



FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
MBA EXECUTIVO EM ADMINISTRAÇÃO: GESTÃO EM EMPRESAS DE
ENERGIA ELÉTRICA

DISTRIBUIÇÃO DO FUTURO: SEGREGAÇÃO DAS ATIVIDADES DA DISTRIBUIDORA

CARLOS ALBERTO CALIXTO MATTAR
DAVI RABELO VIANA LEITE
Orientadora: Dra. Joísa Campanher Dutra Saraiva

Brasília – DF, Julho de 2019

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a atividade de distribuição de energia elétrica tem sido definida como a tarefa de fazer a conexão dos usuários finais ao restante do setor elétrico e atendendo a um varejo de consumidores. Apesar de essa definição não ter sofrido muitas alterações ao longo dos anos, os limites de atuação de uma distribuidora apresentaram mudanças significativas, que decorreram, principalmente, de transformações no modelo econômico-regulatório do setor elétrico.

A última grande mudança veio com a desverticalização e desestatização das empresas, que circunscreveu a atuação de uma distribuidora à atividade de distribuição, dando a ela o monopólio de atuação. Isso possibilitou vários resultados positivos, e é o modelo que vigora até os dias de hoje. Todavia, a popularização de algumas tecnologias tem trazido dúvidas quanto à adequabilidade desse modelo, e irá provocar novas mudanças nos limites de atuação de uma distribuidora nos próximos anos.

Há mais de 40 anos, (Schweppe, 1978) previu que os usuários de energia deixariam de ser elementos passivos da rede, e participariam de forma vital para a operação do sistema elétrico dos anos 2000. Segundo a previsão, a revolução no setor se daria em função de novos tipos de sistemas de geração, armazenamento, transmissão e distribuição, que estariam disponíveis na década 2000, aliados ao crescimento dos custos de capital e de combustíveis, bem como ao aumento da interconexão de grandes sistemas.

Hoje se vê, de fato, o surgimento de tecnologias conforme essa previsão. A descentralização dos sistemas energéticos, provocados pela geração distribuída e armazenamento de energia, tem tornado os consumidores mais ativos na resposta à variação dos preços da energia. A proliferação das tecnologias de informação permite que a energia seja produzida, transmitida e consumida de forma mais inteligente e eficiente por agentes de todos os portes. Há também o surgimento das fontes eólica e solar, decorrentes de um movimento global de descarbonização da energia. (Massachusetts Institute of Technology, 2016)

Em breve, também ocorrerá a disseminação dos sistemas de armazenamento de energia elétrica. Até os dias de hoje, devido aos custos e limitações das baterias, o uso delas foi focado em eletrônicos portáteis que utilizam pouca quantidade de eletricidade (notebooks e telefones celulares, por exemplo) ou em aplicações bastante específicas, para sustentar cargas de médio porte por algumas horas. Entretanto, com os recentes investimentos em veículos elétricos, houve um grande desenvolvimento da tecnologia de baterias nos últimos anos. Considerando a trajetória de redução dos custos, os sistemas de armazenamento serão utilizados em grande quantidade por consumidores de energia elétrica nos próximos anos, combinando-os com geração distribuída.

Sob a ótica operacional, a popularização de pequenos sistemas de geração distribuída faz com que os consumidores reduzam seus consumos próprios e injetem energia de forma pouco previsível, conforme as variações de vento e de incidência solar. A iminente disseminação dos veículos elétricos, além de exigir infraestrutura de suprimento energético, imporá às distribuidoras o desafio de lidar com grandes cargas móveis, que acompanhará a movimentação das pessoas. No mesmo ritmo, o desenvolvimento dos

sistemas de armazenamento pode ajudar para reduzir a ociosidade da rede elétrica durante o dia, além de permitir respostas do lado da demanda a sinais de preços dinâmicos.

Todavia, as consequências da massificação do uso da geração distribuída e dos sistemas de armazenamento transcendem o campo operacional, e exigirá mudanças legais e regulatórias de modo a possibilitar que elas efetivamente tragam benefícios a todo o setor elétrico, não apenas complexidade operacional.

Assim, haverá uma redefinição da atividade de distribuição e redefinição dos limites de atuação de uma distribuidora. Como toda ruptura, o processo não será tranquilo. O setor elétrico é, tradicionalmente, avesso a mudanças estruturais, principalmente em se tratando de atividades monopolistas. Apesar de possíveis resistências, o processo já se iniciou e é inexorável, e as empresas que oporem a ele serão castigadas pelo desenvolvimento tecnológico, conforme já ocorreu com ex-gigantes setoriais que não se adaptaram a transformações a elas impostas (Xerox, Nokia, Kodak, etc.)

O foco principal deste trabalho é avaliar como o uso de novas tecnologias mudará a atividade da distribuição e os limites de atuação de uma distribuidora. Para isso, é preciso inicialmente definir o que é essa atividade e como uma distribuidora de hoje atua, evidenciando os limites a ela estabelecidos pelo modelo atual.

Posteriormente, analisando o comportamento dos consumidores que instalaram geração distribuída e que, futuramente, utilizarão sistemas de armazenamento, avalia-se quais problemas passam a ser evidenciados no modelo setorial vigente, demonstrando a necessidade de sua evolução de modo a adaptar-se à nova realidade.

As mudanças buscarão, primordialmente, fazer com que as novas tecnologias (não apenas a geração distribuída e os sistemas de armazenamento, mas também outras que possam surgir) tragam maior eficiência e benefícios a todo o setor elétrico. Nessa linha, o novo modelo deve incentivar que parte das atividades de uma distribuidora de hoje seja exercida por terceiros, provocando um *unbundling* restrito ao setor de distribuição.

Nesse cenário, vários entes especializados exercerão somados a atividade que hoje é desempenhada apenas pela distribuidora. A atividade da distribuidora evoluirá de operar redes para coordenar sistemas elétricos complexos, através do estabelecimento de padrões técnicos e operativos e do gerenciamento de sinais de preço para induzir comportamentos dos usuários finais dotados de recursos energéticos distribuídos.

Por fim, este trabalho avalia quais são as implicações dessas transformações, tanto para a distribuidora quanto para o setor elétrico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para compreender as mudanças na atividade de distribuição provocadas pelo surgimento de algumas tecnologias, deve-se entender, primeiramente, quais fatores influenciam na determinação dos limites de uma firma. Avaliando esses fatores na realidade do setor elétrico, é possível assimilar a forma mais eficiente de uma distribuidora exercer a atividade de distribuição. Para isso, busca-se auxílio em lições da teoria econômica, demonstrados a seguir.

Além disso, faz-se necessário descrever que tecnologias disruptivas seriam essas, destacando o estado da arte no mundo e como elas podem mudar as operações de uma distribuidora. Neste trabalho, vislumbra-se a geração distribuída e os sistemas de armazenamento (desenvolvidos com a eletrificação dos transportes) como candidatos a exercer esse papel em um futuro não tão distante.

2.1 Limites de atuação da distribuidora

A distribuição de energia é a atividade responsável pela entrega da energia elétrica produzida pelas centrais geradoras aos usuários finais. No Brasil, o sistema elétrico compreende equipamentos e instalações necessárias para essa função que atuam em tensão inferior a 230 kV. (ANEEL, 2019c) Nessa linha, pode-se pensar que uma distribuidora é meramente a firma que faz distribuição, operando todo um conjunto de equipamentos que interliga as instalações dos usuários finais ao sistema elétrico. (Burger, et al., 2019)

Embora essas definições estejam sedimentadas, sem que haja controvérsias na literatura, elas são limitadas ao tratar uma empresa que distribui energia como algo indivisível, com limites claros e objetivos. Elas desconsideram que, na prática, a distribuidora é, como qualquer firma, um conjunto de pessoas que executam subatividades que somadas resultam na entrega de um produto ou serviço – conexão do usuário final ao sistema elétrico, no caso da distribuidora.

Há de se compreender que uma firma é um mecanismo complexo para coordenar e motivar atividades de indivíduos, e não algo indivisível. (Holmstrom, et al., 1998) Assim, a compreensão de como uma distribuidora é formada perpassa pelo entendimento de como os limites de uma firma são estabelecidos, isto é, como as subatividades passam a ser reunidas e agregadas sob uma mesma empresa para trabalharem de forma coordenada na entrega de um produto ou serviço.

O problema de definir o que é e como se forma uma firma é explorado no trabalho de (Coase, 1937). Em seu ensaio, é destacado que a empresa é composta por diversas pessoas organizadas em departamentos, os quais estabelecem relações de fornecimento e consumo internas dentro da própria empresa. Essas relações internas são regidas por leis econômicas, tais como oferta e procura. Na visão do autor, as atividades internas de uma empresa serão reunidas sob uma mesma organização enquanto os custos de coordenar as atividades internas forem inferiores aos custos de transação com terceiros.

Em outras palavras, os diversos departamentos de uma firma podem ser entendidos como fluxos de transações entre indivíduos que se relacionam entre si de acordo com as relações de mercado. Quando o esforço para tratá-los em uma hierarquia organizacional for inferior aos custos típicos de uma transação entre empresas diferentes no mercado, significando que há alto grau de sinergia entre eles, esses departamentos tendem a reunir-se em uma mesma firma.

Assim, quando uma empresa negocia com outra, vários custos aparecem, os quais podem ser significativamente reduzidos ou eliminados se ambas empresas virarem departamentos de uma mesma firma. Um bom exemplo são os custos para celebração de contratos, o que implica em gastos de ambas empresas com advogados para editá-los e examiná-los. No caso das relações internas de uma firma, os contratos são regidos por normas internas, com menor necessidade da formalização das condições em contratos, o que elimina os custos de sua edição e traz maior eficiência. Os contratos internos à firma mais relevantes são os de trabalho. O mecanismo de contratos coletivos de trabalho, por exemplo, reduz significativamente os custos de transação da força de trabalho, com aumento de eficiência e ganhos bilaterais entre contratante e contratados. (Coase, 1937)

Além desses, há diversos outros custos diretos (incidência de impostos na circulação de bens e serviços entre empresas, por exemplo) ou de oportunidade (eliminação de assimetrias de informações, melhoria da confiança, redução do oportunismo, etc.) que podem ser eliminados ou mitigados quando se tratam de relações internas de uma mesma firma. Até um certo limite de tamanho, as relações contratuais internas tendem a ter custos de transação menores do que as relações contratuais de mercado.

Nessa linha, poder-se-ia imaginar que uma empresa tende a aumentar indefinidamente seus limites de modo a abranger tantas relações quanto possível. Todavia, na medida em que uma empresa cresce, o esforço para organizá-la e coordená-la para alcançar um objetivo comum também aumenta, e ela deixa de agregar uma atividade adicional quando os custos de coordenação internos superam os de transação no mercado externo. (Coase, 1937)

Além disso, há de se considerar que, quando agrega uma atividade adicional, a empresa também precisa fazer investimentos (em ativos ou em conhecimento), e esses custos também devem ser considerados em relação aos de transação com terceiros. Quanto mais específica for a atividade, maiores são os investimentos necessários. (Holmstrom, et al., 1998)

Teoricamente, segundo o trabalho clássico de Coase, a opção pela hierarquia (a “firma”) em detrimento do mercado (transações diretamente mediadas pelo sistema de preços) ocorre quando o custo marginal de transação (inclusive coordenação) na organização for menor do que o custo marginal de transação no mercado. A determinação do limite da firma (o seu tamanho) depende dessa relação de custos marginais. As transações internas à firma, como as demais transações de econômicas, incorrem na lei dos rendimentos decrescentes no formato de “U”. O aumento de tamanho da firma se beneficia inicialmente de custos marginais relativos decrescentes pelos rendimentos crescentes de escala até um ponto de inflexão. Após este ponto aumentos marginais da firma resultam em rendimentos decrescentes



e assim, custos marginais relativos (às transações de mercado) crescentes. Ou seja, a lei dos rendimentos decrescentes, em última instância, determina o tamanho da firma.

Por tais razões, várias firmas adotam um processo de terceirização de áreas meio, que dão suporte aos departamentos focados nas atividades-fim da empresa. Logo, atividades que não exigem mão de obra especializada e normalmente são comuns a várias empresas – tais como serviços de limpeza e segurança patrimonial, por exemplo – tendem a ser terceirizados. A criação de empresas especializadas nessas atividades traz ganhos de escala na oferta desses serviços a outras empresas, fazendo com que os custos de transação para contratá-las sejam inferiores aos custos individuais de cada empresa para exercê-las diretamente.

O mesmo tende a não ocorrer nas atividades relacionadas com a área-fim da empresa. O alto grau de especialização traria grande assimetria de informação e custos na troca de fornecedor, caso se contratasse de terceiros para exercer essas atividades especializadas. Ao exercer diretamente essas atividades, a firma pode desenvolver suas próprias técnicas e diferenciar-se em um mercado competitivo sem depender diretamente de outros.

Pensando agora na distribuição de energia, nota-se que diversas atividades devem ser exercidas de modo a possibilitar a conexão dos usuários ao sistema elétrico. Inicialmente, deve haver o planejamento de crescimento do sistema (o que envolve pesquisas de mercado, acompanhamento da atividade econômica, estudos de ocupação do solo pela população, etc.) e a construção de novas redes elétricas (para a qual é necessário comprar de equipamentos, editar e executar projetos técnicos, desenvolver pesquisas topográficas, tratar de questões fundiárias, fazer georreferenciamento, dentre outros). Esse sistema precisa ser operado por profissionais habilitados e, finalmente, deve haver um relacionamento comercial com os consumidores.

Nota-se, então, que diversas subatividades com alto grau de especialização são necessárias para que os consumidores finais sejam conectados ao sistema elétrico, e elas podem, ou não, estar reunidas sob uma única firma. Por se tratar de atividades com alto grau de especialização e diretamente relacionadas com a atividade-fim da empresa, as distribuidoras tendem a exercê-las diretamente. De fato, as distribuidoras de hoje agregam parte substantiva dessas atividades, mas o surgimento de algumas tecnologias tem forçado mudanças que transformarão esse modelo.

2.2 Geração Distribuída

Uma das atividades cuja disseminação tem o potencial de transformar a atividade de distribuição é a geração distribuída, definida como a tecnologia que permite a produção de energia no mesmo local, ou próxima, de onde será consumida. Esse tipo de geração pode fornecer energia elétrica a uma pequena unidade individualmente, a uma planta industrial ou a uma pequena rede local (microrrede). Normalmente, a geração distribuída está conectada aos níveis de tensão mais baixos, utilizam fontes

renováveis (notadamente solar e eólica), e, por estarem próxima das cargas, trazem confiabilidade adicional e redução de perdas técnicas ao sistema. (United States Environmental Protection Agency, 2019)

No Brasil, o termo “geração distribuída” ganhou uma conotação específica após a publicação do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que definiu em seu art. 14 o termo como qualquer gerador conectado à distribuidora que compra a energia por ele gerada. (Palácio do Planalto, 2004) Apenas em 2012 foi que a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL trouxe as definições de micro e minigeração distribuídas que se aproximam do conceito de geração distribuída adotada mundo afora. Segundo a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da ANEEL, microgeração distribuída é aquela que utiliza fontes renováveis e se conectam à rede através de instalações de unidades consumidoras, com potência instalada de até 75 kW. A minigeração difere apenas quanto ao tamanho, que pode atingir o porte de até 5 MW. (ANEEL, 2012)

De início nota-se que a geração distribuída é algo incomum na rede elétrica, constituída para que a energia flua de grandes centrais geradoras centralizadas em direção às cargas dos usuários finais. Embora ela sempre tenha existido em algum grau, a geração distribuída tem sofrido um crescimento vertiginoso nos últimos anos. De acordo com dados da Agência Nacional de Energia, em 2017, foram implantados quase 180 GW de geração renovável em todo o mundo, sendo 97 GW somente de fonte solar. Para efeitos comparativos, esse montante equivale mais do que a soma da potência instalada de todos os geradores implantados no Brasil. A expansão das fontes renováveis instaladas distribuídas na rede elétrica tem sido liderada pela China, Estados Unidos e Índia e, já em 2023, espera-se que cerca de 2% da energia gerada no mundo seja proveniente de pequenos sistemas solares instalados em residências ou comércios. (International Energy Agency, 2018)

Nos Estados Unidos, os pequenos sistemas solares representaram a implantação de quase 1 GW de potência a cada semestre, de 2016 a 2018, conforme observa-se na figura a seguir:

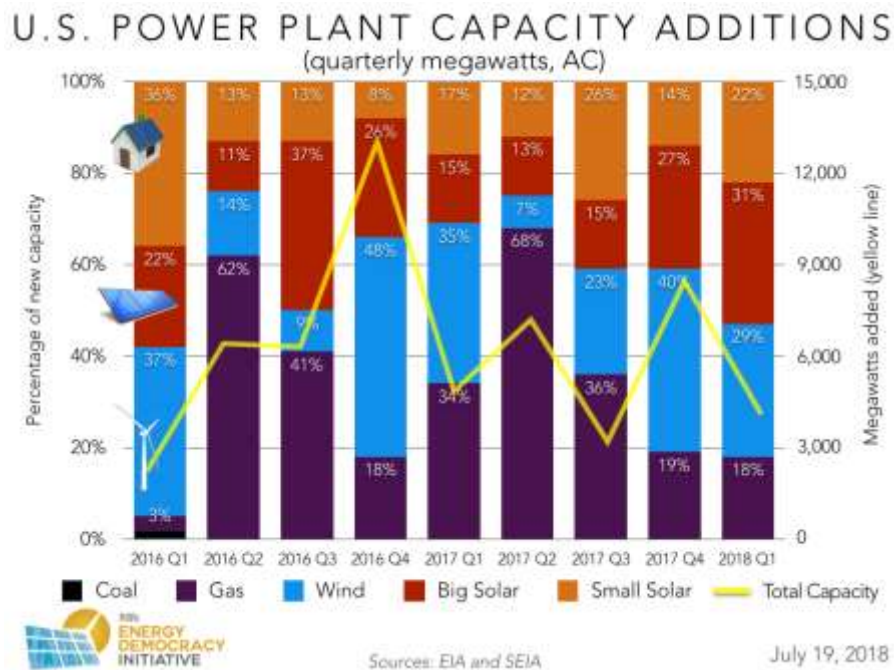


Figura 1: Expansão da matriz elétrica nos Estados Unidos de 2016 a 2018. (Energy Democracy Initiative, 2018)

O Brasil não está alheio ao processo de disseminação da geração distribuída. Impulsionada pela publicação da Resolução Normativa 482, de 2012, a micro e minigeração distribuída já ultrapassaram a casa de 1 GW de potência instalada no país, com mais de 85 mil sistemas de geração instalados. Embora isso represente pouco da matriz energética do país, nota-se um rápido crescimento da implantação dessa forma de geração, de modo que mais de 250 sistemas são conectados por dia, acrescentando 3 MW diariamente à rede elétrica de distribuição. (ANEEL, 2019b) O gráfico a seguir demonstra esse ritmo exponencial no crescimento da instalação de geração distribuída no Brasil, superando as expectativas mais otimistas realizadas pela ANEEL.



Figura 2: Previsão e realização da potência instalada de micro e minigeração distribuída no Brasil. (ANEEL, 2019a)

Do ponto de vista operacional, a geração distribuída pode trazer uma série de benefícios e complexidades ao sistema de distribuição. A primeira consequência da instalação desses sistemas é a redução da energia proveniente dos geradores centralizados. Como no Brasil a geração é essencialmente hidráulica, os sistemas de geração distribuída ajudam a economizar água nas barragens das hidrelétricas. Em termos técnicos, os inversores utilizados na conexão desses sistemas de geração podem ajudar a melhorar a forma de onda, uma vez injetam energia na forma perfeitamente senoidal. A depender do porte, podem trabalhar ilhados quando da ocorrência de falhas no sistema centralizado, melhorando a confiabilidade do fornecimento. (Shayani, 2010)

Outras possíveis consequências positivas são o controle dos níveis de tensão e energia reativa circulante na rede, além do alívio dos alimentadores, a depender da forma com que esses sistemas estão espalhados no sistema de distribuição. (Kroposki, et al., 2010)

Por outro lado, os inversores de geradores distribuídos provocam pequenas distorções harmônicas na rede. Ainda que sejam dotados de filtros, esses efeitos não são totalmente mitigados e a instalação de geradores em larga escala podem resultar na piora dos níveis de harmônicos. (Shayani, 2010)

Além disso, a geração distribuída traz grande complexidade na previsibilidade do comportamento da rede, o que dificulta o planejamento de sua expansão e das melhorias necessárias. Tradicionalmente, as distribuidoras dividem os consumidores em classes e grupos de acordo com os perfis de carga. Por exemplo, os consumidores industriais tendem a utilizar energia de forma constante, com maior capacidade de responder a sinais tarifários horários, já os residenciais têm alta variação de consumo ao longo do dia, e concentram o uso fora do horário comercial. Todavia, com a geração distribuída, o fornecimento de energia aos usuários finais passa a depender, além de seus hábitos de consumo, da incidência solar e das variações dos ventos. Ou seja, inserem-se variáveis com algum grau de incerteza, dificultando ainda mais a previsão de comportamento do sistema. (Enslin, et al., 2016)

O fato é que diversos benefícios potenciais da geração distribuída acima citados podem não se traduzir em efetivos ganhos para o sistema elétrico, e a implantação desse sistema de geração tem potencial para trazer mais problemas que soluções. Como a decisão por instalar geração distribuída depende da vontade individual de cada consumidor, ela surge de modo pulverizado e pouco organizado na rede.

Sem uma coordenação, nem sempre se alcançam os benefícios de redução das perdas técnicas e alívio dos alimentadores. Isso demonstra, já hoje, a necessidade das normas setoriais e das práticas das distribuidoras evoluírem no sentido de incentivar a instalação da geração distribuída em locais mais estratégicos para a rede.

2.3 Armazenamento de energia elétrica

O armazenamento de energia elétrica consiste na absorção e armazenagem da eletricidade por um período de tempo antes de fazer o suprimento a cargas elétricas ou devolve-la para a rede. Nesse processo, a devolução da energia ocorre em um momento diferente e, se associada com sistemas de transporte, pode acontecer em um local diverso de onde a energia foi absorvida. (International Energy Agency, 2014)

Esses sistemas de armazenamento estão se tornando cada vez mais comuns no setor elétrico em todo o mundo, seja em instalações de grande escala (gerenciados pelas distribuidoras), ou de pequena escala (internos nas unidades consumidoras). Quando internos, normalmente estão associados a sistemas de geração distribuída, transformando-se em uma poderosa ferramenta de controle do sistema elétrico e economia tanto para os prestadores dos serviços de rede quanto para os seus proprietários. (Jaffe, et al., 2016)

Entretanto, apesar do pleno desenvolvimento da tecnologia, das melhorias de desempenho, da expressiva redução dos custos e de todo potencial para auxiliar na operação da rede, ainda não se desenvolveu um modelo de mercado capaz de remunerar adequadamente os sistemas de armazenamento de energia, havendo certo atraso regulatório e do arcabouço legal para receber esses sistemas. (Hong, et al., 2016)

De um modo geral, os sistemas de armazenamento podem ter diferentes escalas, podendo ser utilizados desde a escala doméstica (aumento da confiabilidade do fornecimento e atenuar o consumo nos horários de ponta) até a substituição de grandes centrais de geração (provimento de serviços ancilares). (Hong, et al., 2016)

O armazenamento de energia ainda é muito caro quando comparado com tecnologias substitutas (construção de novas redes ou instalação de geração flexível). Historicamente, os sistemas de armazenamento foram predominantemente instalados para ajudar no despacho da rede e em locais com demanda variável. Hoje em dia, com o crescimento da ênfase na descarbonização da energia, os sistemas de armazenamento focam na viabilização do uso de fontes renováveis. (International Energy Agency, 2014)

Em um futuro próximo, vislumbram-se diversos usos para as baterias no setor elétrico, dentro os quais se destacam: melhoria da curva de carga (fator de capacidade) do sistema de distribuição, prestação de serviços ancilares (melhoria do nível de tensão, por exemplo), diminuir a dependência dos consumidores do sistema centralizado (uso conjugado com pequenos sistemas intermitentes de geração), e promover a universalização do uso da energia (sistemas *off-grid* em regiões distantes). (International Energy Agency, 2014)

No Brasil, as pesquisas têm focado no desenvolvimento de baterias à base de sódio, lítio-enxofre e de fluxo. (Hong, et al., 2016) A figura a seguir resume os focos das pesquisas das principais universidades brasileiras no assunto:

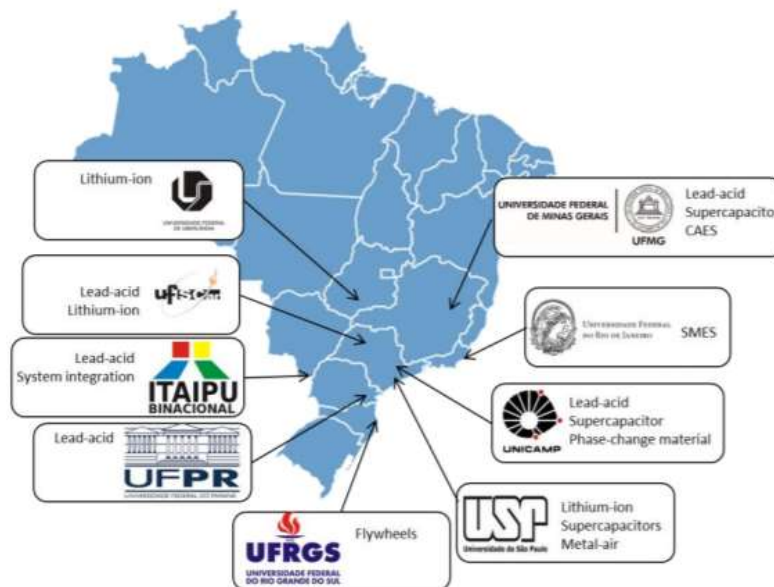


Figura 3: Principais pesquisas sobre armazenamento de energia elétrica no Brasil. (Hong, et al., 2016)

Mundo afora, além do pesquisas voltadas à redução do custo da tecnologia e melhoria de performance das baterias, muitos governos e interessados da indústria têm focado esforços em identificar e mitigar barreiras “não-técnicas” à disseminação dos sistemas de armazenamento. (International Energy Agency, 2014)

Como se vê, o uso de armazenamento de energia ainda é uma promessa no setor elétrico, mas que se tornará realidade em breve tendo em vista as pesquisas e desenvolvimentos em andamento. Além disso, a disseminação de geração distribuída tem sido um importante impulsor para viabilizar a tecnologia de armazenamento.



3. METODOLOGIA

De um modo simplificado, o presente trabalho busca identificar como a atividade de distribuição e os limites de atuação de uma distribuidora serão alterados em função da adoção massiva de novas tecnologias pelos usuários finais do setor elétrico.

Ainda que o processo de adoção dessas tecnologias esteja mais avançado em alguns países, elas ainda não atingiram um nível de penetração e de maturidade suficiente para provocar essas mudanças. Todavia, ainda que distante desse patamar, já é possível ver indícios do que ocorrerá em um futuro não tão distante, e a literatura especializada já prevê mudanças operacionais que as distribuidoras sofrerão com a disseminação dessas tecnologias. Comparando essas mudanças com o modelo setorial vigente, é possível prever como ele deverá evoluir de modo a receber o desenvolvimento tecnológico que já está em andamento.

3.1 Parâmetros da análise

Para entender como essa mudança ocorreria e quais os seus efeitos, é preciso inicialmente compreender como os limites de atuação de uma firma são definidos, conforme discutido na revisão teórica sobre esse tema no capítulo 2. A teoria dos custos de transação e dos limites da firma é aplicada ao setor de distribuição de modo a entender quais os limites de uma distribuidora de hoje, e como se chegou neles.

Como já evidenciado, vislumbra-se a disseminação da geração distribuída, incentivada pela busca de fontes mais limpas de produção de energia, e dos sistemas de armazenamento, cujo desenvolvimento tem sido conduzido pela eletrificação dos transportes. Mais do que definir que tecnologias são essas, estuda-se qual o nível de penetração em diversos países e quais efeitos a massificação de seu uso pode provocar.

Compreendendo como essas tecnologias mudam a forma de operar o sistema atual, e como se comportam os agentes que detém esses recursos (ditos como Recursos Energéticos Distribuídos – RED), é possível avaliar quais mudanças no modelo econômico do setor se fazem necessárias para integrá-las ao sistema elétrico de modo a maximizar a eficiência na prestação dos serviços.

Com base na teoria dos limites da firma, e na observação de exemplos de transformações nos limites tradicionais de atuação de algumas empresas que atuam em outros setores da economia, é possível avaliar quais seriam as novas fronteiras da distribuidora com o uso massivo de geração distribuída e sistemas de armazenamento.

A conclusão é que a tecnologia possibilitará que outros entes exerçam atividades que hoje são feitas exclusivamente pela distribuidora, tais como operação de pequenos trechos da rede e gestão de parâmetros de controle do sistema de distribuição. Com isso, os custos de contratação de terceiros para



exercer essas atividades tendem a ser paulatinamente reduzidos, e as distribuidoras serão levadas a contratá-los ao invés de elas mesmas exercerem essas atividades.

Isso significa que haverá uma segregação (ou *unbundling*) restrita ao setor de distribuição, e as atividades de uma distribuidora de hoje serão exercidas por vários entes, limitando a atuação da distribuidora aos processos mais nobres.

Assim, de modo resumido, este trabalho faz uma revisão analítica-empírica sobre o uso das tecnologias de geração distribuída e sistemas de armazenamento, bem como de suas consequências para a operação da rede. Isso é feito através de pesquisas em artigos de entes renomados, especialmente do *Institute of Electrical and Eletronic Engineers – IEEE*, do *Massachussets Institute of Technology – MIT* e da *Singularity University*.

4. RESULTADOS

4.1 *Desverticalização dos anos 1990 e o serviço de distribuição de hoje*

O North American Electric Reliability Corporation (NERC) define distribuidora como a entidade que provê facilidades para interconectar a carga do usuário final ao setor elétrico. Essa definição clássica resume o papel de uma empresa de distribuição, que é o de executar diversas subatividades necessárias para que a energia proveniente de um sistema centralizado chegue aos vários consumidores espalhados em determinada área de atuação. (Burger, et al., 2019)

Sendo a etapa final do fornecimento de energia, a distribuidora constrói subestações para rebaixar a tensão e redes para fazer o transporte da energia ao usuário final. Nessa linha, a empresa é responsável por planejar a expansão, construir e operar o sistema de distribuição. No entanto, até meados nos anos 1990, o sistema elétrico brasileiro era verticalizado, e uma mesma empresa de distribuição poderia prestar outros serviços de energia elétrica (geração e transmissão), sendo comum a atuação de uma distribuidora estender-se a essas outras atividades.

Além disso, dado que as empresas eram estatais, elas desempenhavam atividades conforme orientações e planejamento dos governos, confundindo-se, muitas vezes, com o próprio Estado. Não raramente, as empresas do setor elétrico efetuavam tarefas típicas do Estado (construção de infraestrutura de energia elétrica de grandes empreendimentos, por exemplo), e eram utilizadas para fins não relacionados com o setor, como o controle de inflação por meio de tarifas artificiais.

Assim, ao mesmo tempo em que as distribuidoras atuavam em toda a cadeia do setor elétrico, elas exerciam atividades de responsabilidade do Estado que a detinha. Portanto, ainda que fosse possível delinear com alguma precisão a atividade de distribuição, os limites de uma empresa distribuidora não eram tão claros, uma vez que elas adentravam na geração e transmissão e em atividades de Estado.

A falta de definição dos limites da distribuidora impossibilitou o foco nas atividades principais, e foi uma das razões para a grande ineficiência e má prestação dos serviços à sociedade.

Nos anos 1990, houve uma reforma no modelo do setor elétrico brasileiro, com a desverticalização e a desestatização de várias empresas do setor. Assim, houve uma segregação clara das atividades na cadeia setorial, e, por força de Lei, a atuação das distribuidoras ficou restrita exclusivamente à distribuição de energia. Além disso, houve um forte movimento de desestatização que, embora não tenha atingido todas as empresas, trouxe as distribuidoras para um modelo de mercado com forte regulação técnica e econômica. Com isso, a influência dos governos detentores das empresas foi drasticamente reduzido na distribuição, e a atuação da distribuidora deixou de confundir-se (ou passou a confundir-se menos) com a do próprio Estado.

Essa segregação de atividades alinhada ao afastamento do caráter estatal da prestação do serviço possibilitou igualar os limites de atuação de uma distribuidora à atividade de distribuição, com responsabilidades claramente estabelecidas em um contrato de concessão. Isso viabilizou que a

distribuidora pudesse focar o desempenho em seu negócio principal, especializando-se nele e desenvolvendo melhores práticas.

O resultado foi um salto não apenas na eficiência das distribuidoras, mas também na qualidade do serviço prestado aos consumidores finais. O mercado pôde ser atendido de forma irrestrita, apesar de alguns episódios de crise de geração provocados pela falta de planejamento somada a uma sequência de hidrologias desfavoráveis. No âmbito da distribuição, a universalização do serviço foi plenamente alcançada em zonas urbanas e estará concluída até 2020 nas zonas rurais (ANEEL, 2019a), com capilaridade do atendimento, que traz cidadania e melhoria de vida a setores marginais do sistema elétrico. Em outras palavras, o *unbundling* dos anos 1990 permitiu a definição clara dos limites da empresa distribuidora e promoveu diversos benefícios a toda a sociedade.

4.2 Surgimento de tecnologias disruptivas estressam o modelo setorial

Um princípio basilar do modelo surgido com a desverticalização é que a energia flui de grandes centrais geradoras até o usuário final, de forma unidirecional. Essa característica se mantém praticamente inalterada desde os primórdios do desenvolvimento da indústria do setor elétrico. Assim, todo o arcabouço legal e normativo e toda a operação da distribuidora foram montados para a existência de poucos geradores de maior porte, conectados em um sistema de transmissão capaz de transportar grandes blocos de energia até as distribuidoras. Estas deveriam atender o varejo do mercado, sendo também responsáveis por implantar as redes de modo capilarizado e pelo relacionamento comercial com os usuários finais.

Embora já houvesse alguma geração incorporada na distribuição quando esse modelo foi implantado, a quantidade nunca havia sido significativa de modo a quebrar a premissa. Todavia, nos últimos anos, houve forte disseminação de tecnologias que viabilizam a instalação de vários pequenos sistemas de geração pulverizados na rede elétrica, a chamada “geração distribuída”. A principal característica dessa modalidade é seu porte reduzido, conectada nos níveis mais baixos de tensão, com geração a partir de fontes intermitentes e limpa (principalmente solar e eólica).

Por diversos fatores (ambientais, econômicos, diversificação da matriz, etc.), o uso desse tipo de geração foi incentivado globalmente. Isso promoveu rápido desenvolvimento das tecnologias associadas a essas fontes, com redução exponencial dos custos de implantação.

De acordo com dados do Department of Energy (DOE) dos Estados Unidos, os incentivos regulatórios e fiscais promoveram o desenvolvimento da geração eólica, o que resultou em uma queda anual de 6% a 8% do custo de implantação desse tipo de geração, viabilizando a instalação de mais de 430 GW em todo o mundo. Ainda conforme o DOE, a geração fotovoltaica tem sido objeto de fortes inventivos na última década, e a evolução tecnológica dos componentes levou a uma redução de quase 75% do seu



custo. Com cerca de 200 GW instalados, o DOE espera que essa fonte em breve atinja valores de escala competitivos com outras fontes. (Brown, et al., 2016)

Na Itália, a inserção de geração renovável de pequeno porte foi tão rápida que trouxe dificuldades no planejamento da expansão e na operação das redes de distribuição. Neste país, foram conectados mais de 18 GW de geração renovável de pequeno porte, majoritariamente fotovoltaicos, que alimentam cerca de 30% da demanda da região sul da Itália durante o verão e correspondem a 11% da potência instalada de geração no país. A rápida disseminação da geração distribuída exigiu vultuosos investimentos para integrá-las à rede, uma vez que os métodos tradicionais de planejamento não consideraram esse crescimento. Isso tem forçado as distribuidoras italianas a buscarem novas tecnologias e métodos mais modernos de operação do sistema. (Ochoa, et al., 2016)

Com a expectativa de continuidade de queda acentuada no custo da geração distribuída, principalmente a fotovoltaica, verifica-se a necessidade de desenvolvimento de tecnologias que permitam a sua integração às redes tradicionais. Ainda que pouco visível aos usuários finais, está em pleno andamento um processo de digitalização e desenvolvimento de redes inteligentes (*Smart Grids*). O processo iniciou-se com a instalação massiva de medidores inteligentes, que, dentre várias outras funcionalidades, permitem a apuração do consumo com uma granularidade nunca antes experimentada. (Brown, et al., 2016)

Entretanto, os maiores desafios não são operacionais. Embora não haja expectativa de que a geração distribuída substitua as grandes gerações centralizadas, a sua instalação em patamares significativos evidencia necessidades de mudanças no modelo estabelecido no princípio de fluxo unidirecional da energia.

Como uma parcela importante da carga passa a ser atendida por uma geração vizinha, parte da rede que faz o atendimento torna-se ociosa. Em um primeiro momento, pode-se encarar isso como ganho operacional, mas como a instalação de geração distribuída ocorre de forma desorganizada (dependente da decisão individual de cada usuário, e não de um planejamento centralizado), a ociosidade nem sempre ocorre em locais em que isso seria benéfico (grandes centros de carga). Ou seja, o benefício potencial não se traduz em maior eficiência ou redução de custos para o sistema. Com isso, embora a geração distribuída provoque redução do mercado da distribuição, os custos operacionais fixos da distribuidora (que são grandes, dado se tratar de um monopólio natural), não são reduzidos na mesma proporção.

Logo, a manutenção dos custos fixos combinados com a redução do mercado resulta em aumentos de tarifas para os usuários que não detém sistemas de geração distribuída. Entretanto, é válido ressaltar que esse efeito de redistribuir custos fixos em um mercado menor decorre da forma com que a tarifa é cobrada. Embora a distribuição e toda a cadeia do setor elétrico sejam marcadas por grande parcela de custos fixos, historicamente optou-se por um modelo de tarifação em que os custos de rede fixos são cobrados da maioria dos usuários finais com base na quantidade de energia consumida. Em outras palavras, os custos majoritariamente fixos do setor são repassados aos consumidores na forma

volumétrica (variável pelo consumo), e uma redução de mercado resulta em necessidade de redistribuir os custos fixos.

Em síntese, ainda que a geração distribuída não seja a causa das distorções provocadas pela tarifação monômnia da grande maioria dos usuários, ela evidencia alguns efeitos que não eram problemáticos quando o sistema crescia para atendimento a um fluxo unidirecional de energia.

4.3 Interação com os sistemas de armazenamento

Para adicionar complexidade a esse cenário, há a possibilidade de esses sistemas de geração distribuída serem combinados com sistemas de armazenamento. Historicamente, o armazenamento de energia elétrica sempre foi algo caro e utilizado para alimentar equipamentos eletrônicos de baixo consumo (telefones celulares e notebooks, por exemplo), ou em situações bastante específicas.

Entretanto, com a eletrificação dos transportes, grandes investimentos estão sendo direcionados no desenvolvimento de baterias. Ainda que hoje ela ainda seja cara e precise de mais aperfeiçoamentos para ser popularizada, apesar da evolução tecnológica, em pouco tempo os sistemas de baterias serão combinados com a geração distribuída, viabilizando uma série de possibilidades ao usuário final que, além de gerar a própria energia elétrica, passará a decidir quando injetá-la na rede

Isso resultará em diversas oportunidades, principalmente no que diz respeito a mudanças de comportamento em resposta a sinais dinâmicos de preço da energia. O consumidor que gera a energia a partir de fontes intermitentes tenderá a armazenar a maior quantidade de energia possível durante o dia para descarregá-la nos horários em que a energia estiver mais cara.

O benefício potencial disso é o alívio do sistema nos momentos em que a rede estiver mais carregada. Todavia, a exemplo do que ocorre atualmente com sistemas de geração distribuída, a instalação desses sistemas dependente apenas da decisão individual de cada consumidor poderá fazer com que o benefício potencial não se traduza em redução dos custos de operação do sistema.

O resultado será uma quantidade significativa de consumidores gerando sua própria energia, armazenando-a e injetando ao mesmo tempo nos horários pré-definidos de custo maior (horário de ponta das tarifas verde, azul e branca, por exemplo). Sem possibilitar maior dinamismo e granularidade horária dos preços da energia, os sinais de preço utilizados para induzir redução de carga provocarão aumento massivo da injeção, o que pode ser maléfico para a rede elétrica.

Além disso, embora seja improvável que os consumidores fiquem completamente independentes das redes tradicionais centralizadas, há uma clara tendência de redução do uso dos serviços de rede das distribuidoras com a disseminação dos recursos energéticos distribuídos – RED. Com essa redução de mercado, haveria uma aumento tarifário aos demais consumidores, o que viabilizaria a instalação de outras tecnologias para reduzir o uso das redes. Esse processo é acelerado ainda mais pela rápida redução

dos custos dos RED. Ainda que a possibilidade de ocorrência da chamada “espiral da morte” da distribuição seja uma possibilidade remota, ela deve ser considerada como *driver* para alterações no modelo atual de distribuição. (Enslin, et al., 2016)

Assim, mantidas as condições regulatórias atuais, a disseminação da geração distribuída e dos sistemas de armazenamento será algo problemático para a rede, e já o é em alguns locais em que a instalação se encontra um pouco mais avançada. Ao invés de tratar a geração distribuída e o armazenamento como algo indesejável, tanto os reguladores quanto as distribuidoras deverão buscar adaptar os modelos operacional e econômico atuais da distribuição para evitar esses efeitos adversos, e passar a aproveitar os RED em benefício do sistema.

Quando isso ocorrer, os RED estarão totalmente integrados ao sistema de distribuição. Na visão de (Aguero, et al., 2016), com a disseminação dos RED, a rede de distribuição se transformará em um sistema composto por diversas microrredes locais, capazes de complementar regionalmente o suprimento centralizado tradicional, e a distribuidora deverá ser capaz de integrar essas diversas microrredes para formar um novo sistema de distribuição. Evidentemente, os consumidores fora dessas microrredes ainda serão a maioria do sistema, mas os que detêm os RED estarão em número suficiente para provocar essas mudanças.

Nessa linha, a atividade de distribuição de hoje (operar e expandir uma rede de alta capilaridade em que a energia flui de forma unidirecional), se transformará em gerenciar diversos (dezenas, quiçá milhares) de pequenos sistemas de geração e armazenamento dinâmicos, pulverizados na rede e de propriedade de terceiros. Mais do que desafios operacionais, as distribuidoras precisarão administrar sinais tarifários em tempo real para gerenciar esses sistemas.

Desse modo, quando for necessário reduzir a carga demandada do sistema centralizado (seja por aumento de consumo, limitação da rede ou por alguma contingência), a distribuidora elevará os preços da energia. Ao perceber esse movimento, as plataformas digitais de gerência dos recursos energéticos dos usuários passarão a injetar energia automaticamente. (Ochoa, et al., 2016) Na visão do Ofgem, esse cenário possibilitará o surgimento de agregadores de RED, intermediando a relação de diversos consumidores com a distribuidora.

Para controlar esse sistema com diversos fluxos de energia, o operador deverá ser capaz de lidar com milhares de nós elétricos, sendo imprescindível o uso de inteligência distribuída na rede, capaz de decidir automaticamente os preços necessários para solicitar energia dos RED. Eventualmente, essa atividade de decidir como e quando solicitar energia dos RED pode ser exercida por terceiros que cuidariam de um pedaço do sistema de distribuição, em parceria e sob a coordenação da distribuidora. (Enslin, et al., 2016)

Para que isso ocorra de forma plena, é imprescindível que a distribuidora disponha de ferramentas que lhe possibilite a aplicação de tarifas dinâmicas em locais estratégicos da rede. Atualmente, o arcabouço regulatório ainda não contempla nem incentiva esse novo modelo de operação, mas em breve



deverá fazê-lo para contornar as dificuldades trazidas pelo processo de disseminação das tecnologias que está em andamento.

Note que, nesse novo cenário, o papel da distribuidora muda radicalmente. Ao invés de ela mesma construir ativos e despachar equipes para lidar com eventos nas redes, ela deverá buscar ajuda dos recursos energéticos de propriedade dos usuários finais, e a melhor forma de fazer isso é dando sinais tarifários dinâmicos. Em outras palavras, a atividade de controle da rede se transformará em orquestrar fluxos de energia através de sinais tarifários. Nesse novo cenário, a contratação de serviços de terceiros para ajudar na operação do sistema (os ditos serviços ancilares) terá um baixíssimo custo de transação, sendo suficiente celebrar acordos operativos e efetuar variações locais e horárias nos preços da energia.

Em algum momento, o custo de exercer diretamente algumas atividades (notadamente aquelas que podem ser feitas com uso dos recursos energéticos distribuídos) será maior que os custos de transação para contratação de terceiros para executar os serviços ancilares. Quando isso ocorrer, as distribuidoras tenderão a deixar de executar essas atividades diretamente, redefinindo os limites de sua atuação.

Nessa linha, atividades que atualmente são consideradas típicas de uma distribuidora (remanejamento de carga, controle operacional do sistema, operação de microrredes, relacionamento com usuários finais, etc.) poderão passar a ser exercidas por outros entes. Além disso, novas atividades surgirão no âmbito da distribuição, gerando novos mercados de atuação para terceiros e para a própria distribuidora. Ou seja, algumas subatividades da distribuição de hoje, exercidas por uma empresa concessionária monopolista, e novas atividades que ainda estão por surgir, passarão a ser exercidas em um ambiente de mercado, em que diversos atores competirão para reagir do modo mais eficiente possível.

Desse modo, a atividade de distribuição mudará, e os limites de atuação de uma distribuidora também. Antes, a empresa era responsável por planejar e exercer todo um conjunto de subatividades necessárias para levar energia do sistema de transmissão aos usuários finais. No novo cenário que está se desenhando, algumas dessas subatividades serão desempenhadas por terceiros, redefinido o que a distribuidora fará no futuro. Daí, dentro do que hoje entendemos por distribuição, as atividades de terceiros se confundirão com a atuação da distribuidora, tornando tênues os limites entre todos esses agentes.

4.4 O unbundling e suas consequências

Tem lugar um novo tipo de “*unbundling*” no setor elétrico, agora interno e restrito à atividade de distribuição. Algumas das diversas subatividades de uma distribuidora de hoje passam a ser segregadas e exercidas por terceiros, cabendo à distribuidora gerenciar esses diversos entes através do

estabelecimento de padrões técnicos e econômicos, pelo uso de preços dinâmicos com alta granularidade espacial e horária.

A consequência é o surgimento de entes especializados na execução dessas subatividades. Desse modo, a distribuidora de hoje, responsável por executar todas as subatividades de distribuição será substituída por um conjunto de novos entes especializados em cada subatividade. A especialização tende a levar ao desenvolvimento de técnicas mais modernas e eficientes. Logo, com a segregação das atividades, cada ente poderá se especializar em suas próprias tarefas, podendo ser mais eficientes do que a distribuidora de hoje é ao realizá-las todas concomitantemente.

Um movimento semelhante ocorreu no setor de telecomunicações, com as empresas de telefonia celular. Um dos quesitos mais importantes para a prestação desse serviço é a área de cobertura, que depende essencialmente da localização das torres com antenas (ou estação rádio-base – ERB). Em um ambiente urbano, onde o espaço é um recurso escasso, as empresas buscavam instalar suas torres em locais estratégicos. Ao mesmo tempo em que garantiam a cobertura de seu sinal, as empresas impediam que os concorrentes prestassem o serviço na mesma região, dada a limitação para instalação de outras torres em ambientes urbanos. O resultado é que existia uma espécie de “mini-monopólio” nas áreas de cobertura de cada torre, em que apenas um operador prestava o serviço de telefonia celular e os outros tinham sérias dificuldades, ou ficavam impedidos, de fazê-lo em função das limitações impostas pelas regras de ocupação do solo.

Nesse cenário, a prestação do serviço de telefonia celular transformou-se em uma corrida por pontos estratégicos, altamente dependente do sucesso da atividade imobiliária das operadoras, e não do serviço prestado em si.

No sentido de estimular a competição e facilitar novos entrantes, reguladores de todo o mundo obrigaram os operadores de telefonia celular a compartilhar suas antenas com os concorrentes, mediante o pagamento de um aluguel com preços e condições previamente estabelecidos. Com isso, todas as operadoras passaram a ter possibilidade de prestar seus serviços em qualquer região geográfica. Daí, o principal diferencial deixou de ser a área de cobertura da operadora majoritariamente dependente de condições imobiliárias, e passou a ser a qualidade do serviço e as condições comerciais oferecidas aos clientes. (GSMA, 2012)

Nesse cenário, ao adentrar em uma nova área, tornou-se mais vantajoso para as operadoras pagar o aluguel de torres (gastar com OPEX) do que investir na construção de ativos – CAPEX (GSMA, 2012). Em outras palavras, os custos de transação para alugar torres de terceiros foi drasticamente reduzido por força da regulação, tornando-se menor do que os custos para execução direta do serviço. Consequentemente, as operadoras de telefonia celular deixaram de ser operadoras de torres, tendo uma redefinição de seus limites de atuação.

Isso abriu espaço para o surgimento de empresas especializadas no serviço de implantar torres de telefonia celular e aluga-las às operadoras, as chamadas *towercos* em inglês ou “torreiros” em português.



Em cerca de 20 anos de existência, essas empresas já investiram em torno de US\$ 300 bilhões nessas infraestruturas, detendo quase 70% das torres de telefonia celular em todo o mundo. (Osmotherly, 2018)

As consequências da desagregação da atividade de operar torres foram várias. O compartilhamento desses ativos permitiu a redução dos custos operacionais das operadoras e, ao mesmo tempo, promoveu a concorrência entre elas. Além disso, acelerou a expansão da área de cobertura, diminuindo os custos necessários para prover o serviço em áreas não atendidas. Com o aumento da concorrência, a sociedade passou a ter acesso a serviços de melhor qualidade a preços mais módicos, além da melhoria da cobertura de prestação do serviço.

Outro caso de desagregação de atividades-fim ocorreu na indústria automobilística, conforme exemplo trazido no trabalho (Holmstrom, et al., 1998). A fabricante de veículos Toyota sempre esteve entre as líderes mundiais no seu setor. Como todas as demais empresas do ramo, a Toyota projetava, construía as diversas partes do carro (motor, lataria, pneus, bancos, partes plásticas, etc.), fazia a montagem e a comercialização de seus veículos. Assim, os limites da empresa abrangiam toda a cadeia produtiva da fabricação de um veículo, que vai desde à concepção de uma ideia na fase de projeto até a venda ao usuário final. Isso possibilitava à empresa total controle sobre toda a cadeia, reduzindo a dependência de terceiros a atividades meio, mas obrigava-lhe a executar atividades muito diferentes umas das outras e gerenciar uma logística complicada.

Na busca por maior eficiência, a Toyota promoveu a segregação das atividades que envolvem a fabricação de veículos, reduzindo os limites de sua própria atuação. A fabricante passou a focar na parte da inteligência que envolve a fabricação de veículos, deixando a execução para empresas parceiras.

Dessa forma, a Toyota passou a concentrar sua atuação na definição dos projetos e de padrões produtivos a serem seguidos por empresas parceiras envolvidas na fabricação dos veículos. Nesse cenário, há um agente especializado em fabricar pneus, outro em fabricar motores, outro a lataria, e assim por diante. À Toyota cabe a criação, o projeto e a comercialização dos veículos, atividades mais nobres e que demandam maior especialização no setor. Além disso, a Toyota coordena a atuação de cada parceiro para que a soma das atividades individuais de cada um resulte na fabricação de um veículo com a qualidade que a empresa deseja. Isso possibilitou que a Toyota focasse nas atividades mais importantes, promovendo a diferenciação produtiva de seus concorrentes.

O resultado é que cada parceiro pôde se especializar ao máximo em cada uma das subatividades da fabricação de um veículo, trazendo maior eficiência a cada passo do processo. A atividade exercida por cada ente altamente especializado em cada etapa trouxe mais eficiência do que a realização de todas as atividades unicamente pela Toyota.

O contraponto é que a Toyota abriu mão do controle total de toda a cadeia produtiva de fabricação, dependendo de empresas parceiras para fabricar seus veículos. A forma encontrada para mitigar o risco da perda de *know-how* e do aumento dos custos de transação foi a formação de parcerias de longo prazo. Com relações contratuais longas, os parceiros atuam dentro do parque industrial da

Toyota, e toda a sua receita depende exclusivamente do contrato que têm com a fabricante. Isso os mantém estimulados a prestar bons serviços à Toyota para recuperação dos investimentos aportados em um longo prazo.

O exemplo da Toyota é um caso emblemático em que a redefinição dos limites de atuação de um fabricante de veículos trouxe evoluções e eficiência. A atividade tradicional da fabricação envolvia conhecimento e execução de cada uma das subatividades do processo. Com a redefinição dos limites da empresa e da atividade de fabricação, a Toyota pôde focar nos processos mais nobres (seu “ativo específico”), deixando a execução de outras tarefas para entes que poderiam fazê-lo de forma mais especializada e eficiente.

Essa mesma “Toyotização” ocorrerá na distribuidora do futuro. A distribuição será redefinida e limitada às atividades mais nobres (planejamento, definição de padrões de operação, relacionamento comercial com os usuários, etc.), e outras atividades (operação das microrredes, operação de sistemas de inteligência distribuídos, e relacionamento técnicos com os usuários, por exemplo) poderão ser realizadas tanto por empresas que atuarão em negócios que ainda estão por surgir, bem como por consumidores dotados de recursos energéticos distribuídos que responderão a sinais de preço em tempo real.

A redefinição do que significa distribuir energia traz diversas mudanças, e a mais importante é a redução do monopólio da atividade de distribuição na forma que existe hoje. Atualmente, como única empresa a prestar o serviço em determinada área, a posição de monopolista da distribuidora lhe dá grande vantagem na atuação em mercados competitivos ligados aos serviços de eletricidade. Por já manter relacionamento comercial com os usuários finais, a distribuidora detém informações indisponíveis a outras empresas, facilitando a oferta de produtos e serviços por empresas coligadas. Este talvez seja o maior valor agregado da distribuidora de hoje.

Entretanto, a redefinição da atividade de distribuição tenderá a diminuir essa vantagem de assimetria de informação. É provável que a distribuidora continue como única prestadora de vários serviços, mas isso será limitado a menos atividades do que é hoje, de modo que outras empresas terão acesso a informações atualmente disponíveis apenas para as distribuidoras.

Nessa linha, outras empresas também poderão ofertar mais serviços aos usuários finais. O principal deles talvez seja a criação de plataformas digitais para gerenciamento dos recursos energéticos de propriedade dos consumidores finais. Conforme relatado, a nova distribuidora será estimulada a utilizá-los para auxiliar na operação do sistema, o que implica interagir com os consumidores com maior agilidade. Isso poderá ser feito através de algoritmos que interagem com plataformas digitais de gerenciamento de RED através de sinais de preço dinâmicos. A interpretação desses sinais decidirá o melhor momento para armazenar ou injetar energia no sistema. Evidentemente, o consumidor leigo buscará o serviço de empresas especializadas para fazer esse gerenciamento conforme os sinais de preço fornecidos pelo operador do sistema. O prestador desse serviço será mais eficiente quando conseguir maximizar os benefícios ao proprietário de RED alterando o momento de injeção da energia.

Na nova distribuição, o serviço de gerenciamento dos RED será bastante valioso, e os prestadores terão que cativar seus clientes para demonstrarem ser capazes de aumentar os seus ganhos. Dessa forma, a distribuidora de hoje terá que se transformar, despiando-se da condição de monopolista (acostumada a ser procurada pelos usuários que requisitam a prestação do serviço) para cativar clientes no sentido de demonstrar-lhes ser o prestador de serviço mais eficiente em um ambiente concorrencial, dispondo de menos informações acerca desses potenciais consumidores. Haverá, portanto, uma transformação também no relacionamento comercial da distribuidora com seus usuários.

Evidentemente, essa transformação ocorrerá no longo prazo, mas é um processo inexorável que já se iniciou com a disseminação de sistemas de geração distribuída. O segundo passo – desenvolvimento de sistemas de armazenamento – está em pleno andamento e será seguido de transformações na legislação setorial. Acredita-se que todas essas mudanças no Brasil ocorrerão antes do fim dos Contratos de Concessão de distribuição renovados em 2015, com duração de 30 anos (até 2045). Em outras palavras, o desenvolvimento tecnológico exigirá adaptações na definição da atividade de distribuição antes mesmo do vencimento dos contratos vigentes.

Em alguns locais onde este processo está mais avançado já se estudam adaptações no arcabouço regulatório para contemplar essa nova atividade de distribuição. Em Nova York já se encontra em andamento um esforço para redefinir novos modelos de negócio para as distribuidoras, no sentido de repensar e modernizar a rede elétrica local. As mudanças mais significativas estão relacionadas com a agregação de valor aos serviços comumente prestados pelas distribuidoras, levando em consideração, principalmente, que a atividade deverá fazer uso dos RED em benefício de toda a sociedade. (Enslin, et al., 2016)

Essas mudanças tornarão a distribuidora mais dinâmicas e ativas, mais focada no consumidor e que estimulará a geração distribuída e a execução de várias conexões entre as macro e microrredes. As transformações revitalizarão uma indústria tradicionalmente conservadora e avessa a inovações, o que atrairá novos talentos. Por outro lado, também trará grandes desafios aos tomadores de decisão, reguladores e usuários finais. (Aguero, 2016)

Algo semelhante ocorreu no setor de telefonia fixa. O rápido desenvolvimento e disseminação da telefonia móvel trouxe obsolescência à rede tradicional de telefonia. O papel do concessionário monopolista alterou-se rapidamente, e a principal atividade de uma empresa de telefonia deixou de ser valiosa muito antes do vencimento dos contratos de concessão, em 2025. Isso exigiu rápida adaptação das concessionárias de telefonia fixa tradicionais, que passaram a atuar em mercados concorrenciais de outros serviços de telecomunicação (em especial telefonia móvel, TV a cabo, internet) sem as vantagens comerciais do monopólio. A consequência foi a melhoria dos serviços e drástica redução dos custos aos usuários finais.

Uma mudança mais recente e notável foi o surgimento do Uber. O desenvolvimento de uma plataforma digital viabilizou a prestação do serviço de transporte privado de passageiros de forma mais



eficiente aos usuários finais. Apesar do movimento contrário dos monopolistas desse serviço (os taxistas), a mudança ocorreu de forma rápida, obrigando aqueles que se viam protegidos sob égide do monopólio a atuar em um mercado concorrencial.

A redefinição de atividades tradicionais não está restrita aos monopólios. O setor de hotelaria também sofreu fortes mudanças com o surgimento de plataformas digitais de gerenciamento de hospedagem em propriedades privadas (Airbnb e assemelhados). Os hotéis se viram obrigados a agregar mais valor aos seus serviços e demonstrar diferenciação no setor.

Assim, vendo o mesmo ocorrer em outros setores da economia, é possível concluir que o setor elétrico não estará alheio a essas mudanças. A segregação das atividades de distribuição causada pelo surgimento de tecnologias disruptivas aliada à criação de plataformas digitais redefinirão profundamente a forma com que as empresas atuam no setor. A consequência será a prestação de serviços de eletricidade mais eficientes ao usuário final, seja pela especialização provocada pela nova divisão de atribuições, seja pelo fim do monopólio em algumas subatividades.

5. CONCLUSÕES

Imagine como Alexander Graham Bell, inventor do telefone, reagiria ao se deparar com o setor de telefonia hoje em dia: os cabos metálicos foram substituídos por fibras ópticas e transmissão sem fio, os aparelhos de telefone viraram computadores móveis e a informação transmitida deixou de ser voz e passou a ser *bits* de dados.

Imagine agora como Thomas Edison, inventor da lâmpada, e Nikola Tesla ficariam desapontados em notar que a última revolução tecnológica no setor elétrico foi o advento dos sistemas polifásicos, por eles presenciada em vida. Eles notariam que as mudanças ocorridas no setor elétrico pós Edison e Tesla decorreram principalmente da evolução dos materiais que compõem os elementos da rede e da modernização das técnicas operacionais com a disseminação da computação, e, fora isso, o setor elétrico não sofreu revoluções, sendo caracterizado pelo conservadorismo das práticas.

Desde a adoção da corrente alternada, vigora um modelo em que a energia é produzida em grande escala, transmitida em grandes blocos e distribuída em quantidades menores aos usuários finais. Ainda que tenham havido algumas evoluções no modelo econômico, operacionalmente o setor elétrico sempre esteve balizado nessa mesma premissa.

Todavia, nos últimos anos, o surgimento de novas tecnologias associado a mudanças sociais criou um ambiente favorável a maiores mudanças no setor elétrico. Do ponto de vista social, com a maior dependência de energia elétrica, os consumidores passaram a ser menos tolerantes a falhas no fornecimento, exigindo ações mais imediatas dos operadores da rede, reguladores e do governo no caso de defeitos. Os consumidores também deixaram de ser agentes passivos na rede, e passaram a exigir mais informações em tempo real sobre o uso da energia e adquirir pequenos sistemas de geração (e de armazenamento, em breve), possibilitando reagir a esquemas de resposta pelo lado da demanda. Além disso, a sociedade passou a exigir mais cuidado com o meio ambiente, pressionando para redução ou extinção de formas consideradas sujas de geração, ainda que mais caras. (Brown, et al., 2016)

Já no campo tecnológico, ocorreu um movimento de incentivo ao desenvolvimento e instalação de geradores de pequeno porte a partir de fonte limpa (majoritariamente solar e eólica) pulverizados na rede elétrica, a chamada “geração distribuída”. Com o incremento dos investimentos em baterias, em um futuro próximo, essa forma de geração de energia poderá ser associada a sistemas de armazenamento, possibilitando ao consumidor gerar a própria energia e decidir o melhor momento de injeta-la na rede.

Ainda que não haja expectativa que esses usuários se tornem a maioria, a sua existência em um número considerável já é suficiente para provocar profundas mudanças operacionais. Todavia, o maior desafio não é adaptar a rede à nova característica desses usuários, mas sim em rever um modelo setorial instituído sob o princípio do fluxo unidirecional da energia, de modo a corrigir pequenas distorções que nunca causaram maiores problemas e, principalmente, para possibilitar o aproveitamento desses recursos energéticos distribuídos para melhoria da eficiência operacional.

As mudanças passam pela redefinição da atividade de distribuição como hoje a conhecemos, e de como a distribuidora a exerce. Embora a definição de distribuição seja algo estabelecido há vários anos (conjunto de atividades para interligar o usuário final ao restante do setor elétrico), o papel da distribuidora evoluiu ao longo dos anos. Até meados da década de 1990, os limites de atuação da distribuidora abrangiam atividades de transmissão e de geração, bem como algumas tarefas típicas de Estado. Após a desverticalização, a atuação da distribuidora ficou única e exclusivamente restrita à distribuição, cabendo a ela exercer um monopólio na execução da atividade. Isso trouxe inúmeros ganhos na prestação do serviço, tais como a universalização dos serviços de eletricidade e melhoria da qualidade, o que se refletiu a benefícios para toda a sociedade

Todavia, com a disseminação da geração distribuída e dos sistemas de armazenamento (e de outras tecnologias que poderão surgir nos próximos anos), a distribuidora terá uma nova definição de seus limites. Parte das atividades que hoje são consideradas típicas de uma distribuidora passarão a ser exercidas por outros entes. Além disso, novas atividades surgirão, tais como a gestão dos recursos energéticos do consumidor e a operação de pequenos sistemas elétricos (microrredes). Algumas dessas atividades, hoje restritas à distribuidora, passarão a ser exercidas em um ambiente competitivo. Assim, dentro do que hoje entendemos por distribuição, as atividades de terceiros se confundirão com a atuação da distribuidora, tornando tênues os limites entre todos esses agentes.

Nesse cenário, ao invés de operar e expandir redes com alta capilaridade em que a energia flui de forma unidirecional, a distribuidora passará a gerenciar diversos entes atuando em sua rede, com vários sistemas de geração e armazenamento espalhados, além de eventuais operadores de microrredes. Para isso, ela deverá conversar em tempo real com esses agentes, estimulando a injeção ou o armazenamento de energia através de sinais tarifários com maior granularidade de tempo e de espaço. Ou seja, a distribuidora não deverá mais focar esforços na operação da rede em si, mas sim no estabelecimento de padrões operacionais e econômicos a serem seguidos pelos que atuarem no sistema de distribuição fazendo uma parte das atividades que hoje compreendem a distribuição. Com isso, o desempenho do sistema deve ser maximizado com o uso dos recursos energéticos distribuídos.

Logo, cada ente poderá se especializar em uma subatividade da distribuição, trazendo técnicas mais modernas e maior eficiência a cada etapa do processo. O resultado desse novo *unbundling* é que vários agentes especializados exercerão somados a atividade que hoje é desempenhada apenas pela distribuidora, o que resulta em uma maior eficiência e melhoria dos serviços ao usuário final.

Outro resultado da desagregação das atividades de distribuição é a redução do monopólio da distribuidora de hoje, com conseqüente diminuição das vantagens que ele propicia (dispor de informações dos consumidores indisponíveis a outros entes, por exemplo). Conseqüentemente, a competição pela disputa de alguns serviços (gerenciamento dos recursos energéticos dos consumidores, por exemplo) será mais igualitária, e a distribuidora deverá passar a cativar consumidores, algo pouco exercido por elas atualmente. Os resultados são os ganhos advindos com a inserção de competitividade em um mercado: preços mais justos e aumento da oferta, por exemplo.



Por fim, destaca-se esse é um processo inexorável e que já se iniciou, podendo ocorrer antes mesmo do fim dos Contratos de Concessão de distribuição recém renovados em 2015, mostrando-se desafiador para distribuidora, governos e reguladores acostumados a atuar em um mercado pouco revolucionário. Quando se efetivarem, essas mudanças transformarão a atividade de distribuição como a conhecemos hoje, e, finalmente, deixariam Edison e Tesla surpreendidos com o novo setor elétrico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguero, Julio. 2016.** Electric Industry's Quest: The Utility and Grid of the Future. *IEEE Power & Energy*. 5, Setembro/Outubro de 2016, Vol. 14.
- Aguero, Julio, Khodaei, Amin e Masiello, Ralph. 2016.** The Utility and Grid of the Future. *IEEE Power & Energy*. 5, Setembro/Outubro de 2016, Vol. 14.
- ANEEL. 2019a.** Agência Nacional de Energia Elétrica. *Relatório de Análise de Impacto Regulatório 004/2019-SRD/SCG/SMA/ANEEL*. [Online] 2019a. [Citado em: 20 de 03 de 2019.]
- . **2019b.** Agência Nacional de Energia Elétrica. *Unidades Consumidoras com Geração Distribuída*. [Online] 2019b. http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp.
- . **2019c.** Agência Nacional de Energia Elétrica. *Regulação dos Serviços de Distribuição*. [Online] 2019c. [Citado em: 29 de Junho de 2019.] <http://www.aneel.gov.br/regulacao-da-distribuicao>.
- . **2012.** Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012. [Online] 2012. [Citado em: 20 de 03 de 2019.] <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.
- . **2019a.** Universalização. *Universalização*. [Online] 2019a. <http://www.aneel.gov.br/universalizacao>.
- Brown, Richard, Wilson, Scott e Nispen, Hugo Van. 2016.** Becoming the Utility of the Future: Risks and Opportunities. *IEEE Power & Energy*. Setembro/Outubro de 2016, Vol. 14, 5, pp. 57-65.
- Burger, Scott, et al. 2019.** Why Distributed. *IEEE Power & Energy Magazine*. March/April, 2019.
- Coase, R. H. 1937.** The Nature of the Firm. 1937.
- Energy Democracy Initiative. 2018.** *U.S. Power Plant Capacity Additions*. 2018.
- Enslin, Johan, Bhatt, Ronak e Cox, Robert. 2016.** Applying the Principle of Locality. *IEEE Power & Energy*. 5, Setembro/Outubro de 2016, Vol. 14, pp. 66-74.
- GSMA. 2012.** Mobile Infrastructure Sharing. [Online] Setembro de 2012. [Citado em: 04 de Julho de 2019.] <https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/09/Mobile-Infrastructure-sharing.pdf>.
- Holmstrom, Bengt e Roberts, John. 1998.** The Boundaries of the Firm Revisited. *Journal of Economic Perspectives*. 4, Fall de 1998, Vol. 12, pp. 73-94.
- Hong, Sanghyun e Radcliffe, Jonathan. 2016.** University of Birmingham. *Energy Storage in the UK and Brazil: Challenges, Capability and Opportunities*. Julho de 2016.
- International Energy Agency. 2018.** Renewables 2018: Analysis and Forecasts to 2023. [Online] 2018. [Citado em: 2019 de Março de 20.] <https://webstore.iea.org/download/summary/2312?fileName=English-Renewables-2018-ES.pdf>.

—. **2014.** Technology Roadmap: Energy Storage. 2014.

Jaffe, Sam e De Leon, Shmuel. 2016. Behind-The-Meter Energy Storage Systems for Renewables lintegration. *Leonardo Energy*. [Online] Outubro de 2016. [Citado em: 30 de Julho de 2019.] www.leonardo-energy.org.

Kroposki, Benjamin, DeBlasio, Richard e Simoes, Marcelo. 2010. Benefits of Power Electronic Interfaces. *IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION*. 3 de Setembro de 2010, Vol. 25, 3, pp. 901-908.

Massachusetts Institute of Technology. 2016. Utility of the Future. [Online] 2016. <http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Utility-of-the-Future-Full-Report.pdf>.

Ochoa, Luis, et al. 2016. Embracing an Adaptable Flexible Posture. *IEEE Power & Energy*. 5, Setembro/Outubro de 2016, Vol. 14, pp. 16-28.

Osmotherly, Kieron. 2018. ITUNews. *Independent towercos inaugurate an era of infrastructure sharing*. [Online] International Telecommunication Union, 2018. [Citado em: 5 de Julho de 2019.] <https://news.itu.int/independent-towercos-infrastructure-sharing/>.

Palácio do Planalto. 2004. Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004. [Online] 2004. [Citado em: 20 de 03 de 2019.] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163.htm.

Schweppe, Fred C. 1978. Power: Power systems 2000: Hierarchical control strategies: Multilevel controls and home minis will enable utilities to buy and sell power at real time-rates determined by supply and demand. *Spectrum, IEEE*. 1978, Vol. 15, 7, pp. 42-47.

Shayani, Rafael Amaral. 2010. Método para determinação do limite de penetração da geração distribuída fotovoltaica em redes radiais de distribuição. Brasília, DF, Brasil : s.n., Agosto de 2010.

United States Environmental Protection Agency. 2019. Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts. [Online] 2019. [Citado em: 20 de 03 de 2019.] <https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>.