

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE  
VITÓRIA, EMESCAM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS E  
DESENVOLVIMENTO LOCAL

ALTAMIR DURÃES GARCIA

**GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA COMPARTILHADA: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE FINANCEIRA E AMBIENTAL DE UMA COOPERATIVA DE  
ENERGIA EM MANHUAÇU, MINAS GERAIS, BRASIL**

VITÓRIA, ES

2021

ALTAMIR DURÃES GARCIA

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
EMESCAM – Biblioteca Central

---

G216g Garcia, Altamir Durães  
Geração de energia fotovoltaica compartilhada : análise da viabilidade financeira e ambiental de uma cooperativa de energia em Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil / Altamir Durães Garcia - 2021.  
55 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Italla Maria Pinheiro Bezerra

Dissertação (mestrado) em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local  
– Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória,  
EMESCAM, 2022.

1. Energia fotovoltaica – Manhuaçu (MG). 2. Energia renovável. 3. Políticas públicas. 4. Meio ambiente. 5. Energia – fontes alternativas. I. Bezerra, Italla Maria Pinheiro. II. Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, EMESCAM. III. Título.

CDD 333.794

---

GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA COMPARTILHADA: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE FINANCEIRA E AMBIENTAL DE UMA COOPERATIVA DE ENERGIA  
EM MANHUAÇU, MINAS GERAIS, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local da Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local.

Orientadora: Profa. Dra. Italla Maria Pinheiro Bezerra.

VITÓRIA, ES

2021

**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE  
VITÓRIA, EMESCAM**

**ALTAMIR DURÃES GARCIA**

**GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA COMPARTILHADA: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE FINANCEIRA E AMBIENTAL DE UMA COOPERATIVA DE ENERGIA  
EM MANHUAÇU, MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local da Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Italla Maria Pinheiro Bezerra**

**Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM**

**Membro Titular Interno**

---

**Prof. Dr. Cesar Albenes De Mendonça Cruz**

**Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM**

**Membro Titular Interno**

---

**Prof. Dr. Amaury Machi Junior**

**Centro Universitário de Saúde do ABC**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu pai pela vontade de evoluir, a minha mãe pela fé inabalável e a minha família pela perseverança.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família que sempre me apoiou e não me deixou desistir;

A todos os colegas do Mestrado, sem eles a jornada teria sido sem cor, sem perfume e sem graça;

A todos os mestres professores, que, além de ensinar, dedicaram uma parte de suas histórias;

A Professora Dra. Italla Maria que me orientou com muita dedicação e paciência;

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

“Até que o sol não brilhe, acendamos  
uma vela na escuridão”.

**Confúcio**

## RESUMO

**Introdução:** No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), regulamentou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, com a resolução normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012, posteriormente alterada pela resolução 687 de 2015, permitindo ao consumidor de energia elétrica utilizar fontes de energias renováveis para gerar a eletricidade necessária ao seu consumo e recuperar a energia não utilizada pelo sistema de compensação de créditos. Esta mesma resolução permitiu em sua atualização em 2015 que cooperativas de energia pudessem ser criadas para compartilhar um mesmo sistema de geração. **Objetivo:** Desenvolver um modelo de uma cooperativa de energia fotovoltaica para o município de Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil através da análise da viabilidade financeira e ambiental baseado em políticas públicas de incentivo a geração de energia elétrica. **Método:** Trata-se de um estudo documental, descritivo com abordagem quantitativa e qualitativa, realizado no município de Manhuaçu, situado na Zona da Mata mineira do estado de Minas Gerais, Brasil. A coleta de dados foi realizada em seis momentos distintos, a saber: Levantamento das leis e resoluções nacionais sobre energia fotovoltaica, bem como cooperativas de energia fotovoltaicas; Análise das normas do município de Manhuaçu, MG; Coleta de informações a respeito das condições específicas para a instalação do gerador de energia elétrica utilizando tecnologia fotovoltaica; Através de uma simulação, utilizando técnicas financeiras, foi definida a viabilidade financeira de seis empreendimentos diferentes, comparando e contabilizando o provável retorno financeiro aos cooperados; Por se tratar de um gerador de energia com fonte renovável, uma análise dos benefícios ao meio ambiente foi calculada para cada cooperativa analisada. **Resultados:** Os resultados apurados na simulação financeira indicaram que o tempo de retorno para a modalidade tarifária residencial é mais atrativo que o grupo tarifário rural. Esta conclusão é explicada pela tarifa rural ser mais baixa que a residencial, impactando no valor economizado durante os anos. A necessidade do pagamento de demanda contratada para sistemas acima de 112,5 KW, evidenciou a vantagem para o sistema com potência até 75 KW. Essa particularidade pode sugerir que montar várias cooperativas menores seja mais indicado que uma cooperativa maior, além da maior complexidade de conexão, projeto, organização e gerenciamento para grandes sistemas. **Conclusão:** Todos os sistemas analisados são viáveis do ponto de vista financeiro e ambiental, no sentido que em algum momento da vida útil do sistema há retorno de capital, além de um valor presente líquido acima do capital investido. Ainda, os resultados encontrados voltam-se principalmente para a promoção de políticas ambientais através de tecnologias sustentáveis, pois, um dos fatores limitantes para a implementação de energia fotovoltaica, é o seu custo. Entretanto, com a criação de cooperativas, reduz-se o custo, aumenta-se o lucro dos participantes e o sistema ecológico possui melhorias, principalmente no que se diz respeito a emissão de gases de efeito estufa.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica. Energia Renovável. Políticas Públicas. Meio Ambiente.

## ABSTRACT

**Introduction:** In Brazil, the National Electric Energy Agency (ANEEL), regulated the Electric Energy Compensation System, with normative resolution No. 482, of April 17, 2012, amended by resolution 687 of 2015, allowing consumers to electric energy use renewable energy sources to generate electricity necessary for its consumption and recover unused energy credit compensation system. This same resolution in its update in 2015 that energy cooperatives could be standard to share the same generation system. **Objective:** To develop a model of a photovoltaic energy cooperative for the municipality of Manhuaçu, Minas Gerais, Brazil through an environmental feasibility and financial analysis based on public policies to encourage electricity generation. **Method:** This is a documentary, descriptive study with a quantitative and qualitative approach, carried out in the municipality of Manhuaçu, located in the Zona da Mata Minas Gerais in the state of Minas Gerais, Brazil. Data collection was performed at six different times, one saber: Survey of laws and resolutions on photovoltaic energy, as well as photovoltaic energy cooperatives; Analysis of norms in the municipality of Manhuaçu, MG; Collection of information regarding the specific conditions for the installation of the electric power generator using photovoltaic technology; Through a simulation, using financial techniques, the financial feasibility of six different projects was defined, comparing and accounting for the financial financial return to the cooperative members; As it is an energy generator with a renewable source, an analysis of the benefits to the environment was calculated for each analyzed cooperative. **Results:** The results obtained in the financial simulation indicated that the return time for the residential tariff modality is more attractive than the rural tariff group. This conclusion is explained by the rural rate being lower than the residential rate, impacting the amount saved over the years. The need to pay the contracted demand for systems above 112.5 KW, showed an advantage for the system with power up to 75 KW. This particularity may suggest that setting up several smaller cooperatives is more suitable than a larger cooperative, in addition to the greater complexity of connection, design, organization and management for large systems. **Conclusion:** All analyzed systems are viable from a financial and environmental point of view, in the sense that at some point in the system's useful life there is a return on capital, in addition to a net present value above the invested capital. Still, the results found focus mainly on the promotion of environmental policies through sustainable technologies, as one of the limiting factors for the implementation of photovoltaic energy is its cost. However, with the creation of cooperatives, the cost is reduced, the profit of the participants is increased and the ecological system has been improved, especially with regard to the emission of greenhouse gases.

**Keywords:** Photovoltaic Energy. Renewable energy. Public policy. Environment.

## LISTA DE SIGLAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica;

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica;

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social;

CDE - Conta de Desenvolvimento Energética;

GW – gigawatts;

KW – quilowatts;

kWh - Quilowatt-hora;

KWp – Quilowatt pico;

MW – Megawatt;

OCB - Organização das Cooperativas Brasileiras;

PCHs - Pequena centrais hidroelétricas;

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente;

PRODIST - Procedimentos de Distribuição;

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica;

SNI - Sistema Interligado Nacional;

TWh - Terawatt-hora.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Implementação de um sistema de geração fotovoltaico residencial .....	<b>16</b>
<b>Figura 2.</b> Oferta de energia elétrica por fonte energética no Brasil no ano de 2016 .....	<b>21</b>
<b>Figura 3.</b> Mapa do estado de Minas Gerais com foco para o município de Manhuaçu .....	<b>24</b>
<b>Figura 4.</b> Equivalente de CO2 evitado ao se utilizar geração de energia elétrica por fonte solar (fotovoltaica) em oposição às fontes não renováveis. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>37</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Grupos de cooperados quanto a localização e KWP individual. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>33</b>
<b>Tabela 2.</b> Custos para a formalização da cooperativa junto as instituições pertinentes. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>34</b>
<b>Tabela 3.</b> Custos dos equipamentos, serviços e homologação de acordo com orçamentos locais. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>34</b>
<b>Tabela 4.</b> Resumo dos custos de locação e aquisição. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>35</b>
<b>Tabela 5.</b> Resumo dos orçamentos para conexão. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>35</b>
<b>Tabela 6.</b> Investimento para as três propostas baseadas em suas potências. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>35</b>
<b>Tabela 7.</b> Valores apurados quanto aos custos anais de operação. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>36</b>
<b>Tabela 8.</b> Análise financeira proposta quanto aos valores a serem rateados. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>36</b>
<b>Tabela 9.</b> Economia anual por cooperado. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>36</b>
<b>Tabela 10.</b> Comparação dos resultados obtidos pela simulação financeira. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021 .....	<b>37</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1 Energia fotovoltaica.....	15
2.2 Cooperativas de energia .....	17
2.3 Políticas públicas de incentivo a utilização de fontes renováveis para geração de energia elétrica.....	19
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
3.1 Objetivo geral .....	23
3.2 Objetivos específicos .....	21
<b>4 MÉTODO</b> .....	<b>24</b>
4.1 Tipo de estudo .....	24
4.2 Local do estudo.....	24
4.3 Coleta de dados .....	25
4.4 Organização e análise dos dados .....	25
4.5 Aspectos éticos .....	32
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As novas tecnologias, associadas às questões ambientais, alavancaram as energias renováveis como forma de expansão da capacidade de geração elétrica, inicialmente nas nações tecnologicamente mais evoluídas e mais recentemente nas nações em desenvolvimento, através de políticas públicas de incentivo ao investimento em fontes renováveis (STEFANELLO, 2018).

Entende-se por fontes renováveis, energias primárias que têm origem nos recursos naturais que são constantemente renovados, como a energia do sol, a força dos ventos, o movimento das marés, a energia hidráulica, a energia geotérmica, dentre outras. Entretanto, nem todo recurso natural pode ser considerado renovável. A energia extraída de fontes minerais como o carvão, o petróleo e minerais radioativos, apesar de serem retirados da natureza, existem em quantidades limitadas no planeta (LOSEKANN, 2018).

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), regulamentou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, com a resolução normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012, posteriormente alterada pela resolução 687 de 2015, permitindo ao consumidor de energia elétrica utilizar fontes de energias renováveis para gerar a eletricidade necessária ao seu consumo e recuperar a energia não utilizada pelo sistema de compensação de créditos (ANEEL, 2012; ANEEL, 2017).

Resumidamente o sistema de compensação de energia adotado pela ANEEL, estabelece que a energia gerada por um consumidor, quando não aproveitada na própria unidade de consumo, pode ser injetada na rede de distribuição e posteriormente compensada para o mesmo consumidor que a gerou (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015).

Dados levantados pela ANEEL em 11/04/2019, revelam que o sistema de geração distribuída no Brasil cresceu de 59 conexões registradas em 2013 para 34.577 conexões em 2018, resultando em um total de 69.477 unidades de geração, totalizando 834.654,39 KW em potência instalada. As fontes mais utilizadas como geração distribuída, considerando o número de geradores, foram a energia solar, com 69.189 geradores; as formas de combustível com biogás, com 127 unidades e a geração eólica, com 57 conexões (ANEEL, 2019).

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), no ano de 2017, o Brasil foi o décimo país do mundo em investimentos em energia solar fotovoltaica, sendo que em 2019 o Estado de Minas Gerais lidera o quadro com a maior potência instalada entre os estados brasileiros com 137 MW de potência instalada.

A resolução normativa 687 publicada pela ANEEL, ampliou as modalidades de conexão dos geradores de energia elétrica que usam como fonte de energia os recursos renováveis. Esta ampliação possibilitou que grupos de consumidores se organizassem em cooperativas com o objetivo de investir em um gerador de energia compartilhado entre os cooperados (ANEEL, 2015).

O sistema de cooperativa no Brasil vem crescendo a cada ano envolvendo diversos ramos da economia e gerando emprego e renda. Nos últimos oito anos, o número de cooperados cresceu 62% no Brasil, implicando em um aumento de 43% na quantidade de empregos gerados pelas cooperativas. Até o final de 2018 a quantidade de cooperativas cadastradas no Brasil era de 6.828, com 14,6 milhões de cooperados e 425,3 mil colaboradores contratados. (SISTEMA OCB – CNCOOP, OCB, SESCOOP, 2019).

Com isso, ainda é importante destacar o efeito positivo para a saúde ambiental trazido através da geração de energia fotovoltaica, que é considerada uma energia limpa. Em termos de políticas públicas, além do baixo custo para a população, promove qualidade de vida, tendo em vista que a poluição e o impacto ambiental são consideravelmente reduzidos, quando comparados a outros tipos de fontes de energia, como as usinas hidroelétricas, que provocam grandes estragos ambientais (NASCIMENTO; ALVES, 2016).

A energia fotovoltaica em termos de desenvolvimento local, assim como as demais energias renováveis apresentam impacto ambiental muito baixo, não afetando o balanço térmico ou até mesmo a composição atmosférica do planeta. Além disso, populações rurais e mais distantes de centros urbanos serão afetadas positivamente

com a geração de energia solar, pois isso implicará em uma produção agrícola baseada em uma autonomia energética (COSBEY, 2011; NASCIMENTO; ALVES, 2016), o que conseqüentemente implicará na qualidade de vida dos mesmos, sendo o caso do município a ser analisado neste estudo, o de Manhuaçu, MG, Brasil, que possui extenso território rural.

Frente a isto, torna-se necessário ampliar a implementação de energia solar fotovoltaica avaliando o impacto ambiental, bem como o investimento financeiro necessário, a fim de tornar-se como prático, seguro e eficaz para a população. Desta forma, questiona-se: qual a viabilidade de investir em um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica na modalidade compartilhada em uma cooperativa de energia em Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil?

Tem-se como hipótese que a aplicação deste sistema de geração de energia é viável no município de Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, mesmo com o elevado custo para investimento, mas, o sistema de cooperativa reduzirá este valor assim como também reduzirá o impacto ambiental trazendo energia renovável e de menor custo para a população.

Assim, a relevância deste estudo centra-se no impacto positivo que a avaliação da implementação deste tipo de energia trará para a população quanto a durabilidade, menor impacto ambiental e economia financeira e retorno tecnológico da tecnologia de ponta a ser utilizada.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

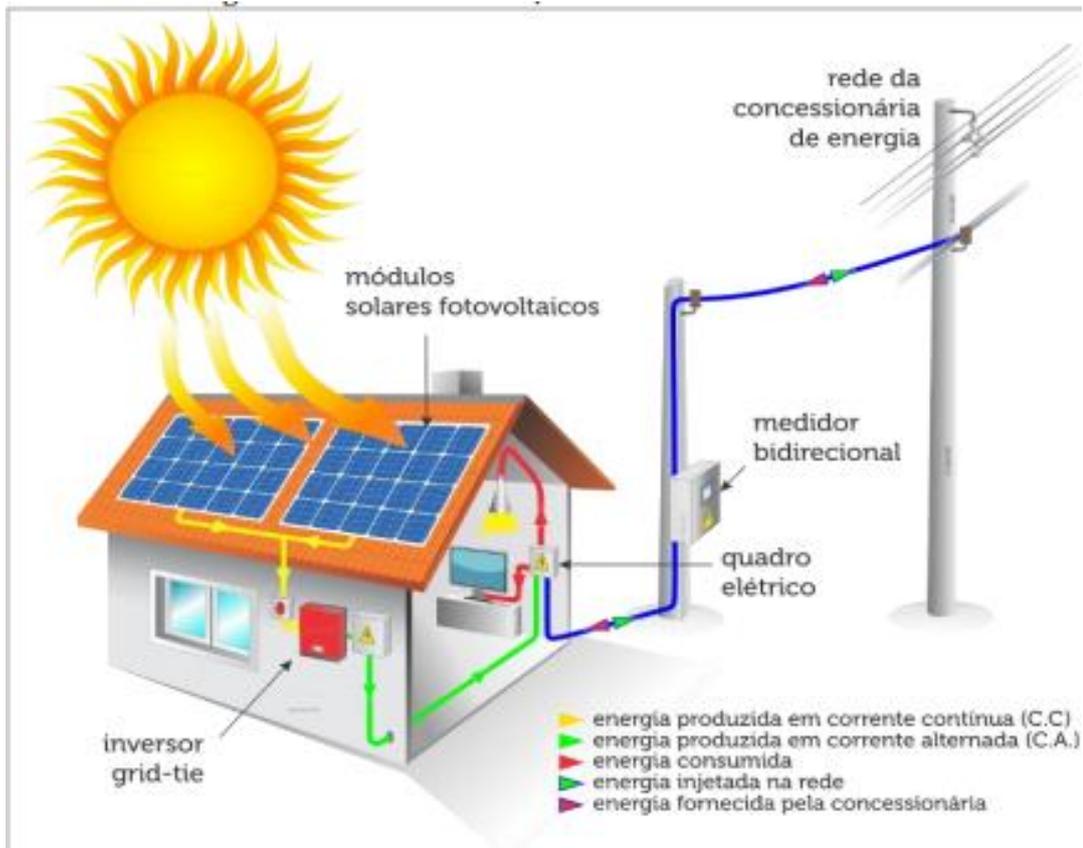
### **2.1 Energia fotovoltaica**

O sistema de energia fotovoltaico que também pode ser nomeado como sistema de energia solar, tem o potencial de realizar a geração de energia elétrica através da emissão de radiação solar (RELLA, 2017; SOUZA; PENHA, 2020).

Este sistema, que tem caráter moderno e tecnológico, permite que o próprio consumidor gere sua própria energia a partir da radiação solar, podendo, em caso de ter energia excedente, fornecer para a rede de distribuição da localização onde se encontra (SILVA et al., 2018).

Estes pontos são vistos como grandes inovações para o setor energético brasileiro, tendo em vista a economia financeira gerada, a consciência socioambiental e a sustentabilidade (SOUZA; PENHA, 2020).

Ainda, é possível observar que o sistema de geração fotovoltaico tem um processo de instalação simples, não exigindo gigantescas adaptações nas residências para isto. A figura abaixo, demonstra a instalação de um sistema como este em uma residência (SILVA; CARMO, 2017).



**Figura 1.** Implementação de um sistema de geração fotovoltaico residencial.

Fonte: Resolução Normativa nº 482 Estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências, já a 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.

A aplicação da energia fotovoltaica no Brasil possui grandes desafios, principalmente voltados aos incentivos fiscais, desoneração monetária, incentivo à pesquisa e também quanto à inovação tecnológica para fins de aprimoramento na produção nacional, fomento de mercado consumidor baseando-se em incentivos, aumento no incentivo de células solares e de módulos fotovoltaicos, além do aproveitamento da matéria-prima e estabelecimento de indústrias (SANTIAGO, 2018).

No âmbito internacional, destaca-se o Japão como o país que foi um dos maiores produtores de energia solar do mundo, principalmente por implementar uma política baseada no subsídio governamental, sendo até o ano de 2006 de 70% de todo o custo do sistema. Em 2007, o Japão foi superado pela Alemanha, que por sua vez, implementou uma política de instalações fotovoltaicas de aproximadamente 15

bilhões de euros, que garantiu a compra de energia gerada por micro e mini geradores, mostrando que políticas governamentais podem promover o desenvolvimento da geração de energia elétrica através destes sistemas (MACHADO; MIRANDA, 2015; RELLA, 2017).

No Brasil, pensando em todos os tipos de usinas que geram energia ao país, se há um total de 179.988 megawatts (MW), e deste total, 2,3% é produzido por energia solar, ou seja, o país utiliza muito pouco esta fonte, mesmo tendo um potencial gigantesco de exploração da mesma (ABSOLAR, 2021).

Em 2015, a Empresa de Pesquisa Energética baseado em avaliações precisas, estimou que se o Brasil utilizasse todo o seu potencial solar, seria gerado por ano cerca de 283,5 milhões de MW por ano (ROSA; GASPARIN, 2016; RELLA, 2017).

Outro ponto positivo para o território brasileiro, é a insolação, ou seja, o número de horas de brilho do sol, tornando o Brasil um dos únicos países a ter este feito, com destaque para a região nordeste, que possui ainda uma incidência média diária de 4,5 a 6 kWh (MEDEIROS, 2018).

Para fins de comparação, a Alemanha, que hoje é o país que mais produz energia solar, em seu todo chega a ter um nível de 40% a menos de insolação do que os estados brasileiros que apresentam pior desempenho (RELLA, 2017).

## **2.2 Cooperativas de energia**

No ano de 2015 a ANEEL organizou uma audiência pública para estudar mudanças na Resolução publicada em 2012. Como participante, a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), atuou para ampliar as possibilidades de geração e compensação de energia, principalmente nas modalidades de “autoconsumo remoto” e “geração compartilhada” que permitiram que unidades consumidoras se agrupassem em cooperativas para participarem do novo modelo de energia compensada criado em 2012 pela Resolução Nº 482, de 17 de abril de 2012 publicada pela ANEEL. Dessa forma, consumidores comuns, no sistema de cooperativa, podem produzir sua própria energia mesmo não tendo espaço físico

favorável para instalação de painéis e equipamentos de geração, como os moradores de edificações verticais coletivas e casas com telhados sombreados e com orientação desfavorável em relação à exposição solar (PEREIRA et al., 2015).

O cooperativismo, então, pode ingressar na grande rede de geração distribuída, com economia de escala e organização e apoio profissional e segurança institucional. A cada dia as cooperativas de energia solar aumentam suas bases no Brasil incrementando as modalidades de geração distribuída de energia, participando cada vez mais na utilização da fonte solar para geração de energia elétrica (ANTONIOLLI et al., 2018).

De acordo com o manual publicado pela OCB, a formação de uma cooperativa com o objetivo de compartilhar um sistema de produção de energia fotovoltaica deve seguir os seguintes passos (LIMA, 2018):

1 – Formação de um grupo: A partir de 20 consumidores a cooperativa já pode ser constituída (LIMA, 2018).

2 – Viabilidade econômica: Um estudo aprofundado de viabilidade financeira partindo da análise das faturas de energia elétrica de cada interessado em participar da cooperativa, passando pelo dimensionamento do gerador e a escolha de um local apropriado para a instalação dos equipamentos necessários para gerar a quantidade de energia suficiente para atender a todos os integrantes. Dessa forma é possível prever quais os custos de implementação do gerador, a forma de financiamento e o retorno financeiro aos cooperados (LIMA, 2018).

3 – Estatuto da cooperativa: Após a definição do plano de negócios, o grupo formado deve elaborar uma proposta de estatuto para o bom andamento do empreendimento. De forma democrática devem ser definidas as informações básicas, como o endereço da sede, a distribuição das cotas, a política de entrada e de saída dos cooperados, as regras de eleição da diretoria, entre outros assuntos específicos para o funcionamento do negócio (LIMA, 2018).

4 – Fundação da Cooperativa: Nesta fase são definidos os dirigentes e os integrantes do conselho fiscal, assim como o valor do capital social e os prazos dos

mandatos. Estas formalidades são definidas em data acertada para a convocação da Assembleia Geral de Constituição que irá formalizar a fundação da cooperativa. No final é redigida a ata de constituição (LIMA, 2018).

5 – Formalização da Cooperativa: para formalizar legalmente a cooperativa deve ser registrada junto à Receita Federal, à junta Comercial do município e na Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) (LIMA, 2018).

6 – Após a formalização a cooperativa já pode começar suas atividades com a participação de todos os cooperados (LIMA, 2018).

De acordo com a Resolução OCB nº 56/2019, que regulamenta a classificação dos ramos do cooperativismo, as cooperativas foram organizadas em sete ramos: Agropecuária; Consumo; Crédito; Transportes; Infraestrutura; Trabalho e produção de bens e serviços; Saúde e Transporte. Cooperativas de energia elétrica pertencem ao ramo de infraestrutura (LEDUR et al., 2020).

### **2.3 Políticas públicas de incentivo a utilização de fontes renováveis para geração de energia elétrica**

A inovação tecnológica, o aperfeiçoamento da produção e a distribuição de tecnologia promovem redução de custos efetivando a inovação, sendo as políticas públicas responsáveis por criar um ambiente favorável para o surgimento de novas ideias e perspectivas ao país (EDQUIST, 1997).

A diversificação da matriz energética é um fator importante para garantir segurança, confiabilidade e qualidade em energia. O desenvolvimento de qualquer país passa pelo desenvolvimento do setor energético por ser requisito indispensável para toda atividade econômica. O Estado, dessa maneira, tem responsabilidade em atribuir investimentos para alavancar o setor privado responsável por investimentos em geração de energia (CHANG, 2003)

Quanto as políticas adotadas no Brasil para o desenvolvimento de energia com fontes renováveis, pode se destacar o fato de que o país em 2015, esteve entre os

10 maiores investidores em energias renováveis do mundo, atingindo a marca de USD 7 bilhões investidos. Pode se destacar também que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) figurou como o quarto banco de desenvolvimento mais ativo no mundo para o setor de financiamento de projetos de energia limpa (PNUMA, 2016).

A Resolução Normativa de nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicada em 17 de abril de 2012, proporcionou esse crescimento, por estabelecer premissas gerais como créditos energéticos, encargos, potência, normas e responsabilidades referentes à microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL,2012).

Outro passo importante a ser destacado nas políticas públicas para a utilização das fontes renováveis no Brasil, foi a alteração da resolução 482, em 2016, com atualizações importantes para os setores de geração e comercialização de energia no país. A resolução passou a permitir o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada (ANEEL, 2017).

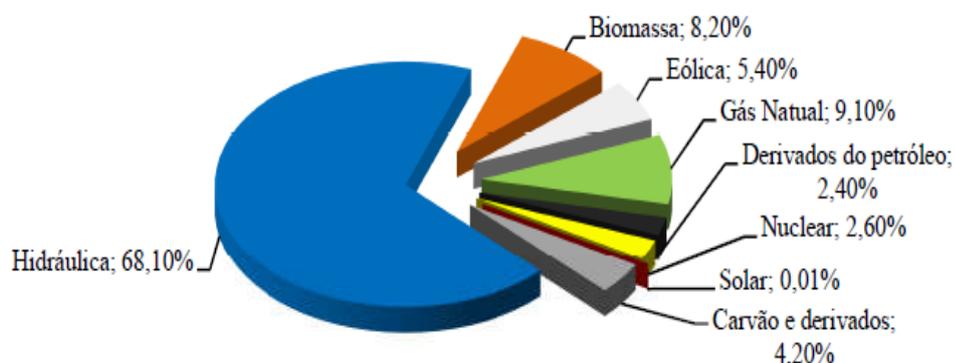
Anteriormente a publicação da Resolução Normativa nº 482, o país já possuía algumas experiências de incentivo às fontes renováveis de energia. Considerada a mais importante foi o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, mais conhecido como PROINFA. Este programa entrou em vigor em 2004 com o intuito de aumentar a participação das fontes alternativas no Sistema Interligado Nacional (SNI). Em sua primeira fase, o programa fomentou as fontes de energia como a eólica, a biomassa, e pequena centrais hidroelétricas (PCHs), de modo a gerar ganhos de escala e aprendizagem tecnológica, ampliar a competitividade industrial do setor e, sobretudo, identificar e apropriar-se dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos de projetos de geração a partir dessas fontes (WWF-Brasil, 2012).

A fase 2 do PROINFA, tinha como objetivo suprir 10% da energia total consumida no país através de fontes renováveis. Como não houve complemento da fase 1, esta segunda fase está atualmente sem previsão de início (WWF-BRASIL, 2012).

Ao mesmo tempo em que as ações do PROINFA eram instaladas, mais duas políticas foram implementadas. A primeira surgiu como cálculo de desconto de no mínimo 50% em relação às tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição para empreendimentos de geração elétrica utilizando fontes renováveis que forneçam potência máxima de 30 MW ao sistema interligado nacional (SNI). Foram disponibilizados também recursos da Conta de Desenvolvimento Energética (CDE) para aumentar a competitividade da energia gerada a partir de fontes renováveis ou alternativas (WWF-BRASIL, 2012).

Quanto aos investimentos em energia elétrica, de uma forma geral, a matriz energética brasileira atingiu 578,9 TWh gerados em 2016, sendo de contribuição pública mais de 80% da geração total. A fonte principal de geração de energia elétrica nacional é a hidráulica, que faz o Brasil o país com uma matriz energética limpa, mas com impactos ao meio ambiente, às vezes irreversíveis, no momento de sua implantação (REN21, 2017).

A geração por fonte solar fotovoltaica representava 0,01% da energia elétrica produzida no Brasil ao final do ano de 2016. Conforme estudo concluído em 2006, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a média anual do total diário de irradiação solar global que incide no território brasileiro é altamente propício ao uso de tecnologia de conversão de energia fotovoltaica. A figura 2 apresenta a oferta de energia elétrica do ano de 2016 por fonte energética.



**Figura 2.** Oferta de energia elétrica por fonte energética no Brasil no ano de 2016.

Fonte: REN21, 2017

Apresentando altos índices de radiação solar em praticamente todo território nacional com boa uniformidade. Para efeito de comparação, o estado de Santa Catarina, recebe 40% mais radiação que a região com os melhores índices da Alemanha, país referência na implantação desta tecnologia. Em uma comparação mais simples, a mesma tecnologia usada na Alemanha resultaria em média 40% mais energia no Brasil (ANEEL, 2016).

Outro fator importante para as ações de políticas públicas são as reservas de silício existentes em solo nacional, com 95% das reservas mundiais, o equivalente a 78 bilhões de toneladas. O silício é o principal elemento utilizado para a composição das ligas metálicas. Por ser um material caracterizado na indústria elétrica como semicondutor, desperta muito interesse na indústria eletrônica e microeletrônica, como material básico para a produção de células solares dentre outros subprodutos (BRASIL, 2009).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver um modelo de uma cooperativa de energia fotovoltaica para o município de Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil através da análise da viabilidade financeira e ambiental baseado em políticas públicas de incentivo a geração de energia elétrica.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Descrever a viabilidade financeira no investimento em um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica na modalidade compartilhada para uma cooperativa de energia;

Identificar os impactos ambientais quanto ao equivalente de CO<sub>2</sub> evitado ao se utilizar geração de energia elétrica por fonte solar (fotovoltaica) em oposição às fontes não renováveis.

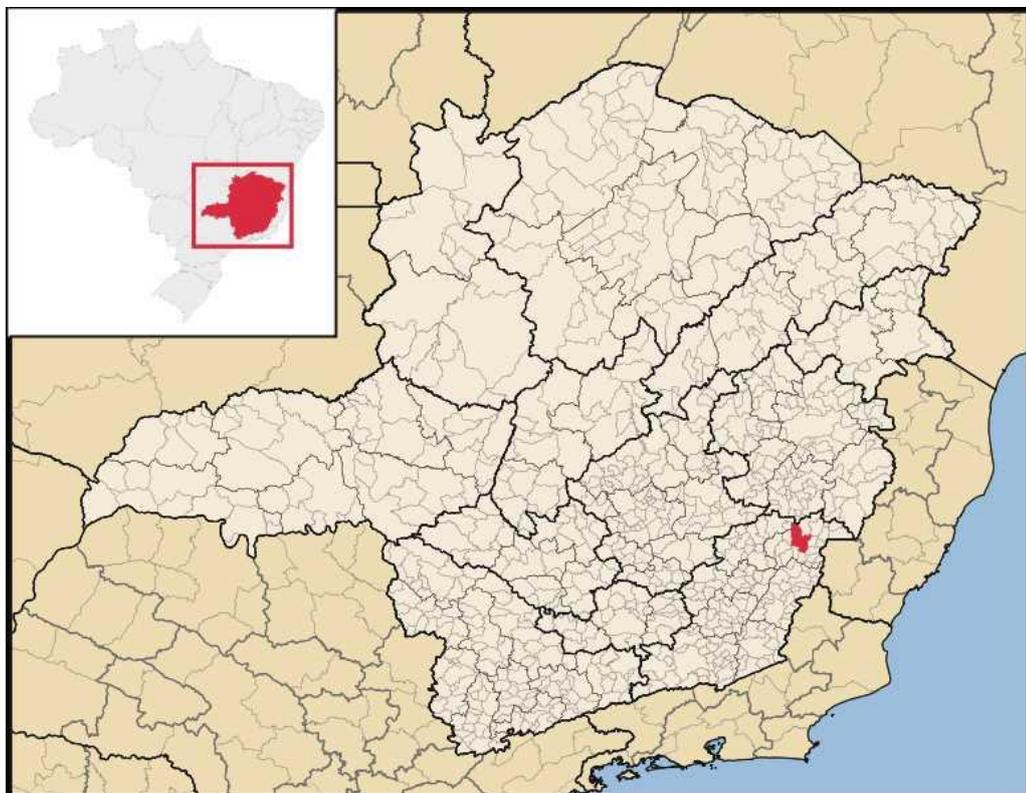
## 4 MÉTODO

### 4.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo documental, descritivo com o intuito de desenvolver um modelo de uma cooperativa de energia fotovoltaica para o município de Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, identificando os impactos econômicos e ambientais quanto ao equivalente de CO<sub>2</sub> evitado.

### 4.2 Local do estudo

A pesquisa foi realizada no município de Manhuaçu, situado na Zona da Mata mineira do estado de Minas Gerais, Brasil, conforme demonstra a figura abaixo. Este, que possui em sua população de 86 mil habitantes (IBGE, 2016), passando por uma gradação significativa nos últimos anos, onde se tornou referência econômica da região.



**Figura 3.** Mapa do estado de Minas Gerais com foco para o município de Manhuaçu.

Fonte: Google Imagens

### **4.3 Coleta de dados**

A coleta de dados deu-se em seis momentos distintos.

Etapa I: Levantamento das leis e resoluções nacionais sobre energia fotovoltaica, bem como cooperativas de energia fotovoltaicas;

Etapa II: Análise das normas do município de Manhuaçu, MG, leis e resoluções normativas referentes aos regulamentos sobre a criação e o funcionamento das cooperativas de energia fotovoltaicas;

Etapa III: Coleta de informações a respeito das condições específicas para a instalação do gerador de energia elétrica utilizando tecnologia fotovoltaica. Neste tipo de pesquisa a localização geográfica do gerador é fundamental para o sucesso do empreendimento, além de definir também a capacidade de geração do sistema;

Etapa IV: Através de uma simulação, utilizando técnicas financeiras, foi definida a viabilidade financeira dos empreendimentos, contabilizando o provável retorno financeiro aos cooperados;

Etapa V: Por se tratar de um gerador de energia com fonte renovável, uma análise dos benefícios ao meio ambiente foi calculada, tomando como base os créditos de carbono alcançados pelo empreendimento;

Etapa VI: Elaboração de um modelo de cooperativa de energia fotovoltaica para o município de Manhuaçu, MG, Brasil.

### **4.4 Organização e análise dos dados**

Os dados foram organizados através de registros de campo, organizando os materiais de embasamento através das leis e resoluções nacionais e municipais.

Os dados financeiros foram organizados e analisados no programa Microsoft Excel 2017, sendo expressos em estatística descritiva e inferencial, como também utilização dos gráficos para exemplificar a viabilidade financeira do protótipo e o equivalente de CO2 evitado.

A fim de contemplar os objetivos do estudo e propor o modelo de implementação de uma cooperativa de energia fotovoltaica, alguns passos foram seguidos quanto a análise dos dados, a saber:

#### 4.4.1 Determinação do número de cooperados

Inicialmente, foi realizada uma divisão em dois grupos principais de consumidores de energia elétrica a saber: Consumidores urbanos pessoa física com consumo residencial e consumidores produtores rurais, sendo ambos com consumo médio anual acima de 300 kw.h por mês.

Esta divisão considera que a tarifa de energia elétrica para o consumidor produtor rural é diferenciada do consumidor urbano residencial, conforme recomenda a resolução normativa 414 da ANEEL, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica (ANEEL, 2010).

Outro fator considerado foi a definição do consumo mínimo mensal para cada cooperado, sendo considerado 300 kw.h, visando que o consumidor investidor tenha um consumo mínimo considerável para um retorno financeiro.

A definição do grupo de cooperados em cada grupo deve ser realizada de acordo com a potência de geração mensal requerida em cada sistema a ser instalado pelas cooperativas.

#### 4.4.2 Custo para criação da cooperativa

Após a divisão em grupos, foram levantados os custos para a criação de uma cooperativa seguindo o Guia de Constituição de Cooperativas de Geração Distribuída Fotovoltaica. De acordo com Lima (2018), para criação de uma cooperativa deve-se seguir os seguintes passos:

1. Reunião do grupo;
2. Estudo de viabilidade e plano de negócios;

3. Estruturação e definição de regras e governança;
4. Fundação;
5. Formalização perante as instituições pertinentes - (Junta Comercial do Estado, Receita Federal e OCB).

Para o levantamento de custos para a formalização da cooperativa, foi consultada a tabela da junta comercial de Minas Gerais (JUCEMG, 2021) e do serviço de acompanhamento e abertura por um profissional ou empresa de contabilidade, sendo esta consulta, realizada através do Sindicato dos Escritórios de Contabilidade Auditoria e Perícias Contábeis no Estado de Minas Gerais – SINESCONTÁBIL-MG (SINESCONTÁBIL, 2021).

#### 4.4.3 Custos dos equipamentos, serviços e homologação

Para a obtenção dos custos de implementação do sistema, foi realizada pesquisa através de três empresas locais que possuem histórico de vendas e instalações de sistemas fotovoltaicos, onde foi informado a empresa que as faixas definidas de cooperados tivessem um retorno aproximado de 200 kw.h por mês.

A definição das empresas para a categoria de cooperados, baseou-se no critério de menor valor, tendo em vista que as empresas selecionadas são referências neste tipo de serviço na região.

#### 4.4.4 Custo para locação do sistema

A realização do orçamento de custo para locação do sistema, baseia-se nas seguintes premissas: (1) o local deve ter as dimensões apropriadas para a fixação dos módulos no solo e realização de manutenção; (2) não possuir interferência de sombras; (3) possuir uma cabine para alojamento dos equipamentos de proteção e inversores; (4) proximidade com uma rede de média tensão disponível para interligar o sistema fotovoltaico através de um transformador de acoplamento e a medição de energia de forma bidirecional.

Ainda, para a obtenção do local pode-se considerar três tipos de investimento a saber:

- a) Por arrendamento ou aluguel;
- b) Compra do local;
- c) Simples empréstimo ou doação da área.

Assim, esta etapa foi realizada baseada em uma pesquisa em imobiliárias locais, onde definiu-se os valores relativos as áreas necessárias para a implementação dos sistemas, relacionando o tamanho de cada propriedade à potência exigida de cada projeto de gerador.

#### 4.4.5 Custo de conexão ao sistema de distribuição

Para a instalação de um sistema de geração distribuída na modalidade de geração compartilhada, é necessário que seja providenciado uma padronização para medição e proteção no ponto de interligação com a rede de distribuição da concessionária (ANEEL, 2016).

Na determinação do custo a ser dispendido na conexão, vários fatores devem ser analisados, como potência total, localização em relação à rede de distribuição, tensão da rede, topologia da subestação e outras variáveis.

Com o objetivo de determinar um valor médio, realizou-se uma pesquisa com duas empreiteiras da região informando os três níveis de potência, além de fornecer uma distância máxima de 30 metros em relação à rede de distribuição da concessionária.

#### 4.4.6 Custos de operação e manutenção

Quanto aos custos anuais de operação e manutenção, a literatura converge quanto a valores próximos a 1,0% em relação ao valor do investimento inicial de instalação e equipamentos (NAKABAYASHI, 2014).

Sendo assim, os contratos de manutenção incluem acompanhamento do nível de geração, manutenção preventiva com vistorias anuais e limpeza dos módulos de, no mínimo, uma vez ao mês (COSTA, 2021).

#### 4.4.7 Custo de disponibilidade e demanda contratada

Estes custos, foram baseados no que se preconiza pela ANEEL (2015), onde: “[...]deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A”.

Sendo assim, para geração com potência instalada até 75,00 kW, enquadrados como consumidores do grupo “B”, a cobrança do custo de disponibilidade se limita ao máximo de 100 kw.h / mês. Desta forma o custo de disponibilidade do sistema, já considerando os impostos, seria na ordem de R\$ 100,00 por mês (ENERGISA, 2021).

Já os sistemas com potência de geração acima de 75,00 KW, são enquadrados no grupo tarifário “A” e devem pagar o valor de demanda fixo ao mês, conforme contratado na CUSD (Contrato de Uso do Sistema de Distribuição) relacionados no MUSD (Montante de Uso do Sistema de Distribuição) (ANEEL, 2020).

Nesse sentido, segundo a Energisa (2021) a tarifa mensal, incluindo os impostos, para os dois sistemas acima de 75 KW seriam, aproximadamente R\$ 29,35 por kilowatt. Desta maneira os custos com a demanda contratada seria:

a) Contrato da demanda para 300 KW –  $300 \times 29,35 = \text{R\$ } 8.805,00$

b) Contrato da demanda para 1.000 KW –  $1.000 \times 29,35 = \text{R\$ } 29.350,00$

Os consumidores, que são também produtores de energia e que se enquadram no sistema de compensação, conforme a REN 482, no estado de Minas Gerais, atualmente estão isentos do recolhimento do ICMS da parte de energia injetada na rede. Esta isenção se dá por conta do Estado de Minas Gerais aderir ao Convênio ICMS 75, de 18 de julho de 2016 (BRASIL, 2016).

#### 4.4.8 Fatura de energia dos cooperados

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento, pesquisou-se o valor a ser economizado pelos cooperados em suas faturas de energia, que podem ser separadas em duas categorias (ENERGISA, 2021):

- a) Cooperados com Tarifa Rural Faixa B2: R\$ 0,58867;
- b) Cooperados com Tarifa Residencial Faixa B1: R\$ 0,66895

Os impostos representam uma parte importante da tarifa e são cobrados na própria fatura. Segundo o IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (2021), os impostos cobrados junto com a tarifa de energia são os seguintes:

- a) PIS - Programas de Integração Social (federal)
- b) Cofins - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (federal)
- c) Custeio do Serviço de Iluminação Pública - CIP (municipal)
- d) ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (estadual)

Segundo informação da ENERGISA (2021b), com os impostos incluídos, pode-se apurar os seguintes valores:

- a) Cooperados com Tarifa Rural Faixa B2: R\$ 0,745770;
- b) Cooperados com Tarifa Residencial Faixa B1: 0,992760.

#### 4.4.9 Análise financeira

A simulação pretendida no estudo é de verificar a viabilidade financeira de uma cooperativa, com isso, a cooperativa deve investir em um sistema de geração de energia solar fotovoltaica na modalidade de geração distribuída compartilhada.

Como forma de organização da distribuição dos benefícios, os cooperados devem ingressar na cooperativa através de aquisição de cotas, sendo uma parte inicial para

o investimento no sistema e uma parte mensal para pagamento dos custos de operação e manutenção do empreendimento.

Com isso, os benefícios serão distribuídos na forma de créditos adquiridos com a injeção de energia na rede da concessionária e compensados de acordo com as normas da Resolução 486 da ANEEL, e suas atualizações, para a modalidade de geração compartilhada.

Portanto, como forma de definir o valor da cota a ser paga no investimento deve-se dividir o valor apurado pelo número de sócios definidos na cooperativa. Já o valor da contribuição anual, deve ser, no mínimo, o valor apurado na soma dos custos mensais. Desta forma, o retorno do investimento, para os sócios, virá como créditos na fatura de acordo com a energia compensada (em KW.h.).

Ainda, salienta-se que para a definição do valor da cota a ser paga anualmente, a título de contribuição, pode-se atribuir o valor exato do investimento, sendo que para a contribuição anual, pode-se atribuir um valor de 20% acima do custo básico, como forma de garantir um fundo de reserva para a cooperativa. Caso no final de cada ano a cooperativa apresentar uma sobra acima do fundo de reserva, este valor pode ser repassado aos cooperados, de acordo com a ata de constituição.

#### 4.4.10 Análise da economia dos cooperados quanto ao retorno financeiro

O retorno financeiro dos cooperados deve ser calculado apurando-se o valor economizado em energia elétrica a partir do recebimento dos créditos apurados em sua cota na cooperativa. Para esta simulação, definiu-se que o montante gerado na cooperativa seria distribuído igualmente entre os cooperados:

- a) Cooperativa com 45 cooperados: 2.256 KW.h / ano;
- b) Cooperativa com 180 cooperados: 2.331 KW.h / ano;
- c) Cooperativa com 600 cooperados: 2.330 KW.h / ano.

Sendo assim, multiplicou-se estes montantes pelo valor da tarifa de energia de cada grupo tarifário.

#### 4.4.11 Análise de CO2 evitadas com a energia produzida

Determinou-se o equivalente de CO2 evitado ao se utilizar geração de energia elétrica por fonte solar em oposição às fontes não renováveis, ainda utilizadas no país, para suprir a deficiência nos reservatórios das usinas hidrelétricas.

Do ponto de vista ambiental os sistemas fotovoltaicos são considerados como energia renovável e limpa, no sentido em que utilizam a energia eletromagnética do sol para converter em eletricidade, sem emissão de poluentes para a atmosfera.

Desta forma, para o cálculo da quantidade de CO2 lançados na atmosfera, evitados em relação a energia gerada pelos sistemas aqui analisados, utilizou-se a calculadora de emissões do Programa Carbono Neutro Idesam (PCN). Este método de análise foi desenvolvido com base nas guias do GHG Protocol e utilizando fontes de dados e fatores de emissão disponibilizados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), CETESB, Eletrobrás e IPCC (PCN, 2021).

Ao acessar a página do IDESAN (<https://www.idesam.org/calculadora>), calcula-se a quantidade de CO2 evitados ao se utilizar fonte renovável. Na página seleciona-se o botão da calculadora por consumo de energia elétrica mensal e a região onde se encontra o sistema de geração. Após entrar com estes dados e acionar o botão de “adicionar ao cálculo” é apresentado na parte lateral da página o resultado em toneladas de CO2 evitadas por mês e por ano.

#### 4.5 Aspectos éticos e legais do estudo

O estudo respeita os preceitos éticos das resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e não possui necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, tendo em vista que os dados coletados são de caráter público (leis, resoluções) e não irão apresentar riscos para nenhum ser humano, por se tratar de um modelo documental.

## 5 RESULTADOS

Baseando-se no critério de potência de geração mensal requerida em cada sistema, e considerando um valor considerável de 300 kw.h para o consumidor investidor, chegou-se a definição de três grupos de cooperados para produtores rurais e três grupos para consumidores residenciais urbanos, conforme demonstra a tabela abaixo:

**Tabela 1.** Grupos de cooperados quanto a quantidade de cooperados e Potência requerida para o sistema (KWp).

<b>Grupo de cooperativa</b>	<b>Quantidade de cooperados</b>	<b>KWP</b>
Produtor rural 01	45	75
Produtor rural 02	180	300
Produtor rural 03	600	1.000
Consumidores urbanos 01	45	75
Consumidores urbanos 02	180	300
Consumidores urbanos 03	600	1.000

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Em relação a análise dos custos para a formalização da cooperativa, identificou-se um total de R\$ 10.258,71 (dez mil, duzentos e cinquenta e oito Reais e setenta e um centavos), além de R\$ 1.051,18 (um mil e cinquenta e um Reais e dezoito centavos) como custo mensal (tabela 2).

**Tabela 2.** Custos para a formalização da cooperativa junto as instituições pertinentes. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

<b>Custo</b>	<b>Valor</b>	<b>Local de consulta</b>
Abertura e registro da ata de constituição da cooperativa	R\$ 369,11	Tabela da junta comercial de Minas Gerais (JUCEMG)
Elaboração de Estatuto Social (S/A, Sindicatos, Associação e Cooperativa)	R\$ 4.445,82	Sindicato dos Escritórios de Contabilidade Auditoria e Perícias Contábeis no Estado de Minas Gerais – SINESCONTÁBIL-M
Ata de Fundação (S/A, Sindicatos, Associação e Cooperativa)	R\$ 5.433,78	
Escrituração Contábil (Valores mensais)	R\$ 1.051,18	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quanto aos custos de equipamentos, serviços e homologação, após a pesquisa e orçamentos em três empresas locais, evidenciou-se que para o número de 45 cooperados, a empresa A apresenta melhor custo benefício, enquanto para os grupos de 180 e 600 cooperados, a empresa B, mostrou melhor resultado, conforme tabela abaixo.

Na tabela 3 também é apresentado a potência (KWp) especificado em cada orçamento dependendo dos equipamentos a serem fornecidos.

**Tabela 3.** Custos dos equipamentos, serviços e homologação de acordo com orçamentos locais. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

<b>Empresa</b>	<b>Nº cooperados</b>	<b>Potência (KWp)</b>	<b>Rateio (KW.h/mês)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
A	45	72,90	188,80	266.942,00
A	180	299,70	194,06	1.090.250,00
A	600	972,00	188,81	3.380.000,00
B	45	75,20	194,75	268.182,00
B	180	300,00	194,25	913.789,00
B	600	1000,00	194,24	2.892.757,00
C	45	75,60	193,80	310.000,00
C	180	300,24	193,00	1.065.000,00
C	600	1000,08	192,87	3.496.700,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quanto aos custos de locação e aquisição, baseando-se nas pesquisas imobiliárias realizadas, identificou-se o cenário ideal associado a potência quanto a área em m<sup>2</sup>, o aluguel anual e a aquisição, tendo em vista a região rural da cidade de Manhuaçu (tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo dos custos de locação e aquisição. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

Potência (KWp)	Área (m <sup>2</sup> )	Aluguel Anual (R\$)	Aquisição (R\$)
75	382	800,00	382.000,00
300	1.569	1.500,00	1.56.9000,00
1.000	5.100	5.000,00	5.100.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após pesquisa em três empreiteiras da região, informando os três níveis de potência planejados, identificou-se os seguintes valores relacionados aos custos de conexão ao sistema de distribuição, onde a empresa C apresentou o melhor orçamento para as duas primeiras potências (75 e 300) e a empresa B para a potência de 1.000 KVA, conforme demonstra a tabela 5.

**Tabela 5.** Resumo dos orçamentos para conexão. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

Potência (KVA)	Empresa A (R\$)	Empresa B (R\$)	Empresa C (R\$)
75	46.000,00	48.200,00	45.600,00
300	68.000,00	69.780,00	63.596,00
1.000	368.000,00	296.658,00	430.850,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A tabela 6 evidencia os valores apurados para os investimentos dos três sistemas propostos, considerando o custo de disponibilidade e demanda contratada, os impostos e a fatura de energia dos cooperados (tabela 6).

**Tabela 6.** Investimento para as três propostas baseadas em suas potências. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

Nº Coop.	Registro	Estatuto	Ata	Sistema	Conexão	Total
45	369,11	4.445,82	5.433,78	266.942,00	45.600,00	322.790,71
180	369,11	4.445,82	5.433,78	913.789,00	63.596,00	987.633,71
600	369,11	4.445,82	5.433,78	2.892.757,00	296.658,00	3.199.663,71

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Já a tabela 7, apresenta os valores apurados relativo aos custos anuais de operação e manutenção dos três sistemas propostos.

**Tabela 7.** Valores apurados quanto aos custos anais de operação. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

<b>Nº Coop.</b>	<b>Contabilidade</b>	<b>Aluguel</b>	<b>Operação</b>	<b>Tarifas Disponibilidade</b>	<b>Total</b>
45	1.051,18	9.600,00	2.669,42	1.200,00	14.520,60
180	1.051,18	18.000,00	9.137,89	105.660,00	133.849,07
600	1.051,18	60.000,00	28.927,57	352.200,00	442.178,75

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Considerando a análise financeira proposta, os cooperados teriam valores rateados e distribuídos de forma anual ou mensal, sem ou com fundo de reserva (tabela 8).

**Tabela 8.** Análise financeira proposta quanto aos valores a serem rateados. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

<b>Nº cooperados</b>	<b>Valores quanto ao investimento</b>	<b>Valores anuais (sem fundo de reserva)</b>	<b>Valores anuais (com fundo de reserva)</b>
45	R\$ 7.173,13	R\$ 322,68	R\$ 387,22
180	R\$ 5.486,85	R\$ 743,61	R\$ 892,33
600	R\$ 5.332,77	R\$ 736,96	R\$ 884,35

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após avaliar o montante gerado de KW.h/ano em cada proposta de cooperativa, multiplicando-os por cada grupo tarifário, identificou-se que para os grupos rurais e urbanos, o seguinte rateio, contribuição e valor total de economia, conforme demonstra a tabela 9.

**Tabela 9.** Economia anual por cooperado. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

<b>Grupo de cooperativas</b>	<b>Nº Coop.</b>	<b>Tarifa Tipo</b>	<b>Rateio (KW.h/ano)</b>	<b>Tarifa (R\$)</b>	<b>Contr. (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Rural 01	45	B1	2.256	0,99276	387,22	1.852,45
Rural 02	180	B1	2.331	0,99276	892,33	1.421,79
Rural 03	600	B1	2.330	0,99276	884,35	1.428,78
Urbanos 01	45	B2	2.256	0,74577	387,22	1.689,62
Urbanos 02	180	B2	2.331	0,74577	892,33	1.738,39
Urbanos 03	600	B2	2.330	0,74577	884,35	1.737,64

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O tempo de retorno, calculado com uma taxa de desconto no tempo, ou *payback* descontado, é um parâmetro sempre analisado em intenções de investimento. Para os consumidores do grupo tarifário urbano, o *payback* aconteceu entre o ano 4 e o ano 5, para todos os três sistemas, enquanto para o grupo tarifário rural, o melhor tempo de retorno ocorreu para o sistema de 75 kW com 6,31 anos (tabela 9).

**Tabela 10.** Comparação dos resultados obtidos pela simulação financeira. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

Cooperativa	Potência	VPL	IL	PBD (ANOS)	TIR
Rural 01	75 KW	R\$ 23.480,81	3,27	4,34	21%
Rural 02	300 KW	R\$ 15.991,46	2,91	4,51	20%
Rural 03	1000 KW	R\$ 16.550,69	3,02	4,30	21%
Urbanos 01	75 KW	R\$ 12.950,07	1,81	6,31	13%
Urbanos 02	300 KW	R\$ 6.147,31	1,12	7,23	9%
Urbanos 03	1000 KW	R\$ 5.674,46	1,03	7,39	9%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

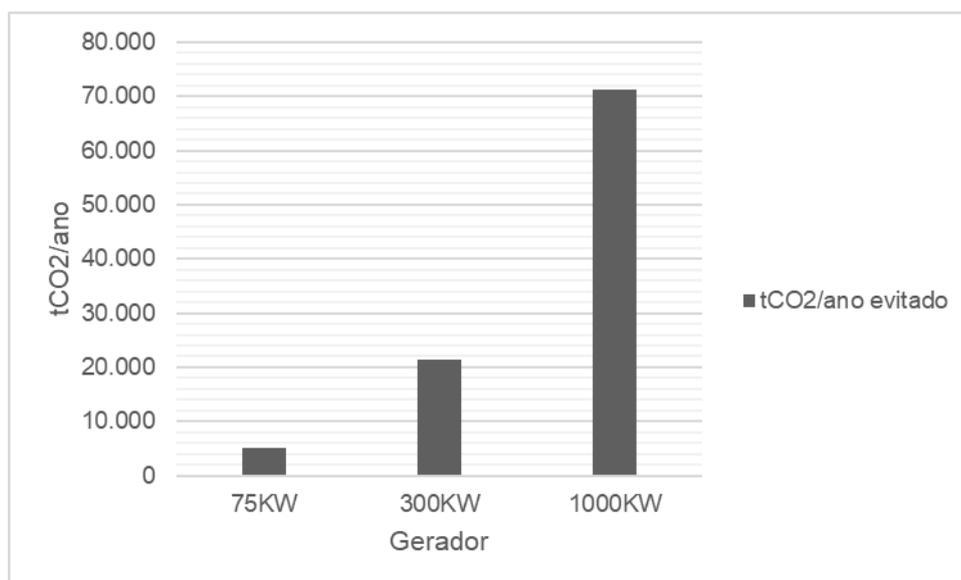
VPL: Valor Presente Líquido;

IL: Índice de Lucratividade;

PBD: *Payback* Descontado;

TIR: Taxa Interna de Retorno.

Por fim, ao determinar o equivalente de CO<sub>2</sub> evitado ao se utilizar geração de energia elétrica por fonte solar em oposição às fontes não renováveis, identificou-se uma redução considerável por ano, de acordo com cada gerador, conforme figura 4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

**Figura 4.** Equivalente de CO<sub>2</sub> evitado ao se utilizar geração de energia elétrica por fonte solar (fotovoltaica) em oposição às fontes não renováveis. Manhuaçu, Minas Gerais, Brasil, 2021.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Análise financeira

Conforme observado nos resultados apurados na simulação financeira, com exceção do índice de lucratividade (IL), os indicadores financeiros apontam a cooperativa 01 como a melhor opção entre as seis variáveis analisadas. Caso os cooperados sejam tarifados na modalidade Rural B2, a cooperativa 04 apresentou os melhores resultados para este tipo de consumidor.

Estes resultados podem ser explicados pelo menor custo de investimento inicial para a instalação de um sistema de geração fotovoltaica menor que, ou igual, a 75 KW.

Segundo Peroni (2018), o grupo tarifário do consumidor, ou seja, o valor da tarifa que é cobrada pela distribuidora de energia local e o custo de instalação do sistema, são elementos determinantes para a viabilidade financeira dos sistemas fotovoltaicos, além de serem fatores que podem comprometer a disseminação da tecnologia no país.

Revisando a literatura e fazendo entrevistas com pessoas interessadas em adquirir sistemas fotovoltaicos (*stakeholders*), Peroni (2018) identificou as seguintes barreiras contra o interesse no investimento em sistemas de geração fotovoltaica, pelos consumidores brasileiros: Por revisão da literatura: Financiamento e incentivos governamentais; Desconfiança, resistência a novas tecnologias; Tecnológicas de Qualidade; Preço dos equipamentos. E por entrevistas com *stakeholders*: Disseminação de informação; Tecnológicas de Qualidade; Preço dos equipamentos (PERONI, 2018).

Nakabayashi (2015), considera que, em tempos de baixo nível nos reservatórios das hidrelétricas, a utilização dos sistemas fotovoltaicos como geração distribuída, podem substituir as usinas que operam com custos elevados e são altamente poluentes, com vantagens econômicas e ambientais.

Com relação aos sistemas compartilhados, Victor (2020) considerou viável um sistema fotovoltaico de geração compartilhada em cooperativa na cidade de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte, e concluiu como aspectos positivos da cooperativa, a possibilidade de consumidores, sem espaço físico para instalação do

sistema, poderem investir em energia renovável e diminuir os custos com energia elétrica, além de poder reduzir o investimento inicial para a compra do sistema.

Nesse sentido, uma melhor relação com a concessionária de energia elétrica, tratativas mais adequadas de benefícios e isenções fiscais, além da possibilidade de mudança de endereço sem deslocamento dos equipamentos de geração, são apontadas por Falcão (2020) como vantagens para o consumidor que participa de uma cooperativa de energia compartilhada.

Nessa linha, Cibils (2017) concluiu que a criação de uma cooperativa de energia solar no Morro de Leme no Rio de Janeiro, apresenta-se como viável econômica e financeiramente, apesar de salientar que para consumidores de poucos recursos financeiros, as condições de financiamento são essenciais para o sucesso do empreendimento.

Estudo de caso que converge com os resultados, mostrou que para uma cooperativa agrícola com gerador fotovoltaico com potência instalada de 323,42 KWp, na modalidade de minigeração distribuída, além de viável financeiramente, com baixo risco de investimento, a cooperativa pode requerer selos sociais e de sustentabilidade ao utilizar fontes de energia limpas e renováveis (PEREIRA, 2017).

## **6.2 Políticas públicas e o incentivo a sustentabilidade energética**

Frente a estas questões, políticas de apoio e incentivo a sustentabilidade energética do país, além de serem necessárias ao desenvolvimento, também devem ser alinhadas com demandas internacionais.

No ano de 2015, a Organização das Nações Unidas adotou uma agenda com planos de ação de forma colaborativa entre os países signatários contendo 17 objetivos e 169 metas, denominados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS7 tem como meta energia limpa e acessível.

Nesta perspectiva, segundo Silveira, Fagundez e Souza (2020), o Brasil possui um modelo energético baseado em energias renováveis, principalmente com base hídrica e mais recentemente de fonte eólica e solar, mas salientou que o aumento na

utilização de energia fóssil e indicadores de desconstrução de políticas públicas de proteção ao clima, têm sido contrários ao cumprimento das metas da agenda de sustentabilidade ODS7.

As políticas públicas implementadas desde 2012 tem contribuído para que o setor de energias renováveis tivesse um crescimento expressivo. A isenção de ICMS, PIS e COFINS, foram essenciais para que este desenvolvimento fosse possível, dando condições de viabilidade aos projetos (MICHELETTI, et al., 2020).

Micheletti e colaboradores (2020) a partir de um estudo sobre a extrafiscalidade no setor de tributação em renováveis, concluíram que a expansão do setor fotovoltaico deve ser desenvolvida através de um planejamento governamental atrelado a políticas públicas de tributação extrafiscal, investimentos, políticas de financiamento, investimento e pesquisas para que as indústrias nacionais desenvolvam tecnologia para garantir sustentabilidade em utilização de energia limpa e renovável.

Com relação à política de formação das tarifas de energia no Brasil, Bajay e colaboradores (2018) acreditam que os procedimentos praticados atualmente deverão ser modificados devido ao avanço da geração distribuída. Assim, comparando com procedimentos tarifários de outros países, o autor sugere que os custos e benefícios das novas tecnologias de geração devem ser distribuídas de maneira mais equitativa entre consumidores, geradores, companhias de distribuição e demais atores do mercado de energia elétrica.

Schneider et al. (2018), em trabalho que comparou a realidade das cooperativas de energia elétrica na modalidade de geração distribuída compartilhada, do Brasil com outros países, destacaram que as cooperativas podem ser importantes para a transição energética brasileira. Ressaltaram ainda que, no Brasil, ao contrário de outros países com mais tempo de experiência, ainda há falta de conhecimento e entendimento do modelo de cooperativas neste tipo de modalidade.

Por fim, neste trabalho foi realizado um estudo para avaliar a viabilidade financeira na formação de uma cooperativa com investimento em um sistema compartilhado de geração distribuída de energia fotovoltaica nos parâmetros da resolução 486 da ANEEL.

Com isso, destaca-se o incentivo fiscal do Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), que é um destes exemplos, e contribuiu de forma significativa para o crescimento do mercado de micro e minigeração distribuída, concedendo incentivos fiscais, na cobrança do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) a partir de 2015. Desta forma os Estados puderam conceder isenção da cobrança do ICMS sobre a energia injetada na rede da distribuidora (CONFAZ, 2015).

Por sua vez o Convênio ICMS 101/97, concedeu isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica (CONFAZ, 2017).

Com vistas a esta análise, traz-se a recente decisão da Câmara de Deputados, que aprovou em 18 de agosto de 2021 um projeto de lei que estabelece que os consumidores de energia participantes do sistema de geração distribuída, conforme regulamentação 482 da ANEEL, paguem uma tarifa pelo uso do sistema de distribuição de energia. O projeto de lei segue para aprovação no Senado Federal (BRASIL, 2021).

Nesse sentido e com os resultados aqui propostos, questiona-se quais as mudanças podem ser previstas caso esta lei passe a vigorar e se haverá ou não o aumento ou diminuição de produção de energia fotovoltaica.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a criação de uma cooperativa para investimento em um sistema compartilhado de geração de energia fotovoltaica, resulta em benefícios aos cooperados e à sociedade, na perspectiva de contribuir para a disseminação desta modalidade de geração e pesquisas futuras, uma vez que existe um déficit de literatura científica que aborda essa temática. Assim como, subsidiar formulação de políticas públicas relacionadas a geração de energia utilizando fontes renováveis.

### **6.3 Impactos ambientais e os sistemas fotovoltaicos**

Como contribuição para a transição energética, os sistemas fotovoltaicos conectados ao sistema de distribuição das concessionárias, como geração distribuída e compartilhada, pode ser um grande aliado para a redução, ou até eliminação, da utilização das usinas térmicas, erradicando dessa maneira a cobrança das bandeiras tarifárias e reduzindo a emissão de gases de efeito estufa.

O atual estágio na participação das fontes renováveis na matriz energética do Brasil, é resultado das recentes políticas de incentivo no investimento em sistemas de geração utilizando fontes renováveis. Políticas de incentivo de investimento com juros atrativos, redução e isenção de impostos e disseminação de informação à população são essenciais para a transição energética e consequente melhoria nas condições socioambientais do país.

Nesse sentido, o trabalho mostra que no modelo proposto, ao determinar o equivalente de CO<sub>2</sub> evitado ao se utilizar geração de energia elétrica por fonte solar em oposição às fontes não renováveis, identificou-se uma redução considerável por ano, de acordo com cada gerador.

Com isso, obteve-se um cenário para análise das atuais políticas públicas de incentivo na utilização de fontes renováveis para geração de energia elétrica de modo distribuído, tendo em vista que se demonstrou uma redução do equivalente de CO<sub>2</sub> evitado ao se utilizar geração de energia por fonte solar em relação as fontes não renováveis.

Assim, destaca-se que com relação as políticas públicas de incentivo à utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica, a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e as posteriores resoluções que a sucederam, permitiram um salto significativo para a transição da matriz energética brasileira (NAKABAYASHI, 2014).

Nesta mesma perspectiva, também foi evidenciado no estudo de Lira et al., (2019) realizado no estado do Ceará, Brasil, que teve como objetivo analisar a contribuição da geração distribuída dos sistemas fotovoltaicos, conectados à rede elétrica, que proporcionam a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Com isso, os autores identificaram

que este tipo de energia gerou uma redução significativa de CO<sub>2</sub> no local em questão, corroborando com o modelo proposto nesta pesquisa.

Resultado este, também evidenciado no estudo de Dantas, Apolônio e Junior (2019), onde houve uma redução de mais de 100kg de CO<sub>2</sub> quando utilizado energia fotovoltaica associado a energia elétrica.

Estes resultados podem servir de proposta para órgãos públicos e posterior reorganização de políticas de geração de energia, tendo em vista que o uso de tecnologia sustentável produz baixo nível de emissão de gases de efeito estufa, como a energia fotovoltaica. O uso desta fonte de energia através de cooperativas, é uma estratégia eficaz e possível para a redução dos altos custos de implementação e expansão dessa produção.

## 7 CONCLUSÃO

Utilizando técnicas de simulação financeira, como a Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e o Tempo de Retorno Descontado (*Payback* descontado), conclui-se que, todos os sistemas analisados são viáveis do ponto de vista financeiro, no sentido que em algum momento da vida útil do sistema há retorno de capital, além de um valor presente líquido acima do capital investido.

Os resultados apurados na simulação financeira indicaram que o tempo de retorno para a modalidade tarifária residencial é mais atrativo que o grupo tarifário rural. Esta conclusão é explicada pela tarifa rural ser mais baixa que a residencial, impactando no valor economizado durante os anos.

A necessidade do pagamento de demanda contratada para sistemas acima de 112,5 KW, evidenciou a vantagem para o sistema com potência até 75 KW. Essa particularidade pode sugerir que montar várias cooperativas menores seja mais indicado que uma cooperativa maior, além da maior complexidade de conexão, projeto, organização e gerenciamento para grandes sistemas.

Nessa perspectiva, os resultados encontrados voltam-se principalmente para a promoção de políticas ambientais através de tecnologias sustentáveis, pois, um dos fatores limitantes para a implementação de energia fotovoltaica, é o seu custo. Entretanto, com a criação de cooperativas, se reduz o custo, aumenta-se o lucro dos participantes e o sistema ecológico possui melhorias, principalmente no que se diz respeito a emissão de gases de efeito estufa.

Os sistemas de geração utilizando fontes renováveis, em especial a solar e a eólica, tem se mostrado eficientes tanto no retorno financeiro quanto ao aspecto ambiental, tornando edificações comerciais, residenciais, industriais e rurais mais sustentáveis quanto ao aspecto energético.

Outros países mais desenvolvidos na área tecnológica, já apresentam níveis de substituição de fontes poluentes para fontes renováveis bem acima do que é constatado nos países menos desenvolvidos, o que aponta para uma atuação governamental maior para criação de políticas públicas que incentivem o investimento em tecnologia de conversão energética.

Cooperativas de energia solar devem ser mais incentivadas pelos órgãos envolvidos, pois a percepção é de que não existe uma política de esclarecimento aos consumidores que este tipo de empreendimento, além de legalmente estabelecido, pode ser a solução para a impossibilidade de reduzir o valor da conta de energia e ainda participar da redução do uso de combustíveis poluentes por parte das usinas de geração de energia elétrica.

Outro fator que tem contribuído para a disseminação dos sistemas fotovoltaicos é a redução do valor dos equipamentos utilizados em contraponto aos valores cobrados nas contas de energia. Esta diferença proporciona um retorno do investimento mais rápido e conseqüentemente mais atrativo ao consumidor.

## 8 REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Fontes de energia elétrica no Brasil.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/Renov%C3%A1veis+e+N%C3%A3o+Renov%C3%A1veis/aba3cfc6-a27f-a7af-6cac-1d859a2f0d1d?version=1.1>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia elétrica do Brasil,** 2016. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/livros/-/asset\\_publisher/eZ674TKh9oF0/content/atlas-de-energia-eletrica-do-brasil/656835](http://www.aneel.gov.br/livros/-/asset_publisher/eZ674TKh9oF0/content/atlas-de-energia-eletrica-do-brasil/656835)> Acesso em: 29 de dezembro de 2021.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional- PRODIST.** Acesso em: 21 de dezembro de 2020, disponível em:<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3\\_Revisao\\_4](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3_Revisao_4)>.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa n. 687, de 24 de novembro de 2015.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa n. 482, de 17 de abril de 2012.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Fontes de energia elétrica no Brasil. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/Renov%C3%A1veis+e+N%C3%A3o+Renov%C3%A1veis/aba3cfc6-a27f-a7af-6cac-1d859a2f0d1d?version=1.1>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).** 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/prodist>. Acesso em: 8 maio 2021.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST)**. Os Procedimentos de Distribuição. 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/prodist>. Acesso em: 5 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Homologatória nº 2.696, de 17 de junho de 2020**. 2020. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20202696ti.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada**. 2010. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0>. Acesso em: 2 maio 2021.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa n. 687, de 24 de novembro de 2015**. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa n. 687, de 24 de novembro de 2015**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa n. 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2020.

ANTONIOLLI, Andriago Fillipo et al. Análise de serviço de energia solar fotovoltaica compartilhada no Brasil. **Revista Empreender e Inovar**, v. 1, n. 1, p. 104-116, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR (ABSOLAR). **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. 2021**, Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>. Acesso em: 28 set. 2021.

BRASIL. Agência Câmara De Notícias. **Câmara aprova marco legal dos micro e minigeradores de energia. Texto estabelece regras de transição para cobrança de encargos de uso dos sistemas de distribuição.** Câmara dos Deputados, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/796186-camara-aprova-marco-legal-dos-micro-e-minigeradores-de-energia/>. Acesso em 12 set. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Convênio ICMS 75, de 18 de julho de 2016 — Conselho Nacional de Política Fazendária CONFAZ.** 2016. Disponível em: [https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2016/CV075\\_16](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2016/CV075_16). Acesso em: 6 fev. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Mineração Brasileira – Produto 27 (quartzo).** Brasília, DF, 2009. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P27\\_RT37\\_Perfil\\_do\\_Quartzo.pdf/3ea3802c-8da9-4012-a246-c722d750de1f](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P27_RT37_Perfil_do_Quartzo.pdf/3ea3802c-8da9-4012-a246-c722d750de1f). Acesso em 19 de dezembro de

BRASIL. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos LEI Nº 5.764, DE 16 DE DEZEMBRO DE 1971. Define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l5764.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5764.htm). Acesso em: 26 mar. 2021.

CARVALHO, F. I. A.; ABREU, M. C.; CORREIA NETO, J. F. Alternativas Financeiras Para Habilitar Projetos De Microgeração Distribuída Com Energia Solar Fotovoltaica. **RAM, Rev. Adm. Mackenzie**, São Paulo, v. 18, n. 1, pág. 120-147, fevereiro de 2017.

CASARO, Marcio Mendes; MARTINS, Denizar Cruz. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. **Sba Controle & Automação**, Campinas , v. 21, n. 2, p. 159-172, Apr. 2010.

CHANG, Ha-Joon. **Globalisation, Economic Development & the Role of the State**. Zed Books, 2003.

CIBILS, Juan Antônio Cuervo. **Análise de viabilidade econômico-financeira de uma cooperativa de energia solar na cidade do rio de janeiro**. 2017. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Administração e Ciências Contábeis MBA em Finanças Empresariais. 2017.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA (CONFAZ), **Convênio ICMS 101/97**, 2017. Disponível em: [https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/CV101\\_97](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/CV101_97). Acesso em: 5 jan. 2021.

COSTA, André Luis Crispim; HIRASHIMA, Simone Queiroz da Silveira; FERREIRA, Reginaldo Vagner. Operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede: inspeção termográfica e limpeza de módulos FV. **Ambiente Construído [online]**. 2021, v. 21, n. 4, pp. 201-220. Disponível em:

DA ROSA, Antonio Robson Oliveira; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista brasileira de energia solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2016.

DE LIMA DANTAS, Ozlean; APOLONIO, Roberto; JUNIOR, Alcides Arruda. Potencial da geração distribuída e seu impacto na redução de emissões de CO<sub>2</sub>: Estudo de uma micro usina fotovoltaica conectada à rede de energia elétrica. **Engevista**, v. 21, n. 2, p. 329-340, 2019.

DE MEDEIROS, Raimundo Mainar. Insolação decadal para Recife–PE, Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 12, n. 2, p. 124-137, 2018.

DELABENETA, Cibely. **A percepção dos dirigentes de cooperativas agroindustriais do oeste do paraná quanto a projetos de energia solar e**

**proposta de modelo de análise de viabilidade.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2019.

EDQUIST, Charles. **Systems of innovation: technologies, institutions, and organizations.** Psychology Press, 1997.

ENERGISA. **Impostos e outros encargos.** 2021b. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/impostos-outros-encargos.aspx>. Acesso em: 5 mar. 2021.

\_\_\_\_\_. **Norma de Distribuição Unificada NDU – 015. Critérios para a Conexão de Acessantes de Centrais Geradoras e Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição Para Conexão em Média Tensão.** Revisão 3.1, João Pessoa - PB, 2017. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20015%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20G.%20ao%20Sistema.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Norma de Distribuição Unificada NDU 013. Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição.** Revisão 4.1, João Pessoa - PB, 2019. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20V4.1.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Tipos de Tarifas.** 2021. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>. Acesso em 1 ago. 2021.

FALCÃO, Marina Meyer. **Aspectos regulatórios contratos em geração distribuída cooperativa e consórcio - Economia compartilhada.** Apresentação em Power Point. [2020]. Disponível em: <https://www.exposolarbrasil.com.br/ppt/MARINA%20MEYER%20FALC%C3%83O%20-%20KRAG%20BRASIL.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2021.

FRANCISCO, Ana Carolina Camargo et al . Influência de parâmetros meteorológicos na geração de energia em painéis fotovoltaicos: um caso de estudo do Smart Campus Facens, SP, Brasil. **urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba , v. 11, e20190027, 2019.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

IMAI, Hugo Eiji et al. Simulação computacional como ferramenta de otimização na geração de energia solar fotovoltaica. **urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba , v. 12, e20190343, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR (IDEC). **Encargos e tributos**. 2021, Disponível em: <https://idec.org.br/edasuaconta/encargosetributos>. Acesso em: 10 mar. 2021.

JUNTA COMERCIAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS (JUCEMG). **Tabela de preços de serviços da JUCEMG**. 2021. Disponível em: <https://jucemg.mg.gov.br/pagina/52/tabela-de-precos>. Acesso em: 6 jul. 2021.

LEDUR, Joel Adriano et al. A Governança Corporativa e suas Diretrizes com base no Modelo de Boas Práticas do Banco Central do Brasil: Estudo de Caso na Sicredi Serrana RS. In: **XX Mostra de Iniciação Científica, Pós-graduação, Pesquisa e Extensão**. 2020.

LIMA, Ariane A. et al. Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 42, e20190191, 2020.

LIMA, D. Cooperativas de Energia: Guia de Constituição de Cooperativas de Geração Distribuída Fotovoltaica. **Brasília: Sistema OCB, Cooperação Alemã (GIZ), DGRV**, 2018.

LIMA, Danilo de Brito. **Cooperativas de energia: guia de constituição de cooperativas de geração distribuída fotovoltaica**. Brasília, DF. Sistema OCB, Cooperação Alemã, Giz, DGRV, 2018. 44p. ISBN: 978-85-00000-00-0. Disponível em: <https://americadosol.org/wp->

[content/plugins/calculadora\\_fotovoltaica/assets/arquivos/Guia\\_de\\_constituicao\\_de\\_cooperativas\\_de\\_geracao\\_distribuida\\_fotovoltaica.pdf](#). Acesso em: 22 abr. 2021.

LIRA, Marcos Antônio Tavares et al. Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO<sub>2</sub> no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 389-397, 2019.

Losekann, L. Hallack, M. **Novas energias renováveis no brasil: desafios e oportunidades**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2018. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/06/novas-energias-renovaveis-brasil-desafios-e-oportunidades/31794>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MANHUAÇU. Prefeitura Municipal. **LEI COMPLEMENTAR Nº 002, DE 25 DE SETEMBRO DE 2017. Dispõe sobre o Código Tributário do Município de Manhuaçu.** 2017. Disponível em: [https://www.manhuacu.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/NOVO\\_CODIGO\\_TRIBUTARIO?cdLocal=2&arquivo=%7B676CE17D-BD8C-08A2-CBCD-CCC586D1CCB%7D.pdf](https://www.manhuacu.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/NOVO_CODIGO_TRIBUTARIO?cdLocal=2&arquivo=%7B676CE17D-BD8C-08A2-CBCD-CCC586D1CCB%7D.pdf). Acesso em: 25 mar. 2021.

MANHUAÇU. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor Municipal e Plano de Mobilidade Urbana.** 2016. Disponível em: [https://www.manhuacu.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/Plano\\_Diretor\\_e\\_plano\\_de\\_Mobilidade\\_Urbana\\_do\\_Municipio\\_de\\_Manhuacu?cdLocal=2&arquivo={6BAA615E-E86E-3AA6-7C0B-62DA76A1CD2C}.pdf](https://www.manhuacu.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Plano_Diretor_e_plano_de_Mobilidade_Urbana_do_Municipio_de_Manhuacu?cdLocal=2&arquivo={6BAA615E-E86E-3AA6-7C0B-62DA76A1CD2C}.pdf). Acesso em: 25 mar. 2020.

MICHELETTI, Igor Talarico da Silva et al. **Extrafiscalidade e energia solar fotovoltaica: O uso da tributação ambiental na promoção da sustentabilidade.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S.l.], v. 9, p. 677-691, maio 2020. ISSN 2238-8753. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/9198](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9198). Acesso em: 12 set. 2021.

MOREIRA JUNIOR, Orlando et al. Sustentabilidade em edifício residencial no município de Dourados, MS. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 475-486, June 2019.

MOREIRA JUNIOR, Orlando; SOUZA, Celso Correia de. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 21, n. 2, pág. 379-387, abril de 2020.

NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. 2014. Dissertação (Mestrado em Energia) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. doi:10.11606/D.106.2014.tde-26012015-141237.

NASCIMENTO, Raphael Santos; ALVES, Geziele Mucio. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e benefícios ambientais. **XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência**. Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

PEREIRA, Antônio Carlos Martins. **Análise de viabilidade econômica na implantação de sistema de energia solar fotovoltaico em uma cooperativa agrícola**. 2017. Monografia (Pós-graduação em Ciências Sociais Aplicadas) - Universidade Federal do Paraná, 2017.

PEREIRA, Márcio G. et al. Avaliação do Mercado de Aerogeradores de Pequeno Porte à Luz da Resolução Aneel nº 482/2012: Resultado da Pesquisa Realizada com Agentes do Setor. **XXIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica–Itaipu Binacional–Foz de Iguaçu, Brasil**, 2015.

PERONI, Michel Bucci. **Viabilidade econômico-financeira e barreiras para o avanço da energia solar fotovoltaica no setor de supermercados**. 2018. 116 f. Dissertação (MPGC) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2018.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Energia limpa e acessível**. 2015. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/post-2015/sdg-overview/goal-7.html>. Acesso em 29 de dezembro de 2020.

PNUMA. **Global Trend in Renewable Energy Investment 2016**. Frankfurt School of Finance & Management, 2016

RELLA, Ricardo. Energia fotovoltaica no brasil. **Revista de Iniciação Científica**, v. 15, n. 1, p. 28-38, 2017.

REN21. **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century**. 2017. Disponível em: <[https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017_Full-Report_English.pdf)>, Acesso em: 29 de dezembro de 2020.

RODRIGUES, Larissa Mendes; LIRA, Marcos Antonio Tavares; SOUSA NETO, Miguel Leocádio de. Mitigação dos Efeitos das Mudanças Climáticas a partir da Substituição Gradual de Termelétricas a Carvão por Usinas Fotovoltaicas. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo , v. 35, n. 3, p. 415-424, Sept. 2020.

SANTIAGO, João Vitor Assad. **O mercado emergente de energia solar fotovoltaica no Brasil entre 2012 e 2018: avanços, desafios e perspectivas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, Louise et al. Tendências climáticas na mesorregião da Mata Paraibana e sua influência na produção de energia fotovoltaica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, 2018.

SISTEMA OCB – CNCOOP, OCB, SESCOOP. **Anuário do cooperativismo Brasileiro: 2018**. Brasília, 2019. (3ª Versão).

SOUZA, Gabriela Romana; DA PENHA, Roberto Silva. Viabilidade Econômica de um Projeto de Investimento de Energia Fotovoltaica. **RAGC**, v. 8, n. 35, 2020.

STEFANELLO, Camila; MARANGONI, Filipe; ZEFERINO, Cristiane Lionço. A importância das políticas públicas para o fomento da energia solar fotovoltaica no Brasil. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**. 2018.