

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE FOZ DO IGUAÇU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MODELOS DE NEGÓCIO PARA EMPRESAS DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA CRIAR,  
ENTREGAR E CAPTURAR VALOR DA GERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA**

GRÉGORI DA CRUZ BALESTRA

FOZ DO IGUAÇU

2022

Grégori da Cruz Balestra

MODELOS DE NEGÓCIO PARA EMPRESAS DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA CRIAR, ENTREGAR  
E CAPTURAR VALOR DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica e Ciências da Computação. Área de concentração: Sistemas elétricos e computação.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cayetano Lotero

Foz do Iguaçu

2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Cruz Balestra, Grégori da  
Modelos de negócio para empresas de distribuição de energia elétrica criar entregar e capturar valor da geração distribuída / Grégori da Cruz Balestra; orientador Roberto Cayetano Lotero; coorientadora Carmen Brum Rosa. -- Foz do Iguaçu, 2022.  
85 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Foz do Iguaçu) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação, 2022.

1. Geração distribuída. 2. Modelos de negócio. 3. Distribuição de energia elétrica. I. Lotero, Roberto Cayetano, orient. II. Brum Rosa, Carmen, coorient. III. Título.

# **Modelos de Negócio para Empresas de Distribuição de Energia Elétrica Criar, Entregar e Capturar Valor da Geração Distribuída**

**Grégori da Cruz Balestra**

Esta Dissertação de Mestrado foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação e aprovada pela Banca Examinadora assim constituída:

Prof. Dr. **Roberto Cayetano Lotero** - (Orientador)  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

Prof. Dr. **Daniel Motter**  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

Prof. Dr. **Gilberto Francisco Ceretta**  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

Profa. Dra. **Carmen Brum Rosa** - (Coorientadora)  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

Data da defesa: 12 de abril de 2022

# Resumo

O crescimento significativo da geração distribuída vem afetando o equilíbrio econômico-financeiro das empresas distribuidoras de energia elétrica, criando a necessidade de desenvolver modelos de negócio adequados ao novo contexto. Neste trabalho é apresentado um método para identificar, caracterizar e classificar de forma sistemática os modelos de negócio utilizados pelas citadas empresas para criar, entregar e capturar valor no novo ambiente criado pela GD. Também se faz uma análise de como e quais modelos de negócios podem ser aplicados considerando a atual legislação brasileira, destacando as barreiras que devem ser enfrentadas. Para identificar os modelos de negócios foi realizada uma pesquisa a partir de dados secundários obtidos da revisão da literatura e busca em sites das distribuidoras. Para categorizar estes modelos de forma sistemática foram utilizados três elementos principais: fluxo de receita, segmentos de clientes e propostas de valor. Após a categorização, cada modelo foi caracterizado utilizando um mapa sistêmico no qual são apontados os principais atores envolvidos e como eles se relacionam. Por último foi avaliado como cada categoria poderia ser aplicada considerando o ambiente regulatório brasileiro. A aplicação da taxonomia proposta permitiu que os modelos de negócio fossem agrupados em sete categorias, cujas características são apresentadas fazendo relações com a experiência internacional. Os resultados obtidos permitem concluir que as empresas distribuidoras precisam inovar nos seus modelos de negócio para se adaptar ao novo contexto criado pela GD. Com relação ao caso brasileiro, é necessário que ocorram mudanças regulatórias que permitam que as distribuidoras sejam remuneradas por fontes de receitas que excedem o tradicional serviço de fornecimento de energia.

**Palavras-chave:** Geração distribuída. Modelos de negócio. Distribuição de energia elétrica.

# Abstract

The significant growth of distributed generation has been affecting the economic-financial balance of electricity distribution companies, creating the need to develop business models suited to the new context. This work presents a method to systematically identify, characterize and classify the business models used by the companies that were mentioned before, to create, deliver and capture value in the new environment created by GD. An analysis is also made of how and which business models can be applied considering the current Brazilian legislation, highlighting the barriers that must be faced. To identify the business models, a survey was carried out based on secondary data obtained from the literature review and search on distributors' websites. To systematically categorize these models, three main elements were used: revenue flow, customer segments and value propositions. After categorization, each model was characterized using a systemic map in which the main actors involved and how they relate to each other are pointed out. Finally, the use of each category was evaluated considering the Brazilian regulatory environment. The application of the proposed taxonomy allowed the business models to be grouped into seven categories, whose characteristics are presented in relation to international experience. The results obtained allow us to conclude that distribution companies need to innovate in their business models to adapt to the new context created by DG. Regarding Brazilian matters, it is necessary that regulatory changes occur that allow distributors to be remunerated for sources of revenue that exceed the traditional energy supply service.

**Keywords:** Distributed generation. Business models. Electricity distribution.

# Agradecimento

Agradeço e ofereço este trabalho a todas as pessoas que se dedicam à difícil missão de ensinar e ser professores, em especial à minha família: mãe (Marina), irmãos (Vanúcia e Giovano) e cunhados (Ana, e José Henrique) que, mesmo na dificuldade, seguem em frente e acreditam no ensino público e de qualidade.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Roberto Cayetano Lotero pela sua dedicação, paciência e colaboração durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho, contribuindo para o seu sucesso e também à professora Carmen Brum Rosa pela coorientação.

Agradeço ao PGEEC, funcionários e docentes do curso que, mesmo durante a Pandemia, mantiveram as atividades com qualidade e dedicação.

Aos bolsistas e colegas de pesquisa que muito contribuíram com os debates sobre o tema, em especial ao colega Breno Carneiro Pinheiro pela brilhante coordenação das atividades do projeto. Agradeço ao Cibiogás, e à sua diretoria por apoiar a elaboração deste trabalho dentro de um projeto tão importante para a instituição.

Por fim, agradeço a minha companheira Paula Gazola, pelos momentos felizes que passamos e que ajudaram a tornar o processo de desenvolvimento deste trabalho mais leve e prazeroso, e ao meu filho Antônio, fonte de inspiração.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto de P&D ANEEL com a distribuidora de energia do estado do Rio Grande do Sul CEEE-D/Equatorial, sob número 5000003925 “Valoração dos impactos da geração distribuída no equilíbrio econômico-financeiro da distribuidora com proposição de novos modelos de negócio e mudança regulatório nacional.

# Sumário

<b>Capítulo 1 - Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo 2 - Aspectos técnicos, econômicos e regulatórios da geração distribuída.....</b>	<b>14</b>
2.1 Introdução.....	14
2.2 Características da distribuição de energia elétrica .....	14
2.3 Regulamentação da GD no Brasil .....	16
2.3.1 Ambientes de comercialização de energia elétrica .....	18
2.3.2 Tarifas de energia elétrica .....	21
2.3.3 Alterações inseridas pela Lei n.º 14.300/2022.....	23
2.4 Produtos e serviços da GD .....	24
2.4.1 Tecnologias de GD.....	24
2.4.2 Reserva de operação.....	27
2.4.3 Geração despachável e controlabilidade .....	27
2.4.4 Armazenamento distribuído de energia .....	28
2.4.5 Usinas Virtuais .....	30
2.4.6 Serviços ancilares.....	31
2.5 Mecanismos de incentivo à GD .....	33
<b>Capítulo 3 - Modelo de negócio e método para classificação e categorização.....</b>	<b>36</b>
3.1 Introdução.....	36
3.2 Conceituação de modelo de negócio .....	37
3.3 Componentes de um modelo de negócio.....	38
3.4 Business Model Canvas .....	40
3.5 Taxonomias e tipologia de modelos de negócios.....	43
3.6 Método para categorização e desenho do mapa sistêmico.....	44
3.6.1 Conjunto de modelos de negócios genéricos .....	45
3.6.2 Categorização dos modelos de negócio .....	47
3.6.3 Mapa sistêmico da rede de valor .....	49
3.7 Considerações finais do Capítulo .....	51
<b>Capítulo 4 - Categorização dos modelos de negócio.....</b>	<b>52</b>
4.1 Introdução.....	52
4.2 Categorias de modelos de negócio .....	52
4.2.1 Proprietária de ativos.....	57

4.2.2	Facilitadora de negócios.....	61
4.2.3	Comercializadora de energia.....	63
4.2.4	Venda de produtos e serviços.....	65
4.2.5	Proprietária de usina virtual .....	67
4.2.6	Energia transativa.....	68
4.2.7	Armazenamento de energia.....	71
4.3	Considerações finais do Capítulo .....	73
<b>Capítulo 5</b>	<b>- Considerações Finais.....</b>	<b>74</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>.....</b>	<b>77</b>

# Capítulo 1

## Introdução

A potência instalada em unidades de geração distribuída (GD) no Brasil ultrapassou em março de 2022, a marca de 10 GW, um aumento de 600% em relação ao mesmo período de 2018 (ANEEL, 2022) e, segundo estimativas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), existe potencial para superar os 30 GW até 2029 (EPE, 2020).

A GD pode melhorar o desempenho das redes de distribuição de energia elétrica oferecendo serviços ancilares, como controle de tensão, além de adiar investimentos em expansão da infraestrutura quando instalada próximo aos centros de carga (Murthy & Kumar, 2013). A GD também pode reduzir custos de manutenção e melhorar a confiabilidade do atendimento quando ocorrem falhas na rede de distribuição ou também, podem reduzir os elevados custos de energia em horários de ponta, ou ainda pode ser utilizada como *backup* ou suporte à rede quando existe a possibilidade de armazenar parte da energia (Bell & Gill, 2018).

No entanto, a GD também traz muitos desafios técnicos, econômicos, regulatórios e institucionais que afetam diferentes segmentos de negócios, em especial às distribuidoras de energia (Thang, 2019). Segundo Birk & Tabors (2017) a elevada penetração da geração distribuída exige uma reavaliação da estrutura do setor elétrico, da prestação dos serviços de eletricidade e dos paradigmas da regulamentação.

No campo técnico, a intermitência na geração provocada pelas fontes solar e eólica, que dependem de fatores ambientais para gerar energia, causam dificuldades para o operador do sistema programar o despacho conforme a demanda dos consumidores (Medina, 2012). Além disso, dependendo da localização e da simultaneidade geração-consumo, a GD pode inverter o fluxo de potência no alimentador. Uma penetração massiva de sistemas fotovoltaicos de pequena escala provoca mudanças na rede, indicando que ajustes dos dispositivos de proteção podem ser fundamentais (Mendes et al., 2021).

Para amenizar esses problemas é necessário que as distribuidoras realizem elevados investimentos na implantação de redes inteligentes, com sistemas de controle e de medição em tempo real da energia injetada e consumida pelos agentes conectados na rede. Isto é uma realidade em Vermont nos Estados Unidos, onde as concessionárias de energia planejaram

obter 90% das suas necessidades energéticas de fontes renováveis até 2050, investindo também em projetos de pesquisa para desenvolver métodos eficazes que permitam mitigar os riscos da elevada penetração da GD (Foster, 2019).

No campo econômico, a inserção de muitos geradores distribuídos representa uma redução na quantidade de energia vendida pelas distribuidoras para os consumidores cativos, podendo resultar em redução da receita. Neste caso, a redução de receita pode ser amenizada com uma redução nos custos decorrente da compra de energia no mercado atacadista. Porém, os custos associados ao serviço de transporte permanecem os mesmos, sendo remunerados pela tarifa volumétrica. Isto é, a fatura depende unicamente da quantidade de energia elétrica consumida, e os consumidores que adotam GD, e continuam utilizando a rede de distribuição consumindo menos energia proveniente da concessionária, não remuneram adequadamente pelo uso dessa rede, sendo os custos não cobertos repassados às tarifas dos demais consumidores (Tommaso, 2018). Por esse motivo a GD pode ser vista como um ameaça pela distribuidora, assim é fundamental que elas e os reguladores pensem conjuntamente em uma fórmula que integre o volume de energia vendida pela distribuidora, os possíveis prejuízos financeiros e o aumento de tarifa aos consumidores (Heideier et al., 2020).

Assim como em qualquer empresa, as distribuidoras precisam garantir seu equilíbrio econômico-financeiro, desafio este que ficou maior com o aumento da penetração da GD (Resende, 2018). Os formuladores de políticas públicas e os reguladores também precisam avaliar cuidadosamente as implicações dos incentivos e da regulamentação para as distribuidoras e seus clientes, observando a capacidade que estas têm em adaptar seus modelos de negócios para garantir o equilíbrio econômico-financeiro.

A adoção de GD traz vantagens e desvantagens, e com o aumento do nível de penetração é necessário que os atores envolvidos nesse processo pensem em modelos de relacionamento que permitam aproveitar os benefícios econômicos da GD e minimizem os possíveis custos e problemas técnicos a ela associados. O grande problema é que a maioria das distribuidoras não tem clareza sobre como criar, entregar e capturar valor com a GD. Segundo Richter (2013), barreiras organizacionais impedem que o valor da GD seja reconhecido por parte das distribuidoras, isto devido à falta de informação sobre as potencialidades do sistema e de formação qualificada para gerenciamento e manutenção das unidades a serem criadas. Além disso, as limitações impostas pela regulamentação sobre venda, geração, distribuição e armazenamento de energia também podem restringir as possibilidades de investimento em GD, especialmente para as distribuidoras. Por isso, é fundamental que as distribuidoras conheçam os possíveis modelos de negócios que podem ser gerados para criar, entregar e capturar valor da GD, identificando suas características, os atores que estão envolvidos e como eles interagem entre si. Estes modelos envolvem uma ampla gama de produtos e serviços que vão desde a venda direta de produtos como inversores, módulos de energia solar, baterias etc., até a oferta de serviços de controle de resposta a demanda e gerenciamento de eficiência energética, serviços ancilares, entre outros.

Poucos estudos caracterizam os modelos de negócio relacionados à GD, e menos ainda apontaram as vantagens e os benefícios da GD para as distribuidoras. Burger & Luke (2017) analisaram o mercado norte-americano e, com base em 144 empresas pesquisadas, derivaram modelos de negócios genéricos de GD para resposta da demanda, sistema de gerenciamento de energia, armazenamento térmico e elétrico e aplicações fotovoltaicas. Rezende (2015) e Alves (2015) foram mais específicos e pesquisaram os modelos de negócio para as distribuidoras de energia dos EUA, com foco em energia fotovoltaica.

Na Europa, Gangale et al. (2017), que supervisionaram projetos de redes inteligentes, concluíram que a maior parte dos modelos de negócios neste segmento estão relacionados com GD e são os que movimentam mais recursos financeiros, aproximadamente quatro milhões de euros por ano. Richter (2013) pesquisou dois tipos de modelos de negócio genéricos aplicados no mercado alemão e concluiu que os modelos eram adequados para distribuidoras que investem em grandes empreendimentos e que o mercado de energia do país ainda carece de modelos adequados para pequenas necessidades voltadas ao cliente final. Além disso, concluiu que os tomadores de decisão das concessionárias públicas de energia não enxergavam o valor da GD. Kirchenbauer et al. (2020) realizaram uma caracterização dos modelos de negócios envolvidos em todo o processo de transformação de energia e indicaram que os negócios tradicionais são afetados pela descarbonização, descentralização e digitalização do sistema energético em todos os segmentos econômicos.

Resende & Aquino (2018) avaliaram como as transformações no setor de energia estão impactando os modelos de negócios do ecossistema de energia, desenvolvendo novas possibilidades e criando desafios para os reguladores. Bryant et al. (2018) realizaram pesquisa em 50 empresas da Europa e Austrália e encontraram quatro modelos de negócios inovadores, além do modelo tradicional, em todos os modelos foi percebida a vulnerabilidade financeira das distribuidoras com o aumento da GD. Outros estudos destacam ainda os modelos de negócios de serviços específicos que podem ser usados pelas distribuidoras, como Hamwi & Lizarralde (2019).

Como visto, alguns estudos já abordaram diferentes modelos de negócios envolvendo GD e neles é possível perceber o papel das distribuidoras como agentes desses modelos ou como elas são afetadas pela GD, mas nenhum estudo encontrado até o momento chegou a sistematizar todos esses modelos em um único documento, indicando vantagens e desvantagens de cada um, de modo a facilitar a tomada de decisão pelas distribuidoras. Este trabalho busca justamente preencher esta lacuna e responder à seguinte pergunta:

*De que forma as características técnicas e econômicas da geração distribuída e o ambiente regulatório do mercado de energia elétrica influenciam na estruturação de modelos de negócio de empresas distribuidoras de energia elétrica?*

Para responder a essa pergunta este trabalho teve como objetivo geral: caracterizar e classificar de forma sistemática os modelos de negócio para a criação, entrega e captura de valor da geração distribuída por parte das empresas distribuidoras de energia elétrica.

Dada a complexidade da tarefa envolvida na pesquisa, foram definidos os seguintes objetivos específicos que indicam o caminho que foi seguido:

- Caracterizar as tecnologias de GD do ponto de vista técnico e econômico, apontando as vantagens e desvantagens para a distribuidora;
- Descrever o relacionamento entre a distribuidora e a GD no ambiente regulatório do Brasil;
- Identificar produtos e serviços inovadores da GD;
- Identificar modelos de negócio para que as distribuidoras criem, entreguem e capturem valor no relacionamento com a GD;
- Propor uma estrutura analítica para classificar de forma sistemática os modelos de negócio, apontando os agentes envolvidos, suas interações e trocas de valor.

O trabalho de pesquisa foi conduzido pela ideia central de que os modelos de negócio para a criação, entrega e captura de valor da GD por parte de uma distribuidora de energia elétrica são influenciados pelas características técnicas e econômicas das tecnologias e pelo ambiente regulatório da geração distribuída. É importante destacar que o trabalho não desenvolveu um modelo de negócio para um mercado específico, nem propôs modelos inovadores. A pesquisa usou dados secundários, ou seja, baseou-se em modelos que já existem no mercado, por meio de uma extensa pesquisa bibliográfica.

Para atingir os objetivos propostos o trabalho foi estruturado da seguinte forma:

Capítulo 2: Apresenta as características técnicas e econômicas da GD, aspectos regulatórios e mecanismos de incentivos utilizados em outros países e os produtos e serviços inovadores oriundas da GD.

Capítulo 3: Neste Capítulo é apresentado o método aplicado para identificar, sistematizar e classificar os modelos de negócios. Para isso, é realizada uma conceituação sobre modelos de negócios e são apresentadas as ferramentas que serão utilizadas.

Capítulo 4: Neste Capítulo é apresentada a aplicação do método proposto no Capítulo 3. Os modelos são organizados em categorias e cada uma delas são apresentadas as características gerais do modelo de negócios e as experiências internacionais são citadas. Para cada categoria é apresentado um mapa sistêmico que apresenta a rede de atores envolvidos a troca de valor entre eles. Além disso, é realizada uma análise da aplicação destes modelos no cenário brasileiro.

Capítulo 5: Traz as conclusões do presente trabalho e aponta as sugestões para trabalhos futuros.

## Capítulo 2

# Aspectos técnicos, econômicos e regulatórios da geração distribuída

### 2.1 Introdução

Existem diferentes tecnologias que podem ser utilizadas para a geração distribuída (GD) dependendo do tipo de fonte primária de energia, influenciando nas características de geração como a despachabilidade e a controlabilidade, entre outras. Entender como estas características estão relacionadas com as diferentes tecnologias é fundamental para definir os possíveis produtos e serviços que podem ser oferecidos pela GD. Além disso, as características de cada tecnologia impactam nos custos de implantação e operação da GD que irão afetar os diferentes modelos de negócios.

Outro fator importante a se considerar está relacionado com os aspectos regulatórios e os incentivos oferecidos para a implantação de GD. No Brasil, a primeira regulamentação que abordou micro e minigeração foi criada em 2012 e recentemente passou por uma profunda revisão na Lei n.º 14.300 aprovada e sancionada em janeiro de 2022. Desta forma, é importante conhecer como a legislação vigente afeta o papel da distribuidora e os diferentes atores envolvidos nos modelos de negócios da GD.

Assim, neste capítulo serão apresentados os conceitos e as características técnicas e econômicas da GD e a correspondente estrutura regulatória no Brasil. Na sequência serão abordadas as tecnologias de GD mais utilizadas e os produtos e serviços que podem ser aproveitados pela distribuidora, apresentando suas vantagens e desvantagens.

### 2.2 Características da distribuição de energia elétrica

O serviço de distribuição de energia elétrica é considerado um monopólio natural, tendo como principais características econômicas os elevados custos fixos e a presença de economia de escala, com custos médios e custos marginais decrescentes com o nível de produção

(Lotero, 1999). Sendo assim, é necessária a atuação de uma agência reguladora que têm o papel de fixar a tarifa a ser cobrada e estabelecer e fiscalizar as condições nas quais esse serviço será prestado (Bryan et al., 2018). No Brasil o serviço de distribuição de energia elétrica é uma concessão regulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que tem a responsabilidade de regular e fiscalizar esse serviço, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais.

Os agentes de distribuição são registrados na ANEEL como concessionárias, permissionárias ou autorizadas para realizar a distribuição de energia elétrica em determinada região, não sendo permitido atuar nos segmentos de geração e transmissão. Porém, muitas empresas de distribuição pertencem a holdings que atuam nos diferentes segmentos.

As empresas de distribuição recebem a energia dos sistemas de transmissão e a distribuem para todos os consumidores conectados na rede da distribuidora. Além de ser responsável pela operação da rede, também fica a cargo das distribuidoras a manutenção e a expansão do sistema de distribuição e as atividades de comercialização de eletricidade para os consumidores cativos. Com o objetivo de garantir o fornecimento de energia a todos os consumidores, as distribuidoras têm a obrigação de adquirir toda a energia necessária para o abastecimento da sua área de concessão. A contratação deve ser realizada através de leilões, organizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Para isso, as empresas precisam desenvolver modelos para prever qual será o consumo de energia nos diferentes horizontes de contratação e qual será a difusão da GD neste período. O risco de mercado oriundo de diferenças entre a demanda de energia elétrica projetada e a que efetivamente ocorre é de responsabilidade das distribuidoras (Tommaso, 2018).

Ainda, segundo Tommaso (2018), as tarifas são calculadas levando em consideração os custos de operação (OPEX) e os custos de investimento (CAPEX). O primeiro custo é determinado por meio de um mecanismo de incentivo regulatório denominado *yardstick competition*, no qual a ANEEL cria grupos de concessionárias com características técnicas e econômicas semelhantes, com o objetivo de permitir uma comparação e competição entre elas. Já o CAPEX é calculado de maneira discretizada, com todos os investimentos estando sujeitos à aprovação por parte da ANEEL. O cálculo da tarifa deve preservar o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras e garantir que o consumidor não seja prejudicado pelo poder de monopólio das empresas de distribuição.

A soma dos citados custos da distribuidora define a receita requerida (*RR*), que é dividida pela demanda de energia elétrica do período de referência, definido como os doze meses anteriores ao instante no qual a tarifa está sendo ajustada, para se chegar à tarifa de energia. Este modelo tarifário está sustentado no volume de energia consumido pelos consumidores cativos, porém a distribuidora possui custos fixos que independem do volume de energia, o que acaba causando distorções na aplicação das tarifas reguladas. Além disso, a *RR* para cobrir os custos das distribuidoras não é garantida, visto que a sua efetiva consolidação depende do nível de consumo futuro dos consumidores, ou seja, do nível

projetado de consumo, que é constatado apenas após o fim do período de 12 meses. Para minimizar os efeitos para as distribuidoras, as tarifas são reajustadas ou recalculadas periodicamente, de maneira pré-determinada, através do reajuste anual tarifário (RAP) ou da revisão tarifária periódica (RTP) (Tommaso, 2018).

Com o avanço da GD, os problemas econômicos devido à distorção das tarifas aumentam, pois no Brasil o modelo de compensação (*net metering*) remunera a eletricidade exportada para a rede de distribuição ao preço de eletricidade no varejo, ou seja, no mesmo nível das tarifas de fornecimento das distribuidoras. Sob esse esquema de compensação, as distribuidoras passam a exercer um papel de *backup* dessa geração, sendo essencial para os consumidores adotantes desses sistemas. Isso significa que os prosumidores não remuneram a distribuidora pela totalidade dos custos fixos da rede, sendo que esta parcela é repassada aos consumidores cativos na revisão tarifária. A combinação de tarifas de distribuição volumétricas e o *net-metering* pode levar à erosão da receita das distribuidoras e à transferência dos custos dos prosumidores para consumidores que não adotam a GD (Barbose et al., 2019).

Portanto, torna-se importante desenvolver modelos de negócio que auxiliem as distribuidoras a manter o equilíbrio econômico-financeiro dado o cenário de grande expansão da GD, ao mesmo tempo que os consumidores não sejam prejudicados com o aumento das tarifas de energia.

## 2.3 Regulamentação da GD no Brasil

O Decreto n.º 5.163/04, que regulamenta a Lei n.º 10.848/04, define as regras para a comercialização de energia elétrica no Brasil, contemplando a GD e os procedimentos para sua contratação. Neste decreto ficou definido o que seria considerado geração distribuída:

“Considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e

II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%.”

Em 2012 entrou em vigor a Resolução Normativa n.º 482 da ANEEL, a qual estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Nesta resolução ficou definido o sistema de compensação de energia, através do qual o agente gerador cede por empréstimo gratuito à distribuidora toda a energia ativa gerada para posteriormente compensar seu uso na unidade consumidora geradora ou em outra de mesma titularidade, dentro da zona de concessão da distribuidora. A energia que não for utilizada fica como forma de crédito que deve ser utilizado em até 5 anos.

Em 2015 a citada Resolução foi aprimorada através da REN n.º 687/15, admitindo outras possibilidades de compensação por créditos de energia, como: empreendimento com

múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada e autoconsumo remoto (ANEEL, 2015). Estas mudanças tornaram o processo de conexão mais eficiente e ampliou o acesso à geração distribuída para um número maior de unidades consumidoras (EPE, 2020). A última atualização ocorreu em janeiro de 2022 através da Lei 14.300, que estabelece os novos limites para a micro e minigeração:

**Microgeração distribuída:** central geradora de energia elétrica, com potência instalada, em corrente alternada, menor ou igual a 75 kW (setenta e cinco quilowatts) e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras;

**Minigeração distribuída:** central geradora de energia elétrica renovável ou de cogeração qualificada e que possua potência instalada, em corrente alternada, maior que 75 kW (setenta e cinco quilowatts), menor ou igual a 5 MW (cinco megawatts) para as fontes despacháveis e menor ou igual a 3 MW (três megawatts) para as fontes não despacháveis, conectada na rede de distribuição de energia.

Segundo a legislação Brasileira não existe limite para a GD Ainda é possível classificar a GD em outras duas modalidades:

**GD Incentivada:** geradores que utilizam energia proveniente de recursos renováveis, tais como: hidrelétricos, solares, eólicos e térmicos a biomassa, com potência inferior a 300 MW. Para garantir sua competitividade é concedido um percentual de redução, não inferior a 50%, aplicado aos valores da tarifa de uso do sistema de transmissão (TUST) e da tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD). Com isto, busca-se aumentar a oferta de energia proveniente de GD com fontes renováveis, inclusive o gás natural quando se trata de cogeração qualificada, com potência instalada de até 30 MW. No entanto, com a Lei n.º 14.120/2021 o benefício foi extinto e será substituído por outro mecanismo que ainda não foi definido.

**GD convencional:** caracteriza-se pela produção de energia a partir de fontes não renováveis como gás natural, carvão, diesel e óleo combustível, sem limite de potência desde que a eficiência seja maior que 75%, podendo ser comercializada nos dois ambientes de comercialização, existindo basicamente dois tipos de agentes de geração: autoprodutor de energia (APE) e produtor independente de energia (PIE). Além disso, pode ser considerada GD convencional aquela com fontes renováveis com capacidade instalada maior que 30 MW (hidrelétrica) e maior que 300 MW (Biomassa, Eólica e Solar) (Godoi, 2019).

A Tabela 2.1, apresenta um resumo da situação atual da GD no Brasil considerando a última revisão da legislação. Como mencionado no início da seção, não existe limite para a geração distribuída no Brasil, salvo as exceções já destacadas.

**Tabela 2.1** – Organização da GD no Setor Elétrico Brasileiro.

	Micro GD	Mini GD	GD Incentivada		Convencional
	Sistema de compensação				
<b>Hidrelétrica</b>	Até 75kW	De 75 kW até 5MW (fontes despacháveis) e menor ou igual a 3MW (fontes não despacháveis)	De 500kW até 30MW		> 30 MW
<b>Eólica</b>				> 30 MW até 300 MW após 01/01/16	> 300 MW
<b>Solar</b>					
<b>Biomassa</b>					
<b>Gás Natural</b>					Sem limite de potência e eficiência $\geq$ 75%
<b>Carvão</b>					
<b>Diesel</b>					
<b>Óleo Combustível</b>					

Fonte: Adaptado de Godoi (2017).

Adicionalmente, na REN n.º 482/2012 e reeditadas na Lei 14.300/2022 também estão definidos os tipos de consumidores de energia:

**Consumidor cativo:** compra energia direto das distribuidoras de energia, através do mercado regulado.

**Consumidor especial:** consumidor com demanda maior ou igual a 500 kW e menor que 3 MW, que tem o direito de adquirir energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou de fontes incentivadas especiais (eólica, biomassa ou solar). No caso dos consumidores especiais, há a possibilidade de Comunhão de Carga. Isso significa que consumidores com a mesma raiz de CNPJ ou localizados em área contígua (sem separação por vias públicas) podem agregar suas cargas para atingir o nível de demanda de 500 kW exigido para se tornar consumidor especial.

**Consumidor livre:** segundo a Lei n.º 9.074/1995, Art. 15 e 16, atualizada em janeiro de 2020, poderá ser considerado consumidor livre e comprar energia no ACL quem possuir carga igual ou superior a 2 MW.

**Prosumidor:** consumidor que produz sua própria energia e participa do sistema de compensação.

Os procedimentos para o acesso de micro e minigeradores ao sistema de distribuição estão descritos na seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Neste documento estão as modalidades padronizadas conforme a quantidade de fases e nível de tensão de conexão da central geradora, definidos pela distribuidora em função das limitações técnicas justificáveis da rede.

### 2.3.1 Ambientes de comercialização de energia elétrica

No Brasil existem dois ambientes para a comercialização de energia elétrica: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). Todos

os contratos, sejam no ACR ou no ACL, têm que ser registrados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), e servem de base para a contabilização e liquidação das diferenças no mercado de curto prazo. Na sequência os dois ambientes serão descritos.

### **i) Ambiente de Contratação Regulada**

No ACR as distribuidoras têm a obrigação de contratar, mediante leilão promovido direta ou indiretamente pela ANEEL toda a energia elétrica necessária para suprir as necessidades dos consumidores cativos, de forma a garantir o atendimento da totalidade de seu mercado. Os consumidores cativos, por sua vez, não podem comprar energia de terceiros, somente de suas respectivas concessionárias locais, mediante tarifa regulada pela ANEEL.

A micro e minigeração fazem parte do ACR, portanto as distribuidoras têm a obrigação de atender as unidades consumidores vinculadas e devem receber a energia injetada na rede pelos prosumidores, e devolver o excedente na forma de créditos, não sendo permitida a venda dos excedentes. Neste sistema de compensação podem existir as seguintes modalidades, segundo a Lei 14.300/2022 e REN 482/2012:

- **Autoconsumo local (Geração junto à carga):** a geração de energia é realizada próximo da unidade onde será consumida a energia, sendo que o cliente consumidor de energia elétrica necessariamente deverá ser titular da unidade consumidora onde a energia elétrica será gerada, possibilitando que a mesma seja contabilizada em seu nome para posterior compensação. Isto não impede que o prosumidor possa compensar a energia em outra unidade de mesma titularidade, dentro da área de concessão da distribuidora, através do autoconsumo remoto.

- **Geração compartilhada – consórcio:** a compensação com geração compartilhada poderá ser realizada em unidades com titularidades diferentes, desde que por meio de cooperativas com participação de ao menos 20 pessoas físicas, ou no formato de consórcio.

- **Autoconsumo remoto:** outra opção para o uso de titularidade distinta é a adesão ao autoconsumo remoto, fazendo uso da locação de equipamentos e/ou terreno com contrato adicional de desempenho de geração para a remuneração da energia elétrica gerada. Nesse caso, é permitido que a unidade geradora pertença a uma pessoa jurídica ou física diferente da proprietária da unidade onde a energia é compensada.

Nesta modalidade, o proprietário da usina aluga ao cliente consumidor de energia elétrica o imóvel, ou parte dele, onde a central de geração de energia elétrica será instalada, o que possibilita o registro do cliente consumidor de energia como titular da central de GD perante a concessionária de distribuição. Além da locação do imóvel, o proprietário da usina também alugaria ao cliente consumidor de energia os equipamentos que compõem a central de geração GD, que gerará energia. O aluguel dos equipamentos poderá ser atrelado a cláusulas de variação da remuneração conforme o desempenho dos equipamentos. A separação da locação do imóvel da locação dos equipamentos de GD, é necessária pois o Art.

6.ºA da REN n.º 482/2012 veda expressamente que os contratos de locação do imóvel tenham remuneração atrelada a reais por unidade de energia.

Outro contrato que pode ser celebrado neste caso é o de operação e manutenção (O&M) da usina, que também estará atrelado ao desempenho dos equipamentos. Este tipo de contrato é comum em situações no qual custos com O&M são uma parcela relevante dos custos da usina, como é o caso das plantas movida a biogás.

Outra relação comercial possível no ACR é o contrato de fornecimento de biogás que será a fonte primária para gerar energia elétrica através de um gerador. Portanto, o biogás será um produto capaz de ser fornecido (comercializado) ao cliente consumidor final, incidindo normalmente o ICMS sobre esse bem. Este case foi implementado na cidade de Entre Rios do Oeste no estado do Paraná.

## ii) Ambiente de Contratação Livre

Neste ambiente os consumidores livres podem escolher de quem comprar a energia, com o intuito de encontrar o agente que lhe disponibilize ao menor preço. Para isso são celebrados contratos bilaterais que podem ser livremente negociados entre os consumidores e os agentes de geração, ou ainda, por intermédio de empresas especializadas nessa área de atuação.

Os consumidores livres, conforme consta no Decreto n.º 5.163/2004, deverão formalizar junto ao agente de distribuição local, com antecedência mínima de cinco anos, a decisão de retornar à condição de consumidor cativo, podendo o prazo ser reduzido a critério da distribuidora. Já no processo de adesão ao ACL, seja na condição de gerador ou consumidor de energia, é necessário fazer-se representado junto à CCEE, o que pode ocorrer na condição de agente ou via representação por um comercializador varejista. Para a participação no ACL como agente, destacam-se os custos referentes às contribuições associativas à CCEE.

Sobre o lucro da comercialização da energia podem incidir os impostos conforme mostrado na Tabela 2.2. Vale destacar que, dependendo da forma como ocorrer a comercialização da energia e a natureza da organização, estes impostos podem sofrer variações (Maestrini, 2021).

**Tabela 2.2 – Impostos na comercialização da energia**

TIPO DE IMPOSTO	ALÍQUOTA (%)
Programa Integração Social (PIS)	1,65% sobre a receita
Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (CONFIS)	7,6 % sobre a receita
Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ)	15% sobre o lucro
Contribuição social sobre o lucro (CSLL)	9% sobre lucro
Adicional do IRPJ	10% sobre o lucro
Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)	29% sobre o lucro

Fonte: adaptado de Maestrini (2021).

Na relação com um cliente livre, o gerador poderá explorar três formas distintas para a comercialização da energia disponível:

**Autoprodução:** o proprietário da usina aluga ao consumidor livre todos os ativos necessários para a geração de energia elétrica, incluindo equipamentos e terrenos, e celebra contratos de desempenho. Assim, o cliente passa a atuar no mercado como autoprodutor de energia elétrica. A autorização ou registro da usina junto à ANEEL ocorre em nome do consumidor, na condição de autoprodutor. Neste caso, o eventual risco pela não geração de energia seria assumido, perante a CCEE, pelo próprio consumidor, que poderá ficar exposto ao mercado de curto prazo (MCP).

Para reduzir os riscos do consumidor, o proprietário da usina poderá se responsabilizar por todos os trâmites junto à ANEEL, podendo ser previsto nos contratos celebrados que a eventual exposição do consumidor no MCP, por geração de energia abaixo do esperado, será coberta pelo proprietário da usina.

**Produção Independente Equiparada à Autoprodução:** a Lei n.º 11.488/2007, em seu Art. 26, prevê a possibilidade de que a energia elétrica gerada por uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) no ACL (na condição de Produtora Independente de Energia) possa ser destinada para seus acionistas.

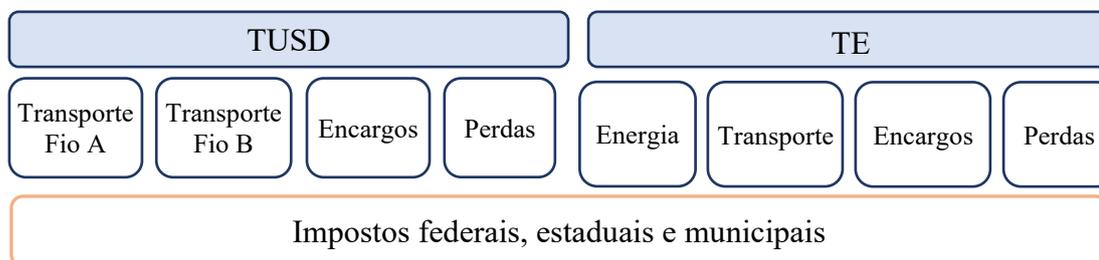
Neste arranjo, o proprietário da usina poderia desenvolver uma SPE com o consumidor final, o qual usa a energia. A grande diferença com o modelo de autoprodução é que o consumidor é registrado na CCEE como um consumidor especial ou livre, sem assumir os riscos da autoprodução de energia. Além disso, como a SPE teria que registrar na CCEE os contratos de compra e venda de energia, para destinar energia ao consumidor acionista da SPE, os riscos de eventual geração abaixo do esperado seriam assumidos pela SPE. Para que este tipo de modelo possa ser operacionalizado, o proprietário teria que formalizar, junto como seu cliente consumidor de energia, a relação societária e contratual necessária para constituir a SPE.

**Produção Independente:** existe também a possibilidade de o proprietário da usina gerar energia elétrica no ACL como produtora independente de energia elétrica. Nesse caso, a energia elétrica gerada seria comercializada no ACL junto a comercializadoras de energia ou consumidores livres ou especiais de energia. Para tanto, seria necessária a formalização de contratos de compra e venda de energia (PPAs) no ACL, assumindo o proprietário da usina os riscos de eventual não geração da energia elétrica por ele comercializada no mercado livre.

### 2.3.2 Tarifas de energia elétrica

Segundo Iglesias (2021), no Brasil as tarifas de energia são definidas pela ANEEL de forma a garantir o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos de concessão das distribuidoras, permitindo a recuperação dos custos regulatórios e a remuneração dos

investimentos. Para os consumidores a tarifa de energia elétrica é separada em três componentes: tarifa de energia (TE); Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD); e os encargos setoriais, mais os impostos federais - PIS/COFINS, estaduais - ICMS, e municipais - Taxa de Iluminação Pública (Maestri, 2021).



Fonte: Maestrini (2021).

**Figura 2.1** – Composição Tarifa de energia elétrica.

Conforme observado na Figura 2.1 a TUSD é formada por quatro partes:

- TUSD FIO A: formada pelos custos regulatórios de ativos de propriedade de terceiros, ou seja, uso, conexão e compartilhamento da rede de transmissão, assim como transformadores com tensão inferior a 230 kV da rede básica e uso e conexão com outras distribuidoras.
- A TUSD FIO B é formada por custos regulatórios de ativos próprios da distribuidora, composto por: custo anual de ativos (CAA) e o custo de administração, operação e manutenção (CAOM) (Maestrini, 2021).
- TUSD Encargos é a parcela que recupera os custos dos seguintes encargos: Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética – P&D\_EE; Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica – TFSEE; Contribuição para o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS; Quota da Conta de Desenvolvimento Energético – CDE; Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.
- A TUSD Perdas é a parcela que recupera os custos regulatórios com as perdas técnicas, perdas não técnicas, perdas regulatórias na rede básica e receitas irrecuperáveis.

Os componentes da parcela TE é subdividida, segundo Iglecias (2021) em:

- TE Energia: para recuperação dos custos pela compra de energia elétrica que será repassada ao consumidor;
- TE Transporte: para recuperação dos custos de transmissão relacionados à Itaipu;
- TE Perdas: para recuperação dos custos com perdas na Rede Básica devido ao mercado de referência de energia;
- TE Encargos: para a recuperação dos custos relacionados a Contribuição sobre o Uso de Recursos Hídricos; Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética; e Quota da Conta de Desenvolvimento Energético e Conta Covid.

As parcelas TUSD e TE são definidas no processo de revisão tarifária, em média a cada 4 anos. Nesta revisão são avaliados todos os custos, investimentos realizados e critérios de

qualidade da distribuidora. Além disso, anualmente a tarifa é reajustada através do recálculo das componentes energia, Transmissão (Fio A) e Encargos, com objetivo de reestabelecer o poder de compra da concessionária, e a correção da parcela de distribuição, Fio B (Iglesias, 2021).

### 2.3.3 Alterações inseridas pela Lei n.º 14.300/2022

Após intensos debates que envolveram diversos atores da sociedade, foi publicada, em 7 de janeiro de 2022, a Lei n.º 14.300/2022, a qual vinha sendo tramitada como Projeto de Lei n.º 5829/2019. A citada Lei institui o Marco Legal que regula o mercado de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) no Brasil, estabelecendo uma série de mudanças no atual sistema de compensação de energia. As principais alterações são destacadas na sequência:

**i) Comercialização de energia elétrica e serviços ancilares:** os créditos de energia elétrica serão considerados como excedente de energia elétrica que não foram compensados, e desta forma poderão ser utilizados e alocados em novos ciclos de faturamento do cliente ou ainda vendidos para a concessionária ou permissionária em que está conectada a central consumidora-geradora. Além disso, a concessionária ou permissionária poderá contratar serviços ancilares de geradores distribuídos de pequeno porte (micro e minigeração distribuída), utilizando os serviços para beneficiar suas redes ou microrredes; podendo também realizar chamada pública para credenciamento de interessados em comercializar excedentes de geração de energia elétrica.

**ii) Limite de Potência para minigeração:** projetos com fontes despacháveis de energia poderão ter potência instalada de até 5 MW. Porém, projetos com fontes não despacháveis, a potência instalada deverá ser limitada a 3 MW.

**iii) Tempo de transição e manutenção das regras atuais:** projetos de microgeração e/ou minigeração distribuída que estejam em funcionamento, ou ainda, para aqueles projetos que protocolarem a solicitação de acesso ao sistema de compensação de energia elétrica até 12 meses após a publicação da Lei, serão mantidos na regra atual até 31 de dezembro de 2045, compensando todas as componentes da tarifa de energia elétrica.

No entanto, projetos novos que entrarem no período de transição que varia entre o 13º e o 18º mês após a publicação da Lei, aplica-se algumas regras estabelecidas pela ANEEL conforme descritas a seguir:

a) Para solicitação de acesso após 12 meses da publicação da lei o prosumidor deverá custear a parcela TUSD Fio b de forma progressiva iniciando em 15% (2023) e atingindo 100% em 7 anos (2028). Esta regra é aplicável às seguintes unidades consumidoras: geração local; geração compartilhada; múltiplas unidades consumidoras; geração a partir de fontes despacháveis; geração não intermitente; autoconsumo remoto limitado a 500 kW.

b) Solicitação de acesso após 12 meses da publicação da Lei, aplicável a unidades consumidoras com autoconsumo remoto não despachável acima de 500 kW ou geração compartilhada, em que um único titular detenha 25% ou mais da participação do excedente de energia elétrica, deverá considerar até 2028 a incidência das seguintes tarifas.

- 100% da TUSD fio B;
- 40% da TUSD fio A;
- 100% dos encargos de pesquisa e desenvolvimento;

**iv) Garantia de fiel cumprimento, transferência de titularidade e restrições sobre comercialização de parecer de acesso:** para projetos acima de 500 kW, deverá ser aportado pelo interessado em implantar os projetos uma garantia de fiel cumprimento, sendo:

- 2,5% para projetos acima de 500 kW e inferior a 1 MW de potência instalada;
- 5% para projetos acima de 1 MW de potência instalada.

v) Em termos de transferência de titularidade, só poderá ocorrer alteração da titularidade elencada no parecer de acesso, após a solicitação de vistoria do ponto de conexão.

vi) Fica proibida a venda de parecer de acesso.

## 2.4 Produtos e serviços da GD

A principal característica da GD é estar localizada, em geral, próxima ao consumidor de energia, não necessita utilizar as linhas de transmissão, e pode ou não ter a energia despachada na rede de distribuição (Rezende, 2015).

Com relação a fonte de geração de energia, diferentes tecnologias podem ser utilizadas, sendo que cada tecnologia pode propiciar diferentes produtos e serviços que podem ser utilizados pela distribuidora para criar, entregar e gerar valor com a GD.

Nesta secção serão apresentadas as principais tecnologias utilizadas para geração de energia distribuída e como estas tecnologias geram produtos e serviços que podem ser utilizadas pela distribuidora em seus modelos de negócios. Para isso, serão descritas as principais características de cada tecnologia e os produtos e serviços serão detalhados.

### 2.4.1 Tecnologias de GD

Diferentes tecnologias podem ser usadas como fonte de geração de energia distribuída, as mais comuns são as que utilizam fontes de energia hídrica, solar, eólica, biomassa e combustíveis fósseis como os motores diesel. Cada tecnologia pode propiciar vantagens e

desvantagens para a distribuidora, as características técnicas das principais tecnologias são apresentadas a seguir:

**Pequenas centrais hidrelétricas (PCH):** segundo ANEEL (2020), para ser considerada uma PCH, os empreendimentos hidrelétricos devem ter as seguintes características: i) ser destinados a autoprodução ou produção independente; ii) Potência instalada superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW; iii) Área do reservatório de até 13 km<sup>2</sup>, excluindo a calha do leito regular do rio.

Segundo Deliza (2021), quando comparada às outras formas de geração de energia as PCHs, tem como vantagens menores impactos ambientais, melhor aproveitamento hídrico, redução de perdas em linhas de transmissão, descentralização da produção e geração de energia. Segundo o autor, investir em PCHs auxilia na redução da dependência das grandes usinas hidrelétricas, o que acarreta a diminuição da vulnerabilidade do sistema elétrico nacional em períodos de secas atendendo de forma mais eficiente às necessidades de carga de pequenos centros consumidores, além de favorecer o investimento em empreendimentos locais.

**Central Geradora Hidrelétrica - CGH:** conforme Resolução Normativa n.º 875/2020, são consideradas central geradora hidrelétrica aqueles empreendimentos hidrelétricos cuja potência seja igual ou inferior a 5.000 kW. A estrutura da CGH é similar a PCH, com a diferença de que devido a sua estrutura e potência ser menor que a PCH, a barragem, quando existe não tem o objetivo de armazenamento, mas apenas garantir a operação da usina. A água é captada de um rio e levada por condutos forçados para as turbinas. A pressão exercida pela água no rotor da turbina faz com que ela gire e movimente o eixo do rotor do gerador transformando energia mecânica em elétrica.

Devido a potência reduzidas as CGH, diferente das PCH, estão dispensadas de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente, assim os trâmites relacionados à implantação de CGHs são reduzidos. Devido à baixa potência instalada e conseqüentemente baixos impactos ambientais, as licenças ambientais são obtidas com maior facilidade perante os órgãos competentes, sendo está uma das vantagens do investimento em empreendimentos nesse enquadramento (Deliza, 2021).

**Turbinas Eólicas:** utiliza a força do vento para transferir energia cinética para as pás que transferem energia mecânica para uma turbina que está acoplada ao eixo de um gerador. A energia é despachada na rede de distribuição ou transmissão, dependendo da capacidade de geração (Silva, 2020).

Podemos citar como exemplo de planta de geração de energia através de turbinas eólicas o parque eólicos do complexo Lagoa dos Ventos, localizado no município de Lagoa do Barro no Estado do Piauí, o maior parque eólico da América Latina, em funcionamento desde junho de 2021, o parque é composto por 230 turbinas eólicas com 716 MW de potência

instalada (Enel, 2021). No entanto, com o avanço tecnológico aerogeradores de pequeno porte com potência entre 100 W e 100 kW são encontrados no mercado (Silva, 2020).

**Gerador a diesel:** é um tipo de motor de combustão interna, utilizado tradicionalmente para energia de emergência ou em horários de pico. Possui o menor custo quando comparado com outras tecnologias de GD, porém os custos de manutenção estão entre os maiores. Além disso, os motores a diesel produzem níveis inaceitáveis de emissão de gases de efeito estufa. Podem ser utilizados com cogeração e para despachar energia diretamente na linha de distribuição (Borbely; Kreider, 2001). Os motores diesel de ignição por compressão estão entre as opções de geração de energia de ciclo simples mais eficientes do mercado. Os níveis de eficiência aumentam com o tamanho do motor e variam de cerca de 30% a 48%. Motores a diesel de alta velocidade (maior que 1.000 rpm) estão disponíveis para até 4 MW de capacidade. Motores a diesel de baixa velocidade (de 60 a 275 rpm) estão disponíveis até 80 MW. Motores diesel de velocidade média (400 - 1000 rpm) estão disponíveis para até aproximadamente 17 MW (Hledik; Lazar, 2016).

**Turbinas a gás:** As turbinas a gás utilizam o ciclo Brayton e são equipamentos constituídos por compressor, câmara de combustão e turbina de expansão. No compressor, o ar é comprimido até uma pressão mais elevada e injetado na câmara de combustão, misturando-o com o gás combustível, em que ocorre uma reação exotérmica, obtendo-se, como produto, gases com elevadas temperaturas e pressão. Esse gás é expandido na turbina, disponibilizando energia mecânica para o acionamento do compressor e do gerador de energia elétrica. A turbina a gás tem várias características atraentes, como tamanho compacto, alta flexibilidade, confiabilidade, partida rápida, menor necessidade de mão de obra operacional e melhor desempenho ambiental, em comparação à turbina a vapor e aos motores de combustão interna. No entanto, apresenta baixa eficiência, principalmente em carga parcial, lacuna que pode ser operada pela cogeração e possui rendimento de 35%, mas pode chegar a 40% (GOMES, 2016).

**Microturbinas a gás:** As microturbinas são pequenas turbinas que operam, com elevadas velocidades de rotação, na qual a utilização do gás de exaustão para promover o aquecimento do ar de combustão proporciona o aumento da eficiência global do sistema (GOMES, 2016). O pequeno porte desses sistemas aumenta a flexibilidade operacional, possibilitando a geração de energia em pequenas localidades, o que amplia o espectro de localidades com potencial para a recuperação de biogás. Outra vantagem desta tecnologia é a redução nas emissões, principalmente de óxidos de nitrogênio, quando comparadas a motores de combustão interna e turbinas de maior porte. O problema deste tipo de tecnologia para pequenas potências é o preço elevado, em função ainda da pequena escala de produção (GOMES, 2016).

**Painel fotovoltaicos:** Convertem diretamente a energia solar em energia elétrica através da incidência dos raios solares na superfície de materiais semicondutores, como silício, contidos em placas fotovoltaicas. A energia proveniente da absorção faz com que os elétrons

atingam um estado energético mais elevado, gerando uma diferença de potencial, que pode ser aproveitada. A composição do material semicondutor é chave para o funcionamento adequado dos painéis fotovoltaicos. Por conta disso, é usual o emprego de silício dopado com boro e de silício dopado com fósforo nas camadas que compõem o painel (Oliveira et al., 2018).

Os painéis possuem flexibilidade de instalação, mínima necessidade de manutenção e uma boa relação energia gerado por metro quadrado. A principal desvantagem da utilização de sistemas fotovoltaicos em residências, indústrias e comércios são o alto investimento inicial na aquisição e instalação das placas solares e o tempo de retorno de investimento, segundo uma projeção realizada pela ANEEL em 2017, o tempo de retorno médio no país é de 6,6 anos.

Como vimos, diferentes tecnologias podem ser utilizadas para gerar energia elétrica de forma distribuída, cada tecnologia possui suas características, vantagens e desvantagens. Na sequência serão descritos alguns produtos e serviços que podem ser derivados da aplicação das diferentes tecnologias.

#### 2.4.2 Reserva de operação

Os geradores convencionais possuem reguladores de velocidade que respondem à queda na frequência aumentando o torque mecânico da máquina motriz. Dessa forma, é aumentada sua geração, sempre que as máquinas não estejam operando na sua máxima capacidade. A capacidade excedente àquela necessária para atender às cargas do sistema é definida na programação como reserva de operação (EPE, 2020).

Existem diferenças entre as tecnologias de GD com relação à possibilidade de oferecer reservas de operação, sendo que aquelas com melhor desempenho são as que podem ser despachadas e que tenham tempos de resposta ou partida muito curtos, como é o caso dos motores diesel e as microturbinas a gás (Chaves, 2009). Essas tecnologias adaptam-se bem para acompanhar o perfil da demanda, ao contrário das eólicas e as fotovoltaicas, pois dependem de fatores externos como força do vento e intensidade solar para gerar energia. No tópico que segue, serão abordados os conceitos sobre controlabilidade e despachabilidade e esta diferença entre as fontes ficará mais evidente.

#### 2.4.3 Geração despachável e controlabilidade

Para entender a relação das tecnologias de GD com a forma como a energia é disponibilizada é importante conceituar o que é geração despachável e controlabilidade. Uma fonte de geração é considerada despachável quando seu patamar de geração pode ser ajustado para atender uma demanda variável. Já o conceito de controlabilidade diz respeito à possibilidade de uma usina ser ligada ou desligada de acordo com a demanda do operador,

não encontrando restrições associadas à disponibilidade do insumo energético primário. Portanto, para compensar variações das fontes intermitentes, uma planta deve ser capaz de entrar em operação quando necessário e de atingir rapidamente níveis desejados de geração. Alguns tipos de usinas termoelétricas, assim como hidrelétricas com reservatórios, são usinas despacháveis. Porém, ressalta-se que nem todas as usinas termoelétricas são capazes de atingir rapidamente níveis desejados de operação (Gianelloni, 2016).

As fontes que dependem de certas condições climáticas para gerar energia são consideradas fontes renováveis não despacháveis (FRND), como por exemplo a energia solar fotovoltaica e a eólica. Estas fontes seguem as características das estações do ano e até de condições momentâneas como a presença de nuvens ou ausência de ventos, como consequência, a possibilidade de contar com a geração eólica ou solar muda ao longo do tempo e muitas vezes de forma abrupta. Diante dessa incerteza, os operadores dos sistemas elétricos precisam ter a disposição alternativas de geração que possam ser rapidamente acionadas caso as previsões climatológicas não se confirmem (IEMA, 2016).

Muitos desafios no campo econômico, operacional e técnico são impostos pelas FRND ao operador do sistema. A intermitência dessas fontes cria a necessidade de outras fontes estarem disponíveis para suprir a demanda, sendo necessário realizar investimentos em geração termoelétrica cujo custo, somado ao de operação, irá impactar nos custos do sistema que serão acrescidos na tarifa do consumidor. Além disso, a rede de distribuição é planejada para uma condição de carga específica (pico de demanda), considerando limites operativos que não levam em conta a GD. Com o crescente aumento da GD é necessário readequar a rede para que ganhe robustez e atenda todos os limites operativos nas diversas condições de fluxo de energia que irão surgir (IEMA, 2016).

Além disso, as FRND não têm capacidade de manter a qualidade das ondas elétricas nem contribuir para o controle da tensão no regime permanente, exigindo tanto o desenvolvimento tecnológico para adaptação dos equipamentos solares e eólicos quanto uma nova regulamentação dos serviços ancilares, que tem a finalidade de garantir segurança e qualidade ao sistema (IEMA, 2016).

#### 2.4.4 Armazenamento distribuído de energia

As tecnologias de armazenamento podem variar dependendo do tipo da fonte. Em geral, eles podem ser classificados como: armazenamento mecânico, elétrico, químico, eletroquímico e térmico, sendo que a classificação é dada conforme o modo que a energia é utilizada.

As usinas hidrelétricas reversíveis (*Pumped Hydro Storage - PHS*) estão entre os principais tipos de armazenadores mecânicos. Neste sistema, a energia gerada em excesso durante o horário fora de ponta é utilizada para bombear água para um reservatório localizado

em um nível mais elevado. De forma similar, o armazenamento de ar comprimido utiliza energia elétrica para armazenar ar comprimido em um reservatório sendo utilizado em um momento posterior para acionar turbinas. Outro tipo de armazenamento mecânico de energia é o cilindro rotativo, conhecido como *Flywheel Energy Storage - FES*, neste sistema um dispositivo rotativo armazena energia sob a forma de energia cinética. Os *flywheels* apresentam tempo de resposta muito rápido e armazenam grandes quantidades de energia, com elevado número de ciclos de carga e descarga, mas não podem armazenar energia por grandes períodos devido às perdas por atrito (Siglasul, 2020).

No armazenamento térmico, a capacidade de armazenamento de energia é definida pelo calor específico e o fluxo de massa, estas tecnologias de armazenamento térmico utilizam frio ou calor como reservatório de energia. Basicamente estes armazenadores utilizam a energia excedente de usinas termosolares para aquecer uma solução salina até sua fusão, como resultado a energia desta solução pode gerar eletricidade ao aquecer o vapor utilizado para acionamento de uma turbina. No entanto, apesar dos esforços, a aplicação comercial deste processo vem se provando ineficiente do ponto de vista energético. (Siglasul, 2020).

Já o sistema químico é baseado na conversão da energia elétrica gerada a partir de uma fonte de energia renovável, como biomassa, eólica ou solar, em um gás combustível como o hidrogênio (H<sub>2</sub>) e o gás natural sintético (SNG) (Gouvêa, 2019).

Os sistemas eletroquímicos podem ser descritos pelos diferentes tipos de baterias, como as Li-íon, NaS, NaNiCl, entre outras. Além das baterias convencionais, também se destacam os capacitores de dupla-camada (DLC) os supercondutores magnéticos (SMES), que funcionam pelo princípio eletrodinâmico. As baterias de lítio, diante de sua capacidade e possibilidade de serem instaladas em redes de curta e baixa tensão, são excelentes para suprir as demandas das fontes não despacháveis, como eólica e solar, sendo uma opção de fonte de armazenamento em momentos de baixa produção. As baterias, quando associadas à GD, contribuem para reduzir a incerteza no fornecimento de energia das fontes intermitentes de GD e assim garantir maior estabilidade e flexibilidade, mesmo em situações de trabalho no formato *off grid*. Além disso, as baterias podem ser utilizadas para armazenar energia em períodos em que o custo de energia é mais baixo, e despachar energia em períodos de custo mais elevado.

Com o desenvolvimento das tecnologias de armazenamento de energia elétrica e a entrada de novos fornecedores, a implantação de sistemas de armazenamento começam a ser considerados como uma alternativa economicamente viável. Segundo Siglasul (2020), esses sistemas têm aplicações nos seguintes segmentos:

- Reservas operacionais de sistemas de geração;
- Mecanismos de compensação das oscilações de potência causadas por fontes renováveis como solar e eólica;
- Redução de carga na ponta com o uso da energia armazenada;

- *Black start* e fornecimento de energia a microrredes durante um *black-out*;
- Regulação de tensão por sistemas estrategicamente distribuídos na rede;
- Serviços ancilares de regulação de frequência da rede.

Na Tabela 2.4 é possível visualizar os serviços ancilares que podem ser fornecidos pelos principais tipos de sistemas de armazenamento.

**Tabela 2.4 – Armazenadores fornecendo serviços ancilares**

AS	Baterias Ion-Lítio	Bombeamento de água	Ar comprimido	Volantes de inercia	Super capacitores	Térmico
Regulação Frequência	AP	AP	AP	AP	-	X
Regulação de Tensão	AP	AP		-	X	X
<i>Black start</i>	AP	AP		X	X	X
Redução da carga na ponta	AP	AP		-	X	X
Resposta de frequência	AP	-		AP	-	X
AP: Aplicável		X: Não aplicável		-: Uso limitado		

Fonte: Adaptado de Siglasul (2020).

Na Tabela 2.4 percebe-se que as baterias em Ion-Lítio podem oferecer uma variedade de serviços ancilares. Este tipo de armazenador é comumente utilizado por usuários residências, comerciais e industriais, também conhecido como a aplicação *behind the meter* (BTM), ou seja, atrás do medidor (Siglasul, 2020). Esta aplicação pode impactar positivamente o sistema elétrico, pois geralmente as baterias são utilizadas em horários de pico com o objetivo de reduzir os custos com energia para o usuário final, em contrapartida a distribuidora pode postergar a necessidade de expansão da rede. Este impacto positivo pode ser melhor aproveitado quando o usuário também investe em sistema de GD e quando existe mecanismos de incentivo para reduzir o consumo em determinados horários (Irena, 2019).

Outro ponto a destacar sobre os sistemas de armazenamento é a confiabilidade e a segurança que elas podem oferecer à fontes intermitentes de geração como solar e eólica e a microrredes, o que podem incentivar a difusão da GD (Irena, 2019).

#### 2.4.5 Usinas virtuais

Usinas virtuais podem ser definidas como conjuntos de recursos energéticos, que pode ser unidades de geração, sistemas de armazenamento de energia e consumidores com carga flexível localizados em diferentes pontos da rede de distribuição e operados simultaneamente por um operador ou agregador (Basterra; Ozamiaz, 2020).

A usina virtual reúne diversos elementos interligados ao sistema elétrico formando aglomerados que podem interagir com a rede como se fossem um único *player*, o que somente

é possível porque a usina virtual está integrada no nível elétrico pela rede de distribuição e em um nível de transferência de informação por redes inteligentes.

Um dos pontos positivos da usina virtual é o fato de que os agentes envolvidos na geração e os consumidores não necessitam estar localizados próximos, tendo em vista que a transferência de energia é realizada remotamente via rede de distribuição. Além disso, vários geradores de fontes diferentes podem ser integrados em uma mesma usina, o que pode ser muito útil quando uma das fontes depende de fatores ambientais, como a energia solar, que pode ser integrada com fontes despacháveis, como unidades que utilizam biogás, ou outra não intermitente. Além disso, com a união de diferentes geradores é possível agregar um volume maior de energia e assim facilitar que o conjunto de geradores participe do mercado de energia trazendo benefícios econômicos aos participantes.

No entanto, para que a usina virtual possa operar é necessário o desenvolvimento de plataformas e redes inteligentes que permitam o monitoramento em tempo real das unidades de geração e medidores que consigam transmitir o consumo de forma simultânea.

#### 2.4.6 Serviços ancilares

Os serviços associados ao fornecimento de energia elétrica para um consumidor podem ser divididos em serviços primários, que estão relacionados à capacidade de geração e à transmissão e distribuição, e aqueles que estão relacionados à qualidade, confiabilidade e segurança do sistema. Estes serviços são chamados Serviços Ancilares (SA):

- Continuidade: existência de suficientes instalações para satisfazer a demanda;
- Segurança: capacidade para suportar contingências, tem uma característica dinâmica;
- Qualidade: característica relacionada com a frequência com a qual é fornecida tensão e corrente.

O grande desafio é saber como mensurar estes serviços e incluí-los nas tarifas de energia, sem causar prejuízo aos usuários. Os mercados competitivos de energia requerem que os SAs sejam desmembrados e a eles sejam atribuídos preços e que sejam comercializados separadamente em subconjuntos para os usuários que deles necessitarem. A existência desses mercados sugere a organização de mercados competitivos para a provisão de SA, especialmente aqueles que estão estreitamente relacionados com os mercados de energia, como é o caso das reservas de operação. Além disso, um mercado de SA poderia promover a instalação de GD, cujos custos podem ser calculados baseando-se não unicamente na geração de energia ativa. O fornecimento de SA com GD pode aliviar em grande medida as demandas de sistemas elétricos (Chaves, 2009).

Em um sistema no qual participa a GD, existe uma importante troca de benefícios entre ela e a geração centralizada: cada uma pode dar “*back up*” à outra. Com efeito, enquanto a

GC, por suas condições específicas, pode cobrir desligamentos emergenciais ou programados das unidades descentralizadas, fornecendo apoio à GD, esta última tem condições de prestar de forma econômica ao sistema os chamados serviços ancilares (SA). Além disso, a GD tem condições, também, para injetar, quando possível e/ou desejável pelo Sistema, energia excedente na rede de distribuição, a custos baixos (Chaves, 2009).

Na bibliografia são encontrados diferentes tipos de serviços que podem ser oferecidos como serviços ancilares, além disso a nomenclatura sofre alteração dependendo do país e dos atores. Na sequência serão destacados os tipos de SA que serão abordados neste trabalho.

- **Reserva de potência ativa ou Controle de frequência.**

Este tipo de SA tem por finalidade manter a frequência em um valor nominal, através do equilíbrio entre geração e demanda, controlando a produção e/ou consumo de potência ativa (Medina, 2012). Quando acontece uma perturbação no sistema existe um desbalanço entre a demanda e a geração e com isso a frequência do sistema varia. Por isso, o controle de frequência é importante para assegurar o suprimento da carga e, conseqüentemente, a manutenção do patamar de frequência.

As unidades que atuam como reserva de potência ativa se dividem em dois principais grupos: reservas suplementares (não-girantes) e reservas de prontidão (girantes). As reservas girantes são as unidades sincronizadas à rede e que estão em funcionamento, podendo ser acessadas e entrar no sistema, quando necessário, em menos de 10 segundos. A eficácia das reservas girantes demanda uma distribuição em várias unidades a fim de garantir uma pronta resposta à uma súbita perda de geração. É a modalidade mais cara de reserva, possuindo custos de operação e manutenção associados (ONS, 2020).

Ainda segundo a ONS (2020), as reservas suplementares, por sua vez, são unidades que se encontram inoperativas, e levaria mais tempo para entrar em operação, aproximadamente 30 min ou mais, dependendo da modalidade. Têm como característica custos reduzidos, uma vez que não possuem passivos relacionados a operação, como as reservas girantes.

Em ambas as situações a GD pode oferecer controle de frequência tendo como vantagem ser instalada próxima de locais no qual os problemas de variação de frequência são acentuados. No entanto, para serem aproveitadas o operador deve ter controle sobre a despacho da fonte, isso pode ser conseguindo com a utilização de redes inteligentes.

- **Potência reativa – controle de tensão**

A chamada potência reativa é uma consequência direta do tipo de carga do sistema elétrico. A maioria das cargas é tipicamente indutiva, com destaque para os motores elétricos. A transmissão de potência reativa, que poderia ser produzida localmente, traz os problemas típicos de aumento das perdas e queda de tensão. A solução é instalar sistemas de compensação próximos das cargas, resta saber quem fará esses investimentos e, portanto, arcará com esses custos.

A provisão de potência reativa mantém a tensão e o fator de potência dentro dos limites admissíveis, em todo momento, tanto em condições normais de operação, como frente a contingências. Um aspecto importante refere-se à localização dos provedores, pois os requerimentos de reativos e os problemas de tensão são de caráter local, já que a transmissão de reativos resulta em perdas consideráveis e diminui a capacidade de transmissão de potência ativa. Portanto, prover o serviço o mais próximo possível do lugar onde ele está é o ideal (Silva, 2018).

O controle de tensão pode ser realizado pela injeção ou absorção de potência reativa por geradores ou equipamentos instalados na transmissão, a GD pode contribuir com este serviço (Silva, 2018). O fato de que a GD pode fornecer ou consumir energia reativa depende da tecnologia do gerador (síncrono, assíncrono ou inversores) e dos sinais econômicos que a incentivem (Bento, 2018).

- **Autorrestabelecimento – *Black start***

Este serviço está relacionando com a capacidade de reestabelecer o fornecimento de energia quando uma interrupção na geração é identificada. Usando como exemplo uma planta industrial, o fornecimento de energia é geralmente ofertado pela rede de distribuição padrão, porém quando existe a falta de fornecimento de energia uma unidade geradora local é acionada. Quando a energia é reestabelecida pela unidade geradora padrão o sistema volta a operar normalmente.

O problema é que não são todos os locais que possuem redes de autorrestabelecimento, devido a questões técnicas e econômicas. O investimento para ter geradores de prontidão é elevado além de todos os outros custos envolvidos, como manutenção, treinamentos etc. Desta forma, a GD pode contribuir com fontes de energia que permitem armazenamento, como por exemplo, biogás ou até mesmo a reserva de energia em baterias. Neste caso, a instalação do sistema de armazenamento pode ser local em uma rede doméstica por exemplo, ou em um conjunto de localidades diferentes desde que estejam ligados por uma microrrede.

## 2.5 Mecanismos de incentivo à GD

A decisão de entrar para o mercado de geração de energia está fortemente relacionada a aspectos econômicos, como taxa de retorno sobre o capital investido e o tempo que será necessário para se obter o retorno do investimento. A utilização das tradicionais fontes fósseis para geração de energia apresenta um alto custo de investimento o que muitas vezes inviabilizam o seu investimento.

Como a geração de energia distribuída a utilização de fontes renováveis não apresenta competitividade no mercado quando comparada a geração centralizada em grandes usinas hídricas. Desta forma, são criados por agentes públicos e reguladores mecanismos para

incentivar que mais agentes geradores entrem no mercado e assim diversifiquem a matriz energética local, contribuindo para a geração de energia limpa, além de usar estes mecanismos para promover a criação de políticas públicas e marcos regulatórios.

Abaixo listamos os principais tipos de incentivos que podem ser adotados:

- **Tarifas *Feed-in* (FIT)**

As tarifas *feed-in* são tarifas pagas pela concessionária pela energia gerada e injetada na rede pelos consumidores. Estas tarifas têm contratos de longo prazo (10-20 anos) e geralmente tem valores acima do mercado. Segundo Barros (2014), a grande vantagem deste incentivo é trazer segurança para os projetos fotovoltaicos já que o pagamento das tarifas com valor superior ao de mercado é garantido em longo prazo.

Segundo Vieira (2016), como a remuneração pela energia gerada é sempre fixa o que não expõem a geração às variações de mercado, as tarifas *feed in* não incentivam de forma ótima a geração de energia elétrica, pois as usinas podem se instalar em locais que não necessariamente estariam próximas aos centros de carga e o horário de geração de energia pode não corresponder nos horários de principal demanda.

Segundo Godoi (2019), existe uma forma diferente de FIT, chamada tarifa *feed-in premium* (FIP), na qual parte dos riscos resultantes das variações do mercado é repassada aos investidores de GD, para isso existem três possíveis formas de aplicação das tarifas *feed-in premium*. A Tabela 2.5 apresenta as características das três possíveis variações da FIP.

**Tabela 2.5 – Diferentes modalidades de FIP**

MODALIDADE	CARCTERÍSTICAS
FIP com bônus fixo	O valor pago é o preço de mercado da energia somado a um prêmio ou bônus.
FIP com preços máximos (cap) e mínimos (floor),	O valor tem um limite de modo que, quando estiver abaixo do estabelecido em contrato, o bônus aumenta para não pagar o proprietário da GD com um valor menor que um nível mínimo. Por outro lado, se o preço de mercado for superior ao nível máximo, o bônus é zerado e nenhum prêmio é pago.
FIP com bônus deslizantes.	O valor do bônus é calculado como uma diferença entre um valor fixo e o de mercado. Assim, se o valor de mercado for menor que esse nível preestabelecido, o proprietário da GD recebe uma tarifa equivalente ao patamar fixo. Caso contrário, com o valor de mercado maior que fixado, nenhum prêmio é pago.

Fonte: Adaptado de Godoi (2019).

- **Net-Metering e Net-billing**

O mecanismo regulatório *net-metering* e *net-billing* permitem aos geradores distribuídos produzir toda energia elétrica necessária para consumo próprio e o excedente é injetado na rede da distribuidora. No sistema *Net-Metering* a compensação é energética, ou seja, a energia disponibilizada na rede é contabilizada em forma de crédito de energia, na qual o prosumidor poderá utilizar em outras unidades consumidoras ou em meses que a sua produção de energia não for suficiente para atender a sua demanda (Godoi, 2019). Já no sistema *net-billing*, existe a possibilidade de a distribuidora compensar financeiramente o gerador. (Godoi, 2019).

- **Incentivos em Cotas**

Neste tipo de incentivo são oferecidas cotas para que as distribuidoras comprem energia de fontes renováveis. Em muitos países, este tipo de incentivo é obrigatório e faz parte do marco regulatório e com isso existe um incentivo compulsórios para a compra.

- **Certificado de energia**

A diferença para o incentivo de cotas é que os geradores recebem um certificado para cada MWh de energia elétrica produzida. Estes certificados são comercializáveis e podem ser negociados separadamente à commodity. Eles podem ser utilizados para comprovar atendimento a política de cotas, sendo que as concessionárias podem comprar e usar os créditos mesmo que não tenham geração de energia renovável em sua área (Barros, 2014).

# Capítulo 3

## Modelo de negócio e método para classificação e categorização

### 3.1 Introdução

Com o avanço da geração distribuída, as empresas de distribuição de energia elétrica e os reguladores enfrentam grandes desafios técnicos e econômicos, precisando de ferramentas e modelos que os auxiliem a desenhar estratégias que permitam aproveitar os benefícios econômicos da GD e que minimizem os possíveis custos e problemas técnicos a ela associados. O elemento central dessa discussão reside no fato de que a maioria das distribuidoras não tem clareza sobre como criar, entregar e capturar valor com a GD. Por isso, é fundamental que as distribuidoras conheçam os possíveis modelos de negócios que podem ser gerados com esse fim, identificando suas características, os atores que estão envolvidos e como eles interagem entre si.

Neste Capítulo, será apresentado um método para identificar, caracterizar, avaliar e classificar de forma sistemática os modelos de negócio para a criação, entrega e captura de valor por parte de uma distribuidora de energia elétrica no seu relacionamento com a GD, considerando diferentes estruturas regulatórias e as características técnicas e econômicas das tecnologias de geração distribuída.

O Capítulo inicia com uma breve explicação sobre os conceitos envolvidos com a modelagem de negócio. Na sequência, é apresentado o método seguido no processo de classificação e categorização de modelos de negócio. Assim, partindo dos modelos de negócio obtidos de uma coleta secundária de dados, é proposta uma taxonomia que utilizará elementos comuns entre os modelos para proceder à classificação e categorização desse conjunto de modelos. Também é proposto o desenho de um mapa sistêmico para cada categoria, no qual os atores envolvidos e a troca de valores entre eles será apresentada.

Por fim, para cada categoria é realizada uma avaliação sobre a aplicação dos modelos de negócios considerando o atual contexto regulatório brasileiro, apontando alguns exemplos.

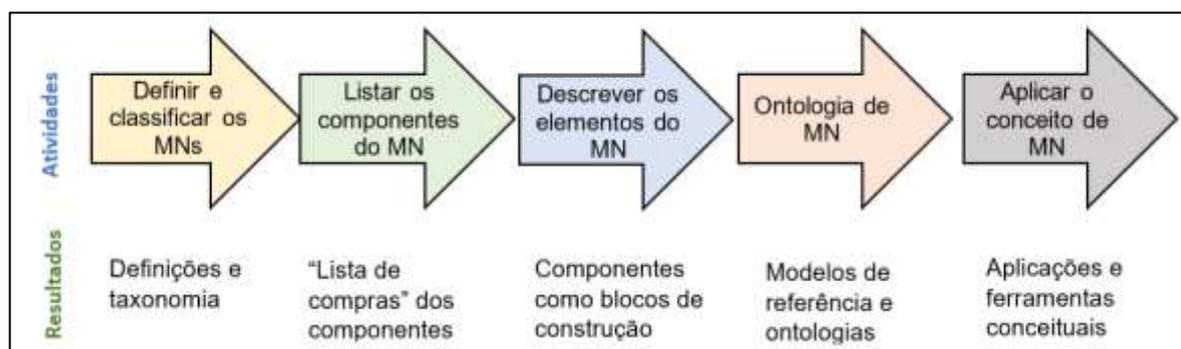
## 3.2 Conceituação de modelo de negócio

Não existe um conceito único de modelo de negócio, mas uma definição bastante aceita é que representa uma abstração de como um negócio funciona, descrevendo o valor que uma empresa oferece a um ou vários segmentos de clientes ou consumidores, e como ela interage com os seus fornecedores de produtos e serviços, para obter um valor para a organização (Orofino, 2011). Também é possível afirmar que um modelo de negócio é uma arquitetura dos processos internos da empresa e suas redes de parceiros na criação, comercialização e entrega de valor, a fim de gerar receitas que tornem a empresa lucrativa (Orofino, 2011). Assim, um modelo de negócio ajuda a capturar, visualizar, compreender, comunicar e compartilhar a lógica de um negócio (Ostewalder et al., 2011).

Um modelo de negócio engloba um sistema de atividades que pode ser entendido como o envolvimento de recursos, humanos, físicos e de capital, de qualquer parte do negócio, para servir a um propósito específico em direção ao cumprimento do objetivo geral. Um sistema de atividades é, portanto, um conjunto de atividades organizacionais interdependentes centradas em uma empresa, incluindo aquelas conduzidas pela empresa, parceiros, fornecedores e clientes (Bryant, 2018). O sistema de atividades da empresa pode transcender a empresa, mas permanece centrado na empresa para permitir que ela não apenas crie valor com seus parceiros, mas, também, para se apropriar de uma parcela do próprio valor criado, capturando valor. Segundo Amit & Zott (2010) o objetivo geral do modelo de negócios de uma empresa é explorar uma oportunidade de negócio ao criar valor para as partes envolvidas, ou seja, atender às necessidades dos clientes e criar novas possibilidades de negócios enquanto gera lucro para a empresa e seus parceiros. Os autores destacam que, para uma organização obter uma vantagem competitiva no mercado, ela precisa operar seu negócio com sucesso e, para isso, precisa criar, entregar e capturar valor para e de seus clientes, ao mesmo tempo em que realiza atividades inovadoras.

Segundo Gunzel & Holm (2013), um modelo de negócio é considerado inovador quando abrange o desenvolvimento de novas arquiteturas da cadeia de valor de maneiras diferentes, desde o desenvolvimento de novos produtos até novos padrões de entrega e *marketing*. As novidades apresentadas por um modelo de negócio inovador podem mudar o mercado em que o negócio está inserido, bem como incluir empresas parceiras e até concorrentes. Assim, um modelo de negócio pode levar uma empresa a uma nova direção competitiva, ou mesmo, introduzir mudanças radicais nos paradigmas de negócios estabelecidos. Ainda, segundo os autores, todas as empresas têm ao menos um modelo de negócio, quer o articulem ou não. E argumentam que um modelo de negócio que descreva a proposta de valor de uma organização possui três funções já mencionadas: criação, captura e entrega de valor.

A Figura 3.1 mostra a evolução das pesquisas relacionadas com MN, podendo ser identificadas cinco fases (Gordijn et al., 2005). A primeira fase refere-se à definição e classificação dos modelos de negócio, com isso surgiram as taxonomias que permitiram identificar as características comuns entre os modelos. Na segunda fase, são identificados os elementos que compõem os modelos de negócio, e na terceira fase ocorre a descrição detalhada dos elementos e o estabelecimento das inter-relações entre eles. Na quarta fase, é realizada a modelagem dos elementos do MN, surgindo ontologias que permitem sistematizar a construção de MNs utilizando uma linguagem comum. Isto possibilita a realização de avaliações e testes com maior precisão, o qual caracteriza a quinta fase. Nessa fase final são detalhadas as aplicações dos modelos de referência.



Fonte: Adaptado de Gordijn et al. (2005).

**Figura 3.1** – Evolução do conceito de Modelo de Negócio

O foco deste trabalho está inserido nas fases 1 e 2, no qual será possível identificar os MN existentes e definir uma taxonomia para classificar os elementos identificados.

### 3.3 Componentes de um modelo de negócio

Alguns estudos mostram como os modelos de negócio podem ser estruturados para melhor compreender como a organização pode criar, capturar e entregar valor. Para Doganova & Eyquem-Renault (2009) os componentes são os seguintes:

- Proposta de valor: é quando deve ser esclarecido como o valor ofertado ao cliente está embutido na proposta do produto/serviço da empresa;
- Parceiros-chave e canais de comunicação: através dos quais o valor é produzido e entregue;
- Modelo das receitas: apresenta as dimensões anteriores em estrutura de custos e potencial lucro.

Segundo Johnson et al. (2008), os modelos de negócio são compostos por um conjunto de quatro blocos:

- Modelo de receitas e estrutura de custos;
- Proposição de valor ao consumidor;
- Recursos-chave, que é relativo a pessoas, tecnologia, produtos, infraestrutura, equipamentos, canais etc.;
- Processos-chave, que são as atividades operacionais que permitem à empresa entregar o valor ao público-alvo.

Em Magretta (2002) e Atherino (2013) são utilizadas algumas perguntas simples para orientar o empreendedor na construção de um modelo de negócio, são elas:

- Quem é o cliente?
- Como agregar valor ao cliente?
- Como vamos ganhar dinheiro neste negócio?
- Qual é a lógica econômica subjacente que explica como podemos agregar valor aos clientes a um custo adequado?

Osterwalder & Pigneur (2011) realizaram uma extensa pesquisa na bibliografia que comparou componentes de modelos de negócios de diferentes autores e identificaram aqueles utilizados com mais frequência. O resultado foi a construção de nove blocos:

- Segmento de clientes;
- Proposta de valor;
- Canais (comunicação, distribuição e vendas);
- Relacionamento com os clientes;
- Fontes de receita;
- Recursos-chave;
- Atividades-chave;
- Principais parcerias;
- Fonte de receita.

Os autores citados criaram uma ferramenta para descrever, analisar e desenhar modelos de negócio, conforme mostrado na Figura 3.2, constituindo uma ontologia à qual denominaram Business Model Canvas (BMC). Neste trabalho serão utilizados elementos desta ontologia para descrever os modelos de negócio, sendo utilizados os três componentes para categorizá-los:

- **Proposta de valor**, ou seja, qual produto ou serviço será oferecido;
- **Segmento de cliente**, ou para quem será vendido o produto ou serviço;
- **Fonte de receita** obtida com o modelo de negócio.

Os outros seis elementos do BMC serão usados indiretamente para descrever as demais características dos modelos. Na seção seguinte, será detalhado cada componente do BMC.

## 3.4 Business Model Canvas

Para Osterwalder & Pigneur (2011), um modelo de negócio deve descrever a lógica de como uma organização criar, entregar e capturar valor, e funciona como um mapa ou guia para a implantação de uma estratégia organizacional, de processos ou sistemas. Para isso, o negócio deve se encaixar em nove blocos que passam a representar um cenário interativo e de relacionamento, explicitando as trocas entre os diferentes atores e ambientes, conforme mostrado na Figura 3.2.



Fonte: Aguiar (2016).

**Figura 3.2** – Representação dos nove blocos do Canvas.

A proposta dos autores é disponibilizar uma ferramenta capaz de permitir que qualquer pessoa interessada possa criar ou modificar seu modelo de negócio, utilizando uma linguagem comum que possibilite a troca de experiência e ideias com outras pessoas (Atherino et al., 2013).

Os nove blocos são descritos na sequência e na Tabela 3.1 é possível visualizar quais perguntas devem ser realizadas em cada um dos blocos (Atherino et al., 2013).

**1. Proposta de valor:** descreve o pacote de produtos e serviços que criam valor para um segmento de cliente específico. A proposta de valor é a razão pela qual os clientes recorrem a uma empresa em detrimento de outra. Ele é o ponto que resolve um problema ou satisfaz uma necessidade do cliente. Cada proposta de valor consiste em um pacote selecionado de produtos e serviços que atendem aos requisitos de um segmento de cliente específico. Nesse sentido, a proposta de valor é uma agregação ou pacote de benefícios que uma empresa oferece aos clientes. Algumas propostas de valor podem ser inovadoras e representar uma oferta nova ou disruptiva. Outras podem ser semelhantes a ofertas existentes no mercado, mas com recursos e atributos adicionais.

**Tabela 3.1** – Perguntas para facilitar o preenchimento do Canvas.

<p><b>8. Parceiros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quem são nossos principais parceiros?</li> <li>• Quem são nossos principais fornecedores?</li> <li>• Que recursos principais estamos adquirindo dos parceiros?</li> <li>• Que atividades-chave os parceiros executam?</li> </ul>	<p><b>7. Atividades chave</b> Que atividades-chave nossa proposta de valor requer?</p>	<p><b>1. Proposta de valor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que valor entregamos ao cliente?</li> <li>• Qual problema estamos ajudando a resolver?</li> <li>• Que necessidades estamos satisfazendo?</li> <li>• Que conjunto de produtos e serviços estamos oferecendo para cada segmento de cliente?</li> </ul>	<p><b>4. Relacionamento com cliente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tipo de relacionamento cada um dos nossos segmentos de cliente espera que estabeleçamos com eles?</li> <li>• Quais já estabelecemos?</li> <li>• Qual o custo de cada um?</li> <li>• Como se integram ao restante do nosso modelo de negócio?</li> </ul>	<p><b>2. Segmento de clientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para quem estamos criando valor?</li> <li>• Quem são nossos consumidores mais importantes?</li> </ul>
	<p><b>6. Recursos chave</b> Que recursos principais nossa proposta de valor requer?</p>		<p><b>3. Canais de Comunicação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Através de quais canais nossos segmentos de cliente querem ser contatados?</li> <li>• Como os alcançamos agora?</li> <li>• Como nossos canais se integram?</li> <li>• Qual funciona melhor?</li> <li>• Quais apresentam melhor custo-benefício?</li> <li>• Como estão integrados à rotina dos clientes?</li> </ul>	
<p><b>9. Estrutura de custos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os custos mais importantes em nosso modelo de negócio?</li> <li>• Que recursos principais são mais caros?</li> <li>• Quais atividades-chave são mais caras?</li> </ul>		<p><b>5. Fontes de receitas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais valores nossos clientes estão realmente dispostos a pagar?</li> <li>• Pelo que eles pagam atualmente?</li> <li>• Como pagam?</li> <li>• Como prefeririam pagar?</li> <li>• O quanto cada fonte de receita contribui para o total da receita?</li> </ul>		

Fonte: Adaptado de Atherino et al. (2013).

**2. Segmentos de clientes:** define os diferentes grupos de pessoas ou organizações que a empresa visa alcançar e servir. Os clientes constituem o coração de qualquer modelo de negócio. Sem clientes (lucrativos) nenhuma empresa pode sobreviver por muito tempo. Para melhor satisfazer os clientes uma empresa pode agrupá-los em segmentos distintos com necessidades comuns, comportamentos comuns, ou outros atributos. Um modelo de negócio pode definir um ou vários segmentos de clientes grandes ou pequenos. Uma organização deve tomar uma decisão consciente sobre quais segmentos servir e quais segmentos serão ignorados e, assim que esta decisão for tomada, um modelo de negócio pode ser cuidadosamente projetado em torno de um forte entendimento de necessidades específicas do cliente.

**3. Canais de comunicação:** descreve como uma empresa se comunica e alcança seus segmentos de clientes para entregar uma proposta de valor. Canais de comunicação, distribuição e vendas que compreendem a interface da empresa com os clientes.

**4. Relacionamento com o cliente:** descreve os tipos de relacionamento que uma empresa estabelece com segmentos de clientes específicos. A empresa deve esclarecer o tipo de relacionamento que deseja estabelecer com cada segmento de cliente, podendo variar de pessoal a automatizado.

**5. Fonte de receita:** representa o dinheiro que uma empresa gera de cada cliente. Uma empresa deve se perguntar: por qual valor cada segmento de cliente está realmente disposto a pagar? Respondendo com sucesso a essa pergunta, a empresa pode gerar um ou mais fluxos de receita de cada segmento de cliente. Cada fluxo de receita pode ter diferentes mecanismos de preços, como preço fixo, preço variável ou leilão, dependente do mercado, dependendo do volume ou conforme o rendimento.

**6. Recursos chave:** permitem que uma empresa crie e ofereça uma proposta de valor, alcance mercados, mantenha relacionamentos com segmentos de clientes e obtenha receitas. Diferentes recursos-chave são necessários dependendo do tipo de modelo de negócio. Os principais recursos podem ser físicos, financeiros, intelectuais ou humanos. Os recursos podem ser de propriedade ou alugados pela empresa ou adquiridos dos principais parceiros.

**7. Atividades chave:** descrevem as atividades mais importantes que uma empresa deve fazer para seu modelo de negócio funcionar. Todo modelo de negócio exige uma série de atividades-chave. Essas são as ações mais importantes que uma empresa deve realizar para operar com sucesso. Com os recursos-chave, eles são obrigados a criar e oferecer uma proposta de valor, alcançar mercados, manter o relacionamento com o cliente e obter receitas. As atividades diferem dependendo do tipo de modelo de negócio.

**8. Parceiros:** descreve a rede de fornecedores e parceiros que fazem os modelos de negócio funcionarem. As empresas estabelecem parcerias por vários motivos, e parcerias estão se tornando a base de muitos modelos de negócio. Empresas criam alianças para otimizar seus modelos de negócio, reduzir riscos ou adquirir recursos. É possível distinguir

quatro tipos diferentes de parcerias: Alianças estratégicas entre não concorrentes; Competição, parcerias estratégicas entre concorrentes; *Joint ventures* para desenvolver novos negócios; Relações comprador-fornecedor para garantir suprimentos confiáveis.

**9. Estrutura de custos:** descreve todos os custos incorridos para operar um modelo de negócio. Este bloco de construção descreve os custos mais importantes incorridos ao operar sob um modelo de negócio específico, criando e entregando valor, mantendo o relacionamento com o cliente e gerando todas as receitas que decorrem em custos. Esses custos podem ser calculados com relativa facilidade depois de definir os recursos-chave, as atividades-chave e as parcerias-chave. Alguns modelos de negócio, porém, são mais orientados para os custos do que outros.

Os elementos um a quatro constituem os elementos de entrega de valor, já os seis a oito, a criação de valor, enquanto os elementos cinco e nove estão relacionados à captura de valor de um modelo de negócio (Osterwalder; Pigneur, 2011).

### 3.5 Taxonomias e tipologia de modelos de negócios

Segundo Kamprath & Halecker (2012), tipologias e taxonomias representam duas abordagens para a classificação dos elementos de um conjunto de MN. Eles mostram configurações completamente diferentes de características que podem ser usadas para prever variações e interdependências entre estrutura, estratégia e ambiente dentro de um conjunto de MN. Os autores destacam que as tipologias são baseadas em deduções teóricas, enquanto uma taxonomia é baseada em indução empírica. Na Tabela 3.2 é possível visualizar um comparativo entre taxonomia e tipologias.

**Tabela 3.2 – Diferenças entre tipologias e taxonomia.**

<b>TIPOLOGIA</b>	<b>TAXONOMIA</b>
Classificação arbitrária e artificial	Classificação geral e natural
Categorias (tipos) são conceitualmente derivados	Categorias empiricamente derivadas
Raciocínio dedutivo	Raciocínio indutivo
Poucas características avaliadas	Muitas características avaliadas
Classificação predominantemente qualitativa	Classificação quantitativa
Fornecer apenas a base para generalizações limitadas	Fornecer uma base para generalização

Fonte: adaptado de Lambert 2006 & Orofino (2011).

Taxonomias e tipologias adequadas ajudam pesquisadores e profissionais a compreender e analisar domínios complexos. A redução de complexidade e a identificação de semelhanças e diferenças entre os objetos são as principais vantagens fornecidas. Além disso, as taxonomias permitem aos pesquisadores estudar relações entre objetos e, portanto, fazer hipóteses sobre essas relações. O objetivo é encontrar semelhanças entre os dados e classificar objetos semelhantes na mesma categoria.

Com base no método desenvolvido por Kamprath & Halecker (2012) sobre tipologias e taxonomias de modelos de negócio, foi desenvolvida uma abordagem geral para a sistematização das categorias de modelos de negócio específicas para distribuidoras de energia criar, entregar e capturar valor da GD, conforme será abordado na próxima seção.

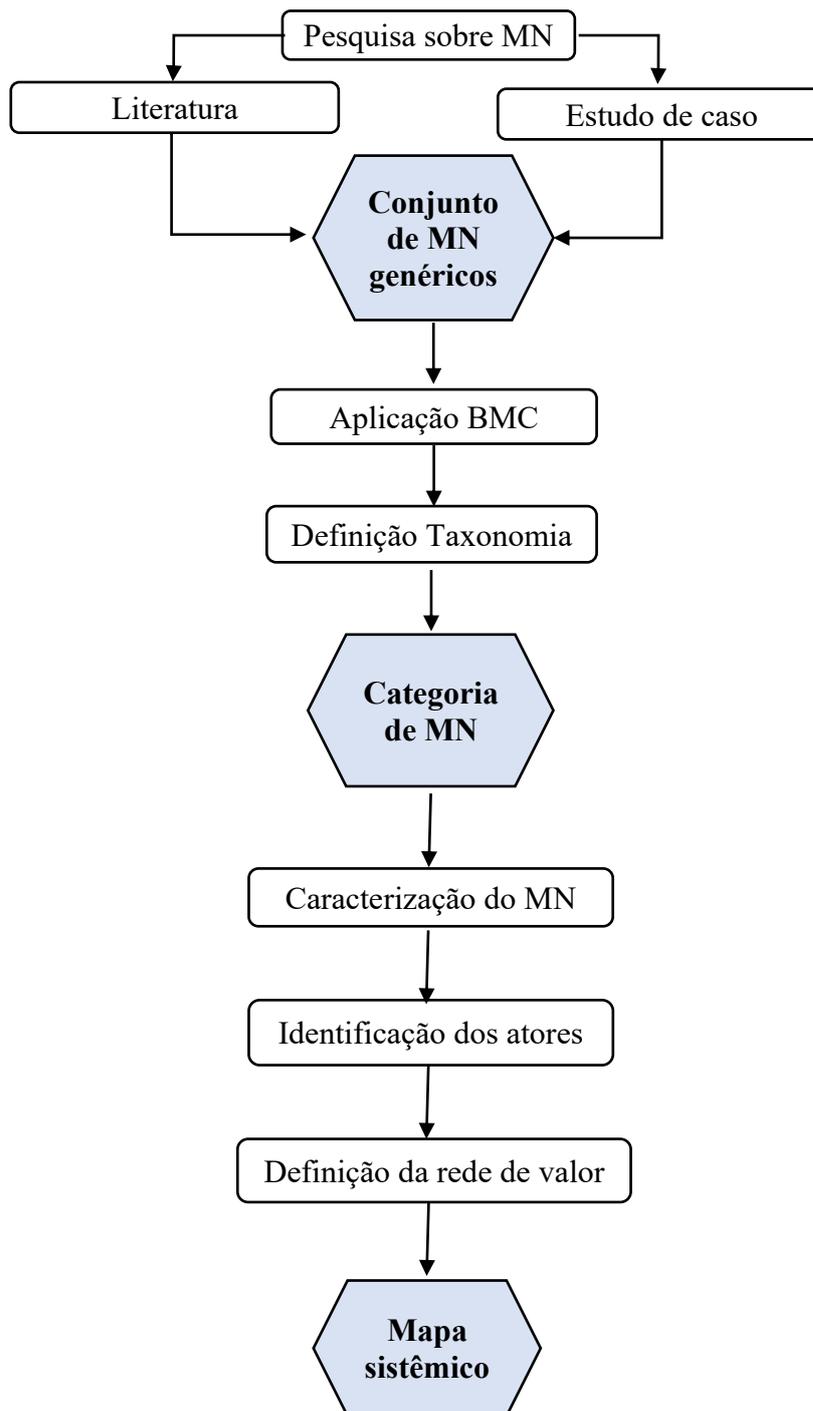
### 3.6 Método para categorização e desenho do mapa sistêmico.

O método proposto tem por objetivo identificar os modelos de negócios que são aplicados por distribuidoras de energia em diferentes países, e agrupar estes modelos em categorias considerando a similaridade entre o segmento de clientes que eles atuam, a proposta de valor e o fluxo de receita. Como resultado, a distribuidora terá uma ferramenta na qual poderá identificar com clareza quais modelos de negócio podem ser utilizados por ela, considerando o seu portfólio de produtos e o ambiente regulatório no qual ela está inserida.

Para atingir este objetivo foi desenhado um fluxograma com as etapas do método proposto, Figura 3.3, na qual é possível observar três grandes etapas destacadas em azul. Na primeira etapa foram definidos após pesquisa bibliográfica e buscas em *sites* das distribuidoras quais modelos de negócio seriam considerados na pesquisa. Vários modelos de negócio foram encontrados, no entanto, alguns possuíam características parecidas, sendo assim foi realizada uma primeira classificação por similaridade para a definição de um conjunto de modelos de negócios genéricos que seriam utilizados.

Após a primeira classificação, alguns modelos ainda possuíam características comuns, sendo necessária uma nova classificação, para isso utilizou-se os três elementos do BMC: proposta de valor, segmentos de clientes e fonte de receita. Estes três elementos foram aplicados em todos os modelos de negócio genérico, sendo possível identificar características comuns entre estes modelos e assim foi possível organizar os modelos em categorias.

Com as categorias definidas foi possível identificar quais os principais atores envolvidos no MN e como eles trocam valor entre si e principalmente com a distribuidora de energia, para que assim seja possível visualizar com mais clareza qual o papel da distribuidora dentro da categoria de MN. Como resultado foi desenhado um mapa sistêmico com as categorias de MN obtidas na classificação proposta. Nas seções seguintes as três etapas serão detalhadas.



**Figura 3.3** – Fluxograma do método de pesquisa.

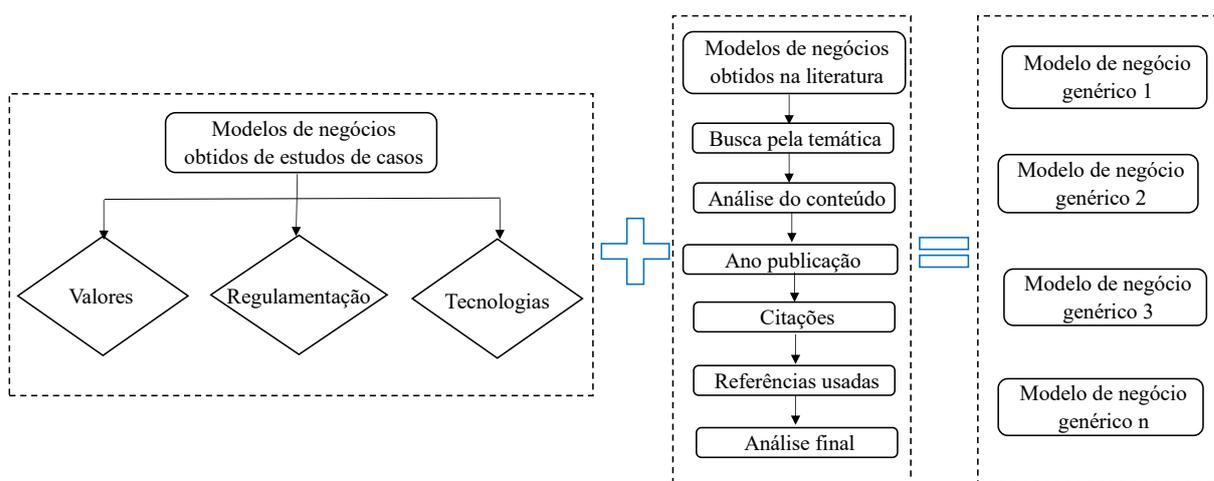
### 3.6.1 Conjunto de modelos de negócios genéricos

O objetivo desta fase é encontrar modelos de negócio que estão sendo utilizados por distribuidoras de energia, independentemente do ambiente regulatório ou das tecnologias utilizadas. Nessa linha, primeiramente foram pesquisados os principais produtos e serviços

oriundos da GD e que podem ser utilizados pelas distribuidoras de energia para criação, entrega e captura de valor. Com estes produtos definidos, buscou-se na literatura e em estudos de casos, de que forma estes produtos e serviços tornaram-se modelos de negócio vantajosos para as distribuidoras de energia. Na Figura 3.4 apresenta-se os aspectos considerados na coleta de dados sobre modelos de negócio.

Todos os modelos encontrados foram comparados para que não houvesse duplicidade de informações e para que nenhum modelo fosse excluído da pesquisa. Além disso, foi considerado que uma mesma distribuidora pode ter diversos modelos de negócio e que um produto ou serviço pode fazer parte de modelos de negócio distintos, desde que exista uma diferença entre os segmentos de clientes, a forma de remuneração da distribuidora e a proposta de valor para o cliente.

Assim, foi obtido um conjunto de modelos de negócio que foram denominados genéricos, pois neste ponto da pesquisa não estamos preocupados em definir com exatidão as características destes modelos e sim entender como os produtos e serviços oriundos da GD formam modelos de negócios vantajosos para a distribuidora e que já estão sendo aplicados na prática.



**Figura 3.4** – Etapas para obtenção dos modelos de negócio genéricos.

A pesquisa realizada foi baseada em dados secundários, ou seja, foram utilizados dados da literatura e realizadas busca no *site* de algumas distribuidoras de energia. Para selecionar os exemplos práticos e decidir quais distribuidoras deveriam ser pesquisadas, foram utilizados três critérios:

**Valores trocados:** foram pesquisadas algumas distribuidoras mencionadas em outros trabalhos com destaque na aplicação de MN de GD e que participam ativamente do mercado desenvolvendo modelos inovadores.

**Regulamentação:** foram pesquisados alguns exemplos de distribuidoras em países no qual a regulamentação é mais propícia à entrada de GD, como a Alemanha e alguns Estados Americanos como o Texas e a Califórnia.

**Tecnologias:** buscou-se por distribuidoras que atuam no desenvolvimento de modelos de negócio em tecnologias emergentes no mercado, como por exemplo recarga de veículos elétricos e transações energéticas via *blockchain*.

Com isso foram pesquisados sites de 28 distribuidoras, localizadas em diferentes países como EUA, Alemanha, Holanda, Reino Unido, Austrália e Brasil. Destaca-se que os países ou regiões não citadas neste trabalho, provavelmente ainda não possuem avanços significativos na legislação para a GD ou a matriz energética ainda utiliza de fontes centralizadas de geração, como é o caso de países latino-americanos que não aparecem na pesquisa, com exceção do Brasil.

Para identificar modelos de negócio na literatura, foi realizada busca em artigos de periódicos sobre o tema modelo de negócio de geração distribuída. Como o tema é amplo, uma grande quantidade de material foi encontrada. Para selecionar quais materiais eram mais relevantes para a pesquisa, foram considerados os seguintes critérios:

- i) ano de publicação a partir de 2010;
- ii) citações em outros trabalhos;
- iii) referências utilizadas;

Inicialmente foram obtidos mais de 30 trabalhos acadêmicos que citam modelos de negócios que envolvem a participação da distribuidora de energia. No entanto, na maioria dos trabalhos a participação da distribuidora ainda está relacionada com o tradicional serviço de transporte de energia. Desta forma foi necessário selecionar aqueles trabalhos no qual o papel da distribuidora seja de criar entregar e capturar valor com a GD, além do tradicional serviço de distribuição de energia.

Desta forma, foram selecionados 20 trabalhos acadêmicos para serem utilizados como fonte de dados neste trabalho. É importante salientar que embora a busca tenha sido realizada na literatura, foram priorizados os modelos que apresentavam aplicações práticas, ou seja, são modelos descritos na literatura e aplicados na prática por distribuidoras de energia.

### 3.6.2 Categorização dos modelos de negócio

Neste trabalho propõe-se utilizar uma taxonomia para descrever cada categoria de modelos de negócio. Conforme descrito na seção 3.5 para a definição de uma taxonomia é necessário encontrar elementos comuns em um conjunto de dados para assim agrupá-los em categorias considerando estas características comuns. Desta forma, para chegar a uma

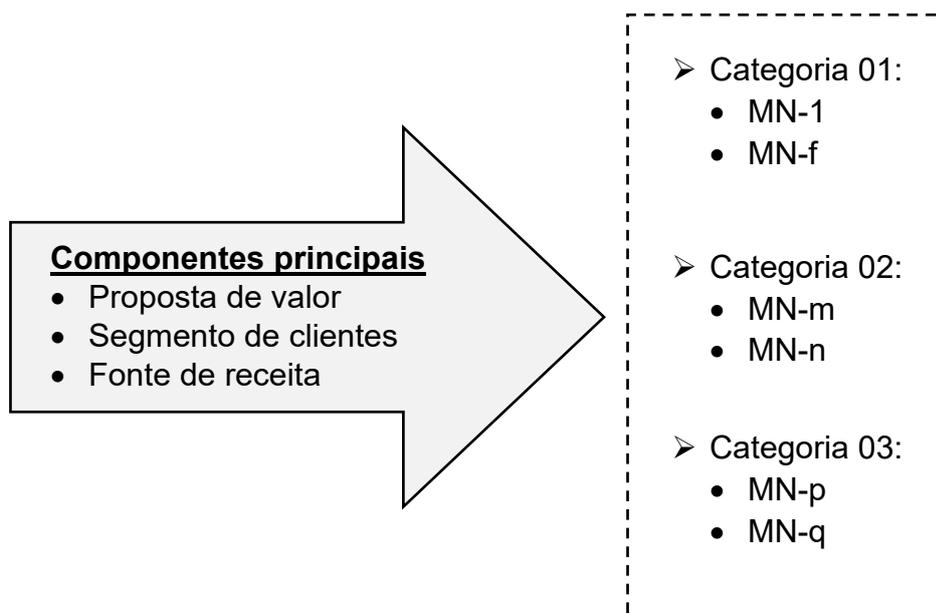
taxonomia dos modelos de negócio é necessário descrever as características destes modelos e encontrar os elementos comuns entre eles.

Para auxiliar na descrição das características dos MN foram considerados três componentes principais do Business Model Canvas conforme apresentado na Figura 3.5. Segundo Kirchenbauer (2020) e Burguer & Luke (2017), se os modelos de negócios possuírem similaridade entre estes três componentes, eles podem ser classificados dentro de uma mesma categoria. Este mesmo conceito foi utilizado neste trabalho. Os elementos escolhidos são descritos abaixo:

**i. Proposta de valor:** descreve o valor que a organização gera para o cliente;

**ii. Segmento de clientes:** descreve a qual grupo de clientes está endereçada a proposta de valor;

**iii. Fonte de receita:** descreve como a relação com o cliente gera o fluxo de caixa para a organização.



**Figura 3.5** – Componentes para categorização e caracterização dos MN.

Os três componentes principais foram aplicados a cada um dos modelos de negócio genérico. Para definir quais modelos de negócio genérico fazia parte de uma mesma categoria, buscou-se por elementos comuns dentro de cada componente, definido assim a taxonomia dos modelos de negócios.

Além disso, para definir em quais categorias cada modelo de negócio genérico se enquadrava foram consideradas as similaridades entre os três elementos e a aplicação dos modelos dentro de uma mesma categoria, ou seja, mesmo que o modelo de negócio genérico não possuísse similaridade nos três componentes, foi avaliado se a aplicação dele em conjunto com os demais modelos do grupo não estava relacionada. Em algumas aplicações, um modelo

de negócio é utilizado para alavancar outro modelo, sendo assim, faz sentido que eles permaneçam no mesmo grupo.

### 3.6.3 Mapa sistêmico da rede de valor

Após a categorização dos modelos de negócio, foi realizada uma descrição das características de cada categoria de MN e, exemplos práticos foram citados para elucidar sua aplicação.

Com a definição das características do MN e do valor entregue pela distribuidora ao segmento de clientes foi elaborado para cada categoria de MN um mapa sistêmico ou rede de valor com o objetivo de visualizar como cada ator envolvido na categoria permuta valor entre si e principalmente com a distribuidora de energia, para que assim seja possível visualizar com mais clareza qual o papel da distribuidora dentro da categoria de MN.

Segundo Ramirez & Norman (1993), as redes de valores são definidas como um sistema composto por atores de negócio que permutam objetos de valor econômico para satisfazer uma necessidade de um segmento de mercado consumidor. Sendo assim, o principal objetivo de uma rede de valor é auxiliar na análise da sustentabilidade de um modelo de negócio (Avelino; Silva, 2020). Para tal modelagem, Gordijn & Akkermans (2001) propuseram o *framework e<sup>3</sup>-value*, que é uma ontologia criada para representar graficamente de forma estruturada a ideia do modelo de negócio, mostrando como os atores envolvidos no negócio se relacionam, considerando as atividades realizadas por cada parte e como é realizada a troca de valores entre eles. Assim, a ontologia é organizada levando em consideração três elementos: os atores, os objetos de valor e as trocas de valores. Na sequência, será descrito como serão identificados cada um desses elementos.

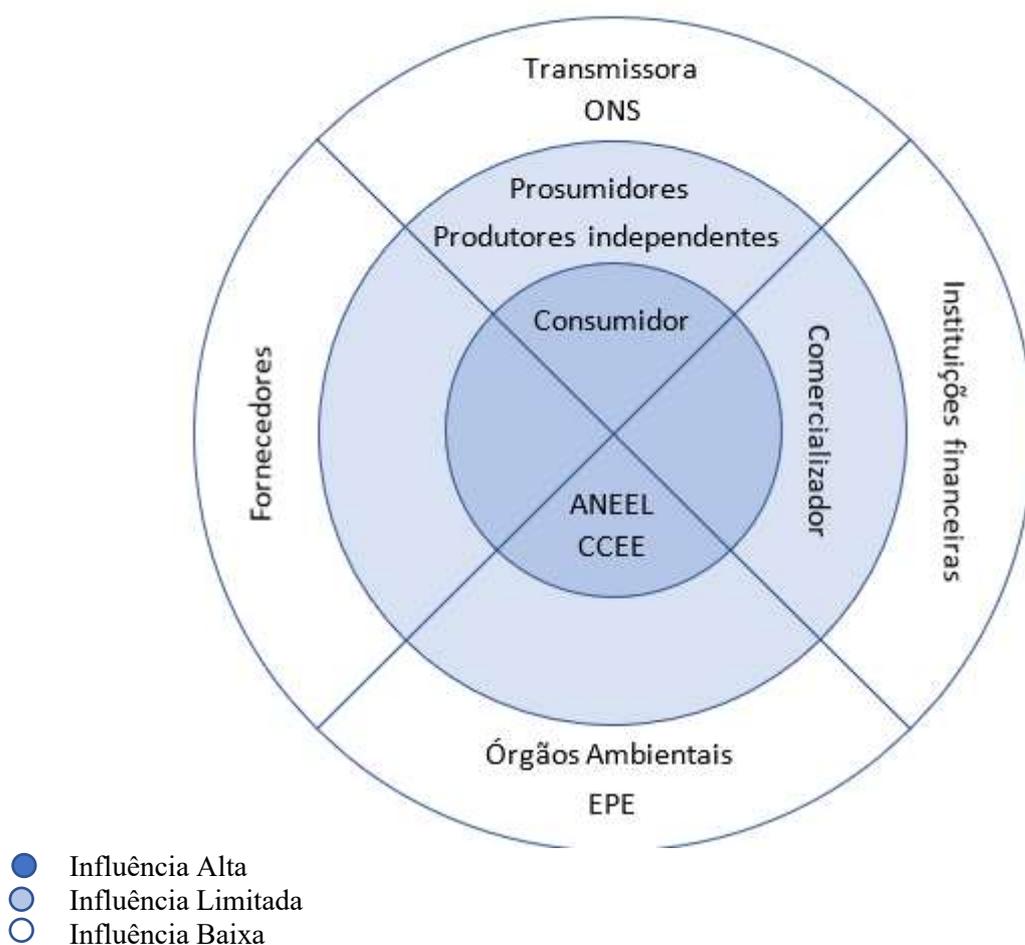
**i) Identificação dos atores:** Os atores representam as partes envolvidas em uma troca de valor. Eles são considerados como entidades econômicas independentes que buscam rentabilidade ou querem maximizar sua utilidade econômica, realizando as atividades de valor. Um ator pode ser uma empresa, organização, uma pessoa; com função específica ou uma entidade que representa um conjunto de atores. Ele é representado no mapa sistêmico por um quadro. Alguns conjuntos de atores podem ser agrupados com o intuito de reduzir a complexidade da análise.

Para identificar os atores envolvidos em cada categoria será utilizada a ferramenta radar de parceiros, na qual os atores são posicionados conforme uma análise qualitativa sobre seu grau de influência: alta, limitada e baixa influência; considerando quatro dimensões: fornecedores, colaboradores, investidores, outros.

Atores diferentes raramente valorizam seus objetos de valor de forma exatamente igual, ou seja, atores diferentes veem de maneira diferente o mercado e como seu produto deve ser valorizado. A ontologia E<sup>3</sup>-value agrupa atores que atribuem valor econômico a objetos de

valor de forma semelhante. No geral, estes grupos são compostos por produtores ou consumidores finais, os quais valorizam seus objetos de valor de forma semelhante.

A Figura 3.6 apresenta a identificação dos atores para o modelo de negócios da distribuidora tradicional. Estes atores foram indicados com base em pesquisa bibliográfica. Para um maior detalhamento destes atores é necessário pesquisa direta com a concessionária de energia, pois ela terá condições de indicar com maior precisão quem são os atores e o grau de influência de cada um nos seus modelos de negócios.



**Figura 3.6** – Radar de parceiros para a distribuidora tradicional.

ii) **Identificação dos objetos de valor:** Nesta etapa são identificados o que cada ator traz de relevante ao modelo de negócio e o que ele espera receber em troca, desta forma são identificados os objetos de valor que os atores trocam entre si. O importante a destacar aqui é que todo objeto de valor trocado tem um valor para ao menos uma das partes envolvidas, é este valor que será o foco da análise deste trabalho. No mapa sistêmico, os objetos de valor serão representados por setas com cores diferentes conforme a Tabela 3.3. As cores das setas foram escolhidas pelo pesquisador, somente para facilitar a visualização das trocas de objetos valor entre os diferentes atores.

Os tipos de objetos de valor considerados neste trabalho serão: energia, dinheiro, informação e serviços e produtos. Estes elementos foram escolhidos por serem os mais citados quando analisadas as propostas de valor dos modelos de negócios identificados.

**Tabela 3.3** – Escala de cores para os objetos de valor.

Energia	Dinheiro	Informação	Serviço/Produto
—	—	—	—

**iii) Identificação das trocas de valores:** as trocas de valores no método  $e^3$ -value são realizadas pelas portas de valor que atuam como meios de interligar os atores, ou seja, representa como os atores recebem e fornecem valores. Assim, elas possuem direção que pode ser de entrada (*in-port*) ou saída (*out-port*), as quais indicam, respectivamente, que o objeto de valor está fluindo para dentro ou para fora do ator. No diagrama, a porta de valor é representada pelo sentido das setas, sendo opcional, porém de extrema utilidade, identificar o objeto que está sendo oferecido ou solicitado pela porta, sendo neste trabalho identificado pelas cores nas setas.

Com as informações obtidas nas etapas de identificação dos atores, dos objetos de valor e das trocas de valor foi possível desenhar um mapa sistêmico para cada categoria de MN, no qual foi possível identificar o papel da distribuidora e como ela se relaciona com os demais atores.

### 3.7 Considerações finais do Capítulo

Neste Capítulo foi proposto um método para identificar, caracterizar e categorizar os modelos de negócios de geração distribuída utilizado por distribuidoras de energia em diferentes países, sem se importar com limitações na regulamentação. Com isso, espera-se que as distribuidoras de energia possam utilizar desta ferramenta para a seleção de modelos de negócios que melhor se adaptam ao seu mercado de atuação. Além disso, foi proposto o desenho de um mapa sistêmico no qual é possível visualizar como os diferentes atores trocam valor com a distribuidora de energia e entre si. Com isso, a distribuidora tem clareza de seu papel dentro de cada categoria e saberá como se relacionar com os seus clientes, fornecedores e parceiros.

No próximo Capítulo serão apresentadas as categorias de modelos de negócios obtidas, suas características e os exemplos internacionais de sucesso, assim como o mapa sistêmico para cada categoria. Além disso, será avaliada a aplicação das categorias no cenário brasileiro considerando a legislação atual, exemplo de distribuidoras nacionais que utilizam a GD serão mencionadas.

# Capítulo 4

## Categorização dos modelos de negócio

### 4.1 Introdução

Com o aumento do nível de penetração da GD é fundamental que as distribuidoras conheçam os possíveis modelos de negócio que podem ser adotados para criar, entregar e capturar valor com a GD, identificando suas características, os atores que estão envolvidos e como eles interagem entre si. Estes modelos envolvem uma ampla gama de produtos e serviços que vão desde a venda direta de produtos como inversores, placas de energia solar, baterias, até a oferta de serviços de gerenciamento energético, serviços ancilares, entre outros. A diversidade de modelos de negócio que estes produtos e serviços podem gerar leva à necessidade de sistematizar todos esses modelos em um único documento, indicando vantagens e desvantagens de cada um, de modo a facilitar a tomada de decisão pelas distribuidoras.

Neste Capítulo serão descritas as categorias de modelos de negócio obtidas após a aplicação do método proposto no Capítulo 3. Para cada categoria serão apresentados exemplos práticos e o mapa sistêmico que mostra a rede de valor entre os atores, assim como a análise da aplicação destes modelos no cenário Brasileiro. Assim, espera-se oferecer às distribuidoras de energia subsídios para a escolha de modelos de negócio que incorporem a GD e que sejam adequados ao seu portfólio de produtos e serviços. Os resultados também poderão ser usados pela agência reguladora para propor melhorias na regulação do setor elétrico, de maneira a assegurar a competitividade das distribuidoras, que poderão oferecer aos consumidores, serviços de melhor qualidade e com menor custo.

### 4.2 Categorias de modelos de negócio

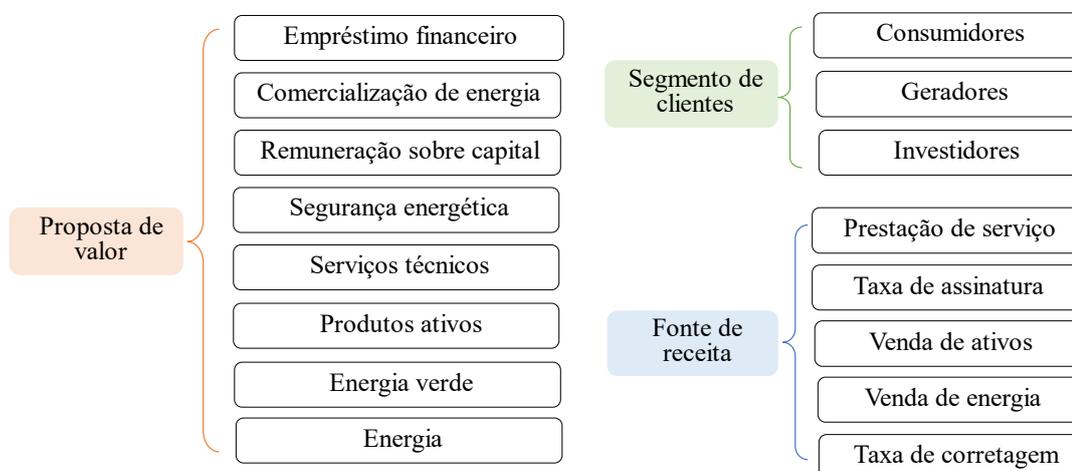
A primeira etapa da pesquisa consistiu em buscar na literatura e em estudos de casos quais modelos de negócio são utilizados por distribuidoras de energia para criar, capturar e entregar valor com a GD, conforme descrito na seção 3.6. Foram realizadas buscas em portais de periódicos e nas páginas de *Internet* das distribuidoras. Seguindo os critérios

descritos no Capítulo anterior, foram obtidos 20 modelos de negócio genéricos, sendo que cada modelo possui características distintas e com aplicações em diferentes cenários.

O próximo passo da pesquisa consistiu em identificar as características de cada um dos 20 modelos de negócio genéricos obtidos de forma a agrupar dentro de uma mesma categoria aqueles com características similares. Nesse sentido, foram utilizados três componentes do BMC, conforme descrito na seção 3.6.2: segmentos de clientes, fluxo de receitas e proposta de valor. Buscou-se em cada MN a característica ou elemento que representava cada um dos três componentes, por exemplo: no modelo “Participação em empreendimentos de GD” (Tabela 4.1), um segmento de cliente é o investidor, o fluxo de receita é decorrente da venda de ativos e a proposta de valor é a remuneração sobre capital investido. Assim, investidor, venda de ativos, remuneração sobre capital investido formam a taxonomia para os componentes segmentos de clientes, fluxo de receita e proposta de valor, respectivamente. A Figura 4.1 apresenta a taxonomia desenvolvida para os três componentes após análise dos 20 MN’s.

Para definir em qual categoria cada MN genérico se enquadrava, foram consideradas as similaridades entre os três elementos e a possibilidade dos MN’s genéricos, dentro de uma mesma categoria, serem utilizados para alavancar o sucesso um do outro. Como resultado foram obtidas sete categorias de modelos de negócio. Na Tabela 4.1 podem ser observados os MN’s genéricos e os elementos da taxonomia utilizados para classificá-los dentro de cada categoria. Percebe-se que um MN genérico pode possuir mais de um elemento dentro de um mesmo componente.

Com os resultados apresentados na Tabela 4.1, é possível observar a quantidade de vezes com que os elementos da taxonomia aparecem dentro dos componentes segmento de clientes, proposta de valor e fluxo de receita, e assim fazer algumas inferências sobre a forma de atuação das distribuidoras. Para isso, foram desenvolvidos gráficos que apresentam de forma percentual a frequência com que os elementos são citados nos três componentes. Os resultados serão discutidos na sequência.

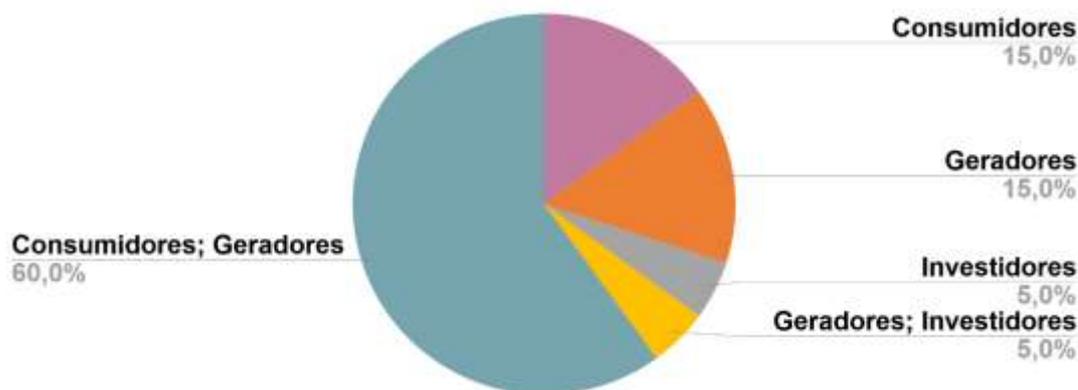


**Figura 4.1** – Taxonomia proposta para os três componentes.

Tabela 4.1 – Categorização dos modelos de negócio.

<b>Categorias</b>	<b>Modelos de negócio genéricos</b>	<b>Segmentos de clientes</b>	<b>Proposta de valor</b>	<b>Receita da distribuidora</b>
<b>Proprietária de ativos</b>	Participação em empreendimentos de GD	Investidores	Remuneração sobre capital investido;	Venda de ativos
	Venda de energia	Consumidores	Energia; Energia verde	Venda de energia
<b>Facilitadora de negócios</b>	Oferecimento de empréstimos e financiamentos	Geradores; Investidores	Empréstimo financeiro	Taxa de corretagem
	Empréstimos ou aluguel de equipamentos	Geradores	Produtos - ativos	Contratos de prestação de serviços
<b>Comercializadora de energia</b>	Compra de excedentes de energia	Geradores	Comercialização energia	Venda de energia
	Compra e vende energia	Geradores	Comercialização energia	Venda de energia
<b>Venda de produtos e serviços</b>	Venda de equipamentos	Consumidores; Geradores	Produtos - ativos	Venda de ativos
	Instalação e manutenção de equipamentos	Consumidores; Geradores	Prestação de serviços técnicos	Contratos de prestação de serviços
	Manutenção de equipamentos	Consumidores; Geradores	Prestação de serviços técnicos	Contratos de prestação de serviços
	Desenvolvimento de redes inteligentes	Consumidores; Geradores	Prestação de serviços técnicos	Contratos de prestação de serviços
	Serviços de consultoria	Consumidores; Geradores	Consultoria	Contratos de prestação de serviços
<b>Usina Virtual</b>	Gestão da usina virtual	Consumidores; Geradores	Energia	Taxa de corretagem
	Gestão de redes inteligentes	Consumidores; Geradores	Prestação de serviços técnicos	Taxa de corretagem
	Gerenciamento energético	Consumidores	Prestação de serviços técnicos	Taxas de corretagem
	Oferecimento de serviços ancilares e suporte à rede	Consumidores	Prestação de serviços técnicos	Contratos de prestação de serviços
<b>Energia transativa e Blockchain</b>	Desenvolvimento e gestão das plataformas	Consumidores; Geradores	Prestação de serviços técnicos	Taxa de corretagem
	Armazenamento de energia	Consumidores; Geradores	Armazenamento	Venda de energia
	Recarga de veículos elétricos	Consumidores; Geradores	Energia; Energia verde	Venda de energia
<b>Armazenamento de energia</b>	Armazenamento de energia	Consumidores; Geradores	Segurança energética	Venda de energia
	Gestão no armazenamento de energia	Consumidores; Geradores	Prestação de serviços técnicos	Contratos de prestação de serviços

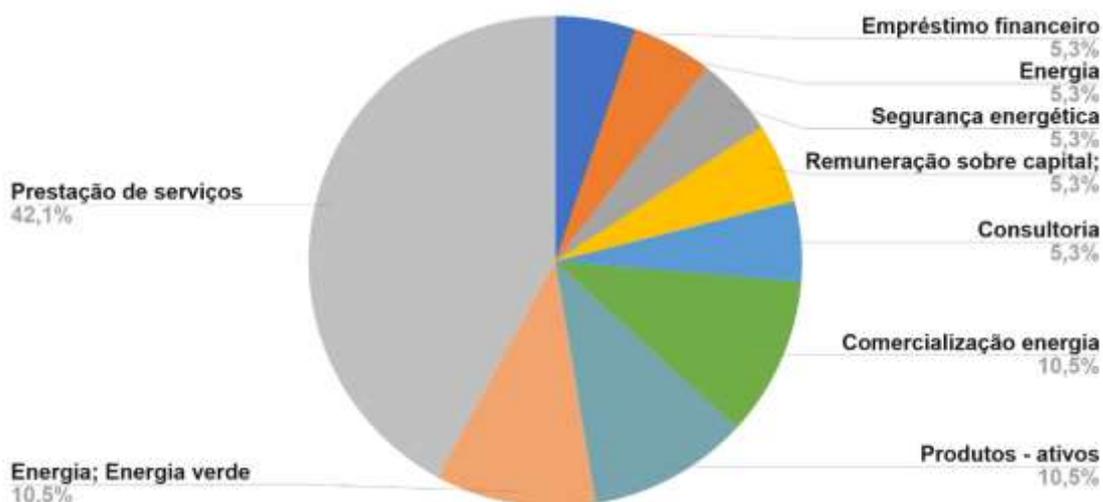
A Figura 4.2 apresenta a distribuição percentual da quantidade de vezes que cada segmento de clientes é descrito nos modelos de negócios analisados. Percebe-se que em 75% dos modelos de negócio das distribuidoras são citados os consumidores, com foco no atendimento da demanda de energia elétrica, com poucos casos excedendo o tradicional serviço de fornecimento de energia. Um dos fatores que contribuem para isso é o fato de que a distribuidora aproveita o relacionamento já consolidado com o cliente para ampliar seu leque de negócios, utilizando o conhecimento sobre o perfil dos clientes para realizar *cross selling* (venda casada) de produtos e serviços.



**Figura 4.2** – Avaliação dos segmentos de clientes para as categorias de MN.

No que se refere ao segmento geradores, o mesmo aparece citado em 80% dos modelos, porém a grande maioria se refere à relação de fornecedor, com o qual faz contratos para compra de energia que será utilizada para atender os consumidores cativos. Em 20% das citações se refere a geradores que podem estar conectados na rede de distribuição e para os quais a distribuidora pode utilizar seu conhecimento do perfil de geração para oferecer serviços e produtos que auxiliem estes clientes a maximizar a produção e melhorar a qualidade da energia gerada. Outro segmento de cliente em destaque são os investidores, que aparece em 10% dos modelos analisados, e se refere a parceiros que a distribuidora busca para viabilizar empreendimentos de GD. Geralmente a implantação e operação de plantas envolve elevados investimentos, assim as distribuidoras dividem os riscos financeiros do empreendimento com este perfil de clientes.

Análise similar à anterior foi realizada com as propostas de valor das distribuidoras. A Figura 4.3 apresenta de forma percentual a quantidade de vezes que cada atributo de valor aparece nos modelos de negócio analisados. Percebe-se que a comercialização de energia aparece citada em 10,5% dos modelos de negócio, o que mostra a mudança que vem ocorrendo neste setor, relacionada com a separação do produto (energia elétrica) do serviço de transporte, sendo este último o foco das distribuidoras, aparecendo citado em 42,1% dos modelos analisados. Com a mudança de foco também evoluiu a venda de produtos – ativos, fator citado em 10,5% dos modelos. Com 5,3% de ocorrência nos modelos estão os seguintes serviços: empréstimo, segurança energética, remuneração sobre o capital e consultoria.

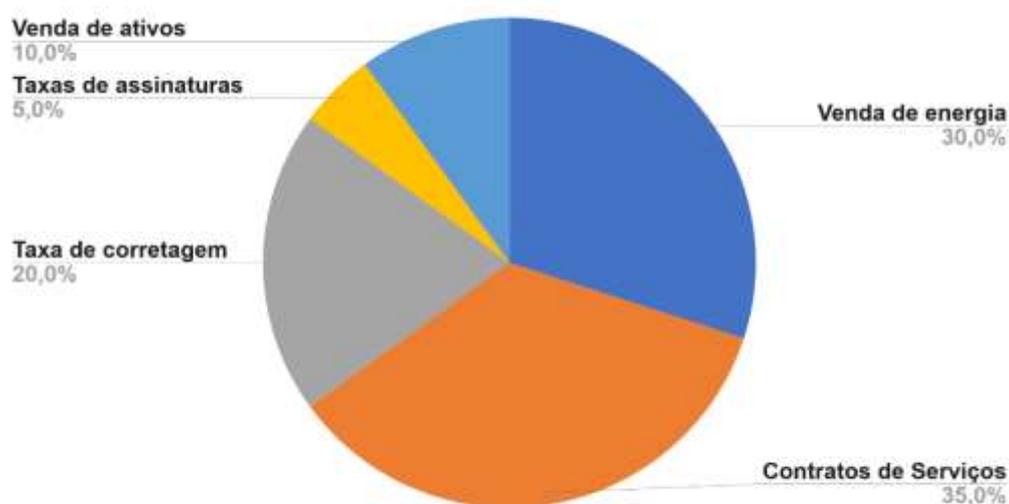


**Figura 4.3** – Avaliação das propostas de valor para as categorias de MN.

Os resultados anteriores se refletem nas fontes de receita das distribuidoras, as quais são citadas nos modelos conforme apresentado na Figura 4.4. Como pode ser observado, em 35% dos modelos a fonte de receita está relacionada com a prestação de serviço. Estes contratos englobam desde o serviço de transporte, passando pela manutenção, até consultorias especializadas sobre resposta da demanda e gestão energética das unidades consumidoras. No entanto, um dos aspectos citados pelas distribuidoras é a necessidade de mão de obra qualificada para a execução dos serviços e a gestão da carteira de clientes.

Em segundo lugar aparece a venda de energia em 30% dos modelos analisados, porém, diferente do modelo de negócio tradicional, aqui a distribuidora busca diversificar a forma de comercialização e atingir aqueles clientes que procuram por energia de fontes renováveis ou que estão migrando para ambientes de contratação livre, destaca-se ainda a venda de energia proveniente de sistemas de armazenamento e para a recarga de veículos elétricos. Outra fonte de receita em destaque é a taxa de corretagem, que aparece em 20% dos modelos. Neste caso, a distribuidora obtém receita sempre que uma determinada transação energética ocorrer, como é o caso da venda de energia em plataformas operadas via *Block Chain*.

Os resultados apresentados até o momento mostram uma visão geral dos modelos de negócio, sendo possível identificar algumas tendências, como o fato da maioria deles estar voltado para o segmento de consumidores, a principal troca de valor estar relacionada à prestação de serviços e o fluxo de receita sendo proveniente dos contratos de prestação de serviços. No entanto, é necessário aprofundar a análise e avaliar cada categoria individualmente.



**Figura 4.4** – Avaliação dos fluxos de receitas para as categorias de MN.

Nas próximas seções cada categoria será descrita, sendo levantadas as vantagens e desvantagens ao aplicar os modelos pesquisados e apontando algumas experiências internacionais. Com o objetivo de colocar em evidência os componentes dos MNs característicos e as relações entre esses componentes, será apresentado o mapa sistêmico de cada categoria. A análise conclui mostrando as limitações identificadas nas sete categorias ao considerar o ambiente regulatório do Brasil.

#### 4.2.1 Proprietária de ativos

Neste modelo de negócio a distribuidora é proprietária dos ativos de geração e de toda a energia injetada na rede, sendo a responsável por administrar e expandir a infraestrutura de distribuição e pela manutenção e operação dos ativos de geração. Segundo Gouvêa (2019), neste modelo a distribuidora também podem ser proprietárias de tecnologias de armazenamento e de sistemas de gerenciamento da demanda. As unidades geradoras podem ser construídas em espaços da própria distribuidora e, neste caso, a energia gerada é de propriedade da distribuidora que a comercializa no mercado livre.

Outra possibilidade muito utilizada no mercado norte-americano é a instalação de sistemas fotovoltaicos nas dependências dos seus clientes. Neste modelo os consumidores recebem uma taxa mensal pela ocupação do espaço onde são instaladas as placas fotovoltaicas, ou ainda celebram contratos de compra de energia do sistema de geração a um preço abaixo do praticado no mercado cativo e com isso mantêm fidelidade à distribuidora (Kimberly; Wolske, 2017). A distribuidora realiza todo o investimento, detendo o direito de comercialização da energia. Um modelo similar é utilizado pela distribuidora Ecogy Energy, de Nova Iorque, nos Estados Unidos neste caso, o pagamento é anual e antecipado, sendo que a empresa assume todos os riscos pela produção de energia solar (Ecogy, 2021).

Como fica evidente esta categoria agrega dois modelos de negócio. Em um modelo a distribuidora oferece a terceiros a possibilidade de participar no empreendimento de GD, seja para obter receita ou para comprar energia de fonte renovável, segura e com qualidade, a um preço inferior ao de mercado. No outro, a concessionária vende energia produzida no empreendimento de sua propriedade ou, em alguns casos, quando a distribuidora participa de uma microrrede, esta energia pode ser comercializada para a comunidade local.

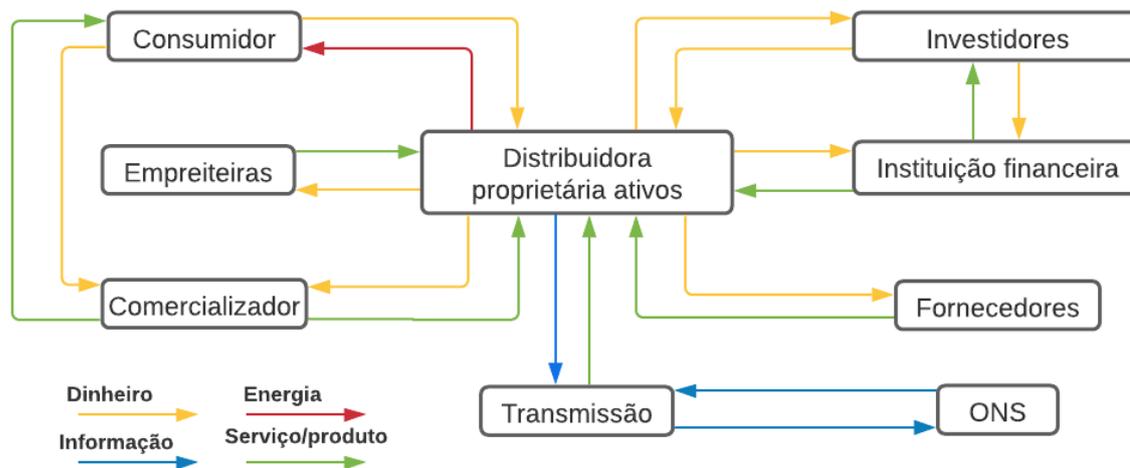
A propriedade sobre os ativos proporciona maior controle sobre a geração de energia distribuída por parte da distribuidora, permitindo incorporar no planejamento a quantidade de novos empreendimentos de GD e em qual região devem ser instalados, levando em consideração a demanda, capacidade e confiabilidade da rede e quais serviços ancilares podem ser disponibilizados. Além disso, em alguns países as empresas reguladas são autorizadas a recuperar os custos de operação e manutenção dos sistemas solares na revisão tarifária e a receber remuneração sobre os ativos de geração como painéis e inversores (Gouvêa, 2019).

Neste modelo a distribuidora assume o risco pelo investimento nos ativos de geração, e os associados em gerenciar diversos geradores e uma enorme quantidade de contratos de energia, criando poucos incentivos para a instalação de pequenos geradores como painéis fotovoltaicos em telhados residenciais.

A rede de valor entre os atores envolvidos nesta categoria pode ser vista na Figura 4.5. Como ilustrado, a receita da distribuidora, indicada pela seta amarela entrando em direção à distribuidora é proveniente dos consumidores que pagam pela energia das plantas de GD, e os investidores que pagam à distribuidora para fazer parte dos empreendimentos e como contrapartida recebem remuneração sobre o capital investido, divisão de lucros ou outro mecanismo de retorno financeiro para o investidor. Esta parceria entre distribuidora e investidor é necessária, pois muitas vezes o custo para investir em uma planta de GD é elevado e a distribuidora busca parceiros de negócios.

Neste modelo não existe o agente gerador porque esse papel é assumido pela distribuidora. Um agente importante é a instituição financeira, que têm o papel de aportar recursos, tanto para a distribuidora quanto para os investidores. Assim, quanto mais incentivos na forma de condições de pagamento, juros baixos e volume de recursos financeiros, maiores as chances de aporte de recursos no empreendimento, tanto da distribuidora quanto do investidor.

Conforme mencionado, este modelo mostra-se vantajoso quando a distribuidora é proprietária de plantas de produção de energia de grande porte, assim o modelo deve relacionar fornecedores e empreiteiras, com conhecimento e capacidade técnica para projetar, construir e operacionalizar as unidades de geração. Além disso, o papel do agente comercializador, que pode ser a própria distribuidora ou terceiro, torna-se importante, pois ele tem a função de comercializar no ACL a energia produzida.



**Figura 4.5** – Mapa sistêmico distribuidora proprietária de ativos

Dentre os casos estudados, a empresa San Diego Gás & Eletric (SDG&E) da Califórnia - EUA - possui um programa voltado para a instalação e manutenção de placas fotovoltaicas chamado *Ecochoice*, sendo a proprietária das instalações e da operação das unidades. A empresa anuncia em seu *site* que qualquer cliente pode se beneficiar da energia solar de suas usinas, para isso precisa apenas ingressar no programa (SDG&E, 2022). Além disso, a companhia possui mapeada várias áreas potenciais onde seria interessante o investimento em microrredes, e com estas informações busca parceiros para a instalação dos empreendimentos (Alves, 2017). Outra empresa, também californiana, a Southern Califórnia Edison (SCE) possui um programa de incentivo para a instalação de placas solares em unidades consumidoras residenciais, com potência de 1 MW a 2 MW (Gouvêa, 2019).

Na Alemanha, um modelo utilizado é o do *Lead Investidor*, no qual um investidor realiza o aporte financeiro da usina, constrói e opera a planta e vende ações para as concessionárias municipais. Um exemplo deste modelo é o parque eólico Baltic 1, inaugurado em 2011 com potência instalada de 48 MW, de propriedade da EnBW, uma das quatro maiores concessionárias de energia da Alemanha. Desde então a EnBW construiu mais três parques eólicos *offshore* no Mar Báltico e no Mar do Norte, com uma capacidade combinada de 976 MW (ENBW, 2021).

Na Holanda, a concessionária Greenchoice vende e oferece serviços de instalação de sistemas fotovoltaicos, além de auxiliar na formação de cooperativas locais para implantação de usinas de geração de energia solar (Greenchoice, 2022). Nos EUA, a companhia do Texas TXU Energy, oferece a oportunidade de o cliente fazer um contrato para adquirir energia de fontes renováveis, como parques eólicos operados pela própria companhia (TXU Energy, 2021). Em Washington, a distribuidora é proprietária apenas dos inversores, o que possibilita redução de custos de instalação e manutenção de painéis fotovoltaicos incentivando o aumento do número de prosumidores (Gouvêa, 2019).

A formação de cooperativas por parte das concessionárias também faz parte desta categoria. Neste caso, a concessionária forma uma cooperativa no qual os membros da comunidade podem se beneficiar do empreendimento através do retorno sobre o investimento, como é o caso da Cooperativa Wase Wind da Bélgica que investe em empreendimentos de energia eólica e distribui dividendo de até 6% aos seus associados, com garantia de receber 100% de energia de fonte renovável (Wase Wind, 2021). Em alguns casos estas cooperativas podem ser formadas em comunidades de difícil acesso da energia elétrica e com isso contribui para desenvolvimento da comunidade local.

Esta proposição de valor na modalidade de cooperativas tem como alvo os clientes ambientalmente conscientes, bem como aqueles preocupados com suas comunidades locais e com o papel que a energia pode desempenhar no seu desenvolvimento (Bryan et al., 2018). A oferta de energia verde também é o foco das concessionárias Good Energy, Acciona e Ecotricity, que atuam no segmento de energia elétrica e gás para aquecimento residencial. No entanto, diferencia-se das distribuidoras tradicionais porque seu foco principal é o fornecimento de energia livre de emissões, predominantemente renováveis, com foco nos consumidores com consciência ambiental (Bryan et al., 2018).

Analisando o caso Brasileiro, a Lei n.º 10.848/04 determinou que as concessionárias, permissionárias e autorizadas de distribuição não podem ser proprietárias dos ativos de geração. Assim, as empresas que possuíam ativos de geração foram obrigadas a segregar esses ativos em empresas distintas. Por consequência, as distribuidoras tiveram que estabelecer novos contratos para lastrear inclusive a parcela de sua carga que era atendida por geração própria (Silva, 2017).

Algumas organizações criam empresas pertencentes à *holding* da distribuidora mas com operações separadas. Mesmo assim podem oferecer o serviço de comercialização, distribuição e geração, mas não podem ser proprietárias da infraestrutura. Além disso, as distribuidoras não possuem incentivos para adquirir energia dentro do mesmo grupo econômico, tendo que participar obrigatoriamente de leilões de energia (Gouvêa, 2019).

No entanto, algumas distribuidoras têm investido em usinas de geração, como é o caso da Copel, distribuidora de energia do Estado do Paraná, que investiu em uma usina solar fotovoltaica de 3MWp (megawatts pico) no município de Bandeirantes - PR. No modelo de negócio a Copel implanta e opera as unidades de geração distribuída de energia e o cliente assina um contrato de aluguel da usina, ou seja, a titularidade da planta passa para o consumidor. A energia gerada é usada para compensar o consumo, resultando em desconto na conta de energia (AEN, 2021).

Um exemplo semelhante é o da distribuidora de energia do estado de Minas Gerais - CEMIG, que criou uma empresa chamada CEMIG Sim. Neste caso, a distribuidora instalou e está operando e vendendo energia proveniente de uma planta de energia solar para consumidores de baixa tensão residenciais com consumo mínimo de até 300kWh e industriais

com consumo mínimo de até 500kWh. A distribuidora deixa claro no *site*, que os negócios entre as duas empresas são diferentes, tanto que o cliente irá receber uma fatura da CEMIG Sim pelo uso da energia, e outra da CEMIG-D pelo uso da rede de distribuição (CEMIG, 2022).

#### 4.2.2 Facilitadora de negócios

Nesta categoria as distribuidoras atuam como facilitadoras de negócios envolvendo a GD, oferecendo financiamento a consumidores que desejam investir em energia renovável, seja para consumo próprio ou para comercialização no mercado livre. Assim, os consumidores tornam-se prosumidores e proprietários de toda a energia injetada na rede, podendo usufruir do sistema de compensação, ou estabelecer contratos de longo prazo com as distribuidoras com preço e quantidade de energia pré-estabelecidos utilizando as chamadas tarifas *feed-in*. Este modelo de comercialização oferece menor risco para o investidor em GD, pois os preços pagos pela distribuidora são fixos e em alguns casos acima do mercado, somado ao fato de que são contratos de longo prazo.

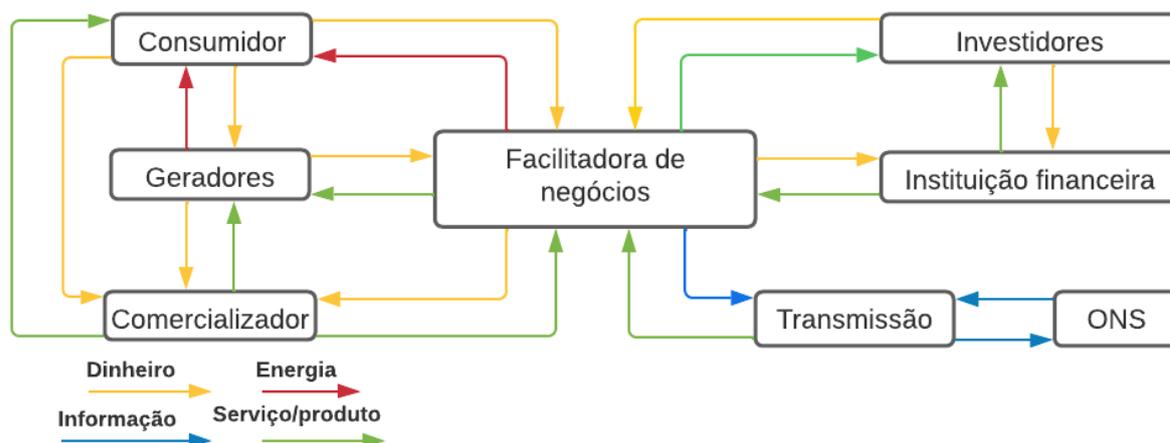
A principal vantagem para a distribuidora é a garantia do fornecimento de energia, podendo estipular taxas de prontidão e disponibilidade. As distribuidoras ainda podem capturar valor através do financiamento realizado, do adiamento de investimento em infraestrutura e melhoria da confiabilidade da rede. Além disso, a fidelização do consumidor possibilita que a distribuidora possa realizar *cross selling* de outros produtos ou serviços aos clientes. Nos EUA é possível incluir esse tipo de financiamento como investimento na revisão tarifária, e como consequência, obter remuneração adicional (Barros, 2014).

No entanto, a distribuidora se expõe aos riscos financeiros dos empréstimos realizados, também deve lidar com a redução de energia contratada pelos consumidores, e a consequente redução de receita, e com o aumento na quantidade de contratos financeiros e de comercialização decorrentes dessa forma de se relacionar com a GD (Resende, 2015). Adicionalmente, pode ocorrer excesso de geradores em locais não desejados, ocasionando sobrecarga na rede elétrica. Para contornar este problema a distribuidora pode oferecer melhores incentivos para empreendimentos em áreas que considere vantajosas. Além disso, as distribuidoras reguladas são responsáveis pela operação e manutenção da infraestrutura da rede e para isso adotam taxas específicas para os prosumidores de modo que mantenham disponível determinados volumes de energia (Gouvêa, 2019).

A Figura 4.6 apresenta a relação entre os diferentes atores. É possível perceber que o papel do agente comercializador é muito importante, pois irá atuar como intermediário entre os geradores, distribuidora e consumidor. Já as instituições financeiras têm o papel de oferecer financiamentos aos investidores e para as próprias distribuidoras. Em alguns casos a distribuidora pode utilizar o conhecimento que tem a respeito do mercado de capitais ou

aproveitar a própria geração de recursos para facilitar o negócio dos prosumidores, geradores e investidores que remuneram a distribuidora por isso.

O papel do consumidor e do gerador segue o modelo tradicional, sendo que o consumidor pode adquirir energia direto da concessionária ou celebrar contratos com o gerador ou agente comercializador; já o gerador, além de negociar sua energia com consumidores livres, poderá vender energia para a distribuidora ou a utilizar para autoconsumo.



**Figura 4.6** – Mapa sistêmico distribuidora facilitadora de negócios.

A distribuidora de New Jersey, Public Service Electric & Gas Company (PSE&G), foi autorizada em 2007 a lançar um programa de incentivo à energia solar financiando de 40 a 50% dos projetos em sua área de concessão com duração de 15 anos, no qual os prosumidores ainda poderiam se beneficiar de outros incentivos fiscais do governo federal (Barros, 2014). O programa foi todo desenvolvido pela própria PSE&G, abrangendo desde a avaliação dos empréstimos até a instalação e manutenção da infraestrutura. No entanto, o *site* atual da distribuidora diz que o programa está fechado para novos acessantes (PSE&G, 2022).

As empresas Tesla-solarCity, Sunpower e Solar Financial Solutions atuam na venda e aluguel de equipamentos de energia solar e armazenamento de energia para clientes residenciais e comerciais de pequeno porte. A receita da concessionária é derivada de um pagamento pelo sistema e sua instalação, como é o exemplo da Tesla-SolarCity ou de uma taxa de aluguel mensal, como o realizado pela Solar Financial Solutivos, além de contratos de manutenção destinados a garantir a longevidade e o desempenho ideal do sistema. O modelo facilitador raramente fornece aos clientes 100% de independência da rede, pois é de interesse da distribuidora manter os clientes cativos e como consequência a receita recorrente com a venda de energia (Bryant et al, 2018).

No Brasil não existem linhas de financiamentos disponíveis por parte das distribuidoras, assim, os empréstimos seriam tratados como custos, o que reduziria a atratividade do modelo.

### 4.2.3 Comercializadora de energia

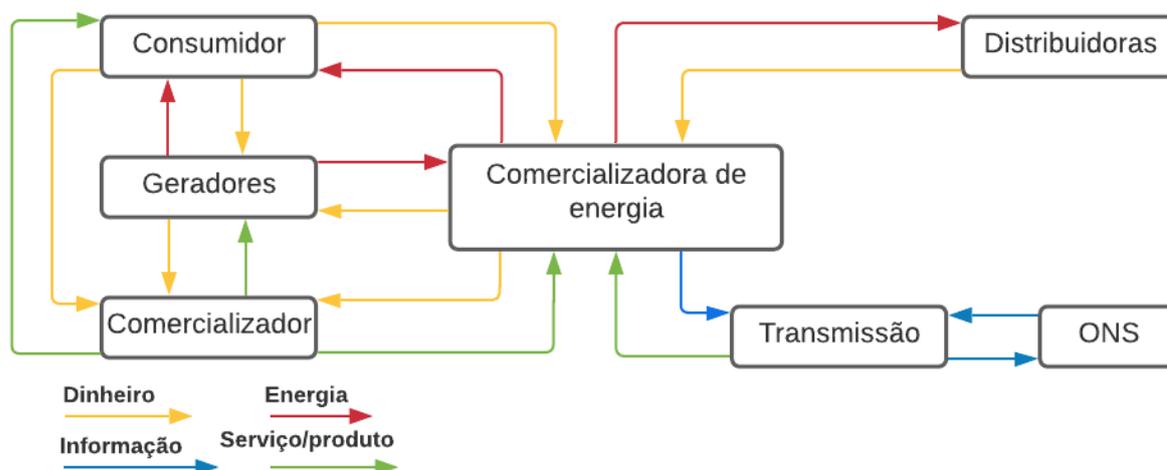
Nesta categoria existem dois tipos de modelos de negócios: i) aquele no qual a distribuidora compra energia para revender; e ii) aquele modelo no qual a distribuidora é proprietária da usina e vende energia.

No primeiro modelo as distribuidoras contratam energia proveniente de fontes renováveis a partir de contratos bilaterais, os chamados *Power Purchase Agreement* (PPA), que protege o preço da energia de qualquer variação que ocorra no mercado. A energia adquirida é então comercializada no ACL, podendo ser oriunda de usinas virtuais, caracterizadas por um sistema de gestão de unidades de GD e sistemas de armazenamento de energia (Gouvêa, 2019).

A principal vantagem deste modelo está no fato de a distribuidora não assumir os riscos de instalação e operação das fontes de geração. Além disso, os contratos de longo prazo evitam a exposição à volatilidade dos preços de mercado e são fixadas metas de geração de forma que a distribuidora disponha da produção necessária para auxiliar no gerenciamento da demanda. Nesse sentido, as distribuidoras fazem contratos com poucos geradores de maior porte, sendo excluídos deste modelo os consumidores residenciais.

O segundo tipo de modelo de negócio, dentro desta categoria, diz respeito à concessionária do tipo *gentailer* tradicional, que gera e comercializa energia, porém proveniente de unidades de GD. Em geral, as unidades são de maior porte (1 - 30 MW), com diferentes tecnologias (eólica, solar, hídrica ou gás natural) de forma a aproveitar a economia de escala, implicando em um menor custo da energia. A comercialização pode ocorrer em mercados à vista e futuros, flexibilizando o gerenciamento entre a carga esperada e o fornecimento em tempo real (Macarena, 2017). Segundo o autor, este modelo é utilizado em mercados onde geração e comercialização são atividades realizadas no mercado livre, já a transmissão e a distribuição são regulamentadas. Como exemplo de países onde é encontrado esse modelo, tem-se: Austrália, Nova Zelândia e o Reino Unido. Nos Estados Unidos, as empresas NRG Energy e NextEra Energy são proprietárias de grandes usinas e realizam a comercialização de energia no mercado livre.

Na Figura 4.7 são apresentados os atores envolvidos nesta categoria, tendo a distribuidora no papel central do mapa adquirindo energia dos geradores e comercializando para consumidores e para outras distribuidoras. Neste modelo os consumidores têm um papel semelhante ao modelo tradicional, porém podem optar em negociar energia renovável com a distribuidora, já os geradores podem comercializar a energia com a distribuidora. Assim como nas outras categorias, o agente comercializador atua facilitando o negócio entre consumidores, geradores e a própria distribuidora, oferecendo serviços de consultoria.



**Figura 4.7** – Mapa sistêmico distribuidora comercializadora de energia.

A TXU Energy, companhia de energia do Texas nos EUA, possui um programa de compra de energia excedente de consumidores residenciais e industriais. Os prosumidores instalam a GD, geralmente solar fotovoltaica, e injetam energia na rede. A TXU contabiliza, através de medidores inteligentes, quanto foi produzido pelo gerador e quanto foi consumido na unidade consumidora e faz a liquidação da diferença (TXU Energy, 2021).

Outro exemplo é o da Sacramento Municipal Utility District (SMUD) no Estado da Califórnia - EUA, que contrata energia de fontes solar e eólica de plantas locais e vende energia a clientes cativos. No seu site ela garante através de certificado de energia que 100% da energia contratada na região de sacramento é proveniente de energia renovável (SMUD, 2022).

No caso do Brasil, a desvantagem deste modelo é que as distribuidoras de energia não são remuneradas por este negócio porque simplesmente repassam os custos da compra de energia para os consumidores. Outra desvantagem reside no fato de as distribuidoras ter que gerenciar uma quantidade significativa de contratos, aumentando os custos de transação.

Além disso no Brasil, desde 2004 as distribuidoras devem comprar energia dentro do ambiente de contratação regulada por meio de leilões. Nestes leilões as distribuidoras compram toda a energia necessária para seus clientes cativos, e para isso buscam adquirir energia das fontes mais competitivas. Assim, para firmar contratos, é necessário que a fonte de GD esteja no leilão e seja competitiva, o que pode ser impraticável (Barros, 2014).

Apesar das limitações impostas pela legislação, algumas distribuidoras no Brasil atuam neste tipo de modelos de negócios com a criação de empresas ligadas ao seu grupo societário para atuar como agências comercializadoras, e utilizar de seu conhecimento de mercado para alavancar negócios.

Com a entrada em vigor da lei 14.300, este modelo de negócio poderá se tornar mais atrativo, pois as distribuidoras poderão adquirir energia excedente de mini e microgeradores

através de chamadas públicas, além disso poderá contratar serviços ancilares, por meio de fontes despacháveis ou não, para beneficiar suas redes ou microrredes de distribuição, para ambas as situações a ANEEL deverá estabelecer os critérios para comercialização.

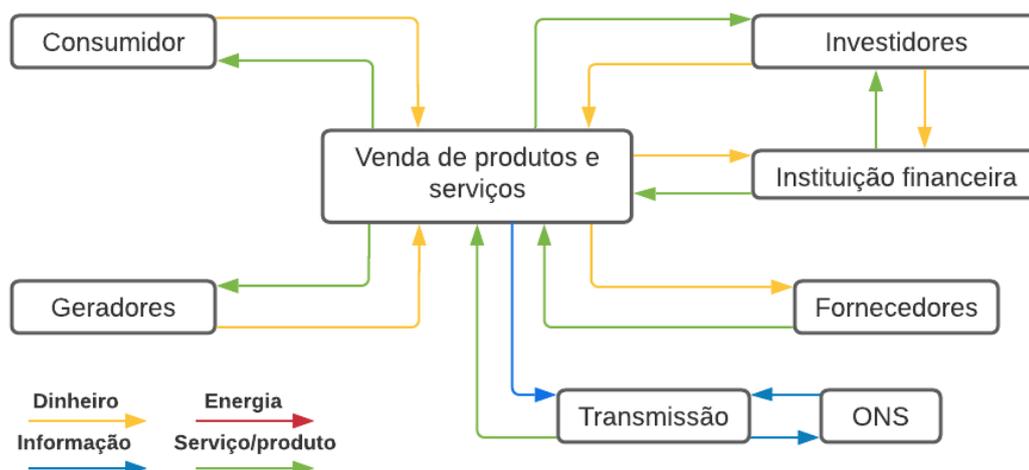
#### 4.2.4 Venda de produtos e serviços

Este modelo busca aproveitar uma ampla gama de produtos e serviços que podem ser oferecidos com a GD, a partir dos quais uma distribuidora pode criar e entregar valor. A linha de produtos varia desde a venda de placas solares fotovoltaicas até dispositivos antes do medidor do lado do consumidor, como controladores de energia e termostatos inteligentes (Burguer; Luke, 2017). Os produtos oferecidos capacitarão o cliente conectado a gerenciar o uso de energia, e fornecerão para a distribuidora uma conexão para obter informações sobre os padrões de consumo e os impactos sobre o desempenho da rede. A distribuidora pode aproveitar a sua capacidade de investimento e a sua escala para negociar preços com grandes fornecedores de equipamentos, oferecendo produtos com preços competitivos aos consumidores.

Com a venda dos produtos surge também a possibilidade de oferecer serviços de instalação e manutenção dos equipamentos e controle da energia injetada na rede. Nessa linha, muitas companhias estão oferecendo serviços de gerenciamento da demanda, eficiência energética, e armazenamento elétrico, com o objetivo de melhorar o desempenho do lado do cliente (Hamwi; Lizarralde, 2019).

Na Figura 4.8 é possível visualizar os diferentes atores envolvidos nesta categoria, com destaque para o papel dos fornecedores de produtos e equipamentos, pois a distribuidora, para garantir competitividade, deve estabelecer uma grande rede de fornecedores e usar de seu conhecimento de mercado para investir em produtos com potencial para venda direta à consumidores.

Nesta categoria, o principal valor entregue pela distribuidora para os consumidores e geradores não está relacionado com o fornecimento ou compra de energia, mas sim com a venda de produtos e serviços. Para os investidores a distribuidora deve oferecer todo o suporte necessário para a implantação e operação de plantas. A figura da instituição financeira novamente aparece para oferecer para estes investidores aportes financeiros, tendo em vista o alto valor de plantas de GD, além disso, as distribuidoras também recorrem às instituições financeiras, pois precisam manter capital de giro para aquisição dos produtos.



**Figura 4.8** – Mapa sistêmico distribuidora atuando na venda de produtos e serviços.

As concessionárias concorrentes do Estado Americano do Texas, TXU Energy e a Direct Energy, oferecem um portfólio completo de serviços, desde o estudo de viabilidade técnica e econômica, até a instalação de placas solares, manutenção e venda de diversos produtos como inversores, placas, monitores inteligentes, etc. No portfólio das empresas, também se encontra o oferecimento dos serviços de consultoria para gestão energética e aplicativos para gerenciamento de controle e resposta à demanda (TXU Energy, 2022; Direct Energy, 2022).

Com a expansão do uso de veículos elétricos, um novo mercado também pode ser explorado pela distribuidora, que poderia atuar construindo a infraestrutura de postos de recarga rápida e realizando sua operação. Na Nova Zelândia e Austrália, a companhia local de distribuição Powershop possui postos de recargas de veículos e oferece taxas mais baratas para recargas em horários fora de pico (Powershop, 2021).

Outro serviço que pode ser abordado neste modelo é a concessionária tornar-se uma gestora de energia para os clientes, devido ao conhecimento que ela possui sobre o consumidor, a partir da grande quantidade de informações tanto de consumo quanto da demanda de energia. As concessionárias coletam e gerenciam grandes volumes de dados de duas fontes principais: a operação do sistema e a carga do cliente (Bryant et al., 2018). Esses dados fornecem informações sobre padrões de uso de energia que são valiosas para o consumidor e que, na maioria das vezes, eles não têm acesso. Assim, como muitos consumidores preferem ter o controle sobre sua produção e consumo, a grande maioria prefere não realizar este trabalho, o que exige conhecimento e experiência, abrindo a oportunidade para a distribuidora gerar resultados para seus clientes, baseada nas informações disponíveis.

A regulamentação Brasileira atual não permite que a distribuidora obtenha receita com a venda de produtos ou serviços, o que limita a sua participação neste modelo. Porém, assim como nos outros modelos é possível o grupo a qual pertence a distribuidora criar outras

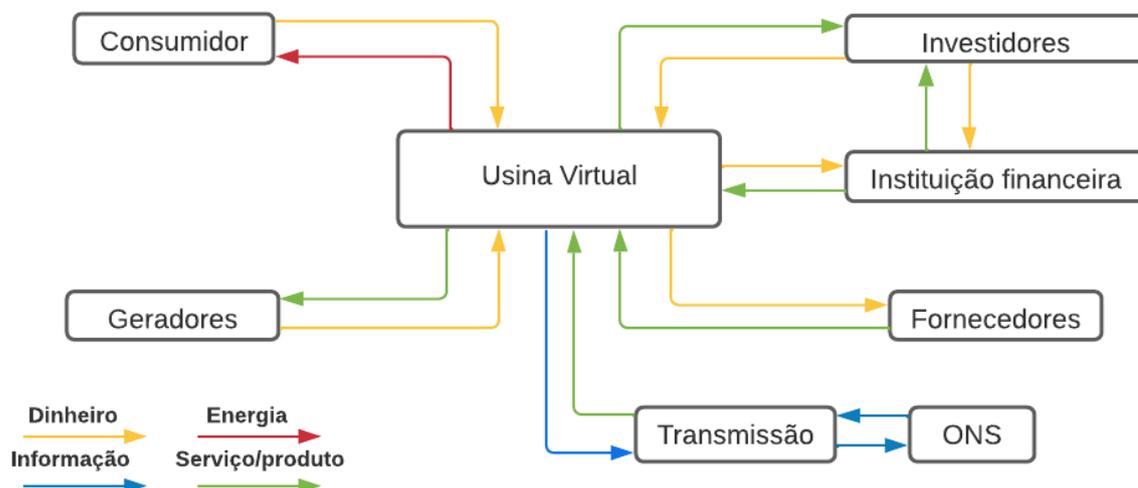
empresas, como é o caso da CEMIG que tem patrocinado Spin-offs como a Eficiência, que é uma ESCO (Energy Services Company) especializada na oferta de serviços de eficiência energética.

#### 4.2.5 Proprietária de usina virtual

Uma usina virtual pode agregar a geração de vários sistemas distribuídos e atuar como intermediária entre estes e o mercado de energia (PWC, 2013). Nesse modelo, a concessionária não possui ativos de geração, mas integra serviços em nome do gerador, provedor ou consumidor. A usina virtual também pode realizar funções de gerenciamento do lado da demanda para cargas comerciais e industriais e equipamentos residenciais inteligentes, a fim de auxiliar no equilíbrio entre oferta e demanda, seja no mercado atacadista ou no varejista, estabelecendo contratos com o operador do sistema (Driscoll, 2019).

A receita da distribuidora nesta categoria são comissões recebidas pela gestão do sistema ou plataforma que integra os geradores e consumidores. Em alguns casos, a distribuidora possui as instalações e obtém receita com a venda de energia elétrica, reservas e serviços ancilares (Burger; Luke, 2017).

Como observado na Figura 4.9, a distribuidora passa a atuar na gestão da rede e na energia gerada pelos prosumidores e a consumida pelos consumidores. Neste caso ela pode não se beneficiar diretamente com a venda de energia mas sim com serviços relacionados as transações entre consumidor e gerador.



**Figura 4.9** – Mapa sistêmico distribuidora atuando como usinas virtuais.

Em países como Austrália, Bélgica, França, Alemanha, Holanda, Reino Unido e Estados Unidos, foram desenvolvidas regulações específicas para usinas virtuais. Um exemplo é a Holy Cross Energy do Estado do Colorado, que está testando um projeto VPP em

escala doméstica, no qual possui a integração entre geração e armazenamento solar em telhados (Driscoll, 2019).

Segundo Bryant et al. (2018), distribuidoras como as alemãs Sonnen, Lichtblick e Lumenaza vendem ou alugam equipamentos para geração de energia solar fotovoltaica e baterias para armazenamento de energia aos clientes finais, em paralelo atuam na venda e implantação de software de gestão para controle de usinas virtuais. Estes softwares permitem que o prosumidor venda a geração excedente dos seus sistemas fotovoltaicos para outros clientes. A concessionária recebe uma taxa a cada negociação a depender do volume negociado (Bryant et al., 2018).

O modelo de distribuidora atuando como usina virtual pode ser adotado no Brasil com a distribuidora fazendo a gestão da rede virtual e usando a energia para suporte a rede e com isso evitando custos de curto prazo com manutenção da rede, além de atuar no armazenamento de energia. Neste último caso, podemos citar o exemplo da Copel, distribuidora de energia do Estado do Paraná, que está desenvolvendo, em parceria com empresas nacionais, um sistema para gestão inteligente de energia solar e armazenamento da energia excedente com comunicação direta com a rede da distribuidora. O sistema funcionará da seguinte forma: um prosumidor produz energia a partir de energia solar que poderá ser consumida pelo próprio prosumidor, armazenada em baterias ou injetado na rede, e ainda o prosumidor poderá receber energia da rede de distribuição. A decisão de como será o fluxo de energia será do próprio prosumidor ou da distribuidora, de acordo com o melhor aproveitamento energético, através de um sistema inteligente e integrado à rede (Copel, 2020).

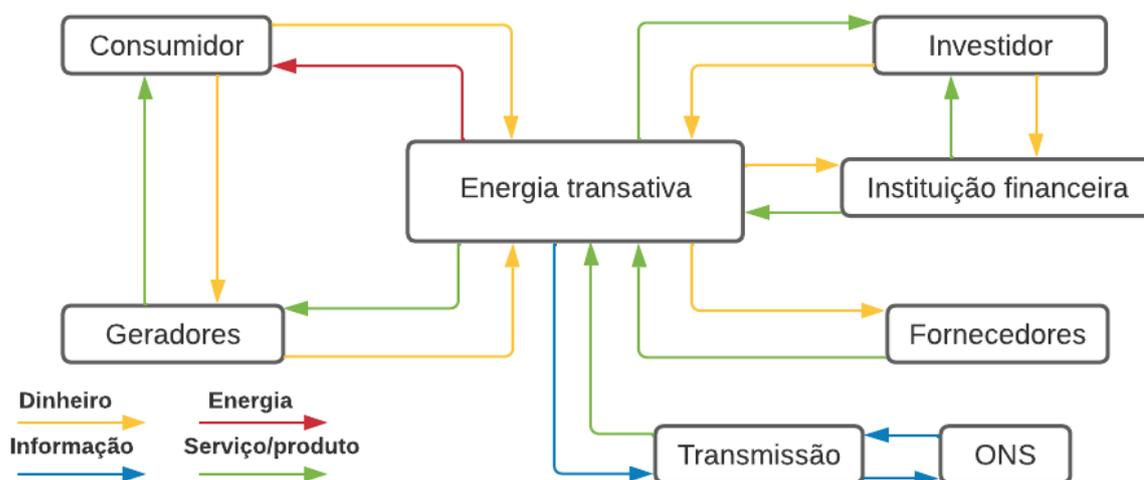
#### 4.2.6 Energia transativa.

A energia transativa (ET) é uma forma variada e generalizada da gestão pelo lado da demanda, que se preocupa em gerenciar a energia tanto do lado da oferta, geração distribuída, quando da demanda, consumidor final (Carvalho, 2017).

Para atender esta gestão de oferta e demanda são necessárias técnicas locais de controle e gestão distribuída. Desta forma, foram concebidas tecnologias de registro distribuído - TRD (*Distributed ledger Technologies*), principalmente para facilitar operações não centralizadas, removendo a necessidade de gestão central. Como resultado, as TRD poderiam ajudar a abordar os desafios enfrentados pelos sistemas descentralizados de energia. Uma das formas de TRD mais conhecidas é a do Blockchain que é caracterizada por possuir um mecanismo de consenso descentralizado e mecanismos de segurança baseados em criptografia (Mengelkamp et al, 2018). É importante destacar que o blockchain é o meio utilizado para viabilizar o negócios, outras técnicas também podem ser aplicadas, no entanto neste trabalho vamos abordar somente exemplos de distribuidoras que utilizam o blockchain em suas transações

energéticas, pois não foi encontrado exemplos de modelos de negócios que utilizam outras técnicas.

O modelo de negócios da distribuidora atuando com energia transativa com *blockchain* está voltado em oferecer serviços de suporte ao desenvolvimento de plataformas inteligentes que integrem os produtores de energia elétrica com os consumidores finais e que ainda possam trazer benefícios à rede de distribuição.



**Figura 4.10** – Mapa sistêmico distribuidora energia transativa.

Os atores envolvidos neste processo, conforme mostra a Figura 4.10, são similares ao modelo de usinas virtuais. No entanto, o papel da distribuidora muda tendo em vista que este modelo privilegia as trocas energéticas e financeiras diretamente entre os consumidores e geradores, assim, o papel da distribuidora é de oferecer os serviços da rede para que o sistema funcione, e em alguns casos pode ser a gestora da plataforma.

Uma ferramenta de gerenciamento que vem ganhando espaço é o sistema de gerenciamento doméstico, conhecido como *Home Energy Management System* (HEMS), que considera tanto padrões de consumo quanto custos na tomada de decisão para melhorar o suprimento energético. Os HEMS oferecem serviços de gestão de energia e armazenamento energético, controle e comunicação com sensores inteligentes, o que facilita o levantamento de informações e o perfil de consumo residencial (Mahpatra, 2019). Na Finlândia, a Empresa de energia Fortum oferece uma solução baseada em *blockchain* que permite aos consumidores controlar aparelhos domésticos pela Internet e, portanto, otimizar sua demanda de energética a fim de reduzir as contas de energia. A plataforma integra dados de previsões meteorológicas, previsões de demanda de energia e preços de eletricidade em tempo real.

A ET aliada ao *blockchain* também pode ser utilizada para otimizar o uso da rede de distribuição. Segundo Dias (2017), em Nova Iorque a rede é utilizada na sua capacidade máxima apenas 30 minutos por dia, em média. A utilização de microrredes integradas ao sistema pode ser uma alternativa para otimizar o uso das redes. Desta forma, a empresa LO3

Energy, em parceria com a Transactive Grid, desenvolveu uma microrrede para transação de energia via *blockchain* no bairro do Brooklyn, em Nova Iorque.

Para um prosumidor participar da microrrede, ele tem que adquirir um contador inteligente desenvolvido pela própria LO3 Energy e solicitar sua instalação. Este contador irá medir o excesso de energia e informar para uma plataforma digital integrada ao dispositivo que então transformará a energia em *tokens* (ativos digitais) que podem ser transacionados no mercado. Os *tokens* indicam que uma determinada quantidade de energia foi produzida através dos painéis fotovoltaicos e podem ser transferidos da carteira digital do contador inteligente do prosumidor para os consumidores finais através da *blockchain*.

O consumidor acessa um aplicativo móvel e compra os *tokens* do prosumidor através de pagamentos monetários e os tokens são transferidos para a carteira do consumidor. Através dos dados recolhidos pelos contadores inteligentes da LO3, os *tokens* vão sendo apagados da carteira do consumidor à medida em que a energia comprada é utilizada na casa. No aplicativo, os consumidores podem escolher de quem comprar e os limites de preços que desejam pagar, ao passo que os geradores também podem estipular limites de valores para venda, ou seja, o sistema funciona como um leilão de energia. Neste caso específico, o operador da rede principal de distribuição permitiu o uso da rede em troca de uma taxa de utilização da infraestrutura. A taxa é cobrada em cada transação P2P que utiliza a rede principal (Dias, 2019).

No Reino Unido foi criada uma plataforma *online*, chamada Piclo, que permite a troca energética entre produtores e consumidores. Um algoritmo utiliza as informações dos contadores inteligentes e as preferências dos consumidores para realizar a correspondência entre oferta e demanda. Os produtores podem escolher para quem querem vender energia e os consumidores de quem querem comprá-la, ou seja, podem escolher o tipo de fonte. Na Holanda, um sistema semelhante, o Vanderbron, possibilita que os consumidores adquiram energia de produtores eólicos independentes (Dias, 2019).

Na Alemanha, a Sonnen Batterie, uma empresa que produz baterias, desenvolveu um programa chamado Sonnen Community, no qual os prosumidores adquirem baterias da empresa para armazenar a sua energia fotovoltaica produzida e partilham esta energia entre os membros da comunidade. A energia produzida em excesso não é introduzida na rede e sim armazenada nas baterias e utilizada quando as condições climáticas não são favoráveis.

Na Holanda, a Vattenfall administra uma plataforma teste em *blockchain* que permite a negociação de energia através de uma rede de negócios P2P, onde indivíduos determinam de quem comprar ou para quem vender a energia autogerada. Já em Amsterdã, a colaboração entre a Spectral Energy e a Alliander está desenvolvendo uma plataforma também em negociação P2P, que utiliza *blockchain* fechada com permissão para transações de alta velocidade e melhoria de performance.

Na área de VE também existe um mercado em potencial, tendo em vista a quantidade reduzida de postos de recargas e a maneira centralizada de negociar energia. As distribuidoras podem aumentar a sua receita com a gestão e venda de energia para VE. Na Alemanha, por exemplo, as Empresas Innogy Motionwerk e Slock.it desenvolveram a Share&Charge, uma plataforma que permite negociação P2P entre motoristas de VE e proprietários de estruturas privadas de abastecimento. O funcionamento ocorre através de uma estrutura de *blockchain* pública e com base em contratos inteligentes, na qual os usuários possuem uma carteira eletrônica que acessa em tempo real as informações de preços e transações dentro da rede. Por ser pública, qualquer membro pode monitorar e rastrear todas as transações. Uma das vantagens dessa plataforma é conseguir um faturamento automático e poder incentivar a construção de novas estruturas de abastecimento que podem gerar fluxos de receita às distribuidoras ao incentivar que mais motoristas possuam VE.

No Brasil não é permitido que os prosumidores comercializem diretamente sua energia, sendo que este modelo se torna impraticável na regulamentação atual. Além disso, não foi encontrada nenhuma aplicação de plataformas de comercialização de energia via *blockchain* no País, necessitando, portanto, de mais incentivos e pesquisas para avaliar a sua implementação.

#### 4.2.7 Armazenamento de energia

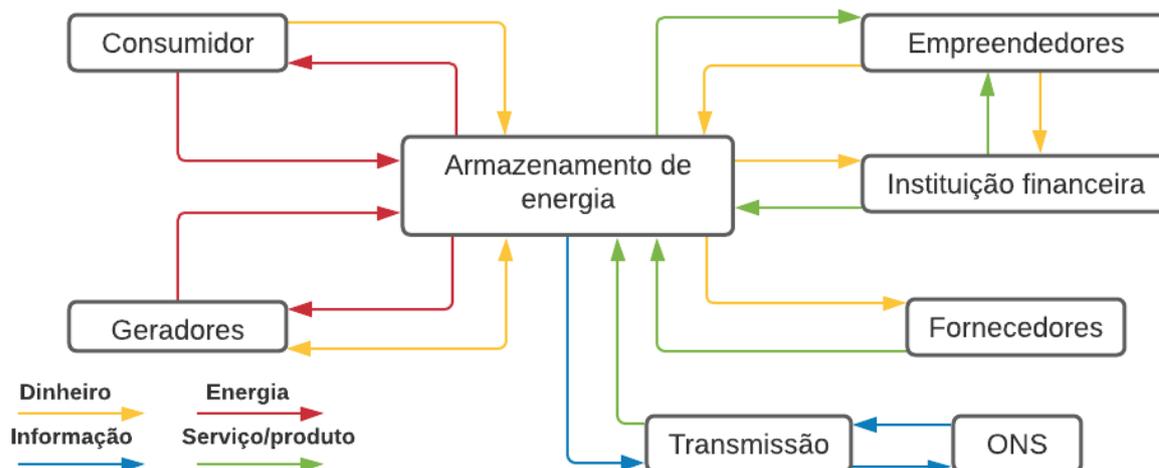
Nesta categoria, as concessionárias podem atuar no armazenamento de energia como fonte de reserva e para oferecer suporte à rede, além de desenvolver plataformas para a gestão inteligente dos sistemas de armazenamento, com o objetivo de utilizar a energia para benefício da rede ou em alguns casos para suprir a demanda em regiões isoladas (Ahmadi et al., 2021). As tecnologias de armazenamento podem variar dependendo do tipo da fonte em geral elas podem ser classificadas como: armazenamento mecânico, elétrico, químico, eletroquímico e térmico.

Os sistemas de armazenamento instalados atrás do medidor na unidade consumidora são usados para gerenciar os picos de demanda e consumo geralmente nos horários de alta de preço, ou seja, auxiliam diretamente o consumidor final na gestão da energia. Neste modelo, a receita da distribuidora está na venda dos ativos de armazenamento ou em acordos para utilizar a energia armazenada, porém estes acordos não são comuns com clientes residenciais (Macarena, 2017).

Segundo os autores Burguer & Luke (2017), os modelos de negócio em armazenamento devem aproveitar os benefícios que o serviço pode trazer para o desempenho da rede, os quais consistem em reserva de capacidade, energia firme e serviços ancilares.

Neste modelo de negócio tanto consumidores quanto geradores realizam troca de energia com a distribuidora. Na Figura 4.11 percebe-se que o gerador entrega energia

excedente ao sistema de armazenamento e em troca recebe energia de *backup*, já os consumidores recebem energia da distribuidora e armazenam parte desta energia, em troca também recebem energia de *backup*. A propriedade da bateria pode ser tanto da distribuidora quanto dos consumidores e geradores. Os demais atores realizam trocas similares com os apresentados na categoria de usinas virtuais.



**Figura 4.11** – Mapa sistêmico distribuidora atuando no armazenamento de energia.

As concessionárias dos Estados Unidos estão investindo em tecnologias de armazenamento que poderão entregar serviços ancilares e energia de *backup* para a rede. A Tesla, uma das grandes desenvolvedoras de baterias do mundo, já possui tecnologia para agregar as baterias Powerwall, usadas por consumidores residenciais, e Powerpack, usada para grandes armazenamentos de energia, em um único portfólio, o que significa que ela pode gerenciar estas baterias em conjunto, tornando a rede mais eficiente. Este modelo está sendo colocado em prática em Vermont, em uma parceria entre a Tesla e a Green Mountain Power, concessionária local. Neste modelo, os consumidores que utilizam as baterias Powerwall permitem que a concessionária local utilize a energia armazenada quando a demanda da rede for elevada, e como benefício, os consumidores terão energia de *backup*, além de receber um desconto de aproximadamente US\$ 13,50 dólar por mês em sua conta de energia. O Programa piloto iniciou em 2017 e atualmente tem aproximadamente 200 residências com baterias Powerwall conectadas a rede (Pickerel, 2021).

Ainda nos EUA a HECO, Hawaiian Electric Companies, possui um projeto piloto no qual remunera os consumidores que geram energia solar e armazenam energia em baterias e a disponibilizam para a rede de energia no horário de pico, entre as 18h e 20h. A distribuidora determina através de um controle inteligente qual a bateria irá disponibilizar energia à rede, dependendo da demanda local, assim a energia é utilizada para controle de tensão e frequência melhorando a qualidade do serviço oferecido aos demais clientes (Hawaiian Electric Companies, 2022).

No Brasil o sistema de armazenamento ainda não é regulado, não sendo possível comercializar e obter receita direta com a atividade. Porém, algumas fontes de energia como biogás, biomassa e hídricas, podem ser consideradas com armazenamento e serem utilizadas pela distribuidora para dar suporte a rede em momentos de demanda alta e servir como *backup*, o que resultaria em custos evitados para a distribuidora.

Neste sentido foi instado no município de Uberlândia-MG, pela Alsol uma empresa do grupo Energisa, uma usina solar fotovoltaica, com um sistema de armazenamento com capacidade de 2MWh (Alsol, 2020), a usina está conectada na rede da distribuidora CEMIG. O modelo de negócios funciona similar as fazendas fotovoltaicas já mencionadas, no qual o consumidor aluga uma parte da usina e em troca, compensa parte do valor de sua conta de energia, o diferencial é que a planta tem capacidade de oferecer energia em períodos que não tem sol, como a noite quando a demanda é alta.

### 4.3 Considerações finais do Capítulo

Neste Capítulo foram apresentados os resultados da aplicação do método proposto para categorizar e classificar os modelos de negócios. Como resultado foram obtidas sete categorias de modelos de negócios para a distribuidora criar e entregar valor com a GD. Nas sete categorias foram apresentados exemplos internacionais para elucidar sua aplicação em diferentes cenários de aplicação, mostrando que existem opções para a distribuidora aproveitar os benefícios econômicos e técnicos da GD, necessitando para isso de um ambiente regulatório favorável, mudanças em seus paradigmas de investimentos e em alguns casos de avanços tecnológicos que permitam utilizar de todo o potencial da GD.

Quando as 7 categorias foram analisadas considerando o cenário Brasileiro de aplicação, percebe-se que em alguns casos, que a distribuidora já se beneficia indiretamente da GD através da criação de empresas que pertencem ao mesmo grupo societário, no entanto a distribuidora ainda não consegue obter retorno financeiro diretamente com os modelos propostos.

## Capítulo 5

### Considerações Finais

No presente trabalho foi apresentado um método para identificar, caracterizar e classificar de forma sistemática os modelos de negócio para que as distribuidoras possam criar, entregar e capturar valor no novo ambiente criado pela GD. Além disso, foi apresentado como e quais modelos de negócio podem ser aplicados considerando a atual legislação Brasileira.

Os modelos de negócios foram identificados por meio de revisão bibliográfica e busca em sites das distribuidoras, alguns dos quais são aplicados em diferentes países. O segundo passo da pesquisa foi encontrar características comuns que permitisse agrupar de forma sistemática estes modelos de negócios dentro de uma mesma categoria. Para isso, foram aplicados três elementos principais: propostas de valor, segmentos de clientes e fonte de receita. Os modelos que possuíam similaridade entre estes elementos foram considerados dentro de uma mesma categoria. Como resultado foram obtidas sete categorias: proprietária de ativos, comercializadora, facilitadora de negócios, venda de produtos e serviços, usinas virtuais, energia transativa e armazenamento de energia.

Posteriormente os modelos foram caracterizados e um mapa sistêmico foi desenvolvido apontando os principais atores envolvidos e como eles se relacionam. Além disso, as experiências internacionais foram relatadas para cada categoria. As categorias foram avaliadas considerando o cenário Brasileiro de regulamentação, sendo que as experiências nacionais foram descritas.

Analisando as categorias obtidas, é possível afirmar que as características dos modelos de negócios para a criação, entrega e captura de valor da geração distribuída por parte de uma distribuidora de energia elétrica tem forte influência do ambiente regulatório no qual o modelo está inserido, tendo em vista que os modelos somente se tornam viáveis em locais onde a legislação permite que a participação da distribuidora no mercado de energia exceda o tradicional serviço de distribuição de energia.

Além disso, em locais no qual a legislação permite a remuneração da distribuidora somente pela tarifa volumétrica, avanços expressivos da GD representam uma ameaça para a distribuidora, que observa sua receita diminuir quando mais consumidores se tornam

geradores e desta forma não se preocupam em incentivar o surgimento de novos modelos de negócios que envolvam a GD. É comum nestes locais que a distribuidora defenda tarifas diferentes para geradores e consumidores para que assim possa captar o melhor dos dois ambientes.

Outro fator que interfere nas características e na viabilidade técnica dos modelos de negócios de GD diz respeito as tecnologias utilizadas. Além de garantir a geração de energia, as tecnologias têm que atuar no sentido de monitorar a geração e permitir o controle tanto do lado da demanda quanto do lado da oferta. Desta forma, os avanços tecnológicos percebidos principalmente em sistemas de monitoramento e redes inteligentes, equipamentos mais eficientes para geração e armazenamento, desenvolvimento de plataformas para venda e troca de energia, auxiliam a viabilizar algumas categorias de modelos de negócios. Além disso, o avanço tecnológico também propicia a redução de custo de equipamentos, fator muito importante para a expansão da GD em larga escala.

No entanto, não é somente mudanças na regulamentação e avanços tecnológicos que interferem nos modelos de negócios, a própria distribuidora precisa mudar seu paradigma de investimentos e vislumbrar as possibilidades de receitas que a GD pode propiciar. Porém, existem algumas barreiras a serem superadas pelas distribuidoras, principalmente as relacionadas com aspectos econômicos tendo em vista que a maioria dos modelos de negócios exigem altos investimentos, seja para a implantação de unidades geradoras ou para adaptação da rede de distribuição de energia. Em alguns exemplos citados neste trabalho, percebemos que para amenizar este problema econômico a distribuidora procura por parceiros para viabilizar o empreendimento como por exemplo na categoria proprietária de ativos de geração. Além disso, o mercado de GD ainda carece de mão de obra especializada, seja para implantação, operação e manutenção de sistemas de GD, o que pode ser um desafio a ser enfrentado pela distribuidora.

Quando analisamos os países citados neste trabalho percebemos que a maioria dos modelos abordados estão sendo utilizados nos Estados Unidos e em países europeus, como Alemanha, Holanda e Reino Unido, isto não quer dizer que a GD não esteja sendo utilizada em outros países, mas sim que os trabalhos encontrados apontam que nestes países a legislações facilita a participação da distribuidora nos modelos de negócios e as tecnologias de GD são mais acessíveis o que permite um avanço maior da GD. Isto explica por que nenhum país latino-americano com exceção do Brasil foi citado neste trabalho. A dificuldade econômica vivida nos países latinos restringe o investimento em novas fontes de geração de energia e a inexistência de legislação apropriada limitam a expansão da GD.

Com relação a aplicação das categorias de modelos de negócios no cenário Brasileiro, percebe-se que a dificuldade da distribuidora em obter receita além do tradicional serviço de distribuição de energia, limitam a possibilidade de aplicação das categorias obtidas. No entanto, mesmo com limitações na regulamentação as distribuidoras de energia já obtêm receita com a GD de forma indireta através da criação de empresas pertencentes ao mesmo

grupo societário, isto ficou evidente nas categorias de modelos de negócios com a distribuidora atuando como proprietária de ativos e comercializadora de energia, sendo citados exemplos já praticados pelas distribuidoras Copel e Cemig.

Além disso, as distribuidoras no Brasil podem utilizar de alguns modelos de negócios como por exemplo usinas virtuais ou sistemas de armazenamento para o oferecimento de serviços de rede e com isso reduzir custos evitados com manutenção e expansão da rede de distribuição, o problema está em como remunerar os geradores pela energia utilizada. A entrada em vigor da lei 14.300 pode ser uma solução para este problema, tendo em vista que por esta lei será possível a distribuidora comprar energia excedente e também energia para serviços ancilares.

Os resultados obtidos indicam que existem alternativas de modelos de negócios para a distribuidora de energia diversificar seu portfólio de produtos e serviços e enfrentar o avanço da GD aproveitando todos os benefícios técnicos que esta disponibiliza. Por outro lado, é necessário um ambiente regulatório favorável, que permita a participação das distribuidoras nos modelos de negócios, que incentive o surgimento de novos geradores distribuídos e que não prejudique os consumidores cativos. Também é preciso que as distribuidoras mudem seus paradigmas de investimentos e em alguns casos de avanços tecnológicos que permitam utilizar de todo o potencial da GD.

É possível concluir que o trabalho atingiu o objetivo proposto em oferecer subsídios claros e organizados para a escolha de modelos de negócio que incorpore a GD e que sejam adequados ao portfólio de produtos e serviços da distribuidora de energia. Além disso, apontou quais modelos de negócios são mais adequados ao ambiente Brasileiro.

Para aprofundar os estudos sobre os modelos de negócios de GD, sugere-se os seguintes trabalhos futuros:

- Proposição de diferentes cenários de aplicação considerando mudanças regulatórias;
- Desenvolver ferramentas para identificar o melhor modelo de negócio considerando diferentes cenários de aplicação;
- Estabelecer um método para testar e avaliar as categorias de modelos de negócios.

## Referências bibliográficas

- Agência Estadual de Notícias (2021). Obra de usina solar da COPEL em Bandeirantes segue durante quarentena. Acesso em: outubro/ 2021. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Galeria-de-Imagens/Obra-de-usina-solar-da-Copel-em-Bandeirantes-segue-durante-quarentena>
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2021). Geração Distribuída no Brasil. Acesso em: março/ 2020. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp).
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2020). *Resolução Normativa n.º 875, de 10 de março de 2020*. Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à aprovação dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas, à obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos, à comunicação de implantação de Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Instalada Reduzida e à aprovação de Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica e Projeto Básico de Usina Hidrelétrica sujeita à concessão.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2021). Geração Distribuída no Brasil. Acesso em: março/ 2021. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp).
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2017). Ministério de Minas e Energia. *Resolução normativa n.º 786, de 17 de outubro de 2017*. Altera a Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012. Publicado no DOU em 25/10/2017.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2012). *Resolução normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012*. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2015). *Resolução normativa n.º 687, de 24 de novembro de 2015*. Altera a Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.
- Aguiar, E. (2016). Afinal o que é Business model Canvas? Acesso em: junho/2021. Disponível em: <https://www.horadeempreender.com.br/afinal-o-que-e-o-business-model-canvas/>.
- Ahmadia M., Adewuyia O. B., Dinamarquês M. S. S., Mandalb P., Yonaa A., and Senjyua T. (2021). The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality. Abu Dhabi. *International Renewable Energy Agency*, 125.
- Alves, J. F. S., Dantas D., Ferreira D. V., and Castro N. (2017). Estado da arte da difusão de RED em quatro estados norte-americano. In: Castro, N., et al. *Impactos Sistêmicos da Micro e Minigeração Distribuída*. TDSE- Textos de discussão do Setor Elétrico. Rio de Janeiro: GESEL-UFRJ.

- Alsol Energias Renováveis (2020). Energias, Algar e Alsol inauguram usina solar fotovoltaica em Uberlândia. Acesso em: outubro/2021. Disponível em: <https://www.alsolenergia.com.br/2020/09/30/energisa-algar-e-alsol-inauguram-usina-solar-fotovoltaica/>
- Amit, R., and Zott, C. (2010). *Business Model Innovation: Creating Value in Times of Change*. IESE Business School Working Paper, pp. 870.
- Atherino, M. M., Lezana, A. G. R., Casarotto Filho, N., and Camillo, M. G. D. (2013). *Bussines Model Canvas: a construção do modelo de negócio de uma empresa de móveis*. X SEGeT. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.
- Avelino, J. G., and Silva, P. A. (2020). Ontologia de Redes de Valor Verdes. *Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, 13(2): 68–197.
- Barbose G. L., and Darghouth N. L. (2019). Pricing and design trends for distributed photovoltaic systems in the United States-2019 edition. *Tracking the Sun*.
- Barros, L. V. (2014) *Avaliação de modelos de negócio para energia solar fotovoltaica no mercado de distribuição brasileiro*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Basterra M. L., Ozamiz, M. B. (2020). Modelos de Negocio en Recursos Distribuidos de Electricidad. Bilbao: Orkestra. Disponível em: <https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/1889-200006-modelos-negocio-recursos-distribuidos-electricidad>
- Behrangrad, M. (2015). A review of demand side management business models in the electricity market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 47(C): 270-283.
- Bell, K. and Gill, S. (2018). Delivering a highly distributed electricity system: Technical, regulatory and policy challenges. *Energy Policy*, 13: 765-777.
- Bieger, T., Knyphausen-Aufseß, D. Z., and Krys, C. (2011). Innovative Geschäftsmodelle: Konzeptionelle Grundlagen, *Gestaltungsfelder und unternehmerische Praxis*, 1st ed.; Academic Network; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Birk M., Richard, D. T. (2017). Energy Initiative The Impact of Distributed Energy Resources on the Bulk Power System: A Deeper Dive. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Borbely A-M., Kreider, J. F. (2001). (edited). *Distributed Generation: the power paradigm for the new millennium*. CRC Press.
- Boxwell, M. (2016). *Solar Electricity Handbook, 2017 edition*. Coventry: Greenstream Publishing.
- Brasil (2016). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. Guia técnico sobre geração distribuída de energia elétrica por biogás em ETEs / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); Brasília, DF: Ministério das Cidades.
- Bryant, S. T., Straker, K., and Wrigley, C. (2018). **The typologies of power:** Energy utility business models in an increasingly renewable sector. *Journal of Cleaner Production*, 195: 1032–1046.

- Burger, S. P., and Luke, M. (2017). Business models for distributed energy resources: A review and empirical analysis. *Energy Policy*, 109 (June): 230–248.
- Calsavara, P. G. R. (2019) *Alocação e operação ótima sob incerteza de geração distribuída e repotenciação da subestação em sistemas de distribuição de energia elétrica*. 2019. 73f. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas.
- Câmara, L. (2018). Os impactos da microgeração distribuída sobre as distribuidoras de energia elétrica e medidas de mitigação: um estudo de caso da Itália e da Califórnia. In: Castro, N. I., and Dantas, G. *Geração distribuída: experiências internacionais e análises comparadas*. Rio de Janeiro: Publit, pp. 59-92.
- Castro F. G. and Figueiredo L. F. (2016). A Economia Criativa como Proposta de Valor nos Modelos de Negócio. *NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia*, 6(3): 111-122.
- Castro, N. I., and Dantas, G. (2018) *Experiências internacionais em geração distribuída: motivações, impactos e ajustes*. Rio de Janeiro: Publit. pp. 442.
- CEMIG SIM (2022). Seja dono da sua própria energia. Acesso em: janeiro/2022. Disponível em: <https://cemigsim.com.br/fazenda-solar>
- Chaves, F. D. M. (2009). *Serviços ancilares através da geração distribuída: reserva de potência ativa e suporte de reativos*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas.
- Companhia Paranaense de Energia Elétrica (2020). Copel atua em P&D de sistema de gerenciamento inteligente de energia. Acesso em: outubro/ 2021. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-atua-em-pd-de-sistema-de-gerenciamento-inteligente-de-energia/>
- Companhia Energética de Minas Gerais S. (2021). Site da CEMIG. Acesso em: janeiro/2022. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/>
- Deliza, E. E. V. (2021). *Análise de viabilidade técnica e econômica da repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas no estado de Rondônia: estudo de caso na CGH MARTINUV*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.
- Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004*. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Recuperado de: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM)
- Dias, T. C. (2019) *Ferramenta de avaliação de microrredes energéticas P2P e aplicação a microrredes suportadas pela tecnologia blockchain*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia de Lisboa, Lisboa-Portugal.
- Direct Energy (2022). Acesso em: janeiro/ 2022. Disponível em: <https://business.directenergy.com/large-business/sustainability>
- Doganova L. and Eyquem-Renault M. (2009). What do business models do?: Innovation devices in technology entrepreneurship. *Research Policy*, 38: 1559-1570.

- Ecogy Energy. (2021). Rent my rooftop for solar energy production. Acesso em: janeiro/2021. Disponível em: <https://ecogyenergy.com/rent-my-roof#>
- Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. (2020) *Plano Decenal de Expansão de Energia 2029*. Brasília: MME/EPE.
- EnBW Energie Baden-Württemberg AG. (2021). Dez anos do parque eólico offshore EnBW Baltic 1: “Baltic 1 foi uma verdadeira conquista pioneira.”. Acesso em: setembro/2022. Disponível em: <https://www.enbw.com/company/press/ten-years-of-the-enbw-baltic-1-offshore-wind-farm.html>
- Enel Green Power. (2021). Enel Green Power inicia no Piauí operação comercial do maior parque eólico da América do Sul. Acesso em: setembro/2021. Disponível em: <https://www.enel.com.br/>
- European Union. (2011). Regulation (EU) 305/2011, of 9th March 2011. *Official Journal of the European Communities*, 4 April.
- Falcão, R. O. (2019). *Distribuição de energia elétrica: uma análise microeconômica dos custos operacionais do setor*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Foster, R. (2019). Efficiency Vermont. Energy efficiency unlocks climate change solutions. Acesso em: Abril/2022. Disponível em: <https://www.encyvermont.com/blog/our-insights/energy-efficiency-unlocks-climate-change-solutions>
- Gamgale, F. V., Vasiljevska, J., Covrig, C-F., Mengolini, A. M., and Fulli, G. (2017). Smart grid projects outlook 2017: facts, figures and trends in europe. Science for Policy Report. *European Union, Joint Research Centre (JRC)*.
- Geoffrey, S. R., Tomás, G. (2003). *Electricity Economics: Regulation and Deregulation*. Institute of Electrical and Electronics Engineers. Wiley.
- Gianelloni F.T. (2016). Desafios Da Difusão De Fontes De Geração Não Controláveis No Brasil. *Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da informação na integração dos recursos* 26 a 28 de setembro de 2016 Gramado – RS , [S. l.], 201.
- Godoi, L. C. (2017). *Elementos inibidores e facilitadores na implantação de geração distribuída no Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu.
- Gonçalves, B. B. (2019). *Impactos do tipo de controle dos inversores da microgeração fotovoltaica na rede de distribuição*. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Engenharia Elétrica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Gouvêa, A. R. (2019). *Uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica frente aos desafios da expansão de recursos energéticos distribuídos no Brasil*. Dissertação de mestrado, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Governo do Estado do Piauí (2022). Enel Green Power inicia no Piauí operação comercial do maior parque eólico da América do Sul. Acesso em: janeiro/2022. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticias/enel-green-power-inicia-no-piaui-operacao-comercial-do-maior-parque-eolico-da-america-do-sul/>
- Gordijn J. and Akkermans H. (2001). E3-value: Design and Evaluation of e-Business Models.

IEEE Intelligent Systems.

Greenchoice (2022). Gere sua própria energia. Ainda não é cliente da Greenchoice?

Greenchoice (2021). Mais de 600.000 clientes já estão à sua frente! Acesso em: janeiro/ 2022. Disponível em: [https://www-greenchoice-nl.translate.google.com/translate?\\_x\\_tr\\_sl=nl&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-greenchoice-nl.translate.google.com/translate?_x_tr_sl=nl&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc)

Gunzel, F., and Holm, A. (2013). One size does not fit all: understanding the front-end and back-end of business model innovation. *Int. J. Innov. Manag.*

Hamwi, M. and Lizarralde, I. (2019). Demand-side management and renewable energy business models for energy transition a systematic review. *4th International Conference on New Business Model*, Berlin.

*Hawaiian Electric* (2022). Bônus de bateria: Incentivo em dinheiro para adicionar armazenamento de energia a um sistema solar de telhado novo ou existente. Acesso em: janeiro/2022. Disponível em: <https://www.hawaiianelectric.com/products-and-services/customer-renewable-programs/private-rooftop-solar/battery-bonus>

Hawaiian Electric Companies (2022). Battery bonus. Cash Incentive to Add Energy Storage to an Existing or New Rooftop Solar System. Acesso em: setembro/ 2021. Disponível em: <https://www.hawaiianelectric.com/products-and-services/customer-renewable-programs/private-rooftop-solar/battery-bonus>

Heideier, R. (2020). Impacts of photovoltaic distributed generation and energy efficiency measures on the electricity market of three representative Brazilian distribution utilities. *Energy for Sustainable Development*, 54: 60-71.

Hernández, T. K. V. (2015). *Uma proposta de integração da geração distribuída, por meio das usinas virtuais, ao sistema elétrico do Estado de São Paulo*. Dissertação de mestrado, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Instituto de Energia e Meio Ambiente (2016). *Prioridades para a integração das fontes renováveis variáveis no sistema elétrico*. Acesso em: agosto/2021. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/produto/prioridades-para-a-integracao-das-fontes-renovaveis-variaveis-no-sistema-eletrico>

Iglessias, C. R (2021). Sistemas fotovoltaicos residenciais no Brasil: uma análise técnico-econômica sob a perspectiva de prosumidores e distribuidoras. PUC – RJ. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 125: 106458.

Iglessias C.R (2021) *Sistemas fotovoltaicos residenciais no Brasil: uma análise técnico-econômica sob a perspectiva de prosumidores e distribuidoras*. Dissertação de mestrado, Pontifícia Católica Universidade-Rio, Rio de Janeiro.

Irena (2020). *The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

Johannes, G., Hayri, G., Benjamin, G., Johannes, K., and Joachim, Müller-Kirchenbauer (2020). Survey and Classification of Business Models for the energy transformation.

Johnson M. W., Christensen C. M.; Kagermann H. (2008). Reinventing your business model. *Harvard Business Review*, 86(12): 57-68.

- Kamprath M. and B. Halecker (2012). “A Systematic Approach for Business Model Taxonomy-How to operationalize and compare large Quantities of Business Models?.” In: *Proceedings of the 5th ISPIM Innovation Symposium*. Seoul: South Korea.
- Keay. M., Rhys. J. and Robinson D. (2014); *Electricity Markets and Pricing for the Distributed Generation Era*. Fereidoon P. Sioshansi Distributed Generation and its Implications for the Utility Industry.
- Kimberly S., Wolskea P. C., and Sternbee T. D. (2017) Explaining interest in adopting residential solar photovoltaic systems in the United States: Toward an integration of behavioral theories. *Energy Research & Social Science*, 25: 134-151.
- Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995*. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Recuperado de: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19074cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19074cons.htm)
- Lei nº 14.120, de 1º de março de 2021*. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015, e o Decreto-Lei nº 1.383, de 26 de dezembro de 1974; transfere para a União as ações de titularidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) representativas do capital social da Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) e da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep); e dá outras providências. Recuperado de: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.120-de-1-de-marco-de-2021-306116199>
- Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004*. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Recuperado de: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm)
- Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007*. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura - REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições; altera a Medida Provisória no 2.158-35, de 24 de agosto de 2001, e as Leis nos 9.779, de 19 de janeiro de 1999, 8.212, de 24 de julho de 1991, 10.666, de 8 de maio de 2003, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 10.426, de 24 de abril de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.892, de 13 de julho de 2004, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005; revoga dispositivos das Leis nos 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, e do Decreto-Lei no 1.593, de 21 de dezembro de 1977; e dá outras providências. Recuperado de: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11488.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11488.htm)
- Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022*. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de

- Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Publicado no DOU em 07/01/2022.
- Lotero R. C. (1999). *A eficiência econômica na reestruturação do setor elétrico brasileiro: uma abordagem através da economia dos custos de transação*. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis.
- Maestri, C. O. N. M. (2021). *Avaliação do efeito da geração distribuída na tarifa de energia: aspectos conceituais, regulamentares, metodológicos e propostas para uma solução de equilíbrio*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Magretta, J. (2002). Why business models matter. *Harvard Business Review*, 80(5): 86-93.
- Medina A. R. C. (2012). *Valoração de serviço auxiliares de geradores distribuídos*. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira.
- Mendes. M. A., Vargas M. C., Simonetti L. D. S., Batista O. E. (2021). Load Currents Behavior in Distribution Feeders Dominated by Photovoltaic Distributed Generation. *Electric Power Systems Research*, 201.
- Mengelkamp E., Notheisen, B., Beer, C. *et al.* (2018). A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets. *Comput Sci Res Dev* 33, 207-214.
- Mikael A., Oludamilare, B. A., Mir, S. S. D., Paras, M., Atsushi, Yona and Tomonobu, S. (2021). Optimum coordination of centralized and distributed renewable power generation incorporating battery storage system into the electric distribution network. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 125.
- Murthy, N., Kumar, A. (2013). Comparison of optimal DG allocation methods in radial distribution systems based on sensitivity approaches. *Electrical Power and Energy Systems*, 53: 450-467.
- Normann, R. and Ramirez R. (1993). Value Chain to Value Constellation Designing Interactive Strategy. *Boston Harvard Business Review*, 71(4): 65-77.
- Oliveira A. P. M., Fuganholi N.S., Cunha P. H. S., Barelli V. S., Bunel, N. P. M., and Novazzi L. F. (2018). Análise técnica e econômica de fontes de energia renováveis. *The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC*, 4(1).
- Orofino, M. A. R. (2011). *Técnicas de criação do conhecimento no desenvolvimento de modelos de negócio*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Osterwalder, A., and Pigneur, Y. (2011). *Business Model Generation - inovação em modelos de negócio: um manual para visionários, inovadores e revolucionários*. Alta Books.
- Osterwalder A. and Pigneur Y. (2010). *Business Model Generation: a Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Hoboken, Hoboken, NJ.
- Passatuto, A. T. (2020). *Análise das propostas de mudança nas regras da geração distribuída no Brasil*. Trabalho de conclusão de curso, Uberlândia, Faculdade de Engenharia elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.
- Pickerel K. (2021). Green Mountain Power will use 200 Tesla Powerwalls as virtual power plant. Acesso em: setembro/2021. Disponível em:

<https://www.solarpowerworldonline.com/2021/05/green-mountain-power-will-use-200-tesla-powerwalls-as-virtual-power-plant/>

- Pollitt, M. G.; Anaya, K. L (2016). Can current electricity markets cope with high shares of renewables? A comparison of approaches in Germany, the UK and the State of New York. *The Energy Journal*, 37: 69-88.
- PSE&G (2022). Legacy Solar Loan Participants. Acesso em: janeiro/ 2022. Disponível em: <https://nj.pseg.com/saveenergyandmoney/solarandrenewableenergy/financingyoursolarinstallation>.
- Powershop (2021). Electric Vehicles. Acesso em: setembro/ 2021. Disponível em: <https://www.powershop.com.au/electric-vehicle-tariff/>
- Public Service Enterprise Group Inc. (2022). Participantes do Empréstimo Solar Legado. Acesso em: janeiro/2022. Disponível em: <https://nj.pseg.com/saveenergyandmoney/solarandrenewableenergy/financingyoursolarinstallation>
- Resende, J., and Aquino, T. (2018). Novos Modelos de negócios com difusão de geração distribuída. In: Castro, N. I.; Dantas, G. *Geração distribuída: experiências internacionais e análises comparadas*. Rio de Janeiro: Publit. pp. 133-178.
- Rezende, J. O. (2015). *Geração distribuída: legislação brasileira, perspectivas e estudos de casos via ATP*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Richter, M. (2013). Business model innovation for sustainable energy: How German municipal utilities invest in offshore wind energy. *International Journal of Technology Management*, 63(1/2): 24-50.
- Saboori, H., Mohammadi, M. and Taghe, R. (2011). *Virtual Power Plant (VPP), Definition, Concept, Components and Types*. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference.
- Sacramento Municipal Utility District (2022). Residential clean energy. Acesso em: janeiro/ 2022. Disponível em: <https://www.smud.org/en/Going-Green/Get-Green-Energy/Residential>
- Siglasul Consultores em Regulação (2020). *Revisão bibliográfica sobre recursos energéticos distribuídos. Subproduto 1.1*. Acesso em: Agosto/2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>
- Silva C. V. (2017). Contratação de Energia Elétrica: Aspectos Regulatórios e Econômicos. GESEL Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ. Acesso em: janeiro/ 2022. Disponível em: [http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/02\\_TDSE25.pdf](http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/02_TDSE25.pdf)
- Silva F.B (2018). *Proposta para regulação de tensão em geradores de indução Trifásicos Autoexcitados: Análise com carga dinâmica e com carga desequilibrada*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Silva. H. L. A. (2020). *Avaliação do potencial eólico em ambiente urbano para aplicação de micro e minigeração distribuída: estudo de caso em edifícios do estado de São Paulo*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo..

- Solar Power World (2022). Green Mountain Power usará 200 Tesla Powerwalls como usina virtual. Acesso em: janeiro/2022. Disponível em: <https://www.solarpowerworldonline.com/2021/05/green-mountain-power-will-use-200-tesla-powerwalls-as-virtual-power-plant/>
- Thang, V. V. (2019). Optimal siting and sizing of renewable sources in distribution system planning based on life cycle cost and considering uncertainties. *AIMS Energy*, 7: 211-226.
- Tolmasquim, M. T., Senra, P. M., Gouvêa, A. R., Pereira Jr, A. O., Alves, A. C., and Moszkowicz, M. (2020) Strategies of electricity distributors in the context of distributed energy resources diffusion. *Environmental Impact Assessment Review*, 84: 1-13.
- Tommaso, F. (2018). Difusão da Microgeração: Potenciais Impactos Econômico-Financeiros Sobre as Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil. In: Castro, N. I.; Dantas, G. *Geração distribuída: experiências internacionais e análises comparadas*. Rio de Janeiro: Publit. pp. 41-58.
- TXU Energy (2021). Renewable-energys. Acesso em: janeiro/ 2022. Disponível em: <https://www.txu.com/en/savings-solutions/renewable-energy/home-solar-panels.aspx>
- Vieira, D. (2016). *Método para determinação do tipo de incentivo regulatório à geração distribuída solar fotovoltaica que potencializa seus benefícios técnicos na rede*. Tese de doutorado, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.
- Vieira, D. (2016). *Método para determinação do tipo de incentivo regulatório à geração distribuída solar fotovoltaica que potencializa seus benefícios técnicos na rede*. Tese de doutorado, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília.
- Wase Wind (2021). Acesso em: setembro/ 2021. Disponível em: <https://www.wasewind.be/>
- Wettengel, J. (2020). A very brief timeline of germany's energiewende. Clean Energy Wire, April 2017. Acesso em: dezembro/ 2020. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/very-brief-timeline-germanys-energiewende>