

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ - PE

IMPLEMENTATION OF A RESIDENTIAL PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN THE MUNICIPALITY OF GRAVATÁ - PE

Bruno Mendonça Veloso Maia

bmvm@discente.ifpe.edu.br

Ronaldo Faustino da Silva

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema fotovoltaico residencial no município de Gravatá-PE, evidenciando como essa tecnologia pode contribuir para a diversificação da matriz energética, redução da dependência de fontes convencionais e promoção do desenvolvimento sustentável no Agreste Pernambucano. A pesquisa foi estruturada na implementação do Sistema de energia fotovoltaico e avaliação técnica e econômica. Consideraram-se fatores como perdas do sistema, eficiência dos módulos e irradiância local, resultando no dimensionamento de 9 módulos de 440W e um inversor de 5 Kw, seleção dos equipamentos: Foram analisados fabricante, certificações, garantia, durabilidade e compatibilidade técnica entre módulos, inversor, cabos, conectores MC4 e estruturas metálicas, análise econômica: Calculou-se payback simples, economia anual e retorno total em 25 anos, com base em tarifas atualizadas da Neoenergia celpe (2024). O payback de 54 meses confirma a viabilidade financeira da instalação, reforçada pela economia anual de R\$ 4.246,59.

Palavras-chave: fontes renováveis; energia Solar; sustentabilidade.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the technical and economic feasibility of implementing a residential photovoltaic system in the municipality of Gravatá-PE, highlighting how this technology can contribute to the diversification of the energy matrix, reduction of dependence on conventional sources, and promotion of sustainable development in the Agreste region of Pernambuco. The research was structured around the implementation of the photovoltaic energy system and technical and economic evaluation. Factors such as system losses, module efficiency, and local irradiance were considered, resulting in the sizing of 9 modules of 440W and a 5 Kw inverter. Equipment selection: Manufacturer, certifications, warranty, durability, and technical compatibility between modules, inverter, cables, MC4 connectors, and metal structures were analyzed. Economic analysis: Simple payback, annual savings, and total return in 25 years were calculated, based on updated Neoenergia Celpe tariffs (2024). The 54-month payback confirms the financial viability of the installation, reinforced by the annual savings of R\$ 4,246.59.

Keywords: renewable sources; solar Energy; sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de mitigação das mudanças climáticas, aliada ao aumento contínuo do consumo energético e à instabilidade das fontes tradicionais de geração, tornou a energia solar fotovoltaica uma alternativa estratégica no cenário global. No Brasil, particularmente nas regiões de alta irradiação solar, como o Agreste Pernambucano, a expansão da geração distribuída tem modificado significativamente a matriz elétrica nacional desde a criação do marco regulatório pela ANEEL (2023). A cidade de Gravatá-PE, por sua vez, apresenta condições climáticas favoráveis, com elevado índice de radiação solar anual e baixa nebulosidade, tornando o município um ambiente ideal para implantação de sistemas fotovoltaicos residenciais.

A energia solar fotovoltaica é um processo de conversão direta da radiação solar em eletricidade por meio de células capazes de gerar corrente elétrica quando expostas à luz do Sol; esse fenômeno físico é conhecido como efeito fotovoltaico, observado pela primeira vez em materiais semicondutores e que forma a base dos módulos fotovoltaicos usados nos sistemas atuais (Oliveira et al., 2023). Estas células são agrupadas em módulos e painéis para gerar energia em escala útil, sendo uma das formas mais importantes de geração elétrica renovável e distribuída no mundo contemporâneo (Araújo; Silva, 2022).

Existem diferentes tipos de tecnologia fotovoltaica empregados em instalações solares — entre eles estão os módulos de silício monocristalino e policristalino, bem como tecnologias emergentes como films finos (thin-film) e células avançadas como HIT ou perovskitas. Estudos recentes indicam que a performance relativa dessas tecnologias pode variar significativamente sob condições tropicais, com cada tipo apresentando vantagens específicas em termos de eficiência, custo e adaptação ao clima local (Femin; Veena; Petra et al., 2020).

A literatura técnica também aponta que condições locais específicas — latitude, orientação e inclinação dos painéis, padrões de consumo energético, e disponibilidade de espaço — influenciam diretamente a capacidade de geração e a performance dos sistemas fotovoltaicos (Silva et al., 2020).

No município de Gravatá-PE, as características climáticas locais favorecem a adoção de energia solar fotovoltaica. O município de Gravatá está situado em uma região de clima semiárido com elevada incidência de radiação solar ao longo do ano, associado a altas temperaturas médias anuais e períodos de céu predominantemente claro, fatores que favorecem a captação de energia solar pela maior parte dos dias.

A viabilidade técnica da energia fotovoltaica tem sido amplamente analisada em diversos contextos geográficos. Pesquisas realizadas em diferentes regiões brasileiras — como no estado do Tocantins — demonstram que a elevada incidência de radiação solar, aliada a políticas públicas de incentivo, melhora a adaptação técnica desses sistemas, possibilitando sua integração não apenas em áreas

urbanas, mas também no meio rural e em setores produtivos, como industrial e agropecuário (Silva et al., 2020).

De modo geral, os impactos positivos da adoção de sistemas fotovoltaicos são amplamente documentados. Do ponto de vista ambiental, a geração solar reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa quando comparada à queima de combustíveis fósseis e contribui para a mitigação das alterações climáticas (Oliveira et al., 2023).

Na esfera socioeconômica, além da diminuição direta dos custos de energia para os consumidores, a geração distribuída fotovoltaica pode aumentar a segurança energética local, criar empregos nos setores de instalação e manutenção, e reduzir a dependência das redes tradicionais de eletricidade. Estudos de viabilidade em contextos regionais, incluindo propriedades rurais, destacam também o papel da energia solar na autonomia energética e na redução das vulnerabilidades associadas às flutuações de custo das fontes convencionais (Araújo; Silva, 2022).

Por outro lado, há impactos e desafios negativos associados à tecnologia fotovoltaica que merecem consideração crítica. Do ponto de vista técnico e econômico, os custos iniciais de aquisição e instalação dos sistemas ainda podem ser elevados para muitos consumidores, e a performance energética depende fortemente de fatores climáticos como radiação e sombreamento, além de exigir manutenção periódica e atenção à degradação dos módulos ao longo do tempo (Souza, 2024).

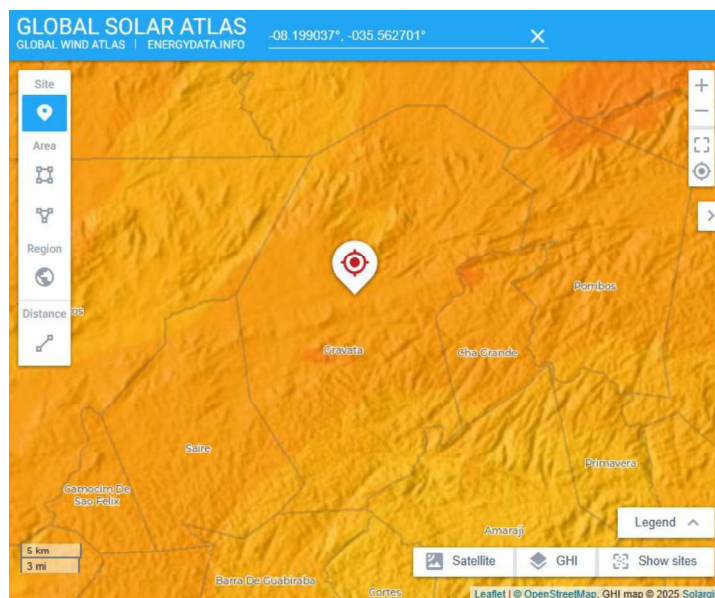
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica, econômica e energética da implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência localizada no município de Gravatá–PE, considerando os aspectos climáticos, o perfil de consumo energético, o desempenho dos equipamentos e os impactos econômicos decorrentes da adoção da tecnologia.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área de estudo (conforme Figura 1) corresponde a uma residência localizada no município de Gravatá–PE, na Rua Atahualfa Rosa Reis, nº 1, bairro Nossa Senhora das Graças, situada na região do Agreste Pernambucano. Essa região é caracterizada por elevada irradiação solar média anual, baixa nebulosidade e condições climáticas favoráveis à geração de energia fotovoltaica. Estudos recentes destacam o expressivo potencial solar local e o crescimento da região no mercado de geração distribuída (Ferreira et al., 2020; Lima et al., 2021).

Figura 1 – Incidência solar no município de Gravatá-PE.



Fonte: Global Solar Atlas (2024).

Observa-se que a região possui valor médio de Irradiação Global Horizontal (GHI) de aproximadamente 5,328 kWh/m²/dia, indicando elevado potencial para a geração de energia solar fotovoltaica, compatível com as condições climáticas favoráveis do Agreste Pernambucano.

2.2 Etapas da Análise de Viabilidade

A pesquisa foi estruturada em etapas fundamentais para garantir uma análise completa e confiável:

1. Caracterização Climática: Utilizou-se dados de irradiação solar do CRESESB, Atlas Solar Brasileiro e plataformas de monitoramento.
2. Dimensionamento Fotovoltaico: Consideraram-se fatores como perdas do sistema, eficiência dos módulos e irradiância local.
3. Seleção dos Equipamentos: Foram analisados fabricante, certificações, garantia, durabilidade e compatibilidade técnica entre módulos, inversor, cabos, conectores MC4 e estruturas metálicas.
4. Análise Econômica: Calculou-se payback simples.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo da residência e Caracterização Climática

O consumo mensal da residência era de 433 kwh, resultando em uma fatura média de R\$ 413,33. Com isso, o consumo anual atingia aproximadamente 5.195kwh, e o gasto anual com energia elétrica totalizava cerca de R\$ 4.653,39, com economia anual e retorno total em 25 anos, com base em tarifas atualizadas da CELPE (2024).

3.2 Dimensionamento do sistema:

Considerando uma média de 5 horas de sol pleno (constatando-se média de 5,0 a 5,5 h/dia de sol pleno em Gravatá) foram dimensionados 9 painéis monocristalinos de 440W da marca Sunergy, estimando uma geração média mensal de 500 kWh. Utilizou-se um inversor de 5kW da marca Ecosolys e estruturas adequadas para telha colonial. Foram também utilizados cabos para corrente contínua.

3.3 Seção dos Equipamentos

3.3.1 Painel Solar Fotovoltaico Sunergy 440W Monocristalino

O painel solar fotovoltaico Sunergy 440W Monocristalino Half Cell TP6L72M possui uma eficiência de 20,3%, sendo uma das mais altas no mercado para este tipo de tecnologia. Este painel é composto por 144 células de silício monocristalino Half Cell, que são cortadas ao meio para melhorar a eficiência e reduzir o estresse mecânico, aumentando a durabilidade. Cada painel tem as seguintes especificações:

- Potência máxima (Pmax): 440 W
- Tensão de circuito aberto (Voc): 49 V
- Tensão em potência máxima (Vmp): 40,5 V
- Corrente de curto-circuito (Isc): 11,4 A
- Corrente em potência máxima (Imp): 10,87 A
- Tolerância de potência: 0 ~ +5 W
- Área do módulo: 2,16 m²
- Peso: 25,5 kg
- Dimensões: 209,4 cm x 103,8 cm x 3,5 cm

Este painel é coberto por uma garantia de 10 anos contra defeitos de fabricação e uma garantia linear de 25 anos de eficiência, assegurando uma produção de energia consistente ao longo do tempo. A caixa de junção é classificada como IP68, oferecendo proteção contra poeira e água. O material da estrutura é feito de liga de alumínio anodizado, proporcionando robustez e resistência.

3.3.2 Inversor fotovoltaico On-Grid 5kW ecoSolys – Linha ELITE-S

O inversor Ecosolys 5KW, modelo ES GT-05K, é um inversor on-grid monofásico/bifásico com tensão de 220V e possui duas entradas MPPT (Maximum Power Point Tracking), que permitem a conexão de duas strings independentes de

painéis solares. Este inversor é ideal para sistemas fotovoltaicos residenciais e comerciais de pequeno a médio porte (conforme Figura 2)

Figura 2 – Inversor fotovoltaico EcoSolys de 5 kW instalado em residência no município de Gravatá-PE



Características principais:

- Potência Nominal de Saída: 5,0 kW.
- Conexão CA: Monofásica (L+N+PE) ou Bifásica (2L+PE).
- Eficiência Máxima: 97,62%.
- Faixa de Operação MPPT: 70~580 V.
- Grau de Proteção: IP65 (proteção contra poeira e jatos de água).
- Comunicação: Wi-Fi e Bluetooth para monitoramento remoto.
- Display: LCD para visualização de informações de geração de energia.
- Dimensões: 335 x 426 x 125 mm.
- Peso: 12,8 kg.
- Ventilação: Natural (sem ventiladores, o que reduz ruído e manutenção).
- Garantia: 5 anos conforme os termos de garantia.

Além disso, o inversor Ecosolys 5KW conta com certificação do INMETRO e é capaz de operar em temperaturas ambiente de -25°C a +60°C. Seu design moderno facilita a dissipação de calor de forma natural, melhorando a durabilidade e a eficiência do equipamento.

3.3.3 Estrutura de painel solar para telha colonial

A estrutura de fixação de painéis solares para telhas coloniais é projetada para permitir uma instalação eficiente e segura dos módulos fotovoltaicos em telhados com telhas cerâmicas de formato abaulado, comuns em muitas residências brasileiras (conforme Figura 3). Essas estruturas utilizam ganchos fixados à estrutura do telhado (geralmente de madeira), contornando a borda das telhas e fornecendo pontos de fixação para os perfis de alumínio sobre os quais os painéis solares são instalados.

Figura 3 – Módulos fotovoltaicos instalados em residência no município de Gravatá–PE.



Esse método de instalação é prático e não causa problemas com vazamentos, desde que seja feito corretamente. A estrutura de fixação geralmente inclui perfis de alumínio reforçados, que são leves e de fácil transporte, além de clamps intermediários e finais ajustáveis. Esses kits são modulares, permitindo futuras ampliações e garantindo alta resistência e durabilidade em diferentes condições climáticas.

Almeida (2020) acrescenta que as estruturas específicas para telhas coloniais são projetadas para distribuir uniformemente o peso dos painéis solares, evitando danos à cobertura e preservando a estética tradicional da construção.

3.3.4 Cabos solares de 4 mm²

O cabo solar de 4mm² é utilizado em sistemas de energia solar fotovoltaica para conectar os painéis solares ao inversor e ao restante do sistema elétrico. Aqui estão algumas especificações e características principais:

- **Material do Condutor:** Cobre eletrolítico estanhado, flexível, que proporciona excelente condutividade e durabilidade.
- **Isolamento:** Feito de composto reticulado sem halogêneos, que é resistente a altas temperaturas e a raios UV, garantindo segurança e longevidade.

- Tensão Nominal: Suporta uma tensão nominal de 1000V AC e 1800V DC.
- Resistência à Temperatura: Opera em uma faixa de temperatura de -40°C a 120°C, tornando-o adequado para diferentes condições climáticas.
- Diâmetro Externo: Aproximadamente 5,7mm.
- Espessura do Isolamento: Cerca de 0,7mm, proporcionando uma boa proteção contra abrasão e danos físicos.
- Resistência: Tem uma resistência de 5,09 ohms por quilômetro a 20°C.
- Certificações: Cumpre com diversas normas internacionais, incluindo EN50618 e TÜV, garantindo qualidade e conformidade.

Estes cabos são especialmente projetados para suportar as condições rigorosas de ambientes externos, incluindo exposição prolongada à luz solar direta, mudanças de temperatura e umidade, o que os torna ideais para instalações de energia solar.

Wuttig (2017) complementa que a escolha adequada dos cabos solares é crucial para o desempenho de um sistema solar, uma vez que eles precisam ser resistentes à radiação UV, abrasão e ciclos térmicos, garantindo a longevidade do sistema.

3.3.5 Conector MC4

Os conectores MC4 são amplamente utilizados em sistemas fotovoltaicos (painéis solares) para conectar os painéis entre si e com os inversores. Aqui estão algumas informações básicas sobre os conectores MC4:

Em resumo, os conectores MC4 são peças essenciais em sistemas fotovoltaicos modernos, proporcionando uma conexão elétrica segura e eficiente entre os componentes do sistema solar.

Boxwell (2021) afirma que os conectores MC4 são amplamente utilizados em sistemas fotovoltaicos devido à sua confiabilidade e facilidade de uso, permitindo conexões seguras e eficientes entre os módulos solares e o restante do sistema elétrico.

O sistema fotovoltaico projetado utiliza nove módulos de 440 W, conectados a um inversor de 5 kW, adequado ao perfil de consumo da residência. A escolha dos equipamentos considerou eficiência, certificações internacionais, durabilidade e compatibilidade técnica entre módulos, inversor e componentes auxiliares. Estudos atuais recomendam sistemas com esse padrão tecnológico para residências de médio porte (Carvalho et al., 2022; Martins & Gomes, 2023).

3.4 Retorno do projeto e pay-back

Os resultados obtidos evidenciam a eficiência do sistema projetado e instalado. O consumo mensal de 433 kWh, responsável por uma fatura média de R\$ 413,23, foi drasticamente reduzido para 30 kWh após a implementação do sistema, valor correspondente apenas ao custo mínimo da concessionária. Com isso, a nova fatura passou a ser R\$ 26,51.

A geração média de 500 kWh/mês demonstra que o sistema foi corretamente dimensionado, garantindo excedente energético que pode ser utilizado como créditos para meses de menor irradiação. O payback de 54 meses confirma a viabilidade financeira da instalação, reforçada pela economia anual de R\$ 4.246,59.

Os resultados obtidos são compatíveis com estudos nacionais recentes, que demonstram que sistemas residenciais instalados entre 2022 e 2024 apresentam retorno financeiro médio de 4 a 6 anos, dependendo da região (Aneel, 2023; Souza, 2024).

A instalação do sistema de energia solar da residência em Gravatá, PE, apresentou resultados financeiros expressivos. Antes da implementação do sistema fotovoltaico, a conta anual de energia elétrica era de R\$ 4.653,39. Após a instalação, esse valor foi reduzido para R\$ 406,80 por ano, considerando apenas o custo de disponibilidade e a taxa de iluminação pública, sem incluir possíveis cobranças de impostos.

A análise financeira do projeto revela um payback de 54 meses, indicando o tempo necessário para que o investimento inicial seja recuperado. Além disso, o ganho anual previsto com a economia na conta de energia é de R\$ 4.246,59. Ao longo de 25 anos, o retorno acumulado pode chegar a R\$ 211.763,03, demonstrando a viabilidade econômica e os benefícios financeiros a longo prazo da adoção de energia solar.

Perlin (2013) acrescenta que, com a contínua queda nos custos dos sistemas solares e o aumento das tarifas de eletricidade, o payback desses investimentos está se tornando cada vez mais atraente, frequentemente permitindo a recuperação do investimento inicial em menos de uma década.

4 CONCLUSÕES

A instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais em Gravatá–PE é altamente viável do ponto de vista técnico e econômico. A elevada irradiância da região, aliada à eficiência dos equipamentos instalados, proporciona significativa redução de custos e garante retorno financeiro em prazo relativamente curto. Além disso, contribui diretamente para o desenvolvimento sustentável da região, reduzindo emissões e promovendo autonomia energética.

Dessa forma, o uso da energia solar representa uma das alternativas mais eficientes, sustentáveis e economicamente vantajosas para consumidores residenciais do Agreste Pernambucano.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Relatório de geração distribuída. Brasília: ANEEL, 2023.

Almeida, R. Estruturas de fixação para sistemas fotovoltaicos em telhados cerâmicos. 2020.

BATISTA, W.; SOUZA, A.; FONSECA, S.; SILVA, S. Energias sustentáveis: a viabilidade econômico financeira da utilização de energia solar no Brasil. Revista Facef Pesquisa, 2020.

Boxwell, M. Solar electricity handbook. Warwick: Greenstream Publishing, 2021.

Carvalho, D. et al. Avanços tecnológicos em sistemas fotovoltaicos. Solar Energy Journal, Amsterdam, v. 45, n. 2, p. 110-125, 2022.

Femin, V., Veena, R., Petra, M.I. *et al.* Comparative analysis of different PV technologies under the tropical environments. Sci Rep 15, 16371 (2025).

Ferreira, R.; Moraes, J. Potencial solar em regiões de clima semiárido. Energy Reports, Amsterdam, v. 6, p. 250-260, 2020.

Franco, A. C., Ravagnani, M. A. da S. S., & Franco, L. S. (2023). Potenciais impactos ambientais da energia solar fotovoltaica na indústria. Exacta, 21(1), 249–269.

Global Solar Atlas. Solar resource data for Brazil. 2024. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info>>. Acesso em: 12 jan. 2025.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2022: mitigation of climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

Lima, A. et al. Avaliação climática para sistemas fotovoltaicos no Nordeste. Revista Brasileira de Energia Solar, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 55-70, 2021.

Martins, H.; GOMES, P. Dimensionamento moderno de sistemas residenciais. Journal of Renewable Energy, London, v. 18, n. 3, p. 200-215, 2023.

Neenergia Celpe. Tarifas de energia elétrica – Pernambuco. Recife: Neoenergia CELPE, 2024.

Oliveira, L. et al. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 90-105, 2023.

Perlin, J. Let it shine: the 6,000-year story of solar energy. Novato: New World Library, 2013.

Silva, H. M. F. da ., & Araújo, F. J. C. . (2022). Energia Solar Fotovoltaica No Brasil: Uma Revisão Bibliográfica. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 8(3). 2022.

Souza, M. Energia solar fotovoltaica e geração distribuída no Brasil. Revista de Energia e Sustentabilidade, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 30-45, 2024.

Wuttig, M. Solar power generation: the choice and challenge. Berlin: Springer, 2017.