



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/RBES/index>

V.10, esp, p.44-51, dez 2022

VIABILIDADE ECONÔMICA DE ENERGIA SOLAR PARA UM COMÉRCIO NO LITORAL DO PARANÁ

BONETTO, V. B.¹; MALAGOLI, J. A.²; MOREIRA, V. S.³; SCHUMANSKI, D.².

¹Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Paraná

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Campus Curitiba, Paraná. E-mail: juliana.malagoli@ufpr.br

³Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, Universidade Federal do Paraná, Campus Matinhos, Paraná

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Energia Solar, Fontes Renováveis de Energia, Viabilidade Econômica

Resumo

No Brasil, a base energética gira em torno das hidrelétricas, com a escassez dos recursos não renováveis causado pelo alto consumo de energia. Desta maneira, o mundo está voltado para as fontes de energias renováveis, destacando a energia solar. O território brasileiro é uma das regiões com maior incidência de radiação solar do mundo, fato este que comprova a nossa capacidade elevada de geração a partir desta fonte primária natural e inesgotável que é o Sol. O principal objetivo deste trabalho é projetar um sistema fotovoltaico para um comércio no município de Matinhos no Paraná. Além disso, o empreendimento em questão, trata-se de um comércio alimentício, cujo nome é Varanda Panificadora e Confeitaria, no litoral do Paraná. Neste contexto, analisou-se o consumo médio anual do empreendimento, sendo este de 2.702 kWh. Deste modo, o sistema de energia solar foi projetado para compor 72 placas com potência de 30,24 kWp cada, sendo autossuficiente para a produção média anual de 2.800 kWh. Ademais, o sistema é composto por um conversor com potência nominal de 30 KW. Por fim, destaca-se que no final do projeto apresentou-se um estudo de viabilidade econômica, concluindo-se que o sistema é rentável financeiramente.

ECONOMIC VIABILITY OF SOLAR ENERGY FOR A COMMERCE ON THE COAST OF PARANÁ

Keywords: Sustainable Development, Solar Energy, Renewable Energy Sources, Economic Viability

Abstract

In Brazil, the energy base revolves around hydroelectric plants, with the scarcity of non-renewable resources caused by high energy consumption. In this way, the world is focused on renewable energy sources, highlighting solar energy. The Brazilian territory is one of the regions with the highest incidence of solar radiation in the world, a fact that proves our high capacity of generation from this natural and inexhaustible primary source that is the Sun. The main objective of this work is to design a photovoltaic system for a business in the municipality of Matinhos in Paraná. Moreover, the enterprise in question is a food business, whose name is Varanda Panificadora e Confeitaria, located in the municipality of Matinhos, on the coast of Paraná. In this context, the average annual consumption of the enterprise was analyzed, being 2,702 kWh. In this way, the solar energy system was projected to consist of 72 plates with a potency of 30.24 kWp each, being self-sufficient for the average annual production of 2,800 kWh. Furthermore, the system is composed of a converter with a nominal power of 30 KW. Finally, it is highlighted that at the end of the project an economic viability study was presented, concluding that the system is financially profitable.

INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira está entre as que mais privilegiam fontes renováveis de energia no mundo, onde as fontes renováveis representam 83% do total de energia elétrica gerada, no entanto, grande parte dessa energia é proveniente de hidrelétricas (MME, 2015). A energia solar, no entanto, é a forma de energia renovável que mais se destaca por representar menores impactos ambientais. Tal fato é o que levou muitos países a tornarem obrigatória a participação da energia solar no aquecimento de água (ANEEL, 2017), (Tolmasquim et al., 2007) e (Cunha et al., 2016).

Deste modo, compreender que a energia solar consiste na captação da radiação solar, onde essa radiação incide sobre os painéis fotovoltaicos (ROSA; GASPARIN, 2016). Ademais, gera a Corrente Contínua (CC) transformando em Corrente Alternada (CA), para então, operar nos demais equipamentos eletrônicos.

Portanto, o principal objetivo deste trabalho é avaliar os custos médios anuais de energia, tendo como objeto um comércio, e a aplicabilidade do sistema fotovoltaico, bem como as questões de "marketing verde".

Dimensionamento do projeto fotovoltaico

O dimensionamento do projeto fotovoltaico é dividido em quatro etapas, com cálculo da potência de pico, número de painéis solares, escolha do inversor e análise financeira. (VIAN et al, 2021).

Potência de Pico

O tempo de exposição foi encontrado através dos dados solarimétricos da região. Por meio da plataforma da CRESESB, encontrou-se a irradiação média mensal de 3,99 kWh/m².dia. Além disso, será usado o HSP (Horas de Sol Pico) de cada mês no município, utilizado na Equação como o tempo de exposição. A potência pico será calculada,

$$PP = \frac{CMD}{HSP}$$

Sendo: PP é a potência de pico (kWp); CMD é o consumo médio diário (kW); HSP é a horas

de sol pico.

Painéis Solares

Com o valor de Potência de Pico da placa fotovoltaica, definiu-se o modelo do painel a ser utilizado para o projeto. Visando a maximização da produção elétrica e garantia de uso de um produto de qualidade, foi definido como modelo as placas fotovoltaicas com potência de 420 W. Desta maneira, realizou-se o cálculo para a quantidade de módulos fotovoltaicos (Qm) a suprir a demanda de produção elétrica,

$$Qm = \frac{PP}{Pmod}$$

Sendo: Qm é a quantidade de módulos fotovoltaicos; Pmod é a potência do módulo escolhido (kW). As placas serão alinhadas em paralelo ligadas a um dispositivo "stringbox", que é um componente que garante a proteção da energia corrente contínua gerada em um sistema fotovoltaico.

Inversor

Os inversores são dispositivos eletrônicos responsáveis pela transformação da corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). Adicionalmente, no caso de sistemas conectados à rede elétrica, a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede. Vale destacar que o projeto em questão, trata-se de um sistema fotovoltaico "On-Grid", ou seja, com geração distribuída, foi considerado um sistema ligado à rede elétrica.

Neste contexto, o Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI) é a grandeza que define o ponto de fluxo da potência no sistema de um inversor, sendo uma característica determinante para a qualificação do projeto. De acordo com Wanderley (2021), o FDI consiste na importância de maximizar a eficiência do sistema. Deste modo, deve-se otimizar a qualidade e eficiência energética do projeto, realizando o cálculo do FDI,

$$FDI = \frac{Pn}{PP}$$

Sendo: FDI é o fator de dimensionamento do inversor; Pn é a potência nominal do inversor (kW); PP é a potência de pico (kW). Com base nesses dados, selecionou-se o modelo de Inversor Solar trifásico de 220V com potência de 30 kW.

O tempo de vida útil do inversor é de aproximadamente 12 anos, após este período a sua eficiência pode sofrer uma redução significativa. Portanto, o valor de FDI é próximo de 1, demonstrando que o projeto está de acordo com as normas e a produção energética possui em torno de 97% de eficiência.

Análise Financeira

Para a análise financeira do projeto, as metodologias de avaliações de Valor Presente Líquido (VPL) e do sistema “payback” foram consideradas. Sendo os dois sistemas mais usados para análise de rentabilidade de um projeto em gerar lucro. O VPL consiste em avaliar o potencial ganho do projeto com o investimento inicial após a implementação do sistema de energia solar, ou seja, uma possível valorização do estabelecimento com o investimento e energia sustentável. Deste modo, pode-se calcular o VPL:

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC \cdot T}{(1 + i)^n}$$

Sendo: VPL é o valor do presente líquido; FC é o fluxo de caixa; I é o investimento inicial; T é o momento em que o fluxo de caixa ocorreu; i é a taxa de juros comparativa; n é o período de tempo para cálculo dos juros. Caso o VPL seja positivo, demonstrará que o projeto é rentável financeiramente, se o valor for negativo indica que o mesmo não se torna rentável para o empreendimento. Se for um valor nulo, isto sinaliza que não há nem ganhos e nem perdas. O modelo Payback consiste em estimar em quanto tempo irá obter o valor de investimento inicial do projeto, ou seja, o tempo necessário para recuperar o investimento aplicado para implementação do sistema fotovoltaico (Fiorese et al., 2021), (Santos et al., 2016), (TOLEDO, 2016), (TIEPOLO et al, 2018) e (MARTINS et al, 2005).

METODOLOGIA

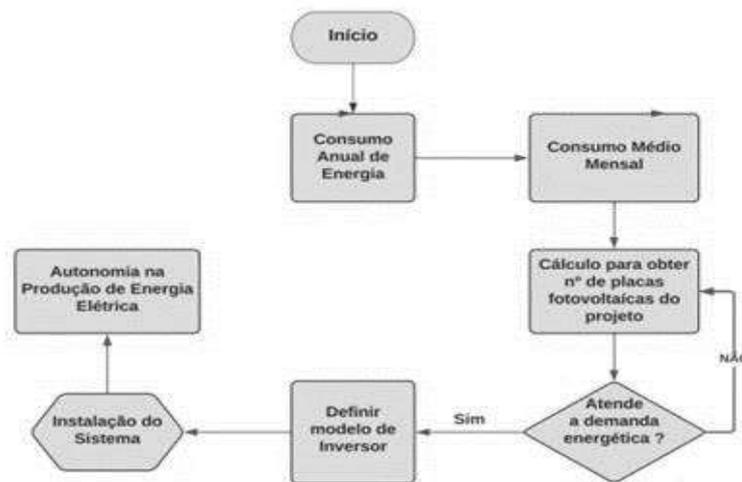
O projeto utilizado como base do estudo será um comércio do ramo alimentício, Varanda Panificadora e Confeitaria, que está localizado sob as coordenadas Latitude 25°49'47.06" S e Longitude 48°32'47.99"O.

Por se tratar de um comércio tradicional do bairro onde se encontra, e por ser um estabelecimento com alta demanda de energia elétrica, torna-se possível atribuir um projeto de sistema fotovoltaico, para que este seja capaz de suprir a demanda energética do estabelecimento gasta por meio da rede convencional.

Inicialmente, é necessário analisar o consumo mensal ao longo de um ano, e posteriormente, realizar uma média mensal anual. Após a obtenção deste valor médio mensal no prazo de um ano, é possível saber a quantidade necessária de produção elétrica para suprir esta demanda, e conseqüentemente, o número de placas fotovoltaica a serem instaladas. Para este cálculo, foi considerada a radiação média para o Município de Matinhos no Paraná. Sabendo o número ideal de placas solares, é estabelecido o modelo adequado do inversor a suportar a demanda do projeto de forma segura. Após estas etapas, é realizado o procedimento de instalação do sistema no local do empreendimento, para posteriormente, realizar a conexão à rede pública.

Vale ressaltar que para a ligação na rede elétrica pública, é necessário solicitar permissão da Companhia responsável pela administração da energia elétrica do município para realizar instalações fotovoltaicas. Desta maneira, é anexado um equipamento chamado de Medidor de Energia Bidirecional, sendo, o responsável pelo registro do total de corrente elétrica distribuído a rede pública para a geração dos créditos. Deste modo, o medidor que realizará a leitura do quanto de energia está sendo consumida da rede elétrica quando não existe geração pelas placas fotovoltaicas, do qual é descontado dos créditos gerados ao longo do dia. A Figura 1 mostra um fluxograma, onde é abordado as etapas de forma dinâmica e objetiva.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do projeto



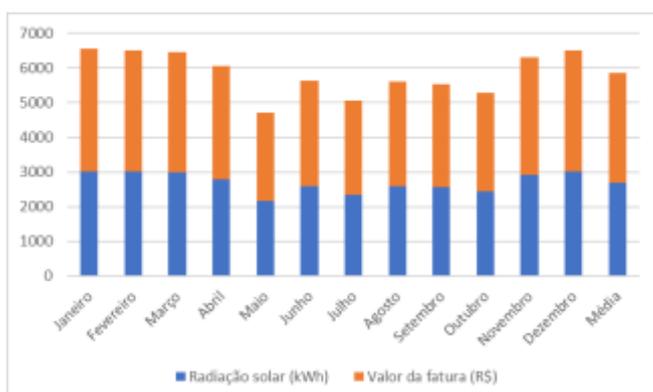
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi elaborado um passo a passo dos dados obtidos juntos ao empreendimento Varanda Panificadora e Confeitaria, abordando gráficos e equações que favoreceram os resultados finais do valor total do projeto, tempo de retorno do investimento, potencial de lucro a longo prazo, aspectos positivos do meio ambiente e valorização da sustentabilidade como um todo.

Crítérios para o dimensionamento do projeto de sistema fotovoltaico

O consumo anual de 2021 foi analisado para o dimensionamento do projeto. Os dados de consumo foram disponibilizados pelo proprietário do estabelecimento, e obtido o valor médio mensal anual de energia elétrica. Desta maneira, para uma melhor compreensão dos dados, os dados foram avaliados com auxílio do Excel 2013, então foi elaborado o gráfico da Figura 2.

Figura 2 – Comparativo entre a radiação solar, em kWh, por mês, ao valor da fatura de energia elétrica.



Nota-se que o mês de maior consumo foi em janeiro, sendo um dos meses mais quentes do ano que possui uma demanda maior de uso dos aparelhos de ar-condicionado, aparelho o qual têm grande consumo de energia elétrica para o seu funcionamento, além disso, o mês de maio foi o de menor consumo. Portanto, o valor médio mensal é estimado em 2.700 kWh.

Dimensionamento do conjunto de placas fotovoltaicas para o projeto

Deve-se calcular a potência de pico gerada pelas placas fotovoltaicas e taxa de desempenho, sendo esta, a razão entre o desempenho real do sistema e o desempenho máximo teórico possível (LOPES, 2020). A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros do projeto.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros encontrados no projeto.

Parâmetros	Símbolo	Valor	Unidade
Consumo Médio Diário	CMD	90	kWh/dia
Potência de Pico	PP	30,07	kWh/m ²
Módulos Fotovoltaicos	Qm	71,59	Módulos
Potência Nominal do Inversor	Pn	30	kW
Fator de Dimensionamento do Inversor	FDI	97	%

Fonte: autores

Como o valor obtido consiste em um número decimal, arredonda-se o valor para 72 módulos de placas fotovoltaicas. As placas serão alinhadas em 9 unidades em paralelo ligadas a um dispositivo “string box”. Deste modo, serão necessários 8

dispositivos para atender a demanda total de placas do projeto. Vale destacar que o tempo de vida útil do inversor é de aproximadamente 12 anos, após este período a sua eficiência pode sofrer uma redução significativa.

Análise Financeira

Para a análise crítica de viabilidade do projeto é necessário realizar o levantamento dos gastos de todos os equipamentos e ferramentas necessárias. Por critério de simplificação dos cálculos, a mão de obra não está inclusa, o que se deve à grande variabilidade de valores. Foi adotado, como margem de lucro do projetista, o valor de, aproximadamente, 15% do total orçado em produtos. Para tal levantamento, foi elaborada uma planilha no “software” Excel considerando os custos para obter o valor final do investimento, conforme a Tabela 2.

Nota-se que é apenas uma simulação com os itens de maior relevância para a implementação do sistema fotovoltaico. Não estão inclusos custos como horas técnicas de terceiros (engenheiro eletricista, colaboradores de instalação, etc.), ferramentas de execução, peças extras das quais não foram contabilizados e deslocamentos, por critério de simplificação. Além do orçamento do projeto, deve-se analisar também os valores dos gastos para o consumo de energia considerando o preço unitário por kWh, sendo este informado junto a fatura mensal da Companhia responsável pela manutenção do serviço.

De acordo com os valores fornecidos pela COPEL, empresa que presta este serviço no Município de Matinhos-PR, o valor unitário por kWh custa R\$0,8611 centavos. Levando em consideração o valor médio mensal anual que nos foi obtido de 2.700 kWh, o gasto médio é de R\$2.324,97, mais R\$674,24, sendo este o imposto (ICMS de 29%) cobrado devido ao uso da bandeira 2, mais R\$40,00 taxa de iluminação pública (valor obrigado a ser pago), o valor total médio mensal fica em R\$3.039,21.

De acordo com os valores de ICMS ENERGIA de 2021, fornecida pela Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), o ICMS base para este ano foi de 29% sobre o consumo total de kWh.

Baseado nestes dados, realizou-se um gráfico com os valores gasto pelo empreendedor do projeto no ano de 2021, e obtido o valor médio para este mesmo ano, conforme mostrado na Figura 2.

Tabela 2 – Orçamento do sistema fotovoltaico.

Itens	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Placas de 420W	72	R\$1.207,36	R\$86.929,92
Inversor de 30kW	1	R\$14.659,57	R\$14.659,57
Perfil Estrutural para 4 painéis	18	R\$50,51	R\$909,18
String box de 1000V	8	R\$453,90	R\$3.631,20
Disjuntor C70	3	R\$49,99	R\$149,97
Condutor de 25mm ²	30	R\$8,75	R\$262,50
Conectores MC4	16	R\$30,49	R\$487,84
Execução do projeto + lucro	15%	R\$16.054,53	R\$16.054,53
Valor total do projeto	-	-	R\$123.084,71

Fonte: Autores

Viabilidade Econômica

O tempo de vida útil de um sistema de energia solar é de aproximadamente 25 anos, ou seja, nesse período produz com eficiência a geração de energia. Após este período o sistema pode sofrer quedas significativas nos valores de produção elétrica. Para o cálculo de análise, é necessário incluir alguns fatores fundamentais para a estimativa a longo prazo, como impostos e tarifas. Desta maneira, destacam-se algumas considerações: Inflação projetada para o ano de 2022, de 5,6%, de acordo com os dados do Banco Central (BC); Inflação Energética de 9,67% para a companhia COPEL, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2021; Degradação dos painéis em 0,80% por ano; Custos de manutenção anual em 0,50%; e por fim, Troca do inversor no 12º ano.

Ademais, para o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), usou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a taxa Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) prevista para dezembro de 2021 de 9,25% de acordo com o Comitê de Política Monetária, assim, como o Rendimento Anual da Poupança de 0,5% ao mês,

segundo o \cite{banco}. Esta taxa SELIC refere-se à taxa básica de juros da economia e influência todas as taxas de juros do país, sendo incluso também os dados de empréstimos e financiamentos BC (2022). Deste modo, manipulando os dados no “software” Excel, obtém os valores da Tabela 3.

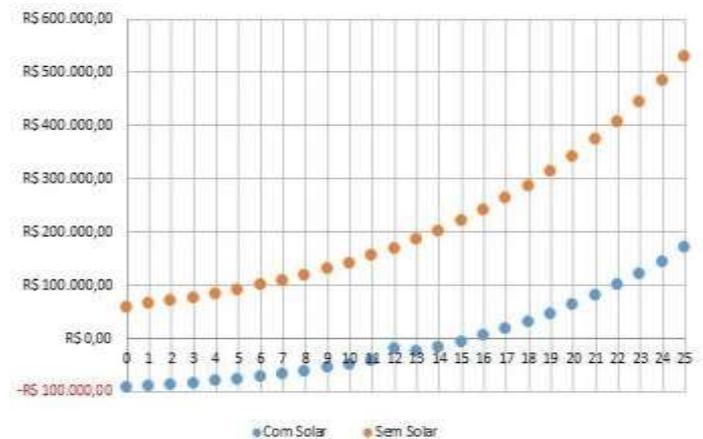
Tabela 3 – Valor Presente Líquido (VPL) usando as Taxas Selic e Poupança.

Tempo	Ano	Fluxo de Caixa (R\$)	Valor Presente (SELIC) (R\$)	Valor Presente Poupança (R\$)
0	2022	-123.084,71	-123.084,71	-123.084,71
1	2023	32.560,30	32.435,60	29.837,78
2	2024	35.423,21	32.677,07	29.850,84
3	2025	38.535,33	32.939,56	29.865,03
4	2026	41.918,11	33.224,88	29.880,45
5	2027	45.594,78	33.534,98	29.897,21
6	2028	49.590,54	33.872,00	29.915,43
7	2029	53.932,72	34.238,24	29.935,22
8	2030	58.650,98	34.636,19	29.956,74
9	2031	63.777,42	35.068,58	29.980,11
10	2032	69.346,88	35.538,33	30.005,50
11	2033	75.397,09	36.048,63	30.033,08
12	2034	81.968,97	36.602,92	30.063,04
13	2035	89.106,81	37.204,96	30.095,59
14	2036	96.858,63	37.858,78	30.130,93
15	2037	105.276,42	38.568,77	30.169,31
16	2038	114.416,50	39.339,68	30.210,98
17	2039	124.339,85	40.176,65	30.256,22
18	2040	135.112,47	41.085,26	30.305,33
19	241	146.805,83	42.071,52	30.358,64
20	2042	159.497,26	43.141,97	30.416,51
21	2043	173.270,45	44.303,65	30.479,30
22	2044	188.215,94	45.564,21	30.547,44
23	2045	204.431,64	46.931,91	30.621,37
24	2046	222.023,48	48.415,67	30.701,57
25	2047	241.105,96	50.025,16	30.788,57
Valor total			842.420,43	631.217,47

Deste modo, é possível definir que o valor VPL é maior que zero, superando tanto a taxa SELIC quanto a taxa da poupança. Por fim, o valor de VPL, representa que o projeto em questão é viável economicamente ao proprietário do empreendimento. Valorizando o potencial financeiro de viabilização do projeto de sistema fotovoltaico, elaborou-se um gráfico comparativo entre o valor economizado com energia solar ao longo dos 25 anos e o valor que seria gasto com energia elétrica nestes próximos 25 anos, mantendo uma média de consumo anual de 2.702 kWh por

mês. O resultado deste comparativo é representado na Figura 3.

Figura 3 Comparativo de gastos acumulados de energia ao longo de 25 anos.



Fonte: Autores

Vale ressaltar que a partir do 9º ano é recuperado o valor inicial do investimento e o mesmo inicia a ter lucro. Desta forma, pode-se concluir que a taxa de “payback” do projeto gira em torno de 108 meses. Para o prazo de 25 anos, o valor total economizado pode chegar em até R\$ 2.085.429,44, isto já considerando a substituição do inversor no 12º ano de funcionamento do sistema junto aos demais fatores no início desta seção.

Aspectos Ambientais

O maior impacto ambiental está atrelado ao seu ciclo de vida, no processo de sua fabricação, extração de matéria-prima, sendo silício em sua maioria, utilização de alguns metais que compõem o projeto, geração de resíduos e vibrações sonoras durante fabricação entre outros fatores. Porém, todos esses aspectos são desvalorizados se comparado com a sua produtividade em funcionamento. O sistema fotovoltaico, por usar do Sol, uma fonte limpa e inesgotável, para a sua geração de energia limpa ao longo dos 25 anos, apresenta um impacto positivo sobre o meio ambiente muito maior do qual pode ocasionar de forma negativo.

O principal aspecto ambiental positivo envolvendo a energia solar é o auxílio na descarbonização e melhoria da qualidade do ar. Por ser movido a irradiação solar, não emite CO₂ em sua operação ou outros gases poluentes, diferentemente das usinas termelétricas. Além disso, para sua implementação em uma determinada região, o impacto é próximo de zero ou até mesmo nulo na área de instalação se comparado com os danos ocasionados para a instalação de usinas hidrelétricas, onde é necessário alagar extensas áreas alterando o ciclo ecológico

daquela região.

CONCLUSÕES

O trabalho permitiu uma análise de viabilidade econômica sobre a implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica, baseados nos métodos de VPL e “payback” para o empreendimento alimentício, Varanda Panificadora e Confeitaria, localizada no município de Matinhos, Paraná. Com os métodos aplicados verificou-se que a taxa de “payback”, do projeto é de 9 anos. A economia total ao longo dos 25 anos pode chegar em até R\$ 2.085.429,44. O VPL representou um valor positivo se comparado as taxas SELIC e da poupança.

Observou-se que o investimento do projeto apresentou valores altos, principalmente, as placas fotovoltaicas e inversores, onde ambos são produtos importados, e requer um investimento significativo para início de operação. Mesmo assim, o retorno positivo pode ser obtido ao longo dos anos. A independência na geração de energia elétrica está relacionada diretamente à independência financeira quanto ao gasto de energia elétrica, não sofrendo consequências por aumento em tarifas/impostos acarretados por problemas de secas hídricas e/ou problemas políticos e sócios econômicos.

Além disso, abordou-se aspectos ambientais positivos que são atrelados junto ao sistema, devido ao baixo impacto ambiental, não emitir CO₂ ou gases poluentes e diversificar as opções para geração de energia elétrica no país. O Brasil é um território abundante em radiação solar, sendo favorável para implementações como o sistema apresentado no projeto. Pode-se concluir que, a energia solar requer um certo custo de investimento elevado comparado aos outros métodos, mas o seu retorno é positivo nos aspectos financeiros e socio-ambientais.

REFERÊNCIAS

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica**. (2017). “ANEEL propõe revisão das bandeiras tarifárias”.

BC, Banco Central. (2022), Selic. In: Taxa Selic. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>

CUNHA KEMERICH, P.D., Flores, C.E.B., de Borba, W.F., da Silveira, R.B., França, J.R.,

LEVANDOSKI, N. (2016). Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 241-247.

FIGLIARELLI, L., Sulzbach, M., Silva, R.M. (2021), Análise da viabilidade de uma empresa de multimídia em Lajeado/RS: TIR, PAYBACK E VPL. **Administração de Empresas em Revista**, 1(23), 140-165.

MME, Ministério de Minas e Energias. (2015). “Balanço Energético Nacional 2015: ano base 2014 -Relatório Síntese ”.

MARTINS, Fernando Ramos et.al. Mapas de irradiação solar para o Brasil- Resultados do projeto SWERA. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, p. 16-21, 2005.

LOPES, P.J.A. (2020). “**Energia fotovoltaica: estudo de caso de uma fábrica**”. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande-MS.

PINHO, J.T., Galdino, M.A. (2018). **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 1, 47-499.

ROSA, A.R.O., Gasparin, F.P. (2016). Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista brasileira de energia solar**, 7(2), 140-147.

SANTOS, F.A., Souza, C.A.D., Dalfior, V.A.O. (2016), Energia Solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. Simpósio de excelência em Gestão e Tecnologia, XIII, Rio de Janeiro, RJ.

TIEPOLO, Gerson Máximo et al. Atlas de energia solar do estado do Paraná- resultados. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v.9, n.1, p.01-10, 2018.

TOLEDO, A.A. (2016). “**Análise de modelo de investimento do projeto de um sistema de energia**

solar fotovoltaica". Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa.

TOLMASQUIM, M.T., Guerreiro, A., Gorini, R. (2007), Matriz energética brasileira: uma prospectiva. Novos Estudos - **CEBRAP**, São Paulo, n. 79, p.47-69.

VIAN, Ângelo et al. Energia Solar: Fundamentos, Tecnologia e Aplicações. Editora Blucher, 2021.

WANDERLEY, R B. (2021). "**Estimativa de eficiência de inversores fotovoltaicos a partir de uma proposta de topologia de conversores modulares**". Monografia em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade-MG.