



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS

CRISTIANE DIÓGENES MARQUES

O IMPACTO DO ICMS NA EXPANSÃO DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA NO CEARÁ

FORTALEZA
2020

CRISTIANE DIÓGENES MARQUES

O IMPACTO DO ICMS NA EXPANSÃO DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA NO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Ciências
Contábeis do Centro Universitário
Christus, como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Contábeis.

Orientador: Prof. Felipe José Albuquerque
Pereira

FORTALEZA

2020

CRISTIANE DIÓGENES MARQUES

O IMPACTO DO ICMS NA EXPANSÃO DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA NO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Ciências
Contábeis do Centro Universitário
Christus, como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Contábeis.

Orientador: Prof. Felipe José Albuquerque
Pereira

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Felipe José Albuquerque Pereira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Gersa Marília Alves Melquiades de Lima
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Moacir Jose Barreira Danziato
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D536i Diógenes Marques, Cristiane.
 O IMPACTO DO ICMS NA EXPANSÃO DO MERCADO DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ / Cristiane
Diógenes Marques. - 2020.
 54 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Ciências Contábeis,
Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Esp. Felipe José Albuquerque Pereira.

1. ICMS 16/2015. 2. Tributação. 3. Análise financeira. 4.
Geração solar fotovoltaica. I. Título.

CDD 657

RESUMO

O presente trabalho busca demonstrar o impacto do ICMS no avanço da geração solar fotovoltaica distribuída no estado do Ceará. Foram comparados dois sistemas de tarifação do ICMS: um considerando o modelo atual cobrado no estado e outro de acordo com mudanças na legislação. Inicialmente, por meio da Resolução nº 482/2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou o sistema de compensação de energia elétrica. Porém, coube aos estados estipularem como seria feito o sistema de tarifação. Atualmente, todos os estados aderiram ao convênio do ICMS nº 16/2015, que possui redação baseada na Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, o qual isenta o ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora, na quantidade correspondente a soma de energia elétrica injetada na rede pelo sistema do consumidor com potência instalada de até 1MW (CONFAZ, 2016). A problemática está no fato da Resolução nº 482/2012, da ANEEL, ter sido substituída pela Resolução Normativa nº 687/2015, da ANEEL, que aumenta o benefício de isenção para consumidores com potência instalada de até 5MW. Como o convênio ICMS nº16/2015 ainda não teve sua redação atualizada de acordo com a nova normativa, vários consumidores estão sendo prejudicados. Dessa forma, o trabalho tem como objetivo analisar o impacto do ICMS sobre a energia elétrica produzida nos sistemas fotovoltaicos com potência até 5 MW. Para isto, utilizando um método qualitativo/ quantitativo, aplica-se no desenvolvimento do trabalho o payback, a taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL). Através desta análise financeira, é possível verificar o impacto negativo da cobrança do ICMS sobre o sistema, dificultando ainda mais a difusão da tecnologia no estado do Ceará.

Palavras-chave: ICMS 16/2015. Tributação. Análise financeira. Geração solar fotovoltaica.

ABSTRACT

This work seeks to demonstrate the impact of the ICMS tax on the development of distributed solar photovoltaic generation in the state of Ceará. Two ICMS charging systems were compared, one considering the model currently used in the state and the other considering changes in legislation. Initially, through Normative Resolution No. 482/2012, the National Electric Energy Agency, ANEEL, created the electric energy compensation system. However, it was entitled to the states to define how the charging system would be made. Currently, all the states have adhered to the ICMS agreement No. 16/2015, which is based on ANEEL Normative Resolution No. 482/2012, which exempts the ICMS levied on electricity supplied by the local energy distributor, in the amount corresponding to the sum of electricity injected into the energy grid by the consumer system with an installed power up to 1MW (CONFAZ, 2016). The problem is that ANEEL Resolution 482/2012 has been replaced by ANEEL Normative Resolution 687/2015, which increases the exemption benefit for consumers with installed power of up to 5MW. As the ICMS agreement No. 16/2015 has not yet been updated in accordance with the new regulations, several consumers are being harmed. Thus, this work aims to analyze the impact of the ICMS on the electric energy produced in solar photovoltaic systems with power up to 5 MW. For this, using a qualitative / quantitative method, the work is developed by analysing the payback, the internal rate of return (IRR) and the net present value (NPV). Through this financial analysis it is possible to verify the negative impact of the ICMS tax charge on solar systems, increasing even more the diffusion of technology difficulty in the state of Ceará.

Key-words: ICMS 16/2015. Taxation. Financial analysis. Photovoltaic solar generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radiação solar global horizontal do Brasil.....	14
Figura 2 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica.....	15
Figura 3 - Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil durante o ano de 2018	16
Figura 4 - Casa Eficiente Eletrosul em Florianópolis-SC, com um gerador solar fotovoltaico de 2 kWp integrado em seção do telhado.....	19
Figura 5 - Edifício Sede da Eletrosul em Florianópolis-SC, com geradores solares fotovoltaicos integrados na cobertura do prédio e nos estacionamentos, somando 1 MWp de potência.....	19
Figura 6 - Sistema de compensação de energia elétrica	24
Figura 7 - Cálculo para o Valor Presente Líquido.....	26
Figura 8 - Cálculo da Taxa Interna de Retorno	27
Figura 9 - Estimativa do custo do projeto.....	34
Figura 10 - Tarifa de energia elétrica cobradas pelas distribuidoras	35
Figura 11 - Valor do ICMS	36
Figura 12 - Resultado do cálculo do valor do ICMS	37
Figura 13 - Histórico da taxa SELIC nos últimos oito anos	38
Figura 14 - Despesa de consumo de energia elétrica por um consumidor que não possui sistema solar fotovoltaico.....	39
Figura 15 - Despesa de consumo de energia elétrica por um consumidor que possui sistema solar fotovoltaico.....	39
Figura 16 - Tabela do custo de disponibilidade.....	40
Figura 17 - Economia financeira	40
Figura 18 - Equação VPL	41
Figura 19 - Equação TIR.....	42
Figura 20 - Payback no cenário 1.....	44
Figura 21 - Payback no cenário 2.....	46
Figura 22 - Resumo dos payback obtidos nos dois cenários	47
Figura 23 - Resumo do VPL obtido nos dois cenários	47
Figura 24 - Resumo da TRI anual obtida nos dois cenários.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
ELETRONBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
GW	Gigawatt
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
KW	Kilowatts
MW	Megawatts
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIS	Programa de Integração Social
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
TWh	Terawatt-hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Energia fotovoltaica no Brasil	13
2.2	Regulação da energia fotovoltaica no Brasil	19
2.2.1	<i>Sistema Regulatório Brasileiro – micro e minigeração distribuída de energia elétrica.....</i>	<i>20</i>
2.3	Indicadores de viabilidade econômica e financeira	24
2.4.1	<i>TMA – Taxa Mínima de Atratividade</i>	<i>25</i>
2.4.2	<i>Payback.....</i>	<i>25</i>
2.4.3	<i>VPL – Valor Presente Líquido</i>	<i>26</i>
2.4.4	<i>TIR – Taxa Interna de Retorno.....</i>	<i>26</i>
2.4	A tributação na energia solar fotovoltaica no Brasil.....	27
2.3.1	<i>Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)</i>	<i>28</i>
2.3.2	<i>Programa de Integração Social e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - PIS/COFINS.....</i>	<i>29</i>
2.5	Atuais barreiras existentes no mercado brasileiro de energia solar.....	29
2.5.1	<i>ICMS nos sistemas de micro e minigeração distribuída: análise de uma tributação indevida</i>	<i>31</i>
3	METODOLOGIA	33
4	PROJETO DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UM CONSUMIDOR DO GRUPO B	34
4.1	Estimativa do custo do projeto	34
5	DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DO IMPACTO FINANCEIRO DO ICMS.....	35
5.1	Metodologia para obtenção do impacto financeiro do ICMS.....	35
5.1.1	<i>Tarifas de consumo de energia elétrica.....</i>	<i>35</i>
5.1.2	<i>Tarifa de consumo de energia elétrica compensada.....</i>	<i>36</i>
5.1.3	<i>Taxa mínima de atratividade (TMA)</i>	<i>37</i>
5.1.4	<i>Cenário para análise do impacto da tributação no SFCR projetado.....</i>	<i>38</i>
5.1.5	<i>Despesas de consumo de energia elétrica.....</i>	<i>38</i>
5.1.6	<i>Critérios para análise de retorno do investimento</i>	<i>40</i>
5.1.6.1	<i>Período de Payback</i>	<i>41</i>
5.1.6.2	<i>Valor Presente Líquido (VPL).....</i>	<i>41</i>
5.1.6.3	<i>Taxa Interna de Retorno (TIR)</i>	<i>42</i>

6	RESULTADOS DA ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	44
6.1	Cenário 1.....	44
6.2	Cenário 2.....	45
6.3	Resumo dos resultados.....	46
7	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997.

No dia 17 de abril de 2012, a ANEEL publicou a primeira legislação referente a micro e minigeração distribuída, a Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, na qual estão definidas as regras para geração de energia elétrica pelos consumidores brasileiros a partir de fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica (ANEEL, 2018).

A partir de então, o excedente da energia elétrica oriunda desses sistemas pôde ser emprestado gratuitamente para a distribuidora de energia da região e, se ao término de cada mês o excedente for maior que a energia consumida no período, são gerados créditos em kWh, com validade de 36 meses, que podem ser usados para abater o consumo nos meses seguintes (ANEEL, 2012).

Ainda segundo essa normativa, os sistemas de microgeração distribuída são definidos pelo limite de potência menor ou igual a 100kW e os sistemas de minigeração distribuída pelo limite de potência maior que 100kW e menor ou igual a 1MW (ANEEL, 2012).

Com relação a tributação dos sistemas de compensação de energia elétrica tratados pela Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, o artigo 8º, da Lei Federal 13.169/2015, reduziu a zero as alíquotas para as contribuições sociais do Programa de Integração Social e Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) (BRASIL, 2015). O Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), pelo Convênio ICMS 16/2015, autorizou todos os estados brasileiros e o Distrito Federal a conceder isenção do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) (CONFAZ, 2018).

No dia 25 de novembro de 2015, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015, que substituiu a Resolução Normativa nº 482/2012. Entre as principais alterações, estão os limites dos sistemas de microgeração distribuída, que passou a ser uma potência de até 75kW, e dos sistemas de minigeração distribuída, que passou a ser uma potência maior do que 75kW e menor ou igual a 5MW. Merece destaque

também a validade dos créditos gerados, que passou a ser de 60 meses (ANEEL, 2015).

A publicação da Resolução Normativa nº 687/2015, da ANEEL, foi um avanço no incentivo da implantação da energia solar fotovoltaica no Brasil. Porém, surgiu um problema: a Lei Federal 13.169/2015, que trata sobre a isenção da cobrança de PIS/COFINS, assim como o Convênio ICMS 16/2015, que trata da isenção da cobrança de ICMS sobre a energia gerada pelas unidades com micro e minigeração distribuída, continuam se baseando nos parâmetros definidos no antigo texto da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL.

Desse modo, continua a vigor a incidência desses impostos para todas as unidades com minigeração distribuída com potência superior a 1MW e inferior ou igual a 5MW, já que esta faixa não existia no antigo texto da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL.

Ao considerar o PIS/COFINS, será necessária a aprovação pelo Congresso Nacional de um projeto de lei que altere o texto da Lei nº 13.169/2015, prevendo a nova regulamentação de 2016 da ANEEL. Já no caso do ICMS, o Convênio ICMS nº 16/2015, do CONFAZ, deve ser modificado de acordo com o novo texto da regulamentação da ANEEL. Após esta medida, os estados poderão publicar novas leis também com base na resolução nº 687/2015 e assim isentar toda a energia gerada da cobrança do ICMS.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo responder a seguinte pergunta: qual o impacto do ICMS na expansão do mercado de energia solar fotovoltaica no Ceará? O objetivo geral desse estudo é analisar o impacto causado pela não atualização da redação do convênio ICMS 16/2015, com base na Resolução Normativa nº 687/2015, da ANEEL, sobre a expansão do mercado de energia solar fotovoltaica para sistemas de minigeração distribuída de 5MW no estado do Ceará.

E como objetivos específicos: discutir sobre a energia solar fotovoltaica no Brasil e sua regulamentação; analisar o impacto financeiro ocasionado pela tributação do ICMS através dos indicadores financeiros de payback, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL); analisar a tributação de energia elétrica solar fotovoltaica no Brasil e as atuais barreiras existente no mercado brasileiro; e por fim, comparar os impactos financeiros, fazendo uma análise dos aspectos quantitativos de dois cenários de tributação para os sistemas de minigeração distribuída com potência de 5MW: o atual, onde existe a cobrança do ICMS na fatura de energia desse grupo

de consumidores devido à não atualização das leis que regulamentam esses tributos; e o modelo em conformidade com a Normativa nº 687/2015, da ANEEL, onde há isenção do ICMS na fatura de energia desse grupo de consumidores, modelo esse ainda não implementado.

Quanto à metodologia, este estudo caracteriza-se como: de natureza básica, seus objetivos são explicativos e descritivos; fazendo-se uma pesquisa bibliográfica e documental em periódicos, livros e sites na internet; bem como utilizando métodos qualitativos e quantitativos para a análise dos seus dados.

Esse estudo mostra-se necessário, uma vez que a energia é um bem essencial para a vida humana, e o Brasil é considerado um dos países que mais tem energia renovável, no entanto a arrecadação torna-se sobrecarregada de tributo ao consumidor final (GOLDEMBERG, LUCON, 2007).

Entre os principais benefícios da geração distribuída fotovoltaica, pode-se destacar: a redução dos problemas próprios às formas convencionais de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, a possibilidade de integração com a edificação, o baixo impacto ambiental e a possibilidade de compensação do excedente de energia gerada (URBANETZ, 2010; RUTHER, 2004)

Para Giambiagi (2011) e Vasconcellos (2008), no Brasil, o setor de energia elétrica dispõe de alta tributação no consumo pelo ICMS, de modo que os estados e o Distrito Federal têm excessiva liberdade em legislar sobre um imposto cujo efeito transcende suas fronteiras, ocasionando as falhas das regras constitucionais a esse respeito, e propiciando sonegação e “guerras fiscais” entre estados.

Sendo assim, torna-se relevante fazer uma análise financeira do impacto da tributação na expansão do mercado de energia solar, causado pela não atualização das leis estaduais que tratam da isenção da cobrança do ICMS, de acordo com a Resolução nº 687/2015, da ANEEL.

O trabalho é estruturado conforme o descrito a seguir:

- O capítulo 1 apresenta a introdução, expondo seu tema, sua delimitação, o problema, a metodologia utilizada, os objetivos geral e específicos, e a justificativa.
- O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, contextualizando a energia solar fotovoltaica no Brasil, sua regulação e tributação, além dos indicadores de viabilidade econômica e financeira utilizados no estudo para demonstrar o impacto da tributação causado sobre o investimento em energia solar. E por

fim, uma última secção, dedicada a realizar considerações a respeito das atuais barreiras existentes no território brasileiro em relação ao mercado de energia fotovoltaica.

- O capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos.
- O capítulo 4 apresenta o projeto solar fotovoltaico que foi utilizado como base para a análise do impacto financeiro do ICMS.
- O capítulo 5 apresenta a determinação e análise do impacto financeiro da tributação sobre a energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico objeto do estudo.
- O capítulo 6 apresenta os resultados da análise financeira.
- O capítulo 7 apresenta as conclusões, considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, objetiva-se apresentar uma revisão da literatura a respeito da contextualização do estado da energia fotovoltaica no Brasil, bem como os atuais incentivos de desenvolvimento, analisando os aspectos regulatórios e os desdobramentos de micro e minigeração distribuída de energia elétrica no país, com base no novo sistema regulatório brasileiro.

Este capítulo encontra-se dividido em 5 secções. Na secção 2.1, apresenta-se uma contextualização da energia fotovoltaica no Brasil, com o atual cenário nacional; na secção 2.2, são levantados aspectos regulatórios da energia fotovoltaica no Brasil, com destaque para a micro e minigeração distribuída; na secção 2.3, apresenta-se indicadores de viabilidade econômica e financeira para demonstrar o impacto da tributação causado sobre o investimento em energia solar; na secção 2.4, apresenta-se uma breve contextualização da tributação da energia solar fotovoltaica no Brasil, com destaque para os impostos ICMS e PIS/COFINS; na secção 2.5, dedica-se em realizar considerações a respeito das atuais barreiras existentes no território brasileiro em relação ao mercado de energia fotovoltaica.

2.1 Energia fotovoltaica no Brasil

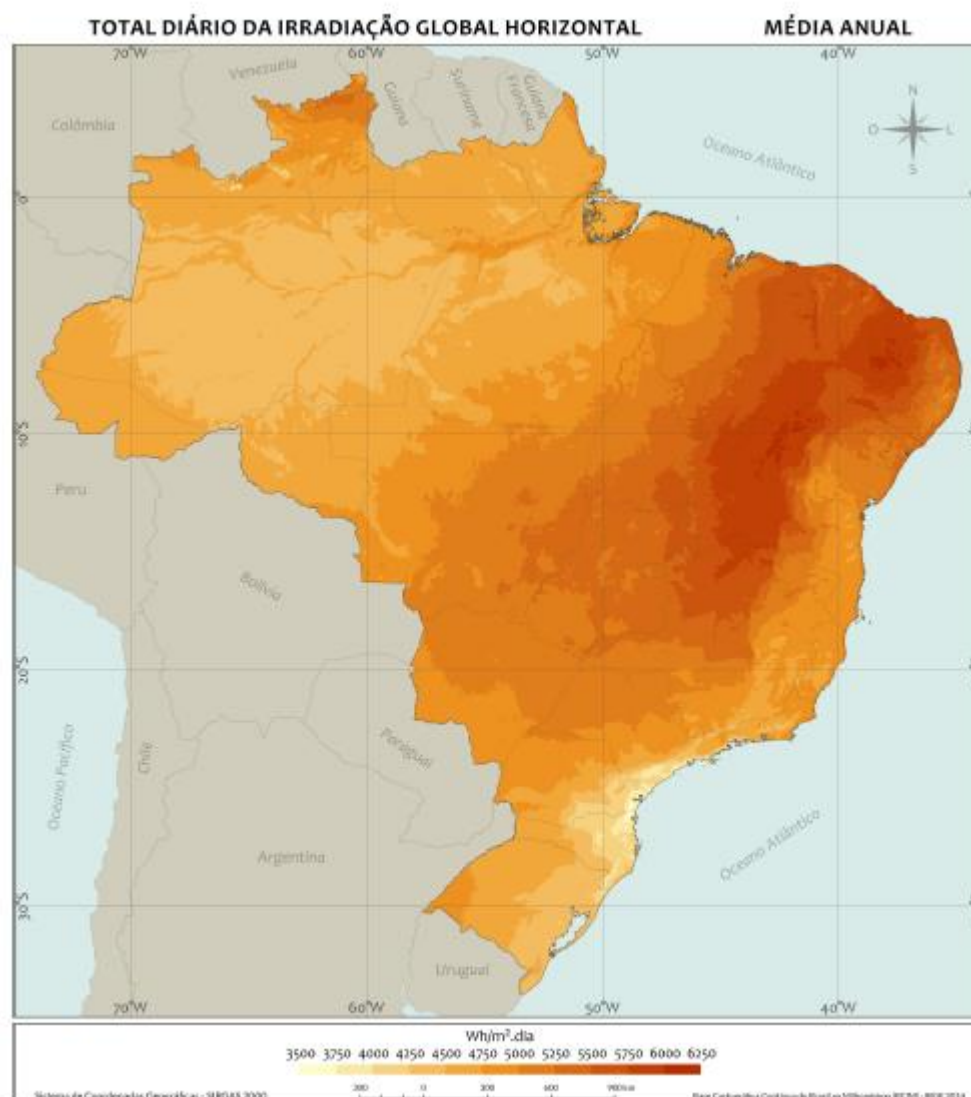
A geração distribuída, tipicamente urbana e integrada em telhados e coberturas de edificações, tem, desde o início de sua utilização no Brasil, um caráter bastante pulverizado por todo o território nacional. Sua adoção torna-se ainda mais viável quanto a tarifa de eletricidade convencional da distribuidora local for mais cara e quanto o índice de irradiação anual da região for maior. A demanda crescente de energia elétrica, representada pelo uso crescente de aparelhos de ar-condicionado, vem alterando o perfil de consumo e demanda no Brasil. Ano a ano, os valores máximos de demanda são registrados nos meses de verão e no horário entre 12 e 15 horas, com excelente coincidência com a disponibilidade de radiação solar para a geração fotovoltaica. (INPE, 2017).

Com o propósito de contribuir com o planejamento do setor elétrico brasileiro, o Atlas Brasileiro de Energia Solar proporciona uma base de dados pública com informações cientificamente embasadas sobre o potencial e a variabilidade espacial e temporal do recurso energético solar no território brasileiro. O mapeamento do

potencial energético solar disponibilizados pelo atlas é alimentado por 17 anos de informações extraídas de satélites (INPE, 2017).

A Figura 1, retirada do Atlas Brasileiro de Energia Solar, mostra a radiação solar global horizontal do Brasil em Wh/m².

Figura 1 - Radiação solar global horizontal do Brasil

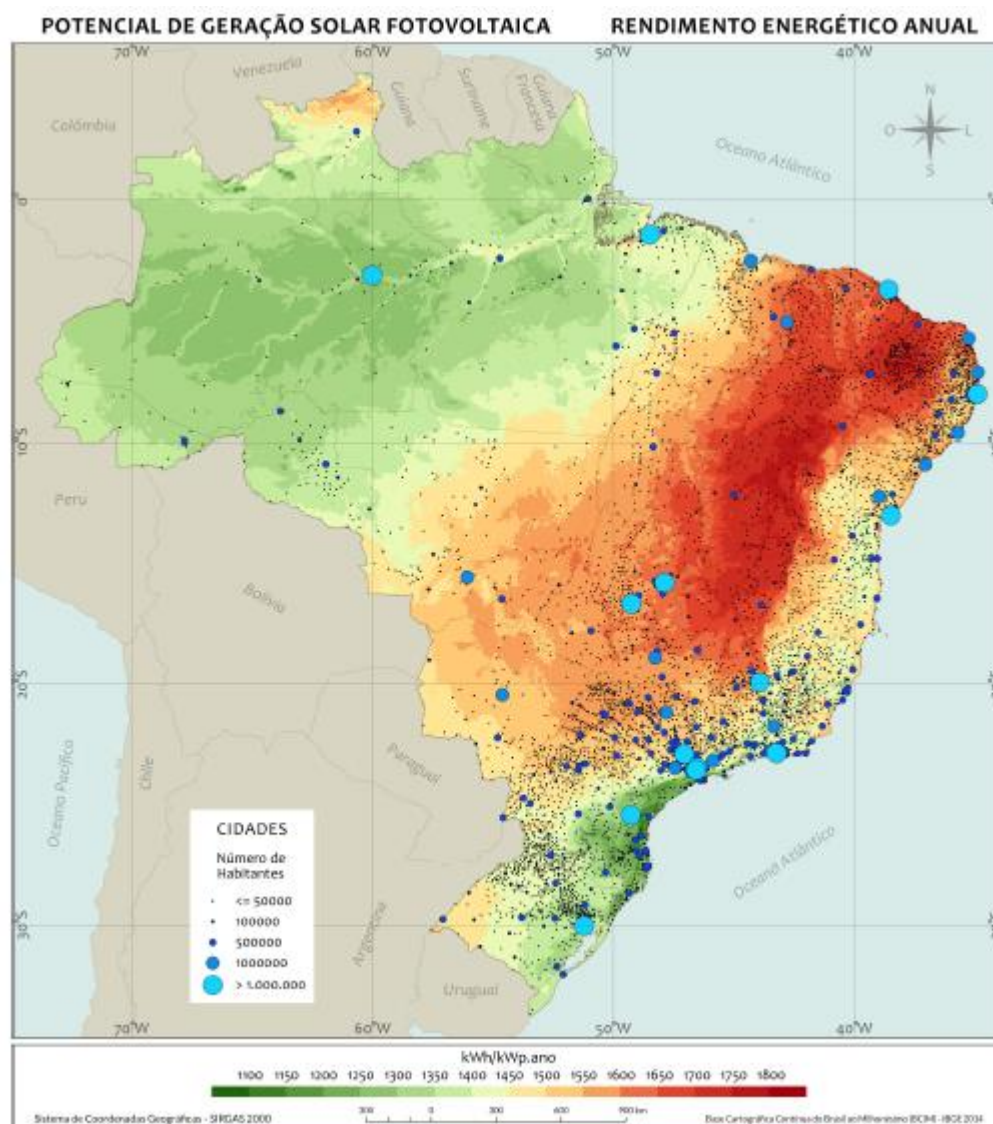


Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017, p.36.

A geração fotovoltaica de energia elétrica tem um grande potencial no Brasil, como indica o mapa da Figura 2. No local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, por exemplo (INPE, 2017, p.57).

A Figura 2 traz o mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores), admitindo uma taxa de desempenho de 80% para geradores fotovoltaicos fixos e distribuição da população brasileira nas cidades.

Figura 2 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017, p.59.

O Brasil apresenta em toda a sua extensão irradiação favorável a geração de eletricidade, no entanto, a fonte de energia elétrica de base solar representa menos de 0,1% da matriz energética do país (PINTO *et al.*, 2016).

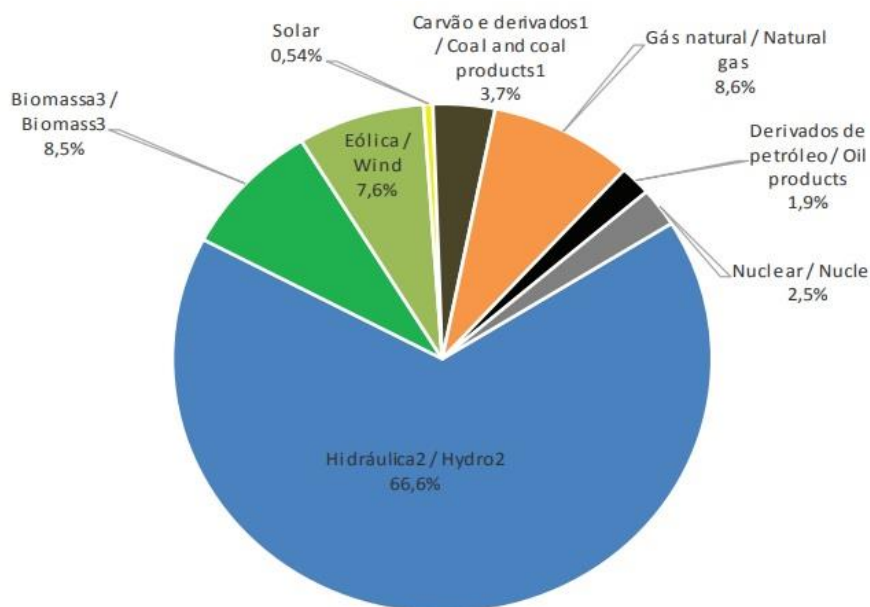
Segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN), do Ministério de Minas e Energia, em 2018, a micro e minigeração distribuída de energia elétrica, cujo

crescimento foi incentivado por ações regulatórias, atingiu o valor de geração de 828GWh e potência instalada de 670MW, destacando-se a fonte solar fotovoltaica, com geração de 526GWh e potência instalada de 562MW, respectivamente (BEN, 2019).

Em 2018, a geração de energia elétrica a partir de fontes não renováveis representou 17,6% da produção nacional, as importações líquidas no valor de 35,0TWh, somadas à geração nacional, asseguraram uma oferta interna de energia elétrica de 636,4TWh (BEN, 2019).

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica que responde por 66,6% da oferta interna. As fontes renováveis representam 83,3% da oferta interna de eletricidade no Brasil, resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (BEN, 2019). A Figura 3 apresenta a estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2018.

Figura 3 - Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil durante o ano de 2018



Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN, Ministério de Minas e Energia (2019).

O aumento da demanda por energia elétrica somado a um capital limitado investido para estimular este setor está forçando países, como o Brasil, a buscar novas alternativas para geração de energia elétrica descentralizada. No entanto, é

necessário a abertura de incentivos para a implementação da energia solar fotovoltaica no país (SILVEIRA *et al.*, 2013).

As políticas atuais do governo brasileiro foram responsáveis por uma crescente implantação de sistemas fotovoltaicos, proporcionando condições favoráveis para o surgimento de uma indústria fotovoltaica nacional. Comparando as políticas chinesas para o desenvolvimento do setor de energia solar e o atual cenário brasileiro, destaca-se a importância dos investimentos em energias renováveis nas economias emergentes e o papel decisivo dos Estados nacionais de impulsionar a indústria de energia renovável a uma ordem global competitiva (SOUZA;CAVALCANTE, 2016).

Durante o ano de 2018, a capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil alcançou o valor total de 162.840MW, acréscimo de 5.728 MW em comparação com 2017. No processo de expansão da capacidade instalada, as centrais hidráulicas contribuíram com 67,5% do valor total, e a energia solar fotovoltaica teve destaque contribuindo com 31,4% (BEN, 2019).

Ao fazer uma análise da implantação de energia solar fotovoltaica no Brasil, juntamente com as políticas para habitação de baixa renda, indica-se uma alternativa viável desse tipo de energia no contexto econômico e ambiental. Por exemplo, a implantação entre quatro a sete painéis fotovoltaicos em cada residência seriam suficientes para atender às necessidades básicas de uma família em todas as zonas de irradiação solar consideradas, tornando os moradores menos dependentes da rede de distribuição e capazes de fornecer 47% da sua produção à rede, por um período de até 30 anos (PINTO *et al.*, 2016).

Considerando a avaliação da geração de energia solar fotovoltaica distribuída e questões relacionadas aos sistemas conectados à rede, mesmo com o consumidor residencial brasileiro fornecendo e subsidiando todo o projeto e a instalação do sistema residencial fotovoltaico, é no quadro de distribuição que essa relação é economicamente e comercialmente afetada. Os microgeradores de energia de uso residencial ainda enfrentam a inviabilidade do projeto, sendo necessário maiores regulamentos e esforços do governo federal para disseminar, de forma eficaz, a cogeração de energia elétrica para consumidores residenciais (CAMILO *et al.*, 2017).

Apesar de haver mecanismos específicos do mercado brasileiro, destinados a estimular o uso de energias renováveis, a energia solar é altamente inexplorada e subutilizada (FARIA *et al.*, 2016).

Devido às condições naturais favoráveis, a geração de energia solar fotovoltaica, através de sistemas conectados à rede de distribuição, possui um grande potencial para auxiliar na diversificação da matriz energética brasileira. Porém, existem algumas barreiras que dificultam sua utilização em escala generalizada, entre elas, podem-se destacar as questões técnicas, financeiras e políticas, com níveis de impacto distintos e peculiares de países subdesenvolvidos como o Brasil (FARIA *et al.*, 2016).

Em estudos realizados por Souza e Cavalcante (2016), a interconectividade, o capital e o conhecimento da indústria fotovoltaica brasileira ressaltam que as atuais políticas do governo brasileiro são responsáveis por proporcionarem condições favoráveis para o surgimento de uma indústria nacional de produção de energia solar, pela crescente demanda de implantação de sistemas fotovoltaicos.

Ao abordarem conceitos como a "sociologia da globalização", Souza e Cavalcante (2016) destacam como parâmetros para a análise da experiência brasileira, as políticas chinesas direcionadas a energia fotovoltaica, salientando a importância de crescentes investimentos em energias renováveis nas economias emergentes e o papel dos Estados nacionais de impulsionar a indústria de energia renovável como uma estratégia de inclusão econômica e social.

Em julho de 2017, o Brasil lançou o seu plano de expansão de energia para os próximos 10 anos, projetando o país para atingir mais de 13GW de produção de energia solar fotovoltaica e que as energias renováveis representem cerca de 48% de participação do mercado de energia até o ano de 2026. Neste contexto do cenário de referência futura, espera-se que plantas de grande porte deverão contribuir com uma produção de 9,7GW e os sistemas fotovoltaicos distribuídos deverão representar adicionalmente outros 3,5GW (JÄGER- WALDAU, 2017).

As Figuras 4 e 5 mostram exemplos de geradores solares fotovoltaicos integrados a edificações urbanas residenciais e comerciais:

Figura 4 - Casa Eficiente Eletrosul em Florianópolis-SC, com um gerador solar fotovoltaico de 2 kWp integrado em seção do telhado



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017, p.62.

Figura 5 - Edifício Sede da Eletrosul em Florianópolis-SC, com geradores solares fotovoltaicos integrados na cobertura do prédio e nos estacionamentos, somando 1 MWp de potência



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017, p.62.

2.2 Regulação da energia fotovoltaica no Brasil

O órgão responsável pela regulação do setor elétrico brasileiro é a ANEEL. Trata-se de uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que foi criada por meio da Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e do Decreto Nº 2.335, de 1997.

A ANEEL iniciou suas atividades em dezembro de 1997, tendo como missão principal proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade. Suas principais atribuições são:

- Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- Estabelecer tarifas;
- Dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e
- Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

A principal inovação proporcionada pela ANEEL para o setor de energia elétrica brasileiro foi permitir ao consumidor brasileiro poder gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis. Essa inovação se deu através da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, que definiu a micro e minigeração distribuída de energia elétrica (ANEEL).

2.2.1 Sistema Regulatório Brasileiro – micro e minigeração distribuída de energia elétrica

Em 17 de abril de 2012, entrou em vigor no Brasil a Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, onde ela estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências (ANEEL, 2012).

Segundo a Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, o avanço principal estabelecido é o fato de o consumidor brasileiro poder gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada, fato este que inclui os

sistemas fotovoltaicos de uso residencial ou industrial, inserindo a possibilidade do respectivo consumidor poder fornecer o excedente de sua produção para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuída de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade (ANEEL, 2018).

O ANEEL considerou um conjunto de potenciais benefícios proporcionados pelos sistemas de micro e minigeração distribuída ao sistema elétrico para justificar a concepção dessa resolução, são elas: o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a diminuição das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2018).

Em 24 de novembro de 2015, visando o aumento do público alvo, bem como melhorar as informações na fatura de energia dos consumidores, reduzir os custos e o tempo para a conexão de micro e minigeração de energia e compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015, que revisa a Resolução Normativa nº 482/2012.

Diante disso, a partir do dia 1º de março de 2016, passaram a vigorar as novas regras, estabelecendo-se a permissão para uso de qualquer fonte de energia renovável e da cogeração qualificada, vigorando então os conceitos de microgeração distribuída para as centrais com potência instalada de até 75Kw e minigeração distribuída para aquelas centrais com potência superior a 75kW e menor ou igual a 5MW, que por meio de instalações de unidades consumidoras são conectadas à rede de distribuição (ANEEL, 2015).

Segundo ANEEL (2015), outro conceito que passou a vigorar no Brasil foi o de “auto consumo remoto”. Isto é definido quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior a respectiva quantidade de energia consumida naquele mesmo período. Com as novas regras, os créditos que o consumidor recebe passou a ter uma nova validade, de 36 para 60 meses, que podem ser utilizados para diminuir as faturas dos meses seguintes ou também serem utilizados para deduzir o consumo de outras unidades consumidoras do mesmo cliente, localizadas em outras áreas de atendimento de uma mesma distribuidora. Neste caso, os sistemas de microgeração fotovoltaica funcionam da seguinte forma: de dia, a “sobra” da energia gerada pela central é passada para a rede; à noite, a rede devolve a energia para a unidade

consumidora e supre necessidades adicionais. Portanto, a rede funciona como uma bateria, armazenando o excedente até o momento em que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora.

Outra inovação da Resolução Normativa nº 687/2015, da ANEEL, refere-se à possibilidade de instalações de gerações distribuídas em condomínios, incluindo os empreendimentos de várias unidades consumidoras. Nesse modelo, a energia gerada pode ser dividida entre os condôminos em porcentagens estabelecidas pelos mesmos. A nova resolução estabeleceu também o conceito de “geração compartilhada”, definindo a possibilidade de diferentes clientes interessados se unirem em um consórcio ou cooperativa realizarem as instalações de unidades de micro ou minigeração distribuída e utilizarem a energia produzida para fins de redução das faturas dos próprios cooperados ou consorciados (ANEEL, 2015).

Visando simplificar o processo necessário para se conectar a micro ou minigeração distribuída de energia à rede da distribuidora, foram estabelecidas novas regras: foram criados formulários padrão para solicitações de acesso pelo cliente, com uma alteração do prazo máximo para a distribuidora conectar usinas de até 75kW, reduzido de 82 dias para 34 dias. Além disso, a partir de janeiro de 2017, os clientes passaram a ter a comodidade de fazer solicitações e acompanhar o andamento do pedido feito à distribuidora de energia pela internet (ANEEL, 2015).

No ano de 2015, a Eletrobras, por meio do seu relatório anual e de sustentabilidade, destacou a importância da Resolução Normativa nº 687/2015, da ANEEL:

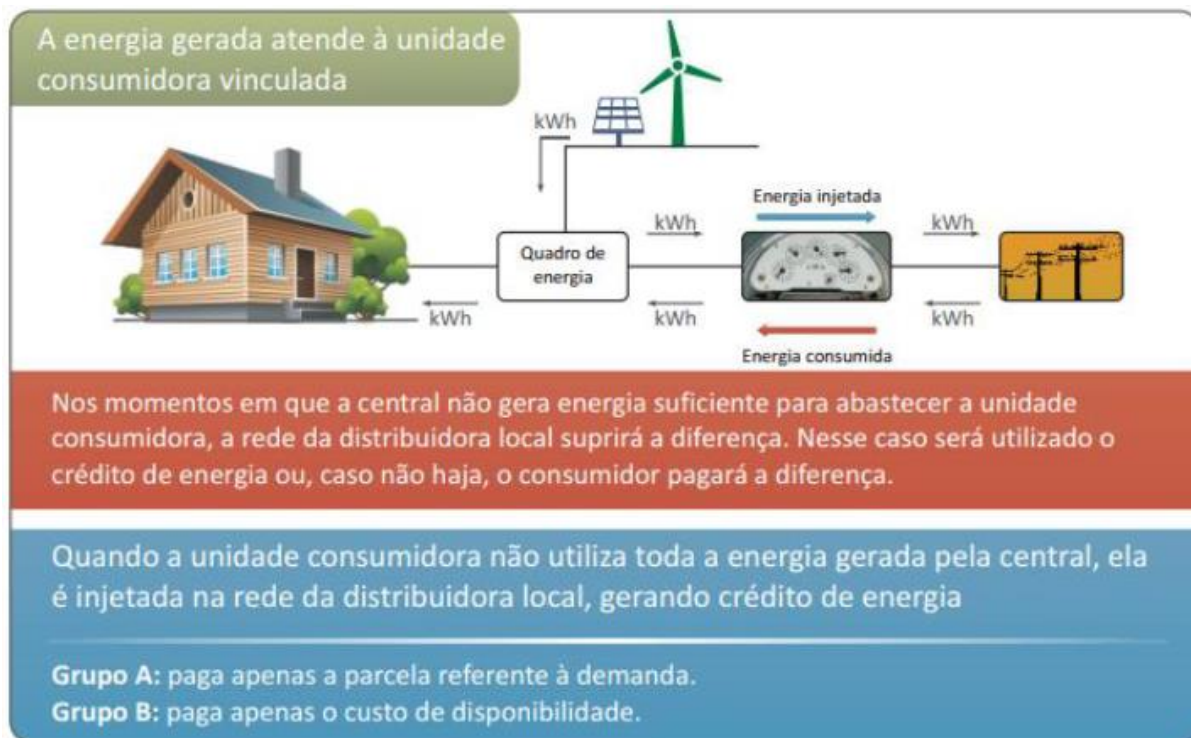
Por meio da Resolução Normativa nº 687/2015 da Aneel, foi criado o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores – tais como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros – em sua unidade consumidora e troque energia com a distribuidora local com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica. Estes aprimoramentos criaram uma série de facilidades e estímulos para este tipo de geração, como a geração compartilhada ou em condomínio, que possibilitará que diversos interessados instalem uma central de micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das suas faturas (ELETROBRAS, 2015, p. 71).

Em dezembro de 2015, o Ministério de Minas e Energia editou a portaria nº 538/2015-MME que instituiu o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), criando linhas de financiamento que desoneram a importação de equipamentos, melhorando o retorno financeiro dos investimentos em micro ou minigeração distribuída (ELETROBRAS, 2015).

Diante desse cenário, no Brasil, compete exclusivamente ao consumidor, a iniciativa de instalação de fontes de micro ou minigeração distribuída de energia, assim como a análise da relação custo/benefício para instalação dos geradores. Nesse processo, deverão ser consideradas diversas variáveis: tecnologia dos equipamentos, porte da unidade consumidora e da central geradora, localização da instalação física, o tipo de energia que será produzida (fotovoltaica, eólica ou biomassa), valor da tarifa à qual a unidade consumidora está submetida, condições de pagamento/financiamento do projeto e existência de outras unidades consumidoras que possam usufruir dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2015).

Ressalta-se ainda que, para os sistemas de geração distribuída pertencentes ao grupo B, ou seja, conectados à rede de distribuição de baixa tensão, mesmo que a energia produzida seja superior ao consumo, deverá ser efetuado o pagamento referente ao custo de disponibilidade, ou seja, valores em reais equivalentes a 30kWh para sistemas monofásicos, 50kWh para sistemas bifásicos ou 100kWh para sistemas trifásicos. Já para os sistemas de geração distribuída pertencentes ao grupo A, ou seja, conectados à rede de distribuição de alta tensão, é possível zerar o valor da fatura de energia quando a quantidade de energia produzida no mês for superior ou igual à quantidade de energia consumida, sendo a parcela da fatura correspondente à demanda contratada faturada normalmente (ANEEL, 2015).

Figura 6 - Sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: ANEEL, 2016, p.16.

Para considerar as perspectivas futuras e os cenários do setor elétrico brasileiro até o ano de 2030, faz-se necessário a análise de uma série de variáveis além das mudanças na população ou atividade econômica, incluindo a disponibilidade de recursos, o desenvolvimento de padrões tecnológicos, a gestão ambiental e hábitos culturais. As previsões quantitativas podem revelar-se frágeis, e uma alternativa consistente reside no desenvolvimento de cenários qualitativos (DANTAS *et al.*, 2017).

Considerando o comportamento da sociedade como a variável principal do setor elétrico brasileiro, espera-se que os consumidores, no futuro próximo, tenham um comportamento mais ativo, atribuindo maior importância à qualidade e à sustentabilidade dos serviços disponibilizados, demandado por novas tecnologias, novos modelos de negócios e um quadro regulatório menos intervencionista (Dantas *et al.*, 2017).

2.3 Indicadores de viabilidade econômica e financeira

Na atual situação do mercado, as empresas estão cada vez mais competitivas, induzindo a busca por ferramentas de gestão interna e financeira, a fim de otimizar processos e controlar os recursos e custos. A análise de investimento é uma

ferramenta prática, rápida e segura para auxiliar os profissionais de diversas áreas no processo de análise e tomada de decisões financeiras. Busca analisar um investimento, determinando-o se é viável ou não o projeto (PEREIRA; MENDES, 2018).

De acordo com as características do projeto, podem ser utilizados diferentes tipos de métodos e indicadores de viabilidade econômica e financeira. Neste estudo, a fim de analisar o impacto da tributação sobre o retorno do investimento em energia solar, será utilizado para base de cálculo a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o payback, o VPL e a TIR.

2.4.1 TMA – Taxa Mínima de Atratividade

De acordo com Pilão e Hummel (2003, p. 89), “a taxa que identificamos como TMA representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar ao fazer um financiamento”. Ainda, segundo os autores, a TMA é formada, basicamente, a partir de três componentes: o custo de oportunidade, o risco do negócio e a liquidez do negócio. O custo de oportunidade representa a remuneração que teríamos pelo capital, a exemplo da remuneração da caderneta de poupança; o risco do negócio, indica que o ganho deve remunerar o risco inerente à nova ação; a liquidez pode ser descrita como a facilidade, a velocidade de mudar de posição no mercado para assumir outra.

2.4.2 Payback

De acordo com Groppelli e Nikbakht (2010, p. 134), “o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial é chamado de período de recuperação de investimento (*Payback*). Se o período *Payback* encontrado representa um período aceitável para a empresa, o projeto será selecionado.” O método *Payback* consiste em mostrar quanto tempo um investimento leva para ser ressarcido, porém a taxa de desconto é ignorada. O conceito de *Payback* descontado atua justamente nesta falha, porquanto considera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos em que o projeto recupera o

valor inicial investido, normalmente, essa taxa de desconto usada é a TMA (OLIVEIRA, 2008).

2.4.3 VPL – Valor Presente Líquido

Segundo Miranda (2011), o método do VPL é uma das técnicas mais usadas na análise de investimentos. O VPL consiste em atualizar o fluxo de caixa e comparar este valor atualizado com o investimento inicial. Consiste em trazer para a data zero, usando como taxa de desconto a TMA do projeto, todos os fluxos de caixa do investimento inicial e é calculado através de uma série de fluxos de caixa, pagamentos e recebimentos, com base em uma taxa de custo de oportunidade conhecida e subtraindo o investimento inicial. O VPL pode ser representado pela seguinte equação, conforme a Figura 7:

Figura 7 – Cálculo para o Valor Presente Líquido

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

Fonte: MIRANDA, 2011, p. 47.

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido

FC = Fluxo de Caixa

i = Taxa de Juros

De acordo com os critérios de aceitação do método de VPL, aceita-se o projeto com $VPL > 0$. Entre vários projetos, escolhe-se aquele que possuir maior VPL. Recusa-se o projeto quando apresentar resultado de $VPL < 0$, e aquele que apresentar $VPL = 0$ é indiferente, pois não resulta ganho ou prejuízo (MIRANDA, 2011).

2.4.4 TIR – Taxa Interna de Retorno

A TIR é definida como a taxa de juros à qual o VPL de um fluxo de caixa é nulo. Obter a TIR de um investimento é achar o percentual de remuneração que o investimento oferece.

TIR é a taxa de desconto que zera o VPL dos fluxos de caixa de um projeto, ou seja, faz com que todas as entradas igualem todas as saídas de caixa do empreendimento (MIRANDA, 2011, p. 50).

O cálculo da TIR é definido pela equação, conforme a Figura 8:

Figura 8 – Cálculo da Taxa Interna de Retorno

$$0 = -FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + i)^n}$$

Fonte: MIRANDA, 2011, P. 51.

Onde:

FC = Fluxo de Caixa

TIR = Taxa Interna de Retorno

Como critérios de decisão da TIR para projetos, escolhe-se os projetos que tenham a $TIR \geq TMA$. Quando há vários projetos em questão, escolhe-se aquele com maior TIR, desde que obedeça ao primeiro critério.

2.4 A Tributação na energia solar fotovoltaica no Brasil

Uma questão de grande relevância na geração distribuída no Brasil consiste na relação com o direito tributário nacional e com a cobrança de tributos no setor. Tem sido amplamente discutido sobre como o direito tributário tem influenciado o desenvolvimento do setor no país (MICHELETTI *et al.*, 2020).

Nos artigos 145 a 149, da Constituição Federal de 1988, são tratados os princípios gerais do Sistema Tributário Nacional, indicando as espécies de tributos, como impostos, taxas, contribuições de melhoria, empréstimos compulsórios e contribuições especiais (BRASIL, 1988).

A aplicação de cobrança de impostos, tributos federais e estaduais não é de responsabilidade da ANEEL, mas da Receita Federal do Brasil e das Secretarias de Fazenda Estaduais. Os impostos que são cobrados na fatura de energia elétrica, sobre a energia comprada das concessionárias, são o ICMS e o PIS/COFINS. (ANEEL, 2016).

Segundo Cavalcanti (2017), no tocante à energia elétrica, existem três tributos que são considerados empecilhos no desenvolvimento do setor fotovoltaico: no âmbito estadual, o ICMS; e, no âmbito federal, as contribuições sociais do PIS/PASEP e da COFINS.

Para Cavalcanti (2017), a problemática está no fato desses tributos não serem totalmente isentos na maioria dos casos e incidirem sobre a energia elétrica que é injetada na rede pública que, posteriormente, retorna para a unidade consumidora.

2.3.1 Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)

O ICMS é um tributo estadual cobrado sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação. Esse imposto é de competência dos Estados e do Distrito Federal e está embutido na conta de energia elétrica. Segundo a Enel, empresa detentora da concessão de distribuição de energia elétrica no Ceará, os clientes residenciais pagam 27% de ICMS sobre a energia elétrica consumida, com exceção dos consumidores de baixa renda com consumo menor ou igual à 140 kWh, que, nesse caso, o ICMS está isento. (ENEL, 2020)

Com relação a micro e minigeração distribuída, é importante salientar que o CONFAZ aprovou o Convênio ICMS 6, de 5 de abril de 2013, designando que o ICMS calculado tivesse como base toda energia consumida através da distribuidora, sem considerar qualquer compensação obtida na microgeração, ou seja, o consumidor pagaria o imposto em cima de toda energia consumida no mês (PEREIRA; MENDES, 2018).

Ainda, segundo os autores, a ANEEL entrou em negociações com o Ministério da Fazenda, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério de Minas e Energia e com o Congresso Nacional, conseguindo com que o CONFAZ publicasse o Convênio ICMS 16, de 22/4/2015, revogando o Convênio ICMS 6/2013 e autorizando as unidades federadas a conceder a isenção nas operações internas relativas, trazendo o faturamento sob o sistema de compensação de energia, onde, desta forma, para os estados que aderiram ao último convênio, o ICMS atua somente sobre a diferença entre a energia consumida e a injetada na rede.

2.3.2 Programa de Integração Social e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - PIS/COFINS

O PIS e a COFINS, são tributos federais considerados como uns dos mais onerosos, estão presentes em quase todos os segmentos da cadeia produtiva brasileira. (ANEEL, 2016).

Segundo a Enel, esses impostos federais tem como objetivo manter programas voltados para o trabalhador e para atender a programas sociais do Governo Federal. No cálculo da energia elétrica, são utilizadas as alíquotas de 1,65% (PIS) e 7,6% (COFINS), e são apuradas de forma não-cumulativa. Assim, a alíquota média desses tributos varia com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor (ENEL, 2020).

Até outubro de 2015, não existia uma legislação ou orientação da Receita Federal explicando como deveria ser feita a cobrança para os sistemas de micro e minigeração de energia distribuída. Porém, com a publicação da Lei nº 13.169/2015, de outubro de 2015, oriunda de interações da ANEEL junto ao Ministério de Minas e Energia e ao Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, passou a ser cobrado esse tributo apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora, valendo a mesma para todos os estados (ANEEL, 2016).

2.5 Atuais barreiras existentes no mercado brasileiro de energia solar

O ICMS, imposto de competência dos Estados e Distrito Federal, está genericamente previsto no artigo 155, inciso II, da Constituição Federal. No § 3º desse mesmo artigo, fica determinado que incidirão sobre a energia elétrica o ICMS, o imposto de importação e o imposto de exportação. Dessa forma, o ICMS incide sobre a compra de energia elétrica pelo titular da unidade consumidora (BRASIL, 1988).

Para incentivar a adoção da geração distribuída no país, após a criação da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, o CONFAZ efetivou o Convênio ICMS nº 16/2015, e o Congresso Nacional decretou a Lei Federal nº 13.169/2015, tendo como objetivo a isenção do ICMS, do PIS/PASEP e da COFINS sobre os sistemas de

compensação de energia elétrica tratados pela Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL.

Com isso, nos Estados que aderirem ao convênio, o ICMS incide somente sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede, sendo normalmente computado mês a mês. Até maio de 2018, todos os estados já haviam aderido (MONZONI, 2018).

Importante destacar que essa regra só é válida para os sistemas de micro e minigeração distribuída, conforme definição da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, ou seja, os sistemas com limite de potência até 1 MW. Além disso, existe a condição de que as operações devem estar contempladas com a desobrigação das contribuições do PIS/PASEP e da COFINS (CONFAZ, 2015).

A publicação da Lei 13.169/2015 concedeu isenção de PIS/COFINS sobre a energia produzida em geração distribuída e injetada na rede, cujo crescimento é preponderantemente da energia solar fotovoltaica (VALADÃO; CARNAÚBA, 2017).

Antes do advento da Lei 13.169/2015, os tributos de PIS/PASEP e COFINS eram cobrados com base no consumo bruto da unidade consumidora, sem levar em consideração a energia que fosse injetada na rede da concessionária. Contudo, após a referida lei, se passou a cobrar PIS e COFINS apenas do consumo líquido da unidade consumidora (MICHELETTI *et al.*, 2020).

Art. 8º Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. (BRASIL, 2015)

Segundo um estudo técnico feito em 2017 pela consultoria legislativa da câmara dos deputados, embora o texto da lei remeta à regulamentação da ANEEL, a expressão “energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora” gera uma interpretação de que a isenção de PIS/PASEP e COFINS não abrange recentes alterações promovidas na regulamentação da ANEEL por meio da Resolução nº 687, de 24 de novembro de 2015.

2.5.1 ICMS nos sistemas de micro e minigeração distribuída: análise de uma tributação indevida

No setor de energia, especificamente no de geração distribuída, regulado pela Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, são notórias as consequências agudas de um sistema tributário assistemático, que tem como sua marca o ICMS. Existem distintas interpretações para a mesma norma que trata da suposta isenção do ICMS em geração distribuída – o Convênio ICMS 16/2015. Todas com vícios elementares, permitidos por excessos no poder precário de tributar o setor empresarial (MARSHALL; TRIBUCI, 2019).

O CONFAZ levou de 2012 a 2015 para editar um convênio, com o fim de isentar o ICMS na geração distribuída – o Convênio ICMS 16/2015. Ocorre que, diante do extenso lapso temporal para publicar a referida norma, o Convênio reproduziu um texto específico da RN 482, de 2012, na época os incisos I e II do artigo 2º:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL, 2012)

Sendo ignorada a atualização sofrida pela Resolução Normativa 482/2012, dada pela Resolução Normativa 687/2015, que é seus incisos I e II do artigo 2º, diz:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL, 2015)

O resultado é uma regra de isenção natimorta, pois desconsidera os aperfeiçoamentos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Por isso, toda vez que empreendedores e usuários se depararem com a cobrança de ICMS na

geração distribuída de sistemas com potência instalada superior a 1MW, esse ato deve ser combatido, inclusive por via judicial (MARSHALL; TRIBUCI, 2019).

Segundo os mesmos autores, essa questão jurídica vem causar um mal econômico e social de grandes dimensões. Ainda afirmam que, a partir de dados coletados até junho de 2019, em todo território brasileiro, inúmeros projetos desprezaram a eficiência técnica decorrente da integração da geração em usinas maiores do que 1 MW, para evitar questionamentos das autoridades fiscais, um fato preocupante em um país onde sobram ineficiências energéticas a serem mitigadas com a geração distribuída.

A consequência subjacente dessa história é que a sensação de insegurança jurídica se alastra entre potenciais interessados em gerar sua própria energia renovável pelo método mais moderno no sistema elétrico mundial – a geração distribuída, travando o desenvolvimento do país num segmento que gera empregos e renda em progressão vertiginosa em momento de escassez econômica (MARSHALL; TRIBUCI, 2019).

3 METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como de natureza científica básica, pois tem por objetivo gerar conhecimento novo para o avanço da ciência, busca gerar verdades, ainda que temporárias e relativas, de interesses mais amplos (universalidade), e não localizados. Bem como, apresenta características explicativas/descritivas, pois busca a descrição de características de populações ou fenômenos e de correlação entre variáveis, visando determinar fatores que justificam a ocorrência de algum fenômeno (GIL, 2002, p.42).

Quanto ao método ou abordagem metodológica, a pesquisa obedece à conjugação de dois métodos: o qualitativo e o quantitativo. Tais abordagens e métodos têm características diferentes, mas carregam caráter complementar, não excludente (NASCIMENTO; SOUSA, 2017).

Para a execução da pesquisa, buscou-se realizar uma revisão dos conceitos relacionados ao tema de geração distribuída de energia elétrica fotovoltaica com o objetivo de estabelecer um diagnóstico sobre o atual estágio deste tipo de energia no Brasil, considerando aspectos ligados à promoção de políticas de incentivo à instalação de sistemas solares por mini e microprodutores.

Neste sentido, foram consultados documentos, manuais e portarias vinculados à ANEEL, à Empresa de Pesquisa Energética e ao Ministério das Minas e Energia, com a finalidade de capturar informações sobre a capacidade instalada, os potenciais para expansão e as regras e diretrizes atuais aplicáveis ao tema.

Procedeu-se, ainda, à revisão na literatura sobre pesquisas de campo e estudos de caso feitos a respeito da energia solar fotovoltaica a fim de obter relatos e informações sobre a implementação de políticas públicas específicas empreendidas no Brasil.

Dessa forma, utiliza-se a revisão bibliográfica e documental, fazendo uma análise comparativa por meio de diferentes metodologias financeiras, como: a TMA, o Payback, a TIR e o VPL com resultados em valores numéricos.

4 PROJETO DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UM CONSUMIDOR DO GRUPO B

Este capítulo contém a estimativa financeira do projeto de geração solar fotovoltaica que será utilizado por unidades consumidoras enquadradas no grupo B, grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV (ANEEL, 2010).

4.1 Estimativa do custo do projeto

Com a definição da potência do projeto de 5MW, é possível estimar o custo mínimo. Foi realizada uma pesquisa de valor de mercado do sistema fotovoltaico em três empresas do setor e, devido a disparidade entre os orçamentos, foi feita a média dos valores em R\$/MW. Os valores podem ser encontrados na Figura 9.

Figura 9 - Estimativa do custo do projeto

Fonte	Potência (MW)	Preço do projetos	Preço (R\$/MW)
Orçamento - Empresa 1	5	R\$ 21.105.000,00	R\$ 4.221.000,00
Orçamento - Empresa 2	5	R\$ 20.888.000,00	R\$ 4.177.600,00
Orçamento - Empresa 3	5	R\$ 21.217.000,00	R\$ 4.243.400,00
Média		R\$ 21.070.000,00	R\$ 4.214.000,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Portanto, considerando o valor médio dos valores orçados, tem-se que o valor do gerador fotovoltaico capaz de suprir a demanda definida é de R\$ 21.070.000,00, ou seja, R\$ 4.214.000,00/MW.

5 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DO IMPACTO FINANCEIRO DO ICMS

Este capítulo apresenta os procedimentos para análise do impacto financeiro do ICMS na viabilidade do sistema fotovoltaico, definido no capítulo 4. Para tal, inicialmente, é disposta a metodologia aplicada para a determinação do impacto do ICMS e, posteriormente, os resultados obtidos.

5.1 Metodologia para obtenção do impacto financeiro do ICMS

Os procedimentos metodológicos para determinação do impacto financeiro do ICMS no sistema fotovoltaico projetado são constituídos pelos seguintes itens:

- Tarifas de consumo de energia elétrica aplicadas ao proprietário da minigeração fotovoltaica projetada;
- Tarifa de energia elétrica compensada da rede da distribuidora aplicada ao proprietário da minigeração fotovoltaica projetada;
- Taxa mínima de atratividade do minigerador fotovoltaico projetado;
- Cenários para análise dos impactos financeiros da tributação no minigerador fotovoltaico projetado; e
- Critérios para a análise de retorno do investimento minigerador fotovoltaico projetado.

5.1.1 Tarifas de consumo de energia elétrica

A determinação dos valores bases de tarifa de energia elétrica, promulgados pela ANEEL, são determinados entre as distribuidoras e a união em seus contratos de concessão (ANEEL, 2011). As tarifas de energia elétrica cobrada pelas distribuidoras sobre os consumidores finais sofrem a incidência de tributos, PIS, COFINS e ICMS, sendo calculadas conforme a equação da Figura 10 (ANEEL, 2011).

Figura 10 – Tarifa de energia elétrica cobradas pelas distribuidoras

Tarifa distribuidora	=	Tarifa ANEEL	/	1 - (PIS + COFINS + ICMS)
-----------------------------	----------	---------------------	----------	----------------------------------

Fonte: ANEEL, 2011.

Onde:

Tarifa distribuidora = tarifa de energia elétrica consumida cobrada pela respectiva distribuidora.

Tarifa ANEEL = tarifa de energia elétrica consumida definida pela ANEEL.

PIS = alíquota referente aos Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (%/100).

COFINS = alíquota referente a contribuição para o financiamento da seguridade social (%/100).

ICMS = alíquota referente ao imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (%/100).

As unidades consumidoras onde será utilizada a energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico projetado, conforme premissas definidas no item 4, estão todas enquadradas no grupo B. As tarifas com e sem a incidência de tributação para este subgrupo de consumo de energia elétrica da ENEL, distribuidora detentora da concessão no local onde se encontra a unidade consumidora em estudo, são de R\$ 0,79348/kWh e R\$ 0,54645/kWh, respectivamente, e foram atualizadas no dia 01 de julho de 2020.

5.1.2 Tarifa de consumo de energia elétrica compensada

Com a não atualização do convênio ICMS 16/2015 do CONFAZ, há cobrança de ICMS na energia elétrica injetada e posteriormente compensada na rede elétrica da distribuidora para sistemas com potência superior a 1MW. Lembrando que, por intermédio da lei nº 13.169/2015, art. 8, ficam reduzidos a zero os tributos federais, PIS E COFINS, incidentes sobre a energia posteriormente compensada (BRASIL, 2015). Portanto, baseando-se na equação da Figura 10, que calcula a tarifa de incidência de ICMS na energia compensada, é possível determinar o valor do ICMS, por meio da equação da Figura 11.

Figura 11 – Valor do ICMS

Valor ICMS	=	[	Tarifa ANEEL	/	1 - (ICMS)	]	-	Tarifa ANEEL
-----------------------	----------	----------	-------------------------	----------	-------------------	----------	----------	-------------------------

Fonte: ANEEL, 2011.

Considerando o valor de 27% de alíquota de ICMS e o valor da tarifa de energia elétrica base da ANEEL, tarifa sem a incidência de tributação, tem-se o valor do ICMS na energia compensada dos clientes do grupo A no Ceará, conforme a equação da Figura 12.

Figura 12 – Resultado do cálculo do valor do ICMS

Valor ICMS = R\$ 0,2021/kWh

Fonte: Elaborada pela autora.

5.1.3 Taxa mínima de atratividade (TMA)

A TMA é a expectativa mínima de lucratividade, em termos da taxa de juros, que se espera de um investimento (PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2012, p.116).

A definição da TMA para as análises do retorno do investimento para o sistema solar fotovoltaico projetado baseou-se na Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), a qual é definida pelo Banco Central do Brasil e é referência para outras taxas de juros praticadas na economia brasileira.

Para isso, levantou-se as taxas SELIC mensais entre os anos de janeiro/2013 a setembro/2020, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Histórico da taxa SELIC nos últimos oito anos

Mês/Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	0,60%	0,85%	0,94%	1,06%	1,09%	0,58%	0,54%	0,38%
Fevereiro	0,49%	0,79%	0,82%	1,00%	0,87%	0,47%	0,49%	0,29%
Março	0,55%	0,77%	1,04%	1,16%	1,05%	0,53%	0,47%	0,34%
Abril	0,61%	0,82%	0,95%	1,06%	0,79%	0,52%	0,52%	0,28%
Mai	0,60%	0,87%	0,99%	1,11%	0,93%	0,52%	0,54%	0,24%
Junho	0,61%	0,82%	1,07%	1,16%	0,81%	0,52%	0,47%	0,21%
Julho	0,72%	0,95%	1,18%	1,11%	0,80%	0,54%	0,57%	0,19%
Agosto	0,71%	0,87%	1,11%	1,22%	0,80%	0,57%	0,50%	0,16%
Setembro	0,71%	0,91%	1,11%	1,11%	0,64%	0,47%	0,46%	0,16%
Outubro	0,81%	0,95%	1,11%	1,05%	0,64%	0,54%	0,48%	
Novembro	0,72%	0,84%	1,06%	1,04%	0,57%	0,49%	0,38%	
Dezembro	0,79%	0,96%	1,16%	1,12%	0,54%	0,49%	0,37%	

Fonte: Ministério da Economia, 2020.

Fazendo a média aritmética desses valores, define-se como TMA mensal 0,75% e, aplicando os juros composto, tem-se como TMA anual 9,33%.

5.1.4 Cenário para análise do impacto da tributação no SFCR projetado

Para analisar o impacto da tributação no sistema solar fotovoltaico projetado, estabeleceu-se dois cenários. São eles:

- Cenário 1: Sistema projetado de 5 MW com a incidência do ICMS; e
- Cenário 2: Sistema projetado de 5 MW sem a incidência do ICMS.

Para ambos os cenários, será considerado que toda a energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico será utilizada.

5.1.5 Despesas de consumo de energia elétrica

Para determinar as despesas com energia elétrica de um consumidor que não possui sistema solar fotovoltaico instalado, deve-se levar em consideração o consumo de energia elétrica conforme a equação da Figura 14.

Figura 14 – Despesa de consumo de energia elétrica por um consumidor que não possui sistema solar fotovoltaico

$$D = C \times \text{Tarifa Distribuidora}$$

Fonte: ANEEL, 2011.

Sendo:

D = despesa de consumo de energia elétrica (R\$).

C = consumo de energia (kWh).

Tarifa distribuidora = tarifa de energia da distribuidora com todos os impostos (R\$/kWh).

Já as despesas com energia elétrica dos consumidores que possuem um sistema solar fotovoltaico instalado vai depender da incidência ou não de tributação na energia compensada. Caso haja a incidência de tributação, a despesa de consumo de energia elétrica é definida conforme a equação da Figura 15.

Figura 15 – Despesa de consumo de energia elétrica por um consumidor que possui sistema solar fotovoltaico

$$D \text{ c/ incidência} = \left(\frac{\text{Energia Compensada}}{\text{Valor ICMS}} \times \text{Valor ICMS} \right)$$

Fonte: ANEEL, 2011.

Sendo:

D com incidência = despesa de consumo de energia elétrica (R\$).

Energia compensada = energia solar gerada injetada na rede (kWh).

Valor ICMS = valor do consumo de energia elétrica compensada (R\$/kWh).

Caso não haja incidência de tributação, a despesa de consumo de energia elétrica será apenas o custo de disponibilidade da distribuidora para cada unidade

consumidora que receberá a energia. O custo de disponibilidade é definido conforme a tabela da Figura 16.

Figura 16 – Tabela do custo de disponibilidade

Padrões de conexões	Consumo equivalente	Tarifa	Custo de disponibilidade
Padrão monofásico	30 kWh	R\$ 0,79348	R\$ 23,80440
Padrão bifásico	50 kWh	R\$ 0,79348	R\$ 39,67400
Padrão trifásico	100 kWh	R\$ 0,79348	R\$ 79,34800

Fonte: ANEEL, 2011.

Determinando as despesas de consumo de energia elétrica, pode-se também determinar a economia financeira com a instalação de um sistema solar fotovoltaico, por meio da equação da Figura 17.

Figura 17 – Economia financeira

EF	=	(C x Tarifa Distribuidora)	-	(D c/ incidência ou Custo de disponibilidade)
-----------	----------	-------------------------------------	----------	--

Fonte: Elaborada pela autora.

Sendo:

EF = economia financeira (R\$).

C = consumo de energia (kWh).

Tarifa distribuidora = tarifa de energia da distribuidora com todos os impostos (R\$/kWh).

D com incidência = despesa de consumo de energia elétrica (R\$).

5.1.6 Critérios para análise de retorno do investimento

Considerando os itens deste capítulo e os cenários estabelecidos, foram utilizados como critérios para tomada de decisão de investimento para o sistema solar fotovoltaico:

- O período de Payback, também conhecido como tempo de retorno do investimento;

- Valor Presente Líquido (VPL); e
- Taxa interna de Retorno (TIR).

5.1.6.1 Período de Payback

Na avaliação de investimentos financeiros, o período de payback corresponde ao tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial de determinado projeto, por intermédio de seu fluxo de caixa (GITMAN, 1984, p.339).

Nestes termos, fala-se do chamado payback não descontado, isto é, um procedimento de cálculo onde não se leva em consideração o custo capital, ou seja, a taxa de juros (PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2012, p.118).

Devido a simplicidade de cálculo e de sua natureza intuitiva, pois considera o fluxo de caixa e não lucros contábeis, o período de payback é amplamente utilizado para a avaliação financeira de diferentes projetos, podendo ser aplicado em diversas áreas (GITMAN, 1984, p.340; LEITE, 1982).

Esta análise é feita apenas se dividir o custo da implantação do empreendimento pelo benefício auferido, em outras palavras, é o tempo necessário para que os benefícios se igualem ao investimento (PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2012, p.118).

5.1.6.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL leva explicitamente em conta o valor do dinheiro no tempo (FAE, 2002, p.45), de modo que, todos os benefícios e custos em seus diversos instantes no tempo, sejam trazidos para o presente (PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2012, p.112). Consistindo na apuração do valor de um fluxo de resultado ao longo da vida útil do projeto analisado, utilizando uma taxa mínima de atratividade previamente definida pelo investidor (FAE, 2002, p.45).

Para determinação do VPL, utiliza-se a equação da Figura 18:

Figura 18 – Equação VPL

$$VPL = \sum_{t=0}^N \frac{FC_t}{(1 + TMA_{\text{mensal}})^t}$$

Fonte: Montenegro, 2013.

Sendo:

FC_t = os valores mensais de fluxo de caixa.

TMA_{mensal} = taxa mínima de atratividade mensal.

t = número de ordem do mês de operação do SFCR.

N = vida útil do SFCR, expressa em meses.

Lembrando que:

- Para o investimento inicial, o t é igual a zero;
- O N do SFCR é igual a 25 anos, ou seja, 300 meses; e
- A TMA mensal foi definida no item 4.1.4.

Segundo Gitman (1984, p.342), para a tomada de decisão, os critérios considerados para o VPL, são os seguintes:

- Se o VPL for maior que R\$0, o projeto deverá ser aceito; e
- Se o VPL for menor que R\$0, o projeto deverá ser rejeitado.

A conclusão é que o VPL dando maior que R\$ 0, o investidor obterá como retorno financeiro o valor dele, ou seja, um valor igual ao VPL e superior ao seu custo de capital investido (GITMAN, 1984, p.342).

5.1.6.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A metodologia para cálculo da TIR considera que as somas dos valores atuais dos fluxos de entrada de caixa são iguais aos fluxos atuais de saídas de caixa (BRAGA, 2006, p.59; MACHADO, 2002, p.189).

A determinação da TIR é dada pela equação da Figura 19.

Figura 19 – Equação TIR

$$R\$0,00 = \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - FC_0$$

Fonte: Montenegro, 2013.

Sendo:

FC_0 = investimento inicial para o projeto.

FC_t = os valores mensais de fluxo de caixa.

TIR = taxa interna de retorno.

T = número de ordem do mês de operação do SFCR.

N = vida útil do SFCR expressa em meses.

Para a tomada de decisão, por meio da TIR, deve-se levar em conta a seguinte questão:

- Se a TIR for maior que o custo de capital, no caso deste trabalho, foi considerada igual a TMA, o projeto deve ser aceito; e
- Se a TIR for menor que o custo de capital, no caso deste trabalho, foi considerada igual a TMA, o projeto deve ser rejeitado (GITMAN, 1984, p.344).

6 RESULTADOS DA ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Neste item, são apresentados os resultados financeiros do sistema solar fotovoltaico para os cenários definidos no item 5.1.4.

6.1 Cenário 1

O tempo de amortização do investimento inicial do Cenário 1, que representa um projeto fotovoltaico de 5MW, está representado na tabela da Figura 20.

Figura 20 – Payback no Cenário 1

Ano	Restante do sistema solar fotovoltaico a ser pago	Energia Solar Gerada (kWh)	Tarifa de Energia (R\$/kWh)	ICMS (R\$/kWh)	Economia Financeira
1	R\$ 21.070.000,00	10451700,00	R\$ 0,79348	R\$ 0,2021	R\$ 6.180.926,35
2	R\$ 14.889.073,65	10242666,00	R\$ 0,83990	R\$ 0,21392	R\$ 6.411.660,33
3	R\$ 8.477.413,33	10191452,67	R\$ 0,88903	R\$ 0,22644	R\$ 6.752.808,74
4	R\$ 1.724.604,58	10140495,41	R\$ 0,94104	R\$ 0,23968	R\$ 7.112.108,81
5	-R\$ 5.387.504,23	10089792,93	R\$ 0,99609	R\$ 0,25371	R\$ 7.490.526,34
6	-R\$ 12.878.030,57	10039343,96	R\$ 1,05436	R\$ 0,26855	R\$ 7.889.078,52
7	-R\$ 20.767.109,10	9989147,25	R\$ 1,11604	R\$ 0,28426	R\$ 8.308.836,67
8	-R\$ 29.075.945,77	9939201,51	R\$ 1,18133	R\$ 0,30089	R\$ 8.750.929,10
9	-R\$ 37.826.874,87	9889505,50	R\$ 1,25044	R\$ 0,31849	R\$ 9.216.544,16
10	-R\$ 47.043.419,02	9840057,97	R\$ 1,32359	R\$ 0,33712	R\$ 9.706.933,43
11	-R\$ 56.750.352,46	9790857,68	R\$ 1,40102	R\$ 0,35684	R\$ 10.223.415,09
12	-R\$ 66.973.767,55	9741903,40	R\$ 1,48298	R\$ 0,37772	R\$ 10.767.377,45
13	-R\$ 77.741.145,00	9693193,88	R\$ 1,56973	R\$ 0,39981	R\$ 11.340.282,69
14	-R\$ 89.081.427,68	9644727,91	R\$ 1,66156	R\$ 0,42320	R\$ 11.943.670,78
15	-R\$ 101.025.098,46	9596504,27	R\$ 1,75877	R\$ 0,44796	R\$ 12.579.163,64
16	-R\$ 113.604.262,10	9548521,75	R\$ 1,86165	R\$ 0,47416	R\$ 13.248.469,49
17	-R\$ 126.852.731,59	9500779,14	R\$ 1,97056	R\$ 0,50190	R\$ 13.953.387,43
18	-R\$ 140.806.119,01	9453275,24	R\$ 2,08584	R\$ 0,53126	R\$ 14.695.812,29
19	-R\$ 155.501.931,30	9406008,87	R\$ 2,20786	R\$ 0,56234	R\$ 15.477.739,72
20	-R\$ 170.979.671,03	9358978,82	R\$ 2,33702	R\$ 0,59524	R\$ 16.301.271,56
21	-R\$ 187.280.942,59	9312183,93	R\$ 2,47374	R\$ 0,63006	R\$ 17.168.621,47
22	-R\$ 204.449.564,05	9265623,01	R\$ 2,61845	R\$ 0,66692	R\$ 18.082.120,89
23	-R\$ 222.531.684,94	9219294,89	R\$ 2,77163	R\$ 0,70594	R\$ 19.044.225,34
24	-R\$ 241.575.910,28	9173198,42	R\$ 2,93377	R\$ 0,74723	R\$ 20.057.520,96
25	-R\$ 261.633.431,24	9127332,43	R\$ 3,10539	R\$ 0,79095	R\$ 21.124.731,51

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

A coluna “o restante do sistema a ser pago” é a diferença entre o valor do capital inicial e a economia financeira gerada, descrita na última coluna e determinada no item 5.1.5.

Com relação as tarifas de energia elétrica aplicadas pela distribuidora, foram calculadas com aumento tarifário anual de 5,85%, conforme média aritmética do IPCA dos últimos 10 anos. O valor considerado para o ICMS na energia compensada leva em conta o aumento da tarifa anualmente em 5,85%.

Conforme a tabela da Figura 20, tem-se que o período de payback deste cenário é entre 4 e 5 anos.

Analisando os fluxos de caixa, tem-se que o valor corrigido obtido ao longo da vida útil do sistema solar, 25 anos, considerando a taxa mínima de atratividade de R\$430.113.207,71 e a TIR anual do projeto de 33,98%.

6.2 Cenário 2

De maneira semelhante, no Cenário 2, tem-se que o tempo de amortização do investimento inicial é entre 3 e 4 anos. Por meio dos fluxos de caixa e aplicando as mesmas metodologias do Cenário 1, tem-se o valor obtido ao longo da vida útil do sistema solar fotovoltaico projetado igual a R\$ 645.204.723,30 e a TIR anual igual a 44,16%, como pode ser verificado na tabela da Figura 21.

Figura 21 – Payback no Cenário 2

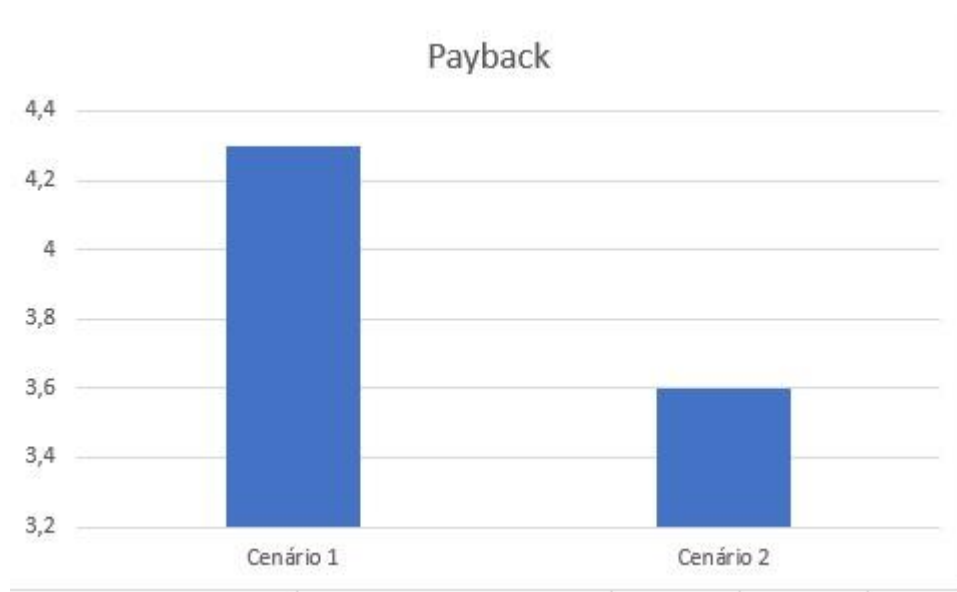
Ano	Restante do sistema solar fotovoltaico a ser pago	Energia Solar Gerada (kWh)	Tarifa de Energia (R\$/kWh)	ICMS (R\$/kWh)	Economia Financeira
1	R\$ 21.070.000,00	10451700,00	R\$ 0,79348	R\$ -	R\$ 8.293.214,92
2	R\$ 12.776.785,08	10242666,00	R\$ 0,83990	R\$ -	R\$ 8.602.800,63
3	R\$ 4.173.984,46	10191452,67	R\$ 0,88903	R\$ -	R\$ 9.060.534,14
4	-R\$ 4.886.549,69	10140495,41	R\$ 0,94104	R\$ -	R\$ 9.542.622,51
5	-R\$ 14.429.172,20	10089792,93	R\$ 0,99609	R\$ -	R\$ 10.050.361,60
6	-R\$ 24.479.533,80	10039343,96	R\$ 1,05436	R\$ -	R\$ 10.585.116,22
7	-R\$ 35.064.650,02	9989147,25	R\$ 1,11604	R\$ -	R\$ 11.148.323,79
8	-R\$ 46.212.973,81	9939201,51	R\$ 1,18133	R\$ -	R\$ 11.741.498,22
9	-R\$ 57.954.472,03	9889505,50	R\$ 1,25044	R\$ -	R\$ 12.366.233,99
10	-R\$ 70.320.706,02	9840057,97	R\$ 1,32359	R\$ -	R\$ 13.024.210,39
11	-R\$ 83.344.916,41	9790857,68	R\$ 1,40102	R\$ -	R\$ 13.717.196,06
12	-R\$ 97.062.112,47	9741903,40	R\$ 1,48298	R\$ -	R\$ 14.447.053,77
13	-R\$ 111.509.166,24	9693193,88	R\$ 1,56973	R\$ -	R\$ 15.215.745,38
14	-R\$ 126.724.911,62	9644727,91	R\$ 1,66156	R\$ -	R\$ 16.025.337,16
15	-R\$ 142.750.248,78	9596504,27	R\$ 1,75877	R\$ -	R\$ 16.878.005,28
16	-R\$ 159.628.254,06	9548521,75	R\$ 1,86165	R\$ -	R\$ 17.776.041,75
17	-R\$ 177.404.295,81	9500779,14	R\$ 1,97056	R\$ -	R\$ 18.721.860,49
18	-R\$ 196.126.156,30	9453275,24	R\$ 2,08584	R\$ -	R\$ 19.718.003,88
19	-R\$ 215.844.160,19	9406008,87	R\$ 2,20786	R\$ -	R\$ 20.767.149,57
20	-R\$ 236.611.309,76	9358978,82	R\$ 2,33702	R\$ -	R\$ 21.872.117,69
21	-R\$ 258.483.427,45	9312183,93	R\$ 2,47374	R\$ -	R\$ 23.035.878,39
22	-R\$ 281.519.305,83	9265623,01	R\$ 2,61845	R\$ -	R\$ 24.261.559,89
23	-R\$ 305.780.865,72	9219294,89	R\$ 2,77163	R\$ -	R\$ 25.552.456,83
24	-R\$ 331.333.322,55	9173198,42	R\$ 2,93377	R\$ -	R\$ 26.912.039,18
25	-R\$ 358.245.361,74	9127332,43	R\$ 3,10539	R\$ -	R\$ 28.343.961,51

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

6.3 Resumo dos resultados

O resumo dos tempos de payback pode ser visto no gráfico da Figura 22, comprovando que o menor tempo de retorno é para o Cenário 2, com um prazo de aproximadamente 3 anos e 6 meses.

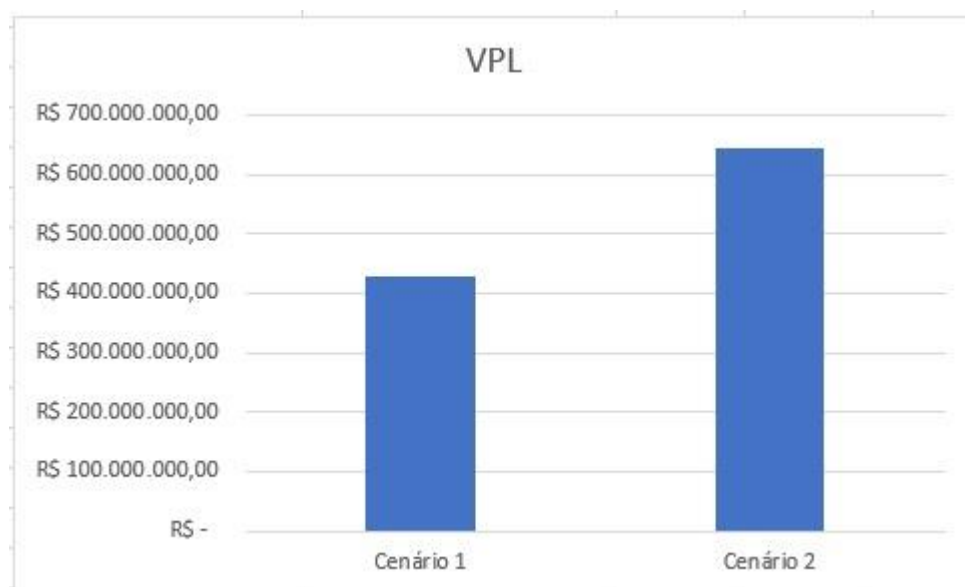
Figura 22 – Resumo dos payback obtidos nos dois cenários



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

O resumo dos resultados para o VPL nos dois cenários está explicitado no gráfico da Figura 23, novamente o cenário 2 se destaca.

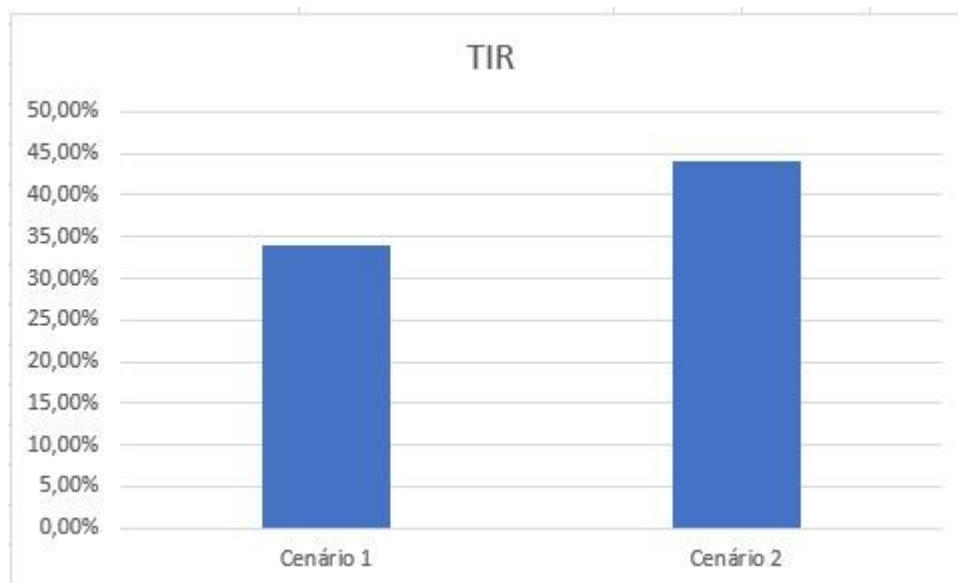
Figura 23 – Resumo do VPL obtido nos dois cenários



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

E, por fim, o gráfico da Figura 26 ilustra o resumo das TRI anuais obtidas.

Figura 26 – Resumo da TRI anual obtida nos dois cenários



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo, por meio de um sistema solar fotovoltaico dimensionado para atender unidades consumidoras do grupo B, comparar dois modelos de tarifação para geração solar fotovoltaica distribuída.

Foi realizado uma pesquisa de valor de mercado do sistema solar fotovoltaico de 5 MW em três empresas do setor e, devido a disparidade entre os orçamentos, foi feita a média dos valores, encontrando o valor de investimento estimado em R\$ 21.070.000,00, ou seja, R\$ 4.214.000,00/MW.

No que diz respeito a análise financeira do sistema solar, buscou-se avaliar o impacto da incidência de ICMS na energia compensada no payback, na TIR e no VPL do sistema projetado. Para isso, criou-se dois cenários distintos, o primeiro considerando o sistema de tarifação baseada no convênio de ICMS nº16/2015 como está hoje, com a redação baseado nos critérios da Resolução Normativa nº482/2012, da ANEEL, ou seja, com cobrança ICMS para sistemas com potência maior que 1MW. E o segundo baseado em uma possível atualização no convênio ICMS nº16/2015, com a redação baseada na Resolução Normativa nº687/2015, da ANEEL, ou seja, com a isenção do ICMS sobre a energia compensada nos sistemas com potência instalada de até 5MW.

Como resultado, verificou-se que os dois cenários são viáveis economicamente, isto porque, todos apresentaram um payback menor que a vida útil de 25 anos do sistema, o VPL foi positivo e a TIR mensal e anual são maiores que as taxas de oportunidade consideradas no estudo.

Comparando os dois cenários, o sistema solar fotovoltaico projetado possui os melhores resultados de viabilidade no sistema tarifário estabelecido pelo convênio ICMS nº16/2015, com redação atualizada conforme a Resolução Normativa nº 687/2015, da ANEEL. Em se tratando do payback, a diferença entre o melhor e o pior resultado, Cenário 2 e 1 respectivamente é de 7 meses, ou seja 2,3% da vida útil de 25 anos dos sistemas fotovoltaicos.

Já em relação ao VPL e à TIR, o Cenário 2 também teve resultados melhores em comparação ao Cenário 1. No cálculo do VPL, a diferença é de R\$ 215.091.515,59 e, na TIR anual, a diferença é de 10,17%.

Isto posto, verifica-se que os resultados confirmam o impacto negativo da incidência de ICMS na energia compensada na viabilidade do sistema de geração distribuída. Os resultados financeiros do Cenário 1 são inferiores aos do Cenário 2.

Assim, conclui-se que o sistema de compensação de energia, que segue o atual Convênio ICMS 16/2015, diminuiu a atratividade da inserção da geração solar distribuída como fonte energética, fazendo com que ainda dependamos de fontes de origem fóssil de energia, principalmente em períodos de seca, uma vez que a matriz energética do Brasil é predominantemente hídrica.

Considerando os resultados auferidos e as conclusões feitas, propõe-se para estudos e trabalhos futuros:

- Avaliar o impacto do ICMS nos sistemas fotovoltaicos de outros estados brasileiros.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa N°482**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em: 14 mar. 2020.

ANEEL. **Resolução Normativa N°687**. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em: 06 maio 2020.

ANEEL <<https://www.aneel.gov.br/a-aneel>> Acesso em: 14 mar. 2020.

ANEEL <<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>> Acesso em: 14 mar. 2020.

ANEEL <https://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false> Acesso em: 06 maio 2020.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Estudo técnico. 2017. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/32259>> Acesso em: 14 abr. 2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 05 abr. 2020

BRASIL. **Lei 13.169**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm> Acesso em: 14 mar. 2020

CAMILO, H. F., UDAETA, M. E. M., GIMENES, A. L. V. & GRIMONI, J. A. B. (2017). **Assessment of photovoltaic distributed generation – Issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 71, 712-719. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.099>> Acesso em: 30 abr. 2020.

CAVALCANTI, C. C. T. **O direito da energia no contexto ibero-brasileiro**. Rio de Janeiro: Synergia, 2017. 400 p.

CONFAZ. **Convênio ICMS 16**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15> Acesso em: 14 mar. 2020.

Dantas, G. de A., Castro, N.J. de, Brandão, R., Rosental, R., Lafranque, A. (2017). **Prospects for the Brazilian electricity sector in the 2030s: Scenarios and guidelines for its transformation**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 68, part 2, p. 997-1007.

ENEL. Taxas, Tarifas e Impostos. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pt-ceara/Tarifas_Enel.html> Acesso em: 01 dez. 2020.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2015**. São Paulo. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <

file:///C:/Users/alexa/Downloads/Relatorio-Anual-e-de-Sustentabilidade-Eletronbras-2015.pdf> Acesso em: 05 maio 2020.

FARIA, JR. H. DE, TRIGOSO, F.B.M. e CAVALCANTI, J.A.M. (2016). **Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Disponível em: < [Http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.076](http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.076)> Acesso em: 30 abr. 2020.

GIAMBIAGI, F. **Finanças Públicas: teoria e prática no Brasil**. 4º edição, Rio de Janeiro, Elsevier, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 175 f.4. ed. São Paulo: Editora Atlas AS, 2002.

GOLDEMBERG. J; LUCON. O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos avançados, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159.pdf>> Acesso em: 07 de jun. 2020.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração Financeira**. Tradução de Célio Knipel Moreira. 3º ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos, 2017.

JÄGER- WALDAU, A. (2017). **PV Status Report 2017**. Publications Office of the European Union. Luxembourg. Europe. EUR 28817 EN. ISBN 978-92-79-74071-8. doi:10.2760/452611.

MARSHALL, Otávio; TRIBUCI, Einar. **ICMS na geração distribuída: Gênese de uma tributação indevida**. Canal Energia, 2019. Disponível em:< <http://www.anacebrasil.org.br/noticias/icms-na-geracao-distribuida-genese-de-uma-tributacao-indevida/>> Acesso em: 07 jun. 2020.

MICHELETTI, Danilo H. et al. **Extrafiscalidade e energia solar fotovoltaica: o uso da tributação ambiental na promoção da sustentabilidade**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020, p.13-24. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/29410>. Acesso em: 05 abr. 2020.

MIRANDA, Joseane Borges de. **Engenharia Econômica: Livro didático**. Palhoça: Unisul Virtual, 2011. 149 p. Acesso em: 18 de maio de 2018.

MONZONI, M. (Coord.). **Financiamento para energia solar fotovoltaica em geração distribuída**. São Paulo: FGVces, 2018. 75 p.

NASCIMENTO, Francisco Paulo do; SOUSA, Flávio Luis Leite. **Metodologia da pesquisa científica teoria e prática: como elaborar TCC**. Fortaleza: INESP, 2017.

PINTO, J. T. M., AMARAL, K. J. & JANISSEK, P. R. (2016). **Deployment of photovoltaic in Brazil: Scenarios, perspectives and policies for low-income housing**, Solar Energy, 133, 73-84. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X16300019?via%3Di> hub > Acesso em: 30 abr. 2020.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** 113 f.1. ed. Florianópolis: Editora UFSC - LABSOLAR, 2004.

SILVEIRA, J. L., TUNA, C. E. & LAMAS, W. de Q. (2013). **The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 20, 133-141. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.054>> Acesso em: 30 abr. 2020.

SOUZA, L.H.V. DE; CAVALCANTE, A.M.G. (2016). **Concentrated Solar Power deployment in emerging economies: The cases of China and Brazil**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.027> > Acesso em: 30 abr. 2020.

SOUZA, L.H.V. DE; CAVALCANTE, A.M.G. (2016). **Towards a sociology of energy and globalization: Interconnectedness, capital, and knowledge in the Brazilian solar photovoltaic industry**. Energy Research & Social Science, v. 21, p. 145–154. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2016.07.004>> Acesso em: 30 abr. 2020.

URBANETZ, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. 189 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2010.

VALADÃO, M. A. P.; CARNAÚBA, F. R. **A extrafiscalidade como forma de implementação do desenvolvimento sustentável**. In: CAVALCANTE, D. L.; CALIENDO, P. (Coord.). Políticas públicas, tributação e energia solar. Curitiba: CRV, 2017. p. 83-114.

VASCONCELLOS, M. **Fundamentos da Economia**. 4º edição, São Paulo. Saraiva, 2008.

OLIVEIRA, M. H. F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy**. 2008. 231 fl. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PEREIRA, Fabiana Luzia; MENDES, Marina Alves. **O uso de energia solar fotovoltaica como alternativa à redução da fatura de energia elétrica em blocos universitários**. Engenharia Civil-Tubarão, 2018.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. **Matemática Financeira e Engenharia Econômica: A teoria e a prática da análise de projetos de investimentos**. São Paulo: Thomson, 2003.