



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**CINTHYA MARTINS FELIX**

**POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIA SOLAR**  
**FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DA APLICAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS**  
**NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2022**

CINTHYA MARTINS FELIX

POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DA APLICAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS NO  
ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira de Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estêvão Rolim Fernandes.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F36p

Felix, Cinthya Martins.

Políticas públicas de incentivo ao uso de energia solar fotovoltaica: um estudo da aplicação em propriedades rurais no estado do Ceará / Cinthya Martins Felix. – 2022.  
66 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Estêvão Rolim Fernandes.

1. Energia Solar fotovoltaica. 2. Políticas públicas. 3. Produção rural. 4. Estado do Ceará. I. Título.

CDD 621.042

---

CINTHYA MARTINS FELIX

POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DA APLICAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS NO  
ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira de Energias Renováveis.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Estêvão Rolim Fernandes (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Nivaldo Aguiar Freire  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Ana Fabíola Leite Almeida  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Em memória dos meus avós, João Felix Neto e Maria Lourdes Andrade Martins, que apoiaram minha trajetória e celebraram cada uma das minhas conquistas. Dedico este trabalho a vossas vidas, que tanto me inspiraram.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eliana e Eronildo, por todo o apoio incondicional e por todos os esforços que me permitiram chegar até aqui. Vocês me proporcionaram o maior aprendizado da vida: o amor, a coragem, a humildade. Gratidão por tudo.

À minha irmã Clara, para a qual irei parafrasear sua história favorita. Com sua bondade e inteligência de criança, ensinou-me que o essencial é invisível aos olhos. Só se vê bem com o coração.

Aos meus melhores amigos, Alicia e Thiago, que há nove anos me incentivam a acreditar em mim mesma. Mesmo à distância, estivemos presentes uns aos outros em todos os momentos. Amo vocês por serem quem são.

Ao professor Carlos Estêvão Rolim Fernandes, meu orientador, a quem devo grande admiração. Obrigada por me fazer compreender o potencial da engenharia de transformar a sociedade, e por inspirar minha trajetória acadêmica e profissional.

Ao professor Francisco Nivaldo Aguiar Freire, pelo apoio e confiança em todos os projetos e pesquisas no qual o tive como orientador.

Aos amigos Raul, Marília, Amélia, Rauí, Itamara, João, Lara, Karolina e Rafaella, com os quais tive a honra de compartilhar os melhores momentos da graduação. Conectamo-nos por nosso caráter e nossas lutas. Obrigada por me ensinarem tanto.

Aos meus amigos do PET Renováveis, Marcelo, Ruth, Virna, Emanuel, Kelly, Lucas Fernando e Davi, que tornaram minha rotina mais leve com cada lição de companheirismo e experiências trocadas.

Aos meus padrinhos de curso, Victor Hugo e Ana Marcelo, por todo o suporte e amizade que me proporcionaram enorme acolhimento no início da graduação.

Aos meus primeiros amigos de turma, com os quais vivi momentos incríveis. Obrigada pelos dias de estudo que sempre acabavam em risadas, almoços descontraídos no RU, comemorações de aniversário memoráveis, tardes de jogos no CA, aflições e alívios compartilhados. Espero reencontrá-los em breve para lembrarmos tantas histórias.

A todos os demais familiares, professores e amigos, que mesmo não citados diretamente, acompanharam meus passos e contribuíram para meu desenvolvimento como pessoa e profissional.

“We’ve arranged a civilization in which most crucial elements profoundly depend on science and technology.” (Carl Sagan).

## RESUMO

O avanço das mudanças climáticas a nível global torna necessário o debate acerca de alternativas para conter crises ambientais e socioeconômicas, tendo o Estado um papel fundamental para com as ações mitigadoras. Nesse contexto, o potencial brasileiro para o uso de energias renováveis é de ampla relevância, o que motiva o presente estudo a avaliar as políticas públicas de incentivo à energia solar fotovoltaica para produtores rurais no estado do Ceará. Os objetivos do trabalho consistem em analisar o perfil socioeconômico dos produtores e realizar um levantamento do histórico de regulamentação e incentivos para a energia solar fotovoltaica vigentes no estado como prévias para as etapas de avaliação quantitativa e qualitativa das políticas identificadas. Para isso, foi realizado um estudo exploratório aplicado por meio de pesquisa bibliográfica e entrevistas com representantes sindicais do setor agrário do estado. Durante o estudo de caso, constatou-se a existência de diversas políticas regulamentares, de incentivo fiscal e financeiro tanto a nível federal como estadual. Entretanto, as iniciativas não se mostram suficientemente eficazes para atender os produtores rurais cearenses. O estado, que segundo estimativas possui cerca de 1,5 milhão de agricultores familiares, apresenta aproximadamente apenas 500 sistemas instalados em propriedades rurais, evidenciando um índice muito baixo de democratização da energia solar fotovoltaica, com o acesso restrito e condicionado à elevada renda. A opinião pública dos entrevistados reforça os resultados obtidos ao revelarem a falta de acessibilidade financeira aos recursos, excesso de burocratização para obter financiamento e carência de informação, em especial aos agricultores familiares. Logo, conclui-se que a ação governamental para a criação de programas de incentivo voltados aos produtores rurais do Ceará é de extrema importância, visto o intuito de beneficiar aqueles que, apesar da renda baixa, possuem altos custos com energia elétrica.

**Palavras-chave:** Energia Solar Fotovoltaica; Políticas Públicas; Produção Rural; Estado do Ceará.

## ABSTRACT

The advance of the climate change at a global level makes it necessary to debate alternatives to contain environmental and socioeconomic crises, with the government playing a fundamental role in mitigating actions. In this context, the Brazilian potential for the use of renewable energy is of great relevance, which motivates this study to evaluate public policies to encourage photovoltaic solar energy for rural producers in the state of Ceará. The aims of this work are to analyze the socioeconomic profile of producers and carry out a survey of the history of regulations and incentives for photovoltaic solar energy in force in the state as a prerequisite for the steps of quantitative and qualitative assessment of the identified policies. For that, an exploratory study was carried out through bibliographical research and interviews with union representatives of the agrarian sector of the state. During the case study, it was found that there are several regulatory, fiscal and financial incentive policies at both the federal and state levels. However, the initiatives are not effective enough to serve rural producers in Ceará. The state, which according to estimates has about 1.5 million family farmers, has approximately only 500 systems installed on rural properties, showing a very low rate of democratization of photovoltaic solar energy, with restricted access and conditional on high income. The public opinion of the interviewees reinforces the results obtained by revealing the lack of financial accessibility to resources, excessive bureaucracy to obtain financing and lack of information, especially for family farmers. Therefore, it can be concluded that government action for the creation of incentive programs aimed at rural producers in Ceará is extremely important, since the intention is to benefit those who, despite low income, have high electricity costs.

**Keywords:** Photovoltaic Solar Energy; Public Policies; Rural Production; State of Ceará.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Espectro da radiação solar .....	24
Figura 2	- Componentes da radiação solar .....	25
Figura 3	- Piranômetro digital .....	26
Figura 4	- Pireliômetro digital .....	26
Figura 5	- Representação do sistema <i>on grid</i> .....	28
Figura 6	- Representação dos componentes do sistema <i>off grid</i> .....	30
Figura 7	- Média anual de irradiação global no Brasil .....	32
Figura 8	- Média anual de irradiação no Ceará .....	33
Figura 9	- Rede de operação do Sistema Interligado Nacional .....	35
Figura 10	- Sistema elétrico do estado do Ceará .....	36
Figura 11	- Percentual de estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar, por município .....	39
Figura 12	- Modalidades de geração distribuída fotovoltaica .....	48

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz elétrica do Brasil .....	19
Gráfico 2 – Consumo global de eletricidade .....	23
Gráfico 3 – Valor da produção agrícola anual do estado do Ceará .....	40
Gráfico 4 – Produção agrícola anual do estado do Ceará .....	40
Gráfico 5 – Classificação de importância atribuída à energia solar fotovoltaica .....	58
Gráfico 6 – Classificação de acessibilidade atribuída à energia solar fotovoltaica .....	59
Gráfico 7 – Classificação de eficácia atribuída às políticas públicas apresentadas .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Panorama global de empregos no setor de energia.....	18
Tabela 2 - Balanço de geração e consumo de energia elétrica no Estado do Ceará.....	37
Tabela 3 - Classificação das políticas públicas vigentes no estado .....	56
Tabela 4 - Tempo de atuação dos entrevistados no movimento sindical .....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução da definição de micro e minigeração nas resoluções normativas..	50
Quadro 2 - Linhas de financiamento para energia solar atuantes no Ceará .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COP	Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAEC	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará
FIEE	Fundo de Incentivo à Eficiência Energética e Geração Distribuída
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	International Energy Agency
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRENA	International Renewable Energy Agency
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
PIER	Programa de Incentivos da Cadeia Produtiva Geradora de Energias Renováveis
PRAD	Pesquisa Regional por Amostra de Domicílios
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
REN	Resolução Normativa
SEDET	Secretaria do Desenvolvimento Econômico e do Trabalho
SIN	Sistema Interligado Nacional
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	18
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	20
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral</i> .....	21
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos</i> .....	21
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do trabalho</b> .....	21
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	23
<b>2.1</b>	<b>Energia Solar Fotovoltaica</b> .....	23
<i>2.1.1</i>	<i>Radiação solar</i> .....	23
<i>2.1.1.1</i>	<i>Componentes da radiação solar</i> .....	25
<i>2.1.1.2</i>	<i>Medição de radiação</i> .....	26
<b>2.2</b>	<b>Sistema de Geração Fotovoltaica</b> .....	27
<i>2.2.1</i>	<i>Tipos de sistema</i> .....	27
<i>2.2.1.1</i>	<i>Sistemas on grid</i> .....	27
<i>2.2.1.1.1</i>	<i>Módulos fotovoltaicos</i> .....	28
<i>2.2.1.1.2</i>	<i>Estrutura de fixação</i> .....	29
<i>2.2.1.1.3</i>	<i>Inversores</i> .....	29
<i>2.2.1.1.4</i>	<i>Medidor bidirecional</i> .....	29
<i>2.2.1.2</i>	<i>Sistemas off grid</i> .....	30
<i>2.2.1.3</i>	<i>Sistemas híbridos</i> .....	31
<b>2.3</b>	<b>Potencial de geração no Brasil</b> .....	32
<b>2.4</b>	<b>Potencial de geração no Ceará</b> .....	33
<b>2.5</b>	<b>Panorama de eletrificação do estado do Ceará</b> .....	35
<b>2.6</b>	<b>Agricultura no Ceará</b> .....	38
<i>2.6.1</i>	<i>Dados demográficos e socioeconômicos</i> .....	38
<i>2.6.2</i>	<i>Dados de produção</i> .....	39
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	42
<b>3.1</b>	<b>Metodologia da pesquisa</b> .....	42
<i>3.1.1</i>	<i>Propósito da pesquisa</i> .....	42
<i>3.1.2</i>	<i>Natureza da pesquisa</i> .....	42
<i>3.1.3</i>	<i>Abordagem do problema</i> .....	42

3.1.4	<i>Procedimentos técnicos</i> .....	43
3.2	<b>Método proposto</b> .....	43
3.2.1	<i>Identificação do histórico de regulamentação da geração distribuída</i> .....	43
3.2.2	<i>Estudo e classificação das políticas públicas de incentivo adotadas no Estado</i> .....	43
3.2.3	<i>Estudo quantitativo de sistemas instalados em zonas rurais</i> .....	43
3.2.4	<i>Realização de entrevistas com integrantes do setor agrário estadual</i> .....	44
4	<b>INSTRUMENTOS DE REGULAMENTAÇÃO E INCENTIVO AO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ</b> .....	45
4.1	<b>Histórico de regulamentação nacional da geração distribuída</b> .....	45
4.1.1	<i>Decreto Lei nº 5163/2004</i> .....	45
4.1.2	<i>Resolução Normativa 482/2012</i> .....	45
4.1.3	<i>Resolução Normativa 517/2012</i> .....	47
4.1.4	<i>Resolução Normativa 687/2015</i> .....	47
4.1.5	<i>Resolução Normativa 786/2017</i> .....	49
4.1.6	<i>Módulo 3 - PRODIST</i> .....	50
4.1.7	<i>Projeto de Lei 5829/2019</i> .....	50
4.2	<b>Histórico de políticas de incentivo do Ceará</b> .....	51
4.3	<b>Linhas de financiamento abrangentes no Ceará</b> .....	53
4.4	<b>Análise e classificação das políticas públicas adotadas no Estado</b> .....	55
4.5	<b>Análise quantitativa de sistemas instalados em zonas rurais</b> .....	57
4.6	<b>Entrevistas com integrantes do setor sindical agrário estadual</b> .....	58
5	<b>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS</b> .....	63
5.1	<b>Conclusões</b> .....	63
5.2	<b>Sugestões de trabalhos futuros</b> .....	64
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65
	<b>APÊNDICE A – ENTREVISTA COM REPRESENTANTES DO SETOR AGRÍCOLA</b> .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Parte do processo de viver em sociedade significa adaptar-se às transformações ocorridas em função do tempo. Ao longo das últimas décadas, essas mudanças têm sido marcadas por um processo de desenvolvimento que depende profundamente da ciência e da tecnologia.

Um olhar mais aprofundado sobre a dinâmica social do século XXI nos permite visualizar o avanço da civilização em relação ao passado, bem como nos possibilita questionar sobre as perspectivas e expectativas para o futuro. Tal questionamento é endossado pela observação das mudanças no padrão de vida populacional e pelo que se espera proporcionar às gerações futuras.

Se, porventura, refletirmos acerca das necessidades básicas de uma pessoa há décadas atrás e atualmente, certamente ver-se-á uma drástica mudança nos hábitos em consequência ao aumento do consumismo. Em analogia a um simples conceito da economia, sabe-se que o crescimento da demanda por produtos e serviços acompanha um aumento da oferta. Assim sendo, as pesquisas e investimentos realizados revolucionam constantemente a cadeia produtiva com o surgimento de mecanismos que entregam mais qualidade, eficiência de trabalho, e até mesmo vida útil dos produtos projetada para atender à rápida movimentação do ciclo de consumo.

Um dos resultados de tamanhas inovações, transformações culturais e aumento populacional é uma forte dependência à energia elétrica, em intensidade sem precedentes semelhantes na história, tanto em países desenvolvidos quanto em países emergentes como o Brasil.

Esse processo, segundo Peguim (2020), confronta-se com a emergência de um questionamento sobre a vida útil e da sustentabilidade ambiental dos processos de exploração dos recursos naturais presente na realidade brasileira.

A busca pelo desenvolvimento sustentável já tem resultado em inúmeros esforços a nível global, dada a necessidade de implementação prática por meio de políticas ambientais em conformidade com os interesses internacionais.

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP25) realizada em Madrid em 2019, o presidente da Assembléia Geral das Nações Unidas Tijjani Muhammad-Bande afirmou que para mudar drasticamente nossos padrões de consumo e produção, deve-se investir em uma mudança estrutural na energia global, transporte, produção de alimentos e sistemas urbanos.

Não obstante, as expectativas para a COP26, que ocorre em Glasgow em 2021, apontam para o reconhecimento de acordos para a redução do uso de combustíveis fósseis como o carvão nos próximos anos, bem como para a definição regulamentar do mercado de carbono entre países. Outra estratégia considerada importante por diversos ativistas ambientais é a aprovação do financiamento anual por parte de países desenvolvidos para mitigar os efeitos danosos em outros países já afetados pelas mudanças climáticas. (ONU NEWS, 2021).

Nesse contexto, percebe-se a importância das políticas públicas governamentais como um instrumento de alcance ao desenvolvimento sustentável. No caso do Brasil, o incentivo às energias renováveis tem sido feito por meio de um conjunto de decretos, resoluções normativas, incentivos fiscais e técnicos e leis cujos detalhes serão estudados posteriormente.

## 1.1 Justificativa

O aproveitamento de fontes de energias renováveis, tais como a eólica, a solar e a biomassa, representa uma das alternativas mais promissoras para alavancar o desenvolvimento sustentável como pauta no cenário econômico. A ação é relevante não apenas ao interesse ambiental, mas à qualidade de vida que se pretende assegurar à geração atual e às gerações posteriores.

O relatório divulgado pela International Renewable Energy Agency (IRENA) em 2017 estima por meio de projeções que milhões de empregos podem ser ofertados no mercado de energias renováveis nas próximas décadas, conforme ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 - Panorama global de empregos no setor de energia.

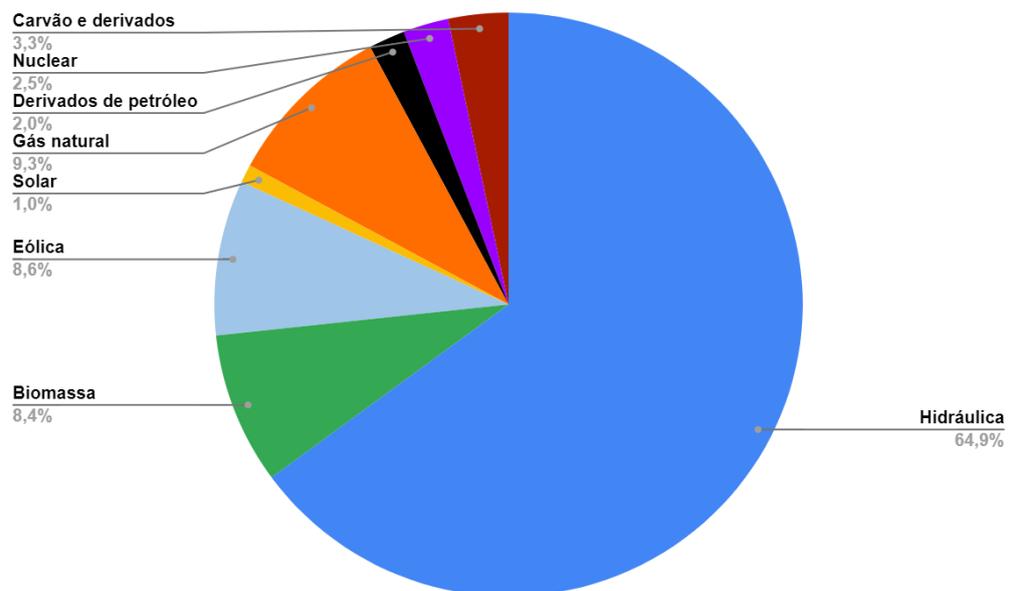
	2017	2030 (PES)	2030 (TES)	2050 (PES)	2050 (TES)
<b>Empregos no setor de energia (milhares)</b>					
Nuclear	560	770	696	739	430
Combustíveis fósseis	28085	33255	29133	29878	21680
Renováveis	12288	20306	29543	25578	41902
Eficiência energética	9507	20283	29189	17561	21265
Flexibilidade de energia e rede	7439	11507	12078	12721	14496
<b>Total</b>	<b>57879</b>	<b>86121</b>	<b>100640</b>	<b>86478</b>	<b>99771</b>

<b>Empregos em energia renovável (milhares)</b>					
Biomassa	4371	7154	10890	6998	14090
Solar	4286	7916	11717	11501	18698
Hidráulica	2389	2747	3013	2569	2759
Eólica	1160	2374	3744	4355	6057
Geotérmica	80	113	156	150	238
Oceânica (marés e ondas)	1	2	25	4	60
<b>Total</b>	<b>12288</b>	<b>20306</b>	<b>29543</b>	<b>25578</b>	<b>41902</b>
Empregos em energia renovável em relação aos empregos totais no setor de energia (%)		23,58%	29,36%	29,58%	42,00%

Fonte: IRENA (2020, traduzido e com adaptações).

Dada a relevância global do impacto das energias renováveis, vale observar a configuração da atual matriz elétrica do Brasil no Gráfico 1. Conforme o Balanço Energético Nacional de 2020 (BEN) realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a matriz brasileira é cerca de 83% proveniente de fontes renováveis.

Gráfico 1 - Matriz elétrica do Brasil.



Fonte: EPE (2020, com adaptações).

Entretanto, o fato de mais de 60% do suprimento advir de usinas hidrelétricas revela a fragilidade do país perante possíveis crises hídricas, o que abre portas para o crescimento de outras fontes de energia renovável como a solar, que ainda representa apenas 1% no panorama nacional.

Paralelamente a isso, ainda com base nos dados do BEN 2020, sabe-se que as propriedades rurais representam sozinhas 5,7% da demanda energética do país. Além de custos dispendiosos aos produtores, a atividade do setor traz consigo impactos negativos ao meio ambiente pela ampla utilização de combustíveis fósseis.

De acordo com Bronson (2019):

Embora a indústria, os governos e as agências de fomento como o Banco Mundial tenham cada vez mais concentrado enormes esforços para convencer os agricultores dos benefícios ambientais e econômicos da agricultura inteligente, a adoção tem sido desigual e limitada a alguns nichos de produtores e empreendimentos.

Em regiões mais remotas, onde diversas famílias dependem da agricultura para garantir o sustento, o lapso de acesso à informação e recursos financeiros torna-se ainda mais evidente. Pequenos produtores rurais carecem de técnicas de produção modernas e, em contrapartida, as soluções requerem o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos para o manuseio.

Dentre os objetivos traçados no relatório final da COP25, inclui-se a melhoria dos sistemas alimentares para que sejam sustentáveis e inclusivos. Para que isso seja possível, são requeridos o uso de sistemas agrícolas inteligentes, a democratização das fontes de energia limpa e a amplificação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, diante do que foi exposto anteriormente, é de interesse deste trabalho analisar o crescimento do uso de energia solar fotovoltaica no meio rural, bem como avaliar até que ponto essas tecnologias se tornaram mais acessíveis especialmente no estado do Ceará por meio das políticas públicas implementadas.

O estudo possui relevância para a comunidade acadêmica, dado o número reduzido de estudos semelhantes, e pode servir como fonte motivadora ao poder público local para discutir o desempenho atual do estado do Ceará e para planejar ações futuras.

## **1.2 Objetivos**

Os principais objetivos a serem alcançados pelo trabalho são:

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Avaliar subjetivamente as políticas públicas voltadas ao incentivo à energia solar fotovoltaica em nível estadual, observando seus impactos, sua eficácia e abrangência em zonas rurais;

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Compreender o perfil socioeconômico de pequenos e médios produtores rurais do estado do Ceará;

Realizar levantamento do histórico de regulamentação, incentivos fiscais, financiamento de capital e incentivos técnicos à energia solar fotovoltaica vigentes no estado do Ceará;

Analisar a eficácia das políticas públicas identificadas perante o setor agrícola;

Classificar as políticas públicas identificadas em categorias de regulamentação, incentivos fiscais e técnicos e financiamento;

Identificar a quantidade de sistemas instalados no estado voltados ao auxílio da produção rural;

Realizar coleta de informações com pessoas representantes do setor agrícola do estado do Ceará;

Apresentar resultados sobre a situação atual e perspectivas e sugestões futuras para a democratização do uso de energia solar fotovoltaica no meio rural do estado do Ceará;

## **1.3 Estrutura do trabalho**

O trabalho desenvolvido encontra-se dividido em 5 capítulos.

O primeiro capítulo compreende a introdução ao tema investigado, contendo a justificativa, objetivos da pesquisa e estruturação do estudo.

O segundo capítulo abrange a fundamentação teórica em conceitos importantes sobre a energia solar fotovoltaica, o potencial de geração no Brasil e no Ceará, o panorama de eletrificação estadual e a agricultura no Ceará.

Por conseguinte, o terceiro capítulo traz o detalhamento da metodologia empregada em todas as etapas do estudo.

O quarto capítulo apresenta o estudo de caso desenvolvido, contendo a aplicação da metodologia para avaliar as políticas públicas vigentes no estado, sua eficácia, dentre outras providências.

O quinto capítulo, engloba as conclusões alcançadas pela investigação e as recomendações para estudos futuros.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Ao longo deste capítulo será apresentada toda a base teórica necessária à compreensão do objeto de estudo do trabalho.

Inicialmente, traz-se o detalhamento dos conceitos importantes da energia solar fotovoltaica, como a definição da radiação solar, os tipos de sistema e o potencial de geração nacional e do estado do Ceará.

Em seguida, traz-se informações acerca da importância da atividade agrícola para o estado do Ceará, revelando o perfil dos produtores rurais, as características das propriedades e a influência econômica do setor.

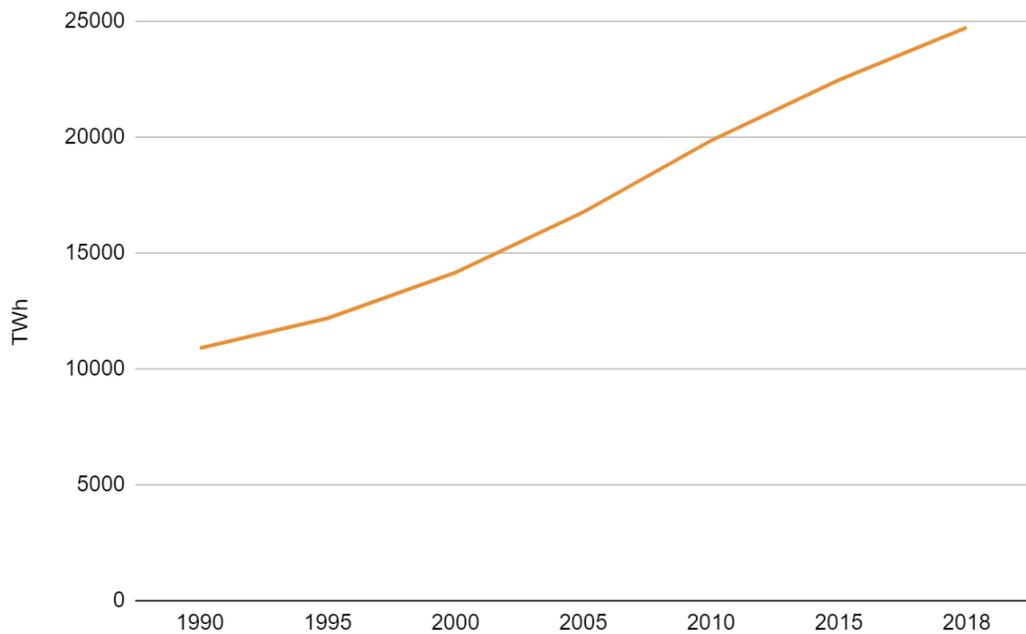
### **2.1 Energia solar fotovoltaica**

A energia solar fotovoltaica corresponde ao aproveitamento de radiação solar e sua transformação em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Essa conversão de energia é possibilitada pela utilização de materiais semicondutores, componentes da célula fotovoltaica, que ao serem expostos à luz solar produzem corrente elétrica.

#### ***2.1.1 Radiação solar***

Para compreender a energia solar fotovoltaica, deve-se inicialmente entender algumas características da sua fonte: o sol. Trata-se de um recurso inesgotável de calor e energia que irradia cerca de  $173 \times 10^5$  J de energia na superfície terrestre a cada segundo. Ou seja, a potência fornecida é capaz de suprir sozinha toda a demanda de energia elétrica do planeta, que segundo estimativas da Agência Internacional de Energia (IEA) apresentou crescimento ao longo dos últimos anos conforme o Gráfico 2 a seguir.

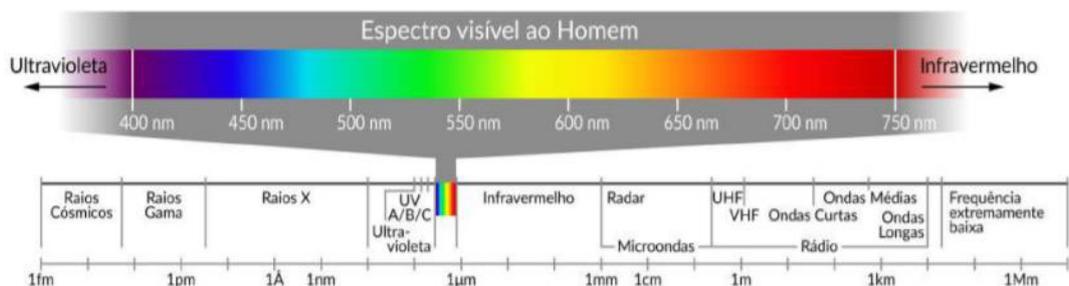
Gráfico 2 - Consumo global de eletricidade.



Fonte: IEA (2018, com adaptações).

A irradiação solar compreende uma ampla faixa do espectro eletromagnético. A maior parte da energia irradiada encontra-se no campo visível e de infravermelho. Parte da irradiação também se situa na parcela ultravioleta do espectro (Figura 1). Essa energia recebida do Sol possibilita a continuidade dos processos biológicos, térmicos e químicos existentes, sejam eles naturais ou artificiais desempenhados por meio da tecnologia.

Figura 1 - Espectro da radiação solar.



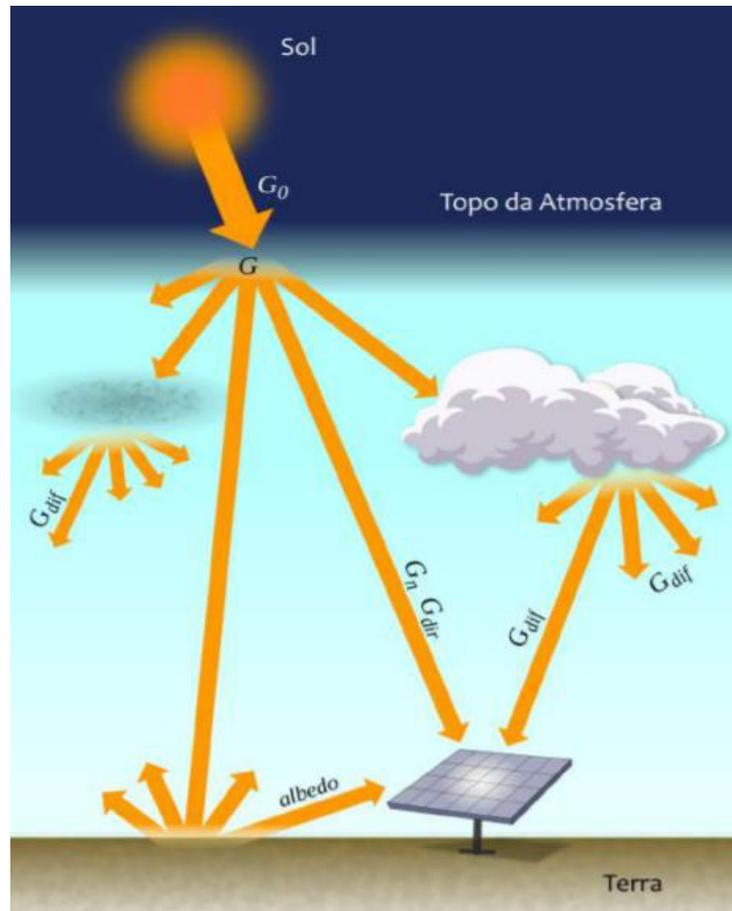
Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2017, p. 15).

O aproveitamento da radiação, por sua vez, depende de fatores ambientais tais como a localização geográfica, relevo e fatores climáticos, bem como os fatores antrópicos como a disposição de tecnologia e de recursos financeiros.

### 2.1.1.1 Componentes da radiação solar

A radiação que incide sob a Terra pode ser classificada em três tipos conforme a figura a seguir.

Figura 2 - Componentes da radiação solar.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2017, p. 19).

A radiação direta ( $G_n$  e  $G_{dir}$ ) atravessa a atmosfera e não apresenta nenhuma alteração na sua direção, incidindo perpendicularmente na superfície. A radiação difusa ( $G_{dif}$ ) representa a taxa de radiação solar que incide em uma superfície após sofrer espalhamento ao se deparar com obstáculos (nuvens, poeira, gases). Parte dessa radiação que sofre desvio representa o terceiro tipo: a radiação refletida.

Uma importante característica para mensurar a capacidade de reflexão de uma superfície é o albedo. As superfícies de menor albedo, que também são as mais escuras, possibilitam maior absorção da radiação, portanto há maior aproveitamento da luz solar.

Todas as formas de radiação podem ser utilizadas em processos de conversão de energia. As superfícies inclinadas recebem radiação refletida devido ao albedo da superfície. Em virtude disso, já existem tecnologias disponíveis de módulos fotovoltaicos bifaciais capazes de otimizar a eficiência do sistema com base no aproveitamento dessa radiação refletida.

#### *2.1.1.2 Medição de radiação*

Os principais equipamentos de medição de radiação são o piranômetro e o pireliômetro. O piranômetro (Figura 3) possibilita a medição da radiação global ao mensurar a densidade de fluxo de radiação solar.

Figura 3 - Piranômetro digital.



Fonte: Catálogo Hukseflux Brasil (2021).

Já o pireliômetro (Figura 4) realiza a medida de radiação direta incidente em uma superfície perpendicular aos raios solares. Seu uso pode contribuir em avaliações de desempenho de sistemas de geração fotovoltaica e para fins de estudos meteorológicos.

Figura 4 - Pireliômetro digital.



Fonte: Catálogo Hukseflux Brasil (2021).

Segundo o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB):

A medição da radiação solar (...) é de importância para o estudo das influências das condições climáticas e atmosféricas. Com um histórico dessas medidas, pode-se viabilizar as instalações de sistemas térmicos e fotovoltaicos em uma determinada região garantindo o máximo aproveitamento ao longo do ano, onde as variações da intensidade da radiação solar sofrem significativas alterações.

## **2.2 Sistema de geração fotovoltaica**

Os sistemas de geração fotovoltaica possuem uma série de vantagens em comparação a outras fontes de energia. Além de serem sustentáveis, não apresentam ruído ou poluição, são facilmente instalados, possuem longa vida útil e manutenção fácil de ser realizada, e fornecem economia de até 95% do valor das faturas, fato esse que leva a energia solar fotovoltaica a ser considerada um investimento de médio e longo prazo.

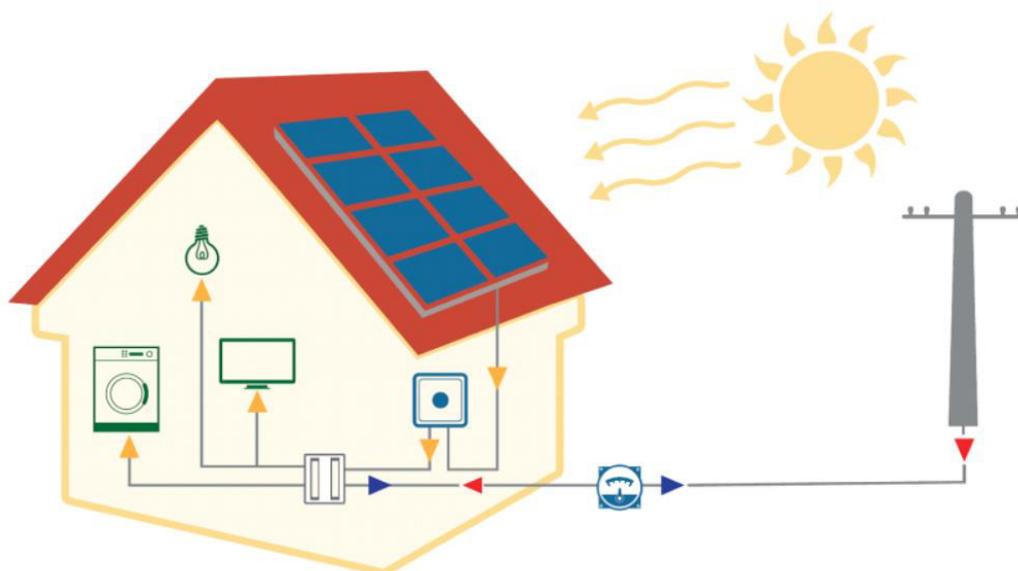
### ***2.2.1 Tipos de sistema***

Os sistemas fotovoltaicos podem ser do tipo *on grid*, *off grid* e híbrido. Essa classificação baseia-se na existência ou não de conexão à rede de energia.

#### ***2.2.1.1 Sistemas on grid***

Em um sistema *on grid*, cuja representação esquemática encontra-se na Figura 5, parte da energia produzida é injetada na rede de fornecimento elétrico e consumida em horários em que não há incidência de luz solar.

Figura 5 - Representação do sistema *on grid*.



Fonte: ABSOLAR ( 2021).

Inúmeras tecnologias têm sido desenvolvidas com o objetivo de aprimorar a eficiência de sistemas de geração fotovoltaica. Os componentes convencionais principais são os módulos fotovoltaicos e os inversores.

#### 2.2.1.1.1 Módulos fotovoltaicos

O principal componente de um módulo fotovoltaico é a célula solar. O material mais utilizado na sua fabricação é o silício devido ao seu custo reduzido de obtenção e alta disponibilidade. Os módulos podem ser de silício monocristalino, policristalino ou de silício amorfo, sendo atualmente os monocristalinos responsáveis por maior média de eficiência, em torno de 23%.

A fabricação das células passa pela extração do silício, desoxidação e purificação, corte para definição de cristalografia, texturização da superfície para redução da reflexão, dopagem do material, metalização de alumínio, aplicação da camada antirrefletora e aplicação dos contatos metálicos.

Os módulos são responsáveis pela captação da energia da luz do sol e pelo processo de transformação em corrente contínua. É nesse componente que ocorre o princípio do efeito fotovoltaico.

#### 2.2.1.1.2 Estrutura de fixação

A instalação dos módulos pode ser feita tanto em telhados como no solo, sendo necessária a estrutura adequada. No caso de telhados, deve-se concentrar atenção ao peso suportado, bem como à eliminação de sombreamentos que reduzam a eficiência do sistema.

No caso de usinas de solo, outro fator fundamental é a distância entre os módulos para evitar os sombreamentos e facilitar manutenções. É recomendável que a inclinação seja superior a 10° para evitar acúmulo de sujeira.

#### 2.2.1.1.3 Inversores

O inversor possui a função de converter a energia proveniente dos módulos de corrente contínua para corrente alternada. Essa etapa permite que a energia produzida seja utilizada pelos equipamentos e injetada na rede.

Para utilizar o Sistema Interligado Nacional (SIN), o padrão de tensão deve estar em conformidade com a amplitude, frequência e fase da rede elétrica da concessionária. Além disso, por determinação das normas técnicas, os inversores devem possuir certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) (ALVES, 2019).

Os inversores convencionais de string são implementados em sistemas em que há ligação de módulos em série. Nesse tipo de conexão, a eficiência do sistema é nivelada pelo valor mais baixo de corrente, ou seja, problemas simples em qualquer módulo afetam a eficiência de toda a string. A vida útil desses inversores geralmente varia de 10 a 15 anos.

Uma tecnologia alternativa que tem ganhado espaço no mercado é o micro inversor. Esses microinversores são conectados em cada módulo, evitando as perdas de eficiência presentes em sistemas de string. São compactos e possuem vida útil de cerca de 30 anos.

#### 2.2.1.1.4 Medidor bidirecional

Uma das etapas finais do processo de solicitação de acesso para geração distribuída é a instalação do relógio bidirecional. Esse dispositivo, assim como o medidor convencional, também registra o consumo do cliente. A diferença crucial é a aferição da quantidade de energia injetada pelo sistema na rede da concessionária.

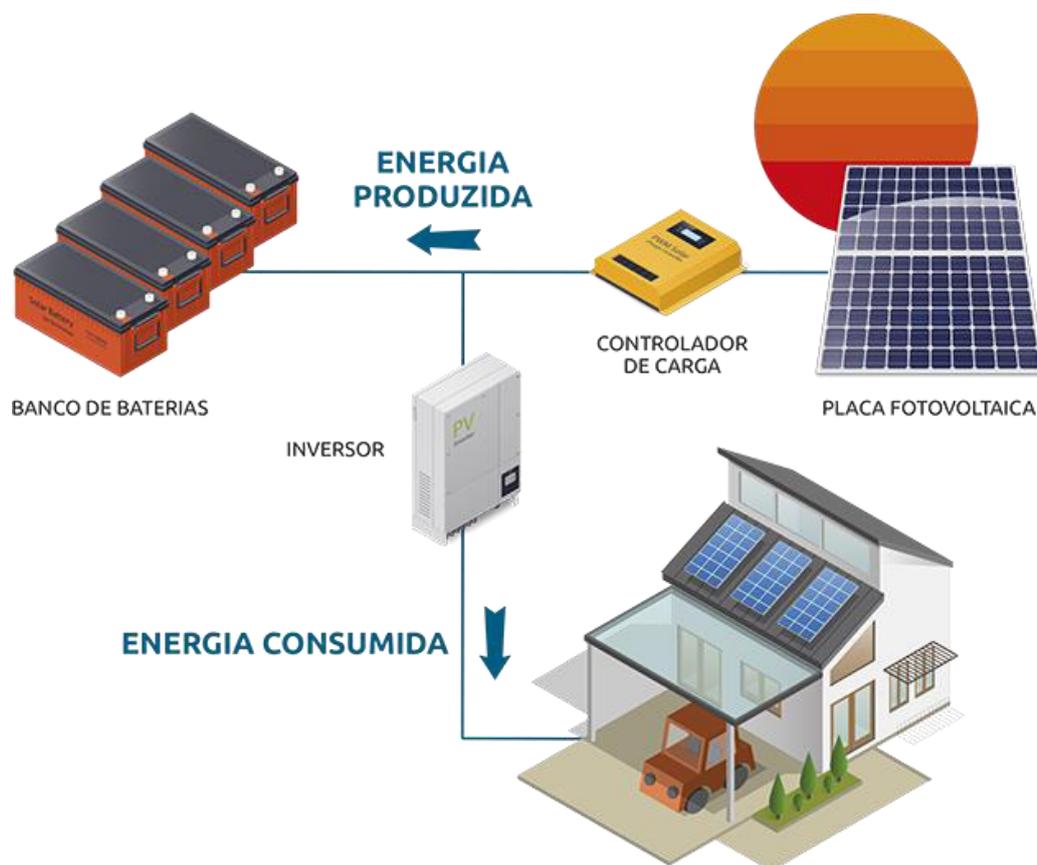
Essa energia injetada na rede será utilizada pelo consumidor em horários do dia fora do período de geração. Caso o valor de energia injetada seja superior ao consumo, o sistema gera créditos, que são um saldo acumulado disponível para os meses subsequentes.

#### *2.2.1.2 Sistemas off grid*

Sistemas *off-grid* não são conectados à rede de distribuição nacional. Esse modelo tem sido bastante utilizado em localidades afastadas e não contempladas pela eletricidade do SNI, como em zonas rurais, para auxiliar no bombeamento de água, iluminação, dentre outras aplicações.

Seus componentes, como mostra a Figura 6, são os módulos fotovoltaicos, controlador de carga, baterias de armazenamento e inversor de corrente caso o sistema seja projetado para alimentar cargas em corrente alternada (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Figura 6 - Representação dos componentes do sistema *off grid*.



Fonte: Inovacare Solar (2021).

### 2.2.1.3 Sistemas híbridos

Os sistemas híbridos representam uma combinação dos dois tipos anteriores, havendo tanto conexão à rede de distribuição, quanto o armazenamento por meio de baterias. Esse modelo de geração pode ser classificado em *all in one* ou bimodal.

A modalidade bimodal possui como vantagem a possibilidade de acesso à energia armazenada nas baterias de forma automática sempre que houver interrompimento do fornecimento da rede elétrica, ou quando for necessário complementar a energia fornecida à unidade consumidora em dias de baixo índice de radiação solar. Não há injeção de energia na rede, sendo dispensado o processo de homologação junto à concessionária.

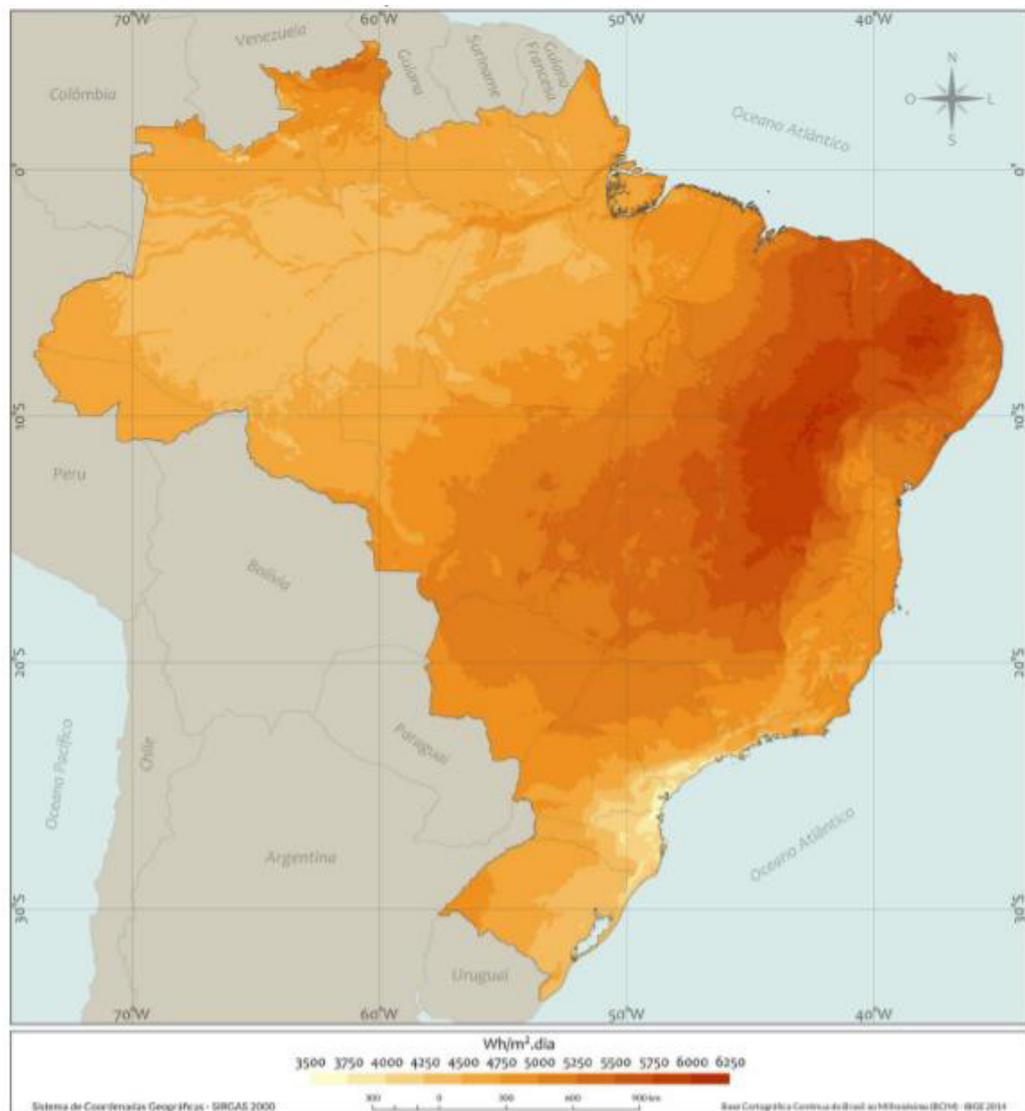
No caso do sistema *all in one* há um inversor interativo com a rede e outro autônomo, além de baterias, retificadores e controladores de carga. É o tipo de sistema mais indicado para alimentação de cargas prioritárias e equipamentos que devem funcionar de forma ininterrupta (SANTA ROSA, 2017).

### 2.3 Potencial de geração no Brasil

A localização geográfica do território brasileiro, situado em sua maior parte em latitudes de clima tropical, favorece o potencial de geração para energia solar fotovoltaica. Como pode ser observado na Figura 7, o país apresenta alta irradiação global, com valor mínimo próximo de 4000 Wh/m<sup>2</sup>.dia. A média anual apresentada no mapa não possui grandes desvios dos valores mensais, indicando condições favoráveis de irradiação mesmo em períodos climáticos chuvosos e de inverno.

Observa-se ainda que na Região Nordeste o potencial é maximizado, alcançando taxas próximas de 6000 Wh/m<sup>2</sup>.dia.

Figura 7 - Média anual de irradiação global no Brasil.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2017, p.36).

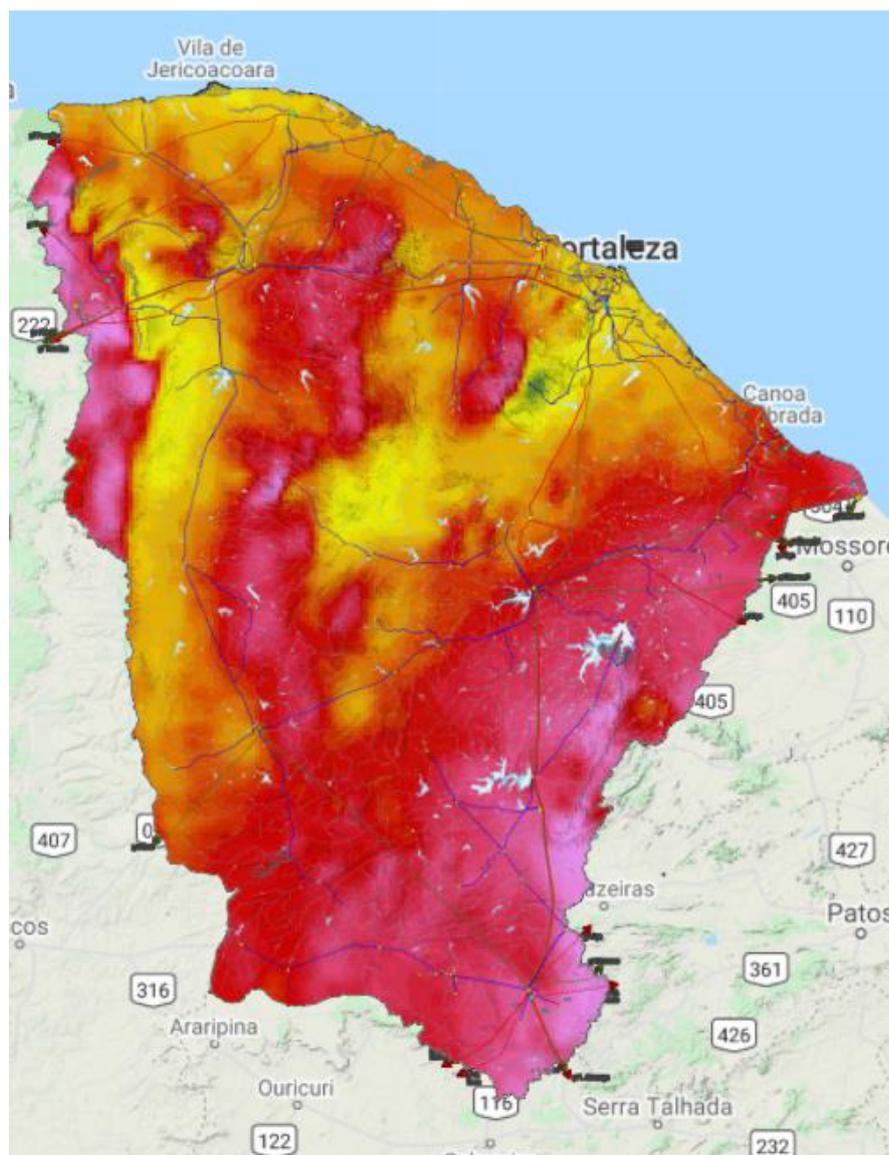
A magnitude do potencial de geração existente no Brasil pode ser facilmente visualizada se compararmos a média de irradiação global dos países que mais utilizam energia solar fotovoltaica no mundo atualmente com a brasileira. A região menos ensolarada do Brasil, que possui índice solar próximo a 1642 kWh/m<sup>2</sup>, possui valores superiores aos apresentados na área de maior incidência solar da Alemanha, por exemplo, em torno de 1300 kWh/m<sup>2</sup> (SALAMONI E RÜTHER, 2007).

Apesar da vasta extensão territorial brasileira e potencial de geração elevado, o Brasil ainda não desenvolveu aparato suficiente para o crescimento do setor de energia solar fotovoltaica. Porém, as projeções revelam ano a ano o desenvolvimento desse mercado.

#### **2.4 Potencial de geração no Ceará**

O potencial de geração no estado do Ceará não difere das boas expectativas apresentadas sobre o panorama nacional. Situado em localização privilegiada, o estado dispõe de irradiação global horizontal anual média de 5300 Wh/m<sup>2</sup>/dia. Os dados ilustrados pela Figura 8 fazem parte do Atlas Eólico e Solar do Estado do Ceará, divulgado em 2019.

Figura 8 - Média anual de irradiação no Ceará.



Fonte: Atlas Eólico e Solar do Estado do Ceará (2019, p.99).

Segundo dados divulgados pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) em agosto de 2021, o Ceará ocupa a primeira colocação na região Nordeste em número de empreendimentos de geração distribuída, com mais de 14 mil conexões e 217,3 MW instalados, beneficiando diretamente 18,4 mil consumidores em 98,4% dos 184 municípios cearenses. Além disso, o estado está atualmente na nona posição do ranking nacional, representando cerca de 3,4% de toda a potência instalada de energia solar fotovoltaica.

Com base na análise de geração distribuída realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), observa-se que o número de unidades geradoras no estado do Ceará cresce a cada ano. Em 2019, foram totalizadas 4,3 mil unidades em funcionamento. Já em 2020, houve aumento de cerca de 130% em relação ao ano anterior e o estado alcançou a

marca de 10 mil sistemas de micro e minigeração. O primeiro balanço semestral do ano de 2021 já indica um aumento de 40% em relação a 2020, totalizando agora 14 mil unidades em funcionamento.

As expectativas são de expansão do mercado de energia solar fotovoltaica no Ceará nos próximos anos. Em consequência dos investimentos no setor, espera-se a geração de renda, novos empregos e a diversificação da matriz elétrica do estado.

## **2.5 Panorama de eletrificação do Estado do Ceará**

A matriz elétrica brasileira, conforme analisada anteriormente, é em sua maior parte composta por fontes renováveis. Fontes como a eólica e a solar emergem no cenário nacional como alternativas promissoras, mas ainda são consideradas intermitentes devido à dependência de fatores meteorológicos sazonais.

A demanda de energia brasileira é quase em sua totalidade atendida pelo Sistema Interligado Nacional, em que menos de 1% é composta por sistemas isolados. De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), atualmente existem apenas 212 localidades isoladas, sendo a maioria em estados da Região Norte e o restante situados em Fernando de Noronha e em Mato Grosso. A Figura 9 a seguir ilustra a abrangência atual do SIN.

Figura 9 - Rede de operação do Sistema Interligado Nacional.



Fonte: SIN (2021).

A partir dos dados do Atlas Eólico e Solar do Ceará, observa-se a distribuição das linhas de transmissão no estado (Figura 10). Verifica-se uma boa cobertura do território com garantia de acessibilidade à energia elétrica para a maior parte dos consumidores.

Figura 10 - Sistema elétrico do estado do Ceará.



Fonte: Atlas Eólico e Solar do Estado do Ceará (2019, p.21).

A geração de energia no Ceará é composta por usinas eólicas, solares, termelétricas e pequenas usinas hidráulicas, e é capaz de atender a toda a demanda de consumo do estado. A tabela a seguir reúne os dados coletados do BEN de 2020 e do Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2020.

Tabela 2 - Balanço de geração e consumo de energia elétrica no Estado do Ceará.

	2019	
<b>Geração de energia no Ceará (GWh)</b>		
Solar	469	3,26%
Hidráulica	4	0,03%

Eólica	6279	43,62%
Termelétrica	7643	53,09%
<b>Total</b>	<b>14396</b>	<b>100%</b>
<b>Consumo de energia no Ceará (GWh)</b>		
Residencial	4586	37,35%
Industrial	2504	20,39%
Comercial	2409	19,62%
Rural	1260	10,26%
Poder público	641	5,22%
Iluminação pública	517	4,21%
Serviço público	338	2,75%
Consumo próprio	24	0,20%
<b>Total</b>	<b>12280</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborada pela autora.

## 2.6 Agricultura no Ceará

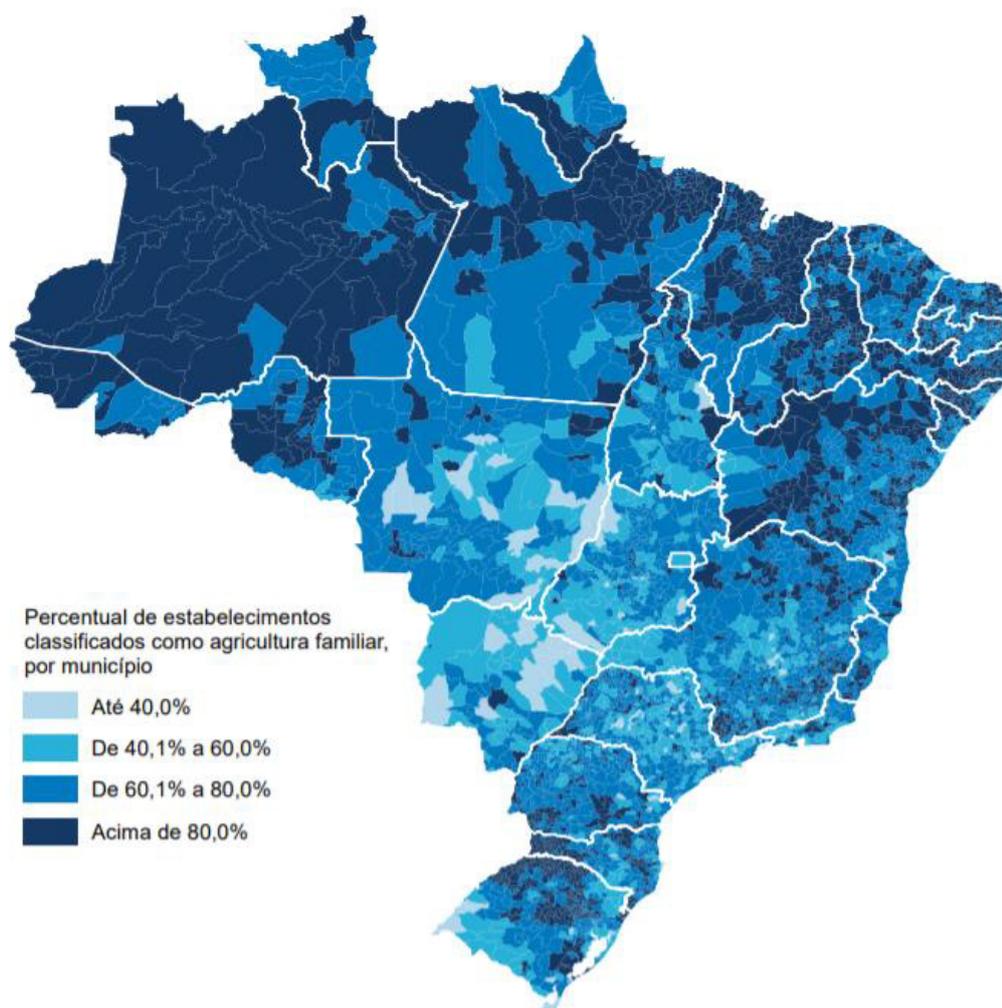
A atividade agrícola exerce papel de grande importância na economia do Ceará. Ao longo dessa seção serão abordadas informações referentes às características demográficas no meio rural e socioeconômicas referentes ao perfil dos agricultores e dados de produção.

### 2.6.1 Dados demográficos e socioeconômicos

Segundo os relatórios divulgados da Pesquisa Regional por Amostra de Domicílios (PRAD-CE) e do Anuário de 2020-2021 do Estado do Ceará referentes ao ano de 2019, cerca de 23 % dos 9,1 milhões de habitantes do estado habitam a zona rural. A Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará (FAEC) estima que haja atualmente no Ceará 1,4 milhão de agricultores familiares e aproximadamente 499 mil pequenos e médios produtores rurais.

O último Censo Agropecuário realizado em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revela que a maior parte dos estabelecimentos agropecuários do estado do Ceará são caracterizados como de agricultura familiar, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Percentual de estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar, por município.



Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (2017, p.101).

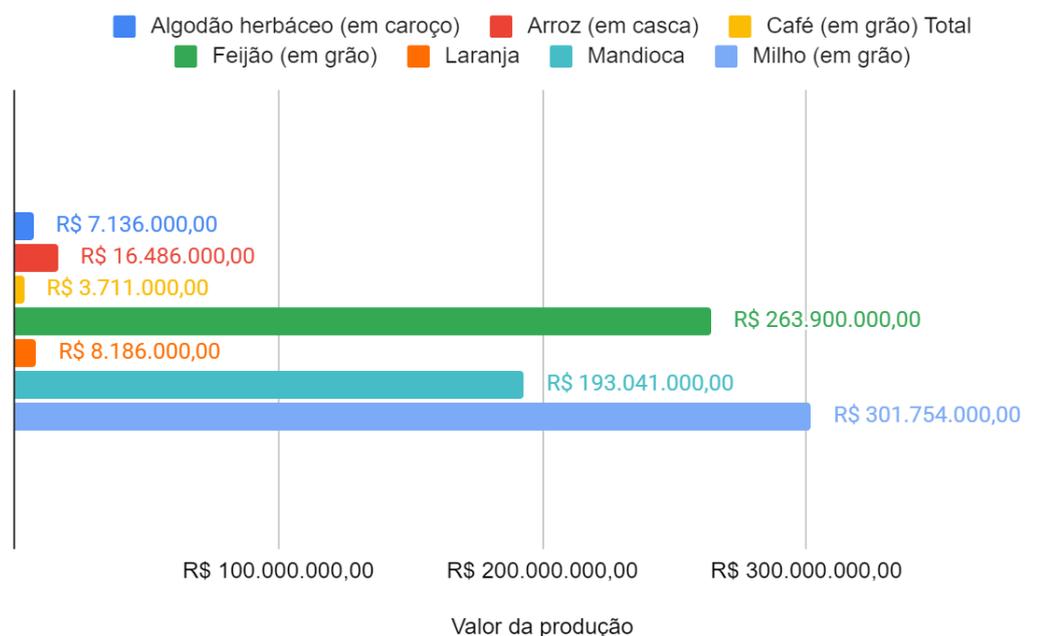
Outro dado relevante divulgado pelo censo é o nível de escolaridade dos produtores. Do total investigado, 15% nunca frequentaram o ensino escolar, 14% possuem nível de alfabetização, e 43% o nível fundamental. Assim, podemos assumir que 72% dos produtores rurais possuem, no máximo, o nível fundamental de escolaridade.

A concentração de renda na atividade agrícola, por sua vez, é outro fator a ser observado. A PL 735/2020, que dispõe sobre medidas emergenciais frente os impactos socioeconômicos da Covid-19 para agricultores familiares, estima com base no Censo Agropecuário que a média de renda anual por estabelecimento da agricultura não familiar em 2017 foi de R\$ 337 mil, enquanto na agricultura familiar essa média foi de R\$ 28,87 mil.

### ***2.6.2 Dados de produção***

A Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) de 2019 elaborada pelo IBGE indicou um valor estimado de produção anual do estado equivalente a 794 milhões de reais, o que demonstra a relevância do setor. O Gráfico 3 ilustra os resultados financeiros por tipo de cultura produzida no estado.

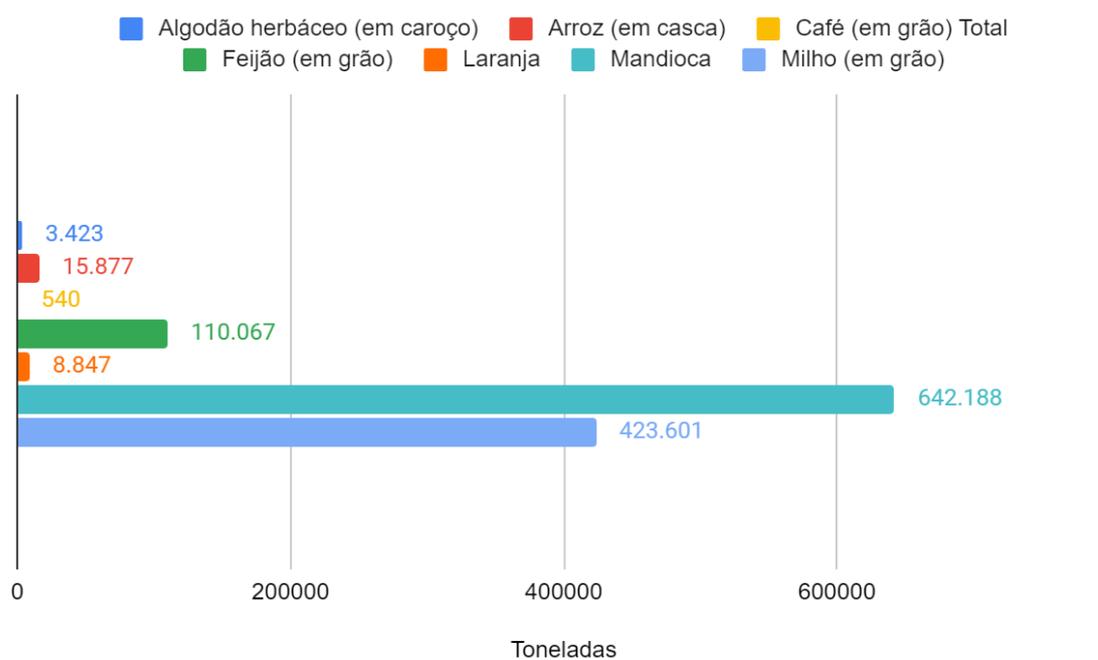
Gráfico 3 - Valor da produção agrícola anual do estado do Ceará.



Fonte: PAM (2019, com adaptações).

Ainda de acordo com a PAM, a produção total cearense ultrapassou 1 milhão e 200 mil toneladas, sendo o cultivo de milho a atividade de maior relevância. No gráfico 4 pode ser analisada a produção por cultura.

Gráfico 4 - Produção agrícola anual do estado do Ceará.



Fonte: PAM (2019, com adaptações).

Diante deste cenário, vale destacar que os dados do Censo Agropecuário de 2017 revelam ainda que, no Ceará, apenas 39,66% da produção refere-se à agricultura familiar.

### **3 METODOLOGIA**

O presente capítulo aborda as características da metodologia empregada no trabalho, e em seguida, o detalhamento do método proposto e suas etapas.

#### **3.1 Metodologia da pesquisa**

Segundo Ganga (2012), uma pesquisa científica pode ser descrita de acordo com: propósitos da pesquisa, natureza dos resultados, abordagem da pesquisa e os procedimentos técnicos adotados.

##### ***3.1.1 Propósitos da pesquisa***

Para Ganga (2012), uma pesquisa exploratória não necessita testar hipóteses inéditas, mas permite explorar uma temática ao revelar novos aspectos relevantes e ao promover maior aprofundamento no estudo do tema.

Portanto, essa pesquisa pode ser classificada como de caráter exploratório.

O interesse do estudo consiste em avaliar as políticas públicas de incentivo à energia solar fotovoltaica e sua abrangência no meio rural, bem como analisar a opinião pública através de entrevistas com representantes do setor agrícola do estado. Com isso, espera-se mensurar a eficácia das políticas de incentivo já existentes, compreender a situação de avanço atual quanto à utilização da energia solar fotovoltaica e identificar as perspectivas futuras de desenvolvimento.

##### ***3.1.2 Natureza da pesquisa***

Quanto à sua natureza, esse estudo pode ser classificado como um estudo exploratório aplicado. O trabalho realiza um levantamento de informações de caráter político, social, ambiental e econômico, e parte do objetivo da pesquisa envolve a motivação para futura solução do problema com vistas à promoção do desenvolvimento tecnológico popular e do acesso democrático aos recursos energéticos.

##### ***3.1.3 Abordagem do problema***

A pesquisa utiliza uma abordagem mista, ou seja, a análise de dados quantitativos e qualitativos acerca do problema. Apesar de ser majoritariamente uma pesquisa bibliográfica e documental, de acordo com Ganga (2012), esse tipo de estudo pode também conter caráter quantitativo uma vez que é analisado um problema específico ao longo do tempo.

#### ***3.1.4 Procedimentos técnicos***

As informações utilizadas para a construção deste estudo advêm principalmente da pesquisa bibliográfica e documental, e das entrevistas realizadas.

Com base nisso, a descrição do contexto da investigação e o desenvolvimento de análises qualitativas constituem também um estudo de caso sobre a temática do trabalho.

### **3.2 Método proposto**

Sabendo das características da metodologia adotada, dá-se prosseguimento com a descrição do método adotado na pesquisa, o qual será dividido em 4 etapas.

#### ***3.2.1 Identificação do histórico de regulamentação da geração distribuída***

A primeira fase do estudo de caso consiste no levantamento bibliográfico e documental acerca da regulamentação da geração distribuída. Também serão descritas as políticas de incentivo aplicadas no Estado do Ceará desde o primeiro marco normativo até os dias atuais, ressaltando também aquelas que tenham efeito sob os interesses do setor agrícola.

#### ***3.2.2 Estudo e classificação das políticas públicas de incentivo adotadas no Estado***

O estudo das políticas identificadas anteriormente dar-se-á em duas perspectivas: quantitativa e qualitativa. Primeiramente, verifica-se a quantidade de instrumentos de regulamentação e incentivo à energia solar fotovoltaica no estado.

Em seguida, será realizada a classificação das políticas públicas identificadas em categorias de regulamentação, incentivo fiscal, financiamento de capital e incentivo técnico.

#### ***3.2.3 Estudo quantitativo de sistemas instalados em zonas rurais***

A efetividade das políticas em vigor no estado pode ser mensurada de forma quantitativa através da avaliação do número de empreendimentos de geração fotovoltaica referentes a estabelecimentos com atividade agrícola.

Em seguida, comparar-se-á o valor encontrado com o número estimado de produtores agrícolas existentes no Ceará. Esse indicador será útil para revelar a abrangência da energia solar fotovoltaica nesse mercado e analisar a sua possibilidade de crescimento.

#### ***3.2.4 Realização de entrevistas com integrantes do setor agrário estadual***

Por fim, como complemento à análise da pesquisa bibliográfica e documental, pretende-se avaliar a percepção prática dos entrevistados, que são representantes sindicais e governamentais do setor agrícola do estado do Ceará.

Os questionamentos realizados nessa etapa mensuram o conhecimento dos entrevistados sobre a energia solar fotovoltaica e suas opiniões e perspectivas sobre o crescimento da energia solar fotovoltaica no meio agrícola.

## **4 INSTRUMENTOS DE REGULAMENTAÇÃO E INCENTIVO AO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ**

Ao longo deste capítulo serão desenvolvidas as etapas do método definido no capítulo anterior.

### **4.1 Histórico de regulamentação nacional da geração distribuída**

Os impulsos mais significativos para o mercado de energia solar fotovoltaica nos últimos anos foram decorrentes de uma série de medidas governamentais que incluem marcos regulatórios.

#### ***4.1.1 Decreto Lei nº 5163/2004***

O primeiro mecanismo federal de regulamentação da Geração Distribuída foi outorgado por meio do Decreto Lei nº 5.163/2004. O decreto regulava a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica.

Durante a vigência do decreto, poucos sistemas de geração distribuída fotovoltaica foram instalados no Brasil, sendo os primeiros registros referentes ao ano de 2007, segundo a ANEEL. Ao longo do período que compreende a implantação do primeiro sistema e a regulamentação pela Resolução Normativa 482/2012, apenas 14 unidades geradoras foram instaladas, totalizando um pequeno acréscimo de 452 kW.

A baixa adesão pode ser explicada por um conjunto de fatores, sendo o primeiro deles a superficialidade e escassez de outras definições regulatórias e de incentivos fiscais.

Além disso, a pauta do desenvolvimento sustentável tornou-se mais relevante com o surgimento de soluções tecnológicas de maior acessibilidade ao público, incluindo a redução de custos dos componentes do sistema de geração fotovoltaica.

#### ***4.1.2 Resolução Normativa 482/2012***

A Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 é considerada um dos instrumentos de maior relevância para a regulamentação da geração distribuída no país. Dispõe sobre 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.

### *Capítulo I - Das disposições preliminares*

Em sua redação original, o capítulo tratava apenas da definição do conceito de microgeração e minigeração e sobre o Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A microgeração compreendia sistemas de até 100 kW, enquanto a minigeração abrangia sistemas entre 100 kW e 1 MW.

### *Capítulo II - Do acesso aos sistemas de distribuição*

Em seu artigo 3º, a norma define que:

As distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais.

O capítulo também determina a dispensa de contratos com as distribuidoras, sendo suficiente a emissão do Relacionamento Operacional para a microgeração e o Acordo Operativo para minigeração.

Determina ainda a possibilidade fornecida aos consumidores de solicitar aumento da potência disponibilizada pela rede em caso de instalação de sistema com potência superior ao limite previsto.

### *Capítulo III - Do sistema de compensação de energia elétrica*

Os dois artigos que compõem o capítulo determinam as modalidades de consumidores aptos a aderir ao sistema de compensação e dispõem sobre o faturamento das unidades consumidoras. O texto foi alterado e complementado quase em sua totalidade pela REN 687/2015.

### *Capítulo IV - Da medição de energia elétrica*

O capítulo trata sobre as adequações de medição e seus respectivos custos, bem como sobre as obrigações de operação e manutenção do sistema de medição. Os custos de adequação são de responsabilidade do solicitante de acesso e a distribuidora é responsável pela operação e manutenção do sistema de medição.

#### *Capítulo V - Das responsabilidades por dano ao sistema elétrico*

Os danos ocasionados ao sistema elétrico pelas unidades geradoras de microgeração ou minigeração serão analisados perante às definições constantes na REN 414/2010, que trata sobre as definições do fornecimento de energia elétrica. Também será responsabilizado o consumidor que gerar energia elétrica fora dos padrões estabelecidos pela REN 414/2010.

#### *Capítulo VI - Das disposições finais*

O capítulo determina a responsabilidade à distribuidora pela coleta de informações das unidades geradoras e seu respectivo envio para a ANEEL. Dispõe ainda sobre a previsão de cinco anos para a revisão da REN 482/2012.

##### ***4.1.3 Resolução Normativa 517/2012***

A Resolução Normativa nº 517 de 11 de dezembro de 2012 propôs alterações à REN 482/2012 e ao Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST).

Uma das alterações propostas por essa norma que ainda consta na versão atualizada dispõe sobre as regras de participação financeira do consumidor ao determinar que as mesmas deverão ser definidas em regulamentos específicos.

##### ***4.1.4 Resolução Normativa 687/2015***

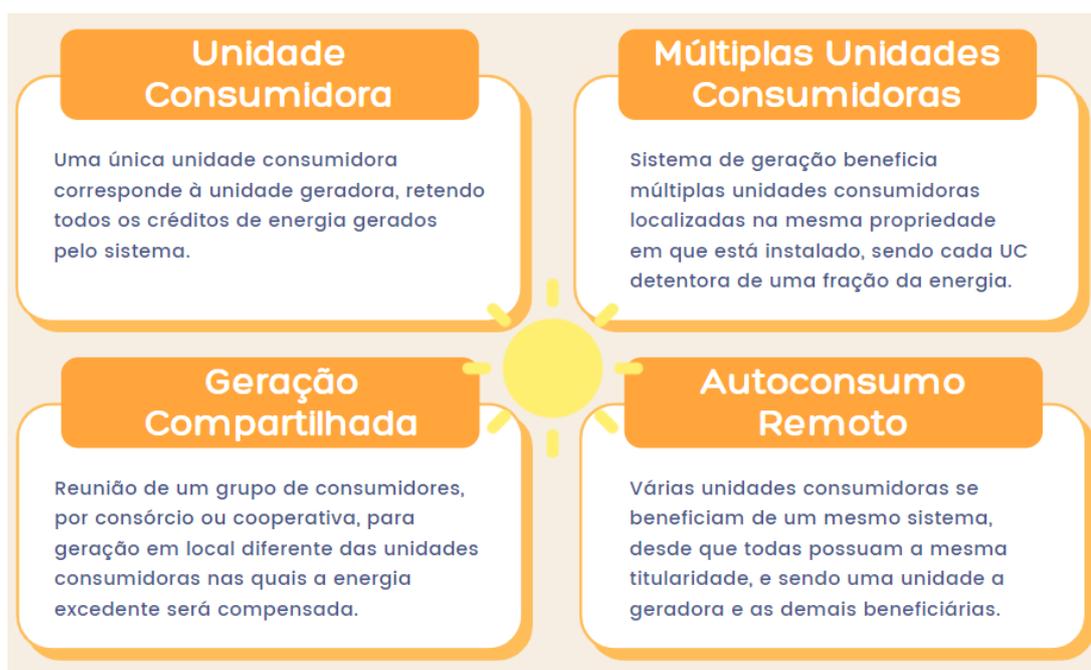
A Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015 propôs alterações à REN 482/2012 e ao Módulo 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST).

#### *Alterações no Capítulo I - Das disposições preliminares*

A primeira alteração relevante refere-se aos conceitos de definição da microgeração, que passou a compreender sistemas de até 75 kW, e da minigeração distribuída, que atende os sistemas entre 75 kW e 3 MW (para fontes hidráulicas) ou 5 MW (para as demais fontes).

Os conceitos de melhoria, reforço, empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada e autoconsumo remoto foram incluídos no Capítulo I da REN 482/2012. As modalidades de geração distribuída fotovoltaica são descritas na Figura 12.

Figura 12 - Modalidades de geração distribuída fotovoltaica.



Fonte: Elaborada pela autora.

### *Alterações no Capítulo II - Do acesso aos sistemas de distribuição*

Em complemento ao Capítulo II, uma das regras estabelecidas consiste na vedação da subdivisão de unidades geradoras maiores em várias unidades de menor porte com a finalidade de adequar-se na classificação de microgeração ou minigeração.

Cabe às distribuidoras a identificação dos casos e, em caso de não atendimento da solicitação de correção, deve ser negado o acesso ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

As alterações também contêm orientações sobre o atendimento de prazo das solicitações, sobre a solicitação de acesso em caso de múltiplas unidades consumidoras ou

geração compartilhada, e sobre a atribuição de custos para serviços de melhoria e reforço em sistemas de micro e minigeração.

#### *Alterações no Capítulo III - Do sistema de compensação de energia elétrica*

A inclusão de novas modalidades de geração distribuída representa a primeira alteração na classe de consumidores aptos a aderir ao sistema de compensação. A resolução altera ainda a extensão do prazo de 26 para 60 meses da disponibilidade dos créditos gerados pela injeção de energia ativa na rede.

Outra mudança inserida na norma diz respeito à vedação de aluguel ou arrendamento de propriedades que se dê em reais por unidade de energia elétrica, impedindo a participação desses consumidores no sistema de compensação.

Quanto ao faturamento, a norma estabelece regras de alteração sobre a cobrança das tarifas mínimas, o excedente de energia, o crédito acumulado e o detalhamento de informações que devem constar nas faturas.

#### *Alterações no Capítulo IV - Da medição de energia elétrica*

Foi ressaltada a responsabilidade técnica e financeira da distribuidora para com o sistema de medição.

#### *Alterações no Capítulo VI - Das disposições gerais*

As alterações propostas incluem o detalhamento das atribuições das distribuidoras de energia, bem como a determinação de revisões para dispositivos do PRODIST e de revisão periódica da norma 482/2012 atualizada.

#### **4.1.5 Resolução Normativa 786/2017**

A Resolução Normativa nº 786 de 17 de outubro de 2017 também formalizou alterações à REN 482/2012 acerca da definição de minigeração. Pela nova norma, são contemplados nessa modalidade os sistemas entre 75 kW e 5 MW de potência. Um resumo das alterações sobre a micro e a minigeração pode ser encontrado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Evolução da definição de micro e minigeração nas resoluções normativas.

	<b>REN 482/2012</b>	<b>REN 687/2015</b>	<b>REN 786/2017</b>
<b>Microgeração</b>	Até 100 kW	Até 75 kW	Até 75 kW
<b>Minigeração</b>	Entre 100 kW e 1 MW	Entre 75 kW e 3 MW (fontes hidráulicas) ou 5 MW (demais fontes)	Entre 75 kW e 5 MW

Fonte: Elaborada pela autora.

#### **4.1.6 Módulo 3 - PRODIST**

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, PRODIST, são documentos elaborados pela ANEEL cujo objetivo é a padronização das atividades técnicas associadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

O PRODIST é composto por 11 módulos que normatizam as ações técnicas de distribuidoras de energia elétrica e de solicitantes de acesso à rede.

O módulo 3 do PRODIST estabelece as condições de acesso necessárias para uso do sistema de distribuição, que devem ser observadas tanto pelos consumidores quanto pelas concessionárias. Vale ressaltar que se enquadram nas condições de acessante todas as unidades consumidoras, sejam ou não detentoras de geração distribuída.

A distribuidora, por sua vez, é responsável por controlar suas condições de rede e deve atender aos procedimentos e aos prazos descritos no módulo. Além disso, cabe às distribuidoras de energia a função de vistoria e aprovação das conexões.

Além da seção introdutória, as seções subsequentes do módulo 3 tratam respectivamente acerca dos procedimentos de acesso, dos critérios técnicos e operacionais, dos requisitos de projeto, da implantação de novas conexões, dos requisitos para operação, manutenção e segurança, dos contratos e do acesso de micro e minigeração distribuída.

#### **4.1.7 Projeto de Lei 5829/2019**

O Projeto de Lei nº 5829 de 2019, de autoria do deputado federal Silas Câmara, propõe a criação de um marco legal para a geração distribuída no país ao alterar as regras de geração por meio de fontes renováveis.

A proposta surgiu em resposta a uma série de especulações acerca da criação de taxas sobre a energia injetada na rede por sistemas de microgeração e minigeração. A proposta de taxação limitaria o desenvolvimento do mercado de energia solar fotovoltaica e teria efeito oposto às metas de desenvolvimento sustentável globais que incentivam o fomento à energia renovável.

Diante das medidas definidas no projeto de lei, os empreendimentos de pequeno porte, incluindo os produtores rurais, com potência de até 75 kW podem ser beneficiados com a redução de metade da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) da energia para o Fio B. O valor que antes representava 28%, agora passa a ser de 14%.

#### **4.2 Histórico de políticas de incentivo do Ceará**

Nesta seção será apresentado um breve histórico de políticas de incentivo para energia solar fotovoltaica firmadas no estado do Ceará.

Mesmo antes da publicação da REN 482/2012, considerada um importante marco regulamentar da energia solar fotovoltaica do país, o estado do Ceará já firmava algumas ações e parcerias em direção ao uso de energias renováveis.

- 1979: Foi dado o primeiro passo para incentivo às energias renováveis no estado do Ceará. A inclusão no Plano de Metas do Governo (PLAMEG) da meta de identificar os potenciais de geração do estado por meio de fontes não convencionais, incluía a avaliação da energia solar.

- 1980 - 1990: Implementação de parceria com a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GPZ) para instalação de sistemas de bombeamento solar fotovoltaico em comunidades remotas do estado.

Por cerca de duas décadas, não houveram avanços significativos sobre a energia solar fotovoltaica em detrimento do grande crescimento do mercado de energia eólica no estado. Somente a partir de 2011 foi retomado o avanço do setor com acordos para instalação de usinas, o surgimento de novas definições regulamentares, a criação de órgãos administrativos específicos para as tratativas de energias renováveis, dentre outras medidas.

- 2011: Foi inaugurada em Tauá a primeira usina solar centralizada com potencial de 1 MW.

- 2013: Após a aprovação da REN 482/2012, indicadores apontaram o Ceará como líder na quantidade de sistemas instalados, tanto de microgeração como de minigeração.
- 2014: O Núcleo de Energia foi integrado à Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) com o objetivo de alavancar as negociações no setor de energias renováveis.
- 2014: Foram criadas no Sindicato das Indústrias de Energia e de Serviços do Setor Elétrico do Estado do Ceará (SINDIENERGIA) as diretorias para compor o novo setor de Geração Distribuída e Geração Centralizada.
- 2015: Criação da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE), atual Secretaria do Desenvolvimento Econômico e do Trabalho (SEDET), cuja parte de seu objetivo é o incentivo às energias renováveis.
- 2015: Criação da Secretaria Adjunta de Energia na Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA).
- 2015: O Governo do Estado aderiu ao Convênio ICMS 16/2015, que concede isenção do pagamento de ICMS para a geração distribuída de energia.
- 2016: O Rotas Estratégicas, integrante do projeto do Observatório da Indústria, foi lançado pela FIEC. Nesse projeto são descritas as rotas estratégicas de energia no estado.
- 2016: Foi inaugurada a maior usina de minigeração do país no ano de referência, com potência instalada de 3 MW, pertencente ao Grupo Telles e localizada na cidade de Pindoretama.
- 2016: Entrou em vigor a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº3/2016, cujo texto estabelece a isenção de necessidade de licenciamento ambiental para unidades geradoras fotovoltaicas de até 2 MW.
- 2017: Criação do Programa de Incentivos da Cadeia Produtiva Geradora de Energias Renováveis (PIER).
- 2017: Criação do Fundo de Incentivo à Eficiência Energética e Geração Distribuída (FIEE).
- 2018: Atualização da Resolução do COEMA nº 6/2018 sobre o licenciamento ambiental de unidades com energia solar fotovoltaica.
- 2018/2019: Produção e divulgação do Atlas Solarimétrico e Eólico do Estado do Ceará.
- 2019: Governo do Estado anuncia planejamento de programa de geração de energia solar para agricultores familiares.
- 2020: Estações de metrô do Estado (Juscelino Kubitschek e Padre Cícero) receberão 882 módulos fotovoltaicos para geração de energia.

- 2021: Acordos foram realizados para a implantação de usinas fotovoltaicas com potência de 467 MW nas cidades de Milagres e Icó.
- 2021: Foi assinado pelo Governo do Estado um memorando para instalação de fábrica de geradores de energia solar fotovoltaica no Porto do Pecém. O projeto estima a produção de cerca de 600 sistemas de geração por mês, significando 7.200 sistemas anualmente.
- 2021: Assinatura de Ordem de serviço para instalação de usina de minigeração de 480 kW no Centro de Treinamento do Trabalhador Cearense (CTTC) localizado no Pecém.
- 2021: Aprovação pela COEMA de projeto de complexo fotovoltaico em São Gonçalo do Amarante, com potência de 182 MW.

### **4.3 Linhas de financiamento existentes no Ceará**

. A possibilidade de financiar o investimento para adquirir um sistema de geração fotovoltaica permite maior democratização de acesso à energia solar, que ainda é considerada de alto valor aquisitivo.

Atualmente existem dezenas de linhas de financiamento disponíveis para os interessados, cujo público alvo engloba pessoa física e pessoa jurídica. Algumas opções possuem condições específicas para produtores rurais, como é o caso dos três bancos a seguir.

- Banco do Nordeste: O Programa Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) designou em 2016 uma linha de financiamento específica para a aquisição de sistemas de microgeração e minigeração distribuída. Seu público engloba os produtores rurais, possui limite de financiamento de até 100% do valor, prazo de pagamento em até 12 anos e carência de 6 meses a 1 ano.

- Banco Santander: As linhas de financiamento CDC Socioambiental e CDC Agro possuem abrangência em todo o território nacional e fornecem condições para pessoas físicas, pessoas jurídicas e produtores rurais correntistas do banco. É possível financiar até 100% do valor de investimento a partir de R\$2.000,00 e o prazo de pagamento é de até 48 meses. A aprovação é feita mediante análise de crédito e as condições de taxas são variáveis.

- Banco do Brasil: Com o lançamento do Programa Agro Energia, o banco oferece condições exclusivas de financiamento para produtores rurais e até mesmo cooperativas agropecuárias. Possui abrangência em todo o território nacional, prazo de pagamento de até 10 anos e carência de até 3 anos. Os limites de financiamento variam

conforme aprovação cadastral, condições negociais e disponibilidade orçamentária, mas pode chegar a R\$35 milhões em caso de cooperativas, havendo limite de R\$ 45 mil por cooperado.

Outras possibilidades de financiamento também possuem relevância e condições que se adequam à realidade de uma variedade de clientes. No Quadro 2 é apresentado um resumo das 10 principais linhas atuantes no estado do Ceará, incluindo as mencionadas anteriormente.

Quadro 2 - Linhas de financiamento para energia solar atuantes no Ceará.

Banco	Linha	Descrição	Público	Carência	Prazo
Banco do Nordeste	FNESOL	Financiamento para micro e minigeração com limite de até 100% do valor financiado	Pessoa Física, Pessoa Jurídica e Produtores Rurais	6 meses a 1 ano	12 anos
Banco Santander	CDC Socioambiental	Financiamento de soluções, máquinas e equipamentos para sustentabilidade, incluindo as energias renováveis	Pessoa Física, Pessoa Jurídica e Produtores Rurais	-	4 anos
	CDC Agro	Financiamento de soluções, máquinas e equipamentos para sustentabilidade, incluindo as energias renováveis	Pessoa Física, Pessoa Jurídica e Produtores Rurais	-	4 anos
Banco do Brasil	Agro - Pronaf	Linha de investimento para modernização de estrutura e produção em propriedades rurais	Produtores familiares que apresentem Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), exceto os enquadrados nos grupos A, A/C e B*.	Até 5 anos	10 anos
	Inovagro	Financiamento para inovação tecnológica em propriedades rurais	Produtores rurais (pessoa física, jurídica ou cooperativa de produção)	Até 3 anos	10 anos
Sicredi	Crédito Energia Solar	Linha de crédito para compra de produtos com tecnologia solar		Variável	Variável

Banco BV	Financiamento para Energia Solar BV	Financiamento para micro e minigeração com limite de até 100% do valor financiado	Pessoa Física e Pessoa Jurídica	Até 3 meses	6 anos
Caixa Econômica Federal	Construcard	Compra do sistema utilizando o Construcard, com pagamento de taxas mensais	Pessoa Física e Pessoa Jurídica	-	20 anos

Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.4 Análise e classificação das políticas públicas de incentivo adotadas no Estado

Além de apresentar o histórico das regulamentações e incentivos em pauta no cenário nacional e estadual, é importante realizar uma análise do impacto dessas medidas, avaliando sua eficácia em relação ao público alvo de interesse desse estudo: os produtores rurais do estado.

As resoluções normativas detalhadas anteriormente cumprem bem o papel de normatização do acesso à geração distribuída. Entretanto, alguns pontos podem ser melhorados para garantir maior democratização do uso da energia solar fotovoltaica.

A proposta trazida pela PL 5829/2019 contém aspectos que proporcionam exatamente essa ampliação da acessibilidade, principalmente pela redução de custos financeiros de 50% da TUSD para fio B para algumas classes consumidoras. Se aprovado, o projeto de lei pode beneficiar diretamente os produtores rurais e demais interessados em adquirir um sistema de geração fotovoltaica.

Analisando os incentivos estaduais, pode-se considerar a adesão do estado à política de isenção de ICMS sobre a Tarifa de Energia (TE) outra vantagem fiscal fornecida aos interessados em gerar sua própria energia, que minimizam ainda mais seus custos com energia elétrica.

Quanto às formas de financiamento, percebe-se que há diversas opções disponíveis com prazos, carências e percentual de financiamento variados de acordo com o perfil do solicitante. Entretanto, é válido buscar compreender se as condições oferecidas são de fato eficazes para produtores rurais do estado, principalmente àqueles da agricultura familiar.

Conforme foi visto anteriormente, o setor agrícola possui grande concentração de renda e produção. Para os pequenos agricultores, que possuem renda variável e baixa em determinadas épocas do ano, é fundamental que o acesso à energia solar fotovoltaica se dê por meio de programas de incentivo. Após o anúncio feito pelo governador do estado do Ceará acerca de um programa de fomento à energia solar fotovoltaica no meio rural, grandes expectativas foram criadas sobre o benefício que pode ser proporcionado aos agricultores familiares do estado.

Além dos mecanismos financeiros, o incentivo à criação de infraestruturas de pesquisa e desenvolvimento bem como a publicações de informações técnicas relevantes também fazem parte das políticas públicas adotadas pelo estado. Nesse contexto, podem ser citados o projeto Rotas Estratégicas e o Atlas Solarimétrico e Eólico do Estado do Ceará.

Para fins de classificação, as políticas públicas relatadas serão divididas em quatro categorias: regulamentação, incentivo fiscal, financiamento e incentivos técnicos, vide Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das políticas públicas vigentes no estado.

<b>Regulamentação</b>	
<b>Medida</b>	<b>Ano de criação</b>
PRODIST	2008
Decreto Lei 5163	2004
REN 482	2012
REN 517	2012
REN 687	2015
REN 786	2017
PL 5829	2019
<b>Incentivo fiscal</b>	
<b>Medida</b>	<b>Ano de criação</b>
Isenção ICMS	2015
PIER	2017
<b>Financiamento</b>	
<b>Medida</b>	<b>Ano de criação</b>
PRONAF	1995
Construcard	1998

FNESOL	2016
FIEE	2017
<b>Incentivo técnico</b>	
<b>Medida</b>	<b>Ano de criação</b>
Projeto Rotas Estratégicas	2016
Atlas Solarimétrico do Ceará	2019

Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.5 Análise quantitativa de sistemas instalados em zonas rurais

Um indicador da eficácia da série de mecanismos financeiros e técnicos apresentados é a quantidade de sistemas de geração instalados em zonas rurais.

Dados divulgados pela ABSOLAR em 2021 referentes à Geração Distribuída revelam que o Brasil possui cerca de 518 mil unidades geradoras que representam um total de aproximadamente 6 GW de potência instalada. Desse total de potência, as propriedades rurais representam 13% e beneficiam cerca de 7% do total de unidades geradoras em todo o território brasileiro.

Ainda com base nos dados da ANEEL, a ABSOLAR apontou em agosto de 2021 o Ceará como o 9º estado do país e o 1º no Nordeste em capacidade de potência instalada. Com 217,3 MW de potência, a geração distribuída no estado representa 3,4 % do total brasileiro.

Os dados divulgados em agosto de 2021 pela ABSOLAR revelam ainda que o estado atualmente totaliza mais de 17 mil unidades geradoras, dentre as quais apenas cerca de 500 são instaladas em propriedades rurais.

Nesse contexto, apesar da taxa de crescimento elevada observada para o mercado de energia solar, percebe-se que a quantidade de propriedades rurais, tanto no estado do Ceará quanto no Brasil, contempladas pela energia solar fotovoltaica ainda é pequena mediante o grande número total de unidades produtoras rurais e representatividade do setor para a economia.

O estado do Ceará possui milhões de consumidores de energia elétrica, porém a energia solar fotovoltaica só é acessível a uma parcela inferior a 1% dos consumidores, evidenciando a perspectiva de crescimento e necessidade de políticas públicas para democratizar o acesso à energia solar fotovoltaica.

#### 4.6 Entrevistas com integrantes do setor agrário estadual

Durante essa etapa foi aplicado um questionário (Apêndice A) com 15 representantes de Sindicatos de Trabalhadores Rurais de diferentes municípios do estado e membros da diretoria da Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares do Estado do Ceará (FETRAECE).

A maior parte dos entrevistados atuam nos órgãos sindicais há mais de 10 anos, como mostra a distribuição da Tabela 4.

Tabela 4 - Tempo de atuação dos entrevistados no movimento sindical.

Tempo na entidade	Quantidade
Menos de 1 ano	0
Entre 1 e 4 anos	1
Entre 5 e 9 anos	3
Entre 10 e 14 anos	5
Entre 15 e 19 anos	4
Mais de 20 anos	2

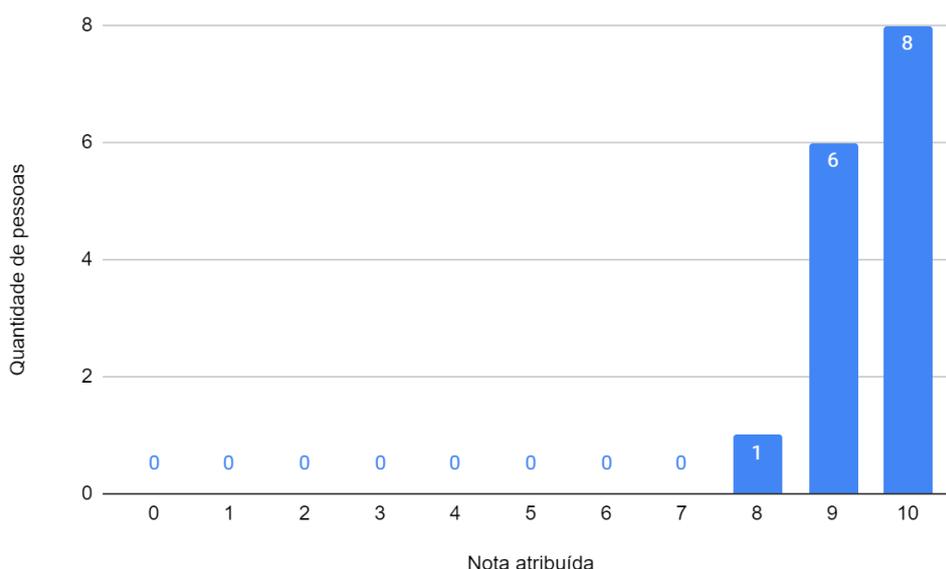
Fonte: Elaborada pela autora.

Parte do objetivo da entrevista consistiu em identificar o nível de conhecimento dos entrevistados acerca da energia solar fotovoltaica e sua possibilidade de ser implementada para o auxílio de produtores rurais do estado.

Em resposta à pergunta “Você conhece a energia solar fotovoltaica?”, todos os entrevistados responderam positivamente alegando pelo menos conhecimentos básicos sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica. Pôde-se observar relatos de conhecimento de sistemas já instalados nos municípios, porém majoritariamente residenciais ou destinados a outros setores que não correspondem à agricultura familiar.

Quanto à classificação da importância da energia solar fotovoltaica, foram registradas as seguintes respostas dos entrevistados (Gráfico 5) com destaque para a atribuição de elevada importância, em que 93% atribuíram nota igual ou superior a 9.

Gráfico 5 - Classificação de importância atribuída à energia solar fotovoltaica.



Fonte: Elaborado pela autora.

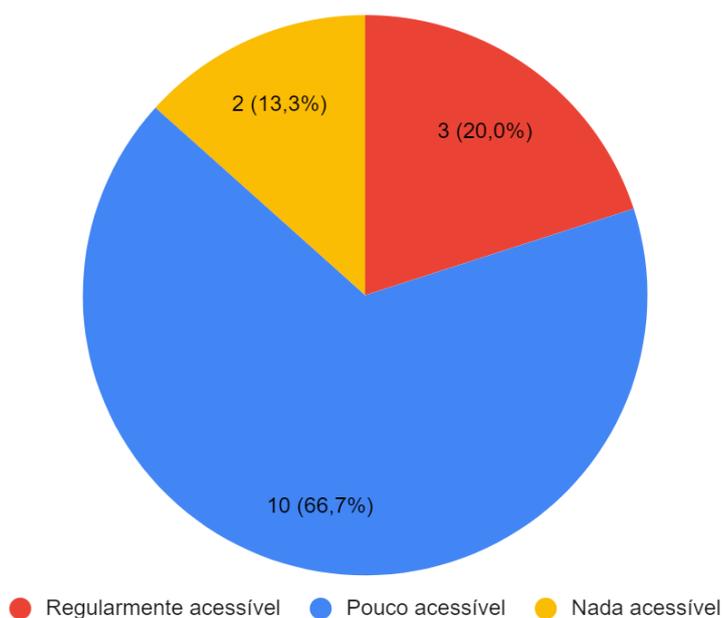
Os entrevistados que atribuíram nota máxima relatam a importância ambiental da fonte de energia renovável, bem como o benefício financeiro para quem usufrui da energia solar.

Nesse aspecto, mencionou-se que o acesso a essa energia seria uma ótima alternativa de enfrentamento à dificuldade econômica atual dos agricultores. O aumento observado nas tarifas, impulsionado pela crise hídrica nacional, tem feito com que em diversos casos as despesas com maquinários que dependem de eletricidade absorvam grande parte dos lucros dos produtores. Como consequência, a classe trabalhadora tem sua renda familiar comprometida.

Os entrevistados que atribuíram nota 8 ou 9 no questionamento também reconhecem a relevância da energia solar fotovoltaica, e justificaram a nota inferior por ainda possuírem conhecimento limitado no assunto, ou alegando que ainda há critérios de democratização a serem definidos para que essa fonte de energia renovável se torne mais acessível.

Em seguida, solicitamos a opinião dos entrevistados quanto à acessibilidade da energia solar fotovoltaica. Os critérios utilizados para responder essa pergunta foram de natureza subjetiva de cada um, sejam financeiros, sociais ou políticos. Os resultados estão descritos no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Classificação de acessibilidade atribuída à energia solar fotovoltaica.



Fonte: Elaborado pela autora.

Depreende-se da análise dos dois gráficos anteriores que os entrevistados atribuíram grande relevância à energia solar fotovoltaica no meio rural, porém ainda a consideram um recurso de baixa acessibilidade principalmente à realidade dos agricultores familiares.

Em uma das entrevistas, houve o relato de o entrevistado conhecer um empreendedor local da atividade pesqueira que implementou energia solar fotovoltaica em seu negócio, porém, como o mesmo afirmou, *“é bastante evidente que é um benefício que atualmente se encontra restrito a pessoas com maiores condições financeiras”*.

Outro empecilho mencionado é a condição de arrendatário inerente à maior parte dos agricultores de pequeno porte do estado, segundo os sindicalistas. A dependência de terras de terceiros consiste em um obstáculo não somente às condições de projeto, mas também dificulta a concessão de crédito bancário para os produtores.

Em seguida, ao serem questionados sobre o conhecimento de políticas de incentivo à energia solar fotovoltaica no meio rural, onze dos quinze entrevistados (73%) revelaram saber sobre a existência de formas de financiamento que contemplem a energia solar fotovoltaica, mencionando as iniciativas propostas pelo Banco do Nordeste ou o Pronaf, programa lançado pelo Banco do Brasil. Os demais não apresentaram certeza sobre iniciativas diretamente voltadas à energia solar, mas mencionaram que provavelmente haveria uma

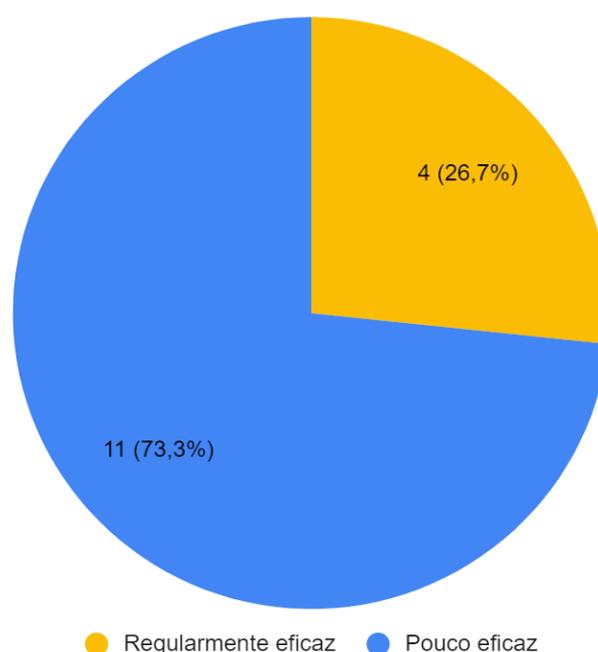
iniciativa com esse intuito nos programas de incentivo bancários para desenvolvimento agrário.

Para dar prosseguimento com as demais perguntas, foi relatado durante o diálogo com os entrevistados um breve resumo sobre algumas políticas de regulamentação e incentivo, sobre o funcionamento de um sistema de geração fotovoltaica e sobre as linhas de financiamento.

A partir disso foi possível analisar a percepção dos entrevistados sobre as políticas públicas já existentes e as perspectivas atuais e futuras para o mercado de energia solar no meio rural, identificando opiniões e sugestões de medidas a serem tomadas tanto pelo poder público, quanto pelas próprias lideranças sindicais.

Com isso, foi questionada a percepção dos entrevistados sobre a eficácia das soluções mencionadas para atender às necessidades de pequenos e médios produtores rurais do estado. O resultado encontra-se no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Classificação de eficácia atribuída às políticas públicas apresentadas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que para os entrevistados as condições disponibilizadas ainda não se adequam plenamente aos recursos financeiros de produtores rurais, especialmente àqueles da agricultura familiar do estado.

Durante as entrevistas foi mencionada a dificuldade enfrentada por agricultores familiares em firmar acordos para pagamentos mensais em decorrência das safras sazonais de algumas culturas agrícolas e da renda limitada.

Outro argumento bastante ressaltado foi o excesso de burocratização bancária. Mesmo com a existência das linhas de financiamento, o processo de atendimento, a documentação excessiva, o longo tempo de espera, dentre outros fatores, acabam desmotivando pequenos produtores rurais a buscarem os benefícios. A sensação, na prática, é de que os problemas superam os benefícios. Um representante sindical afirmou conhecer um agricultor associado que procurou assistência, pois pretendia adquirir energia solar fotovoltaica para a sua propriedade. Entretanto, desistiu nas primeiras tratativas ao perceber a extensa burocracia envolvida.

Por fim, indagou-se a participação e importância do Estado para contribuir com a popularização da energia solar fotovoltaica no meio rural. Os entrevistados tiveram oportunidade para falar livremente sobre o assunto e para propor sugestões de ações futuras.

Uma das ações sugeridas foi o acompanhamento de produtores rurais através de campanhas informativas. Os entrevistados confirmaram que a maior parte dos agricultores sequer conhecem os benefícios da energia solar fotovoltaica e o procedimento para usufruir dos mesmos. Portanto, criar essa fase inicial de transmitir conhecimento seria um requisito para realizar um projeto eficaz.

Outra sugestão mencionada foi a criação de linhas de financiamento com condições de pagamento mais compatíveis com o período das safras rurais e com taxas inferiores. Além disso, propôs-se que haja menos processos burocráticos para que a adesão seja fomentada.

Também foi mencionada a importância da criação de programas de incentivo governamental para concessão dos sistemas fotovoltaicos aos produtores. Com isso, reforçam-se as expectativas sobre o desenvolvimento do projeto piloto anunciado pelo Governo do Estado do Ceará em 2019.

## 5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

### 5.1 Conclusões

A partir do presente trabalho, reconhece-se um grande desafio ao Estado para driblar as dificuldades de acesso à informação e aos recursos financeiros necessários para difundir a energia solar fotovoltaica em zonas rurais.

No estado do Ceará, a maior parte dos produtores rurais são associados às condições de agricultura familiar e de pequenas e médias unidades produtoras, totalizando aproximadamente 2 milhões de pessoas concentradas nessas classes. Em contrapartida, os dados quantitativos sobre os sistemas de energia solar fotovoltaica já implementados em unidades consumidoras com produção rural refletem a desigualdade de renda entre pequenos e grandes produtores rurais, visto que apenas cerca de 500 unidades geradoras no estado do Ceará atendem locais de atividade agrária. Portanto, se torna clara a discrepância entre o baixo número de sistemas instalados e a grande quantidade de pequenos e médios produtores atuando no estado.

Quanto ao histórico de regulamentação e políticas de incentivo vigentes, observou-se que as primeiras iniciativas surgiram por volta da década de 1980. Porém, o mercado de energia solar fotovoltaica só teve sua expansão a partir do marco regulatório estabelecido pela REN 482/2012. Desde então, houve um desenvolvimento amplo de normas, incentivos fiscais, iniciativas de pesquisas científicas, linhas de financiamento, dentre outras ações em nível federal e estadual. Entretanto, os incentivos fiscais e técnicos são reduzidos, o que demonstra carência de iniciativas mais eficazes para tornar a energia solar fotovoltaica mais atraente aos olhos dos consumidores, bem como para fomentar a produção de conhecimento científico relacionado ao assunto.

Mesmo as políticas de financiamento existentes, apesar de serem constituídas de inúmeras opções bancárias aos interessados, falham quando o aspecto analisado se trata da adequação ao público. Pequenos produtores rurais deparam-se com excesso de burocracia e condições de pagamento inconsistentes com sua disponibilidade de renda, o que colabora para que haja uma certa seletividade daqueles que podem ou não se beneficiar da tecnologia.

Não se pode negligenciar as dificuldades financeiras enfrentadas pelos produtores rurais do estado perante a crise energética dos últimos anos e consequente aumento de despesas com energia elétrica que tem comprometido grande parte da renda desses trabalhadores. Portanto, em um estado como o Ceará, cuja economia é fortemente

influenciada pelas atividades agropecuárias, investir em políticas de democratização da energia solar fotovoltaica traria além dos benefícios ambientais, um gigantesco impacto socioeconômico ao beneficiar essas famílias.

Vale ressaltar que os aspectos abordados no trabalho não descredibilizam o avanço das políticas públicas voltadas à energia solar fotovoltaica para produtores rurais. Porém, essa evolução a passos pequenos se torna preocupante quando a demanda energética cresce a passos cada vez mais largos.

É preciso compreender que as metas de desenvolvimento sustentável para as próximas décadas só serão tangíveis caso haja intenso planejamento energético governamental. E isso requer estratégias que vão além de ações mitigadoras, mas que se antecipem aos problemas e abram caminhos para um futuro com tecnologias e recursos renováveis acessíveis a todas as classes sociais.

## **5.2 Sugestões de trabalhos futuros**

Espera-se que o presente trabalho sirva como motivação para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre o assunto. Para trabalhos futuros, sugere-se estabelecer uma conexão comparativa com as políticas públicas implementadas em outros estados brasileiros ou em outros países que já sejam referência quanto ao incentivo de energia solar fotovoltaica para produtores rurais.

Também vale ressaltar que, no ciclo de políticas públicas, o presente trabalho abordou a fase de identificação do problema. Logo, novos estudos podem aprofundar o assunto ao formular as soluções e propor as formas de implementação.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Infográfico atualizado em 01.08.2021. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

ABSOLAR. **Nordeste: Horizonte de oportunidades para a energia solar.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/nordeste-horizonte-de-oportunidades-para-a-energia-solar/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

ANEEL. **Geração Distribuída por Unidade Federativa.** Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Estadual.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp). Acesso em: 11 ago. 2021.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. 2019. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 5829, de 05 de novembro de 2019. Brasília, DF. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1829917&filename=PL+5829/2019](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1829917&filename=PL+5829/2019). Acesso em: 23 out. 2021.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 735, de 18 de março de 2020. Brasília, DF. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1867396](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1867396). Acesso em: 23 out. 2021.

BRONSON, Kelly. Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573521418302173>. Acesso em: 16 set. 2021.

CAMARGO-SCHUBERT. Atlas Eólico e Solar do Estado do Ceará. Curitiba: Camargo-Schubert; Fortaleza: SEINFRA: ADECE: FIEC: SEBRAE, 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). Radiação solar. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=301](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301). Acesso em: 20 ago. 2021.

Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 16 ago. 2021.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2020

GANGA, Gilberto Miller Devós. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma. São Paulo: Atlas, 2012.

Hukseflux Brasil. **Piranômetro Digital**. Disponível em: <https://huksefluxbrasil.com.br/piranometro>. Acesso em: 20 ago. 2021.

Hukseflux Brasil. **Pireliômetro Digital**. Disponível em: <https://huksefluxbrasil.com.br/produtos/pireliometro-digital-primeira-classe-dr30-d1>. Acesso em: 20 ago. 2021.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 27 out. 2021

IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2019**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 27 out. 2021

IEA, International Energy Agency. **Global electricity consumption**. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TotElecCons>. Acesso em: 10 ago. 2021.

INOVACARE SOLAR. Tecnologia. Disponível em: <http://www.inovacare.solar/tecnologia>. Acesso em: 20 ago. 2021.

Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do Ceará. **Pesquisa Regional por Amostra de Domicílio**. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/pesquisa-regional-por-amostra-de-domicilios-prad-ce/>. Acesso em: 15 set. 2021.

International Renewable Energy Agency. **Global Renewables Outlook 2020**. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>. Acesso em: 23 ago. 2021.

(ONS), Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Mapa do Sistema Interligado Nacional**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 14 set. 2021.

ONU NEWS (org.). **COP 26: Jovens assumem o palanque e exigem ações climáticas**. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1769512>. Acesso em: 7 nov. 2021.

PEGUIM, Cássia Natanie. Estado, desenvolvimento sustentável e governança no Brasil: políticas públicas para energia e água pós rio-92. **Esboços: histórias em contextos globais**, [S.L.], v. 27, n. 44, p. 78-93, 14 fev. 2020. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7976.2020.e63220>.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso a microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 abr. 2012. Seção 1, p. 53.

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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 dez. 2015. Seção 1, p. 45.

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 786, de 17 de outubro de 2017. Altera a Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 out. 2017. Seção 1, p. 56.

SALAMONI, I.; RÜTHER, R. Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede. IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.

SANTA ROSA, R. SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO (ON-GRID E OFF-GRID). Site, 2017. Disponível em: <<http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaicohibrido-on-grid-e-off-grid>>. Acesso em: 25 agosto. 2021.

United Nations Climate Change. **Speeches and statements at COP 25**. Disponível em: <https://unfccc.int/cop25>. Acesso em: 09 ago. 2021.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. 1a ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

**APÊNDICE A – ENTREVISTA COM REPRESENTANTES DO SETOR AGRÍCOLA****QUESTIONÁRIO APLICADO**

**1 Nome completo:** \_\_\_\_\_

**2 Entidade que representa:** \_\_\_\_\_

**3 Cargo na entidade:** \_\_\_\_\_

**4 Há quanto tempo trabalha na instituição?**

- Há menos de 1 ano       Entre 5 e 9 anos       Entre 15 e 19 anos  
 Entre 1 e 4 anos       Entre 10 e 14 anos       Há mais de 20 anos

**5 Você conhece a energia solar fotovoltaica?**

- Sim     Não

**6 Se sim, como classifica a sua importância especialmente para produtores rurais?**

- 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

**7 Quão acessível você considera a energia solar fotovoltaica?**

- Muito acessível       Pouco acessível  
 Regularmente acessível       Nada acessível

**8 Você conhece recursos de incentivo e acesso à energia solar fotovoltaica para produtores rurais?**

- Sim     Não

**9 Você considera que as formas de financiamento e demais regulamentações existentes são suficientes para atender às condições de pequenos e médios produtores?**

- Muito eficaz       Pouco eficaz  
 Regularmente eficaz       Nada eficaz

**10 Em termos de políticas públicas, você acredita que o Estado possa auxiliar a democratização do uso de energia solar no meio rural? Se sim, de que formas?**