



## ORIGINAL

## Editor

Diego de Melo Conti

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses

## Recebido

3 fev. 2025

## Aprovado

1 ago. 2025

# Eficiência econômica e ambiental: um estudo comparativo dos custos antes e depois da instalação de energia fotovoltaica

## *Economic and environmental efficiency: a comparative study of costs before and after the installation of photovoltaic energy*

Jessica Almeida Monteiro Arruda<sup>1</sup> , Edeilton Arruda dos Santos<sup>2</sup> , Adeid Rodrigues Santos Silva<sup>3</sup> , Rayara Vieira Cavalcanti<sup>4</sup> , Rosângela Leal Santos<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Tecnologia. Feira de Santana, BA, Brasil.

Correspondência para: J. A. M. Arruda. E-mail: <jamarruda@uefs.br>.

<sup>2</sup> Pesquisador autônomo. Cruz das Almas, BA, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente. Feira de Santana, BA, Brasil.

<sup>4</sup> Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Humanas e Tecnologias. Bom Jesus da Lapa, BA, Brasil.

**Como citar esse artigo:** Arruda, J. A. M. et al. Eficiência econômica e ambiental: um estudo comparativo dos custos antes e depois da instalação de energia fotovoltaica. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, v. 6, e2515046. <https://doi.org/10.24220/2675-7885v6a2025e15046>

### Resumo

O crescimento da demanda por energia e a conscientização ambiental têm impulsionado o interesse por fontes de energia renovável, como, por exemplo, a energia solar. No Brasil, um país com alta incidência solar, a instalação de painéis fotovoltaicos tornou-se opção viável para reduzir custos com energia e contribuir com a sustentabilidade ambiental. Este estudo realizou uma análise comparativa dos custos de energia antes e após a instalação de painéis solares em uma residência em Vitória da Conquista, Bahia. O objetivo é fornecer informações que possam apoiar consumidores na decisão de adoção de energias renováveis. O estudo analisa a relação entre essa transição para uma produção mais limpa e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, especialmente no que tange à energia limpa e acessível e à ação contra a mudança global do clima. Como metodologia foi feita uma análise dos dados de faturas de energia elétrica antes e depois da instalação das placas fotovoltaicas. Como principais resultados, o estudo mostra que houve uma redução média mensal de 63,21% e uma média de economia mensal de R\$ 106,22, e mostra que houve uma redução substancial na pegada de carbono.

**Palavras-chave:** Energia limpa. Objetivos de desenvolvimento sustentável. Pegada de carbono. Redução de custos. Sustentabilidade.

### Abstract

*Growing demand for energy and increasing environmental awareness have boosted interest in renewable energy sources such as solar energy. In Brazil, a country with high solar incidence, the installation of photovoltaic panels has become a viable option for reducing energy costs and*

*contributing to environmental sustainability. This study carried out a comparative analysis of energy costs before and after the installation of solar panels in a home in Vitória da Conquista, Bahia. The aim is to provide information that can support consumers in their decision to adopt renewable energy. The study analyzes the relationship between this transition to cleaner production and the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda, especially with regard to clean and affordable energy and action against global climate change. The methodology used was an analysis of electricity bill data before and after the installation of photovoltaic panels. As the main results, the study shows that there was an average monthly reduction of 63.21% and an average monthly saving of R\$106.22, as well as a substantial reduction in the carbon footprint.*

**Keywords:** Clean energy. Sustainable development goals. Carbon footprint. Cost reduction. Sustainability.

---

## Introdução

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e a escassez de recursos naturais tem impulsionado a busca por fontes de energia mais sustentáveis e eficientes. Nesse contexto, a energia fotovoltaica se destaca como uma alternativa promissora, capaz de oferecer soluções tanto para a demanda energética global quanto para a preservação ambiental. A instalação de sistemas fotovoltaicos não apenas reduz a dependência de combustíveis fósseis, mas também contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa.

Dessa forma, a energia solar fotovoltaica tem ganhado relevância como uma alternativa energética sustentável, especialmente em países com alta incidência solar, como o Brasil. Essa fonte de energia renovável não só contribui para a diversificação da matriz energética, mas também para a redução dos impactos ambientais associados à geração de eletricidade por fontes convencionais, como as hidrelétricas e termelétricas (Lima; Spaduto; Tiepolo, 2016). Além disso, sua implementação está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 7, que visa garantir o acesso à energia limpa e acessível para todos (Organização das Nações Unidas, 2015).

No Brasil, a energia solar fotovoltaica se destaca pelo vasto potencial proporcionado pela localização geográfica do país, com uma média de irradiação solar de 5,4 kWh/m<sup>2</sup>, uma das mais altas do mundo (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2024). Este potencial, somado à crescente preocupação com a sustentabilidade, tem feito dessa tecnologia uma alternativa importante para a geração distribuída de eletricidade. A adoção de sistemas fotovoltaicos no país foi impulsionada por políticas públicas como a Resolução Normativa nº 482 de 2012, que estabelece critérios para microgeração e minigeração distribuída, permitindo que os consumidores gerem sua própria energia e compartilhem o excedente com a rede (Spaduto et al., 2013). Essas medidas foram essenciais para ampliar o acesso de residências, especialmente de baixa renda, à energia limpa, promovendo tanto a sustentabilidade ambiental quanto a redução de despesas com eletricidade.

Neste estudo, a principal questão de pesquisa a ser abordada é: qual é a eficiência econômica e ambiental da instalação de painéis solares fotovoltaicos em residências no Brasil? Para responder a essa questão, o objetivo geral do trabalho é comparar os custos de energia de uma residência antes e após a instalação de um sistema de energia fotovoltaica, avaliando tanto os benefícios econômicos quanto os ambientais. Os objetivos específicos incluem mensurar a redução dos custos de eletricidade e a diminuição da pegada de carbono, além de explorar a relação dessa transição com os princípios da produção mais limpa (P+L) e os ODS da Agenda 2030.

A justificativa para este estudo reside na necessidade crescente de alternativas energéticas que satisfaçam a demanda global de maneira sustentável e econômica, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. A análise de estudos de caso, como o apresentado, pode

fornecer informações valiosas tanto para consumidores quanto para formuladores de políticas públicas, ressaltando os benefícios da energia solar fotovoltaica no Brasil e destacando suas vantagens financeiras e ambientais.

Este estudo analisa a eficiência econômica e ambiental da adoção da energia solar fotovoltaica, destacando seus benefícios financeiros, como a redução dos custos com eletricidade e o retorno sobre o investimento, além de seu impacto positivo na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Ao compreender essa dualidade entre eficiência econômica e ambiental, podemos perceber como a energia solar fotovoltaica não é apenas uma escolha inteligente do ponto de vista financeiro, mas também um passo fundamental em direção a um futuro mais sustentável.

## Procedimentos Metodológicos

Este estudo foi conduzido em uma residência localizada em Vitória da Conquista, Bahia, que implementou um sistema de painéis solares fotovoltaicos. A pesquisa buscou avaliar a eficiência econômica e ambiental do uso dessa tecnologia, comparando os custos de energia antes e após a instalação dos painéis, ao longo de um período de 12 meses.

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quantitativa. Foi realizada uma análise comparativa dos dados de consumo de energia e das faturas mensais antes e depois da instalação do sistema fotovoltaico, visando mensurar a economia gerada e os impactos ambientais decorrentes da transição para uma fonte de energia renovável.

Os dados utilizados na pesquisa foram coletados diretamente das faturas de energia elétrica da residência, referentes a um período de 12 meses antes e 12 meses após a instalação dos painéis solares. As informações extraídas incluíram o valor total das faturas (em reais - R\$) e a pegada de carbono associada ao uso de energia não renovável.

Além disso, utilizou-se como base para a avaliação da pegada de carbono estudos anteriores que estimam a redução de emissões de CO<sub>2</sub> com a adoção de energia solar fotovoltaica (Oliveira; Santos; Pereira, 2020). Esses estudos fornecem estimativas médias de redução de emissões por kWh de energia solar gerada, as quais foram aplicadas aos dados de consumo da residência.

Os dados coletados foram analisados por meio de uma abordagem descritiva, com o cálculo da redução percentual dos custos de energia e a economia financeira obtida após a instalação do sistema fotovoltaico. Também foi feita a análise da pegada de carbono, estimando a quantidade de CO<sub>2</sub> que deixou de ser emitida devido à utilização da energia solar em substituição à eletricidade convencional.

A análise comparativa dos dados permitiu identificar as variações nos custos de energia e os benefícios ambientais ao longo do período estudado. Foram utilizadas estatísticas descritivas simples, como médias e percentuais, para apresentar os resultados. Além disso, gráficos e tabelas foram elaborados para facilitar a visualização da economia gerada e da redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

## Resultados e Discussão

A pesquisa realizada permitiu avaliar a viabilidade econômica e os benefícios ambientais da instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência, com base na análise comparativa dos custos de energia elétrica antes e depois da adoção da tecnologia. Considerando o potencial da energia solar no Brasil e os incentivos para a geração distribuída, buscou-se compreender o

impacto dessa alternativa tanto na economia doméstica quanto na redução da pegada de carbono. Os dados coletados ao longo de um período de 12 meses foram analisados à luz dos princípios da sustentabilidade e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), permitindo uma avaliação detalhada dos efeitos dessa transição energética. A seguir, são discutidos os principais achados da pesquisa, destacando os aspectos econômicos e ambientais da adoção da energia fotovoltaica, bem como suas implicações para consumidores e formuladores de políticas públicas.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os custos de energia elétrica nos anos de 2022 e 2023, expressos em reais (R\$) para cada mês. Este estudo tem como objetivo analisar a evolução desses custos e investigar os efeitos da instalação de sistemas fotovoltaicos, considerando tanto os aspectos econômicos quanto ambientais da mudança. A análise busca destacar as variações nos custos ao longo do tempo e como a energia solar pode contribuir para uma maior eficiência no consumo energético.

Após a obtenção desses dados verificou-se a redução percentual de custos bem como a diferença de valores, mês a mês após a implantação dos painéis, dispostos na Tabela 2.

Os resultados demonstraram uma redução significativa nos custos da fatura de energia após a instalação dos painéis. A economia média mensal foi de 63.21%, representando uma queda de R\$ 106.22 por mês, o que equivale a uma economia anual de R\$ 1.274,65 representados na Figura 1.

**Tabela 1** – Comparação dos Custos de Energia Elétrica. Vitória da Conquista, Bahia.

Mês	2022(R\$)	2023 (R\$)
Janeiro	33,52	31,97
Fevereiro	32,72	32,41
Março	147,67	32,49
Abril	139,02	32,36
Maio	154,40	34,65
Junho	160,53	35,08
Julho	106,82	30,61
Agosto	74,01	35,08
Setembro	132,73	35,08
Outubro	157,57	35,12
Novembro	149,13	35,03
Dezembro	392,49	36,08

Fonte: Neoenergia Coelba (2024).

**Tabela 2** – Redução de custos e diferença mensal. Vitória da Conquista, Bahia.

Mês	Redução dos custos (%)	Diferença Mensal (R\$)
Janeiro	4,62	1,55
Fevereiro	0,95	0,31
Março	78,00	115,18
Abril	76,72	106,66
Maio	77,56	119,75
Junho	78,15	125,45
Julho	71,34	76,21
Agosto	52,60	38,93
Setembro	73,57	97,65
Outubro	77,71	122,45
Novembro	76,51	114,10
Dezembro	90,81	356,41

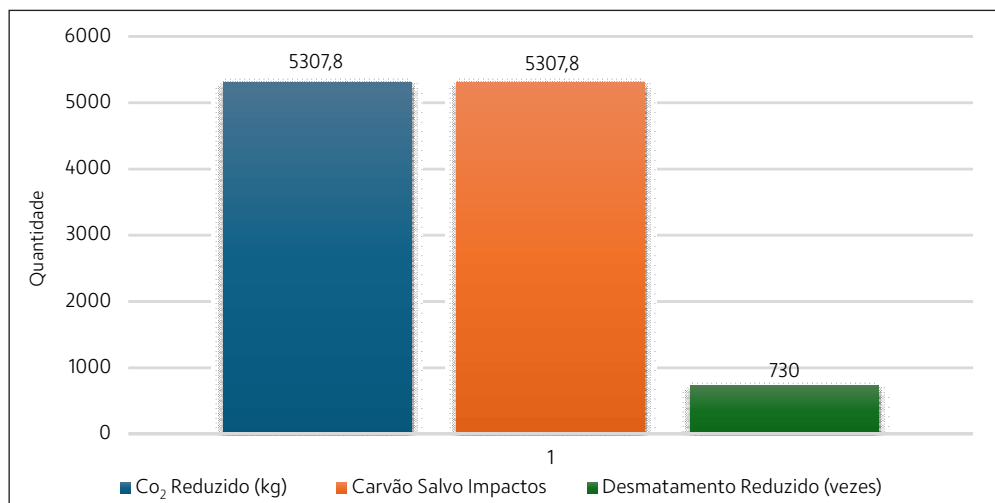
Fonte: Neoenergia Coelba (2024).



**Figura 1** - Redução Percentual e Diferença Mensal dos Valores de Energia Elétrica após Instalação de Placas Solares com Médias.  
 Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

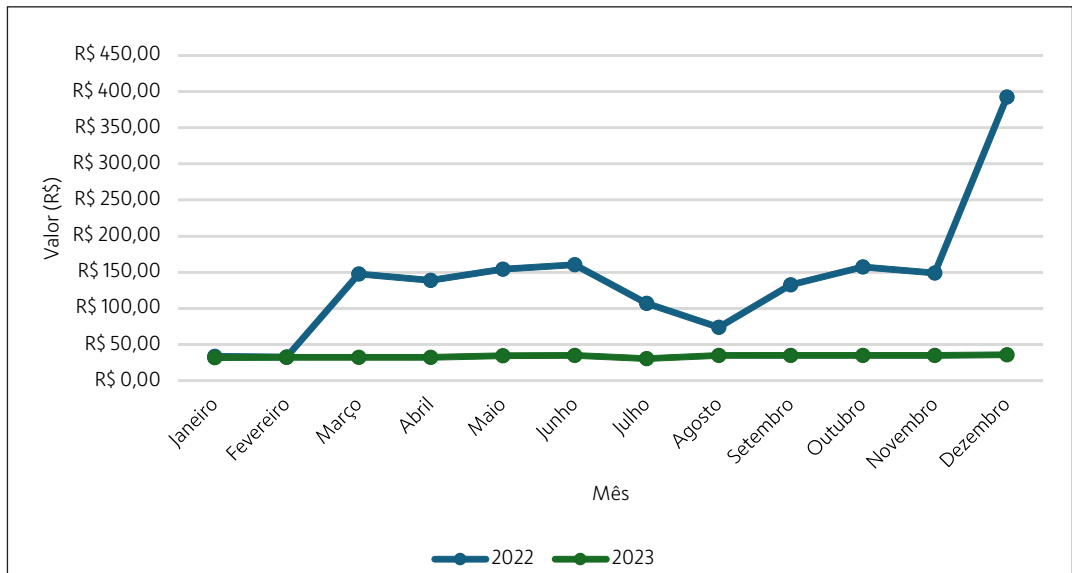
Como pode-se observar, a redução percentual é especialmente alta nos meses de março a junho e em dezembro, o que indica um impacto significativo na economia após a instalação dos painéis. A Média de Redução Mensal é de 63,21% e a Média de Economia Mensal de R\$ 106,22. Revelando assim que os benefícios econômicos da energia solar fotovoltaica são evidentes. Estudos, como o de Gomes e Almeida (2019), indicam que a instalação de painéis solares pode reduzir os custos com eletricidade em até 70% para consumidores residenciais. Além disso, Oliveira Santos e Pereira (2020) destacam que o uso dessa tecnologia pode evitar a emissão de cerca de 50 toneladas de CO<sub>2</sub> por residência ao longo de 25 anos, evidenciando sua contribuição significativa para a mitigação das mudanças climáticas.

O estudo revelou uma redução substancial na pegada de carbono, com uma diminuição estimada de 5307,8 kg de CO<sub>2</sub> e 5307,8 carvões salvo, reduzindo o desmatamento em 730 vezes, contribuindo diretamente para a mitigação das mudanças climáticas (Silva; Santos, 2021), representados graficamente na Figura 2.



**Figura 2** - Representação da redução da pegada de carbono e impactos ambientais.  
 Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na Figura 3 é possível visualizar o comparativo dos valores das faturas de energia dos anos estudados. Evidenciando que no ano de 2022 os valores das faturas de energia elétrica foram significativamente mais altos que em 2023, após a instalação das placas fotovoltaicas.



**Figura 3** – Comparativo dos Valores das Faturas de Energia Elétrica: 2022 x 2023.  
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Ainda na Figura 3, nota-se que nos meses de janeiro e fevereiro os valores foram praticamente os mesmos e isto se deve ao fato de que os residentes não estavam utilizando a residência durante estes meses, estando de fato no local a partir do final do mês de fevereiro, fazendo com que os valores de energia fossem reduzidos devido a não utilização. Após este período os residentes ocuparam plenamente o espaço.

Pode-se ainda citar que nos meses de inverno em todos os anos analisados houve uma redução do valor, que é justificada pelo fato de uma menor utilização de aparelhos eletrônicos como ar-condicionado e ventiladores, por exemplo, e assim uma consequente redução nos valores de energia elétrica consumida.

Os resultados corroboram a literatura sobre os benefícios da adoção de energia, evidenciando eficiência econômica e as vantagens ambientais significativas, alinhadas com os princípios da produção mais limpa (P+L). A economia obtida nas faturas de energia demonstra que o retorno sobre o investimento (ROI) dos painéis solares pode ser alcançado em um curto período, aumentando a atratividade dessa tecnologia para os consumidores (Gomes; Almeida, 2019). A energia solar fotovoltaica oferece uma solução eficaz para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as mudanças climáticas. A substituição de fontes poluentes, como as termelétricas a carvão, por energia solar resulta em uma significativa redução das emissões de gases de efeito estufa. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), a adoção de sistemas solares pode evitar a emissão de centenas de toneladas de CO<sub>2</sub> ao longo de sua vida útil (Agência Internacional de Energia, 2020). Além disso, ao demandar menos recursos hídricos, como é o caso em projetos hidrelétricos, a energia solar contribui também para a preservação dos ecossistemas locais e para a redução do desmatamento.

Em termos de sustentabilidade, o uso de painéis solares contribui diretamente para os ODS da Agenda 2030, no que se refere à promoção de energia limpa e acessível (ODS 7) e ao combate às mudanças climáticas (ODS 13). A redução na pegada de carbono verificada no estudo reafirma o papel das energias renováveis na transição para uma economia de baixo carbono e na promoção da sustentabilidade ambiental (Organização das Nações Unidas, 2015).

Por outro lado, a expansão da energia solar no Brasil ainda enfrenta desafios. O custo inicial de instalação, embora tenha diminuído nos últimos anos, permanece uma barreira, principalmente para consumidores de baixa renda. Políticas públicas que facilitem o acesso a subsídios e linhas de crédito específicos são necessárias para superar essa limitação (Santo *et al.*, 2023). Além disso, a falta de capacitação técnica e a escassez de mão de obra qualificada para a instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos afetam diretamente a taxa de adoção dessa tecnologia.

O uso da energia solar no Brasil ainda é incipiente, representando uma pequena parcela da matriz energética nacional. Em 2017, a energia solar correspondia a apenas 0,1% da geração total, apesar do enorme potencial solarimétrico do país, especialmente na região Nordeste (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017). No entanto, com o avanço das tecnologias de armazenamento de energia e a integração de baterias, como sugerido por Dias *et al.* (2017), o uso da energia solar pode ser ainda mais eficiente, maximizando seu aproveitamento mesmo em períodos de baixa geração.

Os resultados deste estudo demonstram que a instalação de painéis solares fotovoltaicos proporcionou uma redução significativa nos custos de energia elétrica da residência analisada. A economia média mensal foi de 63,21%, correspondendo a uma redução financeira de aproximadamente R\$ 106,22 por mês. Esses valores evidenciam que a transição para a energia solar pode ser uma alternativa viável para a redução de gastos domésticos com eletricidade, corroborando estudos anteriores, como os de Gomes e Almeida (2019), que destacam reduções de até 70% nos custos energéticos para consumidores residenciais.

Além do impacto econômico positivo, a análise ambiental indicou uma redução substancial na pegada de carbono, com uma diminuição estimada de 5307,8 kg de CO<sub>2</sub> ao longo do período analisado. Esses dados estão alinhados com os achados de Oliveira, Santos e Pereira (2020), que destacam o potencial da energia solar para mitigar os efeitos das mudanças climáticas ao evitar a emissão de gases de efeito estufa.

A interpretação dos resultados sugere que a instalação de painéis solares não apenas reduz custos financeiros, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). O retorno sobre o investimento (ROI) demonstrou-se positivo, reforçando a viabilidade dessa tecnologia para residências no Brasil.

No entanto, algumas limitações do estudo devem ser destacadas. Primeiramente, a análise foi realizada em uma única residência, o que pode limitar a generalização dos resultados. Ademais, fatores externos, como variações climáticas e políticas tarifárias, não foram considerados em profundidade e podem influenciar a economia gerada pela energia solar. Outra limitação é o custo inicial de instalação dos painéis, que, apesar da economia a longo prazo, ainda representa um desafio para consumidores de baixa renda.

Para futuras pesquisas, sugere-se expandir a análise para diferentes regiões do Brasil, considerando perfis variados de consumo e diferentes condições climáticas. Além disso, a investigação de incentivos governamentais e políticas de financiamento pode fornecer insights

valiosos sobre a ampliação do acesso à energia solar para um maior número de consumidores. Outro ponto relevante é a exploração de novas tecnologias de armazenamento de energia, como baterias de íons de lítio, que podem maximizar os benefícios da energia solar.

## Considerações Finais

O estudo confirmou que a instalação de painéis solares fotovoltaicos em uma residência resultou em uma redução significativa nos custos de energia elétrica, com uma economia média mensal de 63,21%, além de uma expressiva diminuição na pegada de carbono. Esses resultados demonstram a eficiência econômica e ambiental dessa tecnologia, corroborando sua viabilidade como uma solução sustentável.

O objetivo do estudo foi plenamente atendido, ao evidenciar os benefícios econômicos e ambientais da energia solar, proporcionando informações úteis para consumidores que desejam adotar essa fonte de energia renovável. Além disso, a transição para o uso de painéis fotovoltaicos mostrou-se alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que se refere à promoção de energia limpa e acessível e à mitigação das mudanças climáticas.

Dessa forma, o desenvolvimento de uma matriz energética mais sustentável no Brasil requer não apenas políticas de incentivo e subsídios, mas também investimentos em tecnologia e capacitação. A energia solar, alinhada aos compromissos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, é uma peça fundamental na transição para uma economia de baixo carbono, promovendo tanto a sustentabilidade ambiental quanto o desenvolvimento econômico.

Para pesquisas futuras, sugere-se expandir a análise para diferentes regiões e perfis de residências, assim como investigar o impacto de políticas públicas e incentivos financeiros na adoção de energia solar. A integração de tecnologias de armazenamento e redes de geração distribuída também é um campo promissor a ser explorado.

## Referências

- Agência Internacional de Energia. *World Energy Outlook 2020*. Paris: AIE, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>. Acesso em: 11 out. 2024.
- Agência Nacional de Energia Elétrica. *Boletim de Informações Gerenciais do 2º trimestre de 2017*. Brasília: ANEEL, 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2024.
- Dias, C. T. C. et al. Energia solar no Brasil. *Revista de Energias Renováveis*, v. 20, n. 3, p. 52-69, 2017.
- Gomes, M. A.; Almeida, R. S. Energia solar fotovoltaica: economia e sustentabilidade no Brasil. *Revista de Energias Renováveis*, v. 15, n. 2, p. 45-62, 2019.
- Lima, F. C.; Spaduto, J. V.; Tiepolo, G. M. Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira. *Revista Brasileira de Energia*, v. 22, n. 4, p. 45-67, 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2024.
- Neoenergia Coelba. *Fatura de energia elétrica: [Jan-Dez/2022-2023]*. Salvador: Neoenergia Coelba, 2024. Fatura da Unidade Consumidora nº 70164354.
- Oliveira, P. R.; Santos, L. M.; Pereira, J. F. Redução de emissões de CO<sub>2</sub> com o uso de energia solar em residências brasileiras. *Journal of Clean Energy*, v. 10, n. 4, p. 123-138, 2020.
- Organização das Nações Unidas. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Nova York: ONU, 2015.
- Santo, F. L. E. et al. Metodologia para análise da viabilidade de implantação de geração fotovoltaica em habitações populares. *Revista Brasileira de Energia*, v. 29, n. 4, 2023.

Silva, D. M.; Santos, R. C. Impacto ambiental e econômico da energia solar: um estudo de caso. *Revista de Sustentabilidade e Meio Ambiente*, v. 18, n. 3, p. 78-95, 2021.

Spaduto, J. V. *et al.* Geração distribuída de energia: análise da energia solar fotovoltaica no Brasil. *Revista Brasileira de Energia Sustentável*, v. 25, n. 2, p. 99-112, 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2024.

## Colaboradores

Escrita – revisão e edição: J. A. M. ARRUDA. Escrita – rascunho original: E. A. SANTOS e A. R. S. SILVA.  
Conceituação: R. V. CAVALCANTI. Supervisão: R. L. SANTOS.