



FENIBAT.
6ª Feira Nacional e Internacional de
Baterias de Chumbo + Conferência



FENILITIO
2ª Feira Nacional e Internacional de
Baterias de Lítio + Conferência



Battery Energy Storage no setor elétrico brasileiro

Demandas, gaps e oportunidades

Londrina, Outubro de 2023

- Mercado de Energy Storage no Brasil
- ACV na seleção da tecnologia
- GAPS e oportunidades para as baterias



O Lactec é um dos maiores **centros privados**
de **pesquisa, tecnologia e inovação** do Brasil.



Números expressivos



+ 60 anos
de atuação



+400
colaboradores



Unidades em Curitiba e
Salvador, com **cobertura**
nacional



Aproximadamente
400 projetos de **P&D**
realizados



Estrutura laboratorial com
35mil m² e amplo suporte
tecnológico



Mercados Principais



Energia



Indústria



Conectividade



**Meio
Ambiente**



**Mobilidade
Elétrica**



Centro de Competência Embrapii em Plataformas de Hardware



Capítulo 1

Energy storage no Brasil



INTRODUÇÃO

MOTIVAÇÃO PARA EXPANSÃO DO POWER STORAGE NA REDE ELÉTRICA

- Demanda por energia elétrica crescente: Aumento do número de novos consumidores e também na quantidade energia consumida por pessoa;
- Deslocamento da matriz energética para a eletricidade: A necessidade de descarbonização das atividades econômicas provoca a migração para a eletrificação das atividades, por representar um meio mais fácil e viável economicamente de reduzir emissões de gases de efeito estufa. Estima-se que até 2040 a eletricidade ultrapassará o petróleo globalmente como forma predominante de energia;
- Mais geração renovável não despachável: Os baixos custos dessas tecnologias as tornam predominantes na expansão da capacidade dos sistemas elétricos;
- Distribuição dos recursos energéticos na rede e em pequena escala: Há uma forte redução de custos, em especial da fotovoltaica em Geração Distribuída;
- Sofisticação das redes elétricas: Estão cada vez mais autônomas e inteligentes, além da possibilidade de fluxos bidirecionais (injeção e absorção) de potência, aumentando a complexidade da operação.



INTRODUÇÃO

ATIVIDADES E FATOS QUE ESTIMULAM/FACILITAM A INSERÇÃO DE BESS NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

PLD horário em 2021;

Regulação para *constrained-off* para eólicas REN 927/2021;

Regulação para renováveis nos sistemas isolados REN 961/2021;

Mais Luz para Amazônia: decreto 10.221/2020 (geração + armazenamento);

Regulação para Serviços Ancilares na agenda de 2023;

Nota Técnica nº 94/2020-SRG/ANEEL instaurou tomada de subsídios sobre armazenamento de energia na rede elétrica nº 011/2020

Nota técnica nº 137/2022-SRG-ANEEL com consolidação da Tomada de Subsídios, proposição do Roadmap;

Este ano deve ser aberta uma Consulta Pública para Análise de Impacto Regulatório (AIR), com posterior discussão da minuta da norma;

Atualmente, já existe uma regulamentação para Resposta a Demanda, situação em que grandes consumidores reduzem os seus perfis de consumo e ganham uma receita por isso. Dessa forma, é possível que um grande consumidor, ao invés de desligar da tomada seus processos, receba uma receita adicional por instalar um armazenamento que se carrega fora do horário de pico e fornece energia durante o horário de pico;



INTRODUÇÃO

Roadmap simplificado ANEEL tema Armazenamento de Energia

1º ciclo

Jan/2023 – jun/2024

- ✓ Conceitos e definições
- ✓ Outorga
- ✓ Acesso e uso de rede
- ✓ Retirada de barreiras regulatórias
- ✓ Comercialização de energia

2º ciclo

Jul/2024 – dez/2025

- ✓ Ajustes do ciclo anterior
- ✓ Usinas reversíveis de ciclo aberto
- ✓ *Stacking Value*

3º ciclo

Jan/2026 – jun/2027

- ✓ Ajustes do ciclo anterior
- ✓ Redução de *curtailment* e *constrained-off*
- ✓ Agregadores
- ✓ Modelos computacionais e Simulações



GAPs e Oportunidades



SELEÇÃO

Comparação entre alternativas e precificação adequada



$$LCOS = \frac{\sum (Capital_t + O\&M_t + Fuel_t) \cdot (1 + r)^{-t}}{\sum MWh_t \cdot (1 + r)^{-t}}$$

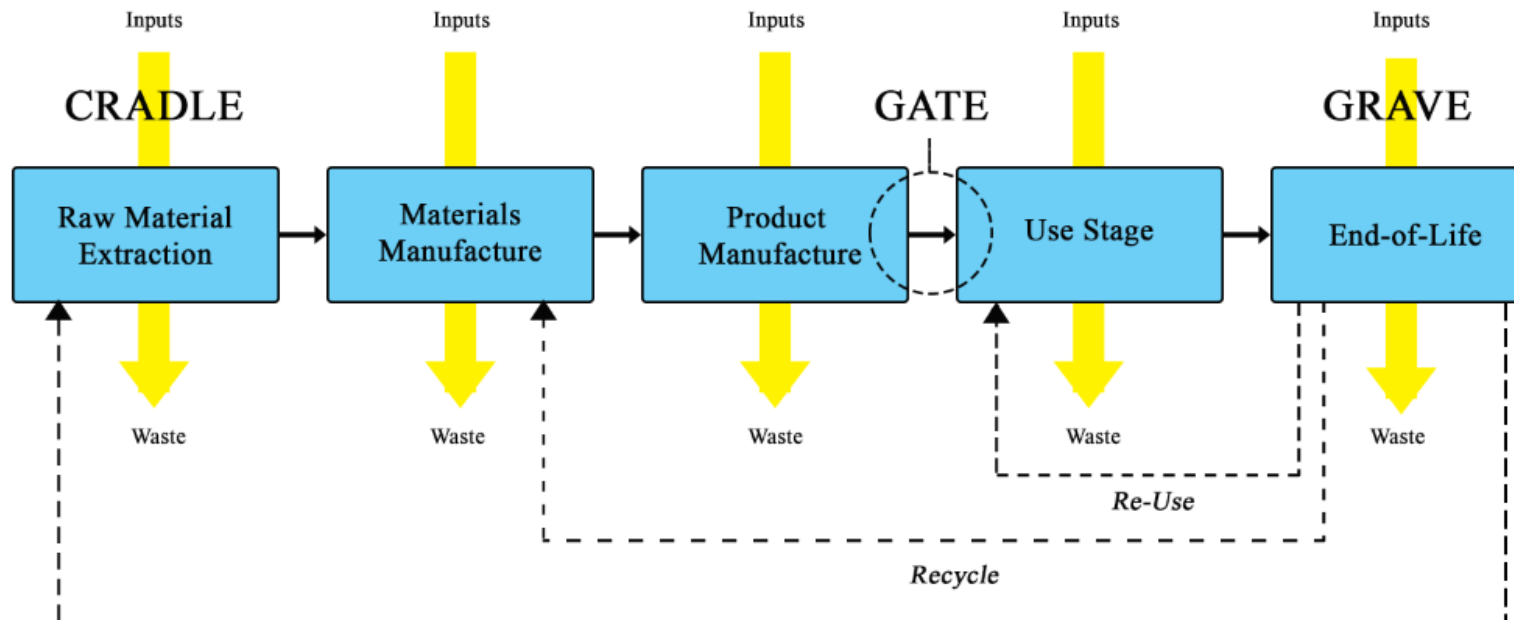
Sustentabilidade
Impactos socio ambientais



Quantificação para comparação adequada:
Life Cycle Assessment



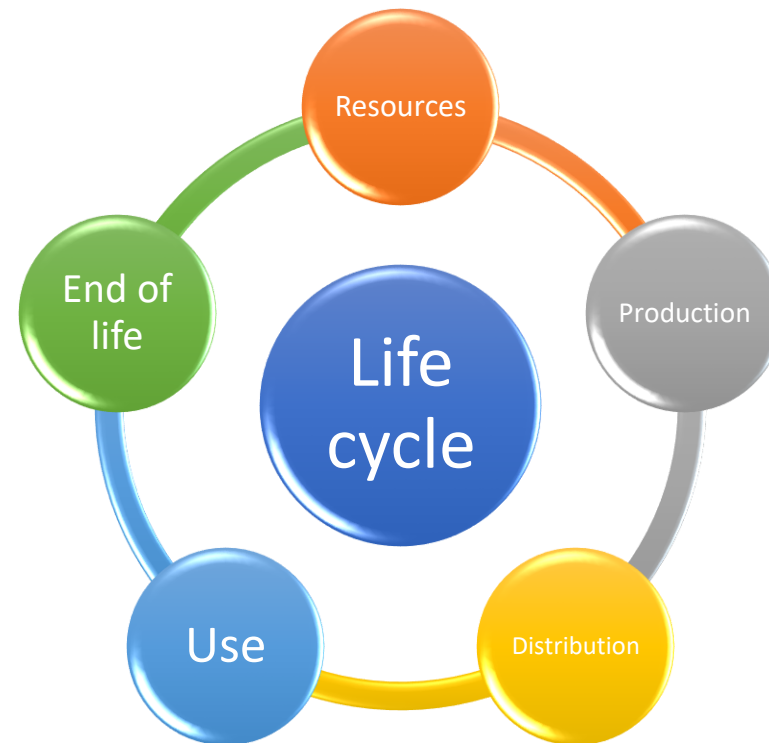
- Life Cycle Assessment – avaliação e quantificação de impactos ambientais possíveis associados a um produto (bem ou serviço) ou processo.
 - ISO 14040 ACV : "compilação de avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida



SELEÇÃO



- LCA – precificação/comparação adequada

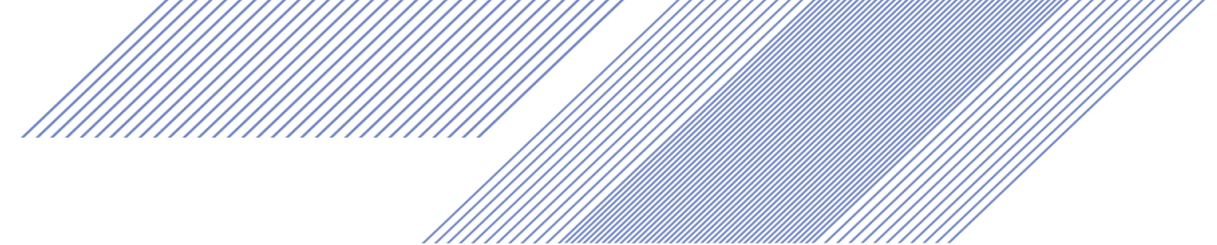


Artigo	Observações
Hassana Elzein, et. al. Journal of Cleaner Production 209 (2019) 1624e1636	➤ Simulações com objetivo de otimizar tanto o custo marginal de energia gerada. Análise baseada na região da Normandia; ➤ Autores demonstraram que foi possível diminuir 28% o custo marginal de geração e 53% da emissão de GHG relativos ao BESS; ➤ A viabilidade econômica do uso de BESS não foi efetivamente analisada;
L.M. Arciniegas, E. Hittinger / Energy 143 (2018) 1e11	➤ A razão entre lucros e emissão de CO₂ pelo uso de BESSs pode ser controlada alterando o padrão de operação do BESS; ➤ Em estudos de modelagem e simulação, foram encontrados cenários onde a fase de operação do BESS pode apresentar emissão de CO₂ negativa, neutra ou positiva; ➤ Uma otimização multi objetivo que inclua valores para as emissões deve ser considerada;
Environ. Sci. Technol. 2018, 52, 17, 10163–10174	➤ Os impactos causados pelas alterações na operação do sistema eléctrico (ou seja, impactos na fase de utilização) superam os impactos a montante e no fim da vida útil na maioria dos cenários analisados. Dos parâmetros específicos da bateria, a eficiência Roundtrip tem o maior efeito.



Artigo	Observações
Faria, R., et. al. 2014. Journal of Power Sources, 262, 169–177	➤ Dependendo das perdas na carga/descarga das baterias (eficiência roundtrip), a diferença de geração no período diurno e noturno pode não ser suficiente para reduzir impactos ambientais . Considerando uma matriz com relativa alta participação de renováveis (Portugal);
Linda Ager-Wick Ellingsen et. al. Journal of Industrial Ecology, Volume 18, Number 1, pg 113. 2013	➤ Há divergências nos valores dos parâmetros de impactos ambientais relativos à fase de produção de baterias íons de lítio; ➤ Discrepâncias encontradas entre distintos estudos se deve à falta de acesso a dados primários de produção;
Hittinger ES, Azevedo IM. Bulk energy storage increases United States electricity system emissions. Environ Sci Technol 2015;49(5):3203e10	➤ Simulações cujo objetivo de otimizar o lucro na operação do sistema de armazenamento levam a um aumento nas emissões. Principalmente devido à (in)eficiência roundtrip; ➤ Necessário incluir parâmetros de emissões na otimização multicritério; ➤ Considerar eficiência em função do DoD;





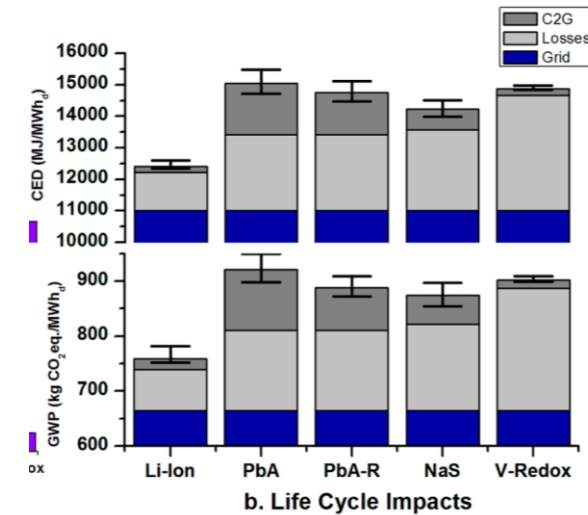
Artigo	Observações
Maryam Arbabzadeh, et. al. Environ. Sci. Technol. 50 (2) (2016)	➤ Otimizações considerando aspectos econômicos ou ambientais podem gerar conflitos entre si. necessidade de avaliar compromissos. ➤ Busca por aumento da eficiência Roundtrip pode levar ao uso de insumos adicionais (ex. ácido sulfúrico para ativar a superfície da membrana de VRFBs, diminuir sua resistência para e, aumentar a eficiência Roundtrip).
Jens F. Peters, J. Clean. Prod. 171 (2018) 704–713,	➤ A ampla gama de estimativas de emissões de GEE provenientes da fabricação de células LIB introduz uma incerteza significativa nas ACVs dos sistemas LIB. ➤ A ampla variação nas estimativas de emissões resulta diretamente da ampla variação nas estimativas dos requisitos de energia para a fabricação de LIB, particularmente para a montagem de células. ➤ As principais questões relacionadas à precisão desses resultados são o uso de energia no local e a precisão dos inventários.



LCA – GAPs e Op.

Mitavachan Hiremath; Comparative Life Cycle Assessment of Battery Storage Systems for Stationary Applications. Environ. Sci. Technol. 2015, 49, 4825–4833

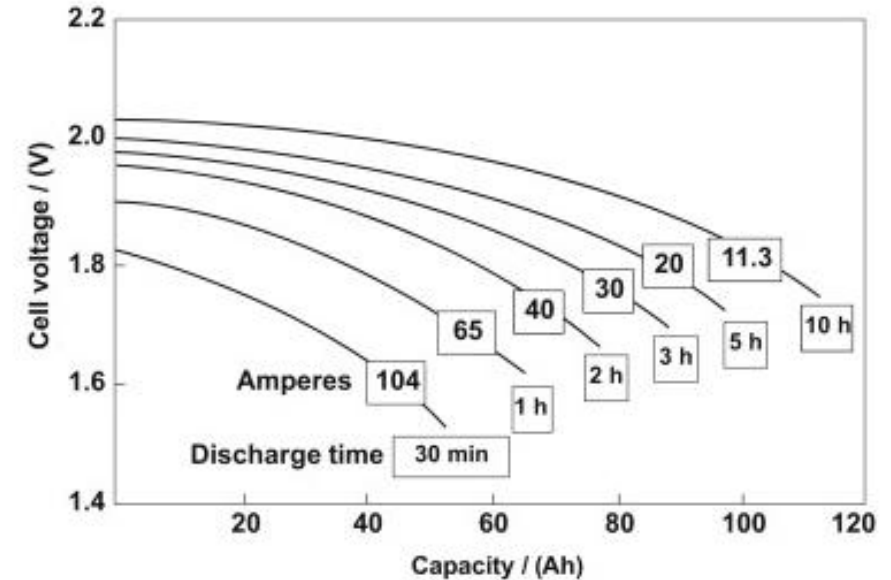
- Mais de 95% dos impactos do GWP se devem aos impactos da fase de utilização;
- Cenários de fim de vida (EOL) – reciclagem x descarte – não foram considerados por falta de informações;



Eficiência

A.A. Kebede et al. *Journal of Energy Storage* 40 (2021) 102748

Parameters	Type of Battery	
	Lead-acid	Li-ion
Capacity of the battery (Ah)	83	167
Nominal cell voltage (V)	12	6
Nominal capacity (kWh)	1kWh	1kWh
Number of strings	1	2
Cycle number at maximum DoD	800	3000
Initial SoC in (%)	100	100
Round trip efficiency (%)	80	90
Cost (€/kWh)	104.43	463.22
Replacement cost (€/kWh)	104.43	412.68
Operation & Maintenance cost (€/kWh/Year)	8.42	0
Installation and other charges (€/kW)	25.27	16.84



David A.J. Rand, Patrick T. Moseley, in [Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing](#), 2015

- *Roundtrip efficiency* soma todos os equipamentos necessários para operação da bateria, incluindo gerenciamento térmico;
- Baterias que possam operar em temperaturas mais elevadas se beneficiam pelo aumento da aceitação de carga dinâmica e menor necessidade de resfriamento;
- Eficiência vs SoC – permitir análises técnico financeiras prévias mais adequadas;



Otimização da gestão

Operação/gestão e manutenção



Metlakatla – comunidade isolada no Alaska;
1,4 MWh e 1 MW;
Estabilizar a rede, otimizar despacho de PCH, suprir picos de demanda;

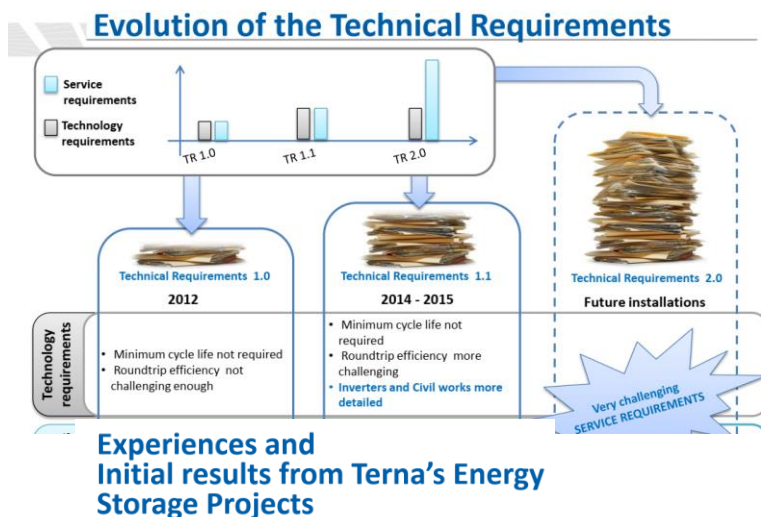
- Vida útil projetada de 8 anos;
- Operaram com um gerenciamento específico de PSoC;
- Baterias foram substituídas após 11,5 anos (algumas com capacidade acima dos 90% da BOL);

Avanços na aceitação de carga dinâmica de baterias automotivas beneficiam diretamente as estacionárias para sistemas *Power Storage*



Garantias contratuais

Projetos piloto de BESSs, com distintas tecnologias, fornecem suas lições aprendidas:



Anna Carolina Tortora
Head of Innovation Research and Development

- Eficiência roundtrip dos sistemas depende da tecnologia de armazenamento:
 - Eficiência (incluindo consumo auxiliar) - 92% LTO; 90% para LMO; 84% para LFP e LCA; entre 80% e 70% baterias Na – NiCl₂; 62% bateria de fluxo
- As tecnologias de baterias apresentam resultados distintos em ciclagem. Ciclos tipo “deslocamento de carga” (CC, alto Δ SoC, potência nominal) x ciclos “controle de frequência” (baixo Δ SoC, fração da potência nominal, alternância rápida entre carga e descarga)
 - Em linhas gerais “controle de frequência” é mais agressivo às baterias.
- Importância de se conhecer/desenvolver o fornecedor das baterias;
 - Estabelecer, em contrato, valores de energia mínima disponível e eficiência roundtrip ao longo dos anos de operação;
 - Previsão de substituição de baterias;
 - Confiabilidade vs SoH;
 - Estudos detalhados de viabilidade técnica financeira prévios e por terceiros;



Conclusões

Resumo e highlights





Conclusões e highlights

➤ Cenário regulatório em processo de mudança

- ✓ Que estimulam/diminuem entraves para BESSs;
- ✓ **Acompanhando evolução de países desenvolvidos;**

➤ Clientes e usuários

- ✓ Aumento da preocupação com garantias de desempenho ao longo da vida útil;
- ✓ Casos onde se incluem nos contratos valores de energia mínima disponível ao longo dos anos, com previsão de substituição de módulos;
- ✓ Estudos prévios de otimização. Clientes interessados em informações específicas (n° ciclos x DoD, n° ciclos x $SoC_{médio}$, eficiência x taxa carga e descarga, vida útil vs T)



Conclusões e highlights

➤ Maior eficiência energética

- ✓ Otimizar gestão;
- ✓ Eficiência vs SoC – permitir análises técnico financeiras prévias mais adequadas;
- ✓ Novos materiais, componentes e aditivos;



Juliano de Andrade D.Eng

Pesquisador

juliano.andrade@lactec.com.br

www.lactec.org.br



Siga-nos em nossas redes sociais