



Grupo de Estudo de Geração Eólica, Solar e Armazenamento-GES

Caminhos para a inserção de sistemas de armazenamento de energia na expansão do setor elétrico brasileiro: Uma análise de potenciais benefícios e obstáculos

**WENDELL WILLIAM TEIXEIRA(1); GUILHERME FERRETI RISSI(2); GABRIEL CUNHA(3); JULIANA XAVIER(3);
CELSO DALLORTO(3);
CPFL Energia(1); CPFL Energia(2); PSR(3);**

RESUMO

Sistemas elétricos em todo mundo se preparam para acomodar sistemas de armazenamento baseados em baterias (BESS), atualmente na fronteira tecnológica. Entretanto, ainda há incertezas sobre a quantificação das contribuições dos diferentes serviços prestados ao sistema pelos BESS, potenciais modelos de negócio e suas consequências para as diferentes atividades do setor elétrico. O presente estudo apresenta uma análise das iniciativas de diferentes classes de agentes, levando em conta a experiência internacional até o momento e inovações regulatórias, visando construir um mapa de possíveis caminhos futuros e apresentar recomendações regulatórias, para implementações internacionais em geral e com ênfase no contexto brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE

Battery Energy Storage Systems (BESS); Sistemas de armazenamento com baterias; Regulação do setor elétrico; Modelos de negócio

1.0 - INTRODUÇÃO

Cada vez mais reguladores, operadores e agentes de toda a cadeia produtiva do setor elétrico vêm se preparando para a disseminação dos sistemas de armazenamento baseados em baterias (os chamados Battery Energy Storage Systems, ou BESS). Há um grande consenso que este tipo de sistema tem um potencial muito significativo e que será um tema chave para o futuro do setor elétrico. Os dois principais fatores que contribuem para esta elevada expectativa são (i) a trajetória de queda nos preços das baterias ao longo dos últimos anos, motivada por ganhos tecnológicos incrementais e aumento na demanda para aplicações como eletrônicos portáteis e veículos elétricos (vide Asif & Singh, 2017) e (ii) a disseminação de tecnologias de geração renovável em sistemas elétricos em todo o mundo, gerando preocupações no que diz respeito à intermitência dessas fontes e à necessidade de serviços ancilares que poderiam ser prestados pelos BESS.

Embora exista um profundo consenso no setor de que os BESS terão um papel fundamental no setor elétrico do futuro, ainda existe uma grande incerteza no que diz respeito a quais modelos de negócio prevalecerão e qual a melhor forma de extrair o máximo de benefícios para o sistema. Em (Burger & Luke, 2016), foi feito um levantamento dos modelos de negócio então vigentes, que foram classificados de acordo com os serviços prestados (eixo vertical) e quanto ao cliente deste serviço, ou segmento atendido (eixo horizontal). Identificou-se na ocasião uma concentração em quatro modelos de negócio:

- Modelos de venda direta do ativo (Bateria), sem participação no mercado de eletricidade propriamente, com ênfase nas distribuidoras e provedores de serviços distribuídos
- Modelos de oferta de serviços ancilares e outros serviços de rede, tendo as distribuidoras ou o próprio operador do sistema como principal cliente
- Modelos de serviços ao consumidor (residencial, comercial ou industrial), comumente instalando

armazenamento atrás do medidor, e envolvendo serviços de deslocamento temporal da demanda e/ou reserva

• Modelos híbridos, que envolvem a prestação de serviço tanto a consumidores quanto a distribuidoras reguladas, tipicamente suportados por um desenho de mercado mais flexível que acomoda ofertas de baterias.

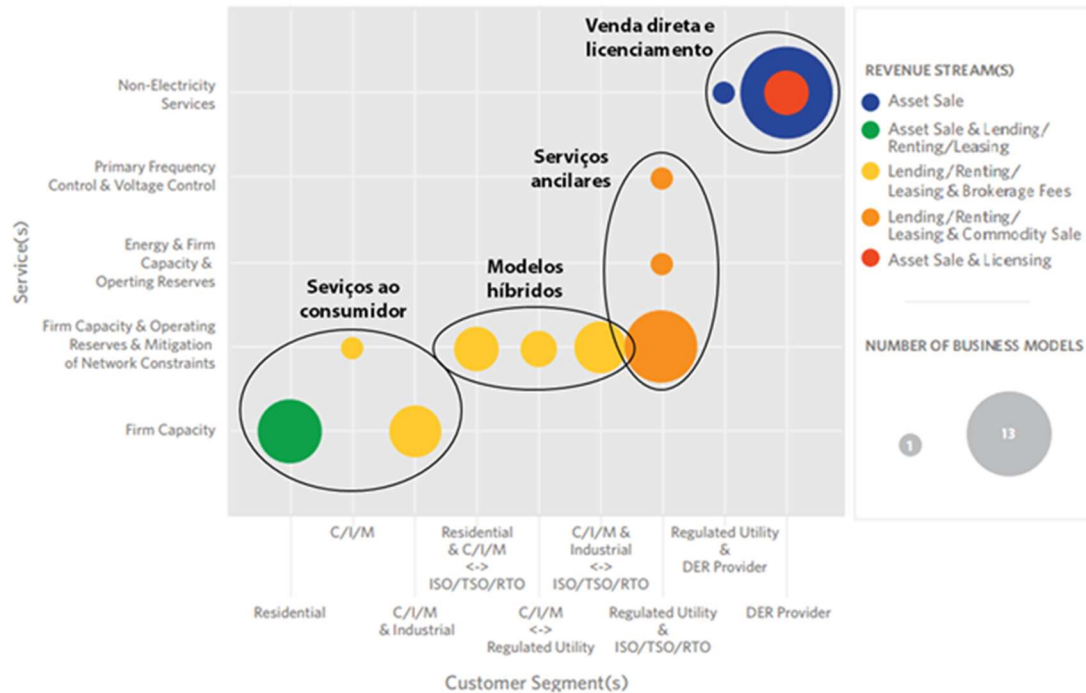


FIGURA 1 – Mapeamento de serviços prestados e segmentos de consumo atendidos pelos modelos de negócio.
Fonte: adaptado de (Burger & Luke, 2016)

Com a profunda evolução do interesse no mercado em tecnologias de armazenamento ao longo dos últimos anos, houve uma série de inovações estruturais neste ecossistema, dando um elevado grau de dinamismo ao segmento e levando a uma ampliação da gama de possibilidades de modelos de negócio viáveis. Em particular, por exemplo, destacam-se as iniciativas regulatórias que visam acomodar as características típicas dos BESS nos mercados atacadas de eletricidade de curto prazo, tais como nos Estados Unidos (PV magazine USA, 2018) e no Reino Unido (Smartest Energy, 2016); além de iniciativas dos policymakers para a contratação direta de determinada quantidade de BESS por meio de licitações públicas, tais como a experiência no Reino Unido (KPMG, 2016) e na Austrália (Energy Storage News, 2017).

O presente artigo tem como principais objetivos: (i) apresentar uma atualização desta análise de potenciais modelos de negócio para as tecnologias de baterias, realizando um levantamento sistemático dos serviços prestados e potenciais oportunidades e elencando seus principais pontos fortes e fracos, (ii) adaptar esta análise para o Brasil, indicando como elementos regulatórios, de organização do setor, ou da própria conjuntura macroeconômica do país afetam as expectativas para a evolução do setor de BESS nacional, e (iii) discutir aperfeiçoamentos regulatórios necessários para viabilizar cada um destes diferentes caminhos, buscando que o grau de investimento na tecnologia seja eficiente dadas as necessidades do sistema e atentando para potenciais fragilidades de um desenho de mecanismo subótimo. Para isto, buscou-se cobrir toda a gama de possibilidades de aplicações possíveis de BESS, desde equipamentos de pequena escala atrás do medidor até serviços de armazenamento de grande escala.

2.0 - CATEGORIZAÇÃO DE SERVIÇOS PRESTADOS

Uma característica conhecida dos BESS, exploradas por diversos autores, é a ampla gama de diferentes serviços potencialmente complementares prestados por estes (Saft, 2017). De modo a respaldar esta classificação, os autores fizeram um levantamento a partir da extensa base de dados de projetos individuais de armazenamento publicada pelo United States Department of Energy (DOE, 2016), que identifica para cada um dos projetos se ele serve a cada um de 29 fins específicos (denominados “subfunções” neste paper) identificados na base de dados.

A base de dados foi filtrada de modo a conter unicamente os projetos de base eletroquímica (i.e. BESS) e as diferentes funções identificadas em (DOE, 2016) foram agrupadas em classes mais amplas de funcionalidades (“funções”). Considerou-se que um determinado projeto presente na base de dados cumpre determinada função se ele cumpre ao menos uma das subfunções associadas a ela. O resultado desta análise, identificando a fração do número total de projetos que atende a cada uma das funções e subfunções listadas, é apresentado na Tabela 1. Nota-se que um mesmo projeto pode prestar diferentes funções, de modo que os percentuais não precisam somar 100%.

Tabela 1 – CATEGORIZAÇÃO DOS SERVIÇOS PRESTADOS PELAS BATERIAS (ELABORAÇÃO PRÓPRIA COM DADOS DE (DOE, 2016))

Função	% dos projetos	% da potência	Subfunção	% dos projetos
Funções ligadas ao balanço oferta-demanda	67.7%	56.6%	Deslocamento temporal da energia	26.8%
			Deslocamento temporal de geração renovável	19.9%
			Deslocamento temporal de renováveis no local	18.3%
			Atendimento à ponta	10.1%
			Gestão de custo da energia	19.3%
			Gestão de custo da energia com renováveis	10.8%
Prestação de serviços ancilares	54.4%	77.8%	Estabilizar contribuições de renováveis	27.9%
			Regulação de frequência	21.9%
			Controle de tensão	15.6%
			Autorrestabelecimento/ <i>Black Start</i>	5.0%
			Reserva não girante	2.1%
			Reserva girante	6.4%
			Reserva terciária/ <i>load following</i>	6.1%
			Resposta da demanda	2.5%
Resiliência e autonomia	44.1%	24.4%	Aplicações de Microgrid	16.4%
			Resiliência	12.2%
			Suprimento local para equipamentos elétricos	12.1%
			Confiabilidade para instalação comercial	7.9%
			Confiabilidade para instalação residencial	4.8%
			Aplicações no setor de transporte	5.1%
Suporte à rede de transmissão e distribuição	15.7%	12.0%	Alívio de congestão	2.0%
			Postergação de investimentos: Equipamento estacionário	4.4%
			Postergação de investimentos: Equipamento móvel	2.0%
			Aprimoramento na distribuição para solar	4.8%
			Aprimoramento na distribuição para eólica	1.2%
			Aprimoramento na transmissão para solar	0.6%
			Aprimoramento na transmissão para eólica	1.3%
Suporte à transmissão	2.7%			

Os resultados desta análise são discutidos nas subseções seguintes que tratam de cada uma das funções identificadas. Nota-se que este exercício é importante para identificar os benefícios reais das baterias para o sistema para construir recomendações regulatórias coerentes: seguindo o racional econômico, uma regulamentação eficiente deve viabilizar a inserção de baterias se, e somente se, o custo desta tecnologia for menor ou igual que o benefício trazido ao sistema.

2.1 Funções ligadas ao balanço oferta-demanda

As funções ligadas ao balanço oferta-demanda estão em grande parte vinculados aos serviços de natureza energética de um mercado de energia clássico, que envolvem transferir energia de momentos em que o balanço oferta-demanda esteja confortável para momentos em que o sistema encontra-se em situação mais crítica. Embora diferentes aplicações possam ter foco em diferentes aspectos da curva de demanda (tais como o perfil da geração solar, o perfil de um consumidor nas horas de ponta e durante a noite, momentos de abundância temporária de geração eólica, ou outros elementos), de uma forma geral estes serviços têm a função comum de estabilizar a curva de demanda para todos os momentos em todos os pontos da rede.

Como indicado na Tabela 1, as funções ligadas ao balanço oferta-demanda estão entre as mais proeminentes prestadas pelos BESS, representando mais de dois terços de todos os projetos listados e cerca de 57% da potência instalada total. Em grande parte isto ocorre porque esta categoria de serviços associados aos BESS já pode ser remunerada em grande parte pelo próprio mercado spot de energia, desde que existam sinais de preço locacional e horário. Notavelmente, os BESS são capazes de reduzir a demanda de ponta do sistema, reduzindo a necessidade de contratação de capacidade para manter uma margem de reserva segura: entretanto, esta contribuição à segurança de suprimento ainda não é propriamente remunerada em muitos países.

2.2 Prestação de serviços ancilares

Os serviços ancilares representam contribuições à estabilidade do sistema, permitindo que ele seja operado de forma mais robusta e podendo reagir a flutuações. Tais serviços podem ser prestados em princípio por qualquer agente conectado à rede e estão associados à capacidade de variação das injeções ou retiradas de energia dos agentes de forma a aumentar a estabilidade da rede. Entre os serviços ancilares mais comuns considerados pelo sistema estão a regulação de tensão, regulação de frequência, capacidade de black start, e reservas operativas. A prestação de serviços ancilares é bastante disseminada, com mais de 50% dos projetos de BESS contribuindo de alguma forma com serviços deste tipo. Destaca-se também que tipicamente as instalações que prestam esta função são de grande porte, o que justifica a fração ainda maior da capacidade instalada total de BESS que atua neste segmento (cerca de 78%). Outro ponto que merece destaque é a subfunção de estabilização da geração renovável, que abrange cerca de 27% dos projetos listados na base de dados e que pode ser classificada como um serviço ancilar “especializado”.

Diferentes sistemas utilizam diferentes mecanismos para assignar obrigações de prestação de tais serviços a determinados agentes e determinar o nível de remuneração adequado. Muitos países ainda não implementaram nenhum tipo de remuneração explícita pela prestação de serviços ancilares (já que os geradores que prestam esses serviços podem ser indiretamente remunerados), o que dificulta a valorização desta contribuição dos BESS. Mecanismos mais modernos, tais como a determinação de um preço spot para a remuneração de serviços ancilares a partir da co-otimização da alocação de reservas operativas nos modelos de despacho, são uma possível solução em vias de ser explorada.

2.3 Resiliência e autonomia

Uma terceira categoria de serviços identificada está associada à resiliência e autonomia de sistemas. Um sistema resiliente, confiável e autônomo é aquele capaz de entregar a eletricidade na quantidade e qualidade demandada pelos consumidores e também capaz de se recuperar rapidamente de um evento extremo, como, por exemplo, a saída de um gerador. Em grande parte estas aplicações estão associadas a sistemas isolados, que não podem contar com a inércia de uma rede maior para garantir estabilidade durante eventos transitórios. Outra aplicação são os serviços prêmio de energia, ligados à continuidade do fornecimento mesmo em eventos de corte de carga ou à qualidade do serviço (curva de tensão e corrente) para aplicações mais sensíveis. As aplicações de resiliência, abrangem cerca de 44% dos projetos listados na base de dados, embora o tamanho médio dos BESS prestando esses serviços seja pequeno.

O mercado de BESS para fins de resiliência e autonomia tem crescido de forma significativa, com ênfase em aplicações de microgrid (subfunção mais disseminada). A remuneração desses serviços se dá tipicamente por algum tipo de rateio entre os próprios beneficiários do sistema, seja no caso de um sistema isolado ou de uma implementação de resiliência em que o cliente está disposto a pagar por um serviço prêmio.

2.4 Suporte à rede de transmissão e distribuição

Finalmente, destaca-se a categoria de suporte à rede de transmissão e distribuição, mais diretamente associadas a estas atividades de expansão e manutenção de infraestrutura de rede. Estas funções prioritariamente a redução dos custos dos serviços fio, como o gerenciamento da rede para o alívio de congestões, aprimoramento na qualidade do serviço de distribuição e transmissão, e postergação de investimentos. Esta categoria é ainda relativamente pouco explorada em comparação com as outras, representando apenas 16% dos projetos listados. Em parte, isto pode ser explicado por uma postura conservadora das empresas de transmissão e distribuição, que podem não ter seus investimentos validados pelo ente regulador no caso de tecnologias.

Ainda assim, nota-se que os BESS podem trazer benefícios econômicos potencialmente relevantes de aumento de eficiência e vida útil dos ativos, por exemplo permitindo uma compensação mais imediata de anomalias elétricas. Explorar melhor este nicho e formas de valorizar esta contribuição na remuneração de agentes regulados de distribuição e transmissão pode ser uma fronteira importante para a regulação.

3.0 - CATEGORIZAÇÃO DE MODELOS DE NEGÓCIO

A seguir, são identificados os principais modelos de negócio para a viabilização da dos BESS. Utilizando mais uma vez os dados de (DOE, 2016) e fazendo uma filtragem com base na tecnologia de base eletroquímica, identificou-se quatro principais modelos para a propriedade do ativo, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – CATEGORIZAÇÃO DOS modelos de negócio com baterias (Elaboração própria com dados de (DOE, 2016))

Modelo de propriedade	% dos projetos	% da potência
De propriedade de <i>utility</i> privada	29.3%	32.1%
De propriedade de <i>utility</i> pública ou cooperativa	18.9%	29.0%
De propriedade do consumidor	26.7%	7.3%
De propriedade de terceiros	25.1%	31.6%

Nota-se que cerca de 50% dos projetos e 60% da capacidade total de BESS analisada são de propriedade de uma *utility* (em geral uma distribuidora ou empresa verticalizada). A base de dados distingue ainda entre utilities de propriedade estatal, federal, estadual e municipal; além de entre utilities privadas e cooperativas; embora estes resultados tenham sido consolidados para apresentação acima. Também chama a atenção que, embora a propriedade direta do consumidor represente 27% do total de projetos listados, ela representa apenas 7% da capacidade, o que indica que se tratam predominantemente de projetos de pequeno porte.

Extrapolando o espaço de possibilidades, na categorização de modelos de negócio apresentada neste artigo buscou-se identificar não apenas o agente proprietário como também o principal responsável pelo BESS, tanto no sentido de tomada de decisão quanto no sentido financeiro. Implicitamente, este agente estaria responsável por fazer análises de benefício custo de acordo com os critérios estabelecidos pela regulamentação e com as suas próprias preferências, e além disso assume os riscos associados ao investimento nesses ativos. Isto muda um pouco a referência: um projeto de propriedade de um investidor privado, por exemplo, pode ser de responsabilidade de uma distribuidora caso ela tenha firmado o contrato que viabilizou o investimento (assumindo boa parte dos riscos no lugar nesse investidor). Evidentemente, alguns modelos de negócio podem envolver uma responsabilidade compartilhada entre duas ou mais classes de agentes.

3.1 Iniciativa do planejador do sistema

Na modalidade de planejador, as decisões de contratação de BESS são centralizadas por agentes tomadores de decisão que tomam iniciativas em prol da sociedade. O agente planejador determina políticas energéticas, que, indiretamente, impactam na necessidade de contratação de BESS (como, por exemplo, políticas de participação de renováveis na matriz energética, políticas de eficiência energética). Os projetos viabilizados nesta modalidade podem prestar praticamente qualquer dos serviços identificados como contribuições relevantes dos BESS: em particular, o atingimento de uma margem de capacidade para atendimento à ponta, aplicações em sistemas isolados, e a investigação de soluções non-wire (GreenTechMedia, 2017) são da competência do planejador.

As experiências de implementação de mecanismos de contratação de BESS observados em muitos mercados como Estados Unidos (Greentech Media, 2016), Reino Unido (KPMG, 2016) e Brasil (Reuters, 2018) fazem referência a leilões centralizados, organizados pelo planejador para contratar sistemas de armazenamento para atingir um objetivo específico (como de segurança de suprimento no caso do Brasil, regulação de frequência do Reino Unido, resposta de demanda no caso dos Estados Unidos, entre outros). O agente planejador deve definir quais produtos serão contratados e suas características (como tecnologia, tempo de resposta, capacidade e etc), estruturar um leilão, determinar uma demanda para este leilão e publicar as diretrizes.

3.2 Iniciativa do investidor em BESS

O investidor em BESS é em geral um agente que não participa do setor elétrico com outras atividades (isto é, não se encaixa em nenhuma categoria listada nas outras subseções) e que, portanto, especializa-se na atividade de armazenamento exclusivamente. Ao contrário de um modelo por iniciativa do planejador, neste caso o próprio agente assume boa parte dos riscos associados à prestação do serviço, buscando ele mesmo firmar contratos bilaterais com outros agentes do setor e/ou mantendo uma presença ativa nos mercados de curto prazo.

As iniciativas do investidor em BESS tendem a ser focadas nos serviços que já envolvem um mercado robusto e regras claras de remuneração – o que implica funções ligadas ao balanço oferta-demanda, embora alguns serviços ancilares também possam representar um potencial relevante. As hidrelétricas de bombeio, por exemplo, são a tecnologia de armazenamento mais disseminada atualmente, tipicamente sob esta modalidade (World Energy Council, 2016). O leilão de armazenamento realizado no Reino Unido (KPMG, 2016) também é uma experiência relevante de modelo híbrido de alocação de responsabilidades, já que uma parcela significativa da receita requerida pelo investidor precisaria ser recuperada no mercado de eletricidade.

3.3 Iniciativa do gerador

Neste modelo, o próprio gerador que tem a função de prover energia ao sistema assume também o papel de provedor de um sistema de BESS. A grande oportunidade para os BESS são geradores renováveis com variabilidade horária elevada, para os quais o sistema de armazenamento acoplado pode dar continuidade ao fornecimento de energia nos momentos de indisponibilidade do recurso natural (especialmente para geradores solares, que têm um perfil de geração diário inflexível muito pronunciado) e em serviços ancilares localizados (para mitigar variações abruptas nas injeções de geração renovável à rede).

Dependendo do mercado, o gerador pode vender a energia no mercado atacadista de eletricidade, por meio de leilões centralizados organizados pelo governo ou até mesmo através de contratos negociados bilateralmente. No primeiro caso o gerador assume um risco mais alto, pois fica exposto aos preços de mercado. No segundo e terceiro casos, o risco para o gerador varia em função das regras do leilão e das negociações acordadas entre as partes. Esse modelo pode ser observado em diversas experiências internacionais, como no Chile (Greentech Media, 2017b), Estados Unidos (Greentech Media, 2018), e na Índia (Energy Storage News, 2018).

3.4 Iniciativa do consumidor

Muitos modelos de negócio por iniciativa dos consumidores envolvem a instalação de BESS atrás do medidor com a finalidade de reduzir o consumo de eletricidade em horários de ponta – uma função diretamente associada ao balanço oferta-demanda, portanto é uma consequência do desenho tarifário. Nos Estados Unidos, por exemplo, o maior motivo para a aquisição de BESS por consumidores comerciais é o gerenciamento de tarifas e a consequente redução da conta de eletricidade (NREL, 2017).

Ainda dentro da modalidade de iniciativa do consumidor, há o interesse em BESS pelo grau de qualidade de suprimento garantido pelo equipamento próprio: na Austrália, por exemplo, consumidores tem adquirido BESS para garantir a continuidade do seu suprimento mesmo em situações de falha na rede (RenewEconomy, 2016). Consumidores mais sofisticados podem ainda estar dispostos a pagar por serviços prêmio de energia: o chamado “prosumidor”, por exemplo, tem acesso a BESS, ativos de geração, e equipamentos para controle da demanda dentro de uma mesma unidade consumidora.

Destaca-se ainda o conceito de armazenamento compartilhado (community storage), onde uma única instalação de BESS atende às necessidades de uma comunidade de consumidores. Na prática, até o momento a maior parte deste tipo de iniciativa tem sido liderada por distribuidoras (Greentech Media, 2017a), embora seja de se esperar que caso esta modalidade se demonstre economicamente interessante os próprios agentes consumidores podem tomar a frente de iniciativas como esta. Experiências interessantes desse modelo podem ser observados nos EUA, mais especificamente para melhorar a qualidade do serviço fornecido pela distribuidora.

3.5 Iniciativa da transmissora e distribuidora

Nesta modalidade, a contraparte responsável pela iniciativa de se adquirir BESS é um agente regulado responsável pelo serviço fio – o que em princípio poderia aplicar-se tanto à transmissão quanto à distribuição. Uma das motivações para o investimento nesta modalidade é o aumento da qualidade e confiabilidade do serviço prestado aos consumidores da sua região de concessão, admitindo que a regra de remuneração da distribuidora apresente incentivos adequados para que tais investimentos se justifiquem. Em particular, ganhos com a qualidade do serviço e a redução da intermitência renovável têm sido usados para justificar iniciativas de investimentos em BESS por distribuidoras nos Estados Unidos (Greentech Media, 2017a).

De forma ainda mais direta, os investimentos por iniciativa do prestador de serviços de rede podem levar a uma redução direta na necessidade de novos investimentos. Em particular, o uso de BESS como alternativas à expansão da capacidade de interconexão é conhecido como non-wires solution (GreenTechMedia, 2017), e a possibilidade de aumento da vida útil dos ativos graças à atuação dos BESS também deve ser levada em consideração. Tais modalidades, muito associadas ao serviço de suporte à rede de transmissão e distribuição, ainda são relativamente pouco exploradas; e têm um potencial significativo para o crescimento.

4.0 – ANÁLISE DA APLICABILIDADE PARA O BRASIL

Nesta seção, discutem-se as características específicas do Brasil (classificadas a seguir entre drivers regulatórios e não regulatórios) que podem afetar os modelos de negócios para disseminação de BESS no país.

4.1 Drivers regulatórios

Baixa granularidade dos preços spot

A baixa granularidade temporal dos preços da eletricidade no Brasil atualmente é um obstáculo regulatório para a inserção de baterias. Historicamente, investidores de BESS têm se viabilizado em diferentes países principalmente

através da transferência temporal valorizada por meio do mercado spot de energia: simplesmente o fato de as tecnologias de armazenamento permitirem a recarga nas horas fora da ponta (quando a energia é barata) e descarga nas horas de ponta (quando a energia é cara) pode fazer com que o investimento seja economicamente viável. Porém, no Brasil, atualmente existem apenas três preços semanais, correspondentes aos patamares de carga alta, média e baixa, o que pode não ser suficiente para capturar algumas dinâmicas de curto prazo importantes, tais como a necessidade de despacho termelétrico para atendimento à ponta, porém, há a expectativa da utilização da discretização do preço em etapas horárias a partir de 2021.

Inexistência de mercados que valorizem alguns serviços prestados pelas baterias

Os BESS são altamente flexíveis e têm a capacidade de prover uma ampla gama de diferentes produtos para o sistema, sendo que cada um desses serviços prestados deve ser remunerado de forma compatível com o benefício trazido ao sistema. Visto que a viabilização do investimento depende do conjunto desses fluxos de caixa, a ausência de regulamentação para valorar determinadas contribuições representa um potencial obstáculo importante para a disseminação de BESS. Em particular, um mercado ausente no Brasil é o mercado por serviços ancilares e de reserva – serviços que têm historicamente sido prestados pelas hidrelétricas.

Além disto, também não existe no Brasil um mecanismo claro para a comercialização de lastro de potência que permitiria que os BESS extraíssem receitas adicionais do mercado. Os BESS não podem contribuir com lastro de energia para o sistema, visto que sua contribuição energética agregada ao longo de um período extenso é sempre neutra ou negativa – porém, eles podem contribuir de forma sistemática e previsível para a redução da ponta do sistema, o que pode ser valioso caso exista uma necessidade sistêmica de acionamento de térmicas para atendimento à ponta. Porém, há uma sinalização de que profundos obstáculos atuais possam ser eliminados com uma nova regulamentação.

Exigência de reconhecimento do regulador para remuneração de investimentos por agentes regulados

Um elemento importante para a modalidade de investimento por iniciativa da distribuidora é que a regulamentação atual exige que os investimentos sejam reconhecidos pelo regulador antes de serem adicionados à base regulatória de ativos da empresa. Como os BESS são ainda uma tecnologia incipiente e sujeita a uma série de questionamentos sobre sua eficácia face a alternativas de investimento mais convencionais, haveria um risco assumido pelas empresas reguladas ao tomar a decisão de investimento. Existe algum incentivo para que as distribuidoras façam investimentos “espontâneos” caso exista uma expectativa de que isto melhore os índices de qualidade do serviço, que são levados em conta no processo de revisão tarifária no cálculo da remuneração permitida à distribuidora. Entretanto, o consenso geral no setor é que estas oportunidades são bastante limitadas.

Existem diversas metodologias de remuneração de investimentos de experiências internacionais nas quais o Brasil pode se espelhar para criar uma metodologia mais adequada para acomodar investimentos em BESS. A metodologia utilizada no Reino Unido, por exemplo, conhecida como RIIO, incentiva investimentos em inovação ao permitir que o detentor do sistema se beneficie das diferenças entre o valor reconhecido pelo regulador e o valor real (Ofgem, 2017). Neste sistema de remuneração, qualquer diferença entre os custos incorridos reais e os custos autorizados pelo regulador são divididas entre o agente regulado e o consumidor final: resultando portanto em um aumento na tarifa acompanhada por uma redução nos lucros da empresa prestadora de serviço, ou em uma redução na tarifa acompanhada por um aumento nos lucros da empresa. Esse fator de compartilhamento oferece um incentivo para aumento de eficiência, mas também dá total flexibilidade para que a própria distribuidora explore novas oportunidades e aplicações para tecnologias como o BESS.

Distorção nos sinais de preço da ponta regulatória

Uma fragilidade potencialmente bastante significativa do modelo brasileiro são as distorções tarifárias para consumo no chamado horário de ponta regulatório. Atualmente, a demanda real de ponta se encontra fora do horário de ponta definido na regulamentação, e os sinais tarifários para os consumidores regulados são muito extremos: para um consumidor da Eletropaulo no nível de tensão A4 e na modalidade tarifa verde, por exemplo, o custo de se consumir no horário de ponta é cerca de três vezes maior que o de consumir fora da ponta (ANEEL, 2017b). Calcula-se que exista por volta de 8000MW de térmicas no sistema que são acionadas sistematicamente nesses horários para evitar o pagamento dessa tarifa mais elevada por grandes consumidores (EPE, 2015).

À primeira vista, este pode parecer um elemento positivo para os BESS, visto o investimento em capacidade de armazenamento permitiria extrair valor dessa diferença elevada entre os preços de ponta e fora da ponta. Entretanto, este benefício para os BESS ocorreria às custas do sistema como um todo, que está passando um sinal não apenas para que sejam feitos investimentos muito além do necessário como também para que eles sejam operados de forma incorreta (reduzindo a demanda no horário de ponta regulatória e não na ponta real do sistema). Além disso, em um ambiente de rápida queda nos custos das baterias, não é sustentável manter um diferencial de preços tão elevado por muito tempo: e a possibilidade de mudança regulatória iminente cria uma instabilidade nas expectativas dos agentes que pode também ser danosa para o setor de BESS.

No projeto de lei resultante da Consulta Pública nº 33 (MME, 2017), explicita-se que há interesse em aprimorar os sinais horários e locais também no nível da distribuidora. Implicitamente, isto mais uma vez sugere que esta fonte de distorções pode ser corrigida, embora não exista uma menção explícita a como isso seria feito ou cronograma de ações para implementação. Uma solução que resulte em sinais de preços horários compatíveis com

os benefícios percebidos pelos preços spot horários (e, portanto, condizentes com os benefícios reais percebidos pelo sistema), por exemplo, pode ser mais adequada para promover os investimentos em BESS no sistema de forma sustentável.

4.2 Drivers não regulatórios

Disponibilidade de capacidade de armazenamento hidrelétrico

Uma questão física relevante é que a maior parte da experiência internacional com BESS viabilizados graças aos serviços ligados ao balanço oferta demanda tem sido em sistemas térmicos. Em um sistema com grande participação hidrelétrica como é o caso do Brasil, a variação horária dos preços ao longo do dia tende a ser menos pronunciada. Embora ainda existam eventuais picos de preço de curto prazo, associados à necessidade de despacho de térmicas para atendimento à ponta ou à indisponibilidade de geradores importantes por exemplo, esses picos tendem a ser muito mais imprevisíveis. Além disso, os BESS não são capazes de atuar nos ciclos de muito mais longo prazo (sazonais) típicos de um sistema hidrelétrico. Com isto, a remuneração do serviço de deslocamento temporal da demanda prestado pelas baterias é muito mais incerta.

Além disto, as próprias hidrelétricas já oferecem uma capacidade de armazenamento significativa pela sua mera existência: mesmo as usinas consideradas a fio d'água têm a capacidade de modular o fluxo de água que sai do seu reservatório por algumas horas ou até semanas, de modo que parte dos serviços que seriam prestados pelos BESS podem ser prestados pelas hidrelétricas já existentes a custo adicional virtualmente nulo. Porém, à medida que o sistema cresce e sua capacidade de armazenamento relativa diminui, visto que o desenvolvimento de novas hidrelétricas com reservatórios envolve grandes desafios sociais e ambientais, e a possibilidade dos BESS poderem ser implementado de forma distribuída, próxima à demanda, pode aumentar a participação dos BESS.

Desafios da financiabilidade

Um dos principais obstáculos não-regulatórios à disseminação de BESS está relacionado com a financiabilidade dos projetos. Nota-se que, mesmo que a regulamentação para remuneração adequada das contribuições das baterias seja totalmente estruturada, é necessário ainda o desenvolvimento de um histórico robusto para que as agências financiadoras tenham confiança suficiente nos fluxos de caixa futuros dos projetos para justificar o investimento. A experiência com os leilões de energia nova, que por muitos anos ofereceram contratos blindando o agente gerador da maior parte dos riscos justamente por exigência das agências financiadoras, ilustra esse potencial obstáculo.

Historicamente, o setor de financiamento de grandes projetos de infraestrutura no Brasil tem sido dominado pela participação de bancos públicos: o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Banco do Nordeste do Brasil (BNB). Esta prática sugere que, com o apoio desses bancos, uma modalidade por iniciativa do planejador do sistema seria provavelmente o caminho mais imediato. Embora grandes geradores e distribuidoras também tenham a capacidade de captar estes financiamentos, estas modalidades dependeriam de uma demonstração por parte desses agentes de que o investimento em BESS se justifica em termos de melhora na rentabilidade da atividade principal da empresa.

Sinergias com transformações no setor

Da mesma forma que setores elétricos em todo o mundo, o Brasil está passando por uma profunda transformação. Em particular, pode-se mencionar uma penetração cada vez maior de renováveis na matriz energética, com desafios significativos para a operação. Especificamente no caso da geração distribuída renovável, o efeito de elevação de tensão se torna presente, indicador pelo qual a distribuidora é responsável por manter dentro dos padrões dispostos na regulamentação. Consequentemente, a aplicação de BESS em determinados locais emerge como uma potencial solução para este desafio.

Outra transformação potencialmente relevante é a introdução de veículos elétricos no sistema brasileiro. Por um lado, os veículos elétricos serão uma demanda importante que potencialmente exigirá reforços à rede próximos às estações de recarga – e em alguns casos os BESS podem mitigar essa necessidade de novos investimentos. Ao mesmo tempo, uma alternativa aos sistemas de armazenamento tradicionais que surge com essa transformação é o conceito de vehicle-to-grid, que representa uma forma de armazenamento móvel que pode ser muito útil às distribuidoras para modulação da qualidade de energia em determinados pontos da rede. Essa disseminação conjunta de veículos elétricos e fontes renováveis na rede elétrica permitiria um mecanismo de integração inteligente onde a bateria dos veículos elétricos absorveria o excesso de eletricidade gerado pelas fontes renováveis, regularizando o sistema, ao mesmo tempo que realiza uma recarga.

5.0 - CONCLUSÃO

As experiências internacionais demonstraram que as iniciativas para investimentos em BESS podem ser tomadas por diferentes agentes (governo, investidores, consumidores, geradores ou prestadores de serviço fio); e para alcançarem diferentes objetivos – entre eles segurança de suprimento, aumento de qualidade de serviço, arbitragem de preços para redução de tarifas, e outros. Em geral, pôde-se concluir que internacionalmente as distribuidoras tendem a investir em BESS mais por questões de suporte à rede, enquanto que investidores mais por questões de balanço entre oferta e demanda. Os investimentos de planejadores e geradores variam, podem ser mais para

serviços ancilares e balanço entre oferta e demanda. Por fim, geralmente, os consumidores investem mais em BESS com intuito de se tornarem resilientes e autônomos e para equalizarem a oferta e a demanda, que inclui a arbitragem de preços para gerenciamento de tarifas de energia.

Além disso, as experiências internacionais apresentam uma série de iniciativas que visam incluir os BESS nos sistemas como um agente para competir no mercado, da mesma forma que um gerador, distribuidor ou transmissor. Essas iniciativas incluem leilões exclusivos para sistemas de armazenamento, reconhecimento do valor dos serviços prestados pelos BESS, criação de uma regulamentação específica para eles, possibilidade de competirem em outros mercados de produtos, como o de capacidade, entre outras.

O Brasil ainda se encontra em um ambiente relativamente imaturo para o desenvolvimento de BESS, onde barreiras regulatórias e até mesmo não regulatórias impedem que essas fontes tenham o valor do seu serviço reconhecido no mercado, impossibilitando que elas sejam remuneradas de forma adequada. Além disso, não há mecanismos para a implementação dessas tecnologias no mercado e a regulamentação não permite que comercializem produtos distintos, o que impossibilita o acesso a uma receita fixa e estável, impedindo o investidor de adquirir um financiamento para o seu investimento.

O Brasil pode se basear nas experiências internacionais para dar início a uma reforma regulatória que reconheça os BESS como um agente de mercado, criando mecanismos para quantificar corretamente seus serviços e benefícios ao sistema. A imagem abaixo apresenta uma análise feita pela equipe autora do paper demonstrando quais seriam os impactos previstos no modelo brasileiro se todas as propostas de reformas regulatórias discutidas fossem implementadas. O tamanho das bolhas indica a magnitude das oportunidades para cada modelo de negócios e para cada tipo de serviço prestado, considerando o modelo atual e o pós-reforma:

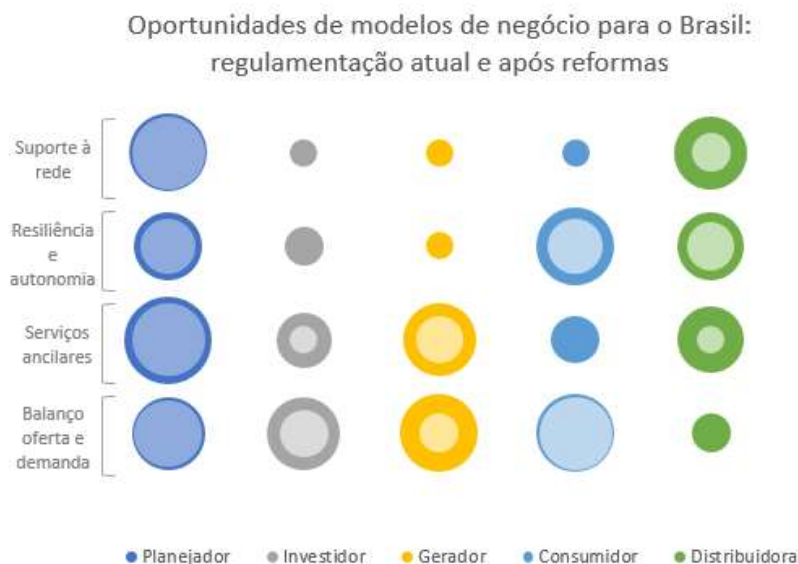


FIGURA 2 – Perspectiva de serviços prestados pelos BESS dos diferentes agentes. Fonte: Elaboração Própria.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MIT Energy Initiative. Utility of the future: An MIT Energy Initiative response to an industry in transition. MIT, Cambridge, MA, 2016.
- (2) SP Burger, M Luke. Business models for distributed energy resources: A review and empirical analysis. Energy Policy, Elsevier, 2017.
- (3) DOE Global Energy Storage Database: Office of Electricity Delivery & Energy Reliability. Disponível em: <http://www.energystorageexchange.org/>
- (4) PV magazine USA. FERC opens markets to energy storage, begins distributed energy proceeding, 2018. Acesso em 16/02/2018. Disponível em: <https://pv-magazine-usa.com/2018/02/15/ferc-opens-markets-to-energy-storage-begins-distributed-energy-proceeding/>
- (5) AA ASIF, R Singh. Further Cost Reduction of Battery Manufacturing. MDPI, Batteries, 2017.

- (6) Energy Storage News. Victoria opens tender for 40MW / 100MWh of large-scale battery systems, 2017. Acesso em 13/03/2018. Disponível em: <https://www.energy-storage.news/news/victoria-opens-tender-for-40mw-of-large-scale-battery-systems>
- (7) KPMG. EFR tender results: Market briefing, 2016. Disponível em: <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/uk/pdf/2016/10/kpmg-efr-tender-market-briefing-updated.pdf>
- (8) ANEEL. Audiência Pública Nº 71, 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/audiencias-publicas>
- (9) MME. Consulta Pública 33, 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas>
- (10) Smartest Energy. Making the commercial case for battery storage: An overview of the challenges and opportunities for the UK's battery storage pioneer, 2016.
- (11) World Energy Council. World Energy Resources - E-Storage. 2016.
- (12) Reuters. Governo aprova baterias elétricas e novas usinas contra apagões em Roraima, 2018. Acesso em 12/03/2018. Disponível em: <https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN1ES1OB-OBRBS>
- (13) Greentech Media. California's DRAM Auction Contracts for 82MW of Distributed Energy as Grid Resource, 2016. Acesso em 14/03/2018. Disponível em: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/californias-dram-auction-contracts-for-82mw-of-distributed-energy-as-grid-r#gs.6oEPwM8>
- (14) Greentech Media. Xcel Attracts 'Unprecedented' Low Prices for Solar and Wind Paired With Storage, 2018. Acesso em 14/03/2018. Disponível em: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/record-low-solar-plus-storage-price-in-xcel-solicitation#gs.Cl1bJzl>
- (15) Greentech Media. Chile's Latest Auction Signals Growing Interest in Solar-Plus-Storage, 2017. Acesso em 14/03/2018. Disponível em: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/chile-auction-signals-growing-interest-solar-plus-storage#gs.No9TFIQ>
- (16) Energy Storage News. Winner of scrapped solar-plus-storage auction in India says retendering offers little comfort, 2018. Acesso em 14/03/2018. Disponível em: <https://www.energy-storage.news/news/winner-of-scrapped-solar-plus-storage-auction-in-india-says-retendering-off>
- (17) Greentech Media. Austin Energy Seeks to Boost Value With a United Fleet of Solar and Storage, 2017. Acesso em 14/03/2018. Disponível em: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/austin-energy-seeks-to-boost-value-with-a-united-fleet-of-solar-and-storage#gs.ii7kTbg>
- (18) RenewEconomy. Blackout sparks demand boost as consumers seek reliability in solar and battery storage, 2016. Acesso em 15/03/2018. Disponível em: <http://reneweconomy.com.au/blackout-sparks-demand-boost-as-consumers-seek-reliability-in-solar-and-battery-storage-29297/>
- (19) NREL. National Renewable Energy Laboratory: Customers in Most States Could Cut Energy Costs by Adding Battery Storage to Solar, 2017. Acesso em 15/03/2018. Disponível em: <https://www.nrel.gov/technical-assistance/blog/posts/customers-in-most-states-could-cut-energy-costs-by-adding-battery-storage-to-solar.html>
- (20) Bueno, A.F.M., Brandão, C.A.L. Visão Geral de Tecnologia e Mercado para os Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica no Brasil. Abaque, 2016.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Wendell William Teixeira
 Brasileiro, Solteiro, 31 anos
 E-mail: wendell@cpfl.com.br
 Fone (19) 3756-8517

Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista, mestrando em Engenharia Elétrica pela UNICAMP. Atua no setor elétrico em projetos de P&D com foco em novas tecnologias, como mobilidade elétrica, armazenamento de energia e aplicação de Inteligência Artificial.