

Subprojeto 1

Visão Estratégica Setorial

Fevereiro

2019

Visa registrar o conteúdo desenvolvido no Subprojeto 1 no âmbito do Projeto de P&D cooperado sobre Modernização das Tarifas de Distribuição de Energia Elétrica: **Visão estratégica global do setor de distribuição de energia**

Versão revisada de 11 de fevereiro de 2019

Relatório

Técnico

Equipe

Coordenadora do Projeto:

Lavinia Hollanda

Gerente do Projeto:

Solange Kileber

Coordenação Geral:

Marco Antonio de Paiva Delgado

Autor:

Prof. Carlos Rufín, Ph.D.

Sumário

1. Resumo Executivo	4
2. Introdução	8
3. Metodologia	9
4. Novas tendências globais do setor da distribuição de energia elétrica	10
4.1. Contexto da transformação do setor	10
4.2. Mudança tecnológica: o sistema elétrico “distribuído-integrado”	13
5. Novos modelos de negócio	18
5.1. Digitalização	20
5.2. Análítica	21
5.3. Plataformas	22
5.4. Transformação da experiência do cliente	24
5.5. Desafios da implementação	25
6. Repertório regulatório global	28
6.1. Exemplos internacionais	30
7. Considerações finais	33
8. Bibliografia	35
Anexo: Modelos de negócio atuais para serviços de gerenciamento da energia	38

1. Resumo Executivo

Este relatório visa à contextualização do projeto de P&D, oferecendo uma visão global do setor de distribuição frente aos desafios de caráter fundamentalmente tecnológico e também ambiental, e as implicações para a regulação do setor. O relatório oferece um diagnóstico da evolução do setor de distribuição de energia elétrica, focando-se nas principais tendências globais perantes ao setor no momento atual e no futuro previsível, o desenvolvimento de novos modelos de negócio a partir das mudanças tecnológicas e exigências ambientais para a produção e consumo da energia, e em terceiro lugar, o novo repertório que visa a transformar a regulação do setor em resposta a essas tendências e modelos.

A questão-chave decorrente da análise apresentada é a mudança do papel da distribuição de eletricidade. A descentralização da geração de energia elétrica, combinada com novas tecnologias para o fluxo e gerenciamento da informação, e não apenas da energia, implicam uma profunda transformação do negócio da distribuição. Passa-se da atividade varejista, isto é a entrega de produto ao consumidor final, para a atividade de *plataforma*, ou seja uma entidade de gerenciamento de redes de informação e serviços que fluem em direções múltiplas. Diante desse cenário, o futuro papel da regulação deve passar também por uma grande transformação, envolvendo não apenas energia como também informação e novos paradigmas para a proteção do consumidor e outros agentes.

A combinação das tecnologias digitais com as tecnologias de energia renovável e de armazenamento de energia, especialmente a energia solar, a qual pode operar cada vez mais economicamente em tamanhos cada vez menores, está transformando o paradigma de funcionamento das redes de distribuição, do modelo até agora dominante, de relações verticais, fluxo da energia de alta a baixa tensão, controle centralizado da rede, e usuários passivos, para o novo paradigma chamado de “sistema elétrico distribuído-integrado,” de estrutura horizontal, com fluxos de energia multidirecionais, consumidores ativos, e gestão baseada na interação de inúmeros dispositivos intercomunicados em diversos níveis. Nesse sistema elétrico, as empresas de distribuição estruturam uma nova organização distribuída do sistema, onde a geração não é apenas coordenada pelo operador da rede de transmissão, mas interage também ao nível da distribuição, em forma dos chamados recursos energéticos distribuídos, com os consumidores. O entorno “distribuído” não precisa apenas de mecanismos para as transações comerciais de energia entre os agentes locais, mas também de mecanismos para garantir a confiabilidade da rede local, a chamada “confiabilidade distribuída,” usando de diversas

tecnologias, como geração a pequena escala, o armazenamento de energia, e equipamentos de controle de fluxo e uso da energia.

Para as atuais empresas de distribuição, duas questões estratégicas fundamentais decorrentes desse novo cenário são: Quem vai fornecer esses serviços (ou seja, como será feita a criação de valor)? E quem vai lucrar com esses serviços (ou seja, como será feita a captura do valor)? Uma possibilidade é a continuidade do modelo atual, onde apenas a distribuidora cria o valor; outra é onde além dos serviços vinculados às funções mínimas, ainda supridos pela distribuidora, outros serviços são supridos por outras empresas; e terceiromente, um sistema no qual plataformas descentralizadas permitem aos agentes contratarem diretamente os serviços de diversos fornecedores ou de outros agentes.

A revisão das publicações recentes sobre o setor revela diversos novos modelos de negócio decorrentes das transformações ou “disrupções” acima descritas; ou mais acuradamente, diversos elementos que podem constituir a base ou o núcleo para novos modelos de negócio:

1. **Digitalização:** A digitalização é a aplicação da tecnologia digital aos diversos processos e atividades da empresa. A digitalização pode reduzir os custos operacionais de uma empresa de distribuição até um 25% e ganhos em desempenho de até 40%. A área mais importante para a redução de custos e melhora do desempenho é a manutenção dos ativos físicos; outras iniciativas estão focadas no relacionamento com o cliente, o aproveitamento de equipamentos domésticos inteligentes, a análise do consumo da energia, e o gerenciamento da geração distribuída.
2. **Analítica:** os processos de captação e uso de dados, chamados como um todo de “analítica” (analytics), abrangem a obtenção de dados; a modelação de sistemas, inclusive o uso da inteligência artificial para o desenvolvimento de algoritmos, sobre a base dos dados obtidos; e a automação e melhora da lógica de decisões no seio da empresa. A otimização dos processos de tomada de decisões permite eficientizar o uso dos ativos e da mão de obra, reduzindo custos do 25% ao 40%. A analítica permite também a otimização de micro-redes e uma análise mais acurada das necessidades dos clientes, afim de desenvolver ótimas experiências para eles, além de novos produtos para a gestão da inteligente da energia e para a flexibilização do consumo.
3. **Plataformas:** o conceito de plataforma representa uma das mudanças mais importantes dentro do novo paradigma do setor, pois constitui o núcleo do sistema distribuído-integrado. Na distribuição de energia elétrica, o conceito faz referência à facilitação de

transações entre agentes vinculados por redes. O modelo de plataformas descentralizadas acima mencionado é o mais inovador, ao tentar de resolver o problema básico de governança sem um agente central monitorando o cumprimento das regras; mas é também o mais disruptivo para as atuais empresas de distribuição, pois poderia eventualmente reduzir o escopo delas à construção e manutenção da rede física (“fio”) local. A tecnologia de *blockchain* ou registro distribuído está sendo aplicada em algumas experiências piloto, como solução ao problema de governança. Mas é uma tecnologia ainda pouco provada enquanto à segurança, e questões como a manutenção física da rede, podem dar lugar a conflitos entre os participantes, exigindo ainda um mecanismo de governança mínimo para lidar com essas possibilidades.

4. **Transformação da experiência do cliente:** a aplicação da tecnologia para todas as experiências do cliente pode atender às expectativas cada vez maiores dos consumidores. Essa transformação envolve muitos aspectos da empresa: a atenção à imagem de marca; uma nova e mais cuidadosa segmentação do mercado; uso do marketing digital; desenvolvimento de novos produtos; foco e excelência em vendas; individualização da experiência do cliente ao longo do seu ciclo de vida; a excelência operacional; e a precificação dinâmica.

A implementação desses modelos e elementos comporta grandes desafios. Primeiramente, como em todo tipo de mudança em organizações, os maiores desafios são de ordem comportamental e não tecnológico: a falta de visão clara para o setor, a aversão ao risco, e a complexidade e lentidão da transformação de culturas organizativas. Também o comportamento dos consumidores gera novos desafios, ao exigirem qualidade no serviço com pouca disposição para pagar por ele. Os aspectos tecnológicos também trazem desafios mais específicos: a incorporação de novas tecnologias e sistemas, a atração e retenção de pessoal experiente em tecnologias digitais, e a modificação de muitos processos internos e questões de ordem legal e regulatória. Felizmente, as distribuidoras têm importantes ativos e experiências de outros setores: acesso a grandes quantidades de dados e experiência no uso deles, e acesso ao capital necessário para a implementação de novas tecnologias e modelos de negócio.

O novo paradigma da distribuição de energia elétrica num sistema distribuído-integrado traz inevitavelmente muitas e importantes questões regulatórias. Ao mesmo tempo, a incertidão da resposta regulatória às grandes mudanças do setor supõe um entrave para a sua transformação. Os principais temas diretamente relacionados com as questões aqui examinadas são: a necessidade de prever os impactos da inovação e desenvolver mecanismos de remuneração compatíveis com o entorno de inovação disruptiva; a interação dos RED com

outros elementos do sistema elétrico, a identificação e escolha das atividades, e dos ativos necessários para essas atividades, passíveis de atribuição às empresas de distribuição no novo paradigma, e daquelas e daqueles a serem desenvolvidos por outros agentes, em base aos benefícios do mercado frente às economias de escopo e de escala; o planejamento da rede para fluxos multi-direcionais e tecnologias inteligentes; o equilíbrio financeiro diante da necessidade de balanço e liquidação das transações locais; e a transparência e proteção da intimidade no uso da informação.

Os principais incentivos regulatórios salientados para estimular às distribuidoras a avançarem na procura dos benefícios da inovação em curso, são: a mudança do foco regulatório tradicional no investimento em ativos (*capex*) e a base de ativos, para o gasto total da empresa (*totex*), ou a redução da vida útil regulatória dos novos ativos; o aumento da taxa de remuneração do capital, em consideração do maior risco tecnológico do investimento; e a criação de programas de investimento financiados com recursos tarifários especificamente dedicados, ou a criação de fundos de investimento ou inovação.

Finalmente, vale a pena salientar três exemplos de iniciativas regulatórias visando a adaptar a regulação ao novo paradigma do setor:

- Na Holanda, uma aliança multi-setorial de empresas propôs um modelo para a comercialização da flexibilidade conformado por um produto de flexibilidade padronizado e transável e um mecanismo de gerenciamento da geração e consumo locais, sob a gestão de uma entidade coordenadora (ou agregadora), onde a distribuidora recupera os seus custos de investimento e manutenção da rede física por via de tarifa regulada.
- A agência regulatória da Bélgica desenvolveu um modelo oferecendo a possibilidade de agregação de ofertas de flexibilidade, as quais são feitas a uma entidade equilibradora do sistema local, através de transações com o operador do sistema de transmissão e os compradores de flexibilidade; a distribuidora tem a opção de atuar como esse tipo de entidade.
- No Estado de Nova Iorque, nos EUA, uma proposta da agência regulatória New York Public Service Commission pretende a transformação das distribuidoras, rebatizadas como “Supridoras de plataformas do sistema de distribuição,” em entidades coordenadoras de recursos distribuídos e mercados locais, além do planejamento e operação da rede de distribuição.

2. Introdução

Este relatório visa à contextualização do projeto de P&D, oferecendo uma visão global do setor de distribuição frente aos desafios de caráter fundamentalmente tecnológico e também ambiental, e as implicações para a regulação do setor.

O relatório oferece um diagnóstico da evolução do setor de distribuição de energia elétrica, focando-se nas principais tendências globais perantes ao setor no momento atual e no futuro previsível, o desenvolvimento de novos modelos de negócio apartir das mudanças tecnológicas e exigências ambientais para a produção e consume da energia, e em terceiro lugar, o novo repertório que visa a transformar a regulação do setor em resposta a essas tendências e modelos. É importante salientar que o diagnóstico não pretende uma descrição das novas tecnologias em aplicação ao setor, tais como o uso da Inteligência Artificial ou o conjunto de tecnologias englobado sob o conceito de Redes Inteligentes, mas busca analisar os efeitos dessas tecnologias sobre a função, estrutura, e economia da distribuição de energia elétrica, ou seja das redes de intercâmbio de eletricidade operando em média e baixa tensão e distâncias pequenas. Além dessa análise, e considerando a orientação do projeto para o processo de modernização tarifária, o relatório também dá especial atenção à identificação e avaliação dos novos mecanismos de regulação econômica do setor a nível global.

Em qualquer caso, procura-se complementar as informações apresentadas em outros relatórios que fazem parte do Subprojeto 1, notadamente o relatório da Atividade 2, “Novos Arranjos Comerciais e Modelos de Negócio,” e o relatório da Atividade 3, “Repensando a Regulação das Distribuidoras.” A principal diferença é a procura, no presente documento, de inovações com maior potencial disruptivo para o setor e para a sua regulação, independentemente da sua aplicabilidade ao caso brasileiro a curto prazo. Isso porque muitas dessas inovações com certeza terão eventual impacto no setor elétrico do país, exigindo assim adequada antecipação e preparação.

A questão-chave decorrente da análise apresentada a seguir é a mudança do papel da distribuição de eletricidade. A descentralização da geração de energia elétrica, combinada com novas tecnologias para o fluxo e gerenciamento da informação, e não apenas da energia, implicam uma profunda transformação do negócio da distribuição. Usando conceitos existentes em outros setores, passa-se da atividade varejista, isto é a entrega de produto ao consumidor final, em pacotes de pequeno porte e de forma unidirecional que abrange a chamada “última milha” (*last mile*), para a atividade de *plataforma*, ou seja uma entidade de gerenciamento de redes de informação e serviços que fluem em direções múltiplas (De Martini & Kristov, 2015).

Não deve surpreender o fato que, diante desse cenário, o futuro papel da regulação deve passar também por uma grande transformação, envolvendo não apenas energia como também informação e novos paradigmas para a proteção do consumidor e outros agentes.

A seguir, explica-se brevemente a metodologia utilizada para a preparação do relatório. A quarta seção descreve o panorama das tendências globais do setor da distribuição, seguida por a seção sobre novos modelos de negócio decorrentes dessas tendências, e outra seção de descrição e análise de novos repertórios da regulação.

3. Metodologia

Sendo a abordagem metodológica para o Subprojeto fundamentalmente recopilativa, visando a oferecer uma visão abrangente das mudanças em curso do setor dentro e fora do Brasil, a base deste estudo é a pesquisa bibliográfica com abrangência internacional, especialmente sobre o impacto das tecnologias de ponta incidentes sobre o setor nos países mais tecnologicamente avançados (principalmente EUA e Europa), e sobre as respostas regulatórias a esses impactos. A pesquisa bibliográfica também tem amplitude enquanto ao tipo de referências procuradas, abrangendo principalmente artigos em revistas acadêmicas, livros orientados à comunidade acadêmica e publicações de organizações internacionais e de *think-tanks*, sem esquecer, porém, artigos e livros orientados aos tomadores de decisões (*practitioners*). O resultado pretendido é a identificação e análise dos fatores e tendências estratégicas que afetam ao setor de distribuição de eletricidade a nível global, mostrando os constrangimentos e oportunidades para as empresas do setor decorrentes dessas condições e tendências de tipo principalmente tecnológico, mas também político, social, e físico, notadamente a necessária descarbonização da energia afim de se evitar imprevisíveis consequências do efeito estufa.

A abordagem metodológica mais adequada para pesquisa bibliográfica do tipo necessário para o Subprojeto, é a chamada de *literature review* (revisão da literatura). A comunidade acadêmica desenvolve novas ideias e paradigmas através da publicação de novas ideias e resultados, os quais permitem a outros membros da comunidade avançarem nos seus projetos de pesquisa, criando-se assim um verdadeiro acervo coletivo do conhecimento. A consulta desse acervo coletivo oferece, portanto, o “estado da arte” de uma disciplina acadêmica ou científica num período específico, isto é o diálogo entre os membros da comunidade ao contribuírem novos conceitos e análises. O valor da consulta é ainda maior se a

bibliografia consultada inclui principalmente, como é o caso neste estudo, artigos e livros sujeitos a avaliação prévia e anônima por outros membros da comunidade, o que garante os trabalhos publicados serem mais originais e valáveis.

A pesquisa começou procurando referências de artigos acadêmicos na base de dados EBSCOHost, pois é a mais amplamente consultada no entorno acadêmico, contendo múltiplas sub-bases, dentre as quais a principal, para o presente trabalho, é a “Academic Search Complete,” com 8.000 revistas com texto completo disponível desde o início da publicação da revista. Também foi feita procura na sub-base “Business Source Complete,” com mais de 1.300 revistas disponibilizadas. Seguindo a metodologia da *literature review*, a leitura dos artigos encontrados revelou, na vez, novas referências. Esse processo foi repetido até não encontrar novas referências relevantes para o estudo. Infelizmente, o caráter recente e muitas vezes em andamento das mudanças a serem analisadas, conjuntamente com os longos ciclos da pesquisa acadêmica (típicamente vários anos, desde a conceituação da pesquisa até a publicação em revistas acadêmicas), resultam em poucas publicações acadêmicas já disponíveis sobre os tópicos de interesse para o relatório.

Além da procura em bases de dados bibliográficas, foram examinados também os catálogos de publicações das principais organizações não-acadêmicas de pesquisa do setor elétrico, e de pesquisa sobre estratégia, como o Conselho de Reguladores de Energia da Europa (*Council of European Energy Regulators-CEER*), o Instituto de Pesquisa sobre Energia Elétrica (*Electric Power Research Institute-EPRI*), e a consultora estratégica McKinsey & Company. Finalmente, os outros relatórios preparados para ABRADÉE para o Subprojeto 1 por outras entidades foram também compartilhados com o autor como base para o estudo.

As fontes selecionadas por esse processo para a elaboração do relatório (artigos, textos para discussão, e outros estudos) encontram-se referenciadas na Bibliografia do relatório.

4. Novas tendências globais do setor da distribuição de energia elétrica

4.1. Contexto da transformação do setor

Na década de 90 do século passado, o setor elétrico experimentou grandes mudanças estruturais, as quais foram constituídas por três componentes fundamentais: a transferência da propriedade ou controle dos ativos do setor público ao privado; a desverticalização do setor, com separação entre segmentos competitivos (geração e comércio atacadista ou varejista) e

monopolísticos (transmissão e distribuição); e a introdução da concorrência nos segmentos competitivos. Embora o desenvolvimento das centrais termelétricas de ciclo combinado (cogeração) foi um fator importante, ao reverter uma tendência desde quase os primórdios da indústria para aumentos na escala eficiente das unidades de geração, o principal motivo das mudanças foi fundamentalmente econômico-político, num contexto mundial de ênfase nos mercados e a propriedade privada como base da prosperidade econômica.

Por contra, a atual transformação provém diretamente de novas mudanças tecnológicas, conjuntadas com a crescente preocupação da sociedade pela mudança climática e a necessidade da descarbonização da produção de energia. De uma parte, a tecnologia de geração tem experimentado uma mudança radical com o desenvolvimento das placas fotovoltaicas, as quais podem produzir energia elétrica a custos já comparáveis aos das grandes termelétricas mas em escala muito reduzida. Aliás, a tecnologia fotovoltaica tem sido fortemente impulsionada pela política pública, inclusive regulatória, em muitos países afim de reduzir a dependência da geração termelétrica e nuclear. De outra parte, a tecnologia da informação ou tecnologia digital está introduzindo novas possibilidades para o setor elétrico, como já foi o caso para muitos outros setores, por exemplo o varejo e as comunicações.

De fato, segundo Nillesen e Pollitt (2016), além da tecnologia digital e a mudança climática, outras dois grandes forças estão atuando sobre o macro-setor energético: a mudança econômica para uma economia de serviços, muito menos intensiva em energia e portanto mais facilmente adaptável ao uso de geração de pequeno porte; e a urbanização global, a qual abre novas possibilidades para redes de intercâmbio baseadas na densificação do povoamento humano.

A partir dessas tendências, Nillesen e Pollitt (*ibid.*) consideram que essas tendências se manifestam em quatro “fatores disruptivos” para o setor da distribuição, ou seja fatores capazes de causar uma quebra do modelo de distribuição de eletricidade atualmente imperante:

- A tecnologia digital, a mudança econômica, e também a problemática ambiental, a través dos modelos da chamada “economia circular,” estimulam a “servitização,” isto é, a venda de serviços em vez da produção de produtos físicos, como principal fonte de receita para as empresas.
- A urbanização, combinada com a tecnologia digital, estimula o desenvolvimento de redes e canais de acesso a essas redes, como ambientes principais para a interação econômica e social.

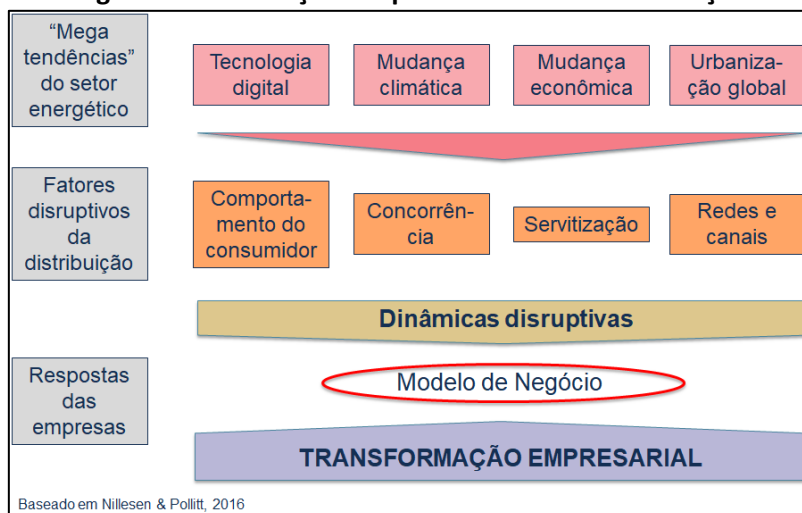
- Todas as quatro tendências estão alterando o comportamento dos consumidores, os quais cada vez mais preferem interagir com as empresas através de redes digitais, dando preferência ao consumo de serviços por cima da propriedade de produtos físicos, e também com ênfase crescente em padrões de consumo de baixo impacto ambiental.
- Finalmente, a tecnologia digital e as novas tecnologias de geração trazem novos concorrentes para o setor elétrico, por exemplo as empresas com experiência no gerenciamento de redes e informação—as chamadas “empresas de plataforma” como a Alphabet (dona da Google) ou a Amazon; empresas que já em outros setores produziram a falência das antigas empresas dominantes, caso das grandes superfícies de varejo.

O setor da distribuição encontra-se, então, defronte a “dinâmicas disruptivas” ou seja processos de mudança radical, os quais exigem uma transformação empresarial para criar novos modelos de negócio capazes de aproveitar essas “disrupções,” conforme mostrado na Figura 1. De fato, os impactos dessa situação já vêm afetando o valor das empresas de distribuição em países mais tecnologicamente avançados, diante das dificuldades do setor para desenvolver respostas (*vide* inciso). Afortunadamente, novos modelos de negócio, ou componentes desses modelos, estão já em desenvolvimento em diversos países, permitindo a sua identificação e análise na seção seguinte; antes desse ponto, porém, é preciso caracterizar com maiores cuidados o resultado dessas dinâmicas para o setor, e identificar mais especificamente as oportunidades e os desafios decorrentes (Gsdam et al., 2015).

A necessidade da transformação

Segundo amostras de opinião feitas pela PwC (2015), as lideranças das distribuidoras nos EUA e Europa são cientes do impacto das tecnologias digitais sobre o setor, porém não estão investindo nelas. Isso contrasta com os consumidores, os quais estão já exigindo flexibilidade, conveniência, e transparência na relação comercial com as distribuidoras, como em outros setores. Diante dessa situação, empresas européias já perderam mais da metade do seu valor de mercado de € 1 Tri de 2008 para 2016; e nos EUA, a rentabilidade das ações das *utilities* tem ficado bem por baixo da média dos mercados financeiros (Helms, 2016).

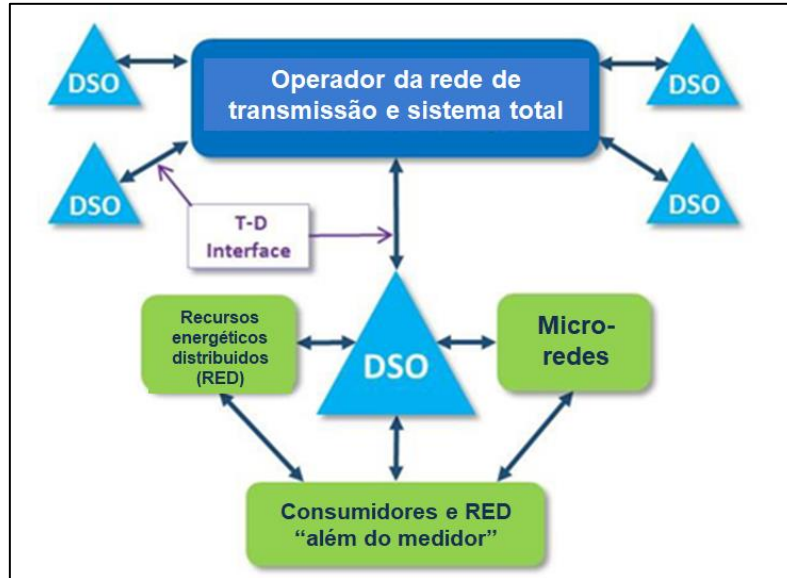
Figura 1. A mudança disruptiva no setor da distribuição



4.2. Mudança tecnológica: o sistema elétrico “distribuído-integrado”

Conforme explicado anteriormente, a combinação das tecnologias digitais com as tecnologias de energia renovável e de armazenamento de energia, especialmente a energia solar, a qual pode operar cada vez mais economicamente em tamanhos cada vez menores, está transformando o paradigma de funcionamento das redes de distribuição, do modelo até agora dominante, de relações verticais, fluxo da energia de alta a baixa tensão, controle centralizado da rede, e usuários passivos, para o novo paradigma de estrutura horizontal, com fluxos de energia multidirecionais, consumidores ativos, e gestão baseada na interação de inúmeros dispositivos intercomunicados em diversos níveis. Kristov e De Martini (2014) definem esse novo paradigma como “sistema elétrico distribuído-integrado,” o qual pode ser representado segundo o esquema da Figura 2:

Figura 2. Sistema elétrico “distribuído-integrado” (Kristov & De Martini, 2014)



Nesse sistema elétrico, as empresas de distribuição (*Distribution System Operator-DSO*), embora ainda integradas com outras distribuidoras através da rede de transmissão, estruturam uma nova organização distribuída do sistema, onde a geração não é apenas coordenada pelo operador da rede de transmissão, mas interage também ao nível da distribuição, em forma dos chamados recursos energéticos distribuídos (RED), com os consumidores por meio das distribuidoras; de fato, a estrutura distribuída pode ir além das distribuidoras, com micro-redes, RED vinculados aos consumidores (“além do medidor”), outros RED, e consumidores interagindo entre eles diretamente. A comparação (Tabela 1) entre as características da empresa de distribuição dentro do paradigma dominante, e dentro do novo paradigma, revela profundas diferenças, mostrando o desafio da transformação necessária para as atuais empresas, muitas delas com mais de cem anos de história. Embora a empresa de distribuição futura mantenha a sua posição de intermediária, a natureza dessa intermediação é totalmente diferente, criando e capturando valor ao possibilitar a interação flexível dos recursos locais, através da oferta de serviços altamente diferenciados e dinâmicos em parceria com diversos agentes (Small & Frantzis, 2010).

Tabela 1. Diferenças entre a empresa de distribuição atual e a futura

Elemento	Empresa atual	Empresa futura
Gestão da energia	Controle da carga	Gestão da flexibilidade
Operação	Fluxo de carga	Integração automatizada de recursos, “plug & play”
Gestão de ativos	Equipamento padronizado a grande escala	Micro-controle e acionamento de aparelhos inteligentes altamente diferenciados
Comunicação	Unidirecional, totalizada; uso para faturamento	Imediata, transparente, individualizada; plataforma de dados
Confiabilidade	Controle local do voltagem	Serviços auxiliares
Produto	Commodity (homogêneo)	Serviços diferenciados
Relação com consumidor	Estática; limitada	Dinâmica; altamente individualizada e próxima
Parcerias	Fornecedores de equipamentos e gestores de projetos	“prosumidores” e fornecedores de sistemas complementários à plataforma
Lucro	Economias de escala	Criação e captura de valor

Fonte: Pereira et al., 2018; Gsodam et al., 2015

Quais são esses serviços? O entorno “distribuído” não precisa apenas de mecanismos para as transações comerciais de energia entre os agentes locais, mas também de mecanismos para garantir a confiabilidade da rede local minimizando o recurso—mais caro e complexo—ao sistema de transmissão. É o que Kristov e De Martini (2014) chamam de “confiabilidade distribuída:” o resultado da atuação das distribuidoras e outros agentes locais, como micro-redes, e “prosumidores” (consumidores com RED próprios no mesmo local), usando de diversas tecnologias—geração a pequena escala, armazenamento de energia, e equipamentos de controle de fluxo e uso da energia—para a operação confiável dos sistemas elétricos sob o seu controle. Especificamente, nesse entorno, as distribuidoras ou outros agentes podem negociar contratos com RED locais afim de oferecer serviços de confiabilidade aos outros agentes locais.

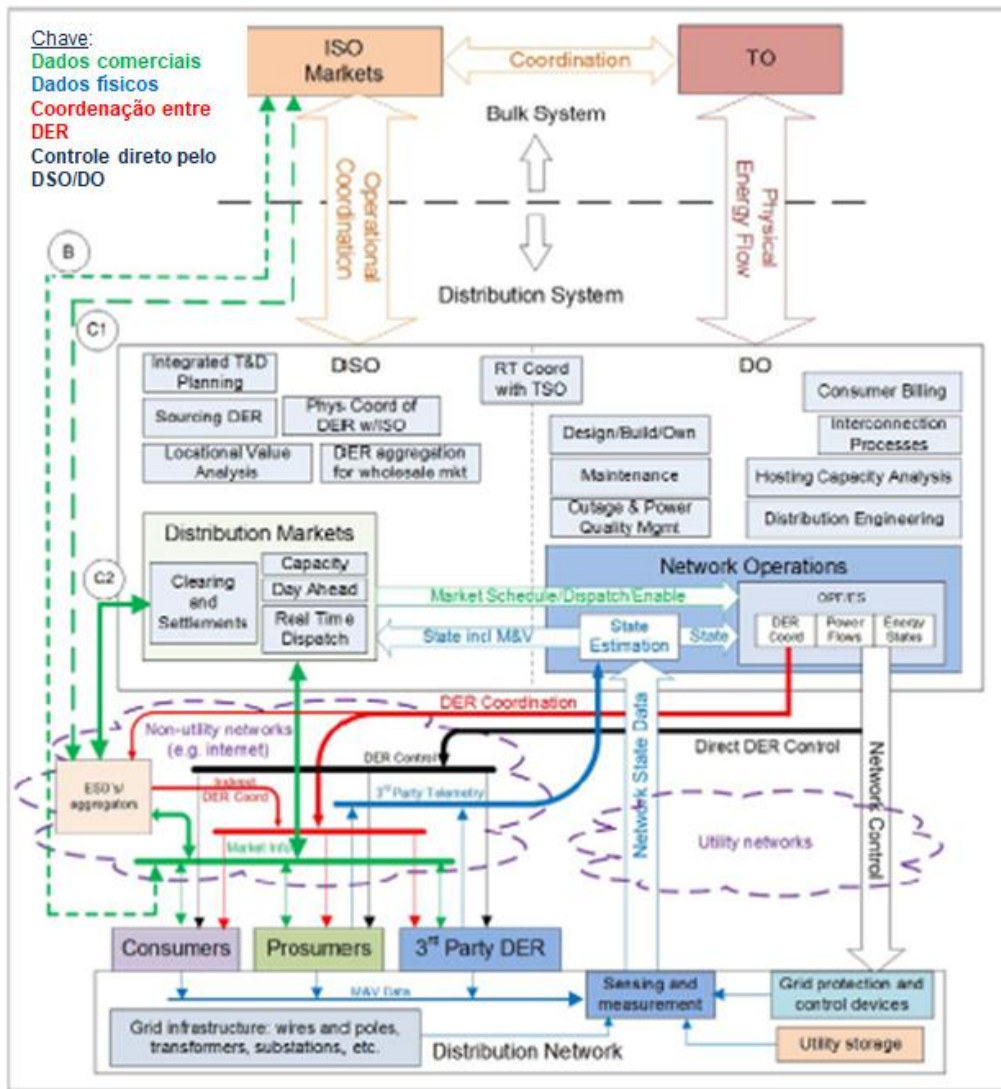
Assim, as funções mínimas da distribuidora futura são dois (Kristov & De Martini, 2014): uma com bastante semelhança à função atual, a coordenação da entrega de fluxos reais e reativos de energia na rede de distribuição e na interface com a rede de transmissão, embora esses fluxos sejam futuramente multi-direcionais; e uma nova função, o suprimento da confiabilidade e segurança do sistema de distribuição (por exemplo, controle da frequência e outros serviços auxiliares locais), seja com recursos próprios ou mais provavelmente através da compra e coordenação de serviços de confiabilidade fornecidos por outros agentes locais. Mas também abrem-se possibilidades para outras funções e serviços associados que podem ser oferecidos pela distribuidora ou por outros agentes (*ibid.*): a coordenação de transações através da rede de transmissão—função essa também atualmente atribuída às distribuidoras para

pequenos consumidores em muitos países (ex. Brasil) mas que é perfeitamente atribuível a outros agentes; a criação e operação de plataformas para a compra e venda de energia através da rede de distribuição; e diversos serviços mais específicos (van den Oosterkamp *et al.*, 2014; Rivero Puente *et al.*, 2018), como:

- Serviços que possibilitam maior flexibilidade no uso do sistema de distribuição e dos recursos próprios: arbitragem intertemporal entre uso e produção da energia (inclusive contratação de flexibilidade oferecida por terceiros), e gestão preventiva e resolutive da congestão. O Anexo descreve os atuais modelos de negócio para serviços de gerenciamento da energia.
- Infraestrutura para veículos elétricos.
- Eficientização energética.
- Gestão de equipamentos inteligentes.
- Gestão da informação.

A Figura 3 mostra a complexidade das possíveis interações entre agentes no sistema de distribuição futuro, e algumas possibilidades de serviços, como serviços de coordenação ou de gestão da informação.

Figura 3. Interações entre agentes e serviços em um sistema futuro de distribuição



Fonte: De Martini & Kristov, 2015

Assim, para as atuais empresas de distribuição, duas questões estratégicas fundamentais decorrentes desse novo cenário são: Quem vai fornecer esses serviços (ou seja, como será feita a *criação de valor*)? E quem vai lucrar com esses serviços (ou seja, como será feita a *captura do valor*)? Uma possibilidade é a continuidade do modelo atual, onde apenas a distribuidora cria o valor (caso C2 na Figura 3), e captura parte dele dependendo da atuação regulatória; mas além dos serviços vinculados às funções mínimas, os serviços podem ser supridos por outras empresas (caso C1); e finalmente, é também possível conceber um sistema de mercado para esses serviços, no qual plataformas descentralizadas permitem aos agentes contratarem diretamente os serviços de diversos fornecedores ou de outros agentes (caso B).

Em conclusão, o novo paradigma coloca as empresas de distribuição diante de grandes oportunidades mas também de grandes desafios: se há uma ameaça de desintermediação da

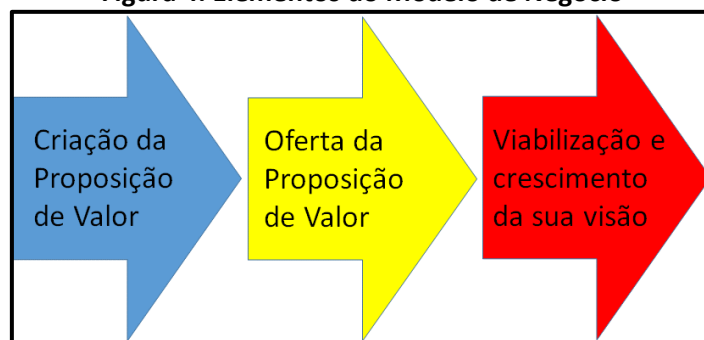
distribuição, ao poder ser substituída por plataformas ou sistemas descentralizados, abrem-se também novas formas de interação entre agentes, e entre agentes e equipamentos, permitindo o desenvolvimento de novos serviços de alto valor anadido, a captura e valorização da informação, simultaneamente com a procura da sustentabilidade ambiental; mas também, a procura dessas oportunidades exige vultosos investimentos em tecnologias inteligentes e em outros recursos para acomodar RED, cuidados para a proteção da informação, e complexas transformações empresariais. A seguir, a próxima seção oferece subsídios para o aproveitamento dessas oportunidades e o sucesso na transformação empresarial, a partir da identificação e análise de novos modelos de negócio.

5. Novos modelos de negócio

O objetivo desta seção do relatório é a identificação e análise de novos modelos de negócio decorrentes das transformações ou “disrupções” descritas na seção anterior. Na verdade, trata-se de elementos que podem constituir a base ou o núcleo para um modelo de negócio, e não de modelos completos, pois um modelo completo exige elementos adicionais, especialmente de tipo financeiro, que fogem do escopo desse relatório pela necessidade de dados muito mais específicos sobre custos e receitas.

O conceito de modelo de negócio, fortemente relacionado com o conceito de estratégia da empresa, tem sido objeto em anos recentes de uma enorme produção de artigos e pesquisas visando a defini-lo e aplicá-lo a diversos setores e casos específicos, principalmente relacionados com as tecnologias digitais. Um modelo de negócio pode ser considerado como a tradução de uma estratégia de negócios em um conjunto de práticas internamente coerente, mostrando como a estratégia deve ser aplicada na prática. Além disso, os escritos sobre modelos de negócios também ressaltam três elementos básicos de um modelo de negócio: uma proposição de valor, um conjunto de atividades que oferece essa proposição de valor (tecnicamente referido como um “sistema operacional”), e uma análise de como a empresa pode ganhar um lucro através da oferta da proposição de valor com essas atividades (Figura 4).

Figura 4. Elementos do Modelo de Negócio



Fonte: Autor

Assim, as diversas partes dessa seção examinam principalmente diversas ofertas de valor que as empresas de distribuição podem criar em um sistema “distribuído-integrado,” e especialmente as atividades necessárias para ofertar esse valor, sem entrar na questão da lucratividade pelas razões acima explicadas. A proposição de valor procura resolver os problemas dos clientes e satisfazer as necessidades dos clientes por meio de um produto oferecido ao cliente. Um produto compreende uma variedade de atributos, portanto uma proposição de valor é uma agregação, ou pacote, de benefícios que a empresa oferece aos clientes potenciais em troca de um custo monetário (o preço) e, possivelmente, outros custos não monetários, como o tempo necessário para aprender a usar o produto. As principais fontes de valor para os clientes que uma proposição de valor pode oferecer no setor de distribuição são:

- **Novidade:** Algumas proposições de valor satisfazem um novo conjunto de necessidades que os clientes anteriormente não percebiam porque não havia nenhuma oferta similar.
- **Desempenho:** Quanto o produto atende às necessidades do cliente.
- **Adaptação para as necessidades específicas de clientes individuais ou segmentos de clientes.**
- **Preço e custo de utilização.** Além do preço de um produto, os consumidores também consideram o custo de utilização, como ter de aprender as regras para o uso adequado, ou o custo de manutenção e peças de reposição.
- **Gestão de riscos.** Os clientes valorizam produtos que reduzem a sua exposição a riscos ou que os ajudem a escolher um nível aceitável de risco.
- **Conveniência/usabilidade.**

O segundo elemento diz respeito do funcionamento da empresa. No nível operacional, o foco é sobre os processos internos, relações externas e concepção da infraestrutura que permite à empresa criar o valor oferecido ao cliente. As variáveis de decisão incluem os métodos

de entrega da produção ou serviço, processos administrativos, fluxos de recursos, gestão do conhecimento e percursos logísticos correntes.

5.1. Digitalização

O primeiro fundamento para um novo modelo de negócio da distribuição é o de caráter mais general, aplicável a um grande conjunto de atividades na empresa. A digitalização é a aplicação da tecnologia digital aos diversos processos e atividades da empresa. Isso pode parecer óbvio e falta de qualquer originalidade no mundo contemporâneo, onde há já amplíssima difusão da tecnologia digital; mas na realidade, existe ainda um grande potencial para o aproveitamento dessa tecnologia em muitos setores, e especialmente num setor como a distribuição, no qual a sujeição à regulação tende a produzir uma atitude conservadora defronte as mudanças tecnológicas, e portanto uma aplicação mais lenta da tecnologia digital.

Segundo Booth *et al.* (2018), a digitalização pode reduzir os custos operacionais de uma empresa de distribuição até um 25%; outros resultados apontam para ganhos em desempenho da empresa em diversas áreas (segurança, confiabilidade, serviço ao cliente, cumprimento da regulação) de até 40%. Em conjunto, portanto, há um grande potencial para o aumento da lucratividade da empresa ao se ultrapassarem os ganhos de produtividade embutidos na regulação. A área talvez mais importante para a redução de custos e melhora do desempenho é a manutenção dos ativos físicos, onde o uso de sensores para monitoramento em tempo real não só permite a atenção imediata a qualquer incidência, como pode fornecer dados de alta qualidade para desenvolver programas de manutenção preditiva através de inteligência artificial (PwC, 2015). Outras iniciativas do setor para a aplicação da tecnologia digital estão focadas no relacionamento com o cliente através da internet, o aproveitamento de equipamentos domésticos inteligentes, a análise do consumo da energia (tópico prosseguido em baixo), e o gerenciamento da geração distribuída. A modo de exemplo do potencial da digitalização, a Tabela 2 mostra, para dois tipos de atividades—a relação com o cliente e a gestão das equipes de campo—a existência de diversos níveis de aprofundamento no uso da tecnologia digital e portanto de possibilidades para a empresa:

Tabela 2. Possibilidades de aplicação da tecnologia digital para dois atividades

Nível de digitalização	Baixo	Padrão	Avançado	Máximo
Relação com consumidor	Portal simples com poucos processos, sem versão celular/app	Portal dinâmico, seguro, individualizada; alguns processos digitalizados, acesso com celular, redes sociais	Processos totalmente digitalizados, serviços em celular (ex. alertas), dados em tempo real, redes sociais, gestão de clientes múltiplos	Interface individualizada para múltiplos canais de acesso com conteúdo dinâmico, produtos customizados, plataforma B2B completa, serviços multi-local e com parcerias múltiplas
Gestão de pessoal de campo	Uso nulo ou limitado de aparelhos móveis, e com funcionalidade limitada	Alguns processos digitalizados (ex. instruções de manutenção)	Aparelhos móveis com ampla funcionalidade, otimização do trabalho em tempo real	Uso da realidade aumentada, geo-localização, integração da manutenção preditiva

Fonte: PwC, 2015

5.2. Analítica

Por trás de muitas das possibilidades da digitalização, como a manutenção preditiva, há processos de captação e uso de dados, chamados como um todo de “analítica” (*analytics*). Por esse motivo, vale a pena considerar separadamente esses processos e o seu potencial. Esse conceito abrange três elementos: a obtenção de dados; a modelação de sistemas, inclusive o uso da inteligência artificial para o desenvolvimento de algoritmos, sobre a base dos dados obtidos; e a automação e melhora da lógica de decisões no seio da empresa.

Reforçando os resultados acima mencionados da aplicação das tecnologias digitais, a analítica traz importantes oportunidades de criação de valor. Primeiramente, a otimização dos processos de tomada de decisões permite eficientizar o uso dos ativos e da mão de obra, reduzindo custos do 25% ao 40% (Booth *et al.*, 2018; de la Peña *et al.*, 2016). Mas a analítica permite também a otimização de micro-redes e uma análise mais acurada das necessidades dos clientes, afim de desenvolver ótimas experiências para eles, além de novos produtos para a gestão da inteligente da energia e para a flexibilização do consumo.. Como no caso mais geral das tecnologias digitais, a analítica pode tem múltiplas possibilidades de aplicação numa empresa. Segundo Braun *et al.* (2018), os principais exemplos são:

- Balanceamento automatizado da oferta e demanda em redes locais e micro-redes.
- Otimização do planejamento, incorporando RED e avaliando alternativas às redes tradicionais.

- Detecção e previsão de falhas.
- Manutenção preditiva.
- Planejamento de atividades rotinárias, como controle da vegetação (otimização do ciclo de corte, rotas, e gerenciamento dos subcontratistas).
- Otimização da preparação e uso do pessoal de campo.
- Otimização da resposta emergencial a falhas e tempestades.
- Melhora da interação com os clientes, através da análise, segmentação, e oferta de opções de serviço.
- Otimização de carga e fluxos.
- Análise e prevenção de acidentes de trabalho.
- Apoio à seleção, treinamento, avaliação, e retenção de pessoal.

5.3. Plataformas

Talvez o modelo de negócio decorrente das novas tecnologias mais conhecido em qualquer setor é o modelo de plataforma, exemplificado por empresas como a Amazon, Alibaba, ou Google. No setor de distribuição, esse modelo não é apenas viável também, como representa uma das mudanças mais importantes dentro do novo paradigma do setor, pois constitui o núcleo do sistema distribuído-integrado. O conceito de plataforma tem diversos sentidos, dependendo do autor, mas na distribuição de energia elétrica, faz referência em todo caso à facilitação de transações entre agentes vinculados por redes, ou seja às chamadas “plataformas de transação,” também chamadas de “mercados multilaterais” (*multi-sided markets*) (Ewans & Gawer, 2016).¹

Conforme foi explicado na seção anterior ao respeito da criação e captura de valor nesse novo tipo de sistema (Figura 3), existem três possibilidades diferentes para a estruturação do relacionamento entre agentes ao nível local, e portanto para a criação de plataformas: um modelo centralizado sob o controle da distribuidora; um modelo terceirizado, no qual diversas empresas oferecem plataformas em concorrência; e um modelo totalmente descentralizado, no qual não há entidades operadoras de plataformas, e em vez as plataformas são produto da colaboração entre agentes (van den Oosterkamp *et al.*, 2014).

Sem dúvida, as plataformas mais inovadoras são essas últimas, ao confrontarem a necessidade de resolver o problema básico de governança sem um agente central monitorando

¹ O outro tipo principal de plataforma são as plataformas de inovação, as quais fornecem elementos de base para o desenvolvimento de inovações complementárias, como no caso dos aplicativos para o iPhone da Apple (Ewans & Gawer, 2016).

o cumprimento das regras; mas é também o mais disruptivo para as atuais empresas de distribuição, pois poderia eventualmente reduzir o escopo delas à construção e manutenção da rede física (“fio”) local. Uma proposta que tem recebido bastante atenção é a de uma plataforma formada por micro-redes semi-autónomas, como é o caso da “rede de potência localizada” autorizada pelo operador do sistema interligado do Estado da Nova Iorque (EUA) na sua “zona K” em Long Island (Vadari & Stokes, 2013). Essa rede,

O Brooklyn Microgrid

O projeto, desenvolvido em parceria pelas empresas LO3 e Siemens, usa a tecnologia de *blockchain* Ethereum para permitir aos consumidores comprarem energia diretamente de produtores locais ou de uma micro-rede localizada sobre a infraestrutura existente. Medidores habilitados para a *blockchain* permitem o intercâmbio de energia entre membros da micro-rede sem uma autoridade central ou outras infraestruturas caras para a gestão dos fluxos. Os membros podem controlar as suas preferências de uso da energia com um aplicativo para telefone celular ou com um sistema inteligente na sua casa; os seus medidores compram energia dos proprietários de painéis solares em base às preferências de custo previamente escolhidas (Vadari & Stokes, 2013).

implementada como experiência piloto no bairro de Brooklyn, na cidade de Nova Iorque (*vide* inciso “Brooklyn Microgrid”), aplica a tecnologia de “registro distribuído” ou *blockchain* afim de resolver o problema da governança. Numa *blockchain*, as transações são codificadas em registros digitais múltiplos, e verificadas ciberneticamente por comparação dos registros. Os elementos dessa plataforma são os seguintes (Henderson *et al.*, 2018):

1. “Prosumidores” solares criam uma micro-rede elétrica e instalam medidores inteligentes com capacidade para a comunicação de dados de consumo e geração de energia a sistemas de *blockchain*.
2. Aos prosumidores produzirem energia em excesso das suas necessidades durante o dia, os medidores direcionam a energia para os consumidores com déficit de energia, criando automaticamente “contratos inteligentes” baseados nas preferências de preços dos agentes envolvidos na venda e compra da energia.
3. Todas as transações são registradas e verificadas nos registros da *blockchain*. Os agentes podem monitorar o seu consumo, geração, e transações em tempo real através dos seus telefones celulares.

Contudo, a tecnologia da *blockchain* é ainda muito recente, e ainda pouco provada enquanto à segurança, como demonstram as controvérsias recentes com a *blockchain* Ethereum. Assim, a segurança, mas também outras questões como por exemplo a manutenção física da rede,

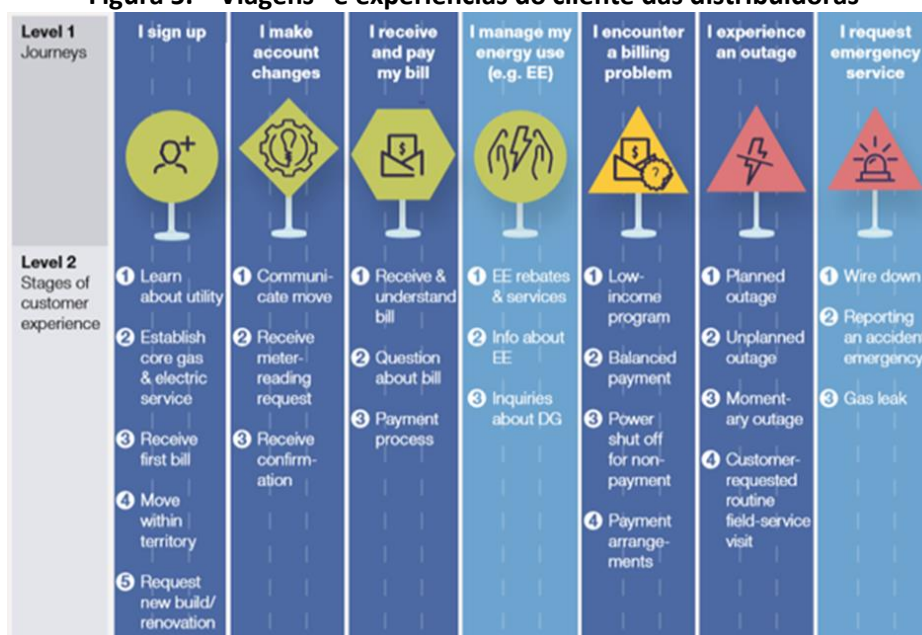
podem dar lugar a conflitos entre os participantes, exigindo ainda um mecanismo de governança mínimo para lidar com essas possibilidades. Finalmente, a necessidade e tipo de regulação de uma plataforma desse tipo são ainda muito incertos.

5.4. Transformação da experiência do cliente

A última inovação destacável em modelo de negócio para o novo paradigma da distribuição é a transformação da experiência do cliente da distribuidora. A aplicação das tecnologias digitais não só está conduzindo à entrada no setor de empresas de tecnologia digital, como modificando as expectativas dos consumidores, modificadas pelas experiências em outros setores mais avançados na aplicação da tecnologia digital, como as telecomunicações, comércio eletrônico, banca, e outros (Castellano et al., 2018). O potencial para a inovação decorre da aplicação da tecnologia para todas as experiências do cliente (chamadas de “viagens” pois acontecem como uma sucessão de eventos e ações), focando a distribuidora nos clientes e não mais nos ativos, como é o caso no paradigma tradicional (Finegold *et al.*, 2018). Essa transformação envolve muitos aspectos da empresa: a atenção à imagem de marca; uma nova e mais cuidadosa segmentação do mercado; uso do marketing digital; desenvolvimento de novos produtos; foco e excelência em vendas; individualização da experiência do cliente ao longo do seu ciclo de vida; a excelência operacional; e a precificação dinâmica.

O processo de mudança começa com a identificação das diversas “viagens,” e a seguir, das etapas de cada “viagem,” as quais conformam a experiência do cliente (Figura 5). As “viagens” mais importantes para a empresa são faturação e pagamento, uso da energia, e interrupções e emergências (Castellano et al., 2018; Finegold et al., 2018).

Figura 5. “Viagens” e experiências do cliente das distribuidoras



Fonte: Castellano et al., 2018

Assim, a viagem “eu encontro um problema de faturação” (sinal amarelo, cliente preocupado) pode envolver quatro etapas de experiência: (1) erro na classificação tarifária (p.ex. não aplicação da tarifa social a clientes com os requisitos necessários); (2) diferença entre montante do pagamento e montante faturado; (3) corte do serviço por inadimplência (não pagamento); e (4) mecanismos de pagamento. Esse mapeamento pode ter uma estrutura diferente, mas o processo de mapeamento permite identificar as possibilidades para a melhora da experiência do cliente por meio da aplicação das tecnologias mais adequadas.

5.5. Desafios da implementação

Na seção anterior, foi salientado o fato que empresas europeias e norte-americanas tem até agora experimentado bastantes dificuldades para a implementação dos modelos de negócio vinculados ao novo paradigma do setor e identificados nos apartados anteriores. Essas dificuldades mostram que a implementação comporta grandes desafios. Vale a pena então examinar quais são esses desafios, conforme reportado por diversos estudos e publicações recentes.

Como em todo tipo de mudança em organizações, e especialmente mudança radical, talvez os maiores desafios são de ordem comportamental e não tecnológico: a falta de visão clara para o setor, no seio de transformações ainda em curso e de novas tecnologias ainda pouco provadas e muito cambiantes (portanto sujeitas a grande risco de perda de valor prematura), com pouca informação sobre o seu custo, uso, e demanda (Warwick *et al.*, 2016); diante dessa

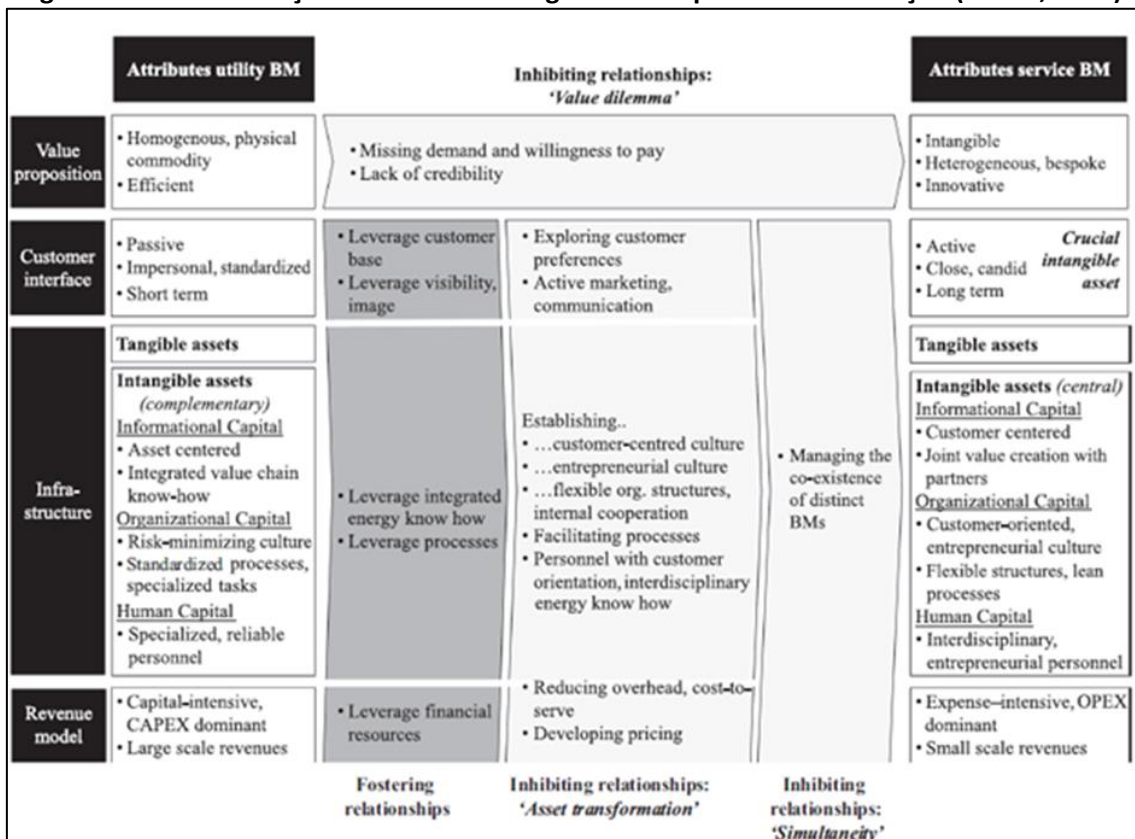
situação de falta de definição e risco tecnológico, a aversão ao risco, especialmente elevada num setor até agora focado na confiabilidade de longo prazo (Booth *et al.*, 2018), e amplificada pela incerteza sobre a resposta regulatória; e a complexidade e lentidão da transformação de culturas organizativas, em face à necessidade de ir de um modelo de produção de mercadoria, intensiva em capital e com foco técnico, para um modelo de serviço e inovação com foco no cliente (Helms, 2016; Pereira *et al.*, 2018). Uma solução clara para se lidar com esses desafios é o desenvolvimento de parcerias afim de acessar as capacidades necessárias, porém as parcerias trazem o risco de perda de controle e lucro em prol dos parceiros (PwC, 2015). A experiência da entrada “disruptiva” de empresas como a Amazon ou a Google em novos setores (ex. alimentação ou automóveis) pode levar a perceber uma parceria com essas empresas como um “abraço mortal.” Também o comportamento dos consumidores gera novos desafios, pois como em outros setores atingidos pela digitalização, os consumidores exigem qualidade no serviço, mas subestimam esse valor e têm pouca disposição para pagar por melhor qualidade.

Os aspectos tecnológicos também trazem desafios mais específicos: primeiramente, muitas empresas de distribuição enfrentam a incorporação de novas tecnologias e sistemas em um contexto de complexidade dos seus processos produtivos e sistemas de informação existentes; a atração e retenção de pessoal experiente em tecnologias digitais se faz difícil ao existir uma percepção do setor como pouco dinâmico e conservador; e os processos de gestão, análise, exclusividade, e uso de dados envolvem não apenas a necessidade de expertise, como também a modificação de muitos processos internos e questões de ordem legal e regulatória (Booth *et al.*, 2018).

Frente a esses desafios, felizmente as distribuidoras têm importantes ativos e experiências de outros setores. Dentre os ativos, o setor conta com acesso a grandes quantidades de dados, inclusive dados individuais de consumidores e empresas, e portanto muita experiência no uso de grandes bases de dados na gestão das empresas; e como setor intensivo em capital, tem acesso ao capital necessário para a implementação de novas tecnologias e modelos de negócio (Helms, 2016). Ao respeito da transformação dos sistemas de informação existentes, para Booth *et al.* (2018), o sucesso exige o passo do esquema unitário, dos chamados “sistemas de informação de empresa” para uma estrutura modular, combinando o uso de pacotes comerciais prontos para processos básicos com o desenvolvimento de aplicações customizadas para funções de alto potencial (ex. serviço ao cliente, analítica, operações de campo), criando competências únicas e vantagens competitivas numa “fábrica digital” própria. Também, para o desenvolvimento de novos produtos, outros setores mostram os passos necessários (Castellano *et al.*, 2018): (1) a obtenção de informação sobre necessidades

e preferências dos consumidores; (2) a aplicação de técnicas de “design thinking” para atender a essas necessidades, usando equipes abertas e trans-funcionais; e (3) finalmente, o teste, monitoramento e produção a grande escala dos novos produtos. Enquanto à organização da empresa, recomenda-se a criação de novas unidades da organização para o desenvolvimento de novos empreendimentos, financiados com fundos internos de investimento agindo como capital de risco da empresa (portanto, com critérios diferenciados para a alocação do capital); também, uma maior abertura das fronteiras da empresa, afim de procurar a integração com ecossistemas de inovação no entorno da empresa, mas também a alavancagem dos conhecimentos da empresa sobre os consumidores. É fundamental, para as novas unidades empreendedoras, a captura de informação sobre inovações afim de permitir o teste sistemático delas (Heiligtag et al., 2015). Helms (2016) mostra na Figura 6 o modelo atual da distribuição, o modelo futuro, e as recomendações para ir de um lado para o outro, para os diversos elementos do modelo de negócio: proposta de valor e relacionamento com o cliente, a infraestrutura operativa, e o modelo de receita e lucro.

Figura 6. A transformação do modelo de negócio da empresa de distribuição (Helms, 2016)



6. Repertório regulatório global

O novo paradigma da distribuição de energia elétrica num sistema distribuído-integrado traz inevitavelmente muitas e importantes questões regulatórias. Ao mesmo tempo, como foi notado em diversas partes das seções precedentes, a incertidão da resposta regulatória às grandes mudanças do setor supõe um entrave para a sua transformação. E portanto urgente desenvolver respostas regulatórias adequadas. O relatório final da Atividade 3 desse Subprojeto, “Repensando a Regulação das Distribuidoras,” contém importantes subsídios para o avance necessário. Especificamente, o relatório ressalta diversos temas diretamente relacionados com as questões aqui examinadas:

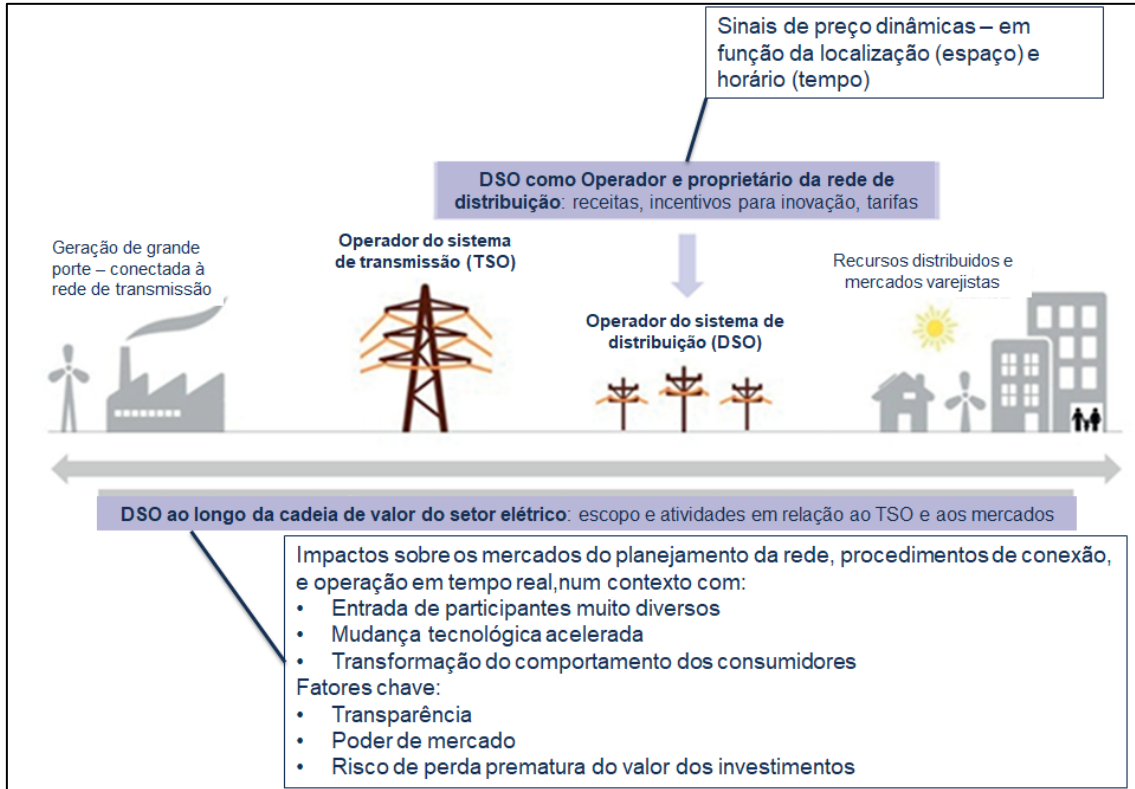
- a necessidade de prever os impactos da inovação e adaptar a regulação afim de maximizar os impactos positivos e minimizar os negativos; e, especialmente, a necessidade de mecanismos de remuneração da atividade de distribuição compatíveis com esse entorno de inovação disruptiva (THINK, 2013; USDOE, 2015);
- os mecanismos de interação dos RED com outros elementos do sistema elétrico, especialmente consumidores locais; e
- a identificação e escolha das atividades, e dos ativos necessários para essas atividades, passíveis de atribuição às empresas de distribuição no novo paradigma, e daquelas e daqueles a serem desenvolvidos por outros agentes, em base aos benefícios do mercado frente às economias de escopo e de escala (CEER, 2015; De Martini & Kristov, 2015; EURELECTRIC, 2016; Meeus & Hadush, 2016; van den Oosterkamp *et al.*, 2014; THINK, 2013).

O presente relatório adiciona outros tópicos regulatórios salientados nos trabalhos recentes publicados sobre o futuro do setor (Ofgem, 2015b):

- A adaptação da regulação a um sistema mais descentralizado e por isso mais complexo.
- O planejamento da rede para fluxos multi-direcionais e tecnologias inteligentes.
- O equilíbrio financeiro diante da necessidade de balanço e liquidação das transações não apenas do sistema interligado como também as locais.
- A transparência mas também a proteção da intimidade no uso da informação.

Esses diversos tópicos podem ser visualizados numa representação simplificada do sistema distribuído-integrado (Figura 7).

Figura 7. Desafios regulatórios num sistema distribuído-integrado



Fonte: THINK, 2013

A tensão entre os benefícios da concorrência e as economias de escopo e escala, especialmente ressaltada na Figura 7, leva à possibilidade de uma evolução gradativa da regulação. Se os incentivos para a inovação são maiores para a distribuidora, o regulador poderia permitir a sua entrada em atividades não centrais (*non-core*) ou em “áreas cinza,” futuramente competitivas mais ainda pouco dinâmicas, como os serviços de eficiência energética, os serviços de flexibilidade e armazenagem da energia, ou o relacionamento com os consumidores “além do medidor,” inclusive medição e uso de dados, afim de estimular a adoção dessas inovações no setor. Eventualmente, porém, a distribuidora deveria se tornar um agente neutro de facilitação do mercado através do gerenciamento de fluxos de informação e energia (Lavrijssen *et al.*, 2016).

Os principais incentivos regulatórios salientados para estimular às distribuidoras a avançarem na procura dos benefícios da inovação em curso, são (CEER, 2015):

- A consequência da redução na vida econômica dos ativos digitais em um contexto de rápida mudança tecnológica, e portanto o esvaziamento da diferença entre investimento e despesa operacional, recomenda-se a mudança do foco regulatório tradicional no investimento em ativos (*capex*) e a base de ativos, para o gasto total da

empresa (*totex*) (Lavrijssen et al., 2016); ou pelo menos, a redução da vida útil regulatória dos novos ativos.

- O aumento da taxa de remuneração do capital, em consideração do maior risco tecnológico do investimento.
- A criação de programas de investimento financiados com recursos tarifários especificamente dedicados, como no caso de alguns estados norteamericanos (Califórnia, Massachusetts).
- A criação de fundos de investimento ou inovação, como é o caso do modelo RIIO, n Reino Unido, os quais podem ser direcionados pelo regulador para projetos de maior benefício para os consumidores, ou podem ser articulados em forma de orçamentos específicos para atividades de P&D em novas tecnologias (Finlândia, Irlanda, Itália) (Meeus & Hadush, 2016).

Ao respeito dos sinais tarifários compatíveis com o desenvolvimento de mercados em ambientes distribuídos, Lavrijssen *et al.* (2016) propõem três objetivos prioritários: o uso eficiente da rede e do sistema de distribuição em geral, a flexibilização desse sistema, e a valorização das sinérgias entre os agentes do sistema. Para o estímulo ao uso eficiente da rede, além dos incentivos ao investimento na rede acima mencionados, existe a possibilidade de tarifas para usos diferenciados, inclusive para veículos elétricos. Enquanto à flexibilidade, a implementação de preços dinâmicos pode contribuir ao melhor gerenciamento da congestão local, mas também salienta-se a importância da criação de um mercado para serviços locais de flexibilidade, o qual exige transparência e (eventualmente) a neutralidade da distribuidora.

6.1. Exemplos internacionais

Embora o relatório da Atividade 3 tenha incluído exemplos de importantes iniciativas regulatórias em resposta às mudanças do setor—especialmente o caso do modelo RIIO acima mencionado—outros três exemplos de iniciativas mais concretas, e ainda em fase experimental, porém muito inovadoras, foram achados na revisão das fontes procuradas, e portanto são incluídos aqui como possíveis direcionamentos futuros da regulação.

Na **Holanda**, uma aliança de diversas empresas de diversos setores (ABB, Alliander, NDV GL, Essent, IBM, ICT, e Stedin) tem apresentado uma proposta de modelo para a comercialização da flexibilidade, sob o título de marco universal de energia inteligente (*Universal Smart Energy Framework*–USEF). O modelo é conformado pelos seguintes elementos (Lavrijssen *et al.*, 2016):

- Um produto de flexibilidade padronizado e transável – *UFLEX*.

- Um mecanismo de gerenciamento da geração e consumo locais - *Active Demand and Supply*, sob a gestão de uma entidade coordenadora (ou agregadora), a qual oferta seis serviços diferenciados de flexibilidade aos participantes.
- Os participantes são os prosumidores, uma entidade responsável pelo balanço do sistema (*balancing responsible party*), a distribuidora, e a empresa de transmissão.
- A distribuidora recupera os seus custos de investimento e manutenção da rede física por via de tarifa regulada. O foco do modelo USEF sendo a criação de um mercado de flexibilidade a nível de distribuição, possibilitando a integração de recursos de geração distribuída, de redes inteligentes, e de demanda flexível, a documentação da USEF não faz referência qualquer a aspectos regulatórios e tarifários. Contudo, o intuito do USEF é o uso de mecanismos de mercado para os preços de todos os serviços disponibilizados na rede, com a exceção dos custos de investimento e manutenção da rede (USEF, 2015).

Na **Bélgica**, a agência regulatória (CREG) desenvolveu um modelo oferecendo a possibilidade de agregação de ofertas de flexibilidade. Essas ofertas agregadas são vendidas ao *balancing responsible party* - *BRP* através de uma entidade independente de gerenciamento de dados, o *flexibility data manager* - *FDM*, afim de evitar o poder de mercado que poderia decorrer do controle da informação sobre as ofertas. O *BRP* equilibra então o sistema, através de transações com o operador do sistema de transmissão e os compradores de flexibilidade. A distribuidora tem a opção de atuar como *BRP* ou *FDM* (Lavrijssen *et al.*, 2016). O preço da flexibilidade é estabelecido pelo mercado, ou seja livremente negociado, mas se a negociação não dar certo, ou se as condições de mínima concorrência não se darem, a CREG estabelece um preço regulatório da flexibilidade. Esse preço é definido como promédio ponderado de um preço do mercado atacadista do dia seguinte (*day-ahead energy market price*) e um preço do mercado de futuros de energia (promédio simples dos preços de contratos com diversos prazos de entrega— a 3 meses, um ano, e dois anos) (CRIE, 2016).

Finalmente, no Estado de Nova Iorque, nos **EUA**, a agência regulatória New York Public Service Commission (NYPSC) formulou a proposta de “reforma da visão energética” (*Reforming the Energy Vision* - REV), a qual pretende a transformação das distribuidoras, rebatizadas como “Supridoras de plataformas do sistema de distribuição” (*Distribution System Platform Providers*-*DSPs*), em entidades coordenadoras de recursos distribuídos e mercados locais, além do planejamento e operação da rede de distribuição (Nillesen & Pollitt, 2016; Warwick *et al.*, 2016). As DSPs devem fornecer esses serviços sob o modelo de monopólio regulado, como as atuais distribuidoras. Também poderão oferecer serviços de valor anadido adicional, se esses serviços tiverem uma vinculação operacional direta com os serviços de monopólio regulado. Finalmente,

poderão oferecer serviços disponíveis em condições de concorrência com outras empresas, sujeitos à autorização e monitoramento da agência reguladora afim de evitar o abuso da posição dominante da DSP. A NYPSC também definiu as condições de uso da informação sobre o consumo individual dos clientes das DSPs, inclusive para a venda desses dados da parte das DSPs. Afim de viabilizar a transição para o novo modelo do setor, serão estabelecidas receitas compensatórias para as atuais distribuidoras, se as distribuidoras atingirem objetivos de eficiência energética, serviço ao cliente, interconexão de novos recursos de geração, e modicidade tarifária; e também serão criadas tarifas especiais para os consumidores que não queiram tarifas horárias, de demanda máxima, ou de horário de ponta (NYPSC, 2015).

Diante das limitações da “medição líquida” (*net metering*) como incentivo para a geração distribuída—ineficiência do sinal econômico ao não reconhecer o valor de respaldo da rede e sistema interligado, ciclo negativo de perda de clientes e receitas para as distribuidoras—diversas agências reguladoras dos EUA estão experimentando com novos modelos tarifários mais eficientes e estáveis para os recursos de geração distribuída. Nesse sentido, a REV também incorpora um modelo tarifário inovador, e único até hoje, que substitui ao *net metering* em Nova Iorque. Sobre a base de critérios tarifários tradicionais nos EUA, especialmente o princípio de atribuição dos custos de suprimento aos consumidores “causadores” desses custos (*cost causation*), as novas tarifas para o pagamento aos recursos distribuídos serão horárias, envolvendo componentes fixos apenas para os custos independentes da demanda ou uso da energia. As tarifas devem também promover os objetivos da política energética do Estado de Nova Iorque: eficiência energética, redução da ponta de carga, resiliência e flexibilidade da rede, e redução do impacto ambiental de forma tecnologicamente neutra. Na primeira fase, as novas tarifas serão aplicadas, por um prazo de 25 anos, apenas para a energia suministrada à rede; a segunda fase desenvolverá, em 2018-2019, tarifas também para a redução da demanda (NYPSC 2016, 2017).

A NYPSC chamou as novas tarifas de “valor dos recursos distribuídos de energia” (*Value of Distributed Energy Resources-VDER*) ou simplesmente “coluna de valor” (*Value Stack*), ao representar a soma dos seguintes componentes (NYPSC, 2017):

1. Valor da energia: preço marginal local para entrega do predespacho do dia seguinte (*day-ahead locational marginal price*).
2. Valor da potência: tarifa varejista de potência para tecnologias intermitentes baseada na energia produzida pelo recurso na hora ponta do ano prévio.

3. Valor ambiental: o valor máximo dentre (i) o preço de compra mais recente reportado pela NYSERDA de um certificado de energia renovável de tipo CES Nível 1 (*CES Tier 1 Renewable Energy Certificate*), e (ii) o custo social do carbono (*Social Cost of Carbon*).²
4. Valor da redução da demanda e valor da redução local da congestão, decorrentes do cálculo dos custos marginais locais de suprimento, que as concessionárias fornecem regularmente à NYPSC; esse componente é pago sobre a base da energia produzida pelo recurso nas 10 horas de máxima demanda (demanda de ponta) locais.

7. Considerações finais

Este relatório teve por alvo oferecer um diagnóstico da evolução do setor de distribuição de energia elétrica a nível internacional, examinando as publicações recentes sobre a evolução do modelo de negócio do setor da distribuição derivada das grandes mudanças tecnológicas atuais, e dando atenção também aos novos mecanismos de regulação econômica em resposta a essas mudanças. Não há dúvida que o setor de distribuição está experimentando uma mudança de paradigma—da sua função, estrutura, tecnologia, e modelo de negócio—como não tinha experimentado desde a consolidação do setor elétrico nas últimas décadas do século XIX. A aplicação das tecnologias digitais, e também a ênfase na descarbonização da sociedade, levando à difusão de RED, estão descortinando um novo sistema distribuído-integrado no qual a distribuição adquer um protagonismo inédito, como elemento viabilizador de redes locais de intercâmbio de energia, de dados e de novos serviços de gerenciamento do uso de produção da energia além da simples compra e venda. Embora o surgimento de um novo modelo de negócio universal esteja ainda muito longe—e talvez não aconteça, criando em vez múltiplos modelos alternativos—existem sim diversos elementos inovadores que podem constituir a base para

² A NYSERDA é a Agência de Pesquisa e Desenvolvimento da Energia do Estado de Nova Iorque (*New York State Energy Research and Development Authority*); CES (*Clean Energy Standard*) é a obrigação para as distribuidoras da compra de energia não poluente produzida por unidades contratadas pela NYSERDA, a qual publica certidões de energia renovável (*Tier 1 Renewable Energy Certificates*) afim de verificar o cumprimento da obrigação; finalmente, o custo social do carbono é calculado pela Agência Federal do Meio Ambiente (*Environmental Protection Agency-EPA*) em base ao dano a longo prazo da emissão de uma tonelada de CO₂ em um ano. A metodologia de cálculo pode ser consultada em https://19january2017snapshot.epa.gov/climatechange/social-cost-carbon_.html (consultado em 10 de fevereiro de 2019).

novos modelos de negócio. Mas a mudança do paradigma existente ao novo apresenta grandes desafios, em função da natureza radical ou “disruptiva” das mudanças em consideração.

Naturalmente, essas mudanças, e os desafios da sua implementação, exigem também novos mecanismos regulatórios. É claro que a regulação não pode virar um impedimento para o desenvolvimento de inovações capazes de trazer grandes benefícios, como grandes ganhos em eficiência energética, ou a maior difusão da geração renovável. A adequada proteção dos participantes, porém, nesse novo paradigma não pode ser esquecida, embora deverá provavelmente tomar formas diferentes das atuais. Em consequência, reguladores e pesquisadores em diversos países estão também experimentando com novos critérios e fórmulas, sem um padrão ou padrões ainda claramente definidos mas já oferecendo subsídios importantes para o Brasil.

8. Bibliografía

Booth, A., de Jong, E., Peters, P. Accelerating digital transformations: A playbook for utilities. *In: McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas practice. The Digital Utility: New challenges, capabilities, and opportunities.* McKinsey & Company, 2018: 6-14.

Boscán Flores, L.R., Poudineh, R. Business Models for Power System Flexibility: New Actors, New Roles, New Rules. *In Future of Utilities Utilities of the Future: How Technological Innovations in Distributed Energy Resources Will Reshape the Electric Power Sector* (pp. 363-382). Amsterdam: Elsevier, 2016.

Braun, M., de Jong, E., Encinas, A., Kniker, T. Fueling utility innovation through analytics. *In: McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas practice. The Digital Utility: New challenges, capabilities, and opportunities.* McKinsey & Company, 2018: 15-23.

Bruno, T., Frankel, D., Léger, S., Volpin, A. How utilities can keep the lights on. McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas Practice, 2018a.

Bruno, T., Esgalhado, B., Houghton, B., Segorbe, J. Winning the cost battle: Success factors in digital transformations for energy retailers. McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas, 2018b.

Castellano, A., Freundt, T., Habrich, C., Vollhardt, K. Commercial excellence: Powering success in today's evolving energy retail utility markets. McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas, 2018.

Commission de Régulation de l'Électricité et du Gaz (CRIE). Étude (F)160503-CDC-1459 sur "les moyens à mettre en œuvre pour faciliter la participation de la flexibilité de la demande aux marchés de l'électricité en Belgique" - Rapport Final, 2016.

Council of European Energy Regulators (CEER). The Future Role of DSOs: A CEER Conclusions Paper. Bruxelles, 2015.

de la Peña, C., González Fernández, D., Rodríguez González, J. How analytics can improve asset management in electric-power networks. . McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas, 2016.

De Martini, P., Kristov, L. Distribution Systems in a High Distributed Energy Resources Future: Planning, Market Design, Operation and Oversight. Future Electric Utility Regulation, Report No. 2, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015.

Edison Electric Institute, EEI 2017 Financial Review.

EURELECTRIC. EURELECTRIC's vision about the role of Distribution System Operators (DSOs). Bruxelles, 2016.

Evans, P.C., Gawer, A. The Rise of the Platform Enterprise: A Global Survey. The Center for Global Enterprise, The Emerging Platform Economy Series, 2016.

Fanderi, H., Habrich, C., Klapdor, S., Peri, S. Digitizing customer journeys—making a radical but valuable move in EPNG. McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas, 2018.

Finegold, A., Perl, S., Pulido, A. The revival of customer loyalty: How regulated utilities can reshape customer engagement. *In: McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas practice.*

The Digital Utility: New challenges, capabilities, and opportunities. McKinsey & Company, 2018: 33-39.

Global Data. The State of the Power Industry. Global Data, 2018.

Gsodam, P., Romana Rauter, R., Baumgartner, R.J. The renewable energy debate: how Austrian electric utilities are changing their business models. *Energy, Sustainability and Society* (2015) 5:28.

Hall, S., Roelich, K. Business model innovation in electricity supply markets: The role of complex value in the United Kingdom. *Energy Policy* 92 (2016): 286–298.

Hamwi, M., Lizarralde, I. A review of business models towards service-oriented electricity systems. *Procedia CIRP* 64 (2017): 109 – 114.

Heiligtag, S., Luczak, D., Windhagen, E. Agility lessons from utilities, *McKinsey Quarterly*, 2015.

Helms, T. Asset transformation and the challenges to servitize a utility business model. *Energy Policy* 91 (2016): 98–112.

Henderson, K., Rogers, M., Knoll, E. What every utility CEO should know about blockchain. In: McKinsey & Company, Electric Power & Natural Gas practice. *The Digital Utility: New challenges, capabilities, and opportunities*. McKinsey & Company, 2018: 48-56.

Kristov, L., De Martini, P. 21st Century Electric Distribution System Operations. Working Paper, California Institute of Technology, 2014.

Lavrijssen, S., Marhold, A., Trias, A. The Changing World of the DSO in a Smart Energy Environment: Key Issues and Policy Recommendations. Center on Regulation in Europe (CERRE), Bruxelles, 2016.

MIT (Massachusetts Institute of Technology). *Utility of the Future*. Cambridge, MA: MIT, 2016.

McKinsey & Company, Digital McKinsey. Powering the digital economy. *McKinsey Quarterly*, 2018.

Meeus, L., Hadush, S. The emerging regulatory practice for new businesses related to distribution grids. European University Institute, Robert Schuman Centre for Advanced Studies Policy Brief 2016/02, 2016.

Navigant Consulting. The 21st Century Electric Utility: Positioning for a Low-Carbon Future. Boston: Ceres, 2010.

NYPSC (State of New York, Public Service Commission). Reforming the Energy Vision - Case 14-M-0101, February 26, 2015 Order Adopting Regulatory Policy Framework and Implementation Plan.

NYPSC (State of New York, Public Service Commission). Reforming the Energy Vision - Case 14-M-0101, May 19, 2016 Order Adopting a Ratemaking and Utility Revenue Model Policy Framework.

NYPSC (State of New York, Public Service Commission). Value of Distributed Energy Resources (VDER) – Case 15-E-0751, March 9, 2017 Order on Net Energy Metering Transition, Phase One of Value Of Distributed Energy Resources, and Related Matters.

Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem). Non-traditional business models: Supporting transformative change in the energy market. Discussion paper. Londres: Ofgem, 2015a.

Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem). Non-traditional business models: Supporting transformative change in the energy market. Summary of responses to discussion paper. Londres: Ofgem, 2015b.

Péladeau, P., Niebuhr, N., Toumi, M. The digitization of utilities: There is a will, but is there a way? PwC Strategy&, 2016.

Pereira, G.I., Specht, J.M., Pereira da Silva, P., Madlener, R. Technology, Business Model, and Market Design Adaptation Toward Smart Electricity Distribution: Insights for Policy Making. FCN Working Paper No. 3/2018, 2018.

PwC [PricewaterhouseCoopers]. The digitization of utilities. 15th PwC Annual Global Power and Utilities Survey. PwC Strategy&, 2015.

Richter, M. Business model innovation for sustainable energy: German utilities and renewable energy. *Energy Policy* 62 (2013): 1226–1237.

Rivero Puente, E.I., Gerard, H., Six, D. A set of roles for the evolving business of electricity distribution. *Utilities Policy* 55 (2018): 178–188.

Roques, F. New business models for the energy transition. CEEPR & EPRG European Energy Policy Conference, Paris, 2016.

THINK Project [Ruester, S., Pérez-Arriaga, I., Schwenen, S., Batlle, C., Glachant, J.M.]. From Distribution Networks to Smart Distribution Systems: Rethinking the Regulation of European Electricity DSOs. European University Institute, 2013.

Tolmasquim, M.T. (Coord.) e colaboradores. “Relatório Final da Atividade 3: Repensando a Regulação das Distribuidoras.” 2018.

United States, Department of Energy (USDOE). Quadrennial Energy Review Report: Energy Transmission, Storage, and Distribution Infrastructure. Appendix C: Electricity. Washington, DC: DOE, 2015.

USEF Foundation. *USEF: The Framework Explained*, 2015. www.usef.energy acessado em 10 de fevereiro de 2019.

Vadari, M., Stokes, G. Utility 2.0 and the Dynamic Microgrid. *Public Utilities Fortnightly* (November 2013): 42-46, 64.

van den Oosterkamp, P., Koutstall, P., van der Welle, A., de Joode, J., Lenstra, J., van Hussen, K., Haffner, R. The role of DSOs in a Smart Grid environment. ECORYS/ECN, Amsterdam/Rotterdam, 2014.

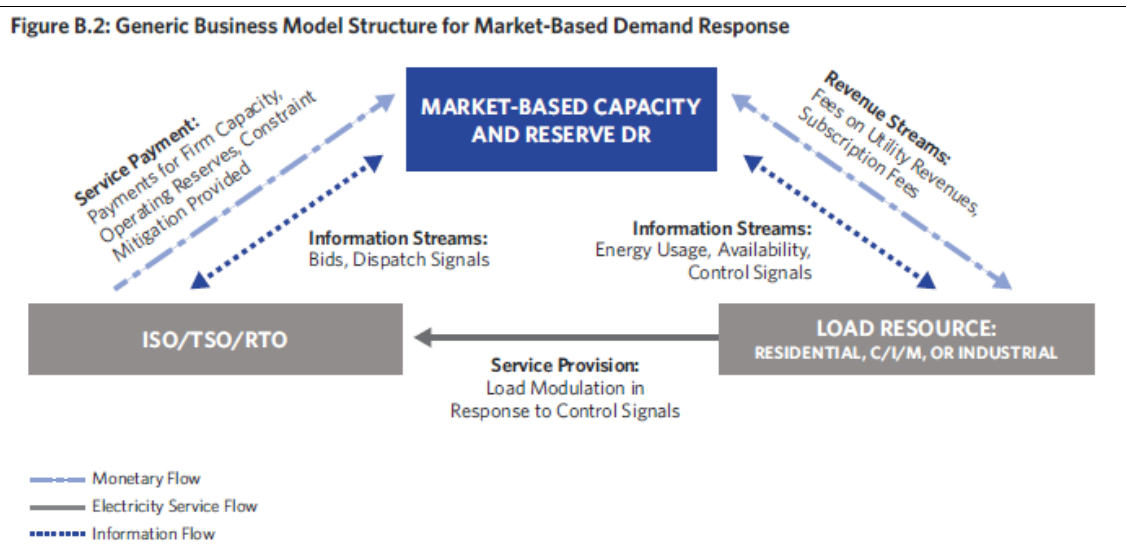
Warwick, W.M., Hardy, T.D., Hoffman, M.G., Homer, J.S. Electricity Distribution System Baseline Report. Richland, Washington: Pacific Northwest National Laboratory, 2016.

Anexo: Modelos de negócio atuais para serviços de gerenciamento da energia

O relatório produzido pelo Massachusetts Institute of Technology em 2016, *Utility of the Future* (MIT, 2016), analisa diversos modelos de negócio existentes atrelados à transformação do setor elétrico em curso. Trata-se, porém, de experiências que fogem do gerenciamento de redes de distribuição—pois não parecem existir atualmente empresas de distribuição que passaram por uma transformação profunda—e sim de modelos que envolvem produtos que podem ser comercializados através de redes de distribuição, como sistemas combinando geração fotovoltaica e baterias. A categoria de modelos mais relevantes para a distribuição é a de venda de serviços de gerenciamento de energia, inclusive resposta da demanda, pois trata-se de um serviço estreitamente vinculado com o gerenciamento de redes elétricas, ao viabilizar o balanço entre oferta e demanda em tempo real.

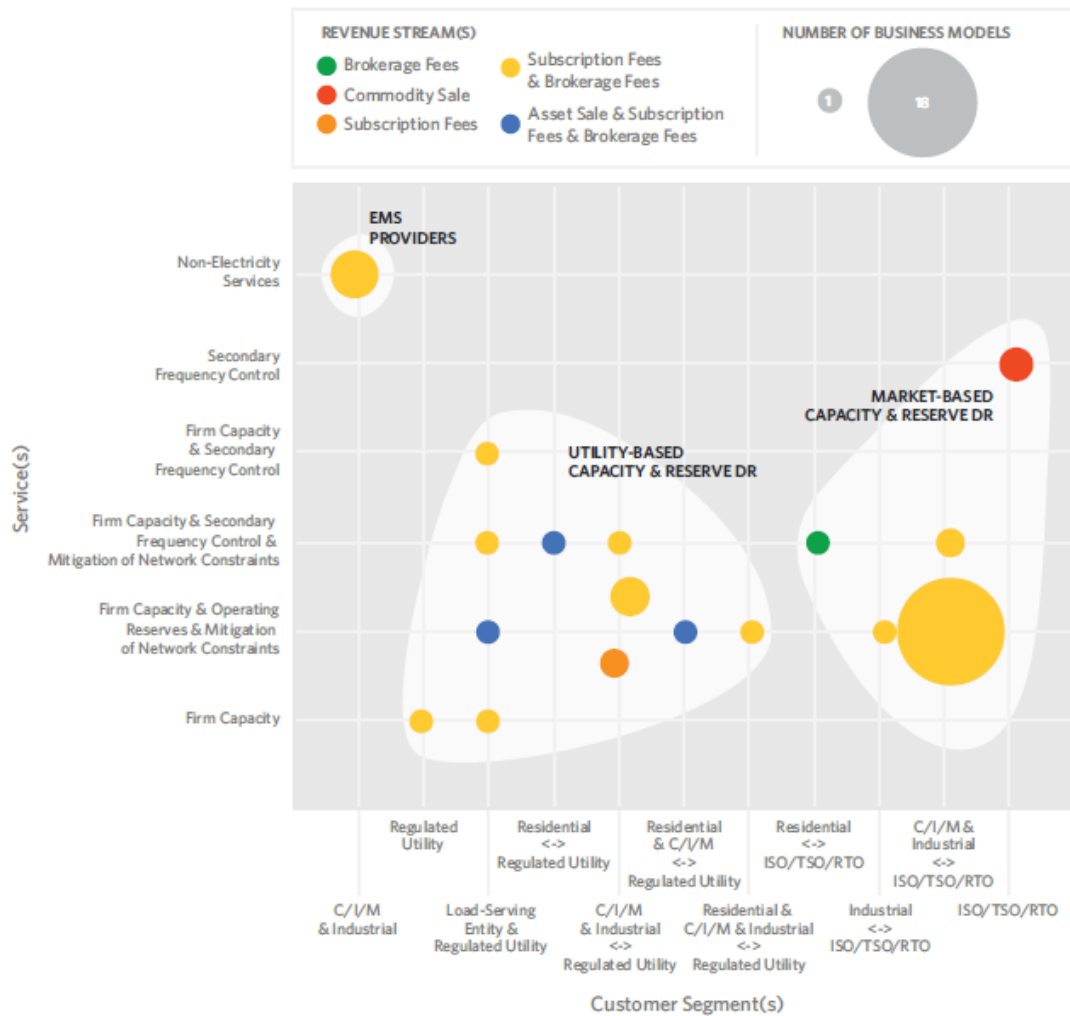
Nesse modelo, a empresa fornecedora contrata a prestação de flexibilidade com entidades capazes de gerenciar rapidamente os fluxos de energia intercambiados com a rede. Normalmente, essa flexibilidade decorre da disponibilidade de recursos internos de produção de eletricidade, e de usos internos da eletricidade que podem ser facilmente deslocados no tempo, p.ex. sistemas de refrigeração baseados no armazenamento de gelo ou água a baixa temperatura. Atualmente, as entidades com essa capacidade são grandes usuários de energia, de tipo comercial (p.ex. edifícios de escritórios), institucionais (ex. hospitais), municipais (com capacidade própria de geração) ou industriais. Essa contratação é feita por pagamento de cotas fixas ou bem por compartilhamento dos ganhos da venda do serviço de flexibilidade. A empresa fornecedora oferece então à entidade gerenciadora da rede um serviço agregado de flexibilidade que pode ir desde flexibilidade em tempo real até prazos mais longos de dias ou meses. Exemplos de empresas seguindo esse modelo de negócio são a EnerNOC, a Comverge e a Innovari nos EUA, e a Restore, na Europa, ao respeito de serviços envolvendo grandes usuários; e envolvendo pequenos usuários, as empresas Ohmconnect, EcoFactor, Comverge e Encycle nos EUA, e a Lichtblick na Europa (MIT, 2016).

O modelo genérico, e a tipologia de exemplos existentes (ao respeito do tipo de fornecedor e de cliente, tipo de produto específico, e tipo de pagamento), são mostrados nas duas gráficas a seguir.



Fonte: MIT, 2016

Figure B.1: Business Model Taxonomy for Demand Response and Energy Management Systems



Fonte: MIT, 2016