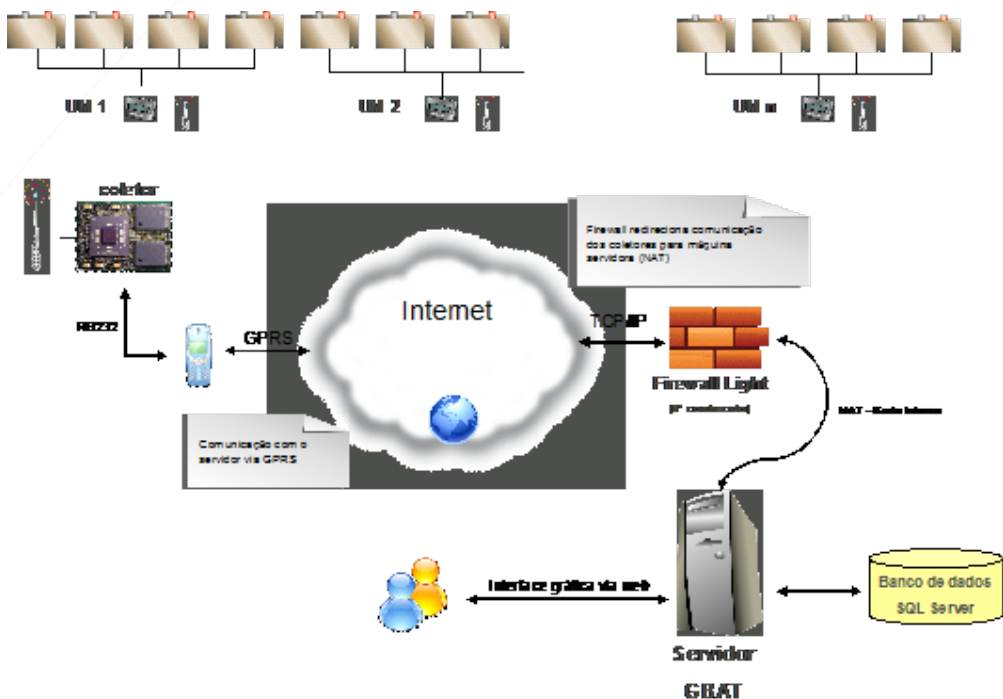
48 V/100 Ah



125 V / 85 Ah



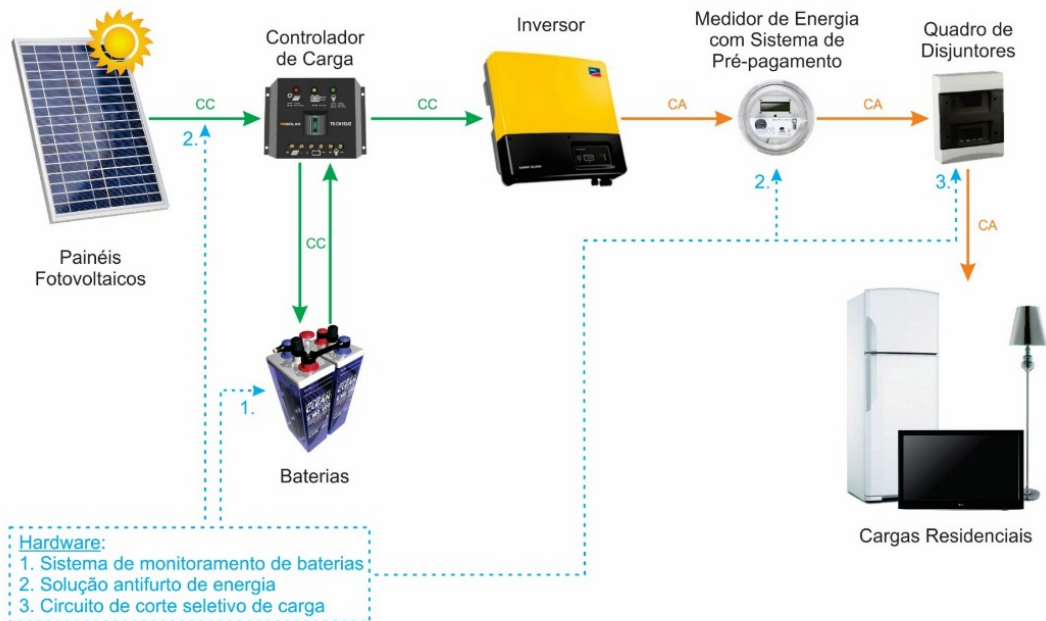
Sistemas de monitoramento de bateria



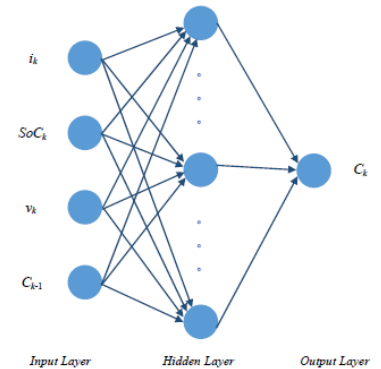
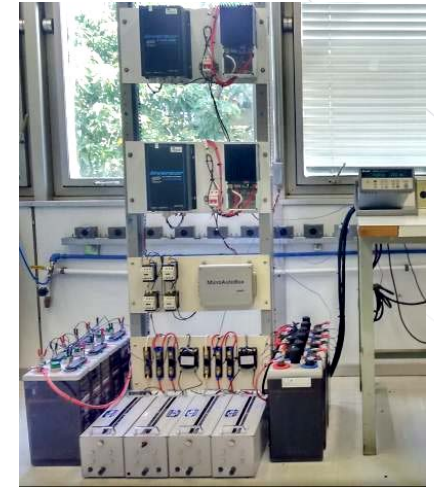
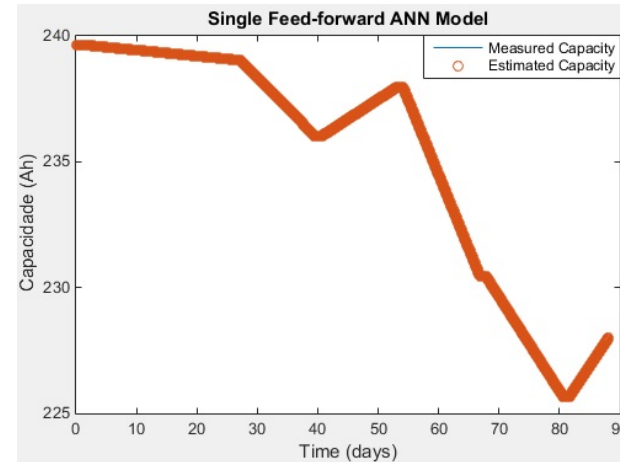
Sistema de monitoramento e gestão de bateria
(ANEEL - Light)



Sistemas de monitoramento de bateria



Desenvolvimento de sistemas de monitoramento de baterias com solução antifurto de energia e corte seletivo de carga para sistema FV Isolado (off-grid)



Desenvolvimento de Algoritmos para Estimativa de Degradação de Baterias Chumbo-ácidas para Sistemas FVs

DRC - Área de Sistemas de Energia





CPqD
Campinas - SP

www.cpqd.com.br

Obrigada!
Maria de Fátima N.C. Rosolem
mfatima@cpqd.com.br