

**Inspere Instituto de Ensino e Pesquisa
Faculdade de Economia e Administração**

Gustavo De Andrade Vasconcellos

O MERCADO SOLAR E IMPACTOS DE ENERGIAS SUSTENTÁVEIS

São Paulo

2019

Gustavo De Andrade Vasconcellos

O Mercado solar e impactos de energias sustentáveis.

Monografia apresentada ao curso de Ciências
Econômicas, como requisito parcial a obtenção do
Grau de Bacharel do Insper Instituto de Ensino e
Pesquisa.

Orientador: Prof. Rodrigo Moita – Insper

São Paulo
2019

Vasconcellos, Gustavo

O mercado solar e impactos de energia sustentáveis/
Gustavo Vasconcellos. – São Paulo: Insper, 2019.

30 f.

Monografia: Faculdade de Economia e Administração.
Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientadora: Prof. Rodrigo Moita

1. Mercado Solar 2. Brasil 3. Valor Presente
Liquido

**Gustavo De Andrade
Vasconcellos**

O mercado solar e impactos de energias sustentáveis.

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel do Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Examinadores

Prof. Rodrigo Moita Orientador

Dedicatória

Gostaria de agradecer à minha família que sempre me apoiou: principalmente aos meus pais. Sou grato também a minha namorada e meus amigos que sempre me incentivaram nesses 4 anos de graduação. A todos os meus colegas que fizeram parte desta fase da minha vida e ao professor Rodrigo Moita que me ajudou e apoiou em todo o trabalho desenvolvido.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças em todas as etapas da minha vida.

Agradeço também à professor orientador Rodrigo Moita, pelo envolvimento com o tema, por me ajudado com o desenvolvimento do estudo.

Ao Insper, agradeço por contribuir para minha formação profissional e acadêmica.

Aos meus colegas de trabalho que me apoiaram e me ajudaram nesse processo.

A minha namorada que sempre acreditou em mim e incentivou os meus estudos.

Aos meus país e irmão, pessoas maravilhosas, aos quais tenho imenso orgulho e são minha fonte de inspiração.

Resumo

Vasconcellos, Gustavo. O mercado solar e impactos de energia sustentáveis. São Paulo, 2019. 30p. Monografia – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Em alguns lugares, por conta da baixa concorrência no mercado de energia, as pessoas ficam muito dependentes de fontes energéticas estatais ou privadas, vulneráveis a altos preços e regulamentações desfavoráveis. Somado a isso, podemos perceber uma pressão mundial em adotar fontes de energia sustentável, visto a condição atual do planeta terra diante de tantas fontes poluentes. Certos países desenvolvidos, como Dinamarca e Alemanha, já adotam o modelo descentralizado de produção de energia, isto é produção autônoma de energia via painel solar. Assim, este estudo tem como objetivo analisar os impactos sócio econômicos da descentralização do mercado elétrico em países subdesenvolvidos, como o Brasil, e a viabilidade de projetos de geração autônoma de energia por meio de painéis solares. O estudo foi medido através das variáveis financeiras, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) do projeto em questão. Desta maneira foi possível comparar e especular diferentes cenários afim de descobrir a viabilidade dos projetos. Por fim, este estudo confirmou que, com as variáveis abordadas no atual cenário brasileiro, não é rentável para o investidor comprar um painel solar para virar um gerador autônomo de energia solar, por conta dos resultados desvantajosos tanto do VPL como da TIR do projeto.

Palavras Chaves: Mercado solar, fontes renováveis, Brasil, descentralização e viabilidade de projetos de médio-longo prazo.

Abstract

Vasconcellos, Gustavo. The solar market and sustainable energy impacts. São Paulo, 2019. 30p. Monography - Faculty of Economics and Administration. Insper Institute of Teaching and Research.

In some places, because of the low competition in the energy market, people are very dependent on state or private energy sources, vulnerable to high prices and unfavorable regulations. In addition to this, we can see a worldwide pressure to adopt sustainable energy sources, given the current condition of the planet earth in the face of so many polluting sources. Certain developed countries, such as Denmark and Germany, already adopt the decentralized model of energy production, ie autonomous energy production via solar panel. Thus, this study aims to analyze the socioeconomic impacts of the decentralization of the electric market in underdeveloped countries, such as Brazil, and the feasibility of projects of autonomous generation of energy through solar panels. The study was measured by the financial variables, net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) of the project in question. In this way it was possible to compare and speculate different scenarios in order to discover the viability of the projects. Finally, this study confirmed that with the variables considered in the current Brazilian scenario, it is not profitable for the investor to buy a solar panel to become an autonomous generator of solar energy, due to the disadvantageous results of both the NPV and the IRR of the project.

Keywords: Solar market, renewable sources, underdeveloped countries, decentralization and feasibility of medium-long term projects.

Lista de Figuras

Figura A1 - Capacidade Acumulativa de Energia Mundial entre 2000/14.....	23
Figura A2 - Preço dos Módulos Fotovoltaicos (U\$) por Watt Produzido entre 2014/18.....	23
Figura A3 - Projeção das perspectivas de demanda elétrica no Brasil entre 2016/26.....	24
Figura A4 - Projeção do Consumo de Energia Renovável entre 2017/2023.....	24
Figura A5 - Insolação Média Diária no Brasil em 2014.....	25
Figura A6 - Duração do Dia em Média no Estado de São Paulo.....	25

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estimativa Mensal de Consumo de Energia de 4 pessoas.....	15
Tabela 2 - Preço Médio do Pannel Solar no Brasil.....	15
Tabela 3 - Estimativa de Produção de Energia de um Pannel de 6,6 KW/p.....	16
Tabela 4 - Benefícios da Compra do Pannel Solar.....	19
Tabela 5 - Custos da Compra do Pannel Solar.....	19
Tabela 6 - Valor Presente Líquido dos Dados Coletados.....	19
Tabela 7 - Valor Presente Líquido da Tarifa Ótima.....	20
Tabela 8 - Valor Presente Líquido do Preço Ótimo.....	21
Tabela A1 - Impostos Cobrados na Conta de Luz	26
Tabela A2 - Encargos Cobrados na Conta de Luz.....	26
Tabela A3 - Tarifa Média Brasileira de luz (Categoria B1) por R\$/KW/h em 2018.....	26

Sumário

1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	4
2.1 Experiência Internacional e Brasil no Cenário Elétrico	7
2.2 Carga Tributaria no mercado internacional e leis brasileiras.....	9
2.3 Papel do Governo	11
3. Metodologia	13
3.1 Premissas e Dados.....	13
3.2 Modelo Proposto.....	17
4. Resultados	18
5. Conclusão	21

1.Introdução

Este estudo tem como objetivo analisar os impactos sócio econômicos da descentralização do mercado elétrico em diferentes países e a utilização de fontes de energia sustentável, no caso a energia solar, afim de complementar a oferta energética de um individuo analisado. Para isso, irei me basear em estudos já realizados sobre mercado solar e geração descentralizada de energia em países desenvolvidos e adaptarei para mercados emergentes, como o Brasil.

De maneira geral, utilizarei dados de mercado e históricos para se chegar a um modelo comparativo, para verificar a viabilidade de um investimento de geração autônoma de energia. Complementar a isso, adaptarei os modelos de mercados desenvolvidos para mercados emergentes e discorrerei o porquê da utilização delas em meu trabalho, usando conjuntamente os estudos e informações de outros estudos conceituados. Em paralelo, analisarei o sistema judiciário, com relação ao mercado livre de energia de países desenvolvidos e o Brasil, isto inclui, análise tarifaria e se a lei permite que caso o cidadão possua outra fonte de energia ele possa adquirir um complemento de renda a partir desta atividade.

Partindo do pressuposto das experiências analisadas de países desenvolvidos, os resultados esperados do trabalho são a utilização de energia solar afim de complementar a demanda energética do cidadão e capacidade de um sistema que possa proporcionar uma alternativa aos oligopólios de energia de países emergentes.

A motivação do trabalho se baseia em três pilares principais, sendo eles o crescimento populacional, o aquecimento global e a queda no custo do painel solar na última década. O primeiro ocorre diante da globalização, dos avanços tecnológicos na medicina e nas pesquisas, além do fato da população mundial vir crescendo substancialmente. Segundo a base de dados de 2017, da Organização das Nações Unidas (ONU), o planeta terra hoje abriga mais de 7,5 bilhões de pessoas, e tem previsões de atingir 8,6 Bilhões em 2030 e 9,8 Bilhões em 2050.

Além disso, a entidade afirma que da população mundial atual, mais de 75% vive em países subdesenvolvidos, o que nos deixa afirmar que existe uma alta demografia em certas localidades do mundo. Desta maneira, fica claro que a população destes lugares como China,

Índia e Brasil, tenham cada vez mais demanda por energia para suprir a necessidade de suas cidades e de seus habitantes.

No sentido contrário, é possível perceber o surgimento de mobilizações e tratados mundiais contra o aquecimento global, que segundo o Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC - 2018), vem afetando e dizimando diversas regiões do nosso planeta. Diante desses problemas, no dia 11/12/97, foi assinado no Japão, o protocolo de Kyoto, um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa. Mais tarde, na Conferência da Nações Unidas sobre as alterações climáticas de 2015 (COP-21) foi firmado o acordo de Paris, um compromisso assinado por 195 países com o objetivo de reduzir emissões de gases que contribuam para o aquecimento global.

A partir desse momento, como mostra o relatório de Revolução Energéticas da Greenpeace (2016), os combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural foram sendo substituídos por outras fontes. A energia sustentável ganhou força expressiva em todo o mundo e projetos começaram a ser implementados tanto em países desenvolvidos como em países emergentes. Podemos observar na Figura A1, um crescimento mundial expressivo em fontes sustentáveis como energia hídrica, eólica e solar.

Segundo o estudo de Blaadberg (2017), a energia eólica e a energia solar nunca tiveram um crescimento tão forte como no ano de 2015, atingindo a marca de 17% e 28% respectivamente. De acordo com esta pesquisa, esses números de 2015, são devido a exaustão dos locais físicos para recursos fluviais das hidrelétricas, que diminuiriam sua utilização e seu desenvolvimento. Apesar das hidrelétricas serem mais rentáveis, a energia eólica e solar são mais fáceis de acessar, com menos dependência de localização física, além de terem um menor impacto sobre o meio ambiente e uma capacidade maior inexplorada.

Sustentando os argumentos do estudo anterior, observado na figura A2, pode-se perceber que o preço do painel solar tem caído ao longo dos anos. Segundo o NREL (National Renewable Energy Laboratory) o preço dos módulos fotovoltaicos caiu incrivelmente nos últimos 7 anos, variando de \$1,80/watt em 2010, até \$0,35/watt em 2017 para módulos de silício policristalino, o que impulsiona a adoção e facilita o acesso desta fonte renovável pelos

países que demandam uma alta quantidade de energia.

De maneira mais ampla, analisando a projeção dos próximos dez anos das perspectivas de demanda elétrica no Brasil, feita pelo ministério de Minas e Energia em 2017, figura A3, pode-se observar um aumento no consumo de todos os setores nacionais, sendo mais expressivo no residencial e comercial, chegando a 4% de crescimento. Desta forma, fica claro que a oferta atual de energia do país deve ser pressionada para cima, devido ao crescimento populacional e as perspectivas de crescimento do PIB brasileiro, o que daria espaço para a implementação mais concreta de fontes de energia sustentáveis em território nacional.

Levando em conta o avanço tecnológico, a pressão mundial por adoção de energias sustentáveis, o barateamento dos painéis solares ao longo do tempo e o aumento futuro de demanda elétrica no mercado brasileiro é possível que no Brasil, ocorra um processo, que em países desenvolvidos já está evoluído. O encadeamento da descentralização do setor elétrico, isto é, que as pessoas comecem a utilizar painéis solares ou outras fontes de energia sustentável em casas e comércios, ao invés de comprar de uma distribuidora estatal ou privada. Desta maneira, fazendo com que os habitantes não dependam mais de um meio intermediador entre a fonte energética e o seu utilizador.

Com isso, este estudo visa aprofundar futuros impactos socioeconômicos da implementação destas energias alternativas em países subdesenvolvidos, com ênfase no Brasil. Alguns outros pontos, como custo de implementação, processo de armazenamento, preço da energia após a implementação, rentabilidade do processo, capacidade a ser explorada e possíveis impactos sócio ambientais, serão analisados no decorrer do estudo.

Por fim, será possível observar, como estas mudanças nos fatores de produção de energia irá afetar a economia destes grandes países ainda em desenvolvimento. Além disso, poderemos analisar possíveis impactos dessas fontes renováveis em projetos do governo, afim de se minimizar custos variáveis e aumentar o bem estar econômico do país em questão.

2. Revisão de Literatura

A viabilização de um projeto de investimento relativamente alto, como a instalação de fontes de energia sustentáveis primeiramente passa por uma análise de custos, o que permite a avaliação da implementação dos mesmos. Em 2011, nos Estados Unidos, foi proposto por Branker, K., Pathak, M. J. M., & Pearce, Joshua M. (2011), um modelo para se mensurar os custos comparativos entre uma grande fonte de energia em escala e os custos de uma fonte renovável, o chamado custo nivelado de eletricidade (LCOE). Além disso, o estudo como o de Vartiainen E, Masson G, Breyer. (2014) mostrou o valor da energia solar e ainda estimou o custo de instalação de painéis solares em residências na Europa, que pode ser utilizada como proxy para países subdesenvolvidos. O resultado foi que este custo irá diminuir nas próximas décadas e por aproximação concluíram que o custo no último semestre de 2015, para a maioria das cidades da Europa, foi de mil e duzentos euros por kilo-watt-pico, onde watt-pico é a potência máxima que um painel solar pode fornecer em condições ideais.

Outro ponto importante é a depreciação ao longo do tempo dos painéis solares utilizados tanto em grande escala, como em centros de captação solar, até de pequena escala, como telhados residenciais de painéis solares. Alguns estudos mostram o ciclo de vida dos painéis solares, como Wohlgemuth, Cunningham, Nguyen e Miller (2006), onde foi mensurado 5 módulos que estavam em uso ao ar livre há mais de 10 anos e se concluiu uma degradação média de 0,5% ao ano. Já Dunlop & Halton (2005) discordam deste último estudo citado, pois em suas análises foi mensurada a performance de quarenta módulos de painéis solares feitos de silício policristalinos, expostos a radiação e ao uso contínuo por 20-22 anos. O resultado foi que em mais da metade dos painéis após os anos de análise, se mostraram com 92% de performance total, o que puderam concluir que os mesmos tem vida útil acima de 22 anos.

O que fica claro no estudo dos finlandeses J. Vimpari, S. Junnila (2017), são os retornos dos painéis nas residências das pessoas. Nele se foi estudado o quanto um painel solar agregava no preço de um residência. O paper se baseou em um cálculo chamado de PV Yield, que seria nada mais como o retorno do valor da eletricidade gerada dividido pelo custo

de investimento, sendo que o retorno de valor dependia diretamente da irradiação do local, da depreciação do painel ao longo do tempo, do custo variável de operação do painel e do preço da energia no mercado na data analisada. Com isso, através de uma análise fundamentalista pode-se concluir que os cidadãos brasileiros teriam seu PV Yield aumentado, visto que o Brasil é um dos países com mais incidência solar no mundo. Ainda assim, existem dados que comprovam como se deu a implementação em alguns países desenvolvidos. Segundo o Instituto Alemão de Sistema Solar Fraunhofer, em seu relatório de 2015, mostrou que o custo de investimento na Alemanha para sistemas de 10-100 kWp foi cerca de mil e trezentos Euros por kilo-watt-pico, o que pode ser considerado caro para os padrões brasileiros.

Como já citado antes, Błaadberg (2017), em seu estudo, além de realizar perspectivas de crescimento de energia sustentáveis como a solar e eólica, ele analisa o processo de armazenamento e transmissão de ambos, deixando claro os pontos fortes e fracos de ambas as fontes. Mais adiante, mostra o processo de 30 anos que ocorreu na Dinamarca onde, mais de 50% da energia produzida dinamarquesa passou a ser de fonte descentralizada e renovável.

Ainda assim, classifica elas como parte do sistema de geração de energia distribuído (DPGS), onde está em crescente na Europa e deve ser uma tendência para países subdesenvolvidos como Brasil, China e Índia. Por fim, ele divide em 3 subcategorias de interação das fontes renováveis com as fontes comuns do governo, dando ênfase para os benefícios da relação ótima.

Segundo dados de 2018 do Governo Brasileiro, existe um projeto de lei que trata da instalação de painéis solares para a geração de energia elétrica nas unidades habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida. Conforme a proposta, as casas do programa social serão equipadas com painéis de energia solar sem custo adicional para os beneficiários que não se enquadrem na Tarifa Social de Energia Elétrica, ou de beneficiários que se enquadrem e estejam dispostos a abrir mão da tarifa especial.

A Tarifa Social de Energia Elétrica é um benefício que confere desconto na fatura de energia elétrica para pequenos consumidores. Ela abrange famílias com consumo mensal médio de até 80 quilowatt-hora e famílias de baixa renda com consumo mensal médio entre

80 e 220 quilowatt-hora. O projeto, além de beneficiar a população de baixa renda, possibilitará o desenvolvimento da energia solar no Brasil contribuindo para o aproveitamento do potencial de irradiação solar incidente no território brasileiro, superior mesmo ao de países que lideram o uso dessa fonte de energia como Alemanha e França. Isso já mostra o desenvolvimento e engajamento do governo afim de utilizar seus recursos naturais para suprir a crescente na demanda de energia e eliminar gastos futuros na alocação de energia do país.

Em contrapartida, segundo o relatório da World Energy Council do ano de 2013, que analisa a capacidade de produção de hidrelétricas no país, a China e o Brasil possuem cenários relativamente parecidos. O primeiro é considerado o maior produtor mundial de energia hidrelétrica e está construindo represas agressivamente. A energia hidrelétrica corresponde por cerca de 16% da eletricidade da China e por 7% do consumo total de energia e está previsto aumentar a capacidade de geração hídrica em quase dois terços nos próximos anos. Já o segundo, tem de longe, os maiores recursos hidrelétricos do continente. O Comitê Brasileiro do CME relata que a capacidade teórica bruta é estimada em 3.040 TWh / ano, com uma capacidade economicamente explorável de cerca de 818 TWh / ano, dos quais mais de 45% até agora foram aproveitados. Diante disso, as fontes de energia sustentáveis para serem consideradas prioridades tem que possuir um custo baixo e uma eficiência alta, afim de suprir as altas demandas desses dois países tão populosos.

Eficiência que pode ser considerada aquém do esperado nos dias de hoje. Isto se deve ao dado apresentado pela empresa norte americana, Solar City, que em 2016, apresentou o painel solar mais eficiente do mundo até então. Em potência máxima, o painel é capaz de usar 22,04% dos raios do sol, sendo que o desempenho médio geralmente oscila entre 15% a 17%. Por outro lado isso também mostra, o potencial a ser explorado e o que este aumento de eficiência poderia provocar na vida de seus utilizadores, afim de fugir dos monopólios elétricos existentes em mercados de baixa concorrência do setor elétrico.

2.1 Experiência Internacional e Brasil no Cenário Elétrico

Segundo o relatório, da Renewable Energy Statistics , do ano de 2017, alguns países fizeram mais investimentos públicos no setor elétrico, em energias renováveis e gastaram com pesquisa, desenvolvimento e implementação no setor fotovoltaico. Países como China, Japão, Alemanha e Estados Unidos são os principais produtores de energia solar no mundo. Com eficiência e visão de longo prazo, estes países utilizam a seu favor, a topografia ou os espaços ociosos para se transformar em líderes da produção sustentável. A China, sendo o terceiro maior país do mundo em extensão, utilizou a seu favor o denso território para implementar e suprir a alta demanda da maior população mundial. Segundo os dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), a China representa, 25,8% da produção mundial de energia solar.

Já no caso Japonês, após o desastre da Usina Nuclear de Fukushima, o governo asiático resolveu investir pesado em outras fontes de energia, como a energia solar. Apesar de ter um território limitado e uma alta densidade populacional, os programas do governo deram certo visto que a demanda energética do país irá aumentar consideravelmente. Em outros casos, como nos países nórdicos, devido a escassez de usinas hidroelétricas e produções convencionais, o que torna a energia convencional cara, o governo já aposta em energias sustentáveis a um tempo. Além disso, o clima inóspito na maior parte do ano, exige uma alta demanda per capita de energia, devido a necessidade de energia para tornar o ambiente habitável.

Na Dinamarca, o governo incentiva a população a utilizar os “roofs panels”, ou painéis solares no telhado das casas, favorecendo o barateamento da energia e o suprimento de energia elétrica no país. Isso se dá, através da revenda do excedente do produtor, isto é, o proprietário do painel solar consegue revender o que ele não consumiu , para o mercado livre de energia, e acaba se beneficiando, monetizando sua produção em excesso. Desta maneira, a população tem um incentivo a ajudar o suprimento de base energética desses países escandinavos e favorecem os governos a darem vazão ao sistema elétrico escasso.

Segundo o estudo da Internacional Energy Agency (IEA), do ano de 2018, o Brasil é o único, entre os maiores consumidores de energia do mundo, a não consumir energia solar até

o ano de 2023, observado na figura A4. Ainda assim, o relatório da International Renewable Energy Agency (IRENA), relata que apesar de o Brasil ter produzido 430.490 GWh de energia vinda de fontes limpas em 2015, apenas uma pequena parte provém da fonte solar. São 359.746 GWh provenientes de hidroelétricas; 21.626 GWh de fontes eólicas e 79 GWh de energia solar fotovoltaica.

Casos recentes da história brasileira mostraram que o país sofre com as faltas de chuvas e o consequente desabastecimento das represas usadas pelas hidroelétricas. Por consequência, as faturas elétricas mensais aumentam devido ao acionamento das termoelétricas, o risco de racionamentos e apagões. Em contrapartida, temos um território amplo e uma alta taxa de insolação, porém, as políticas públicas ainda subestimam o poder da energia solar, diferentemente do que acontece nos países citados.

Alguns leilões na modalidade “energia de reserva” têm começado a promover a indústria de energia solar nacional, ainda que por décadas os gestores venham insistindo na ideia de que a energia solar é cara e inviável. O que ocorre, de fato, é que é necessário que o preço final seja competitivo para viabilizar as instalações e ao mesmo tempo, a geração distribuída feita com módulos fotovoltaicos em residências e comércios também precisa de apoio governamental.

O Brasil aguarda políticas públicas de incentivo à energia solar e gestores, apesar de verem com otimismo no futuro, ainda enfrentam o lobby das concessionárias. Como já citado anteriormente, no relatório de minas e energia, a demanda energética do Brasil aumenta substancialmente, e considerando que a energia elétrica é um produto inelástico, ou seja, cujo consumo é difícil de reduzir dado seu preço, fica evidente a preocupação de longo prazo. Diante disso, fica claro o desalento e despreocupação do governo brasileiro em transferir ou impulsionar o mercado alternativo em território nacional.

2.2 Carga Tributaria no Mercado Internacional e Leis Brasileiras

Com relação as leis governamentais e da análise do sistema judiciário, irei fazer uma breve comparação do sistema elétrico do Brasil com o país que possui a maior capacidade solar instalada por pessoa, com quase 500 watts para cada habitante, no caso a Alemanha.

No caso brasileiro existem algumas peculiaridades no atual sistema com relação a energia sustentável e no sistema tarifário elétrico. De acordo com a Resolução 482/12 da ANEEL, se o indivíduo que possuir o painel solar produzir mais energia do que consumiu ao final do mês, esta energia excedente torna-se crédito para o mesmo em sua distribuidora elétrica e esses créditos tem validade de 60 meses para serem utilizados pelo gerador. O excesso de energia produzido que não forem compensados no local que produziu, poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras locais desde que cadastrados para esse fim e atendidos pela mesma distribuidora de energia, cujo titular seja o mesmo, tanto para pessoas físicas como para empresas. O consumidor deverá definir a ordem de prioridade das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica. Sendo que a primeira é onde está instalado o sistema de geração.

Desta maneira, se observa uma burocratização do sistema fotovoltaico nacional e uma rede que não permite que o gerador autônomo possa se beneficiar por completo, chegando a ter uma conta de luz zerada por parte do governo, visto que na conta atual do consumidor existe custos como o da iluminação pública por exemplo. O que se pode fazer para se obter isso, é o gerador possuir o sistema fotovoltaico isolado, isto é, sistemas de energia solar fotovoltaica que não estão conectados a rede elétrica, que alimentam diretamente os aparelhos (cargas) que vão consumir a energia gerada. Entretanto, o alto custo do armazenamento via baterias ainda é muito caro até mesmo em países desenvolvidos, o que inviabiliza tal procedimento.

Com relação ao sistema tarifário nacional, apesar do governo nos últimos anos estar diminuindo a carga tributaria sobre a a energia solar, como por exemplo através da Lei nº 13.169, o Governo Federal, isentou o PIS e COFINS a energia solar injetada na rede, ainda existem muito encargos sobre a luz solar o que dificulta sua disseminação ao longo do Brasil.

O sistema do Brasil, de impostos incididos na conta de energia elétrica convencional, é um dos maiores do mundo, segundo o estudo publicado pela Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica (Abradee), no ano de 2018, ficando atrás apenas de Dinamarca, Portugal e Alemanha. De acordo com o estudo, 64% do valor que os dinamarqueses pagam pela luz correspondem a tributos. Na Alemanha, esse percentual equivale a 55%; em Portugal, a 52%; e no Brasil totaliza 41%.

No caso brasileiro, existem uma ramificação entre impostos municipais, estaduais e federais, o que fazem com o encarecimento das contas. De maneira geral, pela esfera municipal, é cobrada a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP), relacionada ao projeto, implantação e expansão de redes públicas. Já na esfera estadual, que é aquela que possui diferentes alíquotas nos estados brasileiros, existe a cobrança do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) (podendo atingir 30% do valor mensal).

Pela esfera federal, ocorre a cobrança do Programa de Integração Social (PIS) (que representa 0,95% sobre a fatura) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) (4,45% do valor da fatura), voltados para atender programas sociais do governo. Existem outros impostos e encargos cobrados de maneira direta ou indiretamente que estão resumido nas tabelas A1 e A2.

Portanto, o governo do Brasil, em conjunto com a ANEEL, adota uma prática diferente a alguns mercados internacionais já estruturados. Assim, é fato que o governo tem uma dependência muito grande dos impostos provenientes da conta de luz para fazer a máquina pública girar, o que prejudica ainda mais a dissipação e os investimentos nas tecnologias sustentáveis.

Segundo um relatório de 2014 da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), o preço da energia elétrica na Alemanha, especialmente o preço para os consumidores residenciais, está entre os mais caros da Europa. Além disso, um outro estudo realizado pela Comissão Europeia publicado em 2012 demonstra que, entre 2007 e 2011, os impostos e encargos no território alemão triplicaram. O documento mostra que os impostos e encargos representam 44,9% da tarifa de energia elétrica na Alemanha.

Em 2001 foi aprovado pelo congresso alemão a Lei de Energias Renováveis (EEG), sendo ela responsável por incentivar a geração elétrica renovável através de um pagamento pela energia alimentada na rede, variável conforme a capacidade da instalação. Segundo o relatório de 2014 da CPFL, para o ano de 2014, a EEG estimou um orçamento anual ao subsídio às renováveis estimado em €20 bilhões. Esse subsídios as fontes renováveis foram pagos através de um sistema de tarifa feed-in. Neste caso, o pagamento da energia gerada é repassado ao transmissor, que transfere o montante ao operador local que por sua vez inclui esse custo a mais na tarifa final para os consumidores. O operador é o responsável por efetuar o pagamento aos geradores de renováveis. Assim, o modelo de expansão da matriz renovável alemã é financiado por tributos e encargos que incidem na conta de eletricidade.

De maneira comparativa pode-se dizer que as tarifas de ambos os países analisados são similares, entretanto fica nítido o pioneirismo alemão com relação a visão de longo prazo, visto que este processo surgiu no começo do século XXI, visando um mundo eficiente e sustentável. Além disso, podemos citar que o governo alemão incentiva de maneira expressiva e de forma muito mais relevante produtores de energia sustentável, o que viabiliza preços menores de implementação devido o aumento de competitividade no processo de geração de energia.

2.3 Papel do Governo

Como já citado, existem alguns países e cidades, onde os governos locais já adotaram um projeto de longo prazo para energias renováveis como solar e eólica afim de complementar e até virar a principal fonte de energia do determinado local. Nos Estados Unidos, por exemplo, o uso de energia solar está se expandindo rapidamente em muitas cidades americanas graças, em parte, às políticas locais de apoio à energia renovável.

De acordo com um relatório recente da Environment America, os Estados Unidos têm agora mais de 53 gigawatts (GW) de capacidade solar fotovoltaica (PV) instalada, 26 vezes a capacidade instalada no final de 2010. Isto representa um grande avanço, para o mercado norte americano, visto que o governo esta tendo um papel fundamental na hora de propagar os ideais sustentáveis, apoiando projetos eficientes que visam o bem estar e a redução de custos de longo prazo.

Segundo este mesmo relatório, uma economia movida a 100% de energia renovável, necessita haver uma preocupação desde os municípios até o governo federal, adotando uma série de políticas pró-solares. Sendo responsabilidade de cada órgão as seguintes considerações: Os governos municipais devem, entre outras coisas, implementar as leis de acesso solar para proteger o direito dos moradores de gerar energia solar em sua própria propriedade. Tornar os processos de licenciamento, zoneamento e inspeção fáceis, rápidos e acessíveis. Expandir o acesso à energia solar a moradores de apartamentos, moradores de baixa renda, pequenas empresas e organizações sem fins lucrativos por meio de programas de financiamento com juros baixos, contratos de compra de energia (CCEs ou PPAs), programas de compras coletivas e projetos solares comunitários. Apoiar e impulsionar políticas de energia solar em nível estadual, especialmente combinando esforços com outras comunidades.

Os governos estaduais devem, entre outras coisas, definir ou aumentar as metas de energia renovável para serviços públicos e adotar requisitos específicos para a adoção de energia solar. Adotar e preservar políticas de interconexão e de medição líquida em todo o estado. Assegure-se de que os projetos de taxa elétrica incentivem a adoção solar. Estabelecer taxas de benefícios públicos em contas de serviços públicos ou outros mecanismos de financiamento sustentável para energia solar.

O governo federal deve, entre outras coisas, continuar e ampliar o apoio financeiro para energia solar, particularmente o Crédito Fiscal de Investimento. Apoiar pesquisas para impulsionar inovações em energia solar, como o Escritório de Tecnologias de Energia Solar do Departamento de Energia dos EUA. Defender e fortalecer os requisitos do Plano de Energia Limpa.

Portanto, através disso citado, é necessário que o governo perceba sua importância na hora do processo de descentralização do mercado elétrico, visto que na população existe assimetria de informação e poucos incentivos para a migração de um política eficiente de longo prazo. Na Califórnia , EUA, por exemplo, a partir de 2020 as novas casas construídas serão obrigados a instalar painéis solares , de acordo com os novos padrões de construção adotados no ano de 2018, uma iniciativa que impulsiona a indústria solar.

3. Metodologia

Este estudo pretende analisar os efeitos sócio econômicos da descentralização do mercado elétrico em países subdesenvolvidos e os impactos da implementação de painéis solares afim de complementar ou substituir a oferta energética do governo.

Por se tratar de um artigo qualitativo, não haverá modelo econométrico, muito pela falta de dados, devido ser um projeto de implementação de médio-longo prazo, visto que o Brasil ainda atravessa um processo de amadurecimento com relação a fontes de energia sustentável. Ainda assim, farei uma interpretação dos modelos exemplares que servem como molde para economias emergentes neste segmento.

De maneira micro, irei analisar e elaborar os benefícios e os custos de um cidadão adquirir um telhado solar, afim de minimizar suas despesas. Usarei o modelo estatístico financeiro de Valor Presente Líquido (VPL) para simular o projeto no Brasil, que é uma economia que ainda se desenvolve em mercados de energia alternativos. Além disso, usarei o conceito de Keynesiano de Taxa Interna de Retorno (TIR), para analisar os rendimentos do investimento no médio-longo prazo. Como variáveis utilizarei o investimento em obter o painel solar, a renda salva através do painel solar, a média do preço da energia, a vida média do painel e a rentabilidade do painel para o indivíduo em questão.

3.1. Premissas e Dados

Como já descrito anteriormente, certo indivíduo antes de adquirir o painel solar irá analisar seus incentivos através da sua renda disponível, do custo de oportunidade de seu dinheiro e do peso da conta de luz, hoje e futuramente, em sua renda total, além de ter que mensurar uma aproximação da sua demanda energética futura.

Segundo dados de 2018, do portal da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a conta de luz do Brasil é a décima quarta mais cara do mundo, sendo que a tarifa média do consumidor residencial (Categoria B1) no País estava em R\$ 575,00 por MW/h ou 0,575 R\$/KWh, que também pode ser observado na tabela A3. De forma similar, de acordo com o IBGE, a renda média do brasileiro subiu para R\$ 2.154 reais ao mês, no ano de 2018, o que

juntando com o preço médio da energia representa quase 27% da renda total média do brasileiro.

Desta forma, adotarei o patamar de 20% como sendo o piso da porcentagem da renda total média do brasileiro, isto é, se a conta de luz ultrapassar a casa dos 20%, já é interessante analisar os custos de uma possível implementação dos painéis fotovoltaicos. É de suma importância frisar a limitação do modelo hipotético apresentado neste momento, visto que muitas pessoas no Brasil não tem acesso a este tipo de informação ou até mesmo acabam não tendo uma renda disponível para realizar tais investimentos, vivendo em quase níveis de subsistência.

Apesar dessas limitações, para os integrantes que se sobressaem deste grupo exposto acima, ao analisar os custos da implementação deve se levantar primeiramente a renda que poderá ser salva via gerador autônomo de energia. De forma paralela, é preciso que seja levado em conta o retorno que o painel trará, caso venha ser pelo menos 90% eficiente, assim como, o custo de manutenção e vida média do painel instalado. Complementar a isso, o indivíduo deve se atentar as expectativas e possíveis mudanças na legislação brasileira com relação ao mercado autônomo de energia. Além disso, podemos utilizar na variável, vida média do painel, o estudo de Dunlop & Halton (2005), o que puderam concluir que os painéis têm vida útil acima de 22 anos, no caso do fluxo do modelo que será apresentado, adotarei a vida útil de 25 anos.

Segundo a estimativa do portal dos engenheiros civis do Brasil, uma casa com quatro pessoas utiliza, em média, cerca de 539,7 KWh por mês, como mostra a tabela 1. Desta maneira, para facilitar a mensuração do modelo proposto adiante, adotarei a estimativa feita, e assumirei que o consumo de energia para quatro pessoas se permanece inalterada durante os 25 anos analisados.

Estimativa de consumo mensal (4 Pessoas)			
Ambiente	Uso		Consumo (kW x h)
SALA	Iluminação	0,2 kW x 2 h/dia x 30 dias	12
	Tomadas	0,4 kW x 3 h/dia x 30 dias (TV)	36
DORMITÓRIO 1	Iluminação	0,1 kW x 1 h/dia x 30 dias	3
	Tomadas	0,5 kW x 0,2 h/dia x 30 dias	3
DORMITÓRIO 2	Iluminação	0,1 kW x 1 h/dia x 30 dias	3
	Tomadas	0,4 kW x 0,2 h/dia x 30 dias	2,4
COZINHA	Iluminação	0,1 kW x 3 h/dia x 30 dias	9
	Tomadas	0,3 kW x 0,5 h/dia x 30 dias	4,5
	Geladeira *	0,4 kW x 6 h/dia x 30 dias	72
	Freezer *	0,5 kW x 6 h/dia x 30 dias	90
	Máq. lav. prat.	2,2 kW x 1 h/dia x 30 dias	66
ÁREA DE SERVIÇO	Torneira	3 kW x 1 h/dia x 30 dias	90
	Iluminação	0,1 kW x 0,5 h/dia x 30 dias	1,5
	Máq. lav. roup.	0,6 kW x 6 h/sem. x 4 sem.	9,6
BANHEIRO	Ferro	0,6 kW x 4 h/sem. x 4 sem.	14,4
	Iluminação	0,1 kW x 1 h/dia x 30 dias	3
	Tomadas	0,1 kW x 0,1 h/dia x 30 dias	0,3
	Chuveiro	4,0 kW x 1 h/dia x 30 dias	120
Total/Mês (KWh)			539,7

Tabela 1. Fonte: Portal dos Engenheiros Civis do Brasil

Uma Amostra do maior acervo brasileiro do mercado solar, o Portal Solar, uma pesquisa em 2018 feita junto às 4.500 empresas cadastradas, revelou que o preço médio do painel mais comum do mercado, de 6,6 KWP, isto é, que em potência máxima e condições perfeitas de luminosidade produz 6,6 KW/h, custa em média R\$ 32.410, como observado na tabela 2, podendo abastecer com conforto até 4 pessoas. Ainda a mesma pesquisa apontou que o custo médio de manutenção anual é aproximadamente 0,5% do valor do painel, o que representaria neste caso um custo de R\$ 162,05/ano. Sendo assim, irei utilizar os dados da pesquisa para a mensuração do projeto a ser demonstrado.

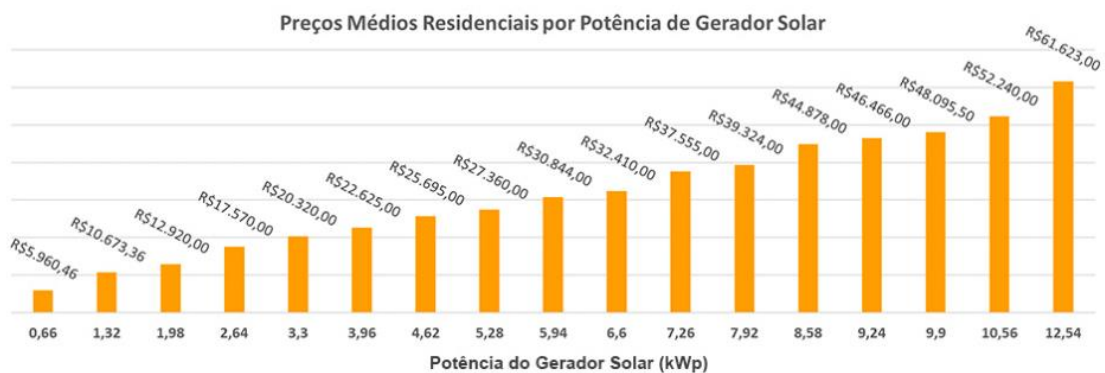


Tabela 2. Fonte: Portal Solar

É nítido que um cidadão, ao analisar os incentivos a adquirir um painel solar para instalar em sua casa necessita levar em conta a incidência solar da região em que mora. Sendo o Brasil um país muito extenso e por apresentar diversos tipos de incidência solar, irei

padronizar pela média brasileira, que segundo o estudo dos astrônomos Jorge Meléndez e Roberto Boczko, o Brasil, no ano de 2014, apresentou uma insolação diária de em média 7 horas, como está demonstrado na figura A5.

Em contraste, a empresa Cedar Lake Ventures, com uma base de dados de 36 anos, mostrou que só estado de São Paulo, o dia em média no ano durou 12 horas e 12 minutos, como mostra a figura A6. Isso nos comprova a discrepância de luminosidade no território brasileiro, o que fica difícil realizar um modelo abrangente para todo o país. Por consequência deste processo diverso, adotarei um período médio de luminosidade de 8 horas diárias.

Como já citado anteriormente, no decorrer do dia o painel solar oscila no quesito eficiência, portanto, de maneira hipotética realizei uma aproximação deste procedimento, com suas respectivas produções de energia, como mostra a tabela 3. Analisando os dados e considerando a eficiência adotada, o painel de 6,6 KW/p irá produzir diariamente 26 Kw/h, mensalmente 772 Kw/h e anualmente 9.266 Kw/h.

Horario	Eficiencia	Horas	Produção de Energia (KWh)
08:00 hrs - 09:00 hrs	15%	1	0,99
09:00 hrs - 10:00 hrs	30%	1	1,98
10:00 hrs - 11:00 hrs	60%	1	3,96
11:00 hrs - 13:00 hrs	90%	2	11,88
13:00 hrs - 14:00 hrs	60%	1	3,96
14:00 hrs - 15:00 hrs	30%	1	1,98
15:00 hrs - 16:00 hrs	15%	1	0,99

Total Produzido/Dia	25,74
----------------------------	--------------

Total Produzido/Mês	772
----------------------------	------------

Total Produzido/Ano	9.266
----------------------------	--------------

Tabela 3. Fonte: Autor

3.2. Modelo Proposto

O valor presente líquido (VPL), é capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial. Basicamente, é o cálculo de quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial estariam valendo atualmente. Sendo o mesmo, um dos métodos mais famosos na hora de se analisar um investimento de médio-longo prazo.

Segundo John Maynard Keynes, a taxa interna de retorno (TIR), que pode ser definida como a taxa de desconto que faz com que o VPL de um projeto seja igual a zero. Em resumo, é o percentual de retorno de um projeto analisado. Desta maneira, é necessário compará-la a taxa mínima de atratividade (TMA) do projeto, ou seja, a taxa que o investidor fica indiferente ao investimento. Quando analisado no Brasil, a compra de painel solar pode ser considerado como um investimento a médio-longo prazo, visto o alto custo e a representatividade na renda do trabalhador.

Os custos envolvidos no projeto podem ser representados, de forma sucinta, como o custo do investimento inicial, o custo anual de manutenção e o custo médio brasileiro por kw/h da energia residencial. Sendo assim, é necessário encontrar o quanto uma família, em média, gasta por ano com energia elétrica, denominado como o custo anual de energia do mercado convencional (CE), representado pela equação 1.

Somado a isso, é necessário adicionar o custo de manutenção anual (CM) do produtor autônomo, que segundo as suposições já citadas, representa 0,5% do custo do painel, visto que os cuidados com a manutenção são imprescindíveis para aumentar a expectativa de vida do painel e manter a eficiência do mesmo ao longo dos 25 anos. A relação custo total pode ser entendido pela equação 2.

Feito isso, é necessário verificar o quanto o painel produziria de energia, anualmente, para se mensurar o quanto a energia produzida seria vendida no mercado convencional. Assim, esta relação pode ser considerada como a função benefício representada pela equação 3. Desta maneira, subtraindo esse benefício total da produção autônoma (BT), dado em reais, pelo Custo Total (CT), é possível chegar no valor chamado de renda salva pelo painel (RS), como mostra a equação 4.

$$\text{Custo Anual de Energia (CE)} = \text{Consumo Anual (KW/h)} * \text{Tarifa Média Brasileira} \quad (1)$$

$$\text{Custo Total (CT)} = \text{Custo Anual de Energia (CE)} + 0,5 \% * \text{Custo do Painel (CM)} \quad (2)$$

$$\text{Benefício Total (BT)} = \text{Energia Produzida pelo Painel (EPP)} * \text{Tarifa Média Brasileira} \quad (3)$$

$$\text{Renda Salva pelo Painel (RS)} = \text{Benefício Total (BT)} - \text{Custo Total (CT)} \quad (4)$$

Por fim, ao determinar o valor da renda salva pelo painel, para poder realizar os fluxos de caixa futuros, é necessário estabelecer a taxa de desconto do VPL. Por se tratar de um investimento, a taxa de desconto adotada será o custo de oportunidade do dinheiro na economia brasileira, que no caso é a taxa básica de juros, mais conhecida como taxa SELIC. Por convenção, esta taxa será representada pela taxa atual de 2019, que equivale a 6,5% ao ano. Isso se dá, pois, o indivíduo ao analisar o projeto em questão, necessita saber se o dinheiro aplicado não poderia render de forma mais eficiente em 25 anos do que no painel solar. Desta maneira, utilizando os dados coletados e assumindo as premissas do modelo, já mencionadas, é possível estimar o VPL e a TIR do projeto, para a tomada de decisão do investimento solar.

4. Resultada Pesquisa

Como já mencionado anteriormente, segundo a ANEEL (2018), tabela A3, a tarifa média do Brasil foi de R\$ 0,5746 por KW/h consumido. Assim, para se estimar o Custo Anual de Energia (CE), da equação 1, foi necessário multiplicar o coeficiente Tarifa Média pela estimativa do consumo médio anualizado de uma casa de 4 pessoas, da tabela 4, resultando em um Custo Anual de Energia (CE) de R\$ 3.721 ao ano. Somado a isso, o custo de manutenção anual que resultou em um passivo de R\$ 162,05 ao ano, para o proprietário do painel. Sendo assim, o Custo Total (CT), anual, do painel solar, representado pela equação número 2, resultou em R\$ 3.883 para o investidor.

Por outro lado, a função benefício total (BT), representada na equação 4, usando as estimativas anualizadas da tabela 5, multiplicada pela Tarifa Média do ano de 2018, resultou em um acréscimo de R\$ 5.324 na renda do produtor autônomo de energia. Por consequência,

subtraindo BT por CT, a renda salva (RS) pelo painel foi de R\$ 1.441 que se permaneceu inalterado ao longo dos 25 anos do fluxo. Em suma, foi possível realizar os cálculos como mostra as tabelas 4 e 5, para se chegar no VPL representado na tabela 6.

Benefício	
Energia Anual Produzida pelo Painel	9.266,40
Tarifa Média Brasil (R\$/KWh)	0,5746
Benefício Total	R\$5.324

Tabela 4. Fonte: Autor

Custos	
Custo do Painel Solar	R\$32.410,00
Consumo Anual (KWh)	6.476,40
Tarifa Média Brasil (R\$/KWh)	0,5746
Custo Anual de Energia (CE)	R\$3.721
Custo Anual de Manutenção	R\$162,05
Custo Total (CT)	R\$3.883

Tabela 5. Fonte: Autor

Projeto Brasil	6,6 KW																								
Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Fluxo de Caixa	-32.410	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441	1.441
VPL	-R\$14.208,29																								
Tir	0,53%																								

Tabela 6. Fonte: Autor

O projeto apresentou um valor presente líquido (VPL) negativo de R\$ 14.208,29 que segundo a teoria financeira, deve-se recusar o projeto devido as receitas esperadas trazidas a valor presente não excederem o custo do investimento inicial. Somado a isso, o projeto apresentou uma Taxa interna de Retorno de apenas 0,53%, o que é uma taxa baixa se comparada ao custo de oportunidade do dinheiro no Brasil.

Diante dos resultados apresentados, ficou claro que as atuais condições do projeto, são inviáveis e insatisfatórias para qualquer investidor que buscasse gerar sua própria energia, em prol de uma economia de renda. Desta maneira, foi necessário verificar de que forma e em qual cenário este mesmo projeto viria a ser rentável no aspecto econômico. Para isso, simulei resultados similares alternando algumas variáveis do modelo.

É necessário frisar, que algumas variantes do projeto são impossibilitadas de sofrerem alterações, devido à perda de semelhança com a realidade, como por exemplo, o número de horas solares que incidem no país e o custo de oportunidade do dinheiro no Brasil. Sendo assim, usando o mesmo critério das outras variáveis e deixando tudo mais constante, escolhi modificar duas variáveis.

A primeira delas, a mais volátil, devido as correções inflacionárias, a tarifa média brasileira (categoria B1) por R\$/KWh, que segundo dados já apresentados anteriormente, são considerados altos nos padrões internacionais. A tarifa resultante do modelo foi de R\$ 0,9630 por KW/h, isto é, mais que qualquer tarifa aplicada no ano de 2018, no Brasil, como mostra a tabela A3. Com este custo de cobrança, o investidor começa a ficar indiferente em comprar o painel como mostra o VPL, na tabela 7. Isso porque os seus fluxos anuais iriam aumentar para R\$ 2.703 com essa nova tarifa, e quando trazidos a valor presentes aumentariam o coeficiente do valor presente líquido final e por consequência a TIR do projeto adaptado.

Tarifa Otima																										
Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Fluxo de Caixa	-32.410	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703	2.703
VPL	R\$0,63																									
Tir	6,50%																									

Tabela 7. Fonte Autor

A segunda variável que foi ajustada no modelo em questão foi o preço de aquisição do painel, que como já mencionado, é um valor alto, quando considerado aos padrões de remuneração no Brasil. O resultado desta alteração, no investimento inicial, foi o preço ótimo do painel de R\$ 19.337,21 no painel de 6,6 KW/p. Assim, da mesma maneira que foi feito na tarifa, a este preço ou menor, o investidor ficaria indiferente em instalar o painel solar, visto que nessas condições, deixando tudo mais constante, o investimento inicial iria se alterar em R\$ 13.072,79, o seja uma diminuição de aproximadamente 40% no seu valor de aquisição. Os

fluxos de caixa futuros também sofreriam uma pequena variação devido a diminuição do custo de manutenção para R\$ 96,69, como mostra a tabela de número 8.

Preço Ótimo																									
Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Fluxo de Caixa	-19.337	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613	1.613
VPL	R\$0,00																								
Tir	6,50%																								

Tabela 8. Fonte: Autor

4. Conclusão

Analisando as informações citadas no estudo, como o processo migratório de energia alemão, o fenômeno de descentralização de energia na Dinamarca e os incentivos e preocupações por parte do governo norte americano, era de se esperar que o Brasil tivesse preparado para iniciar uma renovação na sua produção energética. Desta maneira, surgiu o questionamento se no atual cenário brasileiro, valeria a pena o investimento de médio-longo prazo em um painel fotovoltaico.

Apesar da ampla literatura e estudos sobre a geração autónoma de energia solar no mercado internacional, sob o olhar do mercado brasileiro há uma carência de estudos e informações nessa área. Esta pesquisa pretendeu contribuir para a literatura restrita sobre o mercado solar e a tomada de decisão por parte de um investidor com anseio de produzir sua própria energia.

O estudo propôs uma metodologia com base no modelos financeiro de valor presente líquido (VPL) e de taxa interna de retorno (TIR), utilizando dados de mercado para a mensuração dos mesmos. Ainda assim, é válido ressaltar que o estudo apresentado demonstra limitações devido ser um modelo genérico e representativo para o Brasil inteiro. Além disso, a falta de dados no mercado brasileiro e a dificuldade de se obter informações fizeram com que o modelo tivesse que apresentar suposições hipotéticas.

Diante dos resultados apresentados, ficou claro que o investimento no cenário adaptado, descrito no estudo, é inviável devido ao resultado insatisfatório no modelo de VPL e TIR proposto pelo trabalho. Entretanto, ao manipular algumas variáveis do cenário atual, foi

possível constatar um resultado diferente do que foi observado, viabilizando por completo o investimento de médio-longo prazo no cenário hipotético.

Apesar de estudos, já citados, mostrarem que o preço do Watt está diminuindo ao longo do tempo e a energia por KW/h, no Brasil, ser uma das vinte mais caras do mundo, pode-se afirmar que ainda é compensatória se comparada ao KW/p brasileiro. Isso se dá, pela falta de concorrência no mercado solar nacional, que impossibilita a produção em escala e a diminuição dos custos de produção.

Somado a isso, a falta de interesse por parte do governo, dificulta ainda mais as perspectivas das energias renováveis. Políticas de isenção fiscal, no curto-médio prazo, para empresas fotovoltaicas, poderiam ser adotadas afim de estimular a produção e a concorrência, que por consequência, acarretariam em um barateamento para o consumidor final. Ainda assim, subsídios no ato da compra poderiam ser benéficos para os consumidores, visto que o investimento é considerado alto para uma grande parte da população.

Por fim, sugere-se que para futuros trabalhos na área de energia solar no Brasil, se utilize uma maior especificidade nos dados e na área a ser estudada. Desta maneira, o estudo ficara ainda mais próximo da realidade, para que se entenda, na data do estudo, o cenário atual da descentralização do mercado solar e da viabilidade da geração autónoma de energia.

Apêndice

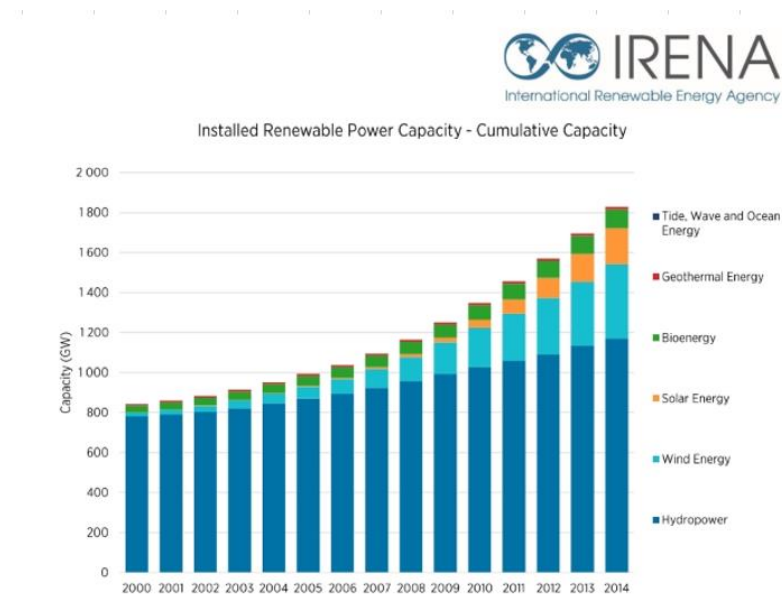


Figura A1. Fonte: IRENA



Figura A2. Fonte: NREL (National Renewable Energy Laboratory)

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2016	132.611	163.758	88.165,00	74981	459.515
2017	136.018	165.268	90.083,00	77249	468.618
2018	140.681	168.706	93.192,00	79983	482.562
2019	145.773	172.514	95.758,00	82984	497.029
2020	151.704	177.362	100.801,00	86424	516.291
2021	158.008	185.916	105.045,00	30103	479.072
2022	164.613	195.531	109.485,00	93932	563.561
2023	171.529	201.372	114.181,00	97981	585.063
2024	178.778	207.087	119.147,00	102261	607.273
2025	186.262	212.836	124.337,00	106718	630.153
2026	193.990	218.829	129.758,00	11357	553.934
Variação (% ao ano)					
2016-2021	3,6	2,6	3,6	3,7	3,2
2021-2026	4,2	3,3	4,3	4,3	3,9
2016-2026	3,9	2,9	3,9	4,0	3,6

Figura A3. Fonte: Ministério de Minas e Energia.

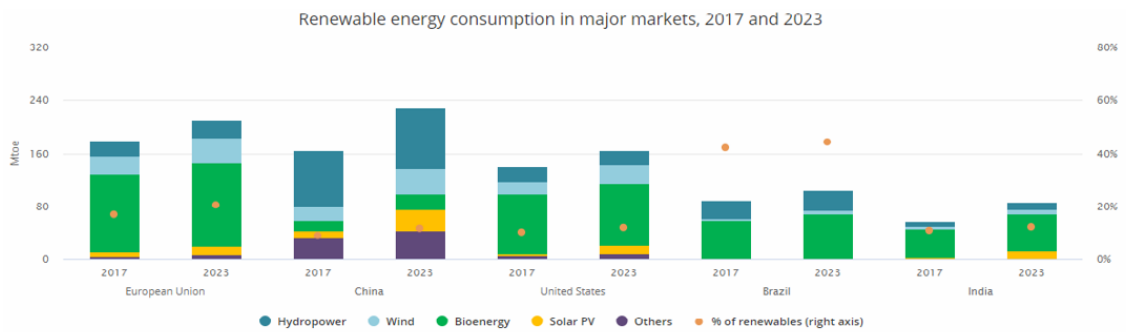


Figura A4. Fonte: Internacional Energy Agency (IEA)

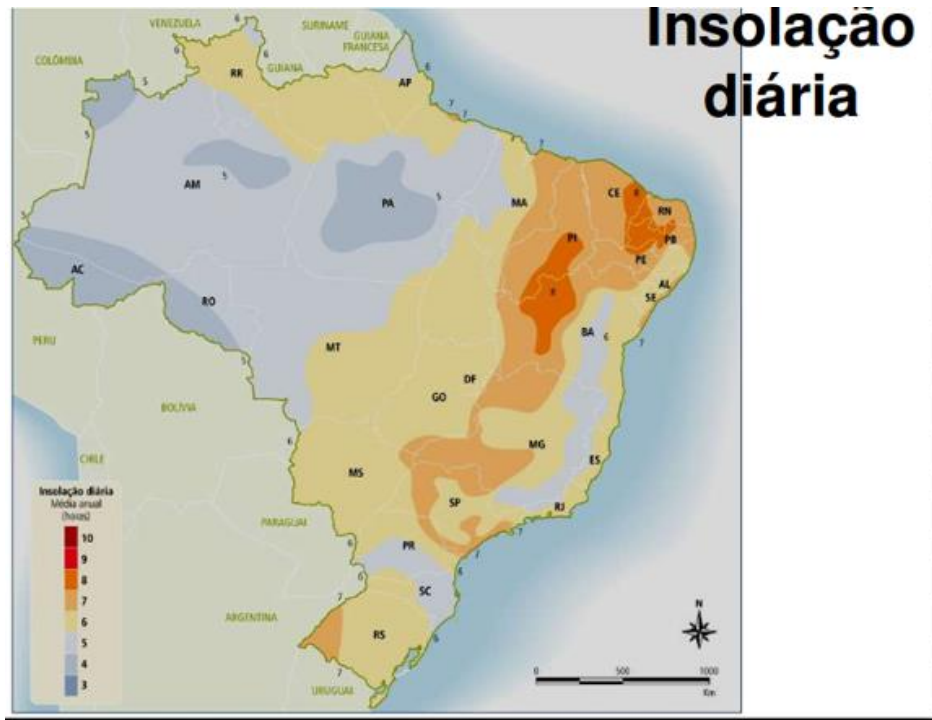


Figura A5. Fonte: Material do Prof. Dr. Jorge Meléndez e do Prof. Dr. Roberto Boczko

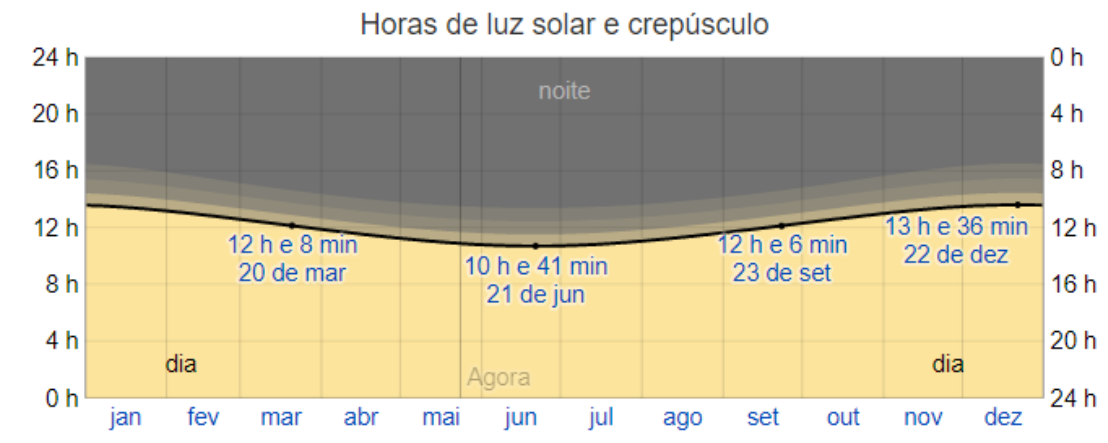


Figura A6. Fonte: Weather Spark

Impostos cobrados na conta de luz (direta ou indiretamente)

Nome	Definição	Destino
IRPJ	Imposto de Renda Pessoa Jurídica	52% união; 21,5% estados; 23,5% municípios; 3% para fundos do NO, NE e CO
CSLL	Contribuição Sobre Lucro Líquido	União (Seguridade Social)
Pis/Pasep	Contribuição para os Programas de Integração Social e Formação do Patrimônio do Servidor Público	União (Seguridade Social)
Cofins	Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social	União (Seguridade Social)
ITR	Imposto Territorial Rural	50% união; 50% municípios
INSS Patronal	Contribuição ao Instituto Nacional de Seguro Social (INSS) pelo empregador	União (INSS)
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço de cada empregado
Sat	Seguro de Acidente de Trabalho	União (INSS)
Senai, Senac, Sesi, Sesc, Sest, Sobrae, Senar, Senat, SESCOOP	Contribuições para o "Sistema S"	Entidades autônomas de serviço social
ICMS	Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicações	75% estado; 25% municípios
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores	50% estado; 50% município
ISS	Imposto sobre Serviços	Município
IPTU	Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana	Município

Encargos cobrados na conta de luz (direta ou indiretamente)

Nome	Definição	Destino
Cosip ou Cip	Contribuição para Custeio de Serviço de Iluminação Pública	Município
RGR'	Cotas da Reserva Global de Reversão	Indenizar ativos vinculados à concessão e fomentar a expansão do setor elétrico
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético	Subsidiar a universalização do serviço, o desenvolvimento energético, geração a partir de fontes eólicas, pequena central hidrelétrica, biomassa, gás natural e carvão mineral nacional
CFURH	Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos	18,8% união; 40,6% estados e 40,6% municípios afetados por usinas hidrelétricas
UBP	Uso de Bem Público	Revertido aos consumidores de energia elétrica para promover uma tarifa acessível a todos os cidadãos
ESS	Encargo de Serviços do Sistema	Subsidiar a manutenção da confiabilidade e estabilidade do sistema interligado nacional
TFSEE	Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica	Aneel
ONS	Taxa do Operador Nacional do Sistema	ONS
CCEE	Taxa da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica	CCEE
ECE	Encargo de Capacidade Emergencial	Usinas termelétricas emergenciais
EER	Encargo de Energia de Reserva	Usinas de reserva
Proinfa	Rateio de custos do Proinfa	Geradores de fontes eólicas, pequena central hidrelétrica e biomassa participantes do Proinfa
PGD	Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e eficiência energética e custeio da empresa de pesquisas energéticas (ePe)	40% união; 40% projetos PGD das empresas (aprovados pela Aneel); 20% Ministério de Minas e Energia (planejamento) e adicional de 0,3% para estados e municípios

Tabela A1 e A2. Fonte: Acende Brasil.

Ranking	Capital	Tarifa (R\$/kWh)
1	Manaus/AM	0,706
2	Belem/PA	0,671
3	São Luis/MA	0,656
4	Boa Vista/RR	0,635
5	Cuiabá/MT	0,627
6	Rio de Janeiro/RJ	0,626
7	Teresina/PI	0,624
8	Vitória/ES	0,616
9	Campo Grande/MS	0,609
10	Palmas/TO	0,605
11	Belo Horizonte/MG	0,587
12	João Pessoa/PB	0,572
13	Goiania/GO	0,62
14	Brasília/DF	0,557
15	Salvador/BA	0,552
16	Maceió/AL	0,551
17	Recife/PE	0,549
18	Porto Alegre/RS	0,548
19	Macapá/AP	0,537
20	Fortaleza/CE	0,529
21	Florianópolis/SC	0,52
22	Aracaju/SE	0,514
23	Rio Branco/AC	0,51
24	Curitiba/PR	0,508
25	Natal/RN	0,506
26	Porto Velho/RO	0,494
27	São Paulo/SP	0,484
MÉDIA		0,575

Tabela A3. Fonte: ANEEL

Bibliografia

THE UNITED NATIONS (ONU) - **World Population Prospects (Population Division)**, 2018. [Internet] Disponível em:

<<https://population.un.org/wpp/DataQuery/>>.

Acesso em: 20/09/2018

IPCC - **Global Warming 1,5 C**, 2018. [Internet] Disponível em:

<<https://www.ipcc.ch/sr15/>>

Acesso em: 20/09/2018

GREENPEACE - **Revolução Energéticas da Greenpeace**, 2016. [Internet] Disponível em:

<https://storage.googleapis.com/planet4-brasil-stateless/2018/07/Relatorio_RevolucaoEnergetica2016_completo.pdf>

Acesso em: 20/09/2018

IEEE - **Distributed Power-Generation Systems and Protection**, 2017.

[Internet] Disponível em:

<<https://ieeexplore.ieee.org/document/7926394/>>

Acesso em: 07/10/2018

SCIENCE DIRECT - **A Review Of Solar Photovoltaic Levelized Cost Of Electricity**, 2011. [Internet] Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111003492>>

Acesso em: 20/10/2018

RESEARCH GATE - **True Competitiveness of Solar PV - A European Case Study**, 2016. [Internet] Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/304451471_True_Competitiveness_of_Solar_PV_-_a_European_Case_Study>

Acesso em: 20/10/2018

RESEARCH GATE - **Long Term Reliability Of PV Module**, 2016. [Internet] Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/242212273_Long_term_reliability_of_PV_module>

Acesso em: 20/10/2018

ONLINE LIBRARY - **The Performance Of Crystalline Silicon Photovoltaic Solar Modules After 22 Years Of Continuous Outdoor Exposure**, 2005. [Internet] Disponível em:

<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pip.627>>

Acesso em: 23/03/2019

AALTO DOC - **Evaluating Decentralized Energy Investments: Spatial Value Of On-Site PV Electricity**, 2017. [Internet] Disponível em:

<<https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/24262>>

Acesso em: 23/03/2019

WORLD ENERGY - **World Energy Insight**, 2013. [Internet] Disponível em:

<<https://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-insight-2013/>>

Acesso em: 26/03/2019

IRENA - **The Renewable Energy Statistics**, 2017. [Internet] Disponível em:
<<https://www.irena.org/publications/2017/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2017>>

Acesso em: 05/05/2019

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA) - **Resolução Normativa 482, 17/04/2012**, 2012. [Internet] Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>

Acesso em: 10/05/2019

CPFL - **Características de Sistemas Elétricos de Países Selecionados**, 2016.

[Internet] Disponível em:

<<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Documents/PB3002/caracteristicas-de-sistemas-eletricos-de-paises-selecionados.pdf>>

Acesso em: 24/05/2019

IRENA - **Renewable Energy Statistics 2017**, 2017. [Internet] Disponível em:
<https://www.irena.org/DocumentDownloads/PublicationsIRENA_Renewable_Energy_Statistics_2017.pdf>

Acesso em: 24/05/2019

ENVIRONMENT AMERICA - **How Smart Local Policies Are Expanding Solar Power**, 2018. [Internet] Disponível em:

<<https://environmentamerica.org/reports/ame/shining-cities-2018-how-smart-local-policies-are-expanding-solar-power-america>>

Acesso em: 25/10/2018

ANEEL - **Ranking das Tarifas**, 2018. [Internet] Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>

Acesso em: 26/03/2019

SITE ENGENHARIA –**Estimativa de Consumo Mensal Médio Mensal**, 2004.

[Internet] Disponível em:

<<https://www.sitengenharia.com.br/tabelaenergia.htm>>

Acesso em: 26/05/2019

PORTAL SOLAR - **Quanto Custa a Energia Solar Fotovoltaica**, 2018.

[Internet] Disponível em:

<<https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>

Acesso em: 26/05/2019

METEOROPOLE - **Descubra a Quantidade de Dias Ensolarados em Sua Cidade**, 2014. [Internet] Disponível em:

<<http://meteoropole.com.br/2014/02/descubra-a-quantidade-de-dias-ensolarados-em-sua-cidade/>>

Acesso em: 26/05/2019

WEATHER SPARK - **Clima Característico em São Paulo, Brasil**, 2017.

[Internet] Disponível em:

<<https://pt.weatherspark.com/y/30268/Clima-caracter%C3%ADstico-em-S%C3%A3o-Paulo-Brasil-durante-o-ano>>

Acesso em: 26/05/2019