

**INSTITUTO FEDERAL**

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCOS VINICIUS CABRAL PEREIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ESTUDO SOBRE A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NO  
MUNICÍPIO DE NAZAREZINHO-PB**

João Pessoa  
2025

MARCOS VINICIUS CABRAL PEREIRA

ESTUDO SOBRE A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NO MUNICÍPIO DE NAZAREZINHO-PB

*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:

Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.

João Pessoa  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *Campus* João Pessoa

P436e Pereira, Marcos Vinicius Cabral.

Estudo sobre a sustentabilidade energética no Município de Nazarezinho - PB / Marcos Vinicius Cabral Pereira. – 2025.  
30 f. : il.

TCC (Curso Superior de 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, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona.

1. Energia solar fotovoltaica. 2. Eficiência energética. 3. Sistema fotovoltaico. 4. Sustentabilidade energética. 5. Nazarezinho – PB. I. Título.

CDU 620.91(043)

ESTUDO SOBRE A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NO MUNICÍPIO DE NAZAREZINHO-PB

*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 20 / 03 / 2025 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA**  
Data: 27/03/2025 13:35:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.  
Orientador, IFPB

Documento assinado digitalmente  
 **ALVARO DE MEDEIROS MACIEL**  
Data: 28/03/2025 11:41:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Álvaro de Medeiros Maciel, Dr.  
Examinador, IFPB

Documento assinado digitalmente  
 **WALMERAN JOSE TRINDADE JUNIOR**  
Data: 29/03/2025 09:39:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Walmeran José Trindade Júnior, Dr.  
Examinador, IFPB

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por me conceder sabedoria e fortaleza ao longo dessa jornada.

Agradeço à minha família, Nailda (mãe), Francisco (pai), Mônica (irmã), Mikaelly (irmã) e Milena (irmã) pelo papel essencial que desempenharam na minha vida, sempre me apoiando incondicionalmente e incentivando a realização do meu sonho.

Aos amigos que fiz durante a graduação, em especial ao trio "parada dura" Igor, Paulo e Hugo, meu mais sincero agradecimento. Vocês foram uma fonte de motivação e fizeram meus dias mais leves e descontraídos, ajudando-me a superar os desafios ao longo do caminho.

Expresso também minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Franklin Martins P. Pamplona, um dos professores que mais admiro. Foi um privilégio ser ensinado e orientado por alguém que me proporcionou aprendizados que vão além do campo acadêmico.

## RESUMO

Este estudo propõe analisar a sustentabilidade energética de Nazarezinho, município localizado no estado da Paraíba, com o objetivo de avaliar o potencial para a instalação de sistemas fotovoltaicos nos prédios públicos da cidade. O estudo foi concentrado em nove edifícios dentre trinta e cinco prédios que estão sob responsabilidade da gestão municipal. Foi utilizado um método simplificado, com auxílio de dispositivos gratuitos e computacionais, que torna desnecessária a presença física e deslocamentos para os locais em estudo. Uma análise estimativa do potencial de geração elétrica fotovoltaica nas coberturas das edificações escolhidas foi realizada, concluindo-se que os prédios públicos avaliados apresentam potencial para gerar, através do uso da geração distribuída fotovoltaica, na pior das hipóteses, três vezes e meia do que é consumido em energia em todas as edificações públicas do município. Os resultados obtidos trazem boas reflexões sobre a viabilidade da instalação de painéis solares no município, tornando-se um exemplo motivador para que outras cidades do interior da Paraíba passem a utilizar fontes de energia limpa e sustentável.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos, Eficiência.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the energy sustainability of Nazarezinho, a city located in the state of Paraíba, with the aim of evaluating the potential for installing photovoltaic systems in the city's public buildings. The study focused on nine buildings out of thirty-five that are under the responsibility of the municipal administration. A simplified method was used, with the aid of free and computational devices, which makes physical presence and travel to the locations under study unnecessary. An estimated analysis of the potential for photovoltaic electricity generation on the roofs of the selected buildings was carried out, concluding that the public buildings evaluated have the potential to generate, through the use of distributed photovoltaic generation, in the worst case scenario, three and a half times the energy consumed by all public buildings in the city. The results obtained provide good reflections on the feasibility of installing solar panels in the city, becoming a motivating example for other cities in the interior of Paraíba to start using clean and sustainable energy sources.

**Keywords:** Photovoltaic solar energy, photovoltaic systems, Efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Apresentação do Google Earth.	15
Figura 2 – Exemplo de aquisição de dados	16
Figura 3 – Níveis Médios de Irradiação Solar	17
Figura 4 – Consumo das edificações.	22
Figura 5 – Capacidade de geração das edificações.	24
Figura 6 – Comparativo consumo versus geração.	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores típicos de perdas e valores adotados	18
Tabela 2 – Áreas de cobertura dos edifícios disponíveis para instalação.	20
Tabela 3 – Quantidade de módulos por edificação	21
Tabela 4 – Geração estimada por mês.	23

# SUMÁRIO

1	Introdução.....	10
1.1	Objetivos.....	11
1.2	Caracterização do Município em Estudo.....	11
2	Fundamentação Teórica.....	12
2.1	Eficiência Energética.....	12
2.2	Planilha Eletrônica Excel.....	13
2.3	Google Earth.....	13
2.4	Potencial Solar - Sundata.....	13
3	Desenvolvimento do Trabalho.....	14
3.1	Obtenção de Dados das Edificações.....	15
3.2	Determinação da Irradiação Solar Anual.....	16
3.3	Obtenção de Dados de Módulos Solares e Inversores.....	17
3.4	Perdas do Sistema.....	18
3.5	Estimativa de Geração Média Anual de Energia.....	18
4	Resultados.....	20
4.1	Área Disponível Para Instalação.....	20
4.2	Quantidade de Módulos.....	20
4.3	Consumo das Edificações.....	21
4.4	Estimativa de Geração Fotovoltaica.....	22
4.5	Economia Estimada.....	24
5	Conclusão.....	26
	Referências.....	28

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil está passando por uma significativa transformação no setor energético, onde sua importância transcende a simples sustentação dos sistemas produtivos, desempenhando um papel crucial na redução dos impactos ambientais. Conforme destacado pelo Relatório Especial sobre Fontes Renováveis de Energia e Mitigação da Mudança do Clima (IPCC, 2011), a eficiência energética é uma das principais estratégias para a diminuição das emissões de Gases de Efeito Estufa. Nesse sentido, os investimentos em tecnologias limpas e práticas mais eficientes tornam-se elementos fundamentais nas políticas de mitigação dos impactos climáticos, além de integrarem programas de incentivo à sustentabilidade (IEA, 2020).

No contexto municipal, a energia elétrica representa uma das despesas mais expressivas para as prefeituras brasileiras, sendo frequentemente a segunda maior, ficando atrás apenas da folha de pagamento dos servidores públicos (FELICITY, 2022). Dessa forma, iniciativas que visam a redução do consumo energético, além de reduzirem os custos operacionais, possibilitam um melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, promovendo benefícios ambientais e políticos. A adoção de estratégias energéticas sustentáveis fortalece a capacidade de gestão dos municípios, ampliando suas possibilidades de negociação e desenvolvimento (CERSA, 2018).

A integração de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica surge como uma alternativa viável e eficiente para reduzir o impacto ambiental e descentralizar a geração de energia, especialmente em centros urbanos do Nordeste brasileiro. Em cidades como Nazarezinho, onde a demanda energética se intensifica nos horários de maior radiação solar, a adoção da energia fotovoltaica se apresenta como uma solução estratégica. O consumo elevado, principalmente em estabelecimentos comerciais e devido ao uso intenso de equipamentos como aparelhos de ar condicionado, coincide com os períodos de maior incidência solar, entre 09h00 e 17h00, especialmente no verão. A análise das curvas de consumo e geração evidencia a viabilidade técnica da implantação de usinas solares para suprir essa demanda de forma sustentável.

## 1.1 OBJETIVOS

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo principal avaliar o potencial de integração da geração fotovoltaica à rede elétrica em diferentes unidades de consumo da prefeitura municipal de Nazarezinho, promovendo a sustentabilidade energética do município.

A pesquisa busca fornecer uma visão detalhada do panorama energético local, ao mesmo tempo em que ressalta os desafios e oportunidades para a implementação da energia solar. Além disso, alinha-se aos objetivos da Agenda 2030, em especial ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7), que trata do acesso à energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos (IBGE, 2022). A gestão pública tem papel fundamental na adoção e no sucesso das estratégias propostas, garantindo que Nazarezinho possa se tornar um modelo de aproveitamento das condições naturais favoráveis para a produção de energia limpa.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO EM ESTUDO

O município de Nazarezinho está localizado no Sertão da Paraíba, caracterizando-se por um clima semiárido, marcado por altas temperaturas e precipitações escassas e irregulares. Com uma população estimada em 7.203 habitantes, distribui-se por uma área de aproximadamente 193,2 km<sup>2</sup>. A cidade possui um perfil predominantemente rural, com a agricultura e a pecuária como principais atividades econômicas. Nazarezinho situa-se a cerca de 450 quilômetros de João Pessoa, capital do estado.

No âmbito de sua organização administrativa, o município de Nazarezinho estrutura-se por meio de diversas secretarias municipais, cada uma responsável por setores específicos de gestão e desenvolvimento. Entre elas a secretária de educação, cultura e lazer, meio ambiente, saúde, esporte, infraestrutura, agricultura e ação social.

De acordo com os dados disponibilizados pelo sistema de prestação de contas eletrônica para os municípios e seus órgãos, o município de Nazarezinho apresenta um gasto anual de R\$ 399.399,28 de com faturas de energia elétrica. Esse valor reflete o consumo de energia em diversos setores, incluindo prédios públicos, escolas, unidades de saúde e outros serviços essenciais.

Diante do cenário anteriormente apresentado, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise de viabilidade para a implementação de geração de energia fotovoltaica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer deste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais sobre eficiência energética que nortearam o desenvolvimento do trabalho. Também são sucintamente descritas as principais ferramentas usadas.

### 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética refere-se à otimização do uso da energia para que a mesma quantidade de trabalho seja realizada com um menor consumo de recursos. Esse conceito se aplica a diversos setores, desde a indústria e o comércio até as residências e serviços públicos. A adoção de tecnologias e práticas voltadas para a eficiência energética é fundamental para reduzir desperdícios, diminuir custos e minimizar os impactos ambientais associados à geração e ao consumo de energia (GELLINGS, 2017).

A importância da eficiência energética tem sido amplamente reconhecida como uma estratégia essencial para a sustentabilidade e a mitigação das mudanças climáticas. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), melhorias na eficiência energética podem reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o cumprimento das metas do Acordo de Paris. Além disso, a adoção de medidas eficientes impacta positivamente a economia, uma vez que reduz os gastos com eletricidade e melhora a competitividade das empresas e indústrias.

Os benefícios da eficiência energética não se restringem apenas ao meio ambiente e à economia. Ela também desempenha um papel fundamental na segurança energética, pois reduz a dependência de fontes não renováveis e a necessidade de expansão da infraestrutura elétrica. Políticas públicas voltadas para o incentivo à eficiência energética, como programas de etiquetagem de eletrodomésticos e incentivos fiscais para a adoção de tecnologias mais eficientes, têm sido adotadas em diversos países para impulsionar essa transformação (GONZÁLEZ et al., 2022).

Diante desse cenário, investir em eficiência energética é uma estratégia essencial para garantir um desenvolvimento sustentável. A implementação de sistemas mais eficientes, aliada à conscientização da população e ao avanço tecnológico, pode trazer benefícios significativos a curto e longo prazo. Assim, a eficiência energética deve ser

tratada como uma prioridade global, promovendo um uso mais racional e responsável dos recursos energéticos disponíveis (IPCC, 2011).

## 2.2 PLANILHA ELETRÔNICA EXCEL

O Microsoft Excel é uma das ferramentas mais utilizadas para a organização, análise e visualização de dados em ambientes corporativos e acadêmicos. Parte do pacote Microsoft Office, o Excel oferece uma interface intuitiva e recursos avançados que permitem desde tarefas simples, como tabelas e gráficos, até análises complexas.

Para a realização deste trabalho, foram utilizados recursos para a execução dos cálculos matemáticos e a visualização dos resultados por meio de gráficos.

## 2.3 GOOGLE EARTH

O Google Earth é uma ferramenta gratuita que permite a visualização 3D do globo terrestre. As imagens são geradas através de satélites. O Google Earth tem várias ferramentas disponíveis, como medição de áreas, localização de pontos com latitude e longitude, visualização em 3D, rotação das imagens e entre outros.

No trabalho, essa ferramenta foi utilizada para visualização dos telhados, medição das áreas e a localização dos pontos.

## 2.4 POTENCIAL SOLAR - SUNDATA

O SunData é um programa que foi criado para calcular a irradiação solar diária média mensal em qualquer local do Brasil. Por iniciativa do CRESESB, o programa foi desenvolvido para uso como ferramenta de suporte à implantação de sistemas fotovoltaicos. A primeira versão foi disponibilizada no ano de 1995 com a finalidade de apoiar a execução do PRODEEM e, no ano seguinte, posteriormente, foi adaptado para uso via web.

Neste trabalho, o SunData foi utilizado para obter a irradiação dos prédios selecionados.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2020), o consumo energético de prédios públicos e iluminação urbana representa uma parcela significativa da demanda municipal, tornando-se setores estratégicos para a aplicação de tecnologias de eficiência energética e geração distribuída.

Considerando esse cenário, o estudo foi conduzido em 9 prédios públicos selecionados dentre os 35 atualmente sob responsabilidade do município de Nazarezinho, para análise e avaliação do potencial de geração de energia fotovoltaica na cidade. Os prédios selecionados são aqueles localizados na zona urbana do município, que apresentam maior área e aqueles que têm menor sombreamento, garantindo assim condições mais favoráveis para a instalação de sistemas de energia solar. Vale ressaltar que alguns prédios são locados pela prefeitura e por isso foram desconsiderados para o estudo.

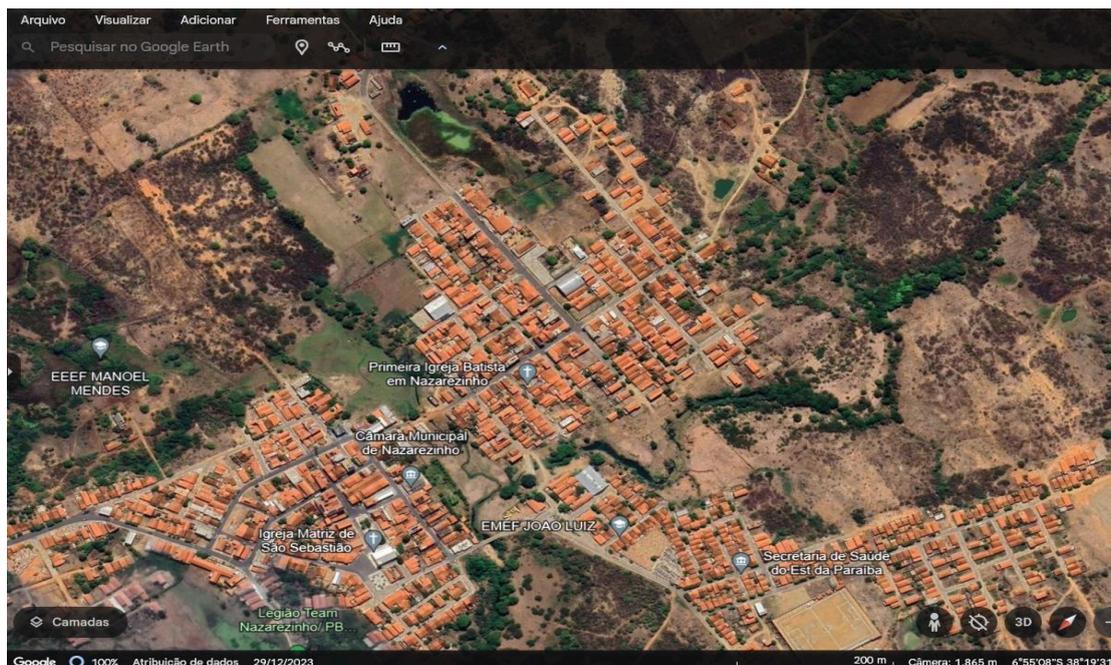
Para a avaliação do potencial de geração fotovoltaica, adotou-se uma metodologia simplificada que faz uso de ferramentas computacionais e plataformas gratuitas. Essa estratégia foi escolhida com o objetivo de viabilizar a análise de forma remota, eliminando a necessidade de visitas presenciais e deslocamentos até os locais estudados. Dessa maneira, tornou-se possível obter informações precisas sobre as áreas disponíveis para instalação dos módulos fotovoltaicos, a incidência de radiação solar e demais parâmetros relevantes, garantindo um diagnóstico preliminar eficiente e de baixo custo.

Vale destacar que essa metodologia não substitui a necessidade de uma inspeção técnica realizada por uma empresa especializada, nem fornece os elementos necessários para a elaboração de um projeto executivo detalhado. Seu principal objetivo é fornecer uma estimativa preliminar da capacidade de geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, permitindo que gestores públicos realizem uma análise inicial da viabilidade técnica e econômica da implementação desses sistemas.

### 3.1 OBTENÇÃO DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES

Para a identificação das coberturas adequadas à instalação de módulos fotovoltaicos, recorreremos inicialmente ao Google Earth (Figura 1), que possibilitou a análise por imagens de satélite. A partir dessa ferramenta, foi possível obter informações sobre a localização e as dimensões das coberturas dos edifícios em estudo.

Figura 1 – Apresentação do Google Earth.

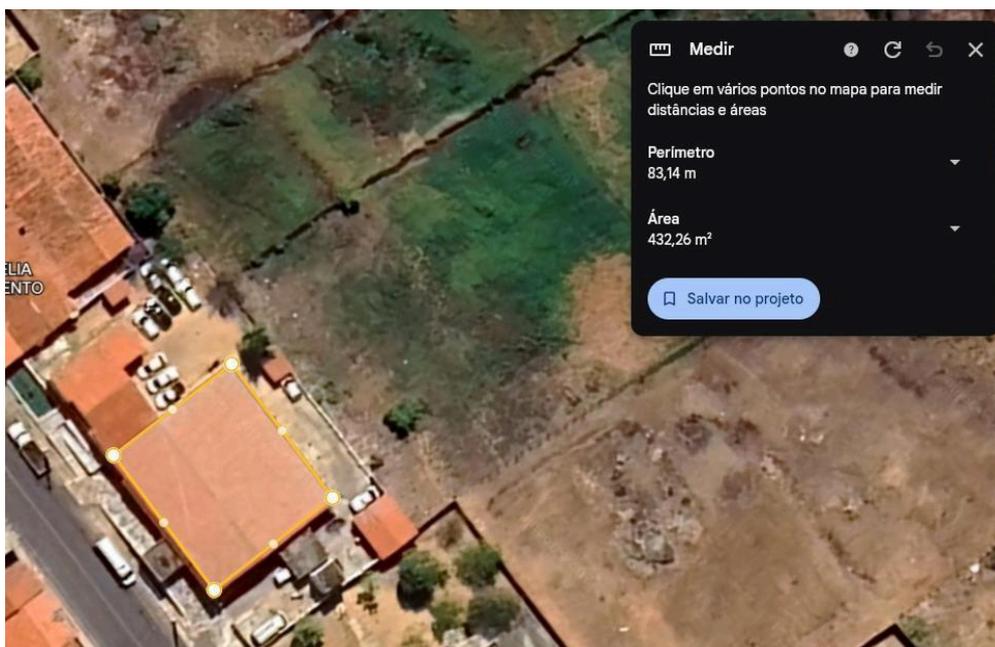


Fonte: Google Earth (Google, 2025)

O uso dessa tecnologia online permitiu não apenas mapear a área de cada unidade, mas também compreender sua interação com o entorno, incluindo a identificação de possíveis obstáculos, como sombreamento causado por árvores ou edificações vizinhas, visíveis nas imagens de satélite.

Por meio da plataforma Google Earth, foi possível determinar com boa precisão as coordenadas geográficas – latitude e longitude – dos edifícios analisados. Além disso, foram obtidas informações sobre as dimensões aproximadas e a orientação das coberturas (ângulo de azimute), como ilustrado na Figura 2, fundamentais para o cálculo das áreas disponíveis para a instalação dos painéis. Essa etapa é essencial para estimar, posteriormente, a quantidade de energia elétrica que poderá ser gerada.

Figura 2 – Exemplo de aquisição de dados



Fonte: Google Earth (Google, 2025)

Como recorreu-se à obtenção das medidas dos edifícios de forma aproximada, por imagem de satélite, e considerando fatores como disposição dos módulos, espaços para manutenção, dentre outros, optou-se por utilizar no máximo 60% da área total de cobertura considerada viável para cada edificação nas análises subsequentes. Com a taxa de ocupação das coberturas fixada em 60%, a área de geração disponível se concilia com a área resultante da multiplicação de comprimento e largura dos módulos escolhidos, resultando na quantidade máxima de módulos do sistema gerador fotovoltaico, em cada edificação. Maior precisão no número de módulos requer a determinação de arranjos dos módulos nas coberturas, o que pode ser efetuado com auxílio de um programa de desenho auxiliado por computador, como AutoCAD®, por exemplo, apresentado por OLIVEIRA & TRINDADE JÚNIOR et al. (2022).

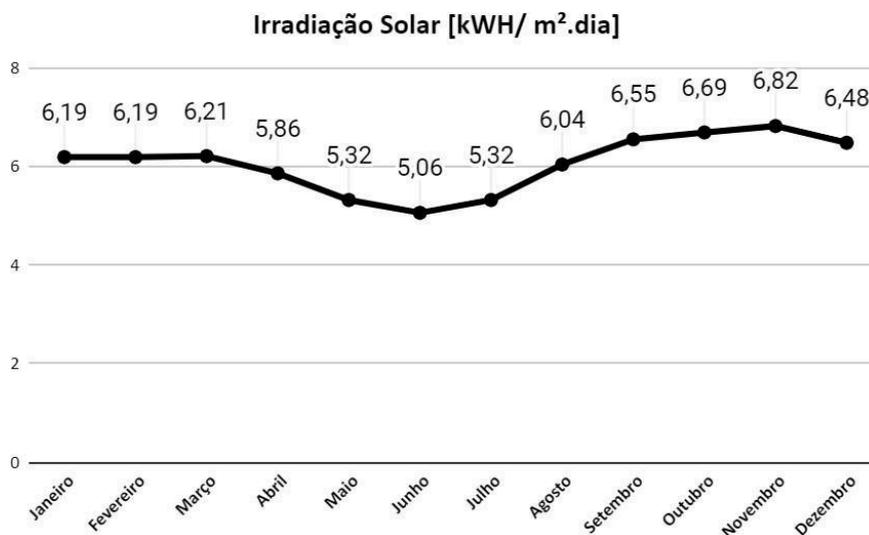
### 3.2 DETERMINAÇÃO DA IRRADIAÇÃO SOLAR ANUAL

No contexto da geração de energia fotovoltaica, a irradiação solar desempenha um papel essencial na concepção e no dimensionamento do sistema, pois influencia diretamente a eficiência e a viabilidade do projeto. Dessa forma, torna-se indispensável a obtenção de dados precisos sobre a irradiação solar na área de estudo, garantindo um planejamento mais assertivo e eficiente.

Para esse fim, foi utilizada a ferramenta Potencial Solar SunData v3.0, disponibilizada gratuitamente no website do CRESESB (2025). Essa plataforma permite a obtenção de informações detalhadas sobre a disponibilidade de energia solar ao longo do ano, fornecendo dados com base nas coordenadas geográficas da localidade, incluindo latitude e longitude.

Utilizando a assistência do website, foi possível obter os níveis de irradiação solar ao longo de 12 meses, como ilustrado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 – Níveis Médios de Irradiação Solar.



Fonte: Autoral

### 3.3 OBTENÇÃO DE DADOS DE MÓDULOS SOLARES E INVERSORES

No projeto do sistema fotovoltaico, foi adotado o módulo Hiku7 Mono PERC CS7N-670MS da marca Canadian Solar, o qual apresenta as seguintes especificações: potência nominal: 670 Watts; eficiência: 21,60 %; comprimento: 2,384 metros; largura: 1,303 metros. Essas são as principais características que desempenham um papel fundamental na determinação da geração média mensal de energia por módulo ao longo do ano.

Utilizou-se como referência o inversor 3 kW CSI-3KTLIP-GI-FL 670MS, fabricado pela Canadian Solar, notável pela sua alta eficiência, de 97,80 %. Sua contribuição é de extrema relevância no sistema de geração fotovoltaica em análise.

### 3.4 PERDAS DO SISTEMA

Os sistemas fotovoltaicos estão sujeitos a diversas perdas que afetam sua eficiência e economizam a quantidade de energia elétrica gerada. Entre os principais fatores que prejudicam essas perdas estão a sujeira acumulada sobre os módulos, que reduz a absorção da luz solar, o sombreamento parcial causado por árvores ou construções próximas e as perdas elétricas nos cabos e conexões do sistema. Além disso, a temperatura elevada dos módulos também afeta os níveis de eficiência, pois o aumento do calor reduz a tensão elétrica das células fotovoltaicas.

Para avaliar todos os fatores que podem impactar a geração de energia em um sistema fotovoltaico, foram analisados os elementos apresentados na Tabela 1, que traz a faixa típica de variação e os valores adotados neste estudo. As estimativas utilizadas foram baseadas nos dados do estudo de Araújo et al. (2016).

Tabela 1 – Fatores típicos de perdas e valores adotados

<b>Fator de perda</b>	<b>Faixa %</b>	<b>Valor adotado</b>
Sombreamento	0,0 a 5,0	2,5 %
Sujidade	1,0 a 3,0	2,0 %
Reflexão	3,0 a 5,0	4,0 %
Variação do espectro AM 1.5	1,0 a 2,0	1,5 %
Mismatch	0,5 a 2,5	1,7 %
Condições diferentes dos padrões de teste	4,0 a 9,0	6,0 %
Perdas C.C.	0,5 a 1,5	0,7 %
Perdas na conversão de energia	0,5 a 3,0	1,5 %

Fonte: (ARAÚJO, 2016).

Além disso, ao considerar as perdas no inversor, estimadas em 2,2%, e as perdas na fiação, calculadas em 0,5%, foi possível determinar a perda total do sistema. A soma dessas perdas, juntamente com os demais fatores previamente analisados, resultou em uma estimativa global de perdas no sistema de 22,6%.

### 3.5 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO MÉDIA ANUAL DE ENERGIA

A estimativa de geração de energia fotovoltaica é um processo essencial para avaliar a viabilidade e o desempenho de um sistema solar. Com a determinação da irradiação solar, as perdas do sistema e as áreas dos prédios, pode-se proceder ao cálculo da geração média mensal por módulo aplicando a equação (1):

$$E_{g(i)} = A_m \times \eta_m \times \eta_i \times I_{m(i)} \times N_{d(i)} \times (1 - P), \quad (1)$$

em que  $E_{g(i)}$  corresponde à energia média gerada, por módulo, num mês  $i$ , em kWh/mês;  $A_m$  é a área de geração em  $m^2$ ;  $\eta_m$  a eficiência do módulo;  $\eta_i$  a eficiência do inversor;  $I_{m(i)}$  é a irradiação média mensal da localidade, num mês  $i$ , em kWh/m<sup>2</sup>;  $N_{d(i)}$  o número de dias no mês  $i$ ; e  $P$  o fator de perdas do sistema.

O cálculo da equação (1) deve ser realizado de forma individual para cada mês, uma vez que tanto a irradiação solar quanto o número de dias variam ao longo do ano. Aplicando essa equação pode-se então obter a geração média anual por módulo, calculando a média dos valores obtidos nos 12 meses.

Com um valor definido para a geração média mensal por módulo, o próximo passo consiste em estimar o potencial total de geração média mensal para cada edificação. Para isso, deve-se determinar o número de módulos que podem ser acomodados na área de cobertura de cada edificação. De posse das informações da área do módulo,  $A_m$ , e da área de geração disponível em cada edificação,  $A_g$ , já obtidas anteriormente (considerando a taxa de ocupação das coberturas fixada em 60 %), podemos simplesmente dividir esses dados para estimar o número de módulos  $N_m$  que podem ser instalados em cada edificação aplicando a equação (2):

$$N_m = \frac{A_g}{A_m} \quad (2)$$

Determinada a quantidade de módulos por edificação, aplica-se a equação (3) para calcular a geração média mensal total de cada edificação.

$$E_{Tg(i)} = E_{g(i)} \times N_m \quad (3)$$

Em que,  $E_{Tg(i)}$  corresponde à energia média gerada, por edificação, em kWh/mês;  $N_m$  é o número de módulos; e  $E_{g(i)}$  a energia média gerada, por módulo, num mês  $i$ , em kWh/mês.

É importante ressaltar que esse cálculo precisa ser realizado mensalmente, para cada edificação em análise. No presente estudo, consideramos a média anual de geração e, portanto, efetuamos os cálculos mensais, somando-os e, em seguida, dividindo por 12 para obter a média anual.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante o estudo.

### 4.1 ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO

Inicialmente, para determinar a área total disponível para a instalação de sistemas fotovoltaicos, foi realizado um levantamento detalhado das coberturas de cada unidade pública incluída na pesquisa, seguindo a metodologia previamente descrita, onde foi realizado o cálculo utilizando apenas os 60% da área.

Os valores obtidos a partir desse mapeamento estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Áreas de cobertura dos edifícios disponíveis para instalação.

<b>Edificação pública</b>	<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área disponível para instalação</b>
Postinho	230,00	138,00
Creche "Brincando de Aprender"	324,00	194,40
CRAS - Centro de Referências de Assistência Social	339,81	203,88
EMEF Maria do Carmo Pedroza Mendes	733,92	440,35
Sede da Prefeitura	137,64	82,58
Colégio Velho	384,80	230,88
Maternidade Raimunda Mendes Pedroza	438,54	263,10
Escola Amélia Maria Sarmento	479,11	287,46
Centro Edilton César Nitão	312,90	187,74
<b>Total</b>	<b>3.380,72</b>	<b>2.028,39</b>

Fonte: Autoral.

### 4.2 QUANTIDADE DE MÓDULOS

Com base no levantamento da área disponível, foi realizada a estimativa da quantidade de módulos fotovoltaicos que poderiam ser instalados nos telhados analisados, considerando a utilização de 60% da área total para garantir a eficiência e viabilidade da instalação. A distribuição dos módulos para as coberturas de todas as edificações está detalhada na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade de módulos por edificação.

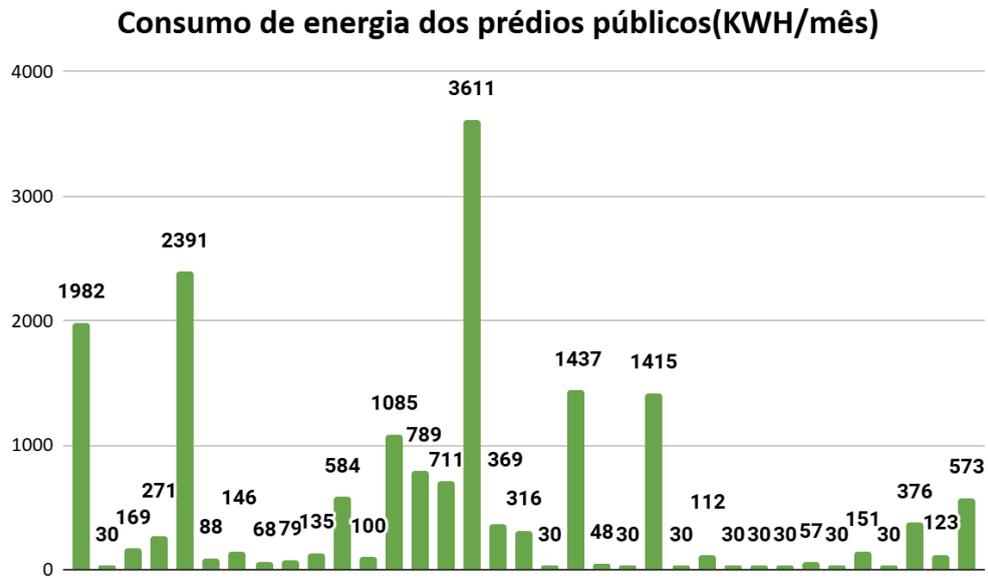
<b>Edificação pública</b>	<b>Quantidade de módulos</b>
Postinho	44
Creche "Brincando de Aprender"	63
CRAS - Centro de Referências de Assistência Social	66
EMEF Maria do Carmo Pedroza Mendes	142
Sede da Prefeitura	27
Colégio Velho	74
Maternidade Raimunda Mendes Pedroza	85
Escola Amélia Maria Sarmiento	93
Centro Edilton César Nitão	60
<b>Total</b>	<b>654</b>

Fonte: Autoral.

### 4.3 CONSUMO DAS EDIFICAÇÕES

O consumo médio mensal das edificações públicas do município de Nazarezinho foi determinado a partir da análise das faturas de energia elétrica fornecidas pela administração municipal. Atualmente, a prefeitura é responsável por 35 edificações de diferentes tipologias, incluindo unidades administrativas, escolas, creches, postos de saúde e unidades de saúde da família, entre outras. O consumo total dessas edificações atinge, em média, 17.456 kWh por mês, com variações significativas entre os prédios, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Consumo das edificações.



Fonte: Autoral

A análise da Figura 4 revela que algumas edificações públicas apresentam um consumo de energia significativamente elevado ao longo do mês. Esse alto consumo reflete diretamente nos custos de eletricidade do município, gerando um impacto financeiro expressivo para a administração pública. Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de soluções estratégicas que possam reduzir os gastos com energia elétrica, promovendo maior eficiência e sustentabilidade no uso dos recursos municipais.

#### 4.4 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Uma alternativa para reduzir os altos custos com energia elétrica no município é a implementação da geração distribuída fotovoltaica nas edificações públicas. Para isso, é fundamental avaliar o potencial de geração solar disponível na região.

A análise realizada mostrou que a cidade possui condições favoráveis para a geração de energia fotovoltaica, tanto pela estrutura dos prédios, que possibilita a instalação de múltiplos módulos solares, quanto pela localização geográfica, que garante alta incidência de radiação solar ao longo do ano.

Dado o investimento necessário para a implantação dos sistemas fotovoltaicos e a grande quantidade de edificações sob a responsabilidade do município, optou-se por

selecionar e analisar o potencial fotovoltaico de nove edificações públicas situadas na zona urbana de Nazarezinho.

Para estimar a capacidade de geração anual de energia, foi aplicada a metodologia já explicada anteriormente. Os resultados consolidados para as nove edificações selecionadas estão apresentados na Tabela 4, considerando os painéis previamente mencionados e sem levar em conta a depreciação dos equipamentos ao longo do tempo.

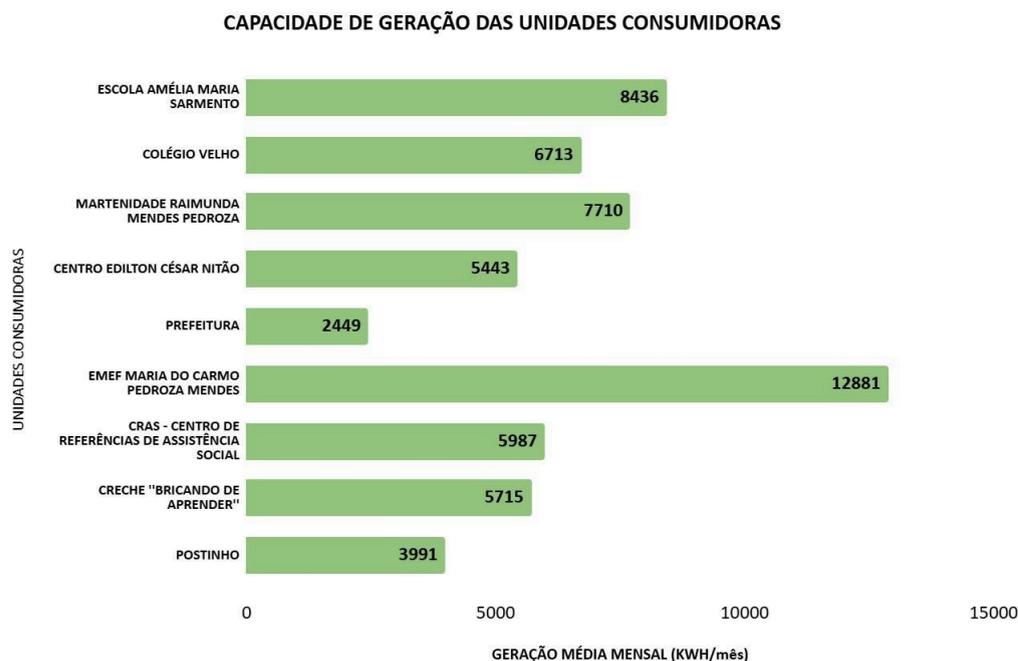
Tabela 4 – Geração estimada por mês.

Mês	Número de Dias	Geração Média Mensal/módulo (kWh/mês)	Geração Média Mensal Total (kWh/mês)
Janeiro	31	849,9617625	61763,89
Fevereiro	28	767,7073984	55786,74
Março	31	852,708004	61963,45
Abril	30	778,6923646	56584,98
Mai	31	730,5002547	53083,02
Junho	30	672,3862398	48860,07
Julho	31	730,5002547	53083,02
Agosto	31	829,3649508	60267,19
Setembro	30	870,3813973	63247,71
Outubro	31	918,6178015	66752,89
Novembro	30	906,2597144	65854,87
Dezembro	31	889,7822651	64657,51
<b>Média</b>		<b>816,4052006</b>	<b>59325,00</b>

Fonte: Autoral.

Os resultados da capacidade de geração por edifício são mostrados na Figura 5.

Figura 5 – Capacidade de geração das edificações.



Fonte: Autoral

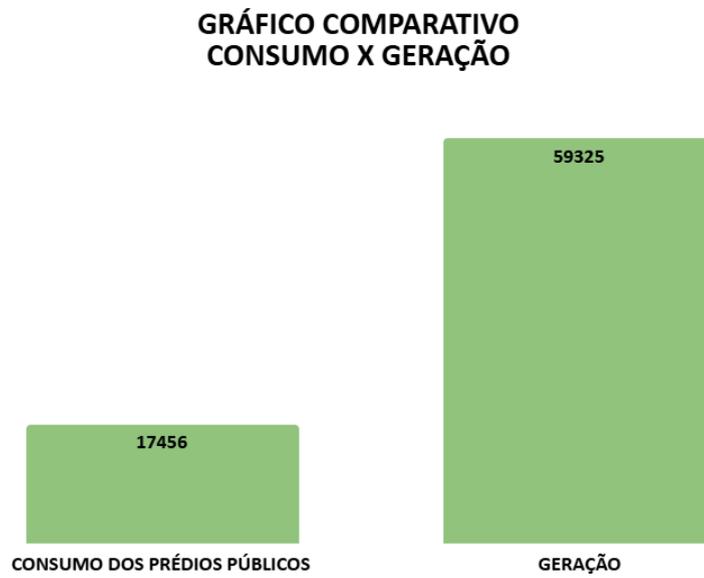
## 4.5 ECONOMIA ESTIMADA

Os resultados deste trabalho indicam que o município de Nazarezinho-PB possui um grande potencial para suprir totalmente a demanda energética de seus edifícios públicos por meio da geração fotovoltaica. Além disso, a produção estimada excede o consumo necessário, permitindo que o município não apenas atinja a autossuficiência energética, mas também se posicione como um gerador de energia.

Nesse cenário, a implementação de sistemas fotovoltaicos nas unidades selecionadas não apenas elimina os custos com eletricidade, mas também cria uma oportunidade de geração de receita. Como todos os prédios analisados apresentam uma capacidade de produção superior ao seu consumo, o excedente de energia pode ser comercializado junto à concessionária local, proporcionando um retorno financeiro adicional ao município.

A Figura 6 apresenta um comparativo entre o consumo de energia e a capacidade de geração do sistema proposto. Conforme demonstrado, o potencial estimado de geração é aproximadamente 3,5 vezes maior do que a demanda média mensal, reforçando a viabilidade e os benefícios econômicos da adoção da energia solar na administração pública municipal.

Figura 6 – Comparativo consumo versus geração.



Fonte: Autoral

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho, conduzida com o objetivo de avaliar o potencial de geração de energia fotovoltaica no município de Nazarezinho-PB, demonstram a viabilidade e os impactos positivos da adoção dessa tecnologia. A análise revelou que, ao aproveitar o potencial de apenas nove das trinta e cinco edificações públicas da cidade, seria possível alcançar uma capacidade de geração fotovoltaica estimada em 734.686,31 kWh/ano. Esse valor não apenas cobre integralmente a demanda energética dos edifícios públicos, mas também resulta na produção de um excedente significativo de energia, consolidando o município como um potencial gerador dentro da rede elétrica.

Os benefícios dessa transição para a energia solar são amplos e estratégicos. Além da independência energética, que reduziria drasticamente os custos com eletricidade para a administração municipal, a comercialização do excedente energético junto à concessionária local criaria uma nova fonte de receita. Essa iniciativa fortaleceria as finanças públicas, permitindo que os recursos economizados fossem direcionados para outras áreas prioritárias, como saúde, educação e infraestrutura. Paralelamente, a cidade se consolidaria como referência em sustentabilidade, promovendo um modelo energético alinhado às diretrizes ambientais globais e ao compromisso com a redução das emissões de carbono.

Em um panorama mais amplo, este estudo não apenas evidencia o expressivo potencial de geração de energia fotovoltaica em Nazarezinho, mas também aponta caminhos concretos para o crescimento econômico sustentável do município. A iniciativa se destaca como um marco na busca por soluções inovadoras para os desafios energéticos locais, provando que a transição para fontes renováveis pode ser tecnicamente viável, economicamente vantajosa e ambientalmente responsável.

Além disso, o estudo tem o potencial de servir como referência para outros municípios do interior da Paraíba e do Brasil, incentivando gestores públicos a adotarem soluções semelhantes. A implementação de sistemas fotovoltaicos em áreas urbanas e rurais não apenas melhora a gestão energética municipal, mas também impulsiona a conscientização sobre a importância da sustentabilidade. Dessa forma, Nazarezinho pode se tornar um modelo inspirador, demonstrando que o investimento em energia

limpa não é apenas uma alternativa viável, mas um passo essencial para um futuro mais equilibrado, econômico e sustentável.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, A. J. N.; Bueno, T. B. A.; Rank, N. I., 2016. Análise dos Fatores de Perdas nos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica em Curitiba. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.
- CERSA. (2018). Gestão Energética Municipal. João Pessoa, PB, 2018.
- CRESESB. (2023). Potencial Solar SunData v 3.0. disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 10 jan. 2025
- FELICITY – Financing Energy for Low-carbon Investment - Cities Advisory Facility. (2022). Plano Municipal de Gestão da Energia Elétrica (PLAMGE) - Retrospectiva e oportunidades de melhoria. Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2022
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 7.1.2 Disponível em: < [Indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Brasil \(odsbrasil.gov.br\)](https://odsbrasil.gov.br/) > Acesso em: 05 fev. 2025.
- IEA - International Energy Agency. (2020). IEA offers world governments a Sustainable Recovery Plan to boost economic growth, create millions of jobs and put emissions into structural decline. Disponível em: <https://www.iea.org/news/iea-offers-world-governments-a-sustainable-recovery-plan-to-boost-economic-growth-create-millions-of-jobs-and-put-emissions-into-structural-decline>.
- IPCC. (2011). Relatório Especial sobre Fontes Renováveis de Energia e Mitigação da Mudança do Clima. Leonidas O. Girardin, Mattia Romani (eds.), Cambridge University Press, 132 pp. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/>.
- GELLINGS, C. W. Efficient Use and Conservation of Energy. EOLSS Publications, 2017.

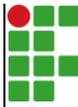


Sem título . Disponível em:  
<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/nazarezinho/panorama>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

Disponível em: <<https://sagrescidadao.tce.pb.gov.br/#/municipal/fornecedores>>. Acesso em: 11 mar. 2025a.

Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/ResenhaEnergticaExercicio2020final.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2025b.

Disponível em:  
<[https://antigo.mme.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=40f84e66-53b5-3383-80ab-f23d3e36cfad&groupId=36208](https://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=40f84e66-53b5-3383-80ab-f23d3e36cfad&groupId=36208)>. Acesso em: 11 mar. 2025c.

	<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, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC

<b>Assunto:</b>	TCC
<b>Assinado por:</b>	Marcos Pereira
<b>Tipo do Documento:</b>	Anexo
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcos Vinicius Cabral Pereira, ALUNO (20192610042) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 06/04/2025 20:08:26.

Este documento foi armazenado no SUAP em 06/04/2025. 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: 1449392

Código de Autenticação: 50f64d18b3

