A evolução de um novo paradigma do setor de energia mundial e as possibilidades para o Brasil[1]

Um estudo desenvolvido pela Bloomberg (2015) estima que o crescimento da demanda por energia elétrica mundial até 2040 será liderado pelos países em desenvolvimento, exigindo fluxos de investimento na faixa de U$ 12 trilhões. A pesquisa mostra que as fontes renováveis responderão por cerca de dois terços deste montante, com participação expressiva da fonte de energia solar, que mostra um aumento de 206 GW de capacidade até 2040.

Na China, estima-se um aumento dos investimentos em capacidade de geração de energia elétrica da ordem de U$ 3,4 trilhões, sendo 70% puxado pelas fontes renováveis, fazendo com que a fonte solar atinja uma capacidade instalada de 1.077 GW em 2040 naquele país.

Apesar dos Estados Unidos não apresentarem o mesmo fluxo de investimentos do que os países da Ásia e Pacífico, o estudo estima que o país deva enfrentar uma transformação energética nos próximos anos, dada a recente revolução energética proporcionada pelo *boom* dos recursos não convencionais e a maturidade dos investimentos em fontes renováveis. Assim, no curto prazo, espera-se uma maior predominância do gás natural na matriz energética dos EUA - no longo prazo, no entanto, espera-se uma matriz cada vez mais limpa e diversificada, com os painéis fotovoltaicos respondendo por 40% (ou 461 GW) da capacidade instalada total nos EUA em 2040 (comparado comos 0,8% atuais). Com relação à Europa, o estudo da Bloomberg (2015) enfatiza que a geração solar de pequena escala irá liderar o aumento de capacidade, chegando a 652 GW em 2040. Neste contexto, o desenvolvimento da geração distribuída (GD) por fontes renováveis, principalmente no que se refere à geração fotovoltaica, passa a ganhar particular relevância no panorama energético global.

Os dados e as estimativas apresentados no estudo enfatizam a dicotomia entre segurança energética e sustentabilidade. Se, por um lado o crescimento da demanda costuma induzir um aumento do uso de combustíveis fósseis, favorecendo a segurança energética, por outro, a crescente necessidade de uma matriz energética mais limpa e sustentável, aumenta a presença de fontes renováveis - que apresentam diversas complicações para o atendimento da demanda de forma segura.

Sabendo-se que as fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, apresentam um grande desafio associado à sua intermitência, parte dos entraves para sua disseminação está relacionada ao avanço das tecnologias de armazenamento. Esses sistemas permitem aproveitar os momentos de excesso de geração de energia e armazená-la, para que seja utilizada em momentos de escassez - desse modo contribuindo para a aproximação de uma expansão energética simultaneamente segura e sustentável.

Atualmente é possível classificar os sistemas de armazenamento de energia em dois tipos: sistemas de larga escala e sistemas de pequena escala. Tipicamente, sistemas de larga escala englobam o *pumped-storage hydropower* (PSH), *compressed air energy storage* (CAES), *flywheels* e as tecnologias de hidrogênio, enquanto a pequena escala é unicamente representada pelas baterias químicas[1].

Com relação ao armazenamento de larga escala, eles costumam ser aplicados a sistemas centralizados, com redes elétricas bem desenvolvidas. Já as baterias, armazenamento de pequena escala, proporcionam benefícios no curto prazo, em áreas remotas e não atendidas pela rede, bem como para os agentes interessados em diversificar o seu uso energético, seja em veículos elétricos, seja em geração distribuída (GD) e intermitente.

Segundo IRENA (2015b), as tecnologias de

[1] Este texto não deve ser citado como representando as opiniões da Fundação Getulio Vargas (FGV). As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente da equipe de pesquisadores do grupo FGV Energia: Lavinia Hollanda, Felipe Gonçalves, Bruno Moreno Rodrigo de Freitas, Camilo Poppe Figueiredo Muñoz, Manuella Bessada Lion, Monica Coelho Varejão, Patrícia Vargas de Oliveira, Rafael da Costa Nogueira e Renata Hamilton de Ruiz.

armazenamento nos sistemas globais somaram 143 GW de capacidade instalada até 2015. A grande maioria (99%) desta capacidade é composta por tecnologias de PSH (142 GW), sendo o restante (figura 1) composto por um mix de baterias (801 MW), CAES (440 MW) e *flywheels* (25 MW). Apesar desse cenário, os recentes avanços associados aos diferentes tipos de baterias, em especial as de lítio, indicam uma nova tendência para o setor.

No que tange à atuação industrial para o desenvolvimento das baterias, a super fábrica da Tesla em parceria com a Panasonic, também conhecida como "*Gigafactory*", estima um aumento de capacidade de armazenamento em 35 GWh até 2020. Já outras empresas concorrentes, como a Alevo[2] e BYD[3], apresentaram uma estimativa de aumento da capacidade de armazenamento na ordem de 16,2 GWh e 24 GWh, respectivamente (IRENA, 2015b).

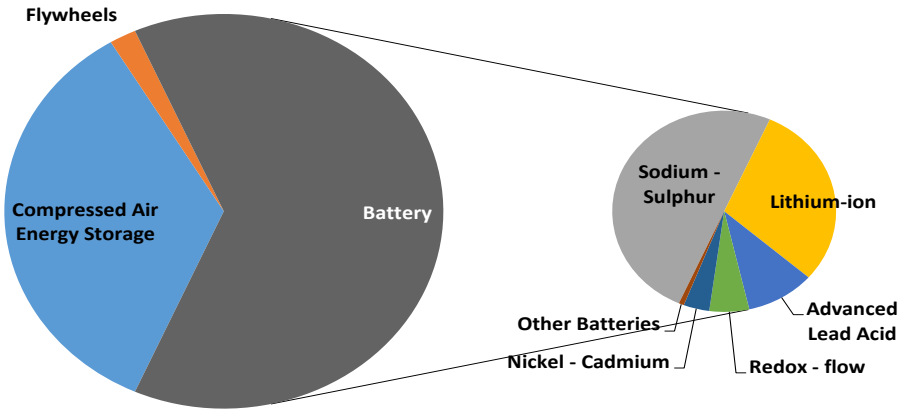
O mercado de armazenamento de energia, apesar de não ter apresentado ganhos de escala significativos nos últimos anos, apresentou, mais recentemente, importantes reduções de preços, muitas vezes associadas às inovações nas baterias de lítio-íon financiadas por grandes empreendedores e pelos investimentos públicos em projetos de pesquisa e desenvolvimento. A figura 2 retrata a recente redução de custos das baterias de lítio/íon. Dentre os diferentes tipos de baterias, esta representou o maior declínio de custo, passando de U$2.000/kWh em 2009 para aproximadamente U$700/kWh, contribuindo fortemente com a sua competitividade.

Devido à dificuldade de mensurar preços praticados no mercado internacional, a figura 2 mostra a avaliação de três diferentes instituições: *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF), *Navigant Research* e *Energy Information Administration* (EIA).

Além da redução de custos, houve um importante aumento da capacidade instalada das baterias de lítio-íon entre 2012 e 2013/2014. A figura 3 mostra que essa forma de armazenar energia tem se tornado preferível às demais opções.

A estrutura da indústria associada ao desenvolvimento das baterias de lítio-íon é bem diversificada. Além da participação de *players* de pequeno porte, voltados para o avanço tecnológico da forma de tratamento do lítio-íon, encontram-se grandes corporações multinacionais. Entre os principais *players*[4], o estudo da

Figura 1: Capacidade Instalada dos Sistemas de Armazenamento – exceto Pumped Storage Hydropower (MW) em 2014

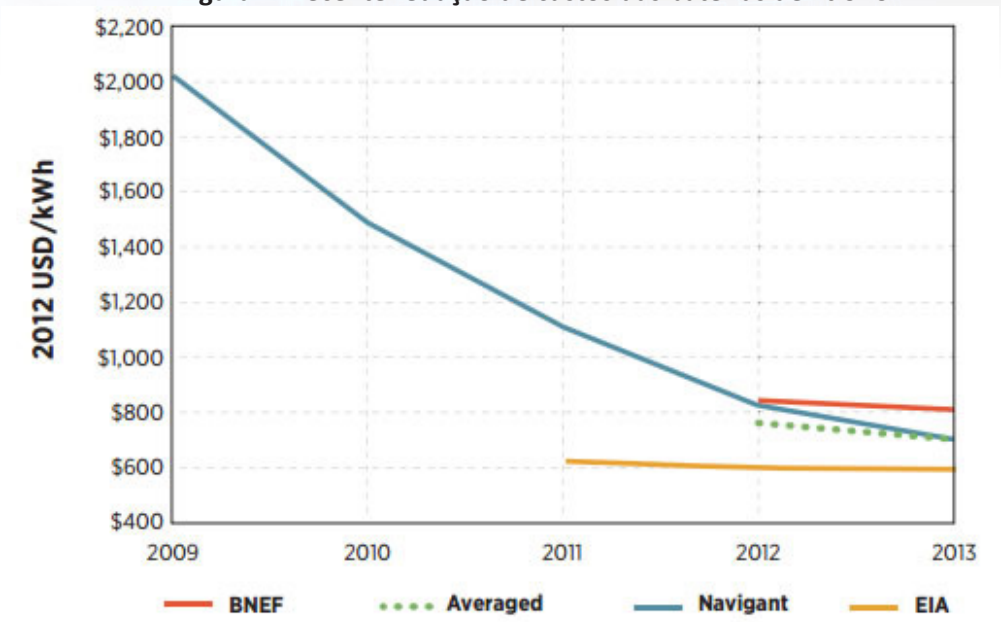


Fonte: Adaptado de IRENA, 2015b

[2] Alevo é uma companhia sediada na Suíça, fundada em 2009, com foco nas tecnologias de armazenamento.

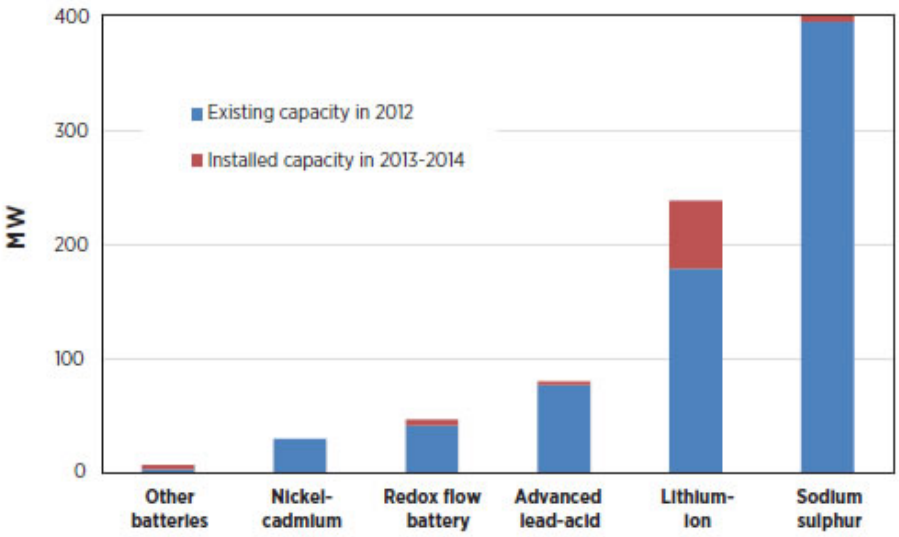
[3] BYD é a maior companhia de baterias recarregáveis do mundo, sediada na China e fundada em 1995.

Figura 2: Recente redução de custos das baterias de lítio-íon



Fonte: IRENA, 2015a

Figura 3: Aumento da capacidade instalada das baterias



Fonte: IRENA, 2015a

Navigant Research (2015) os separa de acordo com as suas estratégias e colocação no mercado – seguidores, concorrentes e líderes.

Além disso, esse mesmo estudo mostra que as companhias vêm adaptando os seus modelos de negócios para fazer frente às recentes reduções de custo e preço das baterias de lítio-íon. A redução de custos tem sido explicada pelos recentes aumentos na escala de produção, associados ao aumento da demanda e expansão da capacidade de armazenamento. Além disso, cabe ressaltar a competição entre companhias multinacionais, como Panasonic, Samsung SDS e LG Chemicals.

É importante observar também que o aumento da demanda pelos sistemas de armazenamento ocorre simultaneamente com a disseminação das fontes renováveis de energia nos mercados globais. A intermitência desse tipo de geração é um desafio importante a ser combatido, e a solução, conforme

[4] Leclanche, Amperex, Microvast, Electrovaya, Johnson Controls, Lishen, Sony, Saft, Hitachi, Toshiba, Panasonic, Kokam, BYD, Samsung SDI, LG Chem.

destacado anteriormente, está no avanço das tecnologias de estocagem. O desenvolvimento das fontes de GD incentiva o avanço das tecnologias de armazenamento e vice versa, gerando um círculo virtuoso para a proliferação de energias renováveis. O aumento da atividade industrial nos dois campos sinaliza um futuro com maior participação da geração descentralizada.

Além de exercer um papel fundamental no avanço da geração distribuída de fontes renováveis e intermitentes, a redução de custo das baterias interage diretamente com a dinâmica de penetração dos veículos elétricos no mercado.

De acordo com um estudo do *Electric Power Research Institute* (EPRI, 2012), até 2020 os custos das baterias PEV-10 passarão de U$740/kWh para U$667/kWh, as baterias PEV-40 passarão de U$ 525/kWh para U$364/kWh e as baterias PEV-70 irão de U$366/kWh para U$203/kWh[5].

A experiência de sucesso da Tesla, com redução de custos em baterias para veículos elétricos, levou ao lançamento, em abril de 2015, do Tesla *Powerwall*[6] e o *PowerPack* no mercado norte-americano. O lançamento desse novo produto no mercado mostra a intenção da empresa em alavancar o mercado de baterias, atingindo os consumidores residenciais, comerciais e industriais, que estejam interessados em produção de energia descentralizada e limpa. Hoje, após o sucesso de lançamento do *PowerPack,* novos concorrentes como a Daimler – Mercedes Benz começam a surgir com produtos semelhantes.
Em IRENA 2015b, é feito um estudo sobre os custos e a performance de três diferentes tipos de baterias para sistemas residenciais na Alemanha em 2012. Os resultados mostram que, naquele ano, a integração de uma bateria aos sistemas de geração solar, levava a um incremento de 0,4 – 0,6 euros/kWh aos custos totais da geração. Contudo, com os recentes avanços do setor, e com o lançamento do Tesla Powerwall, esse custo incremental à geração solar, pode se reduzir a 0,16 euros/kWh.

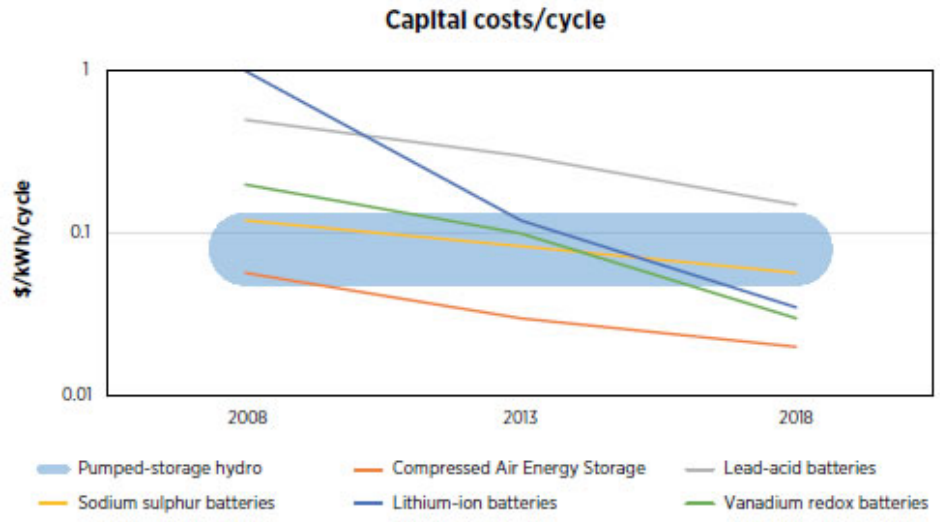
A recente redução de custos e a diferença entre os diferentes sistemas de armazenamento são demonstradas na figura 4. É possível observar que as baterias de lítio-íon ficam cada vez mais competitivas, impulsionando não só o setor de veículos elétricos, mas também as fontes renováveis descentralizadas e intermitentes em diferentes mercados globais.
O estudo mostra, portanto, que, se por um lado os sistemas de armazenamento apresentam historicamente uma trajetória de crescimento muito modesta, por outro os movimentos recentes de custo e preço indicam uma inserção mais acelerada no futuro próximo. Este cenário parece compatível com as projeções de avanço da geração distribuída associada a fontes renováveis e intermitentes.

No entanto, enquanto o mundo segue tendência favorável à geração distribuída e deposita grande expectativa na sua evolução nos países em desenvolvimento, o Brasil ainda pouco avança nesse tema. Apesar de possuir uma matriz elétrica limpa, graças às grandes fontes hidroelétricas centralizadas, o mundo da energia descentralizada ainda está muito distante do nosso país. A falta de um aparato regulatório consistente[7], de estruturação de uma metodologia de precificação adequada que reflita as externalidades positivas e os benefícios sociais dos sistemas de armazenamento, de um desenho de mercado, de atratividade econômica para os empreendedores e de acesso ao financiamento fazem com que a GD intermitente e limpa ainda seja uma realidade distante para o brasileiro.

Apesar de possuirmos uma matriz elétrica pouco carbono-intensiva, as recentes dificuldades de suprimento do setor elétrico e as elevadas emissões

[5] O PEV, ou *Plug in Electric Vehicle*, é o termo utilizado para os veículos elétricos, sendo o PEV-10, PEV-40 e PEV-70 utilizados para diferenciar o tipo da bateria.
[6] O preço de venda do *Tesla Powerwall* está na faixa de U$3.000 para um sistema de 7kWh e U$3.500 para 10kWh (TESLA MOTORS, 2015).
[7] O estado da Califórnia é um exemplo de sucesso do desenvolvimento de um aparato regulatório favorável à penetração das fontes renováveis e das tecnologias de armazenamento. Com a instalação de 2,4 GW de capacidade na geração solar e 23 MW de capacidade de

Figura 4: Custos dos Sistemas de Armazenamento de Eletricidade[8] (U$/kWh/ciclo)



Fonte: IRENA, 2015b

de CO2 do nosso sistema de transporte são problemas estruturais que poderiam ser enfrentados com a promoção da GD, de acordo com as macrotendências dos países que vêm se preparando para o futuro e que depositam grande expectativa na expansão das fontes renováveis em países em desenvolvimento.

Referências Bibliográficas

BLOOMBERG. New Energy Outlook 2015: Long Term projections of the global energy sector. Junho de 2015. Disponível em: https://www.bnef.com/dataview/new-energy-outlook/index.html. Acesso em: 29 jun. 2015

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Technology Roadmap: Energy Storage. OECD, IEA. 2014. Disponível em: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapEnergystorage.pdf. Acesso em: 02 jul. 2015

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. EPRI. Plug-in Electric Vehicle Lithium-Ion Battery Cost and Advance Battery Technologies Forecasts. 2012. Disponível em: http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=000000000001024094. Acesso em: 14 jul.2015

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. IRENA. Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook. Janeiro, 2015. 2015a. Disponível em: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Battery_Storage_report_2015.pdf. Acesso em: 19 jul. 2015

Renewable and Electricity Storage: A Technology Roadmap for Remap 2030. Junho, 2015. 2015b. Disponível em: http://www.irena.org/menu/index.

[8] Apesar do Compressed Air Energy Storage (CAES) apresentar custo menor do que os diferentes tipos de baterias, ele apresenta uma limitação associada à escala, possuindo tipicamente uma capacidade de armazenamento entre 50 e 300 MW.

NAVIGANT RESEARCH. Navigant Research Leaderboard Report: Li-Ion Grid Storage. Assessment of Strategy and Execution for 15 Li-Ion Battery Manufacturers. 2015. Disponível em: http://www.navigantresearch.com/research/navigant-research-leaderboard-report-li-ion-grid-storage. Acesso em: 20 jun. 2015

TESLA MOTORS. Tesla Energy. Disponível em: http://www.teslamotors.com/presskit