



Ana Zornitta,

CONSULTORA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS DA CELA – CLEAN ENERGY LATIN AMERICA

Revolucionando o Setor Elétrico: Desbloqueando o Potencial Transformador dos Sistemas de Armazenamento de Energia

Muitos são os benefícios do armazenamento de energia para o sistema elétrico e seus consumidores. Mas por que ainda não testemunhamos um crescimento significativo desse setor no Brasil?

À medida que o mundo se concentra cada vez mais na transição para fontes de energia renovável, os Sistemas de Armazenamento de Energia por Bateria, conhecidos como BESS (Battery Energy Storage Systems), têm ganhado destaque nas discussões do setor elétrico. Não é exagero afirmar que o uso de baterias representa um dos principais motores da transição em direção a fontes de energia limpa e sustentável, dadas suas múltiplas aplicações e inúmeros benefícios. No entanto, apesar do seu potencial, ainda enfrentamos um caminho desafiador até que esses sistemas se consolidem como uma solução genuinamente transformadora para a rede elétrica brasileira.

A tecnologia das baterias não é uma novidade. Seu uso como sistemas de backup e em redes isoladas é amplamente reconhecido. No entanto, a evolução tecnológica das baterias para o que hoje conhecemos como sistemas de armazenamento tem permitido sua aplicação em diversos setores, trazendo benefícios substanciais para consumidores, distribuidores e transmissores de energia. Os BESS consistem em um conjunto de equipamentos que viabilizam o armazenamento, gerenciamento e distribuição de energia, compreendendo:

- **Baterias:** Armazenam a energia elétrica na forma de energia química durante o processo de carga. Quando descarregadas, convertem a energia química armazenada em eletricidade pronta para uso final.

- **Sistema de Gerenciamento de Baterias (BMS):** É camada de software responsável por gerenciar os ciclos de carga e descarga, bem como controlar todas as métricas das células eletroquímicas.
- **Sistema de Conversão de Energia (PCS):** É responsável pela conversão de corrente contínua para corrente alternada entre a bateria e o ponto de entrega de energia às cargas ou à rede.
- **Sistema de Gerenciamento de Energia (EMS):** É o componente de eletrônica de potência que monitora e gerencia os fluxos de energia e variáveis críticas de todos os equipamentos que compõem o BESS.
- **Sistemas de Segurança:** Essenciais para garantir o funcionamento seguro do sistema, os sistemas de segurança incluem controle de temperatura e umidade, ventilação e ar-condicionado, dentre outros aspectos críticos.

A combinação desses elementos forma um sistema completo que não apenas armazena energia, mas também a distribui e gerencia eficientemente, tornando os BESS uma solução versátil e fundamental na evolução da infraestrutura elétrica moderna.

Com a crescente consolidação dos BESS ao redor do mundo, a diversidade de aplicações tanto na rede elétrica quanto para os consumidores tem experimentado uma expansão significativa. Isso tem tornado os sistemas de armazenamento de energia em catalisadores cada vez mais determinantes na consolidação da transição energética.

Entre os usos mais vantajosos dos BESS, destaca-se a capacidade de reduzir a intermitência nas usinas de geração de fontes renováveis. A integração desses sistemas com usinas solares e eólicas permite uma produção de energia mais constante, o que não apenas favorece a otimização da geração, mas também contribui substancialmente para a minimização dos cortes de energia não programados por conta de restrição de escoamento - chamados *curtailments* - que são um desafio significativo especialmente para as usinas fotovoltaicas. À medida que a integração de fontes de energia renovável se torna mais proeminente, a ausência de geradores síncronos rotativos no sistema pode gradativamente expor a rede a um aumento na vulnerabilidade. Essa vulnerabilidade, no entanto, pode ser mitigada de forma eficaz através da utilização apropriada dos BESS.

A rede elétrica também colhe vantagens das aplicações das baterias para aprimorar a qualidade da energia. Isso é alcançado por meio do fornecimento de energia reativa, que possibilita a regulação da tensão da rede, contribuindo para a redução das flutuações de tensão e frequência por meio de uma resposta rápida em frequência.

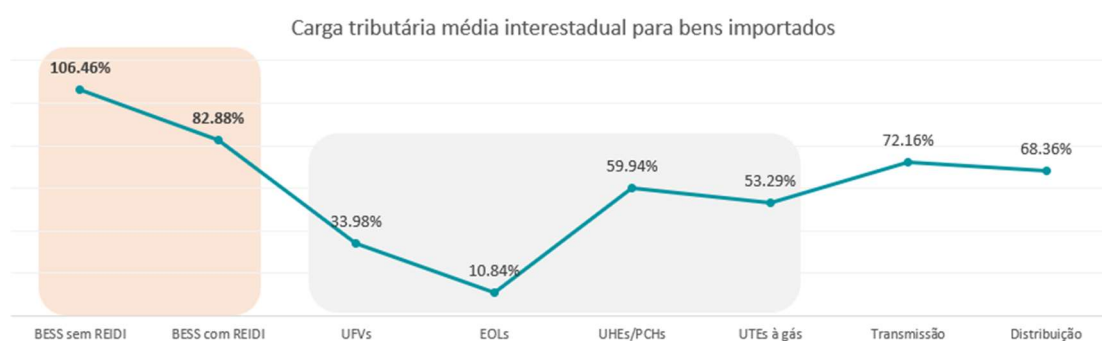
Além disso, os BESS desempenham um papel crucial no nivelamento de carga e no suporte à rede elétrica, contribuindo significativamente para a mitigação do congestionamento da rede. Outra

oportunidade de destaque no uso desses sistemas de armazenamento reside na viabilização de microrredes, que são sistemas de energia autônomos e de pequena escala capazes de operar tanto conectados à rede, quanto de forma independente. Os BESS desempenham um papel fundamental ao fornecer energia de reserva durante interrupções e estabilizar a rede, garantindo um fornecimento confiável de eletricidade, mesmo durante os períodos de maior demanda.

Para os consumidores, a implementação de BESS oferece uma série de benefícios adicionais, como a gestão eficiente da carga e da demanda, opções de *backup* em caso de falhas na rede, a possibilidade de arbitragem energética e o conceito de *peak shaving*, que reduz o uso da rede durante os momentos de maior demanda, resultando em uma redução dos custos operacionais que são repassados para os consumidores.

No entanto, mesmo com uma série de benefícios evidentes, por que a adoção generalizada dos BESS ainda não se concretizou? A resposta a essa questão pode ser resumida em três fatores fundamentais: **o custo da solução, a lacuna regulatória** no que diz respeito às baterias e a **ausência de metas claras** relacionadas à implantação dos sistemas de armazenamento.

Embora tenham ocorrido reduções significativas nos preços dos sistemas de armazenamento observados mundialmente ao longo dos anos, com uma queda de aproximadamente 80% entre 2013 e 2022, os custos estimados para a operação dos BESS ainda estão em torno de US\$ 152/kWh (BNEF, 2023). A boa notícia é que os custos possuem projeção de queda significativa nos próximos anos, podendo chegar ao valor de U\$ 70/kWh em 2030. No entanto, no contexto brasileiro, os custos são ainda mais elevados, devido aos impostos incidentes sobre a importação dos equipamentos, que podem chegar a impressionantes 106,46% para sistemas desprovidos dos benefícios do REIDI (Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura). Ao compararmos esses números com os impostos relacionados a outras fontes de energia e infraestrutura de rede, fica evidente a discrepância, uma vez que chegam a representar apenas 10,84% no caso de usinas eólicas, por exemplo.



A ausência de regulamentação específica para os BESS também desempenha um papel importante na complexidade da sua carga tributária. Atualmente, esses sistemas não são considerados equipamentos de infraestrutura, o que resulta na não aplicação do incentivo fiscal do REIDI. Isso ocorre porque a legislação atual limita esse benefício a projetos destinados à transmissão, geração e distribuição de energia.

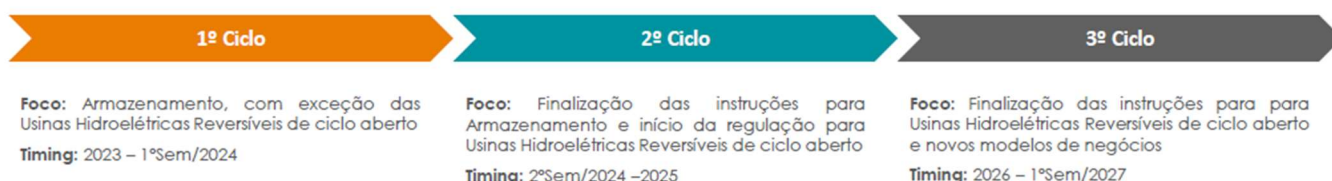
No entanto, é possível argumentar a favor da extensão do REIDI para os BESS associados a projetos de geração, distribuição e transmissão. A legislação não estabelece de forma detalhada os equipamentos que podem ser considerados parte da infraestrutura, e já houve casos de aprovação de projetos de transmissão e distribuição que incluíram a utilização de BESS como componentes essenciais. Portanto, existe uma base sólida para defender a inclusão dos BESS nesse incentivo fiscal, o que poderia aliviar significativamente o ônus tributário sobre os sistemas de armazenamento de energia.

A regulação para sistemas de armazenamento estacionário ainda é incipiente e carente de definições importantes acerca de escopo de atuação, tipo de agente, modelo de negócios e remuneração.

Os primeiros passos para a integração dos sistemas de armazenamento no contexto brasileiro foram dados em 2016, por meio de uma chamada de P&D Estratégico da ANEEL. O objetivo foi a discussão de aplicações e questões relevantes para o planejamento do sistema elétrico brasileiro. No entanto, foi somente em 2019, por meio da Nota Técnica EPE nº 098/2019, que esse assunto começou a ganhar maior relevância e estrutura.

Esse tema se desdobrou na Tomada de Subsídios 011/2020, destinada a coletar contribuições para a elaboração de propostas que visam adequações regulatórias necessárias para a inserção efetiva dos sistemas de armazenamento no SIN. O processo de tomada de subsídios e a compilação das contribuições demandaram mais de dois anos, sendo finalizado apenas em novembro de 2022. Como resultado desse processo, foi estabelecido um *roadmap* regulatório para os próximos anos, dividido em três ciclos, conforme ilustrado na figura abaixo:

Roadmap regulatório para sistemas de armazenamento



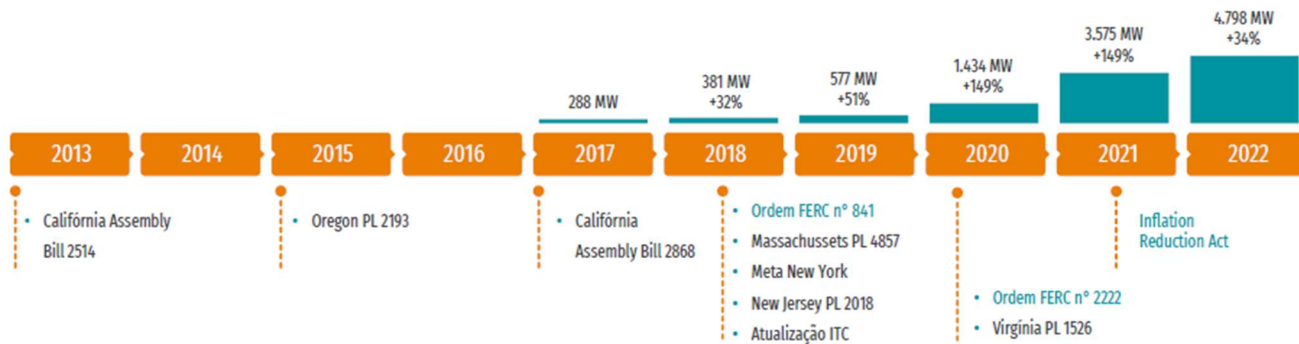
A nota técnica de 2019 também teve repercussões significativas na publicação do Decreto nº 10.707/2021, que regulamenta a contratação de reserva de capacidade na forma de potência. Com a entrada em vigor desse decreto, em 2021, ocorreu o primeiro leilão de reserva de capacidade, no qual a potência e a energia foram contratadas separadamente. No entanto, é relevante destacar que esse leilão excluiu os sistemas de armazenamento de energia (BESS), permitindo a contratação apenas de usinas termelétricas flexíveis.

No âmbito legislativo, atualmente existem dois projetos de lei que apresentam pontos de interesse cruciais para os sistemas de armazenamento de energia:

- **PL 414/2021:** Propõe a separação entre lastro e energia, o que abre perspectivas interessantes para os sistemas de armazenamento, especialmente considerando a modalidade de contratação do lastro.
- **PL 1.224/2022:** Popularmente conhecido como o "PL do Armazenamento de Energia e do Prosumidor", este projeto de lei introduz definições fundamentais para a atividade de armazenamento de energia. Ele aborda a criação de um agente armazenador, estabelece diretrizes para os sistemas de armazenamento de energia dentro do arcabouço regulatório do setor elétrico e delinea os serviços que podem ser oferecidos pelos agentes de armazenamento de energia. Isso inclui serviços ancilares, arbitragem de preços, gestão da demanda, capacidade de potência e armazenamento sazonal.

A definição do arcabouço regulatório para um agente armazenador é de extrema importância, dada a ampla gama de aplicações desses sistemas. Ela desempenha um papel fundamental na determinação dos custos e receitas associados aos sistemas de armazenamento, aspectos cruciais para viabilizar sua operação de forma eficaz e atrativa no cenário energético brasileiro.

A implementação de regulamentações, estabelecimento de metas e oferecimento de incentivos desempenham um papel crucial no desenvolvimento do setor de armazenamento de energia. Nos Estados Unidos, líder nesse setor, é possível traçar uma linha do tempo que correlaciona as decisões regulatórias e os estímulos com o aumento da capacidade instalada dos sistemas de armazenamento de energia pelo mundo:



Fonte: CELA – Clean Energy Latin America, 2023.

Dentre as medidas regulatórias aprovadas nos Estados Unidos, destacam-se três iniciativas significativas que impulsionaram o desenvolvimento do setor de armazenamento de energia:

- Ordem FERC nº 841 de 2018:** Exigiu que os operadores do sistema revissem suas regras de mercado para permitir a participação dos BESS e outros recursos de armazenamento de energia nos mercados atacadistas de eletricidade. Ela reconheceu as características físicas e operacionais desses sistemas, bem como sua capacidade de fornecer energia e serviços ancilares.
- Ordem FERC nº 2222 de 2020:** Teve como objetivo eliminar barreiras que limitavam a participação de recursos energéticos distribuídos nos mercados atacadistas de eletricidade. Ela também se aplicou aos sistemas de armazenamento em bateria, estabelecendo regras equivalentes que poderiam ser adotadas para baterias conectadas à geração distribuída no Brasil. A ordem incentivou a participação de pequenos recursos energéticos distribuídos nos mercados atacadistas por meio da agregação.
- Inflation Reduction Act (IRA) de 2021:** Ampliou o crédito de imposto de renda (ITC) para sistemas de armazenamento de energia, mesmo quando não estivessem vinculados a fontes renováveis. Além disso, estendeu o período de elegibilidade para esses créditos até 2032. Essa medida proporcionou benefícios fiscais que aumentaram a viabilidade econômica dos sistemas de armazenamento.

Essas ações regulatórias e incentivos desempenharam um papel fundamental na promoção do crescimento do setor de armazenamento de energia nos Estados Unidos, servindo como exemplos importantes para outros países em busca do desenvolvimento sustentável desse segmento. São exemplos de medidas regulatórias que solidificaram os Estados Unidos como um dos líderes globais na produção e adoção BESS, aumentando a capacidade instalada de 288 MW em 2017 para

impressionantes 4.798 MW em 2022, representando um aumento de mais de 16 vezes em apenas cinco anos.

Embora o Roadmap Regulatório Brasileiro indique que a regulação para sistemas de armazenamento só estará completa no primeiro semestre de 2024, sugerindo uma falta de prioridade nesse tema, uma celeridade é necessária para garantir oportunidades em certos modelos de negócios como por exemplo, através dos Leilões de Reserva de Capacidade.

Apesar de a contratação de potência representar uma oportunidade para a inclusão dos sistemas de armazenamento no SIN e já haver indicações de que os BESS poderão participar desse certame, ainda persiste incerteza sobre a forma que os BESS participarão desse leilão, principalmente relacionada ao estado atual da regulação para essa solução e às discussões em curso sobre a sua integração no mercado elétrico brasileiro.

A expectativa de todos os agentes envolvidos na cadeia de valor dos BESS é que haja a possibilidade de oferecer capacidade no próximo leilão. No entanto, a falta de priorização na publicação das diretrizes do leilão nos leva a crer que, caso os sistemas de armazenamento possam participar do certame, precisarão estar associados a fontes de geração para serem elegíveis.

Verifica-se no mercado que, para a inclusão dos sistemas independentes no LRC-P, existem alguns tópicos de definição críticos para a sua viabilização:

- A necessidade de revisão do fator “f” pela EPE, para que seja possível iniciar a discussão e garantir viabilidade dos sistemas de armazenamento
- A revisão da estrutura dos leilões para torná-los flexíveis para avaliar os atributos de controle de frequência e flexibilidade que os BESS podem fornecer.
- Aprofundar as discussões sobre a possibilidade de inserção de sistemas de armazenamento no modelo de prestação de serviços auxiliares, considerando o empilhamento de receitas à disponibilização de potência ao sistema.

O mercado de sistemas de armazenamento está experimentando um crescimento significativo. A análise de diversos estudos disponibilizados no mercado possibilita a identificação de um potencial de aumento na Taxa de Crescimento Anual Composta da capacidade instalada de aproximadamente 12,8% ao ano até 2040. Isso poderia resultar em uma capacidade total de até 7,2 GW e um market size de mais de US\$ 12,5 bilhões anuais, considerando as regulamentações atuais. No entanto, com

incentivos adequados, regulamentações bem definidas e metas estabelecidas, esse potencial poderia ser ampliado para até 18,2 GW de capacidade, sem considerar o potencial dos sistemas behind the meter.

Ao que indicam a literatura e exemplos de países avançados em BESS, alcançar esses níveis de crescimento no Brasil exigirá a implementação de metas claras para sistemas de armazenamento, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, consolidação de regulamentações e estabelecimento de ajustes fiscais. Isso inclui a definição de tarifas para serviços auxiliares e o empilhamento de receitas, o que pode contribuir significativamente para a redução dos custos de implantação dos sistemas e aumentar a atratividade financeira dos projetos.

Apesar de todos os desafios, o Brasil tem uma vocação histórica para a adoção e crescimento de soluções inovadoras para o sistema elétrico – que tornaram o Brasil uma referência em energias renováveis – além de ferramentas de contratação de energia e potência, como o sistema de leilões, aclamadas mundialmente. Traçando um paralelo com outros países na vanguarda dos sistemas de armazenamento, conclui-se que é preciso que o Brasil utilize suas ferramentas, como os Leilões de Reserva de Capacidade por Potência, desenvolva uma segurança regulatória para o mercado e estabeleça metas para que o mercado de armazenamento de energia se desenvolva em todo seu potencial.