

**INSTITUTO FEDERAL**

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

IURY MATHEUS DE LIRA URSULINO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO UTILIZANDO PVSYST:  
ESTUDO DE CASO REAL DE CLIENTE DO GRUPO A**

João Pessoa

2024

IURY MATHEUS DE LIRA URSULINO

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO UTILIZANDO PVSYS:  
ESTUDO DE CASO REAL DE CLIENTE DO GRUPO A

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Orientador: Álvaro de Medeiros Maciel, Doutor

João Pessoa  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

U82d Ursulino, Iury Matheus de Lira.

Dimensionamento de um sistema fotovoltaico utilizando  
PVSYST : estudo de caso real de cliente do grupo A / Iury  
Matheus de Lira. - 2024.

47 f. :il.

TCC (Graduação – Bacharelado em Engenharia Elétrica) –  
Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica  
de Controle e Processos Industriais / Coordenação do Curso  
Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2024.

Orientação : Prof<sup>o</sup>. Dr. Álvaro de Medeiros Maciel.

1.Dimensionamento de sistema fotovoltaico on-grid. 2.Sof-  
tware PVSYST. 3. Eficiência energética. 4. Geração distribuí-  
da. 5. Indústrias. I. Título.

CDU 620.91:004.41(043)

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO UTILIZANDO PVSYST:  
ESTUDO DE CASO REAL DE CLIENTE DO GRUPO A

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Trabalho Aprovado em 29 / 11 / 2024 pela banca examinadora:



Documento assinado digitalmente  
**FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA**  
Data: 10/12/2024 15:48:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Franklin Martins Pereira Pamplona, Doutor.

Examinador, IFPB



Documento assinado digitalmente  
**JOSE ARTUR ALVES DIAS**  
Data: 12/12/2024 12:33:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

José Artur Alves Dias, Doutor.

Examinador, IFPB



Documento assinado digitalmente  
**ALVARO DE MEDEIROS MACIEL**  
Data: 10/12/2024 15:20:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Álvaro de Medeiros Maciel, Doutor

Orientador, IFPB

À Deus.

À minha família, em especial minha mãe.

À minha namorada.

## **AGRADECIMENTOS**

Sem dúvidas que estes parágrafos a seguir não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já, peço desculpas àqueles que não estão mencionados diretamente nestas palavras, mas tenham certeza de que fazem parte do meu pensamento e da minha gratidão.

Não poderia começar agradecendo a outras pessoas sem mencionar, primeiramente, a minha mãe, Maria Izabel, exemplo de ser humano e mãe. Obrigado por sempre acreditar em mim, especialmente nas vezes em que eu mesmo deixei de acreditar. Obrigado por deixar claro que o ensino e as amizades são as maiores heranças que podemos levar na vida. Sei o sacrifício que a senhora fez para que este objetivo fosse alcançado. Mais uma vez, obrigado.

Agradeço, de forma especial, à minha namorada, Jhenyffer Soares, compartilhando comigo não apenas momentos de alegria, mas também os desafios e aprendizados dessa jornada. Você esteve presente em minha transição de adolescente para homem, sempre me incentivando a crescer, acreditando em mim e me ajudando a perseguir meus sonhos. Sua paciência, companheirismo e amor foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Este trabalho também é uma conquista sua, pois muito do que sou hoje se deve à sua presença em minha vida.

A todos os amigos que fiz antes e durante o curso, em especial a Daniel Sarmiento, você é a prova de que ninguém se forma sozinho, e sua amizade será eterna. A todos os outros amigos, admiro imensamente os profissionais que estão se tornando, e é uma honra ter participado dessa trajetória com vocês. Um agradecimento especial a Anderson, Gabriel, Lucas, Leomin, Xandão, Victor Herbert, Lucila, Thay, Ivis, que dividiram comigo boa parte desses últimos longos anos.

Por fim, ao meu orientador, Prof. Dr. Álvaro de Medeiros Maciel, agradeço por ter acompanhado e contribuído com a concretização deste processo. Também agradeço aos membros da banca pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições.

## RESUMO

Atualmente, vivemos um contexto onde a busca por fontes de energia renováveis e sustentáveis deixou de ser uma tendência para se tornar uma necessidade. A energia solar, em particular, tem ganhado destaque, especialmente no Brasil, que possui uma das maiores incidências de irradiação solar do mundo, com destaque para a região Nordeste. Este trabalho apresenta o estudo e o dimensionamento de um sistema fotovoltaico on-grid aplicado a uma indústria têxtil localizada em João Pessoa-PB, utilizando o software PVSyst como ferramenta principal. A pesquisa baseou-se em dados obtidos in loco, incluindo informações sobre a instalação elétrica e o perfil de consumo energético da empresa, bem como a análise das condições climáticas locais, com foco na irradiação solar da região. O objetivo foi desenvolver uma solução técnica e economicamente viável para reduzir os custos energéticos da indústria e aumentar sua eficiência energética, considerando as particularidades do setor industrial. Para isso, foram realizadas simulações no PVSyst, avaliando variáveis como irradiação solar, sombreamento, temperatura dos módulos e perdas elétricas. O estudo ressalta a importância de ferramentas de simulação no planejamento de sistemas fotovoltaicos, permitindo maior precisão no dimensionamento e contribuindo para o desenvolvimento sustentável do setor energético.

**Palavras-chave:** Dimensionamento. PVSyst. Eficiência energética. Geração distribuída. Indústrias.

## **ABSTRACT**

Currently, we live in a context where the search for renewable and sustainable energy sources has transitioned from being a trend to becoming a necessity. Solar energy, in particular, has gained prominence, especially in Brazil, which has one of the highest solar irradiation levels in the world, with the Northeast region standing out. This study presents the analysis and design of an on-grid photovoltaic system applied to a textile industry located in João Pessoa, PB, using the PVSyst software as the primary tool. The research was based on data collected in loco, including information about the electrical installation and the company's energy consumption profile, as well as an analysis of local climatic conditions, with a focus on the region's solar irradiation. The objective was to develop a technically and economically viable solution to reduce the industry's energy costs and improve its energy efficiency, considering the specific characteristics of the industrial sector. To achieve this, simulations were carried out using PVSyst, evaluating variables such as solar irradiation, shading, module temperature, and electrical losses. The study highlights the importance of advanced simulation tools in the planning of photovoltaic systems, enabling greater precision in design and contributing to the sustainable development of the energy sector.

**Keywords:** Sizing. PVSyst. Energy efficiency. Distributed generation. Industries.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico da evolução da energia solar no Brasil.....	16
Figura 2. Sistema fotovoltaico residencial. ....	18
Figura 3. Irradiação solar da região. ....	20
Figura 4. Software PVSyst. ....	24
Figura 5. Vista aérea do empreendimento.....	26
Figura 6. Transformador de tensão 500kVA.....	27
Figura 7. Transformador reserva de 300 kVA.....	27
Figura 8. Medidor elétrico da indústria.....	28
Figura 9. Cenário 3D do empreendimento.....	35
Figura 10. Disposição dos módulos no espaço viável do empreendimento. ....	38
Figura 11. Relatório do PVSyst.....	39
Figura 12. Diagrama de perdas. ....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrão de consumo do empreendimento.....	29
Tabela 2. Consumo ponta ajustado. ....	30
Tabela 3. Irradiação solar da cidade de João Pessoa - PB.....	32
Tabela 4. Comparativo simplificado de dados de dimensionamento simulado e convencional. ....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica SA
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
HSP	Horas de Sol Pleno
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
kVA	Kilovoltampere
kWh	Kilowatt-hora
kWh/m <sup>2</sup>	Kilowatt-hora por metro quadrado
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NR	Norma Técnica
PB	Paraíba
PIS/PASEP	Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PR	Índice de Performance
W/m <sup>2</sup>	Watts por metro quadrado
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UC	Unidade Consumidora
UV	Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>12</b>
1.1. Objetivos .....	14
<b>1.1.1. Objetivo geral.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
2.1. Energia Fotovoltaica no Brasil .....	15
2.2. Expansão do Mercado de Energia Solar <i>on-grid</i> .....	17
<b>2.2.1. Equipamentos .....</b>	<b>17</b>
2.3. Estudos de expansão .....	19
2.4. Regulamentações.....	20
2.5. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos .....	21
<b>2.5.1. Conceitos e Aproximações .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2. Simulação .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.3. PV Syst.....</b>	<b>24</b>
<b>3. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO .....</b>	<b>25</b>
3.1. Características Gerais .....	25
3.2. Instalação elétrica do empreendimento .....	26
3.3. Perfil de consumo energético do empreendimento.....	28
3.4. Irradiância solar da região .....	31
3.5. Dimensionamento da usina .....	33
3.6. Área disponível para implantação da usina .....	35
<b>4. Análise dos dados simulados .....</b>	<b>37</b>
4.1. Resultados da Simulação no PVSYST .....	37
4.2. Impacto econômico .....	42
<b>5. Considerações Finais .....</b>	<b>44</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por fontes de energia renováveis e sustentáveis tem impulsionado o desenvolvimento e a adoção de tecnologias que aproveitam recursos naturais, como a energia solar (PEREIRA, *et al*, 2017). No contexto industrial, onde os custos com eletricidade representam uma parcela significativa das despesas operacionais, a implementação de sistemas fotovoltaicos se destaca como uma solução promissora para reduzir esses custos e melhorar a eficiência energética. A energia solar fotovoltaica, além de ser uma fonte limpa e renovável, tem se mostrado uma alternativa economicamente viável, especialmente em regiões de alta incidência solar, como o Nordeste do Brasil (PEREIRA, *et al*, 2017).

A indústria, por sua vez, enfrenta desafios relacionados ao gasto elevado com o consumo energético, o que torna essencial a busca por formas de otimizar esse custo e reduzir a dependência das concessionárias de energia elétrica. Nesse cenário, o investimento em sistemas de geração distribuída, como os sistemas fotovoltaicos *on-grid*, surge como uma solução estratégica para aumentar a competitividade e reduzir os impactos financeiros decorrentes das variações tarifárias e do aumento dos custos com energia. Além disso, a adoção de tecnologias sustentáveis, como a energia solar, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, posicionando as empresas em conformidade com as exigências ambientais e regulatórias.

A análise da viabilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos em indústrias tem se mostrado essencial para otimizar o consumo energético e reduzir custos operacionais, especialmente em locais com alta incidência solar, como no nordeste do Brasil. A utilização de ferramentas computacionais como o software PVSyst permite a realização de simulações detalhadas, levando em consideração variáveis fundamentais como irradiação solar, temperatura, sombreamento e perdas elétricas.

O PVSyst é uma ferramenta amplamente utilizada para o dimensionamento e a simulação de sistemas fotovoltaicos, permitindo uma análise precisa do desempenho do sistema e uma estimativa confiável da geração de energia. Com base nos dados fornecidos ao *software*, é possível avaliar a viabilidade técnica e econômica do projeto, além de identificar os benefícios financeiros que a implementação do sistema dimensionado no *software* trará para o cliente.

O dimensionamento adequado de um sistema fotovoltaico é crucial para garantir que a geração de energia atenda às necessidades do consumidor e maximize o

retorno sobre o investimento. Erros podem comprometer a eficiência do sistema e, conseqüentemente, o retorno financeiro do projeto.

O presente trabalho consiste em um estudo de caso de um galpão industrial têxtil de média tensão localizado no município de João Pessoa – PB, através do método qualitativo e explicativo, no qual o autor realizou pesquisas de campo e teóricas a fim de obter os resultados apresentados. As visitas de campo foram realizadas no mês de agosto de 2022.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram realizadas visitas técnicas, nas quais obteve-se fotos, dados e informações sobre a instalação elétrica e o funcionamento da empresa a fim de compreender a demanda energética em questão. Com essas informações, foi realizado um estudo do local e das instalações existentes, bem como do perfil de consumo energético do empreendimento a partir de um levantamento das contas de energia elétrica dos últimos 12 meses anteriores ao mês de agosto de 2022.

Assim, após verificar as necessidades energéticas da empresa, foi realizado um histórico da radiação solar do local por meio da base de dados *SunData* versão 3.0 com atualização em 2018, fornecida pela CRESESB em parceria com o CEPEL. Em seguida, foi realizado o levantamento da área disponível para a implantação da usina por meio de um cenário 3D construído no *software* PVSyst a partir dos dados coletados em campo, tendo em vista que não foi possível obter a planta baixa do imóvel.

Dessa forma, foi possível dimensionar o sistema de acordo com a demanda energética do empreendimento. Por fim, foi feita uma análise de impacto econômico da usina em questão usando uma equação comercial, a qual foi comparada com os resultados obtidos no relatório do PVSyst.

Este estudo busca não apenas dimensionar um sistema fotovoltaico, mas também fornecer uma análise detalhada das variáveis envolvidas no processo, com o objetivo de otimizar o uso dos recursos disponíveis e garantir que o sistema proposto traga benefícios econômicos relevantes para a indústria. Através da simulação no PVSyst e da análise dos dados obtidos, será possível propor um sistema fotovoltaico extremamente otimizado dimensionado para atender a demanda em estudo.

## 1.1. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal realizar o dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma indústria localizada no município de João Pessoa, Paraíba, utilizando o software de simulação PVSyst. A proposta visa destacar as vantagens de se empregar uma ferramenta computacional precisa no processo de dimensionamento, proporcionando uma comparação com as metodologias tradicionais adotadas pelas empresas do setor. A experiência do autor, inserido no meio industrial, contribui para a análise prática e contextualizada deste estudo.

### 1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é **compreender a implementação de um sistema fotovoltaico on-grid** em uma indústria de médio porte, conectada à rede de média tensão, localizada em João Pessoa, PB. Para isso, será utilizado o *software* PVSyst, buscando identificar a melhor relação custo-benefício para o consumidor, levando em consideração os fatores técnicos e financeiros relacionados ao projeto.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Dimensionar um sistema fotovoltaico de minigeração utilizando o software PVSyst;
- Realizar a simulação da geração energética do sistema, considerando as variáveis locais e operacionais;
- Apresentar os métodos e conceitos utilizados para o dimensionamento do sistema;
- Indicar as melhores alternativas para otimizar o aproveitamento do sistema fotovoltaico;
- Realizar uma análise do impacto econômico do projeto, considerando a operação do sistema ao longo do tempo;
- Identificar possíveis falhas, limitações e pontos de melhoria no projeto estudado.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de dar seguimento com o estudo de caso, é importante fazer um levantamento teórico a cerca de geração de energia solar no Brasil.

### 2.1. Energia Fotovoltaica no Brasil

O crescimento do mercado de geração distribuída teve início no primeiro leilão brasileiro de cota pública para instalação de energia solar fotovoltaica, realizado no Estado de Pernambuco, em 2013, o qual deu notoriedade ao mercado fotovoltaico que estava se desenvolvendo lentamente naquela época (ABSOLAR, 2020).

Dez anos depois, o cenário é completamente diferente, onde a energia solar fotovoltaica é tão popular, se não mais, que a hidroelétrica, e os leilões de lotes acontecem anualmente liderando a expansão energética brasileira. Segundo relatório divulgado pelo Ministério de Minas e Energia, o Brasil teve a expansão da capacidade instalada da matriz elétrica aumentada em 7 Gigawatts (GW), entre janeiro e agosto de 2023, com 6,2 GW desse total vindo das fontes solar e eólica (BRASIL, 2023).

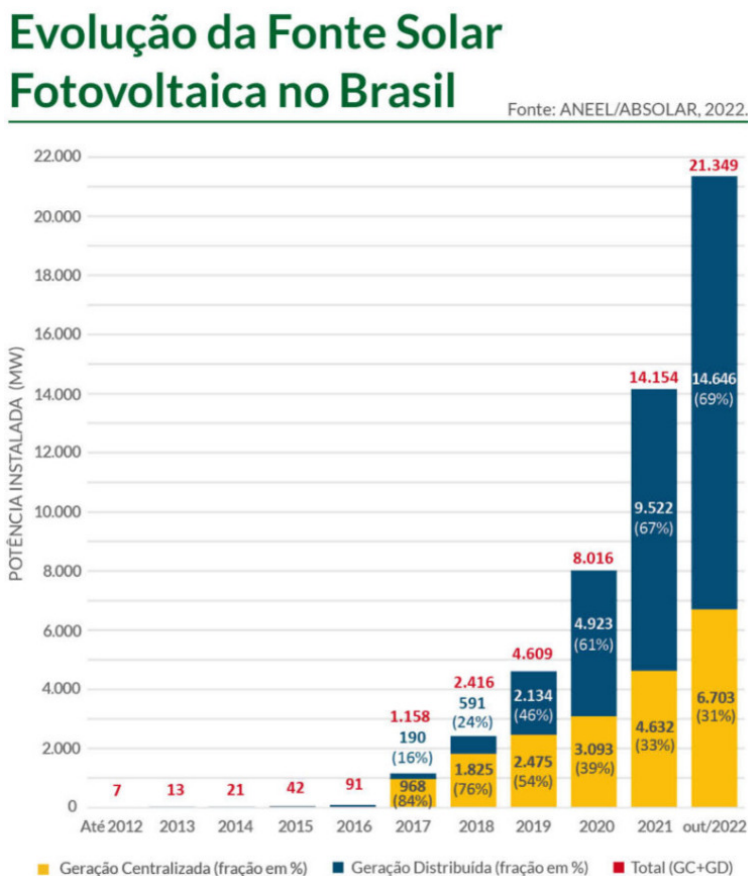
Dentre outros fatores, a expansão da matriz elétrica brasileira atualmente está sendo feita, conforme os dados citados, quase que em sua totalidade utilizando como fonte de geração a energia solar e a eólica. Isso ocorre devido a popularização do mercado de equipamentos dessas tecnologias que tornaram o custo por kWh e tempo de implantação mais atrativo do que o cotado na construção de novas usinas hidrelétricas, aliada ao fato de que o impacto ambiental dessas tecnologias também é bem menor do que os das áreas inundadas utilizadas na represa das hidrelétricas (BOGMANS, 2019).

É importante salientar que todas as formas de geração até então citadas são de sistema do tipo *on-grid*, ou seja, conectados diretamente à rede elétrica com nenhum armazenamento em baterias, tudo que é gerado é injetado diretamente. Este é o modelo mais utilizado no Brasil e no mundo devido a independência de baterias, que atualmente possuem um custo elevado quando em comparação com os demais componentes de um sistema de geração fotovoltaica (HASSAINE, et al., 2014).

Além das usinas vindas de leilões para atender de forma direta o Sistema Interligado Nacional(SIN), as chamadas *gerações centralizadas*, é fundamental citar o papel cada vez mais crescente da mini e microgeração distribuída, como mostra a Figura 1.



Figura 1. Gráfico da evolução da energia solar no Brasil.



Fonte: ANEEL, ABSOLAR, 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/>>.

A microgeração e a minigeração distribuída são formas de produção de energia renovável, geralmente solar ou eólica, em pequena escala, através das quais o consumidor produz a própria energia e, se houver excedente, pode injetar essa eletricidade na rede elétrica, recebendo créditos, que são computados pela concessionária de energia elétrica para que sejam utilizados abatendo o consumo da unidade consumidora na conta de luz. Ambas as modalidades de geração estão previstas na legislação brasileira, com regras e limites específicos que determinam suas potências máximas e os direitos dos consumidores que aderem a esses sistemas (BRASIL, 2024).

A Microgeração distribuída é caracterizada por sistemas com potência instalada de até 75 kW (BRASIL, 2024). Isso significa que esses geradores de energia são, na maioria das vezes, residências, pequenos comércios ou até mesmo pequenas indústrias que instalaram painéis solares, aerogeradores ou outras tecnologias renováveis em menor escala. A microgeração permite que o consumidor produza energia suficiente para seu consumo e, quando gera mais do que utiliza, o excedente

é injetado na rede elétrica da distribuidora local. Um dos principais benefícios da microgeração é a possibilidade de utilizar os créditos de energia gerados pelo excedente para abater o consumo em meses subsequentes. Esse crédito pode ser usado em até 60 meses e também pode ser transferido para outras unidades consumidoras sob a mesma titularidade.

A Minigeração distribuída, por outro lado, é destinada a sistemas de maior porte, com potência instalada entre 75 kW e 3 MW (BRASIL, 2024). Essa categoria é frequentemente utilizada por grandes comércios, indústrias, fazendas ou cooperativas, que possuem uma demanda de energia maior do que os consumidores residenciais. A minigeração segue as mesmas regras da microgeração quanto ao uso de créditos e injeção de excedente na rede, porém, devido ao tamanho das instalações, os projetos de minigeração envolvem maior investimento inicial e processos de homologação mais complexos, incluindo a necessidade de solicitação prévia à concessionária de energia (BRASIL, 2024).

Em termos de potência, a principal diferença entre as duas modalidades é o limite superior da capacidade instalada. Enquanto a microgeração é restrita a sistemas menores de até 75 kW, a minigeração pode chegar a 3 MW, o que é significativamente maior e permite atender a consumidores com demandas energéticas mais elevadas, como fábricas ou grandes centros comerciais.

## 2.2. Expansão do Mercado de Energia Solar *on-grid*

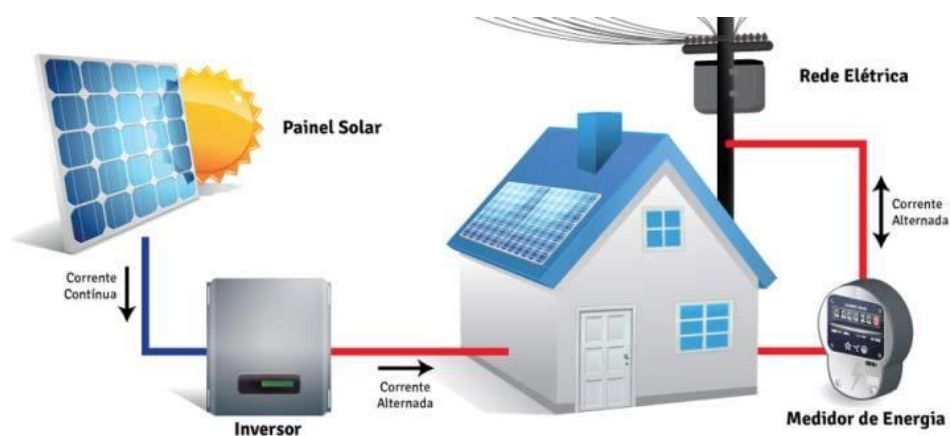
O mercado de energia solar cresceu bastante nos últimos anos também devido a alta rentabilidade que a geração de energia traz a qualquer empreendimento. Tendo em vista que normalmente o investimento inicial em sistemas fotovoltaicos se paga em menos de 5 anos (UENO, 2023), e somado ao fato da garantia longa oferecida pelos fabricantes dos equipamentos, torna este um investimento rápido e seguro.

### 2.2.1. Equipamentos

Um sistema fotovoltaico é composto por diversos componentes que trabalham juntos para converter a luz solar em eletricidade, como mostra a Figura 2. O primeiro, e talvez mais conhecido, desses componentes é o painel solar fotovoltaico. Ele é formado por células fotovoltaicas que captam a energia do sol e a transformam em

corrente elétrica. As células são feitas de materiais semicondutores, como o silício, que geram eletricidade quando expostos à luz (EUA, 2021). Esses painéis são projetados para durar várias décadas, geralmente entre 25 e 30 anos, e têm poucas peças móveis, o que contribui para sua longevidade (KAMRAN, 2023). Além disso, são fabricados com camadas protetoras que evitam danos causados por intempéries, como chuva e radiação UV, aumentando ainda mais sua durabilidade.

**Figura 2. Sistema fotovoltaico residencial.**



Fonte: CUNHA; SANTOS; FREITAS *apud* Soletrol, 2018.

Outro componente essencial é o inversor. Ele converte a corrente contínua (CC), gerada pelos painéis, em corrente alternada (CA), que é a forma de eletricidade utilizada na maioria dos aparelhos elétricos e residências. O inversor desempenha um papel fundamental no sistema, pois, sem essa conversão, a energia gerada pelos painéis não poderia ser utilizada diretamente.

Os inversores modernos são desenvolvidos com alta tecnologia para resistir ao desgaste do tempo e ao uso constante. Assim, embora tenham uma vida útil um pouco menor que a dos painéis, são bastante duráveis, com um tempo médio de duração de 10 a 15 anos (KABALCI, 2020).

O sistema de fixação dos equipamentos é outro elemento essencial que muitas vezes é subestimado. Ele mantém os painéis solares fixos no lugar, seja no telhado ou no solo. Esse sistema precisa ser extremamente resistente, pois deve suportar ventos fortes, chuvas e outras condições climáticas adversas, sem comprometer a eficiência ou a segurança do sistema fotovoltaico. Materiais como alumínio e aço inoxidável são frequentemente utilizados nas estruturas de suporte devido à sua alta

resistência à corrosão e capacidade de suportar cargas pesadas, o que alinha corretamente a alta durabilidade dos componentes mecânicos com o dos eletrônicos que compõem o sistema.

### 2.3. Estudos de expansão

Estudos e levantamentos geográficos, como o Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram fundamentais para mapear as regiões com maior incidência de radiação solar no país.

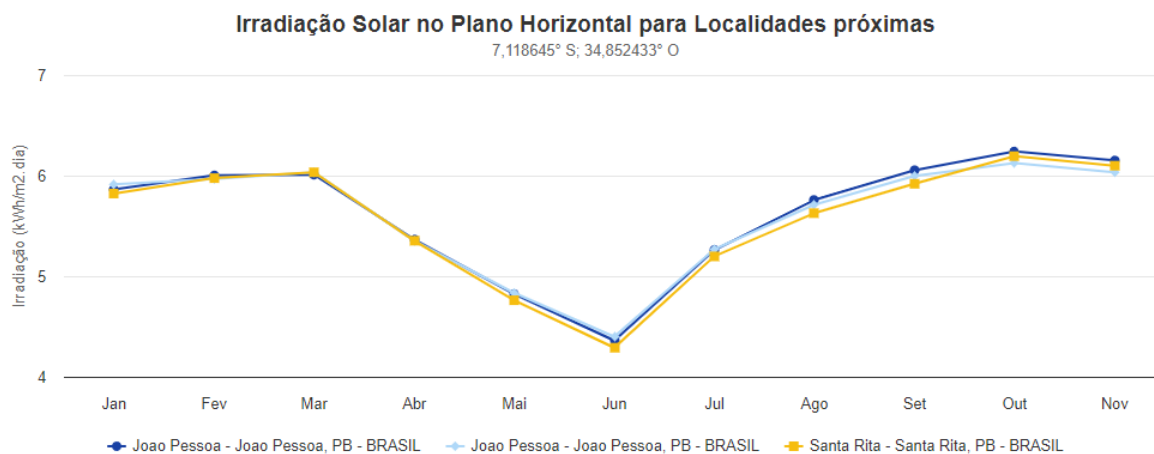
O atlas, revisado pela última vez em 2017, revela que o Brasil possui uma das melhores irradiações solares do mundo, com níveis que variam de 4,25 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup> por dia (PEREIRA; *et al*, 2017). Valores significativamente superiores aos observados em países europeus que são grandes produtores de energia solar. Essa vasta disponibilidade de radiação colocou o Brasil em uma posição privilegiada para expandir sua matriz energética com base na energia fotovoltaica, tendo um kWh produzido bem mais econômico que os países europeus.

O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (Cresesb), uma instituição de pesquisa vinculada à Eletrobras, também realizou importantes estudos voltados à promoção e desenvolvimento dessas fontes renováveis. O Cresesb acompanha a evolução dos projetos solares e eólicos no Brasil e mantém uma base de dados atualizada com maior frequência sobre a capacidade instalada e o crescimento anual dessas fontes de energia (CRESESB, 2008). Além disso, ele fornece informações sobre a irradiação solar de uma determinada região, de acordo com a coordenada geográfica, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Irradiação solar da região.

Latitude: 7,118645° S  
Longitude: 34,852433° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta			
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set			Out	Nov	Dez
<input checked="" type="checkbox"/>	Joao Pessoa	Joao Pessoa	PB	BRASIL	7,101° S	34,849° O	2,0	5,86	6,00	6,01	5,37	4,82	4,36	4,47	5,26	5,76	6,05	6,24	6,15	5,53	1,88
<input checked="" type="checkbox"/>	Joao Pessoa	Joao Pessoa	PB	BRASIL	7,201° S	34,849° O	9,2	5,91	5,97	6,03	5,35	4,83	4,40	4,48	5,27	5,71	6,00	6,13	6,03	5,51	1,73
<input checked="" type="checkbox"/>	Santa Rita	Santa Rita	PB	BRASIL	7,101° S	34,949° O	10,8	5,82	5,98	6,03	5,35	4,76	4,29	4,41	5,20	5,63	5,92	6,19	6,10	5,47	1,91



Fonte: Potencial Solar – SunData v 3.0. CRESESB, 2018. Disponível em: <  
<https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>.

## 2.4. Regulamentações

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) iniciou a regulação da GD de forma prematura por meio da Resolução Normativa nº 482, sendo posteriormente atualizada pela Resolução nº 687 de 2015. A Resolução nº 687 foi mais abrangente legalmente, ampliando o escopo da GD ao permitir a criação de geração compartilhada, cooperativas de geração e consumidores remotos, o que flexibilizou e popularizou ainda mais o acesso a esse modelo (ANEEL, 2015).

Popularizou tanto que o intenso crescimento da geração distribuída começou a causar problemas de excesso de injeção de energia na rede das distribuidoras, o que demandou uma resolução mais firme e que incluísse as mudanças em obras de rede necessárias para lidar com os problemas trazidos por esse novo paradigma. A aprovação da Lei nº 14.300/2022 trouxe mudanças significativas para a geração distribuída (BRASIL, 2023). O Marco Legal da Geração Distribuída estabeleceu novas regras para a compensação de energia e criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), que unifica a gestão dos créditos gerados. A principal alteração introduzida pela lei foi a criação de uma tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), que será gradualmente cobrada sobre a energia gerada pelos sistemas de

GD instalados a partir de 2023 (BRASIL, 2023). Essa medida visa distribuir de forma mais justa os custos do sistema elétrico, uma vez que os consumidores com GD não pagavam integralmente pela infraestrutura que utilizavam para exportar energia excedente.

As regulamentações da GD no Brasil têm evoluído com o tempo, incentivando a adoção de energia renovável, especialmente solar, ao mesmo tempo que buscam equilibrar os custos de manutenção do sistema elétrico. A Lei 14.300 é um marco nessa evolução, introduzindo uma tarifa de operação para os usuários do sistema de compensação remota, que utilizavam as redes das distribuidoras até então sem custo. Outro ponto é que ela abriu precedentes para um debate mais aprofundado em relação ao impacto negativo da GD em todos os níveis do sistema elétrico. Isso causou mudanças na Resolução Normativa da ANEEL nº 1000/2021, que além de definir o direito dos consumidores a geração distribuída, foi atualizada para incorporar mais especificamente a necessidade de estudos elétricos para implantação de sistemas fotovoltaicos (ANEEL, 2021).

## 2.5. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos

Considerando as novas regulamentações da geração distribuída, mais do que nunca, é preciso avaliar bem o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para que a geração implantada atenda da melhor forma as necessidades do cliente. Além de ficar atento as taxações e impostos, tais como ICMS, contribuição de iluminação pública, PIS/COFINS e as novas TUSD, o dimensionamento fotovoltaico deve considerar outros fatores regulatórios, como o regime de tarifação em que o cliente é enquadrado e o perfil de carga da demanda de energia elétrica(horário de consumo).

### 2.5.1. Conceitos e Aproximações

Os conceitos básicos envolvidos no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos começam pela compreensão da radiação solar disponível no local de instalação. O potencial de geração de energia depende da quantidade de luz solar que atinge os módulos ao longo do dia, o *hsp* que são as horas de sol pleno, que assim como a compreensão da irradiação, são disponibilizados por intuições governamentais em ferramentas como o Atlas Geográfico Solar ou em plataformas como o CRESESB. Outro conceito importante é o fator de desempenho do sistema, que leva em

consideração perdas por sombreamento, temperatura, e eficiência dos componentes (SILVA, 2023). Por exemplo, sistemas instalados em regiões com altas temperaturas podem ter sua eficiência reduzida, pois os módulos fotovoltaicos tendem a operar melhor em temperaturas mais amenas. Além disso, é importante considerar a degradação dos módulos fotovoltaicos ao longo dos anos. Os painéis sofrem uma redução gradual de eficiência, geralmente em torno de 0,5% ao ano, o que deve ser levado em conta para garantir que o sistema continue atendendo às necessidades do usuário ao longo de sua vida útil.

Diante de tantas variáveis possíveis envolvidas na geração de um sistema solar fotovoltaico, fica difícil estimar precisamente a sua geração, o que atrapalha o dimensionamento da quantidade de módulos fotovoltaicos e na escolha do inversor, o que conseqüentemente impacta no custo global de implantação. Em sistemas fotovoltaicos residenciais essa problemática é minimizada, pois comercialmente, utiliza-se algumas equações, como a Equação 1, que serve para dimensionar de forma simplificada a geração de um sistema fotovoltaico convencional:

(1)

$$kWh = \frac{Wp \times Cm \times fd \times hsp}{1000}$$

Onde:

kWh = kilowatt hora; geração desejada para abatimento na conta de energia.

Wp = watt pico; potência somada dos módulos necessária para atingir a geração em kWh.

Cm = Ciclo de medição; quantidade de dias necessários para que uma fatura seja gerada pela concessionária de energia elétrica.

fd = fator de desempenho; variável utilizada para incluir perdas por temperatura, variabilidades climáticas, ângulo de irradiação e demais perdas (empresas de geração de orçamento automático comerciais utilizam o fator de 0,85 para a região nordeste do Brasil).

hsp = horas de sol pico; quantidade de efetiva de irradiação direta média em uma determinada localidade.

É evidente que, no processo de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos de maior porte, esta equação simplificada estará condenada ao erro. Uma vez que as variáveis de perdas crescem conforme mais módulos e inversores vão sendo

acrescentados ao sistema, e diante da quantidade não há controle nenhum do impacto isolado dessas perdas, logo, a soma delas acaba representando uma falha orçamentária expressiva, resultando em uma geração que não corresponde às expectativas iniciais do projetista.

Por conseguinte, em simulações de maior porte, são utilizadas ferramentas computacionais que lidam de forma mais precisa com todas essas variáveis, proporcionando uma estimativa mais confiável da geração das usinas fotovoltaicas.

### **2.5.2. Simulação**

A simulação é uma etapa necessária no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, pois permite prever o desempenho técnico e econômico de um projeto em condições próximas das reais de operação. O software PVSyst, amplamente utilizado no setor, foi utilizado neste presente estudo devido à sua precisão no cálculo de variáveis como irradiância solar, sombreamento e perdas térmicas. Entretanto, outras ferramentas como o PVSOL e o SolarEdge Designer também oferecem recursos relevantes que podem ser considerados dependendo das necessidades do projeto.

O PVSOL, por exemplo, destaca-se por sua modelagem 3D detalhada, que facilita a análise do impacto de sombras em diferentes épocas do ano, além de permitir a simulação de sistemas híbridos com baterias. Seu custo, no entanto, é elevado, com licenças que variam de 840 a 1.200 euros, o que pode torná-lo menos acessível para pequenas empresas ou usuários individuais. Por outro lado, o SolarEdge Designer, é uma ferramenta gratuita baseada em nuvem, ela é otimizada para projetos que utilizam inversores e componentes da marca SolarEdge. Ele oferece vantagens como uma interface intuitiva, acesso direto a dados meteorológicos globais e integração perfeita com os produtos da marca, simplificando o planejamento do sistema e facilitando o tempo de projeto. No entanto, seu uso é restrito aos sistemas baseados em componentes SolarEdge, limitando sua aplicação em projetos que utilizam equipamentos de outros fabricantes. Embora gratuita, essa dependência do ecossistema SolarEdge pode implicar em custos mais elevados na implementação, especialmente em comparação com soluções mais flexíveis, como o PVSyst e o PVSOL. Assim, enquanto o PVSOL e o SolarEdge Designer apresentam recursos úteis para determinados contextos, o PVSyst continua sendo a melhor escolha para

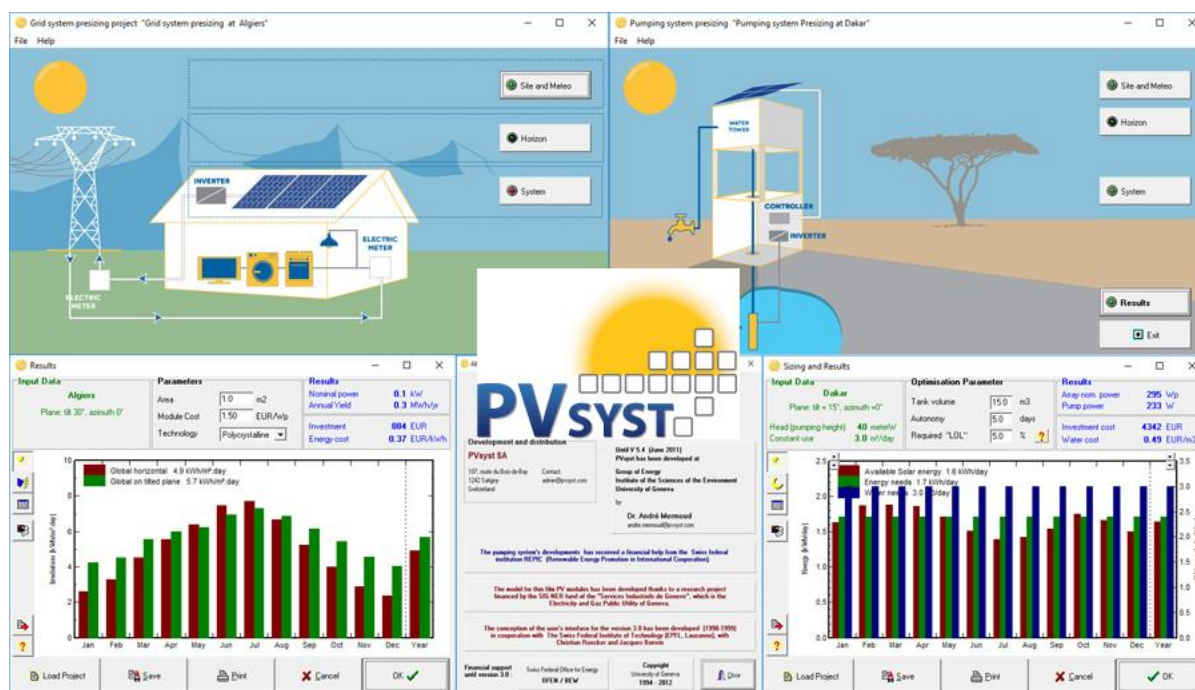


projetos complexos e de grande escala, como o caso deste estudo, oferecendo maior detalhamento técnico e tendo uma maior flexibilidade.

### 2.5.3. PV Syst

O PVSyst utiliza dados meteorológicos de diversas localidades, permitindo que o projetista simule o comportamento do sistema em condições aproximadas do ambiente de operação, como mostra a Figura 4. Ele também leva em consideração variáveis como a orientação e inclinação dos painéis, perdas por sombreamento, eficiência dos inversores, entre outros fatores. Com o uso de simulações no PVSyst, é possível otimizar o dimensionamento do sistema, ajustando cada componente para maximizar a produção de energia (MERMOUD; LEJUENE, 2010).

Figura 4. Software PVSyst.



Fonte: PVSyst. Disponível em: < <https://www.pvsyst.com/> >.

O PVSyst permite a análise de projetos conectados à rede (*on-grid*), isolados (*off-grid*), híbridos e de sistema de bombeamento com células fotovoltaicas, oferecendo flexibilidade para diferentes aplicações.

Nos sistemas conectados à rede, o software simula a geração de energia e a interação com a rede elétrica, considerando fatores como a irradiação solar,

sombreamento e eficiência dos inversores. Isso ajuda a prever a quantidade de energia gerada e os créditos de compensação na rede.

Para sistemas isolados (*off-grid*), o PVSyst simula o dimensionamento de baterias e outros componentes necessários para garantir o fornecimento de energia em locais sem conexão à rede elétrica. Ele analisa o desempenho das baterias e a capacidade do sistema em atender a demanda energética, levando em conta a variação da radiação solar.

A simulação de sistemas híbridos combinam energia solar com outras fontes, como geradores eólicos. Isso permite otimizar o uso de diferentes fontes de energia para garantir maior eficiência e continuidade no fornecimento.

O PVSyst oferece uma abordagem completa para o planejamento de sistemas fotovoltaicos em diferentes contextos, otimizando seu desempenho e a economia gerada.

### **3. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO**

Este capítulo trará uma apresentação do local estudado no presente trabalho, abordando suas características gerais elétricas, como também, um breve estudo sobre a horas de sol pleno (HSP).

#### **3.1. Características Gerais**

O empreendimento analisado neste trabalho trata-se de um galpão industrial têxtil localizado na cidade de João Pessoa – PB. Para o dimensionamento desta usina foi preciso realizar uma coleta minuciosa e precisa dos dados e dos fatores que interferem na geração, como as condições do local escolhido, o estado do telhado e se será necessário alterações em sua estrutura, além do possível potencial para a geração fotovoltaica. Vale salientar a importância da descrição completa do local escolhido, assim como seus parâmetros de exposição, ângulos e a ocorrência de possível sombreamento para que, com base nesses fatores, o projeto seja executado e a instalação do sistema fotovoltaico ocorra de forma eficaz e otimizada.

A área total da indústria é de 6.059,78 m<sup>2</sup>, sendo 3.206,54 m<sup>2</sup> de área construída, constituída por várias seções administrativas (escritórios, cozinha, área de bem estar, vestiários, refeitório), galpões, depósitos, abrigos e garagens. O seu entorno é caracterizado em sua maior parte por rodovias de acesso, além de um galpão de distribuição de materiais de fibra de algodão. A Figura 5 traz uma visão aérea do

estabelecimento e do seu entorno.

**Figura 5. Vista aérea do empreendimento.**



Fonte: Google Earth

### 3.2. Instalação elétrica do empreendimento

A instalação elétrica do empreendimento possui uma subestação abrigada, com dois transformadores, sendo um deles reserva.

O empreendimento é atendido pela ENERGISA PARAÍBA em Média Tensão (13,8 kV/ 60Hz) e possui um transformador 13.800 – 380/220 V 500 kVA, responsável por alimentar toda a instalação, desde as máquinas (todas com tensão nominal de 380 V), como também a parte de iluminação e os setores administrativos no geral. Ainda há outro Transformador reserva de 300 kVA 13.800 – 380/220 V, que entra em operação quando há alguma adversidade ou necessidade de fazer manutenção no principal. A Figura 6 e a Figura 7 mostram os transformadores operante e o não operante, respectivamente. A Figura 8 demonstra o medidor de energia elétrica da instalação.

Figura 6. Transformador de tensão 500kVA.



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 7. Transformador reserva de 300 kVA.



Fonte: Fotografado pelo autor.

**Figura 8. Medidor elétrico da indústria.**



Fonte: Fotografado pelo autor.

A Unidade consumidora(UC) da instalação é classificada como Grupo A4, tarifa Horo-sazonal Verde, responsável por aplicar preços distintos para o consumo de energia, enquanto que mantém um preço único para a demanda de potência , é importante informar que o horário de ponta definido para a área de concessão da concessionária local (ENERGISA PARAÍBA) é o período entre as 18:00 e 21:00 horas (BRASIL, 2015).

### 3.3. Perfil de consumo energético do empreendimento

Para realizar um dimensionamento eficiente do sistema fotovoltaico, é essencial conhecer o consumo de energia do estabelecimento industrial que se pretende abastecer. O resumo do consumo de eletricidade do local nos últimos 12 meses, tendo como referência o mês de agosto de 2022, está apresentado na Tabela 1. Os dados utilizados foram extraídos das faturas de energia fornecidas pelo empreendimento em questão. Observa-se que o consumo total anual do estabelecimento foi de 660.988 kWh, com uma média mensal de 55.082 kWh.

**Tabela 1. Padrão de consumo do empreendimento.**

Mês/Ano	Consumo ponta (kWh)	Consumo fora ponta (kWh)	Total consumo (kWh)
setembro/2021	5.460	46.200	51.660
outubro/2021	5.600	51.100	56.700
novembro/2021	5.460	48.160	53.620
dezembro/2021	5.180	44.240	49.420
janeiro/2022	4.921	43.896	48.817
fevereiro/2022	6.203	52.198	58.401
março/2022	6.571	57.128	63.699
abril/2022	5.447	48.348	53.795
maio/2022	6.267	52.040	58.307
junho/2022	5.162	47.739	52.901
julho/2022	6.175	51.586	57.761
agosto/2022	5.689	50.218	55.907

Fonte: Elaborado pelo autor.

No estudo do consumo do Grupo A, aplicam-se conceitos destacado no Caderno Temático de Micro e Mini Geração Distribuída da ANEEL, temos:

Para as unidades consumidoras que dispõem de tarifa horária, a energia injetada deve ser utilizada, prioritariamente, para abater o consumo mensal no mesmo período (ponta ou fora ponta). Caso haja sobra, esse saldo será utilizado para reduzir o consumo no outro posto tarifário, após a aplicação de um fator de ajuste. (ANEEL, 2016, p. 22).

Considerando que a energia gerada pela usina fotovoltaica ocorrerá durante o período diurno (fora do horário de ponta) e que o empreendimento em questão apresenta consumo durante o horário de ponta, tornou-se necessário calcular o fator de ajuste e adaptar o consumo. Conforme orientação da ANEEL, o fator de ajuste pode ser determinado mediante

O resultado da divisão do valor de uma componente da tarifa (a componente TE – Tarifa de Energia) de ponta pela fora de ponta (nos casos do excedente ser originado no posto tarifário ponta), ou da tarifa fora de ponta pela tarifa de ponta, quando o excedente surgir no posto fora de ponta. (ANEEL, 2016, p. 22)

Para o projeto em análise, levando em consideração que o excedente será gerado fora do horário de ponta para compensar o consumo durante o horário de

ponta, e tendo base nas informações sobre as tarifas sem incidência de tributos, com referência ao mês de agosto/2022, das distribuidoras de energia elétrica fornecidas pela ANEEL (ANEEL, 2022), temos a Equação 2:

$$F_a = \frac{TE_{fp}}{TE_p} = \frac{0,231}{0,360}$$

$$F_a = 0,641$$

(2)

O Tabela 2 indica os valores originais de consumo durante os horários de ponta e fora de ponta, bem como os valores ajustados para o consumo de ponta, levando em conta o fator de ajuste ( $F_a$ ) calculado anteriormente, e o consumo médio mensal ajustado.

**Tabela 2. Consumo ponta ajustado.**

Mês/Ano	Consumo ponta (kWh)	Consumo fora ponta	Consumo ponta ajustado (kWh)	Consumo total (kWh)
agosto/2022	5.689	50.218	8.875	59.093
julho/2022	6.175	51.586	9.633	61.219
junho/2022	5.162	47.739	8.053	55.792
maio/2022	6.267	52.040	9.777	61.817
abril/2022	5.447	48.348	8.498	56.846
março/2022	6.571	57.128	10.251	67.379
fevereiro/2022	6.203	52.198	9.677	61.875
janeiro/2022	4.921	43.896	7.677	51.573
dezembro/2021	5.180	44.240	8.081	52.321
novembro/2021	5.460	48.160	8.518	56.678
outubro/2021	5.600	51.100	8.736	59.836
setembro/2021	5.460	46.200	8.518	54.718
Média	5.678	49.404	8.858	58.262

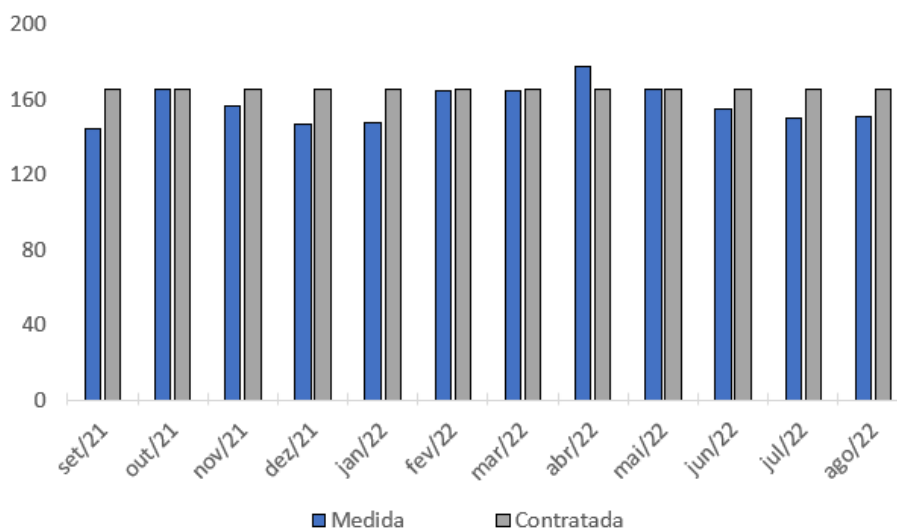
Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo médio da unidade de consumo do grupo A após o reajuste foi de 58.262 kWh/mês. Ao observar o histórico, nota-se que o mês de março apresentou um consumo superior à média, atingindo 67.379 kWh. Esse aumento se deve a uma operação de produção em massa que intensificou o uso de determinadas máquinas.

A demanda contratada é de 165 kW, e o histórico dos valores de demanda medida e contratada encontram-se no Gráfico 1. Ao analisar esse gráfico, o mês de

abril destaca-se como sendo o mês no qual a demanda medida foi superior à demanda contratada.

**Gráfico 1. Demanda medida x contratada**



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.4. Irradiância solar da região

Para um dimensionamento detalhado de uma instalação FV, faz-se necessário analisar o histórico de radiação solar do local. O Horário de Sol Pleno (HSP) é caracterizado como o período no qual a irradiância solar seja, hipoteticamente, constante e igual a  $1000 \text{ W/m}^2$ . Para o presente estudo, utilizou-se a base de dados do “SunData” versão 3.0 com atualização feita em 2018, fornecida pelo CRESESB em parceria com o CEPEL.

Para a região de João Pessoa-Paraíba (coordenadas  $7,201^\circ \text{ S } 34,949^\circ \text{ O}$ ), os dados obtidos de irradiação solar diária média mensal [ $\text{kWh/m}^2.\text{dia}$ ] durante o período de 1 ano, considerando o plano horizontal, encontram-se ilustrado na Tabela 3 e no Gráfico 2.

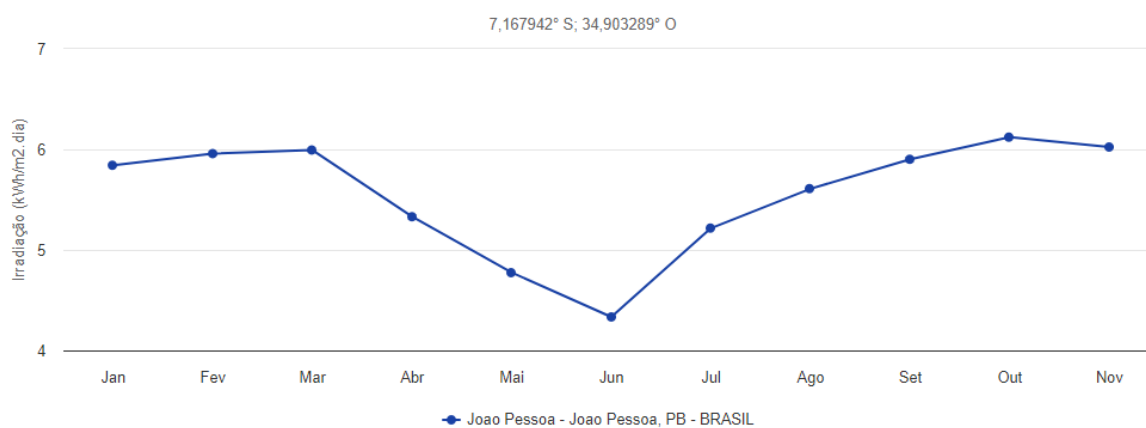


Tabela 3. Irradiação solar da cidade de João Pessoa - PB.

Ângulo	Inclinação	Irradiação Solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	5,84	5,96	5,99	5,33	4,78	4,33	4,44	5,22	5,61	5,90	6,12	6,02	5,46
Ângulo igual a Latitude	7° N	5,60	5,82	5,99	5,47	5,01	4,59	4,69	5,41	5,66	5,80	5,89	5,73	5,47
Maior média Anual	5° N	5,67	5,86	6,00	5,44	4,95	4,52	4,62	5,36	5,65	5,84	5,96	5,82	5,48
Maior mínimo Mensal	21° S	4,96	5,35	5,78	5,57	5,32	4,96	5,02	5,61	5,59	5,42	5,25	5,01	5,32

Fonte: CRESESB, 2023.

Gráfico 2. Irradiação solar na cidade de João Pessoa – PB.



Fonte: CRESESB, 2023.

Considerando plano horizontal a média anual, foi de 5,46 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Portanto, a quantidade de horas de sol pleno é de, aproximadamente, 5.46 horas por dia. A maior média anual encontrada foi de 6,12 kWh/m<sup>2</sup>.dia em novembro e a menor média

anual foi de 4,33 kWh/m<sup>2</sup>.dia em junho.

### 3.5. Dimensionamento da usina

Após o levantamento das informações essenciais do local é feito o dimensionamento do sistema para ter o conhecimento sobre a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários e o inversor apropriado. Baseado no valor de consumo do estabelecimento, já com o reajuste, apresentado anteriormente que foi de 58.262 kWh/mês, podemos calcular a potência watt pico do sistema de geração, modificando a Equação 1.

$$Wp = \frac{kWh * 1000}{Cm \times fd \times hsp} \quad (1)$$

$$Wp = 414.661 kWp$$

Portanto, a potência de pico estimada que o sistema fotovoltaico requer para produzir toda a energia média consumida mensalmente pelo estabelecimento é de 414.661 kWp, deste modo, para quantificar o número de módulos pode-se utilizar o quociente entre a potência de pico do sistema pela capacidade de produção do módulo escolhido pelo projetista, para esse projeto foi escolhido o módulo fotovoltaico Jinkosolar JKM565M-7RL4-V. Com os dados já obtidos da potência de pico, e também com o módulo definido, pode-se utilizar a Equação 3 para calcular a quantidade de módulos a ser utilizado.

$$T_{mod} = \frac{Wp}{PT_{mod}} \quad (3)$$

$$T_{mod} = 733,91 \text{ und.}$$

Onde:

$T_{mod}$  = total de módulos fotovoltaicos para o sistema;

$Wp$  = potência de pico total dos módulos fotovoltaicos (kWp)

$PT_{mod}$  = potência total do módulo fotovoltaico(kW);

Como visto, não é possível obter 733,91 unidades de módulos fotovoltaicos, logo para uma primeira análise, e definição da quantidade prevista visando a etapa de

simulação foi definido um total de 734 módulos fotovoltaicos para gerar os 58.262 kWh/mês.

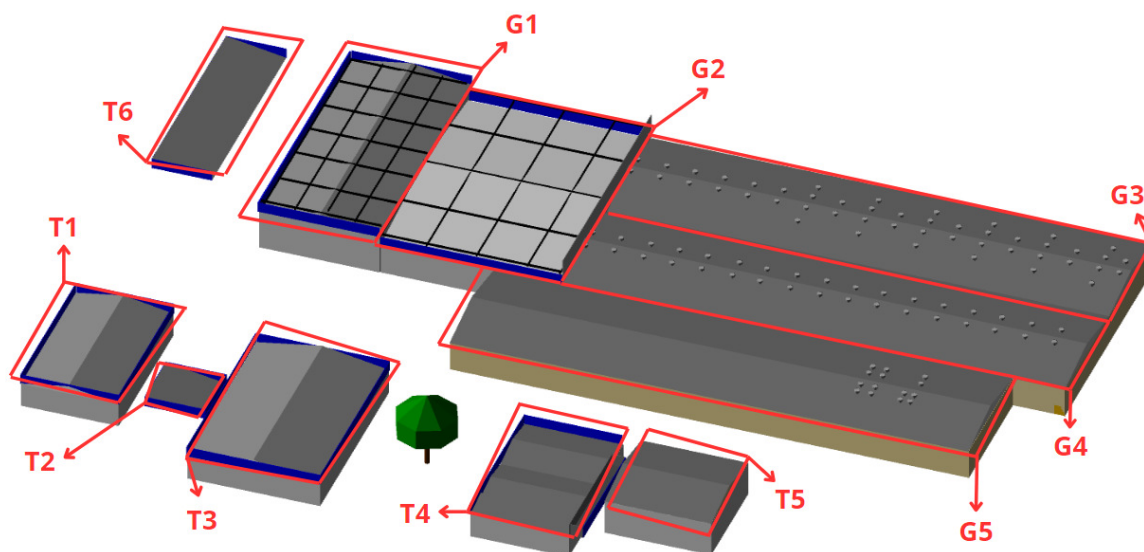
Dando continuidade ao dimensionamento do sistema fotovoltaico, após definir a quantidade de 734 módulos, foi necessário selecionar inversores adequados. Para este projeto, optou-se por três inversores de 125 kW cada, totalizando 375 kW de capacidade nominal. A escolha levou em consideração um overload de 20% sobre a potência nominal dos inversores, uma prática comum no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Esse parâmetro, amplamente utilizado na área, permite que o inversor opere com eficiência mesmo em situações em que a potência de entrada excede sua capacidade nominal em curtos períodos, garantindo maior aproveitamento da energia gerada. Assim, com o overload de 20%, a potência total que os três inversores podem suportar chega a 450 kW, valor que se aproxima da potência de pico do sistema de 414,661 kWp, garantindo um dimensionamento adequado e eficiente. Essa abordagem está bem documentada na literatura técnica, como em HOMER Energy (2016) e Cunha et al. (2018), que indicam a importância de considerar margens de segurança no dimensionamento de inversores para maximizar o desempenho do sistema e reduzir perdas operacionais.

### 3.6. Área disponível para implantação da usina

O empreendimento analisado possui um conjunto de galpões e abrigos com telhados aptos, telhados comprometidos por estruturas existentes e outros precisarão de reforço estrutural para receberem um sistema FV. Infelizmente, não foi possível obter a planta baixa do imóvel, o que resultou na modelagem dos edifícios utilizando dados via satélite e colhidos in-loco.

A Figura 9 apresenta o cenário 3D formulado, no *software* PVSYST.

Figura 9. Cenário 3D do empreendimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa imagem, as áreas destacadas com um contorno vermelho estão disponíveis para análise, cuja área total é de aproximadamente 3.206,54 m<sup>2</sup>, a fim de saber quais poderão ser utilizadas onde:

- T1 - Área administrativa da portaria;
- T2 - Estacionamento de motos;
- T3 - Área de convívio e refeitório;
- T4 - Almojarifado;
- T5 - Abrigo com caldeira;
- T6 - Estacionamento de carros;
- G1 – Galpão com área administrativa (escritório);
- G2 – Galpão de estoque;
- G3– Galpão com máquinas que trabalha com alta temperatura;
- G4, G5 – Galpão com máquinas

O espaço identificado como “T5” corresponde ao abrigo da caldeira, onde a presença do equipamento impossibilita a instalação de painéis fotovoltaicos devido à necessidade de garantir a segurança operacional como também a questão da alta temperatura gerada no local, que poderia comprometer o desempenho dos módulos.

Já as áreas “G3” e “G4” também foram descartadas, pois a estrutura dos

telhados dessas seções necessita de um reforço estrutural significativo para suportar o peso dos módulos. Essa adequação estrutural implicaria em uma parada nas operações da fábrica, o que não é viável, uma vez que a produção é contínua e não pode ser interrompida sem causar prejuízos à indústria. Portanto, devido a essas limitações estruturais e operacionais, as áreas mencionadas não foram consideradas viáveis para a instalação dos módulos no presente projeto.

Devido à redução das áreas disponíveis para a implantação do sistema fotovoltaico, foram analisadas alternativas para compensar essa limitação. Uma das soluções propostas é a expansão do T2, o estacionamento de motos, na qual foram feitas as medições para um possível aumento, proporcionando uma área maior para a instalação dos módulos. Além disso, entre os espaços T3 (área de convívio e refeitório) e T4 (almoxarifado), seria construída uma nova estrutura de cobertura destinada ao lazer e à convivência dos trabalhadores. Essa nova área coberta será otimizada para a instalação de painéis fotovoltaicos, contribuindo significativamente para a capacidade de geração de energia do sistema.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS SIMULADOS

Este capítulo aborda os resultados obtidos na simulação realizada no *software* PVSYST, bem como a análise da viabilidade econômica e o impacto ambiental.

### 4.1. Resultados da Simulação no PVSYST

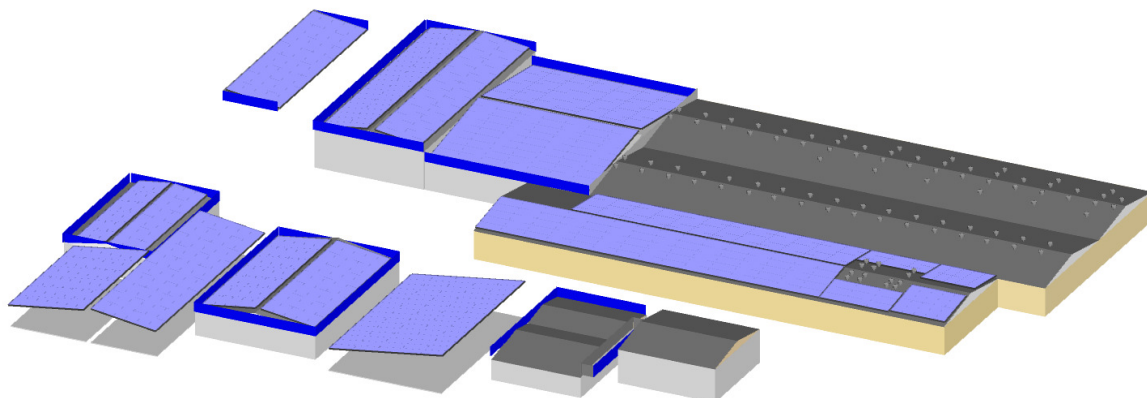
O PVSYST é um *software* desenvolvido para que arquitetos, engenheiros, pesquisadores e estudantes possam fazer análises de sistemas fotovoltaicos. Ele possui um banco de dados climáticos e técnicos completos de diversos fabricantes de equipamentos desse ramo. O site próprio do *software* permite o uso gratuito com todas as ferramentas disponíveis por 1 (um) mês. Para esse estudo, foi utilizada a versão 7.2.

A simulação inicia-se com a realização de fotografias aéreas realizadas com drone e medições com trenas pelos técnicos da empresa. Em posse desses dados, criou-se um novo projeto no *software* PVsyst, escolhendo o arquivo meteorológico Meteororm 8.0, a partir do qual é possível obter informações como irradiação horizontal total, irradiação horizontal difusa, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa. Assim, construído um cenário 3D correspondente ao empreendimento, escolhe-se os modelos de módulos e inversores a serem utilizados na usina.

O sistema fotovoltaico foi modelado com uma potência instalada de 409.62 kWp e um total de 725 módulos Jinkosolar JKM565M-7RL4-V. Após, divide-se o sistema conforme a quantidade de *maximum power point tracking* (MPPT) disponíveis no inversor e se distribui os módulos por *strings* em seus respectivos MPPTs. Lembrando que o sistema foi projetado para operar em configuração on-grid, conectado à rede elétrica da concessionária.

O cenário 3D com os módulos dispostos nas áreas viáveis, prontos pra simulação, pode ser observado na Figura 10.

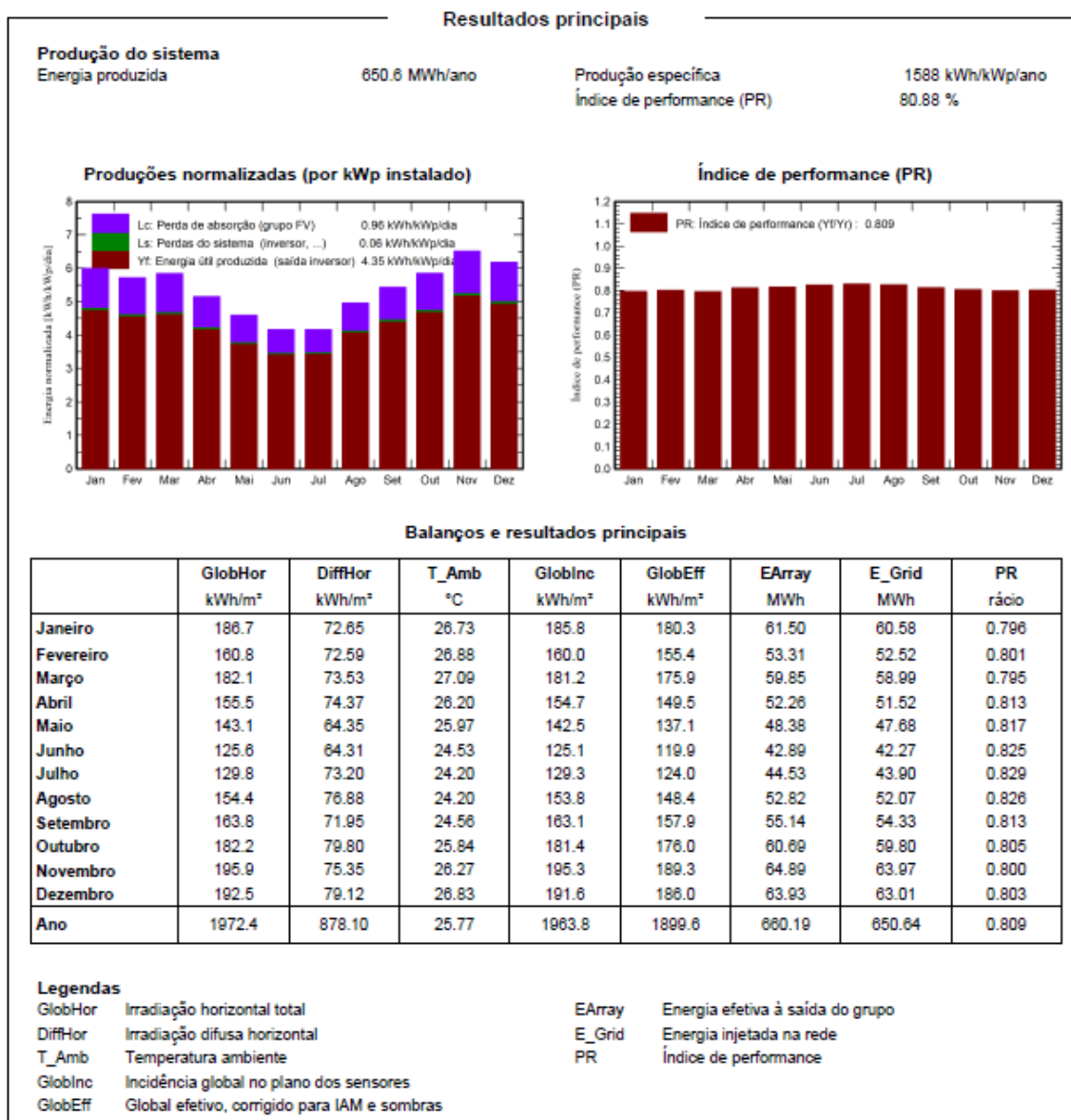
**Figura 10. Disposição dos módulos no espaço viável do empreendimento.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o sistema fotovoltaico definido, é realizado o cálculo de sombras a partir do cenário 3D e realiza-se a simulação do sistema FV. Com isso, obtém-se um relatório detalhado da usina com as informações inseridas pelo usuário e os resultados a serem obtidos ao longo de 1 (um) ano de produção energética, considerando inclusive as perdas, essas que podem ser vistas na Figura 11:

Figura 11. Relatório do PVSyst.



Fonte: Elaborado pelo autor no PVSyst.

Dentro os dados apresentados na Figura 11, é importante salientar os dados referentes :

- Energia Produzida: O sistema fotovoltaico será capaz de gerar 650.64 MWh/ano, o que equivale a uma produção específica de 1.588 kWh/kWp/ano. Esse valor indica a quantidade de energia gerada por cada kWp instalado ao longo de um ano e reflete a eficiência do sistema em transformar a radiação solar disponível em energia elétrica.
- Índice de Performance (PR): O índice de performance (PR) do sistema é



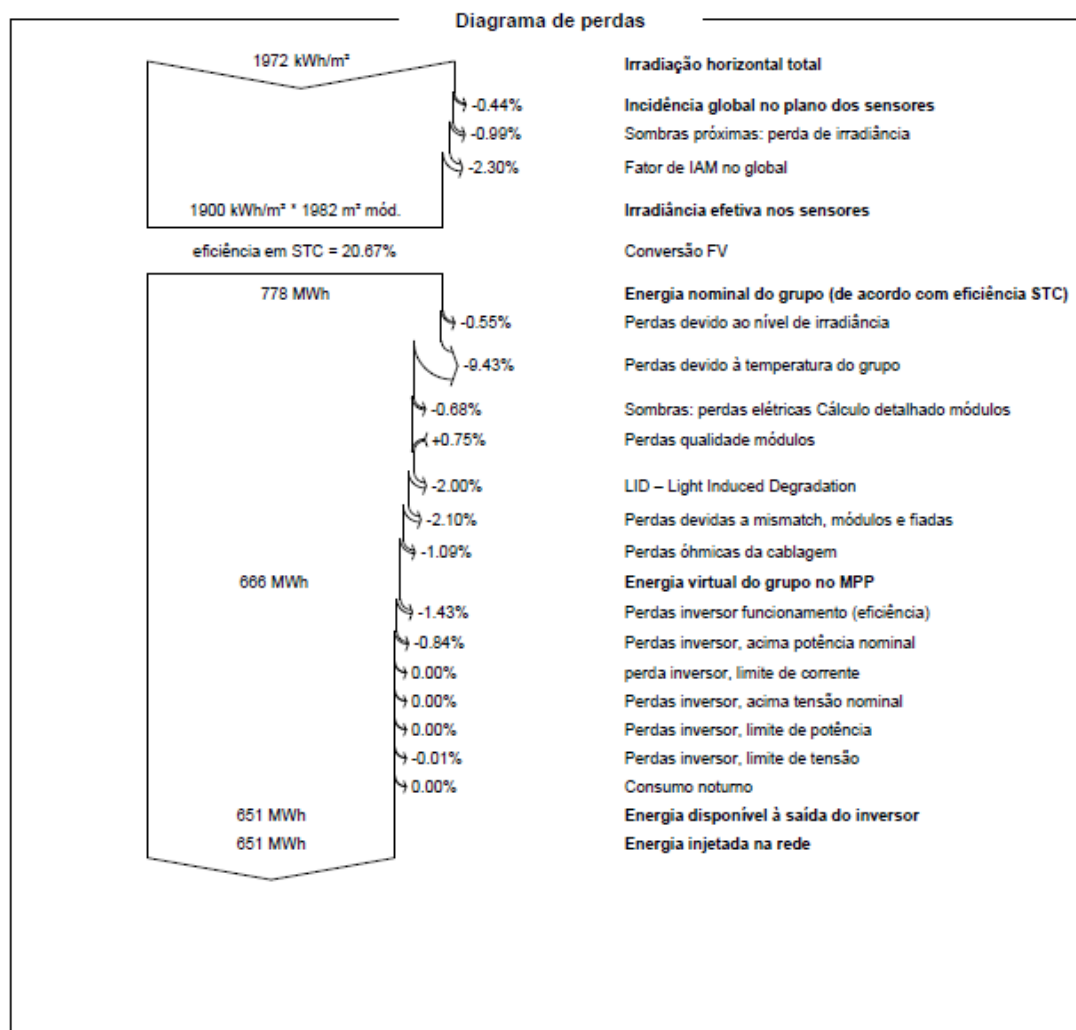
de 80,88%. O PR é um indicador de eficiência que mostra a relação entre a energia efetivamente gerada e a energia potencial que poderia ser gerada se o sistema operasse em condições ideais (sem perdas). Um valor de 80,88% sugere um bom desempenho, levando em consideração perdas térmicas, perdas de sombreamento e eficiência dos inversores.

- **Produção Mensal:** O relatório apresenta a produção mensal de energia do sistema, que varia ao longo do ano devido à variação da irradiância solar. O mês de novembro foi o que apresentou maior produção, com 63,97 MWh, enquanto o mês de junho teve a menor produção, com 42,27 MWh. Essa variação é explicada pelas diferenças sazonais na irradiância solar, conforme ilustrado nos gráficos do relatório.
- **PR Mensal:** O PR mensal foi apresentado para cada mês. Os valores mostram a sazonalidade no desempenho do sistema e permitem avaliar o impacto das condições climáticas sobre a geração de energia.

Outro gráfico produzido como resultado da simulação no PVSyst, é o de diagrama de perdas, utilizado para representar as diferentes etapas de perda de energia em um sistema fotovoltaico, desde a radiação solar incidente até a energia efetivamente injetada na rede elétrica. Esse tipo de diagrama detalha as diversas causas de perdas em cada etapa do processo de conversão de energia solar, como perdas por sombreamento, temperatura, cabos, inversores e módulos, além de ser um modelo bastante utilizado para realizar uma análise mais detalhada e quantitativa do desempenho de sistemas fotovoltaicos, permitindo a identificação de áreas críticas para otimização de forma clara e direta.

O diagrama pode ser visto na Figura 12.

**Figura 12. Diagrama de perdas.**



Fonte: Elaborado pelo autor no PVSyst.

No diagrama de perdas da Figura 12, vemos a decomposição da eficiência do sistema ao longo de cada estágio, evidenciando o quanto de energia é perdido em cada uma dessas fases. Entre essas fases pode-se destacar as que mais impactaram no dimensionamento em questão, como:

- **Temperatura dos Módulos:** A temperatura dos módulos tem um impacto significativo nas perdas do sistema. Durante o ano, foram observadas perdas devido à temperatura de 9,43%, resultando em um impacto importante na produção anual.
- **Degradação Induzida pela Luz (LID):** O fenômeno de Degradação Induzida pela Luz (LID) também foi considerado, resultando em uma

perda de 2%. Esse tipo de perda é uma característica comum em módulos fotovoltaicos e ocorre principalmente nos primeiros meses de operação.

- Perdas de Qualidade e Mismatch: As perdas devidas ao mismatch entre módulos e outras ineficiências foram calculadas como 2,1%. O mismatch ocorre quando os módulos operam em diferentes pontos de potência máxima, o que reduz a eficiência geral do sistema.
- Perdas de Irradiância e Sombras Próximas: As perdas devidas ao sombreamento e ao ângulo de incidência somaram 3,73%, resultando em uma irradiância efetiva de 1.972 kWh/m<sup>2</sup> nos módulos.
- Perdas de Inversão: As perdas nos inversores, devido à eficiência, somaram 1,43%, resultando em uma energia injetada na rede de 651 MWh.

#### 4.2. Impacto econômico

O PVSyst apresentou uma performance menor quando comparado ao dimensionamento convencional, em função de diversos fatores que são levados em consideração. Por exemplo, às perdas elétricas que ocorrem ao longo dos cabos e das strings impactam diretamente na eficiência total do sistema, resultando em uma eficiência de 80,88%, inferior ao valor tradicional de 85%, utilizado em dimensionamentos simplificados conforme a Equação 1.

É importante destacar que, apesar da diferença no fator de eficiência, a quantidade de módulos necessários permanece a mesma (725), tanto no sistema simulado pelo PVSyst quanto no dimensionamento convencional. No entanto, essa variação de eficiência resulta em uma geração de energia mensal estimada inferior no sistema PVSyst, com 54.216 kWh, em comparação aos 57.554 kWh no dimensionamento convencional.

Essa análise é ilustrada na Tabela 4 a seguir, comparando o PVSyst e o dimensionamento mercadológico:

**Tabela 4. Comparativo simplificado de dados de dimensionamento simulado e convencional.**

COMPARATIVO	PV System	Dimensionamento Convencional
Qtd. de Módulos (565 W)	725	725
fator de eficiência	80.88	85
Geração Estimada Mensal	54.216	57.554
Economia Mensal	R\$ 21.008,70	R\$ 22.302,18
Diferença Mensal PVSyst x Convencional	R\$ 1.294,17	
Diferença Anual PVSyst x Convencional	R\$ 15.530,10	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em um sistema dessa magnitude, a diferença do fator de eficiência representa, conforme mostrado na Tabela 4, R\$15.530,10 de perda de geração anual. Esse valor é bastante significativo quando incluído em um planejamento anual de gastos de uma indústria, valor esse que pode ser previsto realizando um dimensionamento mais aprofundado em softwares como o PV Syst.

Para uma indústria, a geração subestimada de energia pode significar a dependência maior da energia fornecida pela rede elétrica, o que implica em maiores gastos operacionais, algo que poderia ter sido visto apenas realizando um dimensionamento mais aprofundado. Isso é especialmente crítico em momentos de alta demanda energética ou em épocas de tarifas mais elevadas, como durante as bandeiras tarifárias vermelhas. A previsibilidade que um software de dimensionamento mais detalhado oferece permite às empresas planejar melhor seus gastos, reduzir as incertezas associadas ao consumo de energia e tomar decisões informadas sobre investimentos futuros em expansão ou manutenção do sistema fotovoltaico.

Além disso, um dimensionamento adequado também leva em conta a otimização do uso dos recursos disponíveis. Ao evitar sub dimensionamentos ou super dimensionamentos, a indústria garante que o sistema instalado opere próximo de sua capacidade máxima, o que aumenta o rendimento financeiro do investimento. Isso é particularmente importante para empresas que operam com margens de lucro apertadas, onde cada economia de custo faz uma diferença significativa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado reforça a importância de utilizar metodologias e ferramentas avançadas, como o PVSyst, no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Embora o dimensionamento simplificado ofereça um ponto de partida útil para estimar a geração de energia, ele não considera todas as variáveis essenciais que podem impactar o desempenho real da usina, como sombreamento, temperatura, perdas elétricas, e a degradação dos módulos ao longo do tempo. Esses fatores, quando negligenciados, podem resultar em estimativas imprecisas, comprometendo a viabilidade financeira do projeto. Assim, para garantir maior confiabilidade nos cálculos e uma proposta comercial robusta, é indispensável recorrer a softwares de simulação que lidem com essas variáveis de forma detalhada.

O PVSyst, por exemplo, mostrou-se eficaz em proporcionar uma visão mais precisa da geração energética esperada e do desempenho do sistema, oferecendo uma base mais sólida para a tomada de decisões. A simulação realizada com o software permitiu identificar um índice de performance (PR) de 80,88%, o que representa uma boa eficiência do sistema, considerando as perdas inevitáveis em um ambiente industrial. Além disso, o software contribuiu significativamente para a otimização do layout dos módulos, ajustando a disposição e inclinação de forma a maximizar a captação de energia solar, e permite prever com precisão o impacto de fatores como a temperatura elevada nos módulos e sombreamento parcial.

Como sugestão de aprimoramento para trabalhos futuros, destaca-se a importância de aprofundar o estudo sobre a demanda energética durante horários de ponta e fora de ponta, especialmente em cenários onde o sistema fotovoltaico será utilizado para compensar o consumo em horários de maior custo tarifário. O levantamento detalhado dessas demandas permitirá ajustar o dimensionamento de forma ainda mais eficiente, otimizando o retorno financeiro do investimento. Adicionalmente, seria interessante incluir uma análise mais aprofundada sobre energia reativa, visto que esta pode representar um desafio para sistemas de grande porte conectados à rede, especialmente em contextos industriais onde o fator de potência pode impactar diretamente a conta de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENGENHARIA ELÉTRICA – ANEEL. **Base de Dados das Tarifas das Distribuidoras de Energia Elétrica.** ANEEL, 2022. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas>>. Acesso em: 28 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENGENHARIA ELÉTRICA - ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015.** ANEEL, 2015. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENGENHARIA ELÉTRICA - ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021.** ANEEL, 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Trajetória da energia solar fotovoltaica no Brasil.** São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BOGMANS, C. **Falling Costs Make Wind, Solar More Affordable.** IMF Blog, 2019. Disponível em: <<https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2019/04/26/falling-costs-make-wind-solar-more-affordable>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL regulamenta marco legal da Micro e Minigeração Distribuída.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e Minigeração distribuída.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e Minigeração distribuída.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica.** Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/08/Caderno-tematico-Micro-e-Minigeracao-Distribuida-2-edicao.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Modalidades tarifárias.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/modalidades-tarifarias>>. Acesso em: 30 jun. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Assessoria Especial para Modernização da Gestão. Central de Compras. **Cartilha Energia: como analisar gastos com energia elétrica**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/normas%20tcnicas/cartilha%20de%20energia%20v%2003.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2024.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO - CRESESB. **O Cresesb**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[https://cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=o\\_cresesb](https://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=o_cresesb)>. Acesso em: 28 set. 2024.

CUNHA, A. L.; SILVA, M. S.; PEREIRA, F. G. **Dimensionamento de inversores em sistemas fotovoltaicos**. Revista de Energias Renováveis, 23(4), 45-58, 2018.

CUNHA, D. C.; SANTOS, P. H. F.; FREITAS, D. A. C. **Energia Solar Fotovoltaica No Brasil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 05, pp. 148-161 Novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/energia-solar>>. Acesso em: 29 jun. 2024.

EUA. U.S. Department of Energy. **Solar Photovoltaic Cell Basics**. Washington, DC, 2021. Disponível em: <<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-cell-basics>>. Acesso em: 27 set. 2024.

HASSAINE, L. *et al.* **Overview of power inverter topologies and control structures for grid connected photovoltaic systems**. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2014. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Overview-of-power-inverter-topologies-and-control-Hassaine-OI%C3%ADas/ced9bc3cc7bdd164d61272ba05bd89ae9796bf2c>>. Acesso em: 27 set. 2024.

HOMER Energy. **Inverter overload and efficiency in PV systems**. 2016.

KABALCI, E. **Review on novel single-phase grid-connected solar inverters: Circuits and control methods**. Solar Energy, 2020. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Review-on-novel-single-phase-grid-connected-solar-Kabalc%C4%B1/6cdcbc5144bb7df4dcafa5104c149fc14239b604>>. Acesso em: 27 set. 2024.

KAMRAN, M. **Chapter 2 - Energy sources and technologies**. Fundamentals of Smart Grid Systems, 2023, p. 23-69. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323995603000107>>. Acesso em: 27 set. 2024.

LAMAS, E. S. **Metodologia para avaliação de alternativas de fornecimento de energia elétrica para consumidores do grupo A**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/27265>>. Acesso em: 02 jul. 2024.

MERMOUD, A.; LEJEUNE, T. **PERFORMANCE ASSESSMENT OF A SIMULATION MODEL FOR PV MODULES OF ANY AVAILABLE TECHNOLOGY**. Valência: 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2010. Disponível em: <[https://www.pvsyst.com/wp-content/uploads/2019/01/thf\\_article\\_valence\\_2010.pdf](https://www.pvsyst.com/wp-content/uploads/2019/01/thf_article_valence_2010.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2024.


PEREIRA, E. B.; *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. INPE: São José dos Campos, 2017. 2 Ed. Disponível em: <[http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao\\_rev-01-compactado.pdf](http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_rev-01-compactado.pdf)>. Acesso em 29 jun. 2024.

SILVA, B. C. O. .; *et al.* **Analysis of the economic feasibility of implementing a photovoltaic solar energy system at Christus Faculdade do Piauí**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 12, n. 8, p. e2912842569, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i8.42569. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42569>. Acesso em: 29 set. 2024.

SILVA, M.; ROCHA LANA, T.; SILVA JÚNIOR, J. A.; G. TALARICO, M. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. Revista Mythos, v. 14, n. 2, p. 51-61, 25 Jun. 2021. Disponível em: <<https://ojs.periodicos.unis.edu.br/index.php/mythos/article/view/467>>. Acesso em: 27 jun. 2024.

UENO, A. **Energia solar é a segunda geradora de eletricidade no Brasil**. São Paulo: Jornal da USP, 2023. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/radio-usp/energia-solar-e-a-segunda-geradora-de-eletricidade-no-brasil/>>. Acesso em: 27 set. 2024.



	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, Joao Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### Trabalho de conclusão de curso

<b>Assunto:</b>	Trabalho de conclusão de curso
<b>Assinado por:</b>	Iury Matheus
<b>Tipo do Documento:</b>	Dissertação
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Iury Matheus de Lira Ursulino, ALUNO (20181610048) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 12/12/2024 14:00:24.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/12/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1336468

Código de Autenticação: 9b0c99a2d6

