

Relato de Caso

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UM PROJETO DE GERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO (ON-GRID) EM UMA RESIDÊNCIA NO INTERIOR DE MINAS GERAIS

PURL: <https://purl.org/27363/v3n1a24>

Henrique Mendes da Silva ^{a*} e Amanda Costa Carneiro ^b

^a *Universidade de Brasília - UnB, Brasília, Distrito Federal, Brasil.*

^b *Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.*

Resumo

A presente pesquisa investigou a viabilidade econômica e financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos, com avaliação e análise financeira por métodos como VPL - Valor Presente Líquido, TIR - Taxa Interna de Retorno, tempo de retorno do empreendimento (payback). O estudo teve como objetivo realizar um estudo da viabilidade econômica sobre as vantagens de se utilizar a energia solar em uma residência na região do Noroeste do estado de Minas Gerais. A metodologia adotada na pesquisa enquadra-se na análise quantitativa, aplicando-se de métodos de diagnósticos financeiros, elaborando resultados para possíveis tomadas de decisão. Os resultados obtidos apontam para uma viabilidade da residência, foi constatado através da análise do payback descontado com juros de 6% a.a, que ele apresentaria retorno em 29,29% do tempo de sua vida útil prospectado, o que corresponde a 7 anos e 3 meses evidenciando uma de 13%, acima da taxa mínima de atratividade utilizada de 7% a.a., além da prerrogativa ambiental pelo consumo de uma fonte de energia renovável.

Palavras-chave: Energia Solar; Sistema Fotovoltaico; Viabilidade Econômica.

ANALYSIS OF THE ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC GENERATOR (ON-GRID) PROJECT IN A RESIDENCE IN THE INTERIOR OF MINAS GERAIS

Abstract

The present research investigated the economic and financial viability of the implementation of photovoltaic systems, with evaluation and financial analysis by methods such as NPV - Net Present Value, IRR - Internal Rate of Return, return time of the enterprise (payback). The study aimed to carry out an economic feasibility study on the advantages of using solar energy in a residence in the Northwest region of the state of Minas Gerais. The methodology adopted in the research fits in the quantitative analysis, applying methods of financial diagnoses, elaborating results for possible decision making. The results obtained point to a viability of the residence, it was verified through the analysis of the discounted payback with interest of 6% pa, that it would present a return in 29.29% of the time of its prospectated useful life, which corresponds to 7 years and 3 months showing a rate of 13%, above the minimum rate of attractiveness used of 7% pa, in addition to the environmental prerogative for the consumption of a renewable energy source.

Keywords: Solar Energy; Photovoltaic System; Economic viability.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DE UN PROYECTO GENERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO (ON-GRID) EN UNA RESIDENCIA EN EL INTERIOR DE MINAS GERAIS

* Autor para correspondência: henriquemendes_bio@hotmail.com

Resumen

La presente investigación investigó la viabilidad económica y financiera de la implementación de sistemas fotovoltaicos, con evaluación y análisis financiero por métodos como VAN - Valor Actual Neto, TIR - Tasa Interna de Retorno, tiempo de retorno del emprendimiento (payback). El estudio tuvo como objetivo realizar un estudio de factibilidad económica sobre las ventajas del uso de energía solar en una residencia en la región Noroeste del estado de Minas Gerais. La metodología adoptada en la investigación se enmarca en el análisis cuantitativo, aplicando métodos de diagnósticos financieros, elaborando resultados para la posible toma de decisiones. Los resultados obtenidos apuntan a una viabilidad de la residencia, se verificó mediante el análisis del payback descontado con interés del 6% aa, que presentaría un retorno en el 29.29% del tiempo de su vida útil prospectada, lo que corresponde a 7 años y 3 meses mostrando una tasa del 13%, por encima de la tasa mínima de atractivo utilizada del 7% anual, además de la prerrogativa ambiental por el consumo de una fuente de energía renovable.

Palabras clave: Energía solar; Sistema fotovoltaico; Viabilidad económica.

1. Introdução

Desde os primórdios da primeira Revolução Industrial a produção e o consumo de manufaturados aumentaram de forma muito acelerada, em grande parte dessa trajetória, desconsiderando a conservação dos recursos naturais. Entretanto, essa preocupação se faz cada vez mais presente, tal como pode ser destacado alguns encontros a nível internacional que discutiram a questão ambiental, através de conferências e protocolos mundiais, como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo (1972), a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tbilisi (1977) e, após vinte anos, a Conferência Internacional Meio Ambiente e Sociedade em Tessalônica, a Conferência da Terra - ECO 92, Rio+20 e o protocolo de Quioto (LIMA, PALAVER, LOUREIRO, SANTOS, 2019; DIAS, 2021).

A concepção de desenvolver de maneira sustentável apoia-se na integração inter-relação de três perceptivas, são elas: ambientais, sociais e econômicas, compondo um tripé conhecido como *triple-bottom line*, tripé do desenvolvimento sustentável (VECCHIA, 2010). Diante desse contexto, destaca-se a energia solar fotovoltaica (energia gerada por meio da conversão direta da luz solar em eletricidade) a qual sua produção é renovável e menos poluente considerando seu ciclo de vida como um todo entre as fontes de energia elétrica (TOLMASQUIM, 2018).

Nesse sentido, a capacidade de absorvência da energia inserida na rede é um assunto que vem recebendo destaque recentemente com muitos estudos publicados. O impasse em estimar essa capacidade depende de vários aspectos intrínsecos, como por exemplo o tipo de conector, particularidades geográficas, climáticas e a extensão dos cabos de transmissão (ROSA; GASPARIN, 2017).

Sob ótica da operação de sistemas fotovoltaicos, é notório que o impacto ambiental é menor do que os danos causados por fontes de energia convencionais, considerando que o recurso aproveitado na produção de energia é renovável, não libera poluentes líquidos e gasosos e nem substância radiativa no seu uso diário. Utilizar diretamente da energia advinda do Sol é vantajoso pois a estabilidade térmica da Terra praticamente não é perturbada (HUBACK, 2016).

Porém, a cadeia de produção dos sistemas fotovoltaicos é composta em sua fase inicialmente com a utilização do silício metalúrgico (este representa mais de 90% do mercado de módulos) e *a posteriori* por sua modificação em silício grau solar (cristalino). Posteriormente, são elaborados os “lingotes” e “wafers”, e as células de silício. Finalmente, indústrias de suporte fabricam outros produtos que são utilizados nos módulos fotovoltaicos (vidro, armações de alumínio, dispositivos eletrônicos etc.). O processamento de silício metalúrgico, ação muito presente no Brasil, gera impactos sociais e ambientais a

partir da fase de extração de matéria-prima, como por exemplo, a degradação da paisagem e produção de rejeitos, além de possível poluição dos recursos hídricos (FILHO; ROSA, 2013).

Na etapa de processamento em silício metalúrgico ocorre a produção e emissão de matéria particulada (pó de sílica pode causar doenças pulmonares em humanos como a silicose), gases tóxicos e que podem aumentar o efeito estufa e a geração de produtos de natureza ácida (CARVALHO; MESQUITA; ROCIO, 2014; REIS, 2015). Estes impactos poderão aumentar com uma procura gradual de silício metalúrgico para produção de células fotovoltaicas, sendo o Brasil um dos grandes fabricantes mundiais desse material. Como parâmetro de diminuição dos impactos, devem ser utilizadas práticas de mineração que tenham em vista à mitigação das perturbações socioambientais e a gestão e descarte apropriado dos resíduos gerados (REIS, 2015).

Contudo, a Energia Solar é uma das mais vantajosas fontes de desenvolvimento econômico no Brasil, pois engloba além do fator ambiental, possibilidades de viabilidades econômicas. É notório que esse tipo de captação está mais presente no país, isso se dá pelas facilidades e incentivos de programas e projetos econômicos governamentais e de instituições privadas, que possibilitam financiamento de novas instalações em empresas e residências (NETO, 2016).

Nesse sentido, é necessário buscar localidades com elevados níveis de irradiação, de forma a ampliar o fator de capacidade dos módulos na geração de energia. Desta forma, o aspecto de capacidade está condicionado à localização do imóvel ou terreno, distribuídos por todo o país. Consequentemente, projetos de geração de energia fotovoltaica tendem a demonstrar fatores de capacidade abaixo aos das usinas fotovoltaicas. Por meio de um estudo de georreferenciamento, Konzen (2014) propôs que os valores alternam entre 15,7% e 18,5%, sendo estes fatores de capacidade média em áreas de cada distribuidora de energia elétrica brasileira.

Conforme o Grupo de Trabalho de Energia Solar (2014) os investimentos com células solares são os grandes fomentadores para a irradiação dos sistemas fotovoltaicos em larga expansão, desta forma esse tipo de produção de energia está cada vez mais competitiva, uma vez que seus custos estão diminuindo, e em contrapartida os custos de outras tecnologias estão se tornando mais onerosos (BARROS *et al.*, 2017).

A energia solar possibilita a produção distribuída e, desse modo, também diminui as perdas na transmissão. Neste sentido, a aplicação de sistemas fotovoltaicos residenciais possibilita a rápida eletrificação em regiões remotas e de difícil circulação, além de minimizar impactos ambientais, sociais e econômicos correlacionados às edificações de novas linhas de transmissão e às perdas elétricas vinculadas (FRAUNHOFER ISE, 2015).

Aliado a construção de um módulo de energia solar vêm os fatores econômicos, pois ao se criar um projeto de instalação a pessoa busca satisfazer os anseios dos consumidores, por meio de um projeto prático e economicamente viável. Com isso, nos últimos tempos o setor industrial de energia solar vem utilizando materiais e técnicas inovadoras que permitem além da agilidade, qualidade e menor preço em suas instalações (PEREIRA, 2017).

Diante do que foi abordado, esta pesquisa tem como objetivo realizar um estudo da viabilidade econômica sobre as vantagens de se utilizar a energia solar, assim como compará-la com a utilização da energia convencional das concessionárias de hidrelétrica, em uma residência situada em uma cidade do interior de Minas Gerais. Para isso, o estudo tem como foco a energia solar produzida através de placas (painéis) utilizados em obras de construção civil em residências comuns (KONZEN, 2014).

Levando em consideração que a disponibilidade de luz solar, ou seja, a radiação emitida pelo Sol sobre uma dada área e os reajustes anuais nas tarifas das faturas de energia elétrica, são observados como as principais razões que colaboram

para aceitação de geradores de energia fotovoltaica. Ou seja, com utilização da energia solar o consumidor final não sofre com o aumento de tarifas e/ou mudanças nas “bandeiras” (OKIGAMI, 2015).

O estudo realizado pela EPE (2019) mostra que o investimento em energia fotovoltaica é numericamente atraente em pouco mais da metade do país, sem levar em conta a prática de bandeiras em tarifas (na localidade de 33 das 61 distribuidoras analisadas, o que representa 54% dos consumidores residenciais). No vigor da bandeira tarifária vermelha, aumenta a viabilidade, atingindo 47 concessionárias (88% dos consumidores residenciais).

A pesquisa resulta do progressivo crescimento, vantagens e procura que as energias renováveis vêm manifestando em pesquisadores, empresas e governos nas últimas décadas, além do ganho da importância das instituições públicas e privadas com indicadores ESG (*Environmental, Social and Corporate Governance*) – social, ambiental e governança empresarial, instituições com esse tipo de indicador optam por práticas sustentáveis.

2. Material e métodos

Segundo com Gil (2018) “as pesquisas se referem aos mais diversos objetos, a tendência à classificação possibilita melhor organização dos fatos e conseqüentemente seu entendimento, portanto é natural que se busque classificá-las” (p. 24). Desta forma os propósitos gerais deste estudo o categorizam como exploratório do tipo qualitativa com perspectiva descritiva e executado por intermédio de um estudo de caso.

As pesquisas do tipo exploratória são empíricas e investigações e tem como propósito é a caracterização de interrogações ou de um problema, as seguintes finalidades: propiciar o levantamento de hipóteses, aproximar e familiarizar o pesquisador com a área de estudo e transformar e esclarecer conceitos (MARCONI; LAKATOS, 2017). O estudo de caso é uma pesquisa de características empíricas que analisa um certo fato dentro de um contexto verdadeiro e atual por procedimentos de estudo aprofundado de um ou mais objetos (MIGUEL, 2012).

Há muitas metodologias de investigação das informações que podem ser empregadas em pesquisas de abordagem qualitativa ou quantitativa e para este trabalho utilizou-se a técnica descritiva univariada. Os atributos dos dados de uma amostragem univariada relaciona-se à característica do elemento, ou seja, a forma mais comum de descrever uma amostra é por meio de tabelas, diagramas e a maneira como os conhecimentos se apresentam normalmente é por um conglomerado de distintas categorias (OLIVEIRA, 2011).

O estudo foi executado em parceria com uma prestadora de serviços de energia fotovoltaica, empresa que possui sede no interior de Minas Gerais e ocupa-se com empreendimento e construção de geradores solar fotovoltaicos, a empresa forneceu as informações técnicas para execução da pesquisa.

Para análise e validação da pesquisa foram efetuadas duas visitas a empresa e acompanhada pelo proprietário da empresa, a primeira com o intuito de se obter informações preliminares no que se refere aos projetos executados pela empresa e a segunda depois da análise da documentação com os dados técnicos viabilizados, feita com o objetivo de confrontá-los.

Os dados oferecidos pela empresa foram relativos ao empreendimento do sistema solar fotovoltaico de uma residência que foi escolhida para o estudo de caso, neles foram observados o consumo de energia elétrica bem como os recursos (monetários) dos vencimentos no período de agosto/2020 a julho/2021, também foram coletadas as informações quanto a radiação solar incidente na residência do estudo em que foram instaladas os módulos (a composição do modulo solar analisado está disposto na Tabela 2) em sua cobertura, com a finalidade de calcular a geração solar do sistema fotovoltaico.

Quadro 01 - Composição do projeto

Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Placa 340W Risen (de 001A 026)	7	R\$ 1087,87	R\$ 7615,09
Estrutura telhado cerâmico	7	R\$ 309,56	R\$ 2166,92
Inversor Reno 3K plus – 3K 220V mono/bifasi	1	R\$ 2633,1	R\$ 2633,1
Stringbox 220V 03kW	1	R\$ 501,73	R\$ 501,73
Cabo fotovoltaico preto (10 metros)	3	R\$ 55,73	R\$ 166,19
Cabo fotovoltaico vermelho (10 metros)	3	R\$ 55,73	R\$ 166,19
Total			R\$ 13251,22

Fonte - Elaboração própria com base na cotação com base no fornecedor A (2021).

Para o estudo de viabilidade econômica da pesquisa foram observados o Valor Presente Líquido (VPL), o *Payback* simples e *Payback* descontado (PBD), e a Taxa Interna de Retorno (TIR), assim como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e taxas de reajustes anuais.

3. Fundamentação teórica

Após apresentar os fatores que deram origem a esta pesquisa, dar-se-á sequência com a apresentação da fundamentação teórica. O estudo do referencial teórico teve como objetivo realizar um levantamento de instrumentos de análises e referências que apoiem a pesquisa, que envolvem o objeto de estudo: energias renováveis no Brasil, Energia fotovoltaica; Análise da viabilidade econômica; Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA); Taxa Interna de Retorno (TIR); *Payback* simples e *Payback* descontado (PBD).

3.1 Energias renováveis no Brasil

A energia renovável pode ser conceituada como aquela à qual o recurso (energia) é admissível inesgotável, numa escala de tempo sustentável, como a solar, a eólica, a hídrica, a biomassa, a geotérmica e a energia dos oceanos (marés, correntes, etc.) (DINIZ *et al.*, 2019).

A aplicação destes recursos, em especial, em detrimento das fontes de energia normalmente utilizadas (combustíveis de reservas fósseis) é indispensável, não apenas em virtude à crescente escassez de recursos de origem fóssil, mas também para auxiliar a reduzir as fontes poluidoras e o conseqüente impacto na proteção humana e ambiental de todos os ecossistemas (FARRET, 2014).

O emprego de fontes renováveis de energia não é uma temática contemporânea. Com certeza, os primeiros utilizar datam de muitos séculos atrás, constituindo elementos inerentes da história, entretanto, a aplicação destas fontes obteve diversos avanços tecnológicos e a gradativa demanda por possibilidades energéticas, e especialmente sustentáveis, propiciou que com as tradicionais tecnologias fossem revisitadas e adaptadas (DUPONT, GRASSI, ROMITTI, 2015).

A procedência de energia solar, como a própria denominação refere-se, é o Sol, essencialmente uma enorme estrela de gás, além de ser um importante elemento de manutenção da vida no Planeta. A radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, disponível na Terra (TOLMASQUIM, 2018).

Em seu respectivo núcleo ocorre a geração de energia por meio de reações chamadas termonucleares, ocorrendo um grande potencial de seu aproveitamento em virtude de módulos de assimilação e transformação em outro formato de energia como, por exemplo, a energia elétrica e térmica (REIS, 2015).

A coroa é a camada em que o elemento solar é abrasado a bilhões de graus e onde sucedem os fenômenos mais intensos do Sol, como eclosões solares e emissões de massa coronal – lançando os elementos a uma dimensão da velocidade da luz. Essas emissões possibilitam fenômenos de ordem climática espaciais que podem atingir a superfície da Terra com elementos de alta energia, esses elementos podem colocar em risco os astronautas, interferir nos satélites GPS e de comunicações e, no mais ruim dos acontecimentos, impedir o funcionamento da rede elétrica (PINHO; GALDINO, 2013).

Através do Sol a energia é liberada por meio de reações termonucleares, onde os prótons são combinados em um núcleo de hélio, com a dispersão de energia. Supõem-se que o Sol possua acumulado hidrogênio considerável para promover reações nucleares por cerca de cinco bilhões de anos (NASA, 2013).

A radiação solar pode ser relacionada em condições de corrente de potência, quando é especialmente chamado de irradiância solar, ou também denominado de energia por unidade de área. A irradiância solar que atinge no topo da camada atmosfera da Terra é estabelecida como a quantidade da irradiância externa a Terra que chega no valor aproximado Terra-Sol de 1.367 W/m². Considerando o raio da Terra de 6.371Km infere-se que a potência absoluta cedida pelo Sol para a Terra é aproximadamente 174 mil TW (terawatts) (VECCHIA, 2010).

A energia proveniente da luz e do calor do Sol é a mais expressiva de todos os meios energéticos. O Sol irradia para Terra cerca de 174 PW de radiação solar, valor muito maior quando contrastado às outras matrizes energéticas e a utilização humana (PINHO; GALDINO, 2013). A potência total disponibilizada pelo Sol, chega à superfície da Terra cerca de 94 mil TW (FADANNI, FANK, 2017).

O valor da radiação do Sol nas camadas mais externas da atmosfera em um fluxo médio anual recebido de um dia é estimado em 340.341 W/m² (FADIGAS, 2012).

No Brasil, a quantidade de energia radiométrica solar é realizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o instituto tem como suporte uma rede de estações climatológicas espalhadas pelo país. As estações meteorológicas do INMET retêm uma gama de aspectos históricos e informações de irradiação solar e global de energia, obtidos através de instrumentos como actnógrafos e heliográficos (FADANNI, FANK, 2017).

O Brasil que apresenta grande potencialidade na utilização de energia oriunda do Sol através de aplicações tecnológicas, seja nos setores industriais, rural e urbano, dispondo de uma matriz energética de origem predominante renovável. O somatório de todas as fontes renováveis corresponde a 79,3% da oferta interna da eletricidade do Brasil, ou seja, resultado dos somatórios referenciais à produção nacional aliado importações, com a utilização de módulos fotoativos para a produção de energia elétrica (PETRY, RAMOS, COSTA, 2020).

Em termos de dimensionamento da radiação direta na superfície da Terra, a produção fotovoltaica de energia elétrica tem uma grande potencialidade no Brasil. Na região menos ensolarada do Brasil, é capaz de gerar maior índice de energia elétrica solar em comparação ao local que recebe mais radiação na Alemanha, por exemplo. A capacidade de rendimento energético anual máximo (medido em kWh de eletricidade gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada) em todo o território brasileiro, tanto para usinas de grande porte centralizadas e instaladas em solo, como também para a geração fotovoltaica distribuída integrada em telhados e coberturas de residências e edificações é muito significativo. A taxa de desempenho médio anual de 80% (a taxa de desempenho é uma relação que abrange o índice de produtividade e a quantidade

de horas de sol a 1.000 W/m^2 (condição padrão) incidentes no painel fotovoltaico) foi empregada para tornar mais fácil a análise e simbolizar a capacidade de um gerador solar fotovoltaico bem desenvolvido e instalado com equipamentos de ótima qualidade e certificados pelo INMETRO (PEREIRA *et al.*, 2017).

Ainda da grande potencialidade de geração fotovoltaica no Brasil, a porção de energia gerada dessa maneira ainda não é relevante. O país soma cerca de 2,9 GW de potência centralizada instalada, um total de 1,7% da matriz elétrica do País (ANEEL, 2021). Esse número é bem abaixo de países líderes na produção de energia fotovoltaica, como China (204,7 GW), países da União Europeia (137,7 GW) e Estados Unidos (75,9 GW) (ABSOLAR, 2020).

Outro aspecto que merece destaca é o fato dos valores instantâneos da irradiância solar na superfície da Terra ser especialmente importantes para os estudiosos vinculados na criação e desenvolvimento de tecnologias para conversão da energia proveniente do Sol em eletricidade. Os projetos dos módulos fotovoltaicos quase sempre requerem uma irradiação, de no mínimo, 3 a 4 Kwh/(m/dia), valores estes encontrados para quase todas as localidades entre os trópicos em que se situa o Brasil (DUPONT, GRASSI, ROMITTI, 2015).

O valor sofre diferença em relação ao tempo e ao espaço, em virtude dos fenômenos atmosféricas como variação da distância Terra-Sol, umidade e nebulosidade, além da época do ano e período do dia, que causam a mudanças da camada atmosférica ou o chamado perfil atmosférico a ser penetrado pela Radiação Eletromagnética. A radiação solar atinge em um plano orientador na direção a linha do Equador e com uma inclinação semelhante à latitude local possibilita estimar a energia elétrica que pode ser convencionada por um sistema de módulo fotovoltaico estático instalado nessas características (DA CUNHA KEMERICH, 2016).

A energia oriunda de combustíveis fósseis ainda é a mais utilizada no mundo, correspondendo aproximadamente 80% da energia total, sabe-se que essa energia é extraída de recursos naturais não renováveis como, petróleo, carvão mineral e gás natural, além de serem fontes de energia as quais se gastam muito economicamente para sua extração e ocorre, em seu processo produtivo, impactos ambientais irreparáveis. Estima-se que 31 bilhões de toneladas de gases tóxicos são emitidos por ano na atmosfera pela utilização de combustíveis de origem fóssil, mesmo assim só são utilizadas porque são mais baratas no ciclo. Nesse sentido a Produção de Energia Solar é totalmente inversa ela não emite gases poluentes somente capta os raios solares e transforma em energia (BONDARIK, PILATTI, HORST, 2018).

De forma antagonica de muitas tecnologias habituais de geração elétrica, a fotovoltaica tem sofrido uma baixa de custos no decorrer dos últimos anos, devido as inovações tecnológicas, grande eficiência e economia de escala, sobretudo. Esta queda de custos tem sido essencial na propagação de sistemas fotovoltaicos nas últimas décadas. Normalmente, para essa tecnologia, estima-se que esta diminuição permaneça em longo prazo, apesar que as quedas mais vertiginosas devam ocorrer ainda nos próximos dez anos. A disseminação de sistemas fotovoltaicos teve sua origem a partir da geração de pequena escala, tendo ocorrido seu progresso tecnológico, aumento de escala e diminuição de custos através desse mercado (TOLMASQUIM, 2018).

3.2 Energia fotovoltaica

Sabe-se de que a radiação solar tem papel importante em diversas atividades antrópicas como, por exemplo, a pecuária e agricultura, as questões relacionadas ao clima que influenciam diretamente o cotidiano das pessoas bem, como o planejamento energético, sendo assim a radiação solar é uma alternativa, renovável limpa de geração de energia. O Brasil, em

sua posição geográfica estratégica, contendo sua maior área geográfica territorial na região denominada intertropical, na geração de energia solar (ANDRADE, FREITAS, 2017; LORENZE, 2012).

Contudo o descarte de forma errada das baterias de chumbo-ácido empregadas em sistemas fotovoltaicos isolados pode provocar impactos socioambientais, o que pode representar danos ao meio ambiente e à saúde humana, trazendo consequência como a contaminação do solo, aquíferos e lençóis freáticos. Como critérios de diminuição dos impactos, salienta-se a seriedade na gestão do ciclo de vida dos produtos empregados e a logística reversa, que estão inseridos nas concepções e bases introduzidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), necessitando dar prioridade a reciclagem e reutilização dos materiais utilizados.

Os primeiros estudos associados às células solares para geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico decorreram em meados de 1839, com as experimentações de Bequerel, cientista francês e físico, que utilizou uma tensão elétrica produzida através da ação da luz sobre um eletrodo metálico submerso em uma solução aquosa de origem química. No ano de 1876. Os cientistas ingleses Adams e Day, investigaram um efeito semelhante no selênio sólido, outro tipo de semicondutor muito eficiente (RAMOS, ANDRADE, 2018).

Em meados do século XX, ocorreram importantes acontecimentos científicos sobre os resultados na utilização da radiação solar ou seja efeitos fotoelétricos através de pesquisas do cientista Albert Einstein, mais precisamente no ano de 1905, com os estudos sobre a mecânica quântica e o efeito fotoelétrico e, em especial, a teoria de bandas e a física dos semicondutores, assim como as técnicas de depuração e dopagem vinculada ao desenvolvimento do transistor, sem estes estudos científicos da era moderna seria impossível pensar em energia solar (MALTCHIK, SILVEIRA, 2020).

Em 1930 Lange é o pioneiro a supor que as células solares seriam capazes de agir para converter a luz direta em eletricidade. A primeira célula solar de eficiência plausível, de silício foi elaborada em 1954 pelos cientistas Chapin, Pearson e Fuller (LIMA, 2019).

Levando em consideração o que foi exposto anteriormente e levando em consideração a exploração desordenada das reservas esgotáveis de combustíveis como os fósseis e os prejuízos ambientais e sociais oriundos do uso desses recursos energéticos presumem um cenário preocupante nas próximas décadas. É necessário e importante buscar fontes de energia alternativas, em especial renováveis e pouco poluente, como a solar, considerando todo o ciclo de vida útil dos módulos fotovoltaicos (FERREIRA *et al.*, 2018).

Nesse contexto Barbosa (2015), em seus estudos apresenta algumas dificuldades em se desenvolver técnicas de energias renováveis que podem ser barreiras técnicas, culturais e econômicas. Segundo o autor as maiores contrariedades para a prosperidade de energias renováveis são ausência de políticas que facilitam e de limites regulatórios, que em diversos momentos são questões internas de cada Estados. Há uma grande diversidade de barreiras que incluem infraestrutura, incentivos fiscais, custos e políticas, as quais impactam especialmente os países.

A implantação da energia solar é uma forma da qual os benefícios são de longo prazos, podendo avançar de forma sólida e consciente no desenvolvimento de regiões menos desenvolvidas, o maior benefício de sua implantação é sem dúvidas o menor impacto ambiental quando comparado com fontes como os combustíveis fósseis e termoelétricas, além do fator econômico no qual o custo da eletrificação pela rede tradicionalmente utilizada é muito alto quanto comparada ao retorno financeiro do investimento com a eletrificação solar (BORBA, CERVANTES, AGUEDO, 2019).

A produção de energia solar fotovoltaica não ocorre durante o período noturno. Em localidades onde a única forma de energia acessível é a fotovoltaica, é indispensável que o gerador tenha baterias interligadas ao conjunto para o armazenamento da energia que será aproveitada no período noturno (ALVES, 2019).

No Brasil a primordial forma de produção de energia elétrica é a hidráulica. As usinas hidrelétricas além de emitirem metano que é poluente na atmosfera, devido a decomposição da matéria orgânica, produzem impactos ambientais em toda a região na qual se instalam e outro fator preocupante são os impactos sociais e culturais, e até o momento ainda poucos estudos avaliam em profundidade esses impactos, em virtude da inundação de grandes localidades se perde muito cultivos, habitat da fauna e flora, perda de exemplares históricos e culturais e até mesmo migração de cidades e comunidades rurais (NASCIMENTO, 2017).

Outro fator preocupante da utilização das hidrelétricas é que as reservas hidrográficas brasileiras tendem a se esgotarem nas próximas décadas para novas instalações. Por isso pensa-se e fomenta-se formas de produção de energia mais limpa e efetivamente sustentável. Vários países já investem em massa na opção solar, por entenderem ser uma energia produzida através da irradiação solar que atinge as superfícies terrestre com uma tecnologia necessária minimizando os riscos de impactos irreversíveis, o que torna viável, em condições técnicas, ambientais e econômicas a utilização dessa energia. No Brasil não se difere dessa realidade vem buscando cada vez se organizar e fortalecer políticas de implantação do sistema de energia elétrica através de placas solares (FADANNI, FANK, 2017).

A produção da energia pela utilização da radiação solar vem tomando maiores proporções, esse crescimento se intensificou após a crise do petróleo em 1973, na qual pesquisadores começaram a preocupar com fontes de energias alternativas de forma sustentável e de viabilidade econômica (CRESESB, 2018).

Sobre esse contexto segundo relatório do Centro de Referência para as Energia Solar e Eólica ressalta que como fonte alternativa de energia a utilização da radiação solar aumentou expressivamente nas últimas décadas, em virtude da crise do petróleo de 1973, por razões econômicas, quando as pesquisas neste campo apresentaram maior estímulo nos Estados Unidos e em países da Europa. Atualmente, há uma relevância maior, que abrange não só a aplicação dessa radiação solar como fonte de energia, mas também seus reflexos positivos no clima e nas mudanças comportamentais sobre questão socioambiental, mantendo desse modo o equilíbrio e manutenção da vida no planeta Terra (CRESESB, 2018).

O custo dos sistemas fotovoltaicos diminuiu mais de 100 vezes desde 1950, em relação a outras tecnologias neste mesmo intervalo de tempo (NEMET, 2006), da mesma forma que entre 1980 e 2013 a curva de aprendizado tecnológico dos módulos fotovoltaicos foi de 21,5% (FRAUNHOFER ISE, 2015). Os módulos fotovoltaicos caracterizaram por anos a parcela mais relevante nos custos totais dos sistemas fotovoltaicos - 67%, na média, no ano de 2008, por exemplo (GTM RESEARCH, 2012)).

Porém, os módulos fotovoltaicos são fabricados com agregações de metais pesados, entre as substâncias mais comuns pode-se citar o cádmio, telúrio, índium, gálio e selênio, conforme a tecnologia de produção (MORI; DOS SANTOS; SOBRAL, 2007; REIS, 2015), os quais apresentam dificuldade à biodegradação. Insumos bromados, com chumbo e cromo hexavalente, tem potencialidade de constituírem a parte eletrônica dos sistemas de geração, sendo capazes de gerar prejuízos significativos ao meio ambiente e aos seres humanos. Desse modo, o descarte necessitará ser apropriado devido à presença dessas substâncias (REIS, 2015).

Entende-se a opção por fontes de energias renováveis faz com que os problemas sociais, ambientais econômicos das gerações futuras sejam minimizados, logo, é importante o incentivo e abrangência da Energia Solar em todos os setores,

sendo não menos importantes no setor de construção civil desde Prédios Públicos a residências convencionais e populares (SOUZA, 2017).

O emprego da energia fotovoltaica no Brasil ainda é reduzido apesar do Brasil ser um país com grande potencial para produção dessa energia. Somente na década de 1990 que os estudiosos iniciaram a utilização de energia solar em residências comuns. Estudos vêm mostrando a viabilidade econômica para as famílias que utilizam da Energia Solar em suas residências (ANEEL, 2020).

Em um estudo realizado por Loureiro, Lima, Palaver e Santos (2019), os resultados mostraram que utilização de energia proveniente por módulos fotovoltaicos demonstrou-se viável para o intervalo de tempo analisado, pois estima-se que propiciará o retorno do investimento em período de 5 anos, com uma economia no montante de R\$156.686,45 (cento e cinquenta e seis mil seiscentos e oitenta e seis reais e quarenta e cinco centavos) e recompensa o investimento no montante de 25%, isto é, acima à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 0,95% ao ano (taxa do BNDES em 2021). Sendo assim, além de expor viabilidade econômica e financeira para a residência pesquisada, a energia solar fotovoltaica, uma das mais relevantes dentre as fontes de energias renováveis, gera benefícios também ao meio ambiente, pois tem a potencialidade de utilizar energia de fonte limpa e sustentável.

Neste estudo, aplicou-se uma taxa de 7%, tomando como base a Taxa Selic. A taxa de juros correspondente à taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) para títulos federais, referente ao mês de setembro de 2021, admissível no pagamento, na restituição, na compensação ou no reembolso de tributos federais, exigível a partir de 1º de setembro de 2021 é de 7% (BRASIL, 2021).

A Taxa Selic, de acordo com o Banco Central do Brasil, é a taxa média ajustada dos financiamentos diários para títulos federais. Para finalidade de cálculo da taxa, são analisados os financiamentos diários correspondente às operações registradas e liquidadas no próprio Selic e em sistemas operados por câmaras ou prestadores de serviços de compensação e de liquidação (DANTAS, POMPERMAYER, 2018).

3.3 Análise da viabilidade econômica

Com finalidade de se fazer uma análise de viabilidade econômica é indispensável examinar algumas fases, são elas: projeção de receitas do projeto; estimativas de custos, e o capital necessário além do diagnóstico de alguns indicadores projetados sobre dos dados calculados. Os indicativos aplicados neste estudo são detalhados a seguir.

3.3.1 Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Segundo Ferreira (2009, p. 59), “o critério do Valor Presente Líquido (VPL) baseia-se na atualização de fluxos de caixa representativos de receitas, custos e lucros operacionais, para certo horizonte de planejamento, empregando como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade”.

De acordo com Ferreira (2009) caso o VPL for acima de zero, indica que o negócio em estudo configura lucro (excedente), no momento for igual a zero, corresponde que o projeto não apresentará prejuízo nem lucro e quando o VPL for abaixo de zero equivale que o investimento demonstrará prejuízo, à vista disso, não deverá ser executado.

A equação (1) é aplicada para o cálculo do VPL:

$$VPL = -I + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

I = Investimento inicial;

Σ = Somatório da data 1 até a data n;

FCt = Fluxo de caixa no t-ésimo período;

K = Taxa requerida ou TMA.

Para a diagnóstico dos resultados, analisa-se as situações em que:

- VPL > 0: Economicamente atrativo;
- VPL = 0: Indiferente (não oferece ganho ou prejuízo);
- VPL < 0: Não é economicamente atrativo.

Em concordância com Avila (2013, p. 101) a Taxa de Mínima Atratividade (TMA), “corresponde à menor rentabilidade desejada para a remuneração de um projeto, ela representa à remuneração das alternativas de investimento em análise”. Desse modo a TMA retrata o mínimo que um aplicador almeja obter quando faz um investimento, isto é, um embasamento para aceitar ou rejeitar de uma proposta de investimento.

3.3.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Segundo Nogueira (2013, p. 76) “a Taxa Interna de Retorno (TIR), é a taxa de juros que torna o valor presente dos recebimentos igual ao valor presente dos desembolsos de um fluxo de caixa”. De outro aspecto, a TIR é o encargo que se configura como juros que faz com que o valor presente líquido (VPL) do fluxo de caixa seja equivalente a zero, segundo o autor acima mencionado a anuência da alternativa de investimento examinada necessitará do valor identificado para a TIR. Caso a TIR estiver menor que a TMA, o empreendimento analisado será inviável economicamente; caso contrário, será viável. Ou seja, Uma TIR acima que a TMA aponta um empreendimento atraente. Se a TIR é abaixo que a TMA, o projeto estudo passa a não ser mais atraente.

A equação 2 representa a TIR:

$$VPL = -I + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

I = Investimento inicial;

Σ = Somatório da data 1 até a data n;

FCt = Fluxo de Caixa no t-ésimo período;

i = Taxa Interna de Retorno.

Dessa maneira, a taxa interna de retorno alcançada pelo empreendimento pode ser confrontada à taxa mínima de atratividade almejada, para apontada a decisão de investimento, ou então, conferir como taxa de retorno para o empreendimento:

- TIR > TMA: Investimento economicamente viável;
- TIR = TMA: Indiferente (não oferece ganho ou prejuízo);
- TIR < TMA: Investimento não é economicamente atrativo.

3.3.3 Payback descontado (PBD)

Em concordância com Puccini (2009) o *Payback* descontado (PBD) é estimado pelo tempo transcorrido entre a data de início do fluxo de caixa (ponto-zero), ou seja, início das operações, e a data futura a qual o valor inicialmente aplicado é recuperado pelo saldo positivo do fluxo de caixa. O PBD leva em conta o custo do capital investido.

Dessa forma o método do *Payback* Descontado analisa o período de reembolso de uma aplicação, se o período de recuperação na alternativa de investimento em análise estiver dentro do preestabelecido, a alternativa será possível e aprovada; caso contrário, será recusada. Em concordância com Pamplona e Montevechi (2006, p. 35) “o método do *payback* consiste simplesmente na determinação do número de períodos necessários para recuperar o capital investido, ignorando as consequências além do período de recuperação e o valor do dinheiro no tempo” (PAMPLONA; MONTEVECHI, 2006, p. 35)

Na pesquisa, para os cálculos foram analisadas a taxa de inflação baseada em informações do Banco Central do Brasil como demonstrado a tabela 1. O modelo de Payback utilizado foi do tipo Descontado (PUCCINI, 2009).

Tabela 1 – Histórico da Inflação e Metas no Brasil

Ano	Norma	Meta (%)	Limites Inferior e Superior (%)	Inflação Efetiva (IPCA % a.a)
2012	Resolução 3.880	4,5	2,5 - 6,5	5,84
2013	Resolução 3.991	4,5	2,5 - 6,5	5,91
2014	Resolução 4.095	4,5	2,5 - 6,5	6,41
2015	Resolução 4.2237	4,5	2,5 - 6,5	10,67
2016	Resolução 4.345	4,5	2,5 - 6,5	6,29
2017	Resolução 4.419	4,5	3,0 - 6,0	2,95
2018	Resolução 4.499	4,5	3,0 - 6,0	-
2019	Resolução 4.582	4,25	2,75 - 5,75	-
2020	Resolução 4.582	4	2,5 - 5,5	-
2021	Resolução 4.671	3,75	2,25 - 5,25	-

Fonte: Adaptado do banco central do Brasil (2020)

A definição de *Payback* Descontado, Eq. (3) é a reaquisição do investimento efetivado considerando a movimentação de caixa descontado e a economia mensal em que o projeto estudado gera, isto é, o prazo de restituição do investimento ao investidor (NETO, 2016).

$$I = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + K)^t} \quad (3)$$

No qual:

I = Investimento inicial;

Σ = Somatório da data 1 até a data T;

FC_t = Fluxo de Caixa no t-ésimo período;

K = Taxa requerida ou TMA.

4 Resultados e discussão

Foram realizados orçamentos em estabelecimentos comerciais que fornecem e instalam os sistemas fotovoltaicos, cuja produção de energia chega a 324 kWh mês, nesse sentido foi selecionado o Fornecedor A em virtude de os valores dispostos ser mais interessantes. O valor total do investimento é de R\$14.896,20. Os atributos, critérios e aplicações básicas estão dispostos na Tabela 3.

Quadro 2 - Dimensionamento do Sistema

Item	Unidade
Potência do sistema	340 Wp
Produção média mensal do sistema	324 kWh
Área necessária para instalação	15,4 m ²
Potência total do sistema	2,38 kWp

Fonte - Elaboração própria com base na cotação com base no fornecedor A (2021).

Outra variante indispensável para a pesquisa está inclusa na Resolução Normativa ANEEL no 414, de 09/09/2010, que determina circunstâncias comuns ao fornecimento de energia elétrica, de acordo com o seu Artigo 98 que dispõe sobre a despesa de disponibilidade:

“O custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicável ao faturamento mensal de consumidor responsável por unidade consumidora do grupo B, é o valor em moeda corrente equivalente a: I. 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores; II. 50 kWh, se bifásico a 3 (três) condutores; ou III. 100 kWh, se trifásico. § 1º O custo de disponibilidade deve ser aplicado sempre que o consumo medido ou estimado for inferior aos referidos neste artigo, não sendo a diferença resultante objeto de futura compensação”.

Na presente pesquisa foi analisado a viabilidade econômica da implantação do sistema de energia fotovoltaica, foi empregado a metodologia com princípio no fluxo de caixa produzido no empreendimento, por intermédio do diagnóstico do período de *payback* simples e período de *payback* descontado (4,5% e 6%). O *payback* é uma metodologia de investigação competente para averiguar o tempo de reaqusição do empreendimento com base no investimento inicial, a metodologia simples não leva em conta o valor do investimento no período de tempo, já essa observação é realizada pela metodologia descontado, uma vez que aplica uma taxa de desconto de atração como remuneração do capital que foi investido no empreendimento.

Para caracterização da TMA – Taxa Mínima de Atratividade, foi optado por a taxa SELIC a 7% a.a. referente a setembro de 2021.

Conforme apresentado na Tabela 4, através das faturas de energia elétrica foi possível estimar o consumo médio de 277,17 KWh, ou seja, 3.326 KWh/ano, atualmente os custos da residência com energia em média são de aproximadamente R\$ 267,07 mensais, o equivalente a R\$ 3.204,84 ao ano.

Quadro 3 – Histórico das contas de energia da residência

MÊS/ANO	Consumo (KWh)	Valor KWh (com imposto)	Consumo (R\$)
Agosto 2020	240	1,01192759	R\$ 242,84
Setembro 2020	262	1,01279001	R\$ 265,33
Outubro 2020	273	0,98157	R\$ 267,93
Novembro 2020	299	0,98171417	R\$ 293,51
Dezembro 2020	260	0,97001914	R\$ 252,19
Janeiro 2021	327	0,95529853	R\$ 312,36
Fevereiro 2021	288	0,9428901	R\$ 271,53
Março 2021	297	0,94665080	R\$ 281,14
Abril 2021	321	0,94545427	R\$ 303,47
Mai 2021	238	0,93638044	R\$ 222,84
Junho 2021	246	0,93491749	R\$ 229,97
Julho 2021	275	0,95182383	R\$ 261,73
TOTAL	3326		R\$ 3204,84
MÉDIA MENSAL	277,17		R\$ 267,07
CONSUMO ANUAL	3.326		R\$ 3.204,84

Fonte - Elaboração própria com base nas contas de energia da residência (2021)

Nas Tabelas 5, 6 e 7, investigou-se a recuperação do investimento recompensado as diferentes circunstâncias implicadas, em virtude ao investimento com capital próprio, na prerrogativa temporal. Levou-se em consideração o intervalo de vida útil estipulado de 25 anos do sistema, conforme descrito e orientado pelo fornecedor escolhido, salientado que se encontrara em funcionamento de 2021 a 2046. O valor tarifado pela concessionária de energia foi estabelecido com base no ano de 2021, considerando a bandeira amarela, na importância de R\$ 0,63679 kWh, acrescentando anualmente o índice médio de reajustamento de 8% a.a. Com relação ao consumo, estipulou-se 324 kWh a.m., que é equivalente a 3.888 kWh a.a. para contabilidade da tarifa anual equivalente, considerando que serão arrecadados pela concessionária, independentemente do valor gasto, a quantidade proporcional a 50kWh (grupo B bifásico) relativo ao custeio de disponibilidade.

Levando em conta o *payback* simples para a investigação deste investimento, é plausível analisar na Tabela 5, que a aplicação no empreendimento inicial de R\$ 14.896,20 será reembolsado em 5 anos e 11 meses, atentando-se aos valores dos

fluxos positivos obtidos pelo não pagamento as tarifas de energia elétrica à concessionária do ano de 2021 até meados do ano de 2026, já retirando desse valor o custeio de disponibilidade que prosseguirá sendo despendido.

Tabela 2 - Retorno do Investimento, *payback* simples

Ano	Valor do kWh em R\$	Consumo (kWh a.a)	Tarifa Anual em R\$	Custo de disponibilidade (600 kWh a.a)	Fluxo Simples em R\$	Payback Simples em R\$
0						-14896,2
1	0,63679	3888,00	2475,84	382,07	2093,77	-12802,43
2	0,68773	3856,90	2652,52	412,64	2239,88	-10562,56
3	0,74275	3826,04	2841,80	445,65	2396,15	-8166,41
4	0,80217	3795,43	3044,59	481,30	2563,29	-5603,12
5	0,86635	3765,07	3261,85	519,81	2742,04	-2861,08
6	0,93565	3734,95	3494,62	561,39	2933,23	72,14
7	1,01051	3705,07	3743,99	606,30	3137,69	3209,83
8	1,09135	3675,43	4011,16	654,81	3356,36	6566,19
9	1,17865	3646,02	4297,40	707,19	3590,21	10156,40
10	1,27295	3616,86	4604,06	763,77	3840,30	13996,70
11	1,37478	3587,92	4932,61	824,87	4107,74	18104,44
12	1,48476	3559,22	5284,60	890,86	4393,74	22498,18
13	1,60355	3530,74	5661,71	962,13	4699,58	27197,76
14	1,73183	3502,50	6065,73	1039,10	5026,63	32224,39
15	1,87038	3474,48	6498,58	1122,23	5376,35	37600,75
16	2,02001	3446,68	6962,32	1212,00	5750,32	43351,06
17	2,18161	3419,11	7459,15	1308,96	6150,19	49501,25
18	2,35613	3391,76	7991,43	1413,68	6577,75	56079,01
19	2,54463	3364,62	8561,70	1526,78	7034,93	63113,93
20	2,74820	3337,71	9172,67	1648,92	7523,75	70637,68
21	2,96805	3311,00	9827,23	1780,83	8046,40	78684,08
22	3,20549	3284,52	10528,50	1923,30	8605,20	87289,28
23	3,46193	3258,24	11279,81	2077,16	9202,65	96491,94
24	3,73889	3232,17	12084,74	2243,33	9841,41	106333,34
25	4,03800	3206,32	12947,11	2422,80	10524,31	116857,65
TIR = % a.a.				20%		
VPL				R\$33.837,79		

Fonte - Elaborado pelo autor (2021).

No entanto, a metodologia simples não leva em conta o valor do dinheiro no intervalo de tempo, não sendo exequível a confrontação com um modelo de lucratividade, como taxas dispostas pelo mercado ou com o custeio de capital.

Com relação ao cálculo do *payback* descontado (Tabela 6), com taxa de juros de 4,5% a.a., serão exigidos 6 anos e 11 meses, levando em conta os valores dos fluxos obtidos pelo não pagamento de débitos de energia elétrica à concessionária

do ano de 2021 até meados do ano de 2027, isto é, o empreendimento terá recompensa financeira em 27,72% da vida útil estipulada do módulo. O *payback* descontado, com juros de 6% a.a., se paga em 7 anos e 3 meses. 29,29% da vida produtiva estipulada.

Tabela 5- Retorno do Investimento, *payback* descontado 4,5%

Ano	Valor do kWh em R\$	Consumo (kWh a.a)	Tarifa Anual em R\$	Custo de disponibilidade (600 kWh a.a)	Fluxo Simples em R\$	Fluxo descontado 4,5% a.a em R\$	Payback descontado em R\$
0							-14896,20
1	0,63679	3888,00	2475,84	382,07	2093,77	2003,60	-12892,60
2	0,68773	3856,90	2652,52	412,64	2239,88	2051,12	-10841,48
3	0,74275	3826,04	2841,80	445,65	2396,15	2099,74	-8741,74
4	0,80217	3795,43	3044,59	481,30	2563,29	2149,47	-6592,27
5	0,86635	3765,07	3261,85	519,81	2742,04	2200,36	-4391,91
6	0,93565	3734,95	3494,62	561,39	2933,23	2252,41	-2139,50
7	1,01051	3705,07	3743,99	606,30	3137,69	2305,66	166,16
8	1,09135	3675,43	4011,16	654,81	3356,36	2360,14	2526,31
9	1,17865	3646,02	4297,40	707,19	3590,21	2415,87	4942,17
10	1,27295	3616,86	4604,06	763,77	3840,30	2472,87	7415,05
11	1,37478	3587,92	4932,61	824,87	4107,74	2531,18	9946,23
12	1,48476	3559,22	5284,60	890,86	4393,74	2590,83	12537,06
13	1,60355	3530,74	5661,71	962,13	4699,58	2651,84	15188,90
14	1,73183	3502,50	6065,73	1039,10	5026,63	2714,24	17903,15
15	1,87038	3474,48	6498,58	1122,23	5376,35	2778,07	20681,22
16	2,02001	3446,68	6962,32	1212,00	5750,32	2843,35	23524,57
17	2,18161	3419,11	7459,15	1308,96	6150,19	2910,12	26434,70
18	2,35613	3391,76	7991,43	1413,68	6577,75	2978,41	29413,11
19	2,54463	3364,62	8561,70	1526,78	7034,93	3048,25	32461,35
20	2,74820	3337,71	9172,67	1648,92	7523,75	3119,67	35581,02
21	2,96805	3311,00	9827,23	1780,83	8046,40	3192,71	38773,73
22	3,20549	3284,52	10528,50	1923,30	8605,20	3267,40	42041,14
23	3,46193	3258,24	11279,81	2077,16	9202,65	3343,78	45384,92
24	3,73889	3232,17	12084,74	2243,33	9841,41	3421,89	48806,81
25	4,03800	3206,32	12947,11	2422,80	10524,31	3501,76	52308,57
TIR = % a.a.				15%			
VPL				R\$ 14.033,29			

Fonte - Elaborado pelo autor (2021).

Com relação ao retorno do investimento tipo *Payback* desconta de 6% temos:

Tabela 7 - Retorno do Investimento, *payback* descontado 6%

Ano	Valor do kWh em R\$	Consumo (kWh a.a)	Tarifa Anual em R\$	Custo de disponibilidade (600 kWh a.a)	Fluxo Simples em R\$	Fluxo descontado 6% a.a em R\$	Payback descontado em R\$
0							-14896,2
1	0,63679	3888,00	2475,84	382,07	2093,77	1975,25	-12920,95
2	0,68773	3856,90	2652,52	412,64	2239,88	1993,48	-10927,47
3	0,74275	3826,04	2841,80	445,65	2396,15	2011,85	-8915,62
4	0,80217	3795,43	3044,59	481,30	2563,29	2030,36	-6885,25
5	0,86635	3765,07	3261,85	519,81	2742,04	2049,01	-4836,24
6	0,93565	3734,95	3494,62	561,39	2933,23	2067,81	-2768,43
7	1,01051	3705,07	3743,99	606,30	3137,69	2086,74	-681,69
8	1,09135	3675,43	4011,16	654,81	3356,36	2105,82	1424,13
9	1,17865	3646,02	4297,40	707,19	3590,21	2125,04	3549,17
10	1,27295	3616,86	4604,06	763,77	3840,30	2144,40	5693,57
11	1,37478	3587,92	4932,61	824,87	4107,74	2163,91	7857,48
12	1,48476	3559,22	5284,60	890,86	4393,74	2183,56	10041,03
13	1,60355	3530,74	5661,71	962,13	4699,58	2203,35	12244,38
14	1,73183	3502,50	6065,73	1039,10	5026,63	2223,28	14467,67
15	1,87038	3474,48	6498,58	1122,23	5376,35	2243,37	16711,03
16	2,02001	3446,68	6962,32	1212,00	5750,32	2263,59	18974,62
17	2,18161	3419,11	7459,15	1308,96	6150,19	2283,96	21258,58
18	2,35613	3391,76	7991,43	1413,68	6577,75	2304,48	23563,06
19	2,54463	3364,62	8561,70	1526,78	7034,93	2325,14	25888,19
20	2,74820	3337,71	9172,67	1648,92	7523,75	2345,94	28234,13
21	2,96805	3311,00	9827,23	1780,83	8046,40	2366,89	30601,03
22	3,20549	3284,52	10528,50	1923,30	8605,20	2387,99	32989,01
23	3,46193	3258,24	11279,81	2077,16	9202,65	2409,23	35398,24
24	3,73889	3232,17	12084,74	2243,33	9841,41	2430,62	37828,86
25	4,03800	3206,32	12947,11	2422,80	10524,31	2452,15	40281,01
TIR = % a.a.				13%			
VPL				R\$ 10.049,97			

Fonte - Elaborado pelo autor (2021).

Constata-se ainda, na, que o VPL - Valor Presente Líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$33.837,79 (*payback* simples), R\$ 14033,29 (*payback* descontado 4,5%), R\$ 10.049,97 (*payback* descontado 6%, Tabela 7), em outras palavras, com relação ao valor dos fluxos conferidos pelo não gasto dos pagamentos de energia elétrica adicionado a aplicação inicial ficariam valendo atualmente; demonstrando por meio de uma TIR - Taxa Interna de Retorno de 20% (simples) 15% (descontado 4,5%) e 13% (descontado 6%), mostrando a lucratividade do empreendimento em comparação com a taxa mínima atratividade; a qual foi levada em conta como um proveito que poderia ser alcançada em outros empreendimentos, com relação à taxa SELIC, nesse sentido a TIR superior à taxa de atratividade, o investimento passaria ser um empreendimento plausível.

Percebendo dessa forma que para uma TMA de 7% ao ano, o investimento em um empreendimento de energia solar fotovoltaica como possibilidade para diminuição de gastos é executável para o período investigado.

4. Conclusão

A presente pesquisa demonstrou valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$33.837,79, expressando uma TIR - Taxa Interna de Retorno de 20%, acima da taxa mínima de atratividade. Identificou-se através da análise do payback simples, com TMA – Taxa Mínima de Atratividade de 7% a.a., sendo precisos 7 anos e 3 meses, levando em conta os valores dos fluxos produzidos pela economia nos pagamentos de energia elétrica, o que torna viável o investimento no empreendimento.

Demonstrou valor presente líquido ao fim do vigésimo quinto ano será de R\$ 14033,29, apontando uma TIR - Taxa Interna de Retorno de 15%, superior à taxa mínima de atratividade. Com relação aos dados analisados mediante estudo do *payback* descontado com juros de 4,5% a.a, com TMA – Taxa Mínima de Atratividade de 7% a.a., o investimento terá retorno em 27,72% da vida útil estimada do empreendimento, sendo necessários 6,93 anos, levando em conta os valores dos fluxos praticados pela economia nos pagamentos de energia elétrica, o que novamente sugere viabilidade de investimento.

Em relação aos dados encontrados por meio do estudo do *payback* descontado com juros de 6% a.a, com TMA – Taxa Mínima de Atratividade de 7% a.a., o empreendimento contará com retorno em 29,29% da vida útil estimada dos sistemas fotovoltaicos, sendo necessários 7,32 anos, observando os valores dos fluxos produzidos pela economia nos pagamentos de energia elétrica. Expressou valor presente líquido ao final do vigésimo quinto ano será de R\$ 10.049,97, mostrando uma TIR - Taxa Interna de Retorno de 13%, superior à taxa mínima de atratividade, indicando viabilidade econômica do empreendimento. No entanto o estudo apresenta algumas limitações, como a variação da Selic no Brasil.

Por fim, é imprescindível que seja realizado outros estudos futuros para uma análise mais aprofundada desses aspectos e reavaliar a viabilidade de instalação dos sistemas fotovoltaicos, com intuito de gerar uma economia residencial, no que se refere à custos com energia elétrica, além de qualificá-la como sustentável, uma vez que a energia solar é renovável e contribui na mitigação do uso de combustíveis poluidores, protegendo, dessa forma, o meio ambiente.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Cadernos temáticos aneel: Micro e Minigeração Distribuída, Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** 2. ed. Brasília, 2020.

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

ANDRADE, L.; FREITAS, M. **Políticas Públicas Ambientais e equilíbrio financeiro-orçamentário: um diálogo necessário na promoção de incentivos fiscais para geração de energia solar.** In: CALIENDO, P.; CAVALCANTE, D. L. (Org.). Políticas públicas, tributação e energia solar. Curitiba: CRV, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: infográfico ABSOLAR.** São Paulo, Atualizado 14/12/2020, n° 26. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>. Acesso em: 05 jan. 2021.

AVILA, A. V. **Matemática financeira e engenharia econômica.** 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2013.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Diretoria Colegiada. Histórico de Metas para a Inflação no Brasil. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/Pec/metas/TabelaMetaseResultados.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2020.

BARBOSA, L. K. P. **Análise técnico-econômica acerca de diferentes sistemas de geração de energia solar fotovoltaica com base no projeto Jaiba Solar**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, 2015, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 121p. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14669/1/2015_LuanKrishnaPeresBarbosa_tcc.pdf. Acesso em: 16 nov. 2020.

BARBOSE, G. et al. Tracking the sun VI: **An historical summary of the installed price of photovoltaics in the United States from 1998 to 2012**, 2013. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/2j2888zv>. Acesso em: 06 dez. 2020.

BARROS, Vitor Calaca; SANTOS, Lucas Pedrosa; SILVEIRA, Lucas Pereira; CAIXETA, Felipe Fernandes; TANNUS, Silvia Parreira. **Viabilidade Econômica da Geração de Energia Fotovoltaica: Um Estudo de Caso da UFG – RC**. In: ANAIS DA XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, Joinville, Santa Catarina. Anais da XXXIX Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Joinville, 2017.

BONDARIK, Roberto; PILATTI, Luiz Alberto; HORST, Diogo José. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciencia**, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

BORBA, Paula de Tarsia; CERVANTES, França Ania Lussón; AGUEDO, Reinel Beltrán. **Estudo de Implementação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica no Campus UFRPE – UACSA**. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 2019. Disponível em: <http://sepoc2019.ct.ufrn.br/sepoc2019/images/arquivos/papers/track7/51.-ESTUDO-DE-IMPLEMENTAO-DE-SISTEMA-FOTOVOLTAICO-CONECTADO--REDE-ELTRICA-NO-CAMPUS-UFRPE---UACSA.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Atos2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 06 dez. 2020.

BRASIL. **Resolução ANEEL nº 414**, de 9 de setembro de 2010, Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, referência disponível na Internet: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 06 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. Receita Federal. **Taxa de Juros Selic**. Brasília, DF: Ministério da Economia, 01 dez. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>. Acesso em: 08 dez. 2020.

CARVALHO, P.; MESQUITA, P.; ROCIO, M. **A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?** BNDES Setorial, v. 40, p. 205–234, 2014. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2901/1/A%20rota%20metal%20c3%bargica%20de%20produ%20c3%a7%20a3o%20de%20sil%20c3%adicio%20grau%20solar.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.

CASSIANO, Giovanna Bertoldo. **Análise da geração de energia solar fotovoltaica: estudo de caso em um supermercado no Mato Grosso do Sul**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Engenharia Elétrica. Campo Grande/MS, 2020.

CRESESB, **Energia Solar - Princípios e Aplicações**. 2018. 12 p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2018.pdf. Acesso em 12 nov. de 2020.

DA CUNHA KEMERICH, Pedro Daniel et al. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo**. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGENT), v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2018.

DINIZ, Thaís Napolitano; FÉ, Douglas Henrique; MARTINEZ, Izabelle Martinez; SIMÕES, Danilo. **Investimento em Gerador Solar Fotovoltaico: análise de opções reais**. In: ANAIS DA XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2019, Santos, São Paulo. Anais da XXXIX Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Santos, 2019.

DUPON, Fabrício Hoff t, GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, 2015.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGENT)**, v. 19, n. 4, p. 70-81, 2015.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil: condicionantes e impactos**. Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/GT%20PNE%20-%20RED%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.

FADANNI, D.; FANK, O. L. **Sustentabilidade e consciência pública: energia solar fotovoltaica, viabilidade de uso nos municípios da ADR de Palmitos**. Santa Catarina, 2017.

FADIGAS, E. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica. **Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo**, 2012.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2014.

FERREIRA, R. G. **Engenharia econômica e avaliação de projetos de investimento: critérios de avaliação: financiamentos e benefícios fiscais: análise de sensibilidade e risco**. São Paulo: Atlas, 2009.

FERREIRA, R. H.; VASCONCELOS, M. C. R. L.; JUDICE, V. M. M.; NEVES, J. T. de R. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte. Perspectiva em ciência da informação**, v.16, n.4, p.171-191, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362011000400011. Acesso em: 15 nov. 2020.

FILHO, G. L. T.; ROSA, C. A. Análise da capacidade de amortização dos passivos energéticos e ambientais dos painéis fotovoltaicos. **Revista Brasileira de Energia**, v. 19, n. 1, p. 171–194, Semestre de 2013. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/298>. Acesso em: 06 dez. 2020.

FRAUNHOFER ISE. **Solar Technologies in Morocco: Industry and Value Chain Assessment: Support for Moroccan Solar Plan**. 2015. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/infomaterial/jahresberichte/fraunhofer-ise-jahresbericht-2015-2016.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GTM RESEARCH. **Solar Balance-of-System Costs Account for 68% of PV System Pricing: New GTM Report**, 15 nov. 2012. Disponível em: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Solar-Balance-of-System-Accounts-for-68-of-PV-System-Pricing-New-GTM-Repo>. Acesso em: 06 dez. 2020.

HUBACK, V. et al. **Mudanças climáticas e os impactos sobre o setor de energia elétrica: uma revisão da bibliografia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 10., 2016, Gramado, Rio Grande do Sul. Anais... CBPE: Gramado, 2016. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/gesel/app/webroot/files/publications/07_xcbpe0244.pdf. Acesso em: 06 dez. 2020.

KONZEN, G. **Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass**. Dissertação de Mestrado - São Paulo, SP: Programa de Pós-Graduação em Energia, USP, 2014. Disponível em: http://lsf.iee.usp.br/sites/default/files/Dissertacao_Gabriel_Konzen.pdf. Acesso em: 06 dez. 2020.

LIMA, Francisco José Lopes de. **Previsão de Irradiação Solar no Nordeste do Brasil Empregando o Modelo WRF Ajustado por Redes Neurais Artificiais (RNAs)**. 2015. 216 f. Tese (Doutorado) - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/teses/Tese2015_Francisco_Lima.pdf. Acesso em: 10 nov. 2010.

LION FILHO. **Construção e análise de desempenho de um fogão solar à concentração utilizando dois focos para cozimento direto**. 2007. Universidade Federal do Rio Grande do Norte 2007. <http://www.repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15523>. Acesso 18 ago. 2020.

LORENZI, R. **Em busca de alternativas energéticas: estudo sobre as pesquisas em células combustíveis no Brasil**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/processaArquivo.php. Acesso em: 05 ago. 2020.

LOUREIRO, Nayara Cortes Filgueira; LIMA, Jardson Guilherme Paixão; PALAVER, Neilton Pereira; SANTOS, Iêdo Souza. **Análise da viabilidade econômico-financeira de um projeto de gerador solar-fotovoltaico (on-grid) aplicado a uma residência na realidade do município de Marabá-PA**. In: ANAIS DA XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2019, Santos, São Paulo. Anais da XXXIX Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Santos, 2019.

MALTCHIK, Victoria Ferreira da Silva; SILVEIRA, Paulo Antonio Caliendo Velloso. **Incentivos fiscais à energia fotovoltaica: um estudo comparado entre Brasil e Alemanha**. Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, dez. 2020. Disponível em: https://www.pucrs.br/direito/wp-content/uploads/sites/11/2020/04/victoria_maltchik.pdf. Acesso em: 21 dez. 2020.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MORI, V.; DOS SANTOS, R. L. C.; SOBRAL, L. G. S. **Metalurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais: Série Tecnologia Ambiental**. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, 2007. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/59962701/Metalurgia-do-silicio-processos-de-obtencao-e-impactos-ambientais>. Acesso em: 06 dez. 2020.

NASA. **Entendendo os ambientes da Terra passada**. Relatório Anual de Ciência de 2013. Disponível em: <https://nai.nasa.gov/annual-reports/2013/vpl-uw/understanding-past-earth-environments/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

NASCIMENTO, Rodrigo L. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. 2017.

NEMET, G. F. **Beyond the learning curve: factors influencing cost reductions in photovoltaics**. Energy Policy, v. 34, n. 17, p. 3218–3232, nov. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421505001795>. Acesso em: 06 dez. 2020.

NETO, A. et al. **Estudo de Viabilidade Econômica/Financeira para a inserção da micro geração fotovoltaica no estado de Minas Gerais**. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 6., 2016, Belo Horizonte. Disponível em: http://www.eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/025_artigo_completo.pdf. Acesso em: 06 dez. 2020.

NOGUEIRA, E. **Introdução à engenharia econômica**. 1. ed. São Carlos: EduUFSCar, 2013.

OKIGAMI, Paulo Takao. **Avaliação das ferramentas EVSM e MEFA para modelagem do fluxo de energia em projetos de eficiência energética na indústria**. São José dos Campos: ITA, 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2015. Disponível em: http://www.fcmmfpep.org.br/site/sites/default/files/dissertacoes/turma2/Paulo_dp-095_2015.pdf. Acesso em: 06 dez. 2020.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia Científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Universidade Federal de Goiás Campus Catalão, Curso de Administração, 2011.

PAMPLONA, E.; MONTEVECHI, J. **Apostila**: Engenharia Econômica I. 2006.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. **G. Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://urllib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 05 jan. 2021.

PEREIRA, E. M. D. et al. **Mapeamento básico das precondições gerais para tecnologias heliotérmicas no Brasil**. Brasília: Projeto Energia Heliotérmica (GIZ/MCTI), 2014. 140 p.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: Inpe, 2017. 80 p. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 15 dez. 2020.

PEREIRA, José Campos, **Atlas brasileiro de energia solar**. São dos Campos SP: INPE, 2006.

PETRY, Paola Mercadante; RAMOS, Karina Ninni; COSTA, Hirdan Katarina de Medeiros. A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. esp, p. 22-43, mai. 2020.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A., 2014. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR. Rio de Janeiro, 2014.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf Acesso em: 15 dez. 2020.

PORTAL SOLAR ENERGIA. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-paineis-solares-fotovoltaicos/> Acesso em: 23 nov. 2020.

PUCINI, A. de L. **Matemática financeira**: objetiva e aplicada. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

RAMOS, André Eve de Mello; ANDRADE, Valcimar Silva de. **Análise de desempenho de sistema fotovoltaico conectado**: um estudo de caso em uma instituição de ensino pública de Governador Valadares. In: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, São Bernardo do Campo/SP, 2018.

REIS, D. D. C. **Análise crítica do processo de licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas**. Dissertação de mestrado—Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/1138M.PDF>. Acesso em: 06 dez. 2020.

ROSA, A.; GASPARIN, F. Panorama da energia fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2017. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/157>. Acesso em: 06 dez. 2020.

ROSA, Rodrigo santa. **Sistema Fotovoltaico Híbrido (ON-GRID E OFF-GRID)**. (2017) Disponível em: <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-hibrido-on-grid-e-off-grid> Acesso em: 18 dez. 2020.

SOUZA, Alberto Pereira de. **Aplicação da teoria de opções reais na análise de investimento em geração de energia elétrica a partir de madeira de eucalipto**. Brasília: UnB, 2017. 98p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SPE – SOLAR POWER EUROPE. **Global market outlook 2017-2021**: solar bloom continues, 2018. Disponível em: <https://www.solarpowereurope.org/global-market-outlook-2017-2021-solar-boom-continues/>. Acesso em: 06 dez. 2020.

TOLMASQUIM, M. T. et al. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.

VECCHIA, R. **O meio ambiente e as energias renováveis**: instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável. 1. ed. São Paulo: Manole: Minha Editora, 2010.