

**UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
DOUTORADO**

Emília Paranhos Santos Marcelino

**BARREIRAS À ADOÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS: um
estudo com foco na geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil**

**São Caetano do Sul
2022**

EMÍLIA PARANHOS SANTOS MARCELINO

BARREIRAS À ADOÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS: um estudo com foco na geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul como requisito para obtenção do título de Doutora em Administração.

Área de Concentração: Gestão e Regionalidade

Orientador: Prof. Dr. João Batista Pamplona

São Caetano do Sul

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

TESE

MARCELINO, Emília Paranhos Santos

Barreiras à adoção e difusão de tecnologias disruptivas: um estudo com foco na geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil/ Emília Paranhos Santos - São Caetano do Sul: USCS, 2022. 212 f.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Pamplona

Tese (Doutorado) - Universidade Municipal de São Caetano do Sul, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2022.

1. Barreiras à adoção e difusão. 2. Geração distribuída fotovoltaica. 3. Tecnologias disruptivas. 4. Nordeste do Brasil. I. Pamplona, João Batista. II. Universidade Municipal de São Caetano do Sul, Programa de Pós-Graduação em Administração. III. Título.

Reitor da Universidade Municipal de São Caetano do Sul

Prof. Dr. Leandro Campi Prearo

Pró-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa

Prof.a Dra. Maria do Carmo Romeiro

Programa de Pós-Graduação em Administração

Prof. Dr. Eduardo de Camargo Oliva

Tese defendida e aprovada em 12/12/2022 pela Banca Examinadora constituída
pelos professores:

Prof. Dr. João Batista Pamplona (orientador – Universidade Municipal de São Caetano
do Sul)

Prof. Dr. Sérgio Feliciano Crispim (Universidade Municipal de São Caetano do Sul)

Prof. Dr. Marco Antônio Pinheiro da Silveira (Universidade Municipal de São Caetano
do Sul)

Prof. Dr. Marcelo Bezerra Grilo (Universidade Federal de Campina Grande)

Prof. Dra. Suzanne Érica Nóbrega Correia (Universidade Federal de Campina Grande)

Agradecimentos

Inicialmente, gostaria de agradecer a Deus, pela vida e pela força para caminhar diante de tantas provações pessoais e profissionais vividas ao longo dessa jornada.

Agradeço a minha família por todo apoio, cuidado e amor.

Agradeço ao Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela concessão do afastamento para a realização desta pós-graduação.

Gratidão a todos os professores e trabalhadores que compõem o Programa de Pós-Graduação (PPGA) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), por todos os ensinamentos, pela maravilhosa experiência da vivência com todos, e pelas amizades que nasceram através deste vínculo.

Gostaria de agradecer aos professores que aceitaram participar das bancas de qualificação e defesa da tese, que em muito contribuíram para a conclusão da pesquisa.

Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. João Batista Pamplona, por todo apoio, ensinamento, paciência e compreensão, sem o qual a concretização dessa jornada não seria possível.

MARCELINO, Emília Paranhos Santos. **Barreiras à adoção e difusão de tecnologias disruptivas**: um estudo com foco geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil. Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, SP, 2022.

RESUMO

A questão da eficiência energética e ambiental fomentou o desenvolvimento de novas tecnologias no setor energético, em virtude da necessidade de se encontrar fontes alternativas e renováveis de geração de eletricidade. A geração distribuída fotovoltaica é um sistema que permite que o consumidor compartilhe o excedente de energia elétrica por ele produzida. Esse sistema modifica o cenário tradicional de fornecimento de energia elétrica porque o consumidor passa a ser também produtor, surgindo, assim, a figura do “prosumidor”. A adoção de um recurso energético distribuído representa uma grande mudança socioeconômica e ambiental no mercado tradicional de energia elétrica. A partir deste cenário, é proposto o seguinte problema de pesquisa: quais as barreiras à adoção e difusão de tecnologias disruptivas, como a geração distribuída fotovoltaica, na região Nordeste do Brasil? O objetivo geral é explorar em profundidade as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste do Brasil. O presente estudo adota uma abordagem de pesquisa qualitativa, com objetivo exploratório e descritivo. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas *on-line* com 18 participantes, divididos entre especialistas, “prosumidores” e usuários em potencial. A pesquisa ocorreu em três etapas: a etapa de contextualização e fundamentação da pesquisa, a etapa de coleta de dados, e a etapa de descrição e análise dos dados coletados por meio da análise de conteúdo. Os resultados da pesquisa apontaram a ocorrência de 14 barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste. Em comum nos grupos de estudo, identificaram-se as barreiras do alto custo do sistema, da falta de acesso ao crédito, da falta de conhecimento sobre a tecnologia e da falta de incentivos. Foi possível analisar, de acordo com os *clusters*, as barreiras que ocorreram nos Estados nordestinos, que foram: o alto custo do sistema, a falta de acesso ao crédito e a falta de incentivos. A pesquisa apontou para a ocorrência de duas barreiras não identificadas na literatura: a falha das concessionárias de energia na prestação dos serviços e a falta de estrutura de linhas de distribuição para ligação de sistemas fotovoltaicos. Esses resultados permitiram a ampliação da interpretação da teoria de Rogers (1971). Assim, a pesquisa amplia o conhecimento sobre a percepção das barreiras à adoção e difusão da tecnologia de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Barreiras à adoção e difusão. Geração Distribuída fotovoltaica. Tecnologias Disruptivas. Nordeste do Brasil. Redes Organizacionais e inovação.

MARCELINO, Emília Paranhos Santos. **Barriers to the adoption and diffusion of disruptive technologies:** a study focusing on distributed photovoltaic generation in Northeast Brazil. Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, SP, 2022.

ABSTRACT

The issue of energy and environmental efficiency encouraged the development of new technologies in the energy sector, due to the need to find alternative and renewable sources of electricity generation. Photovoltaic distributed generation is a system that allows the consumer to share the surplus electricity produced by him. This system modifies the traditional scenario of electricity supply, the consumer becomes also a producer, thus emerging the figure of the "prosumer". The adoption of a distributed energy resource represents a major socioeconomic and environmental change in the traditional electricity market. From this scenario, the following research problem is proposed: what are the barriers to the diffusion and adoption of disruptive technologies, such as photovoltaic distributed generation in the Northeast region of Brazil? With the general objective to explore in depth the barriers to the diffusion and adoption of photovoltaic distributed generation in the Northeast region of Brazil. The present study adopts a qualitative research approach, with an exploratory and descriptive objective. Data collection was carried out through semi-structured online interviews with 18 participants, divided into three studies (with experts, "prosumers" and potential users). The research took place in three stages: the research contextualization and reasoning stage, the data collection stage and the description and analysis of the data collected through content analysis. The research results showed the occurrence of 14 barriers to the diffusion and adoption of photovoltaic distributed generation in the Northeast region. It was identified in common in the study groups the barriers of the high cost of the system, the lack of access to credit, the lack of knowledge about the technology and the lack of incentives. It was possible to analyze, according to the Clusters, the barriers that occurred in the states, which were: high cost of the system; lack of access to credit and lack of incentives. The research pointed to the occurrence of two barriers not identified in the literature: the failure of energy concessionaires in the provision of services and the lack of structure of distribution lines to connect photovoltaic systems. These results allowed the expansion of the interpretation of Rogers' theory (1971). Thus, the research expands the knowledge about the perception of barriers to the diffusion and adoption of photovoltaic distributed generation systems technology in the Northeast region of Brazil.

Keywords: Barriers to adoption and diffusion. Photovoltaic Distributed Generation. Disruptive Technologies. Northeast of Brazil. Organizational Networks and Innovation.

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ABENS	Associação Brasileira de Energia Solar
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
CÓD	Código
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CSP	Energia Solar Concentrada (<i>Concentrating solar power</i>)
FIT	<i>Feed in tariff</i>
FV	Fotovoltaica
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases de Efeito Estufa
GW	Giga watts
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
kW	Quilowatts
kWH	Quilowatts/hora
MMGD	Microgeração e Minigeração Distribuída
OEL	Central Geradora Eólica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PPGA	Programa de Pós-Graduação em Administração
PV	Painéis Fotovoltaicos (<i>Photovoltaics</i>)
RED	Recursos energéticos distribuídos
SFCR	Sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
TAM	Modelo de Aceitação da Tecnologia
TDI	Teoria da difusão de inovações
TRA	Teoria da ação racional
TUSD	Tarifa de uso do sistema de distribuição
UC	Unidade Consumidora
UCs	Unidades Consumidoras

UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFV	Central Geradora Fotovoltaica
UN	Unidade
USCS	Universidade Municipal de São Caetano do Sul
UTE	Central Geradora Termelétrica

Lista de Figuras

Figura 1	Mapa da radiação solar total no Brasil	23
Figura 2	Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil	24
Figura 3	Fontes de energia na matriz elétrica em operação no Brasil	30
Figura 4	Adições anuais da capacidade renovável de energia, por tecnologia e total, 2013-2019	36
Figura 5	Capacidade adicionada de energia solar fotovoltaica por gigawatts (GW), entre os anos de 2017 e 2019 em seis países	37
Figura 6	Como funciona o sistema fotovoltaica conectado à rede – passo a passo	39
Figura 7	Sistemas elétricos: presente e futuro	40
Figura 8	Linha do tempo: Marco regulatório da MMGD no Brasil	50
Figura 9	Sistema de geração distribuída fotovoltaico residencial e as características de uma tecnologia disruptiva	60
Figura 10	Etapas do Processo de Difusão de acordo com a TDI de Rogers	63
Figura 11	Variáveis que determinam a taxa de adoção de inovações de acordo com a TDI de Rogers	65
Figura 12	Comparativo Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis e os Atributos da Inovação na TDI de Rogers	68
Figura 13	Classificação em dimensões das barreiras à adoção de energia fotovoltaica	72
Figura 14	Etapas metodológicas da pesquisa	83
Figura 15	Etapa 1 - Fases da contextualização da pesquisa	84
Figura 16	Delineamento do estudo	88
Figura 17	Processo de validação do roteiro de entrevistas	91
Figura 18	Estudos de acordo com o tipo de entrevista e entrevistado	95
Figura 19	Codificação dos dados no Atlas.ti	97
Figura 20	Categorização dos dados no Atlas.ti	97
Figura 21	Fontes de energia na região Nordeste em agosto de 2022	102
Figura 22	Temas sobre sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com especialistas	108

Figura 23	Nuvem de palavras que representam os fatores para adoção de um sistema	109
Figura 24	Nuvem de palavras que representam a motivação dos consumidores para instalação segundo os especialistas	112
Figura 25	Nuvem de palavras que representam o custo médio e o período de retorno	114
Figura 26	Nuvem de palavras que representam os custos, os incentivos e os programas	116
Figura 27	Nuvem de palavras que representam o cenário atual e as expectativas para os próximos anos	121
Figura 28	Nuvem de palavras que representam as modalidades de energia fotovoltaica	124
Figura 29	Nuvem de palavras que representam as barreiras identificadas pelos especialistas	126
Figura 30	Nuvem de palavras que representam as medidas identificadas para superação das barreiras conforme os especialistas	129
Figura 31	Temas sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com "prosumidores"	134
Figura 32	Nuvem de palavras que representam a satisfação, a mudança e o suporte profissional segundo os "prosumidores"	136
Figura 33	Nuvem de palavras que representa a motivação para a adoção da tecnologia dos "prosumidores"	140
Figura 34	Nuvem de palavras que representa os canais de comunicação de acesso a informações sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico	142
Figura 35	Nuvem de palavras que representa as expectativas dos "prosumidores" para os próximos anos	144
Figura 36	Nuvem de palavras que representa a opinião dos "prosumidores" sobre o regime de compensação	146
Figura 37	Nuvem de palavras que representam as barreiras identificadas pelos "prosumidores"	148
Figura 38	Nuvem de palavras que representa a potência contratada, o consumo e a tranquilidade em relação ao consumo	151
Figura 39	Temas sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com usuários em potencial	156

Figura 40	Nuvem de palavras que representam o conhecimento dos usuários em potencial sobre a GD	157
Figura 41	Nuvem de palavras que representam os canais de comunicação de acordo com os usuários em potencial	158
Figura 42	Nuvem de palavras que representa os benefícios identificados pelos usuários em potencial	160
Figura 43	Nuvem de palavras que representa a intenção em adotar um sistema e a justificativa para não adoção pelos usuários em potencial	162
Figura 44	Nuvem de palavras que representam as barreiras identificadas pelos usuários em potencial	164
Figura 45	Nuvem de palavras que representa a intenção dos usuários em potencial em adotar um sistema após a superação das barreiras	166
Figura 46	Barreiras à adoção da geração distribuída fotovoltaica identificadas nos três grupos entrevistados	168
Figura 47	Tipos de barreiras identificadas na pesquisa e classificadas de acordo com as dimensões	169
Figura 48	Dimensões, barreiras identificadas na pesquisa e as variáveis da teoria de Rogers (1971)	172
Figura 49	Barreiras identificadas de acordo com os <i>clusters</i> 1, 2 e 3	176
Figura 50	Canais de comunicação utilizados pelos "prosumidores" e usuários em potencial nos <i>clusters</i> 1, 2 e 3	179

Lista de Quadros

Quadro 1	Diferença existente entre as modalidades de geração distribuída fotovoltaica no Brasil, de acordo com a resolução de n. 482 de 2012 da ANEEL e suas alterações	52
Quadro 2	Características da tecnologia disruptiva segundo Danneels (2004)	59
Quadro 3	Dimensões ou tipo das barreiras à geração distribuída fotovoltaica identificadas na literatura	77
Quadro 4	<i>Framework</i> teórico	79
Quadro 5	Entrevistados especialistas e justificava para sua participação na pesquisa	92
Quadro 6	Grupos de Estados do Nordeste do Brasil obtidos por meio da análise de agrupamento de <i>cluster</i>	93
Quadro 7	Identificação e apresentação do perfil dos entrevistados de acordo com os grupos estudados e os <i>clusters</i>	94
Quadro 8	Relação entre dimensões, barreiras, variáveis e o roteiro para entrevistas com especialistas, “prosumidor” e potenciais usuários	98
Quadro 9	Perguntas exploratórias e respectivos respondentes/estudos	100
Quadro 10	Relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971)	107
Quadro 11	Fatores para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico segundo os especialistas	110
Quadro 12	Motivações para instalação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico	113
Quadro 13	Custo médio identificado para instalação e período de retorno do investimento em um sistema de geração distribuída fotovoltaico	115
Quadro 14	Previsão para redução dos custos de implantação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico para os próximos anos	117
Quadro 15	Opinião dos especialistas sobre o regime de compensação adotado pelo Brasil	119
Quadro 16	Existência de programas de incentivos à adoção da geração distribuída fotovoltaica segundo os especialistas	120

Quadro 17	Cenário atual e expectativas para os próximos anos em relação à geração distribuída fotovoltaica na análise dos especialistas	121
Quadro 18	Modalidades de energia fotovoltaica identificadas pelos especialistas	124
Quadro 19	Barreiras identificadas pelos especialistas à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste	127
Quadro 20	Medidas para superação das barreiras identificadas pelos especialistas	129
Quadro 21	Relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971)	133
Quadro 22	Satisfação dos "prosumidores" com a utilização do sistema de geração distribuída fotovoltaico	136
Quadro 23	Mudanças no sistema ou serviço indicadas pelos "prosumidores"	137
Quadro 24	Problemas com o sistema de geração distribuída fotovoltaico e suporte profissional segundo os "prosumidores"	139
Quadro 25	Motivação dos "prosumidores" para adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaica	141
Quadro 26	Canais de comunicação identificados pelos "prosumidores" para buscar conhecimento sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico	142
Quadro 27	Expectativas dos "prosumidores" em relação à tecnologia para os próximos anos	144
Quadro 28	Opinião dos "prosumidores" sobre o regime de compensação adotado pelo Brasil	147
Quadro 29	Barreiras identificadas pelos "prosumidores" para adoção e difusão da tecnologia	149
Quadro 30	Potência do sistema fotovoltaico contratada pelos "prosumidores"	151
Quadro 31	Reflexo da adoção da geração distribuída fotovoltaica pelos "prosumidores"	152
Quadro 32	Relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971)	155
Quadro 33	Conhecimento dos usuários em potencial sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico	157
Quadro 34	Meios utilizados para conhecimento do sistema de geração distribuída fotovoltaico pelos usuários em potencial	159

Quadro 35	Benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico identificados pelos potenciais usuários	160
Quadro 36	Intenção em adotar e justificativa da não adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico pelos usuários em potencial	162
Quadro 37	Barreiras do sistema de geração distribuída fotovoltaico identificadas pelos usuários em potencial	165
Quadro 38	Adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaico após superação das barreiras	167
Quadro 39	Barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil identificadas na literatura e pelos entrevistados	175

Lista de Tabelas

Tabela 1	Unidades consumidoras com geração distribuída de acordo com a modalidade	53
Tabela 2	Quantidade anual de conexões de sistemas residenciais de geração distribuída fotovoltaica no Nordeste dos anos de 2019 até agosto de 2022	102
Tabela 3	Estados do Nordeste, quantidade de sistemas de geração distribuída fotovoltaica residencial e potência instalada	103

Lista de Gráficos

Gráfico 1	O percentual da potência instalada de Geração Distribuída – GD de cada região do Brasil	25
Gráfico 2	O percentual da potência instalada de geração distribuída por tipo de energia gerada	26
Gráfico 3	Percentual da potência instalada de geração distribuída de cada Estado do Nordeste em relação à produção total da sua região	27
Gráfico 4	Percentual de participação de cada modalidade no total de potência instalada de geração distribuída no Brasil	54
Gráfico 5	Resultado da pesquisa no Web of Science utilizando os termos <i>barriers</i> , <i>photovoltaic</i> e <i>distributed generation</i> , com o filtro referente aos anos de 2016 a 2020	85
Gráfico 6	Quantidade de sistemas de geração distribuída em unidades residenciais de 2020 até agosto de 2022	104
Gráfico 7	Variação da potência instalada dos Estados do Nordeste de 2020 até agosto de 2022	105

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Problema de pesquisa	21
1.2	Objetivos.....	22
1.2.1	Objetivo geral	22
1.2.2	Objetivos específicos	22
1.3	Delimitação do estudo.....	23
1.4	Justificativa	28
1.5	Organização do trabalho.....	31
1.6	Contribuições da pesquisa.....	31
2	REVISÃO DA LITERATURA: CONTEXTO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1	Energia solar fotovoltaica e seu contexto.....	33
2.1.1	A geração distribuída fotovoltaica	39
2.1.2	A experiência internacional com mecanismos e programas de incentivo à geração de energia fotovoltaica.....	42
2.1.3	Mercado e novos modelos de negócios de energia solar fotovoltaica.....	45
2.1.4	O modelo brasileiro de geração distribuída fotovoltaica.....	48
2.1.5	Mecanismos e programas de incentivo à geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil	55
2.2	Referencial teórico	56
2.2.1	Tecnologias disruptivas e inovação disruptiva.....	56
2.2.2	Teorias da adoção e difusão de inovações tecnológicas	61
2.2.3	Barreiras à adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica.....	71
3	MÉTODO	82
3.1	Etapa 1 – Contextualização e fundamentação da pesquisa	83
3.1.1	Abordagem da pesquisa	86
3.2	Etapa 2 - Coleta de dados da pesquisa	87
3.2.1	Validação do instrumento de coleta de dados	89
3.3	Participantes da pesquisa.....	91
3.3.1	Instrumentos e materiais de pesquisa.....	94
3.4	Etapa 3 – Descrição e análise dos resultados da pesquisa	96

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
4.1	Panorama da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste 101	
4.2	Análise dos conteúdos.....	105
4.2.1	Estudo I – Especialistas e empresários do setor de geração distribuída fotovoltaico.....	106
4.2.2	Estudo II – “Prosumidores” do sistema de geração distribuída fotovoltaico	133
4.2.3	Estudo III – Usuários em potencial do sistema de geração distribuída fotovoltaico.....	155
4.3	Barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na Região Nordeste do Brasil	168
5	CONCLUSÃO	181
	REFERÊNCIAS	185
	Apêndice A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	191
	Apêndice B - Estudo I: entrevista com especialistas do setor de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste	192
	Apêndice C - Estudo II: Entrevista com “prosumidores” do sistema de geração distribuída fotovoltaico na região Nordeste	193
	Apêndice D - Estudo III: Entrevista com usuários em potencial do sistema de geração distribuída fotovoltaico na região Nordeste	194
	Apêndice E - Formulário destinado ao comitê de especialistas para validação dos roteiros de entrevistas	195
	Apêndice F – Planilha com os dados dos estados do Nordeste utilizada para análise de agrupamento no SPSS	200
	Apêndice G – Saída do tratamento dos dados dos estados do Nordeste e da análise de agrupamento realizada utilizando o <i>software</i> SPSS.....	201

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, tem-se observado o surgimento de vários sistemas de produção de energia elétrica. Dentre eles, podem-se destacar o eólico e o fotovoltaico. A adoção e difusão destas novas fontes de energia encontram-se relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias disruptivas neste setor. Com os avanços tecnológicos, surgem no mercado inovações disruptivas de produtos ou serviços que são ofertados para consumidores e empresas.

A busca pela eficiência energética e ambiental fomentou a necessidade de se encontrar fontes alternativas e renováveis de energia elétrica. Isso ocorre em virtude do alto grau de dependência e consumo da população. É neste cenário que as tecnologias disruptivas encontram um novo campo de atuação, na busca por inovações para a geração de energia elétrica.

A geração distribuída é um sistema que permite que o consumidor compartilhe o excedente de energia fotovoltaica por ele produzida, através das redes de distribuição da concessionária de energia de sua localidade. Esse sistema permite que a energia injetada nas linhas de distribuição seja contabilizada como créditos para o consumidor que a produziu. Propicia-se, assim, que outros usuários de energia elétrica sejam beneficiados, ampliando a oferta da energia disponível em rede (JUNIOR; MENDES, 2016).

A adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaica causa um profundo impacto no cenário energético e reflete uma mudança socioeconômica e ambiental para o mercado. Os consumidores do sistema tradicional de fornecimento de energia elétrica, neste novo sistema, passam a ser produtores, chamados de “prosumidores” (SCHOLTEN; BOSMAN, 2013). As mudanças atingem também as questões ambientais, ao se adotar uma forma de produção de energia limpa e renovável.

Em virtude do surgimento do sistema de geração distribuída fotovoltaico como forma de produção de energia alternativa limpa e da adoção de tecnologias disruptivas no setor energético, justifica-se a necessidade de estudar quais são as barreiras à adoção e difusão desta tecnologia na região Nordeste, tendo em vista ser a região do Brasil com maior potencial de produção, em virtude da grande disponibilidade de radiação solar durante todo o ano. Nesses termos, formula-se a problemática da pesquisa, na busca por explorar aspectos referentes às barreiras encontradas para a adoção e difusão de tecnologias disruptivas, como o caso do sistema fotovoltaico de

energia, em regiões onde o impacto socioeconômico e ambiental possa ser analisado. Em consequência, o objetivo principal da pesquisa foi explorar em profundidade as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil.

Para a realização desta pesquisa, a temática foi abordada de forma qualitativa. Com objetivo de pesquisa exploratório e descritivo, buscou-se elaborar estudo para compreender a percepção de especialistas, “prosumidores” e usuários em potencial em relação às barreiras à adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste do Brasil, o qual a presente pesquisa classifica como tecnologia disruptiva. Foram realizadas entrevistas utilizando-se um roteiro semiestruturado, em virtude da necessidade da interrogação direta das pessoas, pois se desejava conhecer o comportamento dos agentes envolvidos e compreender o contexto do objeto de pesquisa.

Três etapas caracterizam a execução da pesquisa. A primeira etapa consistiu na contextualização e fundamentação teórica, por meio de levantamento da literatura nacional e internacional, utilizando-se o banco de dados *Web of Science*, além de fontes documentais e estatísticas disponibilizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e por associações de energia solar (Absolar, Abens, Cresesb). A finalidade da pesquisa sistemática da literatura foi estabelecer o contexto e o referencial teórico, abordando o conceito de energia solar fotovoltaica, o sistema de geração distribuída fotovoltaico e suas principais características, a teoria das inovações e tecnologias disruptivas e as teorias de difusão de inovações.

Uma segunda etapa da pesquisa consistiu na coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas. As entrevistas ocorreram de forma *on-line* com os grupos de estudo (especialistas, “prosumidores” e usuários em potencial), utilizando-se a plataforma virtual *Zoom.us.*, com o objetivo de identificar as percepções dos participantes em relação ao sistema de geração distribuída fotovoltaico. Portanto, para definição da amostra, foi realizada uma análise de agrupamento de *cluster* com os estados do Nordeste, que resultou em três *clusters*.

A terceira etapa consistiu na análise dos resultados, no intuito de descrever e compor o panorama das barreiras encontradas, de acordo com os pontos identificados nas entrevistas. A partir das informações obtidas, procurou-se identificar as barreiras à adoção e difusão dessa tecnologia no Nordeste e também medidas para superá-las, de acordo com o *framework* teórico elaborado com base na teoria e na literatura.

1.1 Problema de pesquisa

Na Europa e nos Estados Unidos, a utilização da geração distribuída fotovoltaica encontra-se em um estágio mais avançado em comparação com o Brasil. Aqueles países já possuem estabelecimento de formas de adoção e difusão e regulamentação para a produção de energia fotovoltaica. A Alemanha, por exemplo, adota mecanismos que incentivam a utilização desse tipo de sistema de produção de energia elétrica (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017). Já o Brasil ainda está em evolução quando o assunto é a difusão da geração distribuída fotovoltaica e os mecanismos de expansão para o uso dessa tecnologia pelos consumidores finais. Existem ainda muitas barreiras e desafios para a adoção por parte do consumidor da energia elétrica gerada por meio do sistema fotovoltaico. Dentre elas, podem-se destacar o custo da instalação do sistema fotovoltaico à rede, a falta de mecanismos de incentivo para impulsionar a geração distribuída, a preocupação com a intermitência da disponibilidade de energia solar e a falta de interesse político (JUNIOR; MENDES, 2016).

Logo, o Brasil precisa de novas ferramentas para a adoção e difusão da produção energética por meio da geração distribuída. Atualmente, a produção de energia elétrica fotovoltaica ocorre em grande parte por consumidores residenciais, que adotam a geração distribuída sem auxílio financeiro ou incentivos estatais (JUNIOR; MENDES, 2016). Os consumidores, ao adotar o sistema de geração distribuída, tornam-se produtores, criando, assim, uma nova figura da relação de consumo no cenário do setor elétrico.

A produção e o consumo de energia elétrica são, certamente, problemas mundiais, sobretudo nos países que possuem baixo acesso a novas tecnologias do setor energético. Isso torna ainda mais difícil a implementação de mudanças, por falta de oportunidades de acesso a essas tecnologias. Assim, o Estado e o segmento empresarial especializado nessas novas tecnologias necessitam desenvolver novas ferramentas que possam promover a difusão das tecnologias de produção de energias renováveis, tanto para a sua produção quanto para o seu consumo.

O sistema energético nacional, da forma como se apresenta hoje para a população brasileira, expressa-se basicamente como um monopólio da matriz elétrica e de mercado. Consiste em uma produção limitada a energias oriundas das hidrelétricas, as quais, por sua vez, possuem um alto impacto ambiental quando da

necessidade de sua expansão (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020) e impõe altas tarifas para o consumidor. Por se tratar de uma tecnologia disruptiva, a geração distribuída pode promover, no setor elétrico, alguns impactos negativos, dentre eles a queda do faturamento das concessionárias de energia, sendo necessário identificar formas de amenizar tais efeitos e de equilibrar as medidas adotadas para resolução de tais problemas.

A adoção desse tipo de tecnologia promove muitos benefícios e oportunidades para o mercado, sejam ambientais, sejam socioeconômicos, sejam técnicos. A diversificação da matriz elétrica, a diminuição dos impactos ambientais, o favorecimento para utilização dessa tecnologia em virtude dos índices de radiação solar são alguns dos benefícios ambientais. A criação de postos de trabalho e a redução do custo de energia elétrica são algumas das benesses socioeconômicas. A produção de células em território brasileiro e o curto prazo para instalação dos sistemas fotovoltaicos são algumas das oportunidades técnicas (JUNIOR; MENDES, 2016).

Os sistemas de geração distribuída fotovoltaicos podem ser enquadrados como tecnologias disruptivas, e a sua adoção modifica as estruturas do mercado. A perturbação que esse tipo de tecnologia promove no mercado pode ter efeitos negativos e positivos, que se refletem em uma menor ou maior adoção da tecnologia. Verifica-se a necessidade de analisar a ocorrência de tal fenômeno e de explorar o cenário da difusão e adoção dessa tecnologia. Nesse sentido, surge, o seguinte questionamento: quais são as barreiras à adoção e difusão da tecnologia de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste do Brasil?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Explorar as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na modalidade residencial na região Nordeste do Brasil.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar um panorama da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil;

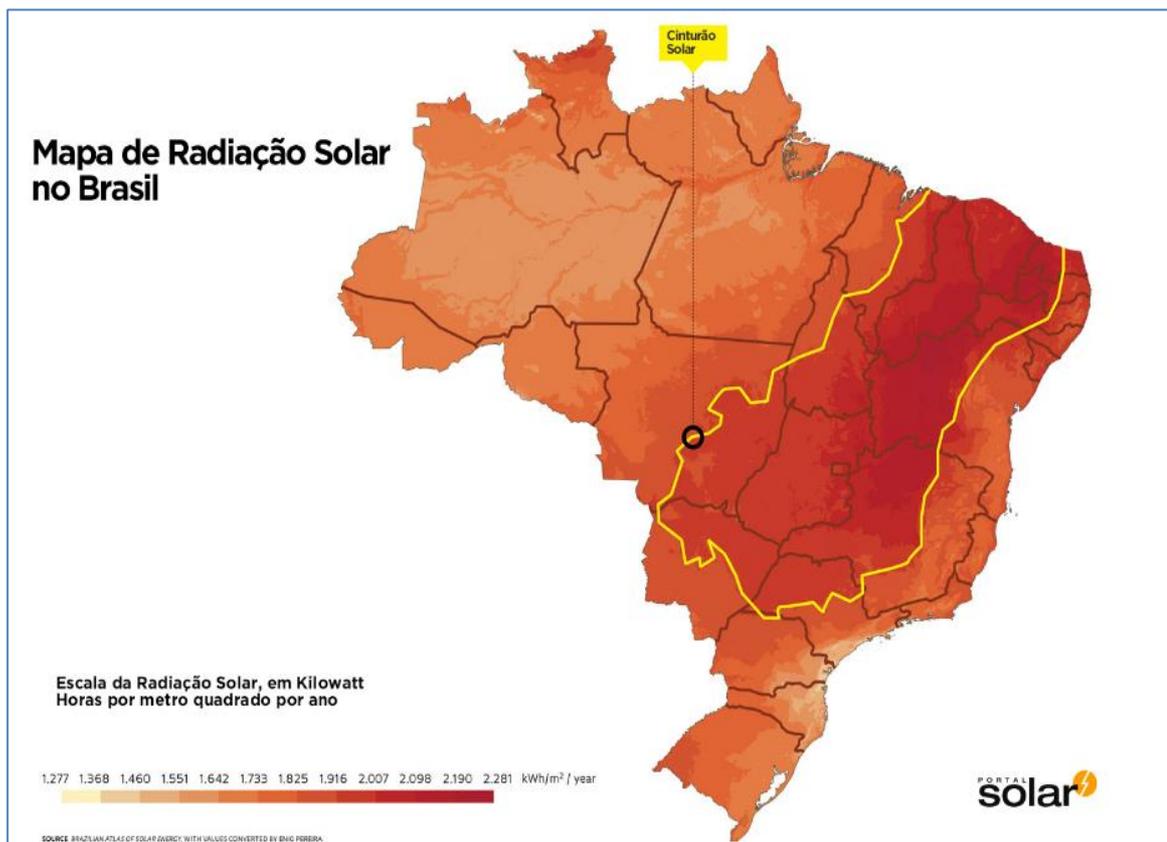
- b) Identificar e analisar barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil;
- c) Identificar medidas para superação das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste.

1.3 Delimitação do estudo

A utilização do sistema de geração distribuída fotovoltaica promove o aproveitamento da energia solar, que é uma fonte praticamente inesgotável, tornando a produção desse tipo de energia uma alternativa promissora no futuro.

O Brasil é um país que possui um grande potencial solar, especialmente a região Nordeste (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da radiação solar total no Brasil



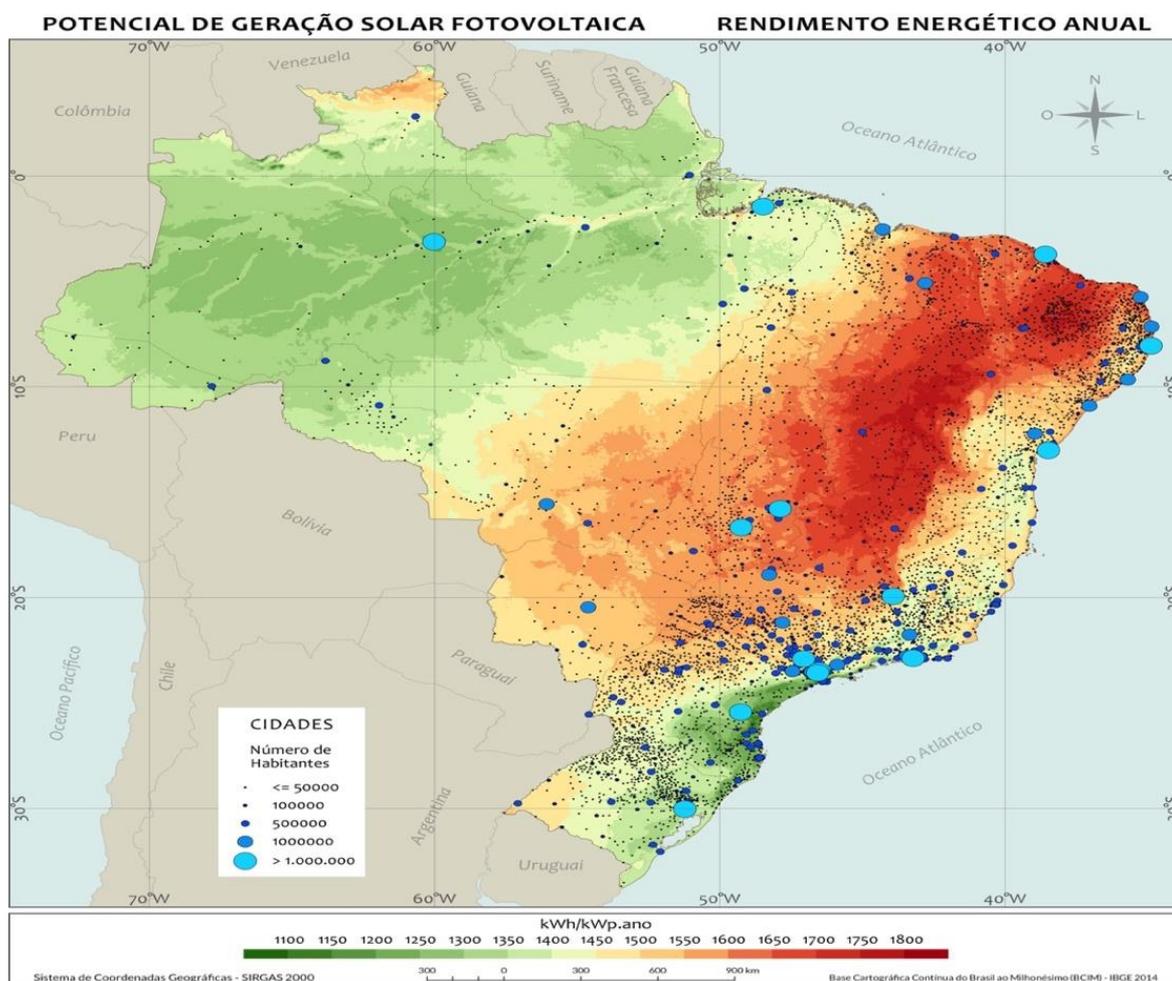
Fonte: Portal Solar (2020).

A Figura 1 representa o mapa da radiação solar no Brasil, medida em quilowatts horas por metro quadrado, no período de um ano. No mapa, são identificadas as

regiões que possuem um maior potencial solar a ser aproveitado. De acordo com a escala de medida adotada, verifica-se que boa parte da região Nordeste se encontra em destaque como parte do cinturão solar, ou seja, da região brasileira com maior recepção de radiação solar durante o ano.

A maior incidência da radiação solar torna a região Nordeste a mais forte candidata à produtora desse tipo de energia no Brasil, garantindo-lhe o maior potencial para produção em geração distribuída fotovoltaica. Resultados de estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), publicados no Atlas Brasileiro de Energia Solar, em sua 2ª edição de 2017, apresentam o potencial de geração solar fotovoltaica no Brasil, de acordo com o rendimento energético anual de cada região (Figura 2).

Figura 2 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil

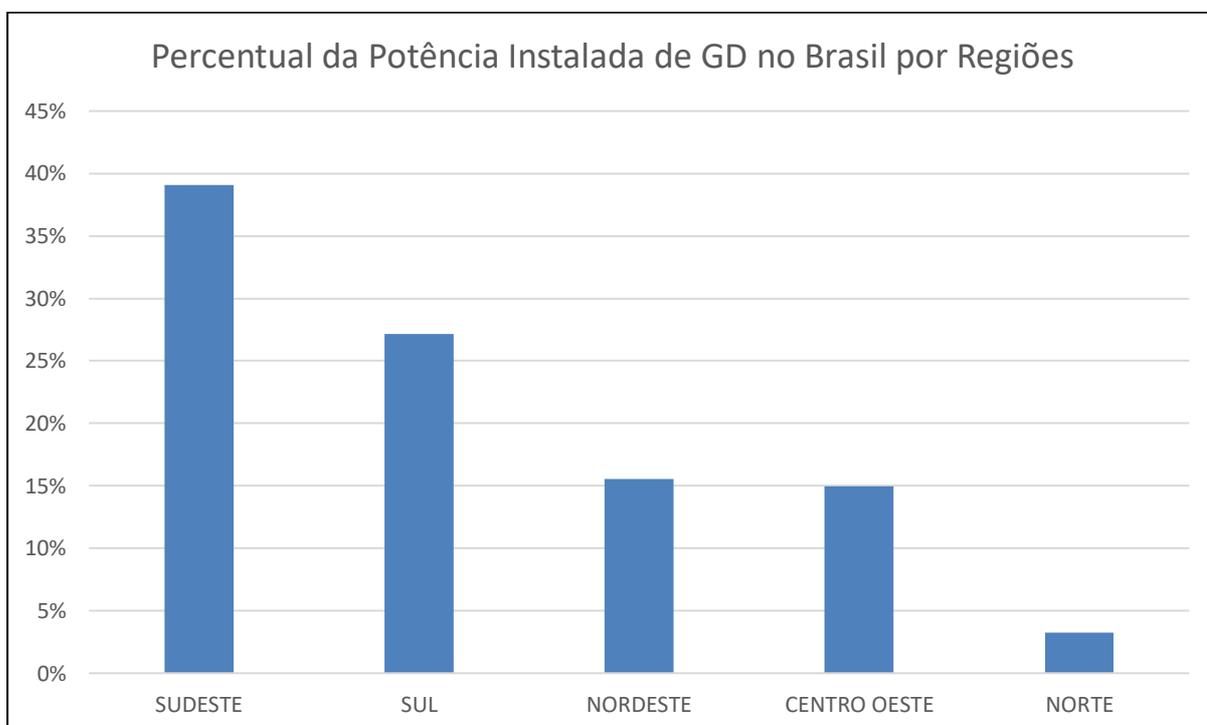


Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2017).

De acordo com os dados no INPE (2017) representados na Figura 2, verifica-se um maior potencial de geração solar fotovoltaica nos seguintes Estados do Nordeste: Bahia, Ceará e Pernambuco, seguidos dos demais Estados. Destaca-se a importância de verificar o potencial de produção por quilowatts hora e anual, representado no mapa de acordo com a coloração. Por meio dessa análise, verifica-se que existe um maior potencial de geração de quilowatts em partes da região do Nordeste, no interior e em algumas áreas litorâneas, como nos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) disponibiliza os dados, atualizados diariamente, referentes às unidades consumidoras com geração distribuída, às unidades consumidoras que recebem os créditos e à potência instalada produzida, listando-os por tipos de fontes produtoras, por Regiões e por Estados. Com base nos dados obtidos da ANEEL, verificam-se as seguintes informações relativas à potência instalada no Brasil de sistemas de geração distribuída (GD) por regiões do País (Gráfico 1).

Gráfico 1 - O percentual da potência instalada de Geração Distribuída – GD de cada região do Brasil



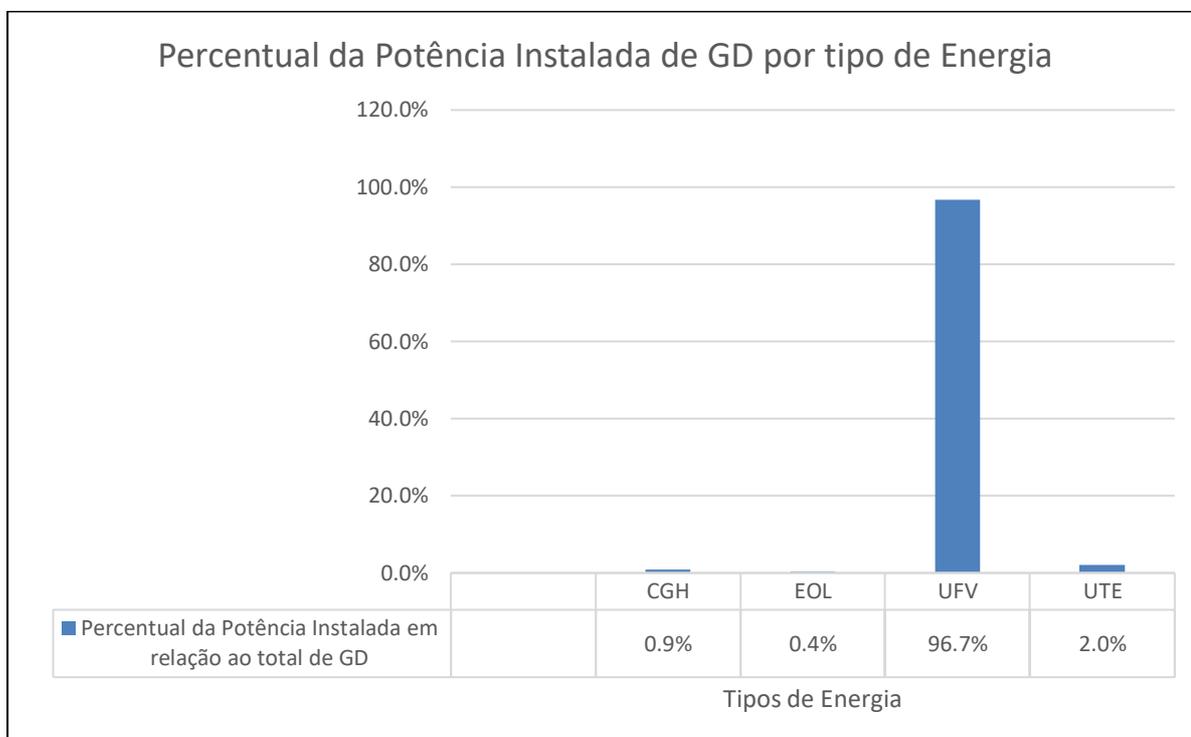
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2020).

O Gráfico 1 representa o percentual de participação de cada região no total da potência instalada de GD no Brasil, independentemente da fonte produtora de energia. Verifica-se que a região Sudeste é a que apresenta atualmente a maior participação na potência instalada por geração distribuída, seguida da região Sul e Nordeste.

Apesar do que mostram os estudos baseados na radiação solar e no rendimento energético por região do Brasil, de acordo com os dados analisados, verifica-se que os Estados do Nordeste representam cerca de 16% da potência instalada nacional. Essa porcentagem representa uma baixa potência instalada de geração distribuída diante das características e potencialidades da região.

Com base nos dados extraídos da página eletrônica da ANEEL, verifica-se que a geração distribuída se encontra dividida e calculada de acordo com o tipo de fonte de energia geradora. Nesse sentido, a ANEEL reconhece como GD as seguintes fontes de energia por centrais geradoras: eólica (EOL), fotovoltaica (UFV), hidrelétricas (CGH) e termelétricas (UTE), conforme Gráfico 2:

Gráfico 2 - O percentual da potência instalada de geração distribuída por tipo de energia gerada



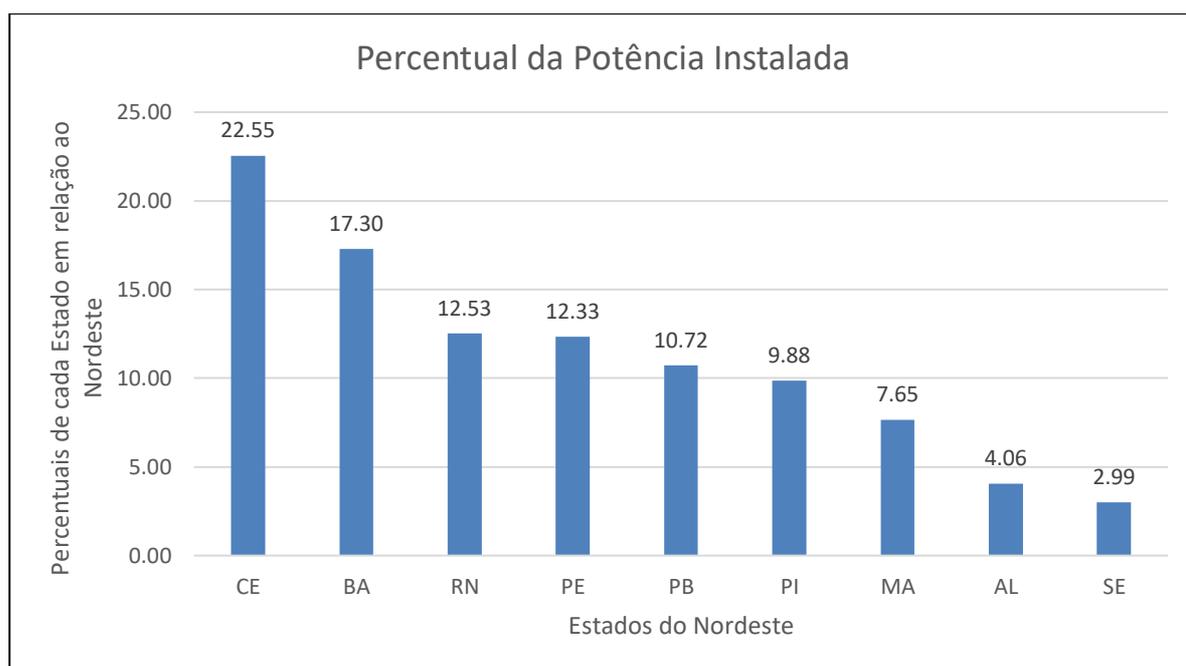
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de Agência Nacional de Energia Elétrica (2020).

Calculando a potência instalada de cada tipo de fonte geradora de energia elétrica por geração distribuída, verifica-se, de acordo com o Gráfico 2, que a energia fotovoltaica representa 96,7% do total de energia proveniente de GD no Brasil. Fica demonstrada, assim, a importância desta fonte de energia para a produção distribuída.

Verifica-se que a região Nordeste apresenta atualmente 18% da potência instalada de GD por meio de energia fotovoltaica, o que coloca a região em terceiro lugar na produção deste tipo de energia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020). Porém, o potencial de produção de energia fotovoltaica na região é muito maior do que a atual potência instalada, o que pode demonstrar a existência de fatores ou barreiras que dificultam ou impedem uma maior adoção e difusão da tecnologia.

Outra análise que pode ser realizada, com base nos dados da ANEEL, é o percentual de participação de cada um dos nove Estados do Nordeste na potência total instalada na região, como pode ser observado no Gráfico 3. A importância desta análise advém da necessidade de verificar a existência ou não de diferenças na produção e uso da tecnologia pelos Estados, o que possibilita um melhor estudo da região, de modo a entender a adoção e difusão dos sistemas de GD.

Gráfico 3 - Percentual da potência instalada de geração distribuída de cada Estado do Nordeste em relação à produção total da sua região



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de Agência Nacional de Energia Elétrica (2020).

O Gráfico 3 apresenta o percentual de contribuição de geração distribuída de cada Estado na potência instalada de energia produzida no Nordeste. Entre os nove Estados da região Nordeste, verifica-se que existem diferentes percentuais de participação na produção de GD fotovoltaica. Alguns Estados apresentam percentuais próximos de participação: Ceará e Bahia. Outros Estados apresentam baixa participação: Alagoas, Sergipe e Maranhão. A participação de cada Estado pode evidenciar que existem fatores ou barreiras que impedem a adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica, os quais podem variar de acordo com os Estados de uma mesma região.

Outra questão a ser levada em consideração é a quantidade de unidades de geração distribuída e de unidades consumidoras que recebem os créditos deste tipo de energia. Verifica-se que o Nordeste ainda possui um número de unidades produtoras e beneficiadas muito inferior ao potencial da região.

A presente pesquisa escolheu a região Nordeste do Brasil por ser a região do país que apresenta melhores condições de radiação solar durante todo o ano e que expressa, em termos de potência instalada de energia fotovoltaica, no sistema de geração distribuída, uma produção ainda insignificante em relação à sua potencialidade. Quando comparada com as potências instaladas em outras regiões do Brasil, verifica-se a existência de barreiras que dificultam a adoção e difusão de tecnologias de geração distribuída fotovoltaica no Nordeste, o que se constitui em uma importante questão a ser investigada.

A delimitação do objeto de estudo da presente pesquisa levou em consideração a área de concentração do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS) relativa à gestão e regionalidade. Adotou-se, quanto à sua abrangência, uma pesquisa regional, sendo considerada a região Nordeste e, quanto à temporalidade, são estudadas as evidências quanto às barreiras existentes para a adoção da tecnologia referentes aos anos de 2020 a 2022.

1.4 Justificativa

A ideia de pesquisar acerca da geração distribuída fotovoltaica surge do interesse em descobrir e analisar barreiras existentes para adoção e difusão de

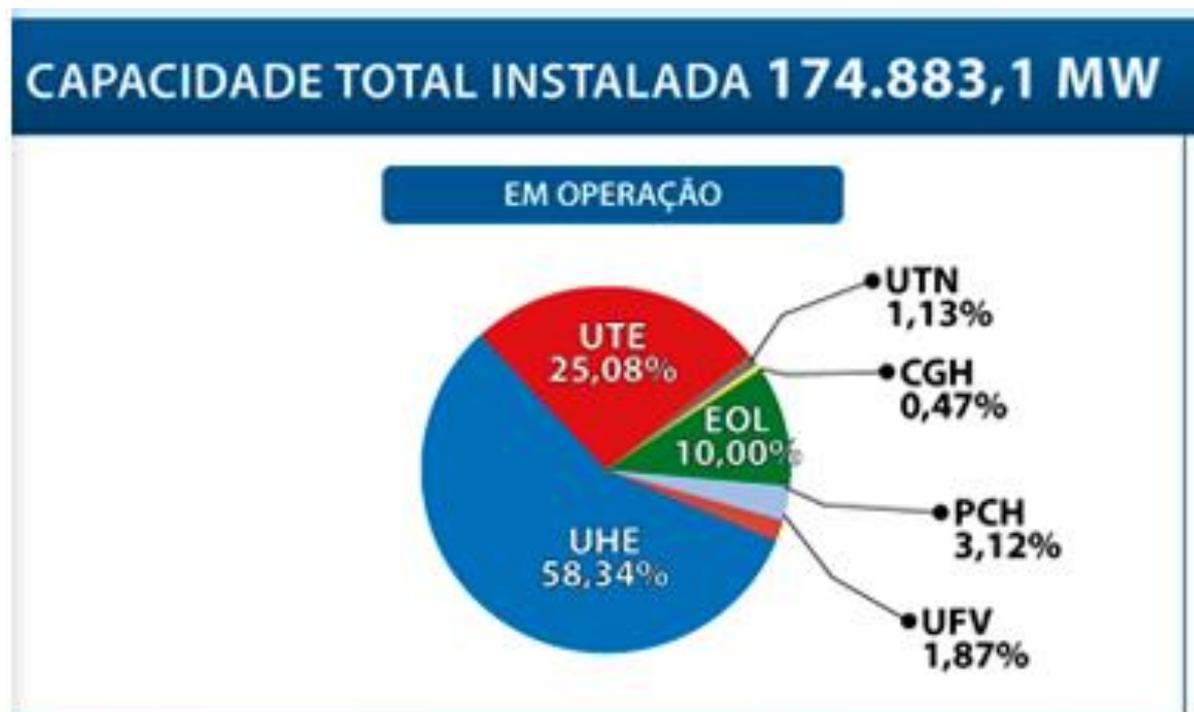
tecnologias disruptivas, como a geração distribuída de energia através do sistema solar fotovoltaico, pois ela modifica de forma expressiva a atual forma de consumo e fornecimento de energia elétrica.

A geração distribuída fotovoltaica foi escolhida como objeto desta pesquisa por se tratar de uma tecnologia para o fornecimento de energia elétrica limpa e renovável que apresentou um crescimento significativo nos últimos anos e representa uma alternativa mais sustentável à atual forma de fornecimento de energia presente em alguns países, como no caso do Brasil, onde a energia elétrica é ainda, em sua maioria, produzida por hidrelétricas (IEI-BRASIL, 2018).

Alguns estudos acerca da energia solar no Brasil apontam que o país possui grande capacidade solar e vantagens comparativas em relação a outros países para uma maior adoção da tecnologia e o desenvolvimento de uma cadeia produtiva (ELGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020). Esses aspectos devem ser levados em consideração ao analisar a adoção dos sistemas de geração distribuída fotovoltaica.

Apesar dos benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, a matriz elétrica no Brasil ainda é composta prioritariamente por usinas hidrelétricas e usinas termelétricas. Verifica-se que, na capacidade total instalada até o primeiro trimestre de 2021, a energia solar fotovoltaica representava menos de 2% das fontes em operação no país, um percentual ainda muito baixo diante da capacidade solar que o Brasil possui para a utilização desta tecnologia.

Figura 3 - Fontes de energia na matriz elétrica em operação no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2021).

Verifica-se que, apesar da pouca expressividade da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira, a quantidade de consumidores deste tipo de tecnologia vem crescendo. Estudos apontam que o perfil destes consumidores se configura como famílias de alta renda, devido a diversos fatores, dentre eles, os custos de instalação do sistema e a falta de financiamento (ELGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020).

Nesse sentido, faz-se de suma importância o estudo acerca da geração distribuída fotovoltaica, para que se possa entender a real dimensão de seu papel para o fornecimento de energia elétrica no país nas próximas décadas e compreender quais são as barreiras para o uso desta tecnologia em um cenário favorável à sua adoção. A temática abordada envolve questões complexas relacionadas a áreas diversas do conhecimento científico. A utilização de uma tecnologia disruptiva, como os sistemas de geração distribuída, pode representar mudanças significativas na economia e até na sociedade, expressas diante da adoção ou não da tecnologia.

O estudo torna-se justificável a partir do surgimento e da adoção de tecnologias disruptivas, como é o caso dos sistemas fotovoltaicos para a geração e o fornecimento de energia elétrica, bem como o aumento do uso desse tipo de tecnologia pela população no Brasil (WRIGHT; CARVALHO; SPERS, 2009). A modalidade de

geração distribuída fotovoltaica também promove uma mudança nas relações de consumo, verificando-se a participação ativa do consumidor final, que se torna também produtor de sua própria energia elétrica.

1.5 Organização do trabalho

A presente pesquisa encontra-se estruturada em cinco capítulos.

O primeiro capítulo refere-se à introdução da pesquisa, abordando os aspectos gerais do problema, da justificativa, da delimitação da pesquisa e de seus objetivos e contribuições.

Por sua vez, o segundo capítulo aborda a contextualização e o referencial teórico, com o objetivo de propiciar a compreensão do caráter disruptivo da geração distribuída fotovoltaica dentro do cenário energético, através da teoria da inovação disruptiva, e de fornecer a base para o *framework* teórico do trabalho, através da teoria da difusão de inovações.

O terceiro capítulo abrange a metodologia adotada na pesquisa, indicando a sua abordagem, o processo de coleta de dados, os participantes da pesquisa e o processo de descrição e análise dos resultados.

O quarto capítulo dedica-se à análise e discussão dos resultados, dividindo-se em três estudos, realizados, respectivamente, com especialistas e empresários do setor de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste, com “prosumidores” do sistema e com usuários em potencial. Finaliza com a síntese das barreiras identificadas à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica no Nordeste brasileiro.

Por último, o quinto capítulo tece as considerações finais do trabalho, mapeia a situação atual do tema, explicita as limitações encontradas na pesquisa e sugere futuras pesquisas possíveis.

1.6 Contribuições da pesquisa

Com o objetivo de explorar em profundidade as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil, a presente pesquisa contribui para promover a adoção e difusão de tecnologias disruptivas na região Nordeste do Brasil.

Ao buscar identificar e analisar as barreiras existentes à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica, o estudo contribui para ampliar o uso de energias sustentáveis, por meio do entendimento sobre as maneiras como os usuários e usuários potenciais percebem a energia solar fotovoltaica na região Nordeste e sobre a identificação feita por eles de pontos positivos e negativos, oportunidades e obstáculos para a utilização da tecnologia.

O estudo busca colaborar com o meio ambiente, ao estudar em profundidade as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste do Brasil, busca-se evidenciar a realidade do cenário de energias renováveis em uma região muito favorável para a utilização deste tipo de tecnologia. O estudo poderá evidenciar as vantagens e ganhos ambientais e a necessidade de melhorias na atuação dos atores envolvidos para fomentar a tecnologia na região.

Ademais, o estudo busca colaborar com o setor econômico, por meio da melhoria do mercado de energia solar na região Nordeste. A partir da percepção das barreiras existentes para difundir e adotar a tecnologia, torna-se possível um melhor desempenho do setor. Com mais informações, as empresas podem criar oportunidades para clientes e fornecedores dos sistemas de geração distribuída fotovoltaica, no intuito de fomentar a adoção de energias renováveis. A adoção de um sistema de geração distribuída impacta positivamente na cadeia produtiva, gerando novas oportunidades de empregos, qualificação técnica e incremento da economia local.

Uma contribuição em âmbito científico e tecnológico é a possibilidade de desenvolvimento de reflexões acerca do uso da tecnologia de geração distribuída fotovoltaica. Tais reflexões podem deslocar alguns preconceitos em relação à tecnologia e são capazes de incentivar novas pesquisas, bem como de construir uma nova visão em relação ao uso do sistema de geração distribuída.

A partir da identificação das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste, destaca-se também a produção de conhecimento que contribui para o fomento de novas tecnologias e do mercado industrial e para o embasamento de gestores e formuladores de políticas públicas, de modo que possam promover a inserção de energias alternativas na matriz energética nacional, bem como alterar normas já existentes que possam atrapalhar a adoção da energia solar.

2 REVISÃO DA LITERATURA: CONTEXTO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o contexto do surgimento e desenvolvimento da energia solar fotovoltaica e a estrutura conceitual da pesquisa.

O contexto da pesquisa refere-se ao uso da energia solar fotovoltaica por meio do sistema de geração distribuída, à maneira como ocorre este processo e às mudanças que esta tecnologia promove no mercado tradicional de geração de energia elétrica. Abordam-se também os mecanismos e programas utilizados para o incentivo ao uso da energia solar fotovoltaica e os novos modelos de negócios que surgiram a partir do mercado fotovoltaico e da sua necessidade de expansão. Por fim, discute-se o modelo de energia fotovoltaico adotado no Brasil, as modalidades de geração distribuída fotovoltaica, as regulamentações da geração de energia solar, dentre outros aspectos relativos ao cenário energético fotovoltaico nacional.

O referencial teórico respalda a compreensão do sistema de geração distribuída fotovoltaico, com base nas suas características, como uma inovação disruptiva e disserta sobre as teorias de adoção e difusão de inovações, adequando os modelos teóricos ao *framework* teórico da pesquisa.

2.1 Energia solar fotovoltaica e seu contexto

A energia solar fotovoltaica é considerada um recurso energético renovável que tem se destacado no mercado global de geração de energia. A capacidade instalada de energia renovável cresceu mais de 200 GW em 2019, com destaque para a energia fotovoltaica, que apresentou o maior aumento de todos os tempos (REN21, 2020). Uma das vantagens da energia solar é que, ainda que haja condição climática desfavorável (por exemplo, tempo nublado), ela pode ser aproveitada, podendo gerar eletricidade ou aquecimento e dessalinização de água.

O efeito fotovoltaico é a conversão da radiação solar em eletricidade, observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Alexandre-Edmond Becquerel. Este efeito ocorre por meio de materiais semicondutores, sendo o mais comum deles o silício, considerado o segundo elemento mais abundante na Terra. Os dispositivos semicondutores são conhecidos como células solares ou células fotovoltaicas (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017).

A energia solar pode ser gerada de duas maneiras: a partir de painéis fotovoltaicos (PV) e da energia solar concentrada (CSP).

Os painéis fotovoltaicos foram inventados em 1954, na *Bell Telephone Laboratories*, sediada nos Estados Unidos. Podem ser combinados para fornecer eletricidade em escala comercial ou organizados em configurações para minirredes ou uso pessoal. A alimentação de minirredes por meio da energia solar fotovoltaica é uma opção para levar eletricidade a pessoas que estão longe ou fora das linhas de transmissão da concessionária (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2020). Os PVs, também conhecidos como células solares, convertem a luz solar em eletricidade. A célula solar, provavelmente a imagem mais popular, está nos painéis instalados nas casas (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2020).

Já a energia solar concentrada (CSP) é mais utilizada para gerar eletricidade em usinas de grande escala e utiliza espelhos para concentrar os raios solares. Os raios aquecem o fluido que cria vapor para acionar uma turbina e gerar eletricidade. Uma usina de energia CSP pode ser equipada com sais fundidos nos quais o calor pode ser armazenado, gerando eletricidade mesmo após o pôr do sol (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2020).

A *International Energy Agency* (IEA) conceitua a energia solar como a conversão da luz solar em formas de energia utilizáveis e destaca que já são tecnologias bem estabelecidas a energia solar fotovoltaica (PV), a eletricidade solar térmica e o aquecimento e resfriamento solar. A energia solar fotovoltaica apresenta algumas vantagens, como a fabricação do módulo, que pode ser feita em grandes fábricas permitindo economias de escala, e o fato de ser uma tecnologia modular que pode ser implantada em quantidades muito pequenas de cada vez (IEA, 2020).

Sampaio e Gonzalez (2017) apresentam uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de compreender o estado da arte da energia solar fotovoltaica. Como resultado desta análise, verificam que os estudos sobre a energia solar fotovoltaica estão em ascensão (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017). Os autores adotam como conceito de energia solar fotovoltaica a eletricidade obtida diretamente da conversão de energia solar (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017).

Sampaio e Gonzalez (2017) elaboram um modelo conceitual para a tecnologia fotovoltaica levando em consideração os fatores que influenciam diretamente a posição competitiva da energia solar fotovoltaica no mercado: eficiência da tecnologia, seu custo, tempo de vida e aspecto ecológico. O modelo conceitual estabelece que a

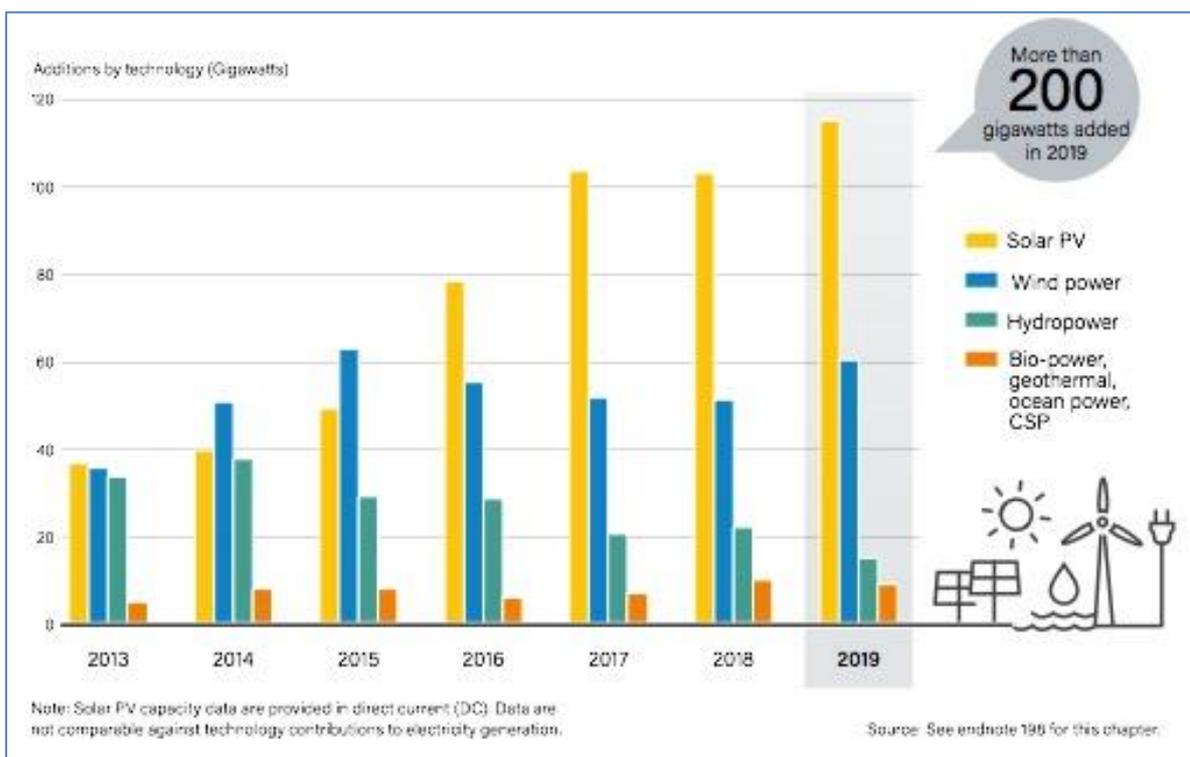
eficiência das células fotovoltaicas está relacionada à temperatura, à irradiação solar e à poeira. O custo da energia fotovoltaica é influenciado pela localização geográfica, pelo tipo de tecnologia e pela complexidade do sistema. O tempo de vida da tecnologia está relacionado à degradação das células fotovoltaicas, pois esta acarreta a redução da vida útil, causando a perda da eficiência no processo de conversão. O aspecto ecológico relaciona-se à análise dos estágios do ciclo de vida do sistema, levando em consideração o tempo de retorno da energia e os gases de efeito estufa (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017).

Há uma série de vantagens apresentadas pela energia solar. Ela é uma tecnologia limpa, isto é, não provoca graves impactos ambientais, se comparada com as fontes de combustíveis fósseis. Também é uma fonte de energia grátis, altamente disponível, utiliza um sistema confiável, pode ser gerada de maneira mais próxima ao consumidor, tem um grande potencial para diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e é uma tecnologia silenciosa (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017). Além dessas vantagens, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) (2012) destaca que algumas fontes de energia renováveis, como a energia solar fotovoltaica, possibilitam que a geração de energia seja feita de forma descentralizada, ou seja, são tecnologias que podem incorporar os serviços de fornecimento de energia a populações que estão fora dos sistemas de distribuição, principalmente em países que estão em desenvolvimento ou possuem grandes extensões territoriais, como é o caso do Brasil.

Sampaio e Gonzalez (2017) fazem um breve comparativo entre a energia solar fotovoltaica e outras fontes de energias. Em comparação com a energia hidrelétrica, a fotovoltaica apresenta menor incidência de danos ambientais, o custo de operação de uma usina solar é mais baixo e, mesmo em dias nublados, a energia solar é abundante (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017). Em comparação com a energia eólica, a fotovoltaica é uma tecnologia silenciosa e pode ser produzida em áreas urbanas (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017).

As vantagens apresentadas pela energia solar fotovoltaica são também responsáveis pelo aumento de sua adoção e difusão como forma de geração de energia nos últimos anos, como indica a Figura 4.

Figura 4 - Adições anuais da capacidade renovável de energia, por tecnologia e total, 2013-2019

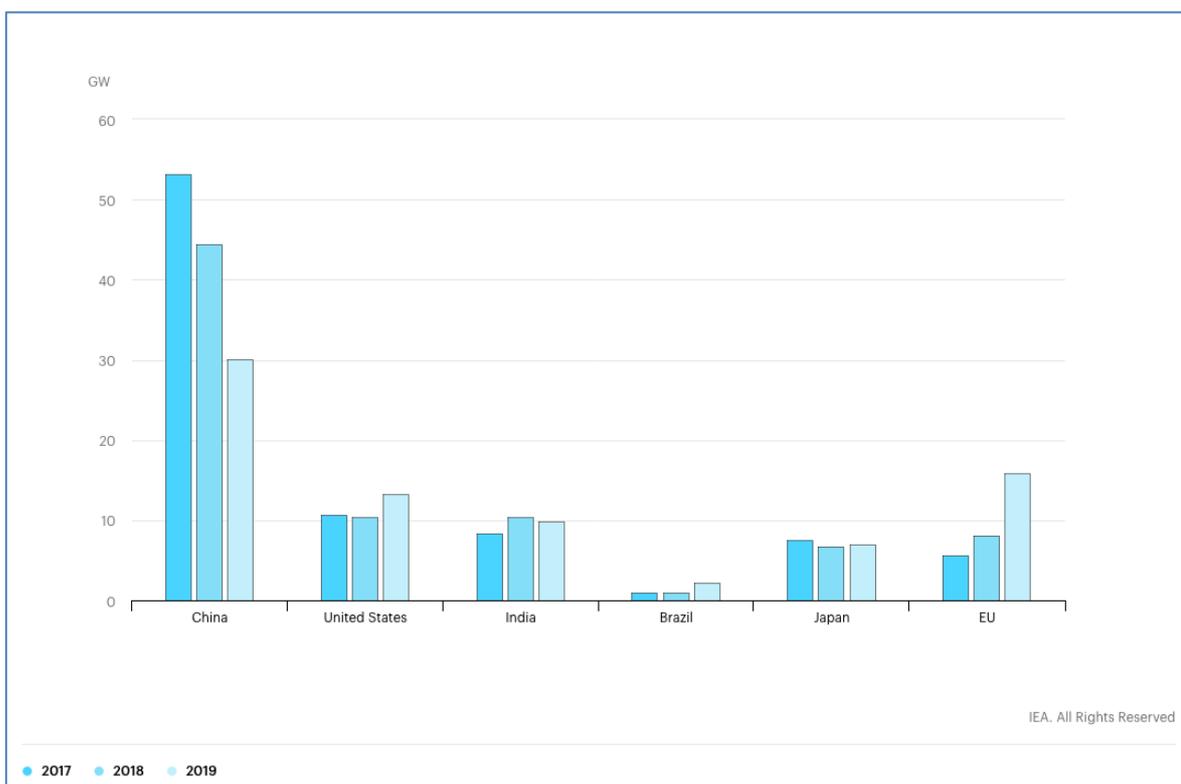


Fonte: REN21 (2020, p. 46).

De acordo com dados da *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21) (2020), a capacidade instalada de energia renovável foi suficiente para fornecer cerca de 27,3% da geração global de eletricidade até o final de 2019. Apesar desses avanços, as fontes de energia elétrica renováveis continuam a enfrentar desafios para alcançar uma parcela maior da geração global de eletricidade. O relatório destaca que os desafios, em parte, são devidos ao investimento persistente na capacidade de combustível fóssil (e nuclear) (REN21, 2020).

O mercado de energia solar fotovoltaica apresentou um aumento de 12% em 2019, expresso também no aumento da corrente contínua, que passou de 115GW para um total de 627GW. Mesmo apresentando um declínio substancial, a China permaneceu com o domínio do mercado mundial de energia fotovoltaica e sua manufatura. Sem incluir a China, o mercado global fotovoltaico apresentou um crescimento em torno de 44% (REN21, 2020) como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Capacidade adicionada de energia solar fotovoltaica por gigawatts (GW), entre os anos de 2017 e 2019 em seis países



Fonte: IEA (2020).

O Gráfico da *International Energy Agency* (IEA, 2020) apresenta a capacidade de energia solar fotovoltaica adicionada em gigawatts nos anos de 2017, 2018 e 2019 na China, nos Estados Unidos, na Índia, no Brasil, no Japão e na Europa. Verifica-se que, nos últimos três anos, a capacidade adicionada de energia fotovoltaica vem crescendo nos países e regiões.

Apesar de ter muitas vantagens, a energia solar fotovoltaica apresenta alguns pontos negativos. Questões relacionadas às limitações de sistemas no mercado, o alto custo inicial para adoção de um sistema, a necessidade de uma área para a instalação dos painéis, as condições geográficas favoráveis à irradiação solar e a dependência de tecnologia constituem desvantagens atuais para a sua adoção e difusão (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017). Por isso, na maioria dos países, é necessário um apoio de estruturas regulatórias e políticas adequadas que priorizem as conexões à rede.

O setor de energia solar fotovoltaica enfrenta uma alta concorrência das outras formas de energia, o que gera muitas incertezas e propostas precárias de aquisição

de energia limpa por meio de leilões, tornando baixas as margens de lucro para desenvolvedores e fabricantes, ao passo que impulsiona uma queda dos preços e a abertura de novos mercados e gera uma expectativa de aumento da demanda global (REN21, 2020).

A geração de energia fotovoltaica pode ocorrer através de sistemas solares fotovoltaicos que serão instalados de acordo com suas características e funcionalidades. Os dois tipos de sistemas mais utilizados são os sistemas solares fotovoltaicos autônomos ou isolados e os sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

O sistema solar fotovoltaico autônomo ou isolado é mais utilizado em localidades que não possuem os serviços da rede elétrica da concessionária de energia, mas pode ser usado também para iluminação pública, monitoramento e fiscalização de rodovias, iluminação de estacionamentos, sistemas de irrigação e telecomunicações, entre outras aplicabilidades. Este sistema pode conter ou não o armazenamento de energia, utilizando ou não baterias para esta finalidade (JUNIOR; MENDES, 2016).

Já o sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR) é composto por painéis fotovoltaicos e um inversor específico (CC/CA) conectado em paralelo à rede elétrica da concessionária. O consumidor tem sua carga alternada (CA) de energia alimentada por dois fornecimentos de energia elétrica — o da concessionária local e o do sistema fotovoltaico do próprio consumidor — por meio do inversor. Havendo excedente de energia elétrica gerada pelo SFCR, este excedente será injetado na rede elétrica da concessionária (JUNIOR; MENDES, 2016).

Diversos recursos podem ser utilizados para a produção de energia elétrica, que será transmitida através da geração distribuída para os consumidores. Dentre os mais utilizados, podem-se destacar: Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Geradoras Hidráulicas (CGH), Usinas Térmicas (UTE), Centrais Geradoras Eólicas (EOL) e Centrais Geradoras Fotovoltaicas (UFV). Nesse sentido, recursos diferentes podem ser utilizados como fontes geradoras de energia elétrica, que se utilizará do processo de geração distribuída para que a população tenha acesso à eletricidade.

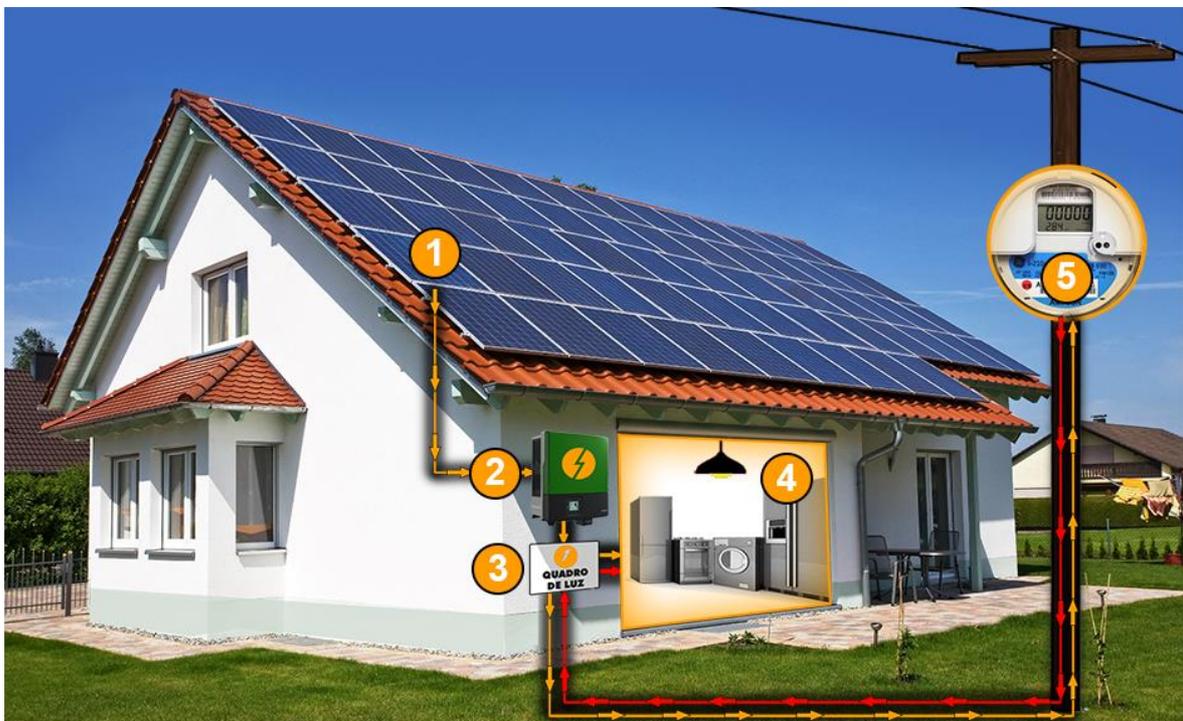
Neste trabalho, a fonte de energia estudada é a solar, que origina a energia fotovoltaica, abordando a geração distribuída de energia solar fotovoltaica por meio da conexão à rede elétrica.

2.1.1 A geração distribuída fotovoltaica

O conceito de geração distribuída não pode ser enquadrado em uma definição única e global. O termo “geração distribuída” sofre variações em virtude da forma de conexão à rede, da capacidade instalada, da localização, das tecnologias e recursos utilizados (IEI-BRASIL, 2017) para a produção de energia.

Como visto anteriormente, o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica é composto por painéis fotovoltaicos e um inversor, que converte o sinal elétrico da corrente contínua em sinal elétrico de corrente alternada, para conexão com a rede elétrica da concessionária. O sistema é alimentado simultaneamente pela rede elétrica da concessionária local e pelo sistema fotovoltaico conectado à rede pelo conversor. Assim, o excedente é injetado na rede elétrica da concessionária e registrado pelo medidor em quilowatts/hora - kWh (JUNIOR; MENDES, 2016), como explica a Figura 6.

Figura 6 - Como funciona o sistema fotovoltaica conectado à rede – passo a passo



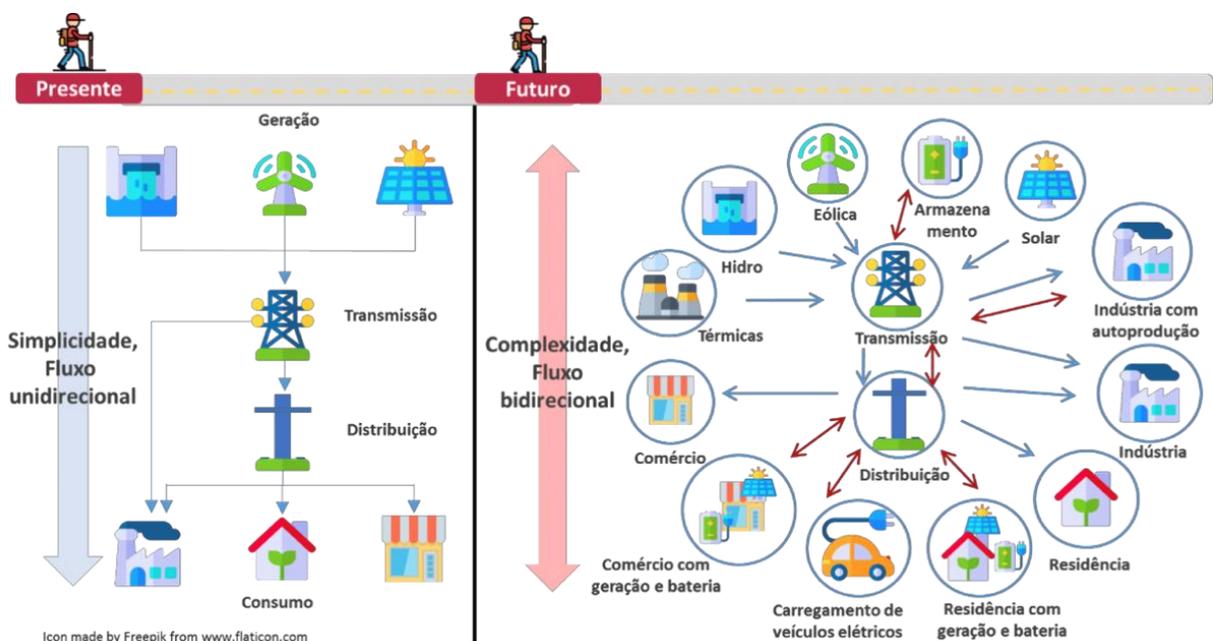
Fonte: Portal Solar (2020).

A energia fotovoltaica é gerada por meio dos painéis solares, que, através do inversor solar, convertem a energia solar em elétrica. O sistema possibilita que a energia gerada seja enviada para o quadro de energia instalado na unidade produtora

(residência ou indústria). Com a instalação do sistema de energia solar, é necessária a troca do relógio de luz unidirecional por um bidirecional, que verifica tanto a entrada quanto a saída de energia na unidade consumidora/produtora. Este tipo de produção de energia possibilita a redução de valores gastos com a energia que é comprada da distribuidora.

A troca do relógio de luz unidirecional por um bidirecional é uma característica dos recursos energéticos distribuídos (RED) (em inglês, *Distributed Energy Resources* – DER), que são tecnologias de geração/armazenamento de energia elétrica. Esse tipo de tecnologia localiza-se no limite da área da concessionária de distribuição, junto às unidades consumidoras, atrás do medidor (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018). O uso dessas tecnologias promove uma mudança na estrutura tradicional do mercado energético, alterando o fluxo de fornecimento e distribuição de energia elétrica. A adoção de formas alternativas de produção de energia passa a fazer parte do fluxo de transmissão e distribuição, como se observa na Figura 7.

Figura 7 - Sistemas elétricos: presente e futuro



Fonte: Empresa de Pesquisa energética (2018) *apud* New York Independent System Operator (2017).

A Figura 7 representa as diferenças entre o fluxo unidirecional e o fluxo bidirecional. As tecnologias de recursos energéticos distribuídos, assim como a geração distribuída fotovoltaica, têm um grande potencial de transformar os sistemas elétricos atuais, que são gerenciados com recursos de maior porte e centralizados. A

difusão dessas tecnologias representa uma alteração nos fluxos de energia, aumentando a complexidade dos sistemas elétricos e, demonstrando, assim, um elevado potencial disruptivo dos RED (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

A forma como a energia fotovoltaica é produzida possibilita que o consumidor/produtor não tenha custos extras com a utilização desta energia em sua unidade. A instalação do relógio bidirecional tem a finalidade de medir a energia fornecida pela distribuidora que é consumida pela unidade quando não tem sol e de calcular a energia que é injetada na rede quando ocorre um excesso de produção de energia, que não foi consumido pela unidade (JUNIOR; MENDES, 2016).

A geração distribuída fotovoltaica tem sido utilizada por vários países, como solução para a demanda de energia, pois este tipo de sistema atende a critérios de economicidade e sustentabilidade ambiental (JUNIOR; MENDES, 2016). O sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica ajuda ainda a melhorar o processo de perdas de energia ao longo das linhas de transmissão, ao passo que os consumidores finais são agora produtores.

O sistema de geração distribuída modifica o cenário da produção de energia elétrica. Chamado de “prosumidor”, o consumidor final participa tanto da sua geração como da gestão do consumo da sua energia. O termo em inglês “*prosumer*” foi criado por Alvin Toffler é a junção de “*producer*” (produtor) e “*consumer*” (consumidor). O “*prosumer*” é o indivíduo que agora participa do processo de produção do bem que irá consumir (COHEN, 2016). Scholten e Bosman (2013) ajudaram a popularizar o uso do termo “prosumidores” no cenário da produção de energia, ao empregarem o termo para classificar países produtores de energias renováveis, defendendo que devem se tornar autossuficientes em relação às suas necessidades energéticas (SCHOLTEN; BOSMAN, 2013).

O mercado de geração de energia fotovoltaica encontra-se em franca expansão: o ano de 2019 representou um marco do crescimento da potência instalada no mundo de energia fotovoltaica (REN21, 2020). Verifica-se que a potencialidade do mercado é ainda maior e que a indústria fotovoltaica deve crescer ainda mais nos próximos anos, com o impulso de subsídios, incentivos fiscais e outros incentivos financeiros que tornam a produção de energia fotovoltaica mais atraente (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017).

Alguns países encontram-se consolidados no uso da tecnologia fotovoltaica, adotaram mecanismos e programas de incentivo à expansão do uso de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica. Um deles é a Alemanha, que foi pioneira na adoção de mecanismos para incentivar a expansão da energia fotovoltaica, por meio do uso de *feed-in tariffs* para a fonte solar fotovoltaica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012). As ações de adoção e difusão da tecnologia solar fotovoltaica são conduzidas, naquele país, com a participação governamental, por meio da criação e estipulação de mecanismos e programas de incentivo à expansão da tecnologia.

No tópico seguinte serão abordados os mecanismos e programas mais usados para incentivar a geração de energia solar fotovoltaica no mundo.

2.1.2 A experiência internacional com mecanismos e programas de incentivo à geração de energia fotovoltaica

Diversos mecanismos e programas de incentivo têm sido utilizados em todo o mundo com o objetivo de impulsionar a indústria fotovoltaica e encorajar investimentos neste tipo de energia para torná-la competitiva frente a outras fontes de energia elétrica. Cada mecanismo e programa possui uma motivação e características próprias, que serão analisadas neste tópico.

Os programas e mecanismos de incentivo à energia fotovoltaica têm objetivos variados. Alguns buscam a promoção da independência energética da região onde foram adotados, enquanto outros buscam o domínio da tecnologia e o desenvolvimento de mercados ou, então, a redução das emissões de gases do efeito estufa.

As duas formas mais comuns de mecanismos de incentivo à energia fotovoltaica são baseadas em sistemas de cotas ou em sistemas de preços (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012). No sistema de cotas, o volume de eletricidade gerada é determinado por regulamentação e os preços são definidos pelo mercado. No sistema de preços, os programas de incentivos são mantidos até que os custos da geração fotovoltaica se igualem aos custos médios da geração da matriz elétrica do país ou região (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012). Outros mecanismos para incentivar a geração de energia fotovoltaica são os procedimentos

de conexão à rede com *net metering* e os subsídios aos investimentos para a produção, tanto para a indústria quanto para os consumidores.

O mecanismo *feed-in tariffs* (FIT), também conhecido como tarifa-prêmio, é um dos principais instrumentos para promoção das fontes de energia renovável. A FIT tem como objetivo acelerar investimentos em energias renováveis por meio de contratos de produção de eletricidade, baseados no custo de geração de cada tecnologia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012). Dito de outra forma, o *feed-in tariffs* é um mecanismo político que tem como objetivo incentivar os consumidores a investirem na microgeração de energia renovável.

A FIT ocorre quando a distribuidora adquire a energia a um valor/tarifa superior à que é paga pelo consumidor. Nesses casos, o subsídio é dado pelo governo e repassado aos consumidores. Os contratos de tarifa-prêmio costumam conter cláusulas de redução de preços ao longo do tempo, com o objetivo de promover a redução dos custos de geração da fonte (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012). Logo, o mecanismo de tarifa-prêmio é um sistema de incentivo baseado no preço.

Os Estados Unidos e a Alemanha adotam a tarifa-prêmio como um dos mecanismos de incentivo para a produção de energia fotovoltaica. Esse mecanismo surgiu nos Estados Unidos em 1970, mas se popularizou na Alemanha, em virtude da Lei Alemã de Energias Renováveis de 2000. O modelo alemão adotou uma estimativa de preço baseado no custo de produção de cada uma das fontes renováveis e incorporou a redução deste valor ao longo do tempo (em contratos de longa duração de 20 anos), estimando a diminuição de custo. Existem tarifas diferentes de acordo com o tamanho e a aplicação do projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Muitos países adotam mais de um sistema de incentivo, ou seja, associam tarifas-prêmio a sistemas baseados em cotas de energia estipuladas ou em incentivos e subsídios ao mercado consumidor e industrial. Outros países utilizam regulamentações que exigem que parte da energia consumida seja oriunda de fontes renováveis (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017), compondo, assim, um *mix* de mecanismos e programas de incentivo à expansão da energia solar fotovoltaica.

Outro mecanismo utilizado para incentivar a geração fotovoltaica são os programas de incentivo à instalação de plantas fotovoltaicas, ou seja, subsídios

diretos em equipamentos ou no investimento inicial de um sistema fotovoltaico. Esse tipo de mecanismo foi adotado pela China, em 2009, e os subsídios iam de 50% até 70% do valor do investimento no sistema de geração. A China também adotou, em 2011, o mecanismo de tarifa-prêmio, com a redução de preços acompanhando a redução de custos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Assim como na China, os Estados Unidos também adotaram diversos mecanismos e programas de incentivo à energia fotovoltaica baseados em condições especiais de financiamentos ou incentivos tributários. Em 2008, os Estados Unidos lançaram o projeto *Solar America Initiative*, que tem o objetivo de tornar a energia fotovoltaica competitiva, buscaram o desenvolvimento da tecnologia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012). Os financiamentos funcionam como empréstimos diretos dos governos locais para a compra do sistema de geração de energia renovável ou de melhoria da eficiência energética e cobrem de 20% a 50% do custo total do sistema. Já os incentivos fiscais e tributários tornam possível aos proprietários deduzir 20% dos gastos com o sistema fotovoltaico dos impostos sobre o edifício. Como forma de incentivo fiscal, também há descontos nas taxas sobre a compra de equipamentos que compõem o sistema fotovoltaico. Além disso, há Estados norte-americanos que adotam a eliminação das taxas estaduais sobre os equipamentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Outro mecanismo de incentivo à energia fotovoltaica é o *net metering*, que consiste na injeção do excesso de eletricidade gerado pelo sistema fotovoltaico na rede da concessionária de energia, calculados os créditos em quilowatts/hora (kWh). Os créditos excedentes são usados para compensar o consumo de energia da rede, que ocorre quando o sistema não está gerando energia. Por isso, é necessário um medidor bidirecional capaz de registrar o consumo e a geração de energia (consumo líquido bidirecional) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Outro sistema baseado no preço é o certificado de energia renovável (SRECs), segundo o qual o próprio mercado é responsável pela estipulação do preço da energia solar gerada. É um incentivo diferente da tarifa-prêmio, segundo a qual o governo é quem determina o preço da energia. Os SRECs são obtidos através de medição ou

estimativa, a depender da legislação específica que adota o mecanismo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Outro tipo de mecanismo para o incentivo da geração de energia renovável são os leilões de energia, que se baseiam no sistema de cotas de energia produzida. São instrumentos que determinam uma cota obrigatória para geração elétrica por meio de fontes renováveis. Esse tipo de programa de incentivo foi adotado na Índia, com o objetivo de gerar demanda enquanto desenvolve sua cadeia produtiva (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

Os programas e mecanismos de incentivo à expansão das energias renováveis adotados por muitos países foram os principais responsáveis pelo crescimento da utilização da energia solar no mundo. Japão, Alemanha, Itália e China adotaram sistemas tarifários, como o *feed-in tariffs* (FIT), com a participação direta do Governo nos programas implantados e das empresas por meio dos investimentos na indústria (DANTAS, 2020). Os Estados Unidos são um exemplo da utilização de diversos programas com o objetivo de desenvolver a adoção da tecnologia fotovoltaica: programas de linhas de financiamento, descontos no valor do equipamento e instalação de um sistema, redução no imposto de renda, sistema de compensação *net metering*, meios fiscais e tributários, entre outros. Além dos mecanismos de incentivo à adoção e difusão da tecnologia fotovoltaica por meio do Governo, muitos países adotaram outras formas, através da indústria e do mercado, com o objetivo de aumentar sua demanda e facilitar o acesso dos consumidores aos sistemas de geração fotovoltaica.

No tópico a seguir serão analisados alguns exemplos de novos modelos de negócios que surgiram para difundir e facilitar o acesso ao uso da tecnologia fotovoltaica.

2.1.3 Mercado e novos modelos de negócios de energia solar fotovoltaica

Como visto anteriormente, muitos países adotaram programas e mecanismos de incentivo à expansão da geração de energia renovável, com a participação dos governos e do mercado consumidor e industrial. Contudo, mesmo com as vantagens dos programas e regulamentações de incentivo à geração de energia, muitos consumidores ainda encontram dificuldades em adotar a tecnologia fotovoltaica e, por

isso, algumas empresas passaram a propor novos modelos de negócios para tornar o setor ainda mais atrativo aos consumidores.

Strupeit e Palm (2016) apresentam os modelos de negócios fotovoltaicos de empresas nos Estados Unidos, Japão e Alemanha, e destacam que cada modelo de negócio é altamente dependente do contexto específico de cada país. Na Alemanha, há um cenário composto por empresas locais com um sistema nacional uniforme de tarifas de aquisição e empréstimos a juros baixos. Nos Estados Unidos, as empresas de serviços solares crescem por meio de modelos de arrendamento e de propriedade de terceiros. No Japão, onde há um cenário de venda cruzada do sistema fotovoltaico com outros produtos e serviços, a indústria da construção civil ganhou destaque, com a instalação de sistemas fotovoltaicos em casa pré-fabricadas (STRUPEIT; PALM, 2016).

Em 2005, os Estados Unidos iniciaram o modelo de propriedade de terceiros (TPO), aplicado principalmente a clientes finais. Nesse modelo, as empresas de serviços solares planejam, instalam, possuem e mantêm os sistemas fotovoltaicos nas instalações de um cliente final, utilizando financiamento de terceiros. No modelo TPO, as empresas também são as responsáveis pelas licenças de construção necessárias, negociam as interconexões das concessionárias e solicitam os incentivos e isenções fiscais (STRUPEIT; PALM, 2016). No modelo de propriedade de terceiros, normalmente o cliente final apenas faz contato com a empresa solar: ele não precisa interagir com outras partes, tais como instaladores, empresas de manutenção, bancos, seguradoras e agências governamentais. No contexto norte-americano, o consumidor está acostumado com esquemas de *leasing* e consumo financiado por crédito (STRUPEIT; PALM, 2016). Outras características do contexto norte-americano são a poupança relativamente baixa das famílias, a falta de produtos de empréstimos solares e a frequência com que as famílias mudam de residência (STRUPEIT; PALM, 2016).

O modelo de negócio de venda cruzada de sistemas fotovoltaicos, adotado por empresas do setor da construção no Japão, tem sido predominante. Poucas são as empresas que adotam apenas a atividade de venda e instalação de sistemas. A venda cruzada permite que as empresas capitalizem a fidelidade e os relacionamentos existentes com os clientes e reduzam o custo de aquisição de um sistema pelo cliente (STRUPEIT; PALM, 2016). Os sistemas vendidos com novas residências são geralmente 10% mais baratos para o cliente do que a aquisição de um sistema

adicional (*retrofit*). Levando em consideração que a compra de uma casa é um evento raro na vida das pessoas, a venda cruzada pode dar a sensação aos clientes de estarem tendo uma oportunidade única, parecendo modesto o valor a mais cobrado pelo sistema integrado à casa. Outro fator relevante é o fato de a indústria de construção residencial do Japão ser considerada a mais industrializada do mundo (STRUPEIT; PALM, 2016).

O modelo de negócio adotado na Alemanha é o modelo de propriedade do *host*. Configura-se como modelo *feed-in* de propriedade do *host*, no qual a eletricidade gerada por um sistema fotovoltaico é fornecida à rede da concessionária e reembolsada de acordo com a tarifa *feed-in* regulada no país (STRUPEIT; PALM, 2016). Esse modelo de negócio recebe vários nomes, tais como modelo de propriedade do cliente, propriedade do *host*, *feed-in* de propriedade do *host*, localização do cliente e propriedade do usuário final (HORVÁTH; SZABÓ, 2018). A Alemanha adotou este tipo de modelo de negócio em virtude do contexto do país, onde a aquisição de um sistema fotovoltaico era considerada uma oportunidade de investimento. Desse modo, a viabilidade econômica desempenhou um papel central para os adotantes. A tarifa *feed-in*, legalmente estipulada por um período de 20 a 21 anos, garantiu o baixo risco na proposta de valor de compra de um sistema fotovoltaico (STRUPEIT; PALM, 2016).

Outro modelo de negócio de incentivo à expansão da geração de energia renovável é o compartilhado pela comunidade (CS), que também pode ser referido como solar compartilhado, solar comunitário e modelo de propriedade da comunidade. Esse modelo permite que os consumidores acessem a energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos em parques ou jardins solares, sem a necessidade de instalar seus próprios painéis fotovoltaicos. O modelo de negócio compartilhado pela comunidade pode ser administrado por várias organizações diferentes, incluindo concessionárias e organizações sem fins lucrativos (HORVÁTH; SZABÓ, 2018).

O modelo compartilhado pela comunidade é uma alternativa econômica para os membros da comunidade, pois permite que estes usem a energia renovável por meio de medição de rede virtual: o *net metering* virtual. A proposta de valor deste modelo destina-se aos clientes que não conseguem hospedar um sistema fotovoltaico em seu próprio telhado, devido a obstáculos como não serem os proprietários do imóvel, viverem em condôminos ou não haver espaço de telhado suficiente ou o espaço não ser adequado para a instalação (HORVÁTH; SZABÓ, 2018).

Consequentemente, a flexibilidade é a vantagem mais atraente do modelo compartilhado pela comunidade, pois, ao venderem suas casas, os clientes assinantes podem vender a sua assinatura ou mover seu título dentro do território de serviço. Destaca-se que esse modelo oferece uma opção de economia de longo prazo com baixo risco, uma vez que as assinaturas duram, em média, de cinco a 20 anos. O modelo também reduz o custo inicial do investimento na compra de um sistema fotovoltaico, em virtude da compra em grupo (HORVÁTH; SZABÓ, 2018).

Verifica-se que os modelos de negócios são importantes instrumentos de adoção e difusão de sistemas fotovoltaicos pelo mundo. Como supracitado, o modelo de negócio empregado dependerá do contexto e da necessidade específica de cada país e região. Apesar de todos os benefícios que a energia fotovoltaica apresenta, existem muitas questões que envolvem a adoção ou não de um sistema de geração de energia fotovoltaica.

O surgimento desses modelos de negócios voltados ao setor fotovoltaico reflete-se na mudança ocorrida no mercado em virtude do surgimento e difusão da tecnologia fotovoltaica, que promoveu novos paradigmas na busca por soluções mais eficientes e criou novos mercados para os clientes e fabricantes da tecnologia. Portanto, as mudanças percebidas possibilitam a compreensão da energia fotovoltaica como uma tecnologia disruptiva.

2.1.4 O modelo brasileiro de geração distribuída fotovoltaica

No Brasil, em 2012, a ANEEL publicou a Resolução Normativa de nº 482/2012, modificada pela Resolução Normativa de nº 687/2015, que representou um marco regulatório para a geração distribuída de pequeno porte, estabelecendo as condições para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas de energia elétrica e o sistema de compensação (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Em 2015, o Ministério de Minas e Energia publica a Portaria nº 538/2015, criando o programa de desenvolvimento da geração distribuída de energia elétrica (ProGD), com o objetivo de promover e ampliar a geração distribuída de energia elétrica, de fontes renováveis e cogeração, e incentivar a implantação de geração distribuída em edificações públicas, comerciais, industriais e residenciais (BRASIL, 2015).

A Resolução Normativa de nº 687/2015 definiu a potência instalada para os sistemas classificados como de microgeração distribuída (menor ou igual a 75 kW) e de minigeração distribuída (superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW) conectados à rede de distribuição por meio de unidades consumidoras (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015). A resolução também estabeleceu o sistema de compensação de energia elétrica, no qual a energia ativa injetada por meio da unidade consumidora é cedida à distribuidora local por meio de empréstimo gratuito, que posteriormente será compensado com o consumo de energia elétrica ativa (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015). Esse sistema de compensação adotado é conhecido como *net metering*, no qual a energia excedente que é injetada na rede é convertida em créditos de energia para posterior compensação, caso o consumo seja inferior à eletricidade gerada (IEI-BRASIL, 2017).

A Resolução Normativa nº 687/2015 alterou a redação do artigo 6º da Resolução Normativa nº 482/2012, estabelecendo que podem aderir ao sistema de compensação os consumidores responsáveis pela unidade consumidora e regulamentando a forma como ocorrerá a compensação, ao determinar que a energia injetada no sistema de distribuição será cedida, a título de empréstimo gratuito, para a distribuidora, ficando a unidade consumidora com um crédito em quantidade de energia ativa que poderá ser consumido no prazo de 60 (sessenta) meses, de acordo com as regras elencadas no mencionado artigo (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Em 2019, foi criado o Projeto de Lei nº 5.829/2019, com o objetivo de regulamentar e assegurar o mercado da micro e minigeração distribuída no Brasil (BRASIL, 2019). No ano de 2021, o projeto de lei passou pela Câmara dos Deputados e pelo Senado Federal. No dia 6 de janeiro de 2022, o Presidente da República sancionou o projeto de lei e instituiu o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) por meio da Lei Federal nº 14.300/2022 (BRASIL, 2022).

A Figura 8 apresenta uma linha do tempo referente ao marco regulatório da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) no Brasil.

Figura 8 - Linha do tempo: Marco regulatório da MMGD no Brasil



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de Agência Nacional de Energia Elétrica (2022).

Com a instituição do Marco Legal da MMGD, foi consolidada em lei a possibilidade de o consumidor utilizar o sistema de compensação de energia elétrica em sua conta de luz, através da utilização dos sistemas de micro ou minigeração distribuída. O Marco Legal representa um avanço para a transição energética, trazendo mais segurança jurídica e estabilidade para o mercado de energias alternativas, ao instituir, por meio de lei, a normatização dos sistemas de geração distribuída, substituindo as resoluções normativas da ANEEL.

A Lei Federal de nº 14.300/2022 altera algumas regras do sistema de compensação de energia da MMGD e estabelece novas regras, tais como a exigência da garantia de fiel cumprimento e a contratação de serviços ancilares mediante remuneração destes que serão regulamentados pela ANEEL (BRASIL, 2022). A lei prevê também a permanência na regra atual para os sistemas de MMGD solicitados antes do início da nova regra, os quais permanecem na REN 482/2012 até 31 de dezembro de 2045 (BRASIL, 2022). O início da regra de transição ocorrerá após 12 meses da publicação da lei, prevendo-se que quem protocolar a solicitação depois do início da regra pagará a tarifa de uso dos sistemas elétricos de distribuição (TUSD) de forma gradual por 6 anos, até chegar a 100% (BRASIL, 2022).

2.1.4.1 Modalidades de geração distribuída fotovoltaica no Brasil

Como visto anteriormente, em 2012, com a Resolução nº 482 da ANEEL, foram estabelecidas as regras para a Geração Distribuída no Brasil, passando a ser permitido e regulamentado que os consumidores gerem sua própria energia. Também foram estabelecidas as modalidades de GD permitidas pela legislação brasileira: geração na própria unidade consumidora, autoconsumo remoto, empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (UCs) — também conhecida como GD em condomínios — e geração compartilhada.

A geração na própria unidade consumidora, estabelecida na resolução de 2012 da ANEEL, é um sistema de geração de energia que se encontra instalado no mesmo endereço da unidade consumidora (UC), ou seja, o endereço da geração da energia é o mesmo do ponto de conexão com a rede da distribuidora e do consumidor final. Nesta modalidade, a UC — sendo ela residência, comércio ou indústria — gera a energia que será utilizada para abater em seu próprio consumo, não sendo possível transferir créditos excedentes para outras UCs (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

O autoconsumo remoto, também estabelecido na resolução de 2012 da ANEEL, é uma modalidade na qual o consumidor pode utilizar um único sistema de geração para gerar créditos e abater o consumo em outras unidades consumidoras. Assim, o sistema poderá ser instalado em uma UC e gerar créditos que beneficiem outras UCs, desde que todas essas unidades consumidoras pertençam ao mesmo titular e se encontrem na mesma área de concessão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012). O consumo da UC onde o sistema encontra-se instalado terá prioridade no abatimento e, em caso de excedente, este poderá ser destinado às outras UCs de titularidade do consumidor (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

O empreendimento de múltiplas UCs, estabelecido pela resolução da ANEEL de 2015, é uma outra modalidade de GD, também conhecida como GD em condomínios. Essa modalidade permite que unidades consumidoras de diferentes titularidades possam se beneficiar da GD, mas, para isso, elas devem fazer parte de um mesmo condomínio, seja ele residencial ou comercial, vertical ou horizontal. Para que essa modalidade seja possível, os interessados devem adquirir o sistema de geração e instalá-lo em uma área comum do condomínio. Assim, a energia gerada

pelo sistema será dividida de acordo com o que foi estabelecido pelos consumidores das UCs (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

A geração compartilhada, incluída pela resolução de 2015 da ANEEL, é uma modalidade que consiste na reunião de consumidores da mesma área de concessão da distribuidora, por meio de um consórcio ou cooperativa (composto por pessoa física ou jurídica), para criar uma UC e adquirir um sistema gerador, que será instalado nesta nova unidade consumidora. Os créditos gerados por ela serão destinados às UCs que compõem o consórcio/cooperativa. Essa modalidade difere das outras, pois o sistema de microgeração ou minigeração distribuída não precisa ser instalado no local onde os créditos serão abatidos, mas será instalado em local diferente das UCs onde será compensada a energia excedente (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

A possibilidade da instalação do sistema de geração distribuída em local diverso e até mesmo distante da unidade consumidora que recebe os créditos, na modalidade geração compartilhada, permite, no cenário energético de GD, uma nova forma de se utilizar da GD, mesmo quando não existem condições físicas para a instalação de um sistema na UC. Um exemplo é a criação de condomínios solares em áreas destinadas à instalação dos sistemas fotovoltaicos, ou seja, áreas destinadas para este tipo de instalação, que poderão ser divididos em lotes e vendidos ou alugados aos consumidores.

De acordo com a regulamentação da ANEEL, a geração distribuída de pequena escala de energia solar fotovoltaica no Brasil pode ser estabelecida dentre as modalidades mencionadas.

O Quadro 1 foi elaborado para destacar de forma resumida a diferença existente entre as modalidades de geração distribuída fotovoltaica no Brasil, de acordo com a resolução de n. 482 de 2012 da ANEEL e suas alterações.

Quadro 1 - Diferença existente entre as modalidades de geração distribuída fotovoltaica no Brasil, de acordo com a resolução de n. 482 de 2012 da ANEEL e suas alterações

Modalidade	Diferença
Geração na própria unidade consumidora	Não ocorre a transferência dos créditos da energia fotovoltaica gerada.
Autoconsumo remoto	Ocorre a transferência dos créditos da energia fotovoltaica gerada (de mesmo titular).

Empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras ou geração distribuída em condomínios	Unidades consumidoras de diferentes titularidades são beneficiadas pelos créditos gerados.
Geração compartilhada	Os créditos são usados por todos os que compõem o consórcio/cooperativa (possibilita a criação de condomínios e parques solares).

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de Agência Nacional de Energia Elétrica (2012, 2015).

Em consulta ao *site* da ANEEL, verificam-se os valores referentes à quantidade de unidades que geram energia, à quantidade das unidades que recebem os créditos da energia gerada, bem como à potência instalada de acordo com cada modalidade de Geração Distribuída. De acordo com a Tabela 1, no Brasil atualmente são consideradas estas quatro modalidades de GD, com destaque para a modalidade de autoconsumo remoto e de geração na própria unidade consumidora (UC).

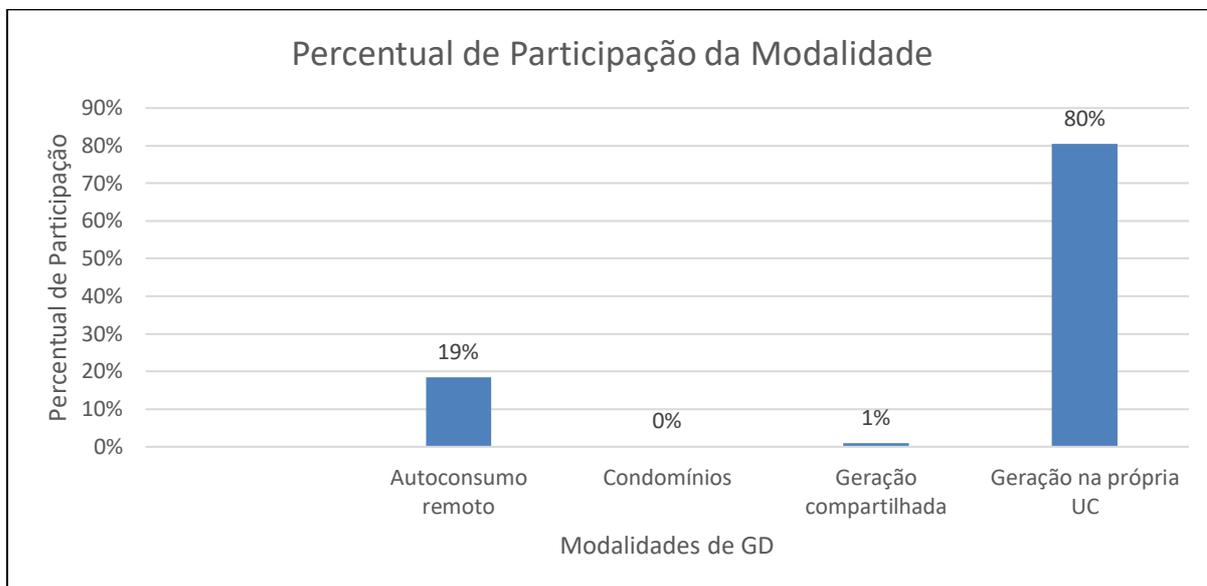
Tabela 1 - Unidades consumidoras com geração distribuída de acordo com a modalidade

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Modalidade	Quantidade	Quantidade de UCs	Potência Instalada (kW)
<u>Autoconsumo remoto</u>	44.590	132.182	744.267,31
<u>Condomínios</u>	189	703	4.534,95
<u>Geração compartilhada</u>	680	2.467	38.047,94
<u>Geração na própria UC</u>	275.495	275.495	3.230.771,29
Total de usinas:	320.954	410.847	4.017.621,49

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2020).

De acordo com os dados obtidos na página eletrônica da ANEEL (2020), o cenário energético de geração distribuída é composto pelas quatro modalidades apresentadas, e as modalidades de condomínios (empreendimentos de múltiplas UCs) e de geração compartilhada apresentam a menor potência instalada. As duas modalidades de destaque na produção de GD são a de autoconsumo remoto e a geração na própria UC. O percentual de representação das modalidades no total de potência instalada de geração distribuída no Brasil é exposto no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Percentual de participação de cada modalidade no total de potência instalada de geração distribuída no Brasil



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de Agência Nacional de Energia Elétrica (2020).

De acordo com o Gráfico 4, a geração na própria unidade consumidora é a modalidade mais comum e adotada no caso da geração distribuída, apresentando uma quantidade de 275.495 sistemas instalados e UCs que recebem os créditos. Essa modalidade representa 80% da potência total instalada de GD no Brasil. Em contraste, a participação do autoconsumo remoto, segunda modalidade mais adotada, representa 19% do total da geração distribuída no país.

Diante da sua representatividade, a modalidade de geração na própria unidade consumidora será objeto de estudo na presente pesquisa. A escolha desta modalidade de produção de energia fotovoltaica ocorre não só pela sua maior adoção, mas também pela mudança que proporciona, tornando o consumidor final o produtor da sua própria energia, e pelo seu grau de envolvimento com o sistema de geração distribuída.

A partir dos conceitos e características da energia solar fotovoltaica, verifica-se que essa tecnologia tem um caráter de ruptura da estrutura tradicional de geração e fornecimento de energia elétrica. Quando adotada a energia fotovoltaica por meio da geração distribuída, modifica-se a participação do consumidor no processo produtivo de energia, pois este passa a ser o “prosumidor”, ou seja, o consumidor é também produtor da energia elétrica que será consumida por ele mesmo e o seu excedente

será injetado na rede de distribuição para compensação ou venda de acordo com a regulamentação da sua região.

2.1.5 Mecanismos e programas de incentivo à geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil

A revisão da literatura identificou alguns mecanismos e programas de incentivo à geração distribuída de energia fotovoltaica utilizados em outros países. Dentre eles, destacam-se as tarifas-prêmio, os sistemas de cotas de energia, os incentivos financeiros e de concessão de crédito específicos para adoção da geração distribuída fotovoltaica. Faz-se necessário o levantamento destas informações no Brasil no intuito de entender como o país se posiciona quanto aos mecanismos e programas de incentivo à energia fotovoltaica.

No Brasil, a energia solar fotovoltaica pode ser produzida na forma de geração distribuída ou de geração centralizada, que seria o caso de usinas fotovoltaicas, onde o incentivo para este tipo de produção ocorre por meio de leilões específicos de energia. Como visto anteriormente, a ANEEL regula, por meio da Resolução n. 482 de 2012, o mecanismo de compensação à geração distribuída (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

O mecanismo de compensação de energia elétrica fotovoltaica é conhecido como *net metering*, no qual a energia excedente que é injetada na rede é convertida em créditos de energia para posterior compensação, caso o consumo seja inferior à eletricidade gerada, obtendo-se um prazo de até 60 meses de validade dos créditos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Além do mecanismo de compensação, o *net metering*, outros meios de promoção da geração distribuída fotovoltaica são financeiros, políticos e regulatórios, tais como subsídios à produção de componentes, empréstimos em condições diferenciadas, regulação fiscal e investimentos em pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis (DANTAS, 2020). Como exemplos, no Brasil, o Ministério de Minas e Energia criou, em 2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) para estimular a geração de energia na forma distribuída de fontes renováveis. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) encampa outros programas de incentivo: o Fundo Clima busca garantir recursos para apoiar projetos, estudos e empreendimentos de mitigação das mudanças climáticas, e o Luz

para Todos auxilia a instalação de sistemas fotovoltaicos isolados em unidades consumidoras sem acesso à energia elétrica (ROSA; GASPARIN, 2017). Além disso, a isenção de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento de energia solar e eólica foi estabelecida pelo convênio 101 do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) (ROSA; GASPARIN, 2017). O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também incentiva a geração distribuída fotovoltaica proporcionando condições diferenciadas de financiamento, baixa taxa de juros e prazo de amortização de até 20 anos.

Importante destacar que a maior parte dos países adota uma combinação de mecanismos de incentivos, adequando-os às suas necessidades e exigências de mercado, para a promoção da energia fotovoltaica. Dessa forma, a adoção de energia fotovoltaica está atrelada a incentivos de políticas públicas e incentivos financeiros para a instalação de sistemas (DANTAS, 2020).

2.2 Referencial teórico

2.2.1 Tecnologias disruptivas e inovação disruptiva

Diante do cenário estabelecido pelo surgimento da energia solar fotovoltaica, faz-se necessário o enquadramento desta tecnologia como uma inovação tecnológica disruptiva, tomando como base a teoria de Christensen (1997). A teoria da adoção e difusão terá o aporte da teoria de Rogers (1971) para entender o processo de aceitação de uma tecnologia disruptiva e radical e, assim, associar as barreiras encontradas neste processo.

Em 1997, Clayton M. Christensen lançou o livro "*The Innovator's Dilemma*" (em português, "O dilema do inovador"), no qual desenvolveu uma série de estudos para explicar o fracasso de algumas empresas respeitadas e bem-geridas (CHRISTENSEN, 1997). O autor construiu a teoria da inovação disruptiva, que se refere à inovação tecnológica em empreendimentos comerciais (KING; BAATARTOGTOKH, 2015). O livro tornou-se um *best-seller* na área de inovação. Alguns anos depois, em 2003, Clayton M. Christensen e Michael E. Raynor publicaram o livro "*The Innovator's Solution*", no qual substituíram o termo "tecnologia disruptiva" por "inovação disruptiva" e ampliaram a aplicação da teoria, passando a incluir, além

dos produtos tecnológicos, a inovação em modelos de negócios e serviços, e classificando as inovações disruptivas em *low-end* e de novo mercado (KING; BAATARTOGTOKH, 2015). Nessa obra, os autores argumentam que um dos elementos mais importantes da inovação disruptiva é a existência, em todos os mercados, de uma trajetória bem diferente de melhoria, na qual as empresas inovadoras oferecem e introduzem produtos novos e melhorados (CHRISTENSEN; RAYNOR, 2003).

A teoria da inovação disruptiva defende que é necessária uma trajetória de sustentação da inovação, para que ela possa superar as necessidades dos clientes, possua capacidade de responder a ameaças disruptivas, e para que os titulares não acabem em dificuldades em decorrência da interrupção (KING; BAATARTOGTOKH, 2015).

Danneels (2004) apresenta algumas visões diferentes sobre as definições dadas na teoria formulada por Christensen (1997). Uma das divergências refere-se à categorização das tecnologias disruptivas como mais simples, mais baratas e mais confiáveis e convenientes do que as já existentes. Danneels (2004) entende que estas podem ser características típicas de algumas tecnologias disruptivas, mas não são necessárias para que se classifique uma tecnologia como disruptiva.

As tecnologias disruptivas promovem uma mudança revolucionária na condução dos processos e operações do cenário em que estão inseridas, ao passo que podem gerar um grande crescimento no setor em que são aplicadas e criam um valor excepcional para os clientes menos satisfeitos com a tecnologia atual (KOSTOFF; BOYLAN; SIMONS, 2004).

Um ponto importante a ser destacado quando se fala em inovações disruptivas está relacionado ao custo dessa inovação e das tecnologias a serem utilizadas para o desenvolvimento do novo produto ou processo (TAKAMATSU; TOMITA, 2015). O alto custo a ser empregado para as inovações disruptivas costuma impactar o cliente/consumidor final, e este precisa estar disposto a arcar com esse valor para ter acesso àquela tecnologia ofertada.

Govindarajan e Kopalle (2006) têm uma visão mais ampla das inovações disruptivas, que difere um pouco da teoria de Christensen (1997). Este último autor considera as inovações como de baixo desempenho e de baixo custo, enquanto Govindarajan e Kopalle (2006) entendem a inovação disruptiva como *high end*, isto é, de baixo desempenho (com atributos inferiores aos tradicionais) e de alto custo.

Realizando uma análise dos estudos de outros autores, Govindarajan e Kopalle (2006) elencam algumas características das inovações disruptivas e as sintetizam em cinco: 1) a inovação apresenta um desempenho inferior aos atributos que os clientes valorizam; 2) os novos recursos oferecidos pela inovação não são valorizados pelos principais clientes; 3) geralmente, a inovação mais simples e barata é oferecida a um preço mais baixo em relação aos produtos já existentes; 4) ao ser introduzida no mercado, a inovação atrai clientes *low-end* e mais sensíveis ao preço, o que limita o potencial de lucro para os titulares; 5) e, com o tempo, as inovações desenvolvem novos atributos, melhorando o desempenho e passando a atrair os clientes comuns (GOVINDARAJAN; KOPALLE, 2006).

Govindaran e Kopalle (2006) fazem distinção entre as inovações radicais e as inovações disruptivas. A dimensão da radicalidade refere-se ao uso de tecnologias substancialmente novas em relação às usadas no mercado, já a “disruptividade” (no sentido de perturbação) refere-se ao valor que a inovação promove ao entrar no mercado, que, com o tempo, passa a interromper os produtos que os principais clientes usavam. Partindo dessa visão, os autores entendem que o radicalismo é uma dimensão da inovação que tem como base o uso da tecnologia, e a perturbação é uma dimensão baseada no mercado (GOVINDARAJAN; KOPALLE, 2006).

Ao diferenciar as inovações disruptivas das inovações radicais, Govindarajan e Kopalle (2006) estabelecem uma outra possibilidade para as inovações disruptivas, as que também são radicais: estas seriam oferecidas inicialmente a um preço mais alto do que os produtos já existentes no mercado. Mesmo sendo inovações disruptivas *high-end* (com tecnologia radical), os autores consideram que elas criam um “dilema do inovador” (teoria de Christensen) em virtude de: 1) no momento da introdução no mercado, os principais clientes ainda não valorizarem o desempenho da inovação; 2) a inovação apresentar um desempenho considerado ruim nos atributos que os clientes valorizam; 3) inicialmente, a inovação atrair um nicho de mercado emergente ou insignificante; 4) a inovação oferecer uma margem de lucro mais alta por unidade, porém o potencial de lucro parece limitado em virtude do menor tamanho do mercado (GOVINDARAJAN; KOPALLE, 2006).

Govindarajan e Kopalle (2006) apresentam uma visão mais geral das inovações disruptivas, ou seja, não se concentram na definição de menor preço e menor desempenho. Para os autores, a inovação disruptiva apresenta recursos, desempenho, atributos e preço diferentes de produtos existentes, o que se torna uma

combinação pouco atraente para os clientes tradicionais, em virtude do desempenho inferior nos atributos que são valorizados por estes e/ou um preço mais alto. Mesmo assim, um segmento diferente de clientes pode valorizar esses novos atributos (GOVINDARAJAN; KOPALLE, 2006).

Yu e Hang (2010), fundamentados no posicionamento de Christensen e Raynor (2003) e Govindarajan e Kopalle (2006), fazem uma revisão reflexiva sobre a teoria disruptiva. Os referidos autores relatam que, no estágio inicial de desenvolvimento, quando os produtos entram no mercado e são baseados em uma determinada tecnologia disruptiva, poderia servir apenas segmentos de mercado que valorizam atributos de desempenho não padrão (YU; HANG, 2010).

A tecnologia disruptiva e a inovação disruptiva podem ser diferenciadas, de acordo com suas definições mais conhecidas. A inovação disruptiva pode ser entendida como a introdução comercial de um produto, serviço, processo ou mudança organizacional que provoca a interrupção de atividades de atores já existentes em setor semelhante. Já a tecnologia disruptiva seria a tecnologia com potencial de gerar essa inovação disruptiva (MILLAR; LOCKETT; LADD, 2018) ou uma combinação de tecnologias já existentes ou de novas tecnologias criando produtos ou serviços, que, quando aplicados no cenário para o qual foram desenvolvidos, podem promover grandes mudanças de paradigmas na forma de consumo e comercialização (KOSTOFF; BOYLAN; SIMONS, 2004). Finalmente, as mudanças provocadas pelas tecnologias disruptivas alteram as bases da concorrência, ao passo que introduzem uma nova dimensão de desempenho dos produtos e serviços (DANNEELS, 2004). As mudanças na concorrência ocorrem principalmente em virtude de a tecnologia disruptiva conter atributos diferentes dos já existentes no mercado.

Danneels (2004) aponta algumas divergências dos pressupostos estabelecidos por Christensen (1997) e aborda as seguintes características para uma tecnologia disruptiva, resumidas no Quadro 2:

Quadro 2 - Características da tecnologia disruptiva segundo Danneels (2004)

Eventualmente, substitui as já existentes (costuma ser associada à substituição de tecnologia titular por entrante).
Inicialmente, satisfaz apenas um segmento de nicho de mercado (que valoriza as dimensões de desempenho que a tecnologia possui).
Conforme amadurece e se desenvolve, melhora a ponto de satisfazer (atender) os requisitos do mercado convencional.

As características dadas por Christensen (1997) (mais baratas, mais simples, mais confiáveis e convenientes do que as já estabelecidas) podem ser típicas de algumas tecnologias, mas elas não são necessárias a uma tecnologia disruptiva.

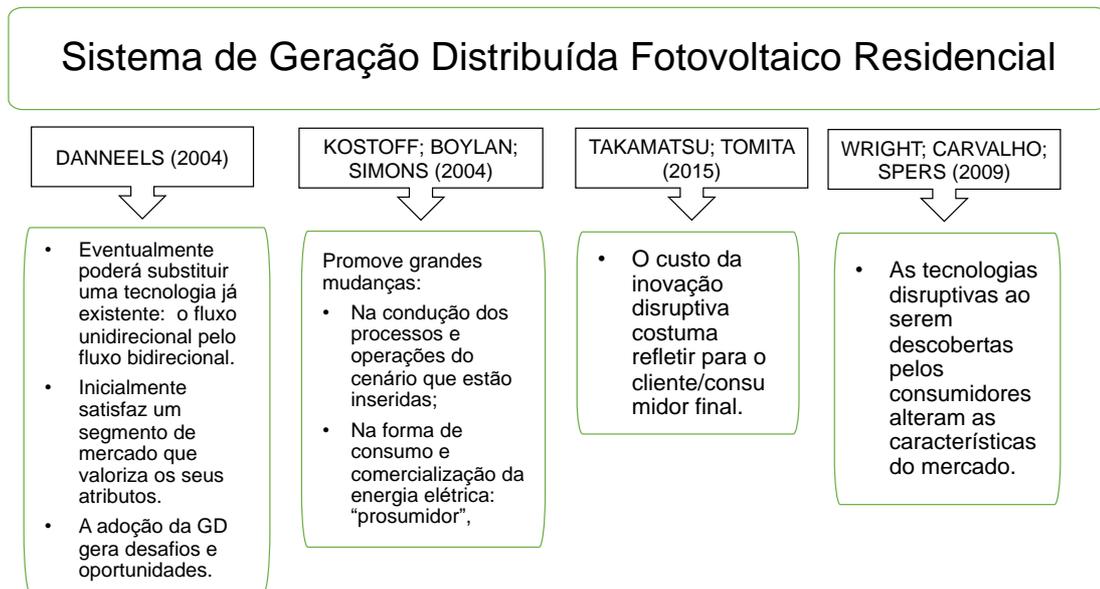
Costuma gerar muitos desafios e oportunidades.

Fonte: Danneels (2004).

Nesse sentido, as tecnologias disruptivas são aquelas que “não podem ser facilmente avaliadas por uma empresa dominante, mas, ao serem descobertas pelos consumidores, alteram as características iniciais do mercado e são incorporadas rapidamente por consumidores e novos produtores” (WRIGHT; CARVALHO; SPERS, 2009, p. 109).

A Figura 9 sintetiza as características de uma tecnologia disruptiva apresentadas pelos autores pesquisados.

Figura 9 - Sistema de geração distribuída fotovoltaico residencial e as características de uma tecnologia disruptiva



Fonte: Elaborado pela autora.

As características de uma tecnologia disruptiva elencadas na Figura 9 permitem compreender a geração distribuída fotovoltaica como tal. A geração distribuída é considerada uma tecnologia para a produção de energia, cujo objetivo é atender preferencialmente cargas locais (WRIGHT; CARVALHO; SPERS, 2009). Por seu turno, o sistema de geração distribuída fotovoltaica pode ser considerado uma

tecnologia disruptiva em virtude da mudança que promove na forma de produção/consumo de energia (EPE, 2018).

Para que uma tecnologia disruptiva seja introduzida no mercado, é necessário que ocorra uma série de processos preliminares. Considerando a geração distribuída fotovoltaica uma tecnologia disruptiva, que impacta significativamente a forma de produção e consumo de energia elétrica dos consumidores adotantes, faz-se necessário discutir as teorias que estudam a difusão de tecnologias e o seu processo de adoção, bem como as barreiras existentes para adoção de uma tecnologia pelos usuários.

2.2.2 Teorias da adoção e difusão de inovações tecnológicas

Para que uma inovação tecnológica seja adotada por uma parcela significativa do mercado, é necessário que os usuários finais estejam dispostos a aceitá-la. A adoção ou não de uma nova tecnologia pode estar relacionada a diversos fatores organizacionais, estruturais e pessoais. Por isso, alguns autores desenvolveram teorias para explicar os fatores que levam a adoção ou não da inovação.

As teorias da difusão de inovações podem ser analisadas de acordo com as perspectivas individual e organizacional. Destacam-se as seguintes teorias: a teoria da difusão da inovação de Rogers (1971), a Teoria da Ação Racional ou teoria do modelo de ação fundamentada (TRA) de Ajzen e Fishbein (1980), e a teoria do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) de Davis, Bagozzi e Warshaw (1989).

Na Teoria de Difusão de Inovações (TDI) de Rogers (1971), considera-se que a difusão é um tipo especial de comunicação, entendida como um processo bidirecional. Dito de outra forma, Rogers (1971) entende que a difusão seria um processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais de comunicação ao longo do tempo entre os membros de um sistema social. O conceito de difusão passa a ser estabelecido como uma forma de comunicação especial, isto é, como a interação entre indivíduos para a troca de informações referentes a uma nova ideia, e essa novidade no conteúdo da mensagem da comunicação confere à difusão um caráter especial (ROGERS, 1971). A novidade das informações comunicadas apresenta um certo grau de incerteza, e esta existe em virtude do conjunto de alternativas existentes a serem escolhidas em uma situação (ROGERS, 1971). Por fim, Rogers (1971) destaca que a difusão de uma inovação, às vezes, é

um processo muito difícil, mesmo quando a inovação apresenta vantagens óbvias em relação às tecnologias já existentes. O autor ressalta que, muitas vezes, as inovações precisam de um longo período, até alguns anos, para que sejam amplamente adotadas (ROGERS, 1971).

A difusão pode ocorrer por meio de sistemas centralizados e descentralizados. Assim, as decisões sobre como, quando e quem deve começar a difusão da inovação e de quais canais serão utilizados irão variar de acordo com o sistema utilizado. Na difusão por um sistema centralizado, as decisões costumam ser tomadas por um pequeno número de funcionários ou técnicos responsáveis pela inovação. Já no sistema descentralizado, essas decisões são compartilhadas entre clientes e possíveis adotantes da tecnologia e, assim, as redes horizontais entre os clientes são a principal ferramenta para espalhar as inovações (ROGERS, 1971).

A partir do conceito de difusão Rogers (1971), são identificados quatro elementos principais para a difusão de inovações, que são: a inovação, os canais de comunicação, o tempo e um sistema social. O elemento “inovação” é apontado pelo autor não apenas como uma novidade ou algo que envolva novos conhecimentos, mas também algo que já existe, mas que ainda não despertou uma atitude favorável ou desfavorável e nem foi adotado ou rejeitado. Assim, a novidade é expressa em termos de conhecimento, persuasão ou decisão de adoção (ROGERS, 1971).

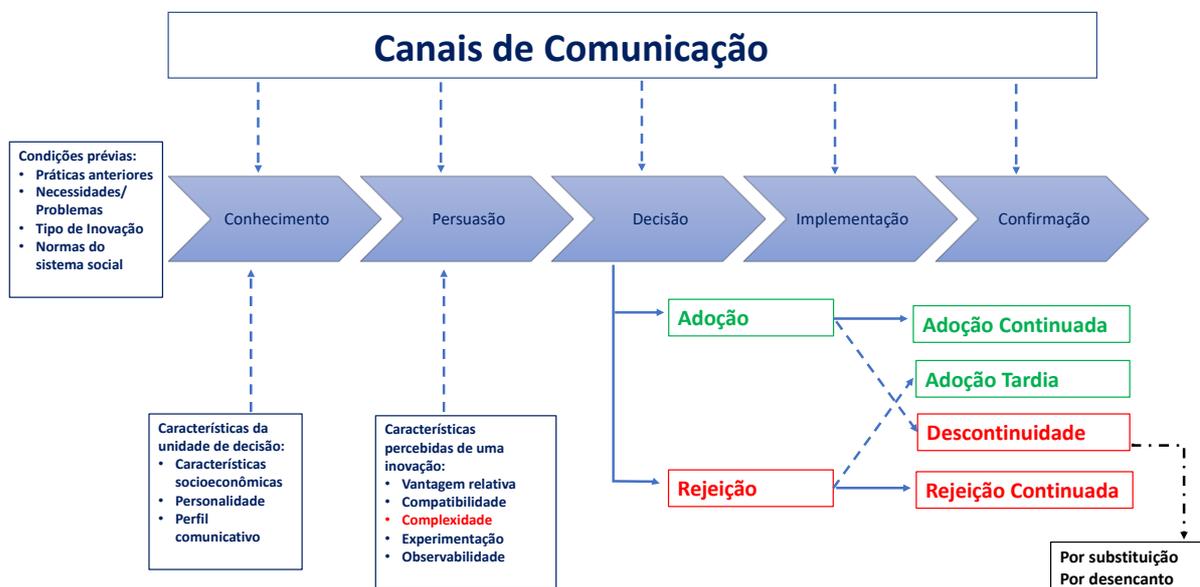
O elemento “canal de comunicação” relaciona-se ao conceito de difusão a partir da troca de informações novas entre um ou vários indivíduos. Esse elemento conecta a inovação a duas unidades: de um lado, um indivíduo ou unidade de adoção que possui conhecimento ou experiência no uso da inovação; e, do outro, o que não possui conhecimento ou experiência no uso da inovação. Dentre os canais de comunicação estão os canais de mídia e os canais interpessoais (ROGERS, 1971).

O “tempo” é um dos elementos do processo de difusão, verificado na inovação através do processo de decisão, pelo qual um indivíduo passa do primeiro conhecimento sobre a inovação, por meio de sua adoção ou rejeição, assim como da rapidez ou atraso com que uma inovação é adotada e da taxa de adoção de uma inovação em um sistema ou número de indivíduos em um determinado período. A inclusão da variável de tempo é um ponto forte na teoria de Rogers e tem como objetivo medir a dimensão do processo de adoção de uma tecnologia (ROGERS, 1971).

Outro elemento do processo de difusão é o sistema social, definido como um conjunto de unidades inter-relacionadas que buscam uma solução conjunta de problemas para atingir um objetivo comum, que pode ser composto por indivíduos, grupos informais, organizações ou subsistemas. Assim, o sistema social constitui um limite dentro do qual a inovação se difunde, ou seja, é no sistema social que a difusão ocorre (ROGERS, 1971).

A partir da difusão, as inovações podem ser adotadas ou rejeitadas. Essa decisão pode ser individual, coletiva ou proveniente da autoridade dos membros do sistema social. O processo de decisão referente a uma inovação envolve cinco etapas, que são: conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação. A decisão da adoção ou rejeição de uma inovação ocorre com base nas informações dos vários estágios deste processo, que tem como objetivo diminuir a incerteza sobre a tecnologia (ROGERS, 1971). O processo de decisão, de acordo com a teoria da difusão de Rogers (1971), encontra-se ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Etapas do Processo de Difusão de acordo com a TDI de Rogers



Fonte: Traduzido e adaptado de Rogers (1971, p. 165).

De acordo com Rogers (1971), a decisão de adotar uma inovação é acompanhada de incerteza. A Figura 10 representa o processo de comunicação necessário para que uma inovação possa ser adotada, partindo do conhecimento para

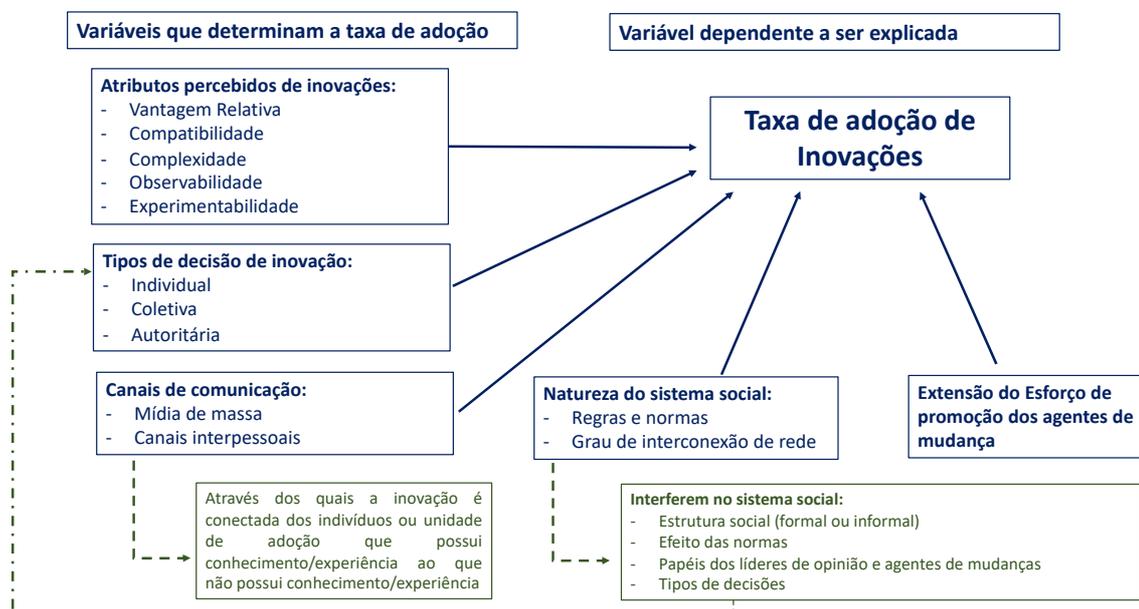
a geração de uma atitude em relação à tecnologia a ser adotada. O conhecimento e a persuasão que o indivíduo ou unidade de adoção adquire fundamentam sua decisão de adotar ou não.

Nesse sentido, o processo de difusão da TDI de Rogers (1971) está caracterizado pelas seguintes etapas: i) etapa do conhecimento, quando ocorre a exposição da inovação e o entendimento de como ela funciona; ii) etapa de persuasão, referente à formação de uma atitude favorável ou não em relação à inovação e seus atributos; iii) etapa de decisão, que consiste nas atividades de escolha ou rejeição; iv) etapa de implementação, constituída pelo uso da inovação; e v) etapa de confirmação, que reforça ou reverte a decisão tomada em relação à inovação. Ao ser revertida, uma decisão pode levar à descontinuidade (adotou inicialmente, mas passa a rejeitar a inovação) ou à adoção tardia (rejeitou inicialmente, mas foi exposto a informações que mudaram sua decisão).

Rogers (1971) estabelece que a taxa de adoção de uma inovação é uma variável dependente, que será influenciada pelos cinco atributos percebidos de uma inovação, pelo tipo de decisão (individual, coletiva ou de autoridade), pela natureza dos canais de comunicação (mídia de massa ou interpessoal), pela natureza do sistema social (normas e o grau de interconexão entre os indivíduos) e pela extensão dos esforços de promoção dos agentes de mudança.

Para prever a taxa de adoção de uma tecnologia, Rogers (1971) utiliza uma classificação-padrão para descrever os atributos percebidos das inovações em termos universais, que são: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, experimentabilidade e observabilidade. Tais atributos são considerados variáveis independentes na explicação da variável dependente, que é a taxa de adoção de uma inovação (ROGERS, 1971). A representação das variáveis que determinam a taxa de adoção encontra-se na Figura 11.

Figura 11 - Variáveis que determinam a taxa de adoção de inovações de acordo com a TDI de Rogers



Fonte: Traduzido e adaptado de Rogers (1971, p. 233).

A Figura 11 apresenta as variáveis que influenciam a taxa de adoção de inovação, que são: atributos da inovação, canais de comunicação, tipos de decisão, sistema social e esforço de promoção dos agentes de mudança. Os atributos estabelecidos por Rogers (1971) são considerados características inerentes à inovação, e a percepção destes por potenciais adotantes tem um importante papel na taxa de adoção.

O atributo da vantagem relativa é o grau em que uma inovação é percebida como melhor que outra. Costuma ser expresso por meio de lucratividade econômica, de concessão de status social ou de outras maneiras. A diminuição no preço durante o processo de difusão facilita uma rápida taxa de adoção, assim como as inovações que recebem incentivos ou subsídios dados por agências a clientes para acelerar a adoção e as inovações altamente visíveis, que costumam ser adotadas motivadas pelo *status* (ROGERS, 1971).

A compatibilidade é um atributo utilizado para perceber se a inovação é consistente com os valores existentes, as experiências passadas e as necessidades dos potenciais adotantes. Envolve valores e crenças culturais, ideias previamente introduzidas ou as necessidades dos clientes para a inovação. Assim, quanto mais

compatível, menos incerta será a inovação para o potencial adotante (ROGERS, 1971).

Com relação ao atributo da complexidade da inovação, Rogers (1971) estabelece que se trata da percepção dos usuários sobre a facilidade ou dificuldade de entender e usar a nova tecnologia. Este atributo pode estar relacionado de forma negativa com a taxa de adoção, conforme percebido pelos membros do sistema social. Diferentemente do que ocorre com o atributo da experimentação, referente à possibilidade de a inovação ser testada, possibilita uma diminuição da incerteza para o adotante e se reflete de forma positiva no índice de adoção (ROGERS, 1971).

O último atributo listado é a observabilidade, ou seja, o grau em que os resultados de uma inovação são visíveis para outras pessoas. Logo, este atributo relaciona-se positivamente com a taxa de adoção. É mais facilmente observado em relação aos objetos materiais ou físicos da inovação tecnológica (ROGERS, 1971). Dessa forma, a parte que consiste na base de informações da tecnologia possui menos observabilidade, o que ocasiona uma maior lentidão nas taxas de adoção (ROGERS, 1971).

Maior será a taxa de adoção de uma inovação quanto mais favorável for a percepção dos potenciais adotantes em relação aos atributos listados por Rogers (1971). A taxa de adoção sofre influência também de outras variáveis listadas na Figura 10, que são: o tipo de decisão de inovação, isto é, se esta decisão é individual, coletiva ou autoritária; os canais de comunicação utilizados para difundir a inovação, ou seja, se mídia de massa ou canais interpessoais; a natureza do sistema social no qual a inovação se encontra inserida, de acordo com regras e normas estabelecidas e o grau de interconexão da rede; e a extensão do esforço de promoção dos agentes de mudança. Assim, Rogers (1971) estabelece que a adoção e a difusão de uma inovação dependem dos cinco atributos percebidos pelos futuros adotantes. A percepção da satisfação destes atributos irá determinar a adoção ou rejeição da tecnologia.

Outras duas teorias da difusão de inovações tomam como base a intenção comportamental de usar/adotar a inovação. São elas: a Teoria da Ação Racional e a teoria do Modelo de Aceitação de Tecnologia.

A Teoria da Ação Racional (TRA) de Fishbein e Ajzen (1975) é um modelo muito utilizado pela psicologia social para determinar comportamento pretendido conscientemente. Para esta teoria, uma pessoa desempenha um comportamento

específico, determinado pela sua intenção comportamental de realizar aquele comportamento. Essa intenção é determinada pela atitude da pessoa e pela norma subjetiva em relação ao comportamento (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989).

A intenção comportamental na TRA é medida pela atitude em relação ao comportamento e à influência de terceiros e pela norma subjetiva. Por atitude, a teoria considera as crenças do indivíduo sobre os méritos do comportamento e sua avaliação desse comportamento. Já a norma subjetiva é composta pelas crenças normativas que o indivíduo possui em relação a terceiros e a sua motivação para atender à pressão ou expectativa social (MAZZAROL; REBOUD, 2017).

A Teoria da Ação Racional é um modelo mais geral, ou seja, não especifica quais são as crenças que influenciam o comportamento específico. Para usar essa teoria, os pesquisadores devem identificar quais as crenças relevantes para os sujeitos, cujo comportamento está sendo investigado (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989).

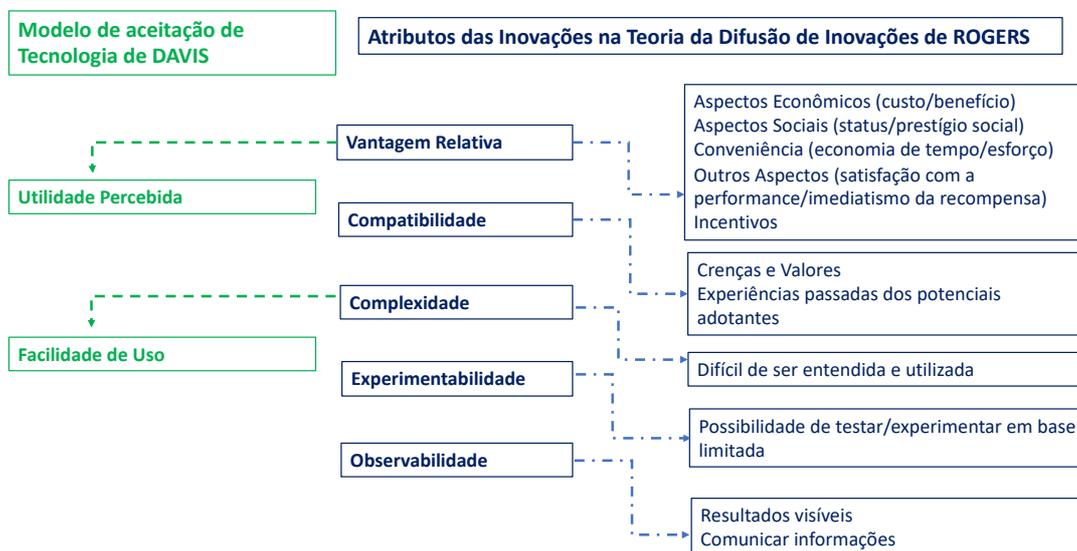
A TRA foi adaptada por Davis, em 1986, para modelar a aceitação de usuários de sistemas de informação, surgindo, assim, o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). Tomando por base a intenção comportamental, a TAM procura explicar a adoção da tecnologia em termos das atitudes e percepções daqueles que podem ser os adotantes da inovação. De acordo com a teoria, são as atitudes dos adotantes em relação à tecnologia que influenciam a intenção comportamental de adotar ou rejeitar (MAZZAROL; REBOUD, 2017). Dentre as atitudes dos adotantes, podem-se destacar a sua percepção sobre a facilidade de uso da inovação e sobre a sua utilidade. Nesse modelo, a percepção dos adotantes é muito importante para a difusão da tecnologia. Podem ocorrer baixa adoção e falhas na difusão da inovação quando ela é vista como muito complexa ou de difícil implementação ou quando não se percebem vantagens significativas em relação às tecnologias já existentes (MAZZAROL; REBOUD, 2017).

No Modelo de Aceitação de Tecnologia, a atitude em relação à inovação sofre influência de variáveis externas, que são a percepção da facilidade de uso da tecnologia e a utilidade percebida. A percepção da facilidade de uso da tecnologia refere-se a se os adotantes consideram que a sua utilização não necessita de maiores esforços. Já a utilidade percebida pode ser verificada por um melhor desempenho em relação a outras tecnologias já existentes. Tais variáveis influenciam na intenção comportamental de usar ou não a tecnologia (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989).

Tomando como base a classificação de Rogers (1971) em cinco atributos, a melhor maneira de promover a adoção e a difusão de uma tecnologia seria demonstrar aos usuários que ela preenche os atributos necessários para sua aceitação. Nesse sentido, sempre que os usuários puderem perceber que a tecnologia apresenta uma vantagem relativa, que a sua utilização é compatível, que o nível de complexidade pode ser superado e que existem bons retornos em relação ao uso da tecnologia, eles passam a adotá-la.

A partir da análise das teorias apresentadas, verifica-se que a teoria de Davis, Bagozzi e Warshaw (1989) e a de Rogers (1971) possuem aspectos em comum. As duas estudam as atitudes e percepções dos potenciais adotantes de uma tecnologia, ou seja, estudam comportamento. O Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis (1989) divide-se em duas variáveis, que podem ser identificadas no modelo de Rogers (1971), conforme mostra a Figura 12:

Figura 12 – Comparativo Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis e os Atributos da Inovação na TDI de Rogers



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos conceitos das teorias de Davis, Bagozzi e Warshaw (1989) e de Rogers (1971).

A Figura 12 apresenta a relação entre as variáveis analisadas no Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis (1989) e os atributos das inovações da TDI de

Rogers (1971), que representam variáveis independentes, as quais influenciam a taxa de adoção de uma inovação. Nesse sentido, verifica-se que a teoria de Rogers possui aspectos mais abrangentes para a análise das atitudes e percepções de adotantes e potenciais adotantes de tecnologias inovadoras.

A adoção de uma tecnologia encontra-se relacionada a todo um contexto que envolve e influencia a tomada de decisão dos usuários. O processo de adoção e difusão de uma inovação disruptiva pode promover grandes perturbações no mercado, assim como pode gerar novas oportunidades de negócios. Como visto no tópico referente aos modelos de negócios fotovoltaicos, por exemplo, a adoção da tecnologia fotovoltaica provocou o surgimento de novos modelos de negócios no mercado de energia e da construção civil.

De acordo com Rogers (1971), é necessário incorporar informações para reduzir a incerteza de uma inovação tecnológica. Para o autor, a adoção e difusão de inovações se configuram em uma estrutura baseada em informações e incertezas. Assim, é necessário um processo de adoção e difusão com ênfase na comunicação ativa sobre a nova tecnologia e suas vantagens, bem como a participação dos agentes de mudança (mercado, governo, indústria e consumidores) no engajamento de novas atividades que possam dar suporte ao processo de tomada de decisão (ROGERS, 1971).

Rogers (1971) considera os termos “inovação” e “tecnologia” como sinônimos. O autor estabelece que a tecnologia possui dois componentes: o aspecto de *hardware*, que representa os objetos materiais ou físicos incorporados à tecnologia; e o aspecto de *software*, que é a base de informações que permite usar a ferramenta. Rogers (1971) destaca que, normalmente, as inovações são mais percebidas pelos seus aspectos físicos, ou seja, de *hardware*, mas que são os aspectos de *software* que contribuem para a redução das incertezas em relação à tecnologia. Rogers (1971) ressalta ainda que uma inovação tecnológica tem, pelo menos, algum grau de benefício ou vantagem para os adotantes, mas que nem sempre ela é clara, o que pode levar à dúvida de que ela é uma alternativa superior à tecnologia a ser substituída.

Um exemplo para ilustrar esses aspectos de uma inovação de acordo com a teoria de Rogers (1971) seria o uso do sistema de geração distribuída fotovoltaico. A tecnologia é mais facilmente associada ao seu aspecto físico, ou seja, de *hardware*, que são as placas solares. Mas a inovação tecnológica da GD fotovoltaica representa

muito mais do que apenas os aspectos físicos mais conhecidos, uma vez que a adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico representa um processo de transformação na sociedade atual: uma mudança no cenário tradicional de fornecimento de energia elétrica, com o surgimento do “prosumidor”.

Tomando como base a TDI de Rogers (1971), pode-se propor a associação do uso da tecnologia fotovoltaica e a sua difusão ao conhecimento e à comunicação ativa, que, muitas vezes, pode ocorrer por parte das empresas, e ao surgimento de novos modelos de negócios para que o mercado e os consumidores possam adotar a tecnologia, contando também com a participação do governo nas regulamentações.

Como visto neste tópico, a geração distribuída (GD) pode ser considerada uma tecnologia disruptiva, pois a sua adoção reflete-se diretamente em mudanças no setor elétrico. Assim, podem-se destacar algumas transformações no setor elétrico, relacionadas ao operador do sistema, às concessionárias de energia, ao consumidor, ao meio ambiente, dentre outros aspectos.

Na perspectiva da concessionária de energia, destacam-se as mudanças nos investimentos em transmissão e distribuição de energia, o que pode tornar a geração distribuída uma ameaça ao modelo de negócio praticado dentro do atual contexto regulatório. Na perspectiva do consumidor, a adoção do sistema fotovoltaico irá representar uma economia relativa à compra de energia da rede, ou seja, ele não ficará exposto aos aumentos tarifários regulares e aos de caráter extraordinário. Por fim, do ponto de vista ambiental, a GD pode representar uma alternativa para os problemas das mudanças climáticas e da poluição (IEI-BRASIL, 2017).

No entanto, como toda inovação disruptiva, a GD encontra também barreiras à sua adoção, como o alto custo de sua instalação, a falta de incentivos fiscais e a não disposição dos consumidores em fazer este investimento em eficiência energética (IEI-BRASIL, 2017). No Brasil, alguns desafios são o custo de implantação do sistema, os problemas técnicos relativos ao fornecimento de energia, a entrada e saída da rede de distribuição, questões comerciais que afetam as concessionárias e o mercado, e também regulatórias, com a ausência de políticas e instrumentos que incentivem a GD (JUNIOR; MENDES, 2016). Ressalta-se, por outro lado, que a adoção da geração distribuída fotovoltaica recebe apoio da sociedade, motivada por questões econômicas e ambientais (IEI-BRASIL, 2017).

2.2.3 Barreiras à adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica

O surgimento de novos modelos de negócios, mecanismos e programas de incentivos é apenas o primeiro passo dado pelos agentes envolvidos nessa mudança. A adoção da tecnologia pelos consumidores, de modo geral, ainda apresenta muitas barreiras, que precisam ser superadas para a utilização desta energia em escala proporcional à sua potencialidade.

Como visto na subseção anterior, o processo para a adoção de uma tecnologia disruptiva é complexo, e vários fatores influenciam essa decisão. Assim ocorre com a energia solar fotovoltaica: o processo para sua difusão e adoção possui diversas barreiras que podem estar inter-relacionadas e que são apresentadas de acordo com a revisão sistemática da literatura.

Garlet *et al.* (2019) definem que a difusão é o processo pelo qual indivíduos e empresas adotam ou substituem uma tecnologia. Na geração distribuída fotovoltaica, esse processo é lento, marcado por conflitos entre custos econômicos e benefícios ambientais e pela incongruência com as tecnologias existentes, ou seja, possui incertezas tecnológicas, econômicas e sociais (GARLET *et al.*, 2019). Para estabelecer as barreiras à adoção da energia fotovoltaica encontradas na literatura, é necessário entender que elas representam obstáculos ao desenvolvimento da tecnologia. Adotando a classificação utilizada por Garlet *et al.* (2019), as barreiras à adoção da energia fotovoltaica podem ser classificadas em cinco dimensões: técnicas, econômicas, sociais, gerenciais e políticas.

Por meio do levantamento sistemático da literatura, foram encontrados autores que classificam as barreiras existentes à adoção da energia fotovoltaica. São eles: Garlet *et al.* (2019), Rigo *et al.* (2019), Curtius (2018), Horváth e Szabó (2018), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi *et al.* (2017). Esses autores abordam os principais conceitos e a divisão em dimensões ou categorias das barreiras apresentadas.

As dimensões das barreiras à adoção de energia fotovoltaica estão classificadas na Figura 13:

Figura 13 – Classificação em dimensões das barreiras à adoção de energia fotovoltaica



Fonte: Elaborado pela autora com base em Garlet *et al.* (2019), Rigo *et al.* (2019), Curtius (2018), Horváth e Szabó (2018), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi *et al.* (2017).

A Figura 13 ilustra a classificação das barreiras de acordo com as dimensões encontradas a partir da revisão sistemática da literatura. Apesar da existência de cinco dimensões distintas, as barreiras descritas em cada uma delas encontram-se inter-relacionadas, pois todas são relativas às dificuldades encontradas para adoção e difusão da energia fotovoltaica no mundo. As cinco dimensões das barreiras serão analisadas separadamente para o melhor entendimento de cada uma delas.

2.2.3.1 Barreiras técnicas/tecnológicas

As barreiras técnicas ou tecnológicas estão relacionadas a aspectos limitantes que afetam a qualidade dos sistemas fotovoltaicos utilizados, à durabilidade dos painéis, à falha dos componentes, à confiabilidade na operação, e às manutenções e serviços ignorados ou não incluídos no projeto fotovoltaico desenvolvido. Incluem também limitações de desempenho de componentes do sistema, tais como baterias e conversores, além da baixa eficiência de conversão dos módulos fotovoltaicos (GARLET *et al.*, 2019).

No caso dos sistemas fotovoltaicos de geração distribuída instalados de forma autônoma, as barreiras técnicas representam uma preocupação para o consumidor que resolve adotar a tecnologia, tendo em vista as questões que podem surgir após a instalação de um sistema, referentes ao armazenamento, à duração de baterias, à qualidade dos painéis e do inversor e à falta de suporte profissional após a instalação do sistema. Todos esses pontos são compreendidos como barreiras técnicas.

Outras barreiras técnicas são as oscilações da fonte de energia solar, a má orientação solar das residências e a arquitetura dos telhados, tendo em vista que a exposição solar é fundamental para o bom funcionamento de um sistema fotovoltaico. As oscilações da fonte de energia são um problema apontado como uma preocupação por parte das concessionárias (GARLET *et al.*, 2019).

As barreiras técnicas estão relacionadas à capacidade de rede, à segurança de abastecimento e aos riscos de desempenho relativos ao sistema fotovoltaico instalado (HORVÁTH; SZABÓ 2018). Abdullahi *et al.* (2017) apontam que essas barreiras resultam em um bloqueio da tecnologia, podendo levar a planos e padrões insatisfatórios, a restrições do mercado competitivo, ao conhecimento inadequado sobre a tecnologia e à aceitação do risco de adotar a tecnologia.

2.2.3.2 Barreiras econômicas/financeiras

As barreiras econômicas são apontadas como as de maior importância para os potenciais usuários de um sistema fotovoltaico, pois, ao instalar um sistema, o consumidor preocupa-se com o benefício econômico que pode ser gerado. Destaca-se que as variações das tarifas de energia também influenciam a análise econômica do investimento (GARLET *et al.*, 2019).

No estágio inicial, os projetos de energia fotovoltaica precisam de incentivos para encorajar os empreendedores. Isso porque as barreiras financeiras e econômicas dificultam a sua adoção e manutenção devido à existência de restrições financeiras dos possíveis usuários (ABDULLAHI *et al.*, 2017). A falta de crédito para os consumidores, a falta de subsídios e as altas taxas de juros são pontos de destaque na barreira econômica/financeira.

Outras barreiras econômicas à adoção da tecnologia podem ser identificadas. O custo inicial para instalação de um sistema fotovoltaico é alto e representa o principal obstáculo para implantação em larga escala dos sistemas, embora a

tendência seja que o custo diminua com o tempo. O tempo de retorno do investimento também é um importante fator para que seja avaliada a sua viabilidade. Além disso, há a necessidade de financiamentos para a compra dos sistemas por parte dos consumidores e não apenas para as empresas (GARLET *et al.*, 2019). No mais, são consideradas como barreiras econômicas/financeiras os altos custos de manutenção do sistema fotovoltaico, a possibilidade da perda de dinheiro pelo usuário que instalou o sistema ao se mudar de casa e o preço da carga de energia (RIGO *et al.*, 2019).

2.2.3.3 Barreiras sociais/culturais/comportamentais

Os desafios socioculturais estão relacionados à aceitação de mudanças locais e à adoção de novas tecnologias. O contexto sociocultural tem forte influência na adoção da tecnologia: é ele quem determina a capacidade da comunidade de integrar a geração fotovoltaica às suas estruturas sociais já existentes (GARLET *et al.*, 2019).

Existem barreiras e preocupações sociais e comportamentais que afetam negativamente a projeção e a expansão do mercado fotovoltaico. Essas barreiras podem ser a falta de conscientização do consumidor, a falta de informações sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica e a resistência do público a novas tecnologias (ABDULLAHI *et al.*, 2017).

É importante destacar a participação dos cidadãos e da comunidade para o sucesso da adoção da energia fotovoltaica. A falta de conhecimento adequado sobre a tecnologia fotovoltaica torna os potenciais adotantes inseguros quanto ao desempenho da tecnologia. Isso ocorre em virtude de a compra de um sistema fotovoltaico ser uma decisão de alto envolvimento, na qual os usuários potenciais investem tempo e consideração substanciais antes de tomar a decisão (GARLET *et al.*, 2019).

A falta de conhecimento e de informações sobre o funcionamento de um sistema fotovoltaico representa uma barreira crucial entre os adotantes e não adotantes da tecnologia. Por parte dos adotantes, pode resultar em um uso impróprio e na incapacidade de manter o sistema em funcionamento, criando uma percepção negativa para os clientes em potencial. Os não adotantes, como arquitetos e engenheiros, muitas vezes não possuem conhecimento suficiente sobre as vantagens de construir os sistemas fotovoltaicos integrados ao planejar novos projetos, razão pela qual eles não oferecem tais sistemas aos potenciais adotantes (KARAKAYA;

SRIWANNAWIT, 2015). Para os que ainda não adotaram a tecnologia, a falta de informações gera insegurança para a adoção. Ressalta-se que o risco e a complexidade da tecnologia dependem da percepção dos adotantes, a qual tem grande impacto direto na decisão de adotar ou não (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

2.2.3.4 Barreiras de mercado/gerenciais

As barreiras de mercado e gerenciais estão relacionadas à gestão inadequada, o que pode impedir o processo de adoção e difusão de uma tecnologia. Elas podem incluir serviços relacionados a um atendimento pós-venda deficiente ou negligenciado das empresas que instalam os sistemas fotovoltaicos ou pessoas inexperientes que visam apenas à venda dos sistemas, sem oferecer serviços de manutenção adequados e confiáveis para tomada de decisão (GARLET *et al.*, 2019).

Há várias barreiras de mercado/gerenciais à adoção e difusão dos sistemas fotovoltaicos. A gestão insuficiente e inadequada é uma das principais, pois representa um portfólio inadequado de negócios da empresa para o mercado-alvo. Outra barreira é a falta de colaboração entre a indústria da construção e a indústria fotovoltaica, que dificulta a expansão do mercado (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). Além disso, a publicidade negativa e a utilização de abordagens de marketing ineficazes promovem a falta de conhecimento entre adotantes e instaladores, resultando em um uso impróprio e em uma percepção negativa dos sistemas, que impedem que clientes em potencial tomem sua decisão (GARLET *et al.*, 2019). A barreira da baixa consciência de tecnologia ou da falta de conhecimento e de informações também se encontra relacionada à barreira de abordagens de marketing ineficazes ou à falta de campanhas educacionais que tenham como objetivo propagar as informações sobre os benefícios de um sistema fotovoltaico.

Outras barreiras de mercado estão relacionadas ao controle do setor energético. O mercado fotovoltaico está sujeito a uma concorrência imperfeita com tecnologias convencionais já consolidadas, o que se reflete nas barreiras comerciais existentes para novos produtos, tais como impostos e taxas aplicadas aos sistemas fotovoltaicos que impedem a penetração da tecnologia no mercado (ABDULLAHI *et al.*, 2017).

2.2.3.5 Barreiras políticas/regulatórias/institucionais

As barreiras políticas, regulatórias e institucionais resultam da instabilidade política e da falta de políticas de incentivo à geração fotovoltaica. O mercado fotovoltaico é caracterizado pelos altos preços dos equipamentos e instalações dos sistemas, o que o torna pouco atrativo e lucrativo, necessitando de apoio de políticas públicas. Nesse sentido, as ações governamentais de apoio à criação de empresas são importantíssimas para o processo de difusão da tecnologia fotovoltaica (GARLET *et al.*, 2019). Além disso, a falta de regras bem definidas para a implementação de sistemas fotovoltaicos constitui outra barreira, uma vez que um plano bem definido é necessário para quantificar os benefícios da adoção de um sistema. Outra barreira é o excesso de burocracia, as restrições à construção, as restrições de localização e a necessidade de autorizações (GARLET *et al.*, 2019).

Um fator determinante nas barreiras institucionais é o quadro jurídico, ou seja, a falta de regulamentações bem definidas ou a ausência de questões de integração da matriz energética na pauta legislativa do país. A falta de políticas institucionais de incentivo à geração fotovoltaica, a falta de comunicação com os formuladores de políticas públicas, a não participação do setor privado e a não interferência das partes interessadas são barreiras que prejudicam a adoção e difusão da tecnologia (ABDULLAHI *et al.*, 2017).

O apoio político insuficiente e ineficaz é frequentemente mencionado como uma barreira à adoção e difusão de sistemas fotovoltaicos. Para muitos países, o baixo preço da eletricidade e os altos custos para instalação de um sistema fotovoltaico representam barreiras que, em muitos casos, favorecem que os potenciais adotantes prefiram subsídios diretos de incentivo à adoção da tecnologia à realização de empréstimos (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). A tributação também inibe a adoção de sistemas fotovoltaicos, assim como a deficiência em sistemas de compensação de energia e as mudanças contínuas nas reduções de tarifa *feed-in*. Os governos precisam definir preços de compra, período de elegibilidade e tipo de incentivo para que possam aumentar os investimentos em energia fotovoltaica (HORVÁTH; SZABÓ, 2018).

Nesse sentido, as barreiras políticas, regulatórias e institucionais são reflexo da falta de fatores políticos estáveis que possam promover uma revisão tarifária, superar as fronteiras burocráticas, a dependência tecnológica e as questões de importação,

assim como adotar um *mix* de políticas de incentivos e subsídios bem-coordenados e implantar uma cooperação e participação das partes interessadas na política energética do país (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

De acordo com as dimensões adotadas das barreiras, o Quadro 3 apresenta os conceitos das barreiras identificadas de acordo com as dimensões a que elas pertencem:

Quadro 3 – Dimensões ou tipo das barreiras à geração distribuída fotovoltaica identificadas na literatura

Dimensão ou tipo de barreira	Barreiras identificadas	Referencial teórico
Econômica/financeira	Alto custo dos módulos solares para instalação (alto custo do investimento inicial); Altos custos de manutenção; Falta de recursos financeiros (dependência de financiamento, falta de acesso a crédito, altas taxas de juros); Longo período de retorno do investimento (problemas de lucratividade); Risco de perder dinheiro em casos de mudança de domicílio; Impostos e taxa de utilização do serviço de distribuição.	Garlet <i>et al.</i> (2019), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Rigo <i>et al.</i> (2019)
Técnica/tecnológica	Baixa durabilidade do sistema fotovoltaico (ciclo de vida não calculado); Má qualidade do sistema fotovoltaico (produto não confiável); Instalações sem suporte profissional (falta de pessoal qualificado); Implementação de projetos isolados P&D com abordagens diferentes (pouco incentivo à P&D); Natureza oscilante da fonte fotovoltaica (baixa eficiência energética); Má orientação solar das residências e arquitetura do telhado.	Garlet <i>et al.</i> (2019), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Horváth e Szabó (2018)
Social, cultural e comportamental	Cultura do consumo pouco engajada com sistemas fotovoltaicos (falta de conscientização do consumidor); Falta de conhecimento e informação sobre o funcionamento da tecnologia fotovoltaica; Desinformação e falta de compreensão sobre os benefícios de um sistema fotovoltaico; Barreiras e preocupações comportamentais (não aceitação do	Garlet <i>et al.</i> (2019), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Karakaya e Sriwannawit (2015)

	produto pelo consumidor, resistência à adoção de novas tecnologias).	
Mercadológica/ gerenciais	Controle do setor energético; Serviço de pós-venda fraco ou negligenciado fornecido pelas empresas de instalação do sistema fotovoltaico (tecnologia de <i>backup</i>); Abordagens de marketing ineficazes e publicidade negativa; Falta de colaboração entre a indústria da construção e a indústria fotovoltaica; Capacidade técnica e infraestrutura nacionais de mercado (acesso restrito a tecnologias diversificadas); Barreiras comerciais para novos produtos (impostos e taxas aplicadas aos sistemas fotovoltaicos).	Garlet <i>et al.</i> (2019), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi <i>et al.</i> (2017)
Política/regulatória/ institucional	Instabilidade política; Não participação do setor privado e não interferência das partes interessadas; Excesso de burocracia (restrições à construção, localização, solicitações); Baixo preço da eletricidade (em alguns países); Falta de políticas de incentivo à geração fotovoltaica (falta de subsídios e deficiências do quadro jurídico); Falta de regras bem definidas para a implementação de sistemas fotovoltaicos (regulamentos imprevisíveis); Dependência da importação dos painéis da China (para alguns países); Deficiência em sistemas de compensação de energia (questões sobre tarifas <i>feed-in</i> e tributação).	Garlet <i>et al.</i> (2019), Karakaya e Sriwannawit (2015), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Horváth e Szabó (2018)

Fonte: Garlet *et al.* (2019), Rigo *et al.* (2019), Curtius (2018), Horváth e Szabó (2018), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi *et al.* (2017).

Ressalta-se que as barreiras costumam se inter-relacionar umas com as outras, o que torna a separação e a classificação em dimensões um procedimento meramente ilustrativo. As barreiras devem ser analisadas dentro de um contexto específico de um país ou região, pois existem fatores que influenciam os usuários e a comunidade diretamente. Esse contexto específico para realização do estudo da adoção de inovações é o sistema social. Como visto anteriormente, os atributos da inovação tecnológica, juntamente com a natureza do sistema social, refletem-se na adoção ou rejeição de uma tecnologia. O sistema social no qual se encontra inserida a inovação representa um limitador para o processo de sua adoção e difusão, por envolver regras

e normas, bem como interconexões formais ou informais da sociedade, fornecedores e Estado.

A taxa de adoção de uma inovação é uma variável que pode ser explicada através da percepção do potencial usuário sobre os atributos da inovação, dos canais de comunicação usados para levar conhecimento, do sistema social no qual está inserido, dos esforços dos agentes de mudança para promoção da tecnologia e do tipo de decisão. Rogers (1971) elenca todas essas variáveis presentes no processo de decisão de adoção de uma inovação e, por isso, a sua teoria tornou-se uma das mais estudadas por outros autores e base para o desenvolvimento de variações dela.

Para analisar o processo de adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica, de acordo com a teoria de Rogers (1971), é necessário que sejam identificados os participantes deste processo e as maneiras como eles estão associados às barreiras encontradas na literatura. Tomando como base a TDI de Rogers (1971), constitui-se a seguinte estrutura do *framework* teórico, destacando as interconexões entre participantes do processo e dimensões das barreiras.

Algumas variáveis da TDI de Rogers encontram-se relacionadas a ações e percepções de participantes no processo de adoção e difusão de uma inovação. Diante disso, destacam-se alguns atributos das inovações que refletem a percepção dos consumidores em relação à nova tecnologia. Os consumidores identificados no *framework* teórico como “prosumidores” e usuários em potencial são também parte da variável “canais de comunicação”, compondo um dos lados no processo de troca de informações sobre a inovação.

Os canais de comunicação promovem o repasse de informações entre fornecedores e consumidores. Os fornecedores podem ocupar o posto de agentes de mudança da variável extensão do esforço de promoção, sendo os responsáveis pelas informações que são passadas aos consumidores. A natureza do sistema social é uma variável que recebe a participação tanto do Estado como da sociedade.

O *framework* teórico da pesquisa pode ser visualizado no Quadro 4.

Quadro 4 – *Framework* teórico

Barreiras		Variáveis TDI de Rogers	Principal agente envolvido
Dimensão	Natureza		
Econômica	Custo do sistema; Período de retorno do investimento.	Vantagem relativa	Consumidor

Técnica	Falta de suporte profissional.	Complexidade	Consumidor
Institucional	Políticas de incentivo; Dependência de importação; Sistema de compensação; Instabilidade política; Impostos e taxas; Acesso ao crédito – dependência de financiamento.	Natureza do sistema social – regras e normas	Estado
Social	Desinformação sobre benefícios; Falta de conhecimento sobre funcionamento.	Canais de comunicação	Consumidor
Cultural	Cultura do consumo – falta de conscientização.	Compatibilidade	Consumidor
Comportamental	Resistência a novas tecnologias.	Compatibilidade	Consumidor
Gerencial	Abordagens de marketing; Serviço de pós-venda; Capacidade técnica.	Esforço de promoção dos agentes de mudança	Empresas/ Fornecedores

Fonte: Elaborado pela autora com base em Rogers (1971), Garlet *et al.* (2019), Rigo *et al.* (2019), Curtius (2018), Horváth e Szabó (2018), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi *et al.* (2017).

O Quadro 4 representa o *framework* teórico da pesquisa, estruturado através do levantamento da literatura realizado. Foi possível identificar teorias que podem ser aplicadas ao processo de adoção e difusão de inovações tecnológicas. Com base no objetivo da pesquisa de entender as barreiras existentes à adoção da geração distribuída no Nordeste através da percepção de especialistas, usuários e não usuários, a teoria escolhida para esta análise é a Teoria da Difusão de Inovações de Rogers (1971). Ao utilizar o conceito de inovações de forma abrangente, Rogers (1971) possibilitou a aplicabilidade de sua teoria em diversos segmentos de inovações.

Em virtude do objetivo da pesquisa, as variáveis independentes do TDI foram selecionadas para responder ao problema de pesquisa, de forma qualitativa, por meio da percepção dos participantes. De acordo com esta seleção, o *framework* teórico encontra-se estruturado em quatro variáveis independentes da Teoria de Difusão de Inovações de Rogers (1971), que se desdobram em seis aspectos que serão analisados de acordo com a sua relação com as barreiras encontradas na literatura e os participantes do processo de adoção e difusão.

A abordagem da teoria de Rogers (1971) leva em consideração o comportamento de consumidores finais, entendendo que, para ocorrer o processo de

difusão, é necessário observar quatro aspectos: a inovação, o processo de comunicação, o tempo e o sistema social no qual a inovação encontra-se inserida. A questão do tempo é importante destacar, pois se refere ao período que o indivíduo toma conhecimento da tecnologia e forma sua opinião para adotá-la ou rejeitá-la.

Na presente pesquisa, serão utilizadas variáveis selecionadas da Teoria da Difusão da Inovação de Rogers (1971), considerando como sistema social a região Nordeste, alguns atributos percebidos da inovação, os canais de comunicação e os esforços dos agentes de mudança.

3 MÉTODO

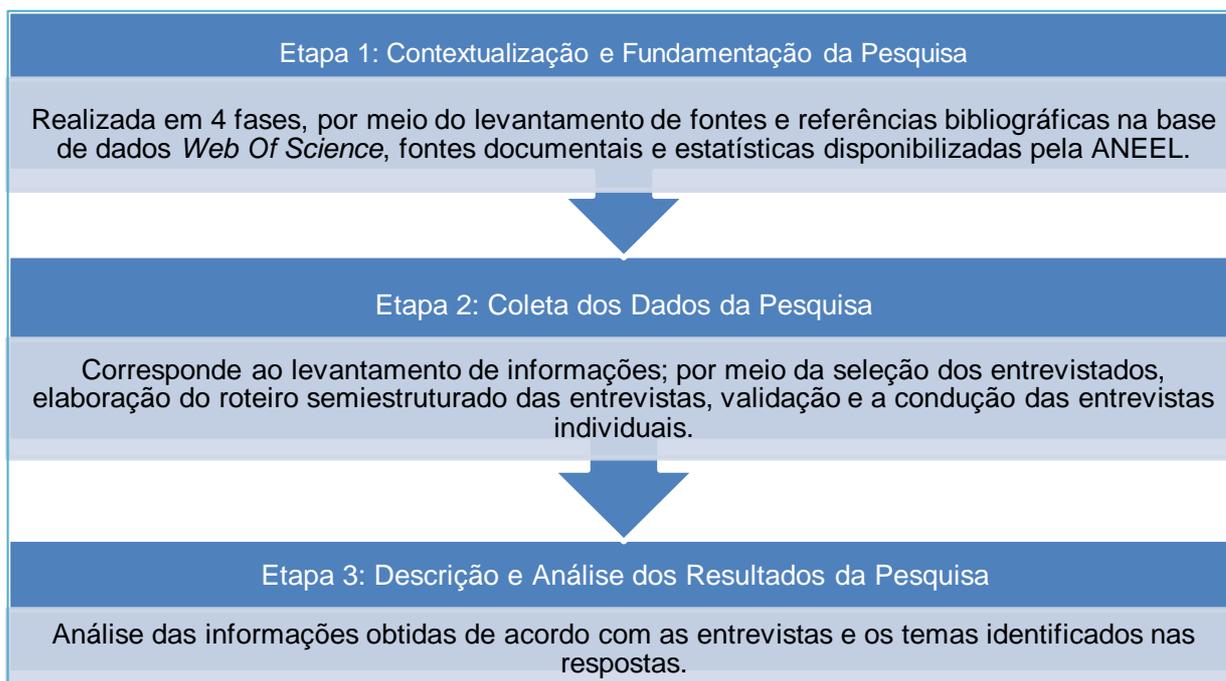
Do ponto de vista metodológico, a pesquisa foi estruturada em três etapas. A primeira etapa, visando à elaboração do *framework* teórico, consistiu de três fases para contextualização e fundamentação da pesquisa, através de realização de pesquisa bibliográfica e de fontes documentais e estatísticas disponíveis na página eletrônica da ANEEL, buscando estabelecer uma estrutura para construção do referencial teórico sobre a adoção e difusão das inovações tecnológicas, a questão energética no Brasil e o sistema de geração distribuída fotovoltaico e suas principais características.

A segunda etapa da pesquisa fundamentou-se na coleta dos dados por meio de entrevistas semiestruturadas individuais, realizadas com especialistas em geração distribuída fotovoltaica na modalidade residencial no Nordeste do Brasil, com consumidores de energia elétrica do tipo fotovoltaica distribuída (“prosumidores”) e com usuários potenciais dessa tecnologia.

A terceira etapa consistiu na descrição e análise dos resultados obtidos, utilizando-se da análise de conteúdo, com o auxílio do *software* Atlas.ti em sua versão 22, para a categorização das barreiras identificadas nas dimensões presentes no *framework* teórico.

As três etapas metodológicas da pesquisa são apresentadas na Figura 14.

Figura 14 - Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

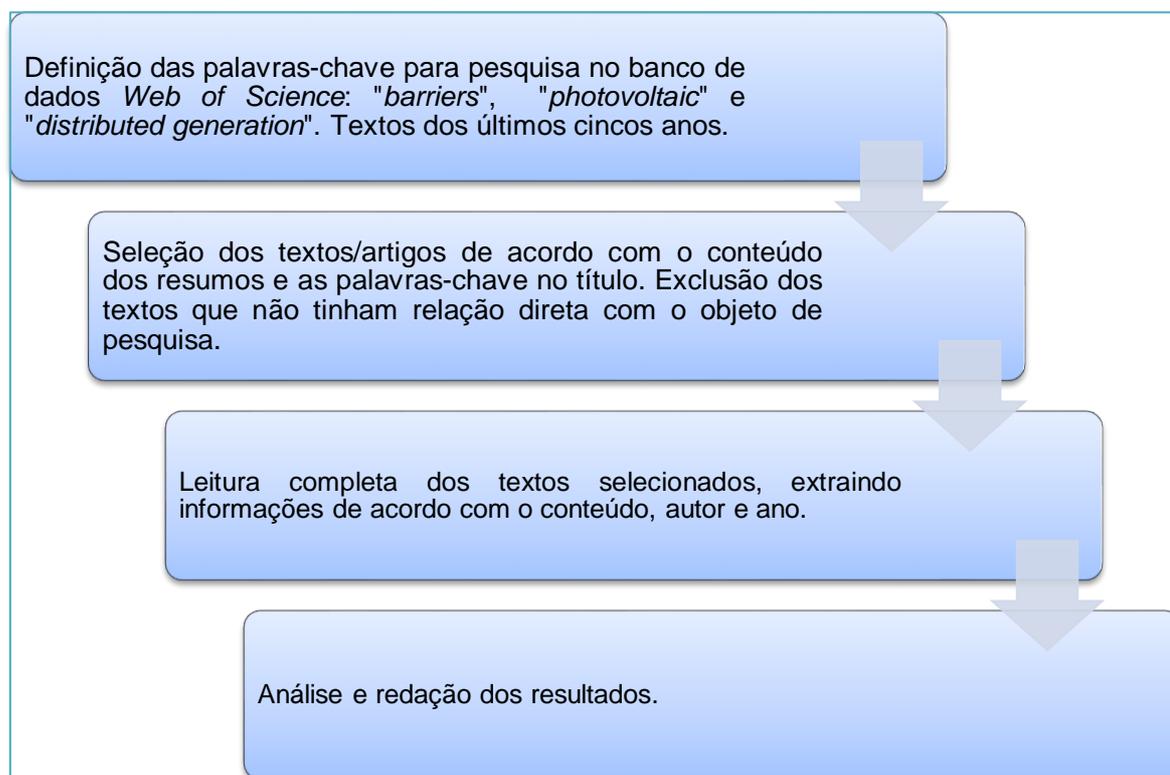
3.1 Etapa 1 – Contextualização e fundamentação da pesquisa

Para a realização do estudo sobre barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica, foi conduzido levantamento sistemático da literatura internacional. A pesquisa sistemática da literatura tem como objetivo gerar conhecimento estruturado sobre o tema pesquisado.

Nesse sentido, a pesquisa foi realizada em quatro fases. A primeira constituiu-se na pesquisa no banco de dados da *Web of Science*, utilizando-se as seguintes palavras-chave: “*barriers*”, “*photovoltaic*” e “*distributed generation*”. Aplicou-se o filtro de trabalhos publicados nos últimos cinco anos, resultando, assim, em trabalhos publicados entre 2016 e 2020. A segunda fase foi realizada por triagem, selecionando-se os artigos de acordo com a leitura do conteúdo dos resumos e com a presença das palavras-chave no título. A terceira fase constituiu-se na leitura completa dos textos selecionados e da extração dos conteúdos relacionados ao objeto da pesquisa. Por fim, a quarta fase dedicou-se à análise e redação dos resultados encontrados na pesquisa sistemática da literatura relacionada ao tema.

As fases metodológicas da contextualização da pesquisa são apresentadas na Figura 15:

Figura 15 - Etapa 1 - Fases da contextualização da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta etapa, também se utilizou a técnica de pesquisa documental, com consultas às resoluções da ANEEL, que regulamenta o sistema energético nacional e a geração distribuída fotovoltaica, à legislação brasileira atual, bem como aos relatórios e bancos de dados com informações da geração distribuída. Os dados de produção de energia elétrica por meio do sistema de geração distribuída em todo o Brasil constam no *site* da ANEEL e são atualizados diariamente.

Dentre as vantagens na utilização da pesquisa documental, destaca-se a possibilidade de investigação de alterações nas normas que regularizam a geração distribuída no Brasil e em outros países. Ressalta-se, ainda, que são considerados documentos todo e qualquer tipo de material que possa contribuir para a investigação do fato ou fenômeno, conforme leciona Gil (2008, p. 147):

Para fins de pesquisa científica são considerados documentos não apenas os escritos utilizados para esclarecer determinada coisa, mas qualquer objeto que possa contribuir para a investigação de determinado fato ou fenômeno. Assim, a pesquisa documental tradicionalmente vale-se dos registros cursivos, que são persistentes

e continuados. Exemplos clássicos dessa modalidade de registro são os documentos elaborados por agências governamentais.

Na pesquisa realizada no banco de dados *Web of Science*, foram identificados os resultados para as combinações dos seguintes termos e palavras-chave: “*barriers AND photovoltaic AND Distributed generation*”. Em virtude da necessidade de verificar na literatura barreiras atuais à adoção de um sistema fotovoltaico, tendo em vista o processo de expansão na utilização dessa tecnologia em alguns países e regiões, esse conjunto de palavras foi pesquisado nos resumos e palavras-chave das publicações entre os anos de 2016 e 2020, correspondentes aos últimos cinco anos.

A pesquisa resultou em 69 publicações. Verificou-se que os anos com mais publicações relativas à temática abordada neste trabalho foram os anos de 2018 e 2019. A maior parte dos trabalhos concentrou-se nas áreas de Energia e Combustíveis e Engenharia.

O Gráfico 5 mostra a quantidade de trabalhos encontrados na pesquisa realizada no *Web of Science* para as combinações dos seguintes termos e palavras-chave: “*barriers*”, “*photovoltaic*” e “*distributed generation*”, combinadas com o operador booleano AND, utilizando o filtro de trabalhos publicados nos últimos cinco anos, isto é, entre 2016 e 2020.

Gráfico 5 - Resultado da pesquisa no *Web of Science* utilizando os termos *barriers*, *photovoltaic* e *distributed generation*, com o filtro referente aos anos de 2016 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do *Web of Science* até agosto de 2020.

No ano de 2019, foram encontradas 20 publicações, sendo o ano com o maior número de trabalhos publicados na temática das barreiras à geração distribuída fotovoltaica. Cabe salientar que o levantamento bibliográfico foi realizado no ano de 2020, o que pode explicar a diminuição na quantidade de trabalhos encontrados.

Os 69 trabalhos encontrados foram submetidos a mais um filtro, desta vez combinando-se operador booleano AND com os termos: “*photovoltaic*”, “*pV*”, “*solar energy*”, “*power solar*”, “*barriers*”, “*distributed generation*”. Essa filtragem resultou em 27 artigos. Os artigos remanescentes foram filtrados a partir da leitura dos resumos e submetidos à triagem de acordo com o critério de relevância do conteúdo apresentado e de sua relação com a temática das barreiras em estudo. Selecionaram-se, então, os trabalhos que apresentaram aderência ao problema pesquisado, resultando em 10 trabalhos que abordam os termos estudados, referentes às barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica.

O montante final de 10 trabalhos foi lido integralmente e dele foi extraído os principais conceitos e achados, assim como as classificações utilizadas no referencial teórico. A leitura dos trabalhos selecionados resultou no acréscimo de outros textos que abordam a temática das barreiras à geração distribuída fotovoltaica, mas que não foram localizados na pesquisa realizada no *Web of Science* por diversos motivos, dentre eles, a utilização do filtro referente ao ano de publicação e das palavras-chave.

Os trabalhos que foram incluídos no referencial teórico atenderam aos critérios de relevância e aderência ao problema da pesquisa. Eles foram localizados no banco de dados selecionado para informações mais detalhadas referentes ao ano de publicação, palavras-chave e quantidade de citações.

3.1.1 Abordagem da pesquisa

Para classificar a metodologia da pesquisa, segundo Gil (2017), é necessário observar os seguintes aspectos: a área do conhecimento, a finalidade, o nível de explicação e os métodos adotados para realizar a pesquisa. No que tange à área do conhecimento, a presente pesquisa pertence às ciências sociais aplicadas.

De acordo com Gil (2017), quanto à sua finalidade, as pesquisas podem ser classificadas em duas grandes categorias: pesquisa básica e pesquisa aplicada. A presente pesquisa enquadra-se como uma pesquisa aplicada, por ter como finalidade

contribuir para a ampliação do conhecimento científico e buscar resolver problemas identificados no âmbito da sociedade (GIL, 2017).

A escolha de uma abordagem qualitativa ocorre em virtude de a pesquisa buscar aprofundamento na compreensão da percepção de um grupo social em relação ao objeto de estudo, que é a geração distribuída fotovoltaica. Neste sentido nas ciências sociais, a pesquisa qualitativa se preocupa, com uma realidade que não pode ser quantificada, ou seja, que trabalha com significados, motivos, valores e atitudes, que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Por meio da abordagem de pesquisa qualitativa, mais do que focalizar conceitos específicos, busca-se compreender a totalidade do fenômeno estudado, referente à adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica. A pesquisa tenta captar o contexto na sua totalidade, compreendendo e interpretando as experiências dos pesquisados em relação à tecnologia pesquisada (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

3.2 Etapa 2 - Coleta de dados da pesquisa

A pesquisa foi exploratória e descritiva. Teve como objetivo explorar as barreiras para a adoção e difusão da tecnologia de produção distribuída de energia fotovoltaica, por meio da percepção dos especialistas em geração distribuída, dos “prosumidores” e dos potenciais usuários, no cenário socioeconômico da região Nordeste. O estudo é do tipo exploratório porque tem como objetivo levantar informações acerca das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída no Nordeste. De acordo com Gil (2008, p. 27), pesquisas exploratórias:

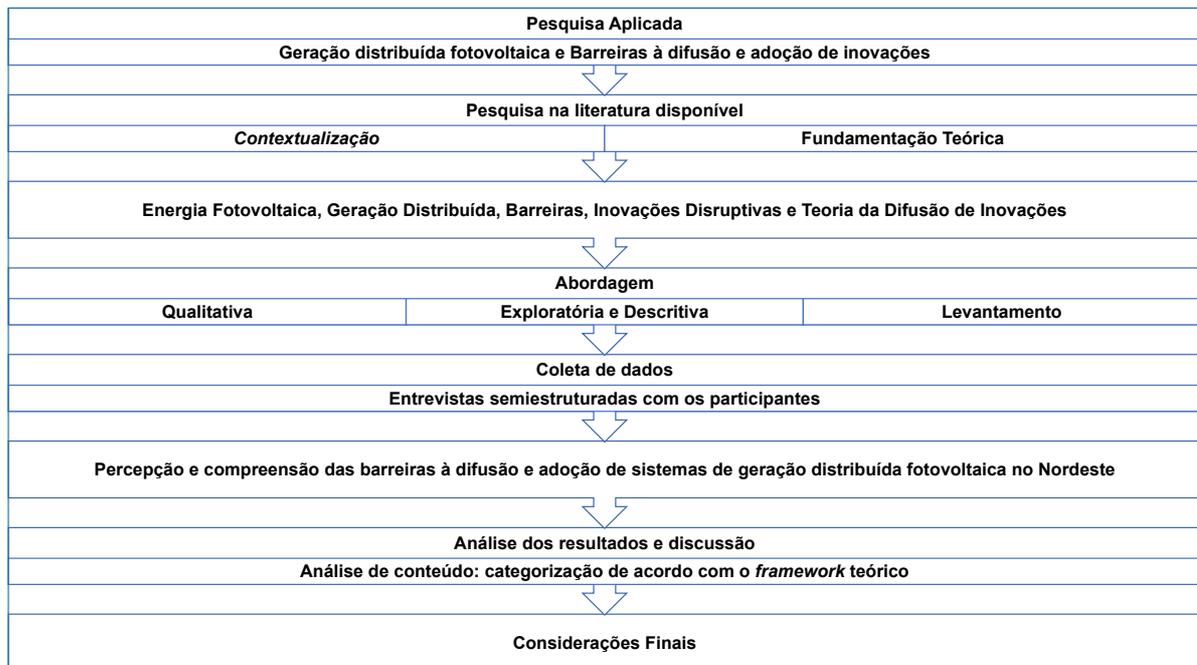
São desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

De acordo com Gil (2008, p. 28), a pesquisa descritiva é utilizada quando se tem como objetivo levantar opiniões, atitudes e crenças de uma população em relação ao fenômeno estudado. Nesse sentido, a presente pesquisa é também descritiva porque busca revelar a relação existente entre as opiniões, atitudes e crenças dos indivíduos pesquisados em relação ao tema estudado.

Foi utilizado, para fins de pesquisa, o método dedutivo. Segundo Marconi e Lakatos (2003), o método dedutivo parte de uma premissa maior sobre determinado assunto para uma premissa menor, estabelecendo um raciocínio lógico que chegue à conclusão. Dessa forma, iniciou-se a pesquisa a partir da ideia do surgimento e da utilização de tecnologias disruptivas no setor energético, assim como da adoção da geração distribuída fotovoltaica por consumidores no Nordeste, buscando descobrir as barreiras à adoção desta tecnologia. A partir do tipo de pesquisa e do procedimento adotado para a coleta de dados, verificam-se as três etapas realizadas na pesquisa.

A Figura 16 apresenta o delineamento do estudo, de acordo com o que foi estabelecido anteriormente.

Figura 16 - Delineamento do estudo



Fonte: Elaborado pela autora.

A etapa de coleta dos dados corresponde ao levantamento de informações da pesquisa. Utilizou-se uma abordagem qualitativa para a coleta de dados, por meio de entrevistas semiestruturadas, realizadas individualmente, de acordo com a disponibilidade dos entrevistados, de forma presencial ou *on-line*, por meio da utilização de plataformas virtuais.

A escolha pela realização de entrevistas individuais (entrevistas em profundidade) semiestruturadas tem como objetivo compreender as crenças, valores, atitudes e motivações, e o comportamento das pessoas em um contexto social

específico (BAUER; GASKELL, 2008). Por meio delas, buscou-se uma descrição detalhada das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste. As entrevistas tiveram como objetivo explorar atitudes, opiniões e comportamentos dos participantes sobre a adoção e difusão de geração distribuída fotovoltaica. Buscou-se observar consenso e divergência referentes às barreiras encontradas na literatura.

Em virtude de a pesquisa qualitativa não necessitar de uma amostra probabilística, a amostra foi definida em razão da acessibilidade. Ressalta-se que, durante a seleção, verificou-se a representatividade dos entrevistados em relação ao universo de profissionais, especialistas e técnicos da região estudada, tendo como parâmetro principal para esta escolha aqueles que pudessem fornecer informações relevantes sobre a geração distribuída fotovoltaica no Nordeste, com base em sua experiência e conhecimento técnico.

Foram realizadas 18 entrevistas, incluindo os três grupos de estudo representados por especialistas, “prosumidores” e potenciais usuários do sistema de geração distribuída fotovoltaico residencial. Como base, utilizou-se um roteiro semiestruturado dividido em quatro partes. A primeira parte constituiu a introdução e apresentação do entrevistador e do objetivo da pesquisa. A segunda parte consistiu na caracterização e identificação do entrevistado. A terceira parte abarcou perguntas associadas às dimensões do *framework* teórico e perguntas exploratórias. Por fim, a quarta parte compreendeu o agradecimento e a conclusão da entrevista.

As entrevistas foram realizadas de forma virtual, em virtude das restrições ocasionadas pela pandemia de Covid-19 e da necessidade de facilitar o acesso aos participantes, devido à distância geográfica da amostra da pesquisa (os Estados do Nordeste). Com a devida autorização dos entrevistados, todas as entrevistas foram gravadas, utilizando-se o *software Zoom.us*, no período de abril a setembro de 2022.

3.2.1 Validação do instrumento de coleta de dados

Os instrumentos para a realização da pesquisa e as questões foram elaborados de acordo com o *framework* teórico, tendo como base para a estruturação o instrumento de estudo realizado por Garlet *et al.* (2019).

A elaboração do instrumento de coleta de dados direcionou-se para o tipo de participante da pesquisa. O Estudo I (E-I) corresponde às entrevistas

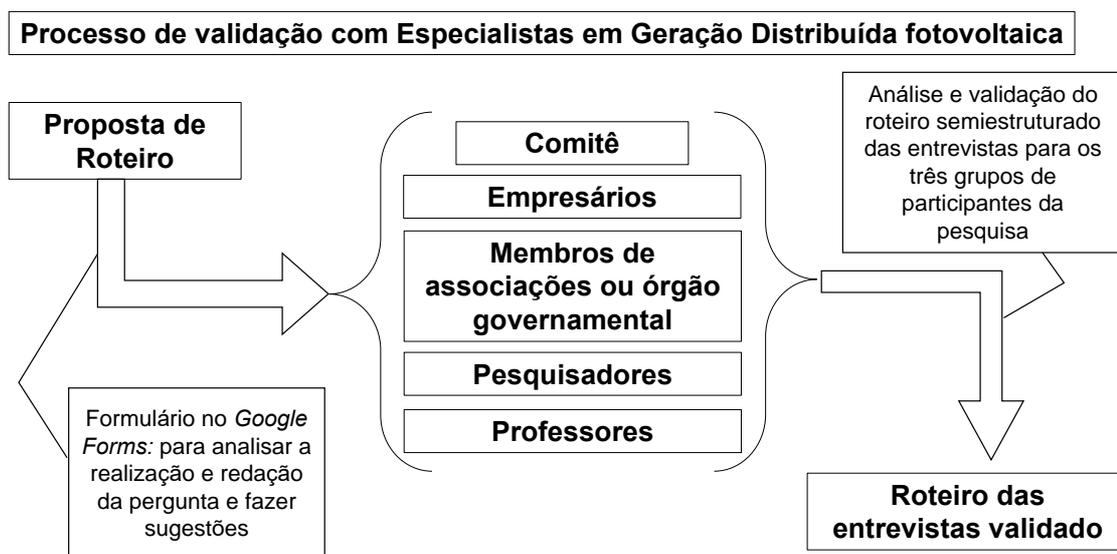
semiestruturadas com especialistas em geração distribuída fotovoltaica na modalidade residencial (Apêndice B). O Estudo II (E-II) corresponde às entrevistas semiestruturadas realizadas com “prosumidores” (Apêndice C). O Estudo III (E-III) corresponde às entrevistas semiestruturadas realizadas com usuários potenciais da tecnologia de geração distribuída fotovoltaica no Nordeste (Apêndice D).

Os roteiros para cada estudo foram validados por meio de um comitê de especialistas. O processo de validação do roteiro de entrevista contou com a participação de sete especialistas que atuam na área da geração distribuída fotovoltaica, composto por dois professores, três profissionais ou empresários do setor, um membro de órgão governamental e um pesquisador. As principais contribuições e alterações oriundas do comitê de validação foram relativas à formulação de alguns quesitos e ao conteúdo de algumas questões.

Testar o roteiro por meio do processo de validação ajudou na realização de eventuais ajustes para uma melhor estruturação dos questionamentos e associação ao *framework* teórico. A partir da validação, foram feitos os ajustes semânticos e linguísticos para que o roteiro pudesse representar o que foi proposto no *framework* teórico, bem como foram analisadas as contribuições para o aperfeiçoamento das questões.

A composição e atividade do comitê de especialistas pode ser visualizada na Figura 17.

Figura 17 - Processo de validação do roteiro de entrevistas



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a realização do processo de validação do roteiro de entrevistas, foi elaborado um formulário via *Google Forms* para facilitar a avaliação dos quesitos pelos especialistas e possibilitar suas contribuições. O formulário enviado para o comitê de especialistas compõe-se das questões elaboradas de acordo com o *framework* teórico. Buscou-se, por meio do processo de validação, saber se os especialistas estavam de acordo com a realização da pergunta formulada e se a redação da pergunta estava adequada, dando também a possibilidade de sugestões para as perguntas (Apêndice E).

3.3 Participantes da pesquisa

Os entrevistados foram divididos em três grupos. O primeiro grupo, composto de profissionais ou especialistas que atuam na área de energia elétrica e da geração distribuída fotovoltaica, foi analisado no Estudo I. O segundo grupo, composto por “prosumidores”, foi analisado no Estudo II. O terceiro grupo, composto por usuários em potencial da energia solar fotovoltaica, foi analisado no Estudo III. A divisão em grupos justifica-se pela diferença de conhecimento/informações que cada grupo possui e da diferença de visão de cada um deles em relação ao objeto de estudo da pesquisa.

A seleção dos participantes do Estudo I foi realizada de forma intencional, para que o grupo fosse composto por respondentes profissionais e especialistas que atuassem na área de energia elétrica e da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste. Foi também utilizada a técnica *snowball* ou bola de neve para que os entrevistados fossem escolhidos a partir da indicação de outros participantes da pesquisa, buscando uma amostra representativa que abrangesse diversas perspectivas do contexto.

Os parâmetros que justificaram a escolha dos entrevistados especialistas encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Entrevistados especialistas e justificava para sua participação na pesquisa

Entrevistados especialistas	Justificativa para sua participação
Empresários do setor	Os empresários do setor de energia solar possuem informações importantes acerca do mercado (conhecendo questões referentes ao perfil dos consumidores, à demanda e às barreiras para a adoção dos sistemas).
Membros de associações e organizações não governamentais	Aqueles que fazem parte de associações ou organizações não governamentais podem contribuir com informações importantes sobre o uso da tecnologia no cenário nacional e internacional, bem como são agentes fundamentais no debate para o desenvolvimento de políticas públicas.
Membros de órgãos governamentais	Os membros de órgãos governamentais possuem informações importantes acerca das políticas públicas energéticas adotadas e da participação da GD na matriz energética da região, bem como de questões regulatórias.
Pesquisadores ou professores da área de GD	Os pesquisadores e acadêmicos da área de GD possuem uma visão importante em relação aos pontos centrais a serem tratados para difusão da tecnologia na região, além de contribuírem com informações atualizadas e técnicas sobre a fonte de energia em estudo e a sua inserção na matriz energética.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a definição do quantitativo de participantes da pesquisa, foi realizada uma análise estatística multivariada, utilizando-se a técnica de *cluster*, com o objetivo de identificar grupos de Estados da região Nordeste que possuíssem características semelhantes quanto aos seguintes parâmetros: potência instalada de GD; quantidade de GD; unidades consumidoras que recebem os créditos; municípios com GD; consumo médio residencial mês no ano de 2019 (kWh/mês) dos Estados; valor da tarifa de energia por Estado; densidade demográfica; renda per capita; área territorial; população estimada e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Esses dados foram coletados no *site* da ANEEL e das distribuidoras de energia elétrica dos Estados, do

anuário estatístico de energia elétrica de 2020 e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Apêndice F). Foi utilizado o *software* SPSS (IBM SPSS v26) para realização da análise de agrupamento.

A técnica de análise de *cluster* empregada é um processo utilizado para reunir objetos em grupos (*clusters*), de tal forma que os objetos que estão no mesmo grupo sejam mais similares entre si do que objetos que estão em outro grupo, com base na matriz de semelhança (HUANG, 1997). Por se tratar de uma amostra relativamente pequena, a análise de *cluster* foi realizada por modelo hierárquico, por agrupamento em método simples em vizinhos mais próximos e por método euclidiano. Utilizou-se, como amplitude de soluções, mínimo de 2 e máximo de 4, com programação de aglomeração e por meio da matriz de proximidade.

O resultado da análise dos dados apresenta a combinação de *clusters*, com três associações, conforme exposto na Tabela 2. A estatística de agrupamento resultou em três *clusters*, sendo eles: *cluster* 1: Ceará, Pernambuco e Maranhão; *cluster* 2: Bahia; *cluster* 3: Rio Grande do Norte, Paraíba, Piauí, Alagoas, Sergipe. O Estado da Bahia apresentou características discrepantes dos outros Estados e, por esse motivo, o *cluster* 2 foi composto apenas por este Estado.

Os *clusters* formados podem ser visualizados no Quadro 6.

Quadro 6 - Grupos de Estados do Nordeste do Brasil obtidos por meio da análise de Agrupamento de *cluster*

Agrupamento do <i>cluster</i>	Estados participantes
<i>Cluster</i> 1	Ceará Pernambuco Maranhão
<i>Cluster</i> 2	Bahia
<i>Cluster</i> 3	Rio Grande do Norte Paraíba Piauí Alagoas Sergipe

Fonte: Elaborado pela autora com base na análise multivariada de *cluster*.

Adotou-se, como critério de participação, a presença de dois representantes para cada grupo de entrevistados, em cada um dos três grupos identificados (*clusters*) e para cada um dos Estados, totalizando 18 entrevistados. Todos os participantes da pesquisa responderam ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A) para o uso das informações coletadas. Os relatos dos entrevistados receberam a

atribuição de uma identificação (ID) pela pesquisadora para preservar o sigilo das informações, a integridade e a imparcialidade nas análises subsequentes.

O Quadro 7 apresenta a ID adotada e um breve resumo do perfil dos participantes das entrevistas, de acordo com os estudos e *clusters* a que estes pertenciam.

Quadro 7 - Identificação e apresentação do perfil dos entrevistados de acordo com os grupos estudados e os *clusters*

Clusters e Estados	Estudo I	ID.	Estudo II	ID.	Estudo III	ID.
Ceará, Pernambuco e Maranhão	Empresário do segmento de Energia Solar	(E1)	“Prosumidor” e Empresária	(U1)	Usuário em potencial e Representante comercial	(P1)
	Empresário do segmento de Energia Solar	(E2)	“Prosumidor” e Advogado	(U2)	Usuária em potencial e Professora	(P2)
Bahia	Empresário do segmento de Energia Solar	(E3)	“Prosumidor” e empresário no segmento de internet	(U3)	Usuário em potencial e Engenheiro	(P3)
	Representante técnico de uma Empresa de Energia Solar	(E4)	“Prosumidor” e Advogada	(U4)	Usuária em potencial e Advogada	(P4)
Paraíba, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe e Piauí	Empresário do segmento de Energia Solar	(E5)	“Prosumidor” e Professor universitário	(U5)	Usuário em potencial e Empresário	(P5)
	Professor e Engenheiro Elétrico	(E6)	“Prosumidor” e Empresário	(U6)	Usuário em potencial e Oficial de Justiça	(P6)

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode ser observado no Quadro 7, os participantes da pesquisa foram identificados com (E) para os especialistas, (U) para os “prosumidores”, e (P) para os usuários em potencial, para facilitar as análises dos dados coletados, de acordo com cada grupo de estudo previamente definido.

3.3.1 Instrumentos e materiais de pesquisa

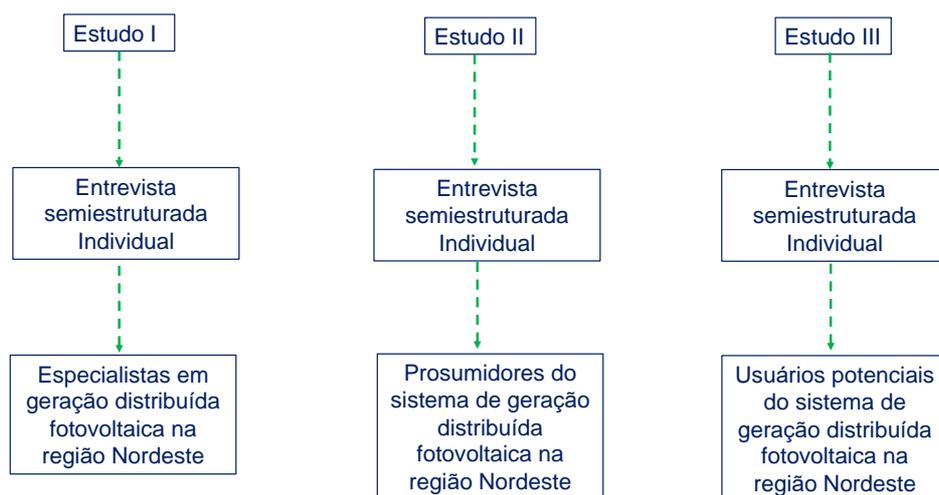
A elaboração do roteiro semiestruturado das entrevistas tomou como base a teoria da difusão de inovações de Rogers (1971) e as dimensões das barreiras

encontradas na literatura, representadas no *framework* teórico proposto no Quadro 4 (no referencial teórico). A partir do *framework* teórico, adaptou-se o roteiro de entrevista de acordo com cada grupo de entrevistados, para que fossem observados os diferentes tipos de envolvimento no processo de adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica (roteiros nos Apêndices B, C e D).

O roteiro semiestruturado para realização das entrevistas com especialistas, “prosumidores” e usuários potenciais foi dividido em quatro etapas. A primeira etapa consistiu na introdução e apresentação do entrevistador e objetivo da pesquisa. A segunda etapa compreendeu a caracterização do entrevistado e de sua experiência na área pesquisada. A terceira etapa debruçou-se sobre as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica, envolvendo a importância de cada dimensão e relação de atributos com a teoria de Rogers. A quarta etapa consistiu no agradecimento e conclusão da entrevista.

Tomando como base a pesquisa qualitativa realizada por Garlet *et al.* (2019), a elaboração das perguntas associou as dimensões das barreiras à TDI de Rogers (1971), resultando na estruturação de três estudos, conforme a Figura 18:

Figura 18 - Estudos de acordo com o tipo de entrevista e entrevistado



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 18 representa a estrutura da coleta de dados por meio das entrevistas individuais semiestruturadas de acordo com os participantes da pesquisa.

3.4 Etapa 3 – Descrição e análise dos resultados da pesquisa

Em virtude do caráter qualitativo da pesquisa, a análise e o tratamento dos dados coletados foram feitos utilizando-se a análise de conteúdo. Bardin (2016) conceitua a análise de conteúdo como uma técnica de análise de comunicação visando obter “indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens”. Em outras palavras, a análise de conteúdo é uma técnica de pesquisa que utiliza a palavra para produzir inferências ou categorizar unidades do conteúdo da comunicação em um contexto social. Em uma abordagem qualitativa, a análise de conteúdo considera a presença ou a ausência de uma característica ou conjunto de características de conteúdo em um determinado fragmento do texto/mensagem (CAREGNATO; MUTTI, 2006).

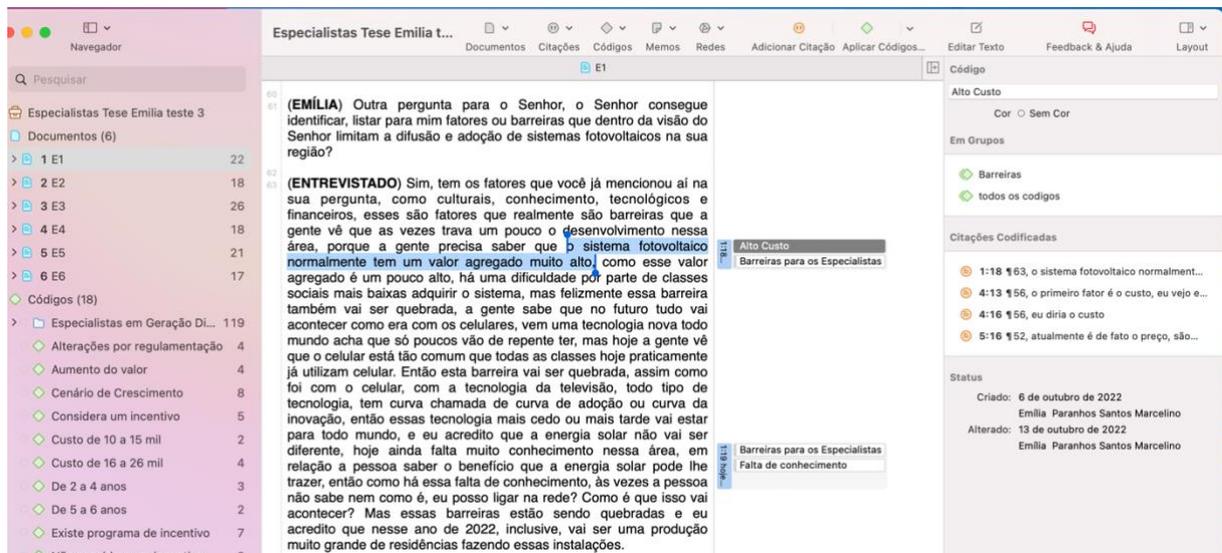
Para a realização da análise de conteúdo das entrevistas, a categorização tomou como base o modelo elaborado de acordo com o *framework* teórico proposto, observando a ocorrência e a frequência de termos relacionados às barreiras ou às dimensões listadas.

A análise de conteúdo foi realizada com o auxílio do *software* Atlas.ti, em sua versão 22, para o tratamento dos dados coletados. O *software* é uma ferramenta de auxílio ao pesquisador no processo de organização das categorias encontradas para análise dos dados, sendo necessário que o pesquisador faça inferências e a codificação de acordo com a base teórica pesquisada. Nesse sentido, o *software* contribui para a organização, remontagem e gestão dos dados analisados, mas não realiza a análise sozinho.

O material coletado nas entrevistas foi transcrito no *Microsoft Word*, em arquivos individuais e inserido no *software* Atlas.ti, em documentos separados e identificados de acordo com o tipo de estudo proposto nesta pesquisa. A análise de conteúdo foi realizada utilizando-se, como categorias, as barreiras encontradas na literatura, de acordo com as dimensões a que pertencem, e classificadas com base na teoria da difusão de inovações de Rogers (1971).

A Figura 19 ilustra o processo de codificação realizado no Atlas.ti.

Figura 19 - Codificação dos dados no Atlas.ti

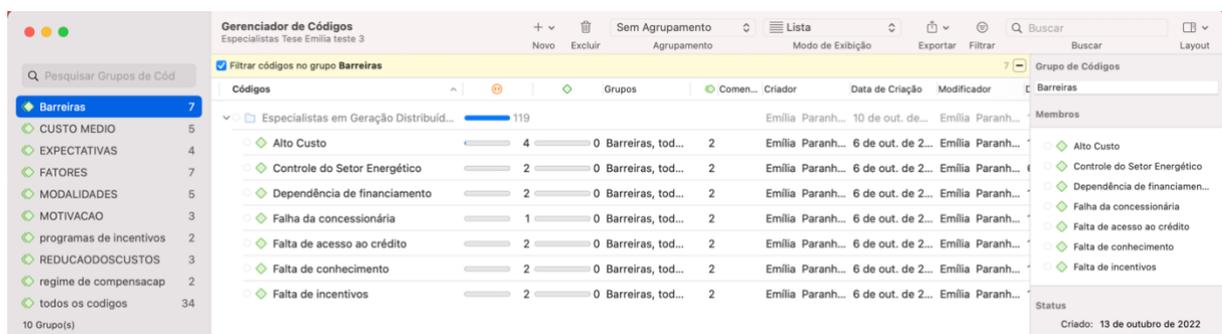


Fonte: Extraído do Atlas.ti durante análise dos dados.

Pode-se observar, na Figura 19, que o trecho destacado da entrevista recebeu o código “alto custo”. Analisado o contexto da informação, o trecho recebeu o código que representava a sua significação, ou seja, a resposta abordava a barreira do alto custo do sistema fotovoltaico. Após a codificação dos dados, foi realizada a categorização, por meio do agrupamento.

A Figura 20 mostra o processo de categorização dos dados.

Figura 20 - Categorização dos dados no Atlas.ti



Fonte: Extraído do Atlas.ti durante análise dos dados.

Na categorização ilustrada pela Figura 20, verifica-se que os códigos “alto custo”, “controle do setor energético”, “dependência de financiamento” e outros foram previamente identificados nas respostas dos entrevistados e reunidos na

categorização “barreiras”. A partir desse tipo de agrupamento, os dados da pesquisa foram estruturados para análise aprofundada utilizando o processo de “caixas” apontado por Bardin (2016), por meio do qual as categorias são fornecidas previamente com aporte da literatura.

Realizada a categorização, foi utilizado o recurso da nuvem de palavras disponível no *software*. A nuvem de palavras é a representação visual dos códigos mais comuns nas respostas dos entrevistados. Foram criados grupos com os códigos identificados em cada uma das perguntas e gerada uma nuvem de palavras, no intuito de identificar o código de maior frequência.

O Quadro 8 apresenta a estrutura da pesquisa que resultou da relação entre o que foi estabelecido no framework teórico, o roteiro de entrevistas, os participantes e as quatro variáveis selecionadas (atributos percebidos de inovações, canais de comunicação, natureza do sistema social e extensão do esforço de promoção dos agentes de mudança) da teoria da difusão de inovações de Rogers (1971).

Quadro 8 - Relação entre dimensões, barreiras, variáveis e o roteiro para entrevistas com especialistas, “prosumidor” e potenciais usuários

Referências	Dimensão	Barreiras	Roteiro para as Entrevistas		
			Pergunta	Respondente	Variável TDI
Garlet <i>et al.</i> (2019), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Horváth e Szabó (2018)	Técnica e tecnológica	Falta de suporte profissional	Indique fatores que devem ser observados/considerados para adoção da GD fotovoltaica?	Especialista	Atributo da complexidade
Garlet <i>et al.</i> (2019) Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Rigo <i>et al.</i> (2019)	Econômica e financeira	Custo do sistema; Período de retorno do investimento	Qual o custo médio para implantação de um sistema de GD fotovoltaica em unidades residenciais? Qual o período de retorno do investimento?	Especialista	Atributo da vantagem relativa
Garlet <i>et al.</i> (2019), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi <i>et al.</i> (2017)	Mercadológica e gerencial	Capacidade técnica e infraestrutura nacional de mercado	Como você analisa o cenário atual da GD fotovoltaica em seu Estado e quais as suas expectativas em relação aos próximos anos?	Especialista	Esforço de promoção de agentes de mudança
			Possui alguma expectativa em relação a GD fotovoltaica para os próximos anos?	“Prosumidor”	Esforço de promoção de agentes de mudança

		Serviço de pós-venda	Está satisfeito com o sistema de GD fotovoltaico instalado? Mudaria alguma coisa no sistema ou serviço fornecido? Já precisou de suporte profissional em relação ao sistema de GD após a sua instalação? Se sim, como ocorreu o serviço?	“Prosumidor”	Esforço de promoção de agentes de mudança
		Abordagens de marketing	Como se informou/tomou conhecimento sobre o funcionamento/benefícios do sistema de GD fotovoltaico?	“Prosumidor”	Canais de comunicação
			Se conhece o sistema fotovoltaico, através de que meio tomou conhecimento/informação sobre ele?	Usuários em potencial	Canais de comunicação
Garlet <i>et al.</i> (2019), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Karakaya e Sriwannawit (2015)	Social, cultural e comportamental	Falta de conhecimento sobre funcionamento	Conhece e sabe como funciona o sistema de GD fotovoltaico?	Usuários em potencial	Canais de comunicação
		Desinformação sobre benefícios	Conhece os benefícios da adoção de um sistema de GD fotovoltaico?	Usuários em potencial	Esforço de promoção de agentes de mudança
		Cultura do consumo - falta de conscientização	Já pensou em adotar um sistema de GD fotovoltaico? Por que não adotou o sistema? O que o leva a não adotar um sistema de GD fotovoltaico?	Usuários em potencial	Atributo da compatibilidade
		Cultura do consumo	O que o levou/motivou a adotar um sistema de GD fotovoltaico?	“Prosumidor”	Atributo da compatibilidade
Garlet <i>et al.</i> (2019), Karakaya e Sriwannawit (2015), Abdullahi <i>et al.</i> (2017) e Horváth e Szabó (2018)	Institucional, política e regulatória	Políticas de incentivo	Existe alguma previsão de redução de custo de implantação do sistema de GD fotovoltaico para os próximos anos? O regime de compensação adotado pelo Brasil pode ser visto como um mecanismo/programa de incentivo à adoção da GD fotovoltaica? Existe algum programa de incentivo à adoção da GD fotovoltaica na sua região?	Especialista	Natureza do sistema social – regras e normas
		Dependência de importação			
		Sistema de compensação			
		Instabilidade política			
		Sistema de compensação	O que acha do regime de compensação de energia adotado no Brasil? Entende como satisfatório?	“Prosumidor”	Natureza do sistema social – regras e normas

Fonte: Elaborado pela autora.

Os roteiros semiestruturados continham algumas perguntas não relacionadas no Quadro 8. Eram questões exploratórias, que não tinham uma ligação direta com

as variáveis apresentadas no *framework* teórico desenvolvido para a presente pesquisa. As perguntas exploratórias que foram direcionadas aos três grupos de estudos são apresentadas no Quadro 9:

Quadro 9 - Perguntas exploratórias e respectivos respondentes/estudos

Perguntas Exploratórias	Respondentes/Estudo
Quais as modalidades para utilização da energia fotovoltaica hoje disponíveis na sua região?	Especialistas Estudo 1
Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e a difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?	
Como estas barreiras apontadas podem ser superadas?	
Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e a difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?	"Prosumidor" Estudo 2
Você instalou o sistema com uma potência de produção de energia maior do que a sua média de consumo de energia elétrica tradicional?	
Você considera que ficou mais tranquilo com relação ao consumo de energia após a instalação do sistema solar?	
Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e a difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?	Usuários em potencial Estudo 3
Se eliminar a barreira encontrada por você para a adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, você adotaria? Ou prefere continuar usando o sistema atual de fornecimento de energia?	

Fonte: Elaborado pela autora.

As perguntas de caráter exploratório contidas no Quadro 9 buscavam obter mais informações sobre os objetivos específicos da pesquisa. A pergunta referente à identificação das barreiras foi realizada aos três grupos de estudo. As outras perguntas buscavam entender melhor a percepção dos entrevistados sobre a tecnologia pesquisada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados coletados nas entrevistas, buscou-se, neste capítulo, responder aos objetivos da pesquisa. Os dados foram analisados de acordo com os roteiros das entrevistas, os objetivos estabelecidos, a metodologia utilizada e o *framework* teórico construído.

Neste capítulo, adotou-se a seguinte estrutura: o panorama da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste, a análise dos conteúdos das entrevistas de acordo com os grupos de estudo, a identificação das barreiras encontradas à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil e as medidas para superação destas barreiras.

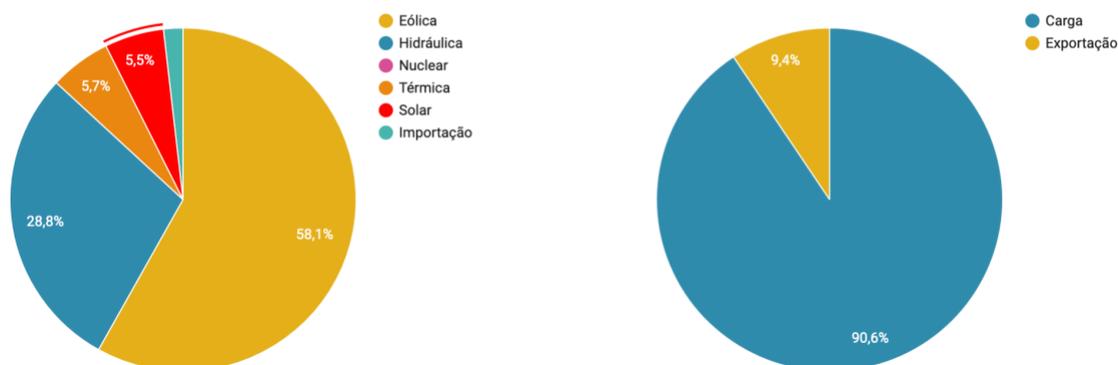
4.1 Panorama da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste

Neste tópico do trabalho, pretende-se responder ao primeiro objetivo específico da pesquisa: elaborar um panorama da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil. Justifica-se a coleta de dados desta pesquisa ter sido realizada na região Nordeste do Brasil pela incidência da radiação solar na região e pelo seu maior potencial para produção desta modalidade de energia.

Em consulta ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), pode-se observar a geração de energia elétrica diária em todo o território nacional. O *site* foi consultado para verificação da participação das fontes de energia e geração referentes à região Nordeste. Como resultado da consulta, a Figura 21 apresenta as cargas e a sua participação na geração da região de acordo com o tipo de fonte.

Figura 21 - Fontes de energia na região Nordeste em agosto de 2022

Valores acumulados no dia em MWmed até: 10:27



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (2022).

A Figura 21 mostra que a energia solar representa 5,5% da matriz produtiva da região Nordeste. O panorama atualizado da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste do Brasil referente aos anos de 2019 até 2022 (em curso) apresenta um aumento na quantidade de conexões de sistemas e na quantidade de unidades consumidoras que recebem os créditos, representando, assim, um aumento significativo na potência instalada. Ressalta-se que a esta pesquisa adotou a modalidade de geração na própria unidade consumidora como parâmetro, diante da sua representatividade e do grau de envolvimento entre tecnologia e usuário enquanto tecnologia disruptiva.

A Tabela 2 apresenta dados atualizados retirados do *site* da ANEEL referentes à região Nordeste, na modalidade de geração na própria unidade consumidora, tipo de fonte de geração de radiação solar e de classe de consumo residencial:

Tabela 2 - Quantidade anual de conexões de sistemas residenciais de geração distribuída fotovoltaica no Nordeste dos anos de 2019 até agosto de 2022

ANO	Quantidade de Sistemas de Geração Distribuída (und)	Potência Instalada (kW)
2019	10.566	67.561,05
2020	24.641	158.029,37
2021	64.041	411.509,22
2022	60.459	376.156,27

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2022).

Por meio dos dados apresentados na Tabela 2, verificou-se que o cenário de novas conexões nos anos de 2019 até 2021 cresceu em números muito expressivos. A quantidade de sistemas de geração distribuída fotovoltaica instalados mais do que dobrou nestes anos, com destaque para o aumento ocorrido entre o ano de 2020 e 2021. Como consequência dessas novas conexões, a potência de energia instalada na região Nordeste também se expandiu.

Na Tabela 3, pode-se verificar as quantidades atualmente existentes de sistemas de geração distribuída fotovoltaica de classe residencial nos nove Estados do Nordeste.

Tabela 3 - Estados do Nordeste, quantidade de sistemas de geração distribuída fotovoltaica residencial e potência instalada

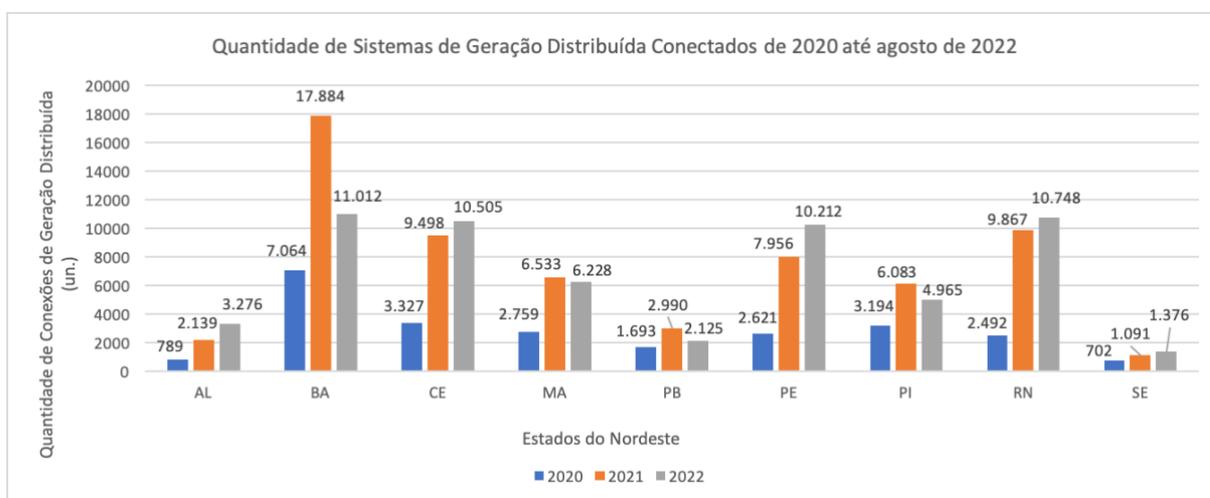
Estados	Quantidade de Sistemas de Geração Distribuída (un)	Potência Instalada (kW)
AL	6.637	39.635,52
BA	39.199	225.498,74
CE	26.027	158.886,66
MA	17.369	156.156,19
PB	8.206	44.735,23
PE	22.435	131.701,13
PI	15.717	100.970,19
RN	24.591	155.263,76
SE	3.953	25.933,47
TOTAL	164.134	1.038.780,89

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2022).

Corroborando o panorama da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste, a Tabela 3 resume os quantitativos de sistemas atualmente instalados e em funcionamento em cada um dos Estados nordestinos, bem como suas respectivas potências. Pode-se afirmar que os Estados da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco são os que possuem maior quantidade de sistemas em funcionamento e potência instalada desse tipo de energia.

Para entender melhor o cenário atual da tecnologia estudada, o Gráfico 6 apresenta a quantidade de sistemas de geração distribuída em funcionamento entre os anos de 2020 e 2022 (até agosto) na região Nordeste.

Gráfico 6 - Quantidade de sistemas de geração distribuída em unidades residenciais de 2020 até agosto de 2022

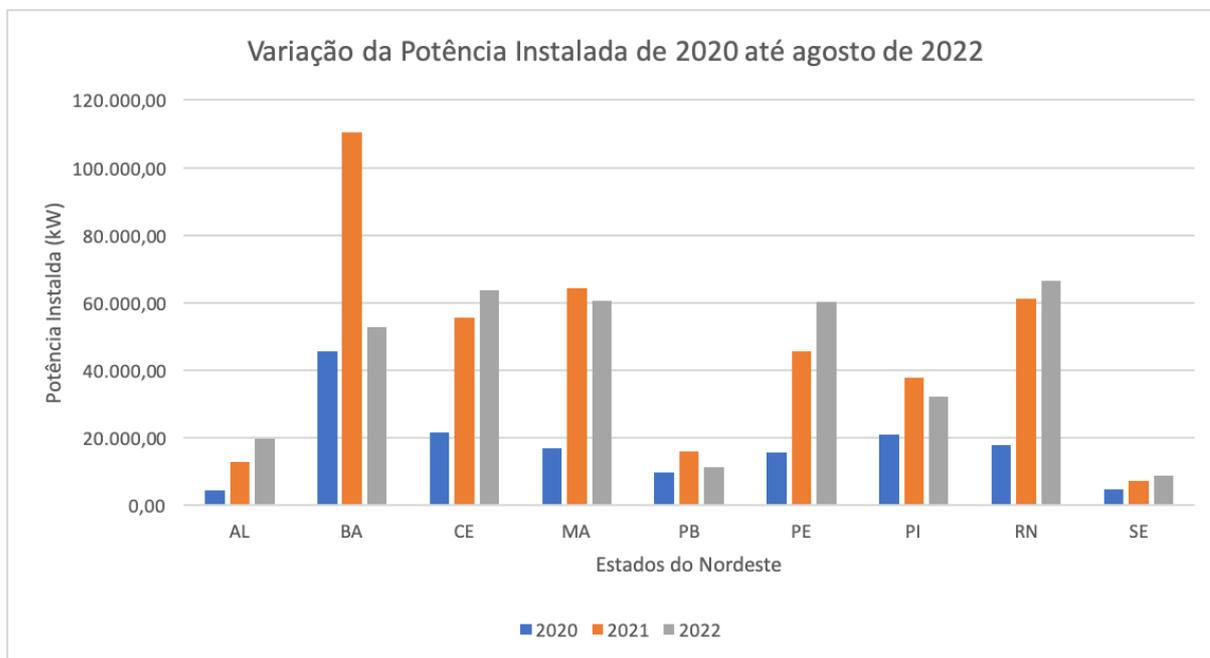


Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2022).

Através do Gráfico 6, verificou-se o aumento de novas conexões residenciais entre os anos de 2020 até agosto de 2022. O Estado da Bahia ganha destaque, visto que, no ano de 2021, apresentou a maior quantidade de sistemas conectados. Ressalta-se que a análise realizada utilizou dados coletados até agosto de 2022 e que os Estados de Alagoas, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe já apresentaram um crescimento em novas conexões, enquanto os Estados do Maranhão e da Paraíba apresentaram quantidades bem próximas, não sendo descartada a possibilidade de expansão de conexões ainda em 2022.

Ao verificar o aumento expressivo nos números de novas conexões de sistemas de geração distribuída fotovoltaica de classe residencial nos Estados do Nordeste, fez-se necessário analisar a expansão da potência instalada entre os anos de 2020 e 2022 (até agosto), exposta no Gráfico 7:

Gráfico 7 - Variação da potência instalada dos Estados do Nordeste de 2020 até agosto de 2022



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2022).

A partir da análise do Gráfico 7, referente à variação da potência instalada de 2020 até agosto de 2022, percebeu-se que, apesar de o ano de 2022 encontrar-se em curso, os Estados de Alagoas, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe apresentaram um crescimento de potência instalada que já ultrapassava o ano de 2021. Verificou-se também que os Estados do Maranhão, da Paraíba e do Piauí apresentaram uma expansão na potência, porém este aumento no ano de 2022 ainda não pode ser visualizado como superior ao de 2021. O Estado da Bahia, no ano de 2021, expressou sua maior potência instalada e também a maior quantidade de conexões de sistemas de geração distribuída.

4.2 Análise dos conteúdos

A pesquisa estruturou-se segundo a contextualização da tecnologia pesquisada, a geração distribuída fotovoltaica do tipo residencial e a revisão bibliográfica para fundamentação teórica da tese, o que resultou na elaboração do *framework* teórico e do instrumento de coleta de dados com base na teoria adotada. Após a realização das entrevistas, as informações foram preparadas para análise de acordo com as dimensões e barreiras, com o auxílio do *software* Atlas.ti 22.

Buscando responder ao segundo e ao terceiro objetivos específicos de pesquisa, quais sejam, identificar e analisar as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil e as medidas para sua superação, através dos dados coletados nas entrevistas, estruturou-se a análise de conteúdos por meio dos grupos de estudo.

A análise dos dados foi realizada com base em cada grupo de estudo (I, II e III), o que resultou em alguns códigos expressos em categorias, que foram criadas de acordo com as dimensões e as barreiras identificadas no *framework* teórico. Assim, foram analisados, dentro de cada grupo, os códigos e as categorias correspondentes.

4.2.1 Estudo I – Especialistas e empresários do setor de geração distribuída fotovoltaico

A codificação e a categorização dos temas identificados nas respostas das entrevistas com os especialistas e empresários do setor de geração distribuída, realizadas no Estudo I, cumpriram a seguinte sequência de análise: a relação entre as perguntas e as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971), de acordo com o que foi proposto no *framework* teórico.

O Quadro 10 apresenta a estrutura de análise utilizada no Estudo I.

Quadro 10 - Relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971)

Pergunta aos Especialistas	Dimensões	Barreiras	Variável TDI
1. Que fatores devem ser observados/considerados para a adoção da GD fotovoltaica?	Técnica e tecnológica	Falta de suporte profissional	Atributo da complexidade
2. Qual é a maior motivação dos consumidores para instalar um sistema de GD fotovoltaico?	Social, cultural e comportamental	Cultura do não consumo Falta de conscientização	Atributo da compatibilidade
3. Qual é o custo médio para implantação de um sistema de GD fotovoltaico em unidades residenciais? Qual é o período de retorno do investimento?	Econômica e financeira	Custo do sistema Período de retorno do investimento	Atributo da vantagem relativa
4. Existe alguma previsão de redução do custo de implantação do sistema de GD fotovoltaico para os próximos anos? 5. O regime de compensação adotado pelo Brasil pode ser visto como um mecanismo/programa de incentivo à adoção da GD fotovoltaica? 6. Existe algum programa de incentivo à adoção da GD fotovoltaica na sua região?	Institucional, política e regulatória	Políticas de incentivo Dependência de importação Regime/sistema de compensação Instabilidade política	Natureza do sistema social – regras e normas
7. Como você analisa o cenário atual da GD fotovoltaica em seu Estado e quais as suas expectativas em relação aos próximos anos?	Mercadológica e Gerencial	Capacidade técnica e infraestrutura nacional de mercado	Esforço de promoção dos agentes de mudança
Perguntas exploratórias			
8. Quais as modalidades para utilização da energia fotovoltaica hoje disponíveis na sua região?			
9. Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na sua região?			
10. Como estas barreiras apontadas podem ser superadas?			

Fonte: Elaborado pela autora.

Verificou-se a ocorrência dos seguintes temas: fatores para adoção de um sistema; motivação para instalação de um sistema; custo médio de um sistema; período de retorno do investimento; redução do custo do sistema; regime de compensação do Brasil; programas de incentivos na região; cenário atual e

expectativas para os próximos anos; modalidades na região; barreiras para os especialistas e superação das barreiras.

Os temas relativos ao sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com especialistas são expostos na Figura 22:

Figura 22 - Temas sobre sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com especialistas



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

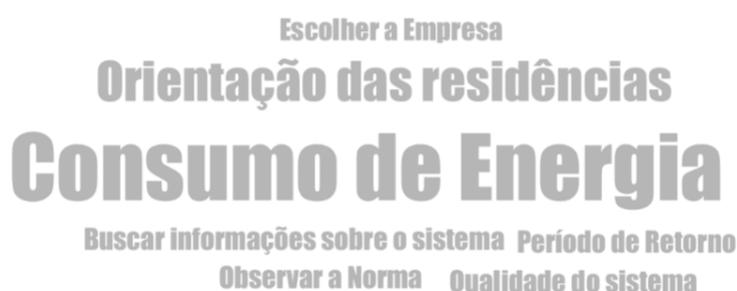
De acordo com Sampaio e Gonzalez (2017), a geração distribuída fotovoltaica possui questões específicas relacionadas a limitações do sistema. Dentre essas limitações estão a necessidade de uma área para a instalação dos painéis e de condições geográficas favoráveis à irradiação solar. Tais questões foram associadas ao atributo da complexidade da tecnologia pesquisada.

A primeira pergunta feita aos especialistas foi: “quais fatores devem ser observados/considerados para a adoção da geração distribuída fotovoltaica?”. Esse quesito foi relacionado ao atributo da complexidade percebido nas inovações por Rogers (1971) e proposto no intuito de verificar a presença desta variável e de barreiras técnicas e tecnológicas. Realizada a análise e a codificação das respostas, foram identificados os seguintes códigos, ou seja, fatores que devem ser observados: o consumo de energia; a orientação das residências; a escolha da empresa; a

qualidade do sistema; a observância à norma; a busca de informações sobre o sistema e o período de retorno.

A frequência dos fatores identificados foi demonstrada na nuvem de palavras gerada no Atlas.ti 22, como apresenta a Figura 23:

Figura 23: Nuvem de palavras que representam os fatores para adoção de um sistema



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

Os fatores para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico identificados com maior frequência pelos especialistas são o consumo de energia (33,3%) e a orientação das residências (25%). Em primeiro lugar, eles ressaltam a necessidade de verificar o consumo de energia elétrica para que o consumidor possa analisar a viabilidade da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico em sua residência. Esse fator reflete de forma direta em outra categoria identificada: o período de retorno do investimento. Em segundo lugar, os especialistas referem-se à importância de observar a orientação das residências para que possa ocorrer uma boa geração de energia, a qual está relacionada à posição dos imóveis e à região onde estão localizados. Esse fator também influencia o período de retorno do investimento realizado na aquisição de um sistema. A partir das respostas, identificou-se que os fatores consumo de energia e orientação da residência devem ser observados e ambos influenciam no período de retorno.

A identificação desses fatores a serem observados para a adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico fundamenta o atributo da complexidade presente nesta tecnologia. Verifica-se que ela não é de fácil entendimento ou

utilização e, por isso, há a necessidade de suporte profissional e de observância à norma regulamentadora para sua instalação e utilização.

Os fatores para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico codificados encontram-se nos trechos destacados no Quadro 11.

Quadro 11 - Fatores para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico segundo os especialistas

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Busca de informações sobre o sistema	E2	O cliente é o que tem menos informação, não existe informativo no mercado hoje para orientação para consumidor.
Consumo de energia	E4	Primeiramente é o consumo que ele tem de energia, para saber qual é o sistema certo que se adequa a cada cliente, quanto ele vai precisar colocar, a potência do sistema, quais as placas (...).
Consumo de energia	E5	Você ter um valor de consumo de conta que lhe compense, que lhe trará retorno (...).
Consumo de energia	E6	Um dos principais fatores é o fator econômico. O fator econômico é quem indica se o usuário vai ou não adotar porque, se não compensar para ele, não existe essa questão da adoção.
Consumo de energia	E1	Buscam essa geração para poder diminuir os custos, isso no ponto residencial (...).
Escolha da Empresa	E2	O que devemos observar muitas das vezes e temos que tomar algumas metas é conhecer empresas realmente que estão no mercado e que vão te dar uma certa garantia(...).
Observância à norma	E3	Esses fatores eles estão todos definidos nas normas, na NR482, que foi uma norma regulamentadora que saiu em 2012 (...).
Orientação das residências	E4	Você precisa analisar onde vai ser instalado o sistema, qual a estrutura e se tem algum impedimento relacionado ao local, por exemplo, se tem alguma parede que vai ter sombra no local, se tem alguma árvore, alguma outra construção, ou até mesmo na própria construção tem alguma impossibilidade.
Orientação das residências	E5	Também a região onde você está situado. Hoje a gente está situado na região da Paraíba, e não só a Paraíba, mas o Nordeste como um todo tem um potencial e uma capacidade energética de geração fantástica, então, para todo mundo que está sendo atendido pelo sol da gente aqui, tem um grande privilégio para essa questão de geração.
Orientação das residências	E6	Outros fatores é o climático, claro que a região tem que ser propícia à geração (...).
Período de retorno	E5	Em um determinado período, de <i>payback</i> que a gente chama, vá lhe trazer um retorno, em uma faixa de tempo aceitável.
Qualidade do sistema	E2	Um produto que tem maior eficiência, maior durabilidade, é um produto que ele realmente vai suportar esse período aí que a gente calcula de 50 anos, 30 anos é a garantia, mas a gente sabe que ele é feito para produzir energia por 50 anos sem perder muita eficiência.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

De acordo com Sampaio e Gonzalez (2017), a geração distribuída fotovoltaica possui questões específicas relacionadas a limitações do sistema. Dentre essas limitações estão a necessidade de uma área para a instalação dos painéis e de condições geográficas favoráveis à irradiação solar. Tais questões foram associadas ao atributo da complexidade da tecnologia pesquisada. Este atributo encontra-se justificado nas respostas dos especialistas, ao identificarem fatores para adoção do sistema que necessitam de um aporte profissional ou de empresas especializadas em energia fotovoltaica, demonstrando, assim, a complexidade da tecnologia.

O código identificado como “período de retorno do investimento”, que surgiu nas respostas das entrevistas, refere-se ao tempo que o usuário da tecnologia levará para compensar o investimento feito na sua aquisição. Como dito anteriormente, esse código também está relacionado a outros fatores tais como: a localização e o rendimento dos painéis, a potência e o tipo de sistema. Os especialistas apontam que o período de retorno é elemento-chave para identificar se a adoção será rentável economicamente para o adotante.

Os especialistas entendem que, para um consumidor adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico e saber se será viável o investimento, ele deverá analisar e quantificar o seu consumo de energia elétrica para definir o tipo de sistema e a potência necessária, bem como analisar a orientação da sua residência, pois a localização tem influência direta na produção de energia e no cálculo do período de retorno. Em consequência, confirma-se a existência de uma barreira técnica (necessidade de suporte profissional) relativa à adoção da geração distribuída fotovoltaica e do atributo da complexidade da tecnologia estabelecido por Rogers (1971), que afeta na taxa de adoção e difusão.

A segunda pergunta direcionada aos especialistas foi: “na sua visão, qual é a maior motivação dos consumidores para instalar um sistema de geração distribuída fotovoltaico?”. Esse quesito foi relacionado à dimensão social, cultural e comportamental, no intuito de entender o atributo da compatibilidade da tecnologia da teoria de Rogers (1971). Júnior e Mendes (2006) ressaltam que a utilização da geração distribuída fotovoltaica ocorre em virtude das questões de sustentabilidade ambiental, de economicidade e de solução à demanda energética dos países. Com base na visão destes autores, as motivações identificadas foram: questões ambientais, questões econômicas e diversificação da matriz energética.

A frequência dos códigos que representam a motivação dos consumidores para instalação, conforme os especialistas, está demonstrada na nuvem de palavras da Figura 24:

Figura 24 - Nuvem de palavras que representam a motivação dos consumidores para instalação segundo os especialistas

Motivação Ambiental
Motivação Econômica
Diversificação da matriz energética

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

A motivação que apresentou maior frequência foi a econômica (54,5%). Ela foi mencionada por todos os entrevistados, apesar de alguns especialistas apontarem também o aspecto ambiental (27,3%) e a diversificação da matriz energética (18%). Ressalta-se, porém, que todo o grupo entende a adoção da tecnologia principalmente em termos econômicos.

As motivações para instalação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, segundo os especialistas, encontram-se no Quadro 12:

Quadro 12 - Motivações para instalação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico

Códigos	Entrevistados	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Diversificação da matriz energética e não dependência	E5	E esse mercado de geração distribuída vem proporcionando, ajudando de fato na melhoria, na miscigenação das formas de produção de energia.
Diversificação da matriz energética e não dependência	E1	Energia elétrica hoje é o carro-chefe do mundo. Sem energia, nada funciona, independente de ser solar, eólica ou hidrogênio. Não importa como ela seja criada, mas ela ecologicamente correta ela é hoje, tanto a solar como a eólica, [elas] são o carro-chefe do mundo.
Questões ambientais	E3	E tem também a questão ambiental, que muitos estão realmente preocupados em não emitir CO ₂ .
Questões ambientais	E5	Mas, não menos importante, a questão ecológica e ambiental em si. Então, essa questão ambiental de você estar tendo uma utilização de uma energia que é proveniente de recursos naturais, isso ajuda muito naquela via, naquela busca que a gente vem tendo durante alguns anos de minimizar os impactos ambientais
Questões econômicas	E3	Olha, a maior motivação a gente pode até dizer que seja a motivação financeira. Todo mundo quer ter lucro de alguma coisa. A pessoa faz a energia solar porque ele quer realmente diminuir o seu custo, o seu custo com o pagamento da energia.
Questões econômicas	E4	Acho que a principal motivação é a economia.
Questões econômicas	E5	Principalmente essa questão econômica em si, eu acho que é o principal que o pessoal vai atrás.
Questões econômicas	E6	É a questão do fator econômico, se você consegue mostrar para o consumidor a economia que ele vai atingir e consegue facilitar essa instalação por meio de financiamentos.
Questões econômicas	E1	Mas a maioria hoje o que vem buscando é essa liberdade energética, o fato de diminuir o custo com uma conta de energia e poder consumir mais energia, gerar energia para poder diminuir custos.
Questões econômicas	E2	Econômico.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

As três motivações elencadas aparecem com diferentes graus de destaque nas explicações dos especialistas. A motivação econômica foi predominante e expressa quando os entrevistados afirmaram que os consumidores tinham, como maior motivação para adotar o sistema, a economia com a conta de energia e a possibilidade de aumento de consumo de energia elétrica. Por sua vez, a motivação ambiental foi mencionada por dois entrevistados (E3 e E5), os quais destacaram que muitos consumidores eram motivados pela preocupação com o meio ambiente. Já a diversificação da matriz energética foi relacionada à questão da pluralidade e da miscigenação das formas de geração de energia, além da não dependência de uma

única fonte de produção. Em síntese, a visão dos especialistas aponta para a existência de uma conscientização do consumidor através de uma adoção motivada por fatores econômicos. Assim, confirma-se o atributo da compatibilidade, expresso pelas crenças e valores dos potenciais usuários em relação à tecnologia, através da sua conscientização.

A terceira pergunta realizada aos especialistas foi: “qual é o custo médio para implantação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico em unidades residenciais? Qual o período de retorno do investimento?”. Esse questionamento foi relacionado com a dimensão econômica e financeira e associado, dentro da teoria de Rogers (1971), ao atributo da vantagem relativa percebida na tecnologia.

A codificação foi realizada criando-se um intervalo de valores e de tempo, de acordo com as respostas dos especialistas. Analisando-se a frequência dos códigos, verificou-se que o custo médio se encontra entre R\$ 16 mil reais até R\$ 26 mil reais. Por sua vez, o período de retorno seria de dois a quatro anos, conforme Figura 25:

Figura 25 - Nuvem de palavras que representam o custo médio e o período de retorno

De 5 a 6 anos De 2 a 4 anos
Custo de 16 a 26 mil
Custo de 10 a 15 mil Não informou

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

O custo médio para aquisição de um sistema foi mencionado por todos os entrevistados. De acordo com Sampaio e Gonzalez (2017), o custo da eletricidade fotovoltaica é influenciado pela localização do imóvel, pelo tipo de tecnologia utilizada e pela sua complexidade. Assim, a variação de valores ocorre em virtude do tipo de sistema adotado e da potência contratada, como se verifica nas citações apresentadas no Quadro 13:

Quadro 13 - Custo médio identificado para instalação e período de retorno do investimento em um sistema de geração distribuída fotovoltaico

Entrevistado	Custo médio	Trecho das entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
E1	20 a 22 mil	No caso seria o <i>payback</i> ou retorno. Se for um investidor que ele opte por fazer, aportar o valor, ficaria em média dois anos e seis meses a três anos. Se ele optar por uma linha de financiamento, esse valor vai aumentar e passa aí de cinco a seis anos.
E2	14 mil	Não informou.
E3	20 a 25 mil	O retorno desse investimento também depende do tamanho do investimento que você faz, normalmente para essas ligações menores é quatro anos, três anos e meio. Quando o sistema é um sistema maior, isso pode levar dois anos, dois anos e oito meses. A faixa é essa, fica em torno dessa faixa aí. Quanto maior é a usina, maior lhe traz o retorno mais rápido.
E4	15 a 26 mil	Em cinco anos, você já consegue quitar o seu sistema com sua geração.
E5	19 a 26 mil	E o tempo de retorno para esses sistemas vêm se dando em torno de três anos e meio a quatro anos.
E6	12 mil	Hoje eu não saberia te dizer.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

De acordo com os especialistas (E3, E4, E5 e E6), o tempo de retorno do investimento varia conforme o tamanho do sistema instalado e a forma de pagamento. Assim, sistemas maiores se pagam em menos tempo, e sistemas menores demoram mais. Para aqueles investimentos que necessitam de financiamento ou da realização de empréstimos, o período de retorno vai variar, levando-se em consideração as especificações de cada contrato. Os demais entrevistados (E1 e E6) não informaram uma estimativa de tempo para a sua ocorrência.

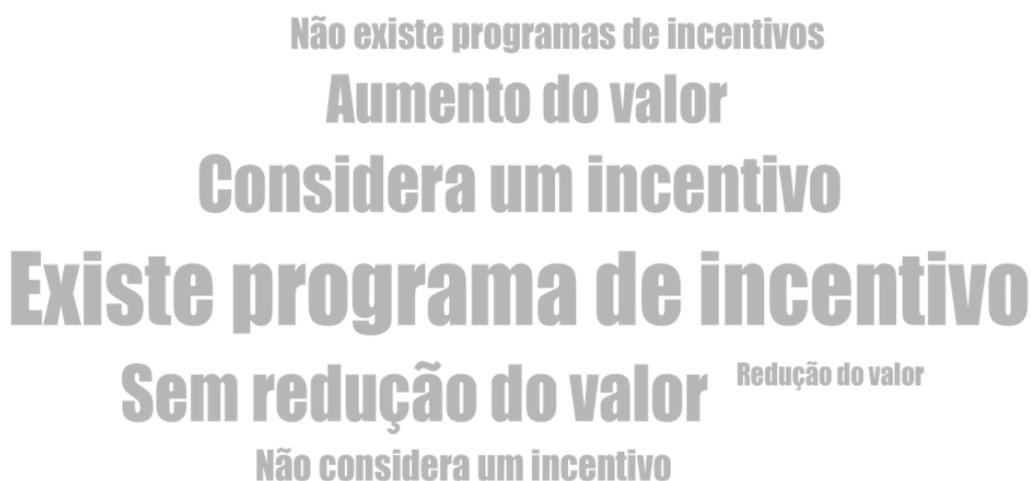
Garlet *et al.* (2019) entendem que o tempo de retorno ou *payback* é a medida econômica usada para avaliar a viabilidade de um investimento. Se esse período for considerado longo pelos potenciais usuários, a adoção da tecnologia torna-se inviável financeiramente (GARLET *et al.*, 2019). No entanto, as informações dadas pelos especialistas não foram suficientes para enquadrá-las nas barreiras da dimensão econômica (alto custo do sistema e período de retorno do investimento). Nesse sentido, a partir de Garlet *et al.* (2019), pode-se concluir que, para associar os dados obtidos (o custo médio e o período de retorno) como uma barreira à adoção da geração distribuída fotovoltaica, estes precisam ser analisados também na opinião dos potenciais usuários.

A quarta, a quinta e a sexta pergunta foram analisadas e codificadas em conjunto, por estarem relacionadas à dimensão institucional, política e regulatória, associada à variável da natureza do sistema social presente na teoria de Rogers (1971), através das regras e normas adotadas. Os especialistas foram perguntados: “existe alguma previsão de redução de custo de implantação do sistema de geração distribuída fotovoltaico para os próximos anos?”; “o regime de compensação adotado pelo Brasil pode ser visto como um mecanismo/programa de incentivo à adoção da geração distribuída fotovoltaica?”; “existe algum programa de incentivo à adoção da geração distribuída fotovoltaica na sua região?”.

Considerando que muitos países adotam uma combinação de mecanismos e incentivos para a promoção da energia fotovoltaica e que alguns até exigem que parte da energia consumida seja oriunda de fontes renováveis (SAMPAIO; GONZALEZ, 2017), no intuito de identificar ações de promoção à adoção da tecnologia, as três perguntas foram codificadas em: redução do valor; sem redução do valor; aumento do valor; não considera um incentivo; considera um incentivo; existe programa de incentivo; e não existe programa de incentivo.

Na Figura 26, é possível observar os códigos de maior frequência entre as respostas dos especialistas:

Figura 26 - Nuvem de palavras que representam os custos, os incentivos e os programas



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

A frequência dos códigos identificados pelos especialistas em respostas às perguntas 4, 5 e 6 foi: redução do valor (10%); sem redução do valor (50%); aumento do valor (40%); não considera um incentivo (71,4%); considera um incentivo (28,6%); existe programa de incentivo (77,8%) e não existe programa de incentivo (22,2%).

Em relação à quarta pergunta, dos seis especialistas, apenas um (E3) acredita que o custo irá baixar, em virtude do aumento da eficiência e do rendimento dos equipamentos, com base na redução já ocorrida desde que a energia solar chegou ao Brasil. Os outros cinco entrevistados (E1, E2, E4, E5 e E6) acreditam que não haverá redução do custo para implantação de um sistema em virtude da grande procura por essa tecnologia, expressa na alta demanda e nos baixos estoques das empresas. Diante dessa situação, muitas empresas não possuem interesse em baixar os custos e seguram ou até aumentam os preços, já que o mercado acaba pagando um pouco mais para ter o sistema.

O Quadro 14 apresenta os trechos codificados das entrevistas referentes à previsão para redução dos custos de implantação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico para os próximos anos, segundo os especialistas:

Quadro 14 - Previsão para redução dos custos de implantação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico para os próximos anos

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Redução do valor	E3	Com certeza, à medida que os equipamentos vão aumentando a sua eficiência, à medida que os equipamentos vão tendo um melhor rendimento, esses custos vão baixando (...).
Aumento do valor	E4	Tenho certeza que aumentou bastante o valor do kit, o valor da implantação, porque tem muita procura. As placas estão evoluindo, o sistema está evoluindo, os estoques de algumas empresas não estão dando conta (...).
Aumento do valor	E5	A partir do momento que seu produto vem sendo muito procurado, então os próprios fabricantes, eles acabam elevando um pouco ali o preço, vendo que, mesmo subindo um pouco o preço, o mercado vai continuar pagando porque é uma necessidade do mercado (...).
Aumento do valor	E6	Bem, eu acredito que não, enquanto ele estiver em alta (...).
Aumento do valor	E1	Há aproximadamente dois anos atrás, eu importava um contêiner que eu pagava 800 dólares em um frete marítimo. Hoje nós estamos pagando 15.000 dólares, e estão falando em ir para 20.000 dólares.
Sem redução do valor	E5	Então, o que impacta mais no custo em si, atualmente, dos equipamentos é a variação cambial, a questão do valor real-dólar, e aí vai além do custo do fabricante e vai mais para uma questão política em si e do país.
Sem redução do valor	E6	Se continuar assim, nesse ritmo, eu não vejo uma previsão de redução dos custos não (...).

Sem redução do valor	E1	Na verdade, não.
Sem redução do valor	E2	Não, não existe. Então, voltado para a redução, não existe possibilidade. Nossa maior nação hoje é China, é China que tem preço, é China quem faz o preço baixar.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Algumas justificativas apresentadas para a não redução dos custos e o aumento do valor foram o aumento da procura (E4, E5 e E6), a variação cambial (E5), o aumento no valor do frete para importação dos equipamentos de um sistema de geração distribuída (E2) e o monopólio da China (E2). Nesse sentido, a possibilidade de redução dos custos para implantação de um sistema de geração distribuída encontra-se vinculada a diversos fatores, como os mencionados pelos entrevistados, os quais se observam através dos códigos “sem redução do valor” e “aumento do valor”.

A partir da análise dos dados, verificou-se que a barreira da dependência de importação, a instabilidade política (ligadas à dimensão institucional, política e regulatória) e a variação cambial influenciam no custo do sistema, refletindo-se na dimensão econômica. Com o aumento da procura por sistemas e os baixos estoques em algumas empresas, a dimensão afetada é a mercadológica e gerencial. Esses dados reforçam a variável da natureza do sistema social de Rogers (1971) relativa às regras e normas estabelecidas e ao grau de interconexão da rede necessária para que aumente a taxa de adoção e difusão da tecnologia.

O regime de compensação adotado pelo Brasil é o *net metering*, considerado na literatura como um mecanismo de incentivo que consiste na injeção do excesso de eletricidade gerado pelo sistema fotovoltaico na rede da concessionária de energia. Os créditos excedentes são usados para compensar o consumo de energia que ocorre quando o sistema não está produzindo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

A quinta pergunta refere-se ao regime de compensação de energia adotado pelo Brasil. O entrevistado E2 não opinou diretamente sobre o tema, e os demais especialistas consideram o regime adotado como um incentivo, mesmo que não seja o melhor ou o mais eficaz para promover a adoção da tecnologia.

O Quadro 15 apresenta os trechos codificados das respostas dos especialistas relativos à sua opinião sobre o regime de compensação adotado pelo Brasil.

Quadro 15 - Opinião dos especialistas sobre o regime de compensação adotado pelo Brasil

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation, citação, menção</i>)
Não considera um incentivo	E1	Eu tenho muito receio. É o <i>net metering</i> , eu fico com muito receio em relação a falar sobre ser incentivador porque, se nós adotássemos uma política diferenciada, se pensássemos nas grandes potências, nós não teríamos adotado o <i>net metering</i> ali em 2012, quando a ANEEL abriu ali uma consulta pública para a 482, não teríamos adotado o <i>net metering</i> , teríamos adotado o <i>feed in tariff</i> .
Considera um incentivo	E3	Sim, não deixa de ser um incentivo, embora eu considere muito tímido, é um incentivo assim muito tímido.
Considera um incentivo	E4	Eu vejo como um incentivo inicial, só esse ano, não sei se eu diria que é o incentivo certo, o modo certo de se incentivar.
Considera um incentivo	E5	Sim, com certeza. Se você parar para pensar que o Brasil é ainda um dos poucos países que trabalha dessa forma, você consegue compensar até 95% da sua conta de energia, então é algo que realmente enche os olhos de qualquer pessoa.
Considera um incentivo	E6	Quando foi colocado sim, tanto que deu esse “boom” na energia fotovoltaica, e você percebe que são muitos instaladores, é muita gente trabalhando nessa área, certo? O grande problema aqui é a mudança no transcorrer do jogo.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

De acordo com a maioria dos entrevistados, o regime de compensação de créditos adotado pelo Brasil, conhecido como *net metering*, pode ser entendido como uma forma de incentivar a adoção da geração distribuída, mesmo não sendo a melhor ou mais eficaz forma. Logo, ele não é considerado uma barreira à adoção da tecnologia. É importante destacar a associação deste ponto com as regras e normas estabelecidas por meio da variável da natureza do sistema social de Rogers (1971).

A sexta pergunta debruçou-se sobre a existência de programas de incentivo à adoção da geração distribuída fotovoltaica em sua região. Os entrevistados E3 e E4, pertencentes ao Estado da Bahia, informaram a existência do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) verde, com desconto de até 10%, desde que atendidos os requisitos exigidos. Já o entrevistado E1, proveniente da cidade de Petrolina, localizada no Estado de Pernambuco, relatou a existência de uma política chamada *Ecomoney* (criada pela Lei Ordinária de nº 2.655/2014 de Petrolina PE), segundo a qual os usuários de sistemas solares têm um incentivo fiscal de 20% no IPTU (PETROLINA, 2014). Esses foram os programas identificados nas respostas dos especialistas.

O Quadro 16 apresenta as citações codificadas relativas à existência de incentivos à adoção da geração distribuída fotovoltaica, de acordo com os especialistas.

Quadro 16 - Existência de programas de incentivos à adoção da geração distribuída fotovoltaica segundo os especialistas

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Existe programa de incentivos	E1	Sim, <i>ecomoney</i> (...) mas aqui, na cidade de Petrolina, existe uma política chamada de <i>Ecomoney</i> , onde as pessoas que fizeram sistemas solares elas vão ter aí um incentivo fiscal de 20% no IPTU.
Não existe programa de incentivos	E2	Na minha região não tem.
Existe programa de incentivos	E3	Existem sim, mas ainda continuo dizendo que são tímidos (...). (...) na forma de pacote, por exemplo, ele dá um incentivo de 10% de desconto no IPTU, mas só que esse desconto no IPTU você tem que atender a esse pacote que ele faz (...).
Existe programa de incentivos	E4	Eu sei que tem o IPTU verde aqui em Salvador, que incentiva as empresas a terem sistemas (...), e você pontua nesse IPTU verde, reduzindo em até 10% do IPTU que você paga (...).
Existe programa de incentivos	E5	Os programas de incentivo que me vêm à mente aqui teriam a isenção do ICMS nos equipamentos (...).
Não existe programa de incentivos	E6	Não, só essa questão do Governo Federal, mas programas de incentivo estaduais eu não tenho conhecimento não (...).

Fonte: Elaborado pela autora com dados da pesquisa.

Dessa forma, identificou-se a existência de programas de incentivos à adoção da geração distribuída fotovoltaica em alguns Estados do Nordeste. Ressalta-se que a existência dessas políticas se associa à variável da natureza do sistema social de Rogers (1971), por meio das regras e normas estabelecidas para promoção e difusão da tecnologia. De acordo com Garlet *et al.* (2019), a falta de políticas de incentivo é uma barreira vinculada aos altos preços dos equipamentos e instalações, necessitando-se de ações governamentais para viabilizar a adoção e difusão da tecnologia. Assim, os formuladores (governo estadual e federal) devem buscar desenvolver a produção local de energia fotovoltaica.

A sétima pergunta realizada aos especialistas foi: “como você analisa o cenário atual da energia fotovoltaica em seu Estado e quais são as suas expectativas em relação aos próximos anos?”. Esse questionamento foi associado à variável do esforço de promoção dos agentes de mudança e à dimensão mercadológica e gerencial.

Os códigos de maior frequência que representam o cenário atual e as expectativas para os próximos anos, segundo os especialistas, são ilustrados na nuvem de palavras da Figura 27:

Figura 27 - Nuvem de palavras que representam o cenário atual e as expectativas para os próximos anos

Alterações por regulamentação

Cenário de Crescimento

Produção no Nordeste Redução na procura

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

De acordo com as respostas dos entrevistados, verificou-se que as expectativas mais frequentes foram: cenário de crescimento (50%); produção no Nordeste (10%); redução na procura (10%); e alterações por regulamentação (30%). Os especialistas responderam que acreditavam ser um ano de crescimento para a tecnologia, ressaltaram a potencialidade da região Nordeste para o desenvolvimento da energia solar, bem como a corrida para novas instalações de sistemas em virtude da Lei Federal de nº 14.300/2022 e as suas novas regras (BRASIL, 2022). As respostas obtidas evidenciam uma relação entre a adoção de novos sistemas e a alteração na regulamentação.

O Quadro 17 apresenta as citações codificadas referentes ao cenário atual e às expectativas dos especialistas para os próximos anos.

Quadro 17 - Cenário atual e expectativas para os próximos anos em relação à geração distribuída fotovoltaica na análise dos especialistas

Código	Entrevistados	Trecho das Entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
Cenário de crescimento	E1	(...) hoje estamos com geração distribuída no mercado cativo, onde esse ano está muito bom, mas nós sabemos que isso tudo vai ser alterado. (...) quando entrar em

Alterações por regulamentação		vigor a Lei 14.300. Eu, particularmente no mercado cativo, não espero grandes adesões. A 14.300 vai vir para dar mais um sentido, mas espero fielmente que haja uma política para que haja incentivos para a colocação de sistemas.
Cenário de crescimento	E2	Olha, as expectativas são gigantes. O mercado hoje está em quase 400% né, de crescimento no Brasil. A Bahia hoje está como foco da implantação do grupo GD.
Cenário de crescimento Produção no Nordeste	E3	O cenário atual é de crescimento, muito crescimento porque, na realidade, essa janela, depois que eles aprovaram a Lei 14.300, abriu-se uma janela, que lhe dá um espaço de tempo para fazer instalação sem cobrar as taxas, (...) está havendo realmente, nesse ano de 2022, uma corrida para que as pessoas evitem de pagar essas taxas. Então, a tendência, mais cedo ou mais tarde, eu acredito que é o Nordeste ocupar o primeiro lugar em produção de energia solar no país.
Cenário de crescimento Redução na procura	E4	(...) esse ano agora a aprovação do marco da geração fotovoltaica, que é a lei 14.300, teve um “boom” na instalação de energia solar, e aí tem muita gente procurando, querendo instalar antes de ser implementada essa taxa (...) O mercado está realmente aquecido, tem muita gente, muita empresa que está correndo atrás, investindo. Creio eu que, nos próximos anos, ele vai reduzir, mas ainda vai existir o mercado sim (...).
Cenário de crescimento Alterações por regulamentação	E5	O mercado fotovoltaico aqui na Paraíba vem se desenvolvendo bastante (...). O que se espera é que esse mercado se mantenha ou até dobrar de fato a quantidade de sistemas instalados. O mercado em si tem um pouco de receio de como é que o cliente vai receber essa alteração (...)
Alterações por regulamentação	E6	(...) como se vê hoje, essas mudanças de taxa de uso de linha de distribuição, e o Governo, com o objetivo de mudar a política de incentivo, eu acho que isso é negativo para a geração distribuída.

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Um dos fatores apontados pelos entrevistados (E1, E3 e E4) para o aquecimento do mercado fotovoltaico foi a Lei Federal de nº 14.300/2022, publicada em 6 de janeiro de 2022 (BRASIL, 2022). A referida lei estabeleceu um prazo de 12 meses para que os interessados na adoção da geração distribuída fotovoltaica protocolem a solicitação de acesso e garantam até o ano de 2045 a não incidência das regras tarifárias estabelecidas pela ANEEL (BRASIL, 2022). Após este prazo, a incidência das tarifas será faturada de acordo com os percentuais determinados no art. 27 da referida lei (BRASIL, 2022). Como apontado por alguns especialistas, as novas regras estabelecidas pela Lei nº 14.300/2022 estão fazendo com que os consumidores busquem a adoção da tecnologia dentro do período determinado, para que não percam os benefícios das isenções sobre as cobranças das taxas de

transmissão e distribuição. De acordo com os entrevistados, a mencionada lei tem um papel importante no processo de adoção de sistemas, identificando-se, assim, a presença da variável da natureza do sistema social, segundo Rogers (1971), através do aumento da taxa de adoção por meio das regras e normas.

Como apontado por um dos especialistas (E4), a corrida para instalação de um sistema de geração distribuída pode vir a diminuir após o período estabelecido pela lei para o início da cobrança das taxas de transmissão e distribuição. É a ocorrência deste cenário que pode ser entendida como o efeito das normas e regras, dentro do sistema social no qual está inserida a tecnologia. Portanto, verifica-se que o processo de adoção e difusão da energia fotovoltaica está sofrendo a influência da regulamentação, como prevê a variável do sistema social na teoria de Rogers (1971).

Os especialistas não mencionaram dados que possam ser associados à barreira da dimensão mercadológica e gerencial (capacidade técnica e infraestrutura nacional) e nem ao enquadramento da variável do esforço de promoção dos agentes de mudança de Rogers (1971). Assim, a partir das respostas obtidas, identificou-se que a barreira relacionada ao cenário atual e às expectativas é a da dimensão política/institucional, em virtude da nova lei, e que a variável de Rogers (1971) presente nesta etapa do processo é a do sistema social.

A oitava pergunta realizada aos especialistas tinha um caráter exploratório, com o intuito de identificar as modalidades de utilização da energia fotovoltaica disponíveis na região: “quais as modalidades para utilização da energia fotovoltaica hoje disponíveis na sua região?”. A codificação das respostas foi: GD em condomínios (ou empreendimentos de múltiplas unidades); GD na própria unidade consumidora; geração compartilhada; e autoconsumo remoto.

A frequência dos códigos que representam as modalidades de energia fotovoltaica encontra-se na nuvem de palavras da Figura 28.

Figura 28 - Nuvem de palavras que representam as modalidades de energia fotovoltaica

Autoconsumo remoto
GD em condomínios
GD na própria unidade
Geração compartilhada

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

A frequência dos códigos nas respostas dos especialistas foi: GD em condomínios ou empreendimentos de múltiplas unidades (31,25%); GD na própria unidade consumidora (37,5%); geração compartilhada (18,75%); e autoconsumo remoto (12,5%). Essas são as modalidades para produção de energia fotovoltaica permitidas pela Lei de nº 14.300/2022. Logo, verificou-se a ocorrência de todas as modalidades que estão previstas na lei.

Destacam-se os trechos relativos às modalidades de energia fotovoltaica identificadas pelos especialistas no Quadro 18.

Quadro 18 - Modalidades de energia fotovoltaica identificadas pelos especialistas

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Autoconsumo remoto	E3	A geração remota também acontece. A pessoa instala, faz uma usina em determinado terreno, e esse terreno, essa conta vai ser em um dos CPFs ou CNPJ que a pessoa já usa na cidade (...).
Autoconsumo remoto	E5	Autoconsumo remoto, que é aquele que você tem um local de geração e pode encaminhar os créditos de energia para demais unidades consumidoras (...).
GD em condomínios	E3	E essa de múltiplos consumidores caía bem nos condomínios, mas infelizmente, aqui, eu pelo menos vi ninguém que fez dessa forma. Sempre tem muita dificuldade (...). Essa geração em condomínio acontece, mas na realidade não está funcionando como geração. Por exemplo, é o condomínio que faz a instalação no condomínio e está abrangendo as partes comuns do condomínio ou do prédio (...).

GD em condomínios	E4	E geração distribuída.
GD em condomínios	E5	O sistema de condomínios, que tem como instalar a usina geradora no condomínio e fazer a compensação ou só das contas do condomínio ou do condomínio (...).
GD em condomínios	E6	Geração distribuída em condomínios (...).
GD na própria unidade	E3	Aqui, no nosso Estado, a modalidade que mais a gente vê é a unidade consumidora no próprio telhado, na própria residência (...).
GD na própria unidade	E4	É mais comum são os de geração local (...).
GD na própria unidade	E5	A geração própria, a geração no próprio empreendimento onde está sendo gerada e consumida a energia (...).
GD na própria unidade	E6	Normalmente, a gente trabalha com a geração na própria unidade consumidora (...).
GD na própria unidade	E1	Atualmente, aqui a gente só tem feito geração junto à carga (...).
GD na própria unidade	E2	É, geralmente é 90%.
Geração compartilhada	E3	Tem essa modalidade compartilhada, que é mais difícil ainda de ver, porque, às vezes, é preciso fazer, formar uma associação (...).
Geração compartilhada	E5	Disponibilidade da geração compartilhada, que aí existe o sistema de consórcio (para CNPJ) ou cooperativas (para CPF) (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Nas respostas dos entrevistados (E1, E2, E3, E4, E5 e E6), verificou-se a seguinte modalidade (código) de maior frequência: geração distribuída na própria unidade consumidora. Contudo, também foram identificadas outras modalidades disponíveis na região, tais como a geração distribuída em condomínios e a geração compartilhada. Como é possível observar, as modalidades que se encontram disponíveis na região Nordeste identificadas pelos especialistas correspondem a todas as que estão previstas na Lei Federal nº 14.300/2022 (BRASIL, 2022).

Considerando os desafios apontados por Júnior e Mendes (2016) relativos ao alto custo do sistema, aos problemas técnicos e às questões comerciais e regulatórias, os especialistas foram perguntados sobre que barreiras à adoção eles conseguiam identificar. Logo, a nona pergunta tinha o intuito de analisar barreiras e dimensões presentes no processo de adoção da geração distribuída fotovoltaica. Os especialistas foram perguntados: “consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas da geração distribuída fotovoltaica em sua região?”. O questionamento de caráter exploratório foi analisado com base nas variáveis de Rogers (1971).

As barreiras encontradas nas respostas dos especialistas foram codificadas tomando como base as dimensões estabelecidas no estudo realizado por Garlet *et al.* (2019), que foram: técnica, econômica, social, gerencial e política. A codificação resultou nos seguintes códigos: alto custo; falta de incentivos; controle do setor energético; falta de acesso ao crédito; altas taxas de juros; falha da concessionária; dependência de financiamento; instabilidade política; e falta de conhecimento.

A Figura 29 apresenta a nuvem de palavras que representam as barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica identificadas pelos especialistas.

Figura 29 - Nuvem de palavras que representam as barreiras identificadas pelos especialistas



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

De acordo com as respostas dos entrevistados, verificou-se que a frequência das barreiras identificadas foi: alto custo (18,75%); falta de incentivos (12,5%); controle do setor energético (12,5%); falta de acesso ao crédito (6,25%); altas taxas de juros (6,25%); falha da concessionária (6,25%); dependência de financiamento (12,5%); instabilidade política (12,5%); e falta de conhecimento (12,5%). Os especialistas relataram nove barreiras que foram codificadas e analisadas de acordo com as cinco dimensões propostas. A partir das respostas, verificou-se que a barreira que mais limita a adoção é o alto custo do sistema.

O Quadro 19 apresenta os trechos utilizados para codificação das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste identificadas pelos especialistas.

Quadro 19 - Barreiras identificadas pelos especialistas à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Alto custo	E1	Atualmente é, de fato, o preço. São materiais caros (...).
Alto custo	E3	O sistema fotovoltaico normalmente tem um valor agregado muito alto (...).
Alto custo	E6	O primeiro fator é o custo. Eu vejo essa questão dos custos como um impeditivo (...). Eu diria o custo (...).
Altas taxas de juros	E2	Hoje está muito caro o juro. Para você ter uma ideia, eu fazia financiamento há dois anos atrás com juros abaixo de 0,47. Hoje estamos falando de 2,17 e 2,38, está entendendo? Muito difícil.
Controle do setor energético	E1	A nossa barreira, de fato, é o monopólio, (...) contratos pelo uso do sistema de distribuição das linhas de transmissão (...).
Dependência de financiamento	E5	Eu acredito que o fator financeiro seja uma barreira, mas que, atualmente, por haver diversas formas de financiamentos (...).
Dependência de financiamento	E6	Partir para os financiamentos (...).
Falha da concessionária	E4	Mas aqui a COELBA está sendo mal gerida. Tivemos vários problemas junto à COELBA (...).
Falta de acesso ao crédito	E2	Os bancos limitam demais a carta de crédito para você. Eles não abrem a carta de crédito (...).
Falta de conhecimento	E3	Hoje ainda falta muito conhecimento nessa área, em relação à pessoa saber o benefício que a energia solar pode trazer.
Falta de conhecimento	E5	O conhecimento também dos benefícios que a geração distribuída traz para o cliente.
Falta de incentivos	E2	O que precisa hoje, na verdade, eram políticas que mudassem essa figura, (...). Então, o que falta para nós hoje é política (...).
Instabilidade política	E5	E aliado a isso, essa questão de transição de políticas públicas (...).
Instabilidade política	E6	Segurança nos contratos (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

As barreiras da dimensão econômica e financeira foram visualizadas por meio do alto custo dos sistemas, da necessidade de um financiamento por grande parte dos consumidores que desejam adotar esta tecnologia, da falta de acesso ao crédito e das altas taxas de juros praticadas pelas instituições financeiras. Os dados corroboram os estudos realizados por Garlet *et al.* (2019) e Abdullahi *et al.* (2017), que entendem que as restrições financeiras dificultam a adoção do sistema.

Na dimensão social, cultural e comportamental, um aspecto apontado pelos entrevistados foi a falta de conhecimento e de informações sobre a tecnologia a ser adotada. Eles acreditam que muitos consumidores não despertam o interesse em adotar o sistema por não conhecerem seus benefícios. Essa barreira é fundamentada pela falta de conscientização do consumidor (ABDULLAHI *et al.*, 2017). A falta de conhecimento pode representar uma barreira entre os adotantes (uso impróprio do sistema) e os não adotantes (não oferta do sistema aos potenciais adotantes), o que pode gerar insegurança quanto à adoção. É a percepção dos adotantes sobre a complexidade da tecnologia que determina sua decisão (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

Na dimensão mercadológica e gerencial, as barreiras identificadas foram o controle do setor energético e a falha no serviço das concessionárias de energia. O mercado fotovoltaico está sujeito à concorrência de outras tecnologias já consolidadas, o que impede a penetração da tecnologia no mercado. Essas barreiras encontram-se também relacionadas à gestão inadequada e aos serviços de pós-venda negligenciados (GALERT *et al.*, 2019).

Na dimensão política, regulatória e institucional, verifica-se a necessidade de ações governamentais e do apoio de políticas públicas (GARLET, *et al.*, 2019). Nos dados obtidos, verificou-se as barreiras referentes à falta de incentivo para que as pessoas adotem um sistema de geração distribuída e à instabilidade política, que gera medo e insegurança nos adotantes da tecnologia. Sampaio e Gonzalez (2017) afirmam que é necessário implementar políticas e programas de incentivo à energia fotovoltaica.

Garlet *et al.* (2019) apontam que é necessário entender os principais fatores que limitam a adoção da energia fotovoltaica e traçar um plano para superar as barreiras e auxiliar no crescimento da tecnologia. No intuito de buscar informações junto aos especialistas para entender como as barreiras por eles apontadas poderiam ser superadas, foi realizada a décima pergunta, de caráter exploratório: “como estas barreiras apontadas podem ser superadas?”.

A Figura 30 apresenta a nuvem de palavras dos códigos mais frequentes que representam as medidas identificadas para superação das barreiras, de acordo com os especialistas.

Figura 30 - Nuvem de palavras que representam as medidas identificadas para superação das barreiras conforme os especialistas

Estruturação e qualificação do mercado
 Informação sobre benefícios
Participação do Governo
 Viabilizar o crédito

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

De acordo com os entrevistados, as medidas para superação das barreiras foram: informações sobre benefícios (20%); participação do Governo (50%); estruturação e qualificação do mercado (10%); e viabilização do crédito (20%). As respostas foram codificadas de acordo com as justificadas dos especialistas. Verifica-se que as medidas apontadas se encontram relacionadas às barreiras por eles identificadas.

O Quadro 20 apresenta os trechos das entrevistas que fundamentaram a codificação relativa às medidas para superação das barreiras identificadas pelos especialistas.

Quadro 20 - Medidas para superação das barreiras identificadas pelos especialistas

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Informação sobre benefícios	E3	Precisa trazer informação ao povo, divulgação da tecnologia. Tem que ter muita divulgação mostrando os benefícios para que as pessoas (...).
Informação sobre benefícios	E5	Eu creio que principalmente divulgação (...).
Participação do Governo	E3	O governo, acho que precisa participar de uma boa parte trazendo os incentivos, tanto o federal, o estadual e o municipal, (...).
Participação do Governo	E6	Políticas públicas que viessem a garantir mais segurança ao consumidor (...).
Participação do Governo	E6	Políticas públicas mais fortes, mais seguras (...).
Participação do Governo	E1	Políticas públicas de incentivos à construção de sistemas solares (...).
Participação do Governo	E2	Um plano de governo.

Estruturação e qualificação do mercado	E4	Quanto aos fornecedores de energia, eu não sei como isso pode ser resolvido na verdade, porque são problemas simples de serem resolvidos, (...).
Viabilização do crédito	E4	A questão do financiamento é meio complicado né, porque é mais taxa de juros de banco, viabilidade de crédito para cliente, requer toda uma análise financeira. É meio complicado (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

É importante destacar as conclusões do trabalho de Karakaya e Sriwannawit (2015). Os autores apontam que, para difundir a energia fotovoltaica, é necessário observar o contexto e compreender as condições locais para que as barreiras possam ser superadas (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). Dessa forma, os códigos foram relacionados às explicações apresentadas pelos especialistas, de acordo com as questões por eles abordadas, levando-se em consideração o contexto de sua região.

A medida identificada como “informações sobre benefícios” corrobora o que foi apontado por Sampaio e Gonzalez (2017), isto é, que, para aumentar a participação da energia fotovoltaica no mercado, é necessário aumentar a consciência dos adotantes sobre todos os benefícios (econômicos, sociais e ambientais) que a tecnologia possui. Assim, deveria haver campanhas educacionais para informar os adotantes sobre os benefícios dos sistemas (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

A participação do Governo foi a medida citada com maior frequência entre os especialistas. Esse dado reforça o argumento utilizado por Sampaio e Gonzalez (2017), ao afirmarem que é necessário implantar programas e políticas públicas de incentivo à geração de energia fotovoltaica. Assim, sem a colaboração e o apoio governamental adequado, as barreiras à adoção da GD não serão superadas (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

A medida “estruturação e qualificação do mercado” foi apontada pelo entrevistado E4, que se refere a uma melhor prestação de serviços dos fornecedores de energia, tendo em vista a barreira da falha da concessionária. Problema relacionado com o serviço oferecido, capacidade técnica e infraestrutura nacional são barreiras à adoção da tecnologia e podem prejudicar a qualidade dos sistemas (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

Garlet *et al.* (2019) identificam que a população brasileira é muito dependente de financiamentos para a compra de um sistema fotovoltaico e que isso torna necessário o desenvolvimento de linhas de crédito específicas. Corroborando essa barreira econômica já identificada, outra medida citada foi a viabilização do crédito,

apontada pelo especialista como uma forma de facilitar o acesso a financiamentos e a juros mais baixos. Conforme se observa, a medida apontada refere-se à superação de barreiras econômicas interligadas, reforçando, assim, o argumento de Garlet *et al.* (2019).

Ressalta-se que a barreira mais frequente apontada pelos especialistas foi o alto custo de um sistema e, além disso, a medida mais apontada por eles para superar as barreiras foi a participação do Governo. Os entrevistados da região Nordeste acreditam que a barreira econômica é a que mais impede a adoção da energia fotovoltaica e que se faz necessária a participação do Governo na superação desta barreira, por meio de políticas de incentivo. Esses dados associados apontam para o desenvolvimento de programas de incentivos por parte do Governo que tenham como foco questões relativas ao custo do sistema.

O resultado obtido nesta décima pergunta aos especialistas contribui para responder ao terceiro objetivo específico da pesquisa, qual seja, identificar medidas para superação das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste do Brasil.

4.2.2 Estudo II – “Prosumidores” do sistema de geração distribuída fotovoltaico

Os resultados identificados nas entrevistas com usuários do sistema de geração distribuída fotovoltaica (“prosumidores”), realizadas no Estudo II, foram codificados e categorizados de acordo com os temas sobre a utilização da tecnologia abordados. A apresentação dos resultados cumpriu a sequência de análise utilizando a relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e as variáveis selecionadas de Rogers (1971), de acordo com o que foi proposto no *framework* teórico, como mostra o Quadro 21:

Quadro 21 - Relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971)

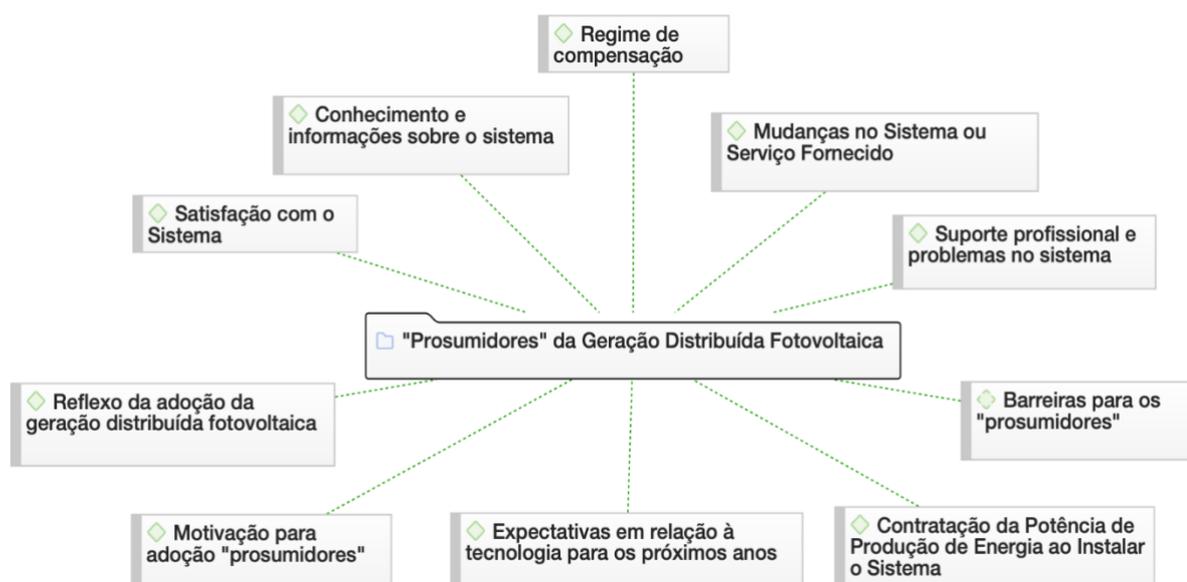
Pergunta aos “prosumidores”	Dimensão	Barreiras	Variável TDI
1. Está satisfeito com o sistema de GD fotovoltaico instalado em sua residência? 2. Mudaria alguma coisa no sistema ou serviço fornecido?	Mercadológica e gerencial	Serviço de pós-venda	Esforço de promoção dos agentes de mudança
3. Já precisou de suporte profissional em relação ao sistema de GD após a sua instalação? Se sim, como ocorreu?	Mercadológica e gerencial	Serviço de pós-venda	Esforço de promoção dos agentes de mudança
4. O que o levou/motivou a adotar um sistema de GD fotovoltaico?	Social, cultural e comportamental	Cultura do consumo	Atributo da compatibilidade
5. Como se informou/tomou conhecimento sobre o funcionamento/benefícios do sistema de geração distribuída fotovoltaico?	Mercadológica e gerencial	Abordagens de marketing	Canais de comunicação
6. Possui alguma expectativa em relação à geração distribuída fotovoltaica para os próximos anos?	Mercadológica e gerencial	Capacidade técnica e infraestrutura nacional de mercado	Esforço de promoção dos agentes de mudança
7. O que acha do regime de compensação de energia adotado no Brasil? Entende como satisfatório?	Institucional, política e regulatória	Sistema de compensação	Natureza do sistema social
Perguntas exploratórias			
8. Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na sua região?			
9. Você instalou o sistema com uma potência de produção de energia maior do que a sua média de consumo da energia elétrica tradicional?			
10. Você considera que ficou mais tranquilo com relação ao consumo de energia após a instalação do sistema solar?			

Fonte: Elaborado pela autora.

Verificou-se a ocorrência dos seguintes temas: satisfação com o sistema; suporte profissional e problemas no sistema; mudanças no sistema ou serviço fornecido; regime de compensação; motivação para adoção dos “prosumidores”; expectativas em relação à tecnologia para os próximos anos; conhecimento e informação sobre o sistema; barreiras para os “prosumidores”; contratação da potência de produção de energia ao instalar o sistema; e reflexo da adoção da geração distribuída fotovoltaica.

Os temas sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico, de acordo com os "prosumidores", encontram-se expostos na Figura 31:

Figura 31 - Temas sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com "prosumidores"



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

De acordo com as teorias de Davis, Bagozzi e Warshaw (1989) e de Rogers (1971), a adoção de uma tecnologia depende das atitudes e percepções dos adotantes, ou seja, depende do comportamento que eles expressam sobre a tecnologia. Para entender o comportamento dos usuários, foram realizadas perguntas ao grupo de Estudo II referentes à sua experiência no uso do sistema e às suas opiniões pessoais sobre a tecnologia.

Os dados obtidos com o grupo do Estudo II possibilitaram traçar um perfil geral dos entrevistados, sem identificá-los diretamente. As perguntas foram relativas ao tipo

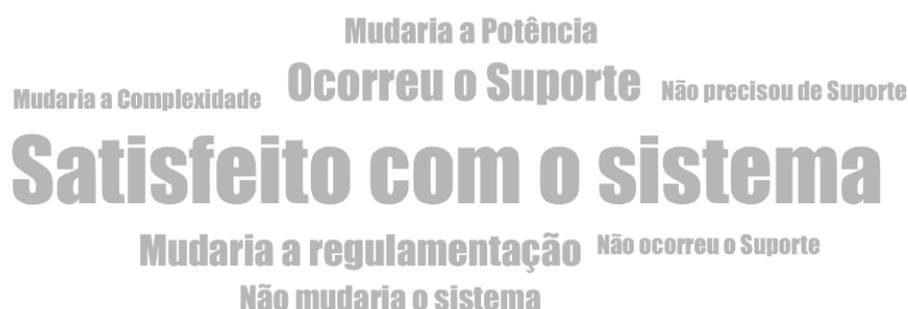
do sistema, ao tempo de uso e à localização. O levantamento resultou no seguinte perfil dos participantes: todos possuem um sistema de geração distribuída conectado à rede da concessionária de energia, instalado no telhado de sua residência e com tempo de utilização de até três anos.

As três primeiras perguntas realizadas aos “prosumidores” foram analisadas e codificadas em conjunto, por estarem relacionadas à dimensão mercadológica e gerencial, para verificar a barreira do serviço de pós-venda fraco ou negligenciado, que foi relacionada à variável de Rogers (1971) do esforço de promoção dos agentes de mudança. Os “prosumidores” foram, então, perguntados: “está satisfeito com o sistema de geração distribuída fotovoltaico instalado em sua residência?”; “mudaria alguma coisa no sistema ou serviço fornecido?”; “já precisou de suporte profissional em relação ao sistema de geração distribuída após a sua instalação? Se sim, como ocorreu o serviço?”.

De acordo com Garlet *et al.* (2019), um atendimento de pós-venda deficiente ou negligenciado, que não oferece serviços de manutenção adequados, pode impedir o processo de adoção e difusão da tecnologia. Assim, uma das principais barreiras de mercado é a gestão insuficiente e inadequada (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). No intuito de identificar os esforços de promoção dos agentes de mudança e os serviços de pós-venda, as três perguntas foram codificadas em: satisfeito com o sistema; ocorreu o suporte; não precisou de suporte; não ocorreu o suporte; mudaria a regulamentação; mudaria a potência; mudaria a complexidade; e não mudaria o sistema.

A Figura 32 mostra os códigos que representam a satisfação, a mudança e o suporte profissional identificados com maior frequência nas respostas dos “prosumidores”:

Figura 32 - Nuvem de palavras que representam a satisfação, a mudança e o suporte profissional segundo os “prosumidores”



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti (2022).

De acordo com as respostas dos entrevistados, verificou-se que os códigos mais frequentes foram: satisfeito com o sistema (100%); mudaria a regulamentação (37,5%); e ocorreu o suporte (66,7%). Portanto, verificou-se que a maioria dos usuários necessitou de suporte profissional, que este suporte ocorreu a contento e que, apesar de estarem satisfeitos com o sistema, alguns mudariam a regulamentação.

O Quadro 22 apresenta os trechos das entrevistas que justificam a codificação em relação à satisfação dos “prosumidores” com o uso da tecnologia.

Quadro 22 - Satisfação dos "prosumidores" com a utilização do sistema de geração distribuída fotovoltaico

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
Satisfeito com o sistema	U1	Sim, estou muito satisfeita, (...).
Satisfeito com o sistema	U2	Estou muito satisfeito.
Satisfeito com o sistema	U4	Assim, em termos de economia financeira que eu falo, questão mensal, eu estou (...). A satisfação imediata você vai ter visível só na questão mensal, que você vai ver realmente a questão do gasto que vai compensar, mas, na questão de expectativa de satisfação, eu acho que é a longo prazo, que vai ser maior (...).
Satisfeito com o sistema	U5	Muito satisfeito. Em termos econômicos, eu acho que foi o principal motivo e, em termos econômicos, me atendeu bem.
Satisfeito com o sistema	U6	Eu estou satisfeito, com relação, vamos dizer assim, ela se pagou agora, no ano passado o investimento que eu fiz (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da pesquisa.

Em relação à primeira pergunta, todos apresentaram respostas identificadas como satisfeitos com a utilização do sistema, como pode ser verificado no Quadro 22. Os entrevistados U3, U4, U5 e U6 justificam sua satisfação com a adoção da tecnologia em termos da economia e do retorno do investimento. Esse resultado reforça os argumentos de Garlet *et al.* (2019) de que, ao instalar o sistema, o consumidor se preocupa com o benefício econômico, considerando o *payback* e o valor utilizado para aquisição do sistema.

Na segunda pergunta, questionados sobre a possibilidade de mudança no sistema ou serviço fornecido, os entrevistados apresentaram respostas codificadas da seguinte forma e com as respectivas frequências: mudaria a potência (25%); mudaria a regulamentação (37,5%); mudaria a complexidade (12,5%); e não mudaria o sistema (25%).

O Quadro 23 apresenta os trechos das entrevistas relacionados à realização de mudanças no sistema ou serviço indicados pelos “prosumidores”.

Quadro 23 - Mudanças no sistema ou serviço indicadas pelos "prosumidores"

Código	Entrevistado	Trecho das Entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
Não mudaria nada	U1	Não mudaria nada, por enquanto está tudo ok.
Mudaria a potência	U2	Eu mudaria, colocaria uma capacidade maior de captação (...).
Mudaria a complexidade	U4	Mudaria, sabe o quê? A questão da complexidade. Ele é muito complexo, se não tiver um profissional intermediário que explique a gente o que realmente, como funciona o sistema, até para a questão de leitura de relatórios finais, para o entendimento da gente como leigo, a gente não consegui entender nada.
Mudaria a regulamentação	U5	No sistema não. O que eu mudaria é isso, porque é uma energia limpa, teoricamente, e a gente deveria incentivar mais as pessoas a utilizarem, e essas ações que estão vindo, está inibindo. Então, o que eu mudaria é a regulamentação.
Mudaria a regulamentação	U6	Quando eu contratei, a gente não pagava imposto sobre a produção, e esse ano a gente está pagando (...) eu acho que deveria isentar a questão desse imposto de ICMS para produtores de energia limpa (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Os entrevistados listaram as mudanças que gostariam de realizar no sistema ou serviço. Os usuários U2 e U3 gostariam de realizar uma expansão da capacidade de produção de energia elétrica, aumentando os benefícios da tecnologia ao expandir sua potência de geração. Já os entrevistados U5 e U6 apontaram a mudança na

regulamentação e na cobrança de taxas, que hoje estão mais altas, justificada pela possibilidade de diminuição dos custos atuais. O U4 informou que mudaria a complexidade do sistema, considerando que este possui características muito específicas que dificultam o manuseio pelo usuário. A mudança sugerida pelo entrevistado U4 encontra fundamento nos estudos de Karakaya e Sriwannawit (2015), que tratam da complexidade da tecnologia como uma barreira social e técnica. Segundo os autores, o usuário se preocupa com a complexidade, a eficiência e a segurança dos sistemas fotovoltaicos (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). Apenas o U1 informou que não mudaria nada no sistema. Portanto, identificou-se que a maioria dos entrevistados tem desejos de mudança no sistema e que estes estão relacionados à produção, ao custo e à complexidade da tecnologia.

Com a análise das repostas da segunda pergunta, verificou-se uma outra dimensão: os entrevistados U5 e U6 informam o desejo de mudanças na regulamentação. Essas são enquadradas por Garlet *et al.* (2019) como barreiras econômicas, por entender-se que as variações e as cobranças das tarifas de energia (tarifa de uso do sistema de distribuição e tarifa do uso do sistema de transmissão) influenciam na adoção da tecnologia. É importante ressaltar que, apesar da regulamentação ser entendida como uma barreira política/institucional, o contexto de mudança informado pelos entrevistados expressa questões econômicas.

As duas primeiras perguntas estavam relacionadas à variável dos esforços de promoção dos agentes de mudança. A análise das repostas resultou na identificação de uma nova variável da teoria de Rogers (1971), que seria o atributo da complexidade, mencionada pelo entrevistado U4, que qualifica a tecnologia pesquisada como de difícil entendimento.

A terceira pergunta, dentro da dimensão mercadológica e gerencial, realizada aos “prosumidores”, foi: “já precisou de suporte profissional em relação ao sistema de geração distribuída após a sua instalação? Se sim, como ocorreu o serviço?”. A frequência dos códigos foi: ocorreu suporte (66,7%); não ocorreu o suporte (16,7%); e não precisou de suporte (16,7%).

Os trechos codificados das respostas dos “prosumidores” sobre problemas com o sistema de geração distribuída fotovoltaico e suporte profissional estão elencados no Quadro 24:

Quadro 24 - Problemas com o sistema de geração distribuída fotovoltaico e suporte profissional segundo os “prosumidores”

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Não precisou de suporte	U1	Não, até agora está tudo ok.
Ocorreu o suporte	U2	A empresa que eu contratei o pessoal, o dono é muito sério, algumas vezes saiu do ar, acho que, cerca de duas vezes saiu do ar, parou de captar, ele mesmo viu através do aplicativo. Eu não tenho conhecimento técnico, mas ele mesmo viu, e fez uma visita para mim lá e regulou de imediato.
Ocorreu o suporte	U3	Precisei, mas nada crítico não. Consegui resolver por telefone com o integrador, que ele fez a instalação, e com a orientação mesmo que foi dada, foi resolvido de imediato.
Ocorreu o suporte	U4	Depois que eu instalei, já. Justamente porque, como eu falei da complexidade desse sistema, o que é que acontece? Quando ele é ligado para a gente acompanhar a internet, então o que é que acontece? Quando a mudança de internet ou até uma queda prolongada, para a gente poder reativar ele, a gente não consegue sozinha, só com um profissional.
Ocorreu o suporte	U5	Eu já precisei de vários suportes, logo no início, quando o sistema foi instalado, meu inversor ele caía, ele batia o pico e caía, a concessionária de energia, a voltagem estava dando muito alta, estava dando 260, e o inversor, por questões de segurança, ele desarmava, e aí eu fiz várias reclamações na concessionária, eles não resolveram, aí eu tive que chamar a empresa, para fazer uma nova reconfiguração no inversor, para isso.
Não ocorreu o suporte	U6	Eu já precisei e não ocorreu. Eu acho que aqui foram duas empresas, eu contratei uma para tirar de um canto para outro. Isso foi até rápido, rápido em um mês, mas só que eles não concluíram o serviço e, para você ter noção, vai fazer um ano desse serviço, eles nem estão atrás e nem receberam um real, não chegaram a receber um real desse serviço, já fizeram a mudança e não concluíram. Eu estou totalmente perdido, eu não sei quanto estou produzindo, quanto estou gerando de energia, antes eu tinha como ver, se tinha uma placa com defeito aparecia lá no aplicativo, eu não sei se as placas estão produzindo normal, estou totalmente cego no sistema, e ele só precisava fazer isso, passou um ano, e eles ainda não vieram finalizar o serviço.

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Os “prosumidores” informaram a ocorrência de problemas com o sistema instalado. Dos seis entrevistados, cinco (U2, U3, U4, U5 e U6) apresentaram a necessidade de suporte profissional. Entre os problemas citados por eles está a saída do sistema do ar por causa da internet (oscilação ou mudança de provedor). O entrevistado U5 relatou problemas com a produção do seu sistema e com a concessionária de energia da sua localidade. O U6 relatou a ocorrência de problemas sem o suporte técnico profissional. Um ponto a ser destacado é que os participantes

U5 e U6 pertencem ao Estado da Paraíba. Assim, verificou-se que a maioria dos entrevistados já teve algum problema com o sistema e que o suporte pós-venda ocorreu de forma satisfatória.

A terceira pergunta tinha o intuito de enquadrar os dados obtidos na barreira de serviços de pós-venda, ligados à assistência técnica, ao monitoramento e à manutenção (GARLET *et al.*, 2019), visto que alguns autores consideram que essa barreira pode prejudicar a qualidade e o desempenho dos sistemas (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). A partir dos dados obtidos, verifica-se que os entrevistados receberam o suporte profissional quando necessário, não podendo se confirmar a existência da barreira mercadológica e gerencial.

A adoção de novas tecnologias está relacionada a desafios socioculturais e à aceitação de mudanças (GARLET *et al.*, 2019). Existem barreiras que afetam negativamente a expansão do mercado, como a falta de informações sobre benefícios e a resistência a novas tecnologias (ABDULLAHI *et al.*, 2017), gerando insegurança na adoção da tecnologia. Nessa direção, a quarta pergunta realizada aos usuários buscou entender o contexto da adoção da tecnologia e verificar a barreira da cultura do consumo pouco engajada presente na dimensão social, cultural e comportamental, por meio do quesito: “o que o levou/motivou a adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico?”. Esse questionamento foi relacionado ao atributo da compatibilidade da tecnologia.

A frequência das motivações para a adoção da tecnologia pelos “prosumidores” foi demonstrada na nuvem de palavras da Figura 33:

Figura 33 - Nuvem de palavras que representa a motivação para a adoção da tecnologia dos "prosumidores"

Motivação ambiental
Motivação econômica

Entre as respostas, dois aspectos foram identificados o caráter ambiental (16,7%) e o econômico (83,3%). Dos seis participantes, apenas um (U1) relatou questões ambientais para sua adoção. Em contraste, destaca-se a motivação econômica, identificada como uma resposta unânime entre os usuários (U2, U3, U4, U5 e U6) e expressa através da redução dos gastos com a conta de energia, conforme indicam os trechos apresentados no Quadro 25:

Quadro 25 - Motivação dos “prosumidores” para adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaica

Código	Entrevistados	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Motivação ambiental	U1	O que fez a gente adotar o sistema é a possibilidade de poder contribuir com o meio ambiente, uma grande economia na conta de luz, e promovendo uma economia de forma sustentável.
Motivação econômica	U2	Economia, questão financeira.
Motivação econômica	U3	No caso da casa, eu li muito a respeito, peguei muitas informações, questão de custo, de um tempo para cá. Nós todos sofremos com essas bandeiras etc., a energia sempre aumentando, e uma visão também de retorno.
Motivação econômica	U4	Economia financeira (...).
Motivação econômica	U5	A questão da economia mesmo, o aspecto financeiro.
Motivação econômica	U6	Eu adotei mais por questão de economia no bolso, e a questão do conforto também, que não ficaria tão preocupado, deixar um ar ligado mais um tempinho, mais uma questão de conforto da minha família.

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

A motivação de maior frequência nos “prosumidores” (motivação econômica) pode ser associada à que foi identificada no Estudo I. Confirma-se a visão dos especialistas, que aponta também para a existência de uma conscientização dos consumidores quando adotam um sistema fotovoltaico levando em consideração fatores econômicos. Sendo assim, confirma-se a relação da quarta pergunta com o atributo da compatibilidade, expresso pelas crenças e valores dos usuários da tecnologia, através da conscientização do consumidor. Porém, apesar da relação entre os estudos, não pôde ser confirmada a inexistência da barreira social, cultural e comportamental.

A quinta pergunta realizada aos “prosumidores” foi: “como se informou/tomou conhecimento sobre o funcionamento /benefícios do sistema de geração distribuída

fotovoltaico?”. Tal questionamento foi relacionado à dimensão mercadológica e gerencial, à barreira de abordagens de marketing ineficazes, e à variável dos canais de comunicação em Rogers (1971).

A frequência dos canais de comunicação por onde os “prosumidores” se informaram sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico foi demonstrada na nuvem de palavras da Figura 34.

Figura 34 - Nuvem de palavras que representa os canais de comunicação de acesso a informações sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico

Experiência anterior Internet
Amigos
Programas de TV

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

A frequência dos canais de comunicação identificados foi: amigos (37,5%); internet (25%); programas de TV (25%); e experiência anterior (12,5%). Essas foram as formas utilizadas pelos entrevistados para buscar informações e conhecimento sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico. Nas respostas, identificou-se que o contato com amigos foi o meio mais utilizado.

O Quadro 26 apresenta os trechos das entrevistas que informam os meios utilizados pelos usuários para buscar informações sobre a tecnologia.

Quadro 26 - Canais de comunicação identificados pelos “prosumidores” para buscar conhecimento sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
Amigos	U1	Então, a primeira informação a gente teve porque tem muita divulgação sobre esse assunto, e foi através de uma amiga minha que trabalha na empresa.
Programas de TV e Internet	U2	Vi reportagens na TV e acessei à internet e fiquei lá no Dr. Google curioso, e fiquei vendo que valia a pena.

Experiência anterior	U3	Foi uma solução que me atendia também na empresa.
Internet	U4	Inicialmente eu tive curiosidade mesmo, e aí comecei a ler artigos da internet, e aí, quando eu comecei a ler artigos da internet, eu procurei uma pessoa na minha região que trabalhava com isso, e também me tirou várias dúvidas.
Amigos	U5	Eu me informei através de amigos. Eles já tinham implementado o sistema e todos eles comentavam do ganho econômico que tiveram quando implementaram o sistema, então foi a partir daí que despertou meu interesse em colocar também, para obter o ganho.
Programas de TV e amigos	U6	Programas de TV falando da energia solar e que, com um tempo, ela se pagaria, e diminuiria bastante o valor que se paga de energia, mas foi mais por mídia de TV e amigos também que colocaram e estavam satisfeitos com o serviço.

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

De acordo com a classificação em Rogers (1971), verificou-se que os meios de comunicação utilizados pelos usuários para buscarem informações foram os canais de massa e os canais interpessoais. Os canais de massa foram representados pelos programas de televisão (U2 e U6) e de internet (U2 e U4), quando os entrevistados realizaram pesquisas, leitura de artigos e reportagens sobre o assunto. Já os canais interpessoais foram representados pela indicação e conversa com amigos (U1, U5 e U6). Dessa forma, confirma-se a variável dos canais de comunicação de Rogers (1971), através da qual a inovação é conectada entre os indivíduos ou unidades de adoção que possuem conhecimento/experiência e os que não possuem. Essa é uma das variáveis que afeta a taxa de adoção e difusão da tecnologia.

A sexta pergunta realizada aos usuários foi: “possui alguma expectativa em relação à geração distribuída fotovoltaica para os próximos anos?”. Esse quesito foi relacionado à dimensão mercadológica e gerencial e à barreira da capacidade técnica e da infraestrutura nacional de mercado.

A frequência dos códigos das respostas dos usuários referentes às expectativas para os próximos anos foi demonstrada na nuvem de palavras da Figura 35.

Figura 35 - Nuvem de palavras que representa as expectativas dos “prosumidores” para os próximos anos

Tecnologia mais acessível
Crescimento da adoção
Regulamentação favorável
Evolução da tecnologia
Taxar a geração Sem cobranças de taxas
Retorno da produção

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

A frequência das expectativas para os próximos anos identificadas foi: evolução da tecnologia (27,3%); taxaço sobre a geração (18,2%); regulamentação favorável (18,2%); retorno da produção (9,1%); crescimento da adoção (9,1%); ausência de cobranças de taxas (9,1%); e tecnologia mais acessível (9,1%). Nas respostas dos entrevistados, foram informadas expectativas econômicas, tecnológicas e regulatórias. Conforme as justificativas apresentadas, verificou-se o desejo de avanços na tecnologia por parte dos usuários.

O Quadro 27 apresenta os trechos das expectativas dos “prosumidores” em relação à tecnologia para os próximos anos.

Quadro 27 - Expectativas dos "prosumidores" em relação à tecnologia para os próximos anos

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (citation, citação, menção)
Crescimento da adoção	U1	Eu acredito que é de bastante crescimento, com relação ao setor solar para os próximos anos, aí os clientes vão tomando conhecimento que vai pagar um valor reduzido na sua conta de luz, e além de valorizar até o imóvel, contribuir com o meio ambiente, então isso aí é uma expectativa.
Evolução da tecnologia	U4	Questão da tecnologia. A minha expectativa é que futuramente esse sistema seja um sistema menos robusto. Ele é muito grande e requer um espaço enorme para poder instalar.
Evolução da tecnologia	U5	Bom, eu acho que, em termos tecnológicos, vai evoluir bastante, até a questão das placas mesmo. Eu acho que, com uma menor área, você vai conseguir gerar mais

		energia. Há expectativa também que o custo, pelo ganho de escala, deve diminuir.
Evolução da tecnologia	U6	A expectativa que eu tenho é que as coisas estão evoluindo muito.
Regulamentação favorável	U4	Deveria existir regulamentação que nos favorecesse nessa questão de compensação de alguma coisa (...).
Regulamentação favorável	U6	A minha expectativa é que o Governo vai acabar dando mais isenções para que a população venha colocar, porque ainda é caro a energia solar para você contratar, mesmo com alguma isenção que o Governo dá, mas não chega a baratear mais.
Retorno da produção	U4	A minha expectativa é, assim, que um dia essa produção que a gente faz toda fosse realmente retornada para a gente de forma financeira, entendeu?
Sem cobranças de taxas	U4	Eu acredito que nós não deveríamos ser cobrados por utilizar essa fonte.
Taxação sobre a geração	U2	Eu já ouvi alguns boatos que vai alterar a questão da legislação na questão da tributação, e isso não agrada.
Taxação sobre a geração	U5	Mas também tem a expectativa negativa, de o Governo sobretaxar essa geração, então eu vejo como uma questão equilibrada.
Tecnologia mais acessível	U3	Eu tenho uma expectativa boa, eu vejo isso como uma tecnologia, aí que tem que ficar mais acessível (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Na sexta pergunta, a variável da extensão dos esforços de promoção dos agentes de mudança foi analisada através das expectativas que os usuários possuem em relação à tecnologia para os próximos anos. U4 e U6 manifestaram expectativas de uma regulamentação mais favorável por parte do Governo, no sentido de intervir por meio de incentivos e isenções ou de alterar a atual forma de compensação e tributação da produção de energia. U4, U5 e U6 acreditam que a tecnologia irá evoluir, que os sistemas se tornarão menos complexos e que sua capacidade produtiva aumentará. Logo, em relação à variável, os agentes de mudanças responsáveis pelas expectativas apontadas podem ser entendidos como o Governo e as empresas.

O Governo é apontado em relação à acessibilidade e facilidade de adoção, enquanto as empresas (indústria), em relação à evolução da tecnologia. Essas expectativas estão vinculadas a barreiras identificadas por Garlet *et al.* (2019) como pertencentes às dimensões econômica e técnica/tecnológica. De modo convergente, Karakaya e Sriwannawit (2015) entendem que os altos custos para instalar um sistema representam uma barreira e que muitos adotantes da tecnologia preferem subsídios diretos e incentivos, em vez de valores de empréstimos para aquisição.

A sétima pergunta aos “prosumidores” foi: “o que acha do regime de compensação de energia adotado no Brasil? Entende como satisfatório?”. A análise desse questionamento está relacionada à dimensão institucional, política e

regulatória, por meio da barreira da deficiência em sistema de compensação de energia, e relacionada à variável da natureza do sistema social proposta por Rogers (1971).

A codificação das respostas apresentadas resultou nos seguintes códigos, apresentados juntamente com sua frequência: satisfatório (33,3%); não satisfatório (50,0%); e satisfatório em parte (16,7%). A frequência dos códigos relativos à opinião dos “prosumidores” sobre o regime de compensação pode ser visualizada na nuvem de palavras na Figura 36:

Figura 36 - Nuvem de palavras que representa a opinião dos “prosumidores” sobre o regime de compensação



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

Os “prosumidores” informaram sua opinião em relação ao regime de compensação de créditos. Dois entrevistados (U1 e U3) entendem que o regime é satisfatório e atende bem às expectativas de recompensa que eles possuem, mas os outros quatro entrevistados (U2, U4, U5 e U6) avaliaram o regime como não satisfatório ou falho e opinam que seriam necessárias algumas modificações. Dentre as modificações apontadas por eles, está a burocracia para transferência do seu excedente de produção.

O Quadro 28 apresenta os trechos das opiniões dos “prosumidores” em relação ao regime de compensação:

Quadro 28 - Opinião dos "prosumidores" sobre o regime de compensação adotado pelo Brasil

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Satisfatório	U1	Eu acho satisfatório, eu acho bem interessante.
Não satisfatório	U2	Eu achei muito burocrata, uma burocracia muito grande para fazer isso. Tem alguns detalhes, assim, eu tenho sobrando na minha casa, e até agora eu não consegui ainda colocar para um dos meus escritórios (...).
Satisfatório	U3	Eu acho que sim, entendo que sim. Principalmente, no meu caso, meu caso em específico, eu consigo utilizar.
Não satisfatório	U4	Não, além de não ser satisfatório, eu acho injusto, por dois motivos: um pela questão da compensação, que eu acho que não é proporcional, e outro porque, assim, só pode colocar a energia solar quem tem rede elétrica. Isso eu acho um absurdo (...).
Não satisfatório	U5	Eu acho que é uma falha porque eu estou gerando energia e, mesmo gerando e sobrando energia, eu tenho que pagar por exemplo a taxa de iluminação pública, de uma energia que eu estou gerando, então eu mudaria esses aspectos (...).
Satisfatório em parte	U6	Eu acho satisfatório em parte. O que eu mudaria era essa questão de CPF. Se eu tenho uma quantidade de energia que eu posso produzir, assim, para debitar da conta do meu pai, de algum familiar, acho que poderia colocar o CPF de outra pessoa (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Os entrevistados que consideram o regime de compensação insatisfatório ou falho apresentaram suas justificativas. O regime de compensação foi considerado insatisfatório por U4 em razão da proporcionalidade dos créditos compensados e da necessidade do acesso a uma rede elétrica para sua transferência. Outro ponto, salientado por U5, foi o pagamento de taxas mesmo diante da existência de créditos não utilizados. Por fim, U2 menciona a falta de flexibilidade na utilização dos créditos em virtude da burocracia existente para a transferência destes. Identificada a opinião dos "prosumidores" em relação ao regime de compensação, verificou-se a necessidade da variável da natureza do sistema social para que a barreira da deficiência no sistema de compensação de energia possa ser modificada, através de novas normas e regras, que tornem o regime satisfatório na visão dos usuários.

É importante destacar que, no Estudo I, o regime de compensação foi considerado pelos especialistas como um mecanismo de incentivo à adoção da tecnologia, mas, no Estudo II, o mesmo regime foi considerado insatisfatório pelos usuários do sistema de geração distribuída fotovoltaica.

A oitava pergunta tinha o intuito de analisar outras barreiras e dimensões presentes no processo de adoção da geração distribuída fotovoltaica. Os “prosumidores” foram perguntados: “consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e a difusão de sistemas da geração distribuída fotovoltaica em sua região?”. O quesito, de caráter exploratório, foi analisado com base nas variáveis de Rogers (1971) e nas dimensões e barreiras encontradas na literatura.

A frequência dos códigos que representam as barreiras identificadas pelos "prosumidores" é demonstrada na nuvem de palavras na Figura 37.

Figura 37 - Nuvem de palavras que representam as barreiras identificadas pelos "prosumidores"



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

A frequência das barreiras identificadas pelos usuários foi: alto custo (35,7%); falta de incentivos (14,3%); altas taxas de juros (14,3%); falta de estrutura (7,1%); falta de acesso ao crédito (7,1%); falta de conhecimento (14,3%); e falta de capacidade técnica das empresas (7,1%). Foram identificadas sete barreiras pertencentes às seguintes dimensões: econômica, social, mercadológica, técnica e institucional. Na visão dos entrevistados, a barreira que mais se destacou foi o alto custo. Essa predominância corrobora o estudo de Abdullahi *et al.* (2017), que afirma serem as restrições financeiras aquelas com maior reflexo para os possíveis adotantes da tecnologia.

O Quadro 29 apresenta os trechos das respostas dos “prosumidores” referentes às barreiras por eles identificadas para adoção e difusão da tecnologia.

Quadro 29 - Barreiras identificadas pelos "prosumidores" para adoção e difusão da tecnologia

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation, citação, menção</i>)
Altas taxas de juros	U5	As taxas de juros também é um outro impeditivo (...).
Altas taxas de juros	U6	Procurando algum banco que financie com um juro menor (...).
Alto custo	U3	De cara, o custo.
Alto custo	U4	O primeiro é a questão da variável econômica mesmo, assim é um custo alto, mesmo que financiado (...).
Alto custo	U5	A principal barreira hoje, principalmente para a grande massa da população, é o custo (...).
Alto custo	U6	O custo ainda é muito alto, tanto a mão de obra como o próprio equipamento, ainda se torna muito alto.
Alto custo	U2	Primeiro o custo, está bastante alto (...).
Falta de acesso ao crédito	U3	Mesmo que tenha os juros, o acesso é muito burocrático, muito complicado. Eu acho que o povão mesmo, a massa, tem dificuldade desse acesso (...).
Falta de capacidade técnica das empresas	U2	Muitas empresas dão trabalho, então o pessoal fica receoso quanto a isso também, à capacidade técnica de quem vai instalar.
Falta de conhecimento	U1	Eu acredito que é porque ainda tem gente que não tem acesso à internet ou coisas assim e acabam achando que adquirir um sistema é complicado (...). Sim, eu acredito que muitas pessoas ainda não têm muita informação sobre o assunto, aí ficam com medo de investir, ficam com medo de arriscar (...).
Falta de estrutura	U4	Grande parte na minha cidade que eu falo, ela tem grande parte rural, a parte da zona rural não tem energia elétrica, então isso também dificulta, já que você só pode botar se você tiver energia elétrica (...).
Falta de incentivos	U3	Acho que falta um pouco mais de habilidade governamental para poder ter um avanço maior (...).
Falta de incentivos	U5	Política de regulamentação, do próprio governo dele sobretaxar a microgeração (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Os usuários mencionaram barreiras de ordem econômica e financeira, técnica, institucional, social e mercadológica. Dentre as barreiras pertencentes à dimensão econômica e financeira, dos seis entrevistados, cinco deles (U2, U3, U4, U5 e U6) responderam que consideravam o alto custo para aquisição de um sistema um fator impeditivo para que outras pessoas adotassem a tecnologia. Outros dois (U5 e U6) remeteram às altas taxas de juros para os financiamentos, e um (U3) apontou a falta de acesso ao crédito em razão da burocracia das instituições financeiras. Por sua vez, quanto às barreiras técnicas, U4 mencionou a falta de estrutura, que poderia resultar em um bloqueio da adoção da tecnologia, por causa da falta de acesso à rede de

distribuição de energia elétrica. Já quanto às barreiras institucionais, dois entrevistados (U3 e U5) identificaram a falta de incentivos e políticas públicas para a geração distribuída. Esses dados confirmam o estudo realizado por Abdullahi *et al.* (2017), que destaca o apoio insuficiente e ineficaz como prejudicial à adoção e difusão da tecnologia.

Por último, constam as barreiras sociais e mercadológicas. Quanto às barreiras sociais, um entrevistado (U1) apontou a falta de conhecimento sobre a tecnologia. Segundo Garlet *et al.* (2019), ela torna os potenciais adotantes inseguros. Já na dimensão mercadológica, outro entrevistado (U2) mencionou a falta de capacidade técnica das empresas. Essa barreira expressa uma gestão inadequada e pode impedir o processo de difusão e adoção da tecnologia (GARLET *et al.*, 2019). Nos dados obtidos por meio das entrevistas dos usuários da tecnologia, foram identificadas barreiras em todas as dimensões, e uma nova barreira foi enquadrada na dimensão técnica, que foi a falta de estrutura para o acesso às redes elétricas.

A nona e a décima perguntas, respectivamente, foram: “você instalou o sistema com uma potência de produção de energia maior do que a sua média de consumo de energia elétrica tradicional?”; “você considera que ficou mais tranquilo com relação ao consumo de energia após a instalação do sistema fotovoltaico?”. A frequência dos códigos identificados foi: potência maior (33,3%); consumo maior (26,7%); mesmo consumo (6,7%); maior tranquilidade (33,3%). Foram criados também os códigos “mesma potência” e “mesma tranquilidade”, mas eles não foram mencionados pelos entrevistados.

A frequência dos códigos que representa a potência contratada, o consumo e a tranquilidade em relação ao consumo pode ser visualizada na nuvem de palavras da Figura 38:

Figura 38 - Nuvem de palavras que representa a potência contratada, o consumo e a tranquilidade em relação ao consumo



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

O Quadro 30 apresenta os trechos das respostas dos usuários referentes à potência contratada do sistema fotovoltaico:

Quadro 30 - Potência do sistema fotovoltaico contratada pelos “prosumidores”

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Consumo maior e potência maior	U1	Não, a gente quando foi colocar, a gente colocou já para um consumo maior, para ter uma reserva aí então que a gente poderia usar, não no mesmo limite, porque se a gente colocasse no limite, o que é que acontece? A gente ia ter que continuar usando do mesmo jeito, então a gente já colocou uma sobra a mais, para poder usar bem tranquilo.
Consumo maior e potência maior	U2	Contratei com folga, e ficou a desejar. Era para ter. No final, você acaba consumindo mais (...).
Mesmo consumo e potência maior	U3	(...) não aumentou não. (...) a gente se educou (...). Então, aí foi antes de colocar. E, quando eu me preparei, eu já fui realmente planejando para cobrir essa nova demanda do apartamento.
Consumo maior e potência maior	U5	Lá, na época, eu tinha uma média de consumo de 700/800 quilowatts e eu instalei 1.100 quilowatts, então já imaginando que poderia ter um acréscimo.
Consumo maior e potência maior	U6	Com certeza. Eu utilizava em torno de 600 quilowatts, e, quando eu tinha acesso a ficar vendo a minha produção, eu contratei 900 watts, (...). Contratei maior que o consumo que tinha de energia.

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

O usuário U4 não respondeu à pergunta. Os outros entrevistados (U1, U2, U3, U5 e U6) informaram que contrataram uma quantidade maior de quilowatts do que

consumiam anteriormente no sistema tradicional de energia elétrica. Os participantes U1, U2, U5 e U6 afirmaram que aumentaram o consumo de energia elétrica após a instalação do seu sistema. Apenas o entrevistado U3 informou não ter aumentado o consumo em sua residência pois, apesar de ter contratado uma potência maior, ela estava destinada a ser creditada em uma outra unidade consumidora de sua propriedade. Diante das respostas ao questionamento, verificou-se que todos os usuários realizaram a contratação de uma potência de produção de energia fotovoltaica maior do que consumiam do sistema de energia elétrica tradicional.

A décima pergunta realizada dedicou-se ao reflexo da contratação e do consumo da geração distribuída fotovoltaica. Os trechos das respostas dos usuários são apresentados no Quadro 31:

Quadro 31 - Reflexo da adoção da geração distribuída fotovoltaica pelos "prosumidores"

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Maior tranquilidade	U1	Sim, nossa, sem dúvida alguma, bem tranquila. Hoje a gente usa sem medo (...).
Maior tranquilidade	U2	Perfeito. Foi um santo remédio para mim. Realmente atendeu as minhas expectativas positivamente.
Maior tranquilidade	U5	A utilização da tecnologia me trouxe um planejamento financeiro porque anteriormente eu ficava preocupado quanto é que vai dar a conta de energia no próximo mês (...), mas já dá uma tranquilidade maior porque não vai ter muito disparate na conta, então isso gera uma tranquilidade financeira.
Maior tranquilidade	U6	(...) agora meu filho pode chegar tarde e ligar o ar dele, a questão da comodidade (...). Mas, apesar de tudo, assim, eu acho que foi um bom negócio, optar pela energia fotovoltaica. Eu estou adorando a questão da energia, eu uso muito mesmo a energia lá em casa, e o mais eu quero é que venha, a tecnologia avance mais (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Nas respostas, identificou-se uma maior tranquilidade em relação ao consumo de energia. Destacam-se as falas dos usuários U5 e o U6. U5 relata que, após a adoção do sistema, ocorreu um melhor planejamento financeiro em relação ao valor da conta de energia, ao passo que U6 ressalta a maior comodidade no uso da energia elétrica. Portanto, verificou-se que a adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaico promoveu um reflexo positivo nos usuários.

4.2.3 Estudo III – Usuários em potencial do sistema de geração distribuída fotovoltaico

No Estudo III, as perguntas buscaram informações sobre a visão dos usuários em potencial sobre a tecnologia pesquisada, a intenção de adoção, o conhecimento sobre o funcionamento e benefícios do sistema e as barreiras identificadas por eles. A apresentação dos resultados cumpriu a sequência de análise, utilizando a relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e as variáveis selecionadas de Rogers (1971), de acordo com o que foi proposto no *framework* teórico.

O Quadro 32 apresenta a estrutura de análise utilizada.

Quadro 32 - Relação entre as perguntas, as dimensões, as barreiras e a teoria de Rogers (1971)

Pergunta aos usuários	Potenciais	Dimensão	Barreiras	Variável TDI
1. Conhece e sabe como funciona o sistema de geração distribuída fotovoltaico?		Social, cultural e comportamental	Falta de conhecimento sobre o funcionamento	Canais de comunicação
2. Se conhece o sistema fotovoltaico, através de que meio tomou conhecimento/informações sobre ele?		Mercadológica e gerencial	Abordagens de marketing	Canais de Comunicação
3. Conhece os benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico?		Social, cultural e comportamental	Desinformação sobre os benefícios	Esforço de promoção dos agentes de mudança
4. Já pensou em adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico? Por que não adotou o sistema? O que o leva a não adotar um sistema de GD fotovoltaico?		Social, cultural e comportamental	Cultura do consumo – falta de conscientização	Compatibilidade
Perguntas exploratórias				
5. Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?				
6. Se eliminar a barreira encontrada por você para a adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, você adotaria? Ou prefere continuar usando o sistema atual de fornecimento de energia?				

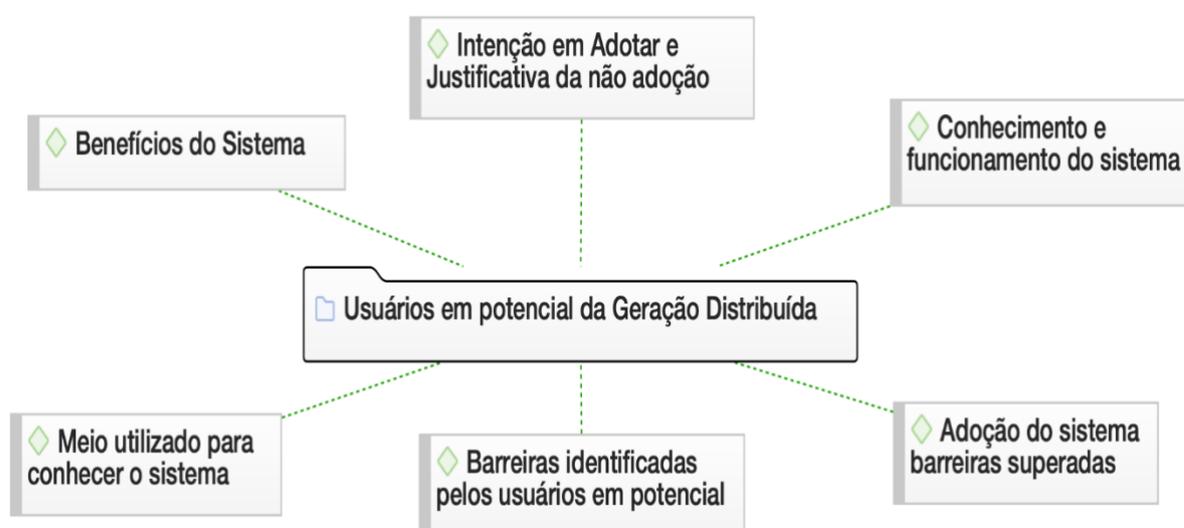
Fonte: Elaborado pela autora.

Verificou-se a ocorrência dos seguintes temas: conhecimento e funcionamento do sistema; meio utilizado para conhecer o sistema; benefícios do sistema; intenção

em adotar e justificativa da não adoção; barreiras pelos usuários em potencial; e adoção do sistema após barreiras superadas.

Os temas identificados sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico com usuários em potencial estão expostos na Figura 39:

Figura 39 - Temas sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico abordados com usuários em potencial



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

A primeira pergunta realizada aos participantes das entrevistas foi: “conhece e sabe como funciona um sistema de geração distribuída fotovoltaico?”. Esse questionamento foi relacionado com a dimensão social, cultural e comportamental, no intuito de identificar a barreira da falta de conhecimento sobre o funcionamento do sistema e a variável dos canais de comunicação, com base na teoria de Rogers (1971).

A frequência dos códigos relativos ao conhecimento dos usuários em potencial sobre a GD é ilustrada na nuvem de palavras da Figura 40:

Figura 40 - Nuvem de palavras que representam o conhecimento dos usuários em potencial sobre a GD



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti (2022).

De acordo com as respostas dos entrevistados, verificou-se a seguinte frequência dos códigos: conhece (44,4%); conhece pouco (22,2%); sabe como funciona (11,1%); e não sabe como funciona (22,2%). Também foi criado o código “não conhece”, mas nenhum dos entrevistados mencionou essa informação. Assim, verificou-se que os usuários em potencial conhecem o sistema de geração distribuída fotovoltaico, mas não sabem detalhes sobre seu funcionamento. Apenas o entrevistado P3 conhecia o funcionamento do sistema.

O Quadro 33 apresenta os trechos das respostas relativas ao conhecimento dos usuários em potencial sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico.

Quadro 33 - Conhecimento dos usuários em potencial sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Conhece pouco	P2	Eu conheço um pouco (...).
Conhece pouco	P6	Conheço por alto, escutei já alguma coisa sobre o assunto (...).
Conhece	P1	Eu conheço (...).
Conhece e não sabe como funciona	P4	Então, eu conheço, e já estive em alguns lugares [em] que são utilizados esse sistema, (...). O básico, assim, que é uma energia limpa, renovável, por conta da captação de luz, mas como ocorre o processo certinho eu não sei, não conheço.
Conhece e não sabe como funciona	P5	Sim, eu tenho conhecimento do sistema fotovoltaico, dessa questão de geração de energia solar, porém o conhecimento técnico mesmo do funcionamento eu não detenho (...).

Conhece e sabe como funciona	P3	Sim, nós conhecemos o sistema de energia solar, e funciona basicamente com a incidência do sol, com a célula fotovoltaica, que trabalha com elementos de altíssima condução e através dessas placas (...).
------------------------------	----	--

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

A falta de conhecimento sobre a tecnologia é considerada uma barreira social, cultural e comportamental (GARLET *et al.*, 2019). No entanto, os trechos destacados identificam que os usuários em potencial conhecem a tecnologia, apesar de alguns terem informado que não sabem como ela funciona (P4 e P5). Logo, não se pôde confirmar a existência da barreira da falta de conhecimento sobre o sistema. Esses dados podem ser associados à variável dos canais de comunicação de Rogers (1971), que estabelecem a conexão entre os indivíduos ou unidades de adoção que possuem conhecimento/experiência e os que não possuem.

A segunda pergunta realizada aos usuários em potencial foi: “se conhece o sistema fotovoltaico, através de que meio tomou conhecimento/informações sobre ele?”. Essa pergunta foi realizada para identificar as barreiras das abordagens de marketing e a variável dos canais de comunicação utilizados.

Os códigos que representam os canais de comunicação mencionados pelos usuários em potencial são ilustrados na nuvem de palavras da Figura 41:

Figura 41 – Nuvem de palavras que representam os canais de comunicação de acordo com os usuários em potencial

Amigos e familiares
Internet
Experiência profissional

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

De acordo com as respostas dos entrevistados, verificou-se a seguinte frequência dos códigos: internet (57,1%); amigos e familiares (28,6%); e experiência

profissional (14,3%). Essas foram as formas utilizadas pelos entrevistados para buscar informações e conhecimento sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico. Nas respostas, identificou-se que a internet foi o meio mais utilizado.

Os trechos das entrevistas que informam os meios utilizados para buscar informações sobre o sistema de geração distribuída fotovoltaico encontram-se no Quadro 34:

Quadro 34 - Meios utilizados para conhecimento do sistema de geração distribuída fotovoltaico pelos usuários em potencial

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
Amigos e familiares	P1	Sim, pelo que eles já me falam, (...) tenho familiares que possuem (...).
Internet	P2	Inicialmente, o primeiro contato foi muito, e internet, e aí com o crescimento na região eu comecei a ter o contato físico, começando a observar as instalações no nosso Estado (...).
Experiência profissional	P3	Minha formação é elétrica.
Internet Amigos e familiares	P4	Então, internet, aqui na região tem algumas empresas que fazem, que têm esse programa de energia solar (...). E por meu pai também usar e ter outros conhecidos meus que usam (...).
Internet	P5	Bom, então, inicialmente a questão da internet hoje traz muita informação, (...) através mesmo de propagandas em portais, de empresas que ofereciam o sistema, reportagens, jornais, e esse foi o primeiro contato.
Internet	P6	Exato, pela internet. (...) em <i>podcast</i> de tecnologia.

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Na análise das respostas, identificou-se a ocorrência dos canais de mídia de massa e de canais interpessoais. Os canais de mídia de massa foram representados pelas propagandas, pelo uso de internet e pela escuta de *podcast* de tecnologia (P2, P4, P5 e P6), enquanto os canais interpessoais foram representados pelas conversas com amigos e familiares (P1 e P4) que utilizam a tecnologia e até mesmo pela experiência profissional (P3). A partir dos dados obtidos, verifica-se a ocorrência da variável dos canais de comunicação de Rogers (1971), através da qual a inovação é conectada entre os indivíduos ou unidades de adoção que possuem conhecimento/experiência e os que não o possuem. Essa é uma das variáveis que afeta a taxa de adoção e difusão da tecnologia. Dessa forma, não se pôde confirmar a existência da barreira das abordagens ineficazes de marketing.

A terceira pergunta direcionada aos entrevistados foi: “conhece os benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico?”. O questionamento foi

realizado no intuito de identificar a barreira da desinformação sobre os benefícios do sistema e de verificar a variável dos esforços de promoção dos agentes de mudança.

Os códigos de maior frequência que representam os benefícios identificados pelos usuários em potencial podem ser vistos na nuvem de palavras da Figura 42:

Figura 42 - Nuvem de palavras que representa os benefícios identificados pelos usuários em potencial

Benefício Econômico

Benefício Ambiental

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

Os dois benefícios codificados apresentam a mesma frequência nas respostas (50%).

Os trechos das entrevistas que informam os benefícios identificados pelos potenciais usuários encontram-se no Quadro 35:

Quadro 35 - Benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico identificados pelos potenciais usuários

Códigos	Entrevistado	Trecho das Entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Benefício ambiental	P2	A questão de ser uma energia renovável, uma energia limpa (...).
Benefício ambiental	P3	Os benefícios, ele tem pouco impacto ambiental, essa é uma das questões mais relevantes, digamos assim, no incentivo da energia fotovoltaica (solar) (...).
Benefício ambiental	P4	Por ser o uso de uma energia limpa, de um certo modo vai também ajudar na sustentabilidade (...).
Benefício ambiental	P5	Tem a questão de ser uma energia limpa, uma energia renovável (...).
Benefício ambiental	P6	Eu acredito que o aproveitamento solar (...).
Benefício econômico	P1	Fora não pagar energia.

Benefício econômico	P2	Então, o primeiro ponto que a gente escuta muito é a economia (...).
Benefício econômico	P4	Mas, no geral, eu acredito que a economia de energia (...).
Benefício econômico	P5	Dos benefícios que são oferecidos, essa questão de você conseguir diminuir seu gasto mensal com a questão da energia domiciliar (...).
Benefício econômico	P6	(...) e também os custos (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

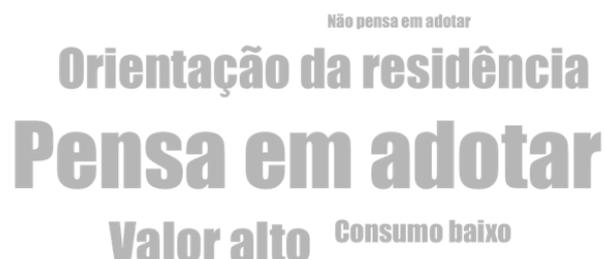
As entrevistas registraram a presença de benefícios ambientais e econômicos nas falas dos entrevistados. No que tange aos benefícios ambientais, foram identificados os seguintes: pouco impacto ambiental da tecnologia, característica de ser uma energia limpa e renovável e índice de aproveitamento solar. No que tange aos benefícios econômicos, eles estão relacionados à diminuição do custo com a energia elétrica domiciliar. Complementarmente, a barreira da desinformação dos benefícios da tecnologia não foi identificada, tendo em vista que os entrevistados conheciam os benefícios apontados pela literatura e elencados por Júnior e Mendes (2016) relativos à sustentabilidade ambiental e à economicidade.

A partir dos dados obtidos, verifica-se a ocorrência da variável dos esforços de promoção dos agentes de mudança de Rogers (1971), através da qual os envolvidos no processo de adoção e difusão da tecnologia atuam para aumentar o conhecimento e a acessibilidade. Esses resultados reforçam a questão anterior referente à não existência da barreira das campanhas ineficazes de marketing e à variável dos canais de comunicação.

A quarta pergunta realizada refere-se à variável da compatibilidade. No intuito de identificar as crenças, valores e experiências em relação à tecnologia e de verificar a barreira da cultura de consumo e falta de conscientização, os usuários potenciais foram questionados: “já pensou em adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico? Por que não adotou o sistema? O que o leva a não adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico?”.

A frequência dos códigos que representa a intenção em adotar um sistema e a justificativa para não adoção pode ser visualizada na nuvem de palavras da Figura 43:

Figura 43 - Nuvem de palavras que representa a intenção em adotar um sistema e a justificativa para não adoção pelos usuários em potencial



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

De acordo com as respostas dos entrevistados, verificou-se a seguinte frequência dos códigos: pensa em adotar (46,2%); não pensa em adotar (0%); consumo baixo (7,7%); valor alto (23,1%); e orientação da residência (23,1%). Logo, observa-se que todos os entrevistados responderam ter a intenção em adotar a tecnologia. As justificativas mencionadas com maior frequência para não terem adotado ainda a tecnologia foram: a orientação da residência e o valor alto do sistema.

Os trechos das entrevistas relativos à intenção em adotar e à justificativa para não adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico são apresentados no Quadro 36:

Quadro 36 - Intenção em adotar e justificativa da não adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico pelos usuários em potencial

Códigos	Entrevistado	Trecho das Entrevistas (<i>citation</i> , citação, menção)
Pensa em adotar, orientação da residência	P1	Sim, fiz até a pesquisa, mas como estava uma incerteza de que local (...).
Pensa em adotar, orientação da residência	P2	Sim, eu penso em adotar. Não adotei ainda porque eu moro em apartamento (...).
Pensa em adotar, consumo baixo	P3	Sim, eu tenho projetos, tudo pronto. Só não instalei ainda propriamente porque o meu consumo inclusive ele é baixo, e assim, se você tiver um consumo mais ou menos que 600 quilowatts/mês, ele começa a ficar apertado no retorno, o <i>pay-back</i> daquele projeto (...).
Pensa em adotar, valor alto	P4	Já pensei, penso ainda na verdade, é um projeto que a gente tem aqui para casa, porque a casa é própria, e, assim, a gente não pretende se mudar daqui tão cedo (...).

		Já fiz orçamento, mas o investimento aqui ainda é muito alto (...).
Pensa em adotar, valor alto	P5	Já pensei sim, já pensei e fiz alguns estudos também (...) hoje, para mim, realmente o que impede é o preço, o custo alto desse sistema (...).
Pensa em adotar, valor alto e orientação da residência	P6	Já pensei sim. Eu vejo duas barreiras: a primeira financeira e pelo fato de eu morar em apartamento (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Verifica-se que os usuários em potencial consideram como limitadores a localização e orientação das residências para instalação (P1, P2 e P6), o baixo consumo de energia (P3) e o alto custo do sistema (P4, P5 e P6). Observa-se a não ocorrência, nas respostas dos entrevistados, da barreira do consumo e da falta de conscientização, tendo em vista que as justificativas apresentadas para a não adoção enquadram-se como barreiras econômicas e técnicas. Dessa forma, pode-se observar a ocorrência da variável da compatibilidade de Rogers (1971).

A quinta pergunta realizada aos entrevistados foi: “consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a difusão e adoção de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na sua região?”. Esse questionamento, de caráter exploratório, foi analisado com base nas variáveis de Rogers (1971) e nas dimensões e barreiras encontradas na literatura.

A frequência dos códigos que representam as barreiras à adoção de sistemas de geração distribuída fotovoltaica identificadas pelos usuários em potencial foi ilustrada na nuvem de palavras da Figura 44:

Figura 44 - Nuvem de palavras que representam as barreiras identificadas pelos usuários em potencial



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do Atlas.ti.

De acordo com as respostas dos entrevistados, identificaram-se as seguintes barreiras: alto custo (33,3%); má orientação das residências (13,3%); falta de capacidade técnica das empresas (13,3%); cultura de não consumo/investimento (6,7%); dependência de financiamento (6,7%); falha no sistema de compensação (6,7%); falta de acesso ao crédito (6,7%); falta de conhecimento (6,7%); e falta de incentivo (6,7%). Cinco entrevistados (P1, P2, P3, P4 e P5) responderam que consideravam o custo alto do sistema uma barreira à adoção da tecnologia. Essa barreira foi a de maior frequência entre as identificadas pelos usuários em potencial. A má orientação da residência (P3 e P5) para instalação das placas solares, a falta de capacidade técnica das empresas, ou seja, de mão de obra qualificada para o serviço (P1 e P2) e a necessidade de financiamento e acesso ao crédito (P5 e P6) foram outras barreiras identificadas.

Os trechos das entrevistas relativos às barreiras identificadas pelos usuários em potencial do sistema de geração distribuída fotovoltaico são apresentados no Quadro 37:

Quadro 37 - Barreiras do sistema de geração distribuída fotovoltaico identificadas pelos usuários em potencial

Códigos	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Alto custo	P1	Valores, o preço.
Alto custo	P2	(...) o primeiro é o custo. O custo da instalação ainda é muito alto (...).
Alto custo	P3	(...) uma das barreiras que traz é o custo de instalação. O custo da instalação de uma geração fotovoltaica é alto (...).
Alto custo	P4	(...) a questão do alto investimento (...).
Alto custo	P5	(...) eu vejo como barreira o preço, o valor (...).
Cultura de não consumo/investimento	P3	Então, a população em si tem essa tradição, ou seja, esse costume, essa característica de não pensar muito na frente, no futuro, pensa muito imediato (...).
Falha no sistema de compensação	P3	(...) o pagamento de energia do seu crédito. Tecnicamente o seu crédito vale menos que os créditos que você recebe.
Falta de acesso a crédito	P5	(...) tem tanta gente endividada, você teria que ter realmente o nome limpo, então muita gente hoje está endividada e está com algum impedimento (...).
Falta de capacidade técnica das empresas	P1	(...) o que eu penso muito é escolher uma boa empresa para colocar, para não ter dor de cabeça (...).
Falta de capacidade técnica das empresas	P2	(...) e poucas empresas ainda, que tenham mais posicionamento, que passem mais credibilidade (...).
Falta de conhecimento	P2	(...) o conhecimento também ainda não é tão propagado. A gente vê muita divulgação, mas divulgação comercial, divulgação dos benefícios que pode trazer, mas ainda falta o conhecimento mais técnico (...).
Falta de incentivo	P4	(...) vejo muita falta de incentivo do governo em relação a isso (...).
Dependência de financiamento	P6	(...) é o financeiro (...).
Má orientação das residências	P3	(...) mas que não permite essa instalação até devido à própria constituição do seu imóvel, em lugares com sombra, não são lugares planejados (...).
Má orientação das residências	P6	(...) questão da área que tem que aplicar (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

Os entrevistados elencaram barreiras de diversas naturezas. No âmbito das barreiras econômicas e financeiras, foram identificadas o alto custo do sistema, a dependência de financiamentos e a falta de acesso ao crédito. Essas barreiras, segundo Garlet *et al.* (2019), são as de maior importância para os potenciais usuários, por influenciarem na análise econômica do investimento. Já no âmbito das barreiras políticas e institucionais, foram mencionadas a falha no sistema de compensação de

créditos e a falta de incentivos por parte do Governo. O mercado fotovoltaico necessita do apoio de ações governamentais, uma vez que a falta da participação desse agente prejudica a adoção e difusão da tecnologia (ABDULLAHI *et al.*, 2017).

Quanto às barreiras técnicas, a má orientação das residências relaciona-se a aspectos limitantes que afetam o desempenho do sistema, podendo resultar em um bloqueio da adoção da tecnologia (ABDULLAHI *et al.*, 2017). Quanto às barreiras mercadológicas e gerenciais, a falta de capacidade técnica das empresas pode ser expressa através da oferta de serviços por pessoas inexperientes e da deficiência no pós-venda, o que pode impedir a adoção e difusão da tecnologia (GARLET *et al.*, 2019). Por fim, quanto às barreiras sociais, culturais e comportamentais, a falta de conhecimento afeta negativamente a expansão do mercado fotovoltaico (ABDULLAHI *et al.*, 2017).

A sexta pergunta realizada foi: “se eliminar a barreira encontrada por você para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, você adotaria? Ou prefere continuar usando o sistema atual de fornecimento de energia?”. O quesito, de caráter exploratório, tinha como objetivo verificar a barreira comportamental de resistência a novas tecnologias. As respostas foram codificadas em: não adotaria o sistema; e adotaria o sistema.

A frequência dos códigos que representam a intenção de adotar um sistema após a superação das barreiras expressa pelos usuários em potencial é ilustrada através da nuvem de palavras da Figura 45:

Figura 45 - Nuvem de palavras que representa a intenção dos usuários em potencial em adotar um sistema após a superação das barreiras

Não adotaria o sistema
Adotaria o sistema

O código de maior frequência identificado foi: adotaria o sistema (100%), ou seja, todos os usuários em potencial informaram que adotariam um sistema, considerando superadas as barreiras identificadas por eles.

Os trechos das respostas dos usuários referentes à adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaico após superação das barreiras são apresentados no Quadro 38.

Quadro 38 - Adoção do sistema de geração distribuída fotovoltaico após superação das barreiras

Código	Entrevistado	Trecho das entrevistas (<i>citation</i>, citação, menção)
Adotaria o sistema	P1	Sim, com certeza.
Adotaria o sistema	P2	Então, assim, adotaria sim, indicaria sim, e posso dizer que vou adotar (...).
Adotaria o sistema	P3	Sim. É compensador (...).
Adotaria o sistema	P4	Adotaria com certeza.
Adotaria o sistema	P5	Sem dúvida eu contrataria o sistema fotovoltaico (...).
Adotaria o sistema	P6	Adotaria sim, sem sombra de dúvidas, adotaria (...).

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da pesquisa.

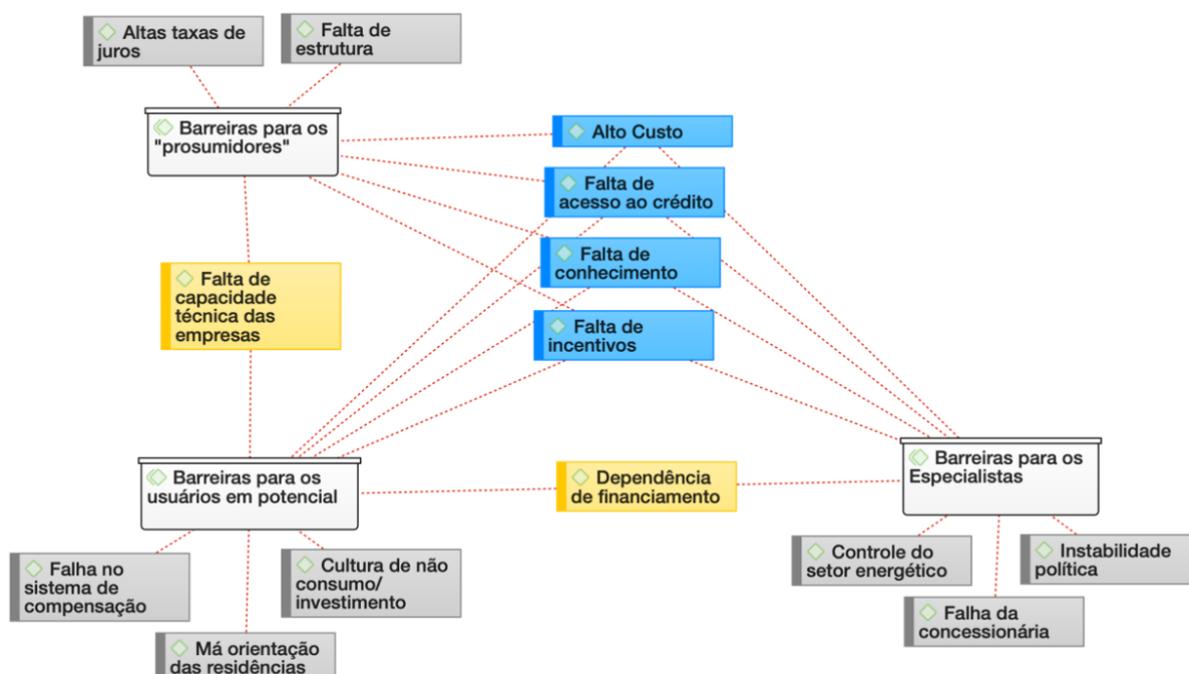
Analisando este posicionamento do grupo, verificou-se que os potenciais usuários entrevistados não se enquadram na barreira de resistência a novas tecnologias, pois todos responderam que adotariam o sistema fotovoltaico.

4.3 Barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na Região Nordeste do Brasil

Após a análise dos resultados obtidos nas entrevistas dos três grupos pesquisados, foram identificadas barreiras para a adoção da geração distribuída fotovoltaica. As respostas foram codificadas de acordo com o conteúdo abordado e analisadas com base no referencial teórico. Verificou-se a ocorrência das seguintes barreiras: alto custo; altas taxas de juros; falta de acesso ao crédito; dependência de financiamento; falta de conhecimento; falta de incentivos; falta de estrutura; falta de capacidade técnica das empresas; falha no sistema de compensação; cultura de não consumo/investimento; má orientação das residências; controle do setor energético; falha da concessionária; e instabilidade política.

As barreiras identificadas por cada grupo pesquisado encontram-se na Figura 46:

Figura 46 - Barreiras à adoção da geração distribuída fotovoltaica identificadas nos três grupos entrevistados



Fonte: Elaborado pela autora no Atlas.ti com base nos dados da pesquisa.

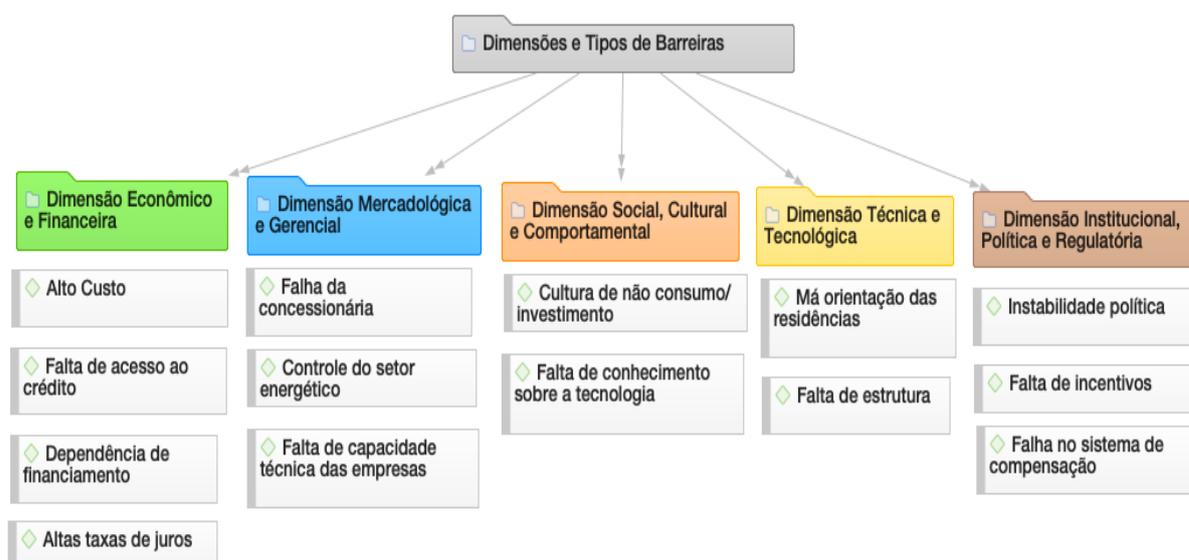
Com o auxílio da ferramenta de redes do Atlas.ti, é possível observar, na Figura 46, todas as barreiras identificadas na pesquisa. Percebe-se também que quatro delas

foram comuns aos três grupos e duas foram compartilhadas entre outros dois grupos. Verifica-se que as barreiras do alto custo, da falta de acesso ao crédito, da falta de conhecimento e da falta de incentivos foram mencionadas na visão dos três grupos, apontando para o entendimento comum sobre uma limitação entre eles.

Duas barreiras também foram mencionadas entre grupos. A barreira identificada como falta de capacidade técnica das empresas foi mencionada pelos usuários em potencial e pelos “prosumidores”. A barreira da dependência de financiamento para aquisição de um sistema fotovoltaico foi visualizada pelos especialistas e pelos usuários em potencial. Esses temas são comuns aos interesses dos grupos nos quais encontram-se relacionadas.

Foram identificados 14 fatores ou barreiras, categorizados de acordo com uma dimensão ou tipo, como proposto por Garlet *et al.* (2019) e exposto no *framework* teórico da pesquisa. De acordo com as barreiras codificadas, estas foram classificadas nas seguintes dimensões: econômico e financeira; técnica e tecnológica; institucional, política e regulatória; social, cultural e comportamental; e mercadológica e gerencial, conforme apresentado na Figura 47:

Figura 47 - Tipos de barreiras identificadas na pesquisa e classificadas de acordo com as dimensões



Fonte: Elaborado pela autora no Atlas.ti com base nos dados da pesquisa.

A partir da Figura 47, visualiza-se que todas as barreiras identificadas na pesquisa foram classificadas. Ressalta-se que as barreiras da falta de estrutura e da

falha da concessionária foram associadas às dimensões de acordo com suas características. Portanto, a pesquisa verificou a ocorrência de barreiras em todas as dimensões propostas no *framework* teórico da pesquisa.

Na dimensão econômica e financeira, foram identificadas as seguintes barreiras: o alto custo do sistema; a falta de acesso ao crédito; a dependência de financiamentos e as altas taxas de juros praticadas pelas instituições financeiras. Ressalta-se que as barreiras do alto custo do sistema e da falta de acesso ao crédito encontram-se presente em todos os grupos entrevistados. Segundo Elgamal e Demajorovic (2020), essas barreiras são fatores que determinam um perfil de consumidores para a tecnologia fotovoltaica, configurando-se como famílias de alta renda. Pode-se entender que elas representam limitações percebidas por todos os participantes da pesquisa.

Dentro da dimensão mercadológica e gerencial, foram identificadas as seguintes barreiras: o controle do setor energético e a falta de capacidade técnica das empresas. Um dos especialistas mencionou uma barreira codificada como falha das concessionárias, a qual não foi encontrada na literatura pesquisada e se refere à falha das concessionárias¹ de energia elétrica na prestação de serviços. Portanto, para uma melhor classificação, essa barreira foi associada à dimensão mercadológica e gerencial.

A barreira identificada pertencente à dimensão técnica e tecnológica foi a má orientação e localização das residências para a instalação do sistema. Nos dados obtidos nas entrevistas com os “prosumidores”, uma barreira foi codificada como falta de estrutura para o acesso às redes elétricas. Ela não foi localizada na literatura pesquisada. Assim, foi associada à dimensão técnica, em virtude de suas características estarem mais próximas a questões de utilização e acesso à tecnologia.

A dimensão institucional, política e regulatória resultou nas barreiras da instabilidade política, da falta de políticas de incentivo à geração distribuída fotovoltaica e da falha nos sistemas de compensação de energia (o regime de tarifa *feed-in* e a tributação). A barreira referente à falta de incentivos foi verificada nas

¹ A barreira da falha da concessionária de energia na prestação dos serviços foi identificada na pesquisa. O jornal *Valor Econômico*, em uma matéria sobre o aumento de reclamações com a alta de minigeração de energia solar, apresenta informações referentes ao aumento de pedidos de acesso e de conexão de consumidores à rede das concessionárias. O número de reclamações junto a ANEEL aumentou, mas ela informa que não é possível identificar os problemas mais frequentes. As distribuidoras alegam que estão se reorganizando para se adaptar à demanda (WATANABE; COUTO, 2022).

respostas dos três grupos entrevistados. Portanto, ela representa uma limitação comum aos grupos pesquisados.

Na dimensão social, cultural e comportamental, foram identificadas a cultura de não consumo/investimento e a falta de informação e conhecimento sobre a tecnologia. Esta segunda barreira foi mencionada por todos os grupos, configurando-se, assim, em mais uma limitação considerada unânime entre os participantes da pesquisa.

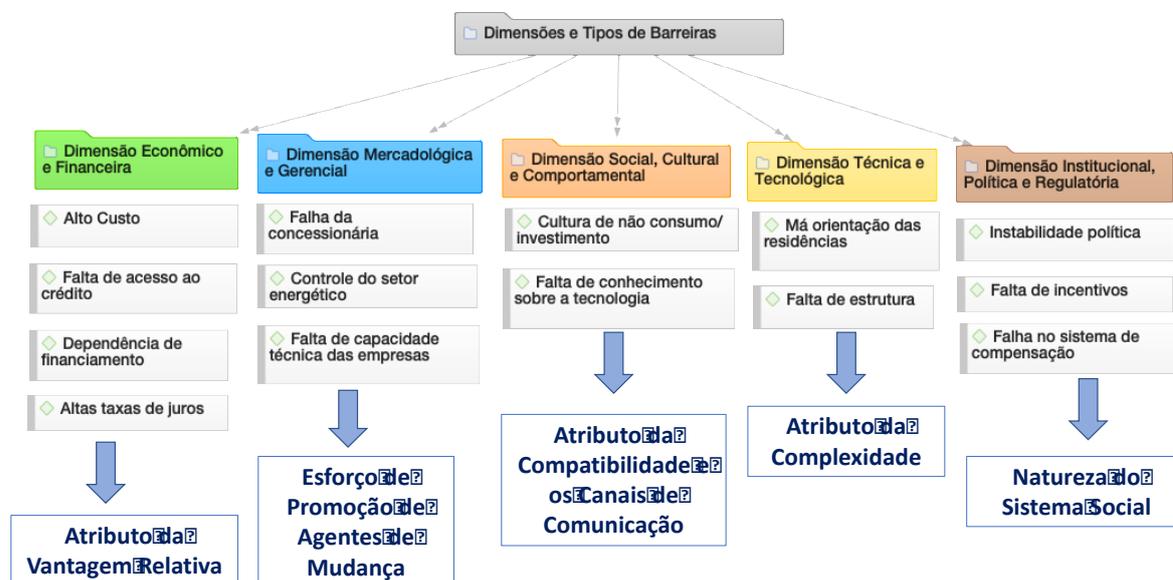
É importante destacar que as barreiras identificadas na pesquisa representam obstáculos à adoção e difusão da tecnologia fotovoltaica. De acordo com Garlet *et al.* (2019), o processo de difusão da geração distribuída pode ser lento e conflituoso, em razão da existência de incertezas em termos tecnológicos, econômicos e sociais. Ao analisar a percepção dos três grupos pesquisados e as barreiras encontradas, verifica-se que estas interferem diretamente no processo de adoção.

De acordo com Rogers (1971) a adoção de uma inovação é um processo de redução de incertezas. Assim, deve-se buscar informações para diminuir a incerteza. Portanto, o intercâmbio de informações sobre a tecnologia encontra-se no centro do processo de adoção.

Partindo das barreiras encontradas nas respostas dos três grupos entrevistados, foi possível identificar que existe uma relação entre elas e o processo de adoção e difusão da tecnologia fotovoltaica. Para melhor entender a relação estabelecida entre as barreiras e as variáveis que determinam a taxa de difusão de inovações de Rogers (1971), foi realizada a seguinte análise: variáveis selecionadas na teoria de Rogers (1971) e barreiras identificadas na pesquisa. Dessa forma, as variáveis são associadas às barreiras e se explica como a existência destas impacta a taxa de adoção da tecnologia.

A Figura 48 apresenta uma organização das barreiras em dimensões e a sua correlação com as variáveis estabelecidas no *framework* da pesquisa.

Figura 48 - Dimensões, barreiras identificadas na pesquisa e as variáveis da teoria de Rogers (1971)



Fonte: Elaborado pela autora de acordo com os dados da pesquisa.

As barreiras identificadas pelos entrevistados foram relacionadas às variáveis que influenciam a taxa de adoção e difusão de uma tecnologia estabelecidas por Rogers (1971). A análise resultou na associação dos atributos percebidos de uma inovação (vantagem relativa, compatibilidade, complexidade); nos canais de comunicação; na natureza do sistema social; e no esforço de promoção de agentes de mudança. Portanto, diante da análise realizada, verificou-se a relação e a ocorrência das variáveis selecionadas.

O atributo da vantagem relativa atua positivamente na adoção e é expresso por meio dos aspectos econômicos que são visualizados na tecnologia, dentre eles: o custo-benefício, a satisfação com o desempenho, o tempo de retorno e os incentivos para adoção (ROGERS, 1971). Percebe-se que tal atributo é afetado negativamente pelos fatores presentes na dimensão econômica e financeira. Dessa forma, quando o adotante da tecnologia entende que o sistema possui um valor alto e que faltam incentivos ou financiamento para adoção, ele passa a não visualizar o atributo da vantagem relativa na energia fotovoltaica.

Outros atributos das inovações, como a compatibilidade e a complexidade, também foram associados às barreiras encontradas na pesquisa. É necessário que o

adotante sinta necessidade e entenda que a tecnologia é compatível com suas crenças e valores, pois as questões culturais bloqueiam a adoção (ROGERS, 1971). Assim, é importante que não exista impeditivo na ideia de consumo para que ocorra a aceitação da energia fotovoltaica. A cultura de não consumo é uma barreira que afeta negativamente a compatibilidade da inovação com os consumidores.

O atributo da complexidade refere-se à maneira como a inovação é percebida pelo adotante. Esse atributo é expresso através da dificuldade que o consumidor tem de entender e usar a tecnologia. A complexidade influencia diretamente no processo e está negativamente relacionada à taxa de adoção (ROGERS, 1971), ou seja, quanto mais complexa for a tecnologia, menor é a sua taxa de adoção. Assim, a barreira referente à má orientação e localização das residências enquadra-se na dificuldade de uso da tecnologia. Já a barreira da falta de estrutura de acesso às redes de distribuição de energia elétrica pode ser entendida como um impeditivo para o uso da tecnologia e encontra-se enquadrada na dimensão técnica. Ampliando-se a interpretação dada por Rogers (1971), as duas barreiras podem ser identificadas como atributos complexos da tecnologia: uma em razão da dificuldade para o uso, e a outra em razão da impossibilidade da sua utilização.

Os canais de comunicação são variáveis necessárias para conectar os indivíduos que possuem conhecimento e experiência com a tecnologia aos que não possuem. Eles apresentam maior influência nas etapas de conhecimento, de persuasão e de decisão sobre a tecnologia (ROGERS, 1971). Portanto, a barreira da falta de conhecimento e informação sobre a tecnologia está relacionada à variável dos canais de comunicação.

A dimensão mercadológica e gerencial apresenta as barreiras ligadas à variável da extensão do esforço de promoção dos agentes de mudança. A adoção de uma inovação é também influenciada por esta variável, pois é necessário que ocorra a atuação dos agentes responsáveis para promover a mudança no cenário para adoção da tecnologia (ROGERS, 1971). Assim, pode-se relacionar a variável à falta de capacidade técnica das empresas, ao controle do setor energético e à falha nos serviços das concessionárias de energia elétrica. Verificou-se que tais barreiras necessitam da atuação dos agentes de mudança para que possam ser superadas e para que possa ocorrer uma maior adoção da tecnologia.

A natureza do sistema social é uma das variáveis presentes em Rogers (1971) que expressa a interferência na taxa de difusão e adoção através das regras e normas

estabelecidas em relação à tecnologia. Essa variável encontra-se relacionada à dimensão regulatória da tecnologia. As barreiras identificadas são: a falta de políticas de incentivos à geração distribuída fotovoltaica e a falha nos sistemas de compensação de energia, tarifas e tributação, que não são regidas através de normas. A barreira da instabilidade política, apesar de não prevista por Rogers (1971), influencia diretamente nas questões normativas de um sistema social.

De acordo com a teoria de Rogers (1971), os participantes do processo de adoção e difusão de inovações são: os consumidores (potenciais adotantes), os fornecedores ou empresas, e o Estado. Esses agentes são os responsáveis pelo processo e a sua atuação pode ser vinculada à superação das barreiras. Dessa forma, pode-se identificar os participantes do processo e as barreiras a eles relacionadas.

Os consumidores são os participantes do processo que estão relacionados aos atributos das inovações. São também percebidos nos canais de comunicação, especificamente nos canais interpessoais. As principais barreiras ligadas aos consumidores são contempladas nas dimensões econômica e financeira, técnica e tecnológica, e social, cultural e comportamental.

Os fornecedores ou empresas são os participantes do processo responsáveis pela extensão dos esforços de promoção e mudança do cenário para introduzir a tecnologia. São eles também os agentes responsáveis por quebrar a barreira da falta de conhecimento sobre a tecnologia. Portanto, as principais dimensões ligadas a esses agentes são a técnica e tecnológica e a mercadológica e gerencial.

O Estado é um participante do processo que se encontra relacionado à natureza do sistema social, representando as regras e normas (efeitos das normas) e a estrutura social. Assim, percebe-se que a atuação do Estado se reflete nas barreiras da dimensão institucional, política e regulatória.

A análise das barreiras encontradas na pesquisa resulta na correspondência do *framework* teórico estabelecido no Quadro 4 e em uma melhor interpretação de algumas variáveis da teoria de Rogers (1971), através da identificação de novas características. Por meio de uma melhor qualificação, amplia-se a interpretação das variáveis da natureza do sistema social e do atributo da complexidade. A variável da natureza do sistema social foi associada à questão da instabilidade política, como um elemento que influencia as normas e regras da tecnologia. Ao atributo da complexidade, ampliou-se o elemento da impossibilidade de utilização da tecnologia.

A percepção que os entrevistados dos três estudos apresentaram sobre os fatores limitantes para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico correspondem à dos autores que fundamentaram a classificação em dimensões. Assim, pode-se concluir que a estrutura de classificação das barreiras em Garlet *et al.* (2019), Rigo *et al.* (2019), Curtius (2018), Horváth e Szabó (2018), Karakaya e Sriwannawit (2015) e Abdullahi *et al.* (2017) foi a mesma encontrada na pesquisa. Ademais, a pesquisa resultou na identificação de duas novas barreiras: a falta de estrutura de acesso das redes de distribuição de energia elétrica e a falha das concessionárias de energia na prestação de serviço.

O Quadro 39 resume as barreiras identificadas na literatura e na presente pesquisa, de acordo com os entrevistados.

Quadro 39 - Barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil identificadas na literatura e pelos entrevistados

Barreiras	Fontes de informação			
	Literatura	Especialistas	"Prosumidores"	Usuários em potencial
Alto custo do sistema	X	X	X	X
Período de retorno do investimento	X		X	
Falta de suporte profissional	X			
Falta de políticas de incentivo	X	X	X	X
Controle do setor energético	X	X		
Dependência de importação	X			
Falha no sistema de compensação	X			X
Instabilidade política	X	X		
Impostos e taxas	X		X	
Falta de acesso ao crédito	X	X	X	X
Desinformação sobre benefícios	X			
Falta de conhecimento sobre funcionamento	X	X	X	X
Cultura do consumo - falta de conscientização	X			X

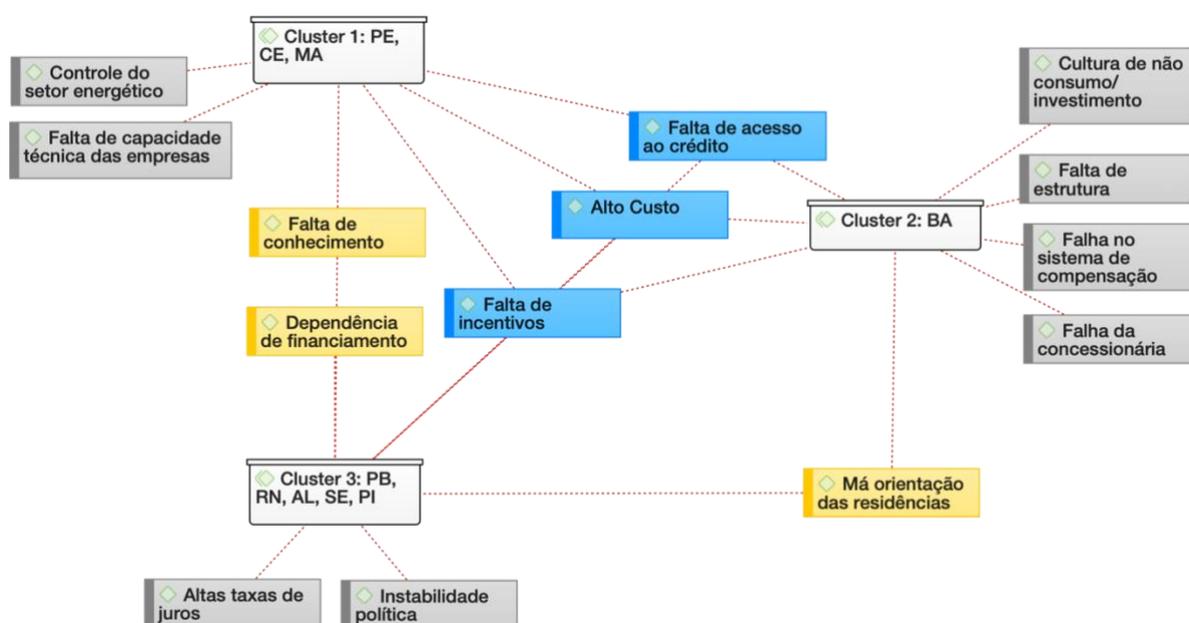
Resistência a novas tecnologias	X			
Abordagens de marketing	X			
Serviço de pós-venda	X			
Falta de capacidade técnica das empresas	X		X	X
Dependência de financiamentos	X	X		
Má orientação das residências	X			X
Falha no serviço da concessionária de energia		X		
Falta de estrutura			X	

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir das barreiras encontradas nos três estudos abordando o Nordeste, é possível analisar as percepções dos participantes com base na intrarregionalidade. Para realização dessa análise, foram considerados os grupos de acordo com a classificação dos *clusters* definidos na metodologia. Dessa forma, algumas diferenças e semelhanças podem ser levantadas por meio de hipóteses.

A Figura 49 apresenta as 14 barreiras e os *clusters* que as identificaram.

Figura 49 - Barreiras identificadas de acordo com os *clusters* 1, 2 e 3



Fonte: Elaborado pela autora no Atlas.ti com base nos dados da pesquisa.

Conforme a Figura 49, podem ser elencadas as seguintes constatações em relação às barreiras nos Estados (*clusters*):

1. Os três *clusters* apresentam em comum as barreiras do alto custo, da falta de acesso ao crédito e da falta de incentivos.

Apesar de o entendimento do que seria alto custo poder variar entre os grupos, a falta de incentivos e de acesso ao crédito possuem apenas um significado. A ocorrência das três barreiras em comum pode supor a existência de uma percepção semelhante em relação a questões econômicas e institucionais da tecnologia. Ressalta-se que estas barreiras foram relacionadas ao atributo da vantagem relativa de Rogers (1971) e que, a partir dessa ocorrência, ele poderia ser entendido como o atributo mais perceptível na região Nordeste.

2. Os *clusters* 1 e 3 identificaram em comum a falta de conhecimento e a dependência de financiamento.

Os Estados que compõem os *cluster* 1 e 3 apresentam crescimento na adoção da geração distribuída nos anos de 2020 a 2021 de formas diferentes (em quantidade de novas conexões e potência instalada). A verificação dessas duas barreiras em comum a esses *clusters* pode corresponder à justificativa para os dados de adoção (Gráfico 6) tão diferentes entre eles. A barreira da falta de conhecimento sobre a tecnologia está relacionada a problemas nos canais de comunicação sobre a tecnologia e a dependência de financiamento, ao atributo da vantagem relativa. Assim, pode-se supor que as taxas de adoção da energia são tão diferentes entre esses Estados porque os adotantes não conhecem os benefícios da tecnologia e não a visualizam como vantagem econômica.

3. Os *cluster* 2 e 3 apresentaram em comum a barreira da má orientação das residências.

Os Estados dos *clusters* 2 e 3 apresentam dados de adoção da geração distribuída bem diferentes, o que dificulta o entendimento da taxa de crescimento nesses grupos. Observa-se que a barreira citada em comum entre eles é uma limitante para adoção que foi enquadrada no atributo da complexidade de Rogers (1971), por ser entendida como um fator que dificulta o uso da tecnologia. O que poderia se supor

dessa barreira é que ela seria o motivo dos consumidores não adotarem a energia fotovoltaica, o que justificaria as taxas de adoção diferentes entres os Estados.

4. Apenas no *Cluster 1* foram identificadas as barreiras do controle do setor energético e a falta de capacidade técnica das empresas.

O crescimento no número de novos sistemas em 2022 (até agosto) nos Estados que compõem o *cluster 1* já é superior ao ano de 2021 em Pernambuco e no Ceará e apresenta números bem próximos no Maranhão (Gráfico 6). As barreiras que foram identificadas apenas neste grupo são de dimensão mercadológica e gerencial e estão relacionadas {a variável do esforço de promoção dos agentes de mudança, o que pode indicar a necessidade de uma melhor atuação por parte das empresas e fornecedores nesses Estados para superar essas barreiras.

5. O *cluster 2* também apresentou a falta de estrutura, a falha da concessionária, a falha no sistema de compensação e a cultura de não consumo/investimento.

A Bahia é o estado com o maior número de conexões e a maior potência instalada. Esse dado predispõe ao entendimento de que, em virtude da sua posição na adoção da tecnologia, ela teria uma melhor estrutura e funcionamento, e a cultura ao consumo e investimento na geração distribuída seria mais favorável. Entretanto, analisando o cenário atual da tecnologia no Estado, não se justificaria a identificação das barreiras da falta de estrutura de acesso das redes de distribuição de energia elétrica, da falha das concessionárias de energia na prestação de serviço e da falha no sistema de compensação. A barreira da falha das concessionárias pode estar relacionada à existência de diferentes empresas distribuidoras de energia, assim, o que poderia se supor é que as concessionárias de energia não estão preparadas para a alta demanda de solicitações de novas conexões, por isso apresentam falhas na prestação de seus serviços.

6. As altas taxas de juros e a instabilidade política foram mencionadas apenas no *cluster 3*.

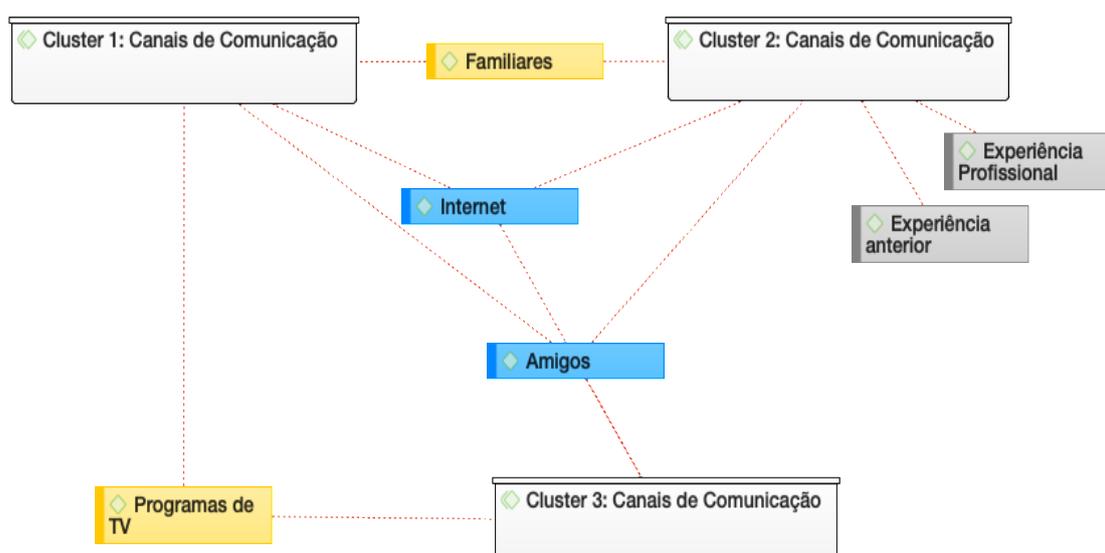
As barreiras identificadas apenas no *cluster 3* são relacionadas a questões econômicas e políticas. As altas taxas de juros e a instabilidade políticas, sozinhas, não correspondem à taxa de adoção. Elas precisam ser analisadas em conjunto com as outras barreiras identificadas pelo grupo. Associados a outras barreiras

mencionadas pelo grupo, como a dependência de financiamento, os altos juros poderiam explicar os dados de crescimento da tecnologia nos anos de 2020 até 2022 (agosto) serem diferentes entre os Estados. Assim como a instabilidade política, com a falta de incentivos, poderia corresponder à necessidade de uma mudança nas regras da tecnologia, indicadas pela natureza do sistema social.

Para entender outros aspectos que foram identificados na análise entre os grupos (*clusters*), pode-se observar os meios para buscar conhecimento sobre a geração distribuída. Rogers (1971) divide os canais de comunicação em canais interpessoais e de mídia de massa. O autor entende que utilizar canais de mídia de massa para propagar conhecimento e ideias mais complexas é inadequado e que, por meio dos canais interpessoais, obtém-se uma melhor conscientização e conhecimento (ROGERS, 1971).

A Figura 50 apresenta os canais de comunicação que foram utilizados pelos “prosumidores” e usuários em potencial em cada *cluster*.

Figura 50 - Canais de comunicação utilizados pelos "prosumidores" e usuários em potencial nos *clusters* 1, 2 e 3



Fonte: Elaborado pela autora no Atlas.ti com base nos dados da pesquisa.

Assim, verifica-se que os canais de comunicação utilizados pelos “prosumidores” e usuários em potencial de acordo com os grupos pesquisados (*clusters*) corroboram com a teoria de Rogers (1971). Foram identificados o canal interpessoal — amigos (nos três *clusters*) e familiares (nos *cluster* 1 e 2) — e um canal de mídia de massa — internet (nos três *cluster*) e programas de televisão (nos *clusters* 1 e 3). Assim, buscando uma nova interpretação da variável canais de comunicação, identifica-se a internet como um canal de mídia de massa que contribui para a ampliação dos elementos da teoria de Rogers (1971).

As barreiras listadas no estudo realizado por Garlet *et al.* (2019) na região Sul do Brasil também foram identificadas na presente pesquisa. As que foram encontradas em comum são a má orientação das residências, a falta de capacidade técnica das empresas, o alto custo para instalação, a dependência de financiamentos, a cultura do não consumo, a falta de conhecimento, a instabilidade política, o controle do setor energético, a falha no sistema de compensação e a falta de incentivos. As barreiras da falta de acesso ao crédito e das altas taxas de juros também foram identificadas no trabalho de D’Abdullahi *et al.* (2017). Assim, as barreiras da falta de estrutura e da falha da concessionária foram encontradas nesta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

Este estudo procurou identificar barreiras à adoção e difusão da geração distribuída fotovoltaica do tipo residencial na região Nordeste do Brasil. Para alcançar o objetivo da pesquisa, foram realizadas 18 entrevistas com três grupos distintos de participantes, cujos resultados são apresentados, respectivamente, nos Estudos I, II e III. As respostas encontradas nos grupos de estudo foram codificadas de acordo com a literatura, realizando-se a técnica da análise de conteúdo de Bardin (2016). Conforme os temas foram abordados, foi possível traçar a percepção dos grupos participantes em relação à adoção de um sistema de geração distribuída.

Em cumprimento ao primeiro objetivo específico de elaborar um panorama da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste, identificou-se que a região aumentou o número de novas conexões entre os anos de 2019 até 2022 (em curso). O Estado que apresenta o maior número de sistemas em funcionamento e possui a maior potência instalada é a Bahia. É também o Estado com a maior quantidade de conexões do tipo residencial. Verificou-se que todos os Estados apresentaram um aumento no número de novas instalações de sistema e em potência instalada. Portanto, a região Nordeste apresenta um crescimento na adoção da tecnologia de geração distribuída fotovoltaica.

Por meio dos dados obtidos nas entrevistas, foi possível cumprir o segundo objetivo específico de identificar e analisar barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste. Foram encontradas 14 barreiras no total dos três grupos pesquisados. O alcance desse objetivo relevou quatro barreiras em comum nos estudos, que foram: o alto custo do sistema, a falta de acesso ao crédito, a falta de conhecimento sobre a tecnologia e a falta de incentivos para adoção de um sistema. A partir dessa informação, verifica-se que, das barreiras mencionadas, duas são da dimensão econômica e financeira, uma da dimensão social, cultural e comportamental, e a outra política, institucional e regulatória. Os principais agentes envolvidos nessas barreiras são os consumidores (adotantes da tecnologia), as empresas (fornecedores) e o Estado (Governo). Ainda em relação ao segundo objetivo específico, foi possível identificar duas barreiras não constantes na literatura. Essas barreiras referem-se à falha das concessionárias de energia na prestação dos serviços e à falta de estrutura para o acesso às linhas de distribuição

de energia. Elas foram associadas, de acordo com sua descrição pelos entrevistados, à dimensão mercadológica e gerencial e à técnica e tecnológica.

No Estudo I, os especialistas indicaram que os fatores para adoção de um sistema a serem observados são o consumo de energia e a orientação das residências. Na visão deles, a motivação dos consumidores para adoção é predominantemente econômica. Eles acreditam que não haverá redução dos custos para implantação de um sistema e que este aumentou de valor em virtude da alta procura e do baixo estoque de mercado. A maioria considera que o regime de compensação adotado pelo Brasil é um mecanismo de incentivo à adoção da energia fotovoltaica e tem a expectativa de que o cenário dos próximos anos será de crescimento da tecnologia. Verificou-se a existência de programas de incentivo nos Estados da Bahia e de Pernambuco. Além disso, confirmou-se a ocorrência de todas as modalidades de geração distribuída, com destaque para a GD na própria unidade consumidora.

No Estudo II, feito com os “prosumidores”, foi possível identificar que eles consideram estar satisfeitos com os sistemas instalados. Apesar da satisfação declarada, eles apontaram mudanças desejadas no sistema, seja na regulamentação, seja na potência do seu sistema. Outro ponto informado foi a ocorrência de suporte profissional decorrente de problemas com o sistema. A motivação para adoção da tecnologia foi predominantemente econômica. Os entrevistados buscaram conhecimento e informações sobre o sistema com amigos que já o utilizavam. Declararam que as expectativas para os próximos anos se relacionam à evolução da tecnologia e de uma regulamentação mais favorável. A maioria entende o regime de compensação como não satisfatório em razão da burocracia para a transferência de créditos. Verificou-se também que os entrevistados contrataram uma potência maior para a geração de energia, aumentaram seu consumo e consideram estar mais tranquilos em relação ao consumo de energia após a adoção da tecnologia.

No Estudo III, os usuários em potencial informaram conhecer o sistema de geração distribuída fotovoltaica, apesar de não saberem detalhes sobre seu funcionamento. A maioria dos entrevistados utilizou a internet para buscar informações sobre a tecnologia. Eles identificaram benefícios ambientais e econômicos da adoção de um sistema. Questionados sobre a adoção de um sistema, declararam não terem adotado, em virtude da inadequada orientação de sua residência e do alto valor para instalação. De forma unânime, todos informaram a

intenção de adotar a tecnologia se as barreiras identificadas por eles fossem superadas.

Em cumprimento ao terceiro objetivo específico de identificar medidas de superação das barreiras à adoção e difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica na região Nordeste, foram identificadas, de acordo com os especialistas, algumas medidas para superação das barreiras. As medidas citadas refletem de forma direta a necessidade de participação do Governo, por meio de incentivos para a promoção da adoção de sistema de geração distribuída fotovoltaico. Assim, verifica-se que a principal medida de superação das barreiras encontra-se associada às barreiras que foram identificadas por todos os grupos.

As 14 barreiras encontradas foram associadas à teoria de Rogers (1971), o que resultou na ampliação da interpretação de alguns atributos e variáveis analisados. As novas características da tecnologia (considerada complexa em virtude da impossibilidade de adoção por aqueles que não possuem acesso à rede elétrica, da instabilidade política influenciando as normas e regras e da inclusão da internet como um canal de mídia de massa) foram incorporadas à variável da natureza do sistema social, no atributo da complexidade e nos canais de comunicação. Dessa forma, através do resultado da pesquisa, foi possível contribuir para uma ampliação na interpretação da teoria de Rogers (1971).

A pesquisa trouxe as seguintes contribuições referentes ao uso da tecnologia:

1. Possibilidade de ampliação no uso de energias renováveis, por meio da superação das barreiras à adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica que foram identificadas, proporcionando um melhor desempenho do setor.
2. Identificação do sistema social no qual se encontra inserida a tecnologia estudada, descrito através das barreiras e da necessidade de atuação dos atores envolvidos com a tecnologia em questão para a sua superação.
3. Ampliação do interesse científico e tecnológico sobre a adoção da tecnologia, estimulando a realização de novas pesquisas sobre o tema e a produção de conhecimento para o fomento de novas tecnologias.
4. Ampliação da interpretação da teoria da difusão de inovações de Rogers (1971) para melhor enquadrar a tecnologia disruptiva pesquisada.

A pesquisa realizada fornece novas contribuições aos estudos sobre geração distribuída fotovoltaica como uma tecnologia disruptiva.

A primeira delas refere-se à ampliação de estudos sobre a temática, visto que ainda são poucos no país, especificamente na região pesquisada. Assim, esta pesquisa aumenta o leque de estudos empíricos sobre tecnologias disruptivas, em específico dos sistemas de geração distribuída fotovoltaicos.

A segunda contribuição foi a verificação das barreiras existentes para o processo de adoção e difusão da tecnologia pesquisada, através da investigação em três grupos distintos: especialistas; usuários “prosumidores” e usuários em potencial.

No que tange aos resultados encontrados na pesquisa, estes apontam para uma similaridade de pensamento dos três grupos em relação a algumas barreiras que limitam o processo de adoção e difusão da tecnologia de sistemas de GD fotovoltaico. A partir dessa visão, verificou-se que existe uma necessidade da atuação do Governo como agente de promoção para adoção e difusão da tecnologia.

De modo geral, a geração distribuída fotovoltaica tem sido pouco explorada em pesquisas, havendo ainda a necessidade de se identificar a possível existência de outras barreiras à adoção e difusão desta tecnologia. Além disso, a presente pesquisa apresenta algumas limitações decorrentes das restrições sanitárias impostas pela pandemia de Covid-19, do acesso aos entrevistados apenas por meio virtual, da distância geográfica e da negativa dos convidados em participar da pesquisa por motivos não expostos.

A amostra por conveniência foi utilizada devido à dificuldade de aceitação das pessoas para participarem da pesquisa, uma vez que era necessária a utilização das entrevistas como fonte principal para obtenção dos dados. É importante ressaltar que os resultados encontrados não são conclusivos, em razão do tamanho reduzido da amostra utilizada e do tipo de pesquisa qualitativa, que se propõe a construir hipóteses e fornecer elementos para outras pesquisas.

Diante da complexidade do tema e das limitações apontadas no estudo, como sugestões para pesquisas futuras ficam: a replicação do estudo em outras regiões do país, no intuito de verificar a possível existência de outras barreiras; a adoção de outro método, como o quantitativo, para confrontar resultados; o detalhamento da viabilidade econômica da adoção da tecnologia; e o aprofundamento nos fatores que influenciam o posicionamento dessa tecnologia no mercado, tais como o custo do sistema e a falta de capacidade técnica das empresas.

REFERÊNCIAS

ABDULLAHI, D. *et al.* Key barriers to the implementation of solar energy in Nigeria: a critical analysis. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 83, n. 1, p. 12-15, 2017. DOI: 10.1088/1755-1315/83/1/012015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 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. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração distribuída**. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 20 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Fontes de energia na matriz elétrica em operação no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br>. Acesso em: 7 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Página inicial**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br>. Acesso em: 7 nov. 2021.

AJZEN, Icek; FISHBEIN, Martin. **Understanding attitudes and predicting social behavior**. New Jersey: Prentice Hall, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

BAUER, Martin W.; GASKELL, George. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**. Tradução Pedrinho A. Guareschi. 7. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de lei nº 5.829/2019**. 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. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2228151>. Acesso em: 7 nov. 2022.

BRASIL. Ministério de Estado de Minas e Energia. **Portaria de nº 538, de 15 de**

dezembro de 2015. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2015538mme.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

BRASIL. **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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 7 nov. 2022.

CAREGNATO, Rita Catalina A.; MUTTI, Regina. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 15, n.4, p.679-684, 2006. DOI: 10.1590/S0104-07072006000400017.

CHRISTENSEN, Clayton M. **The innovator's dilemma:** when new technologies cause great firms to fail. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997.

CHRISTENSEN, Clayton M.; RAYNOR, Michael. E. **The innovator's solution:** creating and sustaining successful growth. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2003.

COHEN, David. Futurismo: as ideias de Alvin Toffler. **Exame**, 04 jun. 2016. Disponível em: <https://exame.com/negocios/futurismo-as-ideias-de-alvin-toffler/>. Acesso em: 20 maio 2020.

CURTIUS, Hans Cristoph. The adoption of building-integrated photovoltaics: barriers and facilitators. **Renewable Energy**, v. 126, p. 783–790, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.001>. 2018.

DANNEELS, Erwin. Disruptive technology reconsidered: a critique and research agenda. **Journal of Product Innovation Management**, v. 21, p. 246-258, 2004. DOI: 10.1111/j.0737-6782.2004.00076.x

DANTAS, Stefano Giacomazzi. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no Brasil.** Brasília; Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2020. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9680/1/TD_2541.pdf. Acesso em: 7 nov. 2022.

DAVIS, Fred; BAGOZZI, Richard; WARSHAW, Paul. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. **Management Science**, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989. DOI: 10.1287/mnsc.35.8.982.

ELGAMAL, Georges Naguib Girgis; DEMAJAROVIC, Jacques. As barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 1, p. 1-28, e17157, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica.** 2020. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.

Acesso em: 19 maio 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Recursos energéticos distribuídos: impactos no planejamento energético**. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20-%20Recursos%20Energéticos%20Distribu%C3%ADdos.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2019: ano base 2018**. 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em: 7 nov. 2022.

FISHBEIN, Martin; AJZEN, Icek. **Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1975.

GARLET, Taís. *et al.* Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 157-169, 2019. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.013. 2019

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOVINDARAJAN, Vijay; KOPALLE, Praveen. Disruptiveness of innovations: measurement and an assessment of reliability and validity. **Strategic Management Journal**, v. 27, p. 189- 199, 2006. DOI: 10.1002/smj.511

HORVÁTH, Dóra; SZABÓ, Roland Zs. Evolution of photovoltaic business models: Overcoming the main barriers of distributed energy deployment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, p. 623–635, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.101>

HUANG, Zhexue. A fast clustering algorithm to cluster very large categorical data sets in data mining. **Dmkd**, v. 3, n. 8, p. 34-39, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em: 20 maio 2020.

IEA. **Solar PV**. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/solar-pv>. Acesso em: 18 nov. 2020.

IEA. **Net solar PV capacity additions, 2017-2019**. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-solar-pv-capacity-additions-2017-2019>. Acesso em: 18 nov. 2020.

IEI-BRASIL. Geração distribuída, eficiência energética e o consumidor final: propostas para a realidade brasileira. **Textos de Discussão sobre Energia**, v. 1, n. 1, 2017.

IEI-BRASIL. Análise do valor agregado e de mudanças tarifárias para a inserção de geração distribuída e de eficiência energética no setor elétrico brasileiro. **Textos de Discussão sobre Energia**, v. 1, n. 2, 2018a.

IEI-BRASIL. Impactos da inserção de geração distribuída fotovoltaica e de eficiência energética no setor elétrico brasileiro: metodologia, cenários e resultados. **Textos de Discussão sobre Energia**, v. 1, n. 3, 2018b.

IEI-BRASIL. O avanço da geração distribuída, da eficiência energética e de outros recursos distribuídos: possíveis soluções e experiências no Brasil e em outros países. **Textos de Discussão sobre Energia**, v. 1, n. 4, 2018c.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 20 maio 2020.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Home**. 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

JÚNIOR, Luiz Mendes L.; MENDES, Luiz. Microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica: considerações acerca de sua difusão e implantação no Brasil. **Revista Vértices**, v. 18, n. 2, p. 31-51, 2016. DOI: 10.19180/1809-2667.v18n216-03

KARAKAYA, Emrah; SRIWANNAWIT, Pranpreya. Barriers to the adoption of photovoltaic systems: the state of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 60-66, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.058>

KING, Andrew; BAATARTOGTOKH, Baljir. How useful is the theory of disruptive innovation? **MIT Sloan Management Review**, v. 57, p. 77-90, 2015.

KOSTOFF, Ronald; BOYLAN, Bob; SIMONS, Gene. Disruptive technology roadmaps. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 141-159, 2004. DOI: 10.1016/S0040-1625(03)00048-9

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAZZAROL, Tim; REBOUD, Sophie. **Entrepreneurship and innovation: theory, practice and context**. 3. ed. USA: Springer, 2017.

MILLAR, Carla, LOCKETT, Martin; LADD, Ted. Disruption: technology, innovation and society. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 129, p. 254–260, 2018. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.10.020.

NEW YORK INDEPENDENT SYSTEM OPERATOR. **Distributed energy resources**

roadmap for new york's wholesale electricity markets: a report. 2017.

Disponível em:

https://www.nyiso.com/documents/20142/1391862/Distributed_Energy_Resources_Roadmap.pdf/ec0b3b64-4de2-73e0-ffef-49a4b8b1b3ca. Acesso em: 7 nov. 2022.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Procedimentos de rede vigentes.** Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acesso em: 7 nov. 2022.

PETROLINA. **Lei ordinária nº 2655/2014.** Dispõe sobre o PROGRAMA ECOMONEY, que concede incentivo fiscal no Imposto sobre a propriedade territorial urbana - IPTU, para contribuintes que instalem equipamentos, painéis solares, aerogeradores ou similares que produzam energia alternativa limpa e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pe/p/petrolina/lei-ordinaria/2014/266/2655/lei-ordinaria-n-2655-2014-dispoe-sobre-o-programa-ecomoney-que-concede-incentivo-fiscal-no-imposto-sobre-a-propriedade-territorial-urbana-iptu-para-contribuintes-que-instalarem-eq>. Acesso em: 7 nov. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia fotovoltaica.** 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>. Acesso em: 14 fev. 2020.

REN21. **Renewables 2020 Global Status Report.** 2020. Disponível em: <https://www.ren21.net/renewables-report-launch/>. Acesso em: 28 out. 2020.

RIGO, Paula Donaduzzi. *et al.* Is the success of small-scale photovoltaic solar energy generation achievable in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, v. 240, 118243, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118243>

ROGERS, Everett M. **Diffusion of innovations.** 2. ed. [s.l.]: 1971.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2017.

SAMPAIO, Priscila Gonçalves Vasconcelos; GONZÁLEZ, Mario Orestes Aguirre. Photovoltaic solar energy: conceptual framework. **Renew Sustain Energy Review**, v. 74, p. 590–601, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>

SCHOLTEN, Daniel; BOSMAN, Rick. **The geopolitics of renewable energy: a mere shift or landslide in energy dependencies?** 2013. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:97c5bfda-7d04-4baf-bddd-fa7309acdc71>. Acesso em: 7 nov. 2022.

STRUPEIT, Lars; PALM, Alvar. Overcoming barriers to renewable energy diffusion: business models for customer-sited solar photovoltaics in Japan, Germany and the United States. **Journal of Cleaner Production**, v. 123, p. 124–136, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.120>.

TAKAMATSU, Tomofumi; TOMITA, Junichi. Disruptive innovation: a case of full mold casting. **Annals of Business Administrative Science**, v. 14, p. 109-126, 2015. DOI: 10.7880/abas.14.109

WATANABE, Marta; COUTO, Fabio. Reclamações crescem com alta de minigeração de energia solar. **Valor Econômico**, São Paulo, 01 nov. 2022. Disponível em: <<https://valor.globo.com/brasil/noticia/2022/11/01/reclamacoes-crescem-com-alta-de-minigeracao-de-energia-solar.ghtml>>. Acesso em: 1 nov. 2022.

WRIGHT, James T. C.; CARVALHO, Daniel Estima de; SPERS, Renata Giovinazzo. Tecnologias disruptivas de geração distribuída e seus impactos futuros sobre empresas de energia. **INMR - Innovation & Management Review**, v. 6, n. 1, p. 108-125, 2009.

YU, Dan; HANG, Chang Chie. A reflective review of disruptive innovation theory. **International Journal of Management Reviews**, v. 12, p. 435-452, 2010.

Apêndice A – Termo de consentimento livre e esclarecido

Declaro, por meio deste termo, que concordei em ser entrevistado(a) e/ou participar na pesquisa de campo referente ao projeto/pesquisa intitulado(a) **BARREIRAS À DIFUSÃO E ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS**: um estudo com foco na geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil, desenvolvida(o) por Ms. Emília Paranhos Santos; RG: 2568167; E-mail: emilia.marcelino@uscsonline.com.br, celular/Whatsapp (83)98750-9134.

Fui também esclarecido(a) de que os usos das informações por mim oferecidas estão submetidos às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde e que as informações coletadas serão para uso restrito à pesquisa científica.

Minha colaboração se fará por meio de entrevista semiestruturada composta por perguntas sobre o tema a ser desenvolvido, para uso e análise exclusiva da pesquisadora. Fui ainda informado(a) de que posso me retirar desse(a) estudo / pesquisa / programa a qualquer momento, sem prejuízo para meu acompanhamento ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

João Pessoa, 08 de maio de 2021.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

Apêndice B - Estudo I: entrevista com especialistas do setor de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste

Roteiro para especialistas do setor de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste
1. Introdução e apresentação do entrevistador e objetivo da pesquisa
2. Caracterização e identificação do entrevistado
2.1. Nome da organização a que pertence
2.2. Estado em que a organização está localizada
2.3. A função/cargo/atividade do entrevistado na organização
3. Adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste: dimensões e barreiras
3.1. Indique fatores que devem ser observados/considerados para adoção da geração distribuída fotovoltaica.
3.2. Na sua visão, qual é a maior motivação dos consumidores para instalar um sistema de geração distribuída fotovoltaico?
3.3. Qual o custo médio para implantação de um sistema de geração distribuída fotovoltaico em unidades residenciais? Qual o período de retorno do investimento?
3.4. Na sua visão, existe alguma previsão de redução do custo de implantação do sistema de geração distribuída fotovoltaico para os próximos anos?
3.5. O regime de compensação adotado pelo Brasil pode ser visto como um mecanismo/programa de incentivo à adoção da GD fotovoltaica?
3.6. Existe algum programa de incentivo à adoção da GD fotovoltaica na sua região? Se sim, identifique qual ou quais.
3.7. Como você analisa o cenário atual da GD fotovoltaica em seu Estado e quais as suas expectativas em relação aos próximos anos?
Questões exploratórias
3.8. Quais as modalidades para utilização da energia fotovoltaica hoje disponíveis na sua região?
3.9. Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?
3.9.1. Como estas barreiras apontadas podem ser superadas?
3.10. Poderia indicar novos contatos ou sugerir novos entrevistados que podem contribuir com informações para esta pesquisa?
4. Agradecimento e conclusão da entrevista

Apêndice C - Estudo II: entrevista com “prosumidores” do sistema de geração distribuída fotovoltaico na região Nordeste

Roteiro para o consumidor que instalou o sistema de geração distribuída fotovoltaica
1. Introdução e apresentação do entrevistador e objetivo da pesquisa
2. Caracterização e informações do entrevistado
2.1. Nome
2.2. Estado em que reside
2.2.1. Onde o sistema de GD fotovoltaico encontra-se instalado (na própria casa ou fora dela)?
2.2.2. Saberia informar qual o tipo de sistema fotovoltaico instalado?
2.2.3. Há quanto tempo possui o sistema de GD fotovoltaico (tempo de uso/instalação)?
3. Adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste: dimensões e barreiras
3.1. Está satisfeito com o sistema de GD fotovoltaico instalado?
3.1.1. Mudaria alguma coisa no sistema ou serviço fornecido?
3.1.2. Já precisou de suporte profissional em relação ao sistema de GD após a sua instalação? Se sim, como ocorreu o serviço?
3.2. O que o levou/motivou a adotar um sistema de GD fotovoltaico?
3.3. Como se informou/tomou conhecimento sobre o funcionamento/benefícios do sistema de geração distribuída fotovoltaico?
3.3. Possui alguma expectativa em relação à geração distribuída fotovoltaica para os próximos anos?
3.4. O que acha do regime de compensação de energia adotado no Brasil? Entende como satisfatório?
Questões exploratórias
3.5. Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?
3.6. Você instalou o sistema com uma potência de produção de energia maior do que a sua média de consumo de energia elétrica tradicional?
3.7. Você considera que ficou mais tranquilo com relação ao consumo de energia após a instalação do sistema fotovoltaico?
3.8. Poderia indicar novos contatos ou sugerir novos entrevistados que podem contribuir com informações para esta pesquisa?
4. Agradecimento e conclusão da entrevista

Apêndice D - Estudo III: entrevista com usuários em potencial do sistema de geração distribuída fotovoltaico na região Nordeste

Roteiro para o consumidor que não utiliza o sistema de geração distribuída fotovoltaico (potenciais adotantes da tecnologia)
1. Introdução e apresentação do entrevistador e objetivo de pesquisa
2. Caracterização e informações do entrevistado
2.1. Nome
2.2. Estado em que reside
3. Adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste: dimensões e barreiras
3.1. Conhece e sabe como funciona o sistema de geração distribuída fotovoltaico?
3.1.1. Se conhece o sistema fotovoltaico, através de que meio tomou conhecimento/informações sobre ele?
3.1.2. Conhece os benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico?
3.2. Já pensou em adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico? Por que não adotou o sistema? O que o leva a não adotar um sistema de geração distribuída fotovoltaico (energia solar)?
Questões exploratórias
3.3. Consegue identificar/listar fatores/barreiras que limitam a adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaico na sua região?
3.4. Se eliminar a barreira encontrada por você para a adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, você adotaria? Ou prefere continuar usando o sistema atual de fornecimento de energia?
3.5. Poderia indicar novos contatos ou sugerir novos entrevistados que podem contribuir com informações para esta pesquisa?
4. Agradecimento e conclusão da entrevista

Apêndice E - Formulário destinado ao comitê de especialistas para validação dos roteiros de entrevistas

O formulário encontra-se disponível no link: <https://forms.gle/pdTPpAUeuh3yABfd7>

Prezado (a),

Você está sendo convidado (a) a participar do processo de VALIDAÇÃO de uma pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), de acordo com as exigências da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

Antes de responder às perguntas relacionadas ao estudo, apresentam-se alguns esclarecimentos em relação aos participantes desta pesquisa.

Os entrevistados compõem-se de dois grupos: um grupo de profissionais ou especialistas que atuem na área de energia elétrica e da geração distribuída fotovoltaica; e outro grupo de consumidores, composto por usuários e não usuários da energia solar fotovoltaica.

Estudo I: Especialistas em geração distribuída fotovoltaica podem participar deste grupo; empresários do setor de geração distribuída; membros de associações e organizações não governamentais; membros de órgãos governamentais; pesquisadores ou professores da área de geração distribuída.

Estudo II: “Prosumidores”, usuários do sistema de geração distribuída fotovoltaica; podem participar deste grupo; os consumidores do sistema de geração distribuída do tipo residencial na região Nordeste.

Estudo III: Usuários potenciais, os não usuários do sistema de geração distribuída fotovoltaica; podem participar os consumidores do sistema de energia elétrica tradicional.

Prezado (a), você está sendo convidado (a) a participar da VALIDAÇÃO DO ROTEIRO DE ENTREVISTAS da Tese intitulada “BARREIRAS À ADOÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS: um estudo com foco na geração distribuída fotovoltaica no Nordeste do Brasil”.

O objetivo do estudo é compreender a percepção que especialistas, usuários e não usuários do sistema de geração distribuída fotovoltaica, na modalidade residencial, no Nordeste do Brasil, possuem em relação à adoção e difusão desta tecnologia. O pesquisador responsável por essa pesquisa é Emília Paranhos Santos Marcelino, doutoranda da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS).

Convidamos você a responder a um QUESTIONÁRIO com duração de aproximadamente 15 minutos, com o intuito de colaborar com os seus conhecimentos em pesquisas nesta temática, para um aperfeiçoamento e melhor ajuste das perguntas norteadoras das entrevistas que serão realizadas nesta pesquisa.

São três roteiros de perguntas para as entrevistas com especialistas, “prosumidores” e usuários potenciais da geração distribuída fotovoltaica.

Você deverá marcar as alternativas que estiver de acordo em relação à pergunta elaborada, que fará parte do roteiro das entrevistas. Em caso de sugestões, poderá deixá-las como forma de melhorar o roteiro de entrevistas.

Em caso de qualquer dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável pelo estudo, Emília Paranhos Santos Marcelino, que pode ser encontrada pelo e-mail: emiliaparanhos@gmail.com ou emilia.marcelino@uscsonline.com.br, ou *Whatsapp* (83-98750-9134), e com o orientador da pesquisa, João Batista Pamplona (joao.pamplona@online.uscs.edu.br).

Desde já agradecemos!

<p>ESTUDO I: Entrevista com Especialistas PARTE I – DADOS SOBRE O PARTICIPANTE</p> <p>Os dados abaixo serão utilizados para a caracterização geral dos participantes em atendimento a alguns aspectos da pesquisa e não permitirão a sua identificação. Contamos com suas respostas acerca das questões.</p> <p>Para a validação das perguntas que serão realizadas nas entrevistas com os especialistas.</p> <p>Selecionar a alternativa, se estiver de acordo com as afirmativas referentes às perguntas. Após as perguntas, será disponibilizado um espaço para sugestões.</p>
<p>Pergunta 1: Qual a sua atividade, função ou cargo no setor de geração distribuída fotovoltaica na região Nordeste? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 1, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 2: Qual o Estado em que a organização está localizada ou de sua atuação profissional? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 2, escreva abaixo.</p>
<p>PARTE II: Adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste: dimensões e barreiras As questões apresentadas devem ser respondidas considerando o seu conhecimento e entendimento em relação à geração distribuída fotovoltaica na sua região.</p>
<p>Pergunta 3: Quais fatores devem ser observados/considerados para adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaica? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 3, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 4: Na sua visão, qual é a maior motivação dos consumidores para instalar um sistema de geração distribuída fotovoltaico? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 4, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 5: Existe alguma previsão de redução do custo de implantação do sistema de geração distribuída fotovoltaico para os próximos anos? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 5, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 6: Na sua visão, o regime de compensação adotado pelo Brasil pode ser visto como um mecanismo/programa de incentivo à adoção da geração distribuída fotovoltaica? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 6, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 7: Existe algum programa de incentivo à adoção da geração distribuída fotovoltaica na sua região? Se sim, identifique qual. Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 7, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 8: Como você analisa o cenário atual da energia fotovoltaica em seu Estado? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 8, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 9: De acordo com sua visão, identifique/liste fatores/barreiras que considera limitadores à adoção e difusão de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na sua região? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 9, escreva abaixo.</p>

<p>Pergunta 10: Poderia indicar novos contatos ou sugerir novos entrevistados que podem contribuir com informações para esta pesquisa? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 10, escreva abaixo.</p>
<p>ESTUDO II: Entrevista com Consumidores PARTE I: DADOS SOBRE O PARTICIPANTE</p> <p>Consumidor que instalou o sistema de geração distribuída fotovoltaica, “prosumidor”.</p> <p>Para a validação das perguntas que serão realizadas nas entrevistas com os consumidores do sistema de geração distribuída fotovoltaica.</p> <p>Selecionar a alternativa, se estiver de acordo com as afirmativas referentes às perguntas. Após as perguntas, será disponibilizado um espaço para sugestões.</p>
<p>Pergunta 11: Estado em que reside? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 11, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 12: Há quanto tempo possui o sistema de geração distribuída fotovoltaico (tempo de uso)? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 12, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 13: Onde o sistema de geração distribuída fotovoltaico se encontra instalado? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 13, escreva abaixo.</p>
<p>PARTE II: Adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste: dimensões e barreiras</p> <p>As questões apresentadas abaixo devem ser respondidas considerando a sua experiência, conhecimento e entendimento em relação ao uso da tecnologia da geração distribuída fotovoltaica.</p> <p>Para a validação das perguntas que serão realizadas nas entrevistas com os consumidores do sistema de geração distribuída fotovoltaica.</p> <p>Selecionar a alternativa, se estiver de acordo com as afirmativas referentes às perguntas. Após as perguntas, será disponibilizado um espaço para sugestões.</p>
<p>Pergunta 14: Está satisfeito com o sistema de geração distribuída fotovoltaico instalado? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 14, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 15: Mudaria alguma coisa no sistema ou serviço fornecido? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 15, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 16: Já precisou de suporte profissional em relação ao sistema de geração distribuída após a sua instalação? E como ocorreu o serviço? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 16, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 17: O que o levou/motivou a adotar um sistema de (energia solar) geração distribuída fotovoltaico? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 17, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 18: O que acha do regime de compensação de energia adotado no Brasil? Entende como satisfatório?</p>

<p>Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 18, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 19: Como se informou/tomou conhecimento sobre o funcionamento/benefícios do sistema de geração distribuída fotovoltaico? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 19, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 20: Possui alguma expectativa em relação à geração distribuída fotovoltaica para os próximos anos? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 20, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 21: Consegue identificar/listar fatores que, na sua visão, limitam a adoção de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na sua região? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 21, escreva abaixo.</p>
<p>ESTUDO III: Entrevista com potencial usuário PARTE I: DADOS SOBRE O PARTICIPANTE</p> <p>Consumidor que utiliza o sistema tradicional de fornecimento de energia elétrica, usuário em potencial.</p> <p>Para a validação das perguntas que serão realizadas nas entrevistas com os não usuários/consumidores do sistema de geração distribuída fotovoltaica.</p> <p>Selecionar a alternativa, se estiver de acordo com as afirmativas referentes às perguntas. Após as perguntas, será disponibilizado um espaço para sugestões.</p>
<p>Pergunta 22: Estado em que reside? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 22, escreva abaixo.</p>
<p>PARTE II: Adoção e difusão do sistema de geração distribuída fotovoltaico no Nordeste: dimensões e barreiras</p> <p>As questões apresentadas abaixo devem ser respondidas considerando a sua experiência, conhecimento e entendimento em relação ao uso da tecnologia da geração distribuída fotovoltaica.</p>
<p>Pergunta 23: Conhece o sistema de geração distribuída fotovoltaico? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 23, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 24: Se conhece o sistema de geração distribuída fotovoltaico. Através de que meio tomou conhecimento/informações sobre ele? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 24, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 25: Sabe como funciona e conhece os benefícios da adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 25, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 26: O que o leva a não adotar um sistema de (energia solar) geração distribuída fotovoltaico? Você está de acordo com a realização desta pergunta? A redação da pergunta está adequada? Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 26, escreva abaixo.</p>
<p>Pergunta 27: Consegue identificar/listar fatores que, na sua visão, limitam a adoção de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na sua região?</p>

Você está de acordo com a realização desta pergunta?

A redação da pergunta está adequada?

Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 27, escreva abaixo.

Pergunta 28: Sendo eliminadas as barreiras encontradas por você para a adoção de um sistema de geração distribuída fotovoltaico, você adotaria? Ou prefere continuar usando o sistema atual de fornecimento de energia?

Você está de acordo com a realização desta pergunta?

A redação da pergunta está adequada?

Se você tiver alguma sugestão para a pergunta 28, escreva abaixo.

Apêndice F – Planilha com os dados dos Estados do Nordeste utilizada para análise de Agrupamento no SPSS

Estados do Nordeste	Potência Instalada	Quantidade de GDS	Ucs recebem créditos	Municípios com GD	Consumo médio residencial mês 2019 kWh/mês	Tarifa de energia por estado	Densidade demográfica hab/km2	Renda per capita	Área territorial km ²	População estimada	IDH
Ceara	63.760,68	10.164	10.164	172	130,2	0,82	56,76	1.028	148.894,44	9.240.580	0,682
Bahia	104.024,27	16.974	16.974	378	132,8	0,57	24,82	965	564.760,43	14.985.284	0,66
Rio Grande do Norte	57.169,88	8.618	8.618	156	122,3	0,51	59,99	1.077	52.809,60	3.560.903	0,684
Pernambuco	39.103,84	6.801	6.801	163	129,2	0,52	89,63	897	98.067,88	9.674.793	0,673
Paraíba	25.866,24	4.621	4.621	178	122,7	0,56	66,7	892	56.467,24	4.059.905	0,658
Piauí	48.769,53	7.468	7.468	176	144,5	0,58	12,4	859	251.755,48	3.289.290	0,646
Maranhão	52.427,31	7.890	7.890	174	143,2	0,64	19,81	676	329.651,50	7.153.262	0,639
Alagoas	13.633,52	2.353	2.353	80	120,9	0,58	112,33	796	27.830,66	3.365.351	0,631
Sergipe	13.700,28	2.068	2.068	52	113,3	0,66	94,35	1.028	21.938,18	2.338.474	0,665

**Apêndice G – Saída do tratamento dos dados dos Estados do Nordeste e da análise de agrupamento realizada utilizando o
Software SPSS**

Cluster

Resumo de processamento do caso^a

Válido		Casos Omisso		Total	
N	Porcentagem	N	Porcentagem	N	Porcentagem
9	100,0	0	,0	9	100,0

a. Ligação única

Matriz de proximidade

Caso	Distância Euclidiana Quadrática								
	1:Ceara	2:Bahia	3:Rio Grande do Norte	4:Pernambuco	5:Paraíba	6:Piauí	7:Maranhão	8:Alagoas	9:Sergipe
1:Ceara	,000	33176282523902,890	32268011342605,574	191754866394,052	26849433699892,875	35428672360221,010	4389708458203,139	34535607055368,887	47657822262489,234
2:Bahia	33176282523902,890	,000	130780909926984,230	28423538294458,188	119628682176664,620	136897481610952,080	61398672229464,340	135319734623003,640	160245062021564,200
3:Rio Grande do Norte	32268011342605,574	130780909926984,230	,000	37382032262072,460	250028278991,122	113426347693,427	12981708334268,973	40838529290,172	1497261119327,913
4:Pernambuco	191754866394,052	28423538294458,188	37382032262072,460	,000	31528882605297,805	40798362765785,000	6411929495425,157	39814679936401,830	53828062361261,850
5:Paraíba	26849433699892,875	119628682176664,620	250028278991,122	31528882605297,805	,000	632525751716,005	9644214077988,640	483385251507,647	2964678009286,755
6:Piauí	35428672360221,010	136897481610952,080	113426347693,427	40798362765785,000	632525751716,005	,000	14936361174385,842	57214484578,162	958155265869,309
7:Maranhão	4389708458203,139	61398672229464,340	12981708334268,973	6411929495425,157	9644214077988,640	14936361174385,842	,000	14440931861178,791	23278438671340,066
8:Alagoas	34535607055368,887	135319734623003,640	40838529290,172	39814679936401,830	483385251507,647	57214484578,162	14440931861178,791	,000	1054511315467,693
9:Sergipe	47657822262489,234	160245062021564,200	1497261119327,913	53828062361261,850	2964678009286,755	958155265869,309	23278438671340,066	1054511315467,693	,000

Esta é uma matriz de dissimilaridade

Ligação única

Estágio	Planejamento de aglomeração					
	Cluster combinado		Coeficientes	O cluster de estágio é exibido primeiro		Próximo estágio
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	8	40838529290,172	0	0	2
2	3	6	57214484578,162	1	0	4
3	1	4	191754866394,052	0	0	6
4	3	5	250028278991,122	2	0	5
5	3	9	958155265869,309	4	0	7
6	1	7	4389708458203,139	3	0	7
7	1	3	9644214077988,640	6	5	8
8	1	2	28423538294458,188	7	0	0

Associação de cluster

Caso	3 clusters
1:Ceara	1
2:Bahia	2
3:Rio Grande do Norte	3
4:Pernambuco	1
5:Paraiba	3
6:Piawi	3
7:Maranhao	1
8:Alagoas	3
9:Sergipe	3

