

EDITORIAL*

A Transição Energética, as Novas Tecnologias e o Comportamento do Consumidor

OPORTUNIDADES E DESAFIOS

O setor elétrico está em profunda transformação no mundo. Esta mudança é impulsionada por tecnologias cada vez mais disruptivas, como a difusão da geração distribuída, principalmente da solar fotovoltaica, a produção de carros elétricos com maiores autonomias, a queda nos preços das baterias, os investimentos em sistemas inteligentes e a digitalização no setor.

Estes novos desafios e oportunidades representam potenciais soluções na descarbonização dos sistemas, na transição de um modelo centralizado para um aumento do emponderamento do consumidor, antes inelástico[1] e com participação passiva, transformado em protagonista neste novo cenário.

As novas tendências apresentadas no setor elétrico mundial podem ser divididas em três elementos, denominados na literatura de "3D": Digitalização, Descarbonização e Descentralização. Esses fatores geram resultados específicos em diversos setores da economia e efeitos que se propagam, o que potencializa ainda mais os resultados socioeconômicos da expansão tecnológica (CEMIG, 2018).

A partir desse novo modelo, surgem no setor energético alguns questionamentos que precisam ser respondidos:

i. Quais são as oportunidades e desafios que as novas tecnologias colocam para as empresas?
ii. Quais novos modelos de negócios deverão ser criados para explorar os sistemas de energia do futuro?
iii. Como os serviços de eletricidade, que são hoje gerados e operados principalmente de maneira centralizada, serão fornecidos aos consumidores?
iv. Qual o impacto da intensificação da digitalização no setor energético?

[1] O conceito de elasticidade é usado para medir a reação dos consumidores frente a mudanças em variáveis econômicas. Por exemplo, para alguns bens os consumidores reagem bastante quando o preço sobe ou desce e para outros a demanda fica quase inalterada quando o preço sobe ou desce. No primeiro caso se diz que a demanda é elástica e no segundo que ela é inelástica. (PINTO,Jr. et. al, 2007).

Com o aumento do consumo dessas novas tecnologias e da disseminação da indústria 4.0, variáveis importantes devem ser analisadas com mais atenção:

a. **Os Modelos Regulatórios:** as tecnologias enfrentarão obstáculos na disseminação generalizada caso a regulamentação de seu país permaneça atrasada e instável.

b. **Controle, Segurança e Privacidade:** há ainda assuntos de segurança cibernética que precisam ser resolvidos, para assim o consumidor confiar seus dados pessoais a uma solução digital.

c. **Questões de Integração:** as aplicações das novas tecnologias oferecem soluções que exigem mudanças significativas ou até mesmo a substituição completa de sistemas existentes. A fim de realizar a troca, as empresas precisam desenvolver uma estratégia de transição.

d. **Análise do Custo:** as novas tecnologias oferecem uma grande economia em preço e tempo por transação, mas os altos custos de capital inicial podem ser uma barreira a sua disseminação.

e. **Adoção Cultural:** a forma como os consumidores vão encará-las determinará a curva de adoção e penetração tecnológica nos países. No caso da geração distribuída, representará uma troca completa para uma rede descentralizada que requer a participação integrada de seus usuários e operadores.

A EVOLUÇÃO DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR

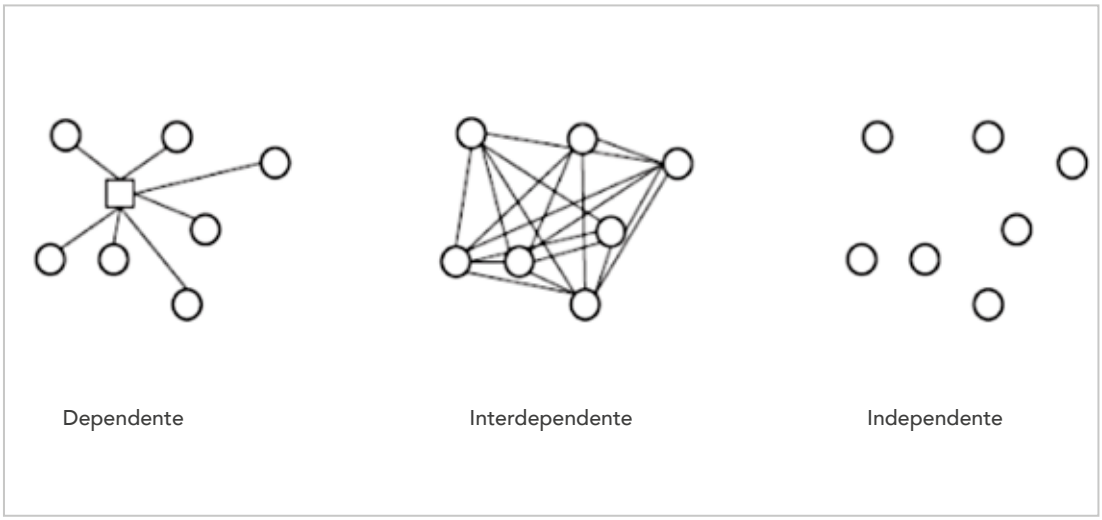
A discussão recente entre a escolha por sistemas de geração centralizados ou descentralizados assemelha-se ao debate e incerteza que a indústria elétrica já viveu no início do século passado com a chamada Batalha das Correntes.

Green & Staffell (2017) apontam que a inserção dos recursos energéticos distribuídos e a mudança de comportamento do consumidor, com a entrada na rede dos *prosumers* (consumidor-produtor) e também dos *prosumages* (consumidor-produtor-armazenador) são os novos desafios da indústria elétrica na cobrança, na operação e na integração aos sistemas centralizados atuais.

Hojcková et al. (2018) denomina o atual sistema elétrico como sistema técnico-social em transformação e apontam que as alternativas ao modelo tradicional, competem e evoluem ao logo do tempo. Dessa forma, a utilização dos recursos energéticos distribuídos resultam de processo de acumulação do conhecimento, consequentemente há um elevado grau de dependência inicial das estruturas preexistentes. Logo, durante o processo de inovação no setor elétrico, as novas tecnologias não substituem as antigas de forma totalizada, observa-se uma complementariedade das estruturas ao longo do tempo.

Nessa perspectiva de evolução das estruturas, Hojcková et al. (2018) define três cenários possíveis de transição energética para sistemas completamente renováveis, com diferentes tipos de comportamento do consumidor – vide figura 1. No primeiro cenário, os sistemas operam com consumidores dependentes da rede elétrica chamado "*super-grid*", representam o setor elétrico atual com geração predominantemente centralizada e renovável. No segundo cenário "*smart-grid*", os consumidores possuem comportamento interdependente e a rede elétrica será interconectada com a interação dos seus participantes. No terceiro cenário chamado "*off-grid*", os novos consumidores são independentes e o desligamento da rede torna-se atrativo com o armazenamento de energia distribuída, esse processo é denominado espiral da morte, quando o custo da rede aumenta diretamente com a taxa de evasão dos consumidores.

Figura 1. Comportamento do Consumidor com os Sistemas Elétricos Distribuídos.



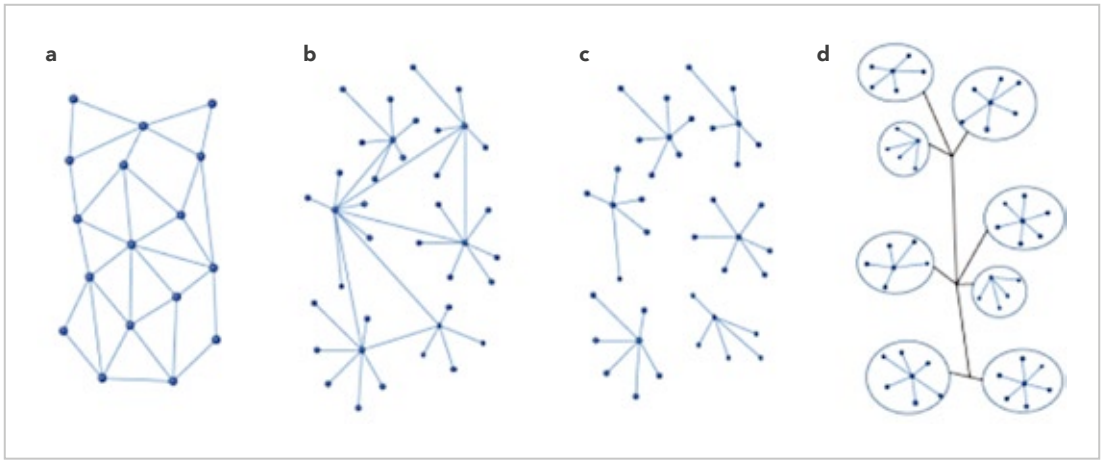
Fonte: Hojcková et al., 2018.

Na escolha "*off-grid*", o comportamento do consumidor pode ser justificado pela ausência de estrutura de rede, como acontece na região Norte do Brasil. De forma geral, para o caso de locais com avançados sistemas elétricos, o perfil de consumo *off-grid* está relacionado a avaliação dos benefícios socioeconômicos, decorrentes do "empoderamento" desses consumidores. Apesar do cenário off-grid elevar autonomia dos consumidores, verifica-se a perda das vantagens que a interconexão na rede pode proporcionar aos seus usuários no cenário "*smart-grid*".

A partir dessas informações, percebe-se que os recursos energéticos distribuídos ou descentralizados deixaram de ser definidos apenas como a geração distante do centro de carga. Com a influência da internet das coisas, a conectividade entre plataformas e compartilhamento de informações/usuários, estes recursos devem diferenciar-se em relação à escala e o perfil de interconectividade dos consumidores, pois incrementam e desenvolvem a rede elétrica (ROMEIRO, 2017).

Dentro das análises de Parag & Sovacool (2016) e Hojcková et al. (2018), no que diz respeito as possibilidades de interconexão dos consumidores e expansão dos *smart grids*, observa-se na figura 2 as possíveis configurações do comportamento do consumidor em redes inteligentes. No caso A, os consumidores da rede possuem interconexão direta chamada *peer-to-peer*. Na situação B, os usuários estão integrados em pequenos grupos de microredes e são interconectados. No cenário C, as pequenas microredes são isoladas da rede principal. No esquema D, os consumidores estão agregados em pequenas comunidades isoladas, entretanto são interconectadas.

Figura 2. Cenários para o comportamento do consumidor de redes inteligentes.



Fonte: Parag & Sovacool, 2016.

Utilizada desde o final da década de 90, o uso das microredes como facilitadora dos recursos distribuídos nas redes de distribuição amplia a confiabilidade e a resiliência do sistema frente as interrupções originadas por desastres naturais, ataques físicos ou cibernéticos e falhas em cascata. A sua estrutura possibilita a gestão da energia localmente em subseções da rede que podem ser isoladas da rede principal, garantindo a continuidade do fornecimento de energia elétrica (HIRSCH et al., 2018).

Nas informações de Romeiro (2018) e Mengelkamp et. al. (2018), verifica-se que na cidade de Nova York há o projeto piloto da Brooklyn Microgrid com uma microrede física e virtual, onde através de uma blockchain os consumidores interconectados podem comercializar energia entre si. Cabe destacar que a microrede não possui autossuficiência, ela apenas assegura energia aos consumidores prioritários em casos emergenciais de interrupção da rede principal.

No caso do Brasil, o país possui grande parte da população ainda em processo de inclusão no mercado de consumo de diversas categorias de produtos e serviços. Assim, deve-se buscar entender qual o comportamento do consumidor brasileiro frente as novas tecnologias em 2018.

Desde a divulgação da resolução 482 que permitiu o avanço e disseminação dos recursos energéticos distribuídos no Brasil, mais de 39 mil famílias possuem sua própria geração. As incertezas tecnoló-

gicas, econômicas e os interesses políticos compõem as principais barreiras na transição energética de um sistema centralizado para uma maior interconexão dos usuários (ANEEL, 2018).

O Brasil possui como diferencial em seu planejamento energético o Sistema Interligado Nacional, que permite a conexão de todo o sistema elétrico entre as regiões. Pode-se dizer que o uso dos recursos distribuídos e desconectados da rede é similar a posse de um "*smartphone*" sem internet. Logo, há evidências da importância e posição estratégica dos ativos do setor elétrico brasileiro na expansão e interconexão com os novos consumidores-geradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Base de dados Geração Distribuída. Brasília, 2018.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Plano estratégico de inovação de tecnologia digital da CEMIG. Minas Gerais, 2018.

GREEN, R.; STAFFELL, I. "Prosumage" and the British Electricity Market. Economics of Energy & Environmental Policy, Vol. 6, No. 1, 2017.

GUI, E.; MACGILL, I. Typology of future clean energy communities: An exploratory structure, opportunities, and challenges. Energy Research & Social Science, 35: 94-107, 2018.

HIRSCH, A.; PARAG, Y.; GUERRERO, J. Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90: 402-411, 2018.

HOJCKOVÁ, K.; SANDÉM, B.; AHLBORG, H. Three electricity futures: Monitoring the emergence of alternative system architectures. Futures, 98: 72-89, 2018.

MCKENNA, R. The double-edged sword of decentralized energy autonomy. Energy Policy, 113: 747-750, 2018.

MENGELKAMP, E.; GÄRTTNER, J.; ROCK, K.; KESSLER, S.; ORSINI, L.; WEINHARDT, C. Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. Applied Energy, 210: 870-880, 2018.

MUNSON, R. From Edison to Enron: The Business of Power and What It Means for the Future of Electricity. Praeger, 2005.

PARAG, Y.; SOVACOOL, B. Electricity market design for the prosumer era. Perspective, Nature Energy, 2016.

PINTO, Jr. et. al. Economia da Energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Editora Elsevier, 2007.

ROMEIRO, D. A construção de mercados elétricos em perspectiva – Questões para o Brasil. Grupo de Economia da Energia – Blog Infopetro, Rio de Janeiro, 2017.

* 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.