

# ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ON-GRID NA FPB

## FEASIBILITY STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF THE ON-GRID SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY GENERATION SYSTEM AT FPB.

Gismael Mota Alexandre<sup>1</sup>  
Renan Barros Costa Coelho<sup>2</sup>

Rafaela Gomes Gonçalves de Carvalho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Elétrica, Faculdade Internacional da Paraíba – FPB

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Elétrica, Faculdade Internacional da Paraíba – FPB

<sup>3</sup>Professora Mestra em Engenharia Elétrica, e-mail: rafaela.g.carvalho@animaeducacao.com.br

### Resumo

*A utilização da energia solar como uma fonte renovável, inesgotável e limpa para geração de eletricidade tem sido amplamente explorada em diversos setores. O Nordeste do Brasil, em especial, possui uma alta densidade de irradiação solar, tornando-se um local propício para a instalação de sistemas fotovoltaicos. O estudo tem a finalidade de analisar a viabilidade da implementação de um sistema solar fotovoltaico on-grid, tendo a proposta de aproveitar a irradiação solar existente na área de cobertura dos prédios da faculdade para geração de energia integrada ao sistema de compensação da operadora de energia elétrica, conectando-se à rede na unidade de ensino FPB. Contribuindo para a diversificação da matriz energética nacional e reduzindo os custos decorrentes do consumo de energia nos edifícios de ensino. Os sistemas fotovoltaicos foram dimensionados para compensar o consumo médio de energia elétrica, contudo, devido a área analisada ser insuficiente para a quantidade de módulos fotovoltaicos que abateriam todo o consumo de energia, a potência do sistema gerador solar é de 286,67 kW, e essa geração prevê abater cerca de 63,94% do consumo médio de energia mensal calculado. Após análises, o payback indicou retorno de investimento em 3,3 anos, apontando um projeto viável.*

**Palavras-chave:** Consumo de energia elétrica, energia fotovoltaica, energia renovável, indicadores de viabilidade econômico-financeira.

### Abstract

*The utilization of solar energy as a renewable, inexhaustible, and clean source for electricity generation has been widely explored in different sectors. The Northeast of Brazil, in particular, has a high density of solar radiation, making it a suitable place for the installation of photovoltaic systems. The study aims to analyze the feasibility of implementing an on-grid photovoltaic solar system, with the proposal to take advantage of the existing solar radiation in the coverage area of the college buildings for integrated energy generation to the energy operator's compensation system electric, connected to the network in the FPB teaching unit. Contributing to the diversification of the national energy matrix and reducing costs arising from energy consumption in teaching buildings. The photovoltaic systems were sized to compensate for the average consumption of electricity, however, due to the analyzed area being insufficient for the number of photovoltaic modules that would reduce all energy consumption, the power of the solar generator system is 286.67 kW, and this generation expects to reduce about 63.94% of the calculated average monthly energy consumption. After analyses, the payback indicated return on investment in 3.3 years, indicating a viable project.*

**Keywords:** Electricity consumption, photovoltaic energy, renewable energy, economic-financial viability indicators

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a tecnologia fotovoltaica, que transforma energia solar em elétrica, vem experimentando importantes avanços, impulsionado pelos vários aspectos positivos que apresenta, pode-se destacar o baixo impacto ambiental, abater consumo de energia e facilidade de construção e de operação (VIAN, 2021).

Os incentivos para energia solar no Brasil envolvem subsídios e benefícios tributários (SILVA, 2015). A Resolução Normativa nº 482 de 2012, posteriormente ampliada pela RN 687/2015, contribuiu fortemente para esse avanço, estabelecendo as condições gerais para o acesso à geração. Com isso, o incentivo é dado na forma de compensação de energia elétrica, sendo assim, a energia gerada pelo sistema fotovoltaico pode ser injetada na rede de forma a reduzir a conta cobrada.

Ao longo dos anos a oferta de energia fotovoltaica teve como principal obstáculo o alto custo que apresentava, no entanto, ao decorrer desses anos houve uma expressiva expansão da utilização no mundo todo dessa tecnologia com redução de custo, graças a intensas pesquisas motivadas por incentivos de governo e demanda crescente por fontes limpas (VIAN, 2021).

De acordo com Balfour (2016) os sistemas de geração de energia fotovoltaicos são altamente customizáveis. A capacidade para projetar cada instalação de sistema com base nas necessidades do local ajuda a minimizar os custos de equipamento. Assim, esses sistemas personalizados também garantem que as necessidades energéticas dos usuários serão satisfeitas de modo eficaz.

O sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede, também conhecido como *on-grid*, é conectado à rede pública de distribuição de energia. De acordo com o Portal Solar (2023), o sistema permanece conectado à rede e em momentos em que não há produção de energia, é possível utilizá-la da distribuidora e, em casos de excesso de produção, recebem-se créditos de energia.

Além disso, o sistema de compensação de energia elétrica viabilizou o uso da geração distribuída, pois a energia elétrica injetada por unidade consumidora através da micro ou minigeração distribuída é cedida como empréstimo gratuito à

distribuidora local, gerando-se créditos de energia, que podem ser utilizados para compensar o consumo de energia elétrica nos próximos 60 meses (ANEEL, 2015).

Tendo em vista que o sistema possui conexão com a rede de distribuição da concessionária local, na qual essa energia produzida em excesso no período de maior irradiação solar é injetada e convertida em créditos, que podem ser utilizados para desconto na fatura de energia. Portanto, o sistema possui como diferencial não necessitar da utilização de baterias para armazenamento da energia, por estar interligada à rede de distribuição que abastecerá a unidade consumidora nos períodos de pouca ou nenhuma geração (PORTAL SOLAR, 2022).

Conforme o Portal do Governo da Paraíba (2021), o estado vem se destacando na produção de energias renováveis e com tendências de crescimento do setor. A Paraíba possui um dos maiores índices de radiação solar do Brasil. A ação visa a modelagem de geração de energias renováveis para atender o consumo do Estado. Com isso, a implantação dessa geração estima a redução significativa do consumo de energia mensal, além de auxiliar na mitigação dos impactos ambientais.

De acordo com análises recentes, o uso da energia solar fotovoltaica no Brasil, especificamente a implementação de mini ou microgeração, já é economicamente viável. A implementação desta tecnologia traz lucratividade financeira, além de aderir aos novos formatos de Produção Sustentável, tema extremamente importante para empresas que querem expandir-se e inovar-se no novo mercado competitivo e globalizado (NASCIMENTO, 2015).

Congruente a isso, o estudo de viabilidade realizado em outras instituições de ensino, o IFPB, utilizando-se de indicadores de viabilidade econômico-financeira, tais como *payback* simples, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), juntamente com a proposta apresentada por fornecedor reconhecido no mercado e o perfil de consumo de energia elétrica da instituição. Após as análises, o *payback* indicou um tempo de retorno do investimento de 5,04 anos, apontando um projeto economicamente viável e superavitário ao longo de sua vida útil (BRITO, 2020).

Assim, o presente artigo propõe realizar um estudo de viabilidade da implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede

na instituição FPB. Advindo do levantamento e dimensionamento do projeto de geração energética com a utilização da energia elétrica recebida diretamente da concessionária local. Estudo de caso, esse, que tem em vista comparar retorno econômico e o aproveitamento da área de cobertura da instituição sob radiação solar para possível instalação de uma fonte de energia sustentável, prevendo abater tantos porcentos no consumo de energia local, colaborando com a diversificação da matriz energética com novas fontes renováveis.

## **2. METODOLOGIA**

Esse artigo tipifica-se em um estudo de caso na FPB, Faculdade Internacional da Paraíba, na cidade de João Pessoa, Paraíba.

Para realização da análise escolheu-se o prédio de referência da instituição FPB, por apresentar características favoráveis a este projeto, sendo elas: grande área de cobertura sob irradiação solar disponível, baixo sombreamento por prédios próximos.

Elementos referentes aos índices de radiação solar relacionados à época do ano foram obtidos do banco de dados do *site* do CRESESB. Este, sendo centro de referência para energia solar, destinado ao cálculo da irradiação solar diária média mensal

Os dados referentes ao consumo de energia elétrica foram obtidos de uma fatura da Energisa, distribuidora de energia elétrica do estado da Paraíba, fornecida pela instituição. Essa fatura mostra histórico de consumo, em quilowatts-hora, referente ao consumo dos últimos doze meses, de março do ano de 2022 até março do ano de 2023.

Ao que se diz respeito à instalação da geração solar, conversão da energia elétrica, valor de investimento, vida útil, além dos cálculos dos indicadores de viabilidade econômico-financeiro foram baseados em referenciais bibliográficos e cenários semelhantes.

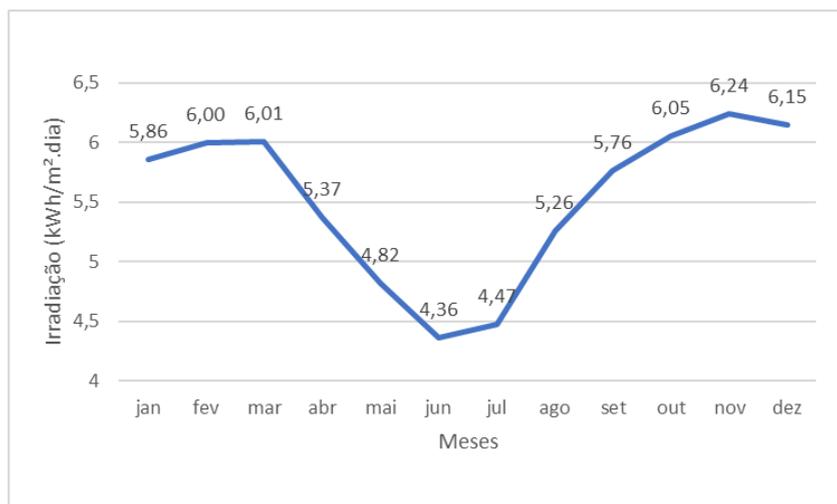
Além disso, foi feito dimensionamento do sistema fotovoltaico, baseando-se no consumo mensal de energia, determinando potência de geração levando em consideração tempo de geração e eficiência do sistema. Além de demonstrar a

quantidade de módulos fotovoltaicos e certificar-se que a quantidade de módulos determinada irá gerar o esperado, no local de instalação do sistema, considerando o índice de irradiação da região.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

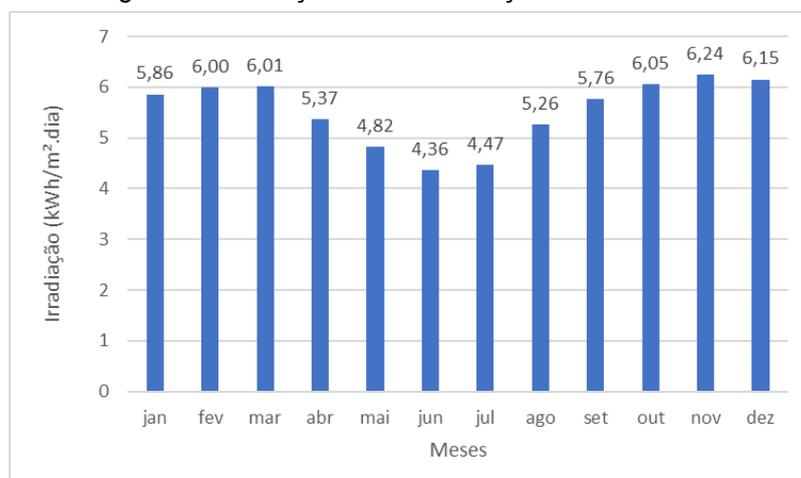
A instituição FPB, Faculdade Internacional da Paraíba, possuínte das coordenadas geográficas -7,117380 -34,873551, disponibilizadas pelo Google Maps e através do *site* CRESESB, utilizando o SunData, programa destinado ao cálculo da irradiação solar diária média mensal, foi possível determinar dados do local, conforme exemplificado nas Figuras 1 e 2, elaborado com os dados calculados para o planos aproximado do local.

Figura 1 - Irradiação Solar para localidade próxima à FPB.



Fonte: adaptado CRESESB (2023).

Figura 2 - Irradiação Solar da estação do CRESESB.



Fonte: adaptado CRESESB (2023).

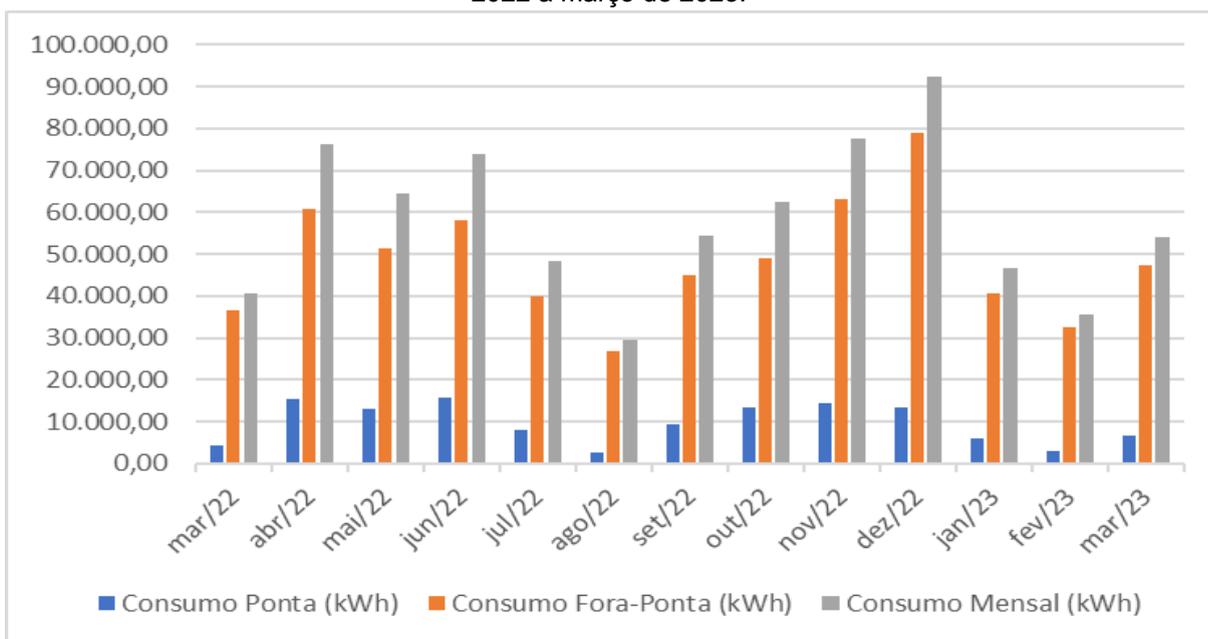
Considerando o consumo de energia local da faculdade, conforme apresentado na Tabela 1, e ilustrado graficamente na Figura 3, vê-se que a unidade consumidora inserida é no grupo A4 Comercial, com tensão trifásica. Dados extraídos da fatura de energia da FPB, referentes aos meses de março de 2022 a março de 2023.

Tabela 1 - Consumo elétrico de energia da FPB do período de março de 2022 a março de 2023.

Mês/Ano	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora-Ponta (kWh)	Consumo Mensal (kWh)
mar/22	4.246,07	36.481,16	40.727,23
abr/22	15.546,26	60.662,32	76.208,58
mai/22	13.194,97	51.274,69	64.469,66
jun/22	15.580,78	58.179,74	73.760,52
jul/22	8.164,04	40.080,98	48.245,02
ago/22	2.595,22	26.831,70	29.426,92
set/22	9.441,05	45.070,33	54.511,38
out/22	13.327,40	49.112,91	62.440,31
nov/22	14.314,99	63.223,78	77.538,77
dez/22	13.563,40	78.745,84	92.309,24
jan/23	6.130,53	40.627,69	46.758,22
fev/23	3.015,56	32.544,04	35.559,60
mar/23	6.706,22	47.426,40	54.132,62

Fonte: autoria própria baseado na fatura de consumo de energia (2023).

Figura 3 - Consumo elétrico de energia em horário de ponta e fora-ponta do período de março de 2022 a março de 2023.



Fonte: autoria própria baseado na fatura de consumo de energia (2023).

Considerando o consumo de energia do mês de março de 2023, ilustrado nas Figuras 4 e 5, foi de 54.132,62 kWh, soma das tarifas ponta e fora-ponta, valor a pagar foi de R \$22.472,93 e tendo em vista que o consumo médio anual de energia da FPB, foi de 63.007,34 kWh. Logo, torna-se interessante a implementação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica que permitirá reduzir custos elevados da energia para a faculdade.

Figura 4 - Fatura de consumo de energia do mês de março de 2023.

Classificação: MVF-MOD. TARIF. VERDE F. I. / A4 COMERCIAL / OUTROS SERVIÇOS E OUTRAS ATIVIDADES		LIGAÇÃO: TRIFASICO	
TENSÃO NOMINAL EM VOLTS	DISP:	Lim. Min.: 13,6	Lim. Max.: 14,0
<b>ASPEC SOCIEDADE PARAIBANA DE EDUCACAO E CULTURA LTDA</b>			1
AV MONS WALFREDO LEAL, 512			<b>CÓDIGO DO CLIENTE</b> 5/9998353-8
TAMBIA JOAO PESSOA (AG: 1)			<b>CÓDIGO DA INSTALAÇÃO</b> 00008666793
CNPJ/CPF: 0X.XXX.XXX/XXX1-30 Insc. Est.:			
<b>REF: MÊS / ANO</b>	<b>VENCIMENTO</b>	<b>TOTAL A PAGAR</b>	
<b>Março / 2023</b>	<b>26/03/2023</b>	<b>R\$ 22.472,93</b>	

Fonte: adaptado Energisa (2023).

Figura 5 - Fatura de consumo de energia do mês de março de 2023.

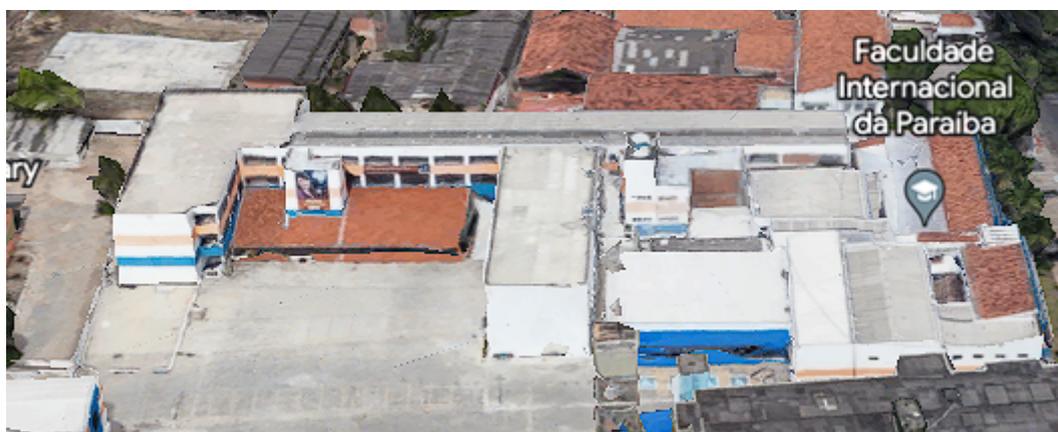
Medidor	Grandezas	Postos horários	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const Medidor	Consumo kWh
00008666793	Energia ativa em kWh	Ponta	0	6706,224	1	6706,224
00008666793	Energia ativa em kWh	Fora Ponta	0	47426,4	1	47426,4

Fonte: adaptado Energisa (2023).

Para o dimensionamento do projeto seguiu-se estabelecer o valor de geração baseando-se na energia consumida de 63.007,34 kWh, média mensal de consumo. Após visita aos prédios previamente observados para receber a instalação da geração fotovoltaica, analisando a área para execução do projeto e utilizando o

Google Earth, que possibilita ferramenta para medição dessa área m<sup>2</sup>, vista na Figura 6.

Figura 6 - Planta de visualização 2d.



Fonte: Google Earth (2023).

Para a escolha dos módulos fotovoltaicos leva-se em consideração a potência, eficiência e tamanho do módulo. A escolha foi dada pelo módulo monocristalino de alta eficiência devido a restrição de espaço. O modelo do módulo foi BS72M-545W, com geração estimada 545 watts máxima de pico, área de 2.55 m<sup>2</sup> e fabricante Balfar Solar Industrial Fotoelétrico. Na figura 7, é mostrada a simulação da planta nos prédios da FPB.

Figura 7 - Planta de visualização 3d com módulos fotovoltaicos.



Fonte: adaptado Google Earth (2023).

Os dados aparentes na Figura 8 estão de acordo com a demanda da unidade consumidora e foram obtidos através do estudo de casos semelhantes a este.

Quantidade de módulo calculado através do conhecimento de sua área em m<sup>2</sup> e da área em m<sup>2</sup> dos telhados dos prédios da FPB.

Para dimensionamento dos inversores com o modelo escolhido, visto na Figura 8. Inversor de parede, frequentemente usado para sistemas de geração com potências elevadas, faz-se necessária a utilização de 4 inversores para que os mesmos não sejam subestimados ou superestimados, leva-se em consideração a potência do sistema gerador e a potência do inversor.

Figura 8 - Dados do dimensionamento do projeto de geração.

Potência do Sistema Gerador (kWp)	286,67
Consumo Médio (kWh)	63.007,34
Geração Mensal (kWh)	40.287,55
Área FPB (m <sup>2</sup> )	1.344,84
Número de Módulos (Área FPB)	526
Média de Irradiação	5,53
Eficiência do Sistema	0,85
Eficiência do Módulo	0,213
Área do Módulo (m <sup>2</sup> )	2,55
Potência do Módulo (kW)	0,545
Modelo do Módulo	BS72M-545W
Fabricante do Módulo	Balfar
Modelo do Inversor	MAX70KTL3LV
Fabricante do Inversor	Growatt
Potência de Saída do Inversor (kW)	70

Fonte: Dados da pesquisa.

Para os dados da pesquisa, foi necessária aplicação da Equação 1, obtendo-se a energia geração real:

$$Energia\ geração\ real = Rad * N * Amod * Efmod * Efsist * 30 \quad (1)$$

Onde Rad, N, Amod, Efmod, Efsist, 30 são respectivamente o índice de irradiação solar, números de módulos, área do módulo (m<sup>2</sup>), eficiência do módulo, eficiência do sistema e referencial aos dias do mês.

A potência do sistema gerador solar fotovoltaico é de 286,67 kWp, considerando eficiência e número dos módulos sendo suficiente para gerar 40.287,55 kWh de energia mensal. Contudo, essa geração não seria capaz de cobrir

a totalidade da conta de energia mensal. No entanto, essa geração prevê abater cerca de 63,94% de todo consumo médio de energia mensal.

O sistema de geração tem vida útil superior a 25 anos, na qual será instalado nos telhados dos prédios de sala de aula.

Levando em consideração o *payback* simples que é considerado apenas duas variáveis para calcular projeção de retorno financeiro. Após essas análises e cálculos, visto na Equação 2 foi verificado que o tempo de retorno é de 3,3 anos. Resultado este, indicando que o projeto é viável.

$$\textit{payback simples: } \frac{\textit{valor do sistema}}{\textit{fatura mensal}} \textit{ (2)}$$

Onde o valor do sistema é baseado de acordo com a potência do gerador solar. Os valores médios de sistemas fotovoltaicos para consumidores finais foram obtidos através de uma pesquisa realizada por consultoria. E o valor da fatura mensal de consumo de energia do mês de março 2023.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo, foi objetivado a análise da viabilidade da implantação de um sistema de geração solar fotovoltaico através do dimensionamento desse sistema. Baseando-se na fatura de energia com a intenção de demonstrar economia prevista para abater certa quantidade do consumo de energia da unidade de ensino, analisando as características geográficas e meteorológicas locais.

Assim, conclui-se que o sistema possui viabilidade econômica quanto a instalação do sistema de geração, trazendo redução de gastos com a energia elétrica. Sistema de geração dimensionado com potência real de geração de 286,67 kW, adaptando-se a área disponível e média de consumo.

Como sugestão para aprimoramentos do sistema, pode-se analisar aspectos que não foram explorados neste estudo, tais como: estudos para monitorar a eficiência energética, a fim de prever possíveis falhas do sistema ou perdas consideráveis de energia. Além deste, sugere-se construção de estrutura de cobertura para toda área do estacionamento, na qual serão instalados os painéis

fotovoltaicos. Como ainda, alugar área para implantar sistema de geração de energia necessário para abater totalmente o consumo de energia elétrica da faculdade.

## 5. REFERÊNCIAS

ANEEL, **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

BALFAR SOLAR. **Painéis Solares**. Disponível em: <<https://balfarsolar.com.br/services/paineis-solares/>>. Acesso em: 01 jun. de 2023.

BALFOUR, John. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788521635314. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521635314/>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRITO, Tiago H. Azevedo. **ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA LIGADA À REDE, NO IFPB, CAMPUS PRINCESA ISABEL**. Orientador: Karoline Fernandes. TCC, (Especialização) - Gestão Ambiental de Municípios. IFPB, Campus Princesa Isabel. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/bitstream/>>. Acesso em: 13 abr. de 2023.

GROWATT. **Inversores Fotovoltaicos On-Grid**. Disponível em: <<https://br.growatt.com/products>> . Acesso em: 01 jun. de 2023

Nascimento, Adriana de Souza. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: ESTUDO E VIABILIDADE NO NORDESTE BRASILEIRO**. Orientador: Ricardo Moreira. TCC, (Pós-Graduação) - Engenharia de Produção. UFPB. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8153/2/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 13 abr. de 2023.

PORTAL DO GOVERNO DA PARAÍBA, **Paraíba Vem Se Destacando Na Produção De Energias Renováveis**. Disponível em:

<<https://paraiba.pb.gov.br/noticias/paraiba-se-destaca-na-producao-de-energias-renovaveis-e-contribui-para-preservacao-ambiental>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

PORTAL SOLAR, **Sistema Solar On Grid (Conectado à Rede)**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/sistema-solar-conectado-a-rede-on-grid>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

PORTAL SOLAR, **História e origem da Energia Solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

SERAFIM, I. **Sistema off-grid, como funciona?** Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/sistema-off-grid-como-funciona/>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015, pag. 8-15. Disponível em: <[www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos)>. Acesso em: 12 de abr. de 2023.

VIAN, Ângelo. **Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações**. Editora Blucher, 2021. E-book. ISBN 9786555500592. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555500592/>>. Acesso em: 12 abr. 2023.