

# Análise de Experiências Internacionais

## OBJETIVO

Para compor a análise dos Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE) foram identificadas lições e referências internacionais relevantes para o contexto nacional. A análise abrange dimensões energéticas, regulatórias, de segurança, ambientais, sociais e de ciclo de vida.

## EXPERIÊNCIAS ANALISADAS



### CHINA

- Líder global com ~100 GW instalados e meta de 180 GW até 2027
- Política de colocação obrigatória em novo projeto eólico ou solar (2017) impulsionou expansão; lei de 2025 liberalizou o mercado
- Norma obrigatória para segurança de sistemas de baterias
- Proibição de segunda vida; indústria formal de reciclagem com metas rígidas (90% lítio, 98% cobalto)
- Ecossistema acadêmico-industrial consolidado de formação de mão de obra especializada



### ÍNDIA

- Meta de 500 GW renováveis até 2030 e 236 GWh de SAE até 2031
- *Energy Storage Obligation*: mínimo de 1% do consumo de uma distribuidora deve ser proveniente de fontes renováveis armazenada (crescente até 4% em 2030)
- *Viability Gap Funding*: cobre até 40% do CAPEX; já contratou 9,33 GW em leilões *standalone*
- Programa de solarização agrícola com SAEB<sup>1</sup> distribuído; aumento de até 50% na renda rural
- *Battery Waste Management Rules*: metas progressivas de coleta e reciclagem



### AUSTRÁLIA

- Reconhecimento formal dos SAEs como agentes de mercado
- SAEs respondem por 54% do volume de FCAS<sup>2</sup> e obtiveram USD\$ 78,5 mi em arbitragem no Q2/2025
- *Capacity Investment Scheme (CIS)*: contratos de diferença de até 15 anos;
- *Community Batteries Program*: US\$ 141 mi para baterias comunitárias
- Criação de guia técnico de segurança de referência nacional



### CHILE

- Pioneiro na América Latina: marco regulatório desde 2016; 2,1 GW instalados em set/2025
- SAEB remunerado por energia (arbitragem), serviços ancilares e capacidade
- Concessão de terras públicas para SAEB em locais estratégicos
- Programa FAE<sup>3</sup>: mini-redes híbridas para 16 ilhas remotas; 35 empregos locais; 18 t CO<sub>2</sub>/ano evitadas



### ESTADOS UNIDOS

- IRA<sup>4</sup>: crédito fiscal de até 50% para SAE + bônus por conteúdo doméstico e equidade social
- Definição de um padrão de segurança nacional; licenciamento integrado ao ciclo de vida
- Havaí: 37% das residências com solar; 90% com baterias; PPA<sup>5</sup> de 25 anos para projetos centralizados
- Califórnia: 13 GW de baterias no CAISO em 2024; 84% da regulação de frequência fornecida por baterias; US\$ 700 mi em incentivos (2020-24) com foco em armazenamento de energia em comunidades vulneráveis

<sup>1</sup> SAEB – Sistema de Armazenamento de Energia por Bateria | <sup>2</sup> FCAS – Frequency Control Ancillary Services | <sup>3</sup> FAE – Fondo de Acceso a la Energía

<sup>4</sup> IRA – Inflation Reduction Act | <sup>5</sup> PPA – Power Purchase Agreement

## Aplicações ao contexto brasileiro

A partir das experiências internacionais, identificam-se oito eixos temáticos com lições diretamente aplicáveis ao Brasil, país que, embora em estágio inicial de inserção de SAE, dispõe de janela estratégica para adotar frameworks já validados e acelerar a transição energética.

### 01 Definição Clara do Papel das Baterias

#### LIÇÃO INTERNACIONAL



Todos os 5 países analisados reconheceram legalmente o armazenamento antes de expandir em escala, definindo funcionalidades, remuneração e integração ao planejamento da expansão.

#### APLICAÇÃO AO BRASIL



A Lei 15.269/2025 avança ao reconhecer o armazenamento e delegar regulamentação à ANEEL. Falta ainda definir demais pontos, como regras de conexão e participação nos mercados.

### 02 Dependência Externa e Desenvolvimento Industrial

#### LIÇÃO INTERNACIONAL



China domina 85% da produção global; Índia e EUA buscam reduzir dependência com incentivos à manufatura local.

#### APLICAÇÃO AO BRASIL



Brasil possui reservas relevantes de lítio, mas sem cadeia produtiva consolidada. Estratégia faseada recomendada: importação de curto prazo (com isenções fiscais previstas na Lei 15.269) + fomento gradual à indústria nacional.

### 03 Remuneração e Desenvolvimento de Mercados

#### LIÇÃO INTERNACIONAL



Austrália (mercado spot a cada 5 min + FCAS) e Califórnia (CAISO) demonstram que *revenue stacking* é viabilizador relevante. Índia e Havaí mostram que leilões e PPAs funcionam onde o mercado ainda não remunera adequadamente.

#### APLICAÇÃO AO BRASIL



PLD com baixa granularidade e serviços ancilares contratados administrativamente limitam o *revenue stacking*. O LRCAP de Armazenamento, previsto para 2026, é passo essencial no curto prazo; no médio prazo, evolução dos mercados ancilares e na formação de preço é necessária.

## 04 Mitigação de *Curtaiment*

### LIÇÃO INTERNACIONAL



Chile tratou o armazenamento como ativo de sistema, identificando zonas estratégicas via modelo de otimização para implementação de baterias para reduzir *curtailment*. China e Índia mostraram que obrigatoriedade sem regras operacionais claras leva à subutilização.

### APLICAÇÃO AO BRASIL



*Curtaiment* já é estrutural no SEB. A localização das baterias é tão importante quanto a decisão de instalá-los. O LRCAP pode incorporar critérios locacionais explícitos, inspirados na metodologia chilena.

## 05 Requisitos de Segurança

### LIÇÃO INTERNACIONAL



China, EUA e Austrália mostram que normas de segurança padronizadas e vinculadas ao licenciamento são indispensáveis.

### APLICAÇÃO AO BRASIL



Brasil não possui normas específicas **padronizadas e consolidadas** de segurança para baterias, gerando heterogeneidade no licenciamento e incerteza para investidores. Oportunidade de antecipar-se, sem aguardar incidentes para agir.

## 06 Uso dos SAEs com Viés Social

### LIÇÃO INTERNACIONAL



Califórnia, Austrália e Índia incorporam SAEB como infraestrutura social, não apenas ativo de mercado, com subsídios direcionados a comunidades em vulnerabilidade ou pobreza energéticas.

### APLICAÇÃO AO BRASIL



SAEB com potencial de reduzir a dependência de diesel em Sistemas Isolados na Amazônia Legal, garantindo continuidade de serviços essenciais e apoiando *microgrids* comunitários

## 07 Segunda Vida e Reciclagem dos SAEB

### LIÇÃO INTERNACIONAL



China proíbe reutilização e exige reciclagem formal. Califórnia permite segunda vida com recertificação obrigatória. Índia adotou metas progressivas de coleta e conteúdo reciclado mínimo.

### APLICAÇÃO AO BRASIL



Baterias de íon-lítio não são cobertas pela PNRS nem pela Resolução CONAMA 401/2008. Considerando que as baterias instaladas hoje chegarão ao fim de vida entre 2035-2040, estamos na janela estratégica para criar o marco antes do passivo se materializar.

## 08 Outras Aplicações: Resiliência e Bateria + MMGD

### LIÇÃO INTERNACIONAL



Havaí mostrou que revisão do net *metering* + subsídios diretos podem viabilizar baterias distribuídas. Califórnia demonstra benefícios de tarifas dinâmicas e resposta da demanda integradas a bateria.

### APLICAÇÃO AO BRASIL



Modelo atual de net *metering* funciona como "bateria virtual" gratuita, tornando baterias residenciais pouco atrativas. Com crescimento da MMGD e surgimento da curva do pato brasileira, incentivos específicos serão necessários.