

# A VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE ENERGIA SOLAR EM RESIDÊNCIAS E ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

Paulo José Xavier<sup>1</sup>

## RESUMO

O estudo investiga a crescente importância da energia solar no contexto econômico e ambiental, concentrando-se na viabilidade econômica do uso de energia solar em residências e estabelecimentos comerciais. Ao analisar as implicações em níveis macro e microeconômicos, fica evidente que a transição para a energia solar não só impulsiona a sustentabilidade e a segurança energética em nível nacional, mas também oferece vantagens econômicas significativas para consumidores e empresas. O estudo proposto visa avaliar a viabilidade econômica da implementação da energia solar em residências e estabelecimentos comerciais no Nordeste, considerando não apenas os benefícios individuais, mas também o impacto coletivo na matriz energética nacional e no ambiente. O método de pesquisa inclui uma análise aprofundada dos custos associados à energia solar, levando em conta investimentos iniciais, manutenção e seus efeitos nas tarifas de energia elétrica, com base em dados de diversas fontes, incluindo relatórios governamentais e artigos científicos.

**Palavras-chave:** Energia Renovável; Investimento; Economia.

## ABSTRACT

The study investigates the growing importance of solar energy in the economic and environmental context, focusing on the economic viability of solar energy use in residential and commercial establishments. By examining implications at both macro and microeconomic levels, it becomes evident that the transition to solar energy not only drives sustainability and energy security at the national level, but also provides significant economic advantages for consumers and businesses. The proposed study aims to assess the economic feasibility of solar energy implementation in homes and commercial establishments in the Northeast region, considering not only individual benefits but also the collective impact on the national energy matrix and the environment. The research methodology includes a thorough analysis of costs associated with solar energy, taking into account initial investments, maintenance, and their effects on electricity tariffs, based on data from various sources, including government reports and scientific articles.

**Keywords:** Renewable Energy; Investment; Economy.

---

<sup>1</sup> Aluno do curso de Ciências Econômicas – Universidade Federal de Pernambuco/ Centro Acadêmico do Agreste

Orientador: Professor Doutor Atenágoras Oliveira Duarte - Núcleo de Gestão do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco.

## 1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XIX, especificamente no ano de 1839, o cientista Becquerel demonstrou que existia a possibilidade de converter radiação luminosa em energia elétrica através da incidência de luz mergulhando um eletrodo em solução de eletrólito. Já no ano de 1954 surge a fotocélula de silício que atualmente é um material predominante no processo de desenvolvimento tecnológico do uso das células solares (FADIGAS, 2018).

Ao longo dos anos, a humanidade buscou utilizar os recursos naturais do planeta para suprir as necessidades de energia, no entanto não predominavam preocupações acerca dos efeitos que causariam ao meio ambiente.

A conscientização ambiental tem sido uma preocupação de longa data, no entanto, permaneceu periférica em relação aos principais fluxos sociais. No decorrer do século XX, um ponto de virada crucial para o avanço da sensibilidade ecológica foi a divulgação, em 1962, do livro "Primavera Silenciosa" escrito por Rachel Carson. Sua obra, um clássico da literatura ambiental, nos recorda da necessidade premente de adotarmos práticas agrícolas mais sustentáveis e de repensarmos nosso compromisso com a proteção do planeta.

Nesse viés, o contexto atual vem fazendo com que as nações busquem novas formas de geração de energia que causem menos danos ao meio ambiente e que sejam mais eficientes economicamente. Nesse sentido, as estratégias de desenvolvimento vêm sendo dirigidas para o uso de energias renováveis que além de reduzirem emissões estão se tornando viáveis economicamente (ROSA E GASPARIN, 2016).

Sabe-se que energias renováveis também são conhecidas, por alguns, enquanto “energias limpas”, pois se entende que não produzem grandes impactos ambientais negativos. A continuidade nas pesquisas científicas, contudo, demonstram que esta perspectiva é controversa, pois estudos indicam impactos ambientais relevantes para fontes como energia eólica ou o uso do álcool como combustível.

Como pode se observar pela existência do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) atualmente existe uma grande preocupação mundial em compensar as emissões de CO<sub>2</sub>, para tanto o consumo de energias renováveis tem sido o foco de governos e empresas em todo globo.

Sabe-se que a obtenção de energia é uma das principais medidas para um país

se desenvolver e de dar bem-estar a sua população e que nos últimos anos houve um aumento na preocupação sobre o meio ambiente e, portanto, deve-se encontrar uma maneira de se obter energia com um menor impacto ao meio ambiente. Dessa forma, acredita-se que a solução seja a utilização de energias renováveis, especificamente a solar que é produzida de fontes inesgotáveis obtidas da natureza.

Assim, Rosa e Gasparin (2016) afirmam que a busca pela inserção da energia solar na matriz energética mundial ocasionou um aumento de 395% da produção primária de energia solar entre 2003 e 2013. Isso é devido a energia solar fotovoltaica ser uma fonte bem desenvolvida tecnologicamente para a produção de energia elétrica.

Valory et al (2019) infere que no Brasil, apesar do grande potencial, a energia solar ainda não atingiu elevados níveis de aproveitamento, como é o caso de países como Alemanha e Itália que estão entre os líderes mundiais no setor fotovoltaico. No entanto, percebe-se a utilização de energia solar em diversas finalidades como residencial, hotelaria, industrial e ainda para atender aeroportos.

Nessa perspectiva, o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa, onde predomina-se o uso de hidrelétricas. A energia proveniente do Sol é alternativa renovável mais favorável para o futuro, pois a radiação solar fornecida pelo Sol pode ser captada por placas fotovoltaicas e posteriormente ser convertida em energia elétrica que proporcionam impactos ambientais mínimos. Avila et al (2021) inferem que a energia solar fotovoltaica também é líder entre as renováveis, principalmente na criação de empregos.

Segundo Nascimento (2017), a utilização de energia solar para gerar energia elétrica proporciona diversos benefícios, tanto ambiental como econômico. O autor completa que sob o aspecto ambiental, há a redução da emissão de gases do efeito estufa e do uso da água para geração da energia elétrica. Já sob os efeitos socioeconômicos, a geração de energia solar contribui para a geração de empregos e o aumento de investimentos.

Entretanto, a produção de energias renováveis era economicamente inviável devido ao alto custo de implantação e até de manutenção dos equipamentos. No entanto, tem-se observado acentuadas quedas de preços desses equipamentos juntamente com os incentivos ofertados pelo governo, resultando assim o aumento de adeptos à produção de energia solar. Ainda há diversos desafios para que esta fonte

de energia renovável seja implantada com menores obstáculos e, portanto, é importante fazer um panorama desta modalidade de geração no país. (ROSA E GASPARIN, 2016).

Por isso apresenta-se como objetivo analisar a viabilidade econômica da implementação de energia solar em residências e estabelecimentos comerciais abordando tanto o aspecto abrangente da economia, onde se insere uma fonte energética limpa na matriz atual e seus desdobramentos ambientais e econômicos, como também o aspecto mais individualizado da economia, no qual as residências e estabelecimentos comerciais podem ou não obter retornos financeiros diretos.

Para isso vai se realizar pesquisa bibliográfica a respeito da energia solar fotovoltaica no Nordeste e analisar o custo da energia fornecida na região. Como também, analisar as vantagens do uso da energia solar fotovoltaica para as residências e estabelecimentos comerciais e os impactos com um aumento substancial de seu uso tanto para a matriz energética brasileira como também do ponto de vista ambiental. E por fim, observar os incentivos que são dados e seus reflexos para as concessionárias de energia, para os consumidores que adere à energia solar e para os consumidores que não aderem

Para alcançar os resultados esperados serão investigadas diversas fontes de informações, como artigos científicos, relatórios governamentais e dados de órgãos reguladores do setor energético. Além disso, será realizado um minucioso levantamento dos custos associados à energia solar fornecida na região, considerando aspectos como investimentos iniciais em sistemas fotovoltaicos, manutenção e impactos nas tarifas de energia elétrica. A análise detalhada dos custos permitirá uma compreensão mais precisa da viabilidade econômica do uso de energia solar em residências e estabelecimentos comerciais no Nordeste.

## **2 ENERGIA SOLAR E A ECONOMIA MUNDIAL**

O cenário global está experimentando mudanças substanciais, impulsionadas por três das principais preocupações da humanidade neste início de século: questões ambientais, energéticas e econômicas globais. Embora, à primeira vista, essas áreas possam parecer independentes, na verdade, estão profundamente interligadas.

Nesse viés, Vichi e Mansor (2009) afirmam que questões ambientais e energéticas, já estão há algum tempo na consciência do cidadão comum, devido aos

impactos do efeito estufa e do aquecimento global, amplamente atribuídos ao uso de combustíveis fósseis.

Já quanto à economia, Vichi e Mansor (2009) argumentam que somente o tempo revelará os efeitos duradouros que a crise no sistema financeiro internacional terá no setor de energia e, de forma ainda mais desafiadora de prever, no meio ambiente. A única certeza é que esses três setores serão profundamente afetados de maneira permanente.

Nesse contexto, Shayani, Oliveira e Camargo (2006) salientam que uma grande vantagem da energia solar é a sua possibilidade de utilização de forma distribuída, promovendo o desenvolvimento social e econômico em todas as regiões e evitando gastos e impacto ambiental com linhas de transmissão.

A eficiência aprimorada do mercado fotovoltaico não apenas tornou a energia solar mais acessível, mas também a tornou uma opção cada vez mais atraente para governos, empresas e consumidores preocupados com a sustentabilidade ambiental. Fadigas (2018) destaca um fenômeno de grande relevância nos últimos 10 anos: o mercado fotovoltaico passou por uma significativa transformação, caracterizada pelo aumento da eficiência e uma notável redução nos custos de produção dos sistemas de energia solar.

Além disso, Pereira et al (2017) consideram que o campo de pesquisa da energia no Brasil está avançando rapidamente, seguindo o progresso dos recursos de fontes renováveis para geração de energia. Essa sinergia entre a meteorologia e a produção de energia renovável tem desempenhado um papel crucial na otimização da operação de parques eólicos e usinas solares, permitindo uma melhor previsão das condições climáticas e, por conseguinte, uma maior eficiência na geração de eletricidade

Esse progresso tem sido impulsionado por avanços tecnológicos, inovações na fabricação de painéis solares e um crescente interesse global em fontes de energia renovável. Nesse sentido, Adbala (2019) observa que os preços da energia elétrica, que chega ao consumidor final, crescem a passos largos, levando a situação da matriz energética a ser repensada com cautela.

O autor ainda infere que a implementação de fontes de energia renovável tem sido cada vez mais indispensável para a diminuição destes custos elevados, assim como para a redução dos problemas socioambientais gerados pelas fontes não

renováveis que compreendem a maior parte da matriz energética mundial.

No contexto da crescente adoção da energia solar fotovoltaica como uma alternativa limpa e sustentável, é importante reconhecer que, apesar de suas inúmeras vantagens, essa fonte de energia não está isenta de desafios ambientais, como apontado por Rosa e Gasparin (2016). Eles apontam que a energia solar fotovoltaica possui alguns pontos negativos relacionados aos impactos ambientais, como as emissões de produtos decorrentes do processo de preparação da matéria prima e principalmente da purificação do silício.

Valory et al (2019) fazem uma análise importante sobre o panorama das energias renováveis, especialmente no contexto inicial da implementação da energia solar. Eles observam que, historicamente, a implantação e manutenção de sistemas de energia solar apresentaram desafios significativos em relação aos custos envolvidos.

Nesse sentido, Zamperin et al (2007) pontuam que a consciência ecológica para o consumo de energias limpas e a necessidade de abastecer locais remotos, não são os únicos fatores de incentivo à energia solar. A descoberta de novas tecnologias fez com o custo destes sistemas tivessem uma baixa no preço, e isso fez com que a energia solar se tornasse cada vez mais competitiva em relação aos outros tipos de energia.

No entanto, o que tem sido notável é a tendência de queda de preços nos equipamentos relacionados à energia solar à medida que os investimentos cresceram. Esse fenômeno pode ser atribuído a uma série de fatores, incluindo avanços tecnológicos, economias de escala decorrentes da produção em larga escala e uma maior competição no mercado de energia solar.

Nos últimos anos, o sistema fotovoltaico residencial apresentou um notável progresso, acumulando uma expressiva redução em seu custo total. Essa significativa diminuição reflete o avanço tecnológico e o crescente interesse pela adoção de fontes de energia limpa e renovável.

Abaixo apresentam-se dois gráficos que inferem uma redução de 44% no período entre junho de 2016 até junho de 2022 nos sistemas residenciais e comerciais. Isso demonstra que com essa queda de preços e com a ajuda do governo que vem ofertando incentivos que levam ao aumento do número de adeptos a esse tipo de energia está havendo um aumento considerável no uso da energia solar.

Figura 1 - Preços de sistemas residenciais (4 kWp)

<b>Mês/Ano</b>	<b>Preço médio do kit R\$/Wp</b>	<b>Preço médio de integração R\$/Wp</b>	<b>Total R\$/Wp</b>
Jun/16	5,12	3,65	8,77
Jan/17	4,16	3,58	7,74
Jun/17	3,19	3,33	6,52
Jan/18	3,62	2,21	5,83
Jun/18	3,49	2,27	5,76
Jan/19	3,17	2,06	5,23
Jun/19	3,11	1,89	5,00
Jan/20	2,88	1,96	4,84
Jun/20	3,12	1,65	4,76
Jan/21	3,30	1,66	4,96
Jun/21	3,22	1,66	4,88
Jan/22	3,53	1,63	5,16
Jun/22	3,21	1,67	4,88

Fonte: Adaptado de Greener, 2022.

Assim como o sistema fotovoltaico residencial, o setor comercial também experimentou uma notável evolução nos últimos anos. Esse avanço demonstra a crescente viabilidade econômica da energia solar como uma opção sustentável para empresas e empreendimentos.

Figura 2 - Preços de sistemas comerciais (50 kWp)

<b>Mês/Ano</b>	<b>Preço médio do kit R\$/Wp</b>	<b>Preço médio de integração R\$/Wp</b>	<b>Total R\$/Wp</b>
Jun/16	4,25	2,75	7,00
Jan/17	2,93	3,13	6,06
Jun/17	2,47	2,33	4,80
Jan/18	2,60	1,79	4,39
Jun/18	2,84	1,57	4,41
Jan/19	2,49	1,56	4,05
Jun/19	2,47	1,19	3,66
Jan/20	2,24	1,38	3,62
Jun/20	2,49	1,21	3,70
Jan/21	2,72	1,16	3,88
Jun/21	2,66	1,23	3,89
Jan/22	3,08	1,02	4,10
Jun/22	2,84	1,04	3,88

Fonte: Adptado de Greener, 2022.

Com a queda dos preços dos componentes e aprimoramento das tecnologias, cada vez mais negócios estão adotando sistemas fotovoltaicos como parte de suas estratégias para redução de gastos com energia elétrica. Essa tendência de diminuição de custos e adoção de fontes limpas de energia indica um horizonte promissor para o setor comercial, incentivando um caminho mais sustentável para a economia como um todo.

O mercado fotovoltaico tem experimentado um crescimento notável em escala global nas últimas décadas. A crescente preocupação com as mudanças climáticas, a busca por fontes de energia limpa e a redução dos custos associados à tecnologia fotovoltaica têm impulsionado esse setor em diferentes regiões do mundo. Além disso, o mercado global de energia fotovoltaica experimentou um rápido crescimento na instalação de capacidade solar. A diminuição dos custos dos painéis solares e os incentivos governamentais contribuíram para esse crescimento.

Segundo Silva et al (2017) este crescimento da fotovoltaica se deve a vários fatores, entre os quais se podem citar a diminuição nos custos de fabricação, aumento na eficiência dos módulos e facilidade na implementação de sistemas de pequeno e grande porte. Também é interessante notar que muitos dos fatores que contribuem para o crescimento da energia solar fotovoltaica são retroalimentados.

Ou seja, o progresso contínuo na eficiência e na redução de custos dos painéis solares e das tecnologias associadas impulsiona a adoção generalizada. Além disso, subsídios, incentivos fiscais e políticas favoráveis adotadas pelos governos podem aumentar o interesse e o investimento em energia solar.

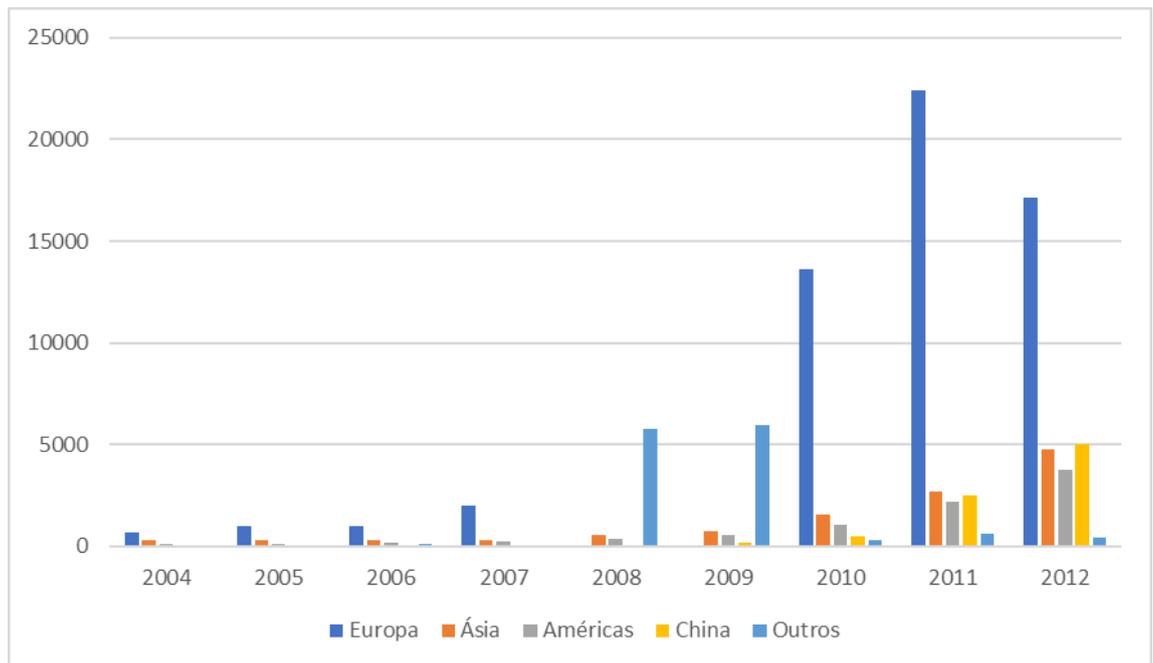
Shayani, Oliveira e Camargo (2006) ressaltam que a Alemanha emergiu como um dos pioneiros no aproveitamento da energia solar distribuída. No período de 1990 a 1995, implementou um ambicioso programa de instalação de painéis fotovoltaicos interligados à rede, cobrindo mil telhados iniciais.

Este esforço resultou em mais de 2.250 sistemas instalados, apresentando uma potência média de 2,6 kW por telhado, abrangendo um leque de mais de 40 cidades. O excedente de energia produzido é comercializado junto à concessionária pela residência consumidora. Impulsionado pelo êxito desse empreendimento, lançou-se o programa "100.000 Telhados Solares", cuja meta almejada consiste na geração de

500 MW de energia solar. (SHAYANI; OLIVEIRA E CAMARGO, 2006).

No que diz respeito ao mercado fotovoltaico, é relevante enfatizar a concentração da demanda e oferta, bem como o posicionamento competitivo dos países e empresas atuantes. Conforme evidenciado no Gráfico 1, a Europa, em especial a Alemanha, destaca-se como o principal mercado consumidor desse segmento.

Figura 3 - Gráfico da Expansão da instalação de painéis fotovoltaicos no mundo



Fonte: Adaptado EPIA, apud BNDES, 2013.

A Alemanha é pioneira na utilização da energia solar distribuída e é um dos países com maior penetração de energia solar fotovoltaica no mundo atualmente. Essa fonte é responsável por 25% da demanda no país. Se compararmos com a parcela que ela ocupava há 20 anos (5%), nota-se que o país é um exemplo de como inserir essa fonte na matriz energética. (MIAN, 2015).

Figura 4 – Tabela de Geração Solar no Mundo

<b>Países</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Δ% (2018/2017)</b>	<b>Part. % (2018)</b>
<b>Mundo</b>	<b>202</b>	<b>263</b>	<b>345</b>	<b>461</b>	<b>575</b>	<b>24,6</b>	<b>100,0</b>
China	29	45	75	131	177	34,9	30,8
Estados Unidos	29	39	55	77	93	20,8	16,2
Japão	23	35	46	55	63	13,8	10,9
Alema- nha	36	39	38	39	46	16,2	8,0
Índia	6	10	19	26	40	52,6	6,9
Itália	22	23	22	24	22	-7,3	3,9
Reino Unido	4	8	10	11	13	12,0	2,2
Espanha	13	13	13	14	12	-11,3	2,1
França	6	8	9	10	11	10,2	1,8
Austrália	4	5	6	10	11	23,0	1,7
Brasil	0	0	0	1	3	316,9	0,6
Outros	29	39	52	65	88	35,1	15,4

Fonte: EPIA, apud BNDES, 2013

Na Figura 4, vê-se que a China corresponde por pouco mais de 30% da geração mundial e os Estados Unidos por mais de 16% dessa geração, e o aumento percentual de 2018 em relação a 2017 foi de 34,9% e 20,8%, respectivamente. No caso do Brasil, apesar da participação do Brasil ser de 0,6% do total houve um aumento percentual de 316,9% do ano de 2018 para 2017. Isso mostra que nos próximos anos, o Brasil tem um potencial imensurável para aumentar a sua produção de energia solar.

Conforme Ribeiro (2019) as empresas provenientes da China se destacam como as principais produtoras globais de componentes fotovoltaicos, controlando uma fatia superior a 50% do mercado. A crescente responsabilidade ambiental assumida pelo país também gera benefícios de ordem econômica.

Diversos estímulos estão impulsionando o avanço da energia fotovoltaica na China, tanto para implantações em coberturas conectadas à rede elétrica, quanto para implementações autônomas em regiões desprovidas de acesso à eletricidade. Conforme Mian (2015):

- 1) Tarifa prêmio para plantas FV financiadas por um acréscimo na conta de energia elétrica dos consumidores de energia elétrica;

- 2) Um programa para incentivar a energia FV em edifícios (o PV Building Project), financiado através de um fundo especial para energia renovável;
- 3) O programa chamado “Golden Sun Program” que busca desenvolver sistemas FV em edifícios e aplicações não conectadas a rede. A 4ª fase do programa começou em 2012 com 1.709 MW em projetos recebendo financiamentos;
- 4) Um fundo, diretamente controlado pelo Ministério das Finanças para dar suporte às aplicações distribuídas investe entre 10 a 20 bilhões de CNY (aproximadamente entre 1,6 a 3,1 bilhões de US\$) por ano (IEA-PVPS, 2014b). A partir de novembro de 2012, 2.830 MW foram selecionados para os dois últimos programas de subsídios. (IEA-PVPS, 2013, apud Mian, 2015).

De acordo com Silva et al (2017), o mercado de energia fotovoltaica está em crescimento contínuo em escala global. Os preços das tecnologias fotovoltaicas têm diminuído, enquanto o preço da eletricidade vem aumentando, o que permite que as economias geradas pela utilização desses sistemas e/ou os valores obtidos com a venda de eletricidade possam igualar-se ou até mesmo superar o custo de instalação e financiamento.

Nesse contexto, Almeida et al (2016) enfatizam que a busca contínua por novas tecnologias para a utilização de energias renováveis impulsionou significativamente o uso de sistemas fotovoltaicos. A energia solar é destacada como uma das opções mais vantajosas para a geração de energia, não apenas por sua capacidade de preservar o meio ambiente, mas também por sua característica de produzir eletricidade sem gerar resíduos e ser inesgotável. Essa fonte é alimentada principalmente pelo silício, um material amplamente disponível, extraído da areia e presente em abundância em todo o mundo.

Para Carvalho et al (2014) a expansão futura da geração de energia fotovoltaica depende da competitividade dessa fonte em relação às demais fontes de energia, o que pressiona ainda mais a indústria a reduzir os custos de produção dos sistemas geradores. Contudo, é importante ressaltar que o desenvolvimento do mercado fotovoltaico não é uniforme em todo o mundo. Enquanto alguns países têm avançado rapidamente na adoção de energia solar, outros ainda enfrentam desafios significativos, como barreiras regulatórias, infraestrutura inadequada e altos custos iniciais de instalação.

### **3. ENERGIA SOLAR NO BRASIL**

No que se refere à geração de eletricidade, o Brasil se destaca no cenário mundial por ter sua matriz de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis, com preponderância da hidroeletricidade e da biomassa proveniente da cana-de-açúcar. Mais recentemente, também ganham destaque as fontes eólica e solar (BEZERRA, 2021).

O uso da energia solar no Brasil tem sido impulsionado pela busca por fontes mais limpas e renováveis de energia, além da necessidade de diversificação da matriz energética e da redução da dependência de fontes tradicionais, como hidrelétricas e termelétricas. Assim, a tecnologia fotovoltaica tem se tornado cada vez mais acessível, com a queda dos custos dos painéis solares e a melhoria da eficiência dos sistemas.

Desse modo, Machado e Miranda (2015) estabelecem que desde 2012, após a resolução Nº 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), uma pessoa física pode injetar eletricidade na rede brasileira, fato que motivou a indústria a desenvolver tecnologia nessa área e produzir energia por fontes renováveis.

Como ressalta Bandeira (2012) o Brasil se destaca no cenário energético devido à sua matriz diversificada, que engloba grandes reservas de petróleo, gás natural, carvão, urânio e diversas fontes de energia renovável. Entre essas fontes, o país se sobressai pelo seu potencial em energia hidrelétrica, eólica, solar e de biomassa para a geração de energia elétrica. A figura 5 demonstra a matriz energética Brasileira

Figura 5 - Matriz Energética Brasileira (GW)

<b>Energia</b>	<b>Potência Instalada (GW)</b>	<b>%</b>
Hídrica	109.472	54%
Eólica	23.050	11%
Solar	21.349	11%
Gás Natural	16.796	8%
Biomassa + Biogás	16.583	8%
Petróleo e Fósseis	8.967	5%
Outros	5.574	3%

Fonte: Adaptado de Dolle, Rodrigues e Moura (2022)

Nos últimos tempos, a energia solar tem ganhado crescente importância na composição da matriz energética do Brasil, tornando-se uma parte cada vez mais

significativa. Atualmente, essa fonte de energia representa aproximadamente 11% da capacidade total de geração de eletricidade do país, o que equivale a cerca de 21,3 gigawatts (GW) de potência instalada. Nos últimos 7 anos (2015 a 2021), segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), essa modalidade de energia elétrica cresceu em média 151% ao ano. (Dolle; Rodrigues; e Moura, 2022)

Conforme Bezerra (2021) o Brasil exibe um considerável potencial na produção de energia solar, devido à sua vasta extensão territorial e aos elevados níveis de irradiação solar. Como exemplo de comparação, pode-se mencionar a Alemanha, que, apesar de possuir índices de irradiação notavelmente mais baixos em relação ao Brasil, mantém atualmente uma capacidade de geração de energia fotovoltaica que supera em mais de 30 vezes a do Brasil.

Nesse viés, Fadigas (2018) ressalta que o Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente no Nordeste brasileiro, chegando a faixa máxima de 1758kWh/m<sup>2</sup> a 2190kWh/m<sup>2</sup> por ano de radiação incidente, indicando assim uma das regiões do mundo com maior potencial de energia solar.

Uma das questões que pode interferir no aumento dos estímulos para o setor é que o Brasil dispõe de fontes de energia como a hidráulica, que apesar do impacto ambiental causado pela implantação de uma usina hidroelétrica e do alto investimento inicial, o custo da energia elétrica é inferior às outras fontes. Contudo, o Brasil também tem buscado, mesmo que de forma singela, incentivar a energia solar. (ROSA E GASPARIN, 2016).

Conforme Zilles (2012), a conversão direta da luz solar em eletricidade por sistemas fotovoltaicos está gradativamente se difundindo no país devido a eficiência de conversão e à redução de custos. A eficiência cada vez maior dos sistemas fotovoltaicos torna-os uma opção atrativa para residências, empresas e indústrias que buscam economia na conta de energia elétrica e um compromisso com a sustentabilidade. Além disso, os avanços tecnológicos e a ampliação da capacidade de produção têm impulsionado a competitividade do setor, tornando a energia solar uma alternativa cada vez mais acessível e promissora para o país.

Nesse sentido, Petry et al (2020) trazem como exemplo de uma boa incidência solar o Ceará. Os mesmos completam que em 2014 e 2015 foram contratados 30MW e 120MW, respectivamente, para serem instalados no estado, atraindo assim investidores no setor das energias renováveis. Além disso, o estado conta com

programas de incentivo à Energia Solar com a finalidade de incentivar os fabricantes de equipamentos solares e a instalação de usinas solares em todo estado.

Santos (2009) estabelece que a utilização da energia solar fotovoltaica, além de ser uma fonte de energia limpa, apresenta vários benefícios para a sustentabilidade ambiental do planeta. Entre eles, a geração no próprio local de consumo, a possibilidade de integração às edificações e a geração durante o horário comercial. (SANTOS, 2009).

No contexto brasileiro, a energia fotovoltaica é vista como saída de desenvolvimento para áreas de regiões mais pobres, como o sertão nordestino, mas considerada mais um recurso promissor e desperdiçado por falta de estrutura dentre outros diversos em abundância no país. (RIBEIRO, 2019). Dessa forma, o Brasil conta com uma capacidade instalada atual de 1,3 GW em usinas e sistemas solares fotovoltaicos de médio a grande porte, o que representa 0,8% da matriz elétrica nacional. (PETRY ET AL, 2020).

Nascimento (2017) destaca que o Brasil possui expressivo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, o País ainda conta com níveis de irradiação solar superiores aos de países onde projetos para aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados como França, Alemanha e Espanha. Apesar dos altos níveis de irradiação solar e incentivos para o uso dessa energia, o Brasil possui apenas 0,05% do uso de energia solar.

Zamperin et al (2007) estima que a geração de energia solar no Brasil gera anualmente cerca de 20 milhões de megawatts-hora de eletricidade, o que seria suficiente para abastecer 15 mil residências de dois cômodos. Os mesmos ainda apresentam como exemplo alguns municípios do Nordeste que recebem intensidade de luz solar em grande potência.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022) salienta que, até 2017, as usinas solares fotovoltaicas não participavam da matriz elétrica do Brasil. A rápida ascensão observada nos últimos cinco anos deve se manter em ritmo acelerado, prevê a Agência. Em 2022, a ANEEL indicava a construção empreendimentos com aproximadamente 4,7 GW de capacidade, com previsão de entrada em operação entre 2022 e 2023.

Destes empreendimentos, de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2023), já estão em operação no Brasil 10,4 gigawatts (GW)

de capacidade instalada, chegando a 5,27% da potência outorgada total (de 195,6 GW). Em vista disso, a vasta extensão territorial do Brasil, aliada à sua intensa irradiação solar ao longo do ano, abre um enorme potencial inexplorado para a expansão da energia solar.

Regiões como o Nordeste brasileiro, por exemplo, possuem um ambiente particularmente favorável para instalações solares. Minas Gerais é o estado com maior número de empreendimentos solares fotovoltaicos, com 101 unidades e 3,6 GW de potência outorgada. Também ultrapassam 1 GW de capacidade decorrente de fonte solar os estados da Bahia (71 unidades, 2,1 GW) e do Piauí (50 unidades, 1,5 GW). Somente em 2023, 446,9 mil sistemas foram instalados em todo o país, com uma oferta de 5,3 GW (ANEEL, 2023). Na tabela abaixo estão representados os 10 estados com mais potência outorgada em usinas solares centralizadas, em ordem decrescente:

Tabela 1 – Estados com mais potência outorgada em usinas solares

<b>Estado</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência outorgada (kW)</b>
MG	101	3.555.618,88
BA	71	2.052.111,35
PI	50	1.465.987,00
SP	67	893.001,82
CE	35	810.551,00
PE	31	514.553,63
RN	21	463.763,34
PB	20	461.023,20
RS	46	23.521,80
MT	318	21.906,35

Fonte: ANEEL (2023).

No Brasil, a geração de energia solar fotovoltaica é atualmente a segunda principal fonte do país. Atualmente a energia solar já representa 15,4% de toda a matriz elétrica do país, atingindo a marca de 33 MW em potência instalada em junho, segundo dados disponibilizados pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2023).

Tabela 2 – Matriz elétrica Brasileira

<b>Energia</b>	<b>Potência instalada</b>	<b>Porcentagem</b>
Hídrica	109.917 MW	50,1%
Solar Fotovoltaica	33.757 MW	15,4%
Eólica	26.906 MW	12,3%
Gás Natural	17.577 MW	8,0%
Biomassa + Biogás	16.883 MW	7,7%
Petróleo	8.690 MW	4,0 %
Importação	8.170 MW	3,7%
Carvão Mineral	3,461 MW	1,6 %
Nuclear	1.990 MW	0,9%

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2023.

Portanto, a energia solar tem se tornado uma peça fundamental na matriz energética brasileira, desempenhando um papel crescente e significativo nos últimos anos. O país tem aproveitado de maneira notável sua exposição solar abundante, o que resultou em um aumento substancial na adoção e implementação de projetos de energia solar em todo o território nacional.

#### **4. USO DA ENERGIA SOLAR NAS RESIDÊNCIAS E ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS**

Mogawer e Souza (2004) afirmam que a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica. O aquecimento dos fluidos é feito através do uso de coletores ou concentradores solares. Esses coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais como hotéis, restaurantes, clubes, hospitais.

Um dos principais desafios enfrentados pela tecnologia de aquecimento solar da água é o alto custo na aquisição dos equipamentos. Nesse contexto, Mogawer e Souza (2014) destacam a grande importância do desenvolvimento de sistemas de aquecimento direcionados à população de baixa renda. Isso permitiria que a grande maioria das residências populares brasileiras tenham acesso a um sistema de aquecimento solar de baixo custo.

Em relação à energia fotovoltaica, Oliveira (2021) destaca que um dos benefícios advindos da energia fotovoltaica é a possibilidade de economia através da redução nas contas de energia elétrica. Além disso, é notável o crescente interesse

de muitos estabelecimentos comerciais em gerar energia através dessa fonte.

Viana (2021) expressa a necessidade de projetos específicos para cada situação ao abordar a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências. Cada casa apresenta condições únicas, como a inclinação do telhado, exigindo um estudo cuidadoso para posicionar as placas de maneira a otimizar a irradiação solar.

Quanto à energia utilizada no Nordeste, a indústria absorve cerca de 80% dela, enquanto as residências representam 20%. Nesse cenário, é crucial considerar o perfil do consumidor nordestino, incluindo os tipos de eletrodomésticos utilizados e a renda, o que influencia o tipo de energia predominante na região (GIAMPIETRO E RACY, 2004).

A relevância da tecnologia solar é evidente, uma vez que cerca de 6% do consumo brasileiro de energia elétrica provém do aquecimento de água em residências, principalmente devido aos chuveiros elétricos presentes em mais de 60% das habitações no país. Esse consumo representava de 25% a 35% do valor total das contas de energia (ZAMPERIN ET AL, 2007).

A pesquisa de Santos (2009) destaca que as residências têm um consumo mais elevado ao final do dia, devido ao uso intensivo de chuveiros elétricos e iluminação. Em contrapartida, as atividades comerciais e de serviço tendem a concentrar seu maior consumo durante o dia, no horário comercial.

Um estudo conduzido por Dantas e Pompermayer (2018) analisou a viabilidade financeira da implementação de sistemas de energia solar no Brasil, especialmente em regiões economicamente menos favorecidas. Além disso, os autores investigaram o impacto da atual estrutura tarifária em regiões economicamente vulneráveis.

Assim, os autores identificaram que a falta de chuvas encarece a energia hidrelétrica, mas favorece a geração de energia solar, criando uma relação complementar entre ambas as fontes de energia. Além disso, ao calcular o custo de produção por unidade de energia, geralmente a energia gerada pelo sistema Fotovoltaico é mais econômica em comparação com o preço estabelecido pela empresa de energia local. Dessa forma, a utilização de sistemas FV pode resultar em economia de custos para os usuários investidores, tornando essa opção mais atrativa em termos financeiros.

## **5. A EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR**

Da Rosa e Gasparin (2016) salientam que as tecnologias convencionais de geração de energia demandam recursos substanciais e têm implicações significativas nos aspectos financeiros das economias, uma vez que muitas delas envolvem custos elevados durante a fase de implantação.

Ainda conforme os autores para uma unidade geradora de 100 kWp em estabelecimentos comerciais, o custo nivelado<sup>1</sup> da energia seria de R\$ 463,00/MWh, enquanto para uma unidade de 1.000 kWp em aplicações industriais, o custo nivelado seria de R\$ 402,00/MWh. Em 2014, estimava-se que os custos de implantação de sistemas fotovoltaicos nos setores residencial, comercial e industrial no Brasil tenham caído 12% em relação a 2012 (DA ROSA E GASPARIN, 2016).

Nesse sentido, Da Silva (2020) estabelece que a redução dos custos de implantação em projetos solares faz com que a energia solar se torne a forma menos custosa na produção de eletricidade. Esse modelo de geração de energia, produzida através do uso do sol, é considerada inesgotável do ponto de vista humano, trazendo um potencial extraordinário comparado com outras fontes de energia

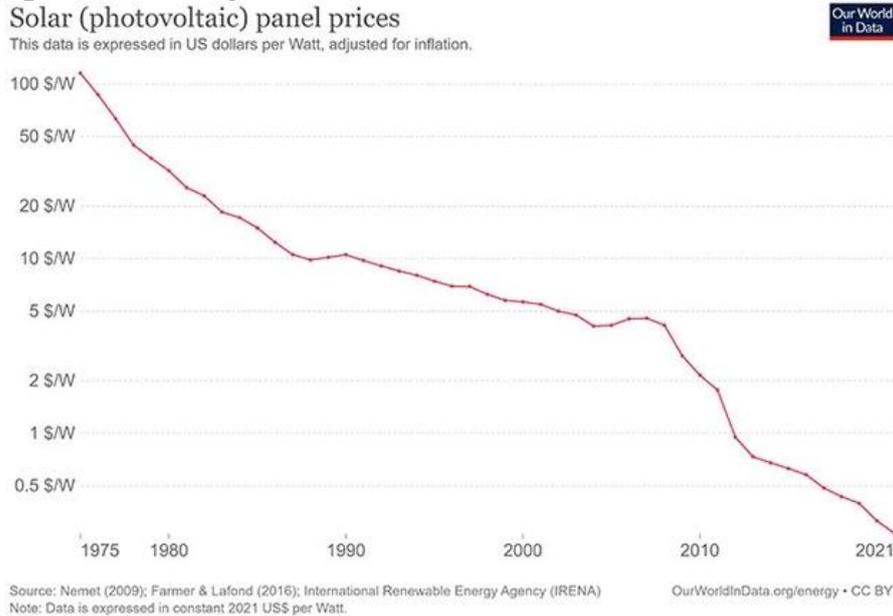
Desde o surgimento do uso da energia solar e sua proliferação o que se observou foi uma queda vertiginosa de seus preços sendo que hoje o preço de uma placa solar varia entre R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00 dependendo da tecnologia e da potência do equipamento. Vários fatores podem influenciar nesse preço como cotação do dólar, material de fabricação e a eficiência do aparelho.

Como observa-se no gráfico abaixo, essa queda é percebida pelo motivo da evolução tecnológica e nos ganhos de escala de produção. Em 1975 uma placa solar custava US\$ 115,28 por watt (W) no mundo enquanto que em 2021, o valor chegou a US\$ 0,27/W. Que representa uma redução de mais de 99%.

---

<sup>1</sup> Métrica mais efetiva para a avaliação da viabilidade de um sistema fotovoltaico, em detrimento do tradicional custo do sistema por watt.

Figura 6 – Redução de custos do Paine Solar



Fonte: Portal Solar, 2023.

Já na tabela abaixo, vemos os valores dos sistemas fotovoltaicos para os consumidores finais, no qual foram obtidos através de uma pesquisa realizada pela consultoria Greener com milhares de empresas de instalação de energia solar, e foi realizado entre novembro de 2022 e janeiro de 2023.

Tabela 3 – Preço médio de kits fotovoltaicos

Potência do gerador solar	Preço médio
2 kWp	R\$ 10.840,00
4 kWp	R\$ 17.560,00
8 kWp	R\$ 31.360,00
12 kWp	R\$ 44.040,00
30 kWp	R\$ 100,80,00
50 kWp	R\$ 186.500,00
75 kWp	R\$ 288.000,00
150 kWp	R\$ 531.000,00
300 kWp	R\$ 1.041.000,00
500 kWp	R\$ 1.780.000,00
1 MWp	R\$ 3.710.000,00
3 MWp	R\$ 10.740.000,00
5 MWp	R\$ 18.250.000,00

Fonte: Adaptado Consultoria Greener (2022).

Conforme a simulação realizada pela empresa de franquia de sistemas fotovoltaicos, o Portal Solar, o orçamento necessário para um consumo médio mensal de R\$ 500 no Brasil pode oscilar entre R\$ 20 mil e R\$ 35 mil. É importante observar que o Estado de São Paulo apresenta o investimento médio mais elevado, atingindo

aproximadamente R\$ 33,7 mil. Esse orçamento é direcionado para a instalação de um sistema capaz de suprir a demanda energética de um consumo mensal de R\$ 500. O retorno sobre esse investimento ocorre geralmente em um prazo de seis anos. Os dados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 4 – Média de custo do sistema de energia solar por região

<b>Região</b>	<b>Investimento</b>	<b>Tamanho do sistema</b>	<b>Retorno do investimento</b>
<b>Norte</b>	R\$ 21,7 mil	4.1	4 anos
<b>Nordeste</b>	R\$ 27,8 mil	4.3	5 anos
<b>Sudeste – São Paulo</b>	R\$ 33,7 mil	5.4	6 anos
<b>Centro-Oeste</b>	R\$ 33,4 mil	5.4	7 anos
<b>Sul</b>	R\$ 33,6 mil	5.4	5 anos

Fonte: Portal Solar, 2023.

Portanto, observa-se que o valor necessário para um sistema de energia solar depende diretamente do consumo anual de eletricidade do consumidor. Quanto maior o consumo, maior a capacidade do sistema necessário, o que, por sua vez, afeta o custo total. Além disso, a quantidade de irradiação solar disponível na região onde o sistema será instalado é um fator crítico. Regiões com maior incidência solar podem permitir a instalação de sistemas menores, economizando dinheiro.

## **6 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA COM BASE NOS CUSTOS LEVANTADOS**

Segundo dados da ABSOLAR, na geração distribuída de energia, para cada R\$ 1 investido em sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio portes usados para abastecer residências, comércios, indústrias, propriedades rurais e prédios públicos, o setor devolve mais de R\$ 3 em ganhos elétricos, econômicos, sociais e ambientais aos brasileiros (PORTAL SOLAR, 2020).

No Brasil, a questão do fornecimento de energia elétrica tem gerado

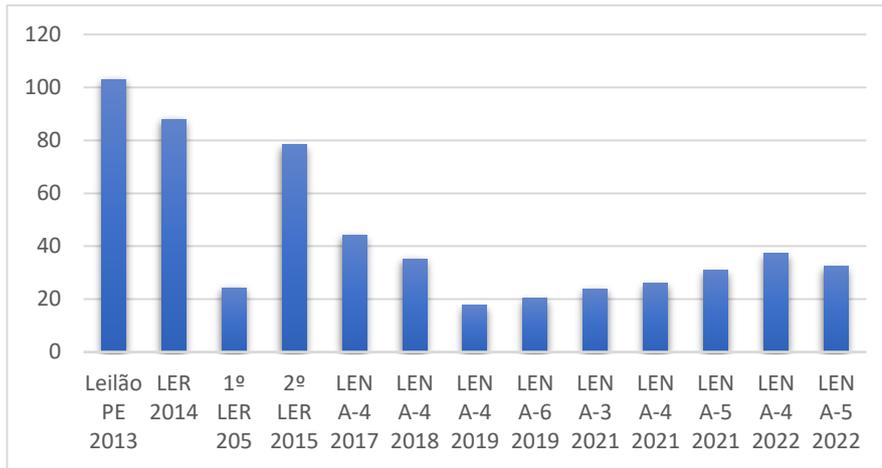
controvérsias, influenciando o cenário político. Anteriormente, a preocupação era com a adequação da oferta, enquanto hoje, as tarifas elevadas causam perplexidade entre os consumidores. No entanto, muitos exploram esse problema de forma oportunista, sem contribuir para soluções efetivas, resultando em animosidade. Diante desse cenário complexo, é crucial buscar maneiras de atender às necessidades dos consumidores de energia elétrica.

De acordo com o Instituto Acende Brasil (2020) nos dez anos compreendidos entre 2010 e dezembro de 2019, a tarifa residencial média no país subiu nominalmente de 330,8 R\$/MWh para 557,6 R\$/MWh. No entanto, atualizando-se a tarifa de 2010 pela taxa equivalente à inflação acumulada no período, chega-se a 558,1 R\$/MWh, com base no IPCA, ou 573,1 R\$/MWh, com base no IGP-M. Isto significa que, em termos reais, a tarifa residencial em dezembro de 2019 é inferior à 2010.

Como já mencionado no contexto da sustentabilidade, a energia solar desempenha um papel de destaque no cenário da transição energética. Como uma fonte de energia limpa e renovável, a demanda por energia solar tem experimentado um notável crescimento nos últimos anos e as perspectivas para o futuro continuam altamente favoráveis. De acordo com a ABSOLAR, o país encerrou 2022 com cerca de 25 GW de capacidade instalada em energia solar.

Conforme o site Portal Solar os custos das placas solares em Pernambuco variam de acordo com a eficiência, quantidade, fabricante e região de venda. Entretanto, pode-se encontrar uma placa solar de 330 W no valor de R\$ 849, dependendo da cotação do dólar. Conforme relatado pela Associação de Energia Solar, ao longo da última década, a energia solar no Brasil tem sido uma fonte de significativos investimentos, totalizando impressionantes 104 bilhões de reais.

Figura 7- Preço – Médio da Fonte Solar no Brasil (US\$/MWh)



Fonte: Adaptado Dolle; Rodrigues; e Moura (2022).

Ademais, um estudo da CCEE apontou que 241 grandes usinas solares e parques eólicos devem entrar em operação comercial no Brasil até janeiro de 2026, injetando quase 6 GW de potência no sistema elétrico. O investimento destinado à construção desses empreendimentos é da ordem de R\$ 34 bilhões (ABSOLAR, 2022).

Além disso, com o crescente desenvolvimento da tecnologia no Brasil, seus custos tendem a diminuir, visando ao aumento de sua utilização. Além disso, destaca-se que o retorno sobre esse investimento pode ser previsto entre 3 a 8 anos, durante sua vida útil, que pode chegar a 30 anos.

Cabe ressaltar que a taxa de retorno é uma medida que expressa o ganho ou perda relativo ao investimento realizado. No contexto da energia solar, a taxa de retorno representa a eficácia do investimento ao longo do tempo. Em outras palavras, é a porcentagem do retorno sobre o capital investido. Uma taxa de retorno positiva indica que o investimento é lucrativo.

Assim como, o tempo de payback é o período necessário para recuperar o investimento inicial por meio dos ganhos gerados pelo projeto. Em relação à energia solar, esse período é o tempo que leva para que a economia de energia elétrica e os ganhos financeiros provenientes da venda de energia à rede compensem o valor investido no sistema fotovoltaico. Abaixo estão representadas duas tabelas (Tabela 4) e (Tabela 5). Ambas apresentam o cálculo do payback de um projeto da empresa Intelbras, o qual considera na tabela apenas operações em que o investimento é feito à vista.

Tabela 5 - Tempo para retorno sobre o investimento (Residencial)

Ano	Geração Anual (kWh/ano)	Custo do kWh	Economia Acumulada	Retorno do Investimento
1	4.403,39	R\$0,90	R\$3.763,05	-R\$4.739,71
2	4.380,81	R\$0,98	R\$4.097,58	-R\$642,13
3	4.358,23	R\$1,07	R\$4.460,21	R\$3.818,08
4	4.335,65	R\$1,17	R\$4.853,31	R\$8.671,39
5	4.313,07	R\$1,27	R\$5.279,42	R\$13.950,82
6	4.290,49	R\$1,39	R\$5.741,30	R\$19.692,12
7	4.267,90	R\$1,51	R\$6.241,93	R\$25.934,05
8	4.245,32	R\$1,65	R\$6.784,55	R\$32.718,60
9	4.222,74	R\$1,79	R\$7.372,67	R\$40.091,27
10	4.200,16	R\$1,96	R\$8.010,07	R\$48.101,34
11	4.177,58	R\$2,13	R\$8.700,86	R\$56.802,20
12	4.155,00	R\$2,32	R\$9.449,50	R\$66.251,70
13	4.132,42	R\$2,53	R\$10.260,79	R\$76.512,49
14	4.109,83	R\$2,76	R\$11.139,95	R\$87.652,44
15	4.087,25	R\$3,01	R\$12.092,63	R\$99.745,07
16	4.064,67	R\$3,28	R\$13.124,94	R\$112.870,02
17	4.042,09	R\$3,57	R\$14.243,50	R\$127.113,51
18	4.019,51	R\$3,90	R\$15.455,46	R\$142.568,97
19	3.996,93	R\$4,25	R\$16.768,58	R\$159.337,56
20	3.974,34	R\$4,63	R\$18.191,26	R\$177.528,82
21	3.951,76	R\$5,04	R\$19.732,57	R\$197.261,39
22	3.929,18	R\$5,50	R\$21.402,35	R\$218.663,75
23	3.906,60	R\$5,99	R\$23.211,24	R\$241.874,99
24	3.884,02	R\$6,53	R\$25.170,75	R\$267.045,74
25	3.861,44	R\$7,12	R\$27.293,34	R\$294.339,07

Fonte: Adaptado de Intelbras (2023).

Tabela 6 - Tempo para retorno sobre o investimento (Comercial)

Ano	Geração Anual (kWh/ano)	Custo do kWh	Economia Acumulada	Retorno do Investimento
1	13.281,53	R\$0,90	R\$11.753,38	-R\$15.576,22
2	13.213,42	R\$0,98	R\$12.762,37	-R\$2.813,86
3	13.145,31	R\$1,07	R\$13.856,15	R\$11.042,29
4	13.077,20	R\$1,17	R\$15.041,82	R\$26.084,11
5	13.009,09	R\$1,27	R\$16.327,05	R\$42.411,16
6	12.940,98	R\$1,39	R\$17.720,17	R\$60.131,33
7	12.872,87	R\$1,51	R\$19.230,18	R\$79.361,51
8	12.804,76	R\$1,65	R\$20.866,84	R\$100.228,35
9	12.736,65	R\$1,79	R\$22.640,71	R\$122.869,06
10	12.668,54	R\$1,96	R\$24.563,24	R\$147.432,30

11	12.600,43	R\$2,13	R\$26.646,81	R\$174.079,12
12	12.532,32	R\$2,32	R\$28.904,85	R\$202.983,97
13	12.464,21	R\$2,53	R\$31.351,87	R\$234.335,84
14	12.396,10	R\$2,76	R\$34.003,61	R\$268.339,44
15	12.327,99	R\$3,01	R\$36.877,09	R\$305.216,53
16	12.259,87	R\$3,28	R\$39.990,74	R\$345.207,27
17	12.191,76	R\$3,57	R\$43.364,53	R\$388.571,80
18	12.123,65	R\$3,90	R\$47.020,06	R\$435.591,86
19	12.055,54	R\$4,25	R\$50.980,71	R\$486.572,56
20	11.987,43	R\$4,63	R\$55.271,79	R\$541.844,35
21	11.919,32	R\$5,04	R\$59.920,70	R\$601.765,06
22	11.851,21	R\$5,50	R\$64.957,10	R\$666.722,16
23	11.783,10	R\$5,99	R\$70.413,07	R\$737.135,23
24	11.714,99	R\$6,53	R\$76.323,34	R\$813.458,57
25	11.646,88	R\$7,12	R\$82.725,50	R\$896.184,07

Fonte: Adaptado de Intelbras (2023).

Vale ressaltar que o investimento para o projeto residencial custa R\$ 8.502,76, já o custo do investimento para o projeto comercial é de R\$27.329,60. Vários fatores contribuem para a redução da geração de energia solar ao longo do tempo, o que destaca a importância da manutenção regular e da monitorização contínua para garantir a eficiência e a longevidade dos sistemas solares. Com o tempo, os materiais fotovoltaicos podem se degradar, resultando em uma menor eficiência na conversão de luz solar em energia elétrica.

As propostas consideram uma taxa de aumento anual da tarifa de energia elétrica em 8.90%. Considera-se que os projetos de geração de energia solar foram projetados a para ter uma performance linear mínima de 80% de eficiência ao longo dos primeiros 25 anos de operação. Além disso, os valores usados no cálculo do payback são estimativas e podem variar devido condições climáticas, mudanças nas tarifas de energia e questões fiscais.

Como o blog da Blue Sol (2023) aponta, a análise de retorno do investimento em energia solar pode ser comparada a outros ativos financeiros desde que estejamos sempre comparando com ativos de risco similar. Abaixo apresenta-se um cálculo da taxa de retorno desse investimento que oferece um retorno em um período de geralmente 25 anos ou mais.

Figura 9 – Retorno sobre os investimentos

ENERGIA SOLAR – ÁREA DA CPFL SISTEMA DE R\$ 25.000			APLICAÇÃO NO CDI R\$25.000		
Ano	Geração (em kWh)	Economia (em R\$)	Ano	APLICAÇÃO	RETORNO (em R\$)
2023	8.232,00	R\$ 4781,80	2023	25.000,00	R\$ 3.207,50
2024	8.199,07	R\$ 5.039,86	2024	25.000,00	R\$ 3.207,50
2025	8.166,28	R\$ 5.307,39	2025	25.000,00	R\$ 3.207,50
2026	8.133,61	R\$ 5.584,16	2026	25.000,00	R\$ 3.207,50
2027	8.101,08	R\$ 5.869,84	2027	25.000,00	R\$ 3.207,50
2028	8.068,67	R\$ 6.163,97	2028	25.000,00	R\$ 3.207,50
2029	8.036,40	R\$ 6.652,18	2029	25.000,00	R\$ 3.207,50
2030	8.004,25	R\$ 7.179,06	2030	25.000,00	R\$ 3.207,50
2031	7.972,23	R\$ 7.601,65	2031	25.000,00	R\$ 3.207,50
2032	7.940,35	R\$ 8.202,98	2032	25.000,00	R\$ 3.207,50
2033	7.908,58	R\$ 8.851,91	2033	25.000,00	R\$ 3.207,50
2034	7.876,95	R\$ 9.552,19	2034	25.000,00	R\$ 3.207,50
2035	7.845,44	R\$ 10.307,91	2035	25.000,00	R\$ 3.207,50
2036	7.814,06	R\$ 11.123,44	2036	25.000,00	R\$ 3.207,50
2037	7.780,80	R\$ 12.003,52	2037	25.000,00	R\$ 3.207,50
2038	7.751,67	R\$ 12.953,27	2038	25.000,00	R\$ 3.207,50
2039	7.720,67	R\$ 13.978,20	2039	25.000,00	R\$ 3.207,50
2040	7.689,78	R\$ 15.084,27	2040	25.000,00	R\$ 3.207,50
2041	7.659,02	R\$ 16.277,90	2041	25.000,00	R\$ 3.207,50
2042	7.628,39	R\$ 17.566,03	2042	25.000,00	R\$ 3.207,50

Fonte: Adaptado de Blog bluesol (2023). Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/retorno-do-investimento-em-energia-solar/> >.

De acordo com o blog bluesol (2023) e analisando os dados da figura 6, ao longo dos anos, o investimento em energia solar gera um retorno mais alto do que os investimentos financeiros representados pela CDI. Além disso, o retorno acumulado ao longo de um período de 20 anos para o investimento em energia solar é de R\$ 190.000 e o retorno acumulado do CDI R\$ 64.000. Isso evidencia que o investimento em energia solar é significativamente mais lucrativo ao longo do tempo. Isso indica que, mesmo que a taxa de retorno da CDI seja considerada alta historicamente, o investimento em energia solar ainda supera essa taxa e é uma opção mais rentável a longo prazo. Na tabela pode-se observar também a diminuição da geração de energia ao longo dos anos, que como já citado, se deve pelo desgaste das placas ao longo dos anos.

Portanto, a tabela sugere que o investimento em energia solar é uma escolha sólida, especialmente considerando o seu retorno acumulado ao longo dos anos. Em

economia, isso se chama custo de oportunidade que é a escolha pela energia solar que seria mais vantajosa do que o investimento em uma aplicação financeira, por exemplo, ou seja, diante de duas escolhas a energia solar seria a melhor opção e conseqüentemente se renunciaria a escolha da aplicação financeira que se torna menos vantajosa.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em conclusão, o avanço das fontes renováveis de energia, com destaque para a energia solar, desempenha um papel vital tanto na economia quanto na sociedade brasileira. No âmbito macroeconômico, a transição para fontes renováveis não apenas reduz a dependência de combustíveis fósseis, mas também impulsiona a sustentabilidade e a segurança energética do país. Além disso, ao fomentar a indústria de energia renovável, o Brasil pode fortalecer sua posição como um líder global nesse setor em constante expansão, gerando empregos e impulsionando o crescimento econômico.

Em um nível microeconômico, a energia solar oferece uma série de benefícios tangíveis para empresas e consumidores. Através da redução significativa nos gastos com energia elétrica, as empresas podem otimizar seus custos operacionais, direcionando recursos financeiros para outras áreas-chave de desenvolvimento. Além disso, a possibilidade de vender o excedente de energia elétrica produzida pelas instalações solares oferece uma nova fonte de receita para consumidores e empresas, promovendo a independência energética e a autossuficiência financeira. Com a combinação desses benefícios em níveis macro e micro, a transição para a energia solar se destaca como uma solução integral para impulsionar a economia, promover a sustentabilidade e melhorar a qualidade de vida no Brasil.

Em síntese, a crescente viabilidade econômica do uso da energia solar em residências e estabelecimentos comerciais representa uma mudança significativa no panorama energético global. Com os avanços tecnológicos e a redução dos custos de implementação, a energia solar emergiu como uma opção acessível e sustentável para consumidores e empresas. A capacidade de reduzir consideravelmente os gastos com energia elétrica ao longo do tempo, aliada à possibilidade de venda do excedente de energia, oferece um incentivo convincente para a adoção dessa forma de energia limpa. Além disso, a diminuição da dependência de fontes não renováveis

e a redução das emissões de carbono destacam o papel crucial da energia solar na mitigação das mudanças climáticas e na promoção de um ambiente mais saudável e sustentável para as gerações futuras. Como tal, o incentivo contínuo à pesquisa, à inovação e à implementação de políticas de apoio é crucial para impulsionar ainda mais a expansão e a adoção generalizada da energia solar, fortalecendo assim os pilares da economia e da sustentabilidade a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

ABDALA, P. J. P. **Energia Solar e Eólica**. Atena Editora, 2019.

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/>>. Acesso em: 20 out. 2023.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resoluções homologatórias – Biblioteca virtual. Disponível em: < <https://www.gov.br/aneel/pt-br>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

ALMEIDA, E; ROSA, A. C; DIAS, F. C. L. S; BRAZ, K. T. M; LANA, L. T. C; SANTO, O. C. E; SACRAMENTO T. C. B. **Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica**. 2015.

AMARAL, Marcela de Lima. **Análise da viabilidade econômica do projeto elétrico com aproveitamento de energia solar para residências unifamiliares**. Caruaru: O Autor, 2015.

AVILA, E; Avila; SAUAIA, R; KOLOSZUK, R. **ARTIGO: Energia solar como ferramenta de transformação social no Brasil**. 2021. Disponível em: < <https://www.canalbioenergia.com.br/artigo-energia-solar-como-ferramenta-de-transformacao-social-no-brasil/>>. Acesso em: 22, Set. 2022.

BADRA, M. **Preço dos sistemas FV tem redução de 4,3% no 1º semestre, 2022**. Disponível em < <https://canalsolar.com.br/preco-dos-sistemas-fv-tem-reducao-de-43-no-1o-semester/> >. Acesso em : 15 jul, 2023.

BANDEIRA, F. P. M. **O Aproveitamento da Energia Solar no Brasil – Situação e Perspectivas**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2012.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia solar**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. 2021.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. Investigação qualitativa em educação. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. **Porto: Porto Editora**, 1994.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. Edições Melhoramento, 1962.

CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de; MESQUITA, Pedro Paulo Dias; ROCIO, Marco Aurélio Ramalho. **A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40 , p. [205]-233, set. 2014.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Texto para Discussão, 2018.

DA ROSA, Antonio Robson Oliveira; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista brasileira de energia solar**, 2016, 7.2: 140-147.

DA SILVA, Matheus Segundo, et al. Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica. **Revista Mythos**, 2020, 14.2: 51-61.

DOLLE, Camilla; RODRIGUES, Mayara; MOURA, Natalia. **Setorial de Energia Solar Uma luz para a transição energética**. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário estatístico de energia elétrica de 2021**. 2021.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no brasil**. Revista do BNDES 40, 2013.

ESTADO DE SÃO PAULO. Quanto custa para instalar energia solar em casa? Disponível em: <https://investidor.estadao.com.br/colunas/quanto-custa/quanto-custa-energia-solar-instalar-casa/>. Acesso em 14. Agosto.2023.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica : Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. GEPEA – Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo, 2018.

GIAMPIETRO, U; RACY, J. C. **Viabilidade econômica da energia solar nas áreas rurais do Nordeste brasileiro**. Jovens Pesquisadores – 2004.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. 2020. **Evolução das tarifas de energia elétrica e a formulação de Políticas Públicas**. *White Paper*, n. 22, Rio de Janeiro. Disponível em: < [https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/03/White-Paper\\_22\\_rev0.pdf](https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/03/White-Paper_22_rev0.pdf)> Acesso em: 09 out. 2023.

INTELBRAS. 2023. Disponível em: <<https://www.intelbras.com/pt-br/energia-solar>>. Acesso em: 10 out. 2023.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. Rev. Virtual Quim., 2015,7 (1), 126-143. Data de publicação na Web: 14 de outubro de 2014.

MARQUES FILHO, Luiz César (2018). **Capitalismo e colapso ambiental**. Campinas,

SP: Editora da Unicamp, 2018, 3ª edição.

MIAN, Helena Magalhães. **Análise regulatória da participação da energia solar fotovoltaica e estudo do melhor mecanismo de suporte para inseri-la na matriz elétrica brasileira.** 2015. xvi, 108 f., il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MOGAWER, TAMER; SOUZA, TEÓFILO MIGUEL. **Sistema solar de aquecimento de água para residências populares.** An. 5. Enc. Energ. Meio Rural 2004.

OLIVEIRA, Nayara Gonçalves de. **Análise da viabilidade financeira na implantação de energia solar em residências populares: uma alternativa de energia para o Ceará.** 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2021.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F. R; GONÇALVES, A. R; COSTA, R. S; LIMA, F. J. L; 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. 88p.: il. (E-BOOK)

PORTAL SOLAR. 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html>. Acesso em: 14. Agosto.2023.

PETRY, P. M. RAMOS, K. N. COSTA, H. K. M. A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 9, n. esp, p. 22-43, mai. 2020.

RIBEIRO, Nívea dos Santos Bezerra. **Energia solar fotovoltaica: organização atual do mercado mundial.** 2019.

ROSA, A. R. O; GASPARIN, F. P. Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Ano 7, Vol VII, N 2, Dezembro de 2016 p. 140 – 147.

SANTOS, Í. P. **Integração de Painéis Solares Fotovoltaicos em Edificações Residenciais e sua contribuição em um Alimentador de Energia de Zona Urbana Mista.** PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGEC, 2009.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, MAG de; CAMARGO, IM de T. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais.** In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília. 2006. p. 60.

SILVA, Antonio Hevertton Martins, et al. POLÍTICAS DE INOVAÇÃO NO CENÁRIO ENERGÉTICO FOTOVOLTAICO MUNDIAL: ANÁLISE DOS MODELOS DE SUCESSO. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782)**, 2017, 2.2.

VIANA, LORENA VITÓRIA LOURENÇO. **A Energia Solar aplicada ao uso residencial na Cidade de Mossoró.** UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO - UFRSA Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, (2021).

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, 2009, 32: 757-767.

PAULO JOSÉ XAVIER

**A VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE ENERGIA SOLAR NAS  
ATIVIDADES ECONÔMICAS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Economia.

Aprovado em: 08/11/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.º Dr.º Atenágoras Oliveira Duarte  
(Orientador)  
Núcleo de Gestão  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.º Dr.º André Luiz de Miranda Martins  
(Examinador Interno)  
Núcleo de Gestão  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.º Dr.º Glaudionor Gomes Barbosa  
(Examinador Interno)  
Núcleo de Gestão  
Universidade Federal de Pernambuco