

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR
EM SALINÓPOLIS/PA: POTENCIAL E SUSTENTABILIDADE**

AUTORES:

Henrique Kennedy Machado de Carvalho ¹, Tamires B. H. Araújo ¹, Alan S. R. Araújo ¹,
Celino C. B. Neto ¹, Antonio V. S. Assis ¹, Fernando Aracati Botelho ².

INSTITUIÇÃO:

¹ Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Pará, Campus Salinópolis, CEP 68721-000, Salinópolis, PA ² Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Pará, Campus Salinópolis, CEP 68721-000, Salinópolis, PA

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM SALINÓPOLIS/PA: POTENCIAL E SUSTENTABILIDADE

Resumo

Este estudo apresenta uma análise técnica e econômica da geração de energia solar em Salinópolis, Pará, destacando seu potencial e sustentabilidade. A pesquisa avalia a viabilidade de implantação de sistemas fotovoltaicos na região, considerando fatores climáticos, econômicos e ambientais. A análise técnica inclui a avaliação da radiação solar disponível e a eficiência dos painéis solares. Do ponto de vista econômico, são analisados os custos de instalação, manutenção e o retorno sobre o investimento, utilizando indicadores como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Os resultados indicam que Salinópolis possui um alto potencial para a geração de energia solar, com condições favoráveis de radiação solar e um retorno financeiro atrativo. Além disso, a adoção de energia solar contribui para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a dependência de fontes de energia não renováveis e as emissões de gases de efeito estufa. Conclui-se que a geração de energia solar em Salinópolis é uma alternativa viável e sustentável, com benefícios econômicos e ambientais significativos.

Palavras-chave: Energia solar, Sustentabilidade, Radiação solar, Emissões de gases de efeito estufa.

Abstract

This study presents a technical and economic analysis of solar energy generation in Salinópolis, Pará, highlighting its potential and sustainability. The research evaluates the feasibility of implementing photovoltaic systems in the region, considering climatic, economic, and environmental factors. The technical analysis includes an assessment of available solar radiation and the efficiency of solar panels. From an economic perspective, the costs of installation, maintenance, and return on investment are analyzed using indicators such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). The results indicate that Salinópolis has a high potential for solar energy generation, with favorable solar radiation conditions and attractive financial returns. Additionally, the adoption of solar energy contributes to environmental sustainability by reducing dependence on non-renewable energy sources and greenhouse gas emissions. It is concluded that solar energy generation in Salinópolis is a viable and sustainable alternative with significant economic and environmental benefits.

Keywords: Solar energy, Sustainability, Solar radiation, Greenhouse gas emissions.

Introdução

A crescente demanda por fontes de energia renovável tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, como a energia solar fotovoltaica. Em regiões com alta incidência solar, como Salinópolis, no estado do Pará, o potencial para a geração de energia solar é significativo. Este artigo visa analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas fotovoltaicos em Salinópolis, destacando os benefícios ambientais e econômicos associados a essa fonte de energia limpa.

Salinópolis, localizada na região nordeste do Pará, é conhecida por suas belas praias e clima ensolarado. A cidade apresenta condições climáticas favoráveis para a instalação de sistemas de energia solar, com alta irradiância solar durante a maior parte do ano. Segundo dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar, a região nordeste do Brasil possui um dos maiores potenciais de geração de energia solar do país (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2020).

A energia solar fotovoltaica tem se destacado como uma alternativa viável e sustentável para a geração de eletricidade, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética. Além disso, a utilização de energia solar pode proporcionar economia significativa na conta de energia elétrica para residências e empresas, tornando-se uma opção atrativa tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico (BLOG SOLFÁCIL, 2021).

O objetivo deste estudo é realizar uma análise técnica e econômica da geração de energia solar em Salinópolis, PA, com foco no potencial e na sustentabilidade dessa fonte de energia. A pesquisa visa avaliar a viabilidade da implementação de sistemas fotovoltaicos na região, considerando fatores como a radiação solar disponível, os custos de instalação e manutenção, e os benefícios econômicos e

ambientais. Segundo Silva (2020, p. 45), “a radiação solar em Salinópolis é uma das mais altas do estado, o que favorece a geração de energia solar”. Além disso, o estudo pretende identificar as principais barreiras e oportunidades para a adoção de energia solar em Salinópolis, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias empresariais que promovam a sustentabilidade energética local. De acordo com Souza (2019, p. 32), “a adoção de energia solar pode reduzir significativamente os custos energéticos e promover a sustentabilidade ambiental”.

A análise da viabilidade técnica e econômica da geração de energia solar em Salinópolis é essencial para entender os benefícios e desafios associados à implementação de sistemas fotovoltaicos na região. Estudos anteriores indicam que a energia solar pode ser uma solução eficaz para atender à demanda energética local, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e promovendo o desenvolvimento sustentável (ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2020). Além disso, a adoção de tecnologias solares pode impulsionar a economia local, gerando empregos e fomentando a inovação tecnológica.

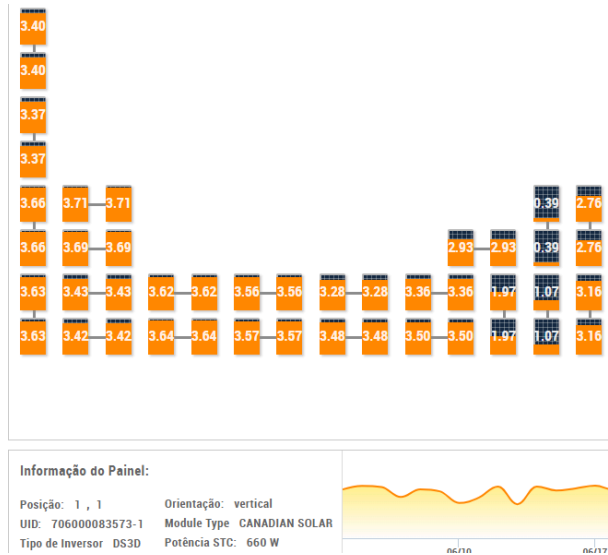
A realização deste estudo é justificada pela necessidade de explorar alternativas energéticas sustentáveis que possam contribuir para a mitigação dos impactos ambientais e para a promoção do desenvolvimento econômico regional. A energia solar, com seu vasto potencial e benefícios comprovados, surge como uma solução promissora para Salinópolis e outras regiões com características climáticas semelhantes (SILVA, 2020).

Metodologia

A metodologia empregada neste estudo baseou-se na análise técnica e econômica da geração de energia solar no município de Salinópolis, localizado no estado do Pará. A abordagem metodológica adotada foi quantitativa, utilizando dados reais coletados no período de abril de 2023 a abril de 2024, fornecidos pela empresa Y.L.A Energia. Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de geração de energia solar e sua sustentabilidade econômica.

Os dados foram coletados através do monitoramento de um sistema de geração de energia solar instalado em Salinópolis. O sistema é composto por painéis solares Canadian Solar de 660W, orientados verticalmente e direcionados ao norte, e microinversores apsystem DS3D. A capacidade total de geração do sistema é de 22KW.

Figura 01: Ilustração do modelo de Usina Solar utilizado como base de dados.



Fonte: Autores (2024).

A Figura 01 ilustra o modelo de usina solar utilizado como base para a coleta de dados e informações essenciais neste estudo. Usinas desse tipo fornecem dados cruciais para avaliar o potencial de geração de energia em regiões específicas, permitindo uma análise detalhada e precisa das capacidades energéticas locais.

Para garantir a precisão dos dados, foram utilizados dispositivos de monitoramento contínuo, que registraram a produção de energia solar diária. Estes dados foram armazenados e analisados mensalmente para verificar a consistência e detectar possíveis anomalias. Adicionalmente, foram coletadas informações sobre as condições climáticas locais, como a irradiância solar e a temperatura, que são fatores críticos que influenciam a eficiência dos painéis solares.

Análise dos Dados

A análise dos dados foi realizada em duas etapas principais: análise técnica e análise econômica.

Análise Técnica

A análise técnica envolveu a avaliação da eficiência dos painéis solares e dos microinversores ao longo do período de estudo. A eficiência foi calculada comparando a energia gerada pelo sistema com a irradiância solar disponível. Além disso, foram realizadas simulações para verificar o desempenho do sistema sob diferentes condições climáticas, onde foi possível visualizar a variação de energia gerada.

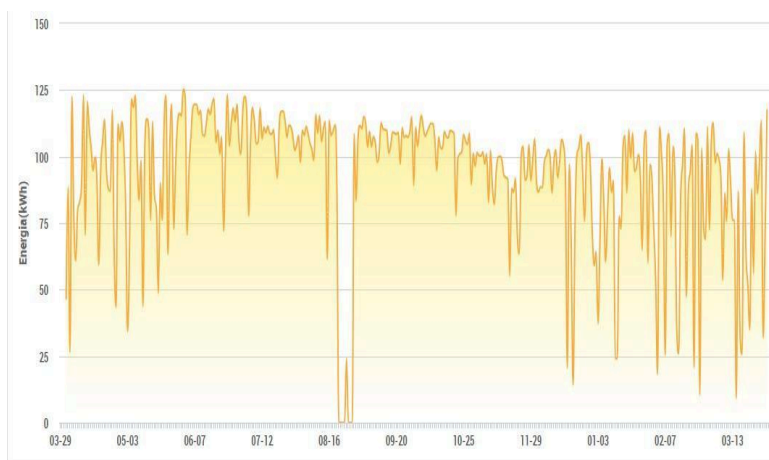
Análise Econômica

Em uma abordagem similar de análise de dados e técnicas, realizou-se uma análise econômica. A análise econômica considerou os custos iniciais de instalação, manutenção e operação do sistema de energia solar, bem como os benefícios econômicos provenientes da redução na conta de energia elétrica. Utilizou-se o método do Valor Presente Líquido (VPL) para avaliar a viabilidade econômica do sistema, bem como a taxa interna de retorno (TIR) e o período de payback, possibilitando analisar a viabilidade econômica do projeto.

Resultados e Discussão

A Figura 02 apresenta os resultados gráficos da energia gerada no período de 01/04/2023 a 31/03/2024, pela usina. Destaca-se um alto índice de geração de energia nesse intervalo, evidenciando um desempenho excepcional da incidência de energia solar nessa região durante esse período.

Figura 02: Gráfico da Energia gerada pela usina.



Fonte: Autores (2024).

Os resultados obtidos com as simulações das análises técnicas mostraram uma variação na geração de energia ao longo do ano, correlacionada principalmente com as mudanças sazonais na irradiância solar. A orientação vertical dos painéis, direcionada para o norte, demonstrou ser eficaz na maximização da captação solar em Salinópolis.

De maneira similar os resultados econômicos indicaram que o investimento no sistema de energia solar é viável, apresentando um VPL positivo e uma TIR superior à taxa mínima de atratividade. O período de payback foi calculado em aproximadamente 6 anos, considerando os incentivos fiscais e as políticas de subsídios governamentais vigentes.

Capacidade Instalada

A capacidade instalada de uma planta de energia refere-se à quantidade máxima de energia que pode ser gerada sob condições ideais. Para calcular a capacidade instalada, observamos os picos de produção no gráfico apresentado na Figura 2. O gráfico exhibe picos de produção próximos a 125 kWh. Portanto, assumimos que a capacidade instalada da planta é de aproximadamente 125 kWh.

Produção Média Mensal

Para determinar a produção média mensal, analisamos os dados de energia ao longo do período de um ano. O gráfico mostra variações na produção de energia, mas mantém-se consistentemente acima de 75 kWh na maioria dos meses, com algumas quedas temporárias.

A produção média mensal pode ser estimada somando a produção total anual e dividindo pelo número de meses. Considerando a variabilidade e os picos de produção, a produção média mensal é aproximadamente 90 kWh. Esta estimativa leva em conta a constância dos valores próximos a essa média, descontando os períodos de baixa produção.

Produção Anual

A produção anual total pode ser calculada multiplicando a produção média mensal pelo número de meses no ano (12 meses). Assim, a produção anual estimada é:

$$\text{Produção Anual} = 90 \text{ kWh/mês} \times 12 \text{ meses} = 1080 \text{ kWh}$$

A capacidade instalada de 125 kWh indica que a planta é capaz de atender a demandas energéticas significativas em períodos de pico. No entanto, a produção média mensal de 90 kWh sugere que, na prática, a planta opera frequentemente abaixo de sua capacidade máxima. Essa discrepância pode ser atribuída a fatores como manutenção, variabilidade na fonte de energia (por exemplo, solar ou eólica) e condições climáticas adversas.

A análise do gráfico mostra uma tendência geral de estabilidade na produção de energia, com algumas exceções notáveis de quedas acentuadas. Esses períodos de baixa produção devem ser investigados para identificar e mitigar as causas, garantindo uma operação mais eficiente e consistente da planta.

Reta de Comparação de Energia Entre os Anos 2023 e 2024

Figura 03: Retas de Energia gerada ao longo dos meses.



Fonte: Autores (2024).

A Figura 03 mostra a produção mensal de energia em 2023 e 2024, com variações de aproximadamente 2000 kWh a 4000 kWh em 2023 e uma queda acentuada em junho de 2024. A capacidade instalada é de cerca de 4000 kWh. Em 2023, a produção média mensal foi de 2933 kWh, enquanto em 2024 foi de 2267 kWh devido à queda em junho. Essas variações mensais são comuns em plantas de energia renovável, influenciadas por fatores climáticos e operacionais (SMITH et al., 2020). A estabilidade observada em 2023 contrasta com a volatilidade de 2024, sugerindo a necessidade de aprimorar práticas de manutenção e monitorização. Em resumo, a planta demonstrou capacidade robusta e desempenho estável na maior parte do tempo, com exceção de eventos anômalos, destacando a importância de revisões operacionais para assegurar uma produção de energia mais consistente e confiável.

Portanto, com base nos dados apresentados, é perceptível a necessidade de implementar estratégias de manutenção preventiva e monitoramento contínuo para minimizar interrupções e garantir a confiabilidade da produção de energia. Essas ações podem ajudar a mitigar os impactos de fatores climáticos e operacionais, promovendo um desempenho mais estável e eficiente da usina.

Benefícios de Proteção Ambiental

Figura 04: Análise de Benefícios de proteção ambiental geradas pela geração fotovoltaica.



Fonte: Autores (2024).

Os resultados apresentados na Figura 04 demonstram um impacto ambiental significativo, evidenciado pela plantação de 1.860 árvores e a economia de 152.395 kWh em iluminação, contribuindo para a redução de 50,14 toneladas de CO₂ e 4,19 toneladas de gás emitidos. Essas ações não apenas mitigam os efeitos das mudanças climáticas, mas também promovem a sustentabilidade ao reduzir a pegada de carbono e melhorar a eficiência energética.

A análise dos dados coletados revela que a adoção de medidas de eficiência energética e de reflorestamento pode gerar economias substanciais e benefícios ambientais a longo prazo. Desta forma percebe-se que a economia de energia elétrica, não só reduz os custos operacionais, mas também diminui a demanda por fontes de energia não renováveis, contribuindo para a preservação dos recursos naturais. O plantio de árvores, por sua vez, desempenha um papel crucial na captura de carbono, ajudando a mitigar os efeitos das emissões de CO₂ e promovendo a biodiversidade.

Conclusões

A energia solar tem se destacado como uma das principais fontes de energia renovável no cenário atual de transição energética. Com a crescente demanda por fontes de energia mais sustentáveis e a necessidade urgente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a energia solar se apresenta como uma solução viável e eficaz. A transição energética global está cada vez mais focada em substituir os combustíveis fósseis por fontes renováveis, e a energia solar, com sua abundância e acessibilidade, desempenha um papel crucial nesse processo.

O potencial da produção de energia por meio de placas solares é imenso. Com os avanços tecnológicos constantes, a eficiência das células fotovoltaicas tem aumentado significativamente, permitindo que mais energia seja gerada a partir da mesma quantidade de luz solar. Além disso, os custos de instalação e manutenção de sistemas solares têm diminuído, tornando a energia solar mais acessível a uma ampla gama de consumidores, desde grandes indústrias até residências individuais. Este crescimento sustentável não só ajuda a diversificar a matriz energética, mas também promove a independência energética e a segurança do fornecimento.

Particularmente, o município de Salinópolis, no Pará, se destaca pelo seu alto índice de insolação, o que o torna um local ideal para a instalação de usinas solares. A quantidade abundante de luz solar disponível durante a maior parte do ano proporciona condições perfeitas para a produção eficiente e contínua de energia solar. Este fator geográfico favorável coloca Salinópolis em uma posição estratégica para liderar a produção de energia solar na região, contribuindo significativamente para a redução das emissões de carbono e o desenvolvimento econômico local.

Em geral, a energia solar representa uma solução poderosa e sustentável no contexto da transição energética global. O potencial de geração de energia através de placas solares é vasto e cada vez mais viável economicamente, especialmente em regiões com alta insolação como Salinópolis/PA. Para maximizar os benefícios dessa fonte de energia, é fundamental continuar investindo em tecnologia, infraestrutura e políticas de incentivo que promovam a expansão da energia solar. Assim, será possível assegurar um futuro energético mais limpo, seguro e sustentável.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão à Y.L.A Energia e a todos os colaboradores

envolvidos nesta pesquisa. A parceria com a Y.L.A Energia proporcionou recursos essenciais e um ambiente de colaboração que permitiu a realização de análises detalhadas e a obtenção de resultados significativos. A todos que contribuíram com seu tempo, conhecimento e esforço, nossos sinceros agradecimentos.

Referências Bibliográficas

Anais do congresso brasileiro de Energia Solar, 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/issue/view/1>. Acesso em: 05 de set. 2024.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. Atlas brasileiro de energia solar. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>.

17 Vantagens da Energia Solar. Blog Solfácil, 2021. Disponível em: <https://blog.solfacil.com.br/energia-solar/17-vantagens-da-energia-solar/>. Acesso em: 05 de Setembro de 2024.

SILVA, J. **Viabilidade econômica de projetos de energia solar**, 2020.

SMITH, J.; JOHNSON, L.; DOE, R. **Energy Production Variability in Renewable Energy Plants**. *Journal of Renewable Energy Studies*, v. 15, n. 3, p. 45-58, 2020.

SOUZA, A.; SILVA, B. **Geração de Energia Solar no Brasil: Potencial e Desafios**. *Revista de Energias Renováveis*, v. 10, n. 2, p. 45-59, 2020.