

## DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EM UM CANTEIRO DE OBRAS

Nathan Luan Dutra Sarmiento<sup>1</sup>

Pablo Vinícius Brito de Souza<sup>2</sup>

Fernanda da Silva Avelino<sup>3</sup>

Gabriel Jó Alves<sup>4</sup>

### RESUMO

Este trabalho busca avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração de energia solar na construção civil, com um estudo de caso em uma obra na cidade de João Pessoa/PB. O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi realizado com base em dados coletados nas contas de energia da obra mencionada durante um ano. A simulação do financiamento do projeto foi realizada pelo simulador do Banco do Nordeste, o FNE SOL. O cálculo de viabilidade econômica do projeto foi efetuado por meio do método de *payback* descontado. Constatou-se que a instalação de um sistema de geração de energia solar é economicamente viável, além dos benefícios ambientais relacionados a esse tipo de geração de energia.

**Palavras-chave:** energia solar fotovoltaica; construção civil; viabilidade econômica; sustentabilidade.

### ABSTRACT

This paper aims to evaluate the financial viability of the use of a solar energy generation system in the construction industry, based on a case study of a construction in the city of João Pessoa/PB. The photovoltaic system design was done based on collected data of the electricity bills of the studied construction over a year. The simulation of the financing of the project was done using the Bank of Nordeste simulator, the FNE SOL. The financial viability of the project was done using the discounted payback method. It was noticed that the installation of a solar energy generation system is economically viable, in addition to the environmental benefits related to this type of energy generation.

**Keywords:** photovoltaic solar energy; construction industry; financial viability; sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da energia elétrica na construção civil é fundamental para atender às necessidades de conforto como iluminação, ar climatizado, e dos maquinários utilizados durante as obras. Contudo, a energia elétrica nesse setor da economia ainda é utilizada de forma ineficiente, de forma que é possível otimizar seu uso, reduzindo custos (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2006). Nesse sentido, Segundo Parisotto (2018), torna-se cada vez mais substancial a busca de novas formas de garantir uma eficiência energética que esteja aliada a sustentabilidade. O principal fornecimento de energia elétrica do Brasil vem das

---

<sup>1</sup> Professor do curso de Engenharia Civil, UNIESP (nathan.sarmiento@iesp.edu.br)

<sup>2</sup> Estudante do curso de Engenharia Civil, UNIESP (20161076003@iesp.edu.br)

<sup>3</sup> Estudante do curso de Engenharia Civil, UNIESP (20161076057@iesp.edu.br)

<sup>4</sup> Estudante do curso de Engenharia Civil, UNIESP (20161076061@iesp.edu.br)

hidroelétricas, que geram cerca de 68% de toda a energia produzida no país e são consideradas fontes de energia renovável. No entanto, as hidroelétricas têm uma série de impactos ambientais e sociais nas regiões inundadas (DE QUEIROZ; et al, 2013). Nesse sentido, a energia solar fotovoltaica tem se tornado uma alternativa interessante em termos de sustentabilidade, uma vez que não há grandes impactos ambientais em sua utilização.

O Brasil é um dos países com maiores potenciais para geração elétrica através do sol, por sua alta incidência de radiação ao longo de todo o ano. No ano de 2018 alcançou 2,4 GW de capacidade instalada acumulada (BARBOSA, 2019). Apesar disso, em 2019 o Brasil ocupava apenas a 11ª colocação na lista dos países que mais investe em energia solar fotovoltaica, indicando que o investimento nesse tipo de energia ainda tem uma grande margem de crescimento.

Com o elevado consumo energético nos processos da construção civil, notou-se a possibilidade da utilização de fontes renováveis de energia elétrica, com as quais fosse possível gerar uma economia para o construtor, sem agredir o meio ambiente. Segundo a ABSOLAR (2018) nos últimos 10 anos houve uma queda nos preços dos equipamentos utilizados para captação da energia solar que variou de 70% a 80%, tornando mais atrativo economicamente a adesão a geração de energia fotovoltaica.

Outro atrativo de investimentos em energia fotovoltaica é a possibilidade de financiamento dos geradores fotovoltaicos e da instalação de todo o sistema. O valor financiado pode chegar em até 100%, fato que pode se tornar um grande impulsionador no investimento da geração de energia fotovoltaica pois é possível, a depender do consumo, pagar as mensalidades do financiamento com o valor economizado na conta de energia. Atualmente, vários bancos já trabalham com o financiamento de projetos de energia solar e esse tipo de investimento tem se tornado cada vez mais comum em empresas e consumidores.

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos tendo em vista o uso da energia solar na construção civil. De FATIMA SILVA et al. (2020) mostra os benefícios do uso de placas solares fotovoltaicas dentro da construção civil, tanto em termos ambientais quanto em termos econômicos. BASSO et al. (2015) reflete sobre a pouca eficiência energética no setor da construção civil, sendo assim o uso de energia solar uma alternativa para aumentar essa eficiência. LUBE et al. (2020) descreve o uso um micro gerador fotovoltaico para fornecer energia ao processo de peneiramento de resíduos da construção civil. ROQUE e PIERRE (2019) indicam a energia solar fotovoltaica como uma das alternativas para o uso inteligente dos recursos naturais na construção civil.

Este trabalho tem como objetivo apresentar soluções para reduzir o gasto com energia elétrica em obras da construção civil, com a utilização de energia fotovoltaica, propondo um sistema de geração de energia solar interligado a rede. Para isso, são levantados dados de consumo de energia de uma obra na cidade de João Pessoa, que servirão como base para o dimensionamento do projeto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia considerada renovável e alternativa. Se levar em consideração a escala de tempo de vida no planeta terra essa energia pode até ser considerada uma energia inesgotável (INPE, 2017). Este tipo de energia capta a radiação solar através de coletores diferenciados, que transformam a luz em energia elétrica imediatamente ou acumulam essa energia em baterias. A energia excedente ainda pode ser disponibilizada para a distribuidora de energia local, através da rede elétrica. Ela é obtida de

forma silenciosa e estática, pois não possui movimentação mecânica, e com pouca necessidade de manutenção (BALDACCI, 2016).

O efeito fotovoltaico é a transformação da energia luminosa em energia elétrica e foi observado pela primeira vez por Alexandre Edmund Becquerel, em 1839. Na ocasião, uma corrente elétrica foi produzida ao se expor à luz dois eletrodos de prata em um eletrólito (Becquerel, 1839). O primeiro registro de uma célula solar foi feito em 1877 por W. G. Adams e R. E. Day (ADAMS; DAY, 1877). Esta célula era baseada em eletrodos de selênio que produziram uma corrente elétrica após serem expostos à radiação luminosa. Estes mostraram ser possível a criação de eletricidade sem ser necessário o uso de combustíveis. Após isso, só a partir dos anos de 1950 houve avanços nos estudos fotovoltaicos, como em 1954, o relato de Reynolds sobre o efeito fotovoltaico e o trabalho de Chapin, Fuller e Pearson, demonstraram a primeira célula moderna de Silício (BALFOUR, 2016).

Com a crise energética que ocorreu no mundo em 1973, fazendo com que o preço do petróleo tivesse um grande aumento - em torno de 4 vezes - e levando em consideração as mudanças climáticas ocorridas naquele período, começou a existir uma preocupação ambiental, o que fez com que as maiores potências mundiais passassem investir na energia fotovoltaica. Estes investimentos fizeram com que ocorresse uma redução de cerca de 80% do custo da eletricidade proveniente desta forma de geração em menos de uma década (GUIMARÃES, 2012).

Tudo isso incentivou a criação do primeiro parque de geração fotovoltaica, em 1982 nos Estados Unidos, e os telhados solares, em 1990 na Alemanha, e em 1993 no Japão. Pesquisas revelaram que a redução dos custos de instalação de células fotovoltaicas não se dá somente pelo desenvolvimento tecnológico, mas também pelo aumento da produção e pelas melhorias das técnicas de fabricação. Com essa redução de custo acredita-se que os painéis de energia solar (figura 1) seriam uma alternativa de geração com custos competitivos ao de energia convencional (GUIMARÃES, 2012).

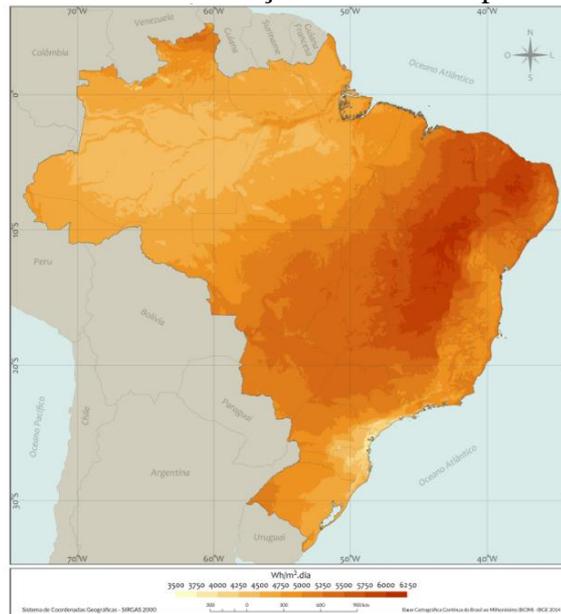
A Figura 2 mostra como o Brasil possui um nível alto de irradiação solar, fazendo com que este país tenha um grande potencial para geração de energia elétrica a partir do sol. De acordo com INPE (2017), a média anual de irradiação global no Brasil é uniforme, apresentando níveis elevados de irradiação solar e uma baixa variabilidade ao longo do ano. Segundo O INPE (2017) a região Nordeste é a que apresenta o maior potencial solar no Brasil, com valor médio do total diário da irradiação global horizontal de 5,49 kWh/m<sup>2</sup> e da componente direta normal de 5,05 kWh/m<sup>2</sup>.

Figura 1 – Painéis de energia solar fotovoltaica



Fonte: <https://www.portal-energia.com/wp-content/uploads/thumbs/paineis-solares-ranking-696x355.jpg> (2020)

Figura 2 - Total diário da irradiação brasileira no plano inclinado na latitude.

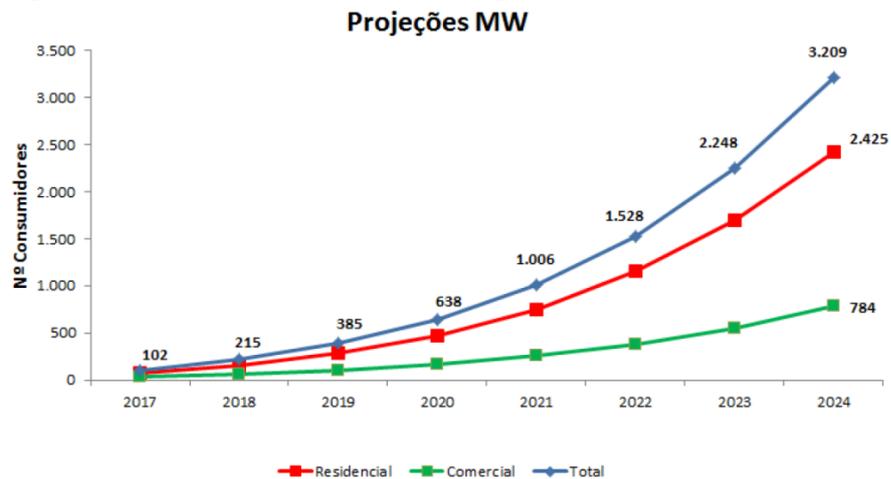


Fonte: INPE (2017).

Embora o país tenha ótimas condições para a utilização da energia solar fotovoltaica, o Brasil já possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo através de suas hidrelétricas, então a opção para a utilização da energia solar fotovoltaica ainda vem sendo como fonte complementar. Mas, o número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede vem crescendo e sua aplicação deverá aumentar nos próximos anos, com já vem sendo observado (VILLALVA e GAZOLI, 2012). A evolução da potência elétrica fotovoltaica instalada no Brasil e do número de consumidores desde 2017, assim como as projeções até 2024, são mostradas na Figura 3.

A Resolução Normativa 482, publicada em abril de 2012, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e sua revisão, a REN 687/2015, introduziu o sistema *net metering* no Brasil, que é um Sistema de Compensação de Energia. Este sistema faz a ligação do sistema fotovoltaicos à rede de distribuição, e tem como benefício a possibilidade de abatimento do próprio consumo de energia, quando ele devolve a energia elétrica que não utiliza, e fica com um crédito que pode ser deduzido das próximas faturas.

Figura 3 - Crescimento do uso da energia solar fotovoltaica no mundo



Fonte: [blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/](http://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/) (2020)

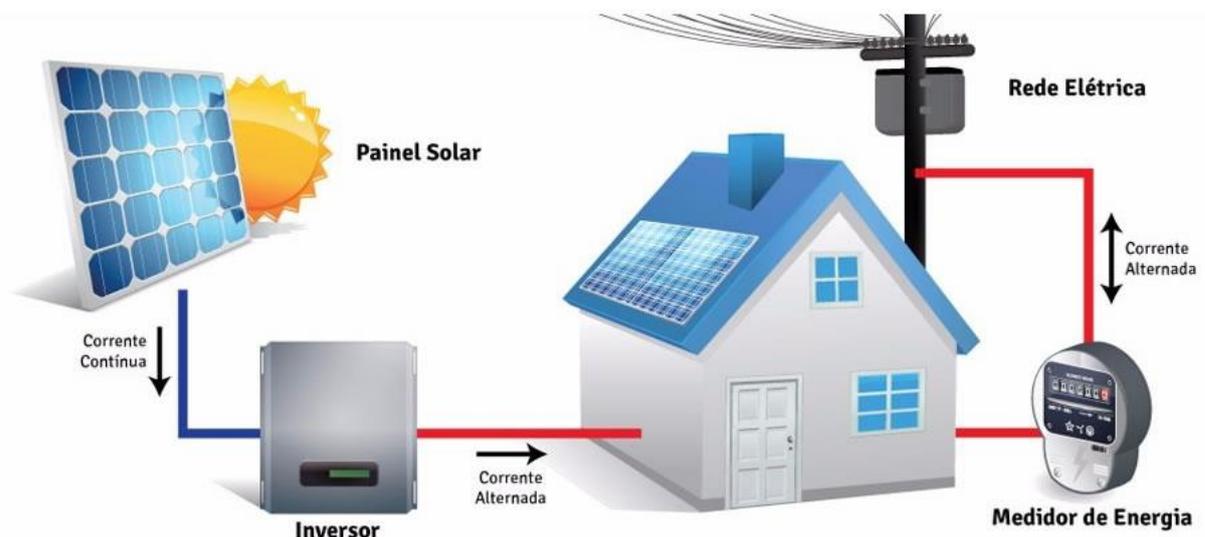
## 2.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Um sistema de energia solar, ou sistema de energia fotovoltaico, é um sistema capaz de produzir (gerar) energia elétrica através da radiação solar. Existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: o sistema conectado à rede de distribuição (*on-grid*), e o sistema isolado, ou seja, que não está conectada à rede de distribuição (*off-grid*).

Sistemas *on-grid* são sistemas que operam em paralelo a rede de distribuição, ou seja, nessa categoria, a energia gerada durante todo o dia é maior que a consumida, e o excedente é repassado para a concessionária. Entretanto, durante o período da noite, é consumida a energia excedente gerada durante o dia. Este tipo de sistema é mostrado na figura 4 e é composto pelos seguintes componentes:

- Painéis fotovoltaicos (de silício monocristalino ou policristalino, filme fino, silício de amorfo);
- Inversores (inversor *on-grid*, inversor *string*, microinversor);
- *String box*;
- Cabos e estruturas de fixação.

Figura 4 – Sistema *on-grid*



Fonte: [http://www.ecomais.ind.br/img/sistema\\_ongrid.jpg](http://www.ecomais.ind.br/img/sistema_ongrid.jpg) (2020)

Sistemas *off-grid* são sistemas que operam independentes da rede de distribuição, em comparação com o sistema *on-grid*, invés de repassar a energia excedente para a concessionária, é armazenado em um banco de baterias. Esse sistema foi o primeiro sistema a ser usado, pois possibilita a geração de energia para locais onde não existe um fornecimento de energia elétrica pela concessionária, ou até mesmo se o custo de se conectar à rede for elevado. Este tipo de sistema é mostrado na figura 5 e é composto pelos seguintes componentes são:

- Painéis fotovoltaicos (de silício monocristalino ou policristalino, filme fino, silício de amorfo);
- Inversores (inversor *off-grid*, inversor *string*);
- Baterias;
- Controlador de carga;
- Cabos e estruturas de fixação.

**1º passo:** De posse do consumo anual de energia (CAE) em KWh na conta de luz, calcular a média mensal de consumo de energia dos 12 meses (MMCE) em KWh, segundo a equação 2.1.

$$MMCE = \frac{CAE}{12} \quad (2.1)$$

Figura 5: Sistema *off-grid*



Fonte: [http://www.ecomais.ind.br/img/sistema\\_offgrid.jpg](http://www.ecomais.ind.br/img/sistema_offgrid.jpg) (2020)

O dimensionamento do sistema fotovoltaico é descrito nos seguintes passos:

**2º passo:** Observar qual é o tipo de serviço que a distribuidora de energia oferece para a unidade consumidora na qual o sistema será instalado (monofásico, bifásico ou trifásico) e a tarifa mínima correspondente a esse tipo de serviço. Na Paraíba, a distribuidora de energia vigente é a Energisa, cujas tarifas mínimas a serem cobradas, de acordo com a Resolução Normativa nº 414/2010, são mostradas na tabela 1. A tarifa mínima será cobrada mesmo que não haja consumo de energia ou que toda a energia seja gerada pelos painéis fotovoltaicos.

Tabela 1 - Tarifa mínima a ser cobrada de acordo com o artigo 98 da Resolução Normativa nº 414 / 2010.

Tipo de sistema	Quantidade mínima de energia a ser cobrada
Monofásico ou bifásico a dois condutores	30 kWh
Bifásico a três condutores	50 kWh
Trifásico	100 kWh

Fonte: Autor (2020)

3° passo: Calcular a projeção mensal de energia gerada (PMEG), subtraindo a média mensal de consumo de energia da tarifa mínima (TM), conforme a equação 2.2

$$PMEG = MMCE - TM \tag{2.2}$$

4° passo: Divide-se a projeção mensal de energia gerada (PMEG) por 30 para achar a projeção diária de energia gerada (PDEG), conforme mostrado na equação 2.3.

$$PDEG = \frac{PMEG}{30} \tag{2.3}$$

5° passo: A partir de tabelas de irradiação solar do local a ser instalado o sistema fotovoltaico, calcular a média anual de irradiação (MAI), em kWh/m² · dia, fazendo a média dos valores mensais encontrados nessas tabelas. As tabelas de irradiação solar dependem das coordenadas geográficas do local da instalação do sistema fotovoltaico, bem como da angulação dos painéis fotovoltaicos. Um exemplo de tabela de irradiação solar é mostrado na tabela 2.

Tabela 2 – Irradiação de irradiação solar para a cidade de João Pessoa, PB

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar média mensal (kWh/m².dia)					
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
		5,91	5,97	6,03	5,35	4,83	4,40
		Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Plano Horizontal	0° N	4,48	5,27	5,71	6,00	6,13	6,03

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

6° passo: Divide-se a projeção diária de energia gerada (PDEG) pela média anual de irradiação (MAI) para achar o a potência total gerada pelos painéis solares (PTG), em quilowatt pico (KWp), conforme a equação 2.4.

$$PTG = \frac{PDEG}{MAI} \tag{2.4}$$

7° passo: Determinar a quantidade de módulos/placas solar que serão usadas no projeto. O número de placas dependerá da potência total gerada (PTG) pelo conjunto de painéis fotovoltaicos e da potência individual das placas (PIP) a serem utilizadas. Este cálculo é feito de acordo com a equação 2.5

$$n^{\circ} \text{ placas} \geq \frac{PTG}{PIP} \tag{2.5}$$

### 2.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM PROJETO PELO MÉTODO DO PAYBACK DESCONTADO

Para realizar a análise de viabilidade econômica desse projeto pode ser utilizado o método do *payback* descontado, que consiste em analisar o tempo necessário para ter o retorno do valor investido corrigido pela inflação. Segue o passo a passo para a projeção do *payback* descontado:

**1º passo:** Encontrar a taxa mensal (TM) que será utilizada no cálculo do *payback* descontado. Para transformar uma taxa anual (TA) em taxa mensal deve ser utilizado a fórmula descrita abaixo.

$$TM = (1 + TA)^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (2.6)$$

Com a taxa mensal, é possível calcular o valor corrigido do investimento mensalmente, sendo assim possível fazer a projeção do valor real aproximado.

**2º passo:** Para encontrar o valor descontado (PV) é necessário dividir o valor futuro (FV) pela taxa mensal (TM) elevado ao número de meses (N) desejado.

$$PV = \frac{FV}{(1 + TM)^N} \quad (2.7)$$

**3º passo:** Após calcular o valor descontado de todos os meses, deve-se verificar o tempo de retorno do investimento. Para isso pode-se criar uma planilha com os meses de cada parcela e com a soma do valor descontado mensal (VT) subtraindo o valor total do financiamento (VF). No mês que o valor do saldo passar a ser positivo tem-se o retorno financeiro do investimento.

$$saldo = VT - VF \quad (2.8)$$

## 3 METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foi feita uma revisão bibliográfica sobre sistemas fotovoltaicos, usando como fonte artigos, livros, revistas e sites relacionados. Foram levantados dados sobre a situação atual da energia fotovoltaica no Brasil, sobre o consumo e produção de energia elétrica no país. Foram levantadas as condições naturais favoráveis presentes no Brasil e principalmente na região Nordeste, que possibilitam a implantação de sistemas fotovoltaicos, assim como foi estudado o emprego desta tecnologia. Por fim foi realizado um estudo de caso, onde foi analisado a viabilidade financeira para empregar esta tecnologia em uma obra de um edifício de 23 pavimentos com aproximadamente 200m<sup>2</sup> por pavimento, situada na cidade de João Pessoa. O sistema solar instalado foi projetado para cobrir os custos energéticos com a obra e com o escritório da empresa.

Foi realizado o levantamento de custos com energia elétrica desta obra e do escritório da empresa durante um ano. Além disso, tomou-se como base o valor unitário determinado pela ANEEL, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de

distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema, e pelo consumo de energia de acordo com a concessionária local. Todo o sistema foi dimensionado seguindo as Resoluções Normativas e normas vigentes da concessionária de energia. Projetou-se o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, dispensando assim o uso de baterias para armazenamento de energia elétrica. Através desses dados, foi encontrada a potência total necessária para o projeto e, conseqüentemente, o número de painéis fotovoltaicos necessários, bem como os demais materiais necessários para a instalação do sistema *on grid*.

Para a simulação financeira, que permite ver a viabilidade do projeto, foi utilizado o método de *payback* descontado, que tem como objetivo verificar o retorno financeiro do investimento ao longo dos meses. Para isso, inicialmente foi feito um orçamento do material necessário e da mão de obra para a execução do projeto, em seguida foi utilizado o simulador do Banco do Nordeste, o FNE SOL (figura 6), que é uma linha de crédito voltada para o financiamento de sistemas de distribuição de energia por fontes renováveis para consumo próprio. Para a realização dessa simulação, foi estimado o percentual do orçamento total do projeto que será financiado e o prazo do financiamento. Neste projeto específico, foi considerado um período de carência de 3 meses, e o parcelamento total em 72 meses, totalizando 6 anos.

Figura 6: FNE SOL

Fonte: <https://www.bnb.gov.br/simuladores/simulador-fne-sol> (2020)

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Tomando como base o que foi visto no item 2.2, e utilizando os dados da conta de luz referente ao projeto, conforme equação (2.1), tem-se:

$$\text{Média de consumo anual da obra: } MMCE = \frac{18999}{12} = 1583,25 \text{ KWh}$$

$$\text{Média de consumo anual no escritório: } MMCE = \frac{4140}{12} = 345 \text{ KWh}$$

Tendo como referência a **Tabela 1**, e considerando que o fornecimento de energia tanto para a obra quanto para o escritório da empresa é trifásico, a tarifa mínima a ser cobrada pela concessionária é de 100 KWh.

A projeção mensal de energia gerada é calculada conforme equação (2.2):

$$PMEG = (1583,25 + 345) - 100 = 1828,25 \text{ KWh}$$

A projeção diária de energia gerada é calculada conforme equação (2.3):

$$PDEG = \frac{1828,25}{30} = 60,94 \text{ KWh/dia}$$

A partir dos dados de irradiação solar mostrados na Tabela 2, calcula-se a potência total gerada pelos painéis fotovoltaicos, utilizando a média anual de irradiação, conforme equação (2.4):

$$PTG = \frac{60,94}{5,51} = 11,05 \text{ KWp ou } 11050 \text{ Wp}$$

O cálculo da quantidade de módulos/placas solar que serão usadas no projeto é baseado na equação (2.5). O valor de potência de cada módulo pode ser inserido de acordo com sua disponibilidade. Para o projeto adota-se o módulo de 375 W cada. Assim, a quantidade total de módulos a serem utilizados no projeto pode ser calculada:

$$n^{\circ} \text{ placas} \geq \frac{11050}{375} = 29,47 \text{ ou } 30 \text{ Módulos}$$

Com ao passar dos anos, os módulos fotovoltaicos têm uma certa perda de rendimento de potência. Tomando isso como base e levando em consideração que o usuário poderá aumentar seu consumo, com uma margem de segurança, adota-se uma quantidade de 36 módulos de 375W cada. Totalizando 13,5 kWp. Os mesmos serão ligados a 9 micro inversores de 1500 W cada. Cada micro inversor será conectado a 4 placas solares. Por sua vez, cada uma das três fases do sistema receberá um conjunto de três micro inversores.

A energia será gerada apenas na obra, e o excedente, será descontado pela concessionária de energia na conta de luz do escritório da própria empresa. O prazo para utilização dos créditos gerados é de 60 meses.

#### 4.2 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Para realização da simulação do financiamento do projeto, foi utilizado o simulador de financiamento do Banco do Nordeste, o FNE SOL, possibilitando ter uma perspectiva real do valor do financiado e os juros que serão cobrados. Com base no detalhamento do financiamento gerado, foi realizada a análise de viabilidade financeira pelo método de *payback* descontado, que tem como objetivo verificar o retorno do investimento ao longo dos meses.

Na Tabela 3, segue o orçamento dos equipamentos dimensionados para a instalação do sistema fotovoltaico projetado na seção 4.1 deste trabalho.

Na simulação financeira, foi considerado um período de carência de 3 meses, e o parcelamento total em 72 meses, totalizando 6 anos. O valor total do financiamento foi de 71.196,98 reais.

Com os valores obtidos na simulação foi possível calcular o tempo necessário para obter o retorno financeiro do investimento feito com base na economia de energia mensal realizada pela implementação da geração de energia fotovoltaica.

Com objetivo de analisar o poder de compra do valor investido e do valor retornado, foi utilizada a inflação como parâmetro para corrigir os valores. A inflação considerada para tal correção foi à média nos últimos 10 anos, que dá um total de 5,854%.

Tabela 3 – Orçamento para instalação dos painéis fotovoltaicos

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QTD	VALOR UNT	VALOR
<b>INVERSOR APSYSTEM QS1A 1500W</b>	UND	9	R\$ 2.999,00	R\$ 26.991,00
<b>MÓDULOS HCP72X9 375W</b>	UND	36	R\$ 799,00	R\$ 28.764,00
<b>SUORTE 10 PAINES SOLARES</b>	UND	4	R\$ 790,00	R\$ 3.160,00
<b>FRETE</b>	UND	1	R\$ 1.672,65	R\$ 1.672,65
<b>COLABORADORES</b>	DIA/Operário	20	R\$ 150,00	R\$ 3.000,00
<b>INSTALAÇÃO ELÉTRICA</b>	UND	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 65.587,65</b>

Fonte: Autor (2020)

Na Tabela 4 estão expostas as primeiras 4 parcelas, as 4 parcelas de quando ouve o retorno financeiro, e as últimas 4 parcelas do financiamento com o cálculo do *payback* descontado.

Tabela 4 – Análise da viabilidade econômica do financiamento através do método de *payback* descontado.

Mês	Previsão de valor sobre o consumo de energia(R\$)	Consumo mínimo (R\$)	Valor da parcela do financiamento (R\$)	Economia mensal (R\$)	Economia corrigida pela inflação (R\$)	Saldo corrigido (R\$)
<b>1</b>	1.408,00	245,29	1.059,42	103,29	103,29	-70.034,27
<b>2</b>	1.408,00	245,29	1.064,41	98,30	97,84	-68.872,02
<b>3</b>	1.408,00	245,29	1.060,46	102,25	101,29	-67.710,28
<b>4</b>	1.408,00	245,29	1.056,63	106,08	104,58	-66.549,07
<b>55</b>	1.767,79	307,97	949,38	510,44	395,15	-2.398,83
<b>56</b>	1.767,79	307,97	947,68	512,14	394,59	-1.056,55
<b>57</b>	1.767,79	307,97	945,91	513,91	394,08	283,44
<b>58</b>	1.767,79	307,97	942,60	517,22	394,75	1.620,79
<b>69</b>	1.871,28	326,00	919,48	625,80	453,35	16.741,88
<b>70</b>	1.871,28	326,00	917,34	627,94	452,74	18.111,97
<b>71</b>	1.871,28	326,00	915,20	630,08	452,14	19.479,30
<b>72</b>	1.871,28	326,00	913,71	631,57	451,06	20.844,08

Fonte: Autor (2020)

Através da análise da tabela 4, é possível verificar que já há economia na conta de energia a partir do primeiro mês de financiamento, mesmo considerando a taxa mínima de energia e os próprios valores das parcelas. O financiamento segue as parcelas com valor

decrecente onde o valor da primeira mensalidade e no valor de R\$ 1.059,42 e o da última parcela é R\$ 913,71. Na parcela de número 57 tem-se o retorno do investimento feito.

Ao final do financiamento, tem-se uma economia total de R\$ 20.844,08, já corrigidos pela média de inflação dos últimos 10 anos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado nesse trabalho teve o objetivo projetar um sistema solar fotovoltaico voltado para a construção civil e analisar a viabilidade financeira na implementação dessa geração em um canteiro de obras.

A análise financeira realizada mostrou o pagamento total do investimento no sistema solar fotovoltaico, no valor total de R\$ 71.196,98, após 57 meses. Além disso, é possível notar que nos meses de pagamento do financiamento já há economia imediata, se tornando ainda mais vantajoso tal investimento. Ao final dos 72 meses do financiamento simulado (6 anos) tem-se uma economia total de R\$ 20.844,08 sendo esse valor já corrigido pela média da inflação dos últimos 10 anos. Considerando que o sistema instalado tem uma vida útil média entre 20 e 25 anos, o que significa na prática que o sistema tem pelo menos 14 anos livres de financiamento imobiliário, há uma grande vantagem financeira na instalação de um sistema de geração de energia fotovoltaica no canteiro de obras estudado. Há ainda a possibilidade de futura expansão do sistema para compensar o gasto energético de um número maior de obras.

Além dos benefícios econômicos, vale destacar a contribuição da instalação dos sistemas com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, por se tratar de uma energia limpa e renovável.

Futuros trabalhos podem incluir projetos de automação de processos da construção civil, visando melhor eficiência no uso da energia elétrica no canteiro de obras, bem como o uso de outras fontes de energia renováveis.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaico). **Instalação da energia solar nos últimos dez anos chegou a ficar até 80% mais barata, segundo dados.**

Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/instalacao-da-energia-solar-nos-ultimos-dez-anos-chegou-a-ficar-ate-80mais-barata-segundo-dados.html>. Acesso em: 05 set. 2020.

ADAMS, William Grylls; DAY, R. E. V. The action of light on selenium. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 25, n. 171-178, p. 113-117, 1877.

ANEEL - Agência nacional de energia elétrica. **Resolução normativa nº 414**, de 9 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/> Acesso em: 05 set. 2020.

BALDACCI, Mahya Thau. **Análise comparativa dos ganhos de eficiência da energia solar e do gás natural no contexto brasileiro.** 2016.

BALFOUR, J; SHAW, M; NASH, N. B. **Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BALTAR, G. B.; KAEHLER, J. W. M.; PEREIRA, L. A. **Indústria da construção civil e eficiência energética.** 2006. Disponível em: <http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/>

10923/3210/5/000384715Texto%2BCompleto%2BAnexo%2BE-5.pdf. Acesso em: 05 set. 2020.

BARBOSA, Eduarda. **Geração de energia solar atinge 1º Gigawatt no Brasil.** 2019.

Disponível em: <https://www.folhape.com.br/economia/geracao-de-energia-solaratinge1gigawattnobrasil/114505/#:~:text=Um%20dos%20maiores%20pa%C3%ADses%20do,Brasil%20impulsionou%20sua%20efici%C3%Aancia%20econ%C3%B4mica.&text=E%2C%20neste%20m%C3%AAs%20de%20agosto,sistema%20fotovoltaico%20de%20gera%C3%A7%C3%A3o%20distribu%C3%ADda>. Acesso em: 05 set. 2020.

BASSO, Thalyta Mayara; NOGUEIRA, Carlos Eduardo Camargo; SILVA, Danieli Sanderson. **Eficiência energética na construção civil no Brasil.** Acta Iguazu, v. 4, n. 1, p. 48-56, 2015.

BECQUEREL, M. E. **Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires.** Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, v. 9, p. 561-567, 1839.

DE FÁTIMA SILVA, Luciene; VIEIRA, André Marcos; SOBRINHO, Elves Dornelas. **Energia solar na construção civil.** In: Simpósio. 2020.

DE QUEIROZ, Rosemar *et al.* **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 13, n. 13, p. 2774-2784, 2013.

VILLALVA G. M; GAZOLI J. R. **Fotovoltaica, energia solar: conceitos e aplicações, sistemas isolados e conectados à rede.** Editora Érica, v. 1, 2012.

GUIMARÃES V. R, UIRÊ. **Estudo de viabilidade econômica de instalação de fontes de energia renováveis baseada em células fotovoltaicas para o uso residencial.** São Carlos, 2012.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas brasileiro de energia solar.** 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

LUBE, Paulo Alex Nacif; AVELAR, Kátia Eliane Santos; DUSEK, Patricia Maria. **Construção de um microgerador fotovoltaico aplicado ao peneiramento de resíduos da construção civil.** Revista Augustus, v. 25, n. 52, p. 169-182, 2020.

PARISOTTO, Vinícius. **Painéis solares uma solução viável.** EJE Civ. UFRGS. Disponível em: <https://www.ejeciv.com.br/post/pain%C3%A9is-solares>. Acesso em: 05 set. 2020.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. **Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil.** Research, Society and Development, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.