



Análise da Viabilidade Econômica da Instalação de Placas Solares Fotovoltaicas em uma Unidade Escolar Pública

Analysis of the Economic Feasibility of Installing Photovoltaic Solar Panels in a Public-School Unit

PABLO RAMON FERNANDES DE OLIVEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)

FABIANO DA COSTA DANTAS
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o IX SINGEP e a 9ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **20, 21 e 22 de outubro de 2021**.

Agradecimento à órgão de fomento:

A elaboração deste trabalho não possui recursos oriundos de órgãos de fomento.

Análise da Viabilidade Econômica da Instalação de Placas Solares Fotovoltaicas em uma Unidade Escolar Pública

Objetivo do estudo

Analisar a viabilidade econômica de implementação de uma usina solar fotovoltaica em uma unidade escolar básica localizada na Mesorregião do Oeste Potiguar, Rio Grande do Norte.

Relevância/originalidade

Mesmo o Brasil sendo um país com alta incidência de radiação solar, não é comum a utilização de placas fotovoltaicas nos setores públicos. O estudo analisa a viabilidade econômica de implementação de uma usina solar nesse setor numa região menos favorecida socioeconômica.

Metodologia/abordagem

Foram projetados custos, despesas e investimento do projeto, utilizando-se de indicadores matemáticos de viabilidade econômica como o Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Taxa Mínima de Atratividade, além do uso do Payback Simples e Descontado.

Principais resultados

O estudo econômico-financeiro do projeto fotovoltaico apontou elementos que tornam o projeto viável. O payback pequeno em relação a vida útil da usina fotovoltaica, cerca de 5 anos, VPL elevado e a TIR de aproximadamente 20%.

Contribuições teóricas/metodológicas

Não é comum a utilização de técnicas de viabilidade econômica em setores públicos de pequenas cidades interioranas da Região Nordeste. Principalmente em projetos de uma usina fotovoltaica. Portanto, estudos sobre esse tema tornam-se consistentes diante das informações obtidas sob uma perspectiva econômica/financeira.

Contribuições sociais/para a gestão

Utilização de fontes energéticas sustentáveis pelo setor público em uma região com alta incidência solar e vulnerável economicamente. Sendo fundamental para a economia nesse setor, com redução em gastos com energia elétrica e melhorando a alocação de recursos públicos em demais políticas.

Palavras-chave: Energia Solar, Placa Fotovoltaica, Análise de Viabilidade

Analysis of the Economic Feasibility of Installing Photovoltaic Solar Panels in a Public-School Unit

Study purpose

Analyze the economic viability of implementing a solar photovoltaic plant in a basic school unit located in the Mesoregion of West Potiguar, Rio Grande do Norte, Brazil.

Relevance / originality

The Brazil is a country with a high incidence of solar radiation, the use of photovoltaic panels in the public sector isn't common. The study analyzes the economic viability of a solar power plant in sector in a less socioeconomically favored region.

Methodology / approach

The project's costs, expenses, and investment were projected, and mathematical indicators of economic viability were used, such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Minimum Rate of Attractiveness (MIR), and the use of Simple and Discounted Payback.

Main results

The economic and financial study of the PV project pointed out elements that make the project viable. The small payback in relation to the useful life of the PV plant, about 5 years, high NPV and IRR of approximately 20%.

Theoretical / methodological contributions

The use and applicability of economic feasibility techniques in the public sectors of small cities in the Northeast Region is not common. Therefore, studies directed this theme become consistent in face of the information obtained from the economic/financial point of view.

Social / management contributions

The use of sustainable energy sources by the public sector in a region with high solar incidence and economically vulnerable. This is fundamental for economic in the public sector, with reduced spending and improving the allocation of public resources in other policies.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic Plate, Viability Analysis

1 Introdução

A energia elétrica é essencial para a sociedade atual. Quase tudo que se faz tem como base a eletricidade, de pequenos à grandes processos. Devido à tamanha dependência energética da sociedade atual é fundamental uma produção em larga escala dessa energia. Por isso, existem vários meios de geração dessa eletricidade. No Brasil, as hidroelétricas são as principais responsáveis pelo abastecimento elétrico, aproximadamente 80% da energia do país é proveniente dessas usinas (BEN, 2019). Mas, para essa construção se requer grandes investimentos, além de denegrir a fauna e flora do local onde será construída. Então surge a necessidade de outros métodos de produção mais eficientes e menos custosos.

Entre as fontes alternativas de produção de energia elétrica estão a energia solar. Devido a diversos pontos positivos associados a esse meio de captação de energia, ela é vista como bastante vantajoso, como: a “matéria prima” utilizada na produção ser tratado como uma fonte renovável, limpa e inesgotável; geração de retorno financeiro e energia imediata; possuir um sistema autônomo e com curto prazo de instalação e, na parte social, gerar empregos e poupança em estrutura (WANDERLEY, 2013). Devido a essas características o uso de placas fotovoltaicas e a localização geográfica da Região Nordeste, pode vir a se beneficiar com a possível instalação de usinas fotovoltaicas em diversas áreas, sejam administrativas, sociais, econômicas, dentre outras.

Levando em consideração a grande incidência da radiação solar na Região Nordeste, seria hipoteticamente viável a instalação de painéis fotovoltaicos para a redução de despesas relacionadas à energia e para a manutenção do meio ambiente. Com base nas características apresentadas, esse trabalho tem por objetivo estimar a viabilidade econômica de um projeto de placas solares fotovoltaicas em uma escola pública municipal da Mesorregião do Oeste do Rio Grande do Norte. Além de concentrar na redução dos gastos públicos de um município potiguar de pequeno porte, o estudo pretende apresentar um estímulo do uso de fontes alternativas que contribua com o meio ambiente.

Além dessa introdução este trabalho é dividido em mais cinco seções. Na primeira seção está o referencial teórico com os esclarecimentos do uso de placas fotovoltaicas, com suas vantagens e desvantagens. Na seção seguinte está o método abordado da estimação de viabilidade do projeto, através de técnicas de engenharia econômica. Nas seções seguintes estão os resultados esperados, as considerações finais e referências, respectivamente.

2 Referencial Teórico

2.1 Sistema Fotovoltaico

O principal meio físico na conversão de radiação solar em energia elétrica é o efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico, de uma forma resumida, consiste no aparecimento de uma diferença de potencial, também chamada de tensão elétrica, entre dois materiais semicondutores de diferentes propriedades elétricas quando a luz incide na junção entre os dois, os mais comuns são os silícios de tipo P e N. Em uma célula de uma placa solar fotovoltaica, devido à incidência da luz sobre a célula, um elétron pula para uma órbita mais externa, fazendo com que a energia radiante se converta em energia elétrica. Nesse caso, esse fenômeno é chamado de efeito fotoelétrico. Na placa, esse efeito ocorre em grande escala, devido as várias células em sua composição estrutural (WANDERLEY, 2013).

O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2008) conceitua essa radiação solar como uma radiação eletromagnética na qual observa-se

aspectos ondulatórios e corpusculares, e que se propaga a uma velocidade de 300.000 km/s. Os raios solares incidente no meio material pode ser refletida, transmitida e absorvida. A parcela absorvida dá origem, conforme o meio material, aos processos de fotoconversão e termoconversão de energia. Essa radiação ocupa a faixa espectral de 0,1 μm a 5 μm , em termos de comprimentos de onda, tendo uma máxima densidade espectral em 0,5 μm , que é a luz verde.

Segundo o Atlas de Irradiação Solar do Brasil, que é uma consolidação de dados de irradiação global obtidos através de satélite geoestacionário (WANDERLEY, 2013), a irradiação média anual para o RN atinge três faixas de valores: 5.500 a 5.700 Wh/m^2 ; 5.700 a 5.900 Wh/m^2 ; 5.900 a 6.100 Wh/m^2 . Esses dados foram coletados nas estações solarimétricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1985 e 1986), do LABSOLAR e ABRACOS (INMET, 1985 e 1986) e (INMET, 1998). Mesmo com valores satisfatórios de radiação recebida, esse fator não determina o valor do projeto.

De acordo com Bezzutti (2013), o custo de implantação de um sistema fotovoltaico vai depender da quantidade de energia a ser produzida. Em seu estudo, em uma residência com quatro a cinco pessoas seria necessária uma produção entre 400 e 500 kWh/mês, tendo um investimento aproximado de R\$ 25.000,00.

Toma-se como referência o artigo de Dassi et. al. (2015), que realizam uma análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina. O sistema proposto é composto por 400 painéis fotovoltaicos de 250 Wp cada e são consideradas variáveis como temperatura, inclinação e radiação no local onde os mesmos poderão ser instalados. Também é utilizado dados de valores médios de instalação, preços padrões de placas fotovoltaicas, o tempo de retorno do investimento e a quantidade de desconto mensal desejada. A metodologia aplicada consiste na aplicação do *payback* descontado, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), dentre outros. Conclui-se que o projeto analisado se tornaria viável, pois, dentre as descobertas, existia uma redução de custo.

Outra pesquisa, realizada por Fonseca (2016), consiste na instalação de uma usina fotovoltaica em um prédio da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). A pesquisa projeta que apenas 10% do teto do prédio, que é dividido em zonas e a soma de suas áreas corresponde a 231.957,81 m^2 , será coberto com placas. O sistema contém 72 células de 156x156 mm de material semicondutor dopado de silício policristalino, possui uma geração de 300 Wp e tem uma vida útil de 25 anos. Cada unidade fotovoltaica foi dimensionada com 2 m^2 . O investimento inicial proposto é de R\$ 26.092.500,00 e consiste em 11.597 painéis instalados. Ao fim da pesquisa, após utilização de cálculos financeiros e econômicos, considerando fatores como taxas, impostos, manutenção e outros, foi constatado que a economia anual seria de R\$ 1.314.867,00 com uma redução de consumo energético de R\$ 172,58 megawatt por hora (MW/h). O sistema se pagaria em 11 anos e um mês, como a vida útil é de 25 anos, o autor declara que esse projeto é viável.

2.2 Vantagens da Utilização de Placas Fotovoltaicas

A instalação de placas solares fotovoltaicas possui diversos fatores positivos, um deles é a própria fonte ou “matéria prima” utilizada na produção, tratada como limpa, inesgotável e sem custo de extração. Essas placas gerariam um retorno financeiro e, energia de forma imediata, pois quando instaladas, o fornecimento energético é instantâneo, assim como a

redução na utilização dos serviços pagos ofertados por empresas de abastecimento de energia elétrica (WANDERLEY, 2013).

Outro fator positivo é que se trata de um sistema autônomo e com curto prazo de instalação. Na parte social, a geração empregos seria aumentada. Por se tratar de um projeto inovador e descentralizador da produção energética, seria necessário a contratação de profissionais para a instalação e, talvez, operação, a depender de proporção da usina que se deseja construir. E o surgimento de investimentos financeiros surgiria como um fator positivo para a economia do país. O projeto, também, tem como característica a não utilização de grandes quantidades de material para a instalação, o que resulta em uma poupança em estrutura para o investidor (WANDERLEY, 2013).

Com o aumento da utilização desse sistema, o custo do projeto tende a diminuir cada vez mais. Nos últimos anos, devido a preços acirrados e o aumento da oferta global, houve uma queda de preços de custos dos painéis. E à medida que aparecerem mais inovações na área, a tendência é esses preços diminuírem cada vez mais (SOLAR TRIBUNE, 2013).

2.3 Desvantagens da Utilização de Placas Fotovoltaicas

Uma desvantagem da produção de energia solar é o fato de não ser possível a geração durante o período da noite, que dura em torno de 10 horas ao dia. Outro fator negativo é diminuição da captação em tempos nublados ou chuvosos, diminuindo a eficiência, que não é tão elevada. As células de silício disponíveis no mercado têm uma eficiência de 12% a 15% de conversão. Para que esses dois problemas não interferissem de maneira acentuada, seria necessário adicionar uma bateria ao projeto, o que aumentaria os valores de instalação. Além disso, baterias possuem, apenas, uma vida útil de 4 a 5 anos (MACHADO e MIRANDA, 2014).

Existe um questionamento da viabilidade da instalação desse equipamento para a população. O possível aparecimento de problemas (financeiros, econômicos e técnicos), em diversas esferas (federal, estadual e municipal), poderia influenciar negativamente neste projeto. Ocorrendo prejuízo monetário em vez de um alívio econômico. Outros fatores que dificultam o acesso a esse recurso são os valores altos de investimento.

Vale ressaltar que cada projeto tem suas características, com diferentes fatores envolvidos. Por tanto, a realização do estudo econômico-financeiro é indispensável para instalações que buscam a diminuição de gastos e ganhos com esse tipo de geração de eletricidade.

3 Metodologia

A amostra da pesquisa consiste na avaliação da viabilidade de uma unidade escolar localizada no município de Campo Grande/RN (Também conhecido por Augusto Severo), com população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 9.670 habitantes em 2020. Localizada na Mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte, durante o período de janeiro de 2019 a maio de 2020.

A instituição na qual foi realizada a pesquisa é a Escola Municipal Professor Joaquim Leal Pimenta, criada no ano de 1978 e oferece educação do Jardim I até o 9º ano do ensino fundamental. A escola conta com um corpo docente de 32 professores e possui aproximadamente, 509 discentes ativos e 41 funcionários no ano de 2019 e início de 2020.

O horário de funcionamento da escola ocorre pela manhã, das 07:00 h às 11:30 h, e no período da tarde, das 13:00 h às 17:30 h. Em ocasiões específicas, a instituição cede seu espaço para outras funcionalidades durante o dia e, também, à noite.

Os dados relacionados aos gastos com o consumo de energia serão obtidos através da Prefeitura Municipal de Campo Grande/RN. Esses dados estão disponíveis mediante as contas de consumo de energia elétrica apresentadas pela Companhia Energética de Rio Grande do Norte (COSERN). Já as informações de preços das placas fotovoltaicas serão retiradas dos valores médios de mercado apresentados pela empresa Neosolar. Os valores relacionados a radiação foram consultados através do Plano Nacional de Energia 2030 e, também, o Atlas Solarimétrico do Brasil.

Para constituir a análise de viabilidade econômica desta pesquisa será utilizado ferramentas matemáticas para atingir seus objetivos com a utilização de indicadores e índices baseados em estudos e técnicas firmadas na literatura econômica.

3.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Utilizada para avaliar melhores opções de investimentos, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) identifica o custo do capital como sendo a rentabilidade mínima aceitável para alguma aplicação, caracterizando-se como uma base para aceitação ou rejeição de uma proposta de investimento. Não há fórmulas matemáticas ou algoritmos para a obtenção do valor dessa taxa, porém, existem algumas considerações a serem realizadas como, por exemplo, verificar se a TMA escolhida paga e torna o investimento realmente viável. O valor estudado mediante análises de oportunidades e riscos deve fazer com que o investimento não torna-se um prejuízo, gerando lucros satisfatórios. Uma situação que esclarece esse conceito seria um empréstimo com juros para a realização de um investimento. (TORRES, 2004).

3.2 Fluxo de Caixa

Os registros e controles, ocorridos em um determinado período, existentes da movimentação do caixa, sendo entradas ou saídas do capital financeiro, caracteriza-se como fluxo de caixa. Para uma maior utilidade nas tomadas de decisões, essa prática dinâmica deve ser atualizada e revista constantemente. Existem duas formas para a manipulação das informações do Fluxo de Caixa. A primeira forma refere-se ao Fluxo de Caixa Histórico, também chamado de Fluxo de Caixa Passado, que apresenta o histórico de desempenhos passados do caixa e a outra refere-se ao Fluxo de Caixa Projetado (ou Orçamento de Caixa), que busca a antecipação de situações relacionadas ao caixa das empresas (FRIEDRICH, 2005). Esse último pode ser expresso pela seguinte equação genérica:

$$SFC = SIC + I - D \quad (1)$$

Onde:

SFC = Saldo final de caixa;

SIC = Saldo inicial de caixa;

I = Ingressos;

D = Desembolsos.

3.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) condiz “à diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário” (SOUZA, 2003), sendo reconhecida como uma técnica sofisticada, segundo Gitman (2010). O VPL é obtido subtraindo o valor inicial e o valor presente das entradas líquidas de caixas de um projeto, descontadas a uma taxa com custo igual ao capital da empresa (LEMES JÚNIOR; RIGO e CHEROBIM; 2002). Fornecendo uma indicação a respeito do potencial de criação de valor de um investimento. Sendo assim, a ferramenta é uma medida de quanto valor é criado ou acrescentado hoje sendo realizado certo investimento. O processo necessita que todos os fluxos de caixa esperados sejam tragos a valor presente, sendo utilizada uma taxa de desconto. O desejado é reduzir os valores de investimento inicial e maximizar os ganhos do projeto (DASSI et. al., 2015). A expressão algébrica que define o VPL se dá por:

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

Onde:

FC_t = Fluxo de Caixa no t-ésimo período;

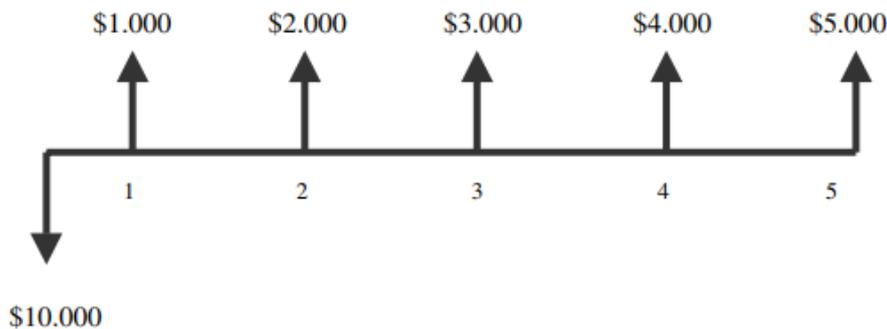
I = Investimento Inicial;

K = Custo do capital;

n = Número de Datas dos Fluxos de Caixa Descontados ao Período Inicial.

A função do VPL é encontrar alternativas de investimentos que valham mais do que custam para investidores. Portanto, se o Valor Presente Líquido for positivo, o projeto é viável, caso seja negativo, o inverso acontece. Caso ocorra um valor nulo, seu resultado é indiferente (SAMANEZ, 2009).

Suponha-se, como exemplo, que um indivíduo invista R\$ 10.000,00 em um projeto e ela acompanha seu Fluxo de Caixa durante cinco datas diferentes, em um determinado período. Esse projeto utiliza uma Taxa Mínima de Atratividade de 10%. Essa demonstração pode ser observada através da Figura 1.



$$VPL = -\$10.000 + \frac{\$1.000}{(1+0,10)} + \frac{\$2.000}{(1+0,10)^2} + \frac{\$3.000}{(1+0,10)^3} + \frac{\$4.000}{(1+0,10)^4} + \frac{\$5.000}{(1+0,10)^5}$$

Figura 1. Exemplo do VPL

Nota. Fonte: CAVALCANTE, F. ZEPPELINI, P. D. Taxa Interna de Retorno (TIR): Perguntas Mais Frequentes. São Paulo: Cavalcante e Associados, 2014. Disponível em: <www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate145.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2021.

Ao final das datas, é obtido um VPL de R\$ 5.000,00. Isso significa que o investidor está com um capital de R\$ 5.000,00 a mais do que o investimento inicial. Mostrando que o investimento gerou lucros.

3.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma técnica de orçamento de capital sofisticada. Essa taxa de desconto iguala o Valor Presente Líquido (VPL) de um futuro investimento a zero, pois o valor presente das entradas de caixa iguala-se ao valor inicial do investimento. A TIR também pode ser descrita como a taxa de retorno anual composta que o investidor ou empresa obterá caso aplique-se recursos em um determinado projeto e receba as entradas de caixa previstas (GITMAN, 2010). Matematicamente, a TIR é dada pelo valor de I^* que satisfaça a seguinte equação:

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

Para o investimento ser economicamente viável, I^* deve ser maior que K da equação 2, ou seja, a TIR deve exceder o custo de oportunidade do capital (SAMANEZ, 2009). A Figura 2 demonstra o comportamento do VPL em função da taxa de desconto.

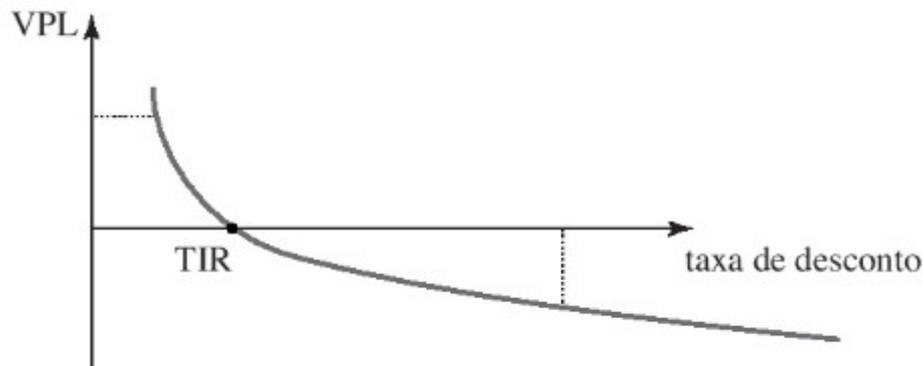


Figura 2. VPL em função da taxa de desconto

Nota. Fonte: SAMANEZ, C. P. Engenharia econômica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. p. 38.

Na Figura 2, a TIR é dada pela intersecção da curva, representando o polinômio do VPL, com o eixo das abscissas. Nessa intersecção, o Valor Presente Líquido é zero.

3.5 Payback Descontado

O *payback* descontado é abordado como método de análise de investimento segundo alguns autores como Lemes Júnior, Rigo e Cherobim (2002), e Brigham e Ehrhardt (2006). Esse método evidencia o tempo necessário para recuperar os investimentos iniciais de um projeto. O processo de análise considera o valor de dinheiro no tempo utilizando de uma taxa de desconto que serve para verificar o número preciso de períodos em que se alcança o valor inicial investido. Essa taxa é geralmente utilizada como taxa mínima de atratividade, sendo determinada pelo parâmetro para remuneração de capital do próprio investidor (Dassi et. al, 2015). Através da equação 4 é possível definir o tempo necessário para a recuperação dos investimentos:

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (4)$$

Onde:

FC_t = Fluxo de Caixa durante o período t ;

I = Investimento Inicial;

K = Custo do capital;

T = Tempo Necessário para a Recuperação dos Investimento.

Esse indicador é utilizado em conjunto com o VPL ou a TIR e consiste em determinar o valor de T da equação 4 (SAMANEZ, 2009).

3.6 Payback Simples

Tudo o que se aplica no *payback* descontado é utilizado no *payback* simples, com exceção do custo de capital. Esse método é utilizado quando necessita-se de uma simples previsão de tempo em que o investimento irá se pagar, sem levar em consideração juros e o dinheiro ao longo do tempo (BIEGER, 2000). Portanto, a equação utilizada é:

$$I = \sum_{t=1}^T FC_t \quad (5)$$

Onde:

FC_t = Fluxo de Caixa durante o período t ;

I = Investimento Inicial;

T = Tempo Necessário para a Recuperação dos Investimento.

4 Análise dos Resultados

O valor de investimento será dado pelo valor será R\$ 94.358,51. Dividindo o valor médio do investimento pela economia mensal (94.358,51/ 1.603,00) teremos a quantidade de meses necessário para o *payback* simples e descontado do projeto em questão. Todas as estimativas de valores foram obtidas pelo simulador de projetos da NeoSolar. A Tabela 1 demonstra o estudo no tempo:

Tabela 1:

Payback Simples do Projeto

Ano	Fluxos	Fluxos acumulados	Payback
0	-\$94.358,51	-\$94.358,51	
1	\$19.236,00	-\$75.122,51	
2	\$19.236,00	-\$55.886,51	
3	\$19.236,00	-\$36.650,51	
4	\$19.236,00	-\$17.414,51	
5	\$19.236,00	\$1.821,49	5,00
6	\$19.236,00	\$21.057,49	

Nota. Tabela elaborada pelos autores. Demonstra o *payback* simples do projeto sugerido a ser analisado.

De acordo com a Tabela 1, que não leva em consideração a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) nos cálculos, a estimativa do *payback* simples é que o custo do investimento do projeto pode ser recuperado em 5 (cinco) anos.

Tendo em vista que o *payback* simples é calculado sem descontar os fluxos de caixa futuros, foi calculado o *payback* descontado, no qual utiliza a TMA para dar acuracidade aos resultados. Pois o descontado considera o valor do dinheiro no tempo. Há uma pequena diferença decimal entre os valores do *payback* simples e do descontado. A Tabela 2 demonstra os valores relacionados ao último.

Tabela 2:

Payback Descontado

Taxa	2,08%			
Ano	Fluxos	Fluxos Ajustados	Fluxos acumulados	Payback
0	-\$94.358,51	-\$94.358,51	-\$94.358,51	
1	\$19.236,00	\$18.844,04	-\$75.514,47	
2	\$19.236,00	\$18.460,07	-\$57.054,39	
3	\$19.236,00	\$18.083,93	-\$38.970,46	
4	\$19.236,00	\$17.715,45	-\$21.255,02	
5	\$19.236,00	\$17.354,47	-\$3.900,54	
6	\$19.236,00	\$17.000,86	\$13.100,31	5,23
7	\$19.236,00	\$16.654,44	\$29.754,76	

Nota. Tabela elaborada pelos autores. Demonstra o *payback* descontado do projeto sugerido a ser analisado.

De acordo com as Tabelas 1 e 2, é possível verificar que o projeto vai pagar o investimento feito sobre ele em, aproximadamente, 5 anos sem os descontos e em 5 anos e 2 meses adicionando os descontos devido a TMA. Portanto, esses resultados apontam que a média do retorno do investimento indicado pelos *payback's* (simples e descontado) são de 5 anos. A taxa utilizada nos cálculos será a média das previsões do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) durante o período de maio de 2020 a março de 2021. O valor será, aproximadamente, 2,08% a.a. A taxa SELIC é a taxa básica de juros do Brasil utilizada pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) para controlar os juros no país, sendo fundamental para a economia no país.

A realização dos cálculos ocorre através de um software. O programa realiza as equações do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de retorno (TIR), assim como os *paybacks* das Tabelas 1 e 2, com os valores informados, conforme as equações mostradas na metodologia. Seguindo o método aplicado, a Tabela 3 demonstra a simulação dos valores do VPL.

Tabela 3:

Simulação de Valores (VPL)

Ano	Fluxos
0	-\$94.358,51
1	\$19.236,00
2	\$19.236,00
3	\$19.236,00
4	\$19.236,00
5	\$19.236,00
6	\$19.236,00
7	\$19.236,00

8	\$19.236,00
9	\$19.236,00
10	\$19.236,00
⋮	⋮
20	\$19.236,00
Taxa	2,08%
VPL	\$217.762,83

Nota. Tabela elaborada pelos autores. Demonstra o VPL do projeto sugerido com parcelas fixas durante um período de 20 anos.

A Tabela 3 expõe que, a uma taxa de desconto de 2,08% ao ano e com fluxos fixos de R\$ 19.236,00, ao longo de 20 anos obtêm um VPL de R\$ 217.762,83. Esses resultados implicam que o projeto possui indícios de positividade em sua execução. A Figura 3 expressa o comportamento entre os valores de VPL e a variação das Taxas.

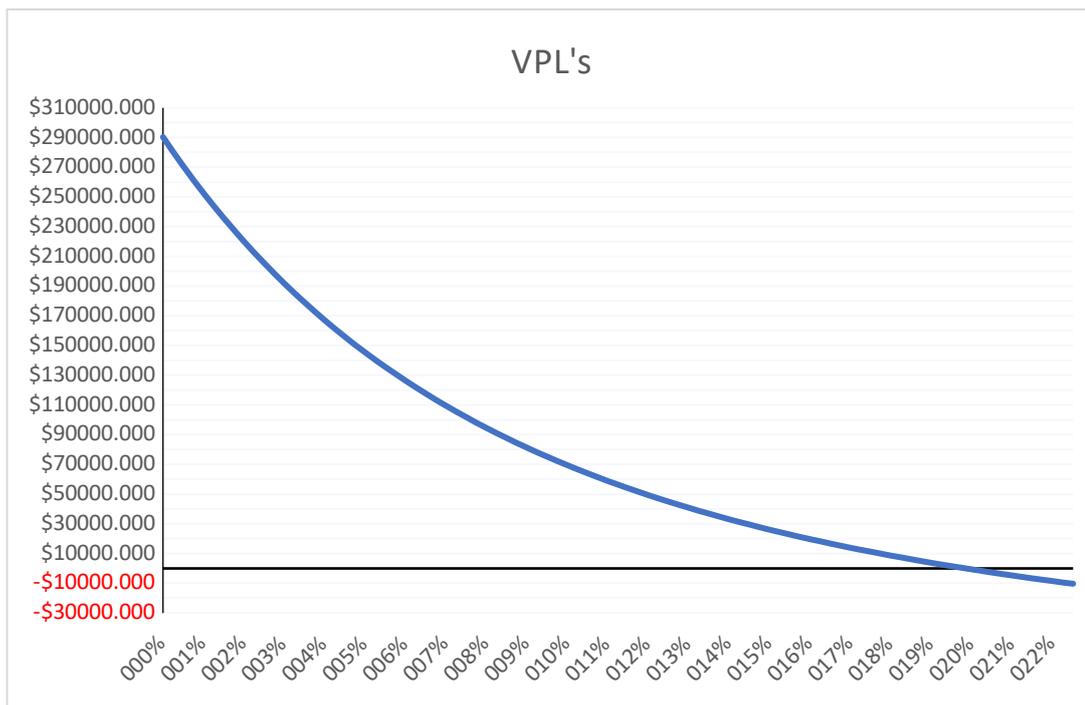


Figura 3. Comportamento do VPL em Relação a Mudança de Taxas

Nota. Fonte: Elaborado pelos autores. Quando a curva intercepta o eixo das porcentagens, o valor do eixo das abscissas, nessa interseção, determina a TIR do projeto.

A Figura 3 demonstra a curva do VPL em relação aos diferentes valores de taxas. Percebe-se que a curva declina à medida que os números do eixo das abscissas aumentam. Porém, o VPL apenas torna-se negativo com uma taxa relativamente elevada, tratando-se de um investimento, que é o valor de 20%. Utilizando esses dados, a TIR calculada pelo software é igual a 19,84% para esse investimento, pois é a taxa em que o VPL será zero.

Pelos valores de VPL serem positivos e altos, assim como a TIR ser maior que TMA, há um indicativo de viabilidade do projeto. Esses números representam o lucro bruto do projeto, não considerando manutenções e eventuais problemas.

5 Conclusões/Considerações finais

Ao decorrer da pesquisa, analisa-se os números meteorológicos no Brasil, mais especificamente os dados de incidência de raios solares na Região Nordeste. Em comparação com outros países, e outras regiões brasileiras, o Nordeste Brasileiro tem uma maior incidência de raios solares, deixando a implantação da energia solar viável para a região.

O estudo econômico-financeiro do projeto, com 69 módulos fotovoltaicos na instituição Joaquim Leal Pimenta, apontou os elementos que tornam o projeto viável. O *payback* pequeno em relação a vida útil da usina fotovoltaica, cerca de 5 anos, VPL elevado e a TIR quase a 20%. Lembrando que a TMA utilizada na análise foi de 2,08%, quase dez vezes menor que a TIR. Além disso, os exemplos das referências citadas ao longo do trabalho mostraram uma viabilidade em seus estudos. Esses estudos também são análises de viabilidade econômica de instalações de placas solares fotovoltaicas.

Os estudos e os dados obtidos da instituição analisada nesta pesquisa mostram que o investimento do projeto da instalação da usina solar fotovoltaica, projetado pela NeoSolar, é viável economicamente. Podendo ainda a administração municipal reduzir outros gastos energéticos utilizando o excedente de energia gerada em outros prédios da administração pública ou armazenar, esse excedente, em baterias. Nesse último caso, deve-se reanalisar o projeto, pois a adição de um sistema de armazenamento elétrico alteraria os valores obtidos durante o estudo.

Por fim, este trabalho apenas utilizou métodos econômicos simples para uma primeira análise. Para obtenção de melhores resultados deve-se analisar os circuitos e fatores de geração energética das placas solares. Levando em consideração as inclinações das placas em relação a incidência, sua eficiência, material da placa, dentre outros fatores. Além da necessidade de maior aprofundamento no campo econômico-financeiro, pois alguns elementos não foram considerados para essa análise em particular.

Referências

Balanço Energético Nacional – BEN. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019. Brasil, 2019.

BEZUTTI, N. Sem Demanda. **Revista GTD energia elétrica**, São Paulo, n. 54, mar/abr. 2013.

BIEGER, M. **Decisão de investimentos**: critérios de avaliação e a consideração de aspectos estratégicos nas empresas industriais de médio e grande porte da região noroeste-RS. Dissertação de Mestrado. Dissertação de Mestrado - PPGA/UFRGS. Porto Alegre, 2000.

BRIGHAM, Eugene F; EHRHARDT, Michael C. **Administração Financeira**: teoria e prática. 10 ed. Nacional: Thomson, 2006.

CAVALCANTE, F. ZEPPELINI, P. D. **Taxa Interna de Retorno (TIR)**: Perguntas Mais Frequentes. São Paulo: Cavalcante e Associados, 2014. Disponível em:

<www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate145.pdf>. Acesso em: 03 de Março de 2021.

Companhia Energética do Rio Grande do Norte – COSERN. Faturas de energia da Escola Municipal Professor Joaquim Leal Pimenta 2019 e 2020.

CRESESB. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar>. Acesso em: 14 de Junho de 2020.

DASSI, Jonatan Antonio; ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano Marcos; TIBOLA, Ademar; BARICHELLO, Rodrigo; MOURA, Geovanne Dias. Análise da Viabilidade Econômico-Financeira da Energia Solar Fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. **Anais... XXII Congresso Brasileiro de Custos** – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2015.

FRIEDRICH, João. Fluxo de Caixa – Sua Importância e Aplicações Nas Empresas. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Volume II, Número 2. Santa Maria: UFSM, 2005.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração Financeira**. Lawrence J. Gitman; tradução Allan Vidigal Hastings; revisão técnica Jean Jacques Salim. - 12 ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

LEMES JUNIOR, A. B.; CHEROBIM, A. P.; RIGO, C. M. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, 2015. Data de publicação na Web: 14 de outubro de 2014.

PORTAL SOLAR. **Simulador para projetos de energia solar fotovoltaica**. Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 21 de Fevereiro de 2020.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

TORRES, Roberta. **Matemática Financeira e Engenharia Econômica: a teoria e a prática**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Matemática Licenciatura da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis. 87p. 2004.

SOUZA, Acilon Batista de. **Projetos de Investimentos de Capital: Elaboração, Análise e Tomada de Decisão**. São Paulo: Atlas, 2003.

WANDERLEY, Augusto César Fialho. **Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica do Rio Grande do Norte**. Dissertação de Mestrado - PPGEEC/UFRN. Natal-RN, 2013.